П. ПЕТРОВ
Г. ВЕЛЕВ
К. ИВАНОВ

ТЕХНИЧЕСКА БЕЗОПАСНОСТ



ЛЕКЦИОНЕН КУРС
И
ТРЕНИРОВЪЧНИ ТЕСТОВЕ

ГАБРОВО 2021

УДК 658.38 (075.8)

Книгата е учебник по “Техническа безопасност – лекционен курс и тренировъчни тестове“ и е предназначена за редовни и задочни студенти от Технически университет - Габрово, но може да се използва и от студенти в други висши училища в страната, ученици от техникумите, специалисти по здраве и безопасност при работа в съответните фирми и всички електроинженери, които желаят да се запознаят с научната страна на техническата безопасност.

Включеният в учебника учебен материал е съгласуван с действащите учебни планове и програми по тази дисциплина във висшите училища в Република България. По-задълбочени знания в конкретното направление могат да се получат от специализираните литературни източници, посочени в края на учебника.

Като допълнение учебникът съдържа набор от тренировъчни тестове с цел да подпомогне студентите при подготовка за семестриалния изпит по дисциплината “Техническа безопасност”. Разработена е система за оценяване и елиминиране влиянието на субективния фактор и даваща възможност обучаващият се да получи обективна оценка за нивото и качеството на усвоените знания.

Авторите изказват дълбоката си благодарност на рецензента доц. д-р инж. Георги Иванов Венков за ценните препоръки при редактирането.

© автори: Петър К. Петров, Георги Ц. Велев, К. М. Иванов
Българска
Първо издание
Издателство и печат: Университетско издателство „Васил Априлов“
Печ. коли: 6 ⅛
Формат: 84/108/32

ISBN

СЪДЪРЖАНИЕ

ПРЕДГОВОР.....9

ГЛАВА 1. НОРМАТИВНА ОСНОВА НА ТЕХНИЧЕСКАТА БЕЗОПАСНОСТ.....13

1.1. Основни нормативни документи, третиращи въпросите по безопасност.....13
1.1.1. Конституция на Република България.....13
1.1.2. Кодекс на труда.....13
1.1.3. Наказателен кодекс.....17
1.1.4. Закон за здравословни и безопасни условия на труд.....18
1.1.5. Правилници.....21
1.1.6. Наредби и постановления, ведомствени правилници.....22
1.1.7. Инструкции по „Охрана на труда" и „Техническа безопасност".....24
1.2. Квалификационни групи по безопасност за електротехническия персонал.....24
1.3. Мероприятия по техника на безопасността, провеждане и контрол на изпълнението им.....30
1.3.1. Организационни мероприятия.....30
1.3.2. Технически мероприятия.....31
1.3.3. Промишлено санитарни мероприятия.....32

ГЛАВА 2. ЯВЛЕНИЯ И ПРОЦЕСИ, ОПРЕДЕЛЯЩИ ЕЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТТА.....33

2.1. Действие на електрическия ток върху човешкия организъм.....33
2.1.1. Първи сведения за действието на електрическия ток върху човешкия организъм.....33
2.1.2. Анализ на електротравматизма.....33
2.2. Поражения от електрически ток.....36
2.2.1. Видове действия на електрическия ток върху човека.....36
2.2.2. Видове електрозлополуки.....37
2.2.3. Причини за възникване на електрозлополуките.....40
2.2.4. Фактори, определящи степента на електрическия удар.....41
2.3. Спешна помощ при електрозлополуки.....51
2.3.1. Освобождаването на пострадалия от действието на електрическия ток.....51
2.3.2. Оказване на спешна долекарска помощ.....53
2.4. Критерии и класификации, свързани с електробезопасността.....56
2.4.1. Критерии за електробезопасност.....56

2.4.2. Класификация на помещения и електрически уредби според опасността от електропоражение.....59
2.4.3. Степени и класове на защита на електрически машини, апарати и други електротехнически изделия.....60
2.4.3.1. Степени на защита на електротехническите изделия 60
2.4.3.2. Класове на защита на електротехническите изделия.....62
2.5. Явления и процеси при протичане на електрически ток в земята.....62
2.5.1. Характерни случаи на протичане на ток в земята.....62
2.5.2. Електрическо поле и разпределение на потенциалите 63
2.5.2.1. Електрическо поле около полусферичен заземител.....63
2.5.2.2. Разпределение на потенциалите около полусферичен заземител.....65
2.5.2.3. Потенциал(напрежение) на полусферичен заземител 65
2.5.2.4. Съпротивление на полусферичен заземител.....66
2.5.2.5. Електрическо поле около групов полусферичен заземител.....66
2.5.3. Крачно напрежение 68
2.5.3. Допирно напрежение.....70
2.6. Анализ на еднополюсните и двуполюсни електрически мрежи за променлив и постоянен ток по отношение на електробезопасността 73
2.6.1. Анализ на еднопроводна електрическа мрежа със заземен полюс или фаза.....73
2.6.2. Анализ на двупроводна електрическа мрежа със заземен полюс или фаза.....78
2.6.3. Двупроводни мрежи с малък капацитет, изолирани от земя..81
2.6.4. Изолирани от земята двупроводни мрежи с голям капацитет.....84
2.6.5. Двупроводни мрежи с голям капацитет, изолирани от земята, захранвани с постоянно напрежение.....86
2.6.6. Двупроводни мрежи с голям капацитет, изолирани от земя, захранвани с променлив ток.....90
2.7. Анализ на трифазните електрически мрежи по отношение на електробезопасността 93
2.7.1. Обобщен модел на трифазна мрежа. Определяне на големината на протичащия ток през човека 94
2.7.2. Анализ на мрежа с директно заземен звезден център.....98
2.7.3. Анализ на трипроводна трифазна мрежа, изолирана от земя 102
2.8. Класификация на ел. мрежи за ниско напрежение 105

2.8.1. Мрежи ***IT*** (с изолирана неутрала и защитно заземяване корпусите на съоръженията) 106
2.8.2. Мрежи ***TT*** (с заземена неутрала и защитно заземяване корпусите на съоръженията) 107
2.8.3. Мрежи ***TN*** (с заземена неутрала и защитно зануляване корпусите на съоръженията) 108

ГЛАВА 3. ЗАЩИТА СРЕЩУ ДИРЕКТЕН ДОПИР НА ТОКОВОДЕЩИ ЧАСТИ 111

3.1. Електрическа изолация на електрически машини, апарати и други електротехнически изделия 111
3.1.1. Същност, предназначение и класификации на електрическата изолация 112
3.1.2. Видове електрическа изолация по условия за безопасност.. 112
3.1.3. Контрол на електрическата изолация 115
3.1.3.А. Постоянен контрол на изолацията 116
3.1.3.Б. Периодичен контрол на изолацията… 118
3.2. Изисквания към електрически уредби, машини и апарати за защита срещу директен допир 121
3.2.1. Разположение на открити тоководещи части извън зоните на досегаемост 121
3.2.2. Ограждане 122
2.3.3. Блокировки 123
3.2.4. Сигнализации 124
3.2.5. Маркировки 125
3.3. Безопасно свръхниско напрежение 126
3.4. Защитно разделяне 128
3.5. Защита от преминаване на по-високо напрежение в мрежи с по-ниско напрежение 131
3.6. Електротехнически лични защитни и предпазни средства 131
3.6.1. Класификация и предназначение 131
3.6.2. Конструкции на изолиращи предпазни средства 133
3.6.3. Изисквания за проверка на изолиращи защитни средства ... 142

ГЛАВА 4. ЗАЩИТА СРЕЩУ ИНДИРЕКТЕН ДОПИР 144

4.1. Защитно заземяване 144
4.1.1. Принцип на действие на защитното заземяване. 145
4.1.2. Изисквания и приложение на защитното заземяване 147
4.1.3. Област на приложение на защитното заземяване 151
4.1.4. Изравняване на потенциалите 153

4.2. Заземителни инсталации 157
4.2.1. Видове заземители.....157
4.2.2. Оразмеряване на заземителни инсталации 165
4.2.3. Фактори, влияещи върху съпротивлението на заземителите 171
4.2.4. Проверка на заземителни инсталации 176
4.3. Защитно зануляване.....182
4.3.1. Принцип и същност на защитното зануляване. 182
4.3.2. Изисквания към защитното зануляване 184
4.3.3. Проверка на ефективността на защитното зануляване 188
4.4. Защитно изключване 189
4.4.1. Общи сведения и изисквания към защитното изключване ..189
4.4.2. Защитно-изключващи устройства с напреженов сигнал 192
4.4.3. Защитно-изключващи устройства с токов сигнал.....198
4.5. Организационни мероприятия за електробезопасност.....208
4.5.1. Организационни мероприятия за допускане, надзор и приключване на работа в електрически уредби 208
4.5.2. Категории работи с изключване на напрежението и работи под напрежение 210
4.5.3. Допълнителни защитни мерки за безопасност при извършване на работи в електрически уредби 213

ГЛАВА 5. АТМОСФЕРНО ЕЛЕКТРИЧЕСТВО 217

5.1. Общи сведения за мълниите и фактори на въздействия, свързани с тях 217
5.1.1. Механизъм на развитие на мълнията.....217
5.1.2. Характеристики на тока на мълнията.....219
5.1.3. Въздействия на мълнията 220
5.2. Райониране по интензивност на мълниеносната дейност.....222
5.3. Категоризация на обектите според изискванията за мълниезащита.....223
5.4. Мълниезащитни инсталации за защита при преки попадения на мълнии.....224
5.4.1. Мълниеприемници 224
5.4.2. Токоотводи.....231
5.4.3. Мълниезащитни заземители.....231
5.5. Защита от вторични въздействия на мълниите 233

ГЛАВА 6. ЕЛЕКТРИЧЕСКИ И МАГНИТНИ ПОЛЕТА 235

6.1. Скала и основни характеристики на ЕМП.....235

6.2. Статично електричество и електростатично поле. 236
6.2.1. Образуване на електростатични заряди 237
6.2.2. Видове разряди и вредни въздействия на електростатичните заряди 240
6.2.3. Методи и средства за електростатична безопасност.....242
6.3. Свръхнискочестотни полета 245
6.3.1. ЕМП с промишлена честота и основни фактори на въздействие върху човека.....245
6.3.2. Биологично действие на ЕМП с промишлена честота.....248
6.3.3. Нормиране, методи и средства за защита от ЕМП с промишлена честота 250
6.4. Радиочестотни и свръхвисокочестотни електромагнитни полета 252
6.4.1. Източници на ЕМП с РЧ и СВЧ.....252
6.4.2. Действие на ЕМП с РЧ и СВЧ върху живия организъм 253
6.4.3. Нормиране на въздействията от ЕМП с РЧ и СВЧ 254
6.4.4. Защита от въздействията на ЕМП с РЧ и СВЧ.....257
6.5. Други електромагнитни лъчения.....260
6.5.1. Източници и въздействия на инфрачервената и ултравиолетовата радиация в производствени условия 260
6.5.2. Лазерни лъчения.....263
6.5.3. Йонизиращи лъчения 267
6.5.4. Космически излъчвания.....271

ГЛАВА 7. ДРУГИ ОПАСНИ И ВРЕДНИ ФАКТОРИ НА РАБОТНАТА СРЕДА.....273

7.1. Микроклимат в работните помещения 273
7.1.1. Фактори на производствения микроклимат.....273
7.1.2. Нормиране на микроклимата 276
7.1.3. Методи и средства за осигуряване на благоприятен микроклимат 277
7.2. Производствено осветление.....281
7.2.1. Основни характеристики на осветлението.....281
7.2.2. Видове осветление и системи за осветление 285
7.3. Шум, ултразвук и инфразвук.....287
7.3.1. Основни характеристики на шума.....288
7.3.2. Нормиране и оценка на шума.....291
7.3.3. Основни методи и средства за защита от шум 292
7.3.4. Ултразвук и инфразвук.....292
7.4. Вибрации 293

7.4.1. Основни характеристики на вибрациите.....294
7.4.2. Действие на вибрациите върху човека.....294
7.4.3. Нормиране и оценка на вибрациите.....295
7.4.4. Основни методи и средства за защита от вибрации.....295
7.5. Вредни вещества в работната среда.....295
7.5.1. Производствен прах.....296
7.5.2. Производствени отрови.....297
7.5.3. Нормиране и защита от производствени отрови и прах.....300

ГЛАВА 8. ПОЖАРНА И АВАРИЙНА БЕЗОПАСНОСТ.....303

8.1. Общи сведения и определения.....303
8.2. Пожарна опасност при технологични процеси.....305
8.3. Мероприятия по пожарна профилактика.....306
8.4. Огнеустойчивост на сгради и съоръжения.....306
8.5. Средства за гасене на пожар.....309

ГЛАВА 9. ТРУДОВИ ЗЛОПОЛУКИ – ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ВИДОВЕ, РЕГИСТРИРАНЕ. РАЗСЛЕДВАНЕ НА ТРУДОВИ ЗЛОПОЛУКИ.....312

9.1. Определение, видове, регистрация на трудовите злополуки.....312
9.1.1. Класификация на трудовите злополуки според степента на поражение.....312
9.1.2. В кои случаи се регистрира трудова злополука.....313
9.1.3. Регистриране на трудовите злополуки.....313
9.1.4. Срокове за издаване на акт за трудова злополука.....315
9.2. Отчитане и анализ на трудовите злополуки.....315
9.2.1. Специфични особености при регистриране, отчитане и анализ на трудовите злополуки.....317
9.2.2. Йерархични нива на причините за възникване на трудови злополуки.....320
9.2.3. Основни причини за възникване на злополуките.....321
9.2.4. Непреки (индиректни) причини за възникване на злополуките.....323
9.2.5. Преки (директни) причини за възникване на злополуките..325
9.3. Основни дейности при разследването на причините за възникване на трудовите злополуки.....326
9.3.1. Последователност на основните действия.....326
9.3.2. Събиране на информация.....329
9.3.3. Интервю на свидетели и очевидци.....330
9.3.4. Дърво на причините за възникване на злополука.....335

9.3.5. Оценка на причините за човешки грешки при възникване на злополуки и анализ на тежестта на хуманните загуби 338
9.3.6. Основни документи при регистриране, отчитане и анализ на трудовите злополуки.....343

ГЛАВА 10. ТРЕНИРОВЪЧНИ ТЕСТОВЕ ПО БЕЗОПАСНОСТ НА ТРУДА.....346

10.1. Охрана на труда и техника на безопасност – основни нормативни актове и документи.....346
10.2. Условия на труд 360
10.3. Организационни мероприятия, осигуряващи безопасността на работа 369
10.4. Защита срещу поражение от електрически ток при допир или недопустимо сближаване с тоководещи части.....374
10.5. Защита срещу индиректен допир 381
10.6. Допълнителни защитни мерки за безопасност при извършване на работи в електрическите уредби.....393
10.7. Защитни средства в електрическите уредби.....398
10.8. Електротравматизъм и първа помощ при електрозлополуки ...400
10.9. Анализ на електрически мрежи и уредби по отношение на тяхната електробезопасност.....406
10.10. Заземителни устройства 418
10.11. Атмосферно и статично електричество 424
10.12. Отговори на въпросите по теми.....426

ПРИЛОЖЕНИЯ 430

Приложение №1 – Образец на заповед на осигурителя за разследване на трудова злополука.....430
Приложение №2 – Форма на декламация от осигурителя за трудова злополука.....432
Приложение №3 – Образец на протокол за разследване на трудова злополука.....434
Приложение №4 – Пример за разследване на трудова злополука.440

ЛИТЕРАТУРА.....451



"За да стигнеш до извора, започни
да плуваш срещу течението"

Ст. Лец

П Р Е Д Г О В О Р

Като отправна точка при подготовката на предлагания учебник авторите са имали изказаната по-горе мисъл, която с пълна сила се отнася за качествената подготовка на бъдещия инженер. Той трябва да достигне до извора, но извървявайки трудния път срещу течението, за да бъде уверен, че ще се справи с предизвикателствата, които поставя времето, в което живеем.

Опазването здравето и осигуряването здравословни и безопасни условия на труд е неотложна задача, която трябва да бъде решена не само от работодателите, но и от обществото като цяло. Това налага завършващият инженерен специалист да има необходимото ниво на подготовка не само по конкретната специалност, но и знания и умения и опит за осигуряване на безопасност и хигиена на работната среда.

Съгласно изискванията на Кодекса за социално осигуряване, за реализирането на осигурителните права за риска „трудова злополука", работодателите внасят осигурителни вноски в Националния осигурителен институт. Натрупаните средства се използват на социален принцип за обезщетяване на пострадалите и за осъществяване на превенция.

С естественото увеличаване на цената на човешкия труд делът на тези разходи ще нараства и ще зависи от броя и тежестта на станалите злополуки в предприятието на осигурителя. Може да се очаква на основата на опита в други страни, че този подход ще стимулира естествено (икономически) българският осигурител да се стреми към най-пълно изясняване на причините за злополуките. Разкриването на причините за злополуките е задължително условие за да се извърши адекватно усъвършенстване на системата за безопасност, което да намали осигурителната тежест. При това осигурителят и неговите специалисти се нуждаят от систематизирани знания за теорията на злополуките и най-добрата практика за установяване на причините за тях. В тази връзка в учебника е отделено значително място на

въпросите за трудова злополука, видове, регистрация, разследване, анализ и установяване причините за възникване. Установяването на причинно-следствените връзки е важно условие за предприемане на адекватни организационни и технически мероприятия, водещи до намаляване на риска от възникване на злополуки и произтичащите от това материални и хуманни загуби.

В учебника са включени проблеми, свързани с: основни действащи нормативни актове и документи свързани с условията на труд; организационни мероприятия, осигуряващи безопасността на работещите. Значителна част от съдържанието е посветена на въпросите, свързани с електробезопасността като основно профилиращо направление, планирано в утвърдените учебни програми за техническите висши училища. Съвременното техническо оборудване в съчетание със сложните производствени процеси изискват бъдещите ръководители и изпълнители да познават някой процеси като топлоотделяне, електромагнитно излъчване, реакции при химически активни вещества, шум, осветеност, вибрации и др. и мероприятията за защита от тях. Разгледаните в учебника теми съдържат основните изисквания за осигуряване на здравословни и безопасни условия на труд, които са съобразени с нормативните документи, третиращи тези проблеми.

За недопускане на злополуки от съществено значение са квалификацията и уменията на персонала. Във тази връзка са коментирани видовете квалификационни групи, изисквания по отношение на образователен ценз, квалификация и задължения.

При подготовката на учебника авторите са си поставили задачата да оптимизират самостоятелната подготовка на студентите по дисциплината “Техническа безопасност”, чрез прилагане на нови методически моменти, съобразени със спецификата на дисциплината и нейното приложение в практиката. Установено е, че човек възприема по-качествено информация и може да я използва при необходимост, когато при нейното усвояване се е справял с редица проблемни ситуации, за които е търсил вярното решение, т.е. учене чрез действие.

В учебника са включени тренировъчни тестове по въпроси от разглеждания учебен материал. Това позволява студентът да се запознае с разглежданите проблеми, а след това да направи опит да ги разреши, ползвайки предлаганите тестове. В края са посочени верните отговори, т.е. студентът може не само да направи самооценка на нивото на своята подготовка, но и да се върне към теоретичния

материал в конкретния раздел от учебника и да уточни своите пропуски и грешни изводи и заключения.

Тестовете съдържат 235 въпроса, подредени по раздели. Това дава възможност за "тренировка" при подготовка за изпит. Авторите са възприели привеждането на 5 отговора към всеки въпрос, като само един от тях най-пълно и точно съответства на формулирания въпрос.

В края на книгата са дадени верните отговори.

Изпитните тестове съдържат по 30 въпроса, като всеки въпрос има само един верен отговор от възможни пет. Обучаващият се обикновено желае чрез обективна оценка да установи степента на усвояване на знанията. Това може да се реализира чрез използване на система за оценяване, а именно:

- За всеки правилен отговор се присъжда по 1 точка;
- За всеки неправилен отговор се отнемат по 0,25 точки;
- За непосочен отговор на въпрос не се присъждат и не се отнемат точки;
- За отбелязани повече от 1 отговор (независимо дали между тях е верният или не) се отнемат 0,25 точки;
- Сумират се получените частични точкови резултати;
- Цифровата и качетсвена оценка се получава от посочената в таблицата скала:

точки	оценка
От -7,5 до 6,75	Слаб 2
От 7 до 11,75	Среден 3
От 12 до 18,75	Добър 4
От 19 до 24,75	Много добър 5
От 25 до 30	Отличен 6

Авторите си позволяват да дадат на студентите следните съвети:

- **Съвет 1**: Верният според Вас отговор определяйте едва след като сте прочели внимателно не само формулировката на въпроса, но и приведените 5 отговора;
- **Съвет 2**: Към решаването на дадените въпроси пристъпете едва след като задълбочено сте прочели съответната глава от учебника;
- **Съвет 3**: Не се изкушавайте да поглеждате верния отговор в процеса на решаване на въпроса. Това няма да Ви помогне да попълните евентуалните пропуски в знанията си и да коригирате допуснатите грешки;

- **<u>Съвет 4</u>**: Не се опитвайте случайно да посочите верния отговор (особено по време на изпит !!!). Ако не сте сигурни, по-добре е да не отбелязвате нищо – не получавате точка, но не Ви се намалява от събрания актив при евентуална грешка.

Авторите не изключват възможността за междувременно настъпване на промени в някои нормативни документи при динамичното развитие на специализираното законодателство и появата на нови резултати от изследваните технически решения в научно-изследователските и иновационни процеси в Европейския съюз и в национален мащаб.

За подпомагане на бъдещите ни разработки на учебни пособия всички пожелания и забележки могат да бъдат отправени към авторите чрез Техническия университет - Габрово на адрес: гр. Габрово 5300, ул. “Хаджи Димитър” №4, кат. “Основи на електротехниката и електроенергетиката”.

гр. Габрово Авторите
29.06.2021 г.

ГЛАВА 1. НОРМАТИВНА ОСНОВА НА ТЕХНИЧЕСКАТА БЕЗОПАСНОСТ

Осигуряването на безопасни, безвредни и здравословни условия на труд, които не водят до професионални заболявания и злополуки при работа и създават предпоставки за пълен физически, психофизиологичен и социален комфорт на работещите, е приоритет от най-висок ранг в съвременното стопанство на страните от Европейския съюз.

Безопасността на труда може да се дефинира като състояние на условията на труд, при които е изключено или сведено до допустимите санитарно-хигиенни норми и приемливия риск, действие на опасни и вредни производствени фактори върху работещите.

Техническата безопасност е научно-приложна дисциплина, занимаваща се с методите и средствата за осигуряване на безопасни, безвредни и здравословни условия на труд на работещите.

1.1. Основни нормативни документи, третиращи въпросите по безопасност

1.1.1. Конституция на Република България

В Конституция на Република България текстовите относно осигуряване на здравословни и безопасни условия на труд са дадени в глава II "Основни права и задължения на гражданите":

чл. 48, ал. 5 – Работниците и служителите имат право на здравословни и безопасни условия на труд, на минимално трудово възнаграждение и на заплащане, съответстващо на извършената работа, както и на почивка и отпуск при условия и по ред, определени със закон.

чл. 55 – Гражданите имат право на здравословна и благоприятна околна среда в съответствие с установените стандарти и нормативи. Те са длъжни да опазват околната среда.

1.1.2. Кодекс на труда

Кодексът на труда (КТ) е основен трудов закон, разработен на основа на изискванията на Конституцията. Сега действащият КТ е в сила от 01.01.1987 г. с посл. изм. ДВ бр. 109 от 22.12.2020 г. В глава XIII на КТ "Безопасни и здравословни условия на труда", чл. 275, ...290 са дадени изискванията и правилата за създаване на безопасни и здравословни условия на труд. Някои основни положения в КТ са, както следва:

Чл. 1. (1) Този кодекс урежда трудовите отношения между работника или служителя и работодателя, както и други отношения непосредствено свързани с тях.

(2) Отношенията при предоставяне на работна сила се уреждат само като трудови правоотношения.

(3) Този кодекс цели да осигури свободата и закрилата на труда, справедливи и достойни условия на труд, както и осъществяване на социален диалог между държавата, работниците, служителите, работодателите и техните организации за уреждане на трудовите и непосредствено свързаните с тях отношения.

Социален диалог

Чл.2. Държавата регулира трудовите и непосредствено свързаните с тях отношения, осигурителните отношения, както и въпросите на жизненото равнище и сътрудничество и след консултации и диалог с работниците, служителите работодателите и техните организации в дух на сътрудничество, взаимни отстъпки и зачитане на интересите на всяка от страните.

Тристранно сътрудничество

Чл. 3. (1) Държавата осъществява регулирането на трудовите и непосредствено свързаните с тях отношения, осигурителните отношения, както и въпросите на жизненото равнище в сътрудничество и след консултации с представителните организации на работниците и служителите и на работодателите. Обхватът на въпросите на жизненото равнище, предмет на консултации, се определя с акт на Министерския съвет по предложение на Националния съвет за тристранно сътрудничество.

(2) Сътрудничеството и консултациите задължително се осъществяват при приемането на нормативни актове по отношенията и въпросите, посочени в ал. 1.

Сдружаване на работниците и служителите

Чл. 4. (1) Работниците и служителите имат право, без предварително разрешение, свободно да образуват по свой избор синдикални организации, доброволно да встъпват и да излизат от тях, като се съобразяват само с техните устави.

(2) Синдикалните организации представляват и защитават интересите на работниците и служителите пред държавните органи и пред работодателите по въпросите на трудовите и осигурителни отношения и на жизненото равнище чрез колективно преговаряне, участие в тристранното сътрудничество, организиране на стачки и други действия съгласно закона.

Сдружаване на работодателите

Чл. 5 (1) Работодателите имат право, без предварително разрешение, свободно да образуват по свой избор организации, както

и да ги представляват и защитават, както и доброволно да встъпват и да излизат от тях, като се съобразяват само с техните устави.

(2) Организациите на работодателите по предходната алинея представляват и защитават своите интереси чрез колективно преговаряне, участие в тристранното сътрудничество и чрез други действия съгласно закона.

Представители за информиране и консултиране на работниците и служителите

Чл. 7 (2) Общото събрание може да предостави функциите по ал.1 на определени от ръководствата на синдикалните организации представители или на представителите на работниците и служителите по чл.7, ал.2. и др.

Кодексът на труда регламентира в самостоятелни глави и раздели понятията и изискванията относно:

- КОЛЕКТИВЕН ТРУДОВ ДОГОВОР
- ВЪЗНИКВАНЕ И ИЗМЕНЕНИЕ НА ТРУДОВОТО ПРАВООТНОШЕНИЕ
- ОСНОВНИ ЗАДЪЛЖЕНИЯ НА СТРАНИТЕ ПО ТРУДОВОТО ПРАВООТНОШЕНИЕ
- РАБОТНО ВРЕМЕ И ПОЧИВКИ
- ОТПУСКИ
- ТРУДОВА ДИСЦИПЛИНА
- ИМУЩЕСТВЕНА ОТГОВОРНОСТ И ДРУГИ ВИДОВЕ ОБЕЗЩЕТЕНИЯ
- ПРОФЕСИОНАЛНА КВАЛИФИКАЦИЯ
- ТРУДОВО ВЪЗНАГРАЖДЕНИЕ
- СОЦИАЛНО-БИТОВО И КУЛТУРНО ОБСЛУЖВАНЕ В ПРЕДПРИЯТИЕТО
- СПЕЦИАЛНА ЗАКРИЛА НА НЯКОИ КАТЕГОРИИ РАБОТНИЦИ И СЛУЖИТЕЛИ
- ПРЕКРАТЯВАНЕ НА ТРУДОВОТО ПРАВООТНОШЕНИЕ
- ТРУДОВА КНИЖКА И ТРУДОВ СТАЖ
- ТРУДОВИ СПОРОВЕ
- КОНТРОЛ ПО СПАЗВАНЕ НА ТРУДОВОТО ЗАКОНОДАТЕЛСТВО И АДМИНИСТРАТИВНО-НАКАЗАТЕЛНА ОТГОВОРНОСТ ЗА НЕГОВОТО НАРУШАВАНЕ.

Някои основни положения относно здравословните и безопасни условия на труд, регламентирани в Глава XIII на КТ, които са предмет и на Закона за здравословни и безопасни условия на труд, са:

чл. 275. Работодателят е длъжен да осигури здравословни и безопасни условия на труд, така че опасностите за живота и здравето на работника или служителя да бъдат отстранени, ограничени или намалени.

чл. 276. Единните правила по безопасността на труда се прилагат за всички отрасли и дейности на народното стопанство.

чл. 277. Правилата за специфични производства и дейности се разработват и утвърждават от работодателя. Тези правила не могат да противоречат на единните и отрасловите правила.

чл. 278. Третира задълженията при проектиране и строителство за осигуряване на безопасни и здравословни условия на труда.

чл. 279 и чл. 280 изискват произведените в чужбина машини и съоръжения да се внасят само, ако отговарят на нормите за създаване на безопасни и здравословни условия на труд.

чл. 281. Работниците и служителите заети в дейности, които създават опасност за здравето и живота им задължително се инструктират, обучават и полагат изпит по правилата за осигуряване на безопасни и здравословни условия на труд. Не се допускат до работа лица без необходимите знания и умения.

чл. 283. Дава право на работника или служителя да откаже изпълнението или да преустанови работата, когато възникне сериозна и непосредствена опасност за живота или здравето му, като незабавно уведоми прекия ръководител. Допускане до работа се разрешава от работодателя или прекия ръководител само след отстраняване на опасността.

чл. 284. Задължава работодателя да предостави безплатно специално работно облекло и лични предпазни средства на работниците и служителите по условие и ред определени от Министъра на труда и социалните грижи и от Министъра на здравеопазването.

чл. 285. Дава условията, при които работниците и служителите получават за сметка на работодателя безплатна храна или противоотрови. Забранено е заплащането на тяхната равностойност или замяната им с други извън утвърдените.

чл. 286. Разглежда ограничаване продължителността на работата във вредна или опасна среда, като списък на производствата и работите се утвърждава от Министерския съвет.

чл. 287. Въвежда задължителни периодични медицински прегледи на работниците и служителите съобразно характера на работата, условията на труда и възрастта на работниците и служителите.

чл. 288, 289 и 290 регламентират предотвратяването и отчитането на трудовите злополуки и професионалните заболявания и ежегодното събиране на данни за безопасните и здравословни условия на труд.

С допълнителните разпоредби на КТ се дефинират понятията:

- ✓ *"Работодател"* – е всяко физическо лице, юридическо лице или негово поделение, както и всяко друго организационно или икономически обособено образувание (предприятие, учреждение, организация, кооперация, стопанство, заведение, домакинство, дружество и други подобни), което самостоятелно наема работници или служители по трудово правоотношение;
- ✓ *"Предприятие"* – е всяко място – предприятие, учреждение, организация, кооперация, заведение, обект и други подобни, където се полага наемен труд;
- ✓ *"Ръководство на предприятието"* – е ръководителят на предприятието, неговите заместници и други лица, на които е възложено ръководството на трудовия процес, включително и в поделение на предприятието, както и колективните изборни органи за управление (стопански съвет, управителен съвет, изпълнително бюро, оперативно бюро и други подобни);
- ✓ *"Работно място"* – е помещение, цех, стая, нахождение на машина, съоръжение или друго подобно териториално определено място в предприятието, където работникът или служителят по указание на работодателя полага труда си в изпълнение на задълженията по трудовото правоотношение;
- ✓ *"Длъжностно лице"* – е работник или служител, на когото е възложено да упражнява ръководство на трудовия процес в предприятието, в неговите поделения и низови звена, както и работник или служител, който изпълнява работа на специалист във функционалните и обслужващите звена на предприятието;
- ✓ *"Работно време"* – е всеки период, през който работникът или служителят е длъжен да изпълнява работата за която се е договорил.

1.1.3. Наказателен кодекс

В случаите на допуснати трудови злополуки за виновните лица Наказателният кодекс (НК) предвижда следните наказания:

чл. 123 – "Който причини другиму смърт поради незнание или немарливо изпълнение на занятие или на друга правно

регламентирана дейност, представляваща източник на повишена опасност, се наказва с лишаване от свобода от 1 до 6 години”

чл. 134 – “Който причини другиму тежка или средна телесна повреда поради незнание или поради немарливо изпълнение на занятие или на друга правно регламентирана дейност, представляващи източник на повишена опасност, се наказва:

а) с лишаване от свобода до 3 години при тежка телесна повреда;

б) с лишаване от свобода до 2 години или пробация при средна телесна повреда;

чл. 136 – „Който наруши правила установени за охрана на безопасността на труда, и с това изложи на опасност живота или здравето на работещите, се наказва с лишаване от свобода до 3 години или с пробация, както и с обществено порицание при умишлено деяние или с поправителен труд при неумишлено ...

За умишлено се приема деяние, при което виновният е бил предупреден или осведомен но не е взел необходимите мерки за отстраняване на опасностите.

1.1.4. Закон за здравословни и безопасни условия на труд

Този закон, обнародван с ДВ. бр.124 от 23 Декември 1997 г., с последни изм. в ДВ. бр.97 от 5 декември 2017 г. урежда правата и задълженията на държавата, работодателите, работещите, представителите на работещите по безопасност и здраве при работа, на лицата, които за своя сметка работят сами или в съдружие, и на други организации и юридически лица за осигуряване на здравословни и безопасни условия на труд.

Някои основни положения на Закона за здравословни и безопасни условия на труд (ЗЗБУТ) са:

- Този закон въвежда общи принципи за превенция и мерки за стимулиране подобренията на безопасността и здравето на работещите за:
  - ✓ превенция на професионалните рискове;
  - ✓ защита на безопасността и здравето;
  - ✓ отстраняване на рисковете и причините за трудовия травматизъм и професионалната заболеваемост;
  - ✓ информиране, консултации, обучение;
  - ✓ балансирано участие.
- Този закон се прилага във всички предприятия и места, където се осъществява трудова дейност или се провежда обучение, независимо от формата на организация, вида на собственост и основанието, на което се извършва работата или обучението.

➢ Здравословните и безопасните условия на труд в обекти, производства, процеси, дейности, работни места и при работното оборудване се осигуряват с проектирането, изграждането, реконструкцията, модернизацията, въвеждането им и процеса на тяхната експлоатация, както тяхното поддържане, ремонт и извеждане от действие.

➢ Работодателят е длъжен да осигурява здравословни и безопасни условия на труд на работещите, като прилага необходимите мерки, вкл. превенция на професионалните рискове, предоставяне на информация и обучение, и осигуряване на необходимата организация и средства.

➢ Работодателят прилага мерките, като осигурява основните принципи на превенция, а именно:

- ✓ избягване на рисковете;
- ✓ оценка на рисковете, които не могат да бъдат избегнати;
- ✓ ограничаване на рисковете при източника на възникването им;
- ✓ приспособяване на работата към работещия, особено по отношение на проектирането на работните места, избора на работното оборудване, на работните и производствените методи, с цел облекчаване или премахване на монотонната работа, работата с наложен ритъм, както и за намаляване на въздействието им върху здравето на работещия;
- ✓ привеждане в съответствие с техническия прогрес;
- ✓ замяна на опасното с безопасно или по-малко опасно оборудване;
- ✓ обозначаване на съществуващи опасности и източници на вредни за здравето и безопасността фактори;
- ✓ прилагане на последователна цялостна политика за превенция, обхващаща технологията, организацията на работа, условията на труд, социалните взаимоотношения и въздействието на елементите на работната среда и трудовия процес;
- ✓ използване на колективните средства за защита с предимство пред личните предпазни средства;
- ✓ даване на съответни инструкции на работещите.

➢ Всеки, който проектира строителни обекти и дейности, производства, конструкции, технологии и работно оборудване, е длъжен да съобрази проекта с всички правила и норми за здравословни и безопасни условия на труд.

- В процеса на проектирането, строителството и въвеждането в експлоатация на обектите възложителят е отговорен и изисква, а съответните контролни органи контролират спазването на правилата и нормите за здравословни и безопасни условия на труд от проектанта и от строителя.

- Въвеждането в експлоатация на нови, реконструирани или модернизирани обекти се допуска при доказано съответствие с изискванията за осигуряване на здравословни и безопасни условия на труд.

- Физическите и юридическите лица, които самостоятелно наемат работници или служители по трудово правоотношение, както и лицата, които за своя сметка работят сами или в съдружие с други, са длъжни да осигурят здравословни и безопасни условия на труд както на работещите, така и на всички останали лица, които по друг повод се намират в близост до работните помещения, площадки и места. Тези задължения важат и при организирането и провеждането на обучение във всички видове учебни заведения, организации и звена за повишаване на професионалната квалификация.

- Всички разходи, свързани с осигуряване на здравословни и безопасни условия на труд са изцяло за сметка на работодателя.

- Работодателят задължително установява, разследва и регистрира всяка станала трудова злополука и известните му случаи на професионални заболявания по ред и начин определен с отделен закон или наредба.

- Работодателите осигуряват обслужване на работещите от регистрирани служби по трудова медицина, които оказват помощ за създаване на организация за безопасност и здраве при работа; извършват оценка на професионалните рискове и анализ на здравното състояние на работещите; предлагат мерки за отстраняване и намаляване на установения риск; наблюдават здравното състояние на работещите и др.

- Законът задължава учредяването на комитети по условия на труда, в които влизат по равно представители на работодателя и представители на работниците и служителите.

- Министерският съвет определя и провежда организацията и управлението на дейностите за осигуряване на здравословни и безопасни условия на труд.

- Постоянен орган на национално равнище е Националният съвет по условия на труд под председателството на министъра на труда и социалните грижи.

➢ За финансиране на дейности и мероприятия за подобряване на условията на труд е създаден фонд "Условия на труд" към Министерство на труда и социалната политика.

➢ Работниците и служителите се осигуряват задължително за професионално заболяване и злополука, като осигурителните вноски са за сметка на работодателите.

➢ Цялостният контрол по спазването на ЗЗБУТ се упражнява от Министерство на труда и социалната политика, а специализираната контролна дейност се извършва от Главната инспекция на труда и нейните регионални структури.

1.1.5. Правилници

Редица изисквания, свързани с конкретни дейности, уредби, обекти и съоръжения са предмет на различни правилници, например:

✓ *Правилник за безопасност и здраве при работа в електрически уредби на електрически и топлофикационни централи и по електрически мрежи*

Издаден е от Министерството на енергетиката и енергийните ресурси (ДВ бр. 34 от 27.04.2004 г., изм. ДВ. бр. 92 от 22.10.2013 г.) и е в сила от 29.08.2004 г. Явява се в значителна степен приемник на Правилника по безопасност на труда при експлоатация на електрическите уредби и съоръжения от 1986 г. Това е основен документ, предназначен за персонала, който ръководи или извършва работи, свързани с обслужването и ремонта на електрически уредби до 400 kV включително, във всички отрасли на народното стопанство. В него подробно са обхванати организационните и технически мероприятия осигуряващи безопасността в електрически уредби и съоръжения, регламентирани са изискванията за обучение и квалификационни групи по безопасност на персонала и др.

✓ *Правилник за безопасност и здраве при работа по електрообзавеждането с напрежение до 1000 V*

Издаден е от Министерството на енергетиката и енергийните ресурси и Министерството на труда и социалната политика (ДВ бр. 21 от 11.03.2005 г., изм. ДВ. бр. 73 от 20.08.2013 г.) и е в сила от 01.06.2005 г. С него се определят минималните изисквания за осигуряване на здравословни и безопасни условия на труд при работа по електрообзавеждането на потребители на електрическа енергия за напрежение до 1000 V, независимо от формата на собственост на средствата за производство.

✓ *Правилник за техническия надзор върху съоръжения с повишена опасност*

Утвърден е с ПМС № 34 от 01.09.1983 г. (ДВ. бр. 72 от 16.09.1983 г.). Техническият надзор върху съоръженията с повишена опасност се осъществява за спазването на установените изисквания за техническо устройство и безопасно за човека и околната среда функциониране на тези съоръжения при изграждането и експлоатацията на обекти с производствено и непроизводствено предназначение. Съоръжения с повишена опасност или т.н. "поднадзорни обекти" са парни и водогрейни котли, паропрегреватели, икономайзери, съдове под налягане, повдигателни, асансьорни и рентгенови уредби, тръбопроводи за пара и гореща вода, газопроводи и газови инсталации, въжени линии и ски влекове, апарати за физикална терапия и рехабилитация, инсталации и уредби, в които се използват радиоактивни материали, с изключение на ядрените съоръжения и материали, предмет на Указ № 1306 за държавния контрол по ядрената безопасност и правилника за прилагането му.

1.1.6. Наредби и постановления, ведомствени правилници

Въз основа на горе цитираните нормативни документи се издават наредби и постановления, както и ведомствени правилници. Техните разпоредби и изисквания не могат да противоречат на основните нормативни документи.

Към тях могат да се отнесат например:

- ✓ *Наредба № 3 от 2004 г. за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии, ДВ бр.90 от 13.10.2004 г.*

В Наредба №3 за устройство на електрическите уредби и електропроводните линии са дадени изискванията за новоизграждани и реконструирани електрически уредби за напрежение до 400 kV включително. Тя е водеща при проектиране и изпълнение на електрически уредби и всички други правилници, ведомствени нормативни документи и инструкции в тази област не трябва да и противоречат. В нея са дадени техническите изисквания и норми за устройство на електрическите уредби и електропроводи.

- ✓ *Наредба № 1 от 2010 г. за проектиране, изграждане и поддържане на електрически уредби НН в сгради, ДВ бр. 46 от 18.07.2010 г.*
- ✓ *Наредба № 16-116 от 2008 г. за техническа експлоатация на електрообзавеждането, ДВ, бр. 26 от 7.03.2008 г.*
- ✓ *Наредба № 9 от 2004 г. за техническата експлоатация на електрически централи и мрежи, ДВ, бр. 72 от 17.08.2004 г.*
- ✓ *Наредба № 5 от 1999 Г. за реда, начина и периодичността за извършване на оценка на риска, ДВ, бр.47 от 21.05.1999 г.*

✓ *Наредба № 4 от 2010 г. за мълниезащитата на сгради, външни съоръжения и открити пространства, ДВ бр. 6 от 18.01.2011 г.*

Наредбата за техническа експлоатация на енергообзавеждането определя организационните и технически изисквания при експлоатация на енергопотребителите в съгласие с наредба №3 за устройство на електрическите уредби и електропроводните линии. В първа част са дадени изискванията относно организация на експлоатацията. Втора част засягат експлоатационните изисквания към електрически уредби и съоръжения, като поотделно са разгледани и специални електрически уредби със специфичните им особености. Нормират се експлоатационни изисквания към топлосилови и топлофикационни уредби, съоръжения и уреди за използуване на топлинна енергия, които влизат в енергийното пространство на потребителите.

чл. 267 – регламентира изискванията към защитното зануляване и контрола относно неговата ефективност при електрически мрежи със заземен звезден център TN с напрежения 230 V спрямо земя;

чл. 260 и чл. 261 – регламентират изискванията при изграждане и контролни измервания за проверка на защитните заземителни уредби;

чл. 268 и чл. 269 – регламентират извършването на контролни измервания за проверка на защитните прекъсвачи за токове на утечката и за опасно напрежение в ел. уредби с напрежение до 1000V;

чл. 271 – регламентира проверката на изолационното съпротивление на веригите за безопасно свръхниско напрежение спрямо останалите електрически вериги на захранващата мрежа;

чл. 383 – регламентира изискванията при контрола на изолационното съпротивление и стойността на напрежението в осветителните уредби;

✓ *Наредба № РД-07-2 от 16.12. 2009 г. за условията и реда за провеждането на периодично обучение и инструктаж на работниците и служителите по правилата за осигуряване на здравословни и безопасни условия на труд, ДВ бр. 102 от 22.12.2009 г.*

Това изброяване обхваща поднормативните документи в действие към момента на написване на настоящия учебник. При бъдещата си дейност електроспециалистите ще трябва да се информират и спазват новоприетите и/или актуализирани документи.

1.1.7. Инструкции по "Охрана на труда" и "Техническа безопасност"

Инструкциите по "Охрана на труда" се изготвят за конкретни обекти (електрически уредби, съоръжения и машини, производства и

други подобни) въз основа на изискванията на нормативните документи. Поради налагащата се краткост при оформянето им е особено важно да не се допуснат текстове със заблуждаващ характер или в противоречие с изискванията на нормативни документи. Инструкциите се съгласуват с отдел по "Охрана на труда" и одобряват от работодателя.

Инструкциите се поставят на видно място в обекта, а екземпляр от тях е неразделна част от дневника за отразяване инструктажа на работещите.

1.2. Квалификационни групи по безопасност за електротехническия персонал

Лицата, които обслужват електрически уредби и съоръжения и извършват или ръководят работа в тях, трябва да имат необходимата техническа правоспособност, която се присъжда с квалификационна група по безопасност на труда. В Република България са въведени 5 квалификационни групи по безопасност на труда при експлоатация на електрическите уредби и съоръжения:

- ***Първа квалификационна група*** се изисква за:

1) Неелектротехнически персонал - общи и строителни работници, чистачи, такелажници, бояджии, монтажници, и др., работата на които е свързана с ремонт и обслужване на неелектрическата част на електрически уредби и мрежи, обхващаща сгради, покриви, строителни конструкции, В и К и други технически проводи (инсталации);
2) Работници, които при работа използват ръчни и преносими електроинструменти от клас I на защита срещу поражение от електрически ток (със защитен проводник - зануляване, защитно заземяване или защитно изключване);
3) Ученици, стажанти от колежи и ВУЗ, както и всички новопостъпили без стаж в електрически уредби и мрежи на работа, която е свързана с тяхната експлоатация и ремонт.

За придобиване на първа квалификационна група лицата трябва:

1. Да бъдат запознати с опасностите, пораждани от електрически ток;
2. Да бъдат запознати при какви условия и техни действия електрическите уредби и мрежи могат да бъдат опасни;
3. Да знаят правилата за безопасност, пряко свързани с извършваната работа.

Лицата от първа квалификационна група трябва да имат елементарна представа за опасностите от електрически ток и защитните мерки за безопасност.

- ***Втора квалификационна група*** се изисква за:

1) Начинаещи работници, които не се допускат до самостоятелна работа и работят под прякото ръководство на електроспециалист с не по-ниска от трета квалификационна група;
2) Електрозаварчици, електрошлосери, машинисти от електротранспорта, кранисти на кранове с електрическо задвижване;
3) Лица с неелектротехническа специалност, работата на които е свързана с ремонт и експлоатация на електрически уредби и мрежи, като кранисти, булдозеристи, шофьори и др.;
4) Практиканти и стажанти от средни учебни заведения, колежи и ВУЗ с електротехническа специалност.

За придобиване на втора квалификационна група лицата трябва да имат:

1. Елементарни познания за устройство на електрически уредби/мрежи;
2. Ясна представа за опасностите от електрическия ток при доближаване/допиране до тоководещи части под напрежение;
3. Знания по правилата за безопасност и основните мерки за предпазване при работа;
4. Практически умения за оказване на първа долекарска помощ на пострадал от електрически ток.

Лицата с втора квалификационна група имат общ трудов стаж в електрически уредби/мрежи, образование и професионална квалификация най-малко:

1. Без стаж - трета степен на професионална квалификация по електротехническа специалност (техникум), стажанти от колежи и ВУЗ;
2. Един месец - втора степен на професионална квалификация по електротехническа специалност (СПТУ);
3. Три месеца - основно, незавършено или завършено средно образование без професионална квалификация/професионална квалификация по неелектротехническа специалност.

- ***Трета квалификационна група*** се изисква за:

Трета квалификационна група за работа в електрически уредби/мрежи с напрежение до 1000 V се изисква за:

1) Изпълнителски кадри, които самостоятелно извършват работи;

2) Оперативно-ремонтен персонал;
3) Лица, които ръководят и/или обучават работници с първа и втора квалификационна група;
4) Допускащи, наблюдаващи или изпълнители на работа с наряд;
5) Настройчици на КИП и А, лаборанти в електролаборатории, специалисти по ремонт и настройка на компютърна техника, средства за диспечерско и технологично управление и др.

Трета квалификационна група за работа в електрически уредби/мрежи с напрежение над 1000 V се изисква за изпълнителски кадри - членове на бригада.

За придобиване на трета квалификационна група лицата трябва да имат:

1. Знания по обща електротехника и устройството на електрически уредби и мрежи;
2. Ясна представа за опасностите и пораженията от електрическия ток при работа в електрически уредби/мрежи;
3. Знания по общите правила за безопасност при работа в електрически уредби/мрежи и по мерките за защита и ползването на предпазни средства;
4. Знания по специфичните правила за безопасност за извършваната работа или заеманата длъжност;
5. Знания по правилата за допускане до работа в електрическа уредба/мрежа и способност да осъществяват надзор на лица с по-ниска квалификационна група;
6. Практически умения за оказване на първа долекарска помощ на пострадал от електрически ток.

Лицата с трета квалификационна група имат стаж с втора квалификационна група в електрически уредби/мрежи, образование и професионална квалификация най-малко:

1. Без стаж - висше електротехническо образование;
2. Един месец - стажанти от колежи и ВУЗ, обучаващи се по електротехническа специалност и положили изпит за безопасност при работа;
3. Два месеца - трета степен на професионална квалификация по електротехническа специалност;
4. Три месеца - втора степен на професионална квалификация по електротехническа специалност, висше техническо образование (неелектротехническо);
5. Четири месеца - втора и трета степен на професионална квалификация по техническа специалност(неелектротехническа);

6. Шест месеца - основно/средно образование с професионална квалификация.

➢ ***Четвърта квалификационна група*** се изисква за:

Четвърта квалификационна група за работа в електрически уредби/мрежи с напрежение до 1000 V се изисква за:

1) Лица, които пряко организират и ръководят изпълнение на работи по експлоатация, профилактика и ремонт;
2) Издаващи наряди и отговорни ръководители;
3) Лица, които извършват висококвалифицирани работи по настройки, изпитване, измерване.

Четвърта квалификационна група за работа в електрически уредби с напрежение над 1000 V се изисква за:

1) Оперативен и оперативно-ремонтен персонал;
2) Старши майстори;
3) Монтьори и специалисти по релейна защита, автоматика, телемеханика и свръзки;
4) Допускащи, наблюдаващи и изпълнители на работа;
5) Специалисти по КИП и А;

За придобиване на четвърта квалификационна група лицата трябва да имат:

1. Задълбочени знания по електротехника и устройство на електрически уредби и мрежи;
2. Пълни познания по схемата на уредбата/мрежата, която обслужват, опит за свободно и бързо ориентиране при извършване на манипулации и превключвания, както и умения за изпълнение и контрол на мерките за безопасност;
3. Пълна представа за опасностите и професионалния риск при работа в електрически уредби/мрежи;
4. Цялостни знания по този правилник и на специфичните правила за безопасност при работа в обслужваната уредба/мрежа;
5. Умения да организират и ръководят безопасно извършване на работите както при нормални експлоатационни условия, така и при аварийни ситуации;
6. Знания по правилата за използване на защитни средства и умения за прилагането им;
7. Знания и практически умения за прилагане на правилата за първа долекарска помощ.

Лицата с четвърта квалификационна група имат стаж с трета квалификационна група, образование и професионална квалификация най-малко:

1. Два месеца - висше електротехническо образование;
2. Три месеца - трета степен на професионална квалификация по електротехническа специалност;
3. Четири месеца - втора степен на професионална квалификация по електротехническа специалност, висше техническо образование (неелектротехническо);
4. Шест месеца - втора и трета степен на професионална квалификация по техническа специалност (неелектротехническа), средно образование с професионална квалификация;
5. Осем месеца - основно образование с професионална квалификация.1. Кадрите, които организират и ръководят изпълнение на работи по експлоатация на електрически уредби до 1000V, носят дежурства или извършва квалифицирани работи в електрически уредби над 1000V;

➢ ***Пета квалификационна група*** се изисква за:

1) Ръководители и техни заместници, които ръководят практическата дейност по обслужване, ремонт и контрол на електрически уредби и мрежи;
2) Ръководен и оперативен персонал на диспечерски служби;
3) Дежурни инженери в електрически и топлофикационни централи;
4) Оперативно-ремонтен персонал, който ръководи работи в подстанции, възлови станции, трафопостове и електропроводни линии, както и извършване на оперативни превключвания при напрежение над 1000 V;
5) Издаващи наряди и нареждания, отговорни ръководители за работа в електрически уредби/мрежи с напрежение над 1000 V;
6) Ръководители на служби/отдели по експлоатация и безопасност при работа.

За придобиване на пета квалификационна група лицата трябва да имат:

1. Задълбочени знания по теория и цялостни знания по устройство на електрически уредби/мрежи;
2. Цялостни познания по схемите на електрическите уредби/мрежи, опит за безпогрешно определяне на мерките за безопасност при издаване на наряд/нареждане;
3. Пълна представа за опасностите и професионалния риск при работа в електрически уредби/мрежи и последствията от тях;

4. Цялостни знания по този правилник и на специфичните правила за безопасност на извършваната работа, както и познания по нормативните актове;
5. Умения за бързо ориентиране в обстановката и способност да организират и ръководят безопасно извършване на работите както при нормални експлоатационни условия, така и при аварийни ситуации;
6. Знания по правилата за използване на защитните средства и умения за прилагането им;
7. Знания и практически умения за прилагане на правилата за първа долекарска помощ.

Лицата с пета квалификационна група имат стаж с четвърта квалификационна група, образование и професионална квалификация, най-малко:

1. Шест месеца - висше електротехническо образование;
2. Дванадесет месеца - трета степен на професионална квалификация по електротехническа специалност;
3. Осемнадесет месеца - втора степен на професионална квалификация по електротехническа специалност, висше техническо образование (неелектротехническо).

Работите по действащи електрически уредби с напрежение над 1000V се извършват най-малко от две лица: едното с пета квалификационна група, а второто може да бъде с трета квалификационна група. При работа под напрежение второто лице трябва да бъде най-малко с четвърта квалификационна група, като съставът на бригадата се определя съгласно технологичната инструкция за работа под напрежение (ТИРН).

При работа на две или повече лица, лицето с по-висока квалификационна група изпълнява функциите на наблюдаващ, а това с по-ниска - на изпълнител.

Изпитът за потвърждаване на квалификационна група се провежда:

1. За ръководния инженерно-технически персонал на 2 години;
2. За изпълнителския персонал - ежегодно.

При успешно издържан изпит се издава удостоверение за квалификационна група по образец, а също така изпитен протокол в два екземпляра, който се завежда в дневник по образец. Дневникът и единият екземпляр от протокола се съхраняват от лицето отговорно за електростопанството на организацията, което следи и за периодичността на изпитите. Вторият екземпляр от протокола се съхранява в досието на изпитвания.

1.3. Мероприятия по техника на безопасността, провеждане и контрол на изпълнението им

Мероприятията по техника на безопасност осигуряващи защита от трудови злополуки и професионални заболявания се разделят на три групи.

1.3.1. Организационни мероприятия

а) Издаване на правилници, наредби, постановления и инструкции по техника на безопасност и промишлена санитария. Те не могат да противоречат на основните нормативни документи

б) Разработване на норми и контрол за спазването им, например: съпротивление на заземители и изолации, минимални разстояния от тоководещи части, концентрация на опасни и вредни газове, пари и прахове, осветеност и т.н.

в) Организация на производствени и трудови процеси;

г) Структура на отделите по охрана на труда;

д) Подбор на кадрите в зависимост от тяхната квалификация физически и психически качества съобразно вида на извършваната работа;

е) Обучение на работници и служители по правилата на техническа безопасност и проверка на знанията;

Обучението и проверката на знанията на работници и служители се извършва със система от инструктажи, които биват:

- ***Начален инструктаж***

Провежда се с:

1) Новопостъпващи работници и служители;
2) Учащи и лица на производствена практика;
3) Работници и служители от други фирми, предприятия и организации, които ще работят или пребивават на територията на фирмата, предприятието или учреждението.

Провелият начален инструктаж издава служебна бележка, която се съхранява в личното досие на работника или служителя.

- ***Инструктаж на работното място***

Инструктажът на работното място е практическо запознаване на работника или служителя с конкретните изисквания за безопасно изпълнение на трудовата дейност и се провежда на работното място.

Работниците и служителите се допускат до самостоятелна работа само след успешно положен изпит за безопасните методи на работа. Това се удостоверява с вписване в книгата за инструктаж и с

подписите на инструктирания и на провелия инструктажа. Инструкцията, по която се провежда инструктажа, се прикрепва неразделно към Книгата за инструктаж.

➢ ***Периодичен инструктаж***

Има за цел да поддържа и допълва знанията на работещите по безопасност, хигиена на труда и противопожарна охрана.

Периодичният инструктаж се провежда не по-рядко от един път годишно. Успешно положеният изпит се отразява в Книгата за инструктаж и удостоверява с подписите на инструктирания и на провелия инструктажа.

➢ ***Ежедневен инструктаж***

Провежда се с работници и служители, заето в дейности с висок производствен риск и се документира в Книга за ежедневен инструктаж.

➢ ***Извънреден инструктаж***

Извънреден инструктаж се провежда:

1) След всяка смъртна, тежка или аварийна трудова злополука, пожар, промишлена авария и природно бедствие;
2) При констатиране на груби нарушения на нормите и изискванията по безопасността и хигиената на труда и противопожарната охрана;
3) По нареждане на контролен орган.

Извънреден инструктаж се провежда и при промяна на технологичен процес, при въвеждане на нови машини и съоръжения, при промяна на работното място и организацията на работа.

Извънреден инструктаж се провежда и с работещи отсъствували от работа повече от 45 дни независимо от причините.

Организационните мероприятия не изискват големи капиталовложения, но добре замислени и правилно изпълнени могат да имат значителен и обхватен ефект за постигане на безопасност на труда.

1.3.2. Технически мероприятия

а) Механизация, автоматизация и телеуправление, чрез които работещият се извежда извън работната среда и опасни зони;

б) Въвеждане на нови, безвредни технологични процеси и суровини;

в) Ограждения;

г) Блокировки;

д) Сигнализации;

е) Защити от ненормални режими, например: претоварване, опасни потенциали при земни и корпусни съединения и т.н.

1.3.3. Промишлено санитарни мероприятия

Провеждат се още в стадий проектиране и строителство, но и при реконструкции, а също така и при редовна експлоатация и касаят санитарно-хигиенни норми и изисквания.

ГЛАВА 2. ЯВЛЕНИЯ И ПРОЦЕСИ, ОПРЕДЕЛЯЩИ ЕЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТТА

2.1. Действие на електрическия ток върху човешкия организъм

2.1.1. Първи сведения за действието на електрическия ток върху човешкия организъм

Първи изследвания по отношение действието на електрическия ток върху човешкия организъм прави английския лекар Джилберт още в края на XVI век. Опасностите за човешкия живот от въздействието на електрическия ток установява проф. В. В. Петров от Медицинско-хирургическа академия в гр. Петербург през 1802 г. и на неговите трудове се позовават голяма част от изследванията в това направление по-късно. Друга насоченост придобиват изследванията след първия регистриран нещастен случай от електрически ток в САЩ през 1862 г. и през 1899 г. Вебер изследва електрическото съпротивление на живия организъм, през 1896 г. Дарсонвал и Краттер изследват големината на поразяващия електрически ток и т.н. През XX век редица известни учени работят по проблемите на действието на електрическия ток върху човешкия организъм, като Ferris L. P., King B. G., Spens P. W., Köppen S., Eichler R., Osypka P., Panse F., Kouwenhover W.B., Milnor M. D., Morse A.R., Манойлов В. Е. и др.

2.1.2. Анализ на електротравматизма

Делът на електротравматизма в различните сектори на икономиката, в бита и други е относително малък спрямо общия травматизъм, но тежестта на електрозлополуките е голяма и значителна част от тях са с летален изход. Намаляването на електрозлополуките е с висок приоритет в дейността на компетентните органи и в изследванията за търсене на най-ефективни решения и мерки за превантивен контрол и предотвратяване на травматизма. Особено значение за постигане на висока ефективност в това направление има познаването на характера и същността на електропораженията, причините за възникването на електрозлополуките и възможностите за предотвратяването им чрез прилагане на комплекс от мероприятия в практиката.

Нарушаване на нормалното състояние и функциониране на тъкани и органи, съпроводено с локални и общи реакции на организма в следствие на протичане на електрически ток през човешкото тяло се нарича *електротравма*.

Събитие, при което се регистрира електротравма в резултат на случайно протичане на електрически ток през тялото на човек се нарича *електрозлополука*.

Съвкупността от възникващи и повтарящи се електрозлополуки при определени производствени, битови и други условия се нарича *електротравматизъм*.

Във всички развити страни се води разследване и статистика на електрозлополуките, с цел установяване на тяхната честота, тежест, условия на възникване, влияние на обективни и субективни фактори и др. На базата на статистически анализ на електротравматизма се набелязват съответните организационни, технически и други мероприятия, дават се препоръки и указания за подобряване на електробезопасността, и се формулират предложения за усъвършенстване на нормативната уредба. В нашата страна, такава статистика се води от Изпълнителна агенция "Главна инспекция по труда" и Дирекции "Областна инспекция по труда" към МТСП.

Статистическите данни за смъртните производствените електрозлополуки в Р България за през 1999 г. са дадени в ***табл.2.1***.

Таблица 2.1

Поредна година от периода на изс-ледване	*Смъртни електрозлополуки*			*Разпределение на броя на пострадалите по квалификационни групи*			
	До 1kV	*Над 1kV*	*Общо*	*Без или с I или II кв. гр.*	*III кв. гр.*	*IV кв. гр.*	*V кв. гр.*
I	10	10	20	14	1	5	0
II	15	15	30	17	3	4	6
III	9	9	18	9	1	6	2
IV	8	2	10	6	1	2	1
V	5	10	15	7	5	2	1
VI	5	3	8	4	2	1	1
VII	10	11	21	14	0	4	3
VIII	8	9	17	9	1	3	4
IX	5	11	16	9	2	5	0
X	8	3	11	7	1	2	1
XI	8	6	14	10	0	3	1
Общо	**91**	**89**	**180**	**106**	**17**	**37**	**20**

Статистическите данни позволяват анализ на електротравматизма по различни критерии, например:

Разпределение на електрозлополуките според начина на допиране:

- директно допиране – около *39%*;

- индиректно допиране – около *50%*;
- през електрическа дъга – около *11%*.

Разпределение на електрозлополуките според професиите:

- лица с електротехнически професии – *41%*;
- лица с неелектротехнически професии – *59%*;

Разпределение на електрозлополуките по възраст на пострадалия, което е дадено в ***табл. 2.2***.

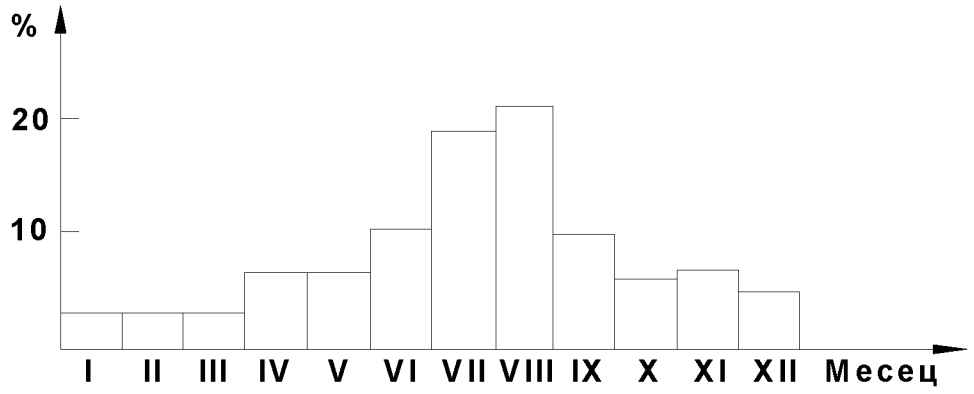
Таблица 2.2

Възраст, години	*До 20*	*20-30*	*30-40*	*40-50*	*50-60*	*Над 60*
Относителен брой, %	7.2	36.7	28.3	16.7	8.7	1.5

Разпределение в зависимост от напрежението на уредбата:

- до 1kV – *50,6 %*;
- над 1kV – *49,4 %*.

Разпределение на електрозлополуките по месеци в годината:



Фиг. 2.1.

Климатичните условия през годината оказват влияние върху състоянието на електросъоръженията и работната среда, което обуславя различни степени на опасност за възникване на електропоражения. Летният сезон се характеризира с нарастване на електрозлополуките, главно поради извършване на временните сезонни и ремонтни работи, работи на открито, вкл. при неблагоприятни условия и др.

Броят на електрозлополуките по часове от денонощието е по-висок в часовете с по-високо електропотребление. Влияние върху часовото разпределение оказват също умората, пониженото внимание, измененията в психофизиологичното състояние на организма в началото на работния ден и в следобедните часове и др.

Анализът на електротравматизма при промишлени условия у нас показва необходимостта от системно подобряване на организацията и изпълнението на мероприятията за осигуряване на електробезопасност, подобряване на състоянието на

електросъоръженията и условията на работната среда, повишаване на квалификацията на персонала по въпросите на безопасността и др.

2.2. Поражения от електрически ток

Всички органи и системи в човешкото тяло се управляват посредством нервни импулси и химически медиатори – *хормони*. Нервните импулси са с електромагнитен характер, а появата и разпространението им в живите тъкани е съпроводено с възникване и разпространение на електрически потенциали – *биопотенциали* и електрически ток – *биоток*.

Протичането на ток през тялото под действие на външен източник нарушава нормалното предаване на нервните импулси (протичане на биотокове), с което се нарушава нормалното функциониране на тъканите и органите. Настъпват неконтролируеми конвулсии и парализа на засегнатите мускули по пътя на тока през човека и засягане на нервната система – *пряко действие на тока*. Особено опасно е прякото въздействие върху главния и гръбначния мозък, сърдечния мускул и междуребрените мускули, осъществяващи дишането.

Възможна е поява и на рефлекторни реакции на организма, водещи до нарушаване на метаболизма в тъкани и органи, през които директно не протича ток – *непряко действие*.

2.2.1. Видове действия на електрическия ток върху човека

Биологичното (физиологично) действие на ел. ток се изразява в смущения, нарушения или пълно прекратяване функциите на жизнено важните органи и системи – сърдечносъдовата и дихателната.

Химичното (електролитно) действие се състои в електролитна дисоциация на телесните течности (кръв, лимфа, вътреклетъчни течности и др.), при което настъпват изменения в състава и свойствата им, както и в поразените тъкани като цяло.

Топлинното действие се проявява в загряване или изгаряне на кожата или вътрешни органи вследствие на отделената топлина при протичане на ток през тях.

Механичното действие се дължи на резки неконтролируеми спазми в мускулите, при протичане на електрически ток през тях, могат да се получат разкъсвания на кожата, кръвоносни съдове, нервни и мускулни влакна, изкълчване и дори счупване на кости.

2.2.2. Видове електрозлополуки

➢ ***Електрически удар***

Електрическият удар представлява физиологично въздействие на електрически ток при протичането му през човешкото тяло или части от него и се състои в нарушаване на нормалната работа на жизнено важни органи и системи в организма, разстройване на рефлекторната дейност, конвулсии на мускулите и аномалии в нервната дейност. Функционалните нарушения се изразяват в загуба на съзнание, нарушаване или спиране на дишането и сърдечната дейност. Тежестта на електрическия удар се определя според последиците:

I степен – конвулсивно свиване на мускулите, изтръпване на засегнатите крайници;

II степен – конвулсивно свиване на мускулите, загуба на съзнание при сравнително запазено дишане и кръвообращение;

III степен – конвулсивно свиване на мускулите, загуба на съзнание, съществено нарушено дишане и/или кръвообращение;

IV степен – клинична смърт, спиране на дишането и кръвообращението.

Клиничната смърт представлява преходен процес, който се характеризира с липса на всякакви признаци на живот, но в почти всички тъкани и органи са налице обменни процеси, които постепенно затихват. Най-чувствителни на липсата на кислород, който се доставя чрез кръвообращението, са клетките на кората на главния мозък, с дейността на които е свързано съзнанието и мисленето. Ако до 4 ÷ 6 min след спиране на дишането и кръвообращението (когато тези клетки на кората на главния мозък все още функционират) започнат и се приложат правилно реанимационни процедури за възстановяване на жизнените функции, човек може да бъде спасен с вероятност над 50 %.

Биологичната смърт е необратимо явление, характеризиращо се с прекратяване на биологичните процеси в клетките и тъканите на организма.

В случаите, когато електрическият удар не предизвика смърт, може да се окаже причина за сериозни заболявания – аритмия на сърцето, стенокардия, неврози и др. или намаляване на общата съпротивителна способност на организма спрямо сърдечносъдови, нервни и други заболявания.

➢ ***Електрически шок***

Електрическият шок представлява тежка нервнорефлекторна реакция на организма в резултат от въздействието на протекъл през тялото ток. Съпровожда се с тежко разстройство на сърдечната дейност, рязко намаляване на кръвното налягане и отслабване на дишането. Нарушава се обмяната на веществата. Пострадалият изпада в дълбока депресия и пълна апатия при наличие на съзнание към заобикалящия го свят. Това състояние на организма може да продължи от няколко минути до денонощие и ако не се окаже ефективна лекарска помощ, настъпва смърт, поради пълно разстройване на жизненоважните функции на организма.

➢ ***Електрически изгаряния***

Изгарянията, като електрически травми възникват при протичане на електрически ток през човека и/или под действието на електрическата дъга. Това са характерни електрически травми в уредбите ВН.

Изгарянията биват четири степени: *I степен* – зачервяване на кожата; *II степен* – образуване на мехури; *III степен* – изгаряне на всички слоеве на кожата; *IV степен* – овъгляване на тъканите.

Опасността от изгаряния зависи главно от площта на засегнатата част от кожата при изгарянето.

Контактното изгаряне възниква при протичане на електрически ток през тялото на човека. Количеството отделена топлина $\boldsymbol{Q}$ се определя по закона на Джаул-Ленц:

$$Q = I_h^2 . R_h . t . \cos\varphi, \text{ J} \qquad (2.1)$$

Най-много топлина се отделя в повърхностния слой на кожата на тялото, която има значително по-голямо съпротивление от вътрешните тъкани и органи и най-голямо е изгарянето в мястото на допиране до тоководещата част, където плътността на тока е най-голяма.

Дъговото изгаряне възниква от лъчистото действие на електрическата дъга между тоководещи или между тоководещи и нетоководещи части без протичане на електрически ток през човека. Такива изгаряния се получават при къси съединения, неправилни действия при измервания и други, при напрежение най-често над *1* kV. Температурата на дъгата е около *3000* °C и изгарянията обикновено са тежки – III и IV степен.

Смесеното изгаряне се получава при електрическа дъга между тоководеща част и човек в уредби за ВН. Токът е голям (5 – 6 А и

повече), изгарянията обхващат и вътрешни органи, а пораженията често са смъртоносни.

Аналогични са изгарянията и от голям ток с висока честота. Изгарянията от постоянен ток с големи стойности са по-тежки, отколкото от променлив, поради влиянието на cosφ (2.1), по-устойчивото горене на дъгата и сложни физиологични реакции.

➢ **Други последици под действие на електрическия ток**

Електрическите белези се проявяват като болезнени подутини и пукнатини по кожата с жълтеникав цвят, подобни на мазоли, получени от електрохимичното действие при по-ниска температура от тази за изгаряне.

Метализация на кожата се получава при проникване на метални микрочастици или метални йони под действието на електрическия ток. Проявява се с характерно оцветяване и загрубяване на кожата в контактната зона, с болезнено усещане, което постепенно преминава.

Тежки увреждания на очите се получават в следствие на ултравиолетовото и инфрачервеното излъчване на електрическа дъга в непосредствена близост. В очите може да попаднат пръски разтопен метал или да се получи обгаряне от високата температура, което често води до *трайна слепота*.

При продължително лъчисто въздействие на дъгата се получава заболяването *електроофталмия*, характерно при заваряване без използване на изправни защитни средства за очите. Дължи се на видимото и ултравиолетовото лъчение на дъгата. Развива няколко часа след облъчването като възпаление на роговицата и по-рядко на ретината на очите, с гложде не, парене, сърбежи на очите и интензивно сълзене. Може да се появи главоболие, повишаване на температурата и общо неразположение.

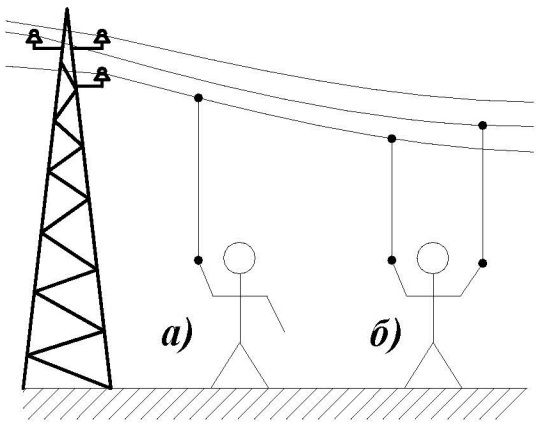
Механичните увреждания са резултат на силните и внезапни свивания на мускули като реакция на протичащия ток през човешкото тяло. Възможни са разтягане и скъсване на сухожилия и кръвоносни съдове, фрактури на кости, вкл. гръбначен стълб, крайници и др. Такива травми възникват рядко, но са тежки и изискват продължително лечение. Механични увреждания се получават и при падане отвисоко поради уплаха от дъга, искра или протичане на електрически ток през човека и неправилно укрепване или осигуряване на работещите.

2.2.3. Причини за възникване на електрозлополуките

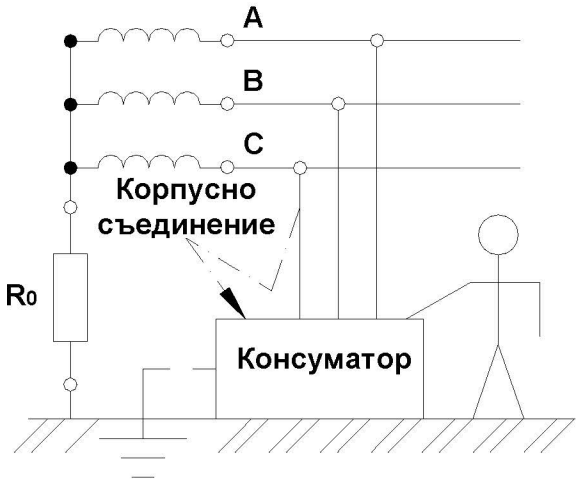
Директното допиране до тоководещи части под напрежение

То може да бъде еднофазно, ***фиг. 2.3а*** или двуфазно, когато човек попада под линейно напрежение, ***фиг. 2.3б***.

Индиректното допиране е най-честата причина за електропоражение и обикновено се получава при допир до проводими нетоководещи части (корпуси на машини и съоръжения), попаднали под напрежение в следствие на повреда в изолацията, електрическа дъга, допиране на нетоководещи до тоководещи части и т.н. (***фиг. 2.4***).



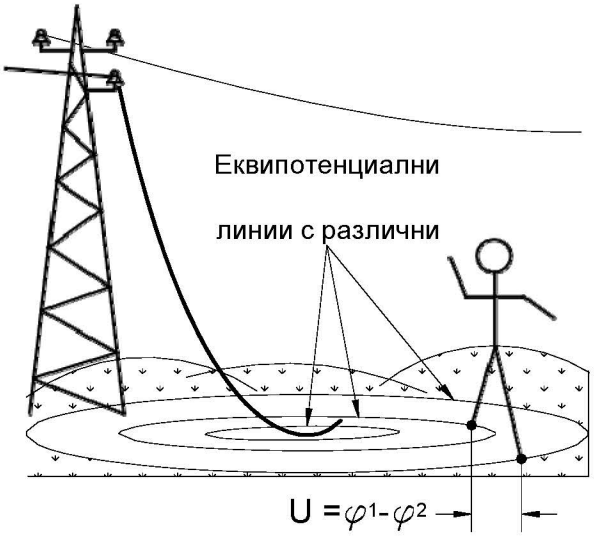
Фиг. 2.3



Фиг. 2.4

Протичането на електрически ток в земята води до появата на *потенциали* и *потенциални разлики (допирни напрежения)*, които могат да предизвикат протичане на ток през човека, намиращ се в зоната около мястото на протичане на тока в земята – ***фиг. 2.5.***

Понятията *допирно напрежение* и *крачно напрежение* са разгледани в т. 2.4.2 и 2.4.3.



Фиг. 2.5

Преминаване на по-високо напрежение в мрежи с по-ниско напрежение се получава при пробив в изолацията на трансформатори или при допиране на тоководещи части на мрежи с различни напрежения. Това е особено опасно при преминаване на по-високо напрежение в мрежи с безопасно свръхниско или понижено напрежение (*12, 24, 36* V), при които обикновено не се предвидени защитни мерки срещу електропоражение.

Електрическата дъга се получава обикновено при доближаване до тоководещи части при неправилна работа по уредби високо напрежение и причинява тежки и дълбоки изгаряния, вкл. на вътрешни органи.

Атмосферното електричество предизвиква електропоражения при от протичане на тока от мълния през човека, или в резултат на вторични прояви на мълнията – електромагнитна и електростатична индукция или пренасяне на високи потенциали.

Статично електричество може да стане причина за протичане на разряден ток $\boldsymbol{I_p}$ през човека, който може да предизвика стрес и да доведе до трудови злополуки поради нарушаване на концентрацията, уплаха, неадекватни движения и др. Във взривоопасни среди статичното електричество води до взривове и пожари, които са предпоставки за аварийни злополуки.

2.2.4. Фактори, определящи степента на електрическия удар

Поражението от електрически ток представлява сложно биофизично явление, често комбинирано със значително топлинно въздействие, което се развива в зависимост от множество фактори, които влияят комбинирано, но за изясняване могат да бъдат представени диференцирано, както следва:

- **Големина на тока през човека**

Това е главният фактор, който определя степента на електропоражение. Зависи от импеданса на човешкото тяло и приложеното върху него напрежение. За безусловно опасен променлив ток се смята такъв с големина *100* mA, но според някои изследвания *18* % от смъртоносните електропоражения са от ток до *5* mA, *24* % от ток *5 ÷ 10* mA и др.

Общоприето е, че ток с големина *0,05* mA може да протича продължително време през човека, без да причинява вреда и да предизвиква усещания.

За променлив ток с честота *50 ÷ 60* Hz, при време на протичане *1* s се дефинират обикновено следните основни нива на въздействие:

Ток на усещане – 0.5 ÷ 1,5 mA (за постоянен ток *3 ÷ 4* mA).

Токът в този диапазон има локално биологично или топлинно (при постоянен ток) действие. При по-продължително действие такъв ток влияе отрицателно върху здравословното състояние на човека и е недопустим. Ток може да предизвика по косвен начин злополука, например уплаха и падане от високо и др. Границата *0,5* mA е важна за оразмеряване на изолиращи защитни средства – щанги, клещи, екраниращи костюми и др.

Отпускащ ток – 5 ÷ 10 mA. При такъв ток човек реагира адекватно и самостоятелно се отделя от мястото на допиране. Усеща се силно изтръпване и конвулсии на мускулите, и леко се повишава кръвното налягане. За границата на "отпускащ" постоянен ток може да се приеме 50 ÷ 80 mA, при който болките при прекъсване на контакта с тоководещата част са все още поносими.

Неотпускащ ток – 10 ÷ 100 mA. При такъв ток човек не реагира адекватно поради стягане на мускулите и не прекъсва самостоятелно веригата в която е попаднал под напрежение. В този диапазон до около *25* mA възникват конвулсии, болезнено усещане по цялото тяло и затруднено дишане, но над тази стойност силно се затрудняват дихателните движения на гръдния кош, загубва се съзнание и се прекратява дишането. Свиват се кръвоносните съдове, повишава се артериалното налягане, затруднява се или спира работата на сърцето. Човек изпада в клинична смърт.

Фибрилационен ток – 100 ÷ 5000 mA. Получава се хаотично движение на сърдечните влакна и неравномерни свивания на сърдечния мускул (фибрилации), нарушава се и спира кръвообращението, затруднява се снабдяването на органите с кислород, бързо се влошава общото състояние на организма и спира дишането.

Възникване на фибрилация или прекратяване на дишането е възможно при значително по-малки токове, ако протичането им в човешкото тяло става през особено чувствителни (уязвими) зони/точки в областта на кръста, долната страна на китките, глезените и др. С това се обясняват редица особени случаи на електропоражения и следва да се има предвид при конструиране и използване на електрически уреди и апарати, особено в бита –

електрически възглавници, апарати за масаж, ръчни електроуреди и инструменти, и др.

Блокиращ ток – над 5 А. Предизвиква рязко свиване на сърдечния мускул, при което не настъпва фибрилация, но се прекратява (блокира) работата на сърцето и дишането. С това, че не настъпва фибрилация на сърцето, се обясняват някои случаи, при които хора оживяват след краткотрайно въздействие на по-голям ток, но при това се получават дълбоки изгаряния на тялото и тежки увреждания на вътрешни органи, което също може да доведе до летален изход.

➢ **Продължителност на действието на тока**

При по продължително действие на тока се получават по-тежки поражения и е по-голяма вероятността за летален изход, поради намаляване на импеданса на човешкото тяло, нарушаване функциите на нервната система, изменения в тъканите и в течности в тях, и др.

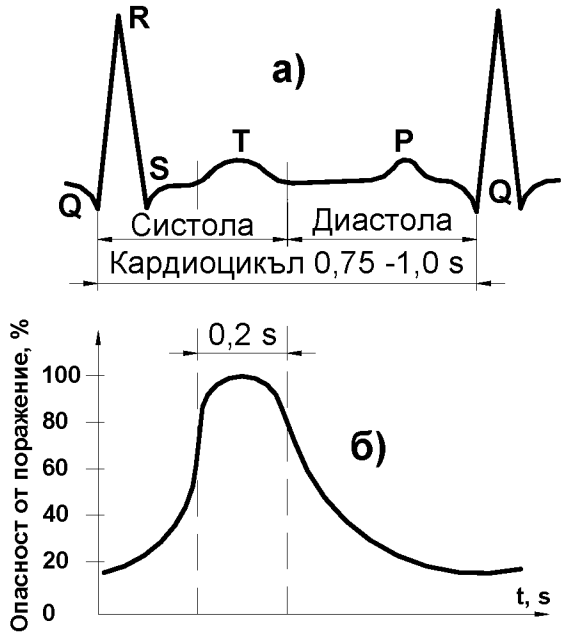
При продължителност на действието на тока, по-малка от един цикъл на работа на сърцето – *кардиоцикъл*, показан на ***фиг. 2.6***, вероятността да настъпи фибрилация е най-висока през *фаза T* в края на *систолата*, когато завършва свиването на камерите на сърцето и се изтласква кръвта в артериалните съдове. След тази фаза сърцето преминава в разпуснато състояние и се запълва с кръв – *диастола*. Дори ако токът има продължителност под *0,2* s, но съвпада с фаза *T*, може да възникне фибрилация на сърцето.

Токът, при който настъпва фибрилация на сърцето, зависи от продължителността му (***фиг. 2.7***). По формулата на Далциел токът, предизвикващ фибрилация при поне *0,5*% от хората с тегло *70* kg е:

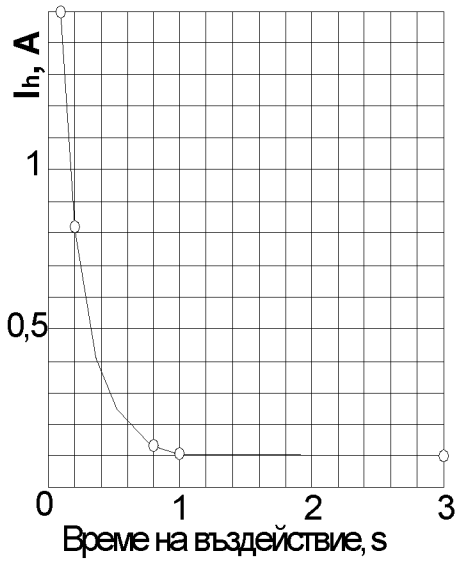
$$I_{0,5\%} = \frac{165}{\sqrt{t}},\ \text{mA} \qquad (2.2)$$

където ***t*** е продължителност на действие на тока, s. Тази зависимост е валидна за $t = 0,03 \div 3$ s.

Степента на електропоражение от импулсен ток зависи от енергията на токовия импулс. Според някои автори, при енергия на импулса над *27* Ws е възможна фибрилация на сърцето. Особено опасни са импулсните токове, които протичат през главния мозък, сърцето или белите дробове. Електропораженията от тока на мълнии са смъртоносни, макар, че продължителността е обикновено $40 \div 100$ μs, но амплитудата му е обикновено около *20* kA, а в редки случаи може да надхвърли 200 kA.



Фиг. 2.6



Фиг. 2.7

➢ **Импеданс на човешкото тяло Z_h**

Това е фактор, който влияе силно върху степента на електропоражение. Специфичното съпротивление на отделни части и органи на тялото са различни, ***табл. 2.3***. Съпротивлението на човешкото тяло силно зависи от вида и състоянието на кожата. Грубата кожа има значително по-голямо съпротивление от меката и нежна кожа. Например съпротивлението на кожата на дланите е $2 \div 3$ пъти по-голямо от това на горната част на ръцете, а спрямо кожата на лицето то е $20 \div 50$ пъти по-голямо**.**

Таблица 2.3

Кости	$10^4 \div 2.10^6$ Ωm
Суха кожа	$3.10^3 \div 2.10^4$ Ωm
Мастна тъкан	$30 \div 60$ Ωm
Мускулна тъкан	$1.5 \div 3$ Ωm
Кръв	$1 \div 2$ Ωm

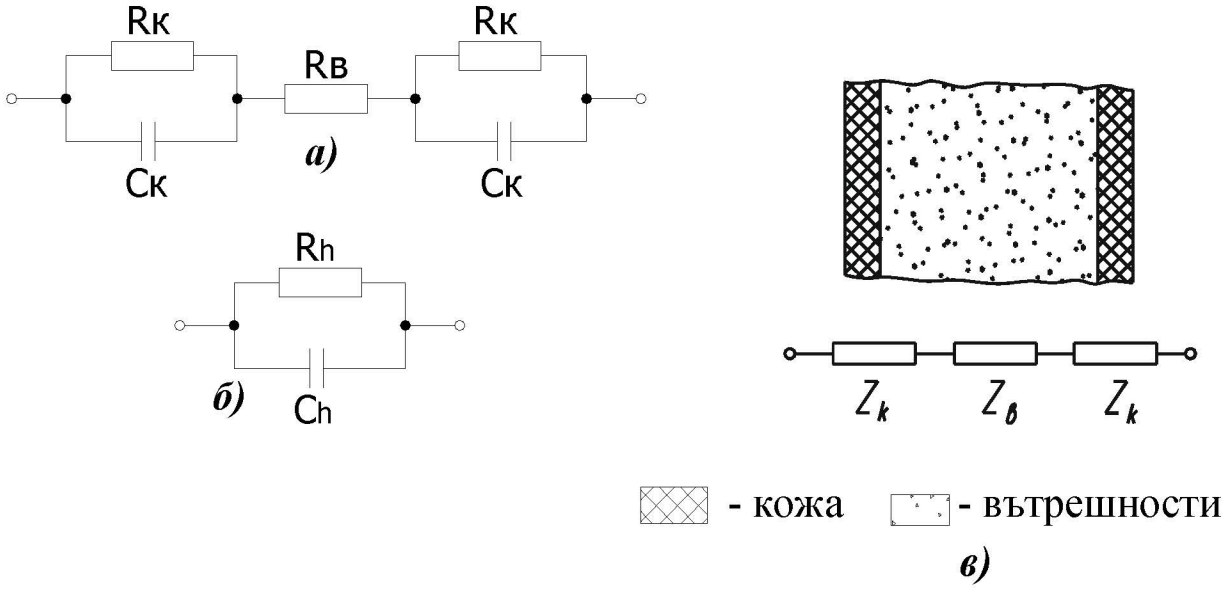
Чистата, суха и здрава кожа има значително по-голямо съпротивление от замърсената, влажна, изпотена или нараненатa кожа.

Човешкото тяло има нелинейно, променливо съпротивление, с йонна проводимост, дължаща се на тъканните течности, които са водни разтвори на електролитни соли със зарядоносители положителни и отрицателни йони. Нелинейността се дължи на

намаляване съпротивлението на кожата с нарастване на напрежението над *50* V и настъпване на микропробиви през подкожните капиляри, потните и мастните жлези при *200 ÷ 250* V, след което практически R_h става равно на вътрешното съпротивление $R_в$.

Зависимостта на R_h от допирното напрежение $U_Д$ е приблизително:

$$R_h = \frac{77}{U_Д + 10} + 0.3,\ \text{k}\Omega \qquad (2.3)$$



Фиг. 2.9. Електрическа заместваща схема на човешкото тяло

Импедансът на човешкото тяло Z_h се определя от $R_в$, капацитивната съставяща C_k на роговия слой на кожата – *епидермиса* и активна съставяща R_k на кръвоснабдения долен слой на кожата – *дермата* (*Фиг. 2.9*). С полагане на:

$$Z_h = 2Z_k + R_B \qquad (2.4)$$

$$R_h = 2R_k + R_B \text{ - активно съпротивление на човека} \qquad (2.5)$$

$$C_h \approx \frac{C_k}{2} \text{ - капацитет на човека,} \qquad (2.6)$$

за импеданса на човешкото тяло Z_h се получава:

$$Z_h = \frac{R_h}{\sqrt{1 + \left(2.\pi.f.C_h.R_h\right)^2}},\ \Omega. \qquad (2.7)$$

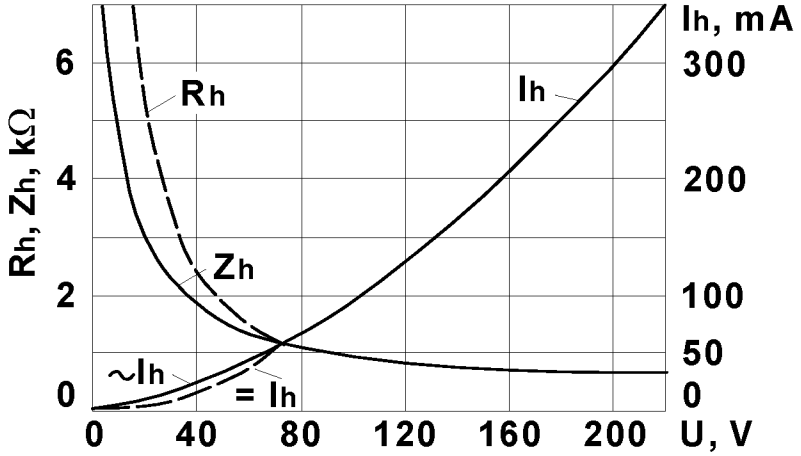
Z_h зависи също така от физиологични фактори, условията на средата и др.

➢ **Големина на приложеното напрежение**

От допирното напрежение $U_Д$ зависи големината на тока, протичащ през човека – ***фиг. 2.10***, а съпротивлението на кожата се изменя в зависимост от приложеното напрежение.

При безопасно свръхниско напрежение до *12* V, дори да липсва роговият слой от кожата, през човека протича отпускащ ток.

При понижено напрежение до *42* V и след продължително действие съпротивлението на човешкото тяло остава сравнително голямо. Това обуславя относителната безопасност на пониженото напрежение.



Фиг. 2.10

При напрежение от *250* до *1000* V, независимо дали човекът попада под фазно или под линейно напрежение, през него протича фибрилационен ток. При напрежение над *1* kV електропоражението настъпва преди допиране на човека до тоководещата част поради възникването на електрическата дъга, протичащият ток през човека е много голям и предизвиква тежки, най-често смъртоносни поражения, дължащи се предимно на изгаряния.

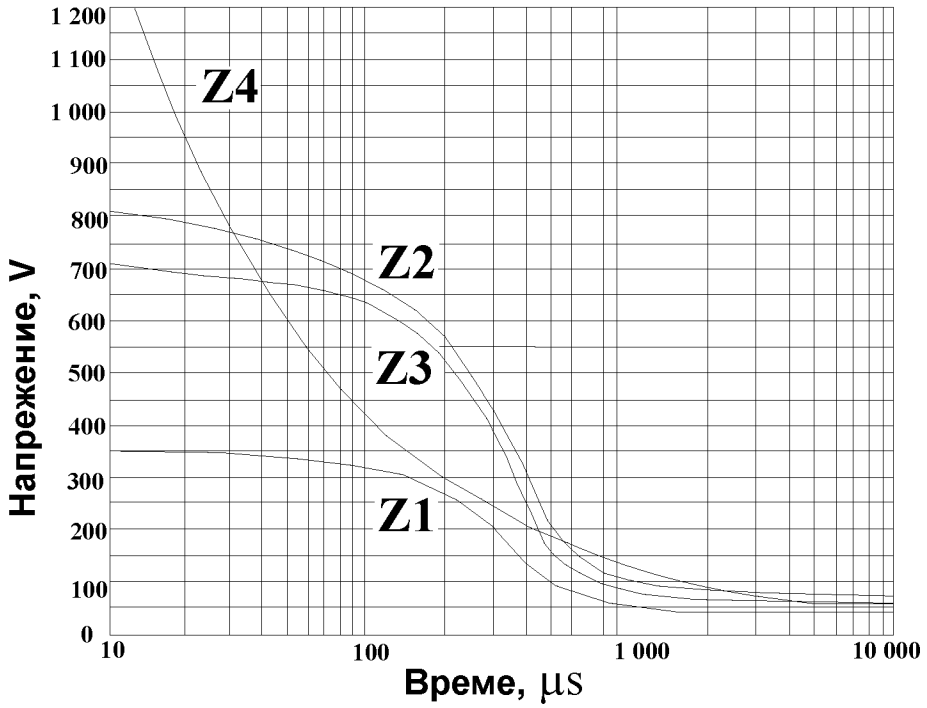
Смята се, че смъртоносните електропоражения при напрежение над *20* kV се дължат във всички случаи на изгаряния, при напрежение *6 ÷ 10* kV смъртоносно поражение е комбинирано, а при напрежения под *1* kV причината във всички случаи е електрическият удар.

В таблична форма горните данни могат да се обобщят съгласно ***Табл. 2.3.1.***

Табл. 2.3.1

Наменование	**Големина на напрежението, V**	**Протичащи процеси и състояние на поражения**
Безопасно напрежение	до 12V	Протича “отпускащ ток”, който не зависи от състояние на кожата.
Малко напрежение	до 42V	Дори при продължително действие съпротивлението на тялото не е по-ниско от 2.10^3 до $3.10^3\Omega$.
Ниско напрежение	до 250V	При нормална кожа не се наблюдава веднага намаляване на Z_h и увеличаване на I_h , но при влажна и замърсена, пробивът настъпва моментално.
Високо напрежение	над 250V	Настъпва веднага пробив и съпротивлението Z_h намалява до стойност 1000Ω.
Високо напрежение	до 1000V	При доближаване до електродите липсва корониране или искра, което създава условия за реализация на непосредствен допир.
Високо напрежение	над 1000V	Получава се корониране и искри при доближаване, което предупреждава и обикновено не се достига до пълен контакт.

За определяне на статистическата вероятност за поява на фибрилации в зависимост от напрежението може да се използва диаграмата на ***фиг. 2.11***, съгласно стандарт *IEC 60364-5-54 (06/2002) Electrical installations of buildings – Part 5-54.*

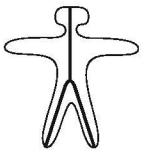
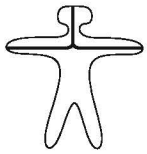


Фиг.2.11

- ✓ Крива Z1 – вероятност за настъпване на фибрилация по-малка от 5% за над 95% от хората.
- ✓ Крива Z2 – вероятност за настъпване на фибрилация по-малка от 5% за над 50% от хората. Препоръчва се на базата на тази крива да се определят допустимите допирни напрежения.
- ✓ Крива Z3 – като Z1 при съпротивление на стъпалата на човек към земя по-голямо от *700* Ω.
- ✓ Крива Z4 – предполагаемо съпротивление на човека *1000* Ω, допустим ток под фибрилационния за човек с тегло 50/80kg и специфично съпротивление на почвата *100* Ωm.

➢ Път на тока през човека

От този фактор зависи дали токът ще окаже директно или рефлекторно (индиректно) въздействие върху жизнено важните органи: сърце, бели дробове, главен и гръбначен мозък и др. За опасността при различните пътища, ***фиг. 2.12*** може да се съди по частта от електрозлополуките, при които е загубено съзнание, ***табл. 2.4***.

Път на тока						
% от тока преминаващ през сърцето	3,3	6,7	3,7	0,4	6,8	7,0

Фиг. 2.12. *Често срещани пътища на тока през тялото на човека*

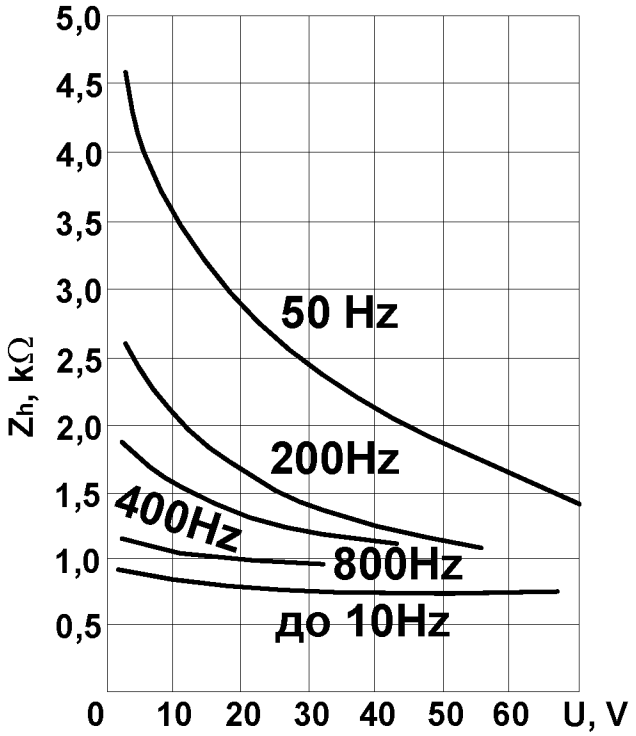
Таблица 2.4

Път на тока през човека	**Честота на електро-злополуки, %**	**Загубили съзнание, %**
Глава – ръце	*4*	*92*
Глава – крака	*5*	*88*
Дясна ръка – крака	*20*	*87*
Ръка – ръка	*40*	*83*
Лява ръка – крака	*17*	*80*
Крак – крак	*6*	*15*
Други	*8*	*65*

➢ Честота и форма на кривата на тока

Съществуват различни мнения относно влиянието на честотата върху степента на електропоражение. На теория, с повишаване на честотата намалява $\boldsymbol{Z_h}$ (2.7), увеличава се токът през човека и

нараства опасността от електропоражение. Изследванията потвърждават това само в диапазона *0 ÷ 50* Hz. След *1000* Hz, опасността от биологично поражение значително намалява и при около *500* kHz тя е пренебрежима, но нарастват пораженията от високочестотни вътрешни изгаряния.



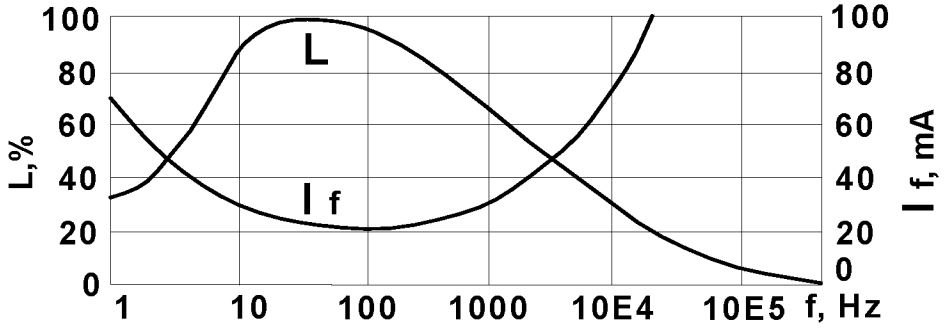
Фиг. 2.13

Изменението на Z_h с напрежението при различни честоти е нелинейно, ***фиг. 2.13.*** Вследствие електролитната дисоциация на вътрешно-клетъчните течности и движението на йоните при честота *50 ÷ 60* Hz разстройването на функциите на клетките, особено на нервните клетки е максимално.

На ***фиг. 2.14*** е показана зависимост на опасността от електропоражение ***L*** *%* от честотата, определена с израза:

$$L = \frac{I_{50Hz}}{I_f}, \ \% \qquad (2.8)$$

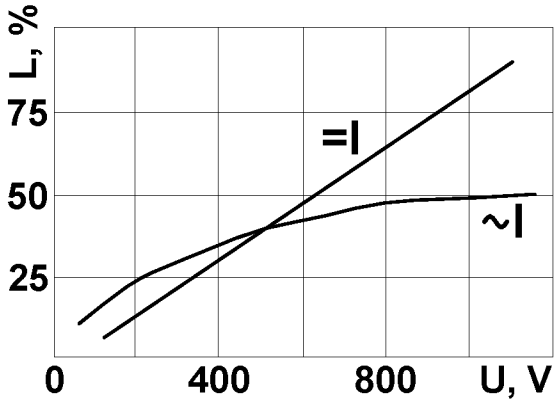
където I_{50Hz} и I_f са съответно граничен неотпускащ ток при честота *50* Hz и при друга честота.



Фиг. 2.14

При ниски стойности на приложеното напрежение постоянният ток е по-малко опасен от променливия ток с промишлена честота *50* Hz. От него в моментите на допиране и отделяне от тоководещата част се получават силни болки и конвулсии на мускулите. При напрежения

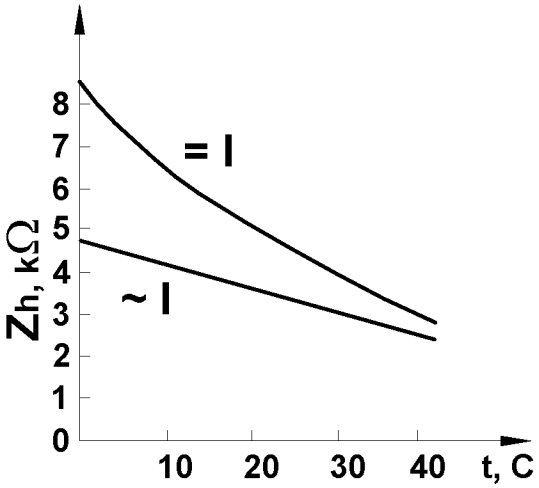
над *500* V постоянният ток е по-опасен от променливия с честота *50* Hz, ***фиг. 2.15***.



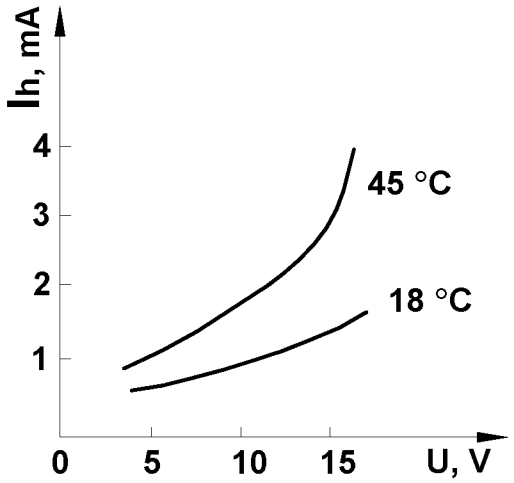
Фиг. 2.15

➢ **Условия на работната среда**

При повишаване на температурата на околната среда, намалява съпротивлението на човешкото тяло, ***фиг.2.16***, повишава се потоотделянето, подобрява се контакта й с тоководещата част при допиране и нараства токът през човека при дадено напрежение - ***фиг.2.17***. Замърсяването на въздуха става причина за замърсяване на кожата, което в съчетание с повишената влажност подобрява условията за развитие на електрически пробив през нея.



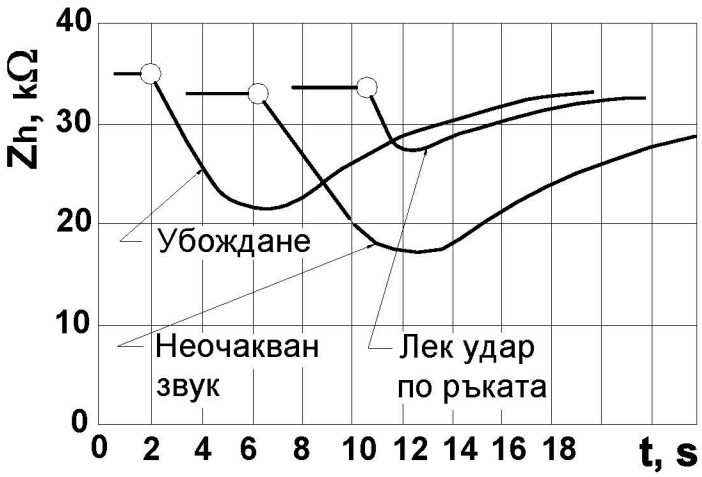
Фиг. 2.16



Фиг. 2.17

➢ **Физиологични фактори**

Физическото и психическото състояние на човешкия организъм оказва влияние върху съпротивлението на човешкото тяло и степента на електропоражение. Електрическото съпротивлението на тялото на жените и децата е по-малко от това на мъжете, а с увеличаване на възрастта, съпротивлението се увеличава. При нервни, сърдечно-съдови, белодробни и други болести, при умора и след употреба на алкохол, човек е по-чувствителен към действието на електрическия



Фиг. 2.18

ток. При неочаквани силни външни дразнения съпротивлението на човека рязко намалява, ***фиг. 2.18***.

Поради значителното влияние на физиологичните фактори са особено важни предварителните и периодичните медицински прегледи за допускане до работа в електрическите уредби.

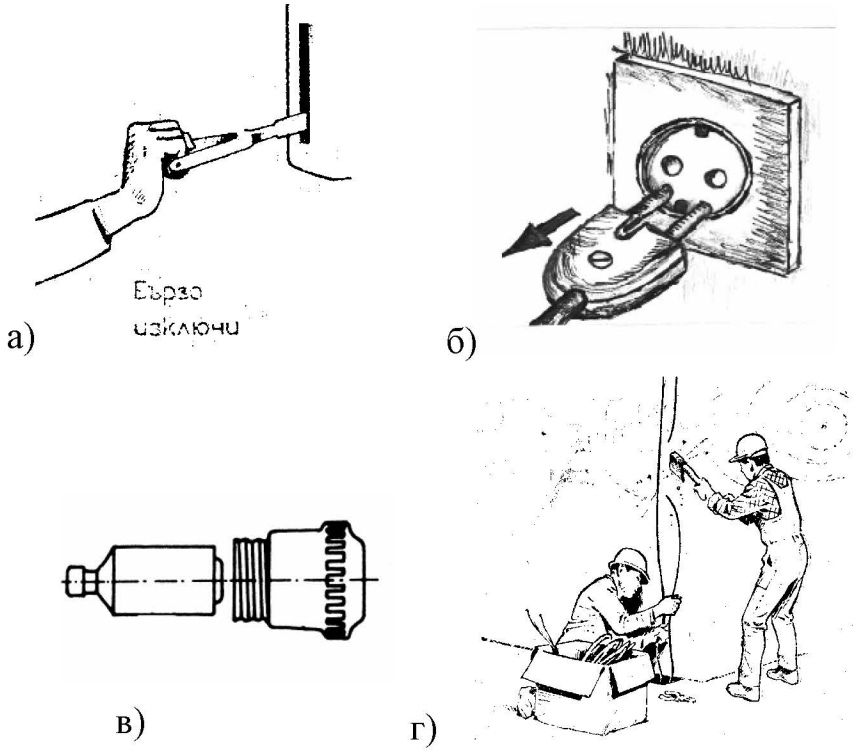
2.3. Спешна помощ при електрозлополуки

2.3.1. Освобождаването на пострадалия от действието на електрическия ток

За прекратяване протичането на тока през тялото на човека трябва да се спазва следната последователност от действия:

1) Изключване на напрежението от уредбата или съоръжението

В зависимост от конкретната обстановка и подръчните материали, това може да стане по различни начини (***фиг. 2.19***)

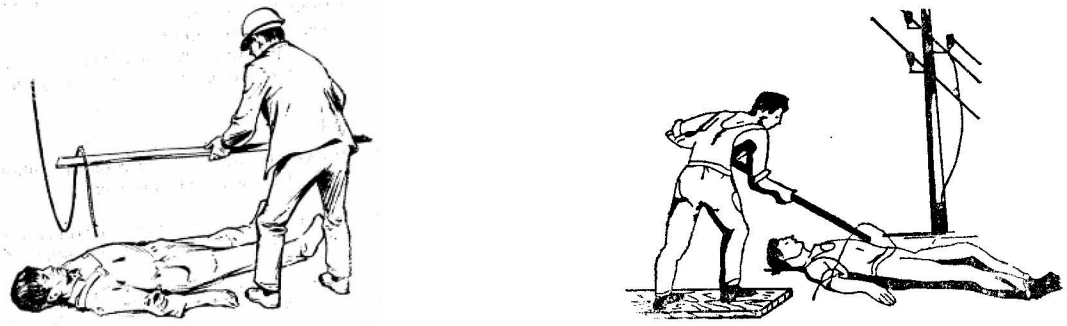


Фиг. 2.19. Възможни начини за прекъсване на захранването при U < *1* kV: а) от прекъсвач; б) от щепсела; в) махане на предпазител; г) пресичане с изолационен инструмент на проводника или създаване на умишлено късо (или земно) съединение.

След изключване на съоръжения с голям капацитет – кабелни линии, кондензаторни уредби и други е необходимо същите да бъдат заземени за отвеждане на остатъчните заряди преди да се допира пострадалия. При прекъсване на захранването трябва да се има предвид опасността от падане от високо, оставане без осветление и др.

2) Отделяне на тоководещата част или пострадалия от електрическата верига

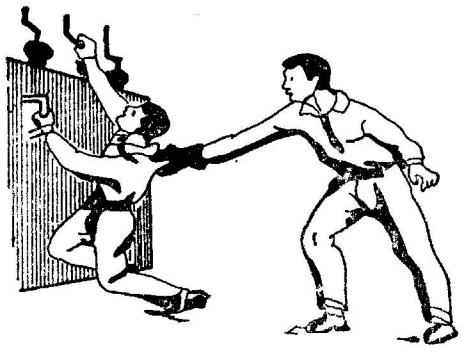
Може да се извърши само при $U < 1$ kV, когато не е възможно изключването на захранващото напрежение, при стриктно спазване на правилата за безопасност от спасяващия, за да не попадне и той под напрежение. На ***фиг. 2.20а,б*** е показано отделяне на тоководещата част от пострадалия, а на ***фиг. 2.21*** отделяне на пострадалия.



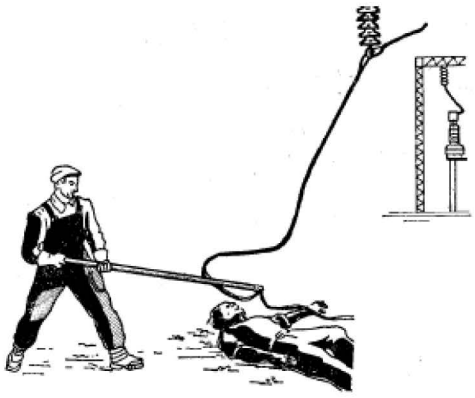
а) *б)*

Фиг. 2.20. Отделяне на тоководещата част от пострадалия: а)със сух изолационен предмет; б)с използване на изолационна поставка и изолационен предмет.

Ако се използват предмети с проводими дръжки трябва да се използват и диелектрични ръкавици. За изолиране на спасителя от земя той може да стъпи върху сухо изолационно килимче, дървена поставка и др., ***фиг. 2.20б***.



Фиг. 2.21



Фиг. 2.22



Фиг. 2.23

При високо напрежение трябва да се използват задължително изолационни щанги, диелектрични ръкавици и боти за отделяне на пострадалия или проводника, ***фиг. 2.22.***

Ако пострадалият попадне в потенциалната зона при протичане на ток в земята, той трябва да бъде изнесен извън нея на *15 ÷ 20* m, като спасителят се придвижва с къси крачки с приплъзване по земята, за намаляване на крачните напрежения ***фиг. 2.23***.

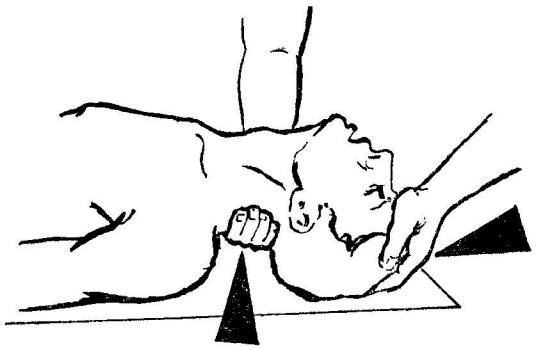
2.3.2. Оказване на спешна долекарска помощ

При електропораженията спешната помощ трябва да се оказва незабавно, преди да е изтекъл периодът на клинична смърт от *4÷6* min, когато вероятността за възстановяване жизнено важните функции на пострадалия е над *50* %, и се продължава до идване на медицински екип и оказване на квалифицирана помощ. Методите за даване на спешна помощ са приложими освен при електрозлополуки и при удавяне, отравяне от промишлени газове, дори понякога при силни алергии, стресове и др., при които се нарушава дишането и кръвообръщението, и човек загубва съзнание.

Ако пострадалият е в безсъзнание, с нарушено дишане или кръвообращение или е в клинична смърт, се поставя легнал по гръб, освобождава се от стягащи дрехи и се прилага изкуствено дишане и непряк масаж на сърцето, като през цялото време се осигурява проходимост на горните дихателни пътища.

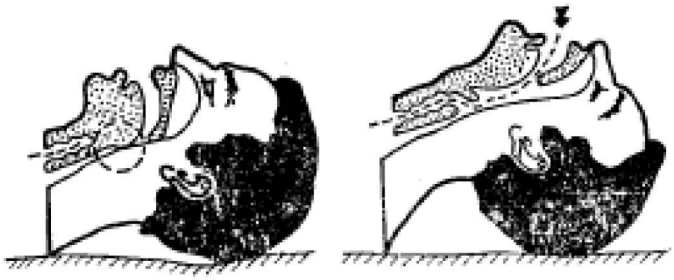


Фиг. 2.24



Фиг. 2.25

За целта се отваря се устата на пострадалия, почиства се устната кухина, ***фиг. 2.24*** и главата се изтегля силно назад, като едната ръка се поставя под тила, а с другата се притиска челото, ***фиг. 2.25***. за да се отвори трахеята, ***фиг. 2.26***.



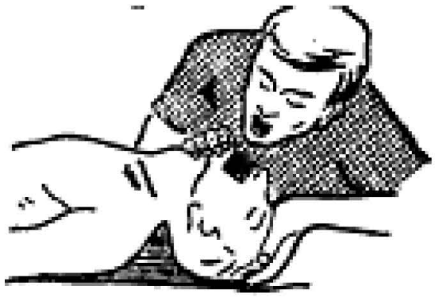
Фиг. 2.26

В някои случаи тези действия са достатъчни, за да бъде възстановено дишането.

Най-ефективният начин за изкуствено дишане без апаратура е по метода "уста в уста", при който спасителят поема дълбоко въздух и след това силно го издишва в устата на пострадалия, като с ръка запушва носа му (***фиг. 2.27***) и се отдръпва за издишване (***фиг. 2.28***). Вкарване на въздух в гърдите на пострадалия се извършва през *5 ÷ 6* s.



Фиг. 2.27

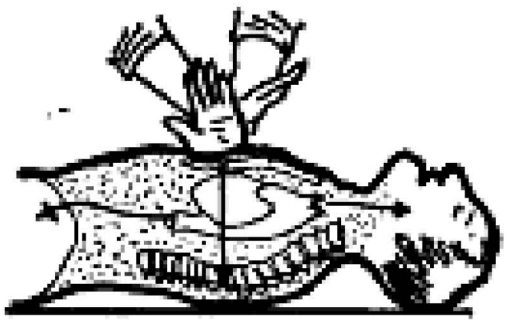


Фиг. 2.28

За предпочитане е подаване на въздух през носа по метода "уста в нос" ако има проходимост. При малки деца се подава въздух едновременно през устата и носа.



Фиг. 2.29



Фиг. 2.30

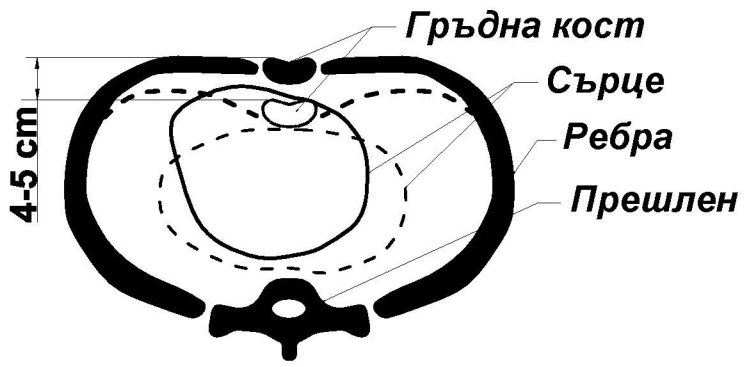
След две вдишвания се проверява дали кръвообращението на пострадалия е нормално чрез опипване пулса на сънната артерия – встрани до адамовата ябълка, ***фиг. 2.29.***

По-сигурна проверка на кръвообращението се извършва, като се отварят клепачите на пострадалия и се проверява реакцията на

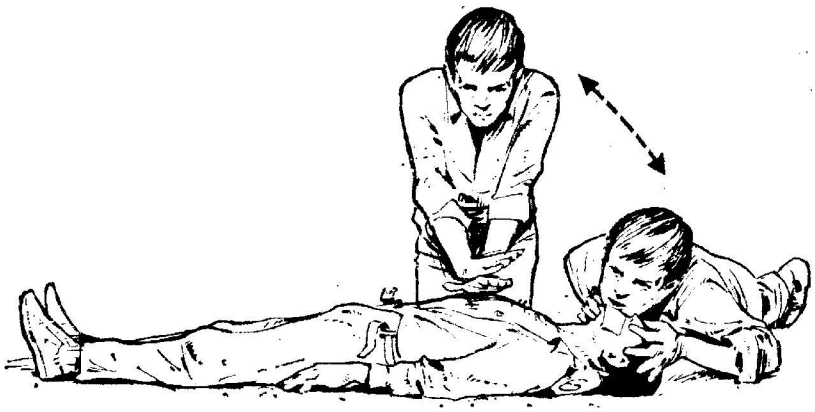
зеницата на очите на светлината. Ако зеницата се свива бавно, значи е нарушено кръвообръщението. Ако тя остава широко отворена и не реагира на светлината кръвообръщението е спряло.

За възстановяване на кръвообръщението се прилага непряк сърдечен масаж, като долната част на гръдната кост на пострадалия се притиска с тласъци с две ръце, поставени една върху друга, ***фиг. 2.30***, приблизително веднъж в секунда и гръдната кост при това потъва *4 ÷ 5* cm и притиска сърцето и се осигурява периодично всяка секунда изтласкване на кръв в аортата, ***фиг. 2.31***.

Кръвообръщението се нарушава при *фибрилацията* - състояние при което сърдечният мускул се съкращава с много висока честота при което спира кръвотока в тялото и жизненоважните органи страдат от липса на кръв. *Фибрилация* обикновено възниква при електрически удар, но с правилен непряк масаж сърдечният ритъм и кръвообращението могат да се възстановят напълно.



Фиг. 2.31


Фиг. 2.32

Непрекият масаж на сърцето се извършва съчетано с изкусвено дишане. Ако спасителите са двама, ***фиг. 2.32***, единият масажира сърцето, а другият вкарва въздух в гърдите на пострадалия на всеки *5 ÷ 6* s между притисканията на гръдната кост.

Периодично двамата спасители могат да сменят местата си. Ако спасителят е сам, след всеки *10 ÷ 12* притискания на гръдната кост прави две вдишвания и продължава със сърдечния масаж. Така се поддържат жизнено важните функции до идването на лекарски екип.

При квалифицирана медицинска помощ, кръвообращението се възстановява чрез т.н. дефибрилатори.

При изгаряния на кожата от електрически ток или дъга, раните се покриват със стерилна марля и се превързват, след което се търси лекарска помощ. При счупвания, изкълчвания и натъртвания, пострадалият се обездвижва със стегната превръзка или импровизирана шина и се търси незабавно лекарска помощ.

2.4. Критерии и класификации, свързани с електробезопасността

2.4.1. Критерии за електробезопасност

За инженерна оценка на необходимостта от мерки за предотвратяване на електрозлополуки са нужни обективни показатели и критерии за електробезопасност. Вероятностните критерии, определящи вероятността за възникване на събитието *"електропоражение"* са трудно приложими поради много неопределености.

За практическо приложение най-подходящи са т.н. първични критерии за електробезопасност – ***допустимият ток, протичащ през човека*** или ***допустимото допирно напрежение,*** които не довеждат до електропоражения.

Основният първичен критерий за електробезопасност – ***допустимият ток*** може да бъде дефиниран като минимална стойност на усещания, *неотпускащ* или *фибрилационен* ток.

Минималният усещан ток се прилага за обосноваване на конструкциите и параметрите на електрическите уредби, съоръжения, инструменти и др.

Минималният неотпускащ ток обуславя необходимостта и параметрите на техническите защитните мероприятия.

Минималният фибрилационен ток може да бъде критерий за настройка на бързодействуващи защити, които при протичането на опасен ток през човека изключват преди възникването на фибрилация на сърцето.

Допустимият ток през човека трябва да се определя с оглед на характера на взаимодействието на човека с електрическите уредби и съоръжения и изискванията за осигуряването на необходимото ниво на електробезопасност.

Технико-икономическите норми за допустими токове през човека е целесъобразно да се определят с оглед на особеностите на трите основни групи електрически уредби:

I-ва група – електрически уредби с напрежение 110* kV *и по-високо с директно заземен звезден център. Тези уредби имат голям ток на земно съединение *0,5 ÷ 50* kA и бързодействащи защити. Допирането на обслужващия персонал до проводимите заземени части, които нормално не се намират под напрежение е рядко, освен при извършване на монтажни и ремонтни работи, т.е. вероятността за допиране до тях по време на земно съединение в уредбата е много малка.

***II-ра група – електрическите уредби за средно напрежение (СН) с изолиран или неефективно заземен звезден център 6 ÷ 35* kV**. Токът на земно съединение при тях е сравнително малък – под *500* A, но честотата на земните съединения и продължителността им могат да бъдат значителни. Към заземените части на уредбата може да се допре както електротехнически, така и неелектротехнически персонал, включително случайни хора, т.е. вероятността за допиране по време на земно съединение е сравнително голяма.

***III-та група включва електрическите уредби с напрежение до 1000* V**, при което токът на земно съединение е значително по-малък – под *100* A, а продължителността му може да бъде голяма. При корпусни съединения токът може да достигне *5 ÷ 10* kA, с продължителност в някои случаи до *10 ÷ 20* s и повече. Голямата продължителност на протичане на тока, масовото приложение и достъпност на уредбите НН предполагат голяма вероятност за допиране на хора и животни до проводими нетоководещи части, попаднали под напрежение по време на земни или корпусни съединения.

Големите разлики в характера на взаимодействие на човека с електрическите уредби от трите групи и степента на опасност обуславят значително различаващи се технико-икономически норми за допустимите токове през човека. За изчисляване на граничната безопасна големина на протичащия през човека ток в зависимост от продължителността на въздействието му върху човека t_h се прилагат различни критерии, дадени в ***табл. 2.5.***

Нормирането на тока през човека в практиката е неудобно, тъй като той зависи от съпротивлението на тялото R_h, чиято стойност

варира в много големи граници, както и от контактни съпротивления, приложеното напрежение и др.

Таблица 2.5

Формула	***Страна, организация***	***Забележка***
$I = \frac{K}{\sqrt{t}}$	Русия, САЩ, Англия, Франция и др.	*K= 4,6; 7,1; 165; 144; 121 и др.*
$I = \frac{K}{t}$	Русия, Германия	*K= 18; 50; 30; 70 и др.*
$I_{h_доп} = 10 + \frac{10}{t_h}$	IEC std. (МЕК)	-
$I_{h_доп} = \frac{165}{\sqrt{t_h}}$	IEEE std.	-

По-подходящ за практиката критерий е ***допустимото допирно напрежение*** $U_Д$, което зависи от захранващото напрежение на електрическата уредба ***U.*** По препоръка на IEC (МЕК) за Европа допустимото допирно напрежение $U_Д$ се приема *50* V за уредби с напрежение до *1000* V.

За уредби с напрежение до *1000* V при промишлена честота *50* Hz в ***табл. 2.6*** са дадени критерии за настройване на защитно изключващи устройства по стойността на напрежението на допир $U_Д$, регламентиращи времето на протичане на ток през човека t_h, които се предлагат в практиката. Тези стойности на $U_Д$ не следва да се интерпретират като допустими допирни напрежения.

Таблица 2.6

$U_Д$,**V**	≥500	500÷400	400÷220	220÷130	130÷100	100÷50
t_h, **s**	0,1	0,2	0,4	0,7	1	3

Ограничителни стойности на понижените захранващи напрежения, с оглед недопускане на опасни допирни напрежения в зависимост от условията на средата, са дадени в ***табл. 2.7***.

Таблица 2.8

№	Характеристика на средата	Допустимо Uф, V	
		~ U	=U
1	Среда с нормална опасност	50	120
2	Среда с повишена и особена опасност	25	60
3	Среда с особена опасност на открито	25	60
5	За деца	25	25
6	При специални изисквания	6	12

2.4.2. Класификация на помещения и електрически уредби според опасността от електропоражение

Класификацията се прави според опасните фактори, водещи до повишаване на риска от електрозлополуки, който произтича от протичане на по-голям ток през човека спрямо тока който би протекъл в помещение без наличие на такива фактори. Съгласно НАРЕДБА № 3 от 2004 г. за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии, помещенията се класифицират в три групи. Те са предмет и на "Противопожарни строително-технически норми" (ПСТН).

1) *Помещения без повишена опасност за поражение от електрически ток (ПБПО)*

Това са помещения, в които няма фактори за класифициране в другите две групи.

2) *Помещения с повишена опасност за поражение от електрически ток (ПСПО)*

- ✓ *помещения с висока относителна влажност* $\varphi > 75\%$, в които съществува опасност от овлажняване на електрическата изолация в резултат на кондензация на водните пари, което е предпоставка за корпусни съединения, а от друга страна подобрява контакта между тялото на човек допрян до стени и подове;
- ✓ *топли помещения* $t > 35°C$, в които се предполага интензивно потоотделяне и овлажняване на кожата, което намалява нейното съпротивление и води до нарастване на тока през човека;
- ✓ *помещения с наличие на проводими прахове и влакна*, които се отлагат върху изолацията и намаляват повърхностното й съпротивление, с което създават повишена опасност от поява на корпусни съединения, отлагат се и върху кожата, което води до замърсяването й и намаляване на нейното съпротивление;
- ✓ *помещения с проводим под*, в които съпротивлението към земя е много малко и при електрозлополука токът през човека е голям;

- ✓ *помещения с възможност за едновременен допир до проводими нетоководещи части, които могат да попаднат под напрежение и метални инсталации или съоръжения, които имат добра връзка със земята (водопроводни или отоплителни инсталации и др.)*, при което токът през човека е опасно голям поради малките контактни съпротивления към земя;

3) *Помещения с особена опасност за поражение от електрически ток (ПСОО):*

- ✓ *мокри помещения*, в които контактът на човек към проводим обект и към земя е през много малко контактно съпротивление (мокра кожа, мокри стени и под) и респективно токът през него е много голям, а електропораженията са с тежки последици;
- ✓ *помещения с агресивна химическа или органична среда, в които има агресивни пари, газове, течности, образуват се на слоявания или плесен, действащи разрушаващо на електрическата изолация и тоководещите части и опасността от поява на корпус- ни съединения в тях е особено голяма;*
- ✓ *тесни помещения с проводими стени и под (шахти, тунели, колектори, цистерни, тръбопроводи и др.), в които работещите имат постоянен много добър контакт със земя през голяма площ от тялото и при попадане под напрежение, токът през човека е много голям;*
- ✓ *при наличие на две и повече условия от **2)**;*

2.4.3. Степени и класове на защита на електрически машини, апарати и други електротехнически изделия

2.4.3.1 Степени на защита на електротехническите изделия

Електрическите изделия и съоръжения работят при различни условия на заобикалящата ги среда. Например, съоръженията работещи на открито са подложени на въздействия на климатични фактори – дъжд, влага, прах, температурни колебания, слънчева радиация, обледяване, корозия и др. Осигуряването на необходимата степен на електробезопасност на електротехнически изделия и съоръжения се оценява еднозначно и се унифицира за съответните условия на средата чрез въвеждането на международна класификация по *"степен на защита"*, наречена *"Ingress Protection"* (защита срущу проникване, достъп), съкратено ***"IP"***, която задължително се записва в каталожните данни на всяко електротехническо изделие, уред, апарат или съоръжение.

Степента на защита се означава с две цифри след *"**IP***:

IP x* y*, където:

- *позиция **x**** – означава защита от проникване на предмети и прах и може да приема стойности, съгласно ***табл. 2.8***.

Таблица 2.8

Означение	***Защита***
0	Никаква
1	Защита от предмети с диаметър > 52.5 mm
2	Защита от предмети с диаметър > 12.5 mm
3	Защита от предмети с диаметър > 2.5 mm
4	Защита от предмети с диаметър > 1 mm
5	Пълна защита от предмети и частична от прах
6	Пълна защита от прах и предмети

- *позиция **y**** - обозначава защита на електрическите изделия от проникване на вода и може да приема стойности съгласно ***табл.2.9***

Таблица 2.9

Означение	***Защита***
0	Никаква
1	Защита от вертикално капеща вода
2	Защита от капеща вода под ъгъл до 15°
3	Защита от капеща вода под ъгъл до 60°
4	Защита от пръскаща вода от всички страни
5	Защита от водна струя
6	Защита от вълни на палуба на кораб
7	Полупотопено в работно състояние
8	Потопено в работно състояние

Класификацията по степен на защита електротехническите изделия е много важна и непосредствено свързана и с изискванията за пожаро- и взривозащита в зависимост от вида на сградите, помещенията и съоръженията по функционална пожарна опасност и/или по експлозивна опасност (пожароопасни и взривоопасни помещения по отменената Наредба № 2 за ПСТН), които са предмет и на пожарната и аварийна безопасност, разгледана в Глава 8.

Съгласно действащата Наредба № Із-1971 от 2009 г. за строи-телно-технически правила и норми за осигуряване на безопасност при пожар, издадена от МВР и МРРБ, в сила от 05.06.2010 г. (ДВ бр.96 от 04.12.2009 г., попр. ДВ бр.1 от 03.01.2017 г.) производствени, складови и селскостопански сгради, бензиностанции и газостанции, помещения и съоръжения с постоянен режим на работа, се отнасят към клас *Ф5* на функционална пожарна опасност.

В зависимост от пожарна характеристика и физикохимични свойства на получаваните, обработваните, използваните, съхраняваните и складираните вещества, материали и продукти сградите, помещенията и съоръженията се категоризират по пожарна опасност и съответно по експлозивна опасност и в тях могат да се използват електротехническите изделия само с регламентираната степен на защита.

2.4.3.2 Класове на защита на електротехническите изделия

Съгласно Наредба № 3 за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии (ДВ бр. 90 от 13.10.2004 г.) класът на защита срещу поражения от електрически ток се дефинира като характеристика, която служи за изразяване на начина на електрообезопасяването при електротехнически и електронни изделия за напрежение до *1000* V. Те се разделят на следните класове:

- ***Клас I*** – изделие, което има навсякъде основна изолация и има защитна клема, към която се присъединява защитен проводник за заземяване или зануляване. Изделията от клас I могат да имат части с двойна или усилена изолация или части, които работят при безопасно свръхниско напрежение.
- ***Клас II*** – изделие, което има навсякъде двойна или усилена изолация и няма защитна клема. Изделията от клас II могат да имат части, които работят при безопасно свръхниско напрежение.
- ***Клас III*** – изделие, което е предназначено да работи само при безопасно свръхниско напрежение. Изделията от клас III нямат вътрешни вериги за напрежение, по-високо от номиналното, и нямат защитни клеми.

2.5. Явления и процеси при протичане на електрически ток в земята

Протичане на ток в земята се получава при контакт между тоководеща част под напрежение и земя, при контакт между тоководеща част, нетоководеща част и заземена проводима част, и при протичане в земята на ток от мълнии.

2.5.1. Характерни случаи на протичане на ток в земята

При връзка със земята на намиращи се под напрежение части на електрическа машина, апарат или верига протича ток в земята. Условно може да се направи следната класификация на случаите:

а) При нормална работа на съоръжението или уредбата – токът преминава през работните заземители на мрежите;

б) При корпусно/земно съединение – при допиране на скъсан проводник до земята или до стомано-решетъчен стълб, през фундаментите на стълбове, сгради, съоръжения, през заземителите на защитното заземяване на машини и др.

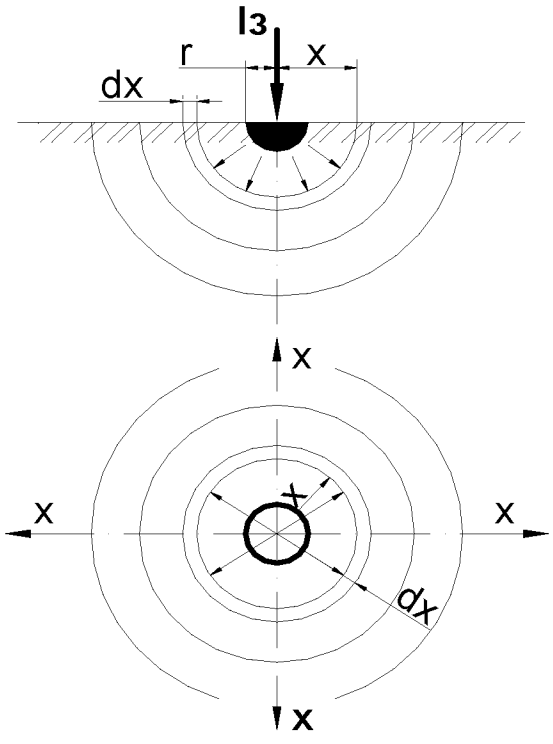
в)При заработване на мълниезащитни съоръжения – токът преминава през техните заземители или през заземителите на защитното заземяване.

В някой от посочените случаи протичането на ток в земята е благоприятно от гледна точка на електробезопасността, но има случаи когато протичането на такъв ток е причина за злополуки.

2.5.2. Електрическо поле и разпределение на потенциалите

2.5.2.1 Електрическо поле около полусферичен заземител

При протичане на ток в земята се намалява потенциала на тоководещата част, от която токът протича и се образува електрическо поле в почвата около мястото на протичане на тока. За изясняване на явленията се приема, че токът $I_З$ протича през полусферична метална сфера (*заземител*) с радиус r, положена на нивото на земната повърхност. Почвата се приема за еднородна и изотропна във всички посоки със специфично обемно съпротивление $\rho_П$. Разглежда се елементарен слой от почвата с форма на полусфера с радиус x и дебелина dx, ***фиг. 2.32***.



Фиг. 2.32

Плътността на тока във всяка точка от повърхността на въображаемата полусфера може да се определи така:

$$J_X = \frac{I_З}{S} = \frac{I_З}{2\pi.x^2}, \text{ A/m}^2 \qquad (2.9)$$

където

$$S = 4\pi.x^2, \text{ m}^2 \qquad (2.10)$$

е площта на контактната повърхност на полусферата с радиус x с почвата.

Интензитетът на електрическото поле във всяка точка x от полусферата може да се определи по зависимостта:

$$J_X = \gamma_П.E_X \Rightarrow E_X = \frac{J_X}{\gamma_X} \qquad (2.11)$$

където $\gamma_П$ е специфична проводимост на почвата:

$$\gamma_П = \frac{1}{\rho_П}, \ \Omega\text{m}^{-1} \qquad (2.12)$$

и тогава:

$$E_X = \frac{J_X}{\gamma_П} = \rho_П.J_X, \text{V/m} \qquad (2.13)$$

С отчитане на (2.9) и (2.13), потенциалът на всяка точка от повърхнината на полусферата се определя по:

$$\varphi(x) = \int_x^\infty E_X.dx = \int_x^\infty \rho_П.J_X = \int_x^\infty \frac{\rho_П.I_З}{2\pi.x^2}.dx = \frac{I_З.\rho_П}{2\pi}\int_x^\infty \frac{1}{x^2}.dx = \\ = \frac{I_З.\rho_П}{2\pi}\left[-\frac{1}{x}\right]_x^\infty = \frac{I_З.\rho_П}{2\pi.x} \qquad (2.14)$$

Окончателно:

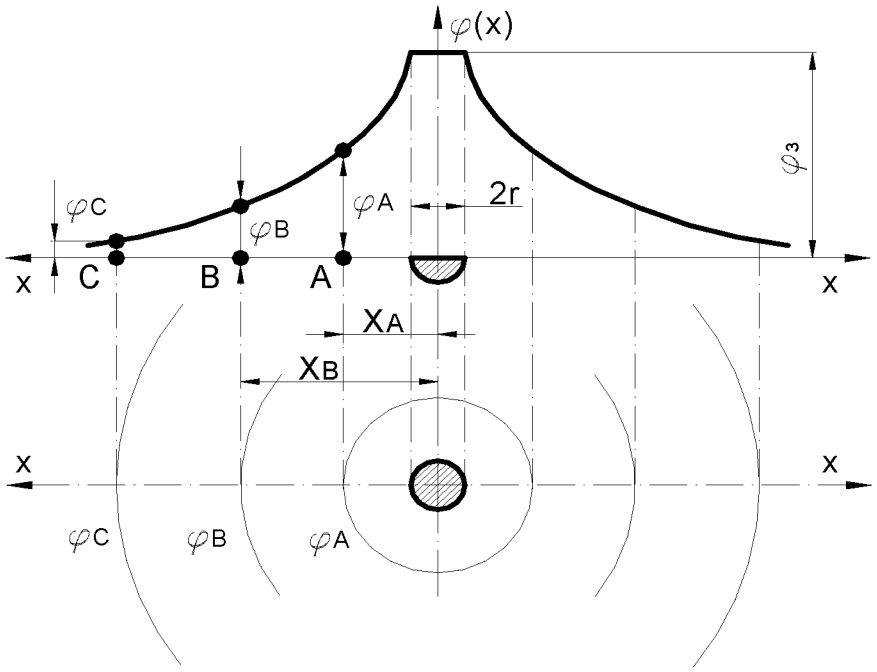
$$\varphi(x) = \frac{I_З.\rho_П}{2\pi.x}, \text{ V} \qquad (2.15)$$

при гранични условия: $\varphi(x) \to 0$ за $x \to \infty$ (2.16)

$$\varphi(x) = \varphi_З = \frac{I_З.\rho_П}{2\pi.r}, \text{ за } x \le r \qquad (2.17)$$

където $\varphi_З$ е потенциалът по повърхността на еквипотенциален полусферичен заземител.

2.5.2.2 Разпределение на потенциалите около полусферичен заземител



Фиг. 2.33

В интервала $x \in (-\infty;-r) \cup (r;+\infty)$, потенциалите в почвата се изменят по хиперболичен закон, а в интервала $x \in [-r;r]$, с отчитане на граничното условие за еквипотенциалност на заземителя, потенциалът му е неизменен и равен на $\varphi_З$. *Крива на разпределение на потенциалите* на полусферичен заземител е дадена на ***фиг.2.33***. Теоретично, еквипотенциалните линии на електрическото поле по повърхността на почвата са концентрични окръжности, а реално еквипотенциалните криви имат полуобемни неправилни форми в дълбочина, поради нееднородност на почвата.

2.5.2.3 Потенциал(напрежение) на полусферичен заземител

Ако потенциалът $\varphi_З$ на заземителя е определен по отношение на безкрайно отдалечена точка от земната повърхност с нулев потенциал, то стойността на $\varphi_З$ е и напрежение на заземителя. Следователно, с отчитане на (2.17) се получава:

$$U_З = \varphi_З = \frac{I_З.\rho_П}{2\pi.r}, \text{ V} \qquad (2.18)$$

Всички галванично свързани със заземителя проводими части (метални конструкции, проводници и др.) имат неговия потенциал и

напрежение. За ограничаване на напрежението могат да се увеличат размерите на заземителя или да се намали обемното специфично съпротивление на почвата около него. В повечето случаи тези възможности са неудобни и скъпи, поради което рядко се използват в практиката.

2.5.2.4 Съпротивление на полусферичен заземител

Съпротивлението на полусферичен заземител може да се определи от (2.18):

$$\frac{U_З}{I_З} = \frac{\rho_П}{2\pi.r} = R_З, \Omega \qquad (2.19)$$

Съпротивлението на заземителя $R_З$ не зависи от съпротивлението на металния елемент, а само от геометричните му размери (радиуса ***r*** на заземителя), контактуващ с почвата, и от специфичното съпротивление $\boldsymbol{\rho_п}$. Съпротивлението на заземителя $R_з$ представлява съпротивлението на почвата по пътя на тока от заземителя до безкрайно голямо разстояние от него (практически до ~ *40* m). Съвършено неправилно е $R_з$ да се отъждествява със съпротивлението на материала, от който е направен заземителя или наименованието на това съпротивление да се подменя с "преходно съпротивление".

Преходното съпротивление между заземителя и почвата е нищожно в сравнение със съпротивлението на почвата около заземителя.

Съпротивлението на заземителя $R_з$ (съпротивлението на почвата по пътя на тока в земята) е право пропорционално на специфичното съпротивление на почвата и обратно пропорционално на габаритните му размери (дължина, сечение и др.).

Съпротивлението на заземителя е важна величина в техниката на безопасността, защото той и всички съединени с него заземени предмети получават напрежение спрямо земя

$$U_З = R_З.I_З \qquad (2.20)$$

2.5.2.5 Електрическо поле около групов полусферичен заземител

Когато трябва да се постигне по-малко съпротивление или по-нисък потенциал, вместо един се използва заземител съставен от няколко еднотипни единични елемента (заземители) - *групов заземител*. Ако потенциалните зони на отделните елементи на груповия заземител не се препокриват, то еквивалентното съпротивление на груповия заземител $\boldsymbol{R_{ГР}}$ се определя както следва:

$$\frac{1}{R_{ГР}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i}, \Omega \qquad (2.21)$$

където R_1, R_2, ..., R_n са съпротивления на единичните заземители, съставящи груповия.

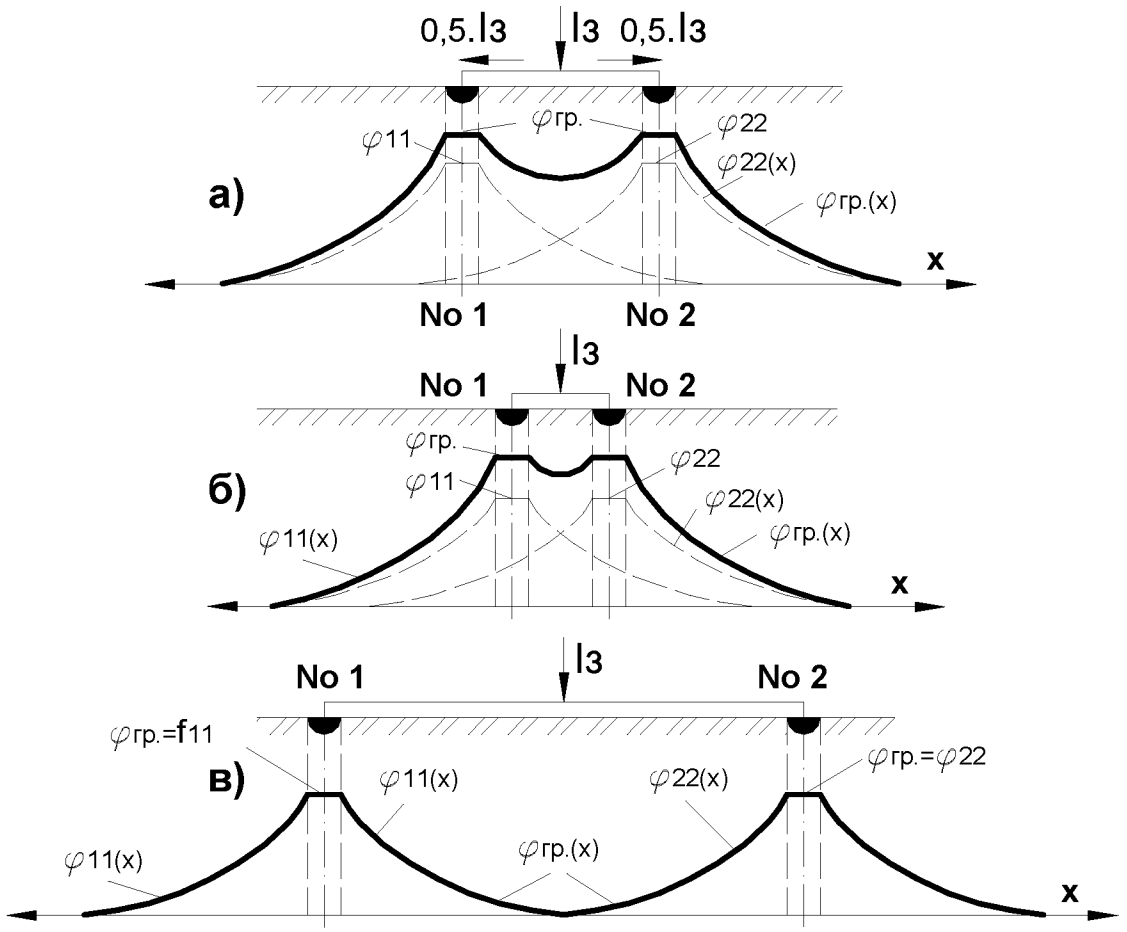
В практиката отделните елементи на груповия заземител не се разполагат на голямо разстояние един от друг и потенциалните им зони частично се препокриват, поради което е в сила зависимостта:

$$\frac{1}{R_{ГР}} < \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i} \qquad (2.22)$$

Потенциалът на груповия заземител е еднакъв с потенциалите на всеки един от съставящите го елементи φ_1, φ_2, ... φ_n и е равен на сумата от потенциалите създадени от всеки от съставящите го елементи:

$$\varphi_{ГР} = \varphi_1 = \varphi_2 = \ldots = \varphi_n = \varphi_{11} + \varphi_{12} + \varphi_{13} + \ldots + \varphi_{1n} = \varphi_{11} + \sum_{j=2}^{n} \varphi_{1j} \qquad (2.23)$$

където $$\varphi_{11} = I_{31}.R_{31} \qquad (2.24)$$



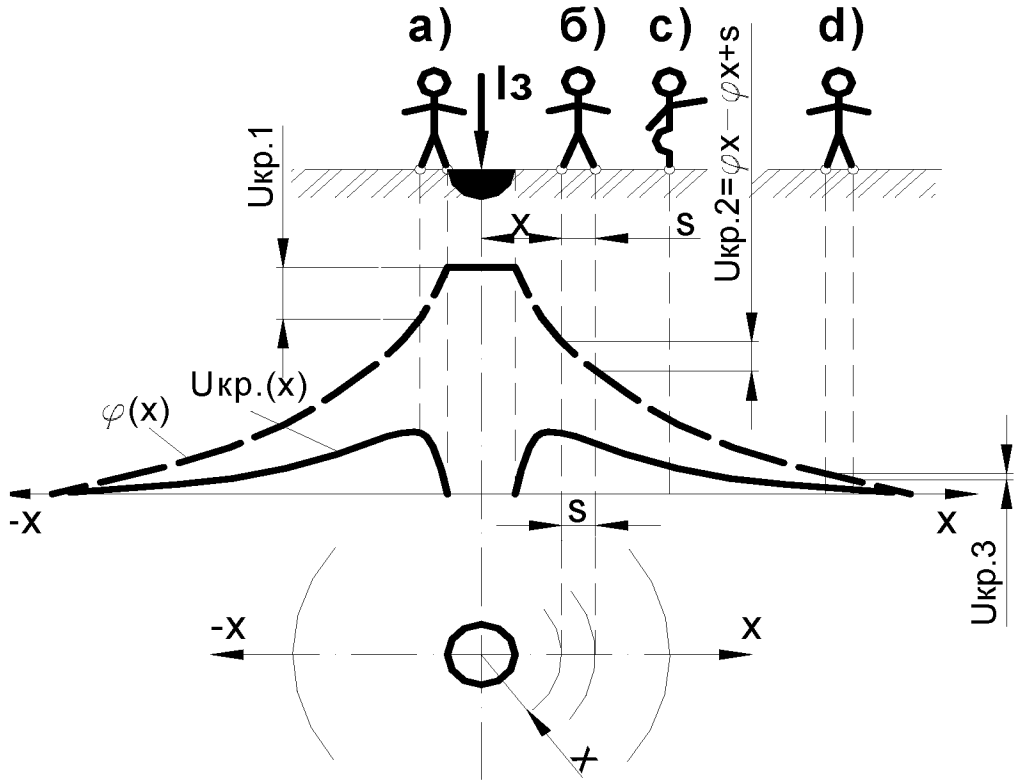
Фиг. 2.34

$\boldsymbol{R_{31}}$ е собственият потенциал на заземител с условен номер "*1*", предизвикан от протичането през него на ток $\boldsymbol{I_{31}}$.

Разпределението на потенциалите на двуелементен групов заземител с полусферични елементи е показно на ***фиг.2.34***.

2.5.3. Крачно напрежение

Потенциалната разлика между стъпалата на човек, намиращ се върху почвената повърхност при протичане на електрически ток в земята, се нарича крачно напрежение $\boldsymbol{U_{KP}}$, ***фиг. 2.35***. Тя предизвиква протичане на ток $\boldsymbol{I_h}$ през човека по пътя крак – крак.



Фиг. 2.35

Крачното напрежение на разстояние $\boldsymbol{x}$ от полусферичен заземител, при дължина на крачката $s \approx 1$ m е:

$$U_{KP.} = \varphi_X - \varphi_{X+S} \tag{2.25}$$

Като се има предвид (2.15) се получава:

$$U_{KP} = \frac{I_3.\rho_n}{2\pi.x} - \frac{I_3.\rho_n}{2\pi.(x+s)} = \frac{I_3.\rho_n}{2\pi}\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{x+s}\right) = \frac{I_3.\rho_n}{2\pi}\left(\frac{x+s-x}{x.(x+s)}\right) \tag{2.26}$$

$$U_{KP} = \frac{I_З \cdot \rho_n}{2\pi} \cdot \frac{s}{x(x+s)} \qquad (2.27)$$

Ако числителя и знаменателя се умножат с ***r≠0:***

$$U_{KP} = \frac{I_З \cdot \rho_n}{2\pi . r} \cdot \frac{r.s}{x.(x+s)} \qquad (2.28)$$

Ако се положи: $\beta_1 = \frac{r.s}{x.(x+s)}$ и се отчете (2.17) за $x = r$, (2.27) добива вида:

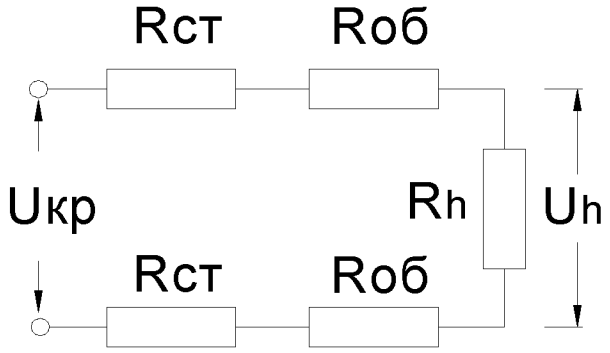
$$U_{KP} = \varphi_З . \beta_1, \text{ V} \qquad (2.29)$$

където $\boldsymbol{\beta_1}$ е коефициент на крачно напрежение, определящ изменението на крачното напрежение с разстоянието ***x***. За нормална човешка крачка той се изменя от 0 до 0,18. Максимален е при $x = r$, когато човек е стъпил с единия си крак в края на заземителя, а с другия на разстояние ***s***. За случаите на ***фиг.2.35*** за крачните напрежения е в сила съотношението:

$$U_{KP1} > U_{KP2} > U_{KP3} \qquad (2.30)$$

При разстояние ***x > 20*** **m** крачното напрежение има пренебрежими стойности.

Заместващата схема за $\boldsymbol{U_{KP}}$ приложено върху човешкото тяло е показана на ***фиг. 2.36.*** Напрежението върху човека $\boldsymbol{U_h}$ е:



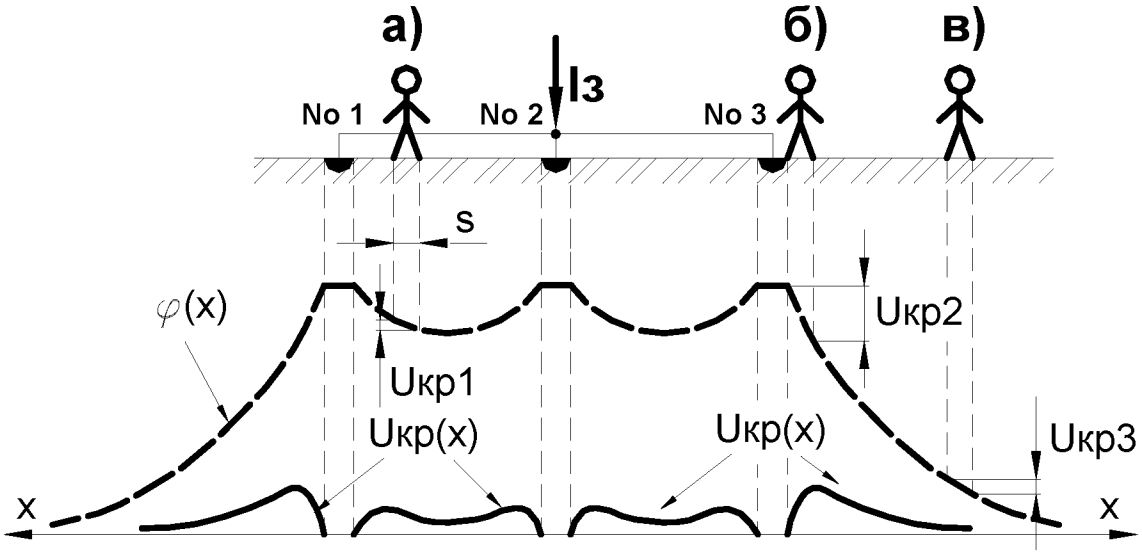
Фиг. 2.36

$$U_h = \frac{R_h}{R_h + 2(R_{ОБ} + R_{СТ})} \cdot U_{KP} = \beta_2 \cdot U_{KP}, \text{ V} \qquad (2.31)$$

В зависимост от съпротивлението на изолационна подложка и подметките на обувките човекът може да попадне под различни стойности на напрежението, по-малки или равни на $\boldsymbol{U_{KP}}$.

Коефициентът β_2 на практика се изменя от 0 до 1 в зависимост от съпротивлението на изолационната подложка и подметките на обувките. За човек с изолационни обувки стъпил върху изолационна подложка $\beta_2 = 0$. Реална опасност от крачни напрежения съществува при селскостопанските животни.тъй като при тях крачката е по-голяма, коефициента β_2 е близък до 1.

Кривата на разпределение на потенциалите за групов полусферичен заземител от три елемента е показана на ***фиг. 2.37***.



Фиг. 2.37

Максимални са крачните напрежения, когато човек е стъпил с единия си крак в края на заземителя, а с другия, на разстояние ***s*** в радиално направление, случай ***б)*** на ***фиг.2.37.***

Във вътрешната зоната, определена от груповия заземителен контур крачните напрежения са с по-малки стойности отколкото при случая с единичен заземител, докато извън заземителния контур разпределението на крачните напрежения е както при единичен заземител.

2.5.4. Допирно напрежение

Потенциалната разлика между две точки с различни потенциали, до които се допират две части от човешкото тяло, се нарича допирно напрежение. Допирното напрежение може да се разглежда и като спад на напрежение в съпротивлението на човешкото тяло R_h между точките на допиране, при протичане на ток I_h през него, т. е.:

$$U_Д = I_h.R_h, \text{ V} \qquad (2.32)$$

Обикновено, двете контактни точки от човешкото тяло са ръка-ръка, ръка-крак, глава-ръка.

Допирното напрежение $U_Д$ когато ръката се допира до заземена проводима нетоководеща част, а краката са стъпили на известно разстояние x от заземителя (***фиг.2.38),*** е както следва:

$$U_Д = \varphi_З - \varphi_X = U_З - U_X \qquad (2.33)$$

На ***фиг.2.38*** е даден полусферичен заземител, към който са свързани три проводими нетоководещи конструкции (напр. корпуси на електрически машини). Всеки един от корпусите се намира под напрежение:

$$U_З = I_З.R_З \qquad (2.34)$$

В зависимост от разстоянието x от заземителя, допирното напрежение върху човека е:

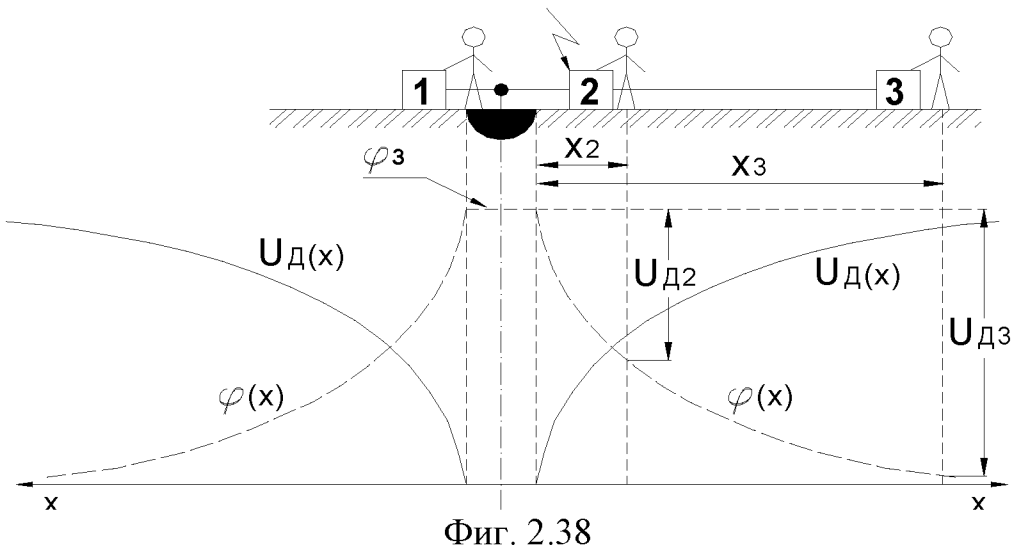
$$U_Д = \varphi_З - \varphi_X = \frac{I_З.\rho_П}{2.\pi.r} - \frac{I_З.\rho_П}{2.\pi.x} = \frac{I_З.\rho_П}{2.\pi}.\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{x}\right) \qquad (2.35)$$

$$U_Д = \frac{I_З.\rho_П}{2.\pi.r}.\left(\frac{x-r}{x}\right), \text{ V} \qquad (2.36)$$

Ако се положи: $$\alpha_1 = \frac{x-r}{x} \qquad (2.37)$$

където α_1 е коефициент на допирно напрежение, се получава:

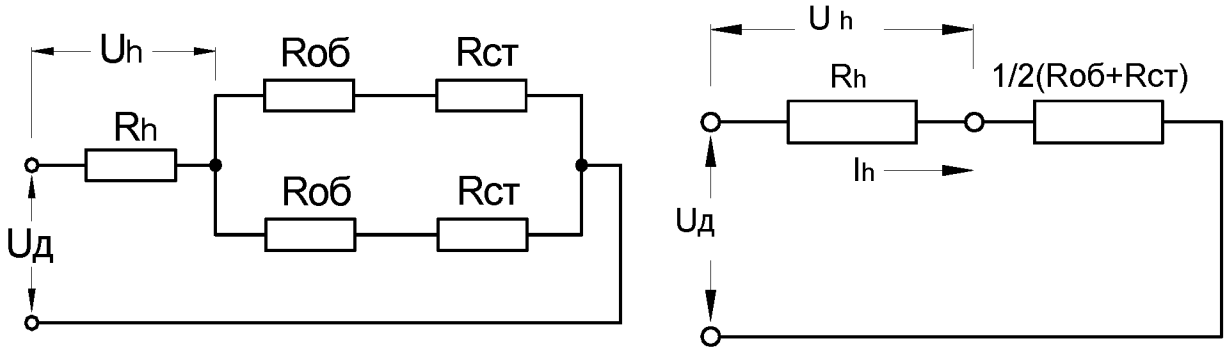
$$U_Д = \varphi_З.\alpha_1, \text{ V} \qquad (2.38)$$



Фиг. 2.38

Коефициентът на допирно напрежение α_1 се изменя от 0 до 1. Когато $x \le r$ то $\alpha_1 = 0$, поради допускането за еквипотенциалност на заземителите. С увеличаване на x за $(x > r)$, α_1 нараства. Практически за $x \approx 30\text{-}40$ m, $\alpha_1 \approx 1$ и допирното напрежение е равно на напрежението на заземителя $U_Д \approx U_З$.

Реално, върху тялото на човека действа напрежение U_h, определено от влиянието на съпротивлението на човека R_h, на обувките $R_{ОБ}$ и на подложката под стъпалата $R_{СТ}$. - ***фиг.2.39***.

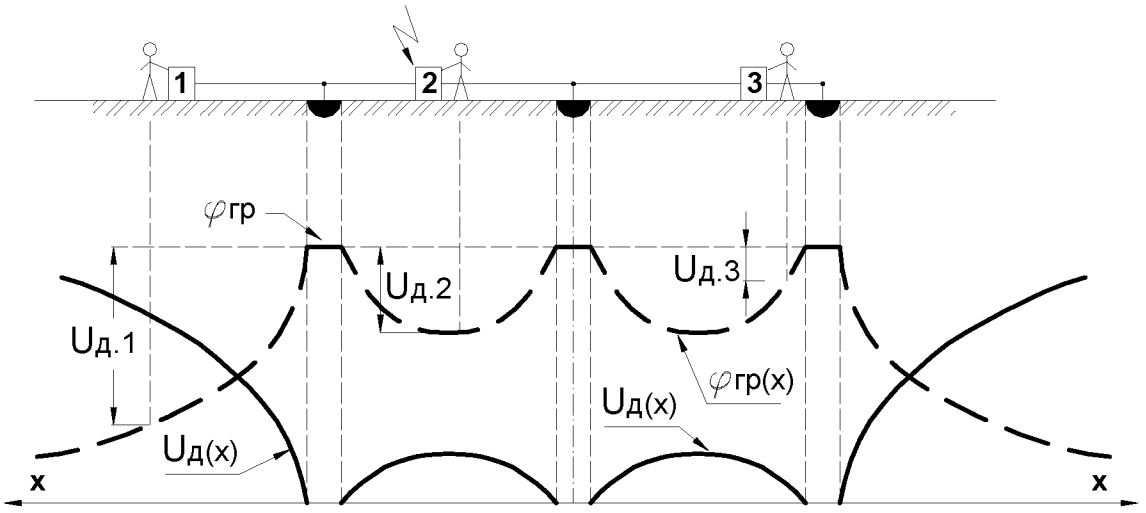


а) Фиг. 2.39 б)

Спадът на напрежение U_h върху собственото съпротивление на човека R_h е:

$$U_h = R_h.I_h = U_Д.\frac{R_h}{R_h + \frac{R_{ОБ} + R_{СТ}}{2}} = U_Д.\alpha_2,\ \text{V} \qquad (2.39)$$

където α_2 е коефициент на допиране



Фиг. 2.40

Коефициентът α_2 се изменя от 0 до 1 и практически при опасно високо допирно напрежение може да се ограничи напрежението

върху човека чрез използване на индивидуални защитни средства – *диелектрични ботуши, боти, изолационни килимчета* и т.н.

На ***фиг.2.40*** е показано изменението на допирното напрежение при групов заземител от три полусферични заземители. В зоната между заземителите допирните напрежения са по-малки, особено при близко разположени заземители, докато във външната зона, допирните напрежения са сходни с тези при единичен заземител.

2.6. Анализ на еднополюсните и двуполюсни електрически мрежи за променлив и постоянен ток по отношение на електробезопасността

Електрозлополуките при директно допиране до тоководещи части под напрежение настъпват при еднофазно или двуфазно допиране. При двуфазно допиране, големината на тока зависи само от напрежението на мрежата и съпротивлението на човека, това се случва рядко в практиката и не подлежи на анализ.

Анализът на опасността в електрическите мрежи се извършва за човек, стъпил на земята при допирането му до фазен проводник, при което големината на тока през него зависи основно от режима на звездния център на захранващия източник и но и от други фактори.

Звездният център може да бъде изолиран от земята; заземен през голямо индуктивно съпротивление; заземен през голямо активно съпротивление и директно заземен.

При анализа се разглеждат последователно еднофазни и трифазни мрежи с възможните режими на работа на звездния център по отношение на земята.

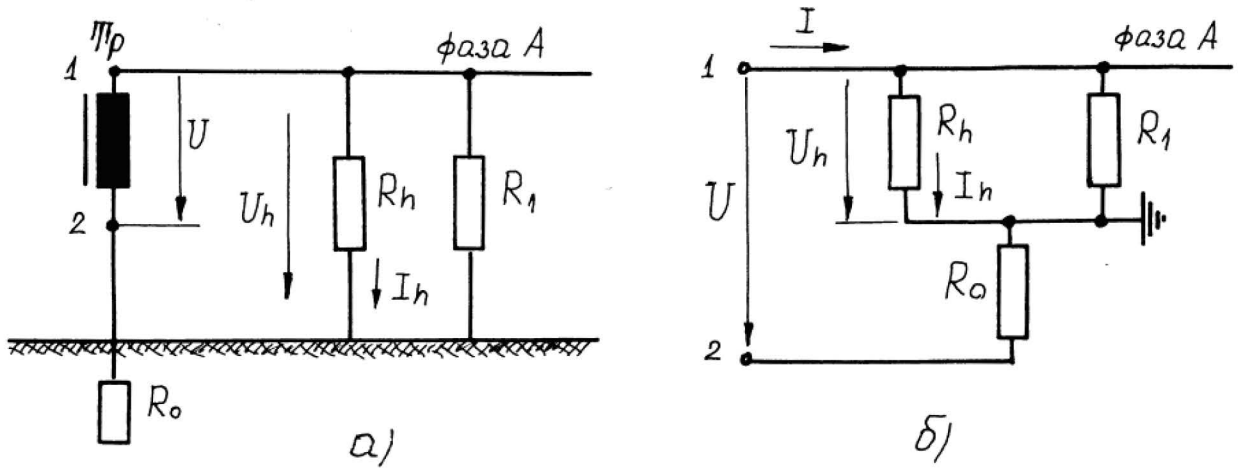
2.6.1. Анализ на еднопроводна електрическа мрежа със заземен полюс или фаза

Мрежи от този вид се срещат при захранване на подвижния електрически състав - трамваи и влакове и понякога при електрозаварки. Те могат да бъдат за постоянно или променливо напрежение. Разгледани са само мрежи при променливо напрежение, а направените изводи са в пълна сила и при постоянно захранване, тъй като по отношение на електробезопасността няма принципна разлика.

- ***Нормалния режим на работа***

На ***фиг. 2.41 а)*** е показана принципна схема на еднопроводна мрежа със заземена фаза при допир до незаземената фаза от човек,

представен чрез съпротивлението R_h, а на ***фиг. 2.41 б)*** – еквивалентната електрическа схема



Фиг. 2.41. Еднопроводна мрежа със заземена фаза: а) принципна схема; б) еквивалентната схема. Означенията са както следва:

R_h - *съпротивление на човека, включително съпротивлението на обущата, пода и др.*, Ω;

R_0 - *съпротивление на работното заземяване*, Ω;

R_1 - *съпротивление на изолацията на фазата спрямо земя*, Ω;

U - *напрежение на мрежата*, V;

I_h и U_h - *ток и напрежение върху човека при еднофазно допиране*- A, V.

В показаната еквивалентна заместваща схема са пренебрегнати съпротивленията на фазовия и заземителния проводник. От гледна точка на електробезопасността е от съществено значение големината на тока I_h, който протича през човека. Той може да бъде определен от еквивалентната заместваща схема по следния начин:

✓ *определя се еквивалентното съпротивление на веригата:*

$$R_{екв} = R_0 + \frac{R_h.R_1}{R_h + R_1} = \frac{R_0\left(R_h + R_1\right) + R_h.R_1}{R_h + R_1} \qquad (2.40)$$

✓ *определя се общия ток, протичащ през цялата верига:*

$$I = \frac{U}{R_{екв}} = \frac{U.\left(R_h + R_1\right)}{R_0\left(R_h + R_1\right) + R_h.R_1} \qquad (2.41)$$

✓ *определя се напрежението, на което е подложен човека:*

$$U_h = I \cdot \frac{R_h.R_1}{\left(R_h + R_1\right)} = \frac{U.\cancel{\left(R_h + R_1\right)}.R_h.R_1}{\left[R_0\left(R_h + R_1\right) + R_h.R_1\right] \cdot \cancel{\left(R_h + R_1\right)}} \qquad (2.42)$$

$$U_h = \frac{U.R_h.R_1}{R_0\left(R_h + R_1\right) + R_h.R_1} \tag{2.43}$$

✓ *определя се протичащия ток* $\boldsymbol{I_h}$*, през човека:*

$$I_h = \frac{U_h}{R_h} = \frac{U.R_1}{R_0\left(R_h + R_1\right) + R_h.R_1} \tag{2.44}$$

✓ *върху получения израз се правят следните преобразования:*

• Изнася се от знаменателя като общ множител съпротивлението $\boldsymbol{R_1}$, което се съкращава с числителя:

$$I_h = \frac{U.R_1}{R_1\left[R_0\left(\frac{R_h}{R_1} + 1\right) + R_h\right]} = \frac{U}{\frac{R_0 R_h}{R_1} + R_0 + R_h} \tag{2.45}$$

• В знаменателя се комбинират събираемите съдържащи съпротивлението $\boldsymbol{R_h}$ и то се изнася като общ множител:

$$I_h = \frac{U}{R_h\left(\frac{R_0}{R_1} + 1\right) + R_0} \tag{2.46}$$

При технически изправна мрежа съпротивлението на работното заземяване $\boldsymbol{R_o}$ е много по-малко в сравнение със съпротивлението на изолацията $\boldsymbol{R_1}$, от което следва че отношението $\frac{R_0}{R_1} \approx 0$

При това условие зависимост (2.46) придобива вида:

$$I_h \approx \frac{U}{R_h + R_0} \tag{2.47}$$

Съпротивлението $\boldsymbol{R_h >> R_o}$, което позволява в израза (2.46) да бъде пренебрегната стойността на $\boldsymbol{R_o}$ т.е.

$$I_h \approx \frac{U}{R_h} \tag{2.48}$$

От получените аналитични зависимости за тока през човека $\boldsymbol{I_h}$ (2.45), (2.46), (2.47) могат да се направят следните изводи:

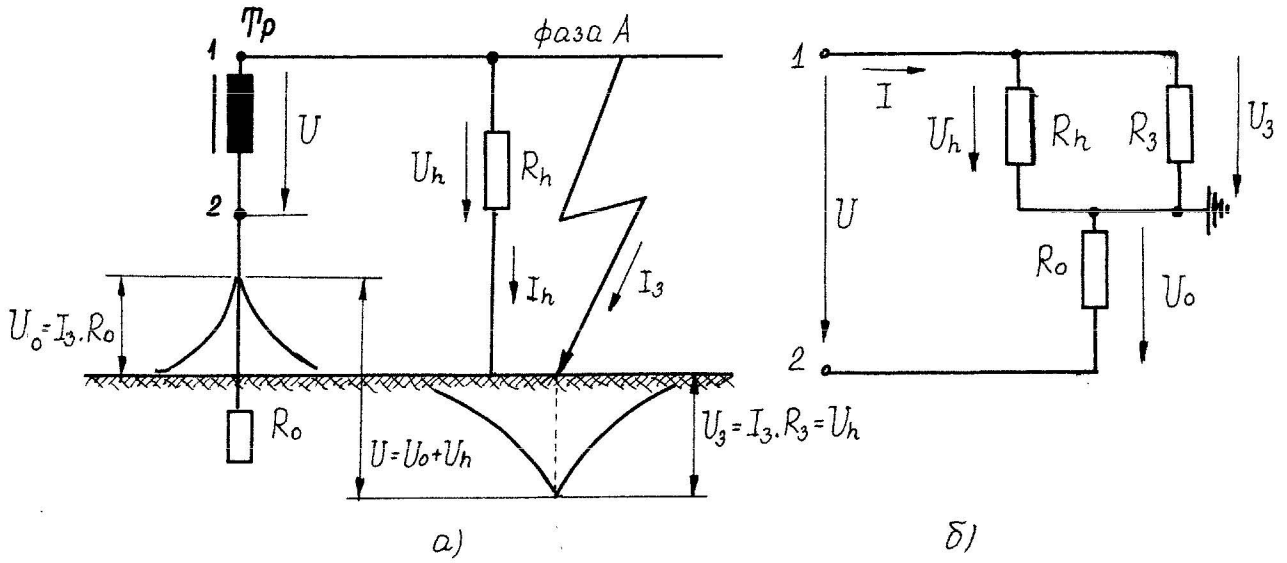
- ✓ Човекът е подложен на напрежението на мрежата $\boldsymbol{U}$ и токът през него зависи изключително от големината на съпротивлението $\boldsymbol{R_h}$;
- ✓ Изключително неблагоприятен е случая, при който човека е стъпил на проводим или влажен под или е хванал с другата ръка

заземен предмет. При този случай при R_h=*1* kΩ протичащия ток е над фибрилационния;

- ✓ Тези мрежи са особено опасни при неблагоприятна околна среда (в мините контактния проводник за електровоза е закрепен на сравнително малка височина, обикновено работниците се движат по релсите или имат допир с вагонетките, при което са констатирани злополуки в следствие допиране на контактния проводник с глава);
- ✓ Съпротивленията (R_o≈*4* Ω и R_1≈ няколко хиляди ома) оказват незначително влияние при нормално състояние на мрежата.

- ***Анализ на мрежата при земно съединение***

На ***фиг. 2.42*** е дадена схемата на мрежата при земно съединение на фаза А през съпротивление със стойност $\boldsymbol{R_з}$ и при еднофазно допиране на човек със съпротивление $\boldsymbol{R_h}$ с тази фаза.



Фиг. 2.42. Еднопроводна мрежа със заземена фаза при земно съединение: а) принципна схема; б)еквивалентната електрическа схема.

Анализът на мрежата е направен при условие, че се пренебрегват съпротивленията на фазовия и заземителния проводник. Еквивалентната заместваща схема от ***фиг. 2.42 б)*** е същата както тази от предходната ***фиг. 2.41 б)*** с изключение на това, че съпротивлението на изолацията $\boldsymbol{R_1}$ е заменено със съпротивление $\boldsymbol{R_з}$ на земно съединение. Това ни дава право по пътя на аналогията да запишем големината на напрежението спрямо земя $\boldsymbol{U_з}$ като в получения израз за $\boldsymbol{U_h}$ формално заместим $\boldsymbol{R_1}$ с $\boldsymbol{R_з}$.

За разглеждания случай $\boldsymbol{U_h}$=$\boldsymbol{U_з}$ (***фиг. 2.42 б***))

$$U_h = U_з = \frac{U.R_h.R_з}{R_0\left(R_h + R_з\right) + R_h.R_з} \qquad (2.49)$$

За токът $I_з$ се получава:

$$I_з = \frac{U_з}{R_з} = \frac{U.R_h}{R_0\left(R_h + R_з\right) + R_h.R_з} \qquad (2.50)$$

От знаменателя на получения израз (2.49) изнасяме R_h и съкращаваме с числителя

$$I_з = \frac{U.R_h}{R_h\left[R_0\left(1+\frac{R_з}{R_h}\right)+R_з\right]} = \frac{U}{R_0\left(1+\frac{R_з}{R_h}\right)+R_з} \qquad (2.51)$$

Съпротивлението на човека $R_h >> R_з$, което означава че стойността на $\frac{R_з}{R_h}$ може да се приеме приблизително равна на нула.

$$I_з \approx \frac{U}{R_0 + R_з} \qquad (2.52)$$

$$U_h = U_з \approx I_з.R_з = \frac{U_з}{R_0 + R_з} \qquad (2.53)$$

Разпределението на напрежението по повърхността на земята е показано на ***фиг. 2.42*** **а).** Фаза А ще има напрежение спрямо земята $U_з = I_з.R_з$, а точки 2 - $U_0 = I_з.R_0$.

От направения анализ могат да се направят следните изводи:

- ✓ Човекът е подложен винаги на по-малко напрежение в сравнение със случая, когато отсъства земно съединение;
- ✓ Напрежението на допир $U_Д$ ще зависи от местоположението на човека спрямо мястото на земното съединение и мястото на работния заземител (колкото човек е по-близко до протичането на ток в земята на мястото на земното съединение, толкова напрежението на допир $U_Д$ ще бъде по-малко, а колкото е по близо до работния заземител то ще бъде по-голямо);
- ✓ Разпределението на потенциала в мястото на земното съединение и в мястото на работния заземител създават условия за поражение от крачно напрежение ***Uкр***;
- ✓ Ако ***Rз*** има малки стойности токът ***Iз*** е достатъчно голям и за части от секундата сработва максималнотоковата защита, но при големи стойности на ***Rз*** земното съединение може да се задържи дълго време.

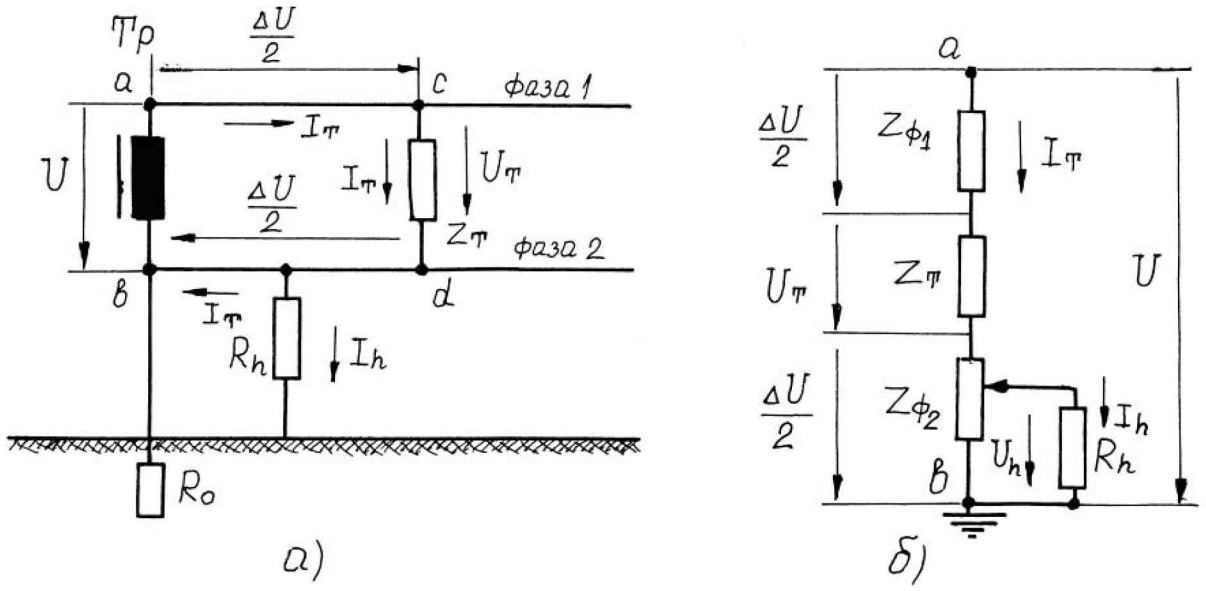
✓ Обезопасяването на мрежата се осъществява посредством ограничаване възможността за допир до проводника - голяма височина на окачване, предпазни заземени ограждения.

2.6.2. Анализ на двупроводна електрическа мрежа със заземен полюс или фаза

Двупроводните електрически мрежи със заземен полюс или фаза са намерили приложение в следните случаи: при измервателните трансформатори; при понижаващи трансформатори за захранване на преносими лампи и електрифицирани ръчни инструменти, при електрически заварки, при монофазни мрежи като част от трифазни мрежи.

- ***Характеристика на мрежата при работа под товар***

На ***фиг. 2.43 а)*** е показана схемата на такава мрежа работеща в нормален режим с включено товарно съпротивление Z_T, а на ***фиг. 2.43 б)*** еквивалентната ѝ заместваща схема.



Фиг. 2.43. Двупроводна мрежа със заземена фаза:

а) принципна схема; б) еквивалентната схема. Означенията са както следва:

$Z_{Ф1}$, $Z_{Ф2}$ - *съпротивление на захранващите проводници*, Ω;

Z_T - *съпротивление на товара*, Ω;

ΔU - *спад на напрежение в захранващите проводници*, V;

U_T - *напрежение върху товара*, V.

При еднопроводно допиране на човек до фаза 1 условията на безопасността са същите, както при еднопроводна мрежа със заземена фаза. За такава мрежа бяха описани подробно протичащите процеси и направен извода, че подобно допиране е много опасно. Поради този

факт на напреженията на такива мрежи се избират в диапазона от *12* до *100* V в зависимост от условията на околната среда.

На ***фиг. 2.43*** е показано еднопроводно допиране до заземената фаза 2, а също така и еквивалентната заместваща схема. Напрежението на мрежата ***U*** е приложено между точките ***a*** и ***b***, а товарът Z_T е свързан към точките ***c*** и ***d***. Напрежението на товара U_T се определя като разлика от напрежението ***U*** и спада на напрежение в проводниците 1 и 2.

$$U_T = U - \left(\frac{\Delta U}{2} + \frac{\Delta U}{2} \right) = U - \Delta U \qquad (2.54)$$

При нормален товар спада на напрежението ***ΔU*** до най-отдалечените точки от мрежата е около ***(0,04 ÷ 0,06).U***. При условие, че двата проводника имат еднакво сечение, спада на напрежение се разпределя равномерно между тях т.е. ***ΔU/2***.

От ***фиг. 2.43 б)*** се вижда, че човека е подложен на напрежение по-малко от ***ΔU/2***, ако той се намира преди товара, а в най-лошия случай до напрежение ***ΔU/2***, ако той се е допрял до т. ***d***. Като се вземе предвид по-тежкия вариант може да се определи големината на тока, който ще потече през човека.

$$I_h = \frac{\frac{\Delta U}{2}}{R_h} = \frac{\Delta U}{2R_h} = \frac{(0.04 \div 0.06)U}{2R_h} = \frac{(0.02 \div 0.03)U}{R_h} \qquad (2.55)$$

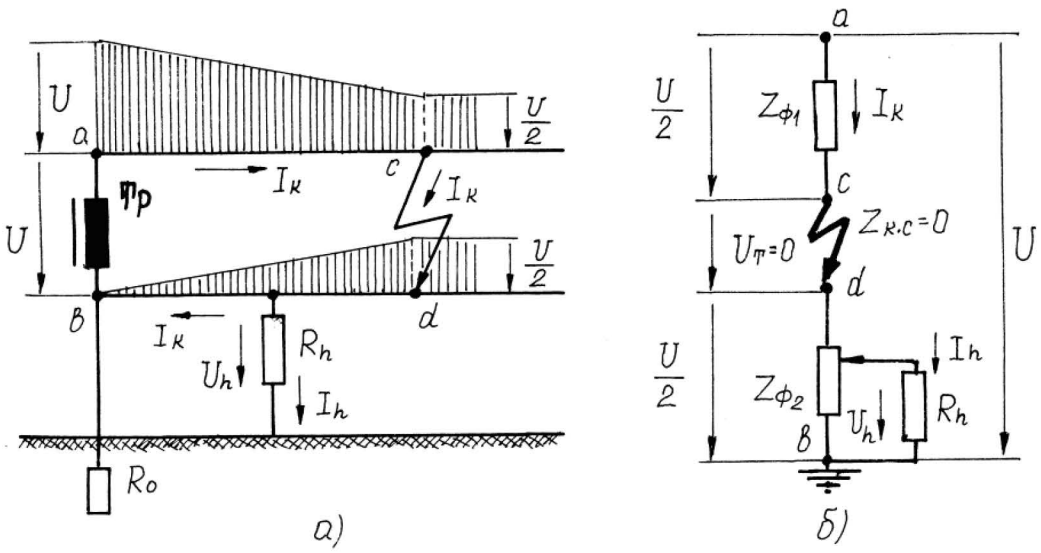
$$\Delta U = (0.04 \div 0.06)U$$

От получения резултат (2.54) може да се направи извода, че при напрежение 2 ÷ 3% от U_H през човека ще протече безопасен ток.

- ***Състояние на мрежата при късо съединение***

На ***фиг. 2.44*** са показани принципа и еквивалентната заместващи схеми при този режим на работа.

Прието е, че късото съединение ($Z_{кс}=0$) е станало между точки ***c*** и ***d***, което означава, че напрежението между тези точки ще бъде нула ($U_{cd}=U_T=0$). При този случай напрежението ***U*** ще се разпредели по фазовите проводници по равно, при условие, че те са от еднакъв материал и имат еднакво сечение. Спадът на напрежение от точка ***b*** до точка ***d*** ще бъде равен на ***U/2***. Всички точки, които се намират на по-голямо разстояние от мястото на късото съединение имат напрежение ***U/2*** спрямо земя независимо за коя фаза.

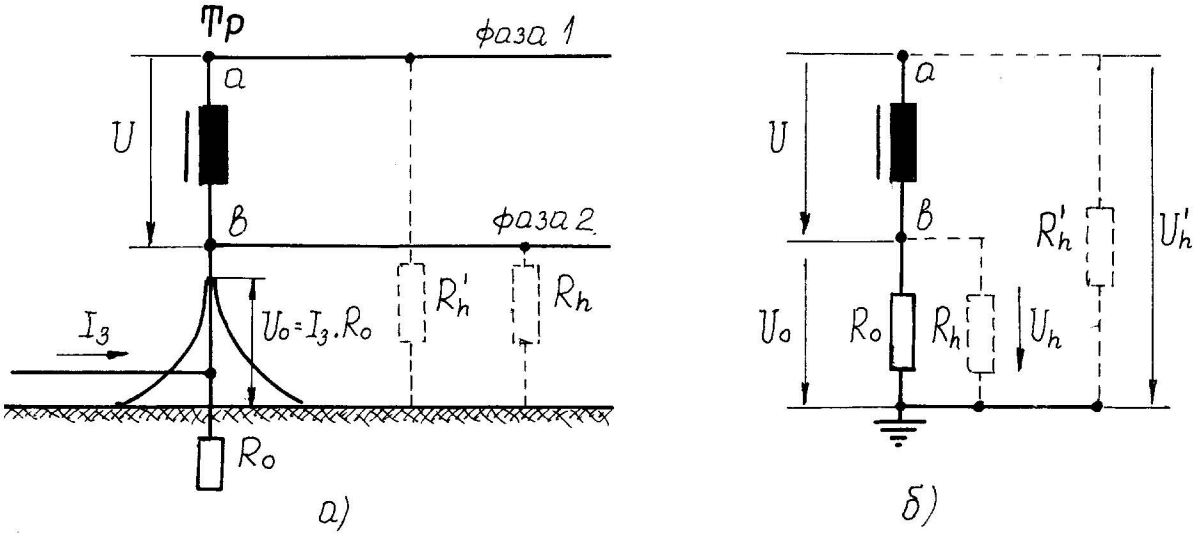


Фиг. 2.44. Двупроводна мрежа със заземена фаза при късо съединение:
а) принципна схема; б) еквивалентна заместваща схема.

От направения анализ могат да се направят следните изводи:

- ✓ Човек допрял се до фаза 2 ще бъде подложен на напрежение от *0* (точка ***b***) до ***U/2*** (точка ***d***) в зависимост от мястото, което заема между тези две точки;
- ✓ При къси съединения реализирани далече от захранващия източник протичат малки токове и не може да се задействува защитата (преоразмерена максималнотокова защита). В това състояние мрежата представлява опасност при еднофазно допиране както на незаземената, така и на заземената фаза;
- ✓ Допирането на незаземената фаза 1 при късо съединение е по-безопасно от допирането й, без да има късо съединение.

- ***Състояние на мрежата при земно съединение***



Фиг. 2.45. Двупроводна мрежа със заземена фаза при протичане на ток на земното съединение през работното заземяване:
а) принципна схема; б) еквивалентна заместваща схема.

За това състояние са възможни три случая които имат важно значение за електробезопасността, а именно:

- ✓ При земно съединение на незаземената фаза 1, разпределението на потенциалите е същото както при еднопроводните мрежи;
- ✓ Еднофазно допиране на заземения проводник (фаза 2) по време на земно съединение в другия проводник (фаза 1). При този случай човека е подложен на напрежение ***Uo*** ако е далече от работния заземител и на по-малко напрежение, ако е около него.
- ✓ Заземяването на едната фаза става чрез общо заземително устройство. Поради това има вероятност през заземителя да протече ток на земно съединение ***Iз***, предизвикан от друга мрежа с по-високо напрежение. Тогава точка ***b*** от мрежата и заземения проводник 2 ще получат напрежение спрямо земя, равна на ***Uo=Iз.Ro***, а незаземения проводник 1 - напрежение ***U+Uo*** (фиг.2.45). В това състояние мрежата е много опасна защото в някой случаи напрежението ***Uo*** може да бъде по-голямо от напрежението ***U***. Такава ситуация може да се получи, ако мрежата се използва за получаване на ниско напрежение за осигуряване безопасност при допир. При този случай човек може да бъде подложен на недопустимо високи напрежения.

Обезопасяване на мрежата срещу поражение при допир до заземената фаза се постига чрез повторни заземители.

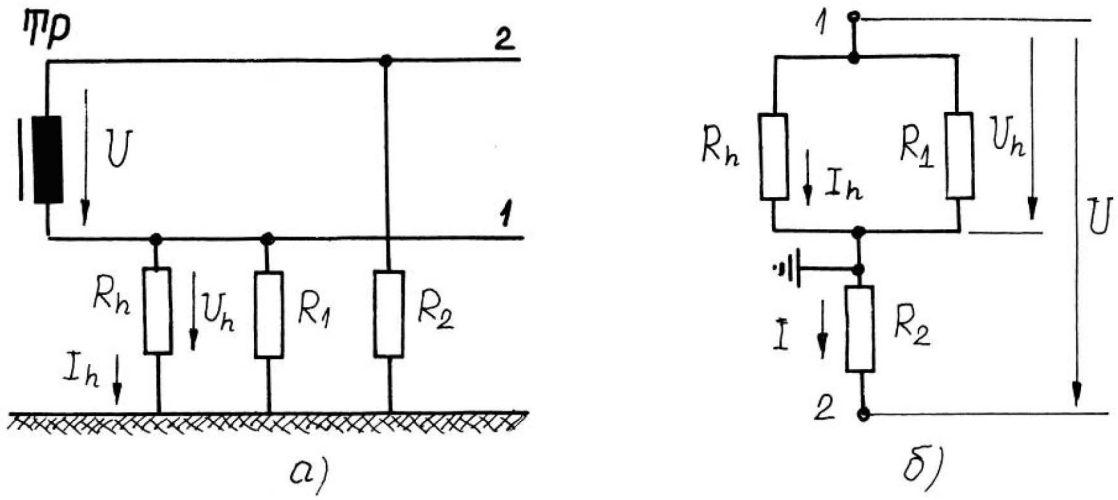
2.6.3. Двупроводни мрежи с малък капацитет, изолирани от земя

Въздушните мрежи с напрежение до 1000V и кабелните мрежи с дължина 1÷2 km независимо от напрежението имат малък капацитет на фазите спрямо земя. При това условие капацитивната проводимост може да се пренебрегне и да се анализира мрежата само с активната (проводимост спрямо земя).

На ***фиг. 2.46*** е показана двупроводна мрежа с малък капацитет, изолирана от земята. Показано е еднофазно допиране на човек до проводник 1. За да анализираме тази ситуация от гледна точка на електробезопасност е необходимо да определим големината на тока който преминава през човека т.е. I_h. Това може да се извърши в следната последователност:

- ✓ *Определя се еквивалентното съпротивление на веригата:*

$$R_{екв} = R_2 + \frac{R_h.R_1}{R_h + R_1} = \frac{R_2\left(R_h + R_1\right) + R_2}{R_h + R_1} \qquad (2.56)$$



Фиг. 2.46. Двупроводна мрежа с малък капацитет, изолирана от земята: а) принципна схема; б) еквивалентната схема.

✓ *определя се токът* ***I****, протичащ през цялата верига;*

$$I = \frac{U}{R_{екв}} = \frac{U.\left(R_h + R_1\right)}{R_2\left(R_h + R_1\right) + R_h.R_1} = \frac{U.\left(R_h + R_1\right)}{R_2R_h + R_2R_1 + R_h.R_1} \qquad (2.57)$$

или $$I = \frac{U.\left(R_h + R_1\right)}{R_h\left(R_2 + R_1\right) + R_2.R_1}$$

✓ *определя се напрежението върху човека* $\boldsymbol{U_h}$ *;*

$$U_h = I.\frac{R_h.R_1}{\left(R_h + R_1\right)} = \frac{U.\cancel{\left(R_h + R_1\right)} \cdot R_h.R_1}{\left[R_h\left(R_2 + R_1\right) + R_2.R_1\right] \cdot \cancel{\left(R_h + R_1\right)}} \qquad (2.58)$$

✓ *определя се протичащия* $\boldsymbol{I_h}$ *ток, през човека;*

$$I_h = \frac{U_h}{R_h} = \frac{U.R_1}{R_h\left(R_2 + R_1\right) + R_2.R_1} \qquad (2.59)$$

От знаменателя се изнася съпротивлението $\boldsymbol{R_1}$ и се съкращава с това в числителя

$$I_h = \frac{U}{R_h\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + R_2} \qquad (2.60)$$

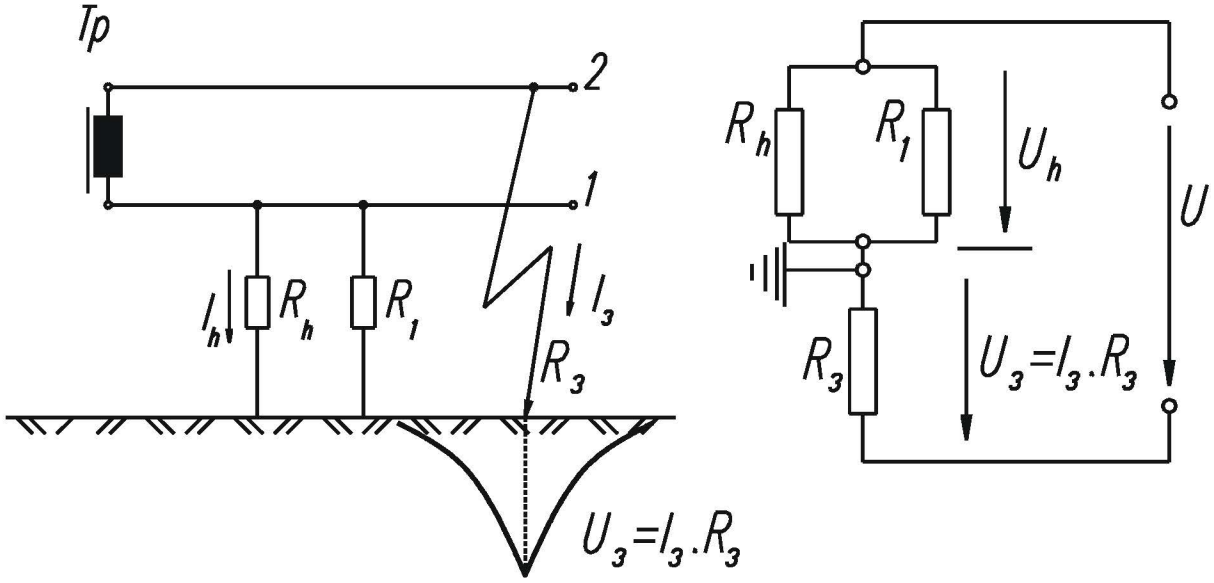
При условие, че съпротивленията на изолацията на двете фази са еднакви $\boldsymbol{R_1=R_2=R_{из}}$, то изразът за $\boldsymbol{I_h}$ от (2.60) ще придобие следния вид:

$$I_{h_1} = \frac{U}{2R_h + R_{из.2}} \qquad (2.61)$$

От получения израз за големината на тока I_h, протичащ през човека могат да се направят следните изводи:

- ✓ Големината на тока през човека зависи най-много от изолационното съпротивление на фазите спрямо земята;
- ✓ Съпротивлението на човека R_h оказва по-малко влияние тъй като то е $R_h \geq 1$ kΩ, докато нормираното съпротивление на изолацията $R_{из}$ е десетки хиляди ома;
- ✓ $I_{h_1} \approx \frac{U}{R_{из.2}}$ т.е. еднопроводният допир е безопасен в тези мрежи.
- ✓ С намаляване на съпротивлението на изолацията на допряната фаза спрямо съпротивлението на недопряната фаза токът през човека намалява;
- ✓ С намаляване на съпротивлението на недопряната фаза спрямо това на допряната токът през човека се увеличава.

На *фиг. 2.47* е показана същата мрежа, но при наличие на земно съединение.



а) *б)*

Фиг. 2.47. Двупроводна мрежа с малък капацитет, изолирана от земята при земно съединение на фаза 2: а) принципна схема; б) еквивалентната схема.

Земното съединение е за фаза 2 и се осъществява през съпротивление $R_з$, а човекът е осъществил еднофазно допиране към фаза 1. Токът на земното съединение преди да се е допрял човека ще бъде:

$$I_з = \frac{U}{R_1 + R_з} \approx \frac{U}{R_1} \qquad (2.62)$$

Приблизителното равенство за $I_з$ е в следствие стойностните различия на двете съпротивления $R_1 >> R_з$. Този ток е много малък и

не задейства защитата при условие, че отсъства постоянен контрол на изолацията. Разпределението на потенциала в мястото на земното съединение $U_з$ не е опасно за крачни напрежения поради малката стойност на тока $I_з$, който го поражда.

Ако при това състояние на мрежата човек осъществи допир с фаза 1, то токът през неговото тяло ще се определи по (2.63). Формулата за I_h се получава, като в израз (2.60) заместим R_2 с $R_з$.

$$I_h = \frac{U}{R_h\left(1+\frac{R_з}{R_1}\right)+R_з} \tag{2.63}$$

Тъй като съпротивленията са свързани със следните неравенства $R_з << R_1$ и $R_з << R$ изразът (2.63) придобива следния вид

$$I_h \approx \frac{U}{R_h} \tag{2.64}$$

От (2.64) могат да се направят следните изводи:

- ✓ Големината на тока I_h зависи от напрежението на мрежата и съпротивлението на човека R_h;
- ✓ Човека ще бъде подложен на тока на двупроводно допиране, който в повечето случаи е смъртоносен;
- ✓ Тези мрежи са безопасни при еднопроводно допиране, при условие, че състоянието на изолацията на фазите е нормално;
- ✓ Мрежата става изключително опасна при земно съединение на една от фазите или при чувствително намаляване съпротивлението на изолацията на една от фазите;
- ✓ При тези мрежи е наложителен контрола на изолацията.

2.6.4. Изолирани от земята двупроводни мрежи с голям капацитет

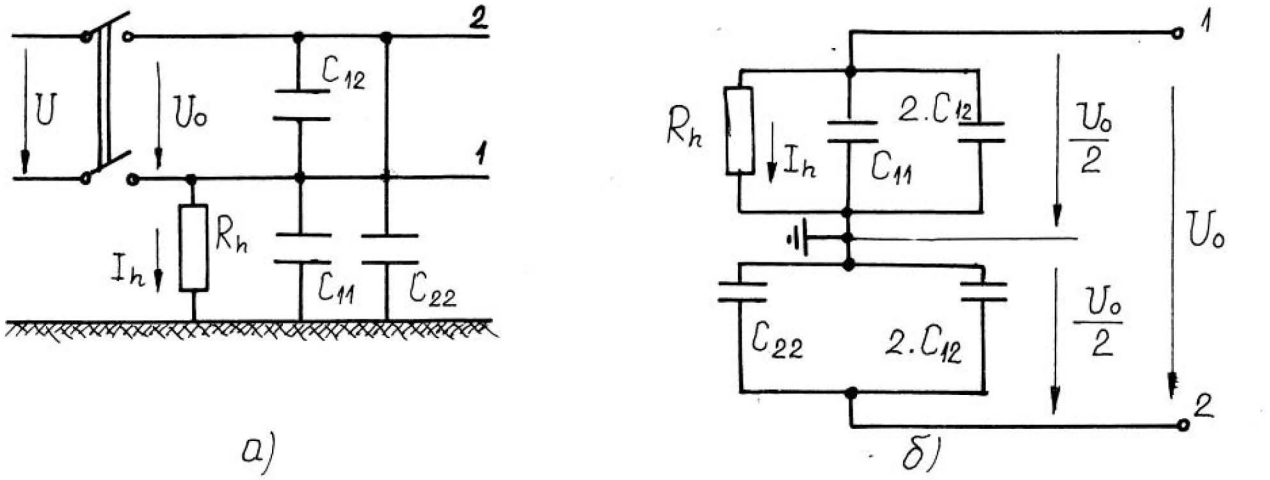
Всички въздушни мрежи с напрежение над 1000 V и кабелни линии с дължина по-голяма от 2 km (независимо от напрежението) имат капацитивна проводимост на фазите спрямо земя, която не може да се пренебрегва. В някой случаи за улесняване на разглеждания проблем е допустимо пренебрегването на активната проводимост.

Мрежите с голям капацитет са опасни при еднофазно допиране не само когато са под напрежение, но и в изключено състояние. Причина за това е остатъчното напрежение, което зависи от вида на напрежението на мрежата и от капацитетите на фазите една спрямо

друга и спрямо земята (в еквивалентната заместваща схема последните се заместват с кондензатори със съответния капацитет).

При мрежи с постоянно напрежение остатъчното напрежение U_o е равно на напрежението на мрежата U (кондензаторите от еквивалентната схема се зареждат до това напрежение). При променливо напрежение U_o зависи от момента на изключване на мрежата и може да достигне двойната амплитудна стойност на променливото напрежение, а при комутационни пренапрежения - даже и по-високи стойности. Остатъчното напрежение намалява в зависимост от активните проводимости на фазите (кондензаторите в еквивалентната схема се разреждат през тези проводимости).

На ***фиг. 2.48*** е дадена двупроводна мрежа с голям капацитет, изолирана от земята и изключена с остатъчно напрежение U_o в момента на допиране на човека до фаза 1.



Фиг. 2.48. Двупроводна мрежа изолирана от земята с голям капацитет:
а) принципна схема; б) еквивалентната схема. Означения:
C_{11}, C_{22} - *капацитет на съответната фаза спрямо земя*;
C_{12} - *капацитет на фазите една спрямо друга*;

В еквивалентната схема капацитета C_{12}, е заместен с два последователно свързани кондензатора с капацитет $2C_{12}$, като нулевата точка е свързана със земята.

Напрежението между фаза 1 и земята в момента на допиране на човека е равно на $U_o/2$ (кондензаторите C_{11} и $2C_{12}$ са заредени до това напрежение). След допиране на човека до фаза 1 двата кондензатора C_{11} и $2C_{12}$ ще се разредят през съпротивлението на човека R_h при първоначално напрежение $U_o/2$. Това представлява един преходен процес на разреждане на кондензатор през активно съпротивление.

Стойността на преходния ток през човека при допир е:

$$i_n = \frac{U_0}{2R} \cdot e^{-\frac{t}{R_h(C_{11}+C_{12})}} \qquad (2.65)$$

От (2.65) могат да се направят следните изводи:

- ✓ Максималната големина на началния ток зависи от R_h и U_o при $t=0$ и има големина $I_{h,max}=Uo/2R$, а продължителността му зависи от времеконстантата $1/[R_h (C_{11} + 2C_{12})]$;
- ✓ При голямо остатъчно напрежение U_o, но при малки стойности на капацитетите токът е кратковременен и не може да причини сериозно злополуки;
- ✓ При сравнително малко остатъчно напрежение U_o, но при големи стойности на капацитетите токът е с голяма продължителност и може да доведе до смъртен изход;
- ✓ При двуфазно допиране на мрежа с голям капацитет, изолирана от земята и изключена, първоначалното напрежение на допиране е U_o, а кондензаторите, които ще се разредят през човека са $C_{12}+1/2C_{11}$ (при условие, че $C_{11}=C_{22}$). При това условие токът през човека ще бъде:

$$i_n = \frac{U_0}{R} \cdot e^{-\frac{t}{R_h\left(C_{12}+\frac{1}{2}C_{11}\right)}} \qquad (2.66)$$

- ✓ Максималната стойност на тока е два пъти по-голяма от тази при еднофазно допиране, но продължителността е по-малка, защото времеконстантата е по-малка ($C_{11}>C_{12}$).

2.6.5. Двупроводни мрежи с голям капацитет, изолирани от земята, захранвани с постоянно напрежение

На ***фиг. 2.49*** е показана схемата на такава мрежа при еднофазно допиране на човек със съпротивление R_h. Кондензаторът C_{12}, който отчита капацитета между двете фази, не присъства на схемата тъй, като не оказва влияние на протичащия ток през човека, който остава зареден до напрежението на източника U.

При осъществяване на допир към фаза 1 през човека ще протече преходен ток i_h , който има две съставки:

$$i_h = i_{hy} + i_{hcв} \qquad (2.67)$$

където: i_h - *преходен ток на който е подложен човека*;
i_{hy} - установена съставяща на преходния ток (зависи от U, R_h, R_1 и R_2);
$i_{hcв}$ - свободни съставящи на преходния ток (освен от U, R_h, R_1 и R_2 той зависи от C_{11}, C_{22} и времето t);

Определянето на преходния ток i_h ще бъде определено по класическия метод за анализ на преходни процеси в следната последователност:

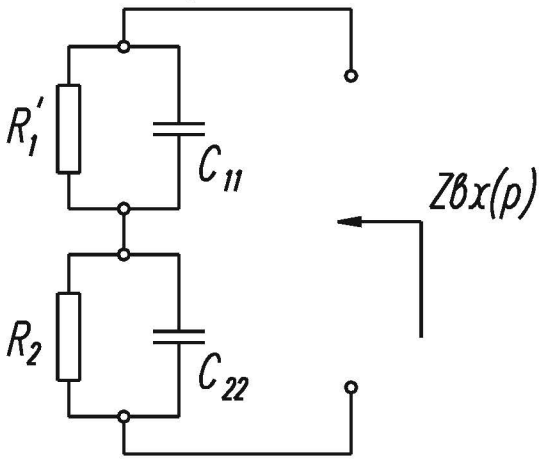
✓ *Определя се установената съставяща на тока* i_{hy}

Кондензаторите C_{11} и C_{22} не пропускат постоянен ток и стойността му ще зависи от U, R_h, R_1 и R_2 (изводът съвпада с израза за тока I_h за двупроводни мрежи с малък капацитет, изолирани от земята (2.60)

$$i_{hy} = \frac{U}{R_h\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)+R_2} \tag{2.68}$$

✓ *Определя се свободната съставяща на тока* $i_{hcв}$

Това става с помощта на входното операторно съпротивление, което приравняваме на нула. Разглеждаме схемата на ***фиг. 2.49 б),*** но за удобство използваме еквивалентното съпротивление на R_h и R_1, което означаваме с $R_1^{'}$



където:

$$R_1^{'} = \frac{R_1.R_h}{R_1+R_h}$$

Фиг. 2.49. Еквивалентната заместваща схема, при която съпротивленията R_h и R_1 са заместени с $R_1^{'}$

$$Z_{вх}(p) = \frac{R_1^{'}\cdot\frac{1}{p.C_{11}}}{R_1^{'}+\frac{1}{p.C_{11}}} + \frac{R_2\cdot\frac{1}{p.C_{22}}}{R_2+\frac{1}{p.C_{22}}}$$

$$Z_{вх}(p) = \frac{R_1^{'}}{R_1^{'}.C_{11}p+1} + \frac{R_2}{R_2.C_{22}p+1}$$

$$Z_{вх}(p) = \frac{R_2.C_{22}.R_1^{'}p + R_1^{'} + R_1^{'}C_{11}p + R_2}{\left(R_1^{'}.C_{11}p+1\right)\cdot\left(R_2.C_{22}p+1\right)}$$

Приравняваме на нула входното съпротивление т.е. $\boldsymbol{Z_{вх}(p)=0}$ и получаваме характеристичното уравнение на веригата

$$R_1^{'}.R_2\left(C_{11}+C_{22}\right)p+R_1^{'}+R_2=0 \tag{2.69}$$

$$p=-\frac{R_1^{'}+R_2}{R_1^{'}.R_2\left(C_{11}+C_{22}\right)}=-\frac{1}{\frac{R_1^{'}.R_2}{\left(R_1^{'}+R_2\right)}\cdot\left(C_{11}+C_{22}\right)} \tag{2.70}$$

Получения корен $\boldsymbol{p}$ (2.70) е корен на характеристичното уравнение (2.69). Ще направим изследване за стойността на израза записан в (2.70) т.е. $\frac{R_1^{'}.R_2}{\left(R_1^{'}+R_2\right)}$. Заместваме в него $R_1^{'}=\frac{R_h.R_1}{R_h+R_1}$ и извършваме следните преобразувания:

$$\frac{R_1^{'}.R_2}{R_1^{'}+R_2}=\frac{\frac{R_1.R_h.R_2}{R_1+R_h}}{\frac{R_1.R_h}{R_1+R_h}+R_2}=\frac{R_1.R_h.R_2}{R_1.R_h+R_1.R_2+R_2.R_h}$$

Приемаме, че съпротивленията на изолацията на двете фази са еднакви т.е. $\boldsymbol{R_1=R_2=R}$, от което получаваме:

$$\frac{R_1^{'}.R_2}{R_1^{'}+R_2}=\frac{R_h.R^2}{R.R_h+R^2+R.R_h}=\frac{R_h.R^2}{R^2\left(\frac{R_h}{R}+1+\frac{R_h}{R}\right)}$$

Стойността на съпротивлението на изолацията $\boldsymbol{R>>R_h}$, от което следва $\boldsymbol{R_h/R\approx 0}$. Изследваният израз ще има стойност равна на съпротивлението на човека $\boldsymbol{R_h}$.

Коренът на характеристичното уравнение ще придобие следния окончателен вид:

$$p=-\frac{1}{R_h\left(C_{11}+C_{22}\right)} \tag{2.71}$$

На тази база може да се запише вида на свободната съставяща на тока $\boldsymbol{i_{hсв}}$

$$i_{hсв}=A.e^{-\frac{1}{R_h\left(C_{11}+C_{22}\right)}\cdot t} \tag{2.72}$$

✓ *Обединяваме решенията за установената* $\boldsymbol{i_{hy}}$ *и за свободната съставяща на тока* $\boldsymbol{i_{hсв:}}$

$$i_h = i_{hy} + i_{hcв} = \frac{U}{R_h\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)+R_2} + A.e^{-\frac{1}{R_h(C_{11}+C_{22})}.t} \qquad (2.73)$$

✓ *Определяне на константата* ***A***.

Необходимо е да се знае стойността на тока i_h за момента $t=0$ т.е. $i_h(0)$. Стойността на този ток в нулевия момент се нарича зависимо начално условие. То може да бъде определено от независимите начални условия (стойностите на напреженията на кондензаторите преди допир на човека R_h)

$$u_{C_{11}(0)} = \frac{U.R_1}{R_1+R_2} \qquad u_{C_{22}(0)} = \frac{U.R_2}{R_1+R_2} \qquad (2.74)$$

За контура (1) от схемата на ***фиг. 2.50 б)*** записваме за моментните стойности уравнение по втори закон на Кирхоф

$$R_h i_h - \frac{1}{C_{11}} = \int_0^t i_1 dt - u_{C_{11}(0)} = 0 \qquad (2.75)$$

Полагаме в (2.75) $t=0$ и получаваме:

$$R_h i_{h(0)} - \frac{1}{C_{11}} = \int_0^0 i_1 dt - u_{C_{11}(0)} = 0 \ .$$

От това уравнение изразяваме зависимото начално условие т.е. стойността на тока $i_{h(0)}$

$$i_{h(0)} = \frac{u_{C_{11}(0)}}{R_h} = \frac{U.R_1}{R_h.(R_1+R_2)} \qquad (2.76)$$

В уравнение (2.73) полагаме $t=0$ и заместваме известната стойност на $i_{h(0)}$

$$i_{h(0)} = \frac{U}{R_h\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)+R_2} + A \quad \Rightarrow \quad \frac{U.R_1}{R_h.(R_1+R_2)} - \frac{U}{R_h\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)+R_2} = A$$

Приема се равенството на съпротивленията на изолацията на двете фази т.е. $R_1=R_2=R$

$$A = \frac{U}{2R_h} - \frac{U}{2R_h+R} = \frac{2R_hU + U.R - 2R_hU}{2R_h.(2R_h+R)}$$

$$A = \frac{U.R}{2R_h.(2R_h+R)} \qquad (2.77)$$

Заместваме получената константа A в уравнение (2.73), като i_{hy} се привежда при допускането за равенство на съпротивленията $R_1=R_2=R$. Окончателният израз за преходния ток протичащ през човека е следния

$$i_h = \frac{U}{2R_h + R} + \frac{U.R}{2R_h.(2R_h + R)} \cdot e^{-\frac{1}{R_h(C_{11}+C_{22})}.t} \qquad (2.78)$$

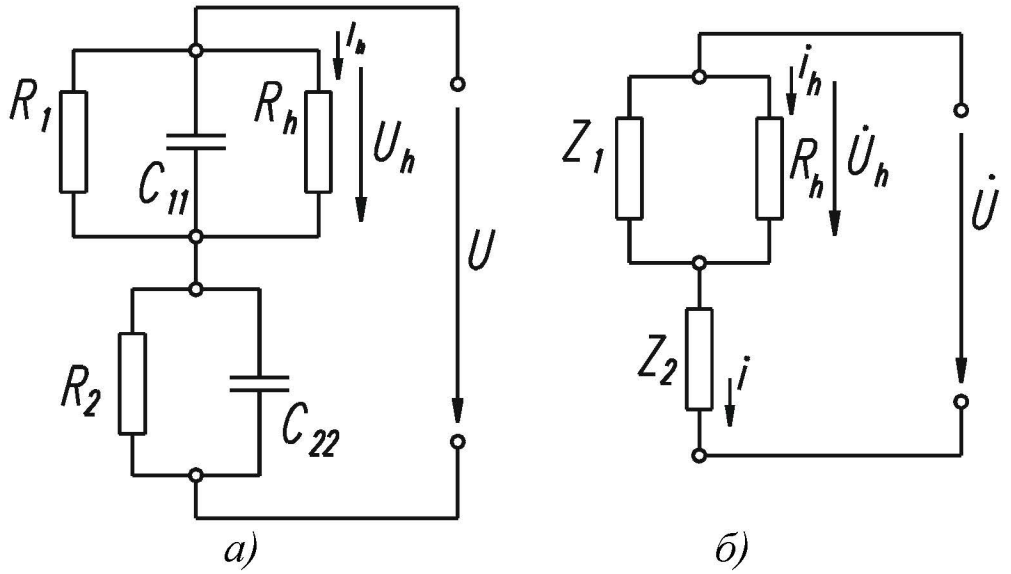
На базата на получения резултат за преходния ток i_h може да се направят следните изводи:

- ✓ Тези мрежи са по-опасни от гледна точка на електробезопасността в сравнение с мрежите с малък капацитет, тъй като при последните през човека протича само ток определен от установената съставяща на тока i_h (първия член на 2.78). При мрежите с голям капацитет протича и кратковременен ток с времеконстанта $R_h(C_{11}+C_{22})$, чиято начална стойност може да достигне големи стойности (при $R>>R_h$);
- ✓ Ако активната проводимост на изолацията спрямо земя се пренебрегне в сравнение с капацитивната т.е. когато $\frac{1}{R} << \omega C$, тогава установен ток няма да има (първото събираемо от уравнение (2.78) ще отпадне), и ще протича само кратковременен ток определен от свободната съставяща.

2.6.6. Двупроводни мрежи с голям капацитет, изолирани от земя, захранвани с променлив ток

Постановката на задачата за изследване е същата, както при двупроводни мрежи с голям капацитет изолирани от земя, захранвани с постоянно напрежение (***фиг. 2.50***). При анализ на мрежи захранени с променливо напрежение се работи с активните съпротивления R_1 и R_2 на изолацията на фазите 1 и 2 и реактивните капацитивни съпротивления $1/\omega C_{11}$ и $1/\omega C_{22}$, дължащи се на капацитета на съответната фаза спрямо земя. На ***фиг. 2.50 а)*** е показана еквивалентната заместваща схема, на ***фиг. 2.50 б)*** същата схема, но с еквивалентните комплексни съпротивления Z_1 и Z_2.

Означените комплексни съпротивления Z_1 и Z_2 на ***фиг. 2.50 б)*** представляват еквивалентните комплексни съпротивления на паралелно свързаните елементи (R_1 и C_{11}), (R_2 и C_{22}).



а) *б)*

Фиг. 2.50. Еквивалентна схема на двупроводна мрежа захранвана с променливо напрежение

$$Z_1 = \frac{R_1 \cdot \left(-j\frac{1}{\omega.C_{11}}\right)}{R_1 - j\frac{1}{\omega.C_{11}}} = \frac{R_1 \cdot (-jX_1)}{R_1 - jX_1} \quad \text{и} \quad Z_2 = \frac{R_2 \cdot \left(-j\frac{1}{\omega.C_{22}}\right)}{R_2 - j\frac{1}{\omega.C_{22}}} = \frac{R_2 \cdot (-jX_2)}{R_2 - jX_2}$$

За определяне на големината на протичащия ток $\boldsymbol{I_h}$ през човека се работи по схема ***фиг. 2.50 б)***, като се спазва следната последователност:

✓ *Определя се еквивалентното комплексно съпротивление*

$$Z_{екв} = \frac{Z_1.R_h}{Z_1 + R_h} + Z_2 = \frac{Z_1.R_h + Z_1Z_2 + Z_2R_h}{Z_1 + R_h}$$

✓ *определя се големината на протичащия ток* $\dot{I}$ *:*

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{Z_{екв}} = \frac{\dot{U}(Z_1 + Z_h)}{Z_1.R_h + Z_1Z_2 + Z_2R_h}$$

✓ *определя се напрежението* $\dot{U}_h$*, на което е подложен човека:*

$$\dot{U}_h = \dot{I} \cdot \frac{R_h.Z_1}{(Z_1 + R_h)} = \frac{\dot{U}(Z_1 + Z_h) \cdot R_h.Z_1}{(Z_1.R_h + Z_1Z_2 + Z_2R_h) \cdot (Z_1 + Z_h)}$$

✓ *определя се токът* $\dot{I}_h$*, който ще протича през човека:*

$$\dot{I}_h = \frac{\dot{U}_h}{R_h} = \frac{\dot{U} \cdot Z_1}{Z_1.R_h + Z_1Z_2 + Z_2R_h} \qquad (2.79)$$

✓ Допуска се, че комплексните съпротивления $\boldsymbol{Z_1}$ и $\boldsymbol{Z_2}$ на двете фази към земята са равни $\boldsymbol{Z_1=Z_2=Z}$. Тогава формула (2.79) ще придобие следния вид

$$\dot{I}_h = \frac{\dot{U} \cdot Z}{Z.R_h + Z^2 + ZR_h} = \frac{\dot{U} \cdot Z}{Z \cdot (2R_h + Z)} = \frac{\dot{U}}{2R_h + Z} \qquad (2.80)$$

Ефективната стойност на протичащия ток $\boldsymbol{I_h}$ се получава като се раздели ефективната стойност на захранващото напрежение на импеданса на знаменателя (2.82). За улесняване на анализа ще изведем аналитичен израз, който позволява да правим оценка за импеданса на комплексното съпротивление Z в знаменателя (2.81)

$$Z = \frac{R \cdot \left(-j\frac{1}{\omega.C}\right)}{R - j\frac{1}{\omega.C}} = \frac{\left(-j\frac{R}{\omega.C}\right) \cdot \left(R + j\frac{1}{\omega.C}\right)}{\left(R - j\frac{1}{\omega.C}\right) \cdot \left(R + j\frac{1}{\omega.C}\right)}$$

$$Z = \frac{\frac{R}{\omega^2.C^2} - j\frac{R^2}{\omega.C}}{R^2 + \frac{1}{\omega^2.C^2}} = \frac{\frac{R}{\omega^2.C^2}}{R^2 + \frac{1}{\omega^2.C^2}} - j\frac{\frac{R^2}{\omega.C}}{R^2 + \frac{1}{\omega^2.C^2}}$$

$$Z = \frac{R}{R^2\omega^2.C^2 + 1} - j\frac{R^2.\omega C}{R^2\omega^2.C^2 + 1} \qquad (2.81)$$

Еквивалентното комплексно съпротивление на знаменателя на формула (2.80) ще има следния вид:

$$2R_h + Z = 2R_h + \frac{R}{R^2\omega^2.C^2 + 1} - j\frac{R^2.\omega C}{R^2\omega^2.C^2 + 1}$$

Ефективната стойност на протичащия през човека ток ще се определи от израза:

$$I_h = \frac{U}{\sqrt{\left(2R_h + \frac{R}{R^2\omega^2.C^2 + 1}\right)^2 + \left(\frac{R^2.\omega C}{R^2\omega^2.C^2 + 1}\right)^2}} = \frac{U}{Z'} \qquad (2.82)$$

Анализът на получения израз за ефективната стойност на тока $\boldsymbol{I_h}$ показва следното:

- ✓ Токът на мрежата зависи преди всичко от импеданса на мрежата (при $\boldsymbol{U=const.}$, $\boldsymbol{R_h=const.}$);
- ✓ Ако мрежата е с голям капацитет $\boldsymbol{C}$, това означава, че и капацитивната проводимост $\boldsymbol{\omega C}$ ще расте, което води до намаляване на импеданса $\boldsymbol{Z'}$ и увеличаване на тока $\boldsymbol{I_h}$. Мрежата е особено опасна, дори и при голямо изолационно съпротивление на фазите (токът се определя основно от $\boldsymbol{U}$ и $\boldsymbol{R_h}$);

- ✓ При земно съединение на фаза 2 т.е. $Z_2=0$ Ω. Изразът за комплексната ефективна стойност на тока $\dot{I}_h$ (2.80) придобива вида:

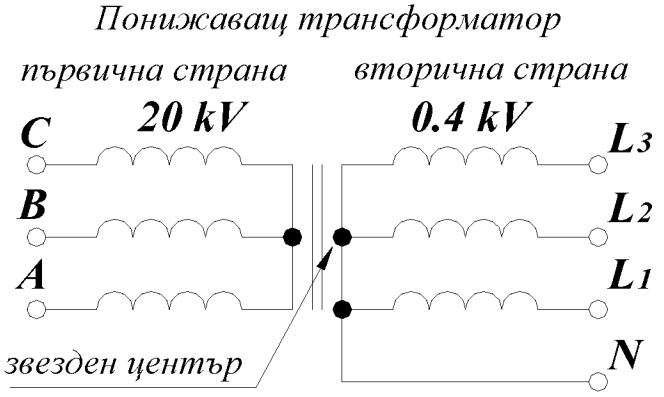
$$\dot{I}_h = \frac{\dot{U}}{R_h}$$

- ✓ Допирането до проводник 1 води до протичане на опасен ток през тялото на човек.

2.7. Анализ на трифазните електрически мрежи по отношение на електробезопасността

Анализът на трифазните мрежи по отношение на електробезопасността има голямо теоретично и практическо значение поради много широкото приложение на тези мрежи. Източници на трифазно напрежение са трифазни понижаващи трансформатори или автономни двигател-генератори, трите фазни намотки на които обикновено са свързани в *звезда*, т.е. в обща точка, наречена *звезден център*, ***фиг.2.51***. Звездният център се нарича неутрална точка или *неутрала*, а свързаният с нея проводник *неутрален* или *нулев* проводник (N).

Трифазните мрежи може да бъдат трипроводни, четирипроводни или петпроводни, като последните са приложими само в мрежи *"ниско напрежение"* (НН).



Фиг. 2.51

По отношение на *режима на работа на звездния център*, трифазните мрежи биват: *с изолиран звезден център*, където съпротивлението на звездния център към земя R_0 се приема за безкрайно голямо, *с компенсиран звезден център*, заземен през индуктивност L_0, или *с директно заземен звезден център*, като тогава

R_0 се определя само от съпротивлението на работния заземител и е много малко.

Мрежите *ниско напрежение* (НН) са разпределителни и се използват за електроснабдяване на предприятия, производствени помещения, учреждения, в бита и т.н. Мрежите НН се изпълняват масово с директно заземен звезден център, а в специални случаи с изолиран звезден център.

Мрежите *средно напрежение* (СН) с *6, 10, 20 или 35 kV* в повечето случаи са разпределителни и се изпълняват с изолиран, с компенсиран звезден център или с неефективно заземен звезден център през неголямо активно съпротивление.

Мрежите *високо напрежение* (ВН) със стандартни линейни напрежения *110, 220, 400 и 750kV* са електропреносни и се изпълняват с директно заземен звезден център.

Допирането до фазов проводник при мрежи СН и ВН винаги предизвиква протичане на много голям ток през човека независимо от режима на звездния център, т.е. те са винаги много опасни. Анализът по отношение на електробезопасността е необходим при мрежите НН, където степента на опасност зависи от режима на звездния център. Съображенията за избор на вида на звездния център от гледна точка на безопасността са определящи, заедно с експлоатационните съображения.

2.7.1. Обобщен модел на трифазна мрежа. Определяне на големината на протичащия ток през човека

С оглед унифициране на анализа, независимо от режима на звездния център на мрежата се разглежда обобщен модел на трифазна мрежа при еднофазно допиране на човек до нея.

На ***фиг.2.52 а)*** е показана четирипроводна трифазна мрежа, където:

Y_A, Y_B, Y_C, Y_0 → проводимости на трите фази и на звездния център спрямо земята. Те са комплексни числа, съставени от реална активна част $G=1/R$ и имагинерна капацитивна компонента $B=j\omega C$ (където R и C са съответно съпротивление и капацитет на съответната фаза спрямо земята) т.е. $Y_A=G_A+jB_A$; $Y_B=G_B+jB_B$; $Y_C=G_C+jB_C$;

G_h - проводимост на човека, който се е допрял до съответната фаза. Тя има само реална активна съставяща и е равна на $G_h=1/R_h$ (R_h - съпротивление на човека);

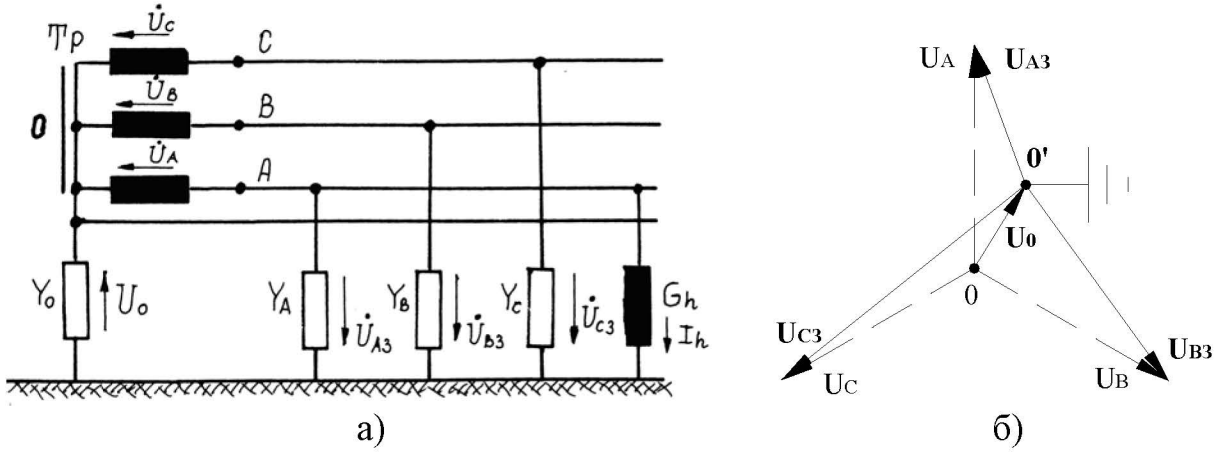
$\dot{U}_{A3}$, $\dot{U}_{B3}$, $\dot{U}_{C3}$ - напрежения на съответната фаза спрямо земята;

$\dot{U}_A$, $\dot{U}_B$, $\dot{U}_C$ - напрежения на фазите на захранващия източник;

U_0 - напрежение между звездния център и земята (неговата стойност се определя от режима на звездния център).

Звездния център е заземен през съпротивление с проводимост Y_o. При анализът на протичащия ток през човека I_h ще приемем стойността на Y_o различна от нула. Това ще ни позволи да изведем обобщен аналитичен израз, от който могат да се правят изводи за следните режими на работа:

- Директно заземен звезден център $Y_o=\infty$, S;
- Изолиран звезден център $Y_o=0$, S;
- Системи с неефективно заземен звезден център през малко активно съпротивление $Y_o=1/R_o$, S;
- Компенсирана система $Y_0 = \dfrac{1}{j\omega L} = 3j\omega C$, S.



а) б)

Фиг. 2.52

Фиг. 2.54. Обобщена принципна схема на трифазни четирипроводни мрежи при допир на човек до фаза А а); векторна диаграма на напреженията б).

Напрежението на звездния център U_o при система, работеща в нормален режим се определя така:

$$\dot{U}_0 = \frac{\dot{U}_A.Y_A + \dot{U}_B.Y_B + \dot{U}_C.Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_0} \qquad (2.83)$$

За конкретния случай на ***фиг. 2.52***, човекът се допира до фазов проводник А, което означава, че към проводимостта на тази фаза трябва да се прибави G_h т.е.

$$\dot{U}_0 = \frac{\dot{U}_A.Y_A + \dot{U}_A.G_h + \dot{U}_B.Y_B + \dot{U}_C.Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_0 + G_h} \qquad (2.84)$$

Напреженията на всяка фаза спрямо земята могат да се определят по втори закон на Кирхов от ***фиг. 2.52 а)*** или векторната диаграма ***фиг. 2.52 б)***:

$$\dot{U}_{A3} + \dot{U}_0 - \dot{U}_A = 0 \Rightarrow \dot{U}_{A3} = \dot{U}_A - \dot{U}_0 \qquad (2.85)$$

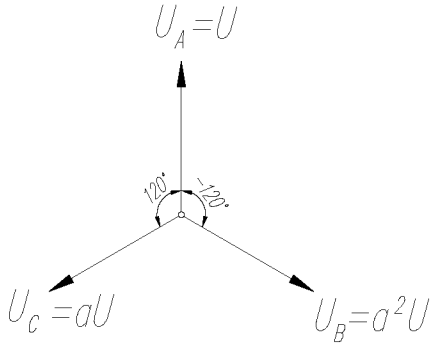
аналогично: $\dot{U}_{B3} = \dot{U}_B - \dot{U}_0$; $\dot{U}_{C3} = \dot{U}_C - \dot{U}_0$

Захранващият източник е симетричен и напреженията на отделните фази могат да се представят за удобство с оператора ***а*** - ***фиг. 2.53***, смисълът на който е следния:

$a=1.e^{j120°}$ - завърта вектора на 120°;

$a^2=1.e^{j240°}=1.e^{-j120°}$ - завърта вектора на -120°;

$1+a+a^2=0$ - свойство на оператора ***а***.



Фиг. 2.53. Представяне на фазовите напрежения при симетричен захранващ източник чрез оператора ***а***

След заместване в (2.84) за напрежението на звездния център U_o се получава:

$$\dot{U}_0 = \dot{U}.\frac{Y_A + G_h + a^2 Y_B + a.Y_C}{Y_A + G_h + Y_B + Y_C + Y_0} \qquad (2.86)$$

Токът I_h който протича през човека може да се получи като частно от напрежението на съответната фаза спрямо земя (в случая U_{A3}) и съпротивлението на човека R_h.

$$I_h = \frac{\dot{U}_{A3}}{R_h} = \dot{U}_{A3}.G_h \qquad (2.87)$$

Необходимото напрежение $\boldsymbol{U_{A3}}$ можем да получим от (2.85) като в даденото уравнение заместим $\boldsymbol{U_o}$ с получения израз (2.86), а напрежението на фаза А с $\boldsymbol{U}$.

$$\dot{U}_{A3} = \dot{U}_A - \dot{U}_0 = U - U \cdot \frac{Y_A + G_h + a^2 Y_B + a.Y_C}{Y_A + G_h + Y_B + Y_C + Y_0} \qquad (2.88)$$

Преобразуваме израза (2.88) с цел опростяване

$$U_{A3} = U \cdot \frac{Y_A + G_h + Y_B + Y_C + Y_0 - Y_A - G_h - a^2 Y_B - a.Y_C}{Y_A + G_h + Y_B + Y_C + Y_0} \qquad (2.89)$$

$$U_{A3} = U \cdot \frac{Y_B\left(1 - a^2\right) + Y_C\left(1 - a\right) + Y_0}{Y_A + G_h + Y_B + Y_C + Y_0} \qquad (2.90)$$

Проводимостите на отделните фази зависят от дължината им, диелектрична проницаемост и дебелина на изолацията. На практика техните стойности могат да се приемат еднакви:

$$Y_A = Y_B = Y_C = Y = G + jB \qquad (2.91)$$

При направеното допускане (2.90) придобива следния вид:

$$\dot{U}_{A3} = \dot{U} \cdot \frac{Y\left(1 - a^2 + 1 - a\right) + Y_0}{3Y + G_h + Y_0} \qquad (2.92)$$

От свойството на оператора а се вижда, че $\boldsymbol{(-a^2-a)=1}$, което води до допълнително опростяване на (2.92):

$$\dot{U}_{A3} = \dot{U} \cdot \frac{3Y + Y_0}{3Y + G_h + Y_0} \qquad (2.93)$$

След заместване на (2.93) в (2.87) за тока, който протича през човека получаваме:

$$\dot{I}_h = \dot{U}_{A3}.G_h = \dot{U}.G_h \cdot \frac{3Y + Y_0}{3Y + G_h + Y_0} \qquad (2.94)$$

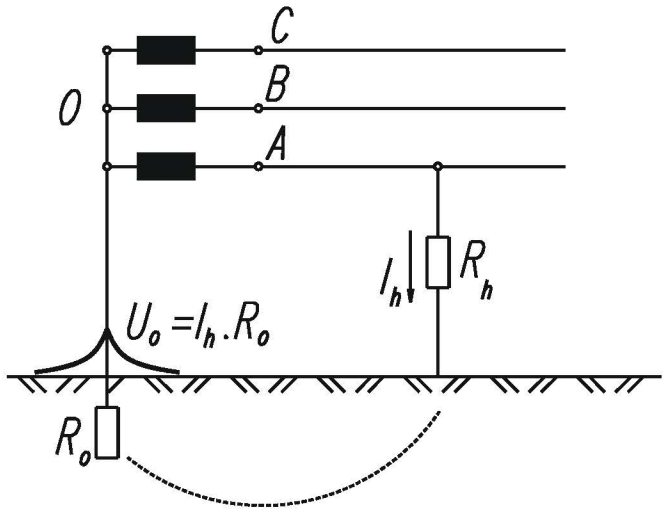
Полученият израз (2.94) за тока протичащ през човека представлява обобщен аналитичен израз за определяне на протичащия ток при допир на фазов проводник при трифазна система. При анализ на различните режими на звездния център е необходимо само подмяната на $\boldsymbol{Y_o}$ със съответстващата му стойност.

2.7.2. Анализ на мрежа с директно заземен звезден център

- ***Допир до фазов проводник в нормален режим***

Протичащият ток през човека може да се определи като се използва получения обобщен израз (2.94):

$$\dot{I}_h = \dot{U}.G_h \cdot \frac{3Y + Y_0}{3Y + G_h + Y_0} \tag{2.95}$$



Фиг. 2.54. Трипроводна мрежа с директно заземен звезден център

Съпротивлението на работното заземяване R_o (***фиг. 2.54***) е много малко, което означава че проводимостта $Y_o=1/R_o$ ще клони към безкрайност. Изнасяме от числителя и знаменателя на (2.95) Y_o. Стойността на частното, в което участва ($Y_o \approx \infty$) ще бъде нула.

$$\dot{I}_h = \dot{U}.G_h \cdot \frac{Y_0 \cdot \left(\frac{3Y}{Y_0} + 1\right)}{Y_0\left(\frac{3Y}{Y_0} + \frac{G_h}{Y_0} + 1\right)} = U.G_h = \frac{U}{R_h} \tag{2.96}$$

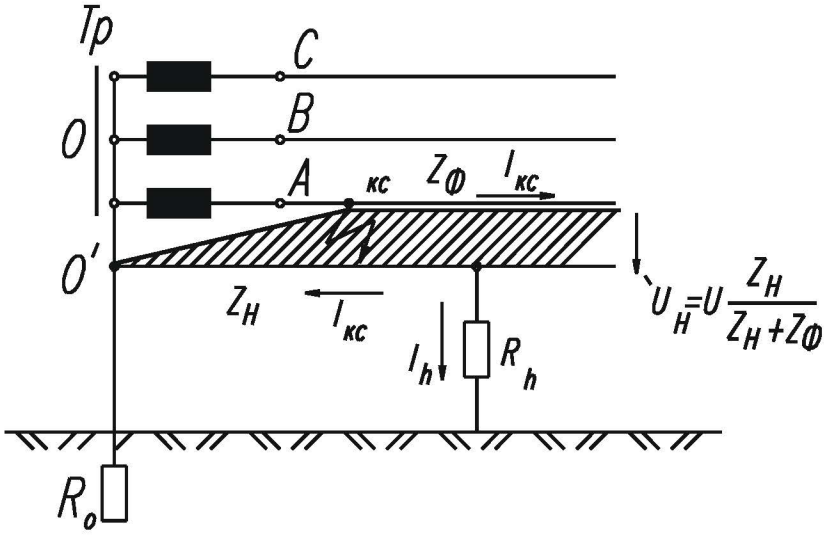
От (2.96) могат да се направят следните изводи:

- ✓ Токът през човека зависи единствено от напрежението на мрежата U и съпротивлението на човека R_h. Ако човек допрян до фазов проводник без обувки е стъпил на проводим под или е осъществил контакт с ръка до заземен предмет, токът I_h е опасен за него дори при напрежение 100V. Поради тази причина при околна среда с повишена опасност (на открито) се препоръчва използването на безопасно напрежение или използването на мрежи от друг вид;

✓ Тъй като съпротивлението на работното заземяване R_0 е много малко, то напрежението в мястото на заземяване U_0 ще бъде незначително, което означава, че отпада опасността от крачно напрежение в този участък.

- ***Допир до нулев проводник при късо съединение между фазов и нулев проводник***

На ***фиг.2.55*** е дадена схема на четирипроводна мрежа със заземен звезден център, с нулев проводник (***TN мрежа***) и с еднофазно допиране на нулевия проводник от човек, при условие, че между фаза А и нулевия проводник има късо съединение.



Фиг. 2.55. Четирипроводна мрежа с директно заземен звезден център при еднофазно късо съединение

Приетите означения на схемата са следните:

$Z_Ф$ - пълно съпротивление на фазовия проводник;

Z_H - пълно съпротивление на нулевия проводник;

U_H - напрежение на нулевия проводник спрямо земя.

Токът на късо съединение $I_{к.с.}$, който ще протича през фазовия и нулевия проводник ще има ефективна стойност:

$$I_{кс} = \frac{U}{Z_H + Z_ф} \tag{2.97}$$

Напрежението на нулевия проводник спрямо земята се изменя по следния закон:

$$U_H = I_{кс}.Z_H = \frac{U.Z_H}{Z_H + Z_ф} \tag{2.98}$$

От (2.98) може да се направи извода,че U_H се изменя линейно от стойност 0 (в звезден център) до U_H в мястото на късото съединение. След мястото на к.с. напрежението на нулевия проводник е U_H=*const*.

Най-неблагоприятният случай е допиране на човек до нулевия проводник непосредствено до мястото на късото съединение или след него, тъй като той ще бъде подложен на най-голяма стойност на U_H определена от (2.98). За този случай токът, протичащ през човек ще бъде:

$$I_h = \frac{U_h}{R_h} = \frac{U.Z_H}{R_h \cdot \left(Z_H + Z_\phi\right)} \qquad (2.99)$$

На практика съпротивлението на нулевия проводник е по-голямо от това на фазовия при сечение на фазовите проводници над *16* mm^2 и човек ще бъде подложен на напрежение по-голямо от ***U/2.***

При тези мрежи корпусите на машините и апаратите се свързват с нулевия проводник (защитно зануляване). Късо съединение между фазов и нулев проводник възниква при офазяване корпуса на машината. Този режим продължава много кратко време (време за сработване на максималнотоковата защита). Опасност за човека съществува, ако се използват подсилени или неправилно оразмерени предпазители, при което тока на к.с. не може да ги задейства.

- ***Допир до фазов проводник при земно съединение на същия проводник***

На ***фиг. 2.56*** е показана схема на четирипроводна мрежа със заземен звезден център при земно съединение на *фаза В* през съпротивление $R_З$.

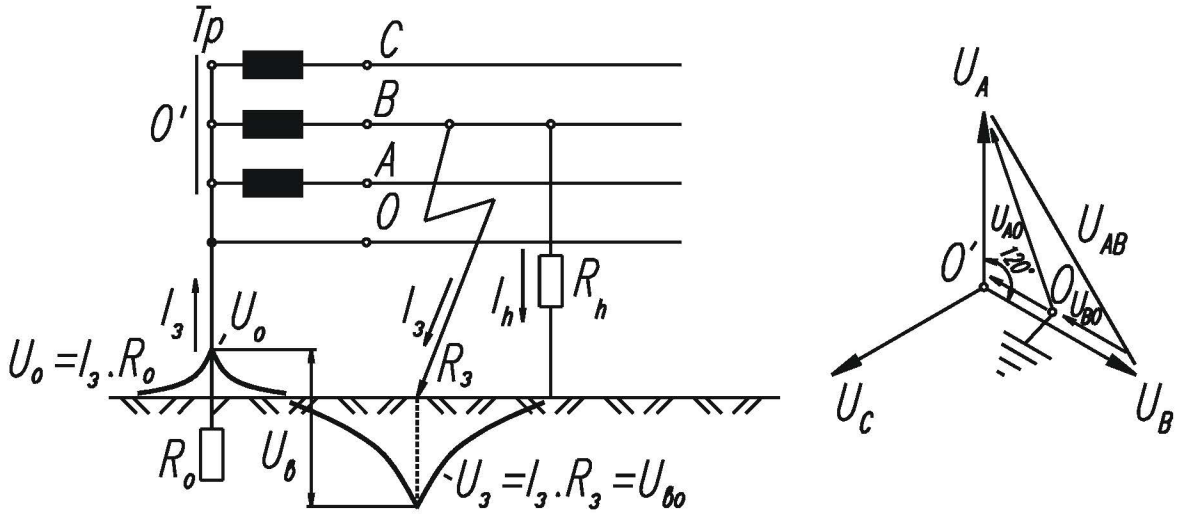
Под действие на напрежението във *фаза В* - U_B ще протече ток на земно съединение:

$$I_з = \frac{U}{R_з + R_0} \qquad (2.100)$$

Този ток ще предизвика спадове на напрежение съответно в съпротивленията $R_з$ и R_0.

$$U_з = I_з.R_з = \frac{U.R_з}{R_з + R_0} \qquad (2.101)$$

$$U_0 = I_з.R_0 = \frac{U.R_0}{R_з + R_0} \qquad (2.102)$$



Фиг. 2.56. Четирипроводна мрежа с директно заземен звезден център.
а) принципна схема; б) векторна диаграма.

Съгласно втория закон на Кирхоф за мрежата на ***фиг. 2.56 а)*** и от векторната диаграма ***фиг. 2.56 б)*** се вижда, че напреженията $U_З$ и U_0 ще уравновесяват U_B т.е.

$$U_B = U_З + U_0$$

На практика съпротивлението $R_з$ е по-голямо от R_0, което означава, че според (2.101) и (2.102) U_0 ще бъде по-малко в сравнение с $U_З$ т.е. точка O лежи по-близко до точка O' (***фиг. 2.68 б)***). Човекът допрял се до фаза А ще получи напрежение

$$\dot{U}_h = \dot{U}_{A0} = U_0 - U_A$$

$$U_h = \sqrt{U_0^2 + U_A^2 - 2U_0.U_A.\cos 120°} = \sqrt{U_0^2 + U_A^2 + U_0.U_A} \qquad (2.103)$$

Състоянието на земно съединение в мрежи до *1000* V може да продължи известно време незабелязано ако $R_з$ е голямо (токът не е голям и защитата не сработва). За да се получи голям ток и да задейства защитата е необходимо всички проводими части на съоръженията и на сградата да бъдат занулени.

Напрежението на допиране на човека U_h е равно на U_{AO} в случаите когато човека е стъпил далече от мястото, където имаме земно съединение. Могат да се посочат и следните допълнителни ситуации имащи отношение към безопасността:

- ✓ ако човека е стъпил близо до мястото на земното съединение, то той е подложен на линейното напрежение на захранващия източник (за дадения случай краката на човека имат потенциала на фаза В, а ръката на фаза А);

- ✓ ако човека е стъпил върху съпротивлението ***Rз*** (близко до земното съединение) и се е допрял до нулевия проводник. При този случай той ще бъде подложен на напрежение U_B (в ръцете си ще има потенциала на звездния център, а в краката на фаза В);
- ✓ ако човека е стъпил далече от мястото на земното съединение и се допира до нулевия проводник, той ще бъде подложен на напрежение ***Uo***, което не е голямо и не е опасно.

2.7.3. Анализ на трипроводна трифазна мрежа, изолирана от земя

Приложение: разпределителните индустриални електрически мрежи с U_H=6,10,20 kV.

- ***Допир до фазов проводник в нормален режим***

При анализа на тази мрежа ще се използва получения обобщен израз на тока през човека при допир до фазов проводник при трифазна система независимо от режима на работа на звездния център.

$$\dot{I}_h = \dot{U}.G_h \frac{3Y + Y_0}{3Y + G_h + Y_0} \qquad (2.104)$$

където:

Y=G+jB - комплексни проводимости на фазите, спрямо замята (приемат се равни за трите фази);

$G = \frac{1}{R}$ е активна проводимост; ***B=jωC*** - капацитивна проводимост;

Y_0 - проводимост на звездния център, спрямо замята;

$G_h = \frac{1}{R_h}$ - проводимост на човека;

$\dot{U}$ - комплексна ефективна стойност на фазовото напрежение на трифазния захранващ източник на системата;

$\dot{I}_h$ - комплексна ефективна стойност на тока, който ще протече през човека при допир да фазов проводник.

При трифазните мрежи, изолирани от земята съпротивлението на звездния център спрямо земята $R_0=\infty$, от което следва, че $Y_0=1/R_0=0$. Замествайки в (2.104) за тока, протичащ през човека се получава:

$$\dot{I}_h = \dot{U}.G_h \frac{3Y}{3Y + G_h} \qquad (2.105)$$

При заместване на комплексните проводимости със съответните комплексни съпротивления $Y=\frac{1}{Z}$, $G_h=\frac{1}{R_h}$ за тока $\boldsymbol{I_h}$ получаваме:

$$\dot{I}_h=\frac{\dot{U}}{R_h}\cdot\frac{\frac{3}{Z}}{\frac{3}{Z}+\frac{1}{R_h}}=\frac{\dot{U}.3Z.R_h}{R_h.Z\cdot\left(3R_h+Z\right)}\Rightarrow\quad\boxed{\dot{I}_h=\frac{3\dot{U}}{3R_h+Z}=\frac{\dot{U}}{R_h+\frac{Z}{3}}}\quad(2.106)$$

В израза (2.106) заместваме комплексното съпротивление на фазите към земя с неговата активна и капацитивна съставяща $Z=R-j\frac{1}{\omega C}$

$$\dot{I}_h=\frac{3\dot{U}}{3R_h+\left(R-j\frac{1}{\omega C}\right)}\quad(2.107)$$

От израза (2.107) може да се запише израза за ефективната стойност на тока, протичащ през човека

$$I_h=\frac{3U}{\sqrt{\left(3R_h+R\right)^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}\quad(2.108)$$

Мрежите с напрежение до 1000V имат малка дължина и капацитета им е много малък. Това дава основание да се пренебрегне реактивната част на комплексното съпротивление на фазите $\boldsymbol{Z}$ т.е. $\boldsymbol{1/\omega C=0}$. Замествайки в (2.108) се получава:

$$\dot{I}_h=\frac{3\dot{U}}{3R_h+R}=\frac{\dot{U}}{R_h+\frac{R}{3}}\quad(2.109)$$

Полученият израз показва значението на изолацията като фактор в безопасността т.е. колкото е по-голямо съпротивлението на изолацията $\boldsymbol{R}$, толкова по-малък е тока, протичащ през човека.

В мрежите с напрежение над 1000V активното съпротивление $\boldsymbol{R}$ на изолацията е твърде голямо, което дава основание да се пренебрегне активната проводимост на фазите спрямо земя тъй като $\boldsymbol{1/R\approx 0}$ **S**. Комплексното съпротивление на фазите към земя ще има само

капацитивна съставяща $Z = -j\frac{1}{\omega C}$. След като се замести това съпротивление в (2.106) получаваме:

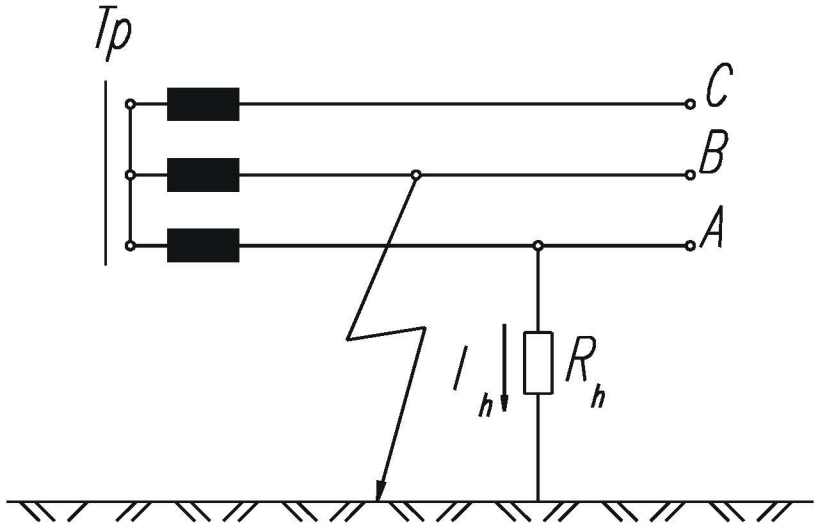
$$\dot{I}_h = \frac{3\dot{U}}{3R_h - j\frac{1}{\omega C}} \qquad (2.110)$$

От израза (2.110) може да се определи ефективната стойност на тока през човека.

$$I_h = \frac{3U_ф}{\sqrt{9R_h^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{U_ф}{\sqrt{R_h^2 + \left(\frac{1}{3\omega C}\right)^2}} \qquad (2.111)$$

- ***Допир до здрав фазов проводник при земно съединение на друг фазов проводник***

При мрежи с изолиран звезден център особено опасно е допирането до здрава фаза при земно съединение на друга фаза - ***фиг. 2.69***.



Фиг. 2.69. Трипроводна мрежа при земно съединение на една от фазите и допир на човек до другата.

В този случай, токът протичащ през човека е много голям и се определя от линейното напрежение на мрежата:

$$I_h \approx \frac{U_Л}{R_h} = \frac{\sqrt{3}.U_ф}{R_h} \qquad (2.112)$$

Такива мрежи задължително се снабдяват с автоматичен контрол на изолацията спрямо земя, осигуряващ сигнализиране на земно съединение или изключване на мрежата.

Сравнителният анализ на основните два вида режими на звездния център на трифазните мрежи показва, че при много доброподдържане и високо съпротивление на изолацията, мрежите с изолиран звезден център за ниско напрежение са с пренебрежимомалка опасност при еднофазно допиране, но опасността от такова допиране рязко нараства при влошаване на изолацията и земно съединение в мрежата.

При трифазните мрежи със заземен звезден център *400/230* V, които се използват масово в България, опасността за човека при допиране е винаги висока и съществено не се променя при влошаване на изолацията и земно съединение, недовели до заработване на защитите и изключване на напрежението.

2.8. Класификация на електрическите мрежи за ниско напрежение

Трифазните мрежи за напрежения до 1000 V са най-широко разпространените индустриални електрически мрежи. Според БДС EN 384, IEC 60364 и Наредба № 1 от 2010 г. за проектиране, изграждане и поддържане на електрически уредби НН в сгради, трифазните мрежи за ниско напрежение се разделят на три основни вида: **TT**-мрежи; **TN**-мрежи и **IT**-мрежи. Разделянето се определя от режима на неутралата на страна НН (заземена или незаземена) и от начините на заземяване на корпусите (достъпните токопроводими части) на консуматорите. Наименованието на системата на мрежата се определя от означение с две букви.

Първата буква в означенията на различните видове мрежи е свързана с начина на заземяване на неутралата на токоизточника:

- **I** (от френски *Isole* – изолиран) - всички тоководещи части са изолирани от земята или една точка е свързана със земята през импеданс (тази точка обикновено е неутралата);
- **T** (от фр. *Terre* – земя, заземен) - директно заземяване на една точка (обикновено - неутралата).

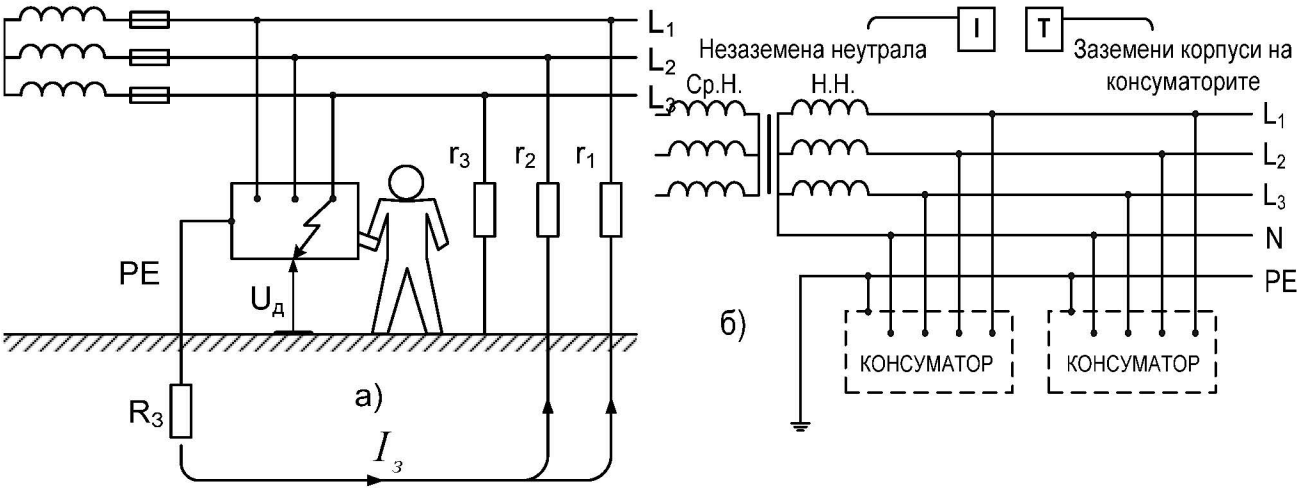
Втората буква в означенията е свързана със заземяването на корпусите на консуматорите (машините и съоръженията):

- **T** (от фр. *Terre* – земя, заземен) - корпусът е директно заземен , независимо от заземяването на една точка от токоизточника;
- **N** (от фр. *Neutre* – неотрала, неутрален) - корпусът е директно свързан с работното заземление (при променливотоковите мрежи със звездния център (неутралата) на източника).

Комбинирането от двете букви определя системата на мрежата, а тя е може да бъде **TT**, **TN** или **IT**.

На фигурите са показани съответно следните мрежи:
фиг. 2.70 – мрежа **IT**;
фиг. 2.71 – мрежа **TT**;
фиг. 2.72 – мрежа **TN**;

2.8.1. Мрежи *IT* (с изолирана неутрала и защитно заземяване корпусите на съоръженията)



Фиг.2.70. Електрически мрежи **IT**, където: а) Допирно напрежение $U_Д$ при пробив на изолацията на консуматора (r_1, r_2, r_3 са изолационни съпротивления на всяка една от фазите спрямо земя; $R_З$ - съпротивление на заземителя; $I_З$ - ток на земно съединение); б) мрежа **IT** с нулев проводник **N.**

Директен допир на човек до фазов проводник при здрава изолация на трите фази обуславя протичането през него на ток, резултат от капацитивната проводимост на изолацията. При **IT** мрежи с малка дължина този ток има безопасни стойности.

Поведение при настъпването на първа повреда фаза-земя:

Понеже неутралата не е заземена, при първа изолационна повреда протича много малък ток на земно съединение $I_З$. Допирното напрежение не е опасно, поради което инсталацията запазва своята функционална възможност. Понеже устройството за контрол на изолацията е открило тази първа повреда, тя трябва да бъде локализирана и отстранена преди да настъпи втора повреда. Ако човек осъществи директен контакт с фазов проводник при тази постановка ще бъде подложен на опасно напрежение.

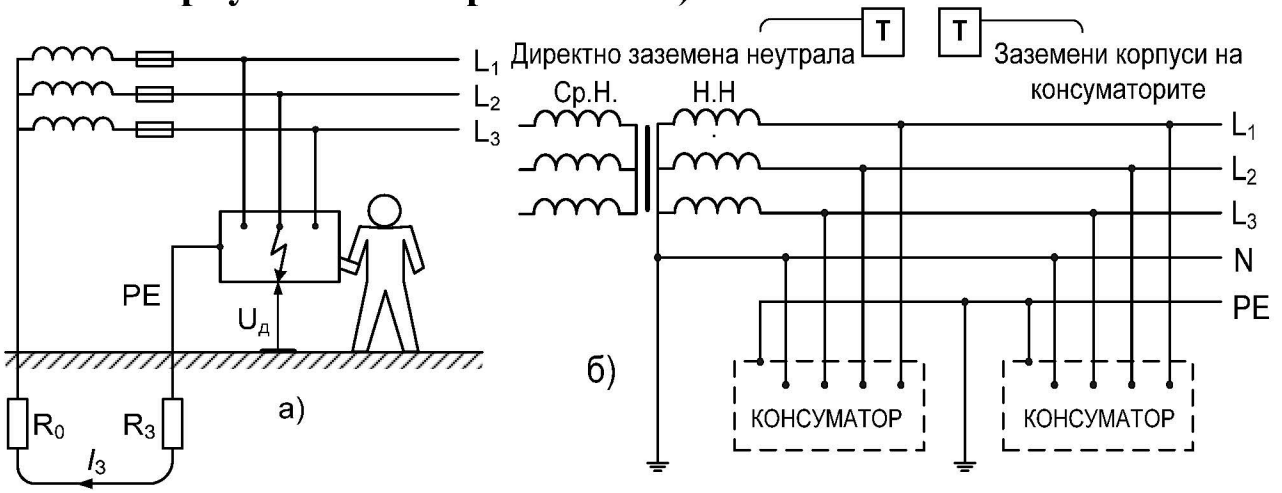
Поведение при настъпването на втора повреда:

Ако повредата е настъпила в същия фазов проводник нормалната работа на мрежата може да продължи. Ако второто земно съединение е на някоя от другите фази протича авариен ток на късо съединение и изключване на мрежата от максималнотоковата защита.

Извод: Системата IT има предимство от гледна точка на непрекъснатостта на електрозахранване на потребителите !

Работата на **IT** мрежата при съществуваща повреда към земя обаче е нежелателно и недопустимо. По тази причина, системата с изолирана неутрала има предимства само ако повредите на изолацията се откриват веднага след появата им с помощта на устройства за контрол на изолацията и се вземат мерки за тяхното своевременно отстраняване.

2.8.2. Мрежи *TT* (с заземена неутрала и защитно заземяване корпусите на съоръженията)

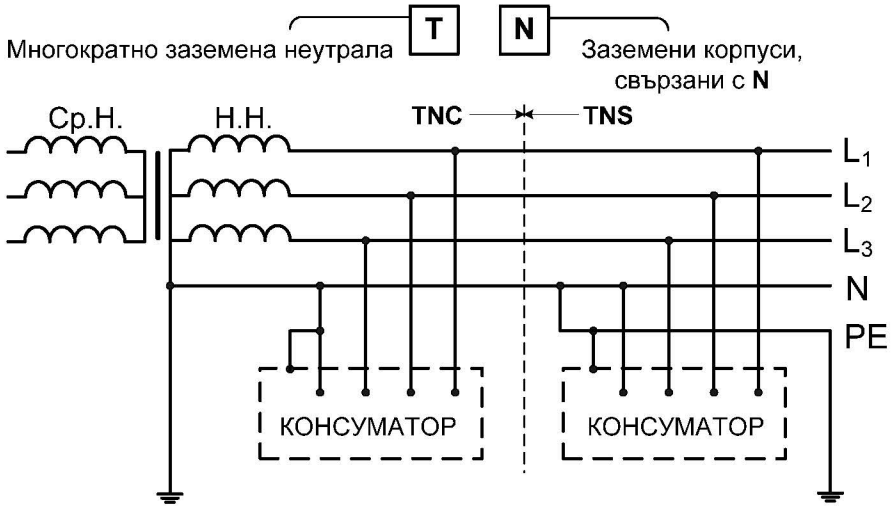


Фиг.2.71. Електрически мрежи **TT**, където: а) Допирно напрежение $U_Д$ при пробив на изолацията на консуматора (R_0 - съпротивление на заземяване на звездния център на трансформатора; $R_З$ - съпротивление на заземяване на консуматора; $I_З$ - ток на земно съединение); б) мрежа **TT** с нулев проводник **N**

При възникването на изолационна повреда между фазов проводник и заземени части, токът на повредата $I_З$ се ограничава в значителна степен от съпротивленията на заземителите. Протичайки през тях, тока $I_З$ създава пад на напрежение, което води до възникване на потенциална разлика (допирни напрежения) $U_Д$ между заземени корпуси на съоръжения и земята. Понеже съпротивлението на заземяване от порядъка на 10 Ω, това напрежение има стойност около $U_ф/2$ и представлява опасност при индиректен допир.

Същевременно стойността на тока I_3 не е достатъчно голяма, за да предизвика сигурно задействане на максималнотоковата защита. Ето защо използването на прекъсвачи за токове с нулева последователност (дефектнотокови защити) при този тип мрежи е задължително. Защитата срещу индиректен допир се гарантира от дефектнотоковите защити. **TT** е системата с най-високо ниво на електробезопасност. Неин недостатък е трудното съгласуване на защитните средства и недостатъчната сигурност относно непрекъснатостта на електрозахранването.

2.8.3. Мрежи *TN* (с заземена неутрала и защитно зануляване корпусите на съоръженията)



Фиг.2.72. Електрически мрежи **TN**

Другите букви, които се добавят в означенията само **TN** мрежи са свързани с начина на използване на неутралния (нулевия) проводник **N** и защитния проводник **PE**:

- **C** (от фр. *Combine* – комбиниране,обединяване) - неутралният и защитният проводници са комбинирани в един проводник (**PEN** - проводник);

- **S** (от фр. *Separe* – разделен, отделен)- неутралният и защитният проводници са разделени;

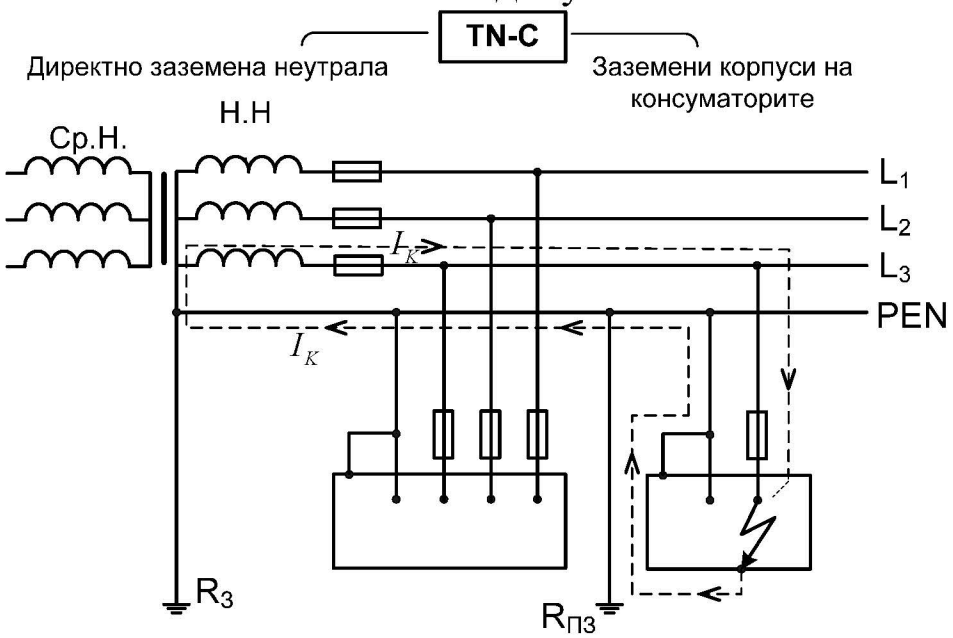
Така за **TN** мрежите са възприети още означенията за следните подсистеми;

- **TN-C** мрежи - неутралните и защитните проводници са обединени в един общ **PEN** - проводник за цялата мрежа(фиг. 2.73)

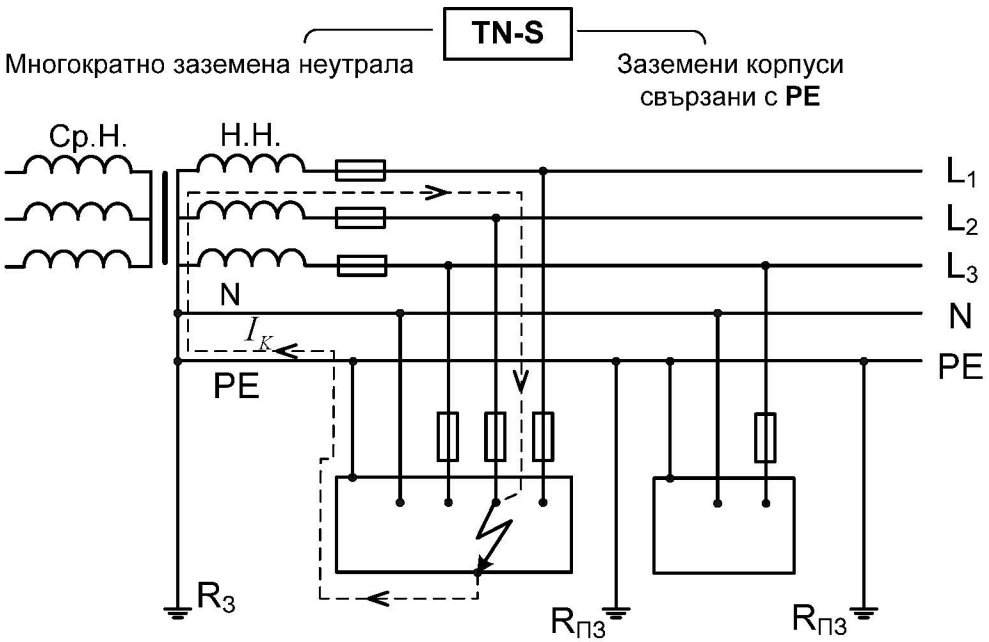
- **TN-S** мрежи - с разделени неутрални и защитни проводници (фиг. 2.74);

- **TN-C-S** мрежи са комбинация от **TN-C** и **TN-S**, като в част от мрежата неутралните и защитните проводници са обединени в общ

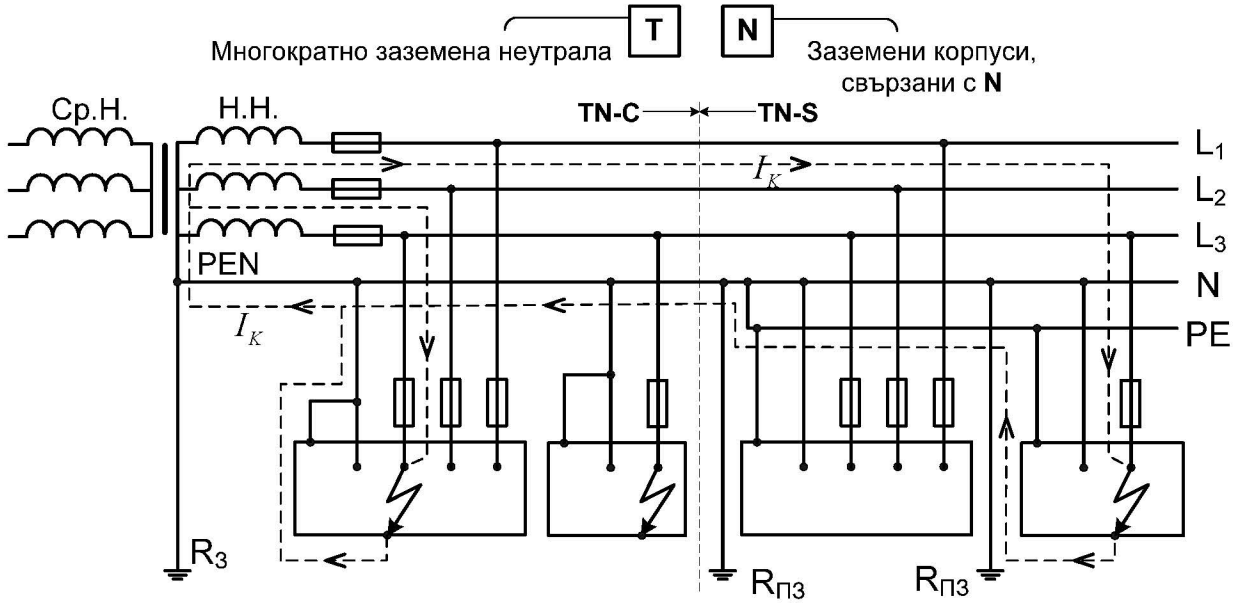
PEN -проводник; подсистемата **TN-C** е от страна на захранващия източник(трафопоста), а **TN-S** е от страна на крайните потребители; обратното съчетание на подсистемите е забранено (фиг. 2.75), т.е. обединяването на защитния **PE** и работния нулев **N** проводник след преминаване към **TN-S** система е недопустимо**.**



Фиг. 2.73. Електрически мрежи **TN-C**



Фиг. 2.74. Електрически мрежи **TN-S**



Фиг. 2.75. Електрически мрежи **TN-C-S**

При възникване на изолационна повреда фаза-корпус, токът на повредата $I_З$ се ограничава единствено от съпротивлението на проводниците. $I_З$ достига до големи стойности поради възникналото еднофазно **к.с.**

При мрежи 230/400 V, протичането на този ток създава опасни допирни напрежения по-големи от граничното безопасно напрежение, дори при суха околна среда ($U_{доп}$ = 50 V). При защита с автоматични прекъсвачи или със предпазители със стопяема вложка, за да се осигури защитата от индиректен допир още на стадии проектиране трябва да се гарантира, че при протичане на тока на късо съединение защитното устройство ще прекъсне веригата за време по-малко от безопасно допустимото: 0,4 s ($U_{НФ}$ = 230 V); 0,2 s ($U_{НФ}$ = 400 V) и 0,1 s ($U_{НФ}$ > 400 V).

Прекъсването на обединения защитен и нулев (**PEN**) проводник крие сериозни рискове, свързани с безопасността на хората. Поради това БДС HD 60364.5.52:2009 забранява използването на системата **TN-C** за електрически инсталации, които се изпълняват с медни проводници със сечение по-малко или равно на 10 mm^2.

ГЛАВА 3. ЗАЩИТА СРЕЩУ ДИРЕКТЕН ДОПИР НА ТОКОВОДЕЩИ ЧАСТИ

Директният допир до части, които нормално се намират под напрежение, или приближаване до части, които са под напрежение над 1 kV, е една от основните причини за електрозлополуки и неговото предотвратяване има особено голямо значение за повишаване нивото на електробезопасност в практиката. При такова допиране степента на поражение се определя директно от напрежението на тоководещата част и от съпротивлението на човека.

На защита срещу директен допир подлежат всички тоководещи части с напрежения над *25* V (постоянно или променливо). Изключения се допускат само при особени условия (заваръчни и галвано-технически уредби, изпитателни стендове и др.) и в такива случаи за осигуряване на безопасността се използват задължително лични предпазни средства.

За защита срещу директен допир поотделно или съвместно се прилагат следните мерки:

- *електрическа изолация на тоководещите части;*
- *обвивки и прегради;*
- *ограждения;*
- *разполагане извън зоната на досегаемост;*
- *безопасно свръхниско напрежение до 25 V (променливо или постоянно).*

3.1. Електрическа изолация на електрически машини, апарати и други електротехнически изделия

В мрежите с изолиран звезден център, токът на земно съединение и токът през човека зависят пряко от съпротивлението на изолацията. При мрежите със заземен звезден център, повредите в изолацията са определящ фактор за поява на корпусни съединения, които представляват опасност за здравето и живота на хората, а според статистиката са и най-честата причина за електропоражения.

Повредите в изолацията са основна причина за електрозлополуки и електротравми.

Тоководещите части на всички електрически машини, апарати устройства и съоръжения се изолират електрически от земя и от близките проводими обекти посредством електрическа изолация.

3.1.1. Същност, предназначение и класификации на електрическата изолация

Изолацията на тоководещите части е конструктивен елемент, изработен от електроизолационни материали, т.е. материали с много голямо специфично електрическо съпротивление и има за задача, от една страна да изключи възможността за допир на човек до части под напрежение, а от друга, да осигури нормална и надеждна работа на електросъоръженията. От гледна точка на безопасността електрическата изолация може да се дефинира като мярка, с която се предотвратява протичането на електрически ток през човека, по-голям от допустимия ток. Под допустим ток в случая се приема ток по-малък от тока на усещане от човешкия организъм.

Изолацията трябва да издържа на всички въздействия, на които може да бъде подложена в процеса на експлоатация. Съществува огромно разнообразие от изолационни материали и конструкции изолации, които се класифицират по различни признаци, например: според агрегатното им състояние, според химическия им състав, според топлоустойчивостта им, според изолационните им качества, според напрежението за което са предназначени и т.н. Въпросите, свързани с класификациите, свойствата и особеностите в приложението на различните видове изолации и изолационни материали са предмет на специализиран курс по електротехнически материали.

3.1.2. Видове електрическа изолация по условия за безопасност

а) Основна (работна) изолация

Основната изолация на тоководещите части е предназначена да осигури нормалната експлоатация на електрически машини, съоръжения, инсталации и уредби. Тя се изисква да закрива тоководещите части и да издържа на работното напрежение, предвиденото изпитвателно напрежение, комутационните и други пренапрежения, и на всички други въздействия, на които може да бъде подложена в процеса на експлоатацията. Основната изолация може да се разглежда като самостоятелна мярка за осигуряване на електробезопасност само при максимални фазни работни напрежения до 250 V, но независимо от това се изисква изолираните проводници на електрически инсталации в сгради да не се полагат открито по стени, тавани и др. При по-високи напрежения са необходими и други мерки освен основната изолация, най-малко ограждане на изолираните тоководещи части или полагането им в тръби, канали и др.

Когато основната изолация се осигурява чрез въздушна междина, защитата срещу директен допир или опасно приближаване (за уредбите с напрежение над 1000 V) се осъществява посредством обвивки, прегради, ограждения или разполагане извън зоната на досегаемост.

б) Защитна (допълнителна) изолация

Защитната изолация се разглежда като равностойна на основната изолация, която е предназначена да осигури безопасност при пробив в основната изолация. Защитната изолация също като основната изолация трябва да издържа на максималното работно напрежение, предвиденото изпитвателно напрежение, комутационните и други пренапрежения, и на всички други въздействия, на които може да бъде подложена в процеса на експлоатацията. Изолационни покрития от емайли, оксидации, лакове, текстилни оплетки и други такива не се приемат за защитно изолиране.

в) Двойна изолация

Двойната изолация представлява комбинация от два слоя изолация – основна и защитна, които са физически разделени, без да се допират един до друг. Пренебрежимо малката вероятност да се получи едновременно електрически пробив в двата слоя изолация, когато те не се допират, обуславя много висока степен на безопасност при приложение на двойната изолация.

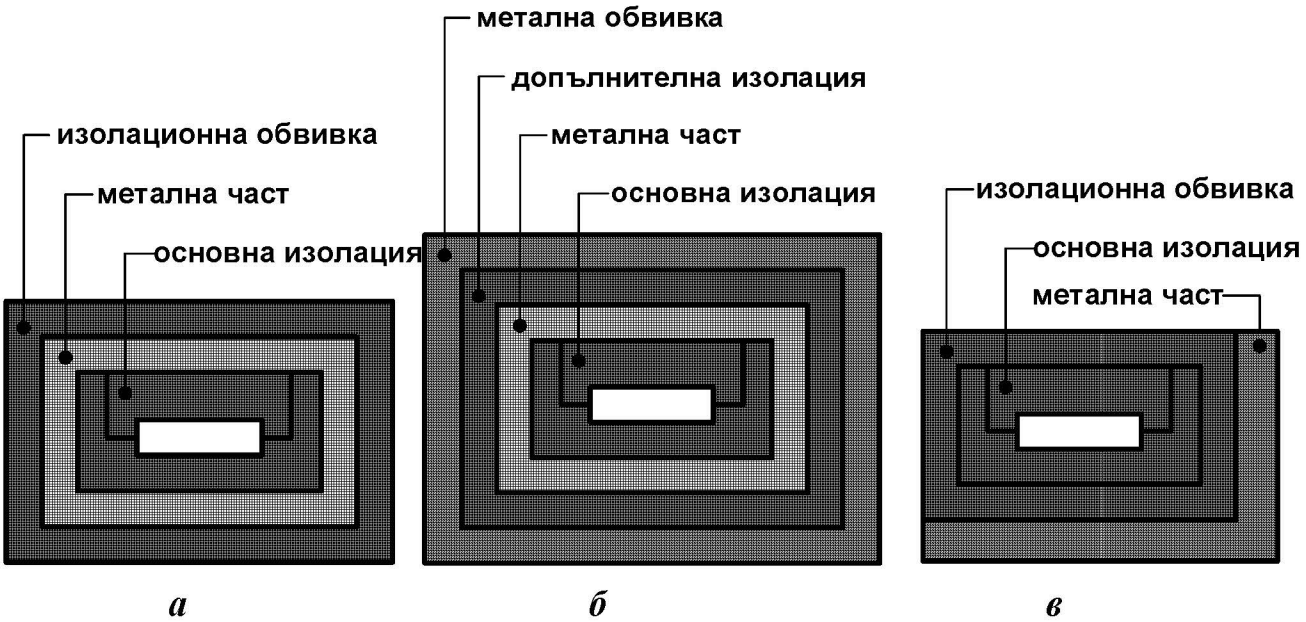
Поради това двойната изолация се смята за едно от най-добрите самостоятелни защитни мероприятия за осигуряване на електробезопасност при напрежения до 400 V и се прилага масово за преносими или мобилни електротехнически изделия, ръчни електроинструменти, офис техника, битова техника и др.

Възможни са различни технически изпълнения на двойната изолация, с или без междинен метален слой за подобряване на механичната устойчивост. Типични конструкции на двойна изолация са показани на ***фиг.3.1***.

Вторият изолационен слой трябва да има механична и електрическа якост, топлинна и механична устойчивост не по малки от тези на основната изолация, в съответствие с предназначението на съответното електрическо устройство. При повреда на части от изолацията, се подменят целите изолационни възли.

Електрическите устройства с двойна изолация представляват изделия от II-ри клас на защита и се означават с маркировка ⧈ на

табелката или на подходящо видно място на корпуса на електротехническото изделие. Електрическите устройства с двойна изолация не се свързват със защитен проводник.



Фиг. 3.1. Конструкции на изделия от клас II с двойна изполация
а) с изолационна обвивка; б) с метална обвивка и междинно изолиране;
в) метална и изолационна обвивка.

г) Усилена изолация

Под усилена се разбира изолация, имаща качества и отговаряща на изискванията най-малко като тези на двойната изолация. Усилената изолация може да се изпълни конструктивно от един или няколко изолационни елементи или слоя.

Електрическите устройства с усилена изолация не се свързват със защитен проводник.

д) Изолиране на работното място

Изолирането на работно място представлява защита срещу директен допир чрез покриване на работното място и всички други повърхности на помещенията и съоръженията, които могат да бъдат докоснати от човек, намиращ се на работното място, с изолационен материал, отговарящ на изискванията за защитна изолация, дефинирани по-горе. При изолирането на работно място се изпълняват условията:

- невъзможност за осъществяване на едновременно допиране до тоководещи части с различен потенциал;
- невъзможност за осъществяване на допир до токопроводими части (метални тръби, мрежи и др.), които имат връзка с части на

електрическата уредба и при повреда на изолацията могат да попаднат под опасно напрежение;

- изолацията на работното място е конструирана и изпълнена така, че защитното й действие не се намалява от очакваните при работа климатични, механични, електрически, топлинни натоварвания и от замърсявания.

3.1.3. Контрол на електрическата изолация

Електрическата изолация променя състоянието и качествата си (старее) в процеса на експлоатация по различни причини:

- *вътрешни* – нагряване от работните и пусковите токове, токовете на късо съединение, действие на електродинамични сили, комутационни пренапрежения и др.
- *външни* – нагряване от външни източници на топлина, замърсяване и увлажняване от работната или околната среда, външни механични въздействия, атмосферни пренапрежения и др.

За да се установят и оценят своевременно настъпилите промени в електрическата изолация и да предотврати използването на електрически уредби с влошена/повредена изолация, при които възниква опасност за поражение от електрически ток, е необходимо систематично да се провежда контрол на електрическата изолация на всички електрически уредби.

В общия случай обслужването и контролът на електрическите уредби обхващат следните основни дейности:

- периодичен преглед на електрическите уредби;
- постоянен или периодичен контрол на изолацията с контролни уреди;
- профилактични изпитвания;
- профилактични ремонти.

Обемът, сроковете и нормите за тези дейности са предмет на различните нормативни документи. Изискванията, които се съдържат в тях отразяват опита от експлоатацията. Изискванията за безопасност се свързват и с изискванията за сигурност на електроснабдяването.

Контролът на електрическата изолация може да бъде постоянен и периодичен.

3.1.3.А. Постоянен контрол на изолацията

Постоянният контрол на изолацията е наложителен при IT мрежи изолирани от земя или при мрежи със защитно разделяне. Уредите за постоянен контрол трябва да отговарят на следните изисквания:

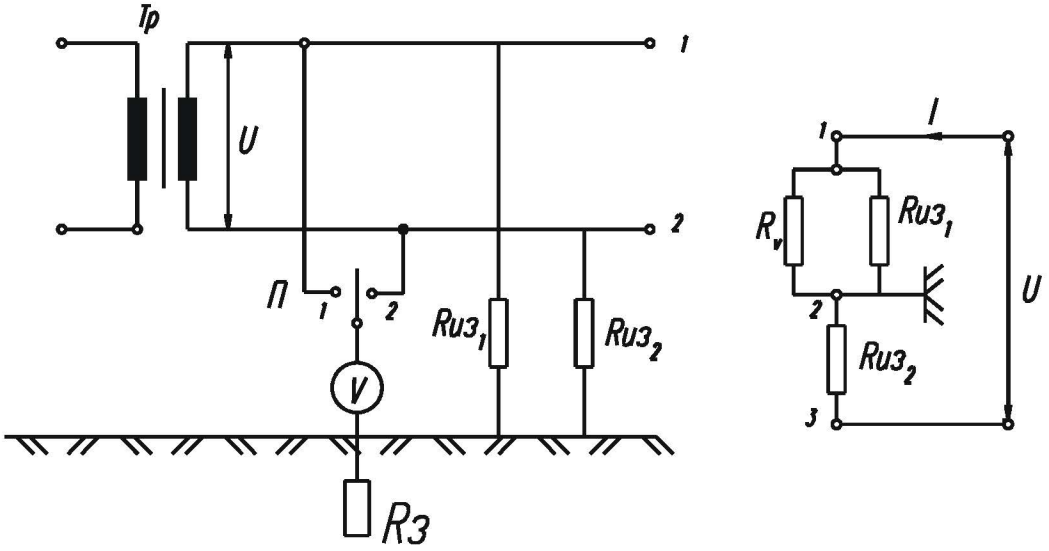
а) Да измерват само активното съпротивление на изолацията независимо от големината на капацитета;

б) Изменението на напрежението в мрежата да не се отразява на точността на измерване;

в) Да бъдат достатъчно надеждни в работата, като при нарушение в изолацията подават сигнал или изключват повредения участък или съоръжение.

За контрол на изолациите се използват следните принципни схеми:

➢ ***При двупроводна мрежа***



Фиг. 3.2. Контрол на изолациите в двупроводна мрежа изолирана от земя:
а) Принципна схема; б) Заместваща схема

Необходимо е: ***Rv >> Rиз.***

Токът протичащ през верига *1-3* от заместващата схема ще бъде равен на:

$$I = \frac{U}{R_{13}} = \frac{U}{\frac{R_V . R_{из1}}{R_V + R_{из1}} + r_{из2}} = \frac{U(R_V + R_{из1})}{R_V . R_{из1} + R_V . R_{из2} + R_V . R_{из1}} \qquad (3.1)$$

Напрежението на волтметъра при превключвател ***П*** в положение 1 ще е:

$$U_V = I . R_{12} = \frac{U}{1 + \frac{R_{из2}}{R_{из1}} + \frac{R_{из2}}{R_V}} \qquad (3.2)$$

Обикновено при изправна мрежа:

$$R_{из1} = R_{из2} = R_{из} \text{ и отношението } \frac{R_{из}}{R_V} \approx 0 \qquad (3.3)$$

За напрежението, което волтметъра измерва при превключвател в положение 1 се получава $U_V = \frac{U}{2}$.

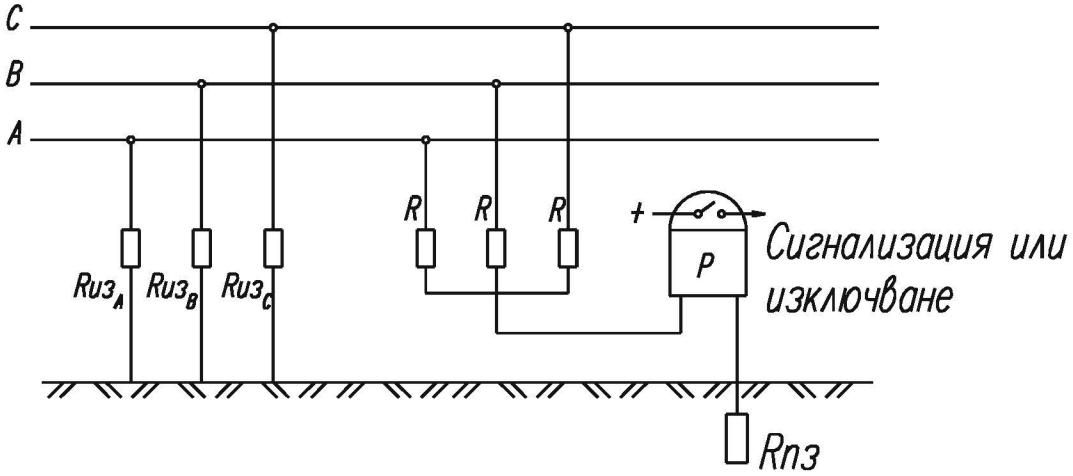
Аналогичен резултат се получава и при превключвател в положение 2, т.е. при изправна изолация показанията на волтметъра ще бъдат еднакви, равни на $\frac{U}{2}$.

При нарушена изолация волтметърът свързан към проводника с нарушена изолация ще има показание по-малко то $\frac{U}{2}$, а този свързан към проводника с изправна изолация ще има показание по-голямо от $\frac{U}{2}$.

➢ ***При трифазни мрежи с изолиран звезден център.***

Използуват се филтри за съставката с нулева последователност (***фиг. 3.3***)

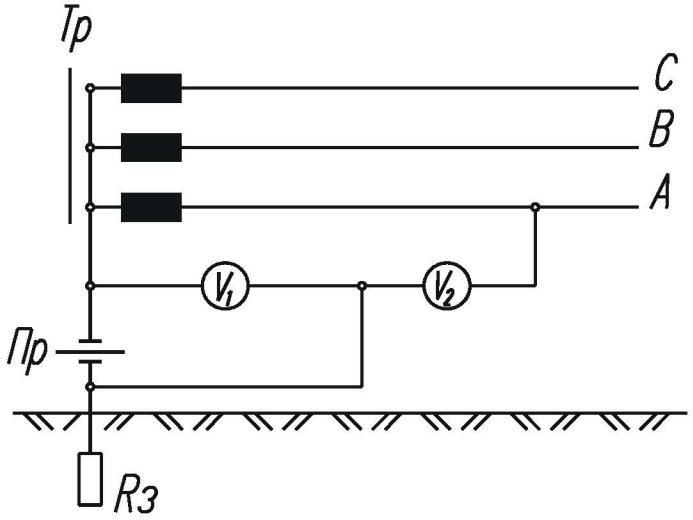
При изправна изолация няма сигнал към релето ***Р***, при нарушена изолация (земно съединение) се получава съставяща с нулева последователност, релето ***Р*** сработва и подава оперативно напрежение към сигналната система или за изключване.



Фиг. 3.3. Контрол на изолацията на трифазна мрежа с изолиран звезден център

➢ ***При трифазни мрежи с пробивен предпазител, изолирани от земя.***

Схемата на трифазна мрежа с пробивен предпазител изолирана от земя е дадена на ***фиг. 3.4.*** Възможни са три режима:



Фиг. 3.4. Контрол на изолацията при трифазна мрежа с пробивен предпазител, изолирана от земя.

а) Изправна изолация на трите фази

$$U_{V_1} = U_{V_2} = \frac{U_Ф}{2};$$

б) Земно съединение на ***фаза А***

$$U_{V_1} = U_Ф, \qquad U_{V_2} = 0;$$

в) Земно съединение на ***фази В и С***

$$U_{V_1} = U_Ф, \quad U_{V_2} = U_Л = \sqrt{3}.U_Ф.$$

Дадените схеми са принципни и показват възможности за контрол на изолацията при различни мрежи изолирани от земя.

3.1.3.Б. Периодичен контрол на изолацията

Периодичен контрол на изолацията се извършва на електрически машини, апарати, електроинструменти, силови електрически и осветителни инсталации, участъци от мрежи със заземен звезден център и други. Контролът се състои от две мероприятия:

- ✓ *измерване на изолационното съпротивление;*
- ✓ *проверка на електрическата якост чрез изпитване с повишено напрежение.*

Обикновено, двете изпитвания се провеждат със специализирани измервателни уреди – мегаомметри, които измерват изолационното

съпротивление и едновременно с това подлагат изолацията на повишено *изпитвателно напрежение* $U_{изп.}$ Стойността на изпитвателното напрежение се определя от номиналното работно напрежение U_H, на което е подложена изолацията при нормален работен режим и се регламентира нормативно.

Проверява се изолацията на всички тоководещи части спрямо земя и между всеки две фази. Измерванията се провеждат най-малко веднъж годишно, а в среди с наличие на фактори, агресивни към изолацията и по-често. Преди започване на измерванията, проверяваните устройства се изключват от захранващата мрежа и се обезопасяват от случайно включване, а подвижните и въртящи се части се застопоряват.

При измерване на активното съпротивление на изолацията с мегаомметър може да се установят както понижение на съпротивлението на изолацията от стареене или навлажняване, така и локални дефекти. Към тях се отнасят механични повреди, прекъсвания и др. Измерването на съпротивлението на изолацията с мегаомметър се прави със съответното изпитвателно напрежение според ***табл.3.1.***

Таблица 3.1

Минимални стойности на съпротивлението на изолацията и препоръчителни изпитвателни напрежения на апарати, вторични вериги и инсталации за напрежение до 1000 V				
№	***Вид на обекта***	***Uизп.,* V**	***$R_{доп}$,* MΩ**	***Забележка***
1	Бобини на контактори, магнитни пускатели и автомати	500 (1000)	0,5	-
2	Вторични вериги за управление: а)шини за постоянно напрежение и на командни табла (при отделени захранващи вериги)		10	-
	б)отклонения от шини и вериги за захранване на прекъсвачи и разединители		1	Свързани всички у-ва и съоръжения
	в)вериги за управление, защита и възбуждане на машини за постоянен ток до 1000V, присъединени към силови вериги		1	-
3	Силови и осветителни инсталации		0,5	-
4	Разпределителни уредби, табла и токопроводи		0,5	Всяка секция на РУ

За определяне на изпитвателното напрежение за електрически машини се използва равенството:

$$U_{изп} = 0.75\left(1000 + 2U_{H}\right), \text{ V}.$$

Получената стойност се закръглява към най-близката стандартна стойност, тъй като мегаомметрите имат стандартизирани изпитвателни напрежения: *0,5* kV, *1* kV и *2.5* kV.

Измереното съпротивление на изолацията $\boldsymbol{R_{изм}}$ се сравнява с минимално допустимата стойност за съпротивлението на изолацията на съответния тип електрическо устройство $\boldsymbol{R_{доп}}$, която е нормативно регламентирана. Ако $\boldsymbol{R_{изм} \geq R_{доп}}$, съоръжението може да остане в експлоатация до следващата проверка, а ако $\boldsymbol{R_{изм} < R_{доп}}$, съоръжението незабавно се извежда от експлоатация.

В някои случаи, съпротивлението на изолацията не е нормирано, и тогава измерената стойност се сравнява с измерената стойност при първоначалното му пускане или каталожната стойност в документацията $\boldsymbol{R_{кат}}$. Ако новата измерена стойност е $\boldsymbol{R_{кат} > R_{изм} \geq 0{,}5.R_{кат}}$, съоръжението остава да работи, но се запланува ремонт в най-скоро време. При стойности на изолационното съпротивление $\boldsymbol{R_{изм} < 0{,}5.R_{кат}}$, съоръжението се извежда незабавно от експлоатация.

Измервателната апаратура за контрол на изолацията трябва да отговарят на изискванията за безопасна работа към преносими електроизмервателни уреди, да осигурява необходимата точност (клас на уреда), да постига необходимото изпитвателно напрежение и да дава възможност за еднозначно регистриране и проследимост на резултатите от измерването. Допуска се работа само със средства за измерване, одобрени за използване в Република България.

Измервателните уреди трябва да са преминали успешно изискваните метрологични проверки или калибриране. Класът на изолацията на свързващите измервателни проводници, сонди и др. да отговаря на изискванията, съответстващи на изпитвателното напрежение.

При провеждане на измерването се спазва определен ред и правила. Проверяваната уредба (съоръжение) се изключва от захранването от всички страни, като се осигурява невъзможност за случайно включване на захранването.

Измерващият лично проверява и се убеждава, че напрежението е изключено, работното място е обезопасено, по измерваната част от уредбата не работят хора и са взети мерки намиращите се наблизо хора да не се доближават до части от изпитваните уредби.

Сондите на измервателния уред се присъединяват по подходящ начин в зависимост от конкретните условия и вида на уреда, след което уредът се включва и се извършва измерването. За по-старите модели мегаомметри, продължителността на изпитването е няколко секунди, а за комбинираните уреди и нови модели мегаомметри, тя се контролира автоматично.

Профилактичните изпитвания на изолацията се осъществяват по два критерия – оценка на състоянието на изолацията по стойността на активното й съпротивление и изпитване на електрическата якост на изолацията с повишено напрежение.

При изпитване на електрическата якост на изолацията с повишено напрежение на консуматори с номинално напрежение над *1000* V, кратностите на изпитвателните напрежения обикновено са *3 ÷ 6*, а времето на изпитванията *3 ÷15* min. Целта на тези изпитвания е да се провери дали изолацията ще издържи това повишено натоварване без да се получат колебания в изолационното й съпротивление, недопустимо нагряване и видими изменения в нея. Изпитването може да се извърши както при изключено работно напрежение, така и съчетано чрез наслагване на постоянната съставяща на изпитвателното напрежение върху променливата съставяща на работното напрежение.

Всички резултати от контрола на електрическата изолация се отразяват в стандартни протоколи и се съхраняват по надлежния ред.

3.2. Изисквания към електрически уредби, машини и апарати за защита срещу директен допир

Изисквания за защита срещу директен допир относно електрическите уредби, машини и апарати включват осигуряване на необходимите разстояния до открити тоководещи части, ограждане и правилно разполагане на защитните прегради, изпълнението на блокировките, сигнализациите, маркировките и др.

3.2.1. Разположение на открити тоководещи части извън зоните на досегаемост

Правилното разположение на тоководещите части в електрическите уредби е от голямо значение, както с оглед надеждната им и безотказна работа, експлоатацията, поддръжката и т.н., така и по отношение осигуряването на електробезопасност. Обикновено, тоководещите части са разположени така, че свободният достъп до тях да е максимално ограничен, но тъй като са свързани с

комутационна, измервателна, сигнална и др. апаратура, която трябва да е достъпна за обслужване, физически не е възможно пълното изключване на достъпа до тях. С оглед осигуряване на максимална електробезопасност при работа по електрическите уредби, нормативно се регламентират редица правила и специални средства, ограничаващи достъпа до тоководещите части на уредбите.

За защита срещу директен допир до тоководещи части с напрежения до 1000 V или за защита срещу приближаване на опасно разстояние до тоководещи части с напрежение над 1000 V се прилага мярката разполагане извън зоната на досегаемост, като:

- Разстоянието между достъпни за едновременно допиране токопроводими части в електрически уредби с напрежение до 1000 V е най-малко 2,5 m.
- В зоната на досегаемост се изисква да няма достъпни за едновременно допиране части с различни потенциали.
- Нормативните размери на зоната на досегаемост при напрежения до 1000 V не отчитат възможността за използване на спомагателни средства, например инструменти, стълби, дълги предмети, затова ако при работа се използват такива средства трябва да се увеличат съответно разстоянията.

3.2.2. Ограждане

Ограждането се осъществява чрез *защитни огради* и *прегради*, които представляват техническо средство защита срещу директен допир до части под напрежение.

Ефектът на ограждане в уредбите с напрежение до *1000* V може да се постигне с елементи на електрическите машини и съоръжения, като корпуси, обвивки и други, които имат някакво технологично или конструктивно предназначение, но осигуряват и защита срещу директен допир до тоководещи части, намиращи се зад тях. Типичен пример за това са корпусите на електрически табла. Особено внимание при такъв вид ограждане трябва са се обръща на подвижни елементи на такива огради – врати, капаци, люкове за наблюдение и други, които трябва да са осигурени против произволно отваряне.

Обвивките и прегради в уредбите с напрежение до *1000* V трябва да имат съответната степен на защита IP, сигурно закрепване, достатъчна механична якост и ограничен достъп зад преграда след изключване на напрежението на тоководещите части.

Защитните огради представляват специално монтирани конструкции с единствено предназначение да осигуряват защита

срещу директен допир. Разстоянията между частите под напрежение и защитните огради зависят от работните напрежения, конкретните експлоатационни условия, и конструкцията на оградата. В ***табл.3.2*** и ***табл.3.3*** са дадени минимални разстояния ***l*** между оградата и частите под напрежение за плътни огради и такива изработени от мрежа, със стандартни размери на отворите за уредби НН и ВН съответно. Изисква се минималната височина на оградите да е *1700* mm.

Таблица 3.2

$U_H \leq 1$ kV	
Вид на преградата	l_{min}, **mm**
Плътна преграда	50
Мрежа с отвори 12,5 x 12,5 mm	50
Мрежа с отвори 25 x 25 mm	100

Таблица 3.3

Вид на преградата	U_H, **kV**						
	3	6	10	20	35	110	220
	l_{min}, **mm**						
Плътна преграда	95	120	150	210	320	930	1830
Мрежа с отвори 25 x 25 mm	165	190	220	280	390	1000	1900

Огражденията се правят и закрепват така, че случайното им сваляне да е невъзможно. Защитните огради трябва да бъдат сигурна защита при евентуални въздействия от облягане на човек, механични удари, вибрации и др., а при необходимост да позволяват снемане, отваряне или проникване до тоководещите части, след снемане на напрежението по тях. В такъв случай в а експлоатация огради трябва да имат секретни ключалки или да се отварят със специален ключ. Размерите и конструкцията на оградите трябва да са съобразени с особеностите на работното място и възможността за достъп и наблюдение при необходимост. За тази цел оградите се изработват както от плътен материал, като ламаринени капаци, кожуси или огради, така и от мрежи, перфорирана ламарина или перила. Отворите на мрежите, тяхната височина и размерите на перилата трябва да създават недостъпност до частите под напрежение според особеностите на мястото.

Оградите се изработват от токопроводими материали (метали) или от изолационни материали (дърво, гетинакс, пластмаси и др.). Когато оградите са от проводими материали, те се обезопасяват срещу

индиректен допир със защитното заземяване, като се свързват със заземителните инсталации на помещението или уредбата.

3.2.3. Блокировки

Ефективна защита за предотвратяване на злополуки поради проникване в оградените пространства на електрическите уредби през врати, отвори, капаци и други може да се реализира чрез блокировки.

Блокировките са устройства, които могат да функционират по два начина:

- да предизвикват автоматично изключване на захранването към тоководещите части, които стават достъпни след премахване на оградите или части от тях.
- да не позволяват да се премахне/отвори преградата или част от нея докато не е изключено напрежението, представляващо опасност за поражение от електрически ток.

След като оградата е премахната или вратите са отворени, блокировката не трябва да позволява включване на съоръженията под напрежение.

При металообработващи, дървообработващи и други видове машини и съоръжения се използват много често блокировки, с които се ангажира максимално вниманието на операторите чрез използване на два бутона (за натискане едновременно с двете ръце) или три бутона (за натискане едновременно с двете ръце и единия крак) за да може да се подаде напрежение за електрозадвижване на опасния работен орган на преси, гилотини и други само когато ръцете на оператора са извън опасната зона.

Блокировките биват механични, електрически и др. Механичните са свързани със задвижващите механизми на съоръженията или чрез система от лостове блокират снемането на огражденията или отварянето на вратите. Електрическите блокировки са конструирани най-често като електромагнитни блокиращи механизми или на базата на електронни елементи. И двете принципни решения трябва да осигуряват защита на хората, независимо от промяната на параметрите на електрическите вериги, които могат да представляват опасност.

3.2.4. Сигнализации

Сигнализациите са технически мероприятия, чрез които се информира персонала или други хора, намиращи се в потенциално

опасни зони за появата и/или отсътвието на опасен фактор, например напрежение по проводими части. Сигнализацията дава информация за състояние на електрически уредби и съоръжения, или части от тях, може да показва наличие на опасно напрежение, положението на блокировки и/или комутационни апарати и др. Сигнализациите биват:

- *Светлинни.* Когато светенето на сигнализацията указва наличие на опасен фактор, това не е достатъчно сигурно, тъй като в процеса на експлоатация може да настъпи повреда на самия индикатора/светлоизточника (лампа, светодиод) и да се получи грешна информация, което е предпоставка за неправилни действия на персонала. Препоръчва се със светлинната сигнализация да се осигури информация с различни светлоизточници (зелен и червен цвят) за индикация на двете състояния на уредбата – наличие и отсъствие на напрежение, както се прави обикновено при електрозадвижванията.
- *Звукови.* Звуковите сигнализации обикновено се използуват за сигнализиране на опасност или ненормален режим. Звуковият сигнал трябва да се различава на фона на производствените шумове, включително и от хората ползуващи индивидуални защитни средства срещу шум. Сигналът може да е непрекъснат, с прекъсване с промяна на тоновете и т.н.
- *Механични.* Посредством указатели във вид на стрелки, оцветени сектори от дискове и други, които се появяват при възникване на опасен фактор може също да се осигури ефективна сигнализация.

За по-ясно различаване обикновено светлинните, звуковите и/или механичните сигнализации за опасност или ненормални режими могат да се дублират или комбинират.

3.2.5. Маркировки

Маркировките са технически мероприятия, чрез които се подобрява информираността на персонала за съществуващи или потинциални опасности. Те осигуряват нагледност и предотвратяват грешни действия в електрическите уредби, производствените помещения и др. Към тях спадат:

- ✓ оцветяване на тоководещи части, например: шини, нулев проводник, заземителни шини и др.
- ✓ надписи по електрически табла и полета на електроразпределителни уредби;
- ✓ надписи на командната контролно измервателна апаратура;

- ✓ означение на номинални или пределно допустими стойности на ток, напрежение, ток на вложки на предпазители и др.;
- ✓ схеми на електрически уредби, планове и т.н.

Особен вид маркировки са различните видове табели и знаци със специално оформление и стандартен текст, които се поставят на определени места и предупреждават, указват или забраняват достъпа или извършването на определени действия.

Например: "**Стой! Високо напрежение**!", **Не включвай! Работят хора!**", "**Работи тук!**" и др.

3.3. Безопасно свръхниско напрежение

В работни среди с особена опасност от електропоражение, в които се изисква всички електрифицирани инструменти, апарати и устройства да са от клас III по електробезопасност, единственото позволено мероприятие за защита от електропоражение е използването на *безопасно свръхниско напрежение* (БССН). Такова напрежение не може да предизвика протичането на опасен ток през тялото на човек при директен допир, дори през голяма площ на допиране, мокра и замърсена кожа. За напълно безопасни могат да се смятат мрежи с работно напрежение до *12* V. В тези мрежи токът през човека при допир до тоководещи части в повечето случаи е под границата на усещания ток, или е многократно по-малък от границата на отпускащия ток, т.е. човек винаги може да се освободи самостоятелно. Допустимите напрежения, които могат да се прилагат като самостоятелна мярка за осигуряване на безопасност при различни условия на работната или околната среда, са дадени в ***табл.3.4***.

Таблица 3.4

Напрежение, V		***Област на приложение***
~ U	***=U***	
12	24	Ръчно преносими осветителни тела в помещения с особена опасност (специален режим): помещения с проводим под, метални резервоари, котли, тунели, тръбопроводи и др.
24	48	Ръчно преносими електроинструменти в помещения с особена опасност.
42	-	Ръчно преносими електроинструменти в помещения с повишена опасност.
48	-	Електрозаваръчни работи

Безопасните напрежения се получава от трансформатори, преобразуватели или електрохимични източници. Вторичните вериги

на безопасното напрежение се отделят задължително от тези на първичното напрежение чрез двойна изолация или екраниране на намотките. Понижаващите трансформатори се поставят близо до мястото на работа, като един трансформатор захранва не повече от *4 ÷ 6* извода с шнурове, не по-дълги от *5÷ 6* m.

Източниците на безопасно свръхниско напрежение трябва да отговарят на следните изисквания:

а) Ако източникът е трансформатор или преобразовател електрическите вериги за безопасно напрежение трябва да бъдат отделени от първичните вериги с изолация, осигуряваща степен на изолация, както двойната изолация;

б) Номиналната стойност за безопасно свръхниско напрежение не трябва да бъде по-голяма от:

- 42V между проводниците при еднофазно напрежение;
- 24V между фазовите проводници и нулевия проводник (неутралата) при трифазно напрежение;
- 48V между проводниците при постоянно напрежение.

Напрежението на правен ход на източниците за безопасно свръхниско напрежение не трябва да бъде по-голямо от 50 V между фазовите проводници, респективно 29 V между фазовите и нулевите проводници. Номиналната стойност на безопасното свръхниско напрежение се избира съобразно степента на опасност от поражение от електрически ток, но не по-голямо от горепосочените стойности.

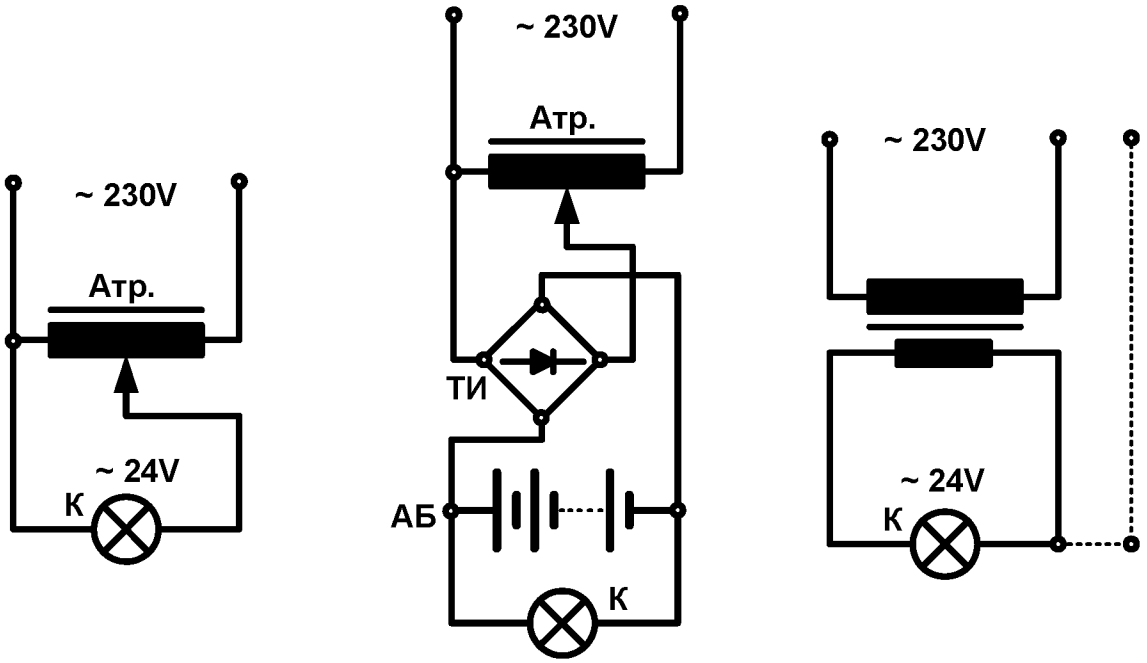
в) Ако източникът на безопасно свръхниско напрежение е акумулаторна батерия, схемата на захранване не трябва да позволява използуване на източника, когато той е в режим на заряд;

г) Токовите вериги за безопасно свръхниско напрежение не трябва да бъдат свързани към защитни проводници (занулявани) и не трябва да бъдат заземявани. Изделията за безопасно напрежение не трябва да имат защитни клеми.

д) Токовите кръгове за безопасно свръхниско напрежение трябва да бъдат изпълнени, така че в тях да не могат да бъдат пренесени по-високи напрежения. Проводниците на тези кръгове не трябва да се полагат в общи канали, тръби, снопове или в общ шланг с проводници от други такива кръгове.

е) Щепселите, използвани в токови кръгове за безопасно свръхниско напрежение, не трябва да могат да се включват в контакти за по-високо напрежение.

Неправилно използуване на източници за понижени свърхниски напрежения е дадено на ***фиг. 3.5.***



а *б* *в*

Фиг. 3.5. Неправилно използуване на източници за безопасно свръхниско напрежение: *а)* и *б)* - с галванична връзка с верига с по-високо напрежение; *в)* зануляване на вторична намотка

При свързването според ***фиг. 3.5а*** има галванична връзка между захранваща мрежа и веригата със свръхниско напрежение; при свързването на схема ***б)*** също има галванична връзка на веригата със свръхниско напрежение с захранващата мрежа и при допир до нея човекът ще попадне под фазово напрежение спрямо земята; в случай ***в)*** на зануляване на вторична намотка при повишаване на потенциала на неутралата човекът ще попадне на неговото въздействие.

3.4. Защитно разделяне

Защитното разделяне представлява техническо защитно мероприятие с което се осигурява захранването на един единствен консуматор в самостоятелен токов кръг с работно напрежение до *400* V, много добре изолиран от земята и други мрежи и токови кръгове. С осигуряване на много добър контрол и профилактика на електрическата изолация на този токов кръг се осигурява безопасност, благодарение на ниската стойност на тока, който евентуално би протекъл през човека при допир в изолирана мрежа.

Защитното разделяне се прилага за захранване на консуматори с повишена степен на опасност, подвижни електрически уреди, ръчни електрифицирани инструменти и др.

Освен TN мрежите със заземен звезден център, висока степен на опасност могат да имат и силно разклонените IT мрежи с голяма дължина при изправна изолация поради значителния им капацитет и относително по-малко активно съпротивление. Токът на еднофазно земно съединение може да бъде значителен. В такъв случай дори при мрежи до *1000* V, допирът до фазен проводник е опасен. Разделянето на разклонената мрежа на определен брой по-къси неразклонени мрежи за същото напрежение, води до намаляване на капацитета към земя до пренебрежими стойности и увеличаване на активното съпротивление на изолацията, което рязко снижава опасността от поражение.

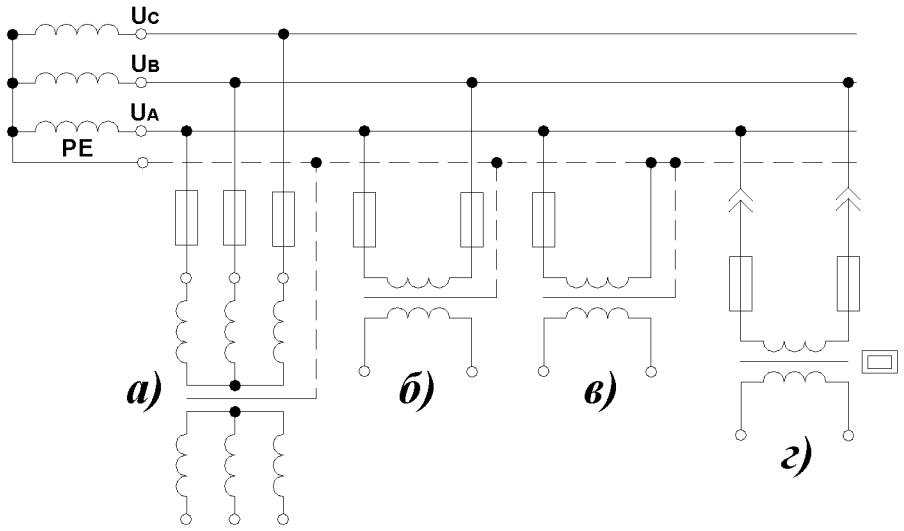
Обикновено защитното разделяне на електрическата мрежа се реализира по два начина:

- чрез захранване на отделните консуматори през разделителни трансформатори, включени към трифазна мрежа;
- чрез двигател - генераторни групи или преобразуватели, чиито намотки са разделени от първичните вериги на мрежата с изолация, която осигурява степен на безопасност, отговаряща на двойна изолация.

При защитно разделяне с трансформатори, към всяка изходяща намотка на разделителния трансформатор се включва само един консуматор. Разделителните трансформатори може да са понижаващи или с едно и също напрежение и на двете страни ($K_T = 1$), като само отделят галванично защитавания контур. Връзката между захранващата трансформатора мрежа и защитавания контур е само индуктивна. Примерна схема на разделителни трансформатори, включени към захранваща мрежа *400* V, е показана на ***фиг.3.6*** в четири различни случая.

Неутралата се свързва към магнитопровода, а екраните са между намотките и корпуса на трансформатора. Предназначението на екраните между намотките е при пробив в междунамотъчната изолация да се получи еднофазно късо съединение и максималнотоковата защита (МТЗ) да изключи, като с това предотврати възможността за поражение на работещите с електрическите устройства, свързани към вторичната страна.

Преносимият разделителен еднофазен трансформатор, ***фиг.3.6 г)*** е с двойна изолация и се свързва към мрежата посредством специално щепселно съединение.



Фиг. 3.6. Примери за защитно разделяне:

а) трифазен разделителен трансформатор с екранирани намотки за напрежение $U = 400$ V; ***б)*** еднофазен разделителен трансформатор с екранирани намотки за напрежение $U = 400$ V; ***в)*** еднофазен разделителен трансформатор с екранирани намотки за напрежение $U = 230$ V; ***г)*** преносим еднофазен разделителен трансформатор с двойна изолация на намотките.

При евентуално захранване на повече консуматори, те трябва да са свързани помежду си с изолиран от земя проводник за изравняване на потенциалите помежду им.

Допустимата дължина на защитно разделената мрежа за всеки конкретен случай може да се изчисли по:

$$L \le \frac{10^5}{U_{мр.}}, \text{ m} \qquad (3.4)$$

където $\boldsymbol{U_{мр}}$ е напрежението на мрежата.

Поради малките токове на земно съединение (мрежата е изолирана от земята) изолацията на разделителните трансформатори се проверява периодично - съобразно с инструкциите на производителя.

За допълнително осигуряване, е препоръчително монтиране на защитно-изключващо устройство за постоянен контрол на изолацията с необходимото бързодействие при изключване съгласно ***табл.3.5***.

Таблица 3.5

Максимално време на изключване, s		5	1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,03
Напрежение, V	*Променливо*	50	75	90	110	150	220	280
	Постоянно	120	140	160	175	200	250	310

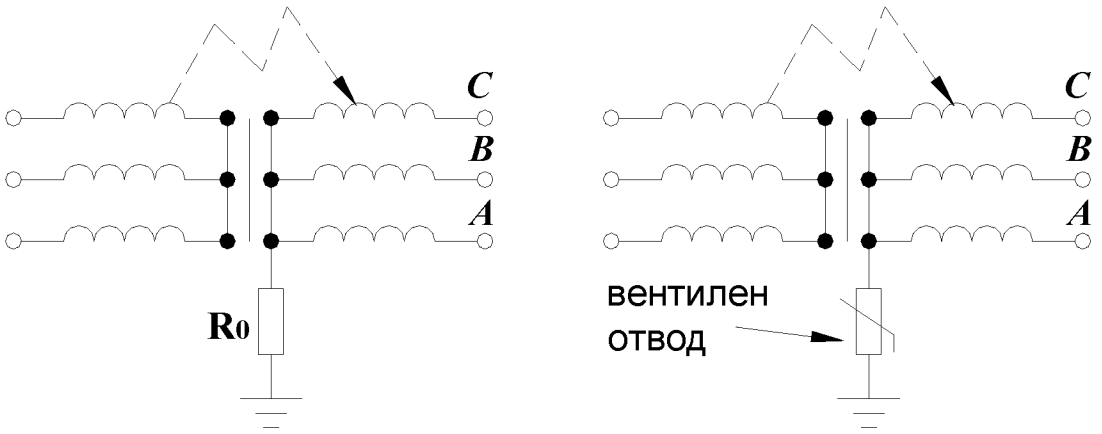
3.5. Защита от преминаване на по-високо напрежение в мрежи с по-ниско напрежение

Мрежите с по-ниско напрежение могат да попаднат под по-високо напрежение при пробив в изолацията на трансформатора или при пресичане на трасетата на двата електропровода и падане на проводник с по-високо напрежение върху проводник с по-ниско напрежение.

Защитата от пробив в изолацията на трансформатор на мрежи за ниско напрежение с ефективно заземен звезден център ***фиг.3.7 а)*** се осъществява посредством заземяване на звездния център през заземител, чието съпротивление се определя с израза:

$$R_З \leq \frac{125}{I_{ЗС}}\ ,\ \Omega \qquad (3.5)$$

При мрежи изолирани от земята ***фиг.3.7 б)*** се монтират пробивни предпазители или вентилни отводи, сработващи при поява на по-високо напрежение.



а) Фиг. 3.7 б)

3.6. Електротехнически лични защитни и предпазни средства

3.6.1. Класификация и предназначение

При експлоатацията и ремонта на електрическите уреди и съоръжения, хората са изложени на допълнителен риск от поражение от електрически ток. Причините могат да бъдат: евентуално неправомерно попадане под напрежение на части от изключени уредби (поради неправилни действия, превключвания или немонтирани временни заземители на всички страни, от които може да се появи напрежение и т.н.) или непреднамерено доближаване или допир до необезопасени тоководещи части под напрежение (табла, разпределителни уредби, въздушни и кабелни линии и др.). За осигуряване на безопасна работа се използуват освен мерки за защита

срещу директен и срещу индиректен допир, както и специални защитни и предпазни средства.

Защитните приспособления, които допълват стационарните конструктивни защити за електрически уредби (ограждане, блокировки, сигнализации, заземяване, зануляване и др.), са допълнителни средства за защита на персонала. Към тях се отнасят: изолационни щанги и клещи; измерителни щанги и клещи, диелектрични каучукови приспособления и поставки, преносими заземления, ограждания, инструменти с изолирани дръжки, предупредителни табели и др.

Предпазни приспособления се използват в електрически уредби, намиращи се в експлоатация и биват: предпазни пояси, монтьорски кънки, повдигащи се площадки, предпазни парапети, изолационни стълби и др.

Защитните и предпазните средства се разделят на три групи: *изолиращи, ограждащи и спомагателни* защитни средства.

▪ ***Изолиращите защитни средства*** изолират човека от тоководещите или от заземените части. В зависимост от своето конкретно предназначение те биват основни и допълнителни.

- ***Основните изолиращи средства*** имат голяма електрическа якост и са в състояние продължително време да издържат работното напрежение на електрическата уредба. Персоналът може да се допира с тях тоководещите части без опасност от поражение. Тук се отнасят:

✓ *в уредби до 1000* V – изолирани клещи, диелектрични ръкавици, инструменти с изолирани дръжки, фазоуказатели/указатели на напрежение;

✓ *в уредби над 1000* V – изолиращи оперативни щанги, измервателни щанги и клещи, указатели за наличие на напрежение, изолиращи приспособления за работа под напрежение (телескопични вишки, изолирани площадки) и др.

- ***Допълнителните изолиращи защитни средства*** нямат достатъчна електрическа якост на изолацията и не могат да се използват при работно напрежение. Те са за допълнителна защита при използване на основните изолиращи средства. Към тях се отнасят:

✓ *за напрежение до 1000* V: диелектрични галоши, боти, килимчета, изолационни подложки;

✓ *за напрежение над 1000* V: диелектрични ръкавици, диелектрични галоши, боти, килимчета, изолационни подложки.

Всички изолиращи защитни средства трябва да се използват само в закрити електрически уредби, а в открити уредби само при сухо време. Използването на изолиращи средства при дъжд, сняг или мъгла е недопустимо.

▪ ***Ограждащите защитни средства*** са предназначени за временно ограждане на тоководещите части, към които е възможно случайно допиране или приближаване на опасно разстояние, а също за предпазване от погрешна манипулация с комутационни апарати. Към ограждащите защитни средства се отнасят: временни преносими огради, ограждащи клетки, изолиращи челюсти, временни преносими заземления и предупредителни табели.

▪ ***Спомагателните защитни средства*** са предназначени за индивидуална защита от светлинни, топлинни и механични въздействия. Към тях спадат: защитни очила, специални ръкавици, противогазови маски, монтьорски пояси и др.

3.6.2. Конструкции на изолиращи предпазни средства

▪ ***Изолиращи щанги и клещи***

Изолиращите щанги и клещи се използват като основни защитни средства при различни операции в разпределителни уредби и биват оперативни, ремонтни и измервателни.

Оперативните изолиращи щанги са предназначени за включване и изключване на еднополюсни разединители, за проверка на нагряването и закрепването на тоководещи части, за смяна на предпазители и др.

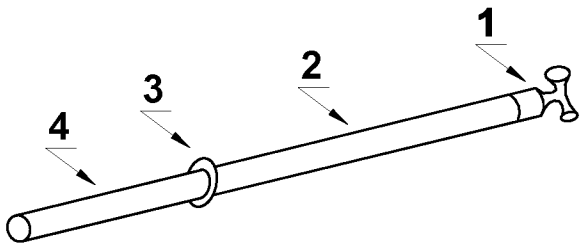
Изолиращите ремонтни щанги се използват за ремонтни работи по намиращите се под напрежение тоководещи части, като очистване от прах, включване на временно електрозахранване, поставяне и снемане на преносимо заземяване и др.

Изолиращите измервателни щанги се използват и при контролни измервания, като измерване на разпределението на напрежението по изолаторни вериги, на преходното съпротивление в контролни контактни съединения и др.

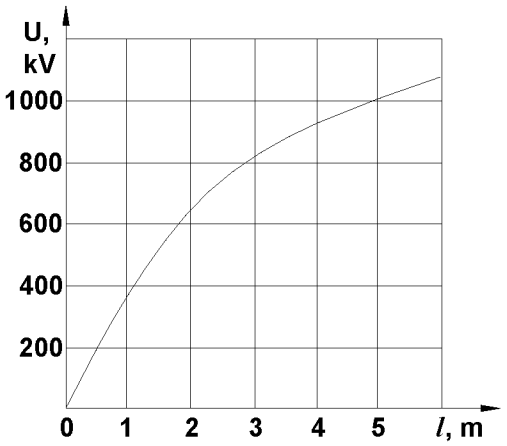
Всяка изолираща щанга има три съставни части: работна, изолираща и ръкохватка – ***фиг.3.8,*** където: *1 – работна част, 2 – изолираща част, 3 – ограничителен пръстен, 4 – ръкохватка.*

Разликата в отделните изолиращи щанги се състои само в конструктивното изпълнение на тяхната работна част.

Работната част е метална и нейната конструктивна форма се определя от предназначението ѝ. Тя може да бъде кука или палец за включване и изключване на разединители, челюст за закрепване на преносими заземления и др.



Фиг. 3.8



Фиг. 3.9

Изолиращата част се прави от гетинакс, бакелит или импрегнирано със съхнещи лакове дърво. Тази част изолира човека от тоководещите части. Дължината ѝ трябва да осигурява безопасно разстояние до частите под напрежение и да изключва възможността за пробив по повърхността. Изолационното ниво на изолиращата част на щангата се определя в зависимост от амплитудата на комутационните пренапрежения, възникващи при работен или авариен режим на мрежата.

В електрически мрежи до *220* kV изолиращата част на щангите се оразмерява за $4.U_ф$, а за мрежи с по-високо напрежение – за $3.U_ф$, където $\boldsymbol{U_ф}$ е фазното напрежение на мрежата.

Зависимостта на пробивното напрежение по повърхността на изолиращата част от дължината на щангата е дадена на ***фиг.3.9***. При определяне на дължината на щангите трябва да се отчита стареенето на изолацията и да се осигури недостъпност или да се предотврати опасно доближаване на човека (хванал щангата за ръкохватката) до тоководещите части. Минималната дължина на изолиращата част $l_{из}$ се определя от формулата:

$$l_{из} = A + k.l\,,$$

където $\boldsymbol{A}$ е дължина на ръката на човека $A \approx 0,7$ m, $\boldsymbol{k}$ е коефициент, отчитащ стареенето на изолацията, а $\boldsymbol{l}$ е необходима дължина на изолиращата част, определена от работното напрежение, m.

Ръкохватката се прави също от изолационен материал и трябва да се отдели от изолиращата част чрез *ограничителен пръстен* с по-голям диаметър. Дължината на ръкохватката се определя от удобствата при работа и е от *0,3 ÷ 1* m. Размерите на изолиращи щанги за различните работни напрежения са дадени в ***табл.3.6***.

Таблица 3.6

Номинално напрежение на уредбата	*Дължина,* m	
	изолираща част	*ръкохватка*
до 1 kV	*не се нормира*	
1÷20 kV, включително	1,1	0,4
20÷110 kV, включително	1,4	0,6
220 kV	2,5	0,8
400 kV	4,0	1,0

При работа с изолиращи щанги и напрежения над *1* kV, задължително се използват диелектрични ръкавици и боти. При това щангата не бива да се хваща или допира над ограничителния пръстен на ръкохватката.

Изолиращите клещи се използват за поставяне и снемане под напрежение на тръбни патрони на предпазители, изолационни подложки и шапки на ножови разединители и др. Използват се за работни напрежения до *20* kV. Конструктивно те се различават от изолиращите щанги, но имат същите съставни части по предназначение и материал. Дължината на изолиращата част трябва да бъде не по-малка от *0,45* m за напрежение до *10* kV, *0,6* m за *20* kV, а дължината на ръкохватките – съответно *0,15* и *0,20* m.

При работа с изолиращи щанги и клещи техникът ползва ръкавици, боти и очила, като стои върху пода или устойчива подложка. В такъв случай той не трябва да стъпва върху стълба или други подвижни поставки.

- ***Измервателни клещи и указатели за наличие на напрежение***

Измервателните клещи са предназначени за кратковременно измерване на тока в проводника без прекъсване на електрическата верига при работа с напрежение до *10* kV. Те представляват еднонавивков токов трансформатор, първичната намотка на който е проводникът от електрическата верига, която се измерва. За напрежения до *600* V, те се хващат с една ръка без допълнителни защитни средства (ръкавици), а за напрежения от *600* V до *10* kV, измерването се извършва чрез захващане с двете ръце при ползване на диелектрични ръкавици и изолационна подложка.

Измервателните клещи се използват само в помещения, а при сухо време и на открито при стриктно изпълнение на изискванията за безопасност.

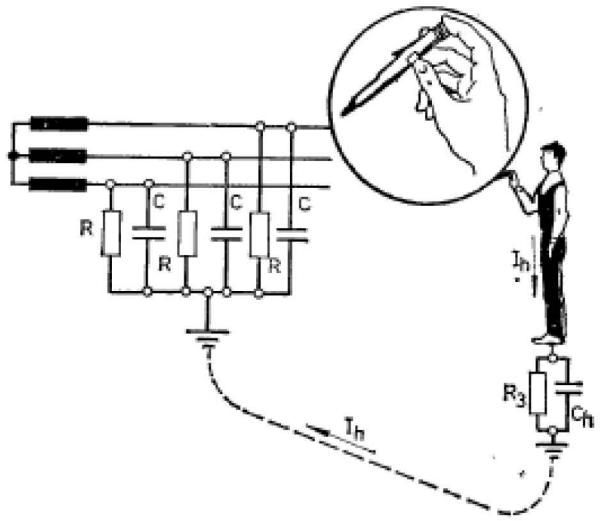
Ако измервателните клещи имат превключвател за обхватите, превключването се извършава само след отделяне на клещите от тоководещите части. При работа с измервателни клещи е необходимо второ лице, което наблюдава реда и начина на измерване.

Измервателните клещи имат три основни части: работна, включваща в себе си магнитопровод, намотка и измерителен апарат, изолираща – от работната част до ръкохватките и ръкохватки. Изолиращата част и ръкохватката на клещи за напрежение до *600V* е от едно цяло изолиращо тяло. Клещи до *10 kV* трябва да имат изолира ща част, не по-малка от 0,38 m, и ръкохватка, не по-малка от 0,13 m.

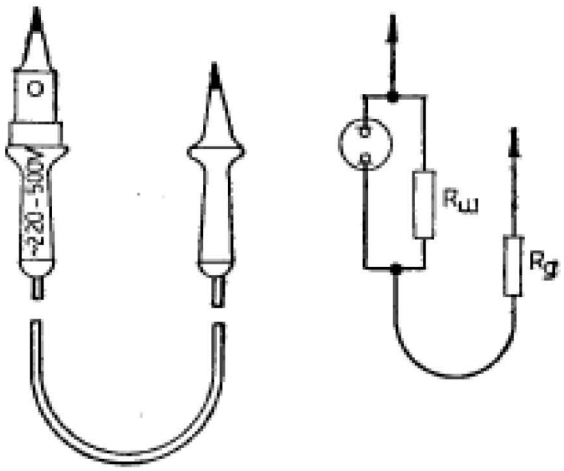
Указателите за напрежение се използват за проверка за наличие на напрежение по тоководещите части непосредствено след тяхното изключване. Самата проверка показва наличие или отсъствие на напрежение, но не и стойността на напрежението.

Като указател за наличие на напрежение до *250* V широко се използва *контролна лампа* с малка мощност. Тя е поставена в добре изолирана фасунга, свързана чрез къси проводници с изолирани метални накрайници и ръкохватки.

При напрежения до *500* V се използват указатели с неонова лампа с тлеещ разряд. Тези указатели биват *еднополюсни* ***фиг.3.10*** и *двуполюсни* ***фиг.3.11***.



Фиг. 3.10



Фиг. 3.11

Двуполюсните указатели се включват през допълнително съпротивление $\boldsymbol{R_д}$ за ограничаване на тока през лампата, което се определя от параметрите на лампата:

$$R_д = \frac{U - U_л}{I}, \Omega \qquad (3.6)$$

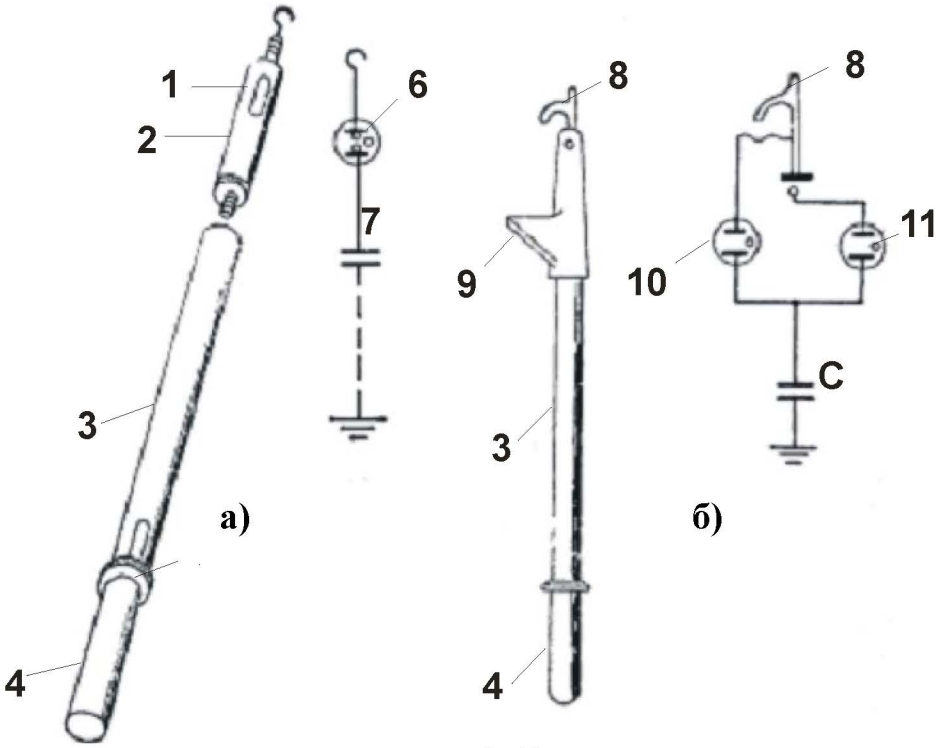
където U е най-голямо работно напрежение, V,

$U_л$ е напрежение на запалване на лампата, V,

I е най-голям допустим ток на лампата, A.

За да се избегне неправилно светене при допир до една фаза на променливо напрежение, в схемата на двуполюсните указатели се включва съпротивление $R_ш$, което обикновено има същата стойност както $R_л$.

Еднополюсните указатели са предназначени да показват наличие или отсъствие на напрежение между тоководещите части и земята. При това, връзката се осъществява през тялото на човека. Самият указател представлява изолационен корпус с прозорче, в който са поместени лампа и съпротивление.



Фиг. 3.12

На ***фиг.3.12 а)*** е показано принципно устройство и схема на указател с една сигнална лампа, а на ***фиг.3.12 б)*** с две сигнални лампи, където:

1 – прорез за наблюдение, 2 – собствен указател, 3 – изолираща част, 4 – ръкохватка, 5 – ограничител, 6 – малогабаритна неонова лампа, 7 – кондензатор, 8 – кука, 9 – индикаторна глава, 10 – първа лампа, 11 – втора лампа.

Указатели за напрежение се използват и за напрежения над *1000* V. Те са на принципа на светене на неонова лампа при протичане на капацитивен ток на кондензатор, включен последователно на лампата.

Минималното напрежение на видимо светене не трябва да бъде по-високо от *25%* от работното напрежение.

Конструктивно указателят се състои от три съставни части:

- ✓ *указател*, състоящ се от корпус, сигнална лампа, кондензатор и предпазител;
- ✓ *изолационна част* от изолационен материал, изпълнена съобразно работното напрежение;
- ✓ *ръкохватка*, предназначена за държане с една или две ръце съобразно теглото му.

Указател с една сигнална лампа се изпълнява за работно напрежение до *110* kV. За напрежение *220* kV се използва същата конструкция, но с удължена изолираща част и ръкохватка. За напрежения над *220* kV за наличие на напрежение се съди по видимото разделяне на електрическите вериги при изключване първо на прекъсвачите и после на разединителите.

Първата лампа на указател с две сигнални лампи свети при напрежение около *3* kV, а втората - при два пъти по-малко. При това, втората лампа се включва в случай, когато работещият натисне куката върху тоководещата част, където проверява наличието на напрежение.

Непосредствено преди всяка проверка, операторът трябва да се увери в изправността на използвания указател. За тази цел, след внимателен оглед на указателя, същият се доближава до тоководещите части, които са под напрежение. Едва след като се установи, че указателят работи (лампата свети), той може да се използва във веригата, която ще се проверява.

Проверка на изправността на указателя може да се направи и чрез специални уреди – преносим източник на високо напрежение, мегаомметър и др.

- ▪ ***Монтьорски инструменти с изолирани ръкохватки***

Предназначени са за работа под напрежение в електрически уредби и инсталации до *1000* V. Изолиращата част на ръкохватката трябва да бъде не по-малка от *10* cm и да има ограничители срещу плъзгане на ръката към металната работна част. Най-често такива инструменти са

монтьорски отвертки, клещи и ключове. Отвертката трябва да бъде изолирана по цялата си дължина до работното острие.

При работа под напрежение с изолирани ръчни инструменти, техникът трябва да стои върху изолирана основа или да бъде с диелектрични галоши. Използването на диелектрични ръкавици не е необходимо.

- ***Лични диелектрични предпазни средства***

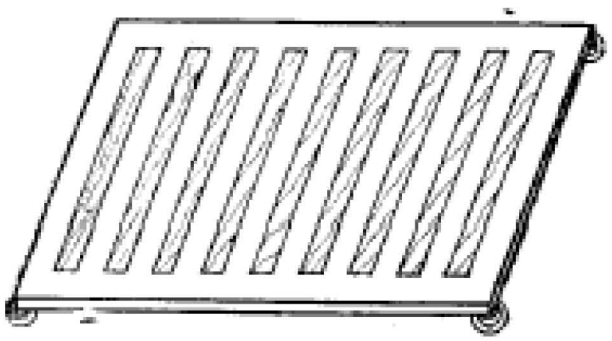
Личните предпазни средства се използват като допълнителни средства при оперативни превключвания, ремонт или изпитвания в електрически уредби. Към тях се отнасят: диелектрични ръкавици, боти, галоши, килимчета, пътеки и поставки.

- *Диелектричните ръкавици* са предназначени за изолация на ръцете при работа в електрически уредби до и над *1000* V. Изработени са от специален каучук с голяма еластичност и диелектрична якост. Не са устойчиви и постепенно се разрушават от светлинно и топлинно действие и променят механичните си качества под действие на минерални масла, бензин и др. В последните години в много страни се правят опити за замяна на каучука с латекс.

Диелектричните ръкавици се слагат на ръцете, като е недопустимо над тях да остават ръкавите на дрехите. За предпазване от механични повреди върху тях могат да се слагат брезентови ръкавици, но маншетът на каучуковите трябва да се вижда най-малко *3*cm.

- *Диелектричните боти* служат като допълнително защитно средство за изолация на човека от основата, на която той стои. Използват се при оперативни работи в електрически уредби с напрежение над *1000* V, като се обуват върху сухи обувки. Изработват се от еластичен каучук, който от вътрешната страна е покрит с текстилна тъкан за предпазване от механични повреди. Изработват се в шест размера.
- *Диелектричните галоши* имат същото предназначение както ботите, но се използват само при напрежения до *1000* V. Тяхната ходова част е както при диелектричните боти.
- *Диелектричните килимчета и пътеки* се използват като допълнително защитно средство само при електрически уредби в сухи помещения. Във влажни или прашни помещения диелектричните им свойства се влошават и вместо тях се използват диелектрични поставки.

Изработват се от каучук с различни разцветки, във вид на раирана или рифелна повърхност. Широчината им е *0,75 ÷ 0,9* m, дължината *0,75÷8* m, а дебелината *5 ÷ 8* mm.



Фиг. 3.13

Изолиращата поставка, ***фиг.3.13***, представлява дървена скара без метални детайли, монтирана върху порцеланови или синтетични цилиндри или конусообразни изолатори. Използва се при оперативни превключвания на прекъсвачи и разединители или при смяна на предпазители, когато не се използват диелектрични ръкавици, или в прашни и влажни помещения вместо диелектрично килимче.

- ***Ограждащи и спомагателни защитни средства***

Преносими заземявания. Предназначени са за предпазване на хора при работа върху изключени тоководещи части на електрически уредби от случайно попадане под напрежение. Появата на напрежение е възможна в резултат на погрешно включване или на други причини – падане на проводник под напрежение върху изключени тоководещи части, случайно падане на мълния върху или в близост до работното място, индуктирани потенциали в съседни електрически вериги и др.

За предпазване от тези опасности се свързат накъсо и към заземителя трите фази на изключения за работа участък с помощта на преносимото заземяване. То се поставя от страна на всички възможни пътища, по които може да се подаде напрежение към работното място. Така дори при подаване на напрежение работното място ще остане безопасно за работещите.

Преносимото заземяване представлява гъвкав меден проводник с клема за включване към заземителя и три клеми за присъединяване към изключените тоководещи части от трите фази. Може да се изпълни и като четирилъчеви проводници, свързани в обща точка и с клеми в краищата им за присъединяване към заземяването и тоководещите части.

Преносимото заземяване се поставя върху частите веднага след проверката за отсъствие на напрежение по тях. Първо се присъединява към заземителя, след това се проверява за отсъствие на напрежение по частите, които подлежат на заземяване, и с помощта

на специална щанга или с диелектрични ръкавици се заземяват проверените тоководещи части. В уредби до *1000V* поставянето на заземяването може да се извърши и без специална щанга.

- *Временни преносими ограждения* са предназначени за предпазване на персонала, който работи в електрически уредби, от случайно допиране или приближаване на опасно разстояние до тока водещи части, които са под напрежение. Могат да се прилагат за оформяне на проходи за преминаване или за недопускане към апарати и съоръжения, които могат в даден период от време да бъдат под напрежение. За ограждания се използуват специални плътни или решетести дървени щитове. Освен това за предотвратяване на случайно или погрешно включване се поставят:
  - ✓ *изолиращи каучукови или пластмасови накрайници*, които се надяват върху ножовете на разединителите до *10* kV;
  - ✓ *изолиращи плоскости от каучук или гетинакс*, с които се покриват ножовите разединители до *15* kV.

Всички ограждения трябва да бъдат на безопасно разстояние до частите под напрежение съобразно класа на работното напрежение. Огражденията се поставят и снемат с помощта на диелектрични ръкавици, изолиращи клещи или щанги.

- *Предупредителни табели.* Служат за предупреждение при опасност от приближаване към тоководещи части под напрежение, за означаване на работното място, за напомняне на мерките за безопасност, за забрана за включване или изключване на участък под напрежение. Подразделят се на предупредителни, забраняващи, разрешаващи и напомнящи.

Всички предупредителни табели трябва да се изработват от непроводим материал – картон, пластмаса и др.

- *Защитни очила* се използуват за защита от прах или други частици, а също и при опасност от електрическа дъга. За предпазване от електромагнитни полета с промишлена или висока честота се използват специални очила с метално покритие.

- *Защитни ръкавици* се използуват при груба работа, когато има опасност от нараняване на ръцете или частите, с които се работи, и когато са нагрети до не много висока температура.

- *Осигурителен пояс.* Предназначен е за осигуряване срещу падане при работа на височина. Поясът трябва да има голяма механична якост (разрушаваща сила над *15* kN) и да не затруднява

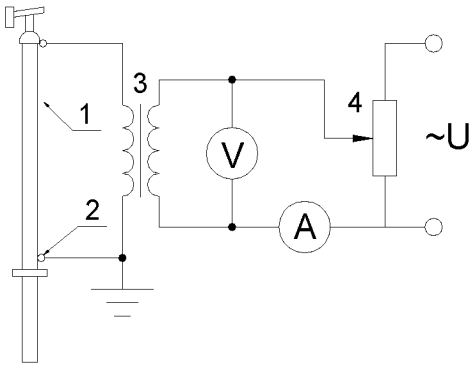
допълнително работещите. Изработва се от мек материал – кожа, брезент и др. с широчина *40 ÷ 120* mm.

3.6.3. Изисквания за проверка на изолиращи защитни средства

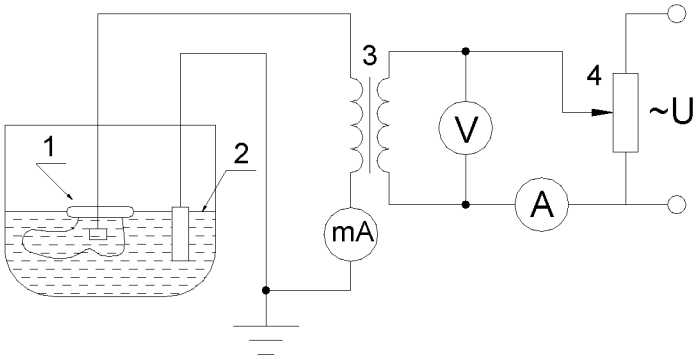
Диелектричните свойства на изолиращите защитни средства се проверяват периодично и в процеса на експлоатация. Указателите за наличие на напрежения и измервателните клещи се проверяват и за точност на показанията им.

Изпитванията се провеждат с променливо напрежение *50* Hz при температура *15÷20* °C, а каучуковите защитни средства могат да се изпитват и с постоянно напрежение. Началното напрежение при изпитване не бива да бъде по-високо от *50%* от нормираното изпитвателно напрежение, а продължителността на изпитването се отчита от момента на достигане на изпитвателното напрежение.

Изолиращите щанги и клещи се проверяват само с повишено напрежение. Схемата на изпитване е дадена на ***фиг.3.14***. На изпитване се подлага само изолиращата част. Щангата или клещите са издържали изпитването, ако през време на провеждането му не е имало чувствително колебание на измервателните уреди и не е забелязан повърхностен разряд, а след изключване на напрежението не се установяват места с повишена температура. При щанги за наличие на напрежение неоновата лампа трябва да започне да свети при напрежение до *25%* от работното, за което се използва щангата.



Фиг. 3.14

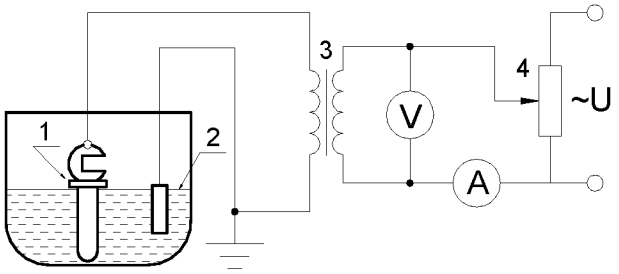


Фиг. 3.15

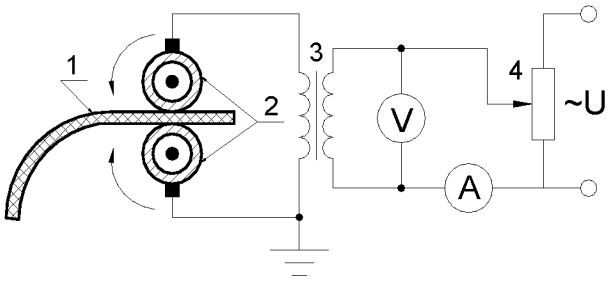
Изпитването на каучукови ръкавици, боти и галоши се провежда съгласно схемата на ***фиг.3.15***, а на инструменти с изолирани ръкохватки на ***фиг.3.16***. Изпитваното средство се напълва с вода до *5* cm под горния ръб на ръкавици и боти и до *2* cm за галоши, поставени хоризонтално, потопени в съд с вода.

Останалата над водата част трябва да бъде суха. В изпитваното защитно средство и във ваната се потапят метални електроди.

Защитното средство е изправно, ако не настъпи пробив и ако измереният ток е по-малък от нормирания.



Фиг. 3.16



Фиг. 3.17

Диелектричните пътеки и килимчета се изпитват между движещи се със скорост *2÷3* cm/s цилиндрични електроди. На горния цилиндър е приложено изпитвателното напрежение, а долният е заземен, както е показано на ***фиг.3.17***.

Резултатите от изпитванията на личните предпазни средства се нанасят в протоколи, определени с нормативните документи.

ГЛАВА 4. ЗАЩИТА СРЕЩУ ИНДИРЕКТЕН ДОПИР

Под *индиректен допир (индиректно допиране)* се разбира допиране на човек до проводими нетоководещи части или обекти, попаднали под напрежение в резултат на повреда, водеща до *корпусно съединение*, при което между нетоководещите части и земята се появява напрежение, наречено *корпусно напрежение* $U_{кор}$.

Корпусното съединение представлява поява на напрежение върху проводими нетоководещи части, поради повреда в изолацията, неправилно закрепване на тоководещи части, попадане на проводими тела между тоководещи и нетоководещи части и др.

При допиране на човек до проводими нетоководещи части попаднали под напрежение, той е подложен на *допирно напрежение* $U_Д$, което в най-неблагоприятния случай, е приблизително равно, но винаги по-малко от корпусното напрежение.

Опасността от поражение от електрически ток при индиректен допир до проводими части съществува, както при електрически, така и при неелектрически уредби – метални тръбопроводи и конструкции, проводими инфраструктурни, комуникационни и други обекти, които могат случайно да попаднат под напрежение. Допълнителен неблагоприятен фактор в такива случаи е неочакваното въздействие върху човека, който се допира до части, които нормално не са под напрежение, макар че по принцип не може да се разчита на предотвратяване на изненадата за намаляване степента на електропоражение.

Техническите мероприятията, които се използват за защита срещу индиректен допир до части под напрежение, се разделят на две групи:

- *с използуване на защитен проводник* – защитно заземяване, защитно зануляване и защитно изключване;
- *без използуване на защитен проводник* – защитно изолиране и защитно разделяне.

4.1. Защитно заземяване

Защитното заземяване е основно техническо мероприятие за защита от индиректен допир, което се състои в преднамерено свързване на проводими нетоководещи части със земя през *защитен проводник*, наречен *заземителен проводник* и специално устройство с добър контакт със земята, наречено *заземител*.

Действието на защитното заземяване се проявява при поява на корпусно съединение.

Предназначението на защитното заземяване е да отстрани опасността от електропоражение за хора и животни при поява на корпусно съединение. Това се постига чрез намаляване на потенциала на нетоководещите части и проводимите конструкции спрямо земя или помежду им до стойности, които не представляват опасност, съобразно конкретните условия, състояние на околната среда, параметрите на електрическите уредби и др.

Защитното заземяване се различава от *работното заземяване*, което представлява преднамерено електрическо свързване на тоководещи части от електрическите мрежи (звезден център, фаза) със земята, с цел осигуряване определен режим и сигурност на работа на електрическата мрежа при нормална работа или при аварии. Работното заземяване се осъществява директно или през пробивни предпазители, вентилни отводи или съпротивления. Този вид заземяване се изпълнява главно по експлоатационни съображения и не е предмет на разглеждане тук от гледна точка на безопасността.

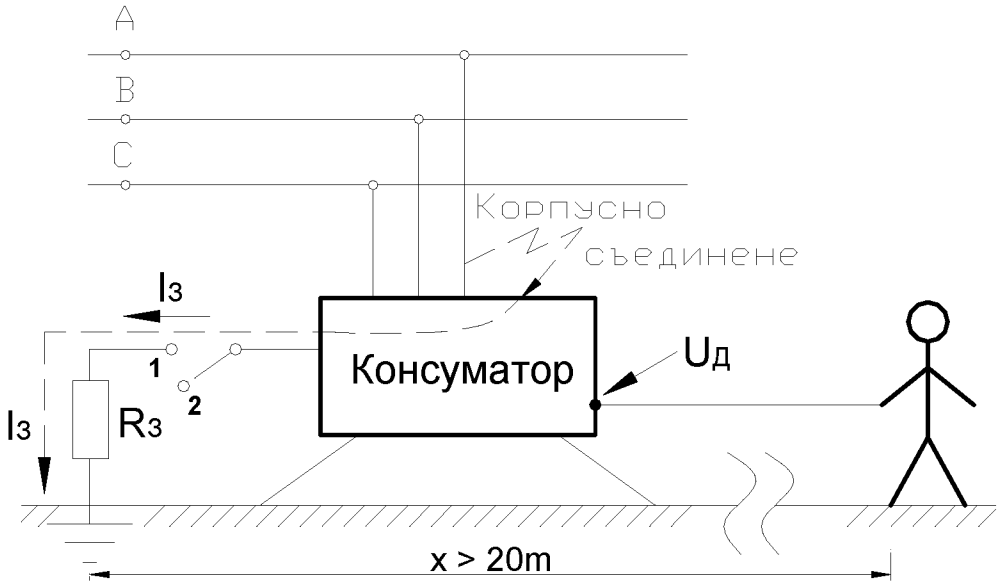
4.1.1.Принцип на действие на защитното заземяване

Принципът на действие на защитното заземяване се състои в намаляване на потенциалите на проводимите нетоководещи части и обекти спрямо земя до безопасни стойности при корпусно съединение, в резултат на протичане на тока на корпусно съединение към земя през малко съпротивление.

При анализа на мрежите по условия на електробезопасност се установи, че в мрежата “IT” с изолиран звезден център еднофазното допиране на човек до фазов проводник при наличие на земно съединение в него, довежда до попадане на човека под минимално допирно напрежение, което може да се приеме, че клони към нула в “IT” мрежи НН. Практически при защитното заземяване в такъв вид мрежи, със свързването на проводимите нетоководещи части и обекти със земята посредством заземителни инсталации, се осигурява превръщане на корпусното съединение в земно съединение и попадане човека под минимално допирно напрежение.

Това обуславя важността на мероприятията за надеждно изпълнение и експлоатация на защитното заземяване в съответствие с нормативните изисквания за осигуряване на ефективна защита от електропоражения при индиректно допиране.

Принципна схема на защитно заземяване на консуматор, захранван от трифазна трипроводна мрежа е показана на ***фиг.4.1***



Фиг. 4.1

Условието за безопасност се определя от равенството:

$$U_Д \le U_{доп} \tag{4.1}$$

където $U_Д$ е допирно напрежение, V, а $U_{доп}$ е нормативно регламентирано *допустимо допирно напрежение,* равно на 50 V по препоръка на IEC.

За изясняване принципа на действие и ефекта на защитното заземяване се разглеждат два случая, ***фиг.4.1***.

Първият случай, когато защитното заземяване е изпълнено според изискванията – положение на превключвателя *1*.

Допирното напрежение в най-неблагоприятния случай, (когато коефициентите на допирно напрежение $\alpha_1=1$ и $\alpha_2=1$) е приблизително равно на корпусното напрежение $U_{кор}$, а то на напрежението на заземителя $U_З$:

$$U_Д \approx U_{кор} \approx \varphi_З.\alpha_1.\alpha_2 = U_З \tag{4.2}$$

където $\varphi_З$, е потенциал на заземителя.

Допирното напрежение е равно на напрежението на заземителя и се определя от неговото съпротивление $R_З$, и тока през него към земя $I_З$ в анализирания случай:

$$U_Д \approx U_З = R_З.I_З \tag{4.3}$$

$$R_З.I_З \le U_{доп} \tag{4.4}$$

Следователно, намаляването на допирното напрежение до стойности по-малки от допустимото (осигуряване на *ефективна работа на заземяването*) зависи от две величини – големината на тока през заземителя и съпротивлението на заземителя. Очевидно за ефективно намаляване на допирното напрежение е необходимо и двете величини да имат малки стойности.

Токът $I_З$ се определя в най-голяма степен от вида на мрежата и неговото силно намаляване/ограничаване в редица случаи не е възможно и/или целесъобразно по технически причини и с оглед сигурна работа на защитите. Поради това намаляването на съпротивлението на заземителя придобива по-голямо голямо значение и това налага нормативно регламентиране на максималното допустимо съпротивление на заземителите $R_{доп}$.

При вторият случай – прекъсване на заземителния проводник, положение *2* на превключвателя на ***фиг.4.1***, когато практически няма защитно заземяване, не протича ток към земя и потенциалът на корпуса на консуматора е от порядъка на фазното напрежение, но винаги по-малък от потенциала на повредената фаза спрямо земя. За разглеждания най-неблагоприятен от гледна точка на безопасността случай – допирното напрежение е:

$$U_Д \approx U_Ф >> U_{доп} \qquad (4.5)$$

т.е. човек попада под напрежение почти равно на фазното и през него протича значително по-голям ток, отколкото при първия случай.

Токът към земя при корпусно съединение в различните видове мрежи е с различна стойност, което обуславя специфичните изисквания за ефективна работа на защитното заземяване при различните видове мрежи.

4.1.2. Изисквания и приложение на защитното заземяване

- ***Мрежи НН с изолиран звезден център (IT мрежи)***

Защитно заземяване на консуматор в мрежа с изолиран звезден център е показано на ***фиг.4.2***.

Токът на земно съединение $I_З$ се определя от проводимостите на трите фази Y_A, Y_B, Y_C към земя, като за симетрична система:

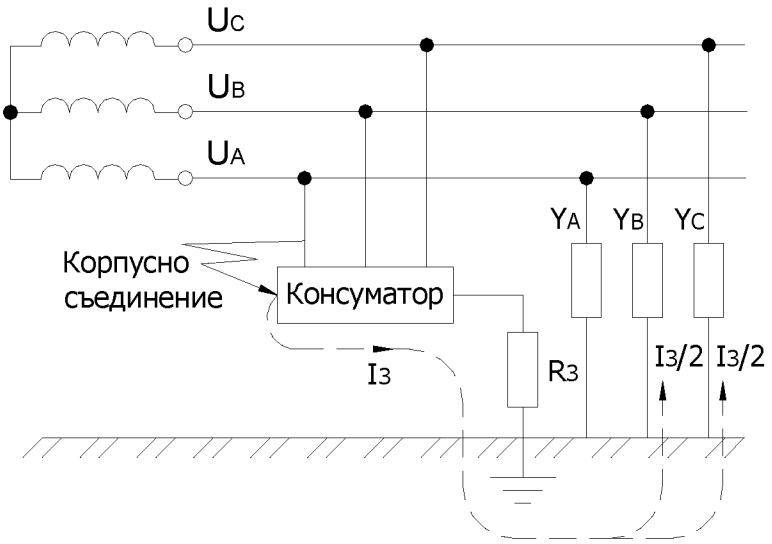
$$Y_A = Y_B = Y_C = Y \qquad (4.6)$$

и тогава: $$I_З = 3.U.Y \qquad (4.7)$$

Допирното напрежение в най-неблагоприятния случай е:

$$U_Д = I_З.R_З \qquad (4.8)$$

а ефективността на заземяването се определя от равенство (4.4).



Фиг. 4.2

В изолираните мрежи НН токът на земно съединение е много малък, тъй като съпротивлението на изолацията на фазите спрямо земя ***G***, Ω е много голямо. Това е много благоприятно за постигане ефекта на защитно заземяване.

В изолираните мрежи НН токът на земно съединение е много малък и се поставя изискването за съпротивлението на заземителя $R_З \leq 2\Omega$ а съпротивлението на заземителните магистрали и проводници до най-отдалечения заземен консуматор да бъде по-малко от 1 Ω. При тези условия е възможно приложение на защитното заземяване като самостоятелно защитно мероприятие в IT мрежите до 1000 V с изолиран звезден център..

Същевременно трябва да се отбележи, че при това приложение се проявяват два недостатъка на защитното заземяване:

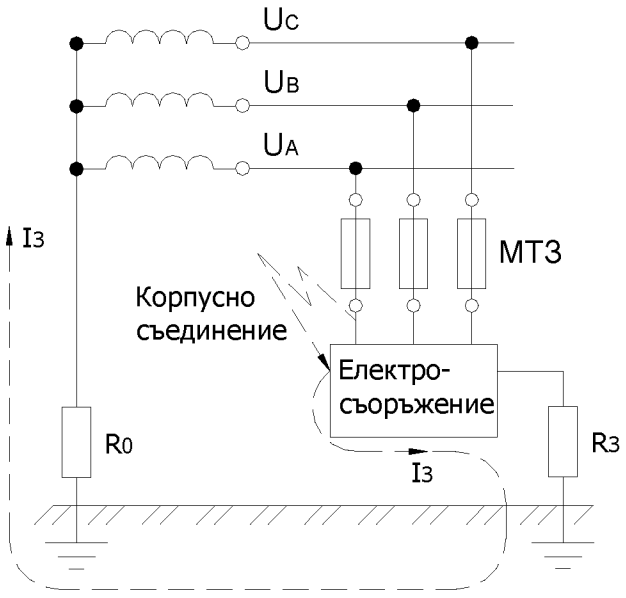
- ✓ корпусно напрежение се появява между всеки от обектите, свързани със заземителната инсталация и земята, независимо в кой от тях има корпусно съединение, и допирното напрежение е максимално при допиране на обекта, който е най-отдалечен от заземителите.
- ✓ напреженията на двете фази със здрава изолация нарастват до стойности близки до линейното напрежение, което създава предпоставки за претоварване на изолацията им, а евентуално възникване на второ корпусно/земно съединение е особено опасно, понеже допирното напрежение в такъв случай може да достигне стойност близка до линейното напрежение.

Поради тези недостатъци е необходимо едновременно със защитното заземяване да се осигури сигнализация, своевременно автоматично изключване и отстраняване на повредата, довела до корпусно съединение в една от фазите на мрежата.

- ***Мрежи НН със заземен звезден център (ТТ и TN мрежи)***

Принципната схема ТТ мрежата (с ефективно заземен звезден център и защитно заземяване на консуматорите) е показана на ***фиг.4.3***. Токът на земно съединение се определя от:

$$I_З = \frac{U}{R_0 + R_З}, \text{ А} \qquad (4.9)$$



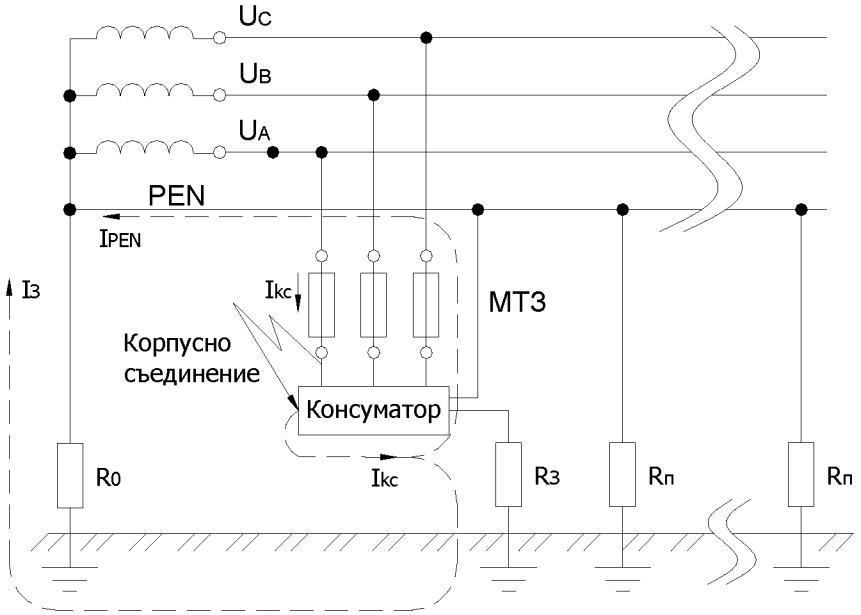
Фиг. 4.3

Съпротивленията на работното R_0 и защитно заземяване $R_З$ са малки и респективно токът $I_З$ е голям. Ограничаването на $U_Д$ под допустимата стойност е икономически неизгодно и технически трудно осъществимо само чрез защитно заземяване.

В уредбите НН, $I_З$ не е достатъчно голям за да предизвика заработване на *максималнотоковата защита* (МТЗ), която би ограничила времето на съществуване на корпусното съединение, но е достатъчно голям за да предизвика поява на опасни допирни напрежения.

Затова, мрежите НН със заземен звезден център най-често се изпълняват с изведена неутрала, наречени *TN мрежи,* показани на ***фиг.4.4*** и в тях се прилага като основно защитно мероприятие е зануляването (свързване на корпусите на консуматорите с

неутралата), или се изпълнява едновременно зануляване и защитно заземяване. Защитното зануляване се разглежда по-нататък в т. 4.3.



Фиг.4.4

- ***Мрежи с напрежение над 1000* V.**

В тези мрежи токът на земно съединение е по-голям и не може да се постигне ефекта $U_Д \le U_{доп}$ съгласно (4.1). Предназначението на защитното заземяване в такива мрежи е да се осигурят по-добри условия за заработване на защитите, реагиращи на тока на земно съединение.

Според класификацията в нормативните документи уредбите с напрежение над 1000 V са две групи:

1) Мрежи с *"малък ток на земно съединение"* $I_З \le 500$ A – това са електрически мрежи СН с изолиран звезден център и тези с компенсиран или заземен през голямо активно съпротивление звезден център. Условието за ефективна работа на заземяването при тях е:

$$\begin{cases} R_З \le \dfrac{250}{I_З} \\ R_З \le 10\Omega \end{cases} \qquad (4.10)$$

където $I_З$ в мрежи без компенсация на капацитивния ток е токът на земно съединение, а в мрежи с компенсация на капацитивните токове:

– за заземителни уредби, към които са свързани компенсиращи устройства – ток равен на 125% от номиналния ток на най-мощното от тези устройства;

– за заземителни уредби, към които не са свързани компенсиращи устройства – остатъчният ток на земно съединение, който може да се получи в дадената мрежа при изключване на най-мощното от компенсиращите устройства, но не по-малко от *30* А.

Изчислителният ток на земно съединение се определя от експлоатационната схема на мрежата, при която токът на земно съединение има най-голяма стойност.

Заземителите за защитно заземяване на уредби над *1000* V с малък ток на земно съединение могат да се използват едновременно и за защитно заземяване в мрежи НН, но при спазване на съответно на едно от следните условия:

- *В мрежи НН с изолиран звезден център:*

$$R_З \le \frac{50}{I_З} \text{ или } R_З \le 4\Omega \qquad (4.11)$$

$\boldsymbol{I_З}$ е пълният ток на земно съединение, а ако общата мощност на захранващите генератори или трансформатори не надвишава 100 kVA:

$$R_З \le 10\Omega \qquad (4.12)$$

- *В мрежи НН с директно заземена неутрала:*

съгласно ***табл.4.1***:

Таблица 4.1

$\boldsymbol{U_л}$, V	660/690	380/400	220/230
$\boldsymbol{R_З \le}$ от	2Ω	4 Ω	8 Ω

2) Мрежи ВН с *"голям ток на земно съединение" $I_З$ >500* А – изпълняват се със заземен звезден център (над 1000 V).

Токът $\boldsymbol{I_З}$ в тези мрежи е достатъчно голям и предизвиква заработване на бързодействащи защитно-изключващи устройства и незабавно изключване на повредената фаза.

Нормативното изискване за максимално допустимо съпротивление на защитното заземяване в тях е $R_З \le 0{,}5$ Ω.

4.1.3.Област на приложение на защитното заземяване

Защитното заземяване се прилага в мрежи НН за променливо напрежение над *50* V и постоянно *120* V, освен в случаи когато нормативната уредба изрично го забранява, поради прилагане на

други защитни мероприятия: двойна изолация, защитно разделяне или безопасно напрежение, и във всички мрежи с напрежение над *1000* V, независимо от режима на работа на звездния център,

- ***Устройства и съоръжения, подлежащи на защитно заземяване:***
  - ✓ Метални корпуси на въртящи се електрически машини, трансформатори, електрически апарати, осветителни тела и др., метални задвижващи механизми и приспособления на електрическите апарати, метални конструкции на комплектни комутационни устройства, ел. табла, шкафове и др., както и на техни части, които се снемат или отварят, когато на тези части е положено електрообзавеждане за напрежение над *50* V променливо и *120* V постоянно за уредби от *клас I* по електробезопасност.
  - ✓ Метални конструкции на разпределителни устройства, конструкции носещи кабели, кабелни муфи, метални обвивки и брони на контролни и силови кабели, обвивки на проводници, инсталационни тръби (канали), метални конструкции, на които се разполага електрообзавеждане, метални обвивки и брони на контролни и силови кабели положени на общи метални конструкции, включително общи тръби, и други подобни, с кабели за по-високи напрежения.
  - ✓ Метални корпуси на подвижни и преносими консуматори, електрообзавеждане, разположено на движещи се части на машини и механизми.
- ***Устройства и съоръжения, неподлежащи на защитно заземяване.***
  - ✓ Корпуси на електрообзавеждане и апарати, разположени на метални основи – конструкции на разпределителни устройства, табла, шкафове, тела на машини и механизми, които са присъединени към неутралата на захранващия източник или са заземени, при осигуряване на надежден електрически контакт на тези корпуси с основите.
  - ✓ Снемащи или отварящи се части на металните конструкции на разпределителни устройства, шкафове, ограждения и други подобни, ако по тях няма електрообзавеждане или ако работното напрежение на разположеното електрообзавеждане не превишава *50* V променливо и *120* V постоянно напрежение при *клас I по електробезопасност*;

✓ Арматурата на изолаторите на въздушни електропреносни линии и присъединяваните към нея крепежни детайли и др.

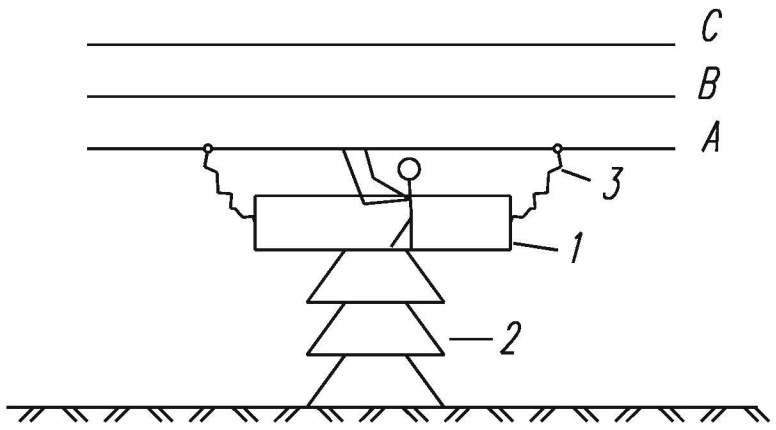
4.1.4. Изравняване на потенциалите

Изравняването на потенциалите е специфично изискване при използване на заземителни инсталации, представлява електрическо свързване на всички проводими нетоководещи части, до които човек може да се допре едновременно, и които могат да попаднат под напрежение в резултат на електрическа повреда, внесени потенциали, атмосферно електричество и др. Целта на изравняването е да се предотврати появата на опасно допирно напрежение.

Възможни са два случая на изравняване на потенциалите:

а) Изравняване на потенциала с този на тоководещата част под напрежение

Изравняват се потенциалите между площадката върху която е стъпил човека и тоководещата част върху която ще се работи (***Фиг.4.5***). Подобно изравняване се използува при работи под напрежение, които се извършват съгласно изисквания на технологични инструкции за работа под напрежение (ТИРН) при спазване на правилата за работа в режим "специален".



Фиг. 4.5. Изравняване на потенциала с този на проводника: 1 - метална платформа изолирана от земя и свързана нормено с проводника; 2 - изолатори за съответната степен на напрежение; 3 - съединителни проводници.

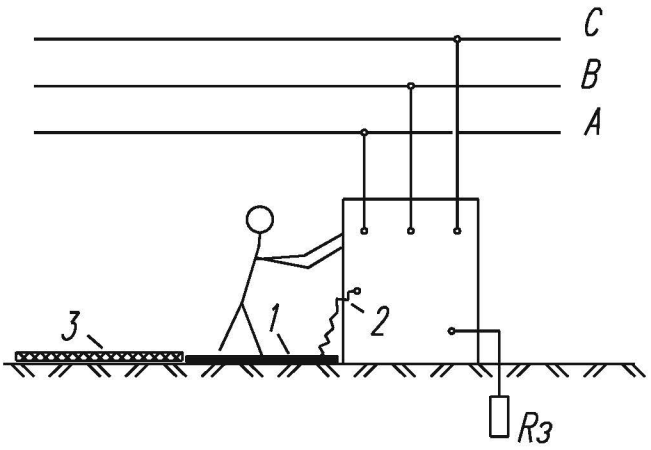
Преди допир на проводника под напрежение с помощта на изолационна щанга се свързват съединителните проводници (3), при което се изравняват потенциалите на платформата и тоководещия проводник. След това платформата се повдига на необходимата височина за извършване на работите под напрежение.

След приключване на работа платформата се сваля на безопасно разстояние от тоководещия проводник и с помощта на изолационна щанга се отсъединяват свързаните проводници.

За по-голяма сигурност срещу прекъсване или лош контакт се използуват два съединителни проводника, изпълнени от медна гъвкава оплетка със сечение не по-малко от 6 mm^2.

б) Изравняване на потенциала с този на земята или на проводими заземени части.

При корпусни и земни съединения потенциалът на заземителите и свързаните с тях проводими нетоководещи части спрямо земята може да достигне недопустимо големи стойности. За защита на хората в такива случаи се използуват проводими нормено заземени поставки (***фиг. 4.6***):



Фиг. 4.6. Изравняване на потенциала при допир до заземени части:

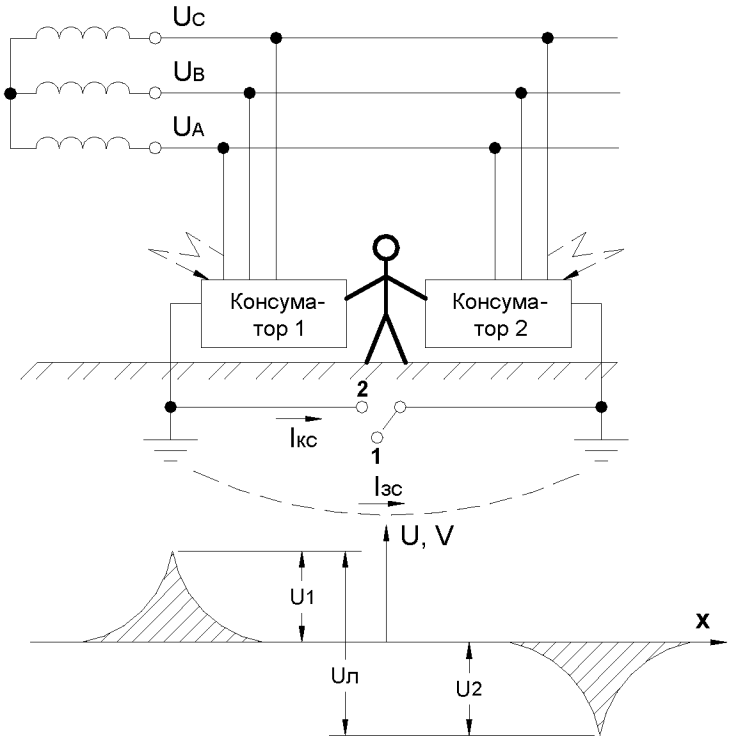
1 - метална поставка; 2 - съединителен проводник;
3 - изолационен килим.

При подобно изпълнение съществува опасност на човека при стъпване или отстъпване от металната поставка да получи крачно напрежение. Затова е необходимо да има изолационен килим (3), предотвратяващ това.

За избягване на опасността от крачни напрежения и допирни напрежения между две метални части поотделно, всички заземители се свързват в контурно заземяване, при което крачните и допирните напрежения между токопроводими метални части имат минимални безопасни големини. В местата, където могат да се получат опасни потенциали се поставят в земята (или под пода) хоризонтални лентови заземители във вид на мрежа, свързана контурното.

Ако два консуматора с метални корпуси, захранвани от IT мрежа (***фиг.4.7***) са заземени самостоятелно и разположени на разстояние,

което позволява да се допират едновременно от човек, и се появят корпусни съединения в двата консуматора към различни фази, потенциалната разлика между тях е равна на линейното напрежение $\boldsymbol{U_л}$, и човек допрял се едновременно до двата корпуса би попаднал под такова напрежение.



Фиг.4.7

Ако двете заземителни инсталации не са свързани помежду си (положение *1* на превключвателя), протичането на сравнително по-малък ток $\boldsymbol{I_{зс}}$ може да не предизвика заработване на защитата и изключване на захранването, и това създава продължително време потенциална опасност при допир. Ако двете заземителни инсталации са свързани помежду си или са изпълнени като една обща инсталация (положение *2* на превключвателя), двуфазното земно съединение ще се превърне почти в *двуфазно късо съединение*, и поради протичане на голям ток на двуфазно късо съединение $\boldsymbol{I_{кс}}$ захранването незабавно ще се изключи от защитата.

Когато съществува възможност за едновременно допиране до проводими нетоководещи части на електрически уредби, работещи с различни напрежения (например до *1000* и над *1000* V), същите се присъединяват към обща заземителна инсталация, която отговаря на изискванията за безопасност на уредбата с по-големия ток на земно съединение, ако нормативната уредба го позволява.

Мълниезащитата на сгради *II* и *III категория по мълниезщита* се заземява към заземителната инсталация за защитно заземяване, която

е с по-високи изисквания към съпротивлението за заземителите, спрямо това при мълниезащитните инсталации.

Изравняването на потенциалите е изключително важно техническо мероприятие за защита от електропоражения. Основните области на неговото приложение, са нормативно регламентирани в *Наредба No3* относно т.н. *главна и допълнителна система за изравняване на потенциалите.*

Главната система за изравняване на потенциалите в електрическите уредби с напрежение до *1000* V свързва взаимно следните проводими части:

- ✓ *защитния проводник PE или проводника PEN на захранващата мрежа, при схема TN;*
- ✓ *заземителния проводник, присъединен към заземителното устройство на електрическата уредба, при схеми IT и TT;*
- ✓ *заземителния проводник, присъединен към заземителя за повторно заземяване, ако има такъв;*
- ✓ *металните тръби на комуникации, входящи в сградата - инсталации за студена и гореща вода, канализация, отопление, газоснабдяване;*
- ✓ *металните части на конструкцията на сградата;*
- ✓ *металните части на инсталациите за централно вентилиране и кондициониране;*
- ✓ *заземителните устройства за целите на мълниезащитата, когато мълниезащитата е от втора или трета категория;*
- ✓ *заземителния проводник за функционално (работно) заземяване, ако има такова, и няма ограничения за присъединяване на веригата на работното заземяване към заземителното устройство за защита срещу поражения от електрически ток и др.*

За свързване с главната система за изравняване на потенциалите, токопроводимите части, подлежащи на изравняване на потенциалите се присъединяват към главната заземителна клема (шина) с помощта на проводници за изравняване на потенциалите.

Допълнителната система за изравняване на потенциалите свързва взаимно всички достъпни за едновременно допиране токопроводими части на стационарното електрообзавеждане и непринадлежащите (чуждите) на уредбата токопроводими части, включително достъпните за допир метални части на строителната конструкция на

сградата, а така също проводниците ***PEN*** при схема *TN* и проводниците за защитно заземяване при схеми *IT* и *TT*, включително защитните проводници на инсталационните контакти.

За изравняване на потенциалите се използват специално предвидени проводници или налични достъпни токопроводими части, ако отговарят на изискванията за защитни проводници по отношение на проводимост и непрекъснатост на електрическата верига.

4.2. Заземителни инсталации

Заземителните инсталации създават електрическа връзка между тоководещи или проводими нетоководещи части със земята и се състоят от *заземители*, *заземителни магистрали* и *заземителни (съединителни)* проводници.

Заземители могат да бъдат всички електрически проводими конструкции, които имат непосредствен контакт със земята. В зависимост от необходимата стойност на *заземителното съпротивление*, особеностите в структурата на почвата и изискванията за сигурност на заземяването може да се използват един или повече заземители, свързани помежду си.

В общия случай *заземителни магистрали* и *заземителните проводници* могат да се разглеждат общо като *съединителни проводници.* Те създават електрическа връзка между заземителите и подлежащите на заземяване обекти. Ако тези проводници са положени в земята или се допират до нея, те могат да се разглеждат и като заземители, и проводимостта им към земята е съставна част от общата проводимост на инсталацията.

4.2.1.Видове заземители

Всички проводими обекти и конструкции, имащи добър контакт със земя могат да се използват като заземители. Съобразно предназначението си заземителите биват естествени и изкуствени.

▪ ***Естествени заземители***

Естествени заземители са проводими обекти, положени в земята с някакво друго предназначение, които могат едновременно да се използват и за целите на заземяването, но само за уредби до 1000 V.

В много случаи естествените заземители напълно задоволяват изискванията, предявявани към заземителите. Те обаче са достъпни за неелектротехнически персонал, и при ремонт и реконструкции може да се наруши целостта им.

За естествени заземители могат да се използват:

✓ *Подземни кабели.* Оловните обвивки на подземните кабели имат малко съпротивление към земя, което е толкова по-малко, колкото по-голяма е дължината им. Кабелите със защитни обвивки и брони не се препоръчват за естествени заземители, поради възможна корозия и влошен контакт със земята. Алуминиевите кабелни обвивки се покриват с плътен окисен слой, който практически ги изолира от земята.

При кабели с малка дължина, може да не се отчита спадът на напрежение в обвивката, като потенциалът на заземителя се приеме за постоянен, а токът – равномерно разпределен по дължината на кабела. Кабели с дължина по-голяма от *1,5 ÷ 2* km не може да се разглеждат като еквипотенциални, защото потенциалът им като заземители и токът към земя намаляват с нарастване на дължината, което ограничава ефективната дължина на кабела като заземител. Такива кабели може да се разглеждат като заземители с разпределени параметри.

✓ *Подземни метални тръбопроводи* (ако не пренасят запалителни и взривяеми течности и газове). Обикновено *металните тръбопроводи* имат малко съпротивление. Както и при кабелите, тяхната ефективна дължина е *1,5 ÷ 2* km. Те се полагат обикновено под замръзващия слой на почвата, поради което съпротивлението им не се влияе от метеорологичните условия и се приема за неизменно. При полагане на по-малка дълбочина трябва да се отчитат сезонните изменения на специфичното съпротивление на почвата.

Тенденцията към внедряване елементи и съоръжения от синтетични материали в такива инсталации, особено водопроводните, които нарушават електрическата им цялост, ограничава използването им напоследък като заземители.

✓ *Стоманобетонни конструкции* на сгради и съоръжения, които имат постоянен и сигурен контакт със земя. Тези конструкции, положени във влажна, добре проводима почва ($\rho_n < 300$ Ωm), имат достатъчно висока и стабилна проводимост. Тя се дължи на капилярното просмукване на влага от почвата в тях. Заземяваните части се свързват с арматурата им чрез заварки. Заземителното съпротивление се измерва поне два месеца след покриването на стоманобетонните конструкции с почва, докато се стабилизира състоянието им.

Често използваната битумна замазка на такива конструкции практически не влияе на проводимостта им към почвата, тъй като порите в битума са достатъчни, за проникването на влага. Специфичното съпротивление на бетона зависи от неговия състав и обикновено се приема *1,5 ÷ 1,8* пъти по-голямо от това на почвата, в която се намира.

Например съпротивлението на цилиндричен стоманобетонен заземител може да се изчисли по:

$$R_{B.cm} = \frac{0,366.1,8.\rho_n}{l}.\lg\frac{4.l}{d}, \Omega \qquad (4.13)$$

където ***d***, m е диаметър на цилиндъра; ***l***, m е дължината на подземната част на заземителя; $\boldsymbol{\rho_n}$, Ωm е специфичното съпротивление на еднородна почва, в която е положен заземителя.

Когато се използват няколко стоманобетонни конструкции, еквивалентното съпротивление на естествения заземител се определя като на паралелно свързани елементи (групов заземител) с отчитане на взаимното им влияние.

✓ *Метални конструкции* – колони, естакади, кранови конструкции и др.

Всички носещи метални конструкции могат да се използват като заземители. Те могат да се комбинират и с изкуствени заземители, но обикновено само за изравняване на потенциалите. При тях предварително се подготвят местата за присъединяване на съединителните проводници.

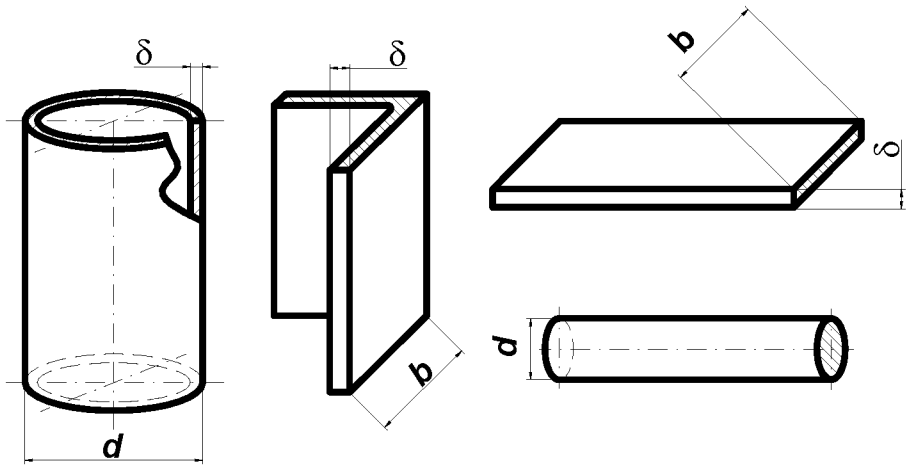
▪ ***Изкуствени заземители***

Инсталираните в земята метални конструкции, специално предназначени за осигуряване на връзка със земята, се наричат *изкуствени заземители*. У нас те се изработват най-често от поцинковани стоманени материали, а в други страни и от мед или помеднени стоманени профили.

1) Единични заземители

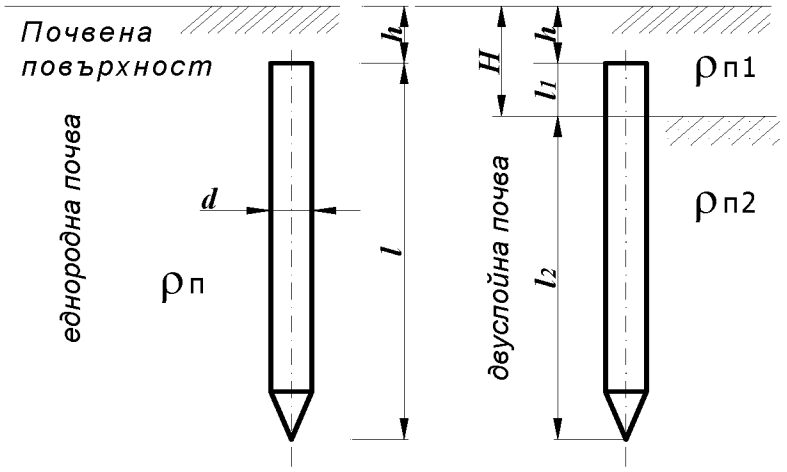
<u>*Вертикални заземители.*</u> Вертикалните заземители се полагат перпендикулярно на почвената повърхност и достигат до по-дълбоки почвени слоеве, където почвата почти не се влияе от метеорологичните фактори. Изработват се от поцинковани безшевни тръби с диаметър *d=40-60* mm или Г-профили с размер на широката страна *b=40÷63* mm и дебелина на стената *δ≥4* mm ***фиг.4.8 а)***, които

са устойчиви на огъване и позволяват набиване от повърхността на почвата или от дъното на хоризонтален изкоп – ръчно или механизирано. Дължината им обикновено е $l = 2 \div 6$ m.



а) Фиг.4.8 б)

Горният край на вертикалните заземители се разполага на дълбочина $h = 0,5 \div 0,8$ m под повърхността на почвата за намаляване влиянието на метеофакторите и вероятността от механични повреди. Инсталационен вид на вертикален тръбен заземител е показан на ***фиг. 4.9***



а) Фиг.4.9 б)

Съпротивлението на вертикаен заземител при полагане в еднородна почва със специфично съпротивление ρ_n се определя от израза:

$$R_B = \frac{0,366\rho_n}{l}\left(\lg\frac{2l}{d} + \frac{1}{2}\lg\frac{4t+l}{4t-l}\right), \Omega \qquad (4.14)$$

където t – разстояние от повърхността на почвата до средата на вертикалния заземител, m.

За профилен заземител (Г-профил) в (4.14) се полага:

$$d = 0{,}95b \text{ , m} \qquad (4.15)$$

В действителност, почвата не е еднородна и затова най-често се използва опростен двуслоен почвен модел, ***фиг.4.9 б)***.

Съпротивлението на вертикални заземители, набивани от повърхността в еднородна почва приблизително може да се определи по:

$$R_B = \frac{0{,}366\rho_n}{l} \lg \frac{4l}{d} \text{ , } \Omega \qquad (4.16)$$

Хоризонтални заземители. Хоризонталните заземители се полагат успоредно на почвената повърхност в открити хоризонтални изкопи на дълбочина *0,5 ÷ 0,8* m като самостоятелни заземители или за свързване на вертикални заземители.

Хоризонталните заземители намират самостоятелно приложение предимно при скалисти терени или такива с плитки почви, където вертикалните заземители са неприложими. Те се полагат на малка дълбочина или по повърхността на скалите и се замазват с бетон.

Изработват се от кръгла плътна (арматурна) стомана с диаметър ***d≥10*** mm или от плоска поцинкована шина с дебелина на широката страна ***b≥40*** mm, ***фиг.4.8 б)*** по съображения за корозионна устойчивост, и термична устойчивост при протичане на голям ток към земя. Определящи за заземителното съпротивление са дължината на заземителя и специфичното съпротивление на почвата.

Заземителното съпротивление $\boldsymbol{R_X}$ на единичен хоризонтален лентов заземител се определя от израза:

$$R_X = \frac{0{,}366.\rho_n}{l} \lg \frac{2l^2}{b.t} \text{ , } \Omega \qquad (4.17)$$

където:

l е дължината на хоризонталния заземител (лента), m;

b е ширината на плоска шина, m;

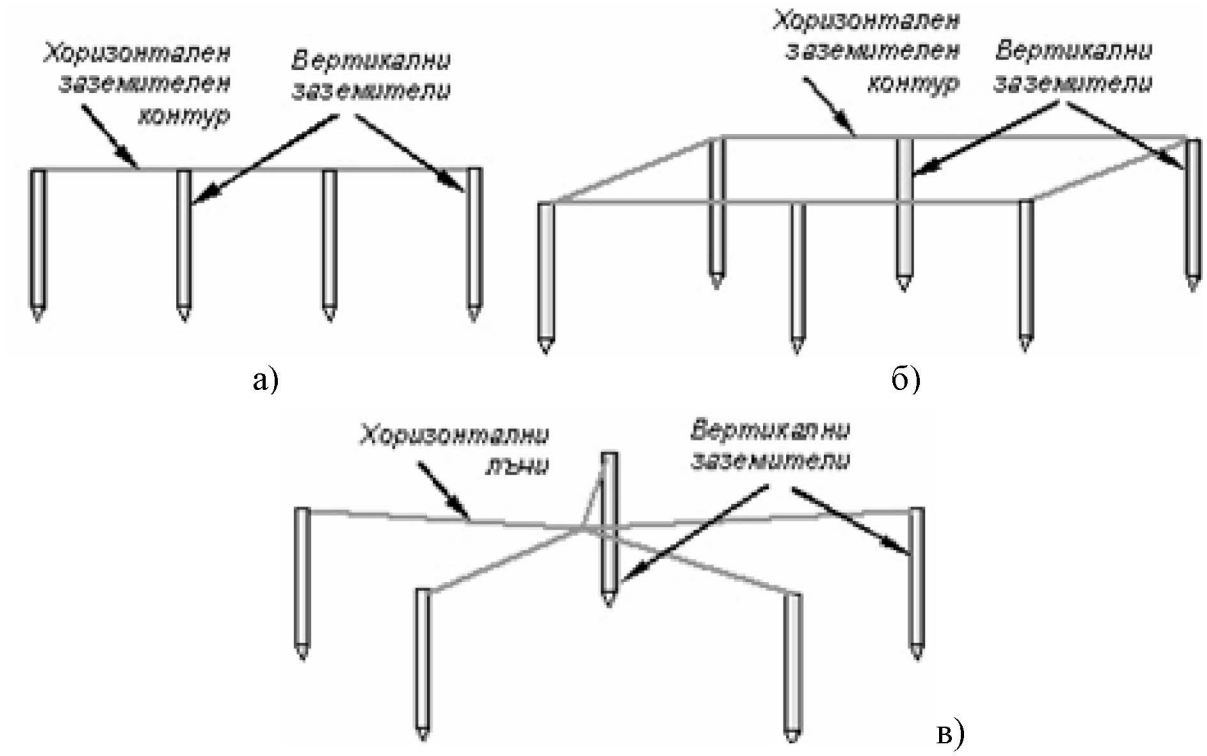
t е дълбочината на полагане, m.

Когато вместо плоска шина се използва кръгъл прът в (4.17) се полага *b=2d.*

При еднакво сечение, кръглите заземителни проводници, положени в земята, имат по-голяма корозионна устойчивост от плоските. Освен лъчевите хоризонтални заземители се използват и такива с формата на кръг, положен на дълбочина ***t***.

В практиката най-често се използват *комбинирани заземители*, съставени от вертикални и хоризонтални елементи, ***фиг.4.10.***

Всички елементи на заземителната инсталация, които са положени в земята, трябва да са устойчиви на корозия, поради което стоманените заземители се поцинковат или помедняват, а към заваръчните шевове на подземните връзки се предявяват специални изисквания.



Фиг. 4.10

Минималните размери на стоманени заземители по корозионна устойчивост са показани в ***табл.4.5***.

Таблица 4.5

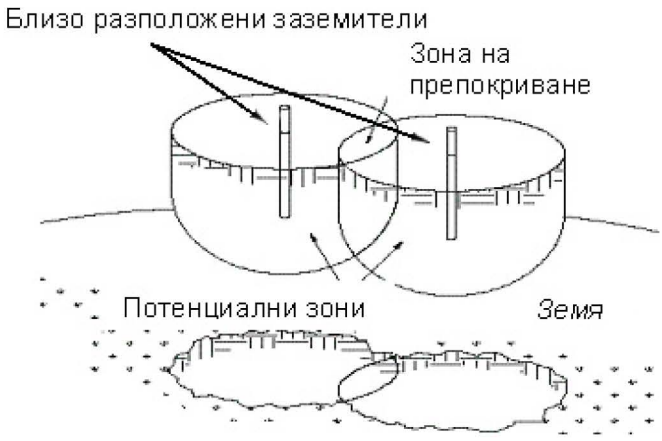
Вид на профила	*Минимални размери*
Стоманен прът	d ≥ 10 mm
Стоманена плоска шина	S ≥ 48 mm^2 и δ≥4 mm
Ъглова профилна стомана	δ ≥ 4 mm
Стоманена тръба	δ ≥ 3,5 mm

При химически агресивни почви, сеченията и дебелините на конструкциите се увеличават, и се прилага антикорозионна защита. За антикорозионна защита стоманените заземители се поцинковат.

2) Групови заземители

Груповият заземител представлява съвкупност от електрически свързани помежду си повече от един *единични заземители*. С такива заземители се постигат по-малки стойности на съпротивлението на заземителите и се осигурява и по-добро изравняване на потенциалите.

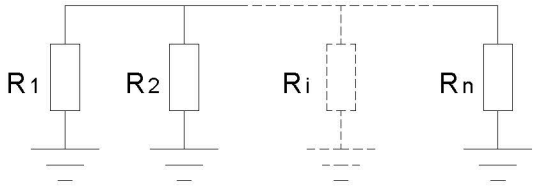
При достатъчно голямо разстояние между единичните заземители, еквивалентното съпротивление на груповия заземител $\boldsymbol{R_{гр}}$ се определя от съпротивленията на единичните заземители $\boldsymbol{R_i}$ ($\boldsymbol{n}$ на брой), като паралелно включени съпротивления, ***фиг.4.11***.



Фиг. 4.11

Единичните заземители обикновено са на по-малко разстояние един от друг, техните потенциални зони частично се препокриват и поради взаимното им влияние е непълно използването им

Коефициентът на използването им $\boldsymbol{\eta}$ реално е *0,3 ÷ 0,9.* Еквивалентното съпротивление на групов заземител се определя по:

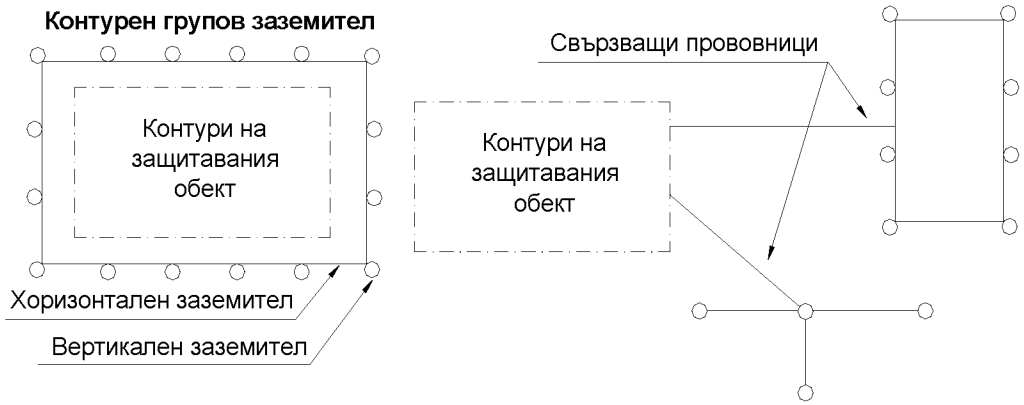


$$R_{ГР} = \frac{1}{\eta . \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i}} \qquad (4.18)$$

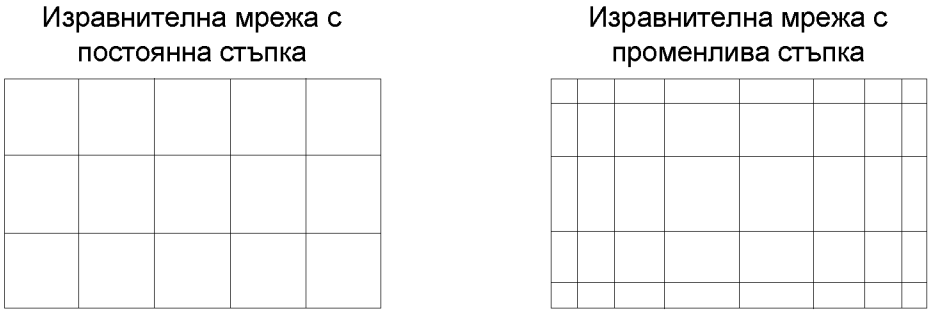
Коефициентът на използване зависи от броя на единичните заземители, техните размери, разположение и разстоянието помежду им, както и от структурата, и от специфичното съпротивление на почвата.

Груповите заземители биват *контурни* и *изнесени.*

Контурният групов заземител, ***фиг.4.12 а)*** обхваща зона покриваща всички защищавани съоръжения от откритата разпределителна уредба на територията на подстанцията, монтирана на разстояние достатъчно навътре от оградата на подстанцията, така че да се избегне достъп на хора в потенциално опасна зона извън заземителния контур, където има повишена опасност от възникване на опасни допирни и крачни напрежения. Вертикалните заземители са свързани помежду си с хоризонтални, които спомагат и за изравняване на потенциалите.



а) Фиг. 4.12 б)



а) Фиг. 4.13 б)

В уредбите ВН с голям ток към земя, изравняването на потенциалите се постигне чрез инсталиране на мрежа от хоризонтални проводници (*изравнителна мрежа*) ***фиг.4.13,*** която се свързва многократно към заземителния контур и към нея се присъединяват всички достъпни проводими нетоководещи части в територията на уредбата. Мрежата може да бъде с равномерна ***а)*** или променлива ***б)*** стъпка. В такива уредби се предвиждат специални мерки срещу изнасяне на високи потенциали извън територията на уредбата.

Изнесеният групов заземител, ***фиг.4.12 б)*** представлява група от вертикални заземители, свързани помежду си с хоризонтални, разположени на определено разстояние от защитаваните обекти. Защитаваните обекти се свързват с изнесения групов заземител чрез съединителни проводници. Недостатъци на изнесеното заземяване са неблагоприятното разпределение на потенциалите по повърхността на почвата и по-високото допирно напрежение на заземените обекти. Имат ниска ефективност при заземяване на уредби с високочестотни и импулсни токове, поради голямото индуктивно съпротивление на дългите свързващи проводници. Това се проявява и при мълниезащитното заземяване, разгледано в т.5.4, гл.V.

▪ ***Съединителни проводници***

Съединителните проводници могат да се разглеждат като магистрални, когато служат за връзка на голям брой електрически консуматори със заземителите, или индивидуални, които са предназначени само за едно съоръжение. Магистралните са стоманени и се монтират в сградите по стените или пода, но да бъдат достъпни за преглед и да са защитени от механични и химични въздействия, или извън сградите под земята.

При уредби с напрежение над *1000* V, заземителните проводници трябва да имат достатъчна термична устойчивост. При протичане на тока на земно съединение температурата им не трябва да бъде по-висока от *400* °C. Когато токът на земно съединение е до *500* A, допустимата температура е *150* °C за надземни и *100* °C за подземно положени съединителни проводници.

Връзките между съединителните проводници и заземителите се изпълняват чрез заваряване в подземната част, и по изключение с болтови съединения, ако са защитени от корозия.

Магистралните съединителни проводници в уредби с напрежение до *1000* V са най-често стоманени с минимално сечение *100* mm^2, с правоъгълна или кръгла форма, а за напрежение над *1000* V с минимално, сечение *120* mm^2. Електрическите връзки между заземителите и подлежащите на заземяване конструкции са най-малко на две места, като всяка от тях е с минималното сечение като самостоятелна.

Във веригите на съединителните заземителни проводници не трябва да се включват никакви комутационни или сигнални устройства. Всички индивидуални съединителни проводници се свързват паралелно към магистралните и се ползват само за един електрически консуматор. Последователното свързване на индивидуалните съединителни проводници е недопустимо. Всички съединителни проводници се полагат по начин, който позволява техния периодичен преглед и контрол.

4.2.2.Оразмеряване на заземителни инсталации

Понастоящем заземителни инсталации се проектират компютърно със специализиран софтуер (ETAP, CYME CYMgrd и др.). При проектгирането трябва да се определят основните конструктивни и контролни параметри на заземителната инсталация: брой, размери и разположение на елементите и съединителните проводници,

заземително съпротивление, допирни и крачни напрежения и да се направи проверка за термична устойчивост, ако е необходимо.

Оразмеряването (проектирането) на заземяващото устройство изисква обосновка и отговор на следните проблеми:

- ✓ брой на заземителите, които ще се използват;
- ✓ конструктивни особености на заземителите;
- ✓ разположение на заземителите и заземяващите проводници;
- ✓ определяне на допирните и крачни напрежения при възникване на земно съединение;
- ✓ проверка на заземяващото устройство за термична устойчивост.

За проектирането са необходими следните изходни данни:

Техническото задание за проектиране на комбинирана заземителна инсталация от естествени и изкуствени заземители има следните входни параметри:

- ✓ архитектурен план на сградата и разположение на машините и съоръженията в нея;
- ✓ данни за заземяваните съоръжения – работно напрежение, режим на работа на звездния център, нормирана стойност на съпротивлението на заземителя;
- ✓ каталожни данни и разположения на защитаваните обекти и максималните размери на терена за инсталиране на заземителите;
- ✓ специфично съпротивление на почвата и климатични условия при измерването му;
- ✓ характеристики на естествените заземители и стойност на съпротивлението им (когато нормативната уредба разрешава използването на такива);
- ✓ ток на земно съединение.

Желателно е проектирането на заземителните устройства да се извършва в определена последователност. Като препоръчителна може да се използва следната:

1) Определя се необходимото по нормите съпротивление на заземителното устройство за случаите: $\boldsymbol{R_з}$ - за защитно; $\boldsymbol{R_0}$ - за работно; $\boldsymbol{R_п}$ - за повторно заземяване. Ако проектираното заземително устройство е само с едно предназначение или само за една мрежа, тогава съпротивлението на заземителното устройство $\boldsymbol{R_{зу}}$ се подчинява на едно от неравенствата в зависимост от случая

$$R_{зу} \leq R_з$$

$$R_{зу} \le R_0, \tag{4.19}$$

$$R_{зу} \le R_n$$

При условие, че се изисква проектирането на заземително устройство, което е общо и има няколко предназначения, то съпротивлението му $\boldsymbol{R_{зу}}$ трябва да бъде по-малко от необходимото съпротивление с най-ниска стойност.

2) Измерва се съпротивлението на всички разположени в района на обекта естествени заземители. Еквивалентното съпротивление на естествените заземители $\boldsymbol{R_{ез}}$ се определя по зависимостта

$$R_{ез} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i}} = \frac{1}{\frac{1}{R_{e1}} + \frac{1}{R_{e2}} + + + \frac{1}{R_{en}}} \tag{4.20}$$

Задължително е коригирането на $\boldsymbol{R_{ез}}$ със сезонния коефициент $\boldsymbol{\varphi}$ в зависимост от климатичните условия по време на измерването му.

$$R'_{ез} = R_{ез}.\varphi \tag{4.21}$$

3) Извършва се сравняване на $R'_{ез}$ с необходимото съпротивление на заземителното устройство $R_{зу}$. Възможни са следните случаи:

$$R'_{ез} \le R_{зу}, \tag{4.22}$$

$$R'_{ез} > R_{зу} \tag{4.23}$$

В първия случай не е необходимо поставянето на изкуствени заземители, докато във втория това е наложително и проектирането продължава по отношение на изкуствените заземители.

4) Определя се необходимото съпротивление на изкуствените заземители $\boldsymbol{R_{из}}$, което включено в паралел със съпротивлението на естествените заземители $R'_{ез}$ ще осигури заложената норма за заземителното устройство т.е.

$$R_{зу} \le \frac{R_{из}.R'_{ез}}{R_{из} + R'_{ез}} \tag{4.24}$$

От неравенство (4.17) се определя необходимата стойност за $\boldsymbol{R_{из}}$**:**

$$R_{из} = \frac{R_{зу}.R'_{ез}}{R'_{ез} - R_{зу}} \tag{4.25}$$

5) Определя се видът и разположението на изкуствените заземители. Това става в зависимост от вида на почвата. Ако повърхностния слой е почва, а в дълбочина има скален слой се предпочита използването на лентови заземители. При хомогенна почва в дълбочина се използват тръбни заземители. При определяне на разположението се преценява възможността за изравняване на потенциалите.

6) Измерва се специфичното съпротивление на почвата на различни места и в дълбочина. Получената стойност от измерването се коригира с коефициента, отчитащ климатичните условия по време на измерването.

$$\rho_n^{'} = \varphi.\rho_n \tag{4.26}$$

7) Изчислява се съпротивлението на единичен тръбен и лентов заземители, за които предварително са избрани геометричните размери както следва:

- ✓ За тръбен заземител: ***d*** - външен диаметър; ***l*** - дължина на тръбата в земята:

$$R_T = \frac{0.366.\rho_n}{l} \cdot \lg\frac{4l}{d}, \Omega \tag{4.27}$$

- ✓ За линеен заземител: ***b*** - широчина на лентата; ***l*** - дължина на лентата; ***t*** - дълбочина на полагане:

$$R_Л = \frac{0.366.\rho_n}{l} \cdot \lg\frac{2l^2}{b.t}, \Omega \tag{4.28}$$

8) Определяне броя n на тръбните заземители без да се отчита проводимостта на съединителните ленти между тях

$$n = \frac{R_T}{R_{из}.\eta_T} \tag{4.29}$$

където:

n - брой на необходимите тръбни заземители (полученият резултат се закръглява до цяло по-голямо число!);

$\boldsymbol{R_{из}}$ - необходимо съпротивление на изкуствените заземители;

$\boldsymbol{R_T}$ - съпротивление на единичен тръбен заземител;

$\boldsymbol{\eta_T}$ - коефициент на използване на тръбните заземители (от таблици).

9) На базата на получения брой тръбни заземители ***n*** *се прави разполагане на същите на базата на известния архитектурен план и се уточняват разстоянията между тях;*

10) Определя се съпротивлението на съединителните ленти $\boldsymbol{R_{ЛТ}}$ *на вертикалните заземители (тръбите)*

$$R_{ЛТ} = \frac{R_Л}{\eta_{ЛТ}} \tag{4.30}$$

където: $\boldsymbol{R_Л}$ - съпротивление на съединителните ленти, което се определя от израз (4.28), като се поставят точните размери (***b*** -ширина на лентата, ***l*** - обща дължина на лентовия контур, ***t*** -дълбочина на полагане); $\boldsymbol{\eta_{ЛТ}}$ - коефициент на използване на съединителните ленти (взема се от специализирани таблици).

11) Корекция на съпротивлението на груповия вертикален заземител - Съединителните ленти изпълняват ролята на допълнителни заземители. Това води до намаляване на необходимата проводимост на тръбните заземители и позволява увеличаване на тяхното съпротивление. Новата стойност на съпротивлението на изкуствените заземители ще бъде:

$$R_T^{'} \le \frac{R_{из}.R_{ЛТ}}{R_{ЛТ} - R_{из}} \tag{4.31}$$

12) Увеличаването на съпротивлението на тръбните заземители води до намаляване на техния брой

$$n^{'} = \frac{R_T}{R_T^{'} \cdot \eta_T} \tag{4.32}$$

където:

$\boldsymbol{\eta_T}$ - коефициент на взаимно влияние на тръбните заземители при окончателен брой на тръбите $\boldsymbol{n^{'}}$;

$\boldsymbol{n^{'}}$ - закръгля се на цяло по-голямо число!

13) Сравняват се стойностите за броя на заземителите n получени от 8) с окончателния $\boldsymbol{n'}$ *от 12)*

$$q = n - n^{'} \tag{4.33}$$

където: ***q*** - брой заземители по-малко вследствие използването на съединителни ленти.

При условие, че $q<1$ не е необходима корекция на предварително определения брой n от точка 8. При $q>1$ се коригира с бройка, отговаряща на цялата част на q (ако е десетична дроб). Определя се новото разположение на заземителите и дължините на заземителните ленти. Преизчисляват се отново точки 11) и 12) като при изчислението се взема по-точна стойност за η_T, в зависимост от окончателното разположение.

14) Проверка на термична устойчивост

При големи токове през заземяващото устройство е възможно загряване на почвата, изпаряване на влагата в нея и като следствие повишаване на заземителното съпротивление. Това налага заземителните уредби с големи токове на земно съединение да се проверяват на термична устойчивост, като общата повърхност на заземителите трябва да удовлетворява условието

$$S \geq 12.10^{-7}.I_з\sqrt{\rho_n t_ф}\ ,\ \text{m}^2 \qquad (4.34)$$

където: $I_з$ - изчислителният ток на земно съединение, kA;

ρ_n - специфично съпротивление на почвата, Ωm;

$t_ф$ - продължителност на земното съединение, s.

При големи токове на земно съединение на проверка подлежи и термичната устойчивост на съединителните проводници (за уредби с напрежение над 1000 V). За начална температура на проводниците се приема 20 °C. Кратковременната температура на нагряването на проводниците не трябва да превишава 400 °C. За тази цел сечението на стоманените проводници и шини трябва да удовлетворява уравнението

$$F \geq I_з \cdot \frac{\sqrt{t_ф}}{K}\ ,\ \text{mm}^2 \qquad (4.35)$$

където: K - коефициент, който зависи от материала, от който е изработен проводника (за стомана $K=74$, а за мед $K=190$).

При сечение на съединителните проводници над 160 mm^2 и ток на земно съединение под 10 kA проверка на термична устойчивост не се прави.

15) Проверка на допирните и крачните напрежения

При условие, че са известни допустимите стойности на допирните и крачните напрежения, проверката на съпротивлението на заземяващото устройство се прави по формулите

$$R_{зу} = \frac{U_{Д.Доп}}{I_з.\alpha_1.\alpha_2}\ ,\ \Omega \qquad (4.36)$$

$$R_{зу} = \frac{U_{К.Доп}}{I_з.\beta_1.\beta_2}\ ,\ \Omega \qquad (4.37)$$

Коефициентите α_2 и β_2 за закрити помещения със сух под или открита суха почва се определят така:

$$\alpha_2 = \frac{1}{1+\frac{\rho_n}{0.64.R_h}} \qquad (4.38) \qquad \beta_2 = \frac{1}{1+\frac{\rho_n}{0.16.R_h}} \qquad (4.39)$$

За закрити влажни помещения и проводящ под коефициентите α_2 и β_2 са равни на единица.

Коефициентите α_1 и β_1 зависят от разположението на заземителите и вида на заземяващото устройство. Избират се от таблици.

Описаната последователност за оразмеряване на заземителни устройства отразява основните моменти при проектирането на заземителни устройства изпълнени с тръбни заземители с отчитане влиянието на съединителните ленти и съпротивлението на естествените заземители. Тя може да се използва успешно и при оразмеряване на заземителни устройства изпълнени с лентови заземители или комбинация от различни заземители, но при условие, че се отчитат техните специфични особености при изчисляване на отделните параметри.

4.2.3.Фактори, влияещи върху съпротивлението на заземителите

Съпротивлението на заземяване се нарича съпротивлението, което преодолява тока, протичащ през заземител в земята и не трябва да се смесва със собственото съпротивлението на заземителя като проводимо тяло.

Допустимите стойности на съпротивленията на заземителните инсталации се определят нормативно от изискванията за безопасна работа в зависимост от тяхното предназначение.

Основните фактори, от които зависи съпротивлението и ефективността на заземителната инсталация са както следва:

- ✓ *съпротивление на прехода* от заземителя към земята (съпротивление на контакта), което представлява незначителна част от общото съпротивление на заземяването, дори и при наличие на окиси по повърхността на заземителя;

- ✓ *специфично съпротивление на почвата* ρ_n, в която е положен заземителя;
- ✓ *съпротивление на заземителната мрежа* (ако има такава), което може да има активна и реактивна съставяща.

Върху реактивната съставяща оказват влияние материалът на проводниците (магнитен или немагнитен), дължината на съединителните проводници и характерът на изменение на тока.

- ▪ ***Фактори, влияещи на почвената проводимост***

Участъкът от почвата, в който са разположени заземителите, може да се състои от един, два или повече хоризонтални слоеве с различно специфично съпротивление ρ_n, Ωm. Специфичното съпротивление на почвата зависи от физико-механичните качества и структурни особености, от влажността, температурата и степента на уплътняване на почвата.

- • *Структура на почвата*

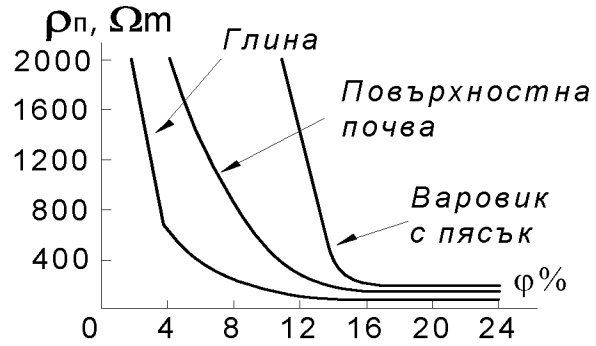
За практически цели се приема, че почвата се състои в дълбочина от два плоски паралелни слоя, които имат постоянни специфични съпротивления. Специфичните съпротивления за някои почви са дадени в ***табл. 4.2***.

Таблица 4.2

Характеристика на почвата или водата	ρ_n, ***Ωm***
Пясък с 10 – 15 % влага	100 ÷ 1000 и повече
Пясък (70 %) с глина (30 %)	150 ÷ 400 и повече
Глина	8 ÷ 70
Чернозем (Северна България)	10 ÷ 50
Чернозем (Южна България и Софийско)	7 ÷ 110
Градинска (повърхностна) почва	40 ÷ 60
Пясък (30 %) с глина (70 %)	40 ÷ 150 и повече
Камениста почва	240 и повече
Скалиста почва	1000 и повече
Морска вода	0,2
Речна вода	10 ÷ 80
Подпочвена вода	20 ÷ 70
Питейна вода	5 ÷ 60

Почвата има йонна проводимост и зарядоносителите (положителни и отрицателни йони) са подвижни само в дисоциирано (разтворено във вода) състояние, и с това е свързано протичането на ток в нея.

• *Влагосъдържание на почвата.*

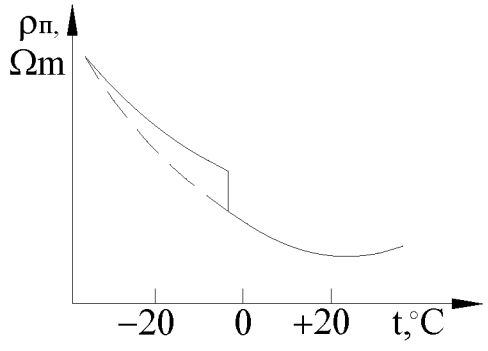


Фиг. 4.14

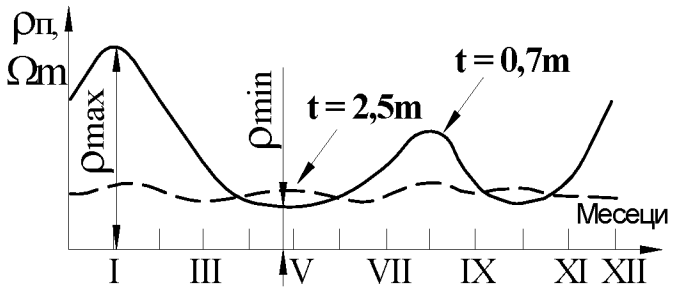
Сухата почва има сравнително голямо специфично съпротивление, независимо от съдържанието на соли. С увеличаване на влажността, специфичното съпротивление намалява пропорционално на концентрацията на разтворени йони и соли, съдържащи се в почвата. Динамика на процеса се наблюдава до достигане на относителна влажност *15-20* % в тегловно отношение, когато всички налични в почвата йони са преминали в дисоциирано състояние. Последващо увеличаване на влажността не се отразява върху специфичното съпротивление на почвата, ***фиг.4.14***.

• *Температура на почвата.*

Изменението на температурата оказва влияние върху специфичното съпротивление на почвата, предимно свързано с изпарението и със замръзване на почвената влага, при което се възпрепятства свободното движение на йоните. Докато при температури над *0* °С, нарастването на температурата от една страна води до увеличаване на разтворимостта на солите, а от друга, до изпарение на част от влагата, изменението на специфичното съпротивление е с изразен минимум при температури *25-30 °С*.



Фиг. 4.15



Фиг. 4.16

При температури под *0* °С, наличната влага в почвата изменя своето агрегатно състояние и това довежда до рязка промяна на специфичното съпротивление. Колкото по-голямо е съдържанието на соли, толкова по-голям е скокът на нарастване под *0* °С. Само при чистата дестилирана вода специфичното съпротивление на лед и вода е почти еднакво. На ***фиг.4.15*** е дадено изменението на специфичното

съпротивление на почвата в зависимост от температурата при влажност около *15* %.

Изпарението на влагата под действие на външната температура на околния въздух засяга повърхностния слой почва с дебелина *50-60* cm. Замръзващият слой в почвата е обикновено само повърхностен и зависи от климатичните условия и надморската равнище.

Влиянието на двата фактора: влага и температура се наблюдава само до дълбочина около *2,5* m. При по-голяма дълбочина, може да се приеме постоянна стойност на специфичното съпротивление, определено само от структурните особености на почвата при постоянна температура и влажност. Когато заземителите са разположени в повърхностния слой на почвата, вариациите на специфичното съпротивление са значителни.

- *Плътност на почвата.*

Специфичното съпротивление зависи от степента на уплътняване на почвата около заземителите. При нетрамбована почва, поради наличните допълнителни въздушни включвания, контактната повърхност със заземителя намалява и това довежда до нарастване на съпротивлението. Стойностите на специфичното съпротивление, давани в таблична форма, се отнасят за уплътнена почва.

- *Влияние на метеорологичните условия.*

Измененията на специфичното съпротивление на почвата са свързани със сезонните промени в метеорологичните условия. Последните зависят от географското разположение, надморската височина и други климатични показатели и за всяко конструктивно решение е необходимо да се отчитат специфичните особености. На ***фиг. 4.16*** са дадени измененията на ρ_n в зависимост от изменението на климатичните условия през годината за две дълбочини в почвата.

Докато при дълбочина *0,7* m максималната стойност на ρ_n се получава през зимния сезон - месеци I – II, то минималната стойност е измерена през пролетното овлажняване - месеци IV - V. Нарастването през месеците VII - VIII се дължи на лятното засушаване. При дълбочина *2,5* m се наблюдават незначителни изменения на специфичното съпротивление през всички сезони на годината.

▪ ***Специфично съпротивление на почвата и сезонен коефициент φ.***

Таблица 4.3

Характеристики на климатичния район и тип на заземителите	***Климатичен район***			
	1	***2***	***3***	***4***
Климатични показатели на района:				
- средна ниска зимна температура,°C	-20 ÷ -15	-14 ÷ -10	-10 ÷ 0	0 ÷ +5
- средна висока лятна температура,°C	+16 ÷ +18	+18 ÷ +22	+22 ÷ +24	+24 ÷ +26
- брой дни със замръзнала вода	170 ÷ 190	до 150	до 100	0
Стойности на сезонния коефициент:	φ			
а) вертикални заземители: l = 3 m, t = 0,7÷0,8 m	1,65	1,45	1,3	1,1
б) вертикални заземители: l = 5 m, t = 0,7÷0,8 m	1,35	1,25	1,15	1,1
в) хоризонтални заземители: l = 10m, t = 0,7÷0,8m	5,5	3,5	2,5	1,5
г) хоризонтални заземители: l = 50m, t = 0,7÷0,8 m	4,5	3,0	2,0	1,4

За оразмеряване на заземителите се взема най-неблагоприятната (най-голямата) стойност на специфичното съпротивление. Измерванията се провеждат през произволен периода от годината. За привеждане на измереното съпротивление на почвата към това, което тя би имала през най-неблагоприятния период от годината, се въвежда т.н. *сезонен коефициент* φ. Той се определя от конструкцията на заземителите и климатичните показатели и се дава в таблици, например ***табл. 4.3***.

Оразмеряването на заземителите се извършва след определяне на специфичното съпротивление на почвата в мястото на полагането им, което е ориентировъчно. Всеки заземител след инсталирането се проверява, като измерената стойност на съпротивлението му се привежда към най-неблагоприятните условия и при необходимост конструкцията се коригира според нормативните изисквания (4.40).

$$R_{Зкор} = \varphi \cdot R_{ИЗМ}, \ \Omega \qquad (4.40)$$

▪ ***Почви с високо специфично съпротивление***

При терени с голямо специфично съпротивление на почвата може да се извърши химическа обработка за подобряване задържането на влага и увеличаване на йонната концентрация около заземителя. Напоследък в някои страни това се осъществява чрез инсталиране на т.нар. йонни (химически) заземители. Те са заредени с кристални соли

и обогатяват непрекъснато контактния си обем почва с електролитни йони и по този начин намаляват специфичното й съпротивление. Друг традиционен подход е подмяна или смесване на контактния обем почва с бентонитова глина, разтворена във вода с прибавка на *3 ÷ 5 %* готварска сол.

В някои страни се използват специални смеси и т. нар. *проводими пълнежи* с висока проводимост и влагоемкост, ***табл.4.4***

Таблица4.4

Вид	ρ_m, Ωm	***Особености***
Проводими бетони	30 ÷ 90	при замръзнали и корозионно агресивни почви
Бентонит	2.5	големи вариации на съпротивлението и обема, в зависимост от влагосъдържанието
Базирани на въглерод пълнежи	0.1÷ 0.5	по-малка влагоемкост и хигроскопичност от глините, устойчиво съпротивление и обем, по-висока цена
Базирани на глина пълнежи	0.2÷ 0.8	голяма влагоемкост и хигроскопичност, сходни с бентонита

Прилагат се предимно при скалисти терени или при недостиг на място за разполагане на заземителите. Много автори посочват ефективно намаляване на съпротивлението на заземителите по този начин с около *40* %.

4.2.4.Проверка на заземителни инсталации

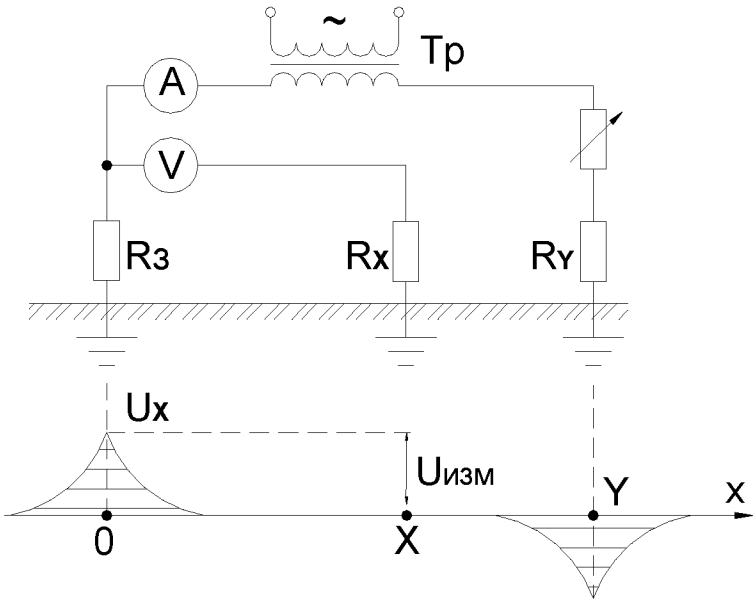
В процеса на експлоатация на заземителните инсталации е препоръчително да се извършва ежегодна проверка или най-рядко през 5 години. Проверката включва оглед на всички външни части на заземителната инсталация за установяване на корозия, нарушени/ разхлабени връзки между отделни елементи и други, и следните измервания:

- ***Измерване на съпротивлението на заземители***

Съпротивлението на заземителите се измерва по т.нар. *метод на намаляване на потенциалите* или *три точков метод,* представляващ по същество *метод с амперметър и волтметър.* Широко разпространени специализирани измервателни уреди, устроени на този принцип измерват директно съпротивлението на заземителите.

• *Метод с амперметър и волтметър.* Принципната схема за измерване е дадена на ***фиг.4.17***. Помощните електроди R_X и R_Y се

разполагат на достатъчно голямо разстояние (~ 30 m) от измервания заземител $R_З$, така че контактните им зони да не се припокриват.



Фиг. 4.17

Помощните електроди R_X и R_Y трябва да се поставят извън зоната на подземните комуникации, които може да са свързани със заземителя. За да се оцени реалната стойност на съпротивлението на заземяване се извършат няколко измервания при различно разположение на помощните електроди R_X и R_Y. Местата на измерване трябва да са поне на *5* m едно от друго. За действителна стойност на съпротивлението се приема най-голямата, получена от тези измервания:

$$R_З = \frac{U_{изм}}{I_{изм}}, \Omega \qquad (4.41)$$

При измерванията трябва да се спазват изискванията:

✓ измервателното напрежение да не е по-високо от *50* V променливо;

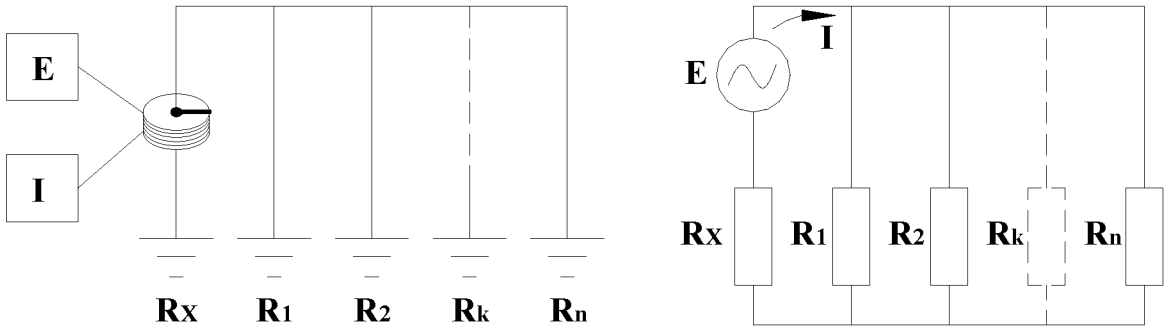
✓ волтметърът да има достатъчно голямо вътрешно съпротивление R_V, $(R_V \geq 50.R_X)$;

✓ класът на точност да бъде не по-малък от *1,5*;

✓ амперметърът да бъде включен през реостат.

В някои страни широко се използва т.н. *62%-ен метод*, при който разположението на измервателните сонди е на определени разстояния според фиг. 4.17: OX=0,62.OY и XY=0,38.OY.

• *Безконтактен измервателен метод.* Той позволява измерване на съпротивлението без разделяне на връзките между заземителите и към заземяваните обекти.



а) Фиг. 4.18.1 б)

Заземителната инсталация е симулирана с прост контур и заместваща схема на ***фиг.4.18.1***. В проверявания заземител $\boldsymbol{R_X}$ се индуктира напрежение $\boldsymbol{E}$ от измервателния уред през специален трансформатор. В същия корпус на уреда се намира и токов измервателен трансформатор, чиято първична намотка обхваща също заземителя $\boldsymbol{R_X}$ и се отчита протичащият през него ток $\boldsymbol{I}$, според уравнението:

$$\frac{E}{I} = R_X + \frac{1}{\sum_{k=1}^{n} \frac{1}{R_k}}, \Omega \qquad (4.42)$$

като обикновено:

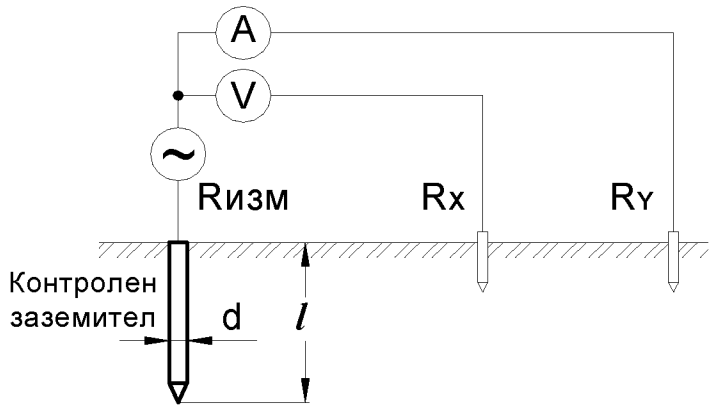
$$R_x >> \frac{1}{\sum_{k=1}^{n} \frac{1}{R_k}}, \Omega \quad \text{и съответно:} \quad R_X \approx \frac{E}{I}, \Omega \qquad (4.43)$$

Ако се измери $\boldsymbol{I}$ при $E=const$ или обратно, може да се определи съпротивлението на заземителя $\boldsymbol{R_X}$. Тези уреди имат филтър и работят при висока честота.

▪ ***Измерване на специфичното обемно съпротивление на почвата***

Измерването се извършва в различни точки на територията на заземителното поле, с цел е да се формира адекватен идеализиран почвен модел на терена. Измерената стойност се коригира чрез сезонния коефициент.

• *Метод на контролния заземител.* Състои се в измерване на съпротивлението $\boldsymbol{R_{изм}}$ на един или няколко еднакви по размери



Фиг. 4.18.2

единични вертикални заземители, положени в различни точки от заземителното поле.

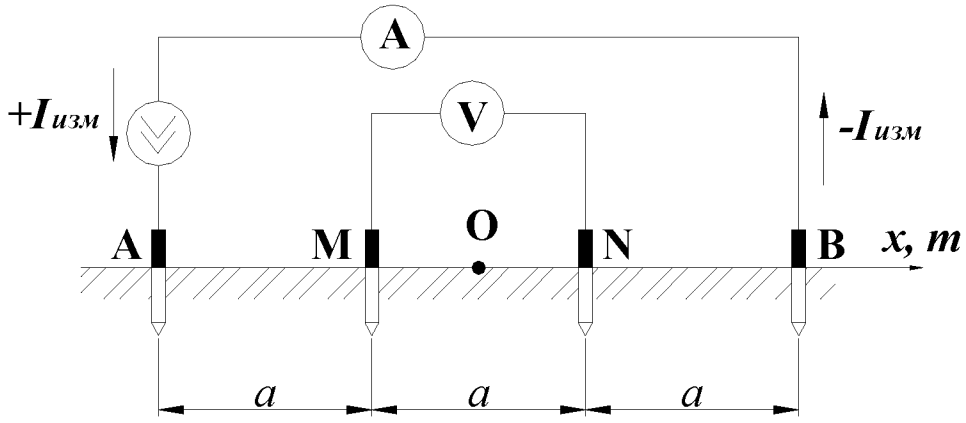
При допускане, че почвата е еднородна, без да се отчита вертикалната й нееднородност:

$$\rho_{изм} = \frac{R_{изм}.l}{0{,}366.\lg\frac{4.l}{d}}, \Omega \quad (4.44)$$

Еквивалентното специфично съпротивление на целия терен се определя като средна стойност $\boldsymbol{\rho_{изм}}$. от различните измервания и:

$$\rho_n = K_C.\rho_{изм}, \Omega m \quad (4.45)$$

• *Метод на вертикално електрическо сондиране (Метод на Wenner).* Измервателна схема е показана на ***фиг.4.19.*** При измерването може да се установи и евентуална вертикална почвена нееднородност.



Фиг. 4.19

Приема се, че разстоянието между две съседни сонди ***a*** е приблизирелно равно на дълбочината на сондиране ***h***.

Точките ***A-B***, ***M-N*** са разположени на една права, симетрично около т.***O***, която представлява център на вертикалното сондиране. Съпротивлението на почвата $\boldsymbol{R_n}$ е:

$$R_n = \frac{U_{MN}}{I_{изм}}, \Omega \quad (4.46)$$

Специфичното съпротивление на дълбочина ***a*** се получава:

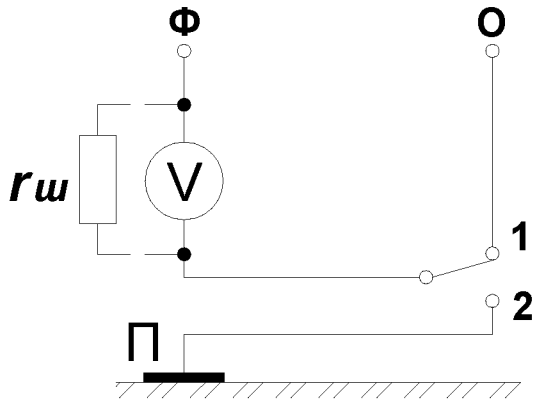
$$\rho_n = 2.\pi.a.R_n, \Omega m \quad (4.47)$$

За прецизно определяне електрическата структура на почвата в дълбочина, трябва да се направят множество измервания с увеличаване на стъпката на сондиране ***a*** (респективно дълбочината на сондиране). Дълбочината на забиване на сондите се избира ***1/20*** от разстоянието между тях ***a.***

Съвременните уреди, с които се измерва съпротивлението на заземителите се използват и за директно измерване съпротивлението на почвата R_n.

- ***Измерване на съпротивлението на пода***

Под съпротивление на пода r_n се разбира неговото съпротивление измерено през повърхност, равна на площта на двете стъпала на човека (около *800* mm^2).



Фиг. 4.20

Методът на измерване в мрежи до *1000* V със заземен звезден център е показан на ***фиг.4.20***. При измерването трябва да се спазват стриктно специфични изисквания, отразени в специално разработени инструкции за осигуряване на безопасността. Върху медната ламарина ***П*** се поставя тежест, съответстваща на теглото на човек – около *75* kg. Разликата от двете измерени напрежения в положения *1* и *2* - фазното напрежение $U_Ф$ и спада на напрежението, което допълва пада в пода до фазното напрежение U_V, се дължи на съпротивлението на пода r_n, т.е:

$$r_n = \left(\frac{U_Ф - U_V}{U_V} \right) R_V \text{, } \Omega \qquad (4.48)$$

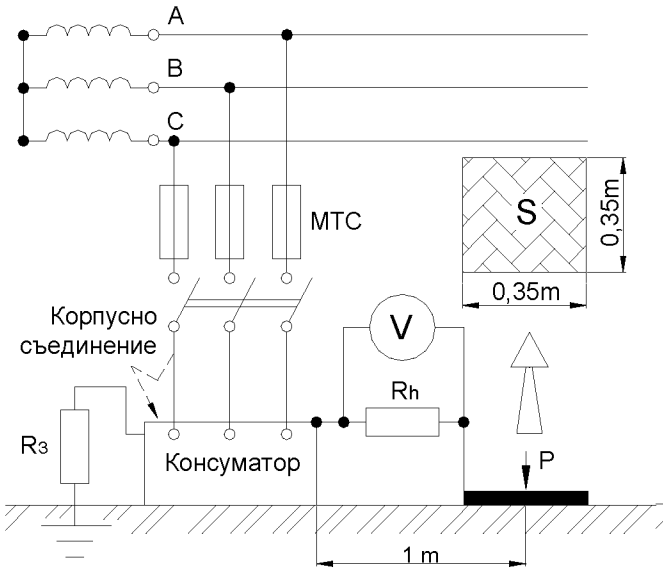
където R_V е вътрешното съпротивление на волтметъра, Ω.

Когато съпротивлението на пода е малко, може да се включи съпротивление $r_ш$ за шунтиране на волтметъра, при което в (4.48) вместо R_V участва общото съпротивление R:

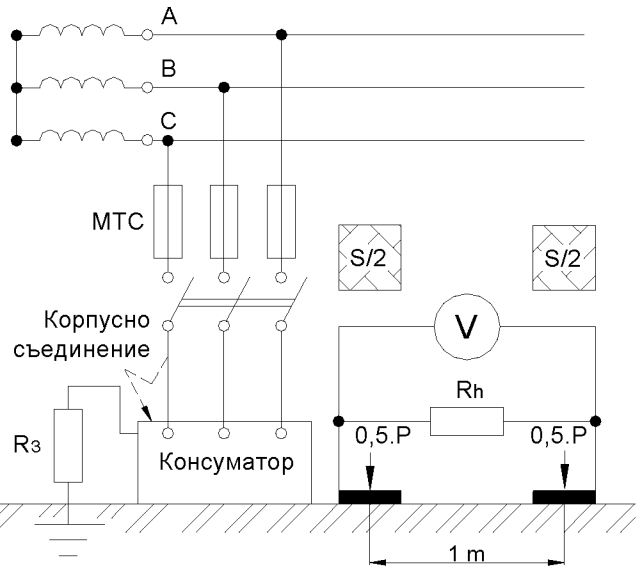
$$R = \frac{R_V . r_ш}{R_V + r_ш} \text{, } \Omega \qquad (4.49)$$

▪ ***Измерване на допирни и крачни напрежения***

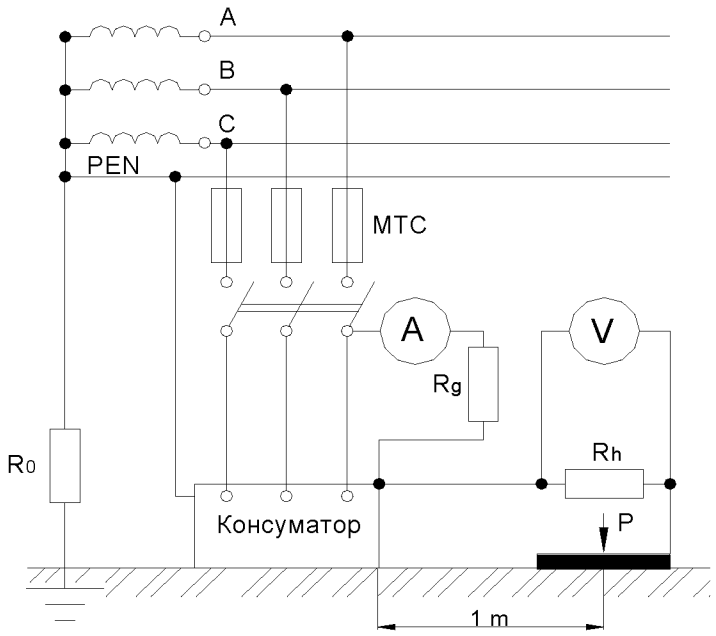
Принципната схема на измерване на допирни напрежения при мрежи с изолиран звезден център е показана на ***фиг.4.21***. Създава се изкуствено земно съединение и се измерва спадът на напрежение в имитиращото съпротивление на човек R_h =*1000* Ω. При измерването трябва да се спазват стриктно специфични изисквания, отразени в специално разработени инструкции за осигуряване на безопасността.



Фиг. 4.21



Фиг. 4.22



Фиг. 4.23

Вътрешното съпротивление на волтметъра трябва да бъде най-малко *50* kΩ. Металната плоча се притиска равномерно със сила *P= 750* N (при измерване на допирни напрежения), а при измерване на крачните напрежения се използват две плочи с по *0,5 P*, ***фиг.4.22***. Подът под плочите се навлажнява или се покрива с влажна тъкан. Ако измерването се извършва с ток на земно съединение от външен източник, което обикновено се прилага при напрежения над *1000* V, допирните и крачните напрежения трябва да се приведат към реалния ток на земно съединение по:

$$U_Д = U_{изм} \frac{I_З}{I_{изм}}, \text{ V} \qquad (4.50)$$

където $U_Д$ е действително допирно напрежение при ток на земно съединение $I_З$, V; $U_{изм}$ е измереното напрежение при ток $I_{изм}$, V; $I_{изм}$ е измерения ток на земно (късо) съединение, A; $I_З$ е действителен ток на земно (късо) съединение, A.

Принципната схема на измерване на допирно напрежение в мрежа със заземен звезден център е дадена на ***фиг.4.23***. За ограничаване на тока на корпусно (късо) съединение при измерването е включено допълнително съпротивление $R_д$, То се определя така, че напрежението на корпуса да не бъде по-голяма от *42* V. Ако импеданса на защитния контур във веригата PEN е Z_{PEN}, $R_д$ се определя от израза:

$$R_д \geq \frac{Z_{PEN}\left(U_Ф - 42\right)}{42}, \Omega \qquad (4.51)$$

където $U_Ф$ е фазното напрежение на мрежата, V.

При $Z_{PEN} > 2\,\Omega$ може да се предполага, че защитният ***PEN*** проводник е прекъснат. В този случай, от гледна точка на безопасност измерването на съпротивлението на контура фаза-нула трябва да предшества измерването на допирното напрежение.

4.3. Защитно зануляване

Защитното зануляване се прилага за защита от индиректен допир при напрежение до 1000 V за електрически мрежи с ефективно заземен звезден център.

4.3.1. Принцип и същност на защитното зануляване.

Защитното зануляване представлява преднамерено електрическо съединяване на всички проводими нетоководещи части на съоръженията с многократно заземения нулев проводник на захранващата електрическа мрежа. Електрическото съединяване на нетоководещите части трябва да се изпълни чрез сигурни връзки, които не променят своето състояние при продължителна експлоатация.

Основните цели на защитното зануляване са:

- ✓ Изключване на съответния токов кръг при повреда (пробив на изолацията, претоварване, късо съединение)
- ✓ Максимално кратко време за изключване $t_{изкл} \leq$ ***0,4*** s (за крайни вериги);
- ✓ Ограничаване на корпусните допирни напрежения до безопасна стойност.

В резултат на зануляването при пробив в изолацията на електрическите консуматори или проводници, при което нетоководещи нетоководещите метални части се оказват под напрежение спрямо земята или съседни конструкции, се създават условия за бързо изключване на захранващата електрическа мрежа (изключва се фазовият проводник). Това изключване става чрез предпазители със стопяема вложка или автоматични прекъсвачи.

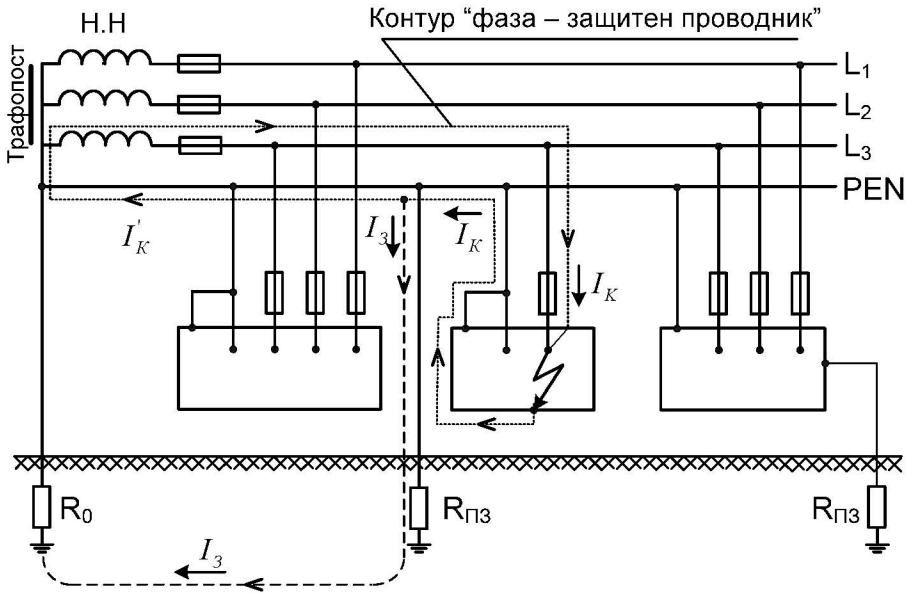
Корпусите на занулените потребители са свързани електрически към нулевия проводник на захранващата мрежа, ***Фиг. 4.24.***

Токът на еднофазно късо съединение $\boldsymbol{I_K}$ зависи от фазовото напрежение на мрежата и пълното съпротивление (импеданса) на контура „фаза-защитен проводник" z_K, в който влизат: намотката на трансформатора, фазовия проводник, нулевия проводник и включените към него паралелно съпротивления на изкуствените и естествените заземители:

$$I_K = \frac{U_\Phi}{z_\Phi + z_H + \frac{z_{0TP}}{3}} = \frac{U_\Phi}{z_K},\ \text{A}$$

$$z_K = z_\Phi + z_H + \frac{z_{0TP}}{3},\ \Omega \qquad (4.52)$$

където z_Φ - импеданс на фазовия проводник, Ω; z_H - импеданс на нулевия проводник, Ω; $\frac{z_{0TP}}{3}$ - импеданс на трансформатора за тока с нулева последователност. z_K - импеданс на защитния контур, Ω



Фиг. 4.24. Защитно зануляване при мрежи TN - C

За времетраенето на корпусното съединение (до изключване от защитата) върху корпуса на съоръжението се получава опасно корпусно напрежение:

$$U_{КОРП} = I_К \cdot z_Н, \text{ V} \qquad (4.53)$$

Ако се приеме, че $z_Н = 2 \cdot z_Ф$ поради приблизително два пъти по-малкото сечение на нулевия проводник от фазовите, допирно (корпусно) напрежение е $U_{КОРП} \approx 2/3 \cdot U_Ф$.

За намаляването му се извършва заземяване на неутралата с повторни заземители, ***фиг. 4.18***. Така освен работното заземяване на звездния център чрез съпротивление чрез съпротивление $\boldsymbol{R_0}$, нулевият проводник е заземен многократно чрез повторни заземители $\boldsymbol{R_П}$. При корпусно съединение токът на късо съединение $\boldsymbol{I_К}$ протича през зануляващия проводник, а в нулевия проводник на мрежата се разделя на токове $\boldsymbol{I'_К}$ и $\boldsymbol{I_З}$ (през повторния заземител $\boldsymbol{R_П}$), при което корпусното напрежение може да се намали до:

$$U'_{КОРП} = U_{ПЗ} = I_З \cdot R_{ПЗ} = (I_К - I'_К) R_{ПЗ}, \text{ V} \qquad (4.54)$$

4.3.2. Изисквания към защитното зануляване.

Първата група изисквания се отнася до условията на заработване на максимално-токовата защита. Верига, по която протича токът на еднофазно късо съединение, се нарича защитен контур „фаза-нула" или „фаза-защитен проводник".

За да се осъществи бързо и сигурно изключване (изгаряне на стопяемия предпазител или изключване на автоматичния прекъсвач), токът на еднофазно късо съединение $\boldsymbol{I_К}$ по тази верига трябва да бъде по-голям от тока на задействане на максимално-токовата защита с необходимата *краткост* $\boldsymbol{К}$:

$$I_К > K.I_Н \qquad (4.55)$$

където:

$\boldsymbol{I_К}$ - ток на еднофазно късо (корпусно) съединение, А;

$\boldsymbol{I_Н}$ - номинален ток на патрона на стопяемия предпазител или ток на настройка на прекъсвача за максималнотокова защита, А;

$\boldsymbol{К}$ - коефициент за определяне тока на задействане на максимално-токовата защита (коефициент на задействане).

Коефициентът на задействане $\boldsymbol{К}$ трябва да бъде най-малко 3 при стопяеми предпазители, а за пожароопасни и взривоопасни помещения да бъде 4, дори 5. На практика много често се изисква $\boldsymbol{К}$

да има стойност 8 до 12, в зависимост от типа на защитно средство (инертни и бързодействащи предпазители, както и автоматични прекъсвачи с времезащитни характеристики ***B***, ***C***, ***D***, ***K*** и ***Z***), за да се получи необходимото бързодействие на защитата – под 0,4 или под 0,2 s.

Номиналният ток на защитата (стопяемия предпазител) трябва да бъде избран според израза:

$$I_H \le \frac{U_\Phi}{K \cdot z_K}, \text{ A} \qquad (4.56)$$

и съответно

$$z_K \le \frac{U_\Phi}{K \cdot I_H}, \Omega \qquad (4.57)$$

където: z_K - пълно съпротивление(импеданс) на защитния контур, Ω;

U_Φ - фазово напрежение на мрежата, V;

I_H - номинален ток на патрона на стопяемия предпазител или ток на настройка на прекъсвача за максималнотокова защита, A;

K - коефициент за определяне тока на задействане на максималнотоковата защита (коефициент на задействане).

Като се има в предвид, че корпусното допирно напрежение съществува до изключването на късото съединение от МТЗ, времето за изключване трябва да е колкото е възможно по-кратко. Съгласно нормативната уредба максималното допустимо време за изключване на късото съединение при крайни вериги е прието **0,4 s**.

Според "НАРЕДБА № 3 от 9.06.2004 г. за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии" не се допуска при схема ***TN*** времето за автоматично изключване на захранването да превишава стойностите, посочени в ***табл. 4.4.*** Тези времена се считат за достатъчни за осигуряване на защитата срещу поражения от електрически ток, включително при групови вериги, захранващи подвижни и преносими електропотребители и ръчни електро-инструменти от *клас I на защита* срещу поражения от електрически ток.

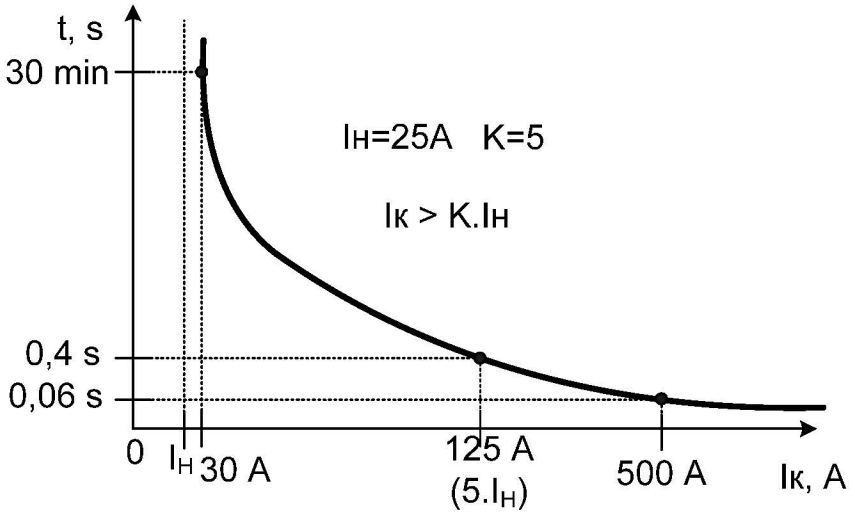
За вериги, захранващи разпределителни, групови, етажни и други табла, както и при захранване на мощни стационарни консуматори, времето за изключване не трябва да превишава *5* s.

Таблица 4.4

Номинално фазно напрежение на мрежата, V	*Максимално време за изключване,* s
220 (230)	0,4
380 (400)	0,2
над 380 (400)	0,1

Времето за изключване е обвързано с коефициента на задействане на защитата (кратност на тока на к.с. спрямо номиналния ток на изключване на МТЗ), понеже големината на времето за изключване зависи обратнопрпорционално от големината на тока на к.с.(***фиг. 4.25***)

Това е т.н. времетокова характеристика на защитното устройство.



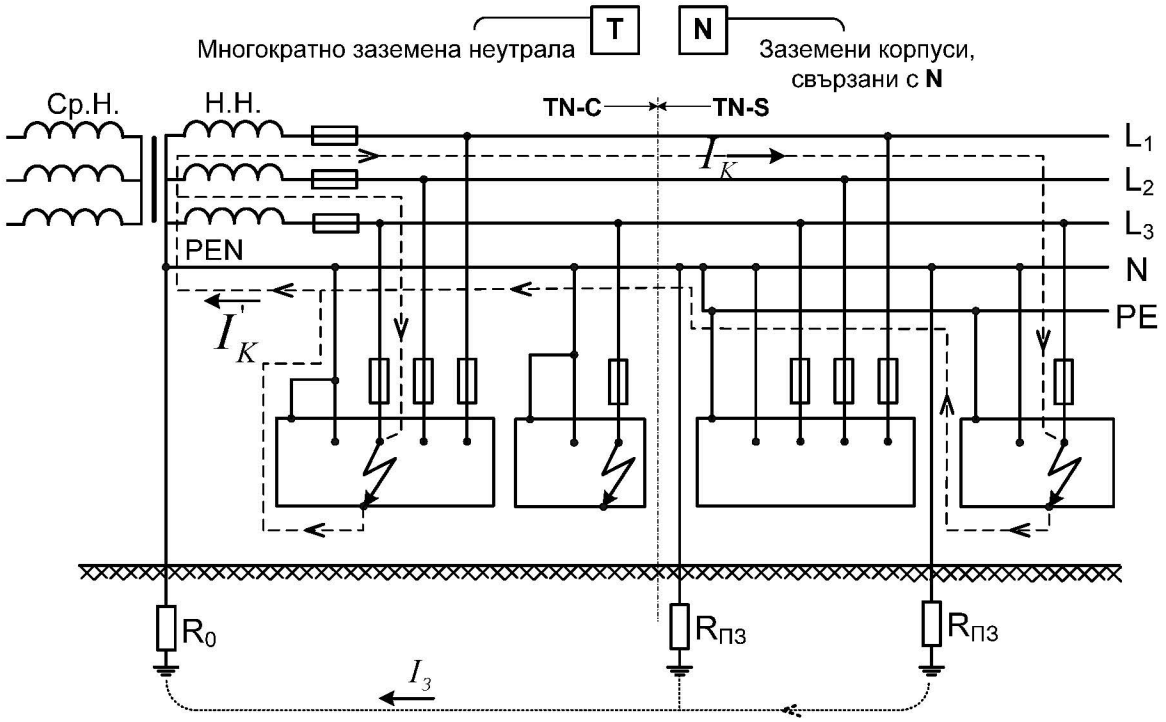
Фиг. 4.25. Примерна време-токова характеристика на стопяем предпазител

На ***фиг. 4.26*** е показано изпълнение на защитно зануляване на трифазни и еднофани консуматори при двата вида широко използвани в нашата страна електрически мрежи тип **TN – C** и **TN – S**

В последните години според Наредба №1/2010 г., при проектиране и изграждане на електрически инсталации НН в нови сгради е задължително изпълнението на инсталацията тип ***TN-C-S***. До главното електрическо табло на сградата захранващият кабел от електроразпределителното предприятие е по система ***TN-C*** (три фазови проводника и един обединен ***PEN*** – нулев и защитен проводник). В главното ел. табло обединеният ***PEN*** проводник се заземява повторно и се разделя на два отделни проводника ***N*** – работен нулев проводник и ***PE*** – защитен проводник за нуждите на защитното зануляване. По този начин към етажните ел. табла и крайни консуматори отиват 3 проводника (***L*** – фазов проводник, ***N*** - работен нулев проводник и ***PE*** – защитен проводник) за еднофазна инсталация и съответно 5 проводника (***L1, L2, L3*** – 3 фазови

проводника, ***N*** - работен нулев проводник и ***PE*** – защитен проводник). За нормалната работа на инсталации тип ***TN – S*** (***TN –C– S***) е нужно да се спазват следните изисквания:

- ✓ Не се позволява обединяване на нулевия работен ***N*** проводник и защитния ***PE*** проводник след тяхното разделяне в главното табло;
- ✓ Работният нулев ***N*** проводник служи само за захранване на консуматорите и не е позволено да се използва за зануляване;
- ✓ Защитният ***PE*** проводник с жълтозелена изолация се използва само за нуждите на защитното зануляване и не се допуска той да се използва за захранване на консуматори.



Фиг. 4.26. Защитно зануляване при ел. мрежи тип TN-C и TN-S

Втората група изисквания се отнася до повторното заземяване. Нулевият проводник се заземява многократно чрез повторни заземители, които се монтират съгласно следните изисквания:

- ✓ На всеки 250 метра на въздушни електропроводи НН се поставят повторни заземители;
- ✓ В края на електропроводите се поставят задължително повторни заземители;
- ✓ На отклонения с дължина над 200 метра се прави повторно заземяване на нулевия проводник.
- ✓ При главното силовото табло на всяка сграда;

✓ Нормената стойност на съпротивлението на повторен заземител за мрежи до 1000 V е 10 Ω или $R_{\Pi} \leq 30$ Ω, ако защитния проводник е заземен най-малко на три места.

4.3.3. Проверка на ефективността на защитното зануляване

Проверката обхваща:

а) Технически преглед, който е задължителен при въвеждане в експлоатация, след ремонти, преустройства и аварии и обхваща визуален оглед за наличие на защитни клеми, тяхно означаване и наличие на присъединени към тях защитни проводници.

- ✓ Изолираните защитни проводници трябва да имат цветова маркировка (жълти и зелени ивици) на защитната изолация;
- ✓ Във веригата на зануляването не се допуска поставяне на комутиращи апарати (прекъсвачи и предпазители);
- ✓ Не се допуска последователно свързване на консуматори в занулителната верига;
- ✓ При трифазни консуматори трябва да се използват четирижилни кабели, а за захранване на еднофазни консуматори трижилни кабели;
- ✓ При подвижни консуматори захранващите кабели трябва да бъдат с щепселни съединения със защитна клема (щифт) тип "шуко";
- ✓ Защитните(зануляващи) проводници трябва да имат минимално сечение, не по-малко от стойностите според ***табл. 4.5***:

Таблица 4.5

Заземителен (зануляващ) проводник	***Минимално сечение, mm²***	
	меден	***алуминиев***
неизолиран	4	10
изолиран	1,5	2,5
защитни жила на кабели и шнурове	0,75	2,5

б) Контролни измервания

Контролните измервания се извършват, когато се провежда технически преглед и периодично не по-рядко от един път на три години и обхващат:

- ✓ Измерване на общото съпротивление на неутралния (нулевия) проводник и свързаните към него естествени и изкуствени

заземители към земя. Това съпротивление не трябва да превишава 2 Ω;

- ✓ Измерване на импеданса на контура, "фаза – неутрален (защитен) проводник", чиято големина не трябва да превишава граничните стойности определени от израз (4.58):

$$z_K \leq \frac{U_\Phi}{K \cdot I_H}, \Omega \qquad (4.58)$$

Резултатите от измерванията се вписват в специални протоколи за резултата от измерването. Съвременните измервателни уреди, например от типа ***PU 180*** за измерване на импеданса на контура фаза-защитен проводник имат предимството, че стационарни съоръжения или токови кръгове подлежащи на контрол не се изключват от електрическата мрежа при измерването, т.е. измерванията се осъществяват под напрежение.

Нормативни стойности за коефициента на задействане ***K*** се определят от вида на предпазителите, номиналния ток на вложката и др., например:

– за стопяеми предпазители от 10 А до 25 А от всички времетокови характеристики $\boldsymbol{K = 7}$;

– за стопяеми предпазители от 35 А до 63 А от всички времетокови характеристики $\boldsymbol{K = 10}$;

– за всички видове вериги, защитавани от автоматични триполюсни и еднополюсни прекъсвачи от 6 до 63 А, ***K*** се приема в зависимост от тяхната времетокова характеристика както следва:

– за характеристика B: $\boldsymbol{K = 5}$;

– за характеристика C: $\boldsymbol{K = 10}$;

– за характеристика D: $\boldsymbol{K = 20}$;

– за характеристика K: $\boldsymbol{K = 14}$;

– за характеристика Z: $\boldsymbol{K = 3}$;

4.4. Защитно изключване

4.4.1.Общи сведения и изисквания към защитното изключване

Защитното изключване представлява основно защитно мероприятие за предотвратяване на поражения от електрически ток при индиректен допир. В мрежи със заземен звезден център, защитното изключване

осигурява безопасност при корпусно съединение, а също и при понижение на съпротивлението на изолацията на мрежата спрямо земята под определена стойност. В мрежи с изолиран звезден център, защитното изключване може да осигури освен това и безопасност в случай на директно допиране до тоководещи части. Особеностите на защитата зависят от типа на защитното изключване и параметрите на мрежата.

Защитното изключване осигурява бързо и едновременно изключване на всички фази, т.е. цялото захранване в мрежата или в участъка, в който е възникнала повреда или изключване захранването към повредения консуматор. Изключването на цялото захранване и голямо предимство на това мероприятие в сравнение със зануляването, при което се прекъсва захранването само в повредената фаза, когато МТЗ е изпълнена с предпазители.

Защитното изключване (ЗИ) се осъществява със защитно-изключващи устройства (ЗИУ) състоящи се от чувствителен елемент (сензор, датчик, преобразувател), междинни елементи и изключващия апарат (контактор, автомат, изключвател, прекъсвач). ЗИ трябва да отговаря на следните основни изисквания:

▪ *Бързодействие*. Пълното време на изключване $t_{изкл}$. (периодът от време от момента на възникване на повредата до момента на изключване на захранването от изключващия апарат) е сумата от времето на реагиране на датчика $t_д$, времето на предаване на сигнала $t_с$ и времето на действие на изключващия апарат (прекъсвач) $t_П$:

$$t_{изкл} = \underbrace{t_д + t_с}_{t_З} + t_П = t_З + t_П \text{, s} \qquad (4.59)$$

Времето на изключване на прекъсвача $t_П$ от своя страна има две съставящи: собствено време на изключване $t_{СВ}$ – време на подаване на изключващия импулс на бобината за управление и време за горене на дъгата $t_Г$:

$$t_П = t_{СВ} + t_Г \text{, s} \qquad (4.60)$$

Общо време на изключване на защитата не трябва да бъде по-голямо от регламентираното от съответния нормативен документ.

▪ *Чувствителност*. Защитата трябва да реагира на малки стойности на входните величини. Високочувствителните и бързодействащи защити могат да осигурят дори безопасност при непосредствено допиране до части, намиращи се нормално под

напрежение. Те обаче са сложни, скъпи и изискват много високо ниво на профилактика и контрол, и много добро състояние на електрическите мрежи и съоръжения, за да могат да бъдат прилагани.

▪ *Селективност*. Това е способността на защитното изключване да изключва само повредената част от мрежата или само повредения консуматор.

▪ *Самоконтрол*. Състои се в способност на защитата да реагира на собствените неизправности и това да предизвиква изключване на защитаваното съоръжение. Съществуват защити с непрекъснат самоконтрол, с периодичен контрол от обслужващия персонал, и такива които се контролират само чрез измерване.

Самоконтролът е задължителен за защитно изключващи устройства, прилагани като самостоятелна (единствена) защита от електропоражения.

▪ *Сигурност*. Характеризира постоянната готовност на защитата за действие при всички случаи на нарушаване на нормалния режим, като не реагира при преходни процеси и колебания на напрежението в допустимите граници.

За да изпълни защитното изключване своята функция времето за изключване на защитата трябва да се избере съобразно допустимата максимална стойност на тока през човек при допир до корпус под напрежение (или при директен допир до тоководеща част). Големината на входящия сигнал и времето за изключване, са определящи при избора на апарати за защитно изключване.

В зависимост от входящия сигнал защитно изключващите апарати (устройства) /ЗИУ/, се разделят на аналогови и цифрови (статични). Много широко приложение в практиката засега намират аналоговите ЗИУ. Те се подразделят на:

➢ ЗИУ с напреженов входящ сигнал, които реагират на:
- корпусно напрежение;
- напрежението с нулева последователност;
- изменение на фазното напрежение по отношение на земя.

➢ ЗИУ с токов входящ сигнал, които реагират на:
  – ток на земно съединение;
  – ток с нулева последователност;
  – постоянен оперативен ток.

Съществуват и други типове защити - с вентилни схеми, с комбинирани апарати, реагиращи на повече от един входящ параметър и др.

Защитното изключване се прилага като самостоятелна (единствена) защита, като основна защита, освен която има и друга допълнителна защита, или допълнителна защита към защитното заземяване или зануляване.

Защитното изключване е оптимален начин за защита при електрически уреди и съоръжения, които трудно подлежат на защитно заземяване или защитно зануляване или съществува опасност от допир до тоководещи части – например при подвижни електрически уредби, а също и в стационарни уредби, разположени върху терени с голямо съпротивление на почвата, изпитвателни уредби и др. Защитното изключване е сигурна защита за ръчни електрически инструменти и машини.

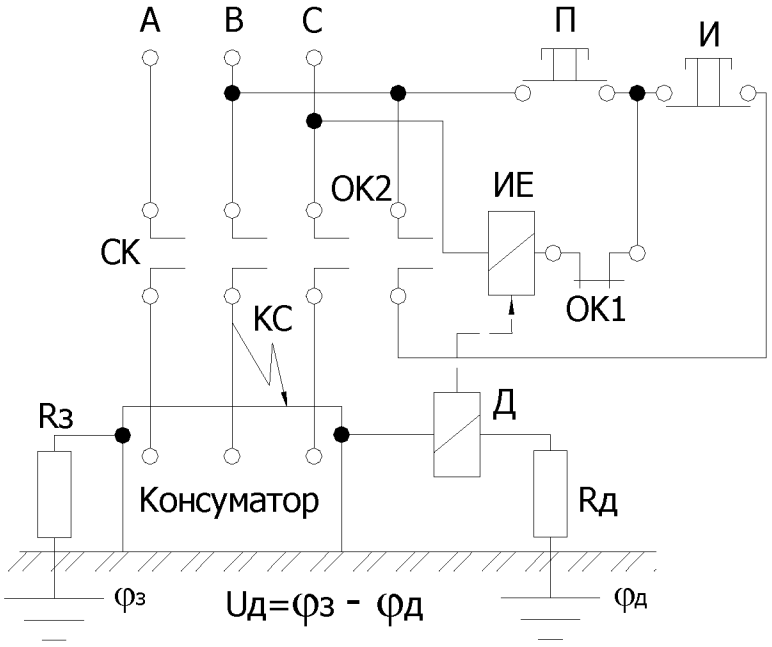
4.4.2.Защитно-изключващи устройства с напреженов сигнал

- ***ЗИУ реагиращи на корпусно (допирно) напрежение***

Този вид защита реагира на появата на напрежение на корпуса на електрическите устройства и съоръжения, и е допълнителна защита към защитното заземяване или зануляване. Използва се в ***IT, TN*** и ***TT*** мрежи, най-често при подвижни електрически уредби, поради необходимостта от допълнително заземяване. Принципната схема на такова ЗИУ е показана на ***фиг.4.28***. Измервателният елемент на защитата – *напреженово реле (НР) (датчика* ***Д)*** е включено към корпуса на защитавания консуматор и допълнителен заземител $R_д$. Допълнителният заземител трябва да бъде извън контактната зона, на основния защитен заземител $R_З$ или на заземяването на нулевия проводник $R_П$.

Защитата се включва посредством натискане на бутона със самовъзвръщане ***П***, при което оперативната верига на уреда се затваря от фаза В, през нормално затворения контакт на НР, през намотката на *изпълнителния елемент* ***ИЕ*** към фаза С. Затваря се и шунтиращият контакт ***ОК2***, който поддържа веригата на ***ИЕ*** след освобождаване на бутон ***П*** и едновременно с него се затварят силовите контакти ***СК***, с което се захранва консуматора.

Консуматорът може да се изключи ръчно чрез натискане на изключващ бутон със самовъзвръщане ***И***.



Фиг. 4.28

При поява на корпусно съединение, върху корпуса възниква *корпусно напрежение* $\boldsymbol{U_K}$, определено от съпротивлението на защитния заземител $\boldsymbol{R_З}$ и тока през него към земя $\boldsymbol{I_З}$, а НР (*датчикът* ***Д***) директно измерва $\boldsymbol{U_K}$. Ако $\boldsymbol{U_K}$ превишава настроеното напрежение на *изключване на защитата* $\boldsymbol{U_{ИЗ}}$ заработва ***НР***, отваря се неговия контакт във веригата на ИЕ, прекъсва се захранването на бобината на ***ИЕ***, отварят се силовите контакти ***СК*** и се прекъсва захранването към консуматора. Шунтиращият контакт ***ОК2*** също се отваря.

Напрежението на задействане на защитата $\boldsymbol{U_{ИЗ}}$ се избира съобразно параметрите на схемата и допустимата стойност на допирното напрежение на защитата според уравнението:

$$U_{ИЗКЛ} = U_{доп}\left|\frac{Z_Д}{\left(Z_Д + R_д\right)\alpha_1.\alpha_2}\right|, \text{ V} \qquad (4.61)$$

където:

$\boldsymbol{U_{ИЗКЛ}}$, V е настроеното напрежение на изключване на защитата;

$\boldsymbol{U_{доп}}$, V е допустимото допирно напрежение;

$\boldsymbol{Z_Д}$, Ω е пълното съпротивление на датчика;

$\boldsymbol{R_д}$, Ω е съпротивлението на допълнителния заземител;

$\boldsymbol{\alpha_1}$ и $\boldsymbol{\alpha_2}$ са коефициенти на допирно напрежение.

Допустимата стойност на допирното напрежение се определя при най-неблагоприятни условия - когато човек е стъпил вън от

контактната зоната и допълнителните съпротивления на обувките и основата, върху която стои са малки. Тогава коефициентите на допирно напрежение $\alpha_1 \approx 1$ и $\alpha_2 \approx 1$.

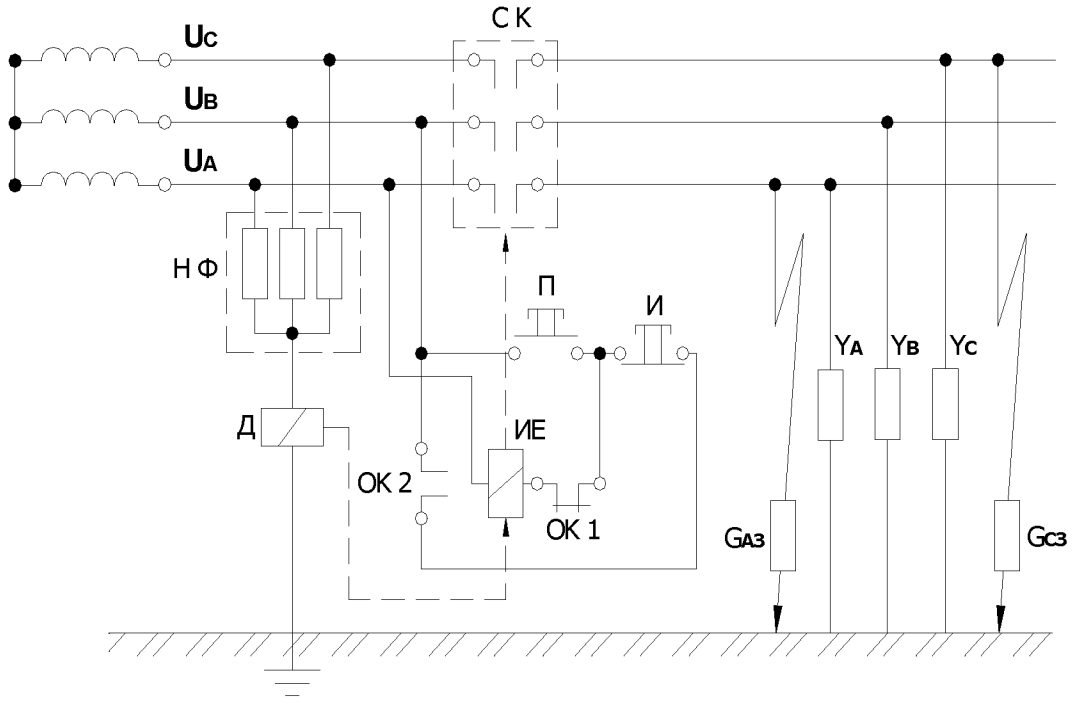
За случаите, когато работното място на човека е в близост до заземителя $\boldsymbol{R_3}$ и обувките му са с голямо съпротивление, тогава $\alpha_1 < 1$ и $\alpha_2 < 1$, и това трябва да се отрази при определянето на $\boldsymbol{U_{доп}}$ в (4.73) и настройване на защитата.

Предимства на това ЗИУ са простата схема и сигурност на защитата. Недостатъците й са необходимостта от допълнително заземяване и липса на самоконтрол. Промяната на съпротивлението $\boldsymbol{R_0}$ от атмосферните условия може да доведе до изменение на напрежението на заработване на защитата.

Този вид ЗИУ се наричат предпазно напреженови защити или предпазно напреженови защитни прекъсвачи (ПНЗП) и са особено подходящи за защита на отделни/единични консуматори, захранвани от мрежи НН с изолиран звезден център или автономни източници (двигател-генератори).

- ***ЗИУ реагиращи на напрежение с нулева последователност***

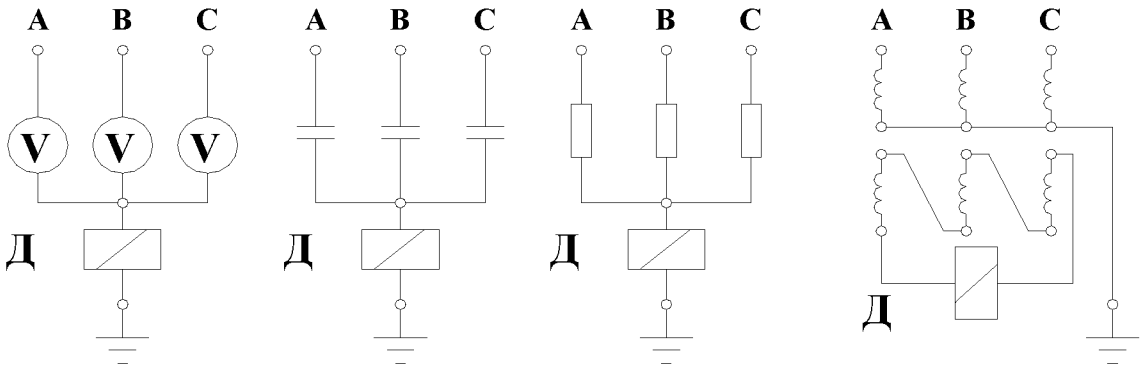
Това ЗИУ предотвратява опасността от електропоражение при еднофазно или двуфазно земно съединение и при еднофазно корпусно съединение. Защитата не предпазва човек при директно допиране до фазен проводник или при земно съединение през голямо съпротивление към земя. Принципната схема на този вид ЗИУ е дадена на ***фиг.4.29***.



Фиг. 4.29

Намира приложение в трифазни мрежи с изолиран звезден център с напрежение до 1000V, малка разклоненост, голямо съпротивление на изолацията и малък капацитет по отношение на земя.

Напреженовото реле НР (датчика Д) се включва между филтър за напрежение с нулева последователност (***ФННП)*** и земята. Различни ***ФННП*** са показани на ***фиг.4.30***. При регистриране на напрежение с нулева последователност спрямо земя по-голямо от настроеното, релето за напрежение РН(***Д***) сработва и отваря нормално затворения си контакт ***ОК1*** при което се, прекъсва се захранването на бобината на контактора (***ИЕ***) и се прекъсва захранването към повредената част на линията. Чрез бутон ***П***, защитата може да се включи отново, а с бутон ***И*** да се изключи или да се тества за неизправност.



Фиг. 4.30

Настройката на защитата се прави на базата на напрежението с нулева последователност U_0 на трифазната симетрична система:

$$U_0 = U_\Phi \frac{Y_A + a^2 Y_B + a Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_0}, \text{ V} \qquad (4.62)$$

където Y_A, Y_B, Y_C са проводимости на всяка от трите фази към земя, Y_0 е пълната проводимост на нулевия филтър към земя, a е фазният оператор ($a = 1\angle 120^\circ$ и $a^2 = 1\angle -120^\circ$), а U_Φ е фазното напрежение.

При еднофазно земно съединение, например на фаза *А* ***фиг.4.29***, с проводимост $G_{АЗ}$ и допускане, че $Y_A = Y_B = Y_C = Y$:

$$U_0 = U_\Phi \frac{Y_A + a^2 Y_B + a Y_C + G_{АЗ}}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_0 + G_{АЗ}} = U_\Phi \frac{G_{АЗ}}{3.Y + Y_0 + G_{АЗ}} \qquad (4.63)$$

Обикновено в мрежи с изолиран звезден център $G_{АЗ} >> Y \Rightarrow G_{АЗ} >> 3Y + Y_0$ и следователно $U_0 \approx U_\Phi$.

При двуфазно земно съединение, например на фази А и С ***фиг.4.29***, през проводимости $G_{АЗ}$ и $G_{СЗ}$, аналогично се получава:

$$U_0 = U_Ф \frac{G_{АЗ} + G_{СЗ}}{3.Y + Y_0 + G_{АЗ} + G_{СЗ}}, \text{ V} \qquad (4.64)$$

като напрежението с нулева последователност е най-малко при $G_{АЗ} = G_{СЗ}$, откъдето:

$$U_0 = 0.5U_Ф, \text{ V} \qquad (4.65)$$

НР се настройва с известен запас:

$$U_{ИЗКЛ} = (0.4 \div 0.45).U_Ф \left| \frac{Z_Д}{(Z_Д + Z_Ф)} \right|, \text{ V} \qquad (4.66)$$

където $\boldsymbol{Z_Ф}$, Ω е пълният импеданс на нулевия филтър, а $\boldsymbol{Z_Д}$ е импеданса на датчика за напрежение с нулева последователност.

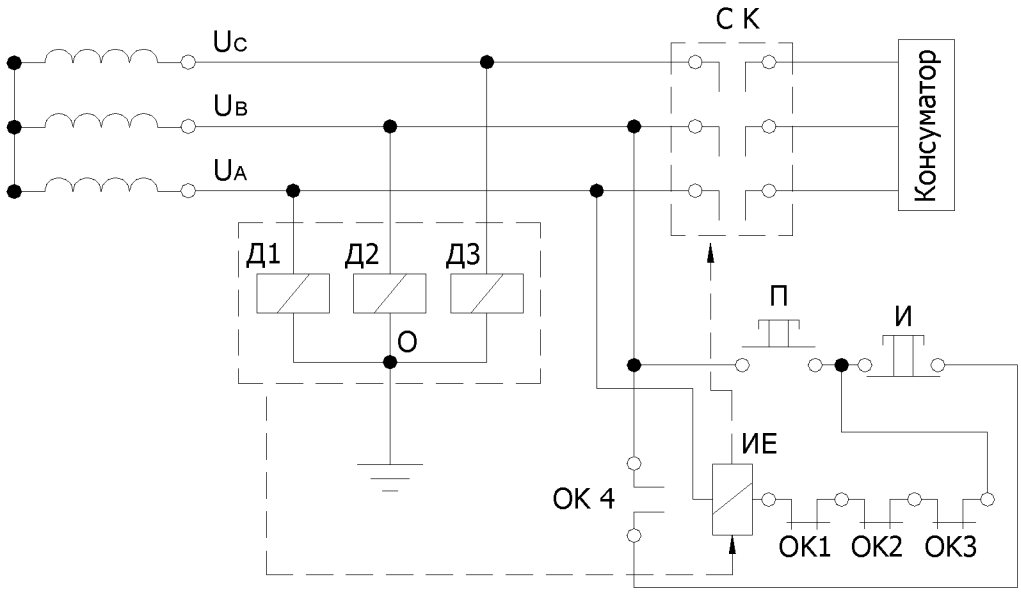
Предимства на схемата от ***фиг. 4.29*** са простотата и сигурността на заработване при директно земно съединение, и възможност за защита при преминаване на по-високо напрежение в мрежи с по-ниско.

Недостатъци са нечувствителност към симетрично намаляване съпротивлението на изолацията, липса на самоконтрол и липса на селективност при заземяване през по-голямо съпротивление. Тази защита не е достатъчно чувствителна за мрежи НН със заземен звезден център, освен ако специално не се настройва.

- ***ЗИУ реагиращи на фазните напрежения***

Принципната схема на защита, която се задейства от при понижаване на напрежението на една от фазите е показана на ***фиг.4.31***. В мрежи с изолиран звезден център при намаляване съпротивлението на изолацията на една фаза в съответната степен се понижава и фазното напрежение на тази фаза. Това довежда до заработване на т.н. минимално напреженово реле, включено към тази фаза, подава се сигнал от него и мрежата се изключва от изпълнителен апарат на защитата.

Между всяка фаза и земя е включено НР като индивидуален реагиращ на фазното напрежение спрямо земя датчик НР1, НР2, НР3. Техните контакти НР1, НР2, НР3 са свързани последователно в оперативната верига на изпълнителния елемент ИЕ.



Фиг. 4.31

Независимо в коя от фазите се получи влошаване качеството на изолацията под граничната (настроена) стойност, НР изключва съответния контакт в захранващия контур на ИЕ, и се изключва захранването към консуматора.

Изключване може да се получи и при неизправност на измервателната верига, когато поради прекъсване или други причини измервателният елемент не получава нормално напрежение. Така се реализира самоконтрол на защитното изключване.

Напрежението на задействане на защитното изключване се определя от условието за сигурна работа при двойно земно съединение (двуфазно к.с. със земя). Напрежението на настройка е $U_{ИЗ} < 0{,}55Uф$. На практика обаче настройката на защитата се прави за напрежения

$$U_{ИЗКЛ} = (0.75 \div 0.85)U_{Ф}, \text{ V} \qquad (4.67)$$

при което се постига по-голяма чувствителност на защита при по-малки изменения на фазните напрежения.

Защитното изключване, което действа при понижаване на фазното напрежение има висока чувствителност и самоконтрол в работата. Недостатъците му са, че е трудно приложимо при мрежи със заземен звезден център и не е чувствително към симетрично понижение на съпротивлението на изолацията в трите фази.

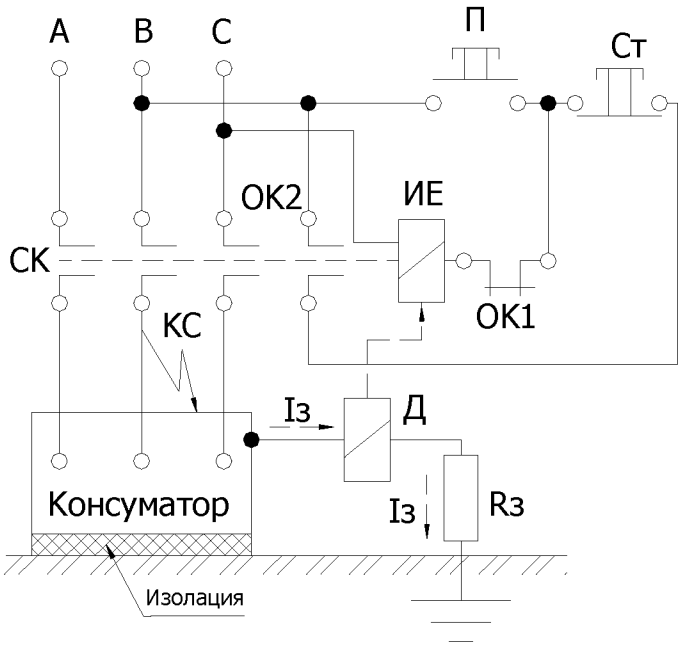
4.4.3.Защитно-изключващи устройства с токов сигнал

- ***ЗИУ реагиращи на тока с нулева последователност(към земя)***

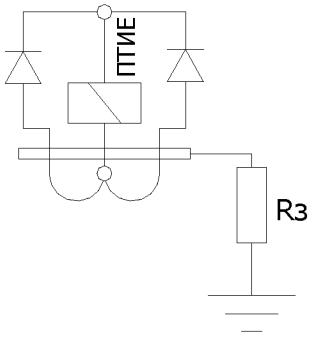
Този вид ЗИУ заработват при поява на корпусно съединение, предизвикващо протичане на ток през защитен проводник или към земя. Приложими са в *IT*, *TN* и *TT* мрежи. Корпусът на консуматора е изолиран спрямо земята и от други проводими корпуси, което е типично за мобилни електросъоръжения и ръчни електрически инструменти и др. В този случай защитата работи селективно. Напрежението на захранващата мрежа и режимът на заземяване на звездния център не се отразяват върху приложението на защитното изключване.

Принципната схема на защитата е показана на ***фиг.4.32*** за ***IT*** и ***TT,*** и на ***фиг.4.34*** за ***TN*** мрежи.

Токовото реле (ТР) изпълнява функцията на датчик ***Д***, който е с малко собствено съпротивление и регистрира чувствително тока към земя или тока в защитния проводник. За унифициране на датчиците, независимо от големината на тока през защитния проводник, се използват *поляризирани токови измервателни елементи* ***(ПТИЕ)***, включени към наситен токов трансформатор, след изправяне на сигнала, ***фиг.4.33***.



Фиг. 4.32



Фиг. 4.33

Токът на защитата се избира близо до границата на насищане на токовия трансформатор, при което многократното нарастване на тока на земно съединение не довежда до значително нарастване на тока

през измервателния елемент. Условието за безопасност при допир до корпуса е:

$$I_З \left| Z_Д + R_З \right| .\alpha_1 .\alpha_2 \le U_{ДОП}, \text{ V} \qquad (4.68)$$

където:

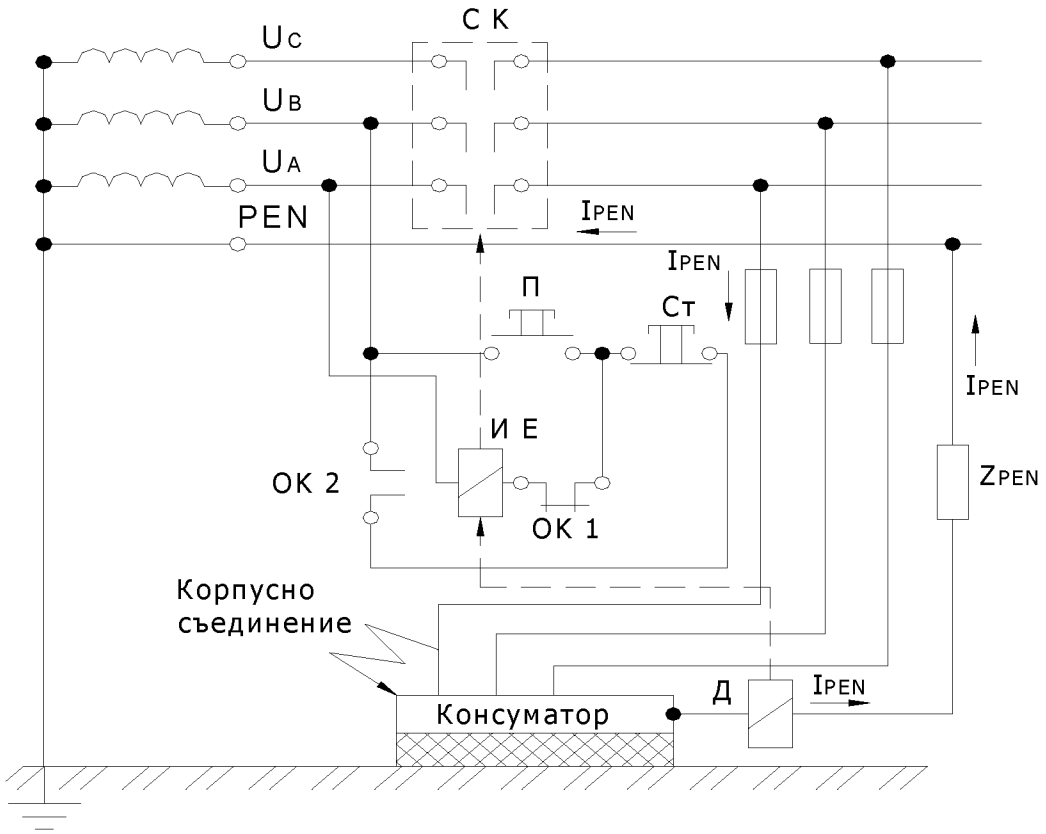
$I_З$, A е ток през защитния проводник,

$Z_Д$, Ω е пълното съпротивление на датчика,

$R_З$, Ω е съпротивлението на защитния заземител, ***фиг.4.32*** или защитния ***(PEN)*** проводник, ***фиг.4.34;***

$U_{ДОП}$, V е допустимото допирно напрежение,

α_1 и α_2 са коефициенти на допирно напрежение.



Фиг. 4.34

Токът през измервателния елемент и токът на земно съединение (к.с.) са еднакви при условие, че електрическият консуматор е изолиран от земя. Ако се приеме, че $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$, токът на настройката на защитата се прави по ток на изключване:

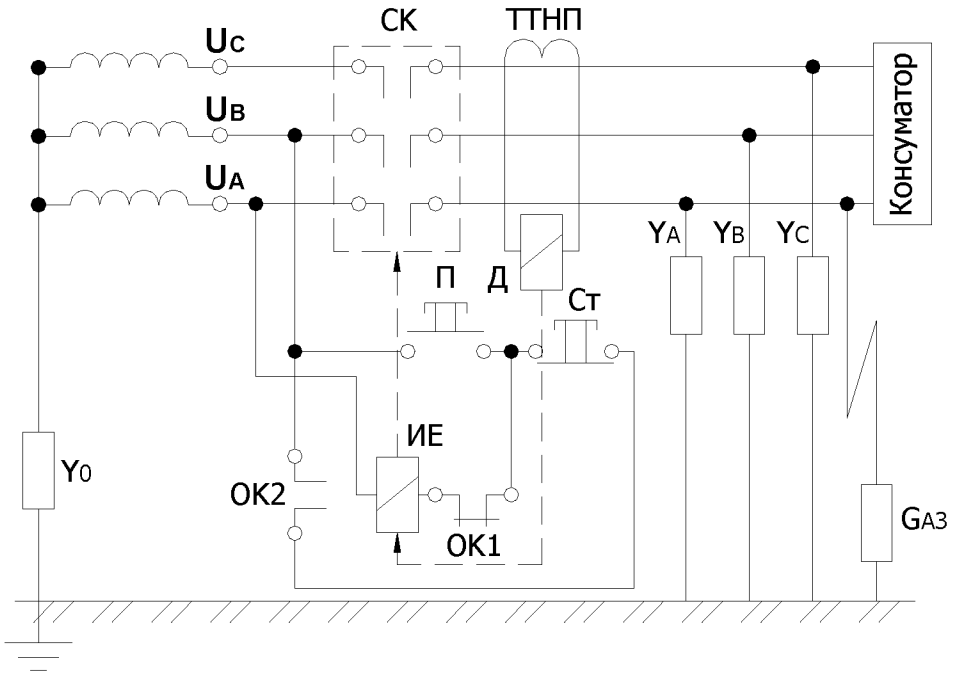
$$I_{ИЗКЛ} = \frac{U_{ДОП}}{\left| Z_Д + R_З \right|}, \text{ A} \qquad (4.69)$$

Предимствата на защитното изключване с токов сигнал са: проста конструкция, сигурна защита, особено при големи токове на земно съединение (к.с.), селективност при работа.

За това ЗИУ е необходима много добра изолация на консуматора спрямо носещите конструкции и пода, тъй като в противен случай токът на корпусно съединение протича през фундамента и шунтира ЗИУ. Защитата работи неселективно, липсва самоконтрол в работата.

Друг голям недостатък на това ЗИУ е, че при повреда в ***Д***, респ. в ***ТР*** на ***фиг. 4.32*** *до* ***фиг. 4.34***, или прекъсване на токовата верига, съоръжението остава без всякаква защита – заземяване или зануляване, което е недопустимо. Изисква се специален контрол на ***Д***, респ. на ***ТР***, което силно ограничава приложението на този вид ЗИУ.

- ***ЗИУ реагиращи на ток с нулева последователност***



Фиг. 4.35

Този тип ЗИУ, наричани още прекъсвачи на ток на утечка (ПТУ), дефектнотокови прекъсвачи или защити срещу ток на утечка реагират на индиректен допир при корпусно съединение, като бързо изключват захранващото напрежение.

Принципната схема на защитно-изключващо устройство, реагиращо на ток с нулева последователност е показана на ***фиг. 4.35***.

Принципът на действие се основава на следната особеност на трифазните мрежи:

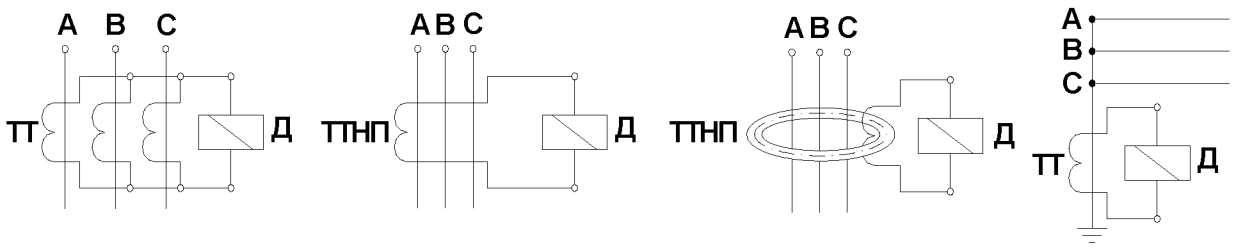
Когато проводимостите на трите фази спрямо земя са еднакви $Y_A=Y_B=Y_C$ *(симетрична система)*, векторната сума сумата от токовете в трите фази е равна на нула:

$$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0 \qquad (4.70)$$

При разлика в проводимостите на трите фази спрямо земя, протича ток с нулева последователност с големина $3I_0$, на който реагира ЗИУ и се осъществява бързо изключване на захранването в повредения участък или към повредения консуматор в мрежата.

Датчикът ***Д***, представляващ токово реле, и е включен към филтър за ток с нулева последователност ***(ФТНП)***. Съществуват различни конструкции ФТНП. На ***фиг.4.36 а)*** той е съставен от три паралелно свързани, еднакви токови трансформатора на всяка от трите фази. На ***фиг.4.36 б)*** е показан ФТНП *представляващ токов трансформатор за ток с нулева последователност* ***(ТТНП),*** а на ***фиг.4.36 в)*** токов трансформатор тип *"Феранти"*.

Трансформаторът тип "Феранти"се състои от тороидален магнито-провод и вторична намотка, към която е включен датчика за ток с нулева последователност, а фазните проводници и нулевият проводник, ако има такъв в мрежата, минават през отвора на тороида.



а) б) в) г)

Фиг. 4.36

На ***фиг.4.36 г)*** е показан начинът на свързване на ФТНП към проводника свързващ звездния център на захранващия трансформатор със земя при мрежи със заземен звезден център, като за ФТНП служи токов трансформатор. Датчикът за ток с нулева последователност е свързан към вторичната намотка на токовия трансформатор.

При протичане на ток с нулева последователност с големина $3I_0$ през ФТНП във вторичната намотка през токовото реле (датчик Д) протича ток:

$$I_Д = \frac{3I_0}{k_T}, \text{ A} \qquad (4.71)$$

където k_T е коефициент на трансформация на токовия трансформатор.

Когато токът във вторичната намотка на токовия трансформатор и в датчика $I_Д$ нарасне до стойност $I_Д \geq I_{изкл}$, защитата заработва и

изключва захранването към повредената част от линията или към съответния консуматор.

Настройка на датчика $I_{изкл}$ се осъществява на базата на условието за безопасност при индиректен допир, т.е. до корпус, попаднал под напрежение, вследствие на корпусно съединение – допирното напрежение да бъде по-малко от допустимото:

$$I_З.R_З.\alpha_1.\alpha_2 \le U_{ДОП} \qquad (4.72)$$

където:

$U_{ДОП}$, V е допустимото допирно напрежение,

$I_З$, A е тока през корпус към защитния проводник и земя,

$R_З$, Ω е съпротивлението на защитния проводник към земя, а α_1 и α_2 са коефициенти на допирно напрежение, като в най-лошия случай, $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$.

Тогава за граничния ток на изключване (на настройка) на защитата се получава:

$$I_{ИЗКЛ} = \frac{U_{ДОП}}{R_З.\alpha_1.\alpha_2}, \text{ A} \qquad (4.73)$$

Предимствата на ***ЗИУ***, реагиращи на ток с нулева последователност са: широка приложимост и сигурност в работата, независимо от работното напрежение, при коректен избор на коефициент на трансформация на токовия трансформатор, независимост от режима на работа на звездния център и съпротивлението на защитния проводник към земя. Този вид ЗИУ могат да се използват като самостоятелна/единствена защита или в комбинация със защитно заземяване и/или зануляване. В последния случай се изисква зануляващият проводник да свързва корпуса на защитавания обект с точка от нулевия проводник на мрежата, намираща се преди ЗИУ.

За да се компенсира в някаква степен липсата на самоконтрол на тези ЗИУ, се препоръчва честата им проверка за заработване. Понастоящем ***ЗИУ***, реагиращи на ток с нулева последователност са най- препоръчваните и широко прилаганите ЗИУ у нас, независимо от малко по-висока им цена.

Дефектнотоковите защити за ниско напрежение могат да се разглеждат като частен случай на ЗИУ реагиращи на тока с нулева последователност. Прилагат се като надеждно средство за защита от индиректен допир, а в някои случаи и при директен допир до тоководещи части под напрежение. Тяхното приложение в сградните

силови електрически инсталации намалява значително и риска от възникване на пожари в следствие на нарушена електрическа изолация.

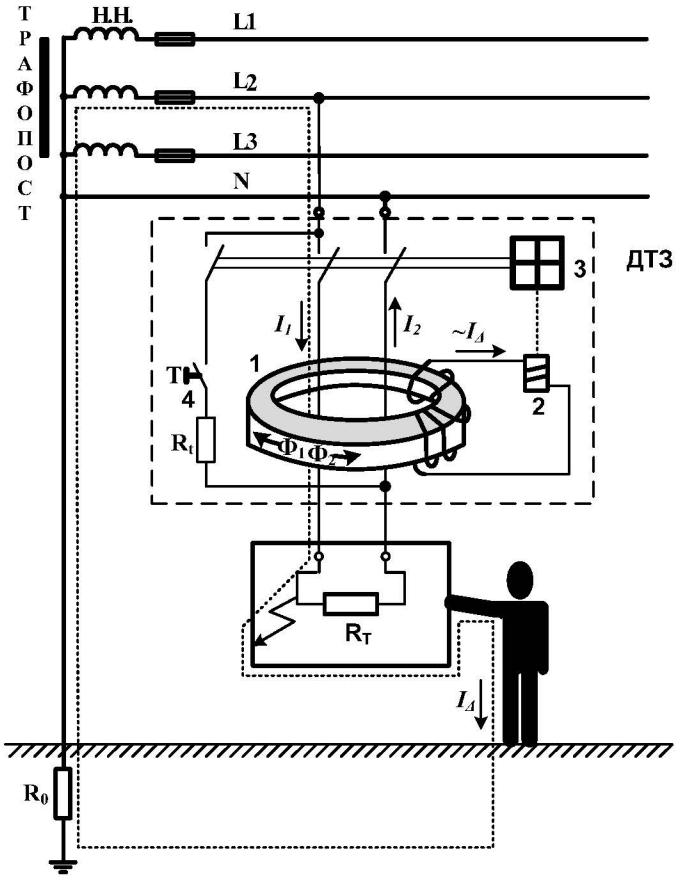
Поражението на човек от електрически ток може да има фатален изход. При стойност над 30 mA опасността от възникване на сериозни травми се счита за много висока. Тогава възникват сериозни дихателни затруднения поради респираторна парализа в човешкото тяло. 75 mA е прага на необратима сърдечна фибрилация.

Пожар в сграда може да възникне поради различни причини, но е доказано, че голям процент от тях се дължат именно на нарушена изолацията на електрическата инсталация или електроуреди. По принцип, в мястото на повреда протича ток на утечка към земя. При стойност на този ток над 500mA, оголеният проводник и заобикалящата го изолация се загряват и възниква сериозна опасност от възникване на пожар.

И в двата случая не може да се разчита единствено на защита чрез автоматичен прекъсвач или предпазител със стопяема вложка, тъй като стойностите на протичащия електрически ток не могат да предизвикат изключването му, а навременното изолиране на повредения електрически контур може да се гарантира единствено само от ***дефектнотокова защита, ДТЗ (ДТП)***. Трябва да се има предвид, че в случай на попадане на човек под напрежение при допиране или хващане на две тоководещи части (фаза и нула или фаза-фаза) дефектнотоковата защита не реагира, тъй като нямаме протичане на диференциален ток. Принципната схема на ДТП е показана на ***фиг. 4.37***:

В нормален режим, при отсъствие на диференциален ток (ток на утечка), в силовата верига по проводниците, преминаващи през прозореца на магнитопровода на *токовия трансформатор –1*, протича работния ток на товара. Проводниците, преминаващи през прозореца на магнитопровода, образуват насрещно включени първични намотки на диференциалния токов трансформатор. Ако се обозначи тока, протичащ по посока на товара като $\boldsymbol{I_1}$, а от товара - като $\boldsymbol{I_2}$, то може да се напише равенството:

$$I_1 = I_2 \qquad (4.74)$$



Фиг. 4.37. Устройство на ДТП, където: 1–диференциален токов трансформатор; 2–пусков орган (прагов елемент); 3–изпълнителен механизъм; 4–тест бутон.

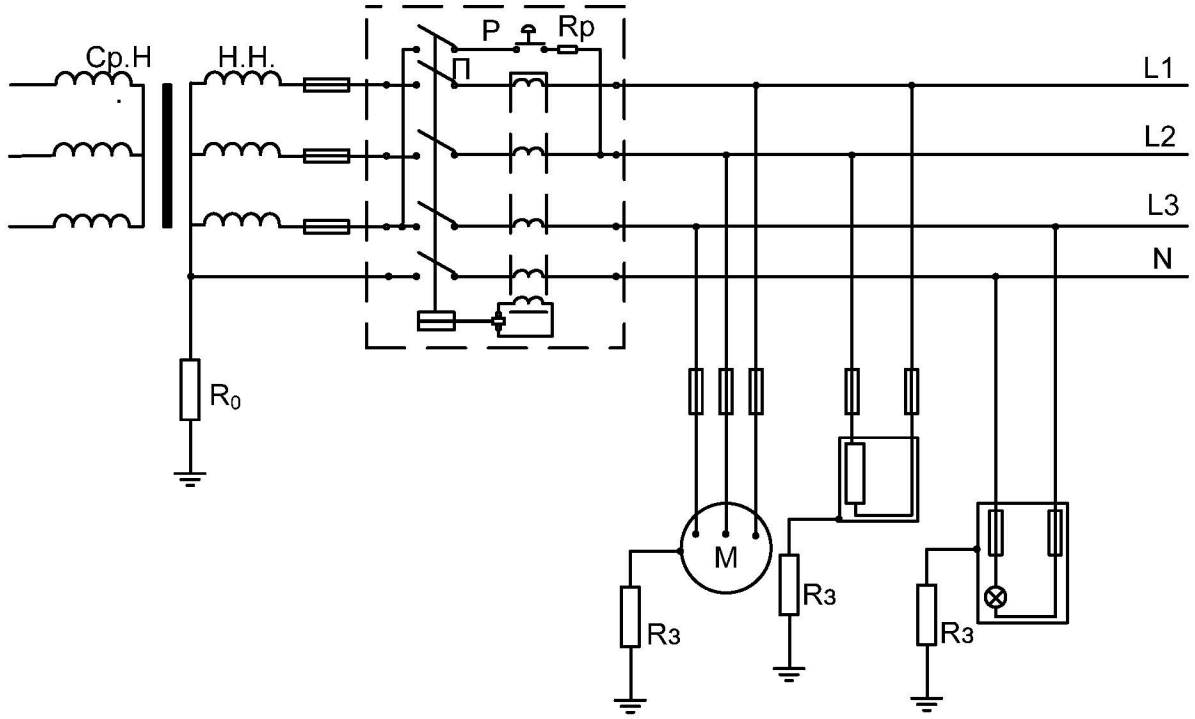
Равните токове на насрещно включените намотки създават в магнитната сърцевина на токовия трансформатор равни, но векторно противоположни магнитни потоци $\boldsymbol{\Phi_1}$ и $\boldsymbol{\Phi_2}$. Резултантният магнитен поток е равен на нула, тока във вторичната намотка на диференциалния трансформатор също е равен на нула.

Пусковия орган 2 в този случай е в състояние на покой. При докосване от човек на откритите тоководещи части или на корпуса на електросъоръжението, на което е пробила изолацията, по фазовия проводник през ДТП освен тока на товара I_1 протича и допълнителен ток – ток на утечка (I_Δ), който се явява за токовия трансформатор диференциален ток.

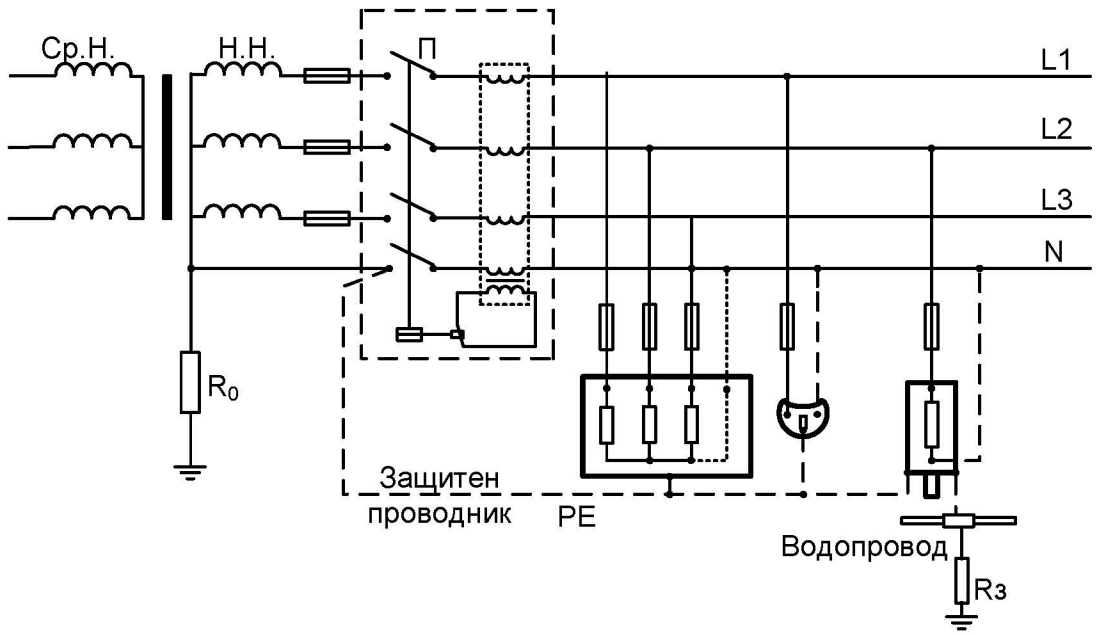
Неравенството на токовете в първичната намотка ($\boldsymbol{I_1}$+$\boldsymbol{I_\Delta}$ във фазовия проводник) и ($\boldsymbol{I_2}$ равен на $\boldsymbol{I_1}$ – в неутралния проводник) предизвиква неравенство на магнитните потоци и като следствие във вторичната намотка протича диференциален ток. Ако този ток превишава настройката на праговия елемент на *пусковия орган 2*, последният сработва и въздейства на *изпълнителния механизъм 3*. Изпълнителният механизъм обикновено се състои от пружинен привод, спусков механизъм и група силови контакти, с които се

разкъсва електрическата верига. В резултат защитаваната от ДТП електрическа верига се изключва от електрическата мрежа.

Приложението на ДТП при различните типове електрически мрежи за НН е показано на ***фиг. 4.38*** за ***ТТ*** мрежа и на ***фиг. 4.39.*** за ***TN-S*** и ***TN-C-S*** мрежа.



Фиг. 4.38. Принципна схема на дефектнотокова зашита на трифазен, двуфазен и монофазен потребител със заземяване (ТТ мрежа).



фиг. 4.39. Принципна схема на приложение на дефектнотокова защита в мрежи със зануляване (TN-S, TN-C-S мрежи).

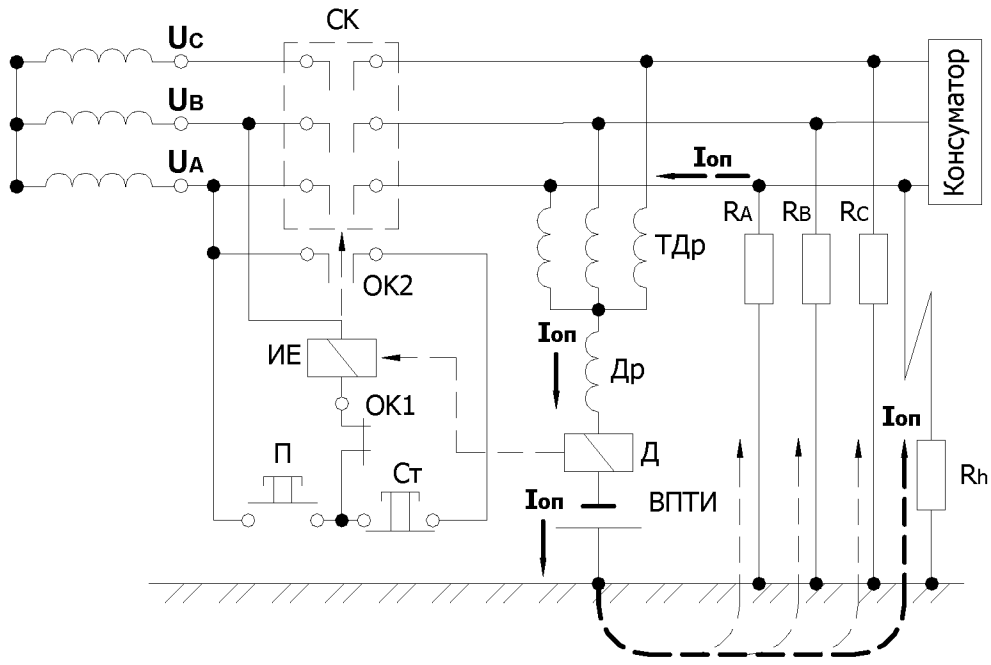
Трябва да се отбележи, че при ***TN-C*** мрежите, използването на дефектнотокови прекъсвачи е забранено от нормативната уредба, поради липсата на отделен защитен ***PE*** проводник.

Приложението на ДТЗ е много широко и разнообразно с условие за спазване на специфичните изисквания в конкретния случай. Например забранява се присъединяването на потребители към ДТЗ, чието изключване може да доведе до опасни последици – това са противопожарните уредби, асансьорите, животоподдържащи системи в болничните заведения и т.н.

- ***ЗИУ реагиращи на постоянен оперативен ток***

Този тип ***ЗИУ*** намират приложение в мрежи НН с изолиран звезден център и малък капацитет спрямо земя, т.е. мрежи с малка дължина и разклоненост. Използват се за непрекъснат автоматичен контрол на изолацията на мрежата и за защита срещу индиректен допир.

Принципът на действие съгласно ***фиг.4.40*** се състои в следното: *външен постояннотоков източник* на напрежение ***(ВПТИ)*** е включен между трите фази и земя през *трифазен дросел* ***(ТДр)*** с обща точка на изхода и *еднофазен дросел* ***(Др)***, изпълняващ функцията на *филтър за променлив ток*, заради голямото си индуктивно съпротивление. Между дроселите и земя е включен датчика *Д* (токово реле), който се настройва да реагира на малък оперативен ток от порядъка на няколко mA.



Фиг. 4.40

Постоянният оперативен ток $\boldsymbol{I_{on}}$ свободно преминава през филтъра и се затваря през земя и през съпротивленията на трите фази към земя $\boldsymbol{R_A}$, $\boldsymbol{R_B}$ и $\boldsymbol{R_C}$, и стойността му се определя от тези съпротивления:

$$I_{on} = \frac{U_{on}}{R_{Др} + R_e}, \text{ A} \qquad (4.75)$$

където $\boldsymbol{R_{Др}}$ е еквивалентното съпротивление на дроселите ***ТДр*** и ***Др***, а $\boldsymbol{R_e}$ е еквивалентно съпротивление на изолацията на мрежата към земя $\boldsymbol{R}$ и допълнителното съпротивление (на човек $\boldsymbol{R_h}$ при директен допир или на защитния заземител $\boldsymbol{R_3}$ при индиректен допир), където:

$$R_e = \frac{R.R_h}{R + R_h}, \Omega \qquad \text{и} \qquad R = \frac{1}{\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C}}, \Omega \qquad (4.76)$$

При нормален експлоатационен режим, съпротивленията на трите фази спрямо земя са огромни и оперативният ток е по-малък от тока на настройка на датчика.

При намаляване съпротивлението на изолацията на някоя фаза, поради директен допир до фазен проводник или протичане на ток през защитен заземител, съпротивлението между съответната фаза и земя рязко намалява, в резултат на което оперативният ток рязко нараства. Ако той превишава стойността на граничния ток на настройка, токовото реле заработва и неговия контакт ***ОК1*** прекъсва захранването на изпълнителния елемент ***ИЕ,*** който прекъсва захранването на консуматора.

Съгласно условията за безопасност при допир на човек до тоководещи части под напрежение в мрежи НН, токът през човека $\boldsymbol{I_h}$ не трябва да бъде по-голям от допустимия $\boldsymbol{I_{h_доп}}$. Еквивалентната схема определя граничната стойност на съпротивлението $\boldsymbol{R_e}$ с участието на човек, при която токът през него ще бъде по-малък от допустимия. Тогава токът на настройка на защитата се избира:

$$I_{изкл} \le I_{h_доп}\left(1 + \frac{R_h}{R}\right) \qquad (4.77)$$

Предимства на защитно изключване, което се задейства от постоянен оперативен ток, са: чувствителност към симетрично изменение на състоянието на изолацията, възможност за настройване да реагира на безопасен за човека ток, т.е. приложимост и защита от директен допир в мрежи НН, самоконтрол на схемата при работа.

Недостатъци на това ЗИУ са необходимостта от стабилен източник на постоянно напрежение, по-сложна схема на изпълнение и липса на селективност при преходни процеси.

4.5. Организационни мероприятия за електробезопасност

4.5.1. Организационни мероприятия за допускане, надзор и приключване на работа в електрически уредби

Организационните мероприятия, осигуряващи безопасността на работата в електрическите уредби и по електропроводи, съгласно нормативните изисквания са следните:

- ✓ оформяне на задачите за работа с наряд или с нареждане;
- ✓ оформяне на допускането до работа;
- ✓ надзор през време на работа;
- ✓ оформяне прекъсване на работата, преминаване на друго работно място, завършване на работата и закриване на наряда.

Работите в електрическите уредби се извършват при спазване на следните условия:

- ✓ всички нареждания или разрешения за работа (наряд, устно или телефонно нареждане), независимо дали са устни или по телефона, се вписват в съответен дневник преди започване на работата, а телефонните нареждания освен това се записват и на аудионосител, и записа се съхранява най-малко 10 дни;
- ✓ преди започване на работата се проверява дали са изпълнени всички нормативно изисквани организационни и технически мероприятия, които осигуряват безопасността на работещите.

▪ ***Оформяне на задачата за работа***

Задачата за работа в електрическа уредба може да се оформи с *наряд*, който представлява писмено разпореждане по установен образец (бланка). Нарядът се издава в два екземпляра попълнени на ръка с химикалка, без поправки и задрасквания. Единият екземпляр се дава на ръководителя на бригадата за извършване на работата, а вторият се съхранява в папката за наряди.

В наряда подробно се описва вида на работите на определения обект, датата и часа на започване на работа, състава на бригадата и функциите на членовете й (ръководител, изпълнители или наблюдаващ).

Изпълнителите трябва да имат най-малко *III квалификационна група* при уредби с напрежение до *1000* V и най-малко *IV група* при работа в уредби над *1000* V

Ръководителят на бригадата трябва да има най-малко *IV квалификационна група* за работа в уредби до *1000* V и *V квалификационна група* в уредби с напрежение над *1000* V.

За наблюдаващи се назначават лица с най-малко *III квалификационна група* при пълно изключване на напрежението или при работа на безопасно разстояние от тоководещи части и лица с най-малко *IV квалификационна група* при работа с частично изключване на напрежението или в близост до части под напрежение. На наблюдаващия е забранено през време на контрола да извършва каквито и да било работи извън надзора за осигуряване на безопасност.

Друга възможност за оформяне на задачата за работа е с *устно или телефонно нареждане*, което се записва в оперативния дневник преди започване на работата, като при използване на телефон или друго свързочно средство, се извършва запис.

- ***Оформяне на допускането на бригадата до работа***

Към изпълнение на работата, може да се пристъпи само след получаване на специално за това разрешение от оперативния персонал или от отговорния ръководител. Разрешението се регистрира по установения начин - с вписване в дневник или чрез запис на устното нареждане по телефона/радиостанцията с обратна проверка за правилно приетото разпореждане.

Забранено е издаване на разрешение с предварително уговорен час на започване на работа.

Допускащия до работа е длъжен:

- ✓ да провери състава на бригадата по списъка в наряда и квалификацията на участващите в нея;
- ✓ да обясни на бригадата условията за безопасна работа и да се увери, че правилно е разбран;
- ✓ да покаже на бригадата работното място и да докаже отсъствието на напрежение с указател за напрежение по нормативно изисквания ред за такава проверка (проверка за годността на указателя до тоководеща част под напрежение, проверка с указателя за отсъствие на напрежение по изключените части от уредбата, повторна проверка за годността на указателя до

тоководеща част под напрежение, поставяне на преносимите заземления, когато се изискват), а след това чрез допиране на обезопасените части с ръка;

✓ да покаже разположените в близост части под напрежение;

✓ да предаде екземпляр от наряда на изпълнителя – на ръководителя на бригадата.

▪ ***Надзор/контрол през време на работа***

Надзорът се извършва от наблюдаващия, който е длъжен през цялото време да бъде на работното място и да следи за недопускане на нарушения на правилата за безопасна работа. При забелязване на такива, или при наближаване на мълниеносни облаци, неизправност на инструменти и други, надзорникът е длъжен да отстрани бригадата от работа. Допускане до работа отново може да стане след ново оформяне за допускането до работа.

▪ ***Завършване на работата, предаване - приемане, закриване на наряда и включване на уредбата***

След завършване на работата, ръководителя на бригадата трябва лично да провери състоянието на обекта и отсъствие на забравени инструменти и материали върху стълбовете, проводниците, изолаторите, да отстрани (изведе) цялата бригада и едва тогава да даде нареждане да се снемат преносимите заземления. След снемане на заземленията нарядът се закрива с вписване в наряда и/или с обаждане по свързочно средство с обратна проверка за правилното приемане на съобщението и вписването му в дневника. След приключване на работа, се счита че обектът е под напрежение и е абсолютно забранено влизане на хора в него по каквато и да е причина. Закритите наряди се съхраняват 90 дни.

При прекъсване на работата през работния ден (за почивка, обяд и други подобни), бригадата се извежда от обекта, като табелките, огражденията и заземленията остават по техните места, а нарядът остава в изпълнителя - ръководителя на бригадата. Допускане до работа след прекъсване става от ръководителя на бригадата, който лично посочва работното място на бригадата.

4.5.2. Категории работи с изключване на напрежението и работи под напрежение

Работите по действащи електрически уредби и електропроводи се разделя на четири категории:

- ✓ работи, извършвани след пълно изключване на напрежението;
- ✓ работи, извършвани след частично изключване на напрежението;
- ✓ работи, извършвани без изключване на напрежението;
- ✓ работи, извършвани под напрежение.

▪ ***Работи след пълно или частично изключване на напрежението***

Работи, при пълно изключване на напрежението са тези, които се извършват в помещение или открита електрическа уредба, в които е изключено напрежението по всички тоководещи части. Входните врати към съседни помещения или други части от уредбата трябва да са заключени.

Работа с частично изключване на напрежението са такива, извършвани в част от уредбата или съоръжението, в която част напрежението е изключено. При уредби с напрежение над 1000 V, за работа с частично изключване се считат и случаите когато към съседно помещение и част от уредбите има незаключена врата.

Допуска се в помещението с пълно или частично изключване да има табла с напрежение до 250 V за захранване на ремонтни или електрически инструменти.

За осигуряване на безопасност при работа с пълно или частично изключване на напрежението, трябва да бъдат изпълнени следните технически мероприятия в изложената последователност:

- ✓ видимо изключване на напрежението от комутационен апарат с видими контактни елементи (разединител, отделител, шалтер);
- ✓ окачване на табелки и поставяне на ограждения;
- ✓ проверка за отсъствие на напрежение по установения ред с изправен индикатор за съответното напрежение;
- ✓ заземяване и свързване на късо на тоководещите части.

▪ ***Работи без изключване на напрежението***

Работи без изключване на напрежението са тези работи, които по своето естество се извършват на безопасно разстояние от тоководещи части или при условия, изключващи възможност за случаен допир или недопустимо доближаване до тоководещи части.

При уредби с напрежение до 250 V се допуска извършване на следните работи без изключване на напрежението:

- ✓ подмяна на изгорели предпазители със стопяеми вложки при изключен товар;
- ✓ почистване на осветителни арматури и подмяна на изгорели електрически лампи.

Лицето извършващо тези работи трябва да има най-малко III квалификационна група и да ползува необходимите защитни средства.

При уредби с по-високи напрежения следва да се спазват стриктно изискванията на съответния нормативен акт или уредба.

- ***Работи под напрежение***

Всички видове работи под напрежение трябва да се извършват в съответствие нормативните изисквания и с технологичните инструкции за работа под напрежение в конкретната уредба. След издаване на наряда, преди започване на работа под напрежение се преминава по установения ред от *"нормален режим"* в *"специален режим"*, при който се изисква:

- ✓ окачване на съответните табелки и ограждане на работното място;
- ✓ забрана за ръчно изключване на уредбата или съоръжението и на ръчно включване след автоматично изключване на уредбата или съоръжението;
- ✓ наличие на дежурен персонал в електрическата уредба.

Преминаването от "специален" в "нормален" режим може да се извърши след закриване на наряда.

При работа по електрически вериги под напрежение до 1000 V без изключване на съоръжението (проверка на електромери, измервателни апарати, защити) шунтирането на клеморедите трябва да се извършва с изолирани инструменти и изолационно килимче.

При уредби с по-високи напрежения се използват специализирани средства и съоръжения, като се спазват стриктно изискванията на съответната нормативна база и инструкциите за експлоатация на устройството за работа под напрежение.

До извършване на работи под напрежение се допускат лица, преминали специална подготовка и притежаващи съответен документ.

4.5.3. Допълнителни защитни мерки за безопасност при извършване на работи в електрически уредби

Освен организационните и технически мерки за безопасност при работа в редица електрически уредби (разпределителни уредби, въздушни електропроводи, кабелни линии, акумулаторни батерии, ръчни електрически инструменти, кондензаторни батерии, електрозаваръчни машини) е необходимо да се вземат и допълнителни мерки за осигуряване безопасност, някои от които са изложени накратко по-долу.

- ***Работа в разпределителни уредби***

При работата в разпределителните уредби трябва да се спазват редица допълнителни изисквания, свързани със спецификата на извършваните дейности и съпътстващите ги рискови фактори. Основно внимание се отделя на мерките за защита от електропоражение в уредби ВН при ограничено работно пространство, близост на части под напрежение и др. Изпълняват се всички технически и организационни мероприятия и изисквания за обезопасяване на работните места, инструменти, приспособления и други, като се ползват необходимите индивидуални защитни средства. Наред с това се вземат съответните мерки за обезопасяване при работа на високо, при ремонтни, строителни, изкопни, заваръчни, товаро-разтоварни, бояджийски и други работи. Отчитат се опасностите от въздействия на климатичните фактори (валежи, роса, мъгла, температура) и от мълниеносна дейност. Съблюдават се специални правила и начини за почистване на уредбата от прах и други замърсявания.

- ***Работи по въздушни електропроводи***

По трасетата на електропроводите се правят периодични обходи и огледи, при които се вземат мерки, извършващите тези дейност да не могат да попаднат под напрежение поради скъсване и падане на проводници, а при установяване на такова да организират обезопасяване на района и ограничаване на достъпа в него до отстраняване на повредата.

Почистването на трасетата на електропроводите е свързано с изсичане на дървета в близост, като се изпълняват специфични мерки за безопасност.

Измерването на габарити и провеси се извършва с оптични прибори, а директно с рейки и рулетки само при специален режим или при изключен електропровод.

При измерване съпротивлението на заземителите на стълбове и повторни заземители се препоръчва използване на измервателни апарати, не изискващи отсъединяване на мълниезащитното въже или неговия спусък. В противен случай се ползват лични защитни средства. Измерванията се прекратяват при опасност от мълниеносна дейност.

При работи с качване на стълбове без доближаване до тоководещите части се спазват изискванията за работа на високо и допълнителни мерки за избягване на замърсяването на тоководещи части и изолатори.

Работите по изключени електропроводи са свързани със спазване на изисквания за безопасност при механични опасности, товаро-разтоварни и високоповдигателни машини и съоръжения, механизирани изкопни работи, работа на високо и др. Задължително е да се изключи всяка възможност за опасно доближаване до работещи части на уредбата или друга уредба, разположена в близост, чрез съответните организационни и технически мероприятия.

- ***Работи по кабелни линии***

Работите по кабелни линии се извършват само при изключено напрежение и заземяване на линията. При изкопни работи се внимава да не се повредят съществуващи инфраструктурни обекти, а изкопите се обезопасяват за предотвратяване на случаен достъп. При ремонти, огъване, преместване и т.н. на кабели, работещите използват специални инструменти, приспособления и индивидуални защитни средства.

Изпитването на кабелни линии с повишено напрежение се извършва от квалифициран за това персонал при изключен достъп на външни лица и специални мерки за защита от разрядния ток на остатъчни капацитети.

- ***Работа с ръчни електрически инструменти***

Забранява се работата с нестандартни или неизправни електрически инструменти, преносими лампи, трансформатори и др.

Ръчните електрически инструменти са от *клас II* или *III по електробезопасност* (изпълнени с двойна изолация или захранвани с понижено напрежение). Номиналното им напрежение се определя в

зависимост от категорията на помещенията по условия на електробезопасност. Захранващите източници също трябва да отговарят на съответните изисквания за безопасност. Освен мерките за защита от електропоражение, трябва да се спазват и всички инструкции за безопасност свързани с изпълнението на конкретната работа с ръчните електрически инструменти и специфичните опасни фактори.

- ***Обслужване на акумулаторни батерии***

При обслужване на акумулаторни батерии трябва стриктно да се спазват правилата и инструкциите за работа с опасни вещества (киселини и основи) и експлоатация на токоизправителите, да е осигурена подходяща вентилация, да е ограничен достъпа на външни лица и да са поставени необходимите обозначения отвън и вътре в помещението. Да се спазват противопожарните правила и режима за включване на вентилацията, поради опасност от насищане на атмосферата в помещението с взривоопасен водород.

- ***Обслужване на кондензаторни батерии***

При обслужване на кондензаторни уредби, трябва са се вземат мерки, изключващи възможност от електропоражение при протичането на капацитивни токове от разреждане на уредбата, както и да се спазват специалните изисквания при комутация на кондензаторните батерии и да се използват необходимите индивидуални защитни средства. Извършването на огледи и ремонти да става при спазване на технологичните инструкции и инструкциите за безопасност.

- ***Работа и обслужване на електрозаваръчни машини и съоръжения***

За захранване на заваръчни съоръжения се използват трансформатори, изправители и генератори за постоянен или променлив ток, предназначени специално за целта.

Напрежението на празен ход на заваръчния агрегат трябва да отговаря на условията за техническа безопасност. За работа в особено опасно помещение (шахти, тунели, метални резервоари, цистерни) електрозаваръчната уредба трябва да бъде съоръжена с електрическа блокировка, осигуряваща автоматично изключване на заваръчната верига при празен ход с времезакъснение не повече от *0,5* s.

Корпусът на електрозаваръчния трансформатор се занулява, а вторичната му намотка трябва да бъде изолирана спрямо неутралата и заземена.

По време на работа, заварчиците са длъжни да използват специално работно облекло и защитни средства, и да спазват правилата за защита от вредни неелектрически въздействия, за предотвратяване на механични травми, изгаряния, въздействие на електрическата дъга върху очите и др.

ГЛАВА 5. АТМОСФЕРНО ЕЛЕКТРИЧЕСТВО

Атмосферното електричество е природен феномен, който и до днес не е напълно изучен във всички аспекти, например кълбовидната мълния. Атмосферното електричество се проявява като фактор на особено опасно въздействие върху обекти, съоръжения, хора, животни и други чрез мълниите, съвкупността от които може да се представи като *мълниеносната дейност* за даден период от време.

Мълниите са опасни за поражения от тока на мълнията, съпроводени с тежки изгаряния, които завършват най-често с летален изход, за поражения от вторичните въздействия на мълниите, за пожари и взривове, поражения на сгради, съоръжения и инфраструктурни обекти, аварии в електроснабдяването, смущения в комуникациите и радиолокацията, повреди в електрически и електронни устройства и др.

Мълниеносната дейност на територията на страната е значителна и това обуславя необходимостта от *мълниезащита*, представляваща комплекс от технически, организационни и лични мероприятия, правила и средства.

5.1. Общи сведения за мълниите и фактори на въздействия, свързани с тях

5.1.1. Механизъм на развитие на мълнията

Мълнията представлява електрически разряд в атмосферата, предизвикан от разделяне и натрупване на обемни електростатични заряди с различен поляритет в буреносните облаци. Възходящите въздушни маси с интензивна кондензация на водни пари и разпръскване на водни капки, както и триенето между микроскопични ледени кристали, движени от турбулентни въздушни потоци, причиняват образуването на електростатичните заряди. В резултат на гравитационно разделяне на по-леките от по-тежките капки и ледени кристали, в облака се натрупват два обемни заряда с противоположни знаци, ***фиг.5.1***. В около 80 % от случаите, в долната част на облака се натрупва отрицателен, а в горната положителен обемен заряд, което обуславя приоритетно отрицателния поляритет на мълниите към земята.

Върху земната повърхност под облака, се образува обемен заряд с противоположна полярност, предизвикан от електростатична индукция.

Натрупването на заряди в облаците води до нарастване на интензитета на електрическото поле между тях и земята до 5 - 10 kV/cm, на места до 25 - 30 kV/cm, където се създават условия за запалване на електрически разряд и образуване на мълния. В началото през въздушния слой между обемните заряди на облака и земята, се образуват *стримери*, част от които изчезват, но някои нарастват и прерастват в *низходящи стъпални лидери*, които тръгват към земята по канали от йонизиран въздух. Някой от тези лидери приближава земята най-бързо и се превръща в *изпреварващ лидер*.



Фиг. 5.1

С движението на лидера към земята със скорост около 100 km/s, напрежението в областта на електрическата сянка нараства с огромна скорост. В резултат на неравномерното електрическо поле възниква ефекта *корона* около остри проводими предмети над земната повърхност. Около тях се образуват горещи канали йонизиран въздух, наречени *насрещни стримери*. След няколко десетки милисекунди, някои от насрещните стримери угасват, образуват се нови и някои прерастват в т.н. *насрещни стъпални лидери*. Един от тях се развива достатъчно бързо и в правилна посока, който е наречен *изпреварващ насрещен лидер*. Той "привлича", среща се с *изпреварващия лидер на мълнията*, и се създава горещ проводим канал от йонизиран въздух между облака и земната повърхност, по който протича тока на мълнията и се неутрализират обемните заряди. На този принцип е основан и ефекта на мълниеприемника – острие с достатъчна дължина, разположено на достатъчна височина, около което се

създават най-благоприятни условия за образуване на *насрещен стъпален лидер*, който да "отклони към себе си" *изпреварващия лидер на мълнията*, и да насочи протичането на тока на мълнията през мълниеотвода към заземителите в земята, а не този процес да се развие по случаен път през сградата или съоръжението и да го разруши.

Проводимият канал се нагрява от тока на мълнията до *20000* °C и повече, неутрализацията на зарядите е съпроводена с интензивно светене, което се наблюдава като "светкавица", бързото взривообразно разширяване на канала образува ударна вълна с високо налягане на фронта и звукова вълна, която се възприема като "гръм".

Много често по образувания проводим канал в атмосферата се образуват няколко разряда на мълния (3 - 4, а понякога десетки), при които се разреждат заряди от различни части по височина на облака. Продължителността на многократната мълния е около 1,5 s.

5.1.2. Характеристики на тока на мълнията

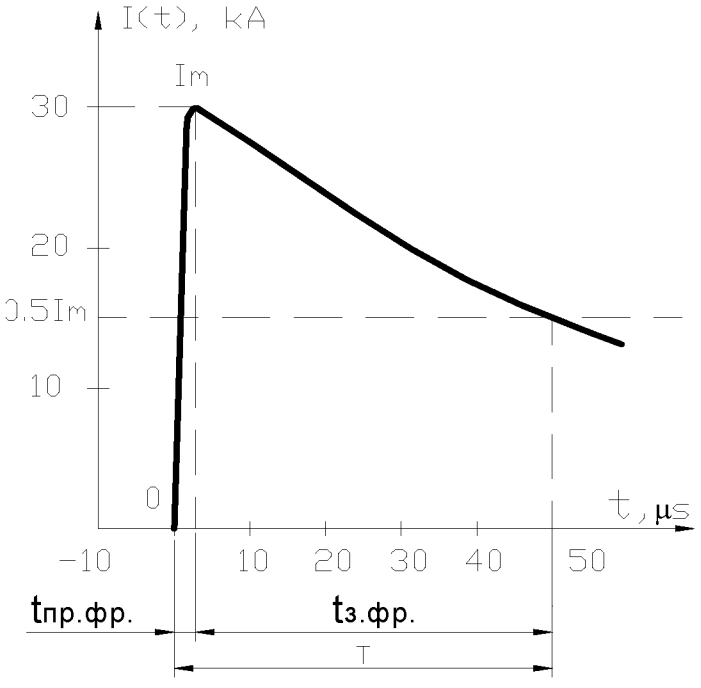
Токът на мълнията е импулсна вълна, която се описва с двойно експоненциална функция

$$I(t) = I_m \left(e^{-\alpha.t} - e^{-\beta.t} \right), \text{ A} \qquad (5.1)$$

където:

α и β - константи,

I_m – максимална стойност на тока на мълнията.



Фиг. 5.2

Времетокова характеристика на ток на мълния (*стандартна импулсна вълна* с $\alpha = 1{,}4.10^{-4}$ s^{-1}; $\beta = 6.10^{6}$ s^{-1}; $I_m = 30$ kA) е показана на ***фиг. 5.2***, където:

$t_{пр.фр.}$ – дължина на фронта на вълната - времето за достигане на I_m ,s

$t_{з.фр.}$ – дължина на тила на вълната - време на затихване до 0.5 I_m, s

T – дължина на вълната, s;

a – стръмност на фронта:

$$a = \frac{di_m}{dt} = \frac{I_m}{t_{пр.фр.}} \text{ [A/s]} \qquad (5.2)$$

Времето $t_{пр.фр.}$ се нарича още дължина на фронта и обикновено е 1,5 ÷ 10 μs. Времето ***T*** се нарича още дължина на вълната на тока на мълния и тя е от 20 ÷ 100 μs, но за изчислителна стойност се приема T = 50 μs. Стръмността на фронта е 5 ÷ 80 kA/μs, но за изчислителна стойност се приема 60 kA/μs.

Вълновото съпротивление на проводимия канал в атмосферата, по който се развива мълнията се приема $Z_M = 200$ Ω в числените модели. Амплитудата на тока на всяка мълния е различна и варира между *5 ÷ 250* kA и зависи от множество случайни фактори, вкл. от надморската височина. Изследванията показват, че само около 2 % от случаите на мълнии са съпроводени с ток над 100 kA. Най-често средната стойност е 20 kA, но при изчисляване на мълниезащитните инсталации, особено за взривоопасни сгради и съоръжения, се приема за сигурност амплитуда на тока на мълния 200 kA.

5.1.3. Въздействия на мълнията

- ***Директен (пряк) удар на мълнията***

Токът на мълния (със средна стойност около 20 kA) предизвиква поражения от електрически ток, съпроводени с извънредно тежки изгаряния (овъгляване на тялото) с летален изход. В проводими обекти токът предизвиква пренапрежения, спадове на напрежение в отделни техни части и вторични разряди между тях и към други обекти, през които не протича токът на мълния.

Такъв механизъм на въздействие се получава и при близост на човек до дърво в открита местност, когато токът на мълния протича през ствола на дървото. То има голямо съпротивление, получават се големи спадове на напрежение по дължината му, възникват значителни потенциални разлики и условия за разряд от дървото към близкостоящия човек, което е извънредно опасно. Освен това в такива

случаи опасността за човека е много голяма от допирното и крачното напрежение.

Топлинното действие на тока на мълния в проводници и обекти през които протича се обуславя от отделената топлинна енергия ($E=R.I.^2t$, J), която е значителна поради голямата стойност на тока, независимо от краткото време на протичането му. Токът на мълния предизвиква пожари, експлозии във взривоопасна среда, разтопяване на металните повърхности/стени (изследванията показват, че това е възможно при дебелина на металния лист под 4 mm) и др.

Механичното действие на мълнията се изразява в пробив от точката на удара върху съоръжения от твърд материал, които нямат електрическа връзка със земята или върху съоръжения от непроводими материали (тухли, бетон, камъни, дърво и др.), към земя. В тесните канали на пробива се създават ударни електродинамични сили, освен това рязко нараства температурата, създава се високо налягане и се разрушават конструкциите. Изследванията показват, че например при протичане на импулсен ток 20 kA с дължина на вълната 40 μs през бетонни елементи те напълно се разрушават.

- ***Вторични прояви на мълниите***

✓ *Електростатична индукция.* Представлява натрупване на електрически заряди в надземни обекти и по повърхността на земята, и поява на високи потенциали в изолирани от земя проводими обекти под влияние на външното електрическо поле на облака или мълнията. Възникналите потенциални разлики могат да предизвикат електропоражение или искрене между изолирани един от друг проводими обекти, което във взривоопасни и пожароопасни среди е причина за пожари и взривове.

✓ *Електромагнитна индукция.* В резултат на динамично изменящото се магнитно поле в пространството поради импулсния характер на тока на мълнията, се индуктират е.д.н. в контурите, образувани от различни метални предмети (тръбопроводи, проводници, линейни метални обекти и др.). В незатворените контури в местата на свързване с недобър контакт (фланцови съединения, разхлабени клеми и др.) индуктираните е.д.н. могат да предизвикат искрене, което да създаде пожаро- и взривоопасност.

✓ *Внесени високи потенциали.* По проводимите инфраструктурни обекти (метални тръбопроводи, релсови пътища, електропроводи, кабели, комуникационни линии, метални конструкции, огради, мантинели и др.), опасните потенциали могат да бъдат пренесени на

значителни разстояния от мястото на попадане на мълнията. Предизвикват електропоражения, образуване на искри с опасност за пожари и взривове в сгради и съоръжения.

✓ *Допирни* и *крачни напрежения*. Появяват се в резултат на протичане на ток в земята при пряко попадение на мълнии или в резултат на индуктираните или внесени потенциали от вторичните ефекти на мълниите.

5.2. Райониране по интензивност на мълниеносната дейност

Районирането по интензивност на мълниеносната дейност в страната е необходимо с оглед прецизиране на проектирането на мълниезащитата на сгради и съоръжения. Прави се на базата на обработена статистическа информация за интензивността на мълниеносната дейност на територията на страната.

Основни показатели за мълниеносната дейност са интензивността на мълниеносната дейност в часове за година и средногодишният брой на мълниите паднали на площ *1* km^2, връзката между които е дадена в ***табл. 5.1.*** Интензивността на мълниеносната дейност за територията на страната е представена на карта и по населени места.

Таблица 5.1

Интензивност на мълниеносната дейност в часове за година (M)	*над 10 до 20*	*над 20 до 40*	*над 40 до 60*	*над 60 до 80*	*над 80*
Средногодишен брой на мълниите паднали 1 km^2	1,5	3	6	9	12



Средногодишната интензивност на мълниеносната дейност за страната е *25* часа за година, а средногодишният брой на мълниите за страната е *5* броя на *1* km^2 за година.

Вероятният брой на преките попадения на мълнии за една година (***N***) върху сграда или външно съоръжение с височина до *60* m без мълниезащита се определя по формулата:

$$N = (S + 6h)(L + 6h).n.10^{-6} \qquad (5.3)$$

където: ***S*** е широчината на сградата (съоръжението), m;

L – дължината на сградата (съоръжението), m;

h – най-голямата височина на сградата (съоръжението), m;

n – средногодишен брой на мълниите за *1* km^2.

5.3. Категоризация на обектите според изискванията за мълниезащита

Мълниезащитата на различните сгради и съоръжения се проектира в зависимост от тяхната категория, , дефинирана с Наредба № 4 от 2010 г. за мълниезащитата на сгради, външни съоръжения и открити пространства. За тази категоризация се използва класификацията за пожароопасни и взривоопасни помещения по отменената Наредба №2 за ПСТН и засега не са отразени класификациите по действащата Наредба № Із-1971 от 2009 г. за строително-технически правила и норми за осигуряване на безопасност при пожар.

Към *първа категория* се отнасят сгради и външни съоръжения, в които има помещения с взривоопасни зони от *клас В-I* и *В-II* по взривоопасност.

Към *втора категория* се отнасят сгради и външни съоръжения, в които има помещения с взривоопасни зони от *клас В-Іа, В-Іб* и *В-IIа* и външни уредби с взривоопасни зони от *клас В-Іг*.

Към *трета категория* се отнасят всички останали сгради, външни съоръжения и открити пространства, при които прякото попадение на мълния може да предизвика пожар, механично разрушаване или поражение на хора или домашни животни.

В зависимост от категорията на обекта се определя типа на мълниезащитата и мълниезащитната зона.

5.4. Мълниезащитни инсталации за защита при преки попадения на мълнии

Мълниезащитата за предотвратяване на пряк удар на мълнията по защитавания обект се осъществява чрез мълниезащитната инсталация, която трябва да притежава необходимата надеждност за дългогодишен период на експлоатацията, състояща се от – мълниеприемници, токоотводи и заземители, посредством които се създава най-вероятен път с голяма електрическа проводимост към земя за привличане на мълнията, протичане на тока и отвеждане на електрическите заряди в земята, и предотвратяване по този начин на пряк удар на мълнията по защитавания обект.

5.4.1. Мълниеприемници

Предназначението на *мълниеприемниците* е да привлекат лидера и да поемат прякото попадение на мълнията. В някои информационни източници и нормативни документи те се наричат още мълниеотводи, но трябва да се разграничават от токоотводите, като елементи на мълниезащитната инсталация. *Мълниеприемниците* биват *конвенционални* и *мълниеприемници с изпреварващо действие*.

Конвенционалните мълниеприемници биват:

✓ вертикални (прътови), направени от метални пръти (профили) или тръби с минимално сечение *100* mm^2 и с дължина най-малко *0,2* m, ***фиг.5.3 а).*** Като материали се използва стомана и сплави на алуминия;

✓ мълниезащитни въжета, които са стоманени, многожилни и поцинковани със сечение най-малко *35* mm^2;

✓ мълниезащитни стоманени мрежи със сечение най-малко *50* mm^2 и размери на квадратите на мрежата от *6* x *6* до *12* x *12* m, в зависимост от категорията на защитавания обект.

Всеки мълниеприемник има *мълниезащитна зона,* в която защитава съответния обект от пряко попадение на мълнии с определена вероятност. Когато мълниеприемниците са повече от един, разположени близо един до друг, образуват обща мълниезащитна зона над защитаваните обекти. Според вероятността на защитата, мълниезащитните зони биват:

✓ *зона тип А*, с вероятност за защита най-малко *99,5%*;

✓ *зона тип Б*, с вероятност за защита най-малко *95%*.

Необходимият тип на мълниезащитната зона се определя като се отчитат:

✓характеристиките и изискванията на защитаваните сгради и/или външни съоръжения по пожаро- и взривозащита, и опасностите които могат да възникнат при пряко попадение на мълния върху тях;

✓предназначението и значимостта на защитавания обект;

✓габаритните размери и конфигурацията на защитавания обект;

✓интензивността на мълниеносната дейност в местонахождението на защитавания обект;

✓вероятният брой на преките попадения на мълнии за една година;

✓наличието на подземни проводи в района на обекта и др.

▪ ***Мълниезащитната зона на единичен прътов мълниеотвод***

Представлява кръгов конус, ***фиг.5.3 б)*** и ***в)*** с размери за зона тип А:

$$h_0 = 0,85h, \text{ m} \tag{5.4}$$

$$r_0 = (1,1 - 0,002.h).h, \text{ m} \tag{5.5}$$

$$r_x = (1,1 - 0,002.h)\left(h - \frac{h_x}{0,85}\right), \text{ m} \tag{5.6}$$

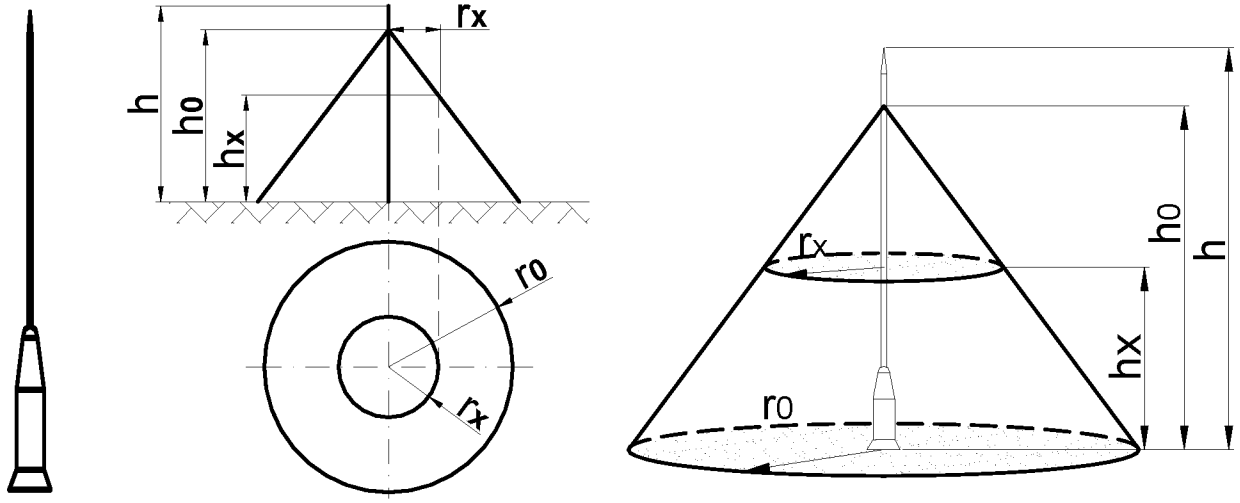
където:

h - височина на мълниеотвода, m,

$\boldsymbol{h_0}$ - височина на мълниезащитния конус (активна височина на мълниеприемника), m,

$\boldsymbol{r_0}$ - радиус на мълниезащитния конус на нивото на терена, m,

$\boldsymbol{r_x}$ - радиус на мълниезащитния конус на височина $\boldsymbol{h_x}$, m.



а) б) Фиг. 5.3 в)

Размерите на мълниезащитна зона тип Б за единичен прътов мълниеотвод се определят по формулите:

$$h_0 = 0,92.h, \text{ m} \tag{5.7}$$

$$r_0 = 1,5.h, \text{ m} \tag{5.8}$$

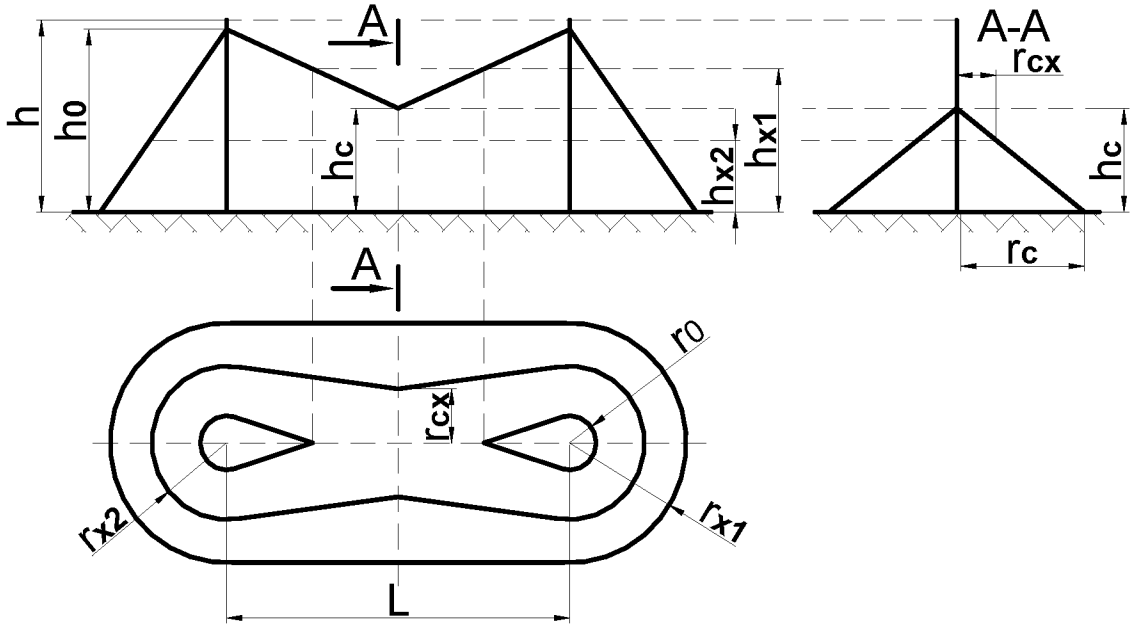
$$r_x = 1,5\left(h - \frac{h_x}{0,92}\right), \text{ m} \tag{5.9}$$

т.е. зона Б припокрива зона А.

Когато са известни размерите на защитавания обект, височината ***h***, m на необходимия единичен прътов мълниеотвод за осигуряване на мълниезащитна *зона тип Б* се определя по формулата:

$$h = \frac{r_x + 1,63h_x}{1,5}, \text{ m} \tag{5.10}$$

▪ ***Мълниезащитната зона на два прътови мълниеотвода с еднаква височина***



Фиг. 5.4

Външните области на мълниезащитната зона ***фиг.5.4,*** се определят, както за единичен прътов мълниеотвод, а размерите на общата мълниезащитна зона *тип А* се определят по:

✓ за $L \le h$: $h_c = h_0,\ r_{cx} = r_x,\ r_c = r_0$

✓ за $L > h$: $h_c = h_0 - \left(0,17 + 3.10^{-4}.h\right)\left(L - h\right)$, m. (5.11)

$$r_{cx} = r_0 \frac{h_c - h_x}{h_c}, \text{ m} \tag{5.12}$$

където:

L – разстояние между мълниеотводите, m;

r_{x1} – радиус на мълниезащитния конус на височина h_{x1}, m;

r_{x2} – радиус на мълниезащитния конус на височина h_{x2}, m ;

$\boldsymbol{h_c}$ – минимална височина на мълниезащитната зона, m;

$\boldsymbol{r_c}$ – размер на мълниезащитната зона на нивото на терена, съответстващ на $\boldsymbol{h_c}$, m;

$\boldsymbol{r_{cx}}$ – размер на мълниезащитната зона на височина $\boldsymbol{h_x}$, m.

Размерите на мълниезащитна зона *тип Б* за два прътови мълниеотвода се определят по:

- ✓ за $L \le 1{,}5h$: $h_c = h_0$, $r_{cx} = r_x$, $r_c = r_0$
- ✓ за $L > 1{,}5h$: $r_c = r_0$,

$$h_c = h_0 - 0{,}14\left(L - 1{,}5h\right), \text{ m} \qquad (5.13)$$

$$r_{cx} = r_0 \frac{h_c - h_x}{h_c}, \text{ m} \qquad (5.14)$$

Когато два прътови мълниеприемника са разположени на разстояние L > 3h - за мълниезащитна *зона А*, или L > 5h - за мълниезащитна *зона Б*, мълниезащитните зони се определят както за самостоятелни мълниеприемници, т.е. не се получава обща непрекъсваема мълниезащитна зона.

Когато са известни разстоянието между мълниеприемниците и най-малката височина на мълниезащитната зона, необходимата височина на мълниеприемниците за осигуряване на мълниезащитна зона тип Б се определя по формулата:

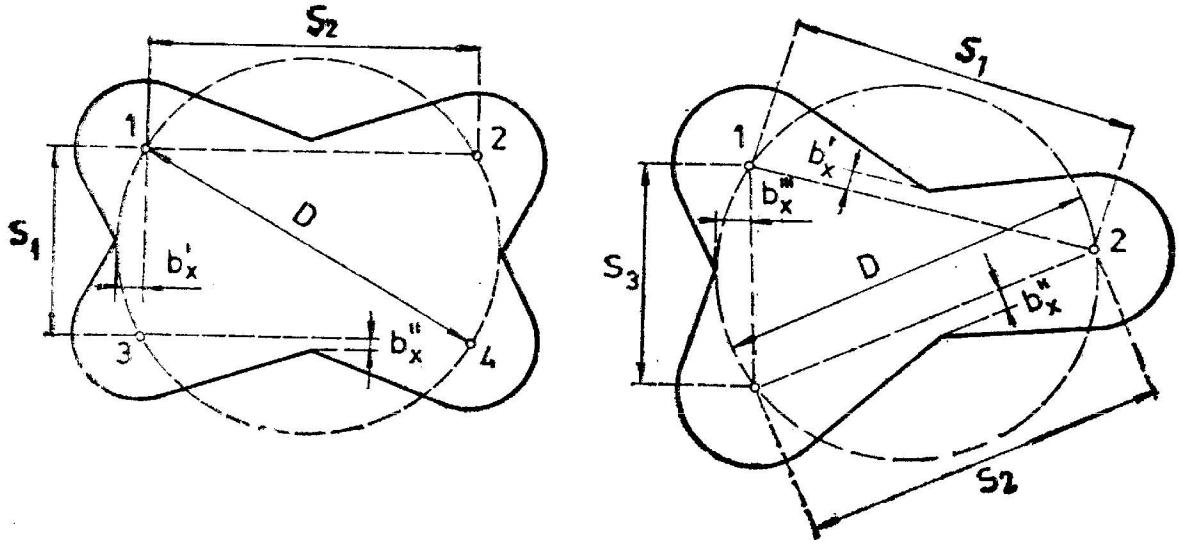
$$h = \frac{h_c + 0{,}14L}{1{,}13}, \text{ m} \qquad (5.15)$$

За два прътови мълниеприемници с различни височини обща мълниезащитна зона *тип А* се проектира при $L \le 3h_{min}$, а мълниезащитна зона *тип Б* - при $L \le 5h_{min}$.

- ***Мълниезащитна зона на група прътови мълниеприемници***

Мълниезащитната зона в такива случаи се определя с последователно решаване за всеки два съседни мълниеприемника и наслагване на получените зони. Зоната, получена за 3 и за 4 мълниеприемника може да се представи съответно на ***фиг. 5.5***.

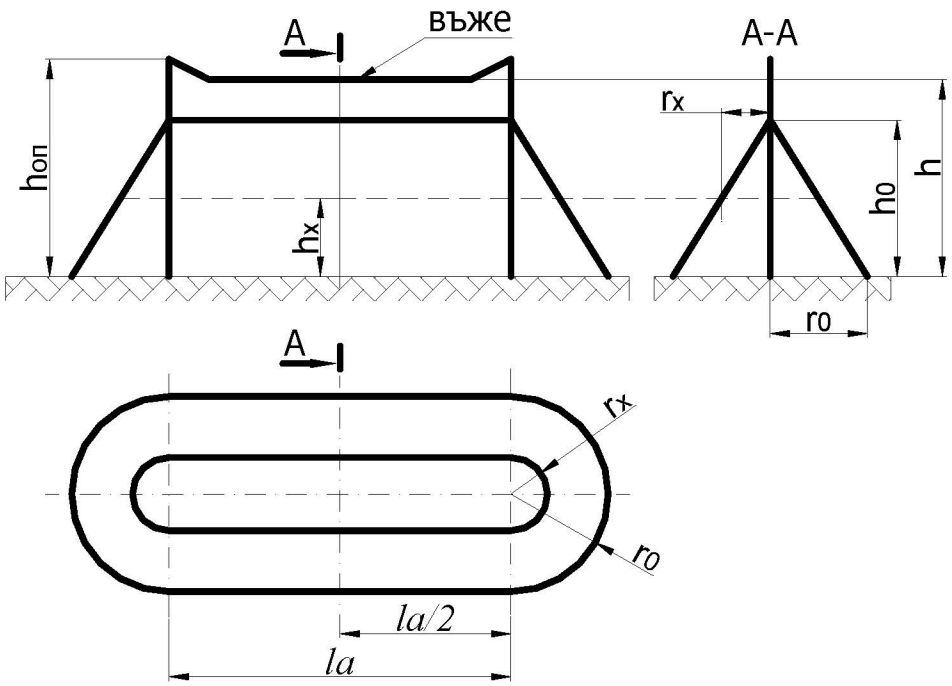
За да се получи непрекъсната мълниезащитната зона е необходимо да се спази диаметърът на окръжнастта, в която се вписват защитаваните обекти да бъда $D \le 8h_o$ за $h \le 30$ m и $D \le \frac{44}{\sqrt{h}} \cdot h_0$ за h > 30 m. При разположение на мълниеприемниците в многоъгълник се очертава зона за всеки три мълниеприемника.



Фиг. 5.5. Форма на защитните зони при 3 и 4 прътови мълниеприемника

- ***Мълниезащитна зона на едно мълниезащитно въже***

Мълниезащитната зона на хоризонтално разположено въже, се определя по ***фиг.5.6***, като за сечение от *35* до *50* mm^2 се приема, максимално провисване до *2* m за разстояние между опорите до *120* m.



Фиг. 5.6

Размерите на мълниезащитна зона ***тип А*** се определят по:

$$h_0 = 0{,}85h, \text{ m} \tag{5.16}$$

$$r_0 = (1{,}35 - 0{,}0025h).h, \text{ m} \tag{5.17}$$

$$r_x = (1{,}35 - 0{,}0025.h)\left(h - \frac{h_x}{0{,}85}\right), \text{ m} \tag{5.18}$$

Размерите на мълниезащитна зона ***тип Б*** се определят по:

$$h_0 = 0,92.h, \text{ m} \tag{5.19}$$

$$r_0 = 1,7.h, \text{ m} \tag{5.20}$$

$$r_x = 1,7\left(h - \frac{h_x}{0,92}\right), \text{ m} \tag{5.21}$$

Височината на единично хоризонтално разположено въже при известни размери $\boldsymbol{h_x}$ и $\boldsymbol{r_x}$ за мълниезащитна зона тип Б се определя по формулата:

$$h = \frac{r_x + 1,85h_x}{1,7}, \text{ m} \tag{5.22}$$

▪ ***Мълниезащитна зона на мълниезащитна мрежа***

Мълниезащитната зона на мрежата се приема с габаритните размери на самата мрежа, тъй като тя е инсталирана непосредствено над или върху най-високата повърхност на защитавания обект. За предотвратяване провирането на мълнията през мрежата, особено за пожаро- и взривоопасни обекти се изисква мрежата да бъда над обекта на разстояние от покрива му $h_m > 0,5.q$, където q, m е размерът на клетката на мрежата.

▪ ***Мълниезащитна зона на мълниеприемници с изпреварващо действие***

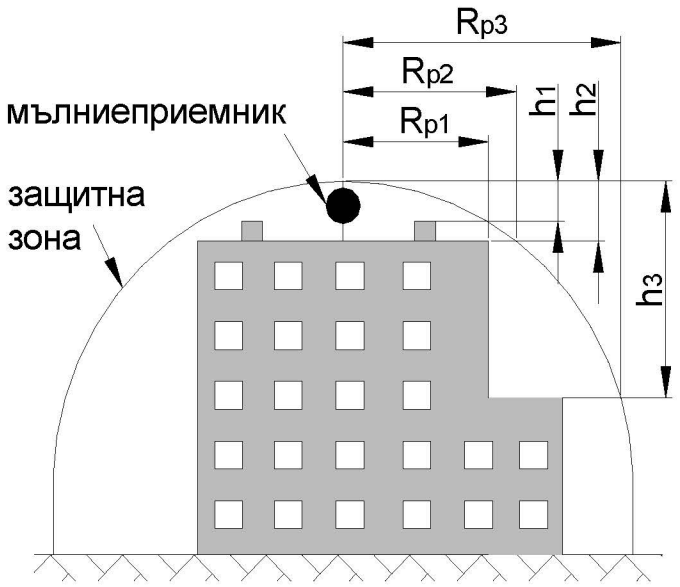
Определянето на мълниезащитната зона на мълниеприемник с изпреварващо действие се извършва в съответствие с електро-геометричния модел и с изпреварването на привличането съгласно данните от документацията на производителя, съпровождаща конкретния мълниеприемник.

За мълниеприемници с изпреварващо действие, в зависимост от тяхната ефективност се определят следните нива на защита:

- *ниво I на мълниезащита* - при ефективност > *98%*;
- *ниво II на мълниезащита* - при ефективност *95 ÷ 98%*;
- *ниво III на мълниезащита* - при ефективност *80 ÷ 95%*;
- *ниво IV на мълниезащита* - при ефективност < *80%*.

Върхът на мълниеприемника с изпреварващо действие се проектира на разстояние най-малко 2 m над мълниезащитната зона, която той

защитава, включително антени, кули за охлаждане, комини, резервоари и др.



Фиг. 5.7

Мълниезащитната зона на мълниеприемник с изпреварващо действие се определя чрез ротационната обвивка около ос, съвпадаща с оста на мълниеприемника, и се представя чрез радиусите на защита, които съответстват на различни разглеждани височини ***h***, ***фиг.5.7***, където:

$\boldsymbol{h_n}$ – височина на върха на мълниеприемника с изпреварващо действие по отношение на хоризонтална повърхност, преминаваща през върха на разглеждания защитаван обект, m;

$\boldsymbol{R_{pn}}$ – радиус на защита на мълниеприемника с изпреварващо действие за разглежданата височина, m.

Радиусът на защита $\boldsymbol{R_p}$ на мълниеприемник с изпреварващо действие зависи от неговата височина ***h*** по отношение на защитаваната повърхност, от изпреварването на привличането и от избраното ниво на мълниезащита.

Радиусът на защита за $h \geq 5$ m се определя по формулата:

$$R_p = \sqrt{h}\left(2D - h\right) + \Delta L\left(2D + \Delta L\right), \qquad (5.23)$$

където:

h е височината на върха на мълниеприемника с изпреварващо действие по отношение на хоризонтална повърхност, преминаваща през върха на разглеждания защитаван обект, *m*;

D - разстоянието на изпреварване или радиусът на фиктивната търкаляща се сфера,m. ***D*** е равно на: *20* m за ниво на мълниезащита I,

30 m за ниво на мълниезащита II, *45* m за ниво на мълниезащита III и *60* m за ниво на мълниезащита IV.

ΔL **-** изпреварване на привличането за конкретния мълниеприемник с изпреварващо действие, m

$$\Delta L(\text{m}) = v(\text{m/μs}).\Delta T(\text{μs}), \qquad (5.24)$$

където ***ΔT*** е изпреварването на привличането в резултат на експериментални изпитвания за оценка на съответния тип мълниеприемник, предоставено от производителя в съпровovda]ata go документация.

Радиусът на мълниезащита за $h < 5$ m се определя по графичен метод с номограми за нива на мълниезащита от I до IV.

За по-голям брой и вариации в размерите на отделните мълниеприемници, общата защитна зона се определят съгласно *Наредба No 4 "За мълниезащитата на сгради, външни съоръжения и открити пространства"* от 2010 г.

5.4.2. Токоотводи

Предназначението на токоотводите е да осъществява ниско съпротивителна връзка между мълниеприемниците и мълниезащитното заземяване. Изпълняват се като шини, въжета или кръгли проводници със сечение най-малко *50* mm^2.

За токоотводи могат да се използват метални конструктивни части (направляващи на асансьори, надлъжна армировка на стоманобетонни колони, пожарни стълби, метални комини и др.).

Трасето им се избира по най-краткия път, като се отчита мястото на заземителя и се избягват резки огъвания, а радиусите на закръгление трябва да са най-малко *20* cm.

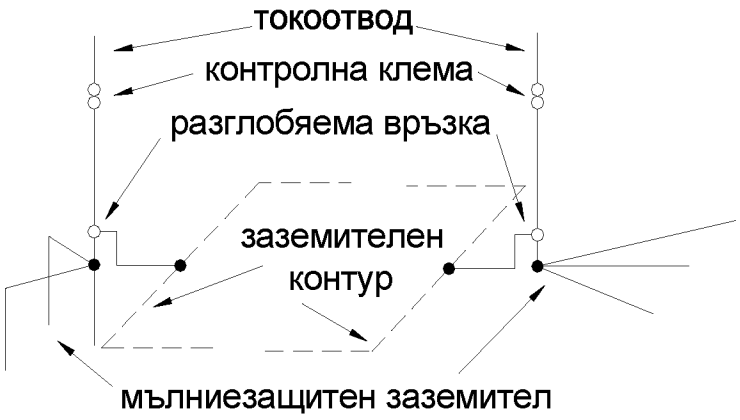
Токоотводите трябва да са защитени от корозия чрез поцинковане или друго подходящо покритие, а елементите им се свързват чрез заваряване или специални клеми с преходно съпротивление < *0,05* Ω.

За проверка на съпротивлението на заземителите се проектират разглобяеми съединения – *контролни кутии и клеми,* които се означават със знак *земя*.

5.4.3. Мълниезащитни заземители

Заземителите за мълниезащита се изпълняват при спазване на общите изисквания към заземителите. Изборът на вида на заземителя се определя в зависимост от специфичното съпротивление на почвата и нормираната стойност на съпротивлението. Освен това се изисква

заземителните лъчи да са насочени извън сградите, да не се използват дълги хоризонтални единични заземители и заземителите да се полагат на достатъчно разстояние от подземни инфраструктурни обекти. Примерни конструкции на мълниезащитни заземители са показани на ***фиг.5.8.***



Фиг. 5.8

Импулсно съпротивление на заземител при протичане през него на ток от мълния може да се изчисли на базата на измереното съпротивление на същия заземител при промишлена честота $\boldsymbol{R_{50Hz}}$:

$$R_{имп} = \alpha_u . R_{50Hz}, \qquad (5.25)$$

където $\boldsymbol{\alpha_u}$ е коефициентът на импулса.

Проектирането за защита при пряко попадение на мълнии се извършва за коефициент на импулса $\alpha_u \leq 1$. Той зависи от тока на мълнията, от специфичното съпротивление на почвата и от конструкцията на заземителя.

В ***табл.5.2*** са дадени граничните дължини на хоризонтални заземители, гарантиращи $\alpha_u \leq 1$, в зависимост от различни специфични съпротивления на почвата.

Таблица 5.2

Специфично съпротивление на почвата (Ω.m)	До 500	500	1000	2000	4000
Гранична дължина (m)	25	35	50	80	100

В ***табл.5.3*** са дадени стойностите на коефициента на импулса за вертикални и комбинирани заземители в зависимост от специфичното съпротивление на почвата.

Като мълниезащитни заземители се прилагат вертикални, хоризонтални и комбинирани заземители, които изпълняват изискванията към заземителите, разгледани в гл.IV.

Таблица 5.4

Специфично съпротивление на почвата (Ω.m)	до 100	100	500	1000	2000
Коефициент на импулса за вертикални заземители	0,9	0,9	0,7	0,5	0,35
Коефициент на импулса за комбинирани заземители	0,9	0,7	0,5	0,3	-

Импулсното съпротивление на мълниезащитни заземители зависи от категорията на обекта:

– за I категория *10* Ω;

– за II и III категория *20* Ω.

В зависимост от специфичното съпротивление на почвата се допускат и по-големи съпротивления според Наредба № 4.

5.5. Защита от вторични въздействия на мълниите

Осъществява се според специфичните изисквания за различните категории на мълниезащита според Наредба № 4. Например някои основни положения за обекти I-ва категория са:

▪ ***Защита от индуктирани напрежения от електростатична индукция***

Осъществява се чрез свързване на металните корпуси на цялото оборудване или металната конструкция на сградата или съоръжението към специален (отделен) заземител със съпротивление до *10* Ω или към заземителната инсталация, предназначена за защита срещу поражения от електрически ток. Разстоянието от специалния заземител или от заземителната инсталация за защита срещу поражения от електрически ток до заземителя за защита при преки попадения на мълнии се регламентира нормативно.

▪ ***Защита от индуктирани напрежения от електромагнитна индукция***

Между тръбопроводи и други надлъжно разположени метални обекти (обвивки на кабели и др.) в местата на тяхното взаимно сближаване на разстояние *10* cm и по-малко през всеки *20* m се проектира сигурна електрическа връзка чрез заваряване или запояване, за да се избегне образуване на отворени контури.

Електрическото съпротивление на преходните връзки трябва да е < *0,03* Ω за всяка връзка. Където това изискване не може да бъде

спазено, връзките се шунтират със стоманен проводник с диаметър > 5 mm или със стоманена лента със сечение > 24 mm^2.

▪ ***Защита от внасяне на опасни потенциали по проводими конструкции и комуникации***

За защита от внасяне на опасни потенциали в защитаваните сгради и външни съоръжения по подземните метални проводи заземителите за защита при преки попадения на мълнии и проводниците към тях се проектират на разстояние > 3 m.

За защита от внасяне на опасни потенциали по подземните метални проводи (тръбопроводи, кабели, в т. ч. разположени в канали и тунели) при въвеждането им в сградата (съоръжението) те се присъединяват към заземителя за защита от индуктирани напрежения или от електростатична индукция или към заземителната инсталация, предназначени за защита срещу поражения от електрически ток.

Електропроводни линии с напрежение до 1000 V, телефонни, радиофикационни, сигнализационни и други инсталации се въвеждат в сградите само чрез кабели. Металните брони или обвивките на кабелите, се присъединяват в мястото на въвеждането им в сградата към заземителната инсталация, предназначена за защита срещу поражения от електрически ток.

В мястото на преминаване от въздушна в кабелна линия металната броня или обвивката на кабела, както и стойките или куките на изолаторите на въздушната линия се присъединяват към заземител с импулсно съпротивление до *10* Ω, като в мястото на преминаването между всяко жило на кабела и заземените елементи се предвиждат закрити искрови междини с междуелектродно разстояние от 2 до 3 mm или вентилен отвод за ниско напрежение. Стойките (куките) на изолаторите на въздушната линия на предния стълб се присъединяват към заземител с импулсно съпротивление до *20* Ω.

В някои случаи електрическите и комуникационни инсталации в сгради подлежат на допълнителна защита от пренапрежения, предизвикани от въздействията на мълнии. Тази защита се осъществява чрез инсталиране на вентилни отводи НН по специална схема.

По-подробно въпросите за мълниезащита, вкл. за оразмеряването на мълниезащитните инсталации, са представени в Наредба No 4 от 2010 г. за мълниезащитата на сгради, външни съоръжения и открити пространства.

ГЛАВА 6. ЕЛЕКТРИЧЕСКИ И МАГНИТНИ ПОЛЕТА

Електромагнитните полета (ЕМП) са физически фактор на работната и на околната среда, който оказва влияние върху физиологичните процеси, протичащи в живата материя. Те се биват естествени или такива, които са резултат на човешка дейност. Ако към естествените човекът се е приспособил в процеса на еволюцията, то антропогенните електромагнитни полета оказват вредно действие в зависимост от интензитета и продължителността на въздействието им. Напоследък се говори за т.н. *електромагнитно замърсяване*, както в работната среда, така и в околната среда. Причина за това е интензивното навлизане в индустрията и бита на съоръжения и устройства – източници на електромагнитни излъчвания (ЕМИ), както и резултатите от изследванията на много авторитетни изследователи и институти в различни страни (Швеция, САЩ, Русия, Англия и др.), показващи значимостта на въздействието на ЕМП, вкл. за ниски и свръхниски честоти, които преди това са били пренебрегвани.

6.1. Скала и основни характеристики на ЕМП

Електромагнитните полета се класифицират според честотата ***f,*** Hz и дължината на вълната ***λ,*** m:

$$\lambda = \frac{c}{f}, \text{ m} \qquad (6.1)$$

където $c = 3.10^8$ m/s е скоростта на светлината.

Особено значение от гледна точка на физиологичното въздействие има разделянето на ЕМП на йонизиращи и нейонизиращи, границата между които се дефинира най-добре с енергията на фотоните на ЕМИ – при енергия над 12,4 eV се проявява йонизиращ ефект.

По-долу са разгледани основните сектори от скалата на ЕМИ, които се срещат по-често и образуваните ЕМП се проявяват по-значимо и интензивно като фактори на работната и на околната среда.

Основните характеристики на ЕМП, които са важни за оценка на въздействието са:

- ✓ интензитет на електрическата съставка на полето, ***E***, V/m;
- ✓ интензитет на магнитната съставка на полето, ***H***, A/m;
- ✓ енергия на електрическото поле $W_E=E^2.T$, $[\text{V/m}]^2.\text{h}$, където ***T*** е продължителността на ЕМИ, h;
- ✓ енергия на магнитното поле $W_H=H^2.T$, $[\text{A/m}]^2.\text{h}$;
- ✓ плътност на енергийния поток ***S***, W/m^2.

Плътността на енергийния поток (плътност на мощността) характеризира пренасянето на енергия с електромагнитните вълни и се описва с вектора на Пойтинг:

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}, \ {\mathrm{W}}/{\mathrm{m}^2} \tag{6.2}$$

В реални условия източниците генерират различни типове електромагнитни вълни (ЕМВ). Обикновено решаването на вълновото уравнение се извършва в сферични координати, което позволява представянето на ЕМВ като сферични вълни.

На разстояния, много по-големи от размерите на излъчвателите, сферичните вълни по характер се превръщат в плоски ЕМВ.

За плоска електромагнитна вълна векторът на Пойтинг се изразява чрез интензитетите на ЕП и на МП и вълновото съпротивление Z_C на средата, в която се разпространява вълната.

$$S = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}} \cdot E^2 = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \cdot H^2 \tag{6.3}$$

За вакуум (и за въздух) $Z_C = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}} = 120\pi \approx 377\ \Omega$

6.2. Статично електричество и електростатично поле

Статичното електричество представлява натрупване на обемни или повърхностни електрически заряди в обема или върху повърхността на предмети и конструкции, при което върху тези обекти се образуват значителни потенциали спрямо земя.

Всяко тяло, имащо електрически заряд създава в пространството около себе си електрическо поле. Електрическото поле, създадено от неподвижни в пространството зарядоносители, се нарича електростатично поле.

Електростатично поле със значителен интензитет се постига при специфично съпротивление на заредения обект $\rho \geq 10^6\ \Omega$m, а при $\rho < 10^6\ \Omega$m, статичната електризация няма практическо значение. По-важните количествени характеристики на зареденото с електрически заряд тяло и статичното електрическо поле около него, са:

- ✓ електростатичен заряд $\boldsymbol{Q}$, C;
- ✓ капацитет на зареденото тяло $\boldsymbol{C}$, F;
- ✓ интензитет на електрическото поле $\boldsymbol{E}$, V/m;
- ✓ потенциал на електрическото поле $\boldsymbol{\varphi}$, V;

- ✓ количество енергия, акумулирана в капацитивната система на електрически заредени тела:

$$W = 0,5.Q.U = 0,5.C.U^2, \text{ J} \quad (6.4)$$

- ✓ обемна плътност на заряда (при течности и дисперсни системи)

$$\rho = \frac{Q}{V}, \text{ C/m}^3 \quad (6.5)$$

където V, m^3 е обема на заредения обект;

- ✓ повърхностна плътност на заряда

$$\sigma = \frac{Q}{A}, \text{ C/m}^2 \quad (6.6)$$

където A, m^2 е площта на наелектризирания обект;

- ✓ линейна плътност на заряда

$$\omega = \frac{Q}{L}, \text{ C/m} \quad (6.7)$$

където L, m е дължина на заредения обект.

Възможността за натрупване на статични заряди в материалите се определя от:

– специфичното обемно съпротивление ρ_V, Ωm^3 и специфичното повърхностно съпротивление ρ_S, Ωm^2;

– относителната диелектрична проницаемост ε;

– релаксационната константа, представляваща времето за намаляване до 2/3 на първоначално натрупания заряд на наелектризирания обект:

$$\tau = \varepsilon.\varepsilon_0.\rho_V, \text{ s} \quad (6.8)$$

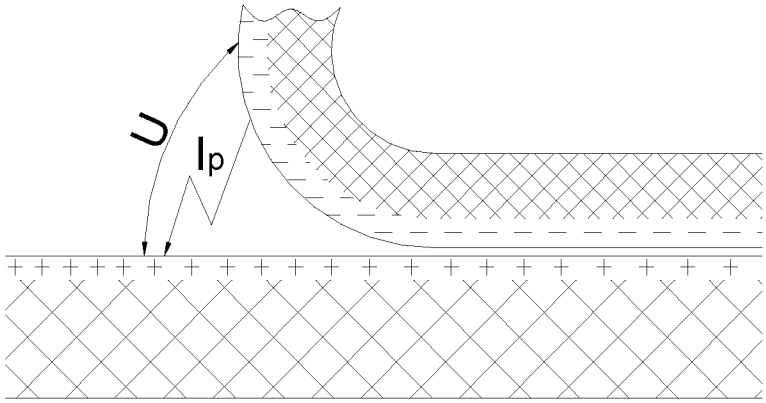
където

$\varepsilon_0 = 8,854.10^{-12}$, F/m е *диелектрична проницаемост на вакуума*;

6.2.1.Образуване на електростатични заряди

Електростатични заряди се генерират при движение на диелектрици, в резултат на триене, контактно разделяне, разпръскване, раздробяване, изливане на течности и дисперсни системи, и др. или под въздействие на външни електростатични полета.

- ***Контактна електризация***



Фиг. 6.1

Създава се при контакт на граничните повърхности на материали с различни диелектрични проницаемости, ***фиг.6.1***. В мястото на контакта се образува двоен електрически слой с противоположна полярност. При механично разделяне на повърхностите, противоположните заряди се разделят и при достатъчно голямо специфично съпротивление на материалите се задържат на повърхностите им. Създава се потенциална разлика между тях, която може да предизвика газов разряд и протичане на разряден ток I_p. Доказано е, че материалът с по-голяма диелектрична проницаемост се зарежда положително, а големината на потенциалната разлика зависи от разликата в диелектричните проницаемости на двата материала.

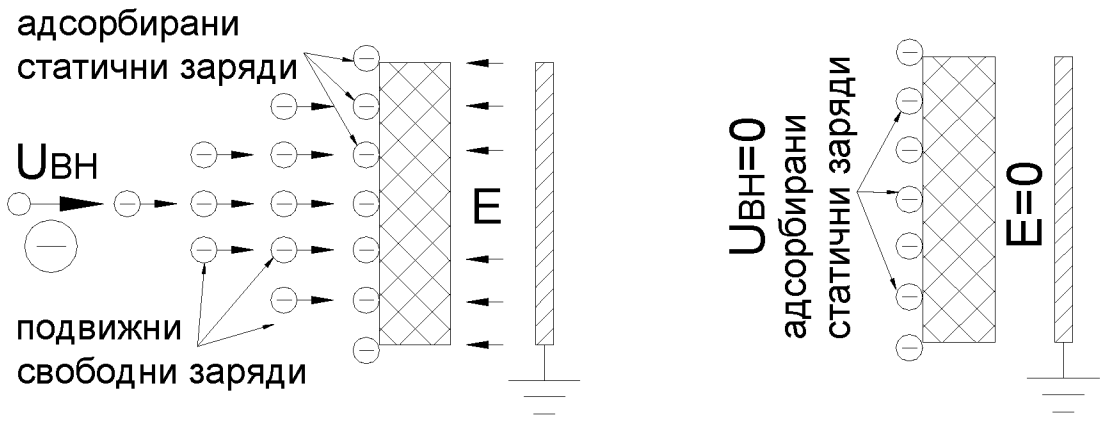
Склонността на различните материали да придобиват и задържат електрическите заряди може да се представи с т.н. редове на Grüner – например показателят за вълна е +42, хартия +12, памук +5, за месинг е 0, за каучук -20 и др. Металите обикновено се зареждат отрицателно, но благородните метали – положително.

- ***Електризация при триене (трибоелектризация)***

Възниква при триене на твърди тела, при транспортиране на прахове, гранули и течност, триещи се в стените на тръби и резервоари, и при изпразването/изливането им, свързано с турбулентност и разпрашаване. Причини за такава електризация са огромният брой контактни точки и контактна електризация с голяма интензивност.

Трибоелектризацията е характерна при ремъчни предавки, лентови транспортьори, развиване на фолио и ленти от рула, барабани и др. При това възникват неравномерно разпределени обемни и повърхностни заряди с големи стойности.

▪ ***Електризация при ефекта корона***

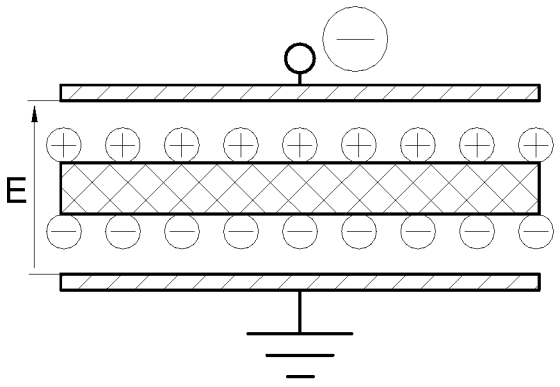


а) Фиг. 6.2 б)

Възниква при поставяне на диелектрик в силно неравномерно електрическо поле (острие-плоскост) с голям интензитет, създадено от източник на ВН, ***фиг.6.2 а)***. Развива се т.н. ефект „корона" около острието, образуваните подвижни свободни заряди се насочват към плоскостта и се адсорбират по повърхността на диелектрика. След прекратяване на въздействието на външното поле, по повърхността на диелектрика остават повърхностни заряди ***фиг.6.2 б)***. В резултат на такъв вид предизвикана електризация на праховите частици в електрическите прахоуловители се осъществява пречистване на отпадъчните газове в енергетиката, металургията, циментовата промишленост и др. Ефектът корона възниква при въздушни електропроводи ВН и СВН, който е нежелан и съпроводен със значителни загуби при пренос на електроенергия.

▪ ***Електризация по индукция***

Възниква при поставяне на диелектрици и проводници в електрическо поле, ***фиг.6.3***. Под действие на външното електрическо поле настъпва поляризация на зарядоносителите и на повърхността на заредените обекти се индуктират повърхностни статични заряди. След прекратяване на въздействието на външното поле, диелектриците остават повърхностно заредени, докато зарядите в проводниците бързо се разсейват.



Фиг. 6.3

▪ ***Електризация при електролитни процеси***

При потапянето на детайли за нанасяне на покрития в галванични вани се образува тънък слой (филм) по повърхността на детайлите, в който се натрупват електростатични заряди, оставащи в него и след изваждането на детайлите. По този начин те могат да придобият значителен потенциал.

▪ ***Пиезоелектрична електризация***

При деформация по повърхността на диелектрици и полупроводници в резултат на натиск, удар и други, се получава изместване/завъртане на полярни молекули, което може да се разглежда като възникване на разноименни електрически заряди. Този вид електризация може да се получи при някои процеси в радиоелектронната промишленост, което да доведе до промени в характеристиките на материали и елементи.

6.2.2. Видове разряди и вредни въздействия на електростатичните заряди

Неблагоприятното въздействие на статичното електричество се проявява с развитието на електрически разряд. При натрупване на разноименни обемни или повърхностни заряди с високи потенциали, между тях или спрямо заземен обект възниква високо напрежение, което може да доведе до разряд през въздуха или по повърхността на диелектрици с протичане на разряден ток I_p.

Най-общо електрическите разряди се класифицират като:

– *искров разряд* – представлява пълен електрически пробив в пространството между две точки с различни потенциали. Характерен е за неутрализиране на заряди, възникнали при контактна електризация;

– *тлеещ разряд* - представлява непълен електрически пробив в пространството между две точки с различни потенциали. Характерен е за неутрализиране на заряди, възникнали при електризация поради ефекта корона;

– *пълзящ разряд* - представлява непълен електрически пробив по повърхността на диелектрици Характерен е за неутрализиране на заряди, възникнали при трибоелектрична електризация.

Статичното електричество оказва вредни въздействия по отношение на опасност от пожари и взривове, технологични изменения в материали и елементи, и въздействие върху човека.

- ***Опасности от пожари и взривове***

Електрическият разряд е съпроводен с отделяне на енергия, която се нарича *енергия на разряда (искрата)* **W** и се измерва в **mJ**. В производства и помещения, където се образуват пожароопасни и взривоопасни смеси, той може да стане причина за възпламеняването им и за взривяване на взривоопасни смеси. Това е възможно, ако концентрацията на взривоопасното вещество във въздуха е достигнало т.нар. *долна граница на взривяемост* и енергията на разряда е достатъчно голяма. За предотвратяване на тази опасност енергията на разряда се ограничава до 10 - 20 % от тази, необходима за възпламеняване на сместа. Веществата, образуващи взривоопасни смеси с въздуха се класифицират по групи, подгрупи и температурни класове. По т.н. минимална енергия на възпламеняване за всеки вид пожароопасни и взривоопасни вещества и смеси може да се определи максимално допустимата безопасна енергия на разряда, а оттам и допустимата степен на електризация.

- ***Технологични изменения в материали и елементи***

При производството, транспортирането и монтажа на полупроводникови и други елементи, използвани в радиоелектронната промишленост съществуват предпоставки за образуване на електростатични заряди и повреждане на радиолектронни елементи. Повредите могат да бъдат явни дефекти, при които тези елементи се бракуват. Много чувствителни в това отношение са полупроводниковите елементи, които имат много малка повърхност на сечението на ***p-n*** преходите и дори малки разрядни токове предизвикват голяма плътност на тока, което предизвиква повреждането им. Възможни са също скрити дефекти (влошени параметри и променени характеристики), и след монтирането на такива елементи възникват проблеми в схеми, цели устройства и др.

- ***Въздействие върху хора***

Продължителното въздействие на електростатични полета върху човека води до намаляване на трудоспособността, умора, дискомфорт и др. Човек се излага на въздействието на статично електричество в работна среда с наличие на такова или при контакт с материали използвани в бита – изкуствени текстилни тъкани за облекла, тапицерии, облицовки и др. При такива неприятни ефекти може да се получат потенциали от *2 до 12* kV, дори и по-големи, но в редки случаи. Чувствителността на хората към статични заряди е различна, като децата и жените са по-чувствителни от мъжете, но преки

физиологични въздействия с тежки последици са малко вероятни. Изследванията показват, че при разреждане на разряди от облекло се отделя енергия около 2 mJ, но смущения в сърдечно съдовата дейност и евентуални фибрилации на сърцето могат да се получат при енергия около 20 mJ.

Усещането на разряд на статични заряди през човек е различно в зависимост от енергията на разряда и варира от слабо усещане през убождане до спазъм. Тези усещания макар да не предизвикват тежки физиологични въздействия могат да бъдат причина за стрес, неадекватни реакции и действия, загуба на концентрация и др., които от своя страна са предпоставки за неправилни действия, понижаване на работоспособността и могат да доведат до трудови злополуки.

6.2.3. Методи и средства за електростатична безопасност

По същество опасност от статичното електричество възниква при неконтролируемото разреждане на образуваните електрически разряди. За постигане на електростатична безопасност трябва с различни методи и средства да се предотврати образуването на електростатични заряди, или да се създадат условия за тяхното безопасно разреждане в определено време и на определено място, за да се избегне неконтролируемото им разреждане и създаване на предпоставки за пожари, взривове и други вредни въздействия.

Защита от статично електричество се осъществява чрез самостоятелно или съвместно прилагане на следните мероприятия: *заземяване на конструкции; неутрализатори, йонизация или овлажняване на въздуха; усъвършенстване на технологичните процеси и използване на електростатично проводими материали; предупредителна сигнализация и блокировки; използване на индивидуални и групови защитни средства – антистатични облекла, обувки, настилки и облицовки.*

- ***Заземяване***

Състои се в преднамерено свързване на проводимите нетоководещи части и статично проводими части (със специфично съпротивление $\rho \leq 10^6\,\Omega$m) на машини и съоръжения, в които могат да се образуват електростатични заряди, към заземителна инсталация в не по-малко от две точки. Това заземяване се нарича още електростатично или антистатично заземяване.

Съпротивлението на антистатичното заземяване към земя не трябва да надвишава $100\,\Omega$. При наличие на защитно заземяване на

електрическите уредби антистатичното заземяване се изпълнява с присъединяване към същите заземителните инсталации.

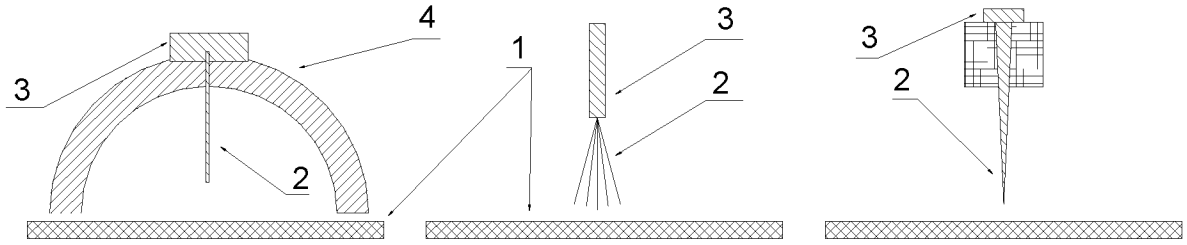
Резервоарите за взриво и пожароопасни вещества с вместимост над *50* m^3 се заземяват в две диаметрално разположени точки. Успоредно разположените тръбопроводи пренасящи материали с електростатични свойства трябва да се свържат на разстояние през *20-25* m с проводими мостове със сечение не по-малко от 6 mm^2 за изравняване на потенциалите. Освен това се препоръчва през такова разстояние да се поставят и заземени метални решетки по сечението на тръбопроводите за неутрализиране на зарядите, образувани във вътрешността на прахо-газовите потоци.

Мобилните резервоари и автоцистерните за лесно запалими течности, наливните колонки и естакадите, металните накрайници на гумени шлангове и маркучи за транспорт и наливане също подлежат на антистатично заземяване.

- ***Използване на неутрализатори***

Неутрализаторите за статично електричество са устройства, които намаляват степента на наелектризиране на материала, интензитета на електростатичното поле и повърхностната плътност на заряда до пределно допустимите стойности за съответния материал и среда. Те допринасят също така за своевременно плавно разреждане на образувани електростатични заряди. Те биват:

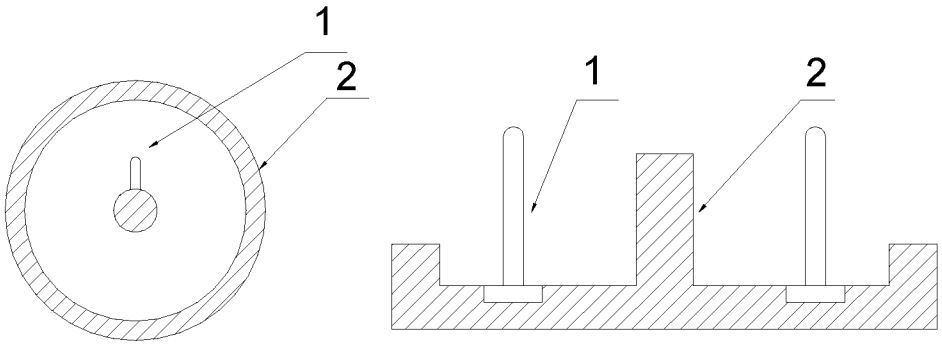
✓*индукционни* – осигуряват неутрализация на зарядите чрез заземени електроди (игли), четки, гребени и др., ***фиг.6.4***;



Фиг. 6.4
1 - статично зареден диелектрик; 2 - игла; 3 - заземен проводник; 4 - защитен кожух

✓*радиоизотопни* – осигуряват неутрализация на зарядите чрез йонизация с радиоактивни източници и повишаване проводимостта по този начин на средата около мястото на натрупване на заряди;

✓*електрически* – осигуряват неутрализация на зарядите чрез йонизация с високо напрежение ***фиг.6.5***;



1- игла; 2 - защитен кожух
Фиг.6.5

✓*комбинирани* – осигуряват неутрализация на зарядите чрез комбинация от два неутрализатора. Прилагат се при големи интензитети на електрическото поле.

Когато е възможно се повишава влажността на въздуха, с което се намалява степента на повърхностна електризация на някои диелектрици. Практически при мокрите производства, където влажността е над 75 % не съществува опасност от статично електричество.

▪ ***Изисквания към технологичните процеси***

Основен подход за ограничаване интензитета на статичните заряди при производствени процеси за производство, обработка и транспортиране на течности и дисперсни системи с голямо специфично съпротивление е намаляването на скоростта на движението им, при което се намалява интензивността на триене между частиците и частиците и стените на ограничаващите ги съдове. Особено важно е да не се допускат турбулентни движения на взривоопасните и пожароопасни течни диелектрици при транспортиране и пресипване в тръбопроводи и резервоари. Поради това е недопустимо и смесването на два и повече диелектрика с различни специфични съпротивления (при остатъци от по-ранно транспортирани вещества) и транспортирането им. Във взривоопасни среди се изисква технологичното и транспортно оборудване да се изработва от статично проводими материали.

▪ ***Индивидуални средства за защита***

Индивидуалните средства за защита от електростатични заряди са антистатични облекла, обувки, ръкавици, настилки и др., които се изработват от статичнопроводими или проводими материали с части и

елементи, електрически свързани помежду си. Антистатичните обувки имат специални контактни пластини за контакт към земята.

6.3. Свръхнискочестотни полета

Това са полета с дължина на вълната $\lambda > 10$ km и честота $f < 3.10^4$ Hz, главно значение сред които имат излъчванията, предизвикани от източници на ток с честота $50 \div 60$ Hz

6.3.1. ЕМП с промишлена честота и основни фактори на въздействие върху човека

Основните източници на ЕМП с промишлена честота $50 \div 60$ Hz са откритите разпределителни уредби (ОРУ), подстанциите и въздушни електропроводи високо и свръхвисоко напрежение. Някои големи електрически машини и промишлени уредби, дори битова техника също така могат да се проявяват като източници на ЕМП с промишлена честота.

За промишлени честоти се приема електрическото и магнитното поле да се разглеждат поотделно при оценка на влиянието им върху организма. Погълнатата енергия от магнитното поле е около 50 пъти по-малко от тази на електрическото поле. Освен това интензитетът на магнитното поле дори при 750 kV е 25 A/m, докато вредно действие се проявява при интензитет над 150 A/m. Следователно, действието на електромагнитните излъчвания с промишлена честота върху човешкия организъм се обуславя предимно от електрическото поле.

Основните фактори, определящи действието на ЕМП с промишлена честота върху човека са потенциалът на човека φ_h, намиращ се в ЕМП и големината на тока I_h, който протича през тялото на човека към земята. Същите се определят чрез моделиране, което е сравнително сложно и не е цялостно изложено тук, но е показан принципния подход.

- ***Потенциал на човека, намиращ се в ЕМП***

За определяне на φ_h се разглежда напречен разрез на въздушен електропровод ВН, в електрическо поле, на който може да се окаже човек. Полето се приема за еднородно преди влизане на човека в него, и на ***фиг.6.6*** е показана кривата на интензитета E в такъв случай.

Потенциалът φ_h в точка P от електрическото поле на височината на главата на човек, е равен на сумата от потенциалите, създадени от зарядите на всяка фаза и огледалния й образ, ***фиг.6.7***:

$$\varphi_P = \varphi_A + \varphi_B + \varphi_C \qquad (6.9)$$

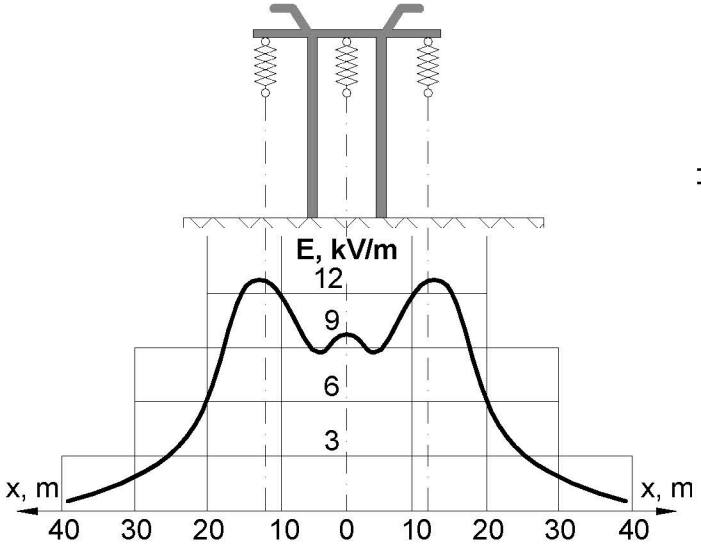
$$\varphi_A = \frac{\tau_A}{2.\pi.\varepsilon_0}.\ln\frac{D_A'}{D_A} = \frac{C_A.U_A}{2.\pi.\varepsilon_0}.\ln\frac{D_A'}{D_A},\ \text{V} \qquad (6.10)$$

където τ_A е заряд на единица дължина, C/m;

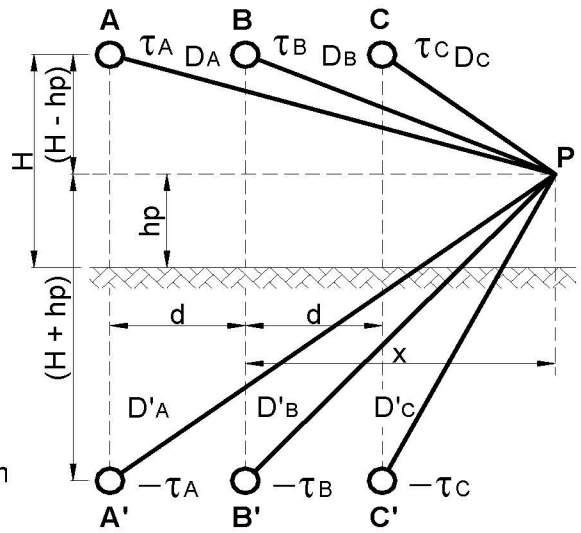
ε_0 - диелектрична проницаемост на въздуха, F/m;

C_A - капацитет на фазата спрямо земята, F/m;

U_A - напрежение на фазата спрямо земята, V.



Фиг. 6.6



Фиг. 6.7

За линии с хоризонтално разположени проводници:

$$C_A = C_B = C_C = C,$$

където C е капацитет спрямо земята за единица дължина.

Ако се приеме, че разстоянието между фазите е много по-малко от височината на разположение на проводниците,

$$C = \frac{2.\pi.\varepsilon_0}{\ln\frac{d.\sqrt[3]{2}}{r}},\ \text{F/m} \qquad (6.11)$$

където d е разстояние между фазите, m, а r е радиус на проводника или еквивалентен радиус при снопови проводници, m.

За симетрична трифазна система

$$U_A = U,\ U_B = a^2U,\ U_C = aU \qquad (6.12)$$

където a е фазовият оператор.

След заместване се получава, че потенциалът в т. P е както следва:

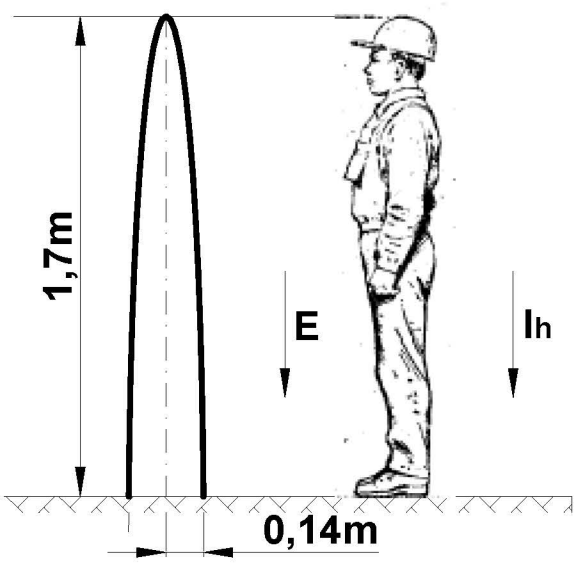
$$\varphi_P = \frac{C.U}{2.\pi.\varepsilon_0}\left(\ln\frac{D_{A'}}{D_A} + a^2.\ln\frac{D_{B'}}{D_B} + a.\ln\frac{D_{C'}}{D_C}\right),\ \text{V} \qquad (6.13)$$

Експериментални изследвания в някои страни показват, че потенциалът φ_P в полето на уредба *500* kV на височина *1,7* m от земята може да достигне *10 ÷ 15* kV. Ако човек, който има такъв потенциал и е много добре изолиран от земята, се докосне (приближи се на минимално разстояние) до заземени уредби се получава искров разряд и през човека протича голям разряден ток. Този процес е краткотраен – под *0,5* μs, но предизвиква болезнено усещане, шок и уплаха, което може да доведе до неправилни действия в електрическата уредба и др. Подобен ефект се получава и ако човекът не е изолиран от земята и се допре до изолирано от земята съоръжение, което е в полето и е придобило такъв потенциал.

- ***Ток I_h, който протича през тялото на човека към земята***

Независимо от това, дали човекът е изолиран или не от земята, през тялото му протича капацитивен ток, обусловен от влиянието на електрическото поле

$$I_h = J.S, \text{ A} \qquad (6.14)$$



Фиг. 6.8

където ***J*** е плътност на тока, A/m^2, а ***S*** е ефективната (открита, незащитена) площ на поглъщане на енергия на полето от човешкото тяло, m^2.

Плътността на тока зависи от интензитета и честотата на полето, средата, проводимостта на тялото и др. За човек, който се намира в добър контакт със земята, токът през него може да бъде определен чрез моделиране, при което човекът се заменя с полуелипсоид със същото специфично електрическо съпротивление ***фиг.6.8***. Тогава:

$$I_h = \frac{\pi.\omega.\varepsilon_0.b^2}{n.a}\varphi_h, \text{ A} \qquad (6.15)$$

където ***a*** е голяма полуос на елипсоида, $a \approx 1,7$ m,

b - малка полуос на елипсоида $b \approx 0,14$ m,

φ_h - потенциал на електрическото поле на височина ***a*** от земята, V;

ω - ъглова честота, s^{-1};

ε_0 - диелектрична проницаемост на въздуха, F/m.

n - коефициент на деполяризация на елипсоида:

$$n = \frac{1-e^2}{2.e^3}.\left(\ln\frac{1+e}{1-e} - 2e\right) \qquad (6.16)$$

където ***e*** - ексцентрицитет на елипсоида:

$$e = \sqrt{\frac{a^2-b^2}{a^2}} \qquad (6.17)$$

При $a = 1,7$ m и $b = 0,14$ m от (6.15) за тока през елипсоида се получава:

$$I_h = \varphi_h.6,55.10^{-9}, \text{ A} \qquad (6.18)$$

Ако се въведе коефициент на сигурност *1,5*, отчитащ грешките от изкривяване на полето поради наличие на метални конструкции в него, и при въвеждане на φ_h в kV, се получава:

$$I_h \approx 10\varphi_h, \text{ μA} \qquad (6.19)$$

Приблизително токът може да се определи и в зависимост от напрежението ***U*** в kV на електропровода:

$$I_h \approx 0.2 - 0.4\ U, \text{ μA} \qquad (6.20)$$

6.3.2. Биологично действие на ЕМП с промишлена честота

Влиянието на електрическото поле върху човека се оценява главно по големината на тока I_h, който протича през тялото му към земята. Той е пропорционален на количеството погълната от тялото енергия на електрическото поле и зависи от интензитета на полето и положението на човека спрямо тоководещите части и земята. Действията на електрическото поле върху човека могат да бъдат топлинни и нетоплинни.

- ***Топлинни въздействия***

Тъканите на човешкото тяло се състоят от клетки и междуклетъчна течна среда. Вътрешноклетъчната и междуклетъчната течност имат специфично електрическо съпротивление $0,1 \div 0,3$ Ωm и относителна диелектрична проницаемост $\varepsilon_r = 80$. Клетъчната обвивка има повърхностно съпротивление до 10^7 Ωm, а специфичният й капацитет е $0,1 \div 3$ μF/cm^2.

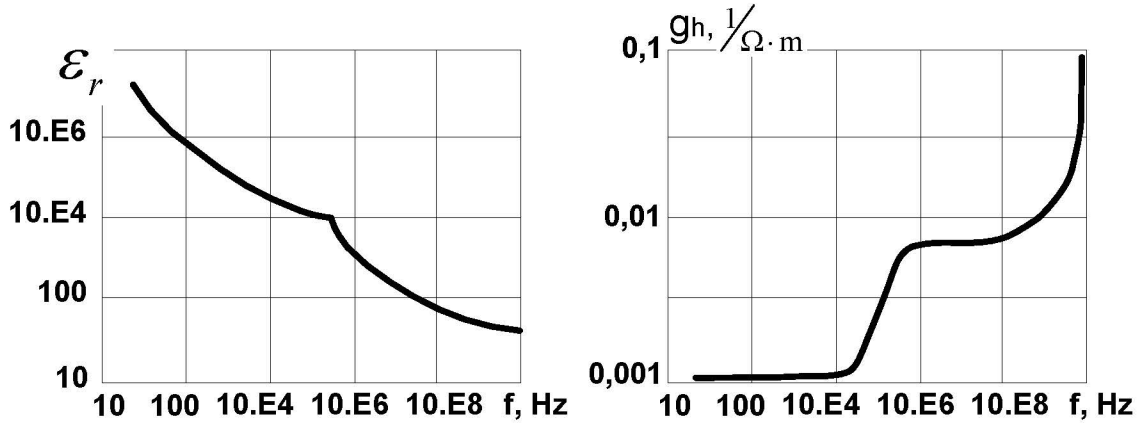
Живата тъкан се поляризира в постоянно електрическо поле. Вследствие на електролитната дисоциация и под действието на електрическото поле, образуваните зарядоносители – йони, които се

преместват само във вътрешността на клетката, понеже обвивката на клетката е много добър изолатор и не може да бъде преодоляна от тях.

Йонен ток протича само в междуклетъчната течност. Диполните молекули също се поляризират. При високи постоянни напрежения е възможна *електрофореза* - преместване на големи заредени частици - *макромолекули*.

При променливо електромагнитно поле колкото е по-висока честотата, толкова тъканите в по-голяма степен губят своите диелектрични свойства и придобиват свойства на проводник. При промишлени честоти тези процеси не са съществени и топлинните въздействия са незначителни.

Измененията на относителната диелектрична проницаемост ε_r и особено на специфичната проводимост g_h на живите тъкани в зависимост от честотата са силно неравномерни, ***фиг.6.9 а)*** и ***б)*** съответно.



а) Фиг. 6.9 б)

При честота $10^9 \div 10^{10}$ Hz, протичащите йонни токове постепенно се заместват от поляризацията на молекулите, при което диелектричните загуби нарастват многократно. Голяма част от енергията на електромагнитното поле, погълната от тялото $P_{пог}$ се превръща в топлина, която може да се изчисли приблизително по:

$$P_{пог} = P_0 \left(1 - k_1\right).e^{-2k_2.r}, \qquad (6.21)$$

където P_0 е количеството енергия насочена към тялото, k_1 е коефициент на отражение на граничната повърхност кожа – тяло, k_2 е коефициент на затихване на полето, а r е разстоянието между източника и повърхността на тялото, cm.

Погълнатата енергия повишава телесната температура и затруднява терморегулацията на тялото.

▪ ***Нетоплинни въздействия***

Те са свързани с биологичното действие на тока през тялото I_h, временни нарушения в работата на нервната система, суспендиране на еритроцитите, водещо до влошаване на кислородния баланс в тъканите, нарушаване на натриево-калиевия солеви баланс в телесните течности с последващото негативно влияние върху сърдечно-съдовата система, морфологични изменения в тъканите в следствие на необратима електролитна дисоциация и поляризация на диполни молекули в тъканните електролити и др.

Вследствие въздействието върху централната нервна система и на сърдечно-съдовата система, се появяват главоболие, бърза умора, сънливост, намалява точността на работните движения, настъпват изменения в кръвното налягане и пулса, болки в сърцето и др. Степента на това влияние зависи от количеството погълнатата електромагнитна енергия, т.е. от интензитета на полето и продължителността на пребиваване в него.

6.3.3. Нормиране, методи и средства за защита от ЕМП с промишлена честота

ЕМП, предизвикващо протичане на ток до *50* μA през човека не оказва съществено влияние върху него дори при продължително действие. Може да се приеме, че допустимия ток през човека при престой в електрическо поле е *50* μA, но няма въведени норми относно тока през човека. В зависимост от интензитета на полето се нормира продължителността на експозиция, ***табл.6.1.***

Таблица 6.1

Интензитет на полето ***E***, kV/m	До 5	5÷10	10÷15	15÷20	25÷30
Допустимо време на престой в денонощието, ***h***, (min)	8	3	1,5	(10)	(5)

Допустимото време на престой в електрическо поле T_E може да се изчисли по:

$$T_E = \frac{50}{E} - 2, \text{h} \qquad (6.22)$$

където ***E***, kV/m е интензитета на електрическото поле. Когато се налага работа на места с различен интензитет на полето в рамките на едно денонощие, общото допустимо време на престой в електрическо поле се определя по:

$$T_{ПР} = 8.\left(\frac{t_{E1}}{T_{E1}} + \frac{t_{E2}}{T_{E2}} + \ldots\right), \text{h} \qquad (6.23)$$

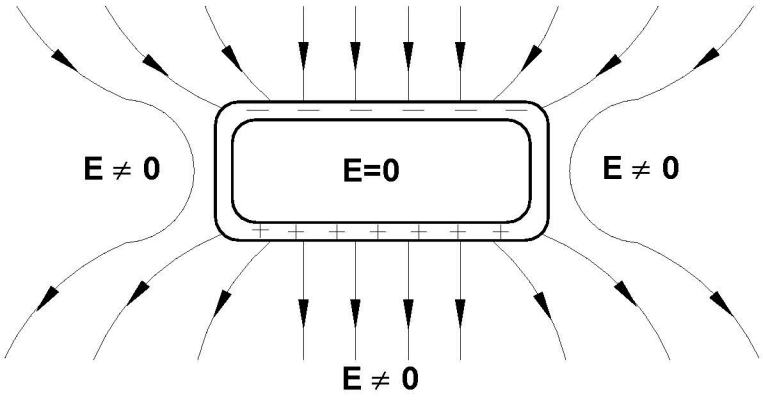
където t_{E1} е действителното време на престой в поле с интензитет E_1, а T_{E1} е допустимото време на безопасен престой в електрическо поле със същия интензитет и т.н.

Допустимият интензитет на електрическо поле в жилищни площи се приема, че е *0,5* kV/m, а около тях до *1* kV/m.

За защита от ЕМП с промишлена честота могат да се използват:

- ***Екраниращи костюми***

Защитните им свойства са основани на принципа на електростатичното екраниране. Индуктираните заряди се разпределят така, че полето им компенсира външното поле, ***фиг.6.10***.

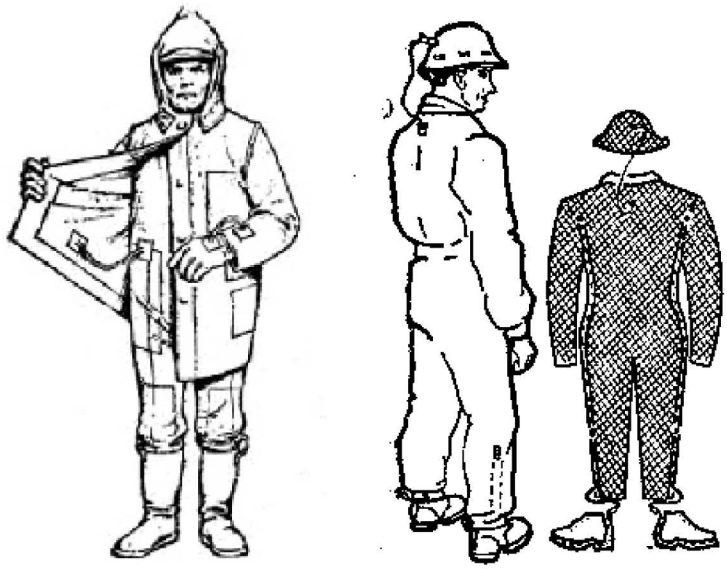


Фиг. 6.10

Костюмът се изработва от специална метализирана проводяща тъкан и всичките му метални елементи се свързват сигурно помежду си ***фиг.6.11***. Защитната способност на костюма се оценява по големината на тока I_h', протичащ през тялото на човека в земята в сравнение с тока, който би протекъл при липса на защитен костюм I_h:

$$I_h' = I_h\left(1 - K_e\right), \text{ μA} \qquad (6.24)$$

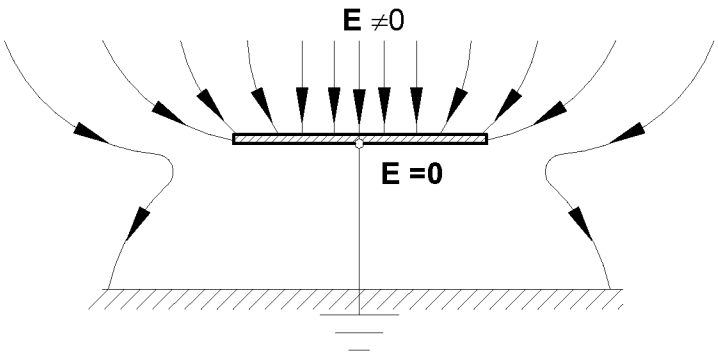
където K_e е коефициент на екраниране.


Фиг.6.11

Ако костюмът покрива цялото тяло с изключение на лицевата част на главата и дланите, то K_e е почти *1*.

▪ ***Екраниращи конструкции.***

Действието им е основано на ефекта на изкривяване на полето и отслабване на интензитета му в близост до заземен метален предмет, ***фиг.6.12***. От страната на проводника интензитетът на електрическото поле ***E*** нараства чувствително, докато от другата страна на екрана той е много по-малък.



Фиг. 6.12

Екраниращите конструкции биват временни и постоянни (козирки, навеси, щитове) и се изработват от мрежа с отвори до *50/50* mm. Поставят се според допустимите изолационни разстояния до тоководещите части и се заземяват. Изключените тоководещи части, както и други изолирани от земята метални съоръжения, намиращи се в близост до работниците, трябва също да бъдат заземени, за да не се получат потенциали по тях и искров разряд през човека при допирането им.

6.4. Радиочестотни и свръхвисокочестотни електромагнитни полета

Излъчванията с *радиочестота* (РЧ) и *свръхвисока честота* (СВЧ) имат дължината на вълната $10\,\text{km} < \lambda < 100\,\mu\text{m}$ и честота $3.10^4 < f < 3.10^{12}$ Hz.

6.4.1. Източници на ЕМП с РЧ и СВЧ

▪ ***Електротермични уредби.***

✓ *Уредби за нагряване и обработване на метали*

Това са главно промишлени индукционни пещи с работна честота около 3.10^6 Hz, които се използват за топене, закаляване и други процеси в металургията, металообработването и др.

✓ *Уредби за нагряване и обработване на диелектрици*

Това са главно промишлени сушилни с работна честота около 3.10^7 Hz, които се използват за сушене на изолационни материали и изделия, дървесина, кожи, текстилни материали, фуражи и други в електропромишлеността, дървообработването и други сектори на индустрията.

Източници на лъчение са различните елементи на уредбите: генератори, бобини, кондензатори, кабелни линии и др.

✓*Радиотехнически и електронни уредби*

При производството на радио- и телеапаратура, в апаратурата за контрол и управление на технологични процеси, за радиовръзки, радиолокация, радиотелеметрия, радионавигация и други се използуват уредби с генератори на висока и свръхвисока честота. В редица случаи те съдържат магнетрони, клистрони, лампи с бягаща вълна, лампи с обратна вълна и други газонапълнени елементи.

При изработването, настройката, ремонта, изпитванията и експлоатацията на радиотехническите уредби те работят в режим на генериране на електромагнитни излъчвания с $\lambda < 10$ m и f над 3.10^7 Hz.

Източници на лъчение са самите генератори на високочестотни вълни, антените, кабелните линии, изпитвателните уредби и др. За радиопредавателните станции основен източник на лъчение е антената, която изпраща поток от електромагнитна енергия в пространството. Това е необходимо, полезно лъчение. Освен него се получава и нежелателно лъчение през отворите и хлабините на антенно-фидерните конструкции и др.

Радиочестотните електротермични и радиотехнически уредби създават около себе си зони на електромагнитно поле с висок интензитет, в границите на които могат да се окажат не само работните места на производствения или експлоатационния персонал, но и разположените в близост населени пунктове.

6.4.2. Действие на ЕМП с РЧ и СВЧ върху живия организъм

За разлика от ЕМП с промишлени честоти, при ЕМП с РЧ и СВЧ е необходимо да оценява комплексното въздействие на електрическата и магнитната съставяща на полето и погълнатата от тъканта енергия на електромагнитното поле, която за единица време може да се определи с формулата

$$P = \sigma.S, \text{ W} \qquad (6.25)$$

където $\boldsymbol{\sigma}$ е плътност на потока на мощността, W/m^2, а $\boldsymbol{S}$ е ефективна поглъщаща повърхност, която зависи от честотата и ориентацията на тялото спрямо силовите линии на полето, m^2

Погълнатата електромагнитна енергия се превръща в топлинна енергия, която нарушава топлинния баланс на организма. За разлика

от ЕМП с промишлени честоти, при ЕМП с РЧ и СВЧ тези процеси са съществени и топлинните въздействия могат да бъдат значителни.

Топлинната енергия, възникнала в организма на човека, увеличава общото топлоотделяне на тялото. Някои органи и тъкани са особено чувствителни към облъчването. Това са сравнително по-слабо кръвоснабдени органи или такива с недостатъчно интензивно кръвообращение. Към тях се отнасят мозъкът, очите, жлези с вътрешна секреция, половите органи и др. Особено чувствителни са очите (получава се потъмняване на лещата на очите - катаракта), облъчването на които води до влошаване, дори до загубване на зрението. Ако дължината на вълната е съизмерима с геометричните размери на органите, в тях могат да възникнат стоящи вълни, което довежда до пълно резонансно поглъщане на енергията и концентриране на топлината в тях.

При електромагнитните полета с висока и свръхвисока честота се проявява и нетоплинното действие. Действието е преди всичко върху нервната система. Малки дози са стимулиращи, но фазата на възбуждане бързо преминава. При голям интензитет или системни облъчвания могат да се получат необратими измененията в организма. Нарушават се условните рефлекси, физиологичните и химичните процеси в организма, нервната регулация на сърдечно-съдовата система (спада кръвното налягане, забавя се ритъмът на сърцето). Изменя се и съставът на кръвта – намалява съдържанието на еритроцитите, а се увеличават левкоцитите. Тези изменения се съпровождат с болки в главата и крайниците, раздразнителност, разстройство на съня и те се задълбочават с повишаване на честотата на полето.

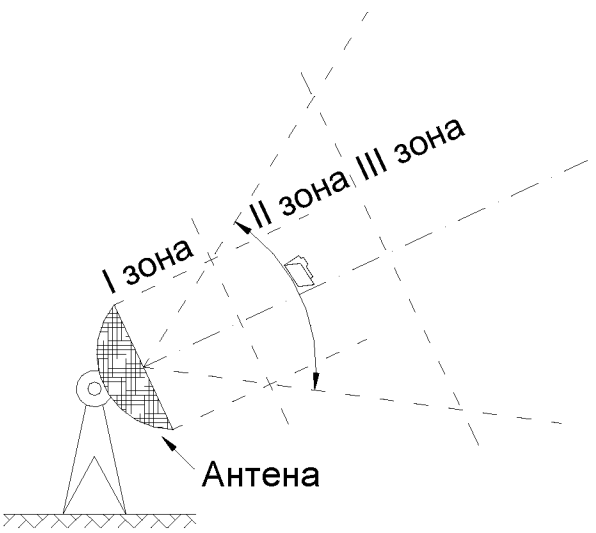
6.4.3. Нормиране на въздействията от ЕМП с РЧ и СВЧ

Действието на електромагнитните излъчвания зависи от неговата продължителност и от параметрите на полето. Електромагнитното поле, разпространявайки се в пространството, пренася определено количество енергия, което се характеризира с плътността на енергията в единица обем.

- ***Зониране на ЕМП с ВЧ и СВЧ***

Характерът на разпространение на полето и свойствата му зависят от дължината на вълната λ. В зависимост от разстоянието до източника, пространството около него се разделя на три зони, ***фиг.6.13.***

✓*Зона на индукция (I зона).* Тя се определя от условието $R < \lambda/2\pi$, където ***R*** е разстояние до източника, например антена. В нея съотношението на интензитетите на електрическото и на магнитното поле ***E*** и ***H*** зависи от вида на източника. При уредби за електрическо нагряване преобладава електрическата съставка, а при уредби с индукционно нагряване - магнитната съставка. Ефективността и въздействието на полето в тази зона се оценява по интензитета на съответната съставка ***E*** или ***H***, която е доминираща за плътността на енергията на полето.



Фиг. 6.13

✓*Вълнова зона (II зона).* Съществува в пространствени граници $R < \lambda/2\pi$ при условие, че $R > D^2/\lambda$, където ***D*** е максималният размер на разтваряне на антената. В тази зона се формира самото вълново поле, което се разпространява в пространството. Ефективността и въздействието на полето в тази зона се оценява по сумарната плътност на потока на мощността ***σ***.

✓*Зона на дифракция (III зона).* Формира се в зоната $R< D^2/\lambda$. Дифракционната зона може да възникне и на по-близко разстояние, ако съществуват предмети, които отразяват вълните. В тази зона вълните се разпространяват в различни направления, образуват се максимуми и стоящи вълни. Ефективността на полето се оценява по сумарната плътност на потока на мощността ***σ***.

- ***Нормиране на ЕМП с ВЧ и СВЧ***

В зависимост от дължината на вълната работното място попада в една от трите зони. За къси и ултракъси вълни с дължина на вълната $\lambda < 10$ cm във всички случаи работното място попада във ***II*** или ***III*** зона и за тях се нормира интензитетът на лъчение ***σ*** и продължителността на действие върху човека. Например при работа в продължение на целия работен ден се допуска $\sigma = 100$ mW/m^2.

За дълги и средни вълни ($\lambda > 10$ cm) се нормира интензитетът на съответната преобладаваща съставяща на полето. Например на работни места до електротермични уредби с електрическо нагряване $E_{доп} = 5$ KV/m.

Критерии за оценка на въздействието на електромагнитни полета от радиочестотния диапазон *60* kHz ÷ *300* MHz са количествата погълнатата електрическа и магнитна енергия от тялото на човека W_E и W_H.

Нормират се допустимата погълната електрическа $W_{E_доп.}$ и магнитна $W_{H\ доп.}$ енергия или интензитета на електрическото $E_{доп.}$ и магнитното $H_{доп.}$ поле, ***табл.6.2***.

Таблица 6.2

Честотен обхват, **MHz**	***Допустим интензитет на полето***	
	Електрическо, **V/m**	***Магнитно,*** **A/m**
0.06 ÷ 3	50	5 (до 1,5 MHz)
3 ÷ 30	20	-
30 ÷ 50	10	0,3
50 ÷ 300	5	-

Определянето на допустимите количества погълната енергия се прави по два начина, в зависимост от известните параметри:

За определено време на престой в електромагнитното поле T_h, може да се изчислят максимално допустимите интензитети на съставящите на полето:

$$E_{\max} = \sqrt{\frac{W_{E_доп}}{T_h}}, \text{ V/m} \tag{6.26}$$

$$H_{\max} = \sqrt{\frac{W_{H_доп}}{T_h}}, \text{ A/m} \tag{6.27}$$

Съответно при известни (измерени) интензитети на съставящите на полето, може да се изчисли допустимото време на престой:

$$T_{h_допE} = \frac{W_{E_доп}}{E_{изм}^2}, \text{ h} \tag{6.28}$$

$$T_{h_допH} = \frac{W_{H_доп}}{H_{изм}^2}, \text{ h} \tag{6.29}$$

Нормирането на едновременно въздействие на електрическата и магнитна съставящи на полето се прави по условието:

$$\frac{W_E}{W_{E_доп}} + \frac{W_H}{W_{H_доп}} \le 1 \tag{6.30}$$

Критерий за оценка на въздействието върху човек на микровълнови полета с честота *300* MHz ÷ *300* GHz е плътността на електромагнитния поток σ, W/m^2, като за постоянни работни места

$\sigma \leq 10$ W/m^2, а при температура на въздуха над *28* °C или при наличие на йонизиращи лъчения $\sigma \leq 1$ W/m^2.

Допустимото време на престой на човек в зона на въздействие на електромагнитни вълни от микровълновия спектър се определя по:

$$T_{h_доп} \leq \frac{E_{h_доп}}{\sigma_{\max}}, \text{ h} \qquad (6.31)$$

където $\boldsymbol{\sigma_{max}}$ е максималната плътност на електромагнитния поток, а $\boldsymbol{E_{h_доп}}$ е максималното допустимо енергийно натоварване на организма, W.h/m^2.

Контролът на микровълнови електромагнитни полета се осъществява чрез измерване на интензитета на електрическата и магнитна съставяща на полето или плътността на енергийния поток на източника на работното място. Периодичността на измерванията е веднъж на две години и освен това при въвеждане на нови съоръжения в експлоатация, след ремонт или при промени в режима на работа или конструкцията на уредби – източници на ЕМП, изменения на защитни съоръжения, организиране на нови работни места и др.

Резултатите от измерванията се оформят в специален протокол, съдържащ описание на обекта, измервателната методика, и заключение за съответствието по отношение на действащата нормативна база.

6.4.4. Защита от въздействията на ЕМП с РЧ и СВЧ

Осъществява се чрез намаляване на интензитета на полето и плътността на потока на мощността по следните начини:

✓*Защита чрез разстояние*. Увеличаването на разстоянието до източника е много ефективен метод, който в редица случаи е лесно осъществим. Постига се чрез въвеждане на средства за автоматизация и дистанционно управление на източниците.

✓*Защита чрез намаляване на продължителността на облъчване*. Допустимата продължителност се определя от пределно допустимите норми. Въвеждането на режимни мерки и подобряване управлението на технологичните процеси има голямо значение. На този аспект се обръща особено внимание при използване на медицинска апаратура за облъчване на пациенти при лечебно-профилактични мероприятия.

✓*Защита чрез регулиране на мощността*. Постига се чрез непосредствено регулиране на генераторите или косвено - чрез

използуване на специални звена (поглъщатели на мощност), които напълно поглъщат, отразяват или отслабват в определена степен енергията на полето по пътя от генератора до излъчващия елемент.

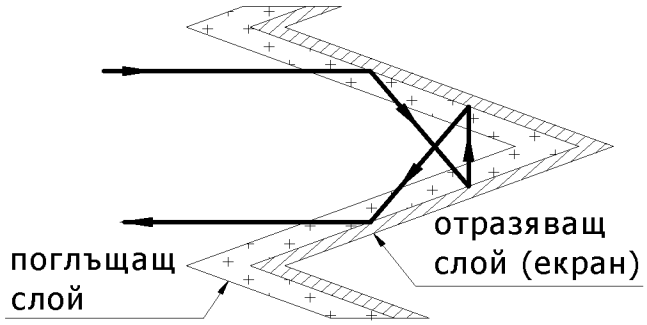
✓*Екраниране*. Принципът му се основава на това, че в екрана се образуват вихрови токове, които пораждат поле, обратно на екранираното. Дебелината на екрана от мед, алуминий или стомана се избира по конструктивни съображения, тъй като при ЕМП с РЧ и СВЧ дълбочината на проникване на вълната е много малка за такива материалите. Амплитудата на електрическата и магнитната съставящи на полето намалява по експоненциален закон в зависимост от дебелината на защитния екран.

В редица случаи екраните имат отвори за наблюдение, осветление и вентилация, както и за захранващите проводници и кабели и изводите за органите на дистанционно управление. Те намаляват екраниращата способност на екрана и затова специално се оразмеряват. При мрежести екрани, геометричните размери се избират съобразно дължината на електромагнитните вълни. За повишаване на ефективността мрежовите екрани се правят двуслойни.

Вътре в екрана, който обхваща значително пространство, могат да се образуват индуктивни връзки. Те стават причина върху екрана да се получи значителен потенциал, който може да предизвиква изгаряне при приближаване или допир на човека. Затова се препоръчва високочестотните елементи на уредбите да се екранират поотделно и екраните надеждно да се заземяват.

✓*Покрития*. Металните елементи на екраните имат много висока отражателна способност за електромагнитни вълни с ВЧ и СВЧ, което повишава риска за човека от отразените вълни. За намаляване отражателната и увеличаване поглъщащата способност се използуват специални покрития върху металните елементи, с вълнови съпротивления на конструкцията приблизително равни с това на въздуха. Най-често използвани материали за такива цели са каучук, пенополистирол и други с проводими добавки - въглищен прах, сажди, прах от карбонилно желязо и др.

Намаляване на отражението и увеличаване на поглъщането на електромагнитните вълни може да се постигне и с увеличаване активната повърхност на покритието (увеличаване броя на взаимодействие на вълната с покритието). За тази цел повърхност на покритието се прави гофрирана, ***фиг.6.14***.



Фиг. 6.14

В зависимост от ъгъла между релефните форми може да се постигне 2, 4 и повече пъти отражение на вълната. Така изработените покрития поглъщат лъчение в широк честотен диапазон, но са по-обемисти, чувствителни са към вода и прах, бързо ерозират.

Друг принцип за изработване на поглъщащи покрития е т.нар. *четвъртвълново съгласуване*. Дебелината на покритието е равна или кратна на 1/4 от дължината на вълната. Отразените вълни са дефазирани на 180° от повърхността на покритието и на екрана, и се компенсират взаимно. Този вид покритията отразяват/поглъщат до 99% от енергията, но са ефективни в много тесен честотен диапазон.

✓*Лични предпазни средства.* При изпълнение на редица операции по настройката и регулирането на радиотехническата апаратура е необходимо операторът да работи в зоната на електромагнитното лъчение, непосредствено до източника. В тези случаи трябва да се използуват лични предпазни средства, основани на принципа на екранирането. Преди всичко се защищават очите. Радиозащитните очила са изработени от стъкло с прозрачно за светлината покритие от злато или олово и са оградени с гума с метален пълнител или с метализирана тъкан. За защита на главата и тялото се използуват екраниращи костюми.

✓*Организационно-защитни мероприятия.* За работа с високочестотни и свръхвисокочестотни уредба не се допускат лица под 18 години и такива със заболявания на кръвта, нервната система, очите и др. Регламентира се минималната площ на помещението за уредбата, инсталира се общообменна вентилация, а работните места се разполагат извън зоната на интензивно лъчение. Стените се облицоват с поглъщащи и отразяващи покрития и бои. Поставят се ограждения и предупредителни табели. Уредбите се монтират на безопасно разстояние. Периодично се извършва контрол на условията на труд и се провеждат медицински прегледи.

6.5. Други електромагнитни лъчения

6.5.1. Източници и въздействия на инфрачервената и ултравиолетовата радиация в производствени условия

- ***Източници на радиация в оптичния диапазон***

Всички тела с температура по-висока от абсолютната нула излъчват инфрачервена радиация, която представлява поток от електромагнитни вълни с дължина на вълната $0,176.10^{-6}<\lambda<540.10^{-6}$ m и енергия на фотоните $0,0125 \div 1,25$ eV *(електронволта)*. Излъчванията във видимата област са с дължина на вълната $540.10^{-6}<\lambda<10^{-9}$ m, а ултравиолетовата радиация е с $\lambda=10^{-9} \div 300.10^{-9}$ m и енергия на квантите $3,56 \div 6,25$ eV.

Интензивността на инфрачервена радиация нараства с повишаване на температурата. Потокът на лъчение на абсолютно черно тяло е:

$$q_0 = C_0.T^4, \text{ W/m}^2 \qquad (6.32)$$

където $\boldsymbol{C_0}$ е коефициент на излъчване на абсолютно черно тяло, а $\boldsymbol{T}$ е температурата на тялото, ^{0}K. За реални материали, които не се приемат за идеално черно тяло (6.32) се коригира с т.нар. *коефициент на черната* ε, и добива вида:

$$q_0 = \varepsilon.C_0.T^4, \text{ W/m}^2 \qquad (6.33)$$

Плътността на потока на инфрачервена радиация, излъчена от точков източник намалява пропорционално на квадрата на разстоянието.

Нагретите тела излъчват инфрачервена радиация с различни дължини на вълната едновременно. С нарастване на температурата на излъчващото тяло преобладаващата дължина на вълната намалява и се появяват видими и ултравиолетови лъчи. В зависимост от температурата, източниците на излъчвания в оптичния диапазон се делят на четири групи:

✓*I група* – с температура до *500* °C, при които се проявява само инфрачервената радиация. Типични източници в тази група са топлопроводи, корпуси на пещи и др.;

✓*II група* – с температура от *500* до *1300* °C, при които се появяват и видими лъчи. Типични източници са разтопените метали, повърхността на нагреватели, вътрешните повърхности на пещи и др.;

✓*III група* – с температура от *1300* до *1800* °С, с инфрачервена радиация и интензивно лъчение във видимата област. Типични източници са разтопените метали, горящи материали с пламък и др.;

✓*IV група* – с температура от *1800* до *4000* °С, при които се появяват и са характерни ултравиолетовите лъчи. Типични източници на такава радиация са дъгови пещи, електрическата дъга, дъгата при електрическо и газово заваряване и др.

▪ ***Биологично действие на инфрачервената радиация и защита от нея***

Инфрачервената радиация загрява биологичната тъкан, предизвиква разширяване на кръвоносните съдове, ускоряване на дишането и сърдечния ритъм и промяна на кръвното налягане. Може да доведе до топлинен удар, съпроводен със замайване, загуба на координация и ориентация, и в крайна сметка загуба на съзнание. Инфрачервената радиация причинява увреждане на очите – *конюнктивити*, *катаракта*, т.нар. *снежна слепота* и др. Предизвиква интензивна загуба на течности, нарушаване на солевия баланс на кръвта и телесните течности, както и изменение на съотношението между еритроцити, левкоцити, тромбоцити и др.

Защитата от въздействието на инфрачервена радиация се осъществява чрез намаляване на температурата на излъчващите повърхности, с които хората имат непосредствен контакт посредством топлоизолиране или екраниране на източниците.

✓*Топлоизолирането* се изпълнява чрез облицоване на излъчващите повърхности с материали с голямо топлинно съпротивление – специални бетони, керамика, стъклена и минерална вата и др.

✓*Екранирането* се реализира чрез екрани, които условно се разделят на три вида със съответен преобладаващ ефект – *топлоотразяващи*, *топлопоглъщащи* и *топлоотвеждащи*.

- *Топлоотразяващите екрани* се изработват от фолио или листи алуминий, или се нанасят като силициево-алуминиеви покрития и бои.

- *Топлопоглъщащите екрани* се изработват от материали с голямо топлинно съпротивление и висок топлинен капацитет – метални плочи, облицовани с керамика, минерални вати и др.

• *Топлоотвеждащите екрани* се изпълняват тип „сандвич" от два листа стомана, алуминий, стъкло и други с водна или въздушна завеса между тях.

Според възможността за непосредствено наблюдение на производствените процеси през екраните, те биват – *непрозрачни*, *полупрозрачни* и *прозрачни*.

• *Непрозрачните екрани* превръщат инфрачервената радиация в топлина в обема на екрана, като излъчваната от неговата външна повърхност инфрачервена радиация е с много по-малка плътност на потока и по-голяма дължина на вълната. Изпълняват се от керамика, минерална вата и др.

• *Полупрозрачните екрани* се правят от термоустойчиво армирано стъкло с воден филм или водна стена.

• *Прозрачните екрани* се правят от еднослойно или двуслойно термоустойчиво стъкло, с воден слой (водна стена или воден сандвич),

Когато въпреки взетите мерки инфрачервената радиация в работната среда е неприемливо голяма се използват *лични предпазни средства* – защитни костюми, ръкавици, обувки, шлемове, очила и др., изпълнени от термоизолационни материали и със специална конструкция, включително с принудително охлаждане. Освен това с периодични прегледи се следи здравословното състояние на изложения на облъчване персонал, намалява се работното време, осигуряват се течности за консумация и условия за пълноценна почивка.

▪ ***Биологично действие на ултравиолетовата радиация и защита от нея***

Биологичното действие на ултравиолетовите лъчи зависи от дължината на вълната им и респективно от енергията на фотоните, като по-силно е изразено в спектъра с по-малка дължина на вълната. Ултравиолетовите лъчи въздействат директно само върху кожата, очите и открити лигавици поради малката енергия на фотоните и малката им проникваща способност. По кожата се появяват зачервявания, екземи, отоци, подпухване, изгаряне, алергични реакции и др. Облъчването на очите води до сериозни поражения – възпаление, силна болка с усещане за чужди тела, конюктивити, катаракта и др.

Защитата от ултравиолетова радиация се осъществява главно чрез:

✓*Защита чрез разстояние*. Състои се в отдалечаване на персонала от източниците на радиация, като минималното разстояние се определя според конкретните условия на работната среда.

✓*Екраниране на източниците* на радиация или на работните места.

✓*Използване на лични предпазни средства* за защита на откритите части на тялото и очите – ръкавици, шлемове, очила и др.

6.5.2. Лазерни лъчения

▪ ***Особености и приложения на лазерните уредби***

Лазерните лъчения се генерират от *лазерни уредби*, които намират все по-широко приложение в индустрията, измервателната техника, медицината, офис-техниката и др. Основният им компонент – лазерът представлява генератор на принудено електромагнитно лъчение в оптичния диапазон, с уникални свойства на излъчваната светлина:

✓ монохромност – точно определена дължина на вълната;

✓ кохерентност – излъчваните електромагнитни вълни съвпадат по фаза;

✓ висока честота на лъчението, достигаща $10^{11} \div 10^{16}$ Hz;

✓ голяма сходимост/насоченост на лъча - много малко разсейване;

✓ изключително висока концентрация на енергия на светлото петно – до 10^{16} W/m^2.

Максималната плътност на енергийния поток в центъра на светлото петно се определя както следва:

$$\Psi = \frac{P.D^2}{(F.\lambda)^2}, \text{ W/m}^2 \qquad (6.34)$$

където $\boldsymbol{P}$, W е изходната мощност на лазера, $\boldsymbol{D}$, m е диаметър на оптичната система, $\boldsymbol{F}$, m е фокусното разстояние на оптичната система и $\boldsymbol{\lambda}$, m е дължина на вълната.

Предимствата на лазерните уредби обуславят широкото им приложение:

➢ в промишлеността:

– за пробиване, скоростно рязане и разкрояване на материали с голяма точност;

– повърхностно обработване на ротори на турбини, големи електрически машини и други за тяхното балансиране;

– ускоряване на химически и биотехнологични процеси и др.;

- в медицината – за оперативни офталмологични и други лечения;
- в измерванията – за мониторинг на атмосферата, емисиите и др.
- в изкуството – за гравиране, холограми и др.

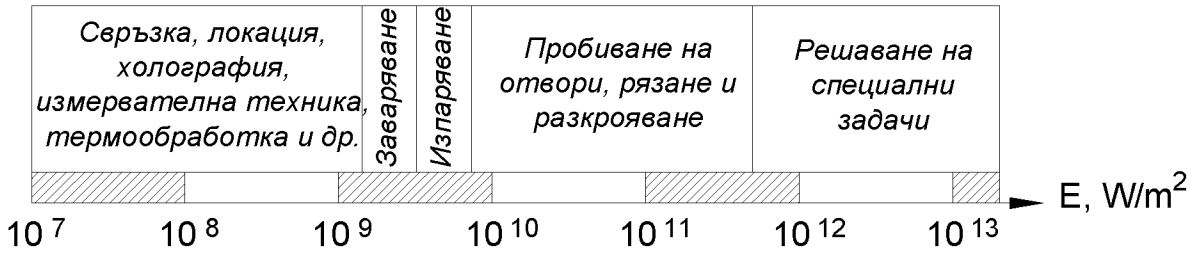
▪ ***Класификация на лазерните уредби по физико-технологични параметри***

По тези параметри лазерите се разделят на следните групи:

- ✓ *По мощност на лъчението* – свръхмощни, мощни, средно мощни и маломощни;
- ✓ *По режим на работа* – непрекъснати и импулсни;
- ✓ *По начин на охлаждане* - с естествено охлаждане и с принудително охлаждане (с вода, въздух или със специална течност);
- ✓ *Според дължина на генерираното лъчение* – субмилиметрови, инфрачервени, с видима светлина, ултравиолетови и рентгенови;
- ✓ *По вида на активния елемент* – газови, течностни, полупроводникови, с твърди тела, газодинамични.

Едни от най-широко разпространени са газоразрядните лазери, работещи в непрекъснат режим. В зависимост от използваната енергия в тях се разделят на атомарни, йонни и молекулярни.

В зависимост от предназначението им, техническите лазери се изработват с различна енергия на светлото петно, ***фиг.6.15.***



Фиг. 6.15

▪ ***Вредни фактори и въздействия на лазерните уредби***

Различните конструкции, предназначение, мощност, носеща честота и др. особености на лазерните уредби обуславят наличието на редица вредни фактори в помещенията, където са разположени.

Основният вреден фактор на въздействие върху човека при лазерните уредби е самият лазерен лъч. Фокусираният лъч на техническите лазери има огромна енергия на светлото петно, която попаднала върху жива тъкан се превръща в топлина и предизвиква

изгаряне, чиято тежест зависи от мощността на лазера и продължителността на експозицията. В мястото на взаимодействие на лазерният лъч с повърхността на човешкото тяло се получава микроударна вълна, предизвикваща също така болезнени усещания.

Генерираните излъчвания в инфрачервения, видимия и ултравиолетовия спектър, както и йонизиращи излъчвания (които могат да се появят при свръхмощните лазери или при такива, работещи в областта на рентгеновите лъчи) имат фотохимично и йонизиращо действие върху кожата, очите и целия организъм.

Допълнителни неблагоприятни въздействия върху персонала оказват електромагнитните полета, вредните вещества, шумът, вибрациите и др.

Високото напрежение на захранващите устройства на лазерните уредби създава опасност от поява на високи потенциали в проводящи конструкции и тела, както и наличие на съответни ЕМП.

Работата на техническите лазери е съпътствана преминаването на материала на обекта в мястото на взаимодействие с лазерния лъч в състояние на плазма, което води до изпарение с отделяне на химически вещества и до образуване на вторични химически активни продукти и замърсяване на въздуха в работните помещения. При евентуално аварийно изтичане на част от активното тяло на газови лазери също може да се получи значително замърсяване.

В зависимост от технологичните условия, в някои лазерни уредби се пораждат механични колебания – шум, ултразвукови и инфразвукови колебания с голяма интензивност, вибрации и др.

Най-чувствителни към лазерни излъчвания са очите и кожата. Възможни са съществени изменения на кожата и във функционирането на вътрешни органи и централната нервна система. Дори въздействия с малка интензивност могат да причинят функционални смущения на нервната, сърдечно-съдовата и ендокринната система с прояви на главоболие, безсъние, раздразнителност и др.

- ***Класификация на лазерните уредби по степен на опасност***

Въздействието на лазерното лъчение върху биологичните тъкани зависи от плътността на енергийния поток, времето на експозиция, дължината на вълната и дължината на импулсите. С отчитане на изброените фактори, лазерните излъчвания се класифицират според степента на опасност, както следва:

0^ва степен – безопасни. Това са лазери с малка мощност, чиито излъчване е безопасно за биологическата тъкан или се изключва каквото и да е облъчване на персонала.

I степен – малко опасни. Към тях се отнасят лазери, чиято експлоатация е свързана с опасност само върху очите от въздействието на преки или огледално отразени лазерни лъчи.

II степен – средно опасни. Това са лазери с опасност от пряко, огледално или дифузно облъчване на очите, както и от пряко или огледално облъчване върху кожата.

III степен – опасни. Към тях се отнасят лазери с опасност от пряко, огледално или дифузно въздействие върху очите и кожата, и в работната среда има допълнителни опасности и вредни производствени фактори.

IV степен – високо опасни. Това са лазери, експлоатацията на които е съпроводена с наличието на опасни и вредни производствени фактори, характерни за лазерите от степен от ***I*** до ***III*** на опасност, и наличие на работни или вторични йонизиращи излъчвания.

- ***Защита от въздействията на лазерни уредби***

Защитата от вредните въздействия на лазерите се осъществява в зависимост от тяхното предназначение, мощност, работни условия и др.

Лазерните уредби се монтират в отделни, специално проектирани за това помещения с необходимите:

- ✓ *обем, размери, спомагателни инсталации и складови площи;*
- ✓ *коефициент на отражение на стените, тавана и пода по-малък от 0,4;*
- ✓ *общо осветление със средна осветеност не по-малка от 150lx;*
- ✓ *блокировки и ограждения срещу нерегламентирано насочване на лазерния лъч;*
- ✓ *защитни екрани, бленди и диафрагми за ограничаване на отразените лъчи;*
- ✓ *техническа вентилация;*
- ✓ *обозначаване на опасните зони;*
- ✓ *дистанционно управление на производствените процеси и др.*

Необходима е висока квалификация на персонала и задължително използване на необходимите лични предпазни средства – специални очила, шлемове, ръкавици, облекла и др.

6.5.3. Йонизиращи лъчения

Йонизиращите лъчения са високочестотни и високоенергетични невидими лъчения, които йонизират средата в която се разпространяват..

- ***Видове йонизиращи лъчения***

✓ *γ - лъчение*. Представлява излъчване с енергия на квантите по-голяма от *250 килоелектрон волта* (keV) и дължина на вълната $10^{-10} \div 10^{-12}$ m, получени при ядрени превръщания, изменение на енергетичното състояние на атомите, изменение на кинетичната енергия на елементарни частици, анихилация на елементарни частици и др. Имат голяма проникваща способност. Пробегът на γ - лъчите във въздуха достига стотици метри.

✓ *Рентгеновите лъчения* са фотонно излъчване, с енергия на квантите $1 \div 10$ keV, които се генерират в резултат на преходи и колебания на електрони на най-близките до ядрото нива в електронната обвивка на атомите, т.е. нямат ядрен произход. Имат по-малка проникваща способност.

✓ *Корпускулярно лъчение*. Представлява излъчване на елементарни частици, които имат маса на покой. Това са *α - частици, β - частици* и *неутрони*.

α - лъчението е излъчване на хелиеви ядра, получени в резултат на ядрени превръщания. Има малък пробег (няколко cm във въздуха) и малка проникваща способност. Създава опасност при вътрешно облъчване на човека, т.е. при проникване на α - частици в тялото му с храна, напитки или вдишван въздух, или при проникване през открита рана.

β - лъчението се състои от електрони и позитрони, изпускани при радиоактивното разпадане на ядра на нестабилни частици. Имат значително по-голяма проникваща способност от α - лъчите. Максималният пробег на *β -частици* с енергия 1 MeV във въздуха е 4 m, във водата - 4 mm, а в алуминий - 2 mm. *β -частиците* попаднали върху кожата на човека проникват през нея и предизвикват вътрешно облъчване на организма.

- ***Източници на йонизиращи излъчвания в работната среда (радиоактивни източници)***

С йонизиращи излъчвания в работната среда са съпроводени следните дейности:

✓ *ядрената енергетика*;

✓ *радиоизотопната и гама- дефектоскопия* за контрол на метала на стените, заваръчните шевове и други части на съдове, тръбопроводи, паропроводи под високо налягане в енергетиката, металургията, химическата промишленост и др.;

✓ *технологични процеси*, свързани с ускорители на електронни потоци;

✓ *измерванията* на дебелини (с дебеломери) на материали, ленти, изделия и други в кожарската и текстилната промишленост, при производството на целулоза и хартия и др.

✓ *измерванията* на нива (с нивомери) в силози, цистерни, резервоари и други в петролната и фуражната промишленост, в мелнични комбинати, при производството и складиране на захар, зърнени продукти и др.

▪ ***Величини за количествена оценка на йонизиращите излъчвания***

Въздействие на йонизиращото лъчение върху живия организъм се оценява по предадената на веществото енергия, показател за която е дозата. Дефинират са следните радиационни дози:

✓ *Доза на експозиция* на рентгеново и γ - лъчение се измерва в *рентгени* [R]. Един рентген се дефинира като $2{,}8.10^{9}$ двойка йони, образувани в *1* cm^3 въздух при нормални условия. Един рентген е равнозначен на $2{,}58.10^{-1}$ C/kg или на погълнатата от въздуха енергия *85 ерга* на грам.

✓ *Погълнатата доза лъчение* ***D*** се измерва в *грей*. Един грей, [Gy] съответства на предадена енергия *1* J на *1* kg маса на облъченото вещество. Друга единица е [rad], като *1* rad = 10^{-2} Gy.

✓ *Еквивалентна доза на смесено йонизиращо лъчение* $\boldsymbol{D_c}$. Използва се за оценка на радиационната опасност при продължително (хронично) облъчване с радиация с различен състав. Мерната единица е *сиверт* [Sv]. Един Sv от α- *лъчение* предизвиква същите увреждания, каквито се получават и от един *Sv* от β- и γ-*лъчение*. На всеки вид радиационно лъчение съответства радиационен тегловен коефициент $\boldsymbol{k_r}$, който зависи от линейното предаване на енергията за съответния вид лъчение.

✓ *Активност на радиоактивен източник*. Определя се от броя образувани еднозначни заряди за единица време. Единичното разпадане на радиоактивен изотоп за *1* s се измерва в *бекерели*, [Bq].

Извънсистемна единица е *Кюри* [Ci], като *1* Ci = $3,7.10^{10}$ Bq и съответства приблизително на активността на *1* g радий.

- ***Вредни въздействия на йонизиращите излъчвания***

Йонизиращите лъчи водят до йонизиране на молекулите в живата материя, разкъсване на молекулни връзки на клетъчно и субклетъчно ниво и поява на химически активни радикали H^+ и OH^- в клетъчните и телесните течности. При взаимодействие с вода, радикалите образуват силни окислители H_2O_2 и HO_2 (водороден прекис и хидрооксид), които разрушават живите тъкани и нарушават нормалните биохимични процеси в организма. Проявата на функционални нарушения на метаболитните процеси в организма се нарича *лъчева болест*.

В зависимост от степента на увреждане на органите, те може да се възстановят или трайно да откажат, което води до летален изход. Дори при пълно възстановяване на организма има голяма вероятност от генетични увреждания на поколението.

- ***Нормиране на йонизиращите въздействия***

Границата на ефективната доза за персонал е 100 mSv в продължение на 5 последователни години, като максималната ефективна доза за всяка година не може да надхвърля 50 mSv.

Като се спазва тази граница, границите на годишните еквива лентни дози за персонал са:

✓ 150 mSv за очната леща;

✓ 500 mSv за кожата (тази граница се отнася за средната доза, получена от всяка повърхност с площ 1 cm^2, независимо от площта на облъчената повърхност);

✓ 500 mSv за дланите, подлакътниците на ръцете, за стъпалата и за глезените.

✓ Границата на годишната ефективна доза за всяко лице от населението е 1 mSv.

Годишна ефективна доза над 1 mSv може да се допусне само при особени обстоятелства и при условие, че средната ефективна доза за 5 последователни години няма да надхвърля 1 mSv

За целите на радиационната защита и мониторинга персоналът се разделя на две групи:

✓ *категория А* – персонал, който би могъл да получи годишна ефективна доза над 6 mSv или годишни еквивалентни дози над три десети от границите на дозите, определени по-горе;

✓ *категория Б* – персонал, който не попада в категория А.

На учащи се и стажанти на възраст над 18 години се осигуряват такива условия на работа и радиационна защита, каквито са предвидени в тази глава за персонал *категория А* или *Б* в зависимост от случая.

На учащи се и стажанти на възраст между 16 и 18 години се осигуряват такива условия на работа и защита, каквито се изискват за персонал *категория Б.*

▪ ***Методи и средства за защита от йонизираща радиация***

Радиационната защита на професионално облъчваните лица се основава на следните принципи:

(1) Предварителна оценка за определяне на естеството и степента на радиационния риск за облъчваните работници и прилагане на оптимизацията на радиационната защита при всички условия на работа;

(2) Класификация на работните места в различни зони, където е подходящо, определени въз основа на оценка на очакваните годишни дози и вероятността и нивото на възможните облъчвания;

(3) Класификация на професионално облъчваните лица в различни категории;

(4) Осъществяване на контрол и мониторинг в различните зони и в зависимост от условията на работа, включително при необходимост и индивидуален мониторинг;

(5) Медицинско наблюдение.

За постигане на необходимата степен на защита се прилагат комплекс от мероприятия, вкл.:

а) Организационни средства за защита – оптимален избор на изотопи и технологии, дозиметричен контрол, медицински прегледи и др.

б) Технически средства за защита – херметизация на радиационните източници, вентилация, екраниране на източниците и работните места с поглъщащи екрани – оловни или стоманени, дистанционно управление, правилно съхранение на радиоактивните отпадъци, използване на индивидуални защитни средства и др.

Предприятията са длъжни да информират професионално облъчваните лица, както и стажантите и учащите се, на които в хода на обучението се налага да използват източници относно:

✓ *рисковете за здравето в тяхната работа, включително нуждата от ранно обявяване на бременност;*

✓ *техническите, медицинските и административните изисквания;*

✓ *общите процедури за радиационна защита и необходимите предпазни мерки при изпълнение на дейностите като цяло или за всяка операция, която може да им бъде възложена;*

✓ *общите процедури за радиационна защита и необходимите предпазни мерки за всяка длъжност.*

Предприятията са длъжни да провеждат мониторинг на радиационните характеристики на работната среда.

6.5.4. Космически излъчвания

Представляват съвкупност от различни по произход и характер излъчвания, оказващи различно влияние върху организмите на земната повърхност в зависимост от геомагнитното поле на Земята и географското местоположение. Състоят от се две основни излъчвания:

- ***Галактическо космическо лъчение (ГКИ)***

Представлява мощен поток от:

✓ *първични частици* – поток от ускорени ядра на различни химически елементи, главно H_2 (около 85 %), ***He*** (около 13 %) и 2 % редица други по-тежки елементи, вкл. ***Fe***. Енергията на частиците е главно около 10^{10}, но максимално достига 10^{20} eV. Пълно поглъщане на такива частици може да се получи от оловен екран с дебелина 15 m.

✓ *вторични частици* – протони, алфа- частици и други, получени от взаимодействието на първичните частици с ядра на O_2, N_2 и др.

Значителна част от ГКИ се отклонява от геомагнитното поле или се поглъща от атмосферния слой. ГКИ има максимално влияние над полярните области и минимално над екватора. При полети на самолети на 10-12 km височина „остатъчният" въздушен слой ефективно поглъща ГКИ и мощността на дозата на такава височина в полярната област е 2 ÷ 4 μSv/h, но на височина 20 km достига 20 μSv/h. За сравнение радиационния фон в страната е в границите 0,05÷0,2 μSv/h на различни места и надморски височини.

- ***Слънчево космическо лъчение (СКИ)***

Представлява високоенергетична част на корпускулярното лъчение на Слънцето при хромосферни пламвания (гигантски взривове на повърхността му) съпроводени с изхвърляне на материални частици, сложни оптически явления и магнитни бури. СКИ се състои главно от протони, α - частици и други по-тежки ядра на различни елементи, достигащи до Земята около 1 час след взрив на повърхността на Слънцето. Най-голяма е опасността от протоните, които имат енергия до 100 MeV. Мощността на дозата от СКИ на височина 10-12 km в полярната област е около 3 μSv/h.

Дългогодишните наблюдения показват около 11 годишен цикъл на слънчевата активност, при всеки от които възникват 40 ÷ 50 взрива.

При свръхвисочинни полети над полярните области СКИ може да окаже значително въздействие в такива периоди, поради което е важно да се осъществи надеждно прогнозиране и да се избират най-подходящи трасета за полети. Изследванията показват, че при свръхзвуковите самолети, макар че летят на 2 пъти по-голяма височина, поради намалената продължителност на полетите радиационното въздействие е около 70 % от това при „дозвуковите" самолети. За летателния състав се осъществява дозиметричен контрол и се определят норми и контролни нива за наблюдение, нива за защитни мерки и др.

Радиацията с космически произход заедно с йонизиращото лъчение на естествено разпределените природни радиоактивни вещества (на повърхността на Земята, в приземния въздушен слой, в хранителните продукти, водата, в организма на човека и др.) участва във формирането на естествения радиационен фон, към който човек се е адаптирал в процеса на еволюцията.

ГЛАВА 7. ДРУГИ ОПАСНИ И ВРЕДНИ ФАКТОРИ НА РАБОТНАТА СРЕДА

7.1. Микроклимат в работните помещения

Производственият микроклимат е физическо състояние на работната среда, което се характеризира с комбинираното въздействие на съставящите го компоненти – температура на въздуха, влажност на въздуха и скорост на движение на въздуха, върху терморегулацията и функционалните възможности на човешкия организъм.

7.1.1. Фактори на производствения микроклимат

- ***Температура на въздуха и топлинни излъчвания***

Температурата е един от най-важните фактори на работната среда. Тя има голямо значение за здравето, работоспособността и комфорта на човека, и нормалното протичане на производствения процес. Зависи от динамичното равновесие в работната среда между количеството отделена топлинна енергия в резултат на производствени процеси, отопление, топлоотделяне от хора и др., и излъчената топлинна енергия в околната среда. Температурата на работната среда се влияе силно от инфрачервената радиация от нагрети тела и съоръжения. Биологично действие на инфрачервената радиация и защита от нея са описани в т.6.5.1 по-горе.

- ***Влажност на въздуха***

Влажността на въздуха се определя от съдържанието на водни пари в него и влияе на скоростта на охлаждане на човешкото тяло чрез изпарение. Дефинират се абсолютна, максимална и относителна влажност на въздуха. Абсолютната влажност е парциалното налягане на водните пари във въздуха P. Максималната влажност е парциалното налягане на наситените водни пари във въздуха P_{max}.

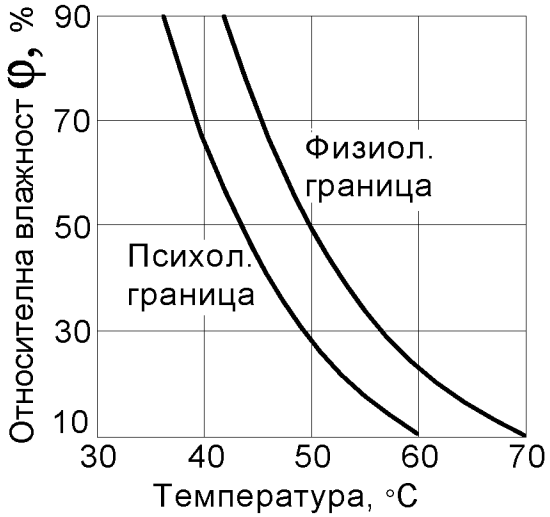
В практиката най-често се нормира относителната влажност φ, която представлява отношението на действителното съдържание на водни пари във въздуха (абсолютната влажност) към максимално възможното съдържание на водни пари при дадена температура и налягане (максималната влажност):

$$\varphi = \frac{P}{P_{\max}}.100\% \qquad (7.1)$$

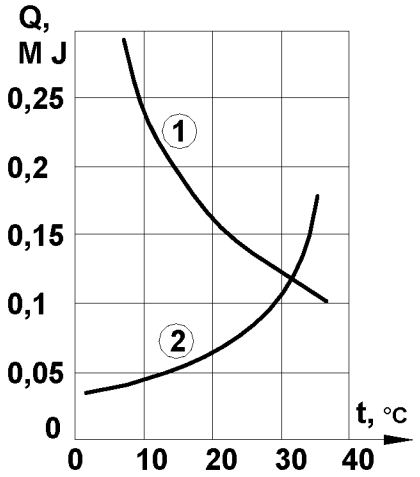
Влажността влияе върху субективното усещане на човека за температура на околната среда. На ***фиг.7.1*** е дадена диаграма,

илюстрираща границите на субективна търпимост на високи температури във функция от влажността на въздуха.

- ***Скорост на движение на въздуха***



Фиг. 7.1



Фиг. 7.2
1 – с излъчване и конвекция
2 – с изпарение

Скоростта на движение на въздуха се дефинира като осреднена скорост на преместване на въздушния поток в помещението, измерена в *m/s*. Оказва влияние на топлообменните процеси между човека и околната среда. Преместването на въздушния поток в помещението се осъществява чрез системи за естествена и изкуствена вентилация.

- ***Влияние на микроклимата върху терморегулацията на организма***

Терморегулацията на организма представлява физиологичен процес на поддържане на температурата на тялото в определени граници *(36,1 ÷ 37,2 °C)*, което е необходимо за осигуряване на оптимална скорост на биологичните процеси. Тя се определя от двете съставки на топлообмена – топлопродукция и топлоотдаване.

Топлопродукцията е резултат от дейността на целия организъм (главно мускулите и черния дроб) и зависи от обмяната на веществата и външната температура. Топлоотдаването от организма се извършва чрез излъчване (45 %), конвекция (30 %) и изпаряване (25 %). Излъчването на топлина от тялото зависи от температурата на околния въздух, тела, стени и др., и е около *5* MJ на денонощие, а конвекцията нараства с увеличаване скоростта на въздуха и атмосферното налягане и обуславя топлоотдаване около 3,8 MJ на денонощие. Изпарението от повърхността на кожата и белите дробове силно зависи от вида и тежестта на работата, температурата на

околната среда и скоростта на движение въздуха. По този начин човешкото тяло отдава около *2* MJ на денонощие топлина, като при това загубва около *0,6* литра вода. Топлоотдаването от човешкото тяло в зависимост от околната температура за 1 час е показано на ***фиг. 7.2***.

Количеството топлина ***Q,*** поглъщано от организма или отдавано от него в околната среда за единица време от единица повърхност, се определя по формулата

$$Q = \frac{3480.P.\Delta t}{S.h}, \text{ J/h.m}^2 \qquad (7.2)$$

където: ***P*** е маса на човека, kg;

S - пълна повърхнина на тялото, m^2;

Δ*t* - разлика в температурите на околната среда и човешкото тяло по време на работа,°C;

h - време, през което се извършва топлообменът, h.

При промени във външната температура за да се запази топлинният баланс в организма се изменят съотношенията между топло-продукцията и топлоотдаването. При високи външни температури и прегряване на тялото, организмът реагира с разширяване на повърхностните кръвоносни съдове, увеличаване притока на кръв към тях, увеличаване температурата на повърхността на тялото и работата на потните жлези и нараства топлоотдаването – главно чрез изпарение. При ниски външни температури топлоотдаването се осъществява чрез излъчване и конвекция.

При продължителна работа в условия на повишена температура се нарушава водно-солевия баланс на организма. Например при тежка работа при такива условия и обилно изпотяване може да се отделят $30 \div 40$ g *NaCI*. Нарушава се обмяната на веществата, настъпват съществени изменения в сърдечно-съдовата система - сгъстява се кръвта, ускорява се пулса, променя се кръвното налягане. Отрицателно е влиянието и върху нервната система – намалява вниманието, нарушава се координацията на движение.

Повишената влажност на въздуха способства за прегряване на организма при висока температура, защото се затруднява изпаряването.

При рязко нарушаване на топлинния баланс и прегряване на организма над *38* °C се получава топлинна хипертермия – обилно потоотделяне, ускорен пулс, загуба на ориентация, притъмняване,

шум в ушите, обща слабост. При рязко нарастване на температурата на човека над 40 °C настъпва топлинен удар – падане на кръвното налягане, побледняване и загубване на съзнание.

При охлаждане, тялото реагира с треперене на мускулите, свързано с отделяне на голямо количество топлина. При продължително охлаждане на организма, в отделни части се получават болезнени усещания, чувството за студ и терморегулацията започват да отслабват, кръвоносните съдове трайно се свиват, настъпва преохлаждане, проявява се състояние известно като *„хипотермия“*, последващо загуба на съзнание и е възможен летален изход.

Повишената влажност на въздуха способства за преохлаждане на организма при ниски температури, поради нарастване на излъчването от човешкото тяло понеже водните пари добре поглъщат лъчистата енергия и се увеличава топлопроводимостта на въздуха. Нарастването на скоростта на движение на въздуха ускорява охлаждането, поради нарастване на конвекцията.

Охлаждането на организма предизвиква простудни заболявания, общо отслабване на организма и др.

7.1.2. Нормиране на микроклимата

Хигиенните нормативи за микроклимат се определят в зависимост от тежестта на извършваните работи в работните помещения и периода през годината – топъл период със средно денонощна температура по-висока от *10* °C и студен период.

Тежестта на извършваната работа се определя по различни показатели, например физическата работа според загубата на енергия бива:

- ✓ *I категория* – лека работа със загуба на енергия до *628* kJ/h;
- ✓ *II категория* – работа със средна тежест, която бива *категория II а* при постоянно движение на човека без преместване на тежести и със загуба на енергия от *628* до *837* kJ/h, и *категория II б* при постоянно движение с преместване на тежести до *10* kg и със загуба на енергия от *837* до *1046* kJ/h;
- ✓ *III категория* – тежка физическа работа с преместване на тежести над *10* kg и със загуба на енергия над *1046* kJ/h.

Оптималните и допустимите норми за елементите на микроклимата са показани в ***табл. 7.1***.

Таблица 7.1

Норми	*Период на годината*	*Категория на работата*	*Темпера-тура,°C*	*Отн. влаж-ност,φ %*	*Скорост на въздуха, V_B, m/s*
Оптимални	***Студен***	*I лека*	20 - 23	60 - 40	0,2
		II средно тежка	17 - 20	60 - 40	0,2 – 0,3
		III тежка	16 - 18	60 - 40	0,3
	Топъл	*I лека*	20 - 25	60 - 40	0,2
		II средно тежка	20 - 23	60 - 40	0,2 – 0,4
		III тежка	18 - 21	60 - 40	0,5
Допустими	**-**	*I лека*	19 - 25	до 75	0,2
		II средно тежка	15 - 23	до 75	0,2 – 0,4
		III тежка	13 - 19	до 75	0,5

7.1.3. Методи и средства за осигуряване на благоприятен микроклимат

- ***Отопление***

Отоплителните системи в работните помещения са предназначени да поддържат оптимални микроклиматични параметри. Видът на отоплителната инсталация се избира в зависимост от архитектурно-строителната и технологичната характеристика на промишлената сграда и съответните нормативни изисквания.

За големите производствени помещения е подходящо въздушното отопление, особено когато се отделят големи количества производствени вредности, тъй като то може да се обедини с нагнетателна вентилационна инсталация.

Според вида на първичния топлоносител, системите на въздушно отопление биват огневъздушни, водовъздушни, паровъздушни и електровъздушни (калорифери).

Системите на водно и парно отопление с отоплителни тела се използуват за битови и административни помещения на промишлените предприятия и малки производствени помещения с височина до 5 m, а за големите цехове по-рядко – в случай на необходимост от локализиране на студените потоци до прозорците.

За големи помещения с висок таван са подходящи инфрачервени излъчватели, които, се разполагат в горната част на помещението, окачени под покрива, особено когато при производствените процеси се отделя незначително количество вредни вещества. Като

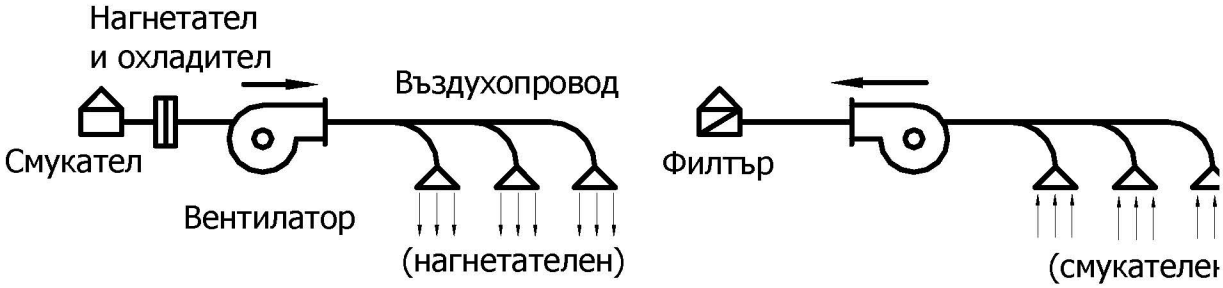
топлоносители при излъчватели за средно температурно лъчисто отопление се използва гореща вода или пара с температура от $100 \div 200$ °C, а при излъчватели за високо температурно лъчисто отопление с повърхностна температура до $800 \div 900$ °C – топлоносители с висок температурен потенциал (електроенергия, газ, нафта).

- ***Вентилация***

Вентилацията на работните помещения е предназначена да отвежда излишната топлина от помещението, да осигурява необходимата скорост на движение на въздуха и да намалява концентрацията на вредни вещества. Прилага се естествена или принудителна (механична) вентилация.

Естествената вентилация бива неорганизирана (през врати и прозорци) и организирана, която може да се регулира (т.н. аерация) през специални отвори, комини, шахти и др.

Принудителната (механична), често наричана още промишлена вентилация, се осъществява чрез системи за принудително движение на въздуха – вентилационни системи. Обикновено за целта се използват електрически вентилатори. Постъпващият въздух може да бъде подгряван или охлаждан, овлажняван или подсушаван в зависимост ат външните метеорологични характеристики. Механичната вентилация може да бъде общообменна и местна; нагнетателна, смукателна и смесена. Схема на нагнетателна и смукателна вентилационна система са показани на ***фиг. 7.3***.



а) *нагнетателна* Фиг. 7.3 б) *смукателна*

За определяне на необходимия обмен на въздуха в помещенията, се извършват вентилационни изчисления. Необходимият обем въздух L, добавян в работните помещения за отвеждане на излишната топлина се изчислява както следва:

$$L = \frac{Q}{(t_n - t_{вх.})\gamma_{вх}.C}, \text{ m}^3 \qquad (7.3)$$

където: Q, kJ/h е излишният топлинен поток,

$t_п$, °C е температурата на въздуха в помещението,

$t_{вх}$, °C е температурата на входящия въздух,

$\gamma_{вх}$, N/m^3 е обемно тегло на входящия въздух,

C, kJ/h е специфичен топлинен коефициент на въздуха.

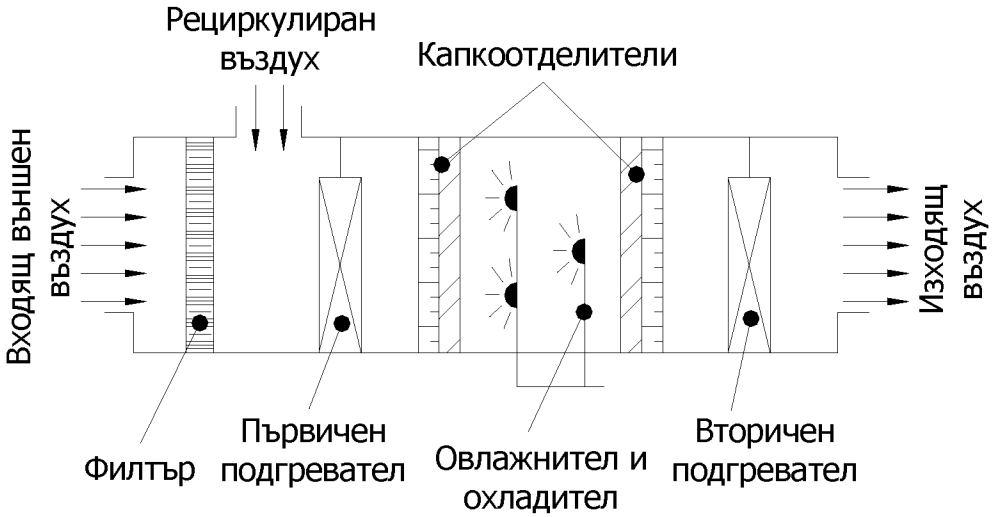
Излишният топлинен поток Q се определя по:

$$Q = Q_п - Q_{ос}, \text{ kJ/h}, \tag{7.4}$$

където $Q_п$ е количеството топлинна енергия, генерирана в помещението, а $Q_{ос}$ е топлинната енергия отдавана от стените и тавана на помещението към околната среда.

Генерираната топлинна енергия в помещението се определя от сумата на топлинната енергия, отделяна от производствените съоръжения, от хората в помещението и топлинната енергия, внасяна от слънчевата радиация.

Най-подходящият начин за осигуряване на оптимален микроклимат е инсталирането на *климатични системи*, които позволяват регулирани на всички елементи на микроклимата и допълнително подобряват качеството на въздуха в помещенията, като го йонизират и пречистват от прах и някои вредни вещества. Климатичните инсталации биват централни и местни, сезонни и целогодишни, комфортни и технологични.



Фиг. 7.4

Примерна схема на климатична инсталация без вентилаторите, въздухопроводите, смукателите и нагнетателите е показана на ***фиг. 7.4***.

В някои случаи е много, скъпо или невъзможно да бъдат създадени оптимални климатични условия в цялото производствено помещение

Тогава се създават оазиси (на отделни места в производственото помещение), въздушни завеси (на входовете) или въздушен душ (с необходимата температура, скорост, влажност на подавания въздух) на отделното работно място.

- ***Екраниране***

Екранирането на интензивни източници на топлина се осъществява чрез екраниращи прегради по пътя на разпространение на топлинния поток. Екраните се изработват от материали с голямо топлинно съпротивление – керамика (тухли и плоскости), метални листове с термоизолационни покрития, термоизолационни вати, и др. Може да се комбинират с водна стена. Биват поглъщащи и отразяващи, еднослойни и многослойни, стационарни и подвижни. Понастоящем не се допуска при екранирането да се използват материали на базата на азбест, поради неговата канцерогенност.

Освен защитата от топлинно излъчване екраните изпълняват и ролята на предпазители от въздействието на искри, разтопен метал, шлака и др. Вместо екрани или като допълнителни средства, могат да се използват защитни костюми с висок коефициент на отражение на лъчистата енергия.

Относителното понижение на температурата μ на екрана се определя по:

$$\mu = \frac{t_u}{t_e}, \tag{7.5}$$

$$t_n = t_в + \frac{a.P}{2.\alpha}, \tag{7.6}$$

където: t_u, °C е температурата на източника,

t_e, °C е температурата на екрана,

t_n, °C е температурата на въздуха в работното помещение,

a е коефициент на топлопоглъщане на екрана;

α е коефициент на топлоотдаване на екрана.

P, W/m^2 е плътността на топлинния поток на източника

- ***Индивидуални средства за защита***

Представляват специално работно облекло от негорим порест мек плат, устойчив на лъчиста топлина. Най-често се използват сукно, брезент, синтетични тъкани, химично обработени тъкани или тъкани с

метално покритие и др. Използват се също специално импрегнирани пневматични костюми, в които се подава въздух под налягане. Костюмът се допълва с устойчиви на висока температура ръкавици, обувки и шапка. Очите се защищават с очила, шлемове и други със светофилтри в зависимост от спектъра на топлинните излъчвания.

- ***Подходящ режим на труд и отдих***

В работни помещения с неблагоприятен микроклимат могат да се въвеждат специални режими на труд и почивка с периодично извеждане на работниците в среда с нормален микроклимат. Осигурява се рационален режим на хранене, течности за възстановяване на водносолевия баланс на организма и др.

7.2. Производствено осветление

Светлината е основен фактор на околната среда. Тя е първоизточник на енергия за растенията, необходима за синтеза на органична материя, които я предават на всички останали организми по хранителната верига. Естествената слънчева светлина оказва силно влияние върху жизнения тонус, хормоналната активност, психическото състояние, настроението и трудоспособността на човека.

Осветлението, като фактор на работната среда, влияе на работоспособността, производителността на труда и работната атмосфера. Това налага осигуряване на светлина с оптимални характеристики в работните помещения, в зависимост от вида и точността на извършваните дейности.

Над 80% от информацията от околната среда се получава чрез зрителния анализатор. Функционалните възможности на зрителния анализатор, а от там и качеството на зрителното възприятие се определят от размерите на обектите, силата и равномерността на разпределението на светлината, характера на трудовата дейност, условията на работната среда, здравословното състояние на очите и др.

7.2.1. Основни характеристики на осветлението

- ***Основни светлотехнически величини***

Светлинен поток ***Ф***. Дефинира се като излъчената от светлинен източник лъчиста енергия ***Q,*** W в пространството за време *1* s, възприемана от зрителния анализатор като светлина.

$$\Phi = \frac{dQ}{dt}, \text{ lm } \textit{(лумен)} \qquad (7.7)$$

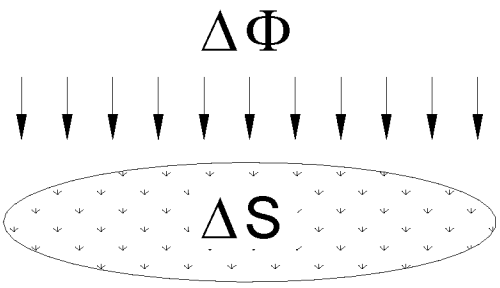
<u>*Интензивност на светлината*</u> ***I***. Представлява количеството светлинна енергия измервано в *cd (кандела),* попадащо върху повърхност, перпендикулярна на посоката на разпространение на светлината.

<u>*Осветеност*</u> ***E***. Характеризира разпределението на светлинния поток върху дадена площ ***фиг.7.5.***

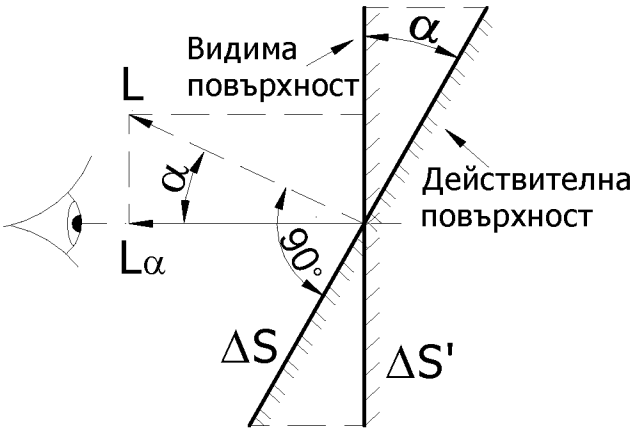
$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta S}, \text{ lx } \textit{(лукс)} \qquad (7.8)$$

<u>*Количество на осветлението*</u> ***H***. Дефинира се като осветеност на дадена площ в продължение на определено време:

$$H = \int_0^t E.dt, \text{ lx.s} \qquad (7.9)$$



Фиг. 7.5



Фиг. 7.6

<u>*Яркост*</u> на светъл обект ***L***. Характеризира човешкото възприятие на светеща повърхност ***ΔS*** в дадено направление чрез зрителния анализатор ***фиг.7.6***. Определя се като отношение на интензитета на светлината в дадено направление към площта на проекцията на излъчващата повърхност ***ΔS***' в това направление.

$$L = \frac{I\alpha}{\Delta S'} = \frac{I\alpha}{\Delta S.\cos\alpha}, \text{ nt } \textit{(нит)} \quad \text{за } \alpha \neq \frac{\pi}{2} \qquad (7.10)$$

<u>*Коефициент на равномерност на изкуствено осветление*</u> ***g***. Регламентира се от хигиенните норми и е един от базовите контролни параметри при светлотехническите измервания. Определя се по формулата:

$$g = \frac{E_{\min}}{E_{ср.}} \qquad (7.11)$$

където $E_{ср.}$ и E_{min}, lx са съответно измерена средна и минимална осветеност в помещението или на определено работно място.

Голямо значение за качеството на осветлението, от което зависи в значителна степен безопасността в работните помещения, имат също така *надеждността* и *постоянството на осветлението* (характеризиращо изменението на осветеността при вариации на захранващото напрежение). Липсата на постоянство на осветлението е особено нежелателно при периодично повтарящи се технологични процеси – пресоване, заваряване, товароподемни машини и др.

- ***Основни показатели за зрително възприятие***

Коефициент на отражение ρ. Дефинира се като способност на обектите да отразяват по-голямата част от попадналата върху тях светлина (светли обекти) или да я да поглъщат (тъмни обекти). В зависимост от коефициента на отражение фонът на осветяваната повърхност бива светъл ($\rho > 0,4$), средно светъл ($0,2 \le \rho \le 0,4$) или тъмен ($\rho < 0,2$).

Контраст K. Дефинира се с коефициента на отражение на фона $\rho_ф$ и обекта ρ_o :

$$K = \frac{\rho_ф - \rho_o}{\rho_ф} \qquad (7.12)$$

и бива голям ($K > 0,5$), среден ($0,2 \le K \le 0,5$) и малък ($K < 0,2$) контраст.

Видимост на обекта V. Характеризира способността на човешкото око за възприемане на обекти.

Дефинира се с отношението:

$$V = \frac{K}{K_{гр}} = \frac{L_0 - L_ф}{\Delta L_{гр}}, \qquad (7.13)$$

където K е фактически контраст между предметите;

$$K = \frac{L_0 - L_ф}{L_ф} \qquad (7.14)$$

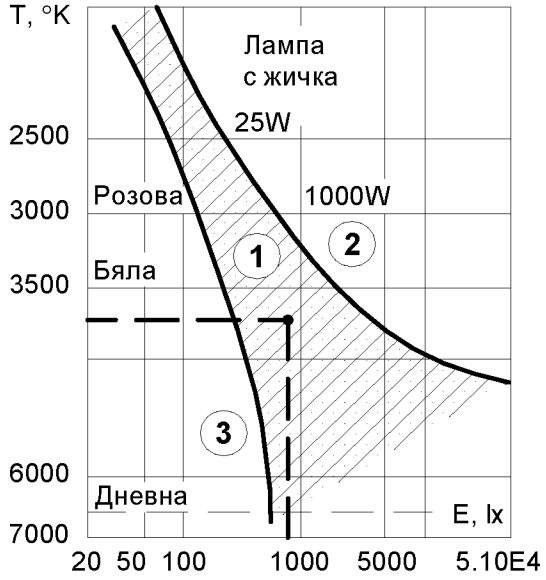
$K_{гр}$е минимален (граничен) контраст, при който се получава различаване (зрително възприемане) на наблюдавания обект:

$$K_{гр} = \frac{\Delta L_{гр}}{L_{ф}}, \qquad (7.15)$$

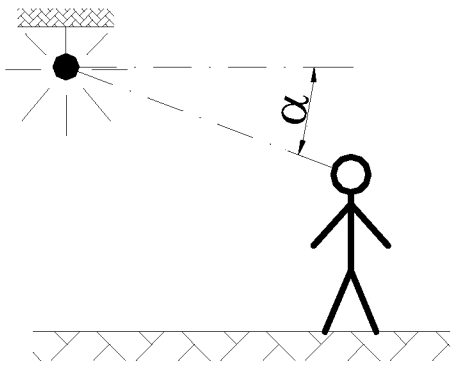
където $\boldsymbol{L_0}$ е яркост на наблюдавания обект, а $\boldsymbol{L_ф}$ е яркост на фона, и $\boldsymbol{\Delta L_{гр}}$ е минималната (гранична) разлика в яркостите на обекта и фона, при която се получава зрително възприемане.

Дискомфорт. Проявява се като чувство на напрегнатост и неудобство, причинено от яркостта на изкуствените светлоизточници и/или при несъответствие между осветеността и спектралния състав на светлината.

Според диаграмата на Кройтхоф, показана на ***фиг.7.7***, в зависимост от *работната температура* на светлоизточника се дефинират три зони: *1 – зона* с подходящ спектър, *2 и 3 – зони* на дискомфорт.



Фиг. 7.7



Фиг. 7.8

По диаграмата се определя оптималната условна температура на светлоизточника в зависимост от проектната осветеност на работните повърхности. Както се вижда, при по-малка осветеност са подходящи източници на светлина с относително ниска работна температура и спектър изкривен към червената светлина (нажежаеми лампи). При голяма осветеност трябва да се избират светлоизточници със спектър близък до бялата светлина т.е. висока работна температура (най-често луминесцентни лампи).

Дискомфортът предизвиква отвличане на вниманието, повишаване на умората, намаляване на работоспособността.

Заслепяване. Проявява се като неспособност на зрителния анализатор за нормално възприятие, в следствие наличието на много ярък обект в зрителното поле. Бързо води до умора и намаляване на работоспособността.

За избягване на заслепяването се нормира яркостта ($L < 2000$ nt) и защитния ъгъл на осветителните тела $\alpha > 30°$, ***фиг.7.8***;

Светлинен спектър. Спектралният състав на светлината се определя от дължините на съставящите я електромагнитни вълни. Влияе върху цветовото възприятие на обектите, чувството за топлина и уют и психическото състояние на човека.

Зрителна адаптация. Представлява приспособяване на човешкото око за възприемане на обекти с различна яркост. По-бавна е адаптацията от светло към тъмно. Честата промяна на яркостта на обектите и осветеността води до бърза зрителна умора.

Стробоскопичен ефект. Получава се при пулсации на светлинния поток от луминисцентните лампи с честота $2.f$, (f е честотата на захранващото напрежение), които съвпадат с честотата на въртене на въртящи се части и се създава илюзия, че те са неподвижни. Това е може да доведе до злополуки и се избягва с подходящи схеми на свързване на светлоизточниците или равномерното им разпределение за захранване от трите фази на мрежата.

7.2.2. Видове осветление и системи за осветление

В зависимост от произхода на светлинния източник, осветлението бива естествено и изкуствено.

- ***Естествено осветление***

Получава се от слънчева светлина, проникваща през прозорци (странично, едностранно и двустранно) или през прозрачни покриви (вертикално), или комбинирано. То е най-благоприятно за психофизиологичното състояние на човека и за създаване на хигиенни условия на труд. За количествената му оценка се използва *коефициент на естествено осветление* ***КЕО***:

$$KEO = \frac{E_{ВЪТР}}{E_{ВЪН}}.100\% \qquad (7.16)$$

където $E_{ВЪТР}$, lx е осветеност на работното място, $E_{ВЪН}$, lx е осветеност навън по същото време при дифузна светлина от целия небосвод.

Коефициентът ***КЕО*** се нормира в зависимост от точността на работата. Например за *"особено точна работа"* е *10 %* за горно и комбинирано осветление и *3,5 %* за странично осветление.

- ***Изкуствено осветление***

✓ *Източници на изкуствено осветление.* Това са главно електрически лампи – нажежаеми лампи, луминесцентни, дъгови, халогенни, металохалогенни, и др. Най-често се използват нажежаеми лампи и луминесцентни лампи, чиито характеристики са сравнени в ***табл. 7.2*** (Изместват се успешно от светодиодните *(LED)* лампи)

Според светоразпределението на светлината, осветителните тела биват с пряка, преимуществено пряка, разсеяна, преимуществено разсеяна или отразена светлина.

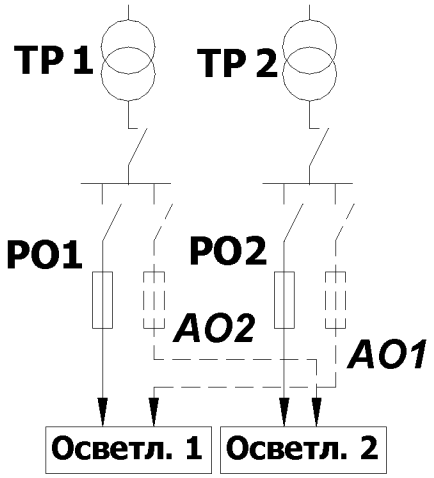
Таблица 7.2

Параметър	***Луминесцентни лампи***	***Нажежаеми лампи***
Коефициент на икономичност - $\eta = \Phi / P$, lm/W	35 ÷ 60	10 ÷ 12
Спектрален състав	Близък до естествената светлина	С преобладаващ червен спектър
Експлоатационен живот, *h*	5000 h	1000 h
Стробоскопичен ефект	Да	Не
Цена	По-висока	По-ниска

✓ *Системи за изкуствено осветление.* В зависимост от предназначението си, те биват:

Общо осветление. Представлява таванно осветление за едновременно осветяване на всички работни места в производствени помещения.

Локалното осветление. Осветление на работното място или част от него.



Две секции сборни шини

Фиг. 7.9

Комбинирано осветление. Изпълнено с общо и локално осветление.

Аварийно осветление. Дава възможност за продължаване на работата при отпадане на основното/работното осветление, като се осигурява минимум 10% от работната осветеност, чрез независими източници за захранване – акумулатори, генератори, две секции сборни шини и др.

На ***фиг. 7.9*** е показана схема на захранване на аварийното осветление от

две секции сборни шини от два независими трансформатора.

На фиг. 7.9 са означени съответно работното осветление *(РО) и* аварийното осветление *(АО)* на двата обекта, захранвани от трансформатори ТР1 и ТР2;

Евакуационно осветление. Осигурява минимална осветеност *0,3* lx за безопасно прекъсване на работата или нормална евакуация при повреда в работното осветление. Изисква се и за сгради и помещения, в които се концентрират значителен брой хора (кина, театри, офис сгради и др.).

- ***Нормиране и оценка на изкуственото осветление***

Нормите регламентират минималната необходима осветеност в зависимост от точността на работата, контраста, фона, вида на осветлението и светлоизточника. Например при особено точна работа, малък контраст, тъмен фон и комбинирано осветление, изпълнено с нажежаеми лампи, минималната осветеност за локално осветление е *1500* lx, а за общото осветление е *300* lx.

Извадка от хигиенните норми за осветление в работните помещения е дадена в ***прил.7.1***. При проектиране на осветлението, на базата на нормите се определят системата на осветление, типа, броя, мощността и разпределението на осветителните тела.

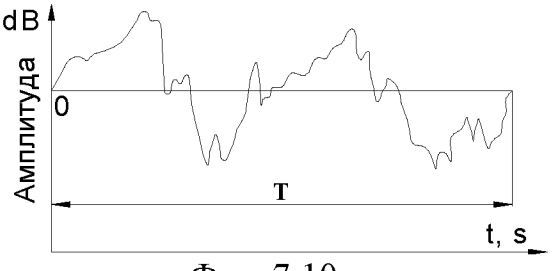
Според необходимостта от осветление производствата биват:

I категория – производства с непрекъснат цикъл и стратегическа важност.

II категория – производства, в които работата не се прекъсва, поради големи материални загуби, непрекъснатост на технологичните процеси и др.

III категория – производства, при които работата може да се прекъсне безаварийно.

За производства *I* и *II категории*, се осигурява аварийно осветление, а за такива от *III категория* се осигурява само евакуационно осветление.



Фиг. 7.10

7.3. Шум, ултразвук и инфразвук

Всеки процес, свързан с механични колебания на материални обекти в еластична среда, предизвиква акустични трептения, които се

възприемат като звук. Чистият (тонален) звук е механична вълна с постоянна честота и амплитуда, разпространяваща се в еластична среда. Произволна съвкупност от звуци с различни честоти и амплитуди се нарича шум. Примерна визуализация на крива на шум е показана на ***фиг.7.10***.

7.3.1. Основни характеристики на шума

- ***Характеристики за количествена оценка***

Звуково налягане. Звуковото налягане ***P***, Pa се дефинира като налягане, което създава фронта на звуковата вълна в еластична среда.

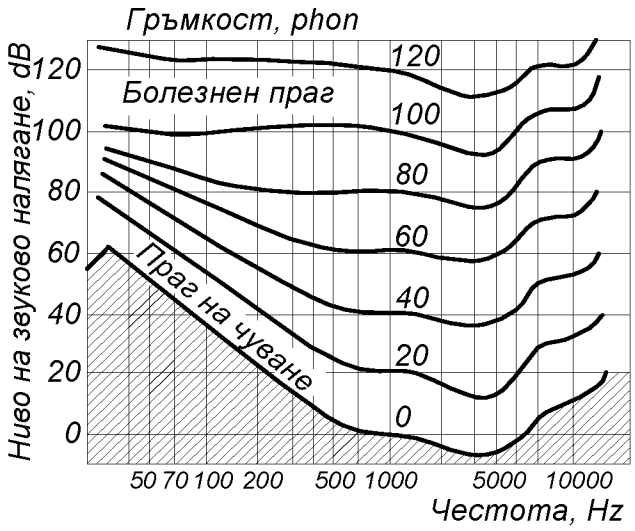
Интензитет на звука ***I,*** W/m^2. Представлява количеството акустична енергия, пренасяна през площ *1* m^2 за време *1* s, перпендикулярна на разпространението на вълната.

Ниво на звуково налягане ***L,*** dB. Между усещането на шума и интензитета (респективно налягането) на звука съществува логаритмична зависимост съгласно психофизичния закон на Вебер - Фехнер. Нивото на шума се определя по:

$$L = 10\lg\frac{I}{I_0} = 20\lg\frac{P}{P_0},\ \text{dB} \qquad (7.17)$$

където $I_0 = 10^{-12}$ W/m^2 и $P_0 = 2.10^{-5}$ Pa, съответстват на долния праг на чуване, представен с двете величини.

Гръмкост на звука ***G***, phon. Използва се за оценяване физиологичното възприятие на звука и чувствителността на човешкото ухо в зависимост от честотата. Тя е числено равна на нивото на звуковото налягане при честота *1000* Hz.Тогава *1* phon е равен на *1* dB.



Фиг. 7.11

При честоти, различни от *1000* Hz, гръмкостта се определя по *изосонични криви* (*криви на еднаквата гръмкост*), ***фиг.7.11***. Прагът на болезнено чуване се дефинира при звуково налягане $P \geq 20$ Pa.

- ***Свойства на звуковите вълни***

Скоростта на разпространение на звукова вълна зависи от еластичността и плътността на средата. При по-голяма плътност нараства скоростта на разпространение на звуковите вълни. Например при нормални условия звуковата скорост във въздуха е $V = 343$ m/s, а във вода *1500* m/s.

Отразяване на звукова вълна. При среща с преграда, съизмерима или по-голяма от дължината на звуковата вълна $\lambda = c / f$, m, вълната се отразява, а зад преградата се образува т.н. *звукова сянка*. Част от енергията на вълната се поглъща от преградата и се превръща в топлина.

Дифракция на звукова вълна. При среща с преграда, по-малка от дължината на вълната $\boldsymbol{\lambda}$, m, звукът я "заобикаля" без да се образува звукова сянка.

Пречупване на звукова вълна. При преминаване от една среда на разпространение в друга с различна плътност или еластичност, звуковата вълна се пречупва и се изменя скоростта й.

Честотен интервал на чуване (област на чуваемост). Средно статистическа възприемчивост на човешкото ухо е в интервала *16* Hz ÷ *20* kHz.

Спектрален състав на шума. Кривата на изменение на всеки шум може да бъде разложена в ред на Фурие, и по този начин може да се установи честотния спектър на шума, т.е. честотата и амплитудата на всеки от съставящите го звуци (хармоници).

Честотна лента. Представлява честотният интервал, съдържащ честотите на всички звуци, съставящи определен шум. Разликата между горната и долната гранична честота на честотната лента се нарича *широчина на честотната лента*.

- ***Видове шум***

Според изменението във времето се дефинира постоянен, променлив и импулсен шум. Според източника шумът бива механичен, аеродинамичен, магнитен, хидродинамичен и т.н. Според средата на разпространение, шумът бива въздушен – предаван по въздушна среда и структурен предаван с трептенето на конструкции, сградни елементи и др.

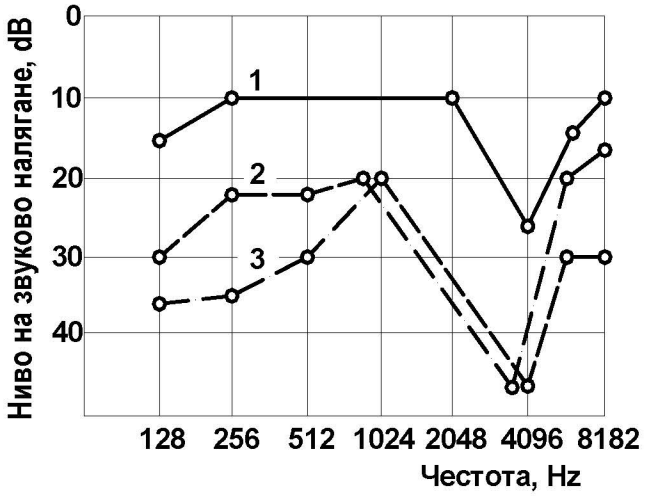
В зависимост от спектралния състав и честотата на преобладаващите съставящи звуци шумът бива *нискочестотен* ($f \leq 400$ Hz),

средночестотен (*400 ≤ f ≤ 1000* Hz) и *високочестотен шум* (*f > 1* kHz).

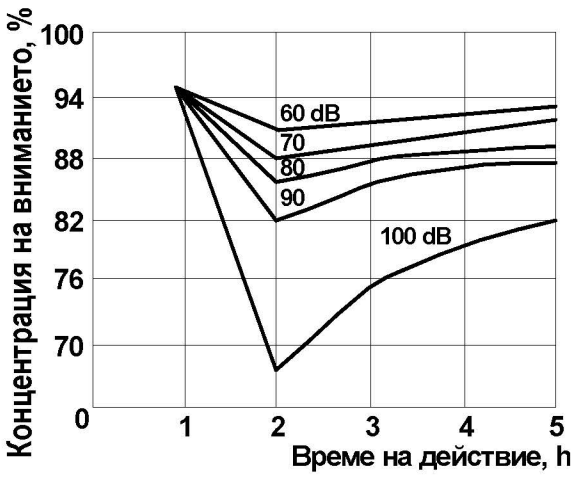
Освен това шумът бива *теснолентов* (съставен от звукове с близки честоти), *широколентов* (съставен от звукове със силно различаващи се честоти) и *"бял" шум* (съставен от звукове от целия честотен спектър).

- ***Действие на шума върху човека***

Физиологичното възприятие на шума зависи от интензивността, спектъра, продължителността на действие, характера на шума и индивидуалната чувствителност на организма. При продължително действие на шума в слуховия анализатор настъпват промени на слуховата чувствителност – повишаване на долния праг на чуване и настъпва временна или трайна глухота. Обикновено първо се нарушава чувствителността за звуци с честота *4000Hz*.



Фиг. 7.16



Фиг. 7.17

На ***фиг 7.16.*** е дадена диаграма, показваща повишение на прага на чуваемост в условия на повишено ниво на фоновия шум, където:

Крива 1 показва долния праг на чуване преди излагане на интензивен шум, *2* – след едночасово излагане и *3* - след 8 часово излагане.

Неблагоприятно е действието на шума върху нервната система – предизвиква раздразнителност, разсеяност, нарушава се апетита и съня, настъпват главоболие, жажда, промени във вестибуларния апарат, забавяне на рефлексите и др. На ***фиг.7.17*** е показано влиянието на шум с различна интензивност върху концентрацията на вниманието. Шумът води също до сърдечносъдови заболявания – нарушава се пулсът, променя се кръвното налягане и др. Настъпват

промени и в обменните процеси – увеличава се разходът на енергия, кръвната захар и холестеринът, намаляват хлоридите в кръвта.

Нарушава се трудовата дейност – отслабва вниманието, намалява мускулната сила, намалява устойчивостта на ясно виждане, настъпват промени в цветоусещането (намалява чувствителността за сигналните цветове - оранжев, червен, а се увеличава за студените цветове - син, зелен), създават се предпоставки за увеличаване на травматизма. Работоспособността намалява с около 60% за умствен и 30% за физически труд.

7.3.2. Нормиране и оценка на шума

При оценка на нивото на шума е необходимо да се отчита продължителността на действието и характера му (импулсен, постоянен или чисти тонове). Нормирането на шума се извършва в зависимост от честотата и от предназначението на производствените помещения. В зависимост от спектъра и продължителността на действието се правят корекции на нормите за нивото на шума. Някои норми за шум са дадени в ***табл. 7.3***

Таблица 7.3

Вид на работното място	***Екв. ниво, dBA***	***Ниво на звуково налягане, dB при честоти, Hz***							
		63	125	250	500	100	2000	4000	8000
Производствени помещения	***85***	99	92	86	83	80	78	76	74
Пултове и кабини за наблюдение и дистанционно управление, лаборатории и помещения на агрегати и изчислителни машини без връзка по телефона.	***80***	95	87	82	78	75	73	71	69
Помещения на диспечерски служби, кабини за управление, помещения за точен монтаж,машинописни бюра.	***65***	83	74	68	63	60	57	55	54
Помещения за управление (административни служби)	***60***	79	70	63	58	55	52	50	49
Помещения на конструкторски бюра, на програмисти на изчислителни машини, лаборатории за теоретична работа и обработка на експериментални данни.	***50***	71	61	54	49	45	42	40	38

7.3.3. Основни методи и средства за защита от шум

Защитата от шум се извършва в няколко направления.

Активна защита. Представлява отстраняване или намаляване на шума с избор на по-безшумни технологии, замяна на ударни движения с безударни и възвратно-постъпателно с въртеливо движение, използуване на синтетични и други материали с голямо вътрешно триене за изработване на детайли и др. За намаляване на магнитния шум се намалява потокът на разсейване, отстраняват се близко разположените магнитни материали и др.

Локално понижаване на нивото на шума. Осъществява се чрез шумозаглушаващи, шумоотразителни и шумопоглъщащи прегради, които локализират шума в самия източник чрез звукоизолация – екрани, кожуси, кабини или шумозаглушители. Действието на звукоизолацията се изразява главно в отразяване на звуковите вълни. Използването само на звукоизолацията не е достатъчно ефективно. Поради това тя се комбинира със звукопоглъщане, при което енергията на звуковите вълни се превръща в топлина в обема на материала.

Акустична обработка на сгради и помещения. Стените на производствените помещения се облицоват допълнително със звукопоглъщащи материали - порести (дунапрен, вата, пеностъкло) и резонансни конструкции.

Използуване на лични защитни средства. Наричат се *антифони* и биват вътрешни (втулки, тампони), които намаляват нивото на шума с $15 \div 20$ dB, и външни (наушници) - намаляват нивото на шума с $25 \div 40$ dB. Най-ефикасни са шлемофоните, които намаляват шума с $50 \div 55$ dB. Личните защитни средства не са ефективни при шум с много висока интензивност, поради проникването му във вътрешното ухо и през костите на черепа.

7.3.4. Ултразвук и инфразвук

Шумът и звуците извън областта на чуване от човешкото ухо са често срещани фактори в работните помещения. Те са опасни за човешкия организъм, понеже прагът на тяхното възприемане е почти равен на прага на опасното действие.

- ***Ултразвук***

Създава се от източници на механични колебания с честота, по-голяма от 20 kHz. За ултразвука въздухът е непреодолима

преграда, докато течностите са незначително съпротивление. Ултразвук е прилага се в авиационната и медицинската техника, при обработване на металите, в дефектоскопията, за ускоряване на химични реакции и др. Ултразвуковото действие с малък интензитет предизвиква ускоряване на биологичните процеси. При увеличаване на интензитета се уврежда клетъчната протоплазма, получават се смущения в терморегулацията, намалява пулсът, получават се болки в ушите и главата, разстройва се сънят и др. При допир с предмети, в които са възбудени ултразвукови колебания, се получава контактно въздействие – изгаряне.

Защитата се осигурява чрез разполагане на източниците на ултразвук в обширни помещения с нормална температура, избягване на контакт с обработваните детайли, използуване на звукоизолиращи кожуси и камери, специални плътни каучукови ръкавици и др.

- ***Инфразвук***

Генерира се от механични колебания с честота, по-малка от *16* Hz. Източници на инфразвук са дизеловите и други бавно работещи машини. Действието на инфразвука върху организма се проявява с колебания на вътрешни органи (сърце, бели дробове и стомах) и триене между тях, което нарушава нормалната им работа. Опасни са честоти $6 \div 9$ Hz, защото съвпадат със собствената честота на трептене на някои вътрешни органи и съществува вероятност за резонанс.

При увеличаване на интензитета на инфразвука се получава смущение в храносмилането и кръвообращението. Защита от инфразвук може да се постигне само с предотвратяване на генерирането на инфразвуци в източниците. Не могат да се използуват екрани или прегради, понеже същите влизат в резонанс.

7.4. Вибрации

Вибрацията може да се дефинира като процес, при който на дадена физическа величина (преместване, скорост, ускорение, момент) са свойствени преходи от нарастване към намаляване и обратно.

Вибрациите са механични колебания в нееластичната среда, които биват линейни, равнинни и обемни. Според сложността си те могат да бъдат хармонични и сложно съставни. Обикновено вибрациите са сложни, получени от наслагването на няколко хармонични колебания.

7.4.1. Основни характеристики на вибрациите

Източниците на вибрации в промишлеността се разделят на две групи.

- ***Вибрации с общо действие***

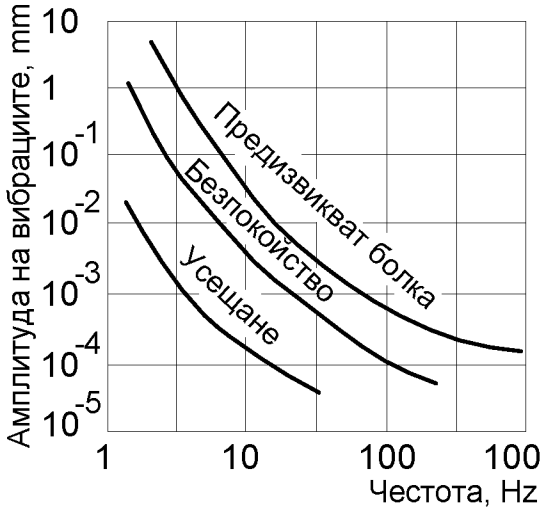
Получават се от машини и механизми с дебалансирани въртящи се части, неуравновесеност при възвратно-постъпателно движение при технологични процеси, транспортни средства и др. Те действат на целия организъм.

- ***Локални вибрации***

Оказват влияние при непосредствен контакт с вибриращи елементи. Получават се при работа с ръчни механизирани инструменти в рудодобива, строителството, машиностроенето, дървообработващата промишленост и др.

- ***Според честотата*** вибрациите биват *нискочестотни* ($f < 30$ Hz), *средночестотни* ($30 \leq f \leq 100$ Hz) и *високочестотни* ($f > 100$ Hz).

7.4.2. Действие на вибрациите върху човека



Фиг. 7.18

Действието на вибрациите върху човека зависи от тяхната амплитуда и честота. На ***фиг.7.18*** е показан начинът на възприемане на вибрациите от човека.

Под влияние на вибрациите се получават промени в сърдечно-съдовата система, нервната система, нарушава се координацията на движенията, появяват се смущения в храносмилателната система (възникват гастрити, язвена болест), намалява мускулната сила, острота на зрението и цветоусещането. При продължително действие се получава т.н. *вибрационна болест*. Тя се характеризира с болки, побеляване и атрофия на крайниците, невроза, главоболие и др. Особено опасни са вибрации с честота $6 \div 9$ Hz, поради голяма вероятност от резонансни явления във вътрешните органи.

7.4.3. Нормиране и оценка на вибрациите

Допустимите вибрации се регламентират от хигиенните норми, аналогично на шума. Допустимата амплитуда за най-често срещаните вибрации в промишлеността с честоти 30 ÷ 100 Hz е *3 ÷ 30* μm.

7.4.4. Основни методи и средства за защита от вибрации

Пълно ликвидиране на вибрациите в производствените и други помещения е невъзможно, но за ограничаването им до безопасни за хората стойности се прилагат следните мерки:

- ✓ *ограничаване на вибрации в самите източници* - чрез усъвършенстване на кинематичните схеми на механизмите и транспортните средства, подобряване на конструкциите на сградите, разположението на машините и др.;
- ✓ *виброизолации от еластични материали* - чрез изолиращи опори, ръкохватки, тампони и др. се отделят източниците на вибрации от корпуса с еластични звена;
- ✓ *виброгасители* - чрез допълнителни колебателни системи, генериращи вибрации със същата динамична честота, но в противофаза на основната честота на източника;
- ✓ *лични предпазни средства* - антивибрационни ръкавици, обувки, подложки и др.;
- ✓ *организационни и санитарни мероприятия* - подбор на кадрите, медицински прегледи, ограничаване на работното време, регламентирани почивки, ротационен график на работа на персонала за работни места с опаснсот от вибрации и др.

7.5. Вредни вещества в работната среда

Технологичните процеси в различните производства се съпровождат с отделянето на газове, пари и прах. Те се наричат общо *вредни вещества*, защото, попадайки в човешкия организъм, предизвикват неблагоприятни и опасни въздействия.

Вредните вещества са вещества, които при контакт с човешкия организъм могат да предизвикат трудови злополуки, професионални заболявания или влошаване на общото здравословно състояние, както в процеса на работа, така и в други периоди от живота на човека или неговото поколение. Вредните вещества могат да бъдат условно разделени на производствен прах и производствени отрови.

7.5.1. Производствен прах

Производственият прах представлява силно раздробени твърди частици (дисперсни системи), летящи и задържащи се във въздуха за известно време поради малките си размери и маса, които се наричат прахови аерозоли. По произход биват органични (дървесинен, въглищен, торфен прах), неорганични (метален, минерален прах) и смесени.

По степен на дисперсност праховите аерозоли се разпределят в три групи:

✓ *Видим прах* – аерозол, дисперсната фаза на който се състои от частици с диаметър, по-голям от *10* μm. Такива частици в неподвижен въздух се утаяват равноускорително и бързо се отлагат.

✓ *Микроскопичен прах* диаметърът на частиците е от *10* μm до *1* μm. Прах с такива размери в неподвижен въздух се утаяват с постоянна скорост и се задържат продължително време във въздуха.

Ултрамикроскопичен прах (дим) – размерите на частиците са под *0,1μm*. Те се движат хаотично и в неподвижен въздух не се утаяват.

Тази класификация има и хигиенен смисъл, тъй като от големината на частиците зависи дълбочината на проникването им в дихателната система и характерът на възможните прахови увреждания.

Праховите аерозоли попадат в организма през дихателните пътища, а също се полепват по кожата. Могат да окажат следните неблагоприятни въздействия:

Токсично действие, когато се касае за прахови аерозоли от вещества, притежаващи специфична токсичност и разтворими във вода и мазнини (контактно, местно раздразнително и разяждащо действие върху кожата и лигавиците), прахови аерозоли от цимент, карбид, натриев хлорид, натриева основа, хлорна вар, калцинирана сода и др.;

Алергично действие – при прахови аерозоли, водещи до свръхчувствителност на организма и алергични прояви: памук, лен, юта, коноп, различни органични съединения;

Специфично действие – засяга се дихателната система (фарингити, бронхити и пневмонични заболявания);

Канцерогенно действие – при дългогодишно вдишване на прах от хромови и арсенови съединения, от радиоактивни руди, азбест и др.

В зависимост от вида на вдишваните прахове, които предизвикват реакция в белите дробове са доказани множество форми на пневмокониоза (при вдишване на свободен силициев двуокис), антракоза (от въглищен прах), амилоза (от брашнен прах), сидероза (от железен прах) и др.

Едно от най-разпространените и тежки професионални заболявания е *силикозата*, което засяга най-често работниците от минната промишленост, металургията, машиностроенето, строителството и др.

За измерване на съдържанието на производствен прах във въздуха на работните помещения се използват аспиратори, прахомери и други уреди, основани на гравиметричен (тегловен), радиометричен и други принципи.

7.5.2. Производствени отрови

Производствените отрови представляват газове, пари, аерозоли и течности, които при контакт с организма предизвикват рани, отравяния и професионални заболявания. Те се отделят в производствената среда от:

✓ *суровини*: изходни продукти в химичната промишленост, фармацевтичното производство и др.;

✓ *полуфабрикати*: въглеводороди, серни и азотни окиси, соли и др.;

✓ *готови продукти*: киселини, основи, соли и др.;

✓ *спомагателни вещества*: разтворители, втвърдители, оцветители и др.;

✓ *отпадъчни продукти*: азотни, серни, въглеродни окиси, SH_2, NH_3, прах, аерозоли и др.

По характера на токсичното си действие, производствените отрови се разделят условно на:

✓ *дразнещи кожата и слизестата обвивка*: амоняк, сярна и солна киселина, основи и др.;

✓ *дразнещи дихателните органи*: хлор, амоняк, серни и азотни окиси и др.;

✓ *токсично действуващи на нервната система*: въглеводороди, бензин, сероводород и др.;

✓ *токсично действуващи върху кръвта*: въглероден окис, бензол, толуол, ксилол и др.;

✓ *действуващи на обменните процеси*: арсен, цианови съединения и др.

Производствените отрови се отделят при химични реакции в производството, през нехерметични части на технологичното обзавеждане, при изпаряване от течни реагенти, боядисване, нанасяне на лакови покрития и др. В резултат на жизнената дейност на човека се отделя въглероден двуокис в количество *35-70* g/h, който в някои случаи също се проявява като вредност.

Най-често срещаните химични вредни вещества в производството са серните съединения (серен двуокис, сероводород, сярна киселина), азотните съединенията (амоняк и азотни окиси), халогените и халогеноводородите (хлор, хлороводород), въглеводородите (бензол, толуол, ксилол), кетоните (ацетон), металите и металоорганичните съединения (живак, олово, цинк) и др.

Токсичността се определя от физико-химичните свойства на вредното вещество - летливост, разтворимост във вода и мазнини, агрегатното състояние и дисперсност. Колкото по-голяма е дисперсността на дадено вещество, толкова по-силно е неговото биологично действие. Най-опасни са отровите, които се намират в парообразно, газообразно и прахообразно състояние.

Върху концентрацията на вредните вещества оказват влияние скоростта на движение на въздуха, околната температура, влажността и други фактори, които могат да имат решаващо влияние върху степента на отравянето.

Пътища на проникването на отровите в човешкия организъм са главно дихателната и храносмилателната система, както и кожата.

При приемане на отрови *през устата* степента на отравяне зависи от състоянието на храносмилателната система, съдържанието на стомаха, състоянието на черния дроб, жлъчката и др. Преди да навлязат в кръвообращението, отровните вещества преминават през черния дроб, където голяма част от тях се обезвреждат. Поради това, лица с чернодробни и жлъчни заболявания не трябва да се допускат на работа в среда, съдържаща отровни вещества. Поемането на алкохол увеличава опасността от отравяне поради смущаване функциите на черния дроб.

Поемането на отрови *чрез дихателната система* е по-опасно, отколкото през кожата. Повърхността на белите дробове, изложена на отровни вещества, е многократно по-голяма от повърхността на кожата и има по-голяма резорбираща способност. При всяко

вдишване се приема около 500 cm^3 въздух. Дълбочината на проникване в дробовете на газове и пари зависи от тяхната разтворимост и проникваща способност. При силно дразнещи вещества, например амоняк, реакцията е бърза и изложеният на опасност незабавно напуска замърсената атмосфера. Ако остане по-дълго в такава среда, може да настъпят ларингоспазми и задушаване. Много по-опасни са газове с малка разтворимост и дразнимост – азотни окиси, фосген и др. Те се вдишват без осезаем ефект, но след *6* и повече часа водят до развитие на пневмонии и други белодробни поражения.

Попаднали в организма, токсичните вещества предизвикват отравяния, които могат да бъдат остри и хронични.

Острите отравяния възникват след еднократно действие на токсични вещества със значителна концентрация.

Хроничните отравяния са заболявания предизвикани от системно постъпване в организма на малки количества от токсичното вещество, които при еднократно проникване не предизвикват симптоми на отравяне. За много отрови концентрациите, които предизвикват остро отравяне, са толкова големи, че практически те не се срещат в производствени условия. Такива отрови могат да предизвикват само хронични отравяния, напр. олово, манган и др. От друга страна, съществуват отрови, които предизвикват само остри отравяния, напр. цианови съединения.

Вредните вещества може да се класифицират по различни критерии. Класификацията на вредните вещества *според степента на въздействие* се прави въз основа на редица фактори – пределно допустима концентрация (ПДК), средна смъртна доза, начин на попадане в организма, зона на действие и т.н.:

- *клас I – особено опасни*: дихлорацетон, кадмиев окис, луминофори, озон, живак, олово, цианиди и др.
- *клас II – високо опасни*: дихлорацетон, бензол, йод, киселини, основи, хлор и др.
- *клас III – умерено опасни*: полиетилен, полипропилен, тютюн и др.
- *клас IV – малко опасни*: ацетон, етилов спирт и др.

За измерване на съдържанието на производствени вредни вещества се използуват газоанализатори, основани на различни аналитични методи (калориметрични, фотометрични, спектрофотометрични и др.), прахометри, химически методи за анализ на проби и др.

7.5.3. Нормиране и защита от производствени отрови и прах

Нормирането на производствените отрови се извършва по редица показатели: прагови дози и концентрации при остро и хронично действие, максимално поносими дози, летални (смъртоносни) дози и концентрации и др.

За санитарния контрол най-голямо значение имат *пределно допустимите концентрации* (ПДК). Под ПДК на дадено вредно вещество се разбира максималната му концентрация в работната зона, непредизвикваща каквито и да било промени в нормалното състояние на постоянно изложените работници при ежедневната им работа в продължение на целия им трудов период и на тяхното поколение. За различните вредни вещества се дефинират ПДК, в зависимост от класа на опасност, агрегатното състояние, физиологичното действие и др. ПДК се дава в mg/m^3. ПДК за някои вредни вещества са дадени в ***табл 7.4.***

Таблица 7.4

Вещество	***ПДК, mg/m^3***	***Клас на опасност***	***Агрегатно състояние***
Азотни окиси	5	II	пари
Амоняк	20	IV	пари
Ацетон	200	IV	пари
Бензин чист	300	IV	пари
Бензин гориво	100	IV	пари
Въглероден окис	20	IV	пари
Живак	0,01	I	пари
Живачен двухлорид	0,1	I	аерозоли
Манганов двуокис	0,3	II	аерозоли
Минерални масла нефтени	5	III	аерозоли
Олово и съединенията му	0,01	I	аерозоли
Озон	0,1	I	пари
Сероводород	10	II	пари
Серовъглерод	1	II	пари
Спирт етилов	1000	IV	пари
Солна киселина	5	II	пари
Сярна киселина	1	II	аерозоли
Фенол	0,3	II	пари
Фосфор жълт	0,03	I	пари
Хлор	1	II	пари
Флуорен двуокис	0,1	I	пари

Когато в работната среда се съдържат повече от едно вредни вещества със сходно действие, нормирането се прави по сумарна оценка на ПДК:

$$\frac{C_1}{ПДК_1}+\frac{C_2}{ПДК_2}+...+\frac{C_n}{ПДК_n}\le 1, \qquad (7.18)$$

където C_1, $C_2 \ldots C_n$, mg/m^3 са фактическите концентрации на съответните вредни вещества, а $ПДК_1$, $ПДК_2$,...$ПДК_n$, mg/m^3 са пределно допустимите концентрации на съответните вредни вещества.

Мероприятия за защита от вредни вещества в работните помещения и предотвратяване на отравяния и професионални заболявания могат да се провеждат в няколко основни направления.

- ***Предотвратяване на отделянето на вредни вещества в работната среда***

Тук се отнасят измененията на агрегатното състояние на обработваните вещества или крайните продукти, рационализацията на технологичните процеси (например замяна на сухи с мокри методи), осигуряване непрекъснатост на процесите, херметизация на производственото обзавеждане, механизация на производствените процеси, въвеждане на автоматизация, телеуправление и др.

- ***Подобряване на планирането***

Работните помещения се проектират, оразмеряват и оборудват съобразно източниците и вида на вредни вещества.

- ***Техническа вентилация***

Може да бъде няколко вида, като всеки от тях има своите предимства и недостатъци.

- ✓ *Затворена смукателна.* Има за цел да поеме и отведе замърсеният въздух от мястото на отделяне на вредни вещества извън работните помещения, към съответните пречиствателни съоръжения преди да го изхвърли във външната атмосфера. Практически напълно ограничава разпространението им в работната и околната среда, поради своята херметичност.
- ✓ *Отворена смукателна*. Не е херметична. Поема и отвежда част от въздуха от работните помещения в околната среда.
- ✓ *Нагнетателна*. Намалява концентрацията на вредни вещества в работната среда чрез добавяне на въздух под налягане от околната среда. Обемът на подавания в помещението свеж

въздух $V_в$, необходим за разреждане на вредните вещества под ПДК се определя по:

$$V_в = \frac{10^3 G}{C_{ПДК} - C_{ВН}}, \text{ m}^3/\text{h}, \qquad (7.19)$$

където: $C_{ПДК}$, mg/m3 е ПДК на вредните вещества по санитарни норми; $C_{ВН}$, mg/m^3 е съдържанието на вредни вещества в подавания чист въздух; G, g/h е масата на вредните вещества отделящи се в помещението, като се изисква $C_{ВН} \leq 0,3C_{ПДК}$.

Механичната вентилация може да бъде общообменна и местна. Когато количеството на отделяните вредни вещества е голямо, се инсталира общообменна нагнетателно-смукателна вентилация.

- ***Използуване на индивидуални защитни средства***

За защита на кожата и тялото от вредни вещества се използува специално работно облекло - комбинезони, халати, костюми, а при работа с киселини и основи - гумирани облекла, ръкавици, ботуши. Използуват се още херметизирани очила, защитни пасти и кремове за кожата на лицето, ръцете и др.

За защита на дихателните пътища се поставят изолиращи и филтриращи противогази (защищават от всички вредности), респиратори (защищават само от прах), противопрашни маски, марлени превръзки и др.

- ***Санитарно-медицински и организационни мероприятия***

Прилагане на противоотрови, намаляване на работното време, регламентиран отдих, редовен санитарен и медицински контрол и др.

ГЛАВА 8. ПОЖАРНА И АВАРИЙНА БЕЗОПАСНОСТ

8.1. Общи сведения и определения

- ***Горене.***

Горенето е бързо протичаща екзотермична химична реакция на окисление на веществата с кислорода от въздуха или други окислители. Повечето вещества се окисляват сравнително бавно при естествени условия. За да възникне и протече горенето, е необходимо горимо вещество, кислород (или друг реагент) и някакъв източник на енергия за възпламеняване (пламък, искра, механичен удар, триене), който да нагрее горимото вещество до определена температура. Според способността си да горят веществата се разделят на:

- ✓ *горими* – органични вещества и съединения, които развиват пламък;
- ✓ *трудногорими* – вещества, които само тлеят;
- ✓ *негорими* – неорганични съединения, които не горят и не тлеят.

Типични горими вещества според агрегатното състояние са:

- ✓ *твърди* – въглища, дървесина, хартия, каучук, сяра и др.*;*
- ✓ *течни* – нефт, мазут, керосин, бензин, бензол и др.*;*
- ✓ *газообразни* – водород, метан, пропан и др.

Повечето горими вещества при нагряване преминават в газообразно или парообразно състояние и образуват с въздуха горими смеси. Горими смеси могат да се образуват и в резултат на разширяване и изпарение на течности или твърди горими вещества (бензин, керосин, въглероден прах и др.). За да се получи пълно изгаряне на горивото, е необходимо достатъчно количество кислород и скорост на горене осигуряваща повишаване на количеството отделена топлина над количеството на разсеяната топлина в околното пространство, така че температурата в зоната на горене да бъде достатъчна за подготовката на нови части от горящото вещество и възпламеняването им.

Изгарянето на веществата започва с явлението *пламване* - бързо кратковременно окисляване на сместа от парите на горимото вещество, възникващо при съприкосновение на сместа с пламък, електрическа искра или горящ предмет. Количеството на отделената при това топлина не е достатъчна за продължаване на горенето. При по-висока температура се получава продължителен процес, който води до възпламеняване.

Веществата с температура на възпламеняване до *45* °С се наричат *лесно запалими*, а тези с температура над *45* °С – *горими*. Не всяка смес на горимо вещество с въздуха е способна да се възпламени. Съществува минимална и максимална концентрация на горимото вещество във въздуха, под и над която възпламеняването е невъзможно.

- ***Самовъзпламеняване***.

Възниква при външно нагряване на веществата до определена температура без непосредствен допир до пламък или искра. Температурата на самозапалване е важен параметър, определящ пожароопасността на веществата. За каменните въглища тази температура е *400* °С, за бензина *300* °С, а за дървесината *270* °С.

- ***Самоизгаряне.***

Самоизгаряне на твърдите вещества може да се получи от нагряването им под влияние на физически, химически и биологични процеси, протичащи в самото горимо вещество (въглища, торф, сено).

- ***Взрив***.

Взривът е бързо изменение на химическото и физическото състояние на веществото съпроводено с отделяне на голямо количество топлина и образуване на голямо количество газове, които със своето налягане могат да предизвикат разрушения.

Първо условие за поява на взрив е наличието критична концентрация, например за бензин *0,8 ÷ 7,0 %*, за алуминиев прах над *7,0* gr/m^3. При по-големи или по-малки концентрации взрив не се получава поради недостиг на кислород.

Второто условие за поява на взрив е наличието на *топлинен импулс* с достатъчна мощност за да възпламени няколко молекули (частици) от сместа. Най-опасни в това отношение са тежките газове и пари с плътност *1,5 ÷ 2,0* спрямо въздуха, с нисък предел на концентрация *2 ÷ 3 %* и ниска температура на самовъзпламеняване.

Трябва да се има предвид, че една и съща газо- или паро-въздушната смес при едни и същи концентрации може да даде спокойно, стационарно горене или мигновен взрив. Това зависи от условията при които става смесването на горящото вещество с въздуха и от характера на възпламеняване.

8.2. Пожарна опасност при технологични процеси

В промишлените предприятия пожарна опасност предизвиква съхранението, обработката и транспортирането на горими материали (гориво, изолационни и смазочни масла, разтворители, хартия и др.). Особено опасни са химическите производства, електролизните, електрозаваряващи и газозаваряващи уредби, котелните помещения и др. Причините за възникване на пожар и взрив могат да се разделят на две групи - електрически и неелектрически, като в електрическите уредби могат да възникнат и неелектрически причини за пожар или взрив.

- ***Причини за пожари от електрически характер***

✓ *Искрене в електрически машини и апарати.* Най-често се причинява от електрически разряди при комутация – между контактни тела, колектор и четки, от натрупани статични заряди, както и от пренапрежения в резултат на преки и вторични въздействия на мълнии, преминаване на по-високо напрежение в уредби с по-ниско и др.

✓ *Протичане на ток на късо съединение.* Води до претоварване на проводниците и намотките на електрическите машини и апарати по токова плътност, което причинява рязко нарастване на температурата им.

✓ *Голямо преходно съпротивление в мястото на контакта.* При некачествено изпълнени връзки между тоководещи части в електрическите уредби, в зоната на контакта се отделя топлина, водеща до локално нагряване на проводниците.

✓ *Запалване на електрическа дъга.* Обикновено се получава в резултат на неправилни манипулации с комутационни апарати (например изключване на разединител под товар) или дъга на електродъгово заваряване и др.

✓ *Аварии с маслонапълнени апарати.* В резултат на електрически разряди в обема на маслото, част от него се разлага до продукти, които се изхвърлят в околната среда и при смесването им с въздуха може да образуват пожароопасна или взривоопасна смес.

- ***Причини за пожари от неелектрически характер***

Причините за пожари от неелектрически характер са твърде многобройни, като някои от най-честите са следните:

✓ неправилни манипулации при работа с преносими нагревателни уреди, нагреватели, газозаваръчни уредби и др.;

✓ неизправности на котли, производствени пещи, отоплителни прибори и др.;

✓ неизправности на производственото оборудване (прегряване на лагери, спирачки и др.), нарушаване на технологични процеси, в резултат на което се отделят горими газове, пари или прах;

✓ пушене в пожароопасни или взривоопасни помещения;

✓ самовъзпламеняване или самоизгаряне на горими материали.

8.3. Мероприятия по пожарна профилактика

За предотвратяване възникването на пожари и взривове в производствените и други предприятия трябва да се изпълняват редица профилактични мероприятия.

✓ *Технически мероприятия.* Включват спазване на техническите норми при избора на отопление и вентилация, електрооборудване, устройства за мълниезащита и др. Инсталиране на противопожарна и пожароизвестителна инсталация, осигуряване на пожарогасителни средства и др.

✓ *Експлоатационни мероприятия.* Състоят се в правилна техническа експлоатация в съответствие със съответните нормативни документи на производствените агрегати, котелни, компресорни и силови устройства и тяхното електрооборудване.

✓ *Организационни мероприятия.* Представляват обучение на персонала по противопожарните правила, инструкции и първа помощ, поставяне на съответните средства за онагледяване, табели, евакуационни схеми и др.

✓ *Режимни мероприятия.* Състоят се в ограничаване или забраняване използването на открит огън, пушене, заваряване и др. в пожароопасни места. Работите с пожароопасни и взривоопасни вещества трябва да бъдат оформяни със специални наряди, а складирането им в специални помещения с ограничен достъп.

8.4. Огнеустойчивост на сгради и съоръжения

При проектирането и строителството на сградите и съоръженията трябва да се отчита степента на пожарна опасност на производството.

Съгласно Наредба № Із-1971 от 2009 г. за строително-технически правила и норми за осигуряване на безопасност при пожар, производствените, складовите и селскостопанските сгради, бензиностанциите и газостанциите, помещенията и съоръженията с постоянен режим на работа са с *клас на функционална пожарна опасност* ***Ф5***. Те в зависимост от пожаро- и взривоопасните свойства на използваните, произвежданите и съхраняваните вещества и продукти, техните количества и особеностите на технологичните процеси се подразделят на категории по пожарна опасност, както следва:

Сгради, помещения, открити инсталации и технологични съоръжения за получаване, обработване, използване, съхраняване и складиране на:

- ***Категория Ф5А:***

1. Горими газове, включително втечнени горими газове.
2. Течности с пламна температура до 28 °С (бензин, лигроин, ацетон, толуол, пиридин, етилов алкохол, дихлоретан, диоксан, етилбензол и др.).
3. Вещества и продукти, които се запалват или взривяват при взаимодействието им с вода или с кислород от въздуха.

На практика това са цехове за първична преработка на нефт и газ, получаване на синтетичен каучук, регенерация на сероводород, ацетиленови станции и др.

- ***Категория Ф5Б:***

1. Течности с пламна температура от 28 до 55 °С включително керосин, газьол, ксилол, хлорбензол, оцетна киселина, оцетен анхидрид и др.).
2. Течности, нагрети при условията на производство, получаване, обработване, използване и съхранение над пламната им температура.
3. Прахове или влакна с долна концентрационна граница на възпламеняване (ДКГВ), по-малко или равно на 65 g/m^3.

Това са обекти за производство, употреба и съхраняване на целулоид, нафталин, калциев карбид, антрацен; цехове, в които се отделя производствен въглищен прах; Мелници, силози, и обслужващите ги транспортни и други съоръжения за взривоопасни прахове (брашно, захар, нишесте, соя, фуражни смески, сапунени,

пластмасови и други видове прахове); Кислородни станции и уредби; и др.

- ***Категория Ф5В***

1. Течности с пламна температура, по-висока от 55 °С (анилин, асфалт, мазут, глицерин, етиленгликол, формалин, масла, креозот и др.).
2. Прахове или влакна с ДКГВ, по-голяма от 65 g/m^3 (прах - цинков, целулознолигнинен, ацетилцелулозен, от карбамидформалдехидна смола и др.)
3. Технологични процеси, при които обработката на продукти се извършва при температура до 180 °С.
4. Твърди горими вещества и материали.
5. Негорими вещества, опаковани в горим амбалаж.
6. Горими материали в насипно и пакетирано състояние.

Това са цехове и складове на дърводобивната и дървообработващата промишленост; на текстилната, шивашката, кожарската, обувната, хранително-вкусовата, тютюневата, целулозно-хартиената и полиграфическата промишленост; помещения за производство, ремонт и съхранение на електронносъобщителна техника; ремонтни помещения и работилници за разпределителни устройства с прекъсвачи, трансформатори и друг вид апаратура, съдържащи повече от 60 kg машинно или трансформаторно масло в едно съоръжение; селскостопански сгради за съхранение на груб фураж (сено, слама); помещения за съхраняване на зърно в насипно състояние; цехове за обработка на пластмаси и на готов синтетичен каучук; помещения за електрокари и мотокари; автосервизи; гаражи за леки и тежки МПС и др.

- ***Категория Ф5Г***

1. Негорими вещества и материали в горещо или нажежено състояние, при които се отделя лъчиста топлина, искри или пламък, и такива с температура на обработка, по-висока от 180 °С.
2. Горими течности, газове и твърди материали (прахове), които се използват като гориво при гарантирано наличие на постоянно действащ източник на запалване.

Това са леярни и топилни цехове, пещни отделения; електромашинни отделения; депа за парни машини; цехове за горещо валцуване на метали; помещения за изпитване на ДВГ; цехове за термично обработване на метали; котелни помещения на газово, течно

и твърдо гориво; високоволтови съоръжения; монтажно-заваръчни цехове и др.

- ***Категория Ф5Д***

1. Негорими вещества и материали;
2. Горими вещества и материали в мокри технологични процеси.

Това са механични цехове за студена обработка на метали, компресорни станции за въздух или други негорими газове; инструментални цехове; студено щамповане и валцуване на метали; добиване и студена обработка на минерали, руди, сол и други негорими материали; цехове за мокри процеси в текстилната и хартиената промишленост; цехове за преработка на месо, риба, млечни продукти, плодове и зеленчуци; помещения за пепел и сгурия, помпени и водоприемни устройства към електроцентралите; отделения за съхраняване на негорими киселини и др.

8.5. Средства за гасене на пожар

Средствата за гасене на пожар, в зависимост от преобладаващия начин за прекратяване на горенето, се разделят на :

- ✓ *средства с охлаждащо действие* – вода, течни състави, пяна, въглена киселина;
- ✓ *средства с разделително действие* – водна пара, въглероден двуокис, азот;
- ✓ *средства с изолиращо действие* – химическа пяна, въздушно-механична пяна;
- ✓ *средства с инхибиращо действие* – те задържат химическата реакция на горенето, например халогенирани въглеводороди от типа на бромметил и брометилен, някои видове фреони и гасителни прахове.

- ***Вода***

Водата е най-евтиното и разпространено средство за гасене на пожари. Високата й топлоемкост и температура на изпаряване я прави ефективна. Във всички населени места и производствени предприятия се организира *противопожарно водоснабдяване*. Използват се водопроводната инсталация, естествени водоизточници, открити или закрити водоеми. Ако налягането във водопровода е недостатъчно водата се разпръсква с пожарни, ръчни и мотопомпи.

С водата не трябва да се гасят лесно запалими течности (бензин, керосин, минерално масло) защото поради по-голямата си плътност, водата се натрупва под тези течности и увеличава горящата повърхност. Водата не е гасително средство и на вещества като калциев карбид и селитра, които образуват с нея горими вещества и смеси. Забранено е гасене с вода в електрически уредби под напрежение, поради опасност от електропоражение (освен ако се използват специални пожарогасителни средтсва).

За гасене на пожар в закрити помещения се препоръчва водната пара, която разрежда въздуха и така намалява концентрацията на кислорода и температурата на горящото вещество.

Приложение в практиката са намерили спринклерните и дренглерни инсталации.

Спринклерната инсталация представлява система от тръби на които са монтирани водни разпръсквателя през $3 \div 4$ m, отворите на които са запушени с лесно разрушавяща се от температурата на горене сплав. Постига се едновременно сигнализация за пожар и автоматичното му гасене.

Дренглерната инсталация е същата, само че разпръсквателите й са постоянно отворени и тя се задейства ръчно. Използва се за създаване на водни завеси за ограничаване на пожара.

- ***Химическа пяна***

Химическата пяна се получава чрез смесване на *пеногенераторен прах* с вода. Образува се дисперсна система от множество мехурчета газ или въздух разделени от тънка течна ципа. Има изолиращо действие, способност за намаляване изпарението на горящото вещество и охлаждане на повърхностния му слой.

За гасене на пожари на неголеми площи се използват ръчни пожарогасители. Зарядът им се състои от киселинна част (смес от сярнокисело окисно желязо и сярна киселина) поместена в бутилка с обем $0,5\ l$ и алкална част - смес от натриев двуокис и сладникав екстракт. При смесването им, което става след повдигане на ръчката, превъртането й до отказ и обръщането на бутилката с дъното нагоре, се образува въглероден двуокис, който създава в балона значително налягане, в резултат на което пяната се изхвърля във вид на струя на $7 \div 8$ m. Продължителността на действието му е около една минута

- ***Въздушно – механична пяна***

Тя се образува от механично смесване на воден разтвор на пенообразувател с въздуха, което се извършва в специални апарати - пеногенератори. Тази пяна е подходяща за гасене на нефтопродукти.

- ***Въглероден двуокис***

При бързото изпарение на втечнения въглероден двуокис се образува снегообразна маса, която отправена в зоната на пожара намалява концентрацията на кислорода във въздуха и охлажда горящото вещество. За разлика от химическата пяна въглеродния двуокис не провежда електрически ток и не повреждa материалите. Използва се при ръчни и подвижни пожарогасители. Намира приложение при гасене на пожари в закрити помещения и електрически уредби под напрежение.

- ***Бромметил***

По-ефективни са въглероднодвуокисните-бромметилови пожаро-гасители. Те са предназначени за гасене на пожари на неголеми огнища с тлеещи материали (памук, изолационни материали) и електроуредби под напержение.

- ***Прахови състави.***

Праховите състави са едни от най-добрите съвременни пожарогасителни средства. Представляват смес от ситно смлян кристален прах от калцинирана сода или натриев бикарбонат, графит, железни и алуминиеви стеарити и стеаринова киселина. Те разреждат кислорода във въздуха, охлаждат активните центрове на пламъка, изолират горящата повърхност от въздуха и химически задържат реакцията на горенето. Използват се за гасене на алкални метали, магнезиеви сплави, електроинсталации и двигатели с вътрешно горене.

- ***Други пожарогасителни средства***

За гасене на пожар могат да се използват и сух пясък, пръст, азбестови или брезентови платнища и др. Те затрудняват достъпа на кислород до горящото вещество. Всички помещения и открити площадки трябва да се оборудват с необходимите пожарогасителни средства според действащите противопожарни норми и правилници.

ГЛАВА 9. ТРУДОВИ ЗЛОПОЛУКИ – ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ВИДОВЕ, РЕГИСТРИРАНЕ. РАЗСЛЕДВАНЕ НА ТРУДОВИ ЗЛОПОЛУКИ

9.1. Определение, видове, регистрация на трудовите злополуки

За термина "злополука" в съществуващите литературни източници има дадени доста различаващи се определения, като в доста от тях се борави с терминът "травматизъм".

Злополука е нарушаване или прекратяване на нормалните функции на човешкия организъм в резултат на внезапно и краткотрайно въздействие.

Трудова злополука е увреждане на здравето, в резултат на внезапно и краткотрайно въздействие, довело до временна нетрудоспособност, инвалидност или смърт и станало през време и във връзка и по повод на извършваната работа.

Професионално заболяване е увреждане на здравето в резултат на продължително въздействие на неблагоприятна производствена среда или вредни вещества през време и във връзка и по повод на извършваната работа.

9.1.1. Класификация на трудовите злополуки според степента на поражение

Според степента на поражение трудовите злополуки се разделят на:

1. Обикновени злополуки

а) *Малки наранявания* - причиняващи загубата на работоспособност по малко от един ден;

б) *Лека злополука* - довежда до загуба на работоспособност от 1 до 3 дни;

в) *Средна злополука* - предизвиква загубата на работоспособност над 3 дни.

При обикновените злополуки след проведено лечение трудоспособността на пострадалия се възстановява.

2. Тежки злополуки - водят до трайна неработоспособност и инвалидност.

3. Смъртни злополуки - при които е последвала смърт на пострадалия веднага или след известно време.

4. Аварийни злополуки са тия, при които са пострадали трима или повече работещи едновременно.

9.1.2. В кои случаи се регистрира трудова злополука

Всяка злополука станала през времето и във връзка и по повод на извършваната работа се счита за трудова, като по-конкретно за трудови злополуки се регистрират и злополуките, станали:

1. През време на каквато и да е работа вършена по нареждане, или при работа вършена без нареждане, но в интерес на фирмата, учреждението или организацията.
2. През време на почивките в работно време, прекарани във фирмата учреждението или организацията.
3. Когато работника или служителя пострада при спасяване на човешки живот или имущество на фирмата учреждението или организацията.
4. През време когато работника или служителя отива на работа или се връща от работа.
5. През време на участие на работника или служителя в трудови бригади от името на фирмата, учреждението или организацията.
6. През време на организирано участие от фирмата учреждението или организацията във физкултурни състезания, митинги и други подобни.
7. При изпълнения на обществени задължения свързани с фирмата, учреждението или организацията, в която лицето работи, въпреки че възложените задачи не са в непосредствена връзка с работата на фирмата, учреждението или организацията.

9.1.3. Регистриране на трудовите злополуки

За всяка трудова злополука пострадалият, непосредственият му ръководител или свидетелите на злополуката незабавно уведомяват ръководителя на осигурителя или упълномощеното от него лице, които незабавно са длъжни да организират разследване на злополуката, за резултатите от което съставят протокол съдържащ данни за:

1. Осигурителя (фирма, учреждение, предприятие);
2. Пострадалите лица;
3. Място и време на злополуката;
4. Свидетели на злополуката (писмени показания) и лицето, оказало първа помощ;
5. Обща характеристика на работата, извършвана от пострадалия при злополуката;
6. Специфичното физическо действие, извършено от пострадалия в момента на злополуката и свързания с това действие материален фактор;

7. Отклонения от нормалните действия и условия и материалния фактор, свързан с тези отклонения;

8. Начина на увреждане и материалния фактор, причинил увреждането;

9. Допуснати нарушения на нормативните актове;

10. Лицата, допуснали нарушенията;

11. Необходимите мерки за недопускане на подобни злополуки.

Когато обстоятелствата, при които е станала злополуката, дават основания да се предполага, че тя е трудова, ръководителят на фирмата подава в Националния осигурителен институт НОИ декларация, за всяко пострадало лице.

Декларацията се издава в четири екземпляра:

✓ 2 за НОИ;

✓ 1 за пострадалия или наследниците му;

✓ 1 за фирмата, учреждението, предприятието.

Когато има данни за трудова злополука лекуващият лекар или лекарската консултативна комисия (ЛКК) издава болничния лист в два екземпляра:

- единият за пострадалият, който е длъжен да го представи на фирмата;
- вторият за НОИ, не по-късно от следващия на издаването ден.

За всяка тежка, смъртна и аварийна злополука се уведомяват незабавно териториалните органи на НОИ, РИД (районна инспекция по труда) и прокуратурата, които са длъжни да проведат разследване за причините довели до злополуката. На разследването има право да присъства пострадалия или посочени от него лица.

В 14 дневен срок от декларирането на злополуката се издава Разпореждане за приемане или за неприемане на злополуката за трудова по потвърден от НОИ формуляр.

Осигурителят (фирма, учреждение, предприятие) поддържа регистър на трудовите злополуки, в който се вписват:

1. Номер и дата на декларацията за трудова злополука;

2. Входящ номер на декларацията в НОИ;

3. Трите имена и ЕГН на пострадалия;

4. Мястото и времето на злополуката;

5. Номер и дата на разпореждането на НОИ за приемане или неприемане на злополуката за трудова;

6. Последици от злополуката (временна неработоспособност, временно намалена работоспособност, инвалидност или смърт);

7. Брой на дните неработоспособност.

Като смъртна се отчита злополука, при която смъртта е настъпила в деня на злополуката или до една година след злополуката.

9.1.4. Срокове за издаване на акт за трудова злополука

а) В тридневен срок (в работни дни) от узнаване за злополуката ръководителя подава в териториалното поделение на НОИ декларация в 4 екземпляра, която се вписва в Регистъра за трудови злополуки.

б) Когато злополуката не бъде декларирана по горния начин, пострадалият или неговите наследници имат право да подадат декларацията в 1 - годишен срок от настъпване на злополуката в териториалното поделение на НОИ.

в) В 14-дневен срок от подаване на декларацията за трудова злополука от НОИ се издава разпореждане за признаване или за непризнаване на злополуката за трудова.

г) В отделна случаи декларация може да бъде издадена и след по-продължителен период посредством съдебен установителен иск.

9.2. Отчитане и анализ на трудовите злополуки

Въз основа на съставените актове за трудови злополуки се изготвят отчети на фирмата учреждението или организацията за определен период (тримесечие или година), които се изпращат в Районните инспекции по труда.

Анализът на трудовите злополуки се извършва по различни методи с цел разкриване на причините и обстоятелствата довели до злополука и тяхно отстраняване. Основните методи са:

- **Статистически методи** - основават се на обработка на данните от актовете, анкетите и отчетите за трудови злополуки, при което могат да се направят изводи за различните фактори и причини за трудови злополуки. Като основни статистически показатели се използват:

а) ***Коефициент на честота*** - отчита броя на злополуките за даден период от време, приведени към 1000 работещи с оглед на различния брой на работници и персонал:

$$K_Ч = \frac{Б \cdot 1000}{Р}\left[\frac{злополуки}{на\ 1000\ работещи}\right], \qquad (2.1)$$

където: $Б$ - брой на злополуките;

$Р$ - среден брой на работещи през периода.

б) ***Коефициент на степен на поражение*** (тежест на злополуките):

$$К_Т = \frac{Д}{Б}\left[\frac{дни}{1\ злополука}\right], \qquad (2.2)$$

където: $Д$ - дни неработоспособност, причинена от злополуки през периода;

$Б$ - брой на злополуките, без остатъчни изменения или смърт, през периода.

в) Резултативен коефициент:

$$К_Р = К_Ч \cdot К_Т\left[\frac{дни\ неработоспособност}{на\ 1000\ работещи}\right] \qquad (2.3)$$

Този коефициент дава възможност за оценка на условията на труд.

Статистическите методи дават възможност за получаване на данни за разпределение на злополуките и по още много показатели: по часове в денонощието, по дни през седмицата, възраст, образование, квалификация и стаж в дадена професия и т.н.

- **Технически методи** - въз основа на измервания с помощта на технически средства се проверяват условия на труд и установяват причини за злополуки или професионални заболявания: съдържание на вредни газове, пари и прахове, осветеност, шум и вибрации, съпротивление на изолации, заземителни и занулителни устройства, йонизиращи лъчения, електрически и магнитни полета и т.н. Получават се обективни данни и възможност за оценка дали условията на труд отговарят на нормите за безвредност и безопасност за конкретни случаи;
- **Топографични методи** - върху плана на завода, цех или участък, на трасе на електропровод и други обекти се нанасят местата, където са станали трудови злополуки. След определен период се получават доста категорични данни за т.н. “опасни зони”, което дава възможност за отстраняване на причините за трудови злополуки;
- **Монографични методи** - въз основа на данни за трудови злополуки с даден модел машини, вид производство или дейност се установяват причините за трудови злополуки или професионални заболявания.
- **Групови методи** - въз основа на данните за трудови злополуки причините се групират по еднакви показатели, отрасъл на народното стопанство, лични данни на пострадалите, дни от седмицата и т.н.

При анализ на трудовите злополуки е необходимо да се използуват няколко метода, например по данни от технически методи да се извърши статистическа обработка и приложи за даден отрасъл на промишлеността.

9.2.1. Специфични особености при регистриране, отчитане и анализ на трудовите злополуки

С разследване на злополуките в едно дружество се преследват две основни цели:

□ **Официална** - да се прецени дали осигурителят има основание да квалифицира злополуката като трудова и да извърши последващите, предписани от закона действия;

□ **Същностна** - да се избегнат подобни нежелателни произшествия, довеждащи до злополуки, в бъдещата дейност на дружеството.

Същностната цел на едно разследване е постигната, когато са намерени фактическите дефекти в системата за управление на безопасността и са направени адекватни на тях предложения за корекции в действаща в предприятието система.

Самото разследване на злополуката представлява процес на изучаване и доказване на това какво и как се е случило и защо злополуката се е случила.

Трудовата злополука е осигурен социален риск. Системата за осигуряване при трудова злополука е съвкупност от взаимно свързани правни изисквания и действия на осигурителите, осигурените лица и осигурителната администрация за установяване, разследване, признаване, регистриране и отчитане на трудовите злополуки, за набиране на средства и обезщетяване на пострадалите.

Правото за разумно обезщетение на пострадалия при трудова злополука е международно призната норма още в началото на миналия век (МОТ, Конвенция №17 от 1925 г.). Съгласно конвенцията, това право трябва да се осигури от държавата чрез създаване на нормативна уредба и изграждане на съответна инфраструктура за прилагането й.

Ползвайки многогодишния опит на МОТ и Европейския съюз, за новите социално-икономически условия в страната беше разработена нова правна уредба за социално осигуряване и в частност за трудова злополука и професионална болест.

Държавното обществено осигуряване при трудова злополука, обхваща случаите на:

1. ***Временна нетрудоспособност*** - пълна липса на физически и умствени сили и способности но работника/служителя да полага

труд. При този вид нетрудоспособност може да се определи продължителността на състоянието и перспективата за възстановяване на работоспособността;

2. ***Инвалидност*** - загубена напълно или частично работоспособност завинаги или за продължително време. В този случай право на пенсия за инвалидност имат лица с 50 или над 50 процента загубена работоспособност, спрямо възможностите на здравия човек;

3. ***Смърт*** - прекратяване на биологичното съществуване не човек.

Осигурител е физическо лице, юридическо лице или неговото поделение или други организации, които имат задължение по закон да внасят осигурителни вноски за други физически лица.

Осигурен е лице, което е осигурено за всички или за част от осигурените социални рискове като:

- временна неработоспособност;
- временна намалена работоспособност;
- инвалидност;
- майчинство;
- старост;
- безработица;
- смърт.

Самоосигуряващ се е физическо лице, което е длъжно да внася осигурителни вноски изцяло за своя сметка.

Осигурителни вноски са вноските, които се правят във фонд на ДОО. Размерът на вноските е в зависимост от размера на осигурителния доход и обхвата на осигурените социални рискове.

Осигурителен доход са всички възнаграждения и други доходи от трудова дейност, върху които съгласно закона се дължат осигурителни вноски.

Осигуряването на работниците и служителите възниква от деня, в който те започват изпълнението на задълженията си по трудово или служебно правоотношение, и продължава през времето, през което са изпълнявали задължението си по тези правоотношения. Самото осигуряване се извършва от осигурителя в НОИ.

При настъпване на злополука осигурителят е задължен:

□ **да уведоми** незабавно териториалното поделение на Националния осигурителен институт (НОИ), териториалното поделение (дирекция "Областна инспекция по труда) на Изпълнителната агенция "Главна инспекцията по труд" (ГИТ) и прокуратурата за всяка смъртна злополука, за всяка злополука, причинила увреждане

на повече от трима работещи, както и за всяка злополука, за която има основание да се предполага, че ще доведе до инвалидност или смърт;

□ **да организира** незабавно разследване на обстоятелствата за всяка злополука и да състави протокол за разследването;

□ **да декларира** всяка трудова злополука. Кодексът за социално осигуряване в чл. 57. ал.1 определя задължение за осигурителя в срок от три работни дни да декларира пред териториалното поделение на Националния осигурителен институт всяка трудова злополука. Наред с горното чл. 3 ал.1 от НУРРОТЗ гласи:

„Когато обстоятелствата, при които е станала злополуката, дават основание да се предполага, че тя е трудова, ръководителят или упълномощеното от него длъжностно лице са длъжни в срок от три работни дни от узнаването за нейното настъпване да подадат в ТП на НОИ, по регистрация на осигурителя, декларация по образец, утвърден от управителя на НОИ и обнародвана в „Държавен вестник„“.

Заедно с декларацията осигурителят трябва да представи и протокол от разследването на трудовата злополука. Декларацията се подава в четири екземпляра, от които два остават в ТП на НОИ, един се предоставя на пострадалия или на наследниците му и един е за осигурителя / работодателя/;

□ **да впише** декларацията в регистъра за трудовите злополуки в предприятието;

□ **да изпрати** копие от декларацията за всяка злополука, приета за трудова, на териториалната администрация на Инспекцията по труда;

□ **да поддържа** регистъра на трудовите злополуки;

□ **да изготвят и предоставят** ежегодно информация за броя и разпределението на трудовите злополуки за изминалата година на териториалната инспекцията по труда.

Първото задължение е информационно и неговото стриктно изпълнение има организационен характер.

Основата за изпълнение на всички следващи задължения на осигурителя е разследването на трудовата злополука, което се документира в протокол.

При всяка една трудова злополука могат да бъдат извършени:

□ **разследване на осигурителя;**

□ **разследване на осигурителната институция,** наричано инспекторско разследване; то се провежда по заповед на ръководителя на

териториалното поделение на НОИ; такова разследване може да бъде извършено и от ***застраховател*;**

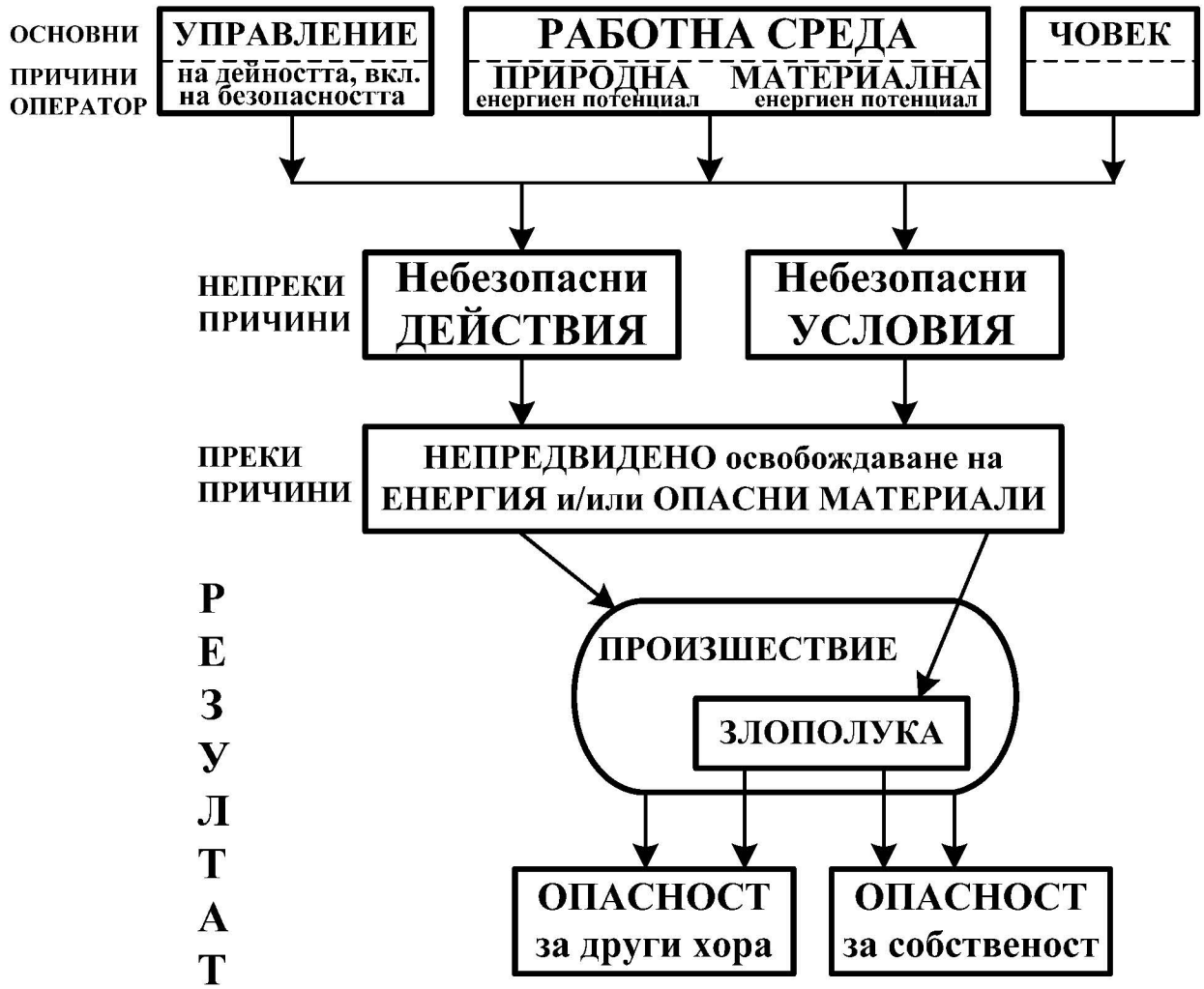
□ **разследване от следствените органи,** наричано предварително разследване.

Предварителното и инспекторското разследване могат да се провеждат едновременно, но независимо от това, за резултатите от разследването всяка от двете комисии съставя отделен протокол.

Осигурителят е длъжен да запази обстановката на местопроизшествието непроменена за нуждите на предварителното и инспекторското разследване. Това следва да се има предвид при извършване на спасителни и възстановителни работи за опазване живота и здравето на работещите, като се вземат мерки, доколкото е възможно и допустимо да се запазват обстоятелствата в мястото на произшествието.

9.2.2. Йерархични нива на причините за възникване на трудови злополуки

При всяко детайлно разследване на злополука се изучават три причинни нива в схемата, показана на ***фиг. 9.1***:



Фиг. 9.1. Нива на причините за трудовите злополуки

⇨ На най-ниското ниво се разполагат ***преките причини*** за злополуката. Непредвиденото освобождаване на енергия или изтичането на опасни материали и вещества е например директна причина за някои случаи.

⇨ Възможните ***индиректни причини*** се разполагат на средното ниво в йерархията на причините. Те дават причините (небезопасни действия, небезопасни условия или/и двете), поради което се е реализирало непредвиденото освобождаване на енергия или на опасни материали.

⇨ ***Основните причини*** за злополуката са свързани със същността на процеса, пораждащ опасната ситуация и се намират на най-високото основно ниво, те могат да бъдат:

□ *Лошо или недостатъчно управление на безопасността.* Обикновено, но не винаги, управлението на безопасността е функция на влошеното управление на предприятието. От друга страна в международно стандартизираните критерии за управление на качеството безопасността е между основните характеристики на нивата на управление;

□ *Опасности на работната среда*, формирани от влиянието на техногенни и природни фактори на средата в обекта. Степента на тяхната опасност се характеризира с енергийния потенциал, който те могат да освободят при разтоварването си;

□ *Неправилни човешки действия.*

9.2.3. Основни причини за възникване на злополуките

Основните причини за злополука могат да се търсят в (три направления А, Б и В). Следващите спецификации, без да претендират за абсолютна пълнота, могат да служат за системен анализ и терминологично единство на изводите за причините за злополуките.

А. УПРАВЛЕНИЕТО НА БЕЗОПАСНОСТТА НА ТРУДА В ДРУЖЕСТВОТО (ПРЕДПРИЯТИЕТО)

А-1. Политиката на дружеството и решенията за безопасна работа:

□ *не са формулирани писмено;*

□ не *са одобрени от ръководството;*

□ *не са разяснени на всеки работник;*

□ *не са актуализирани периодично.*

А-2. Правилата за безопасна работа:

□ *не са записани във вътрешно фирмените стандарти;*

□ *не са разяснени на събрания по безопасност;*

□ не *са адекватно прилагани в дружеството;*
□ не *са контролирани при инспекционните проверки;*
□ не *са приложени в резултат на изводи от разследване на злополуки;*
□ не *са предвидени от управата на дружеството.*

А-3. Безопасността не е вземана под внимание при:

□ *доставки;*
□ *оборудване;*
□ *обслужване.*

А-4. Неадекватното отношение към персонала, включващо:

□ *неправилен професионален подбор;*
□ *недостатъчно обучение;*
□ *липса на контрол за спазване на технологична дисциплина;*
□ *липса или несъответстващи на опасностите комуникации;*
□ *неразпределени задължения;*
□ *липса (несъздаване) на нормален (добър) психологически климат;*
□ *неопределени отговорности.*

Б. ОПАСНОСТИТЕ НА РАБОТНАТА (ПРИРОДНА И МАТЕРИАЛНА) СРЕДА

Б-1. Небезопасните проекти на системи и съоръжения, включващи:

□ *механично оборудване;*
□ *електрически системи;*
□ *хидравлични и пневматични системи;*
□ *вентилация;*
□ *достъпни пътища;*
□ *материали;*
□ *взривни работи;*
□ *недостатъчно(лошо) работно осветление;*
□ *шум.*

Б-2. Небезопасните работни операции:

□ *в нормални условия;*
□ *в аварийни условия.*

Б-3. Небезопасното планиране на:

□ *работната среда;*
□ *оборудването;*
□ *доставките;*
□ *операциите.*

Б-4. Небезопасните фактори на положението на обекта:

□ *географски район;*

□ *терен;*

□ *скална среда;*

□ *нормални пътища;*

□ *климат.*

В. ЧОВЕШКИЯТ ФАКТОР, ИЗРАЗЯВАЩ СЕ В:

В-1. Факторите на поведение:

□ *повторни злополуки;*

□ *поемане на неоценен риск;*

□ *липса на чувство за опасност;*

□ *конфликт(борба) на мотиви.*

В-2. Професионалният опит:

□ *недостатъчни знания;*

□ *несъответстващ на опасностите опит и сръчност;*

□ *склонност към злополуки;*

□ *опасни практически навици.*

В-3. Физическите параметри на човека:

□ *размери - ръст, тегло;*

□ *сила;*

□ *издръжливост на натоварване.*

В-4. Психологическите фактори:

□ *емоционална нестабилност;*

□ *депресия;*

□ *алкохолизъм;*

□ *употреба на наркотици или други упойващи вещества и лекарства.*

В-5. Отношението на личността към:

□ *хората - професионалната среда;*

□ *дружеството - длъжността на която е назначен и конкретната работа която му се възлага.*

9.2.4. Непреки (индиректни) причини за възникване на злополуките

Непреките причини за злополуки (с индекс Г и Д) са обикновено резултат от една, две или всичките три основни причини, показани на фиг. 9.1. Индиректните причини за злополуките се концентрират в

две групи - небезопасни действия и небезопасни условия. В тези групи се отнасят следващите характерни причини.

Г. НЕБЕЗОПАСНИ ДЕЙСТВИЯ:

Г-1. Използване на повредено (дефектирало) оборудване;

Г-2. Използване на неподходящо оборудване;

Г-3. Неизползване или използване на негодни средства за индивидуална защита;

Г-4. Неизползване или блокиране на системи за предупредителна сигнализация и защити;

Г-5. Погрешни предупредителни сигнали;

Г-6. Несъгласуваност в действията на съвместно изпълняващи един процес или работещи на едно място работници;

Г-7. Неправилно повдигане, преместване или оставяне на оборудване;

Г-8. Недопустимо висока скорост на движение на използваното оборудване;

Г-9. Заемане на неправилна работна поза или положение;

Г-10. Употреба на алкохол или други упойващи вещества.

Д. НЕБЕЗОПАСНИ УСЛОВИЯ

Д-1. Неосигурени безопасни разстояния или задръстване на работното място с оборудване и материали;

Д-2. Работа с дефектни инструменти или повредени машини и съоръжения;

Д-3. Недопустим шум;

Д-4. Голяма пожарна и взривна опасност;

Д-5. Опасни атмосферни условия: газове; прахове; мъгли; димове; пари; температура (висока, ниска); влажност; скорост на вятъра; инверсия;

Д-6. Неадекватна защита или защитно ограждане;

Д-7. Неадекватна система за аварийна сигнализация или защита;

Д-8. Неефективна вентилация;

Д-9. Неправилни взривни работи;

Д-10.Слабо управление или контрол на безопасността на условията;

Д-11.Недостатъчна видимост, поради лошо осветление или запрашеност;

Д-12.Йонизиращо излъчване.

Д-13.Неутронизиращо лъчение.

9.2.5. Преки (директни) причини за възникване на злополуките

Те се бележат с индекс *Е* и могат да бъдат в следствие на използването на енергийни източници или опасни материали:

Е. ЕНЕРГИЙНИ ИЗТОЧНИЦИ

Е-1. Механични:

- ⇨ скали, земни насипи или полезни изкопаеми;
- ⇨ сгъстени газове;
- ⇨ съоръжения;
- ⇨ движещи се обекти;
- ⇨ машини;
- ⇨ натиск, напрежение.

Е-2. Термични:

- ⇨ *горими;*
- ⇨ *негорими.*

Е-3. Химически:

- ⇨ *основни;*
- ⇨ *киселини;*
- ⇨ *взривни вещества;*
- ⇨ *горива;*
- ⇨ *реактиви;*
- ⇨ *окислители.*

Е-4. Електрически:

- ⇨ *неизолирани тоководещи части, включително проводници;*
- ⇨ *електрически източници;*
- ⇨ *статично електричество.*

Е-5. Лъчения:

- ⇨ шум;
- ⇨ *микровълни;*
- ⇨*катодни и други лъчения;*
- ⇨*лазери;*
- ⇨*радиоактивни лъчения;*
- ⇨*слънчева радиация.*

Познаването на причините пораждащи трудовите злополуки е необходимо условие за компетентното им разследване и анализ както и за разработването на ефективни мерки за предотвратяване на повторното им възникване или за намаляване на последиците от тях.

9.3. Основни дейности при разследването на причините за възникване на трудовите злополуки

Целта на разследването в най-общия случай е да се установят конкретните обстоятелства и причини за възникване на злополуката.

Разследването на ***осигурителя*** за установяване на причините за трудовата злополука започва с издаване на заповед, образец на която е даден в приложение № 4. Подборът на членовете на комисията, за провеждане на разследването се съобразява с някои ограничения. Не бива да бъдат привличано за член на комисията лице, което :

⇨има замесени роднини до трета степен в произшествието и злополуката;

⇨има пряк или косвен интерес в собствеността на предприятието;

⇨е работодател;

⇨отговаря функционално за годността на замесената в злополука техника, нейната експлоатация, поддръжка, лицензиране и обслужване.

Председателят на комисията има право да привлича консултанти, експерти и други външни специалисти за нуждите на разследването. Коректността изисква той писмено да формулира ясно, недвусмислено и писмено въпросите, на които външните специалисти трябва да дадат отговор. Председателят възлага и всички необходими тестове, изпитвания и паралелни обследвания.

Усилията на всяко разследване се насочват към три главни дейности:

- ⊗ събиране на информация;
- ⊗ анализ на данните;
- ⊗ изготвяне на доклад.

Тези дейности се извършват, паралелно през периода на разследването, но в различните негови фази основните условия се насочват най-напред към набиране на информация, след това към анализ на данните в тази информация и накрая - към изготвяне на протокол за разследваната трудова злополука.

9.3.1. Последователност на основните действия

Въпреки че разследването на всяка злополука се ориентира конкретно от вида на злополуката и последиците от нея, могат да се посочат общи стъпки, които трябва да бъдат направени, за да се осигури успеха на всяко разследване.

Обичайната процедура обхваща:

1. Дефиниране на обхвата на разследването;

2. Избор на специалисти в зависимост от вида на злополуката, за формиране на комисия, която да проведе разследването;

3. Провеждане на кратко съвещание на комисията на което се докладват, представят и разясняват:

⇨ *обяснение на злополуката с оценка на вредите (загубите);*

Отчитат се:

- ✓ *нормалните производствени операции;*
- ✓ *чертежи - общ на обекта и локален на района (участъка) в който е станала злополуката;*
- ✓ *мястото на злополуката;*
- ✓ *списък на очевидците;*
- ✓ *събития предхождащи злополуката.*

4. Посещение на мястото на злополуката за визуално запознаване на комисията с обстановката и събиране на допълнителна информация за произшествието. Това е добре да се извърши възможно по-скоро. Бързата реакция улеснява разследването на фактите. В този момент непосредствените последици от злополуката се запомнят най-добре и имат най-въздействащ ефект.

5. Изследване на мястото на злополуката. Районът се отцепва за посещение на други лица. Не трябва да се нарушава сценарият в мястото на злополуката.

6. Изготвяне на скица на мястото. Правят се и фотографии и се записват актуалните (по време на огледа) наблюдения.

7. Интервюиране на всички пострадали и очевидци. Освен тях се интервюират и хората, които са били на мястото преди злополуката и тези, които са дошли първи след нея.

8. Определя се:

- * *какво не е било нормално преди злополуката?*
- * *къде ненормалното се е случило?*
- * *кога за първи път ненормалното е било забелязано?*
- * *какво се е случило?*- Отговорът на този въпрос се състои в идентифициране типа на злополуката, т.е. да се определи ключовия фактор в събитията характеризиращи опасната ситуация, която директно води до нараняването. По същество представата за това "Какво се е случило?" съответства на най-общото описание симптомите на отклонението в производствената система. Примери: падане на човек от високо скеле; пострадалият е блъснат от електрокар; попадане под напрежение и т.н.;

* *къде се е случило?*

9. Анализират се данните, които дават отговор на въпросите в предишната стъпка и при необходимост всяка от предходните стъпки може да бъде повторна.

10. Определят се:

- ✓ **защо злополуката се е случила**?- означава, през фазата на анализа, да се диагностицират и да се идентифицират по какъв начин и под влиянието на какви фактори се създават условия за появата на дефекти и отклонения в елементите на фирмената система, които позволяват да се случи злополука. С други думи разкриване на причините в механизма за появата и проявлението на последиците на злополуката;
- ✓ **как злополуката се е случила**? - Отговорът представлява възстановяване на веригата от логически връзки между реално случилите се събития, довели до злополуката. Тези събития могат да бъдат от два типа:

⇨такива, които имат случаен характер и представляват отклонения спрямо нормалното протичане на производствения процес/дейността;

⇨такива, които имат постоянен характер и които участват активно/действително в причиняването на злополуката посредством или в комбинация със събитията от типа отклонение.

11. Проверява се отново цялата последователност на събитията по събраната информация и логичното съответствие на дадените отговори на въпросите от 8.

12. Определя се най-вероятната последователност на събитията (сценария) и причините за произшествието и злополуката.

13. Организира се съвещание на технически лица, на което се обсъждат направените изводи от разследването и начините за избягване на подобни случаи в бъдеще.

14. Изготвя се протокол, чиято основно цел е подпомагане доказването или отхвърлянето характера на злополуката като трудова. Той включва и препоръки за избягване на подобни случаи. Протоколът се изпраща на заинтересованите органи. С неговото съдържание се запознават заинтересованите длъжностни лица, а с обяснението на злополуката, изводите и препоръките на комисията - всички работници.

9.3.2. Събиране на информация

През време на едно разследване информация се събира от много източници. Процесът на натрупване на фактите, които характеризират събитията преди и по време на злополуката, трябва да бъде най-интензивен в самото начало на разследването. Огледът на мястото на произшествието трябва да се извърши възможно най-скоро след събитието, но задължително след като са осигурени безопасни условия за разследващите злополуката. За очакваните опасности се съди от интервю с очевидци, а ситуацията се проверява от спасителите преди влизане на комисията. По време на огледа се правят схеми на мястото на злополуката с нанесени размери на обекта и характерни разстояния, позволяващи изчертаване на ситуацията.

От всички документи, свързани със злополуката, трябва да бъдат направени ясни копия на гърба, на които се записват източникът и къде се съхранява оригиналът на документа. Към документацията трябва да бъдат приложени описания на технологията на работата с нормалните работни операции, доклади за трудности и аномалии, свързани с работното място, на което е станала злополуката, извадки от вентилационните дневници и други полезни за разследването писмени документи на мината.

Всеки от тези документи трябва да бъде номериран и описан в списък (съдържание) на документацията. Като обобщение комисията трябва да разполага с документи или протоколи за условията преди, по време и след събитието в мястото на злополуката. Особено полезен при разследването е планът на мястото на злополуката, на които се нанасят разположението на пострадалия, очевидците, машините, енергийните източници и опасните материали.

След това трябва да се установят елементите на местопроизшествието, като се разграничат:

⇨ **Хората, които са свързани с произшествието, като:**

□ пострадали;

□ свидетели - лицата, които могат да удостоверят условията, действията и процесите преди, по-време на произшествието й след него;

□ очевидци - присъствали на събитието свидетели;

□ ръководител.

⇨ **Свързаното с произшествието оборудване:**

□ в работа по време на произшествието;

□ в резерв или очакване през време на произшествието;

□ повредено оборудване на местопроизшествието;

□ защитни и осигурителни устройства на мястото на произшествието.

⇨ **Факторите на средата в мястото и околността на произшествието:**

□ климатични;
□ газоотделяне, пароотделяне, прахоотделяне;
□ осветление;
□ топлина;
□ шум;
□ други фактори на средата, които имат отношение към произшествието.

За нуждите на разследването е необходимо:

⇨ **Да се огради и изолира зоната** на произшествието, за да се избегне преместване или замаскиране на възможни улики.

⇨ **Да се направят скици и снимки** на зоната на произшествието; всяко наблюдение, отнасящо се до местопроизшествието, трябва да бъде записвано;

⇨**Да се опишат, маркират** с табелка и да се осигури съхраняването и запазването от изземване, разваляне, загубване или унищожаване на **всички доказателства** във вида, в който те са намерени. В случаите, когато доказателството не може или не трябва да се мести, се правят снимки и скици, на които задължително се отбелязва посоката на снимане и на скициране.

⇨ **Да се запишат** имената и адресите на всички свидетели, показанията на които могат да бъдат в полза на разследването.

⇨ **Да се изолират свидетелите** от срещи и разговори с други лица. Интервюто с тях трябва да започне колкото е възможно по-рано след огледа на местопроизшествието.

Информацията, получена при разследване на злополуката, не се използва за други цели освен за целите на разследването и предотвратяването на произшествия в бъдеще.

9.3.3. Интервю на свидетели и очевидци

Интервюирането на очевидци е една от най-важните задачи на всяко разследване. Неговото правилно провеждане много често хвърля достатъчно светлина върху събитията и позволява да се съгласуват фактите и наблюденията, за да се отговори на основните въпроси които си поставя всяко разследване.

Формулирането на въпроси към свидетелите изисква спазването на следната методологична последователност:

⇨ **Формулиране на основни (базови) въпроси** с отворен изход за последващо уточняване на основата на началните наблюдения и събраните доказателства.

⇨ **Включване в списъка на контролни въпроси** за уточняване на верността на набраните данни, които да позволяват последваща оценка на надеждността на свидетеля.

⇨ **Изготвяне на общ списък** и номериране на въпросите в него. При подреждането на въпросите в списъка контролните въпроси логически се вмъкват между базовите.

⇨ **Допълнителните въпроси,** които възникват при интервюирането, се дописват и номерират след края на първоначалния списък.

Успехът на едно интервю освен от предварителното ясно формулиране на главните въпроси, на които очевидеца ще трябва да отговори, зависи и от опита на интервюиращия. Ето защо следващата задача на комисията е да избере от състава си говорител, който води интервюто.

Въпреки многообразието на събитията, които се разследват има някои общи правила за провеждане на интервюто, спазването на които освен, че спестява време на комисията и мъчителни усилия на очевидците, гарантира достоверна основа за обяснението на събитията.

Първата задача е да се вземат ***предварителни показания*** под формата на обяснения, колкото е възможно по-скоро след злополуката. Хората обменят емоционално информация и обсъждат по между си злополуката, при което могат да променят представите си в резултат на тези дискусии. Ето защо е важно те да пишат предварителните си показания преди да са обсъждали ситуацията с други очевидци. В тези показания задължително трябва да се определят мястото на всеки очевидец и неговите действия преди, по време и след злополуката. Предварителни показания се вземат и интервю се провежда най-напред с хората, които по място и време са били най-близко до злополуката.

Допълнителните показания се вземат под формата на разговор с комисията и удобно за очевидеца време така, че той да не бъде притеснен от продължителността на разговора.

Интервюиращият трябва да започне с ***обяснение на целта на разследването*** и да разясни на всеки очевидец, че комисията търси причините за злополуката за да се предотвратят бъдещи подобни злополуки. Обясненията на очевидеца е целесъобразно да се подпомогнат със схеми и да се ползват чертежи на мястото на

злополуката, включително и технологични паспорти. Въпросите трябва да се задават внимателно и ясно, и да се обясняват докато комисията се увери, че очевидецът правилно ги е разбрал. Отговорите се уточняват внимателно, без прекъсване, като възникналите в членовете на комисията уточняващи въпроси се записват и предават на интервюиращия за поставяне. За разпита на очевидеца се води протокол с въпросите и отговорите.

Ако комисията желае да използва магнетофон е задължително да поиска от очевидеца разрешение за това. Важно е да се записват точно думите, с които той описва всяко наблюдение без редакция от страна на комисията. Въпросите трябва да се съсредоточат преди всичко върху директните наблюдения на очевидеца.

В края на интервюто от всеки очевидец се вземат персонални (трите имена и адрес) и квалификационни (образование, предишна и настояща работа) данни.

За интервюто се съставя протокол, който се подписва от очевидеца, на когото се предоставя едно копие.

След всяко интервю комисията трябва да уточни дали получената информация налага поставянето на нови допълнителни въроси към следващите очевидци. Когато всички очевидци бъдат интервюирани комисията прави първичен анализ на събраните показания и може да вземе повторно (уточняващо) интервю от някои от тях.

При интервюто следва да се вземат предвид и следните практически установени отклонения, които често затрудняват съгласуването на фактите и показанията:

⇨ пострадалите при злополуката твърде често не могат да разкажат важни детайли за нея;

⇨ хората, които при други и особено при подобни случаи са пострадали несъзнателно могат да имат несъответствия между показанията и фактите поради "наслагване" на предишен опит;

⇨ очевидците, които са заинтересовани от резултата от разследването могат да премълчат факти и дори да предложат заблуждаваща хипотеза;

⇨ позицията на очевидеца (мястото в което се е намирал) може да влияе върху това, което той е чул и видял, както и на начина по който е реагирал.

Тези възможни отклонения е важно да се имат предвид както при провеждане на интервюто, така и при анализа на фактите и хипотезите.

За да даде интервюто очакваното изясняване на фактите, последователността на станалите събития и тяхната връзка, а също и на поведението на хората, е необходимо да се спазват следните основни правила за неговото провеждане:

а) всеки свидетел трябва да бъде интервюиран отделно от останалите;

б) комисията трябва да бъде подготвена да записва отговорите на магнетофон и да води бележки; за използването на магнетофон, преди започване на интервюто, задължително се иска разрешение от свидетеля; Независимо от записа членовете на комисията водят кратки бележки, под формата на паметна записка;

в) интервюиращият трябва да създаде въвеждащ контакт, като направи едно първоначално (встъпително) изявление; то трябва да съдържа израз на съжалението на комисията за станалото произшествие и обяснение на целта на интервюто; комисията трябва да се увери, че човека разбира, че целта на интервюто е предотвратяване на бъдещи злополуки, а не предявяване на обвинения;

г) интервюиращият трябва да поиска свидетеля да опише произшествието със свои думи; Недопустимо е прекъсване на свидетеля от комисията през цялото време, докато той прави поисканото описание; всяко прекъсване може да обърка свидетеля или да изкриви неговите показания;

д) след като свидетелят приключи описанието интервюиращият задава формулираните от комисията основни и контролни въпроси, а също и въпросите, изясняващи детайли от описанието на свидетеля;

е) задавайте верижни въпроси с отворен край, като помолите свидетеля да довърши отговора на отворените въпроси!

Оценката на надеждността на свидетелските показания изисква максимална съсредоточаване върху отговорите на основните и контролните въпроси през цялото време на интервюто. Тази оценка е винаги субективна. Ето защо членовете на комисията трябва да имат единен подход към оценката на свидетеля, изразен в следните препоръки:

□ Внимавайте как свидетеля отговаря на въпросите!

□ Оценете и си запишете вашата оценка за това дали свидетеля е:

■ затворен в себе си и необщителен;

■ отворен и общителен;

■ подозрителен; и предубеден;

■ друг особен тип.

□ Отчитайте и отбележете всяка неречева реакция на свидетеля, като:

■ промяна на положението на тялото или характерни движения;

■ промяна на гласа.

□ Всеки член на комисията трябва да отбележи в своите записки дали свидетелят е от групата:

■ на пострадалите;

■ на очевидците, които са видели важни обстоятелства и на тези, които са чули важни сведения.

В заключителната част на интервюто могат за се включат с въпроси и останалите членове на комисията. Добре е да се спазва следната последователност в заключителната фаза:

1. Интервюиращият уведомява свидетеля, че на този етап от изясняване на причините за злополуката официалната част на интервюто приключва;

2. Всеки от членовете на комисията може да запита свидетеля как според него е можело да се избегне произшествието, достатъчни ли са били предприетите мерки за спасяване. Отговорът на този въпрос може да ориентира комисията за отношението на свидетеля към станалото събитие и за неговата професионална компетентност;

3. Накрая задължително председателят на комисията благодари на свидетеля за отделеното време. Той трябва да го предупреди, че комисията може да го потърси по-късно, ако възникне необходимост от пояснения и уточнения. Председателят задължително трябва да кани свидетеля, ако си припомни други обстоятелства и факти, незабавно да уведоми комисията за това.

Когато интервюто приключи членовете на комисията трябва да оценят надеждността на свидетеля на основата на отговорите му на зададените контролни въпроси. Те могат да направят това отделно или заедно, в зависимост от предпочитанията си или от разпореждането на председателя на комисията. За целта се съставя матрица за анализ на свидетелите (табл. 9.1), като:

■ по вертикалата във втората колона се изписват имената на свидетелите;

■ базовите и контролните въпроси се вземат с идентификационните им номера от предварително формулирания списък на въпросите;

■ в хоризонталния ред за отговорите на всеки свидетел се записва оценка "1" в колоната, когато свидетелят отговаря правилно и "0" - при неправилен отговор на поставения въпрос.

Надеждността на свидетеля се оценява на основата на отговорите на контролните ($К_i$) въпроси. Висока надеждност имат свидетелските показания, които имат най-много правилни отговори на контролните въпроси, т.е. най-голяма сума в последната колона. Когато интервюирането на всички свидетели приключи те трябва да бъдат класирани по надеждността им, за да могат да се ползват при по-нататъшно уточняване на фактите.

Сумата от отговорите на основните ($Б_i$) въпроси в последния ред на таблицата може да се използва при оценка на възлови моменти от различни хипотези за причините за станалите събития. При това трябва да се отчита, че отговорите на основните въпроси са свързани с положението във времето и пространството на свидетеля.

Таблица 9.1

Свидетели		Базови въпроси				Контролни въпроси			Сума $К_i$
№	Име и фамилия	Б1	Б2	Б3	Б4	К1	К2	К3	
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
Сума по $Б_i$									

Като правило не трябва да се елиминира напълно обяснението на произшествието от един свидетел, само защото той не дава правилни отговори на контролните въпроси. За такава неточност може да има различни, включително и обективни причини.

9.3.4. Дърво на причините за възникване на злополука

Методът за анализ чрез т. нар. „Дърво на отказите" е бил разработен от Уотсън през 1962 година за целите на ракетната и космическата техника. В началото на осемдесетте години методът е модифициран от френски учени с оглед използването му за анализ на причините за появата на трудови злополуки под наименованието „Дърво на причините".

„Дървото на причините" е универсално средство за логически анализ на нежелателни събития. То представлява диаграма на логически свързани символи, която представя визуално връзките между причините и последствията от събития в анализираната система. В зависимост от това за анализ на какви нежелателни събития се прилага, като синоними се използват още названията:

□ *ДЪРВО НА ГРЕШКИТЕ*- когато се анализират човешки грешки

□ *ДЪРВО НА ДЕФЕКТИТЕ* - при анализ на надеждността, повредите и отказите на системите и машините.

В зависимост от целите на анализа на причините за злополуката може да се извърши:

■ ***качествен анализ*** на дървото на причините, който изисква построяване на мрежата от комбинации на основните събития;

■ ***количествен анализ*** на дървото на причините, в който на събитията се присвоява фактическа честота или очаквана вероятност.

В анализа на злополуките с дървото се анализират както грешките на човека, така и дефектите на машината и производствената среда, в която става злополуката. Това се налага от комплексния, характер на причините за трудови злополуки. Много различни фактори и събития действат и възникват в момента на злополуката и преди нея, но имат влияние върху злополуката.

Целта на този анализ е да се разкрие най-вероятната причинно-следствена връзка (път в дървото) на грешките и дефектите, довели до злополуката, за да се отстранят дефектите в системата или да се разкъса вредоносната връзка (верига).

За да се получат добри резултати е необходимо да се познава, както техниката на провеждане на анализа, така и технологията и оборудването, при които е станала трудовата злополука.

Опитът от прилагането на метода на „ Дървото на причините" за конкретна трудова злополука показва, че чрез него могат да бъдат разкрити и редица други възможни варианти за поява на аналогични злополуки. Това позволява разработването на по-мащабни профилактични мероприятия.

Графичното представяне на анализа чрез „ Дървото на причините" е обективна основа за дискутирането на трудовата злополука между специалистите от различни области. Методът може да се прилага и дава полезни резултати при анализ на всякакви трудови злополуки с различен изход. Най-голям е ефекта при анализ на сложни случаи и използването му като доказателствен материал при тежки аварии и смъртни злополуки.

Дървото се състои от събития и логически връзки между тях. Събитията и връзките между тях, които се описват при анализа, се разполагат йерархично на четири нива:

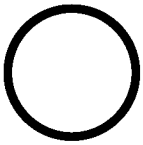
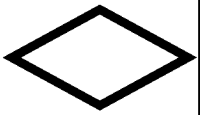
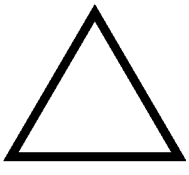
⇨**Върхово ниво** - върхът на дървото, който отразява обекта на анализа - анализираното събитие;

⇨**Главни събития** - първопричините, които се изразяват в отказ или грешка на компонентите на анализираната система;

⇨**Вторични събития** - ефектът, който главните събития са произвели върху компоненти на системата - машини, съоръжения, работна среда или човек;

⇨**Основни събития** - елементарните събития, които имат частично значения за станалото главно събитие.

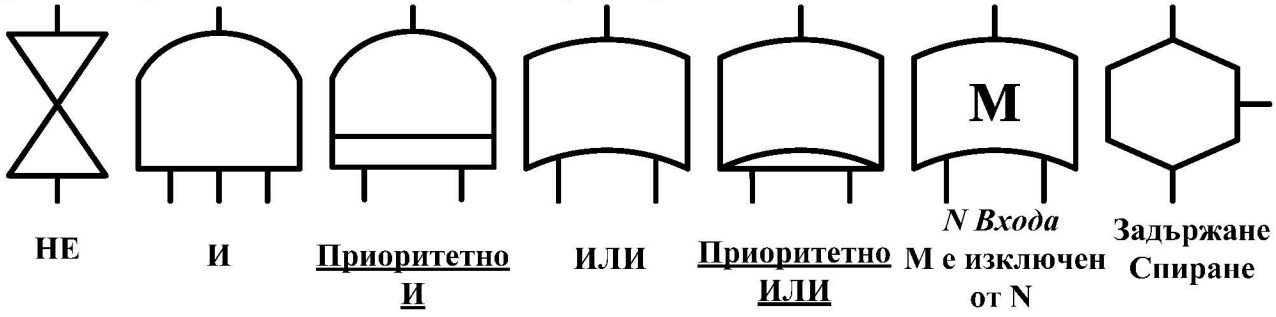
Таблица 9.2

Символ	Означавано събитие
	**ПРАВОЪГЪЛНИК** с който се означава станало събитие. Построяването на дървото винаги започва с правоъгълник на върха, в който се записва събитието за което се търсят причините. Събитието е сигурно и има вероятност 1. Другите правоъгълници в дървото показват зависими събития с различна степен на вероятност. Правоъгълникът е единствения символ вътре в дървото, който има логическа врата за пропускане на събития.
	**КРЪГ,** с който се означава независимо от другите компоненти на системата събитие. Обикновено това са ясно определени прости дефекти (спукан шланг или тръба, скъсан болт и др.) на системата или обичайни грешки. Повечето независими събития се разполагат в основата на дървото и затова понякога се наричат основни събития.
	**Диамантът** означава **вторични събития,** които не се развиват (разклоняват) поради незначителност или недостиг на информация. Клоните на дървото завършват с диамант в два случая: - при преценка за незначителна важност; - когато липсва информация.
	**КЪЩА** с която се означават **нормалните случаи.** Тези естествени за производствения процес операции или събития не се налага да се разчленяват(разклоняват) и обикновено се намират в долните нива на дървото.
	**ЕЛИПСА** означава условно събитие, което винаги се придружава с логическа врата "задържане, спиране".
	**ТРИЪГЪЛНИК означава символ за пренасяне.** Той изразява преместване на клон на дървото до друго място вътре в дървото или пренасяне на клона на друга диаграма. Вътре в триъгълника се изписва число, номериращо преноса. Всичко, което е свързано с основата на триъгълника логически се пренася към клона който започва от върха на триъгълника.

Дървото се построява в следната последователност. Като се спазва дадена йерархичност най-напред се систематизират станалите събития, според тяхната значимост и наличната информация за случването им. Събитията се изобразяват със символи съгласно дадени в ***табл. 9.2.***

След като са определени и изобразени събитията се дефинират връзките между тях. Тези връзки преминават през логически врати, показани на ***фиг. 9.2***.

Вратите изразяват задължителните логически условия за реализиране на събитието, например:



Фиг. 9.2. Логически врати на дървото на причините

- ✓ към входа на "И" - вратата се свързват всички събития, които непременно трябва да се случат заедно за да стане събитието на изхода;
- ✓ към входа на "ИЛИ" - вратата трябва да се свържат всички събития, всяко едно от които отделно от другите може да причини събитието на изхода.

През първия етап в зависимост от целите на анализа се формулират:

- □ **станали събития** - за оперативен ретроспективен анализ;
- □ **възможни събития** - за предварителен проспективен анализ;

Важна част от втория етап е натрупването на знания за операциите и взаимодействията в системата. Това се постига с изучаването на:

- □ планове, проекти, чертежи и спецификации;
- □ снимки и диаграми;
- □ инструкции за работа;
- □ информация от работници, които познават добре системата;
- □ наблюдение на работните операции.

Конструирането на дървото на причините започва от върха, където в правоъгълник се поставя главното събитие - обект на анализа.

9.3.5. Оценка на причините за човешки грешки при възникване на злополуки и анализ на тежестта на хуманните загуби

Тази техника на анализ се основава на търсене на различията между технологията, действащите норми за безопасна работа и действително извършваните операции при злополуката. Последователността на работа при този анализ е следната:

а) Дефинира се събитието - "Какво се е случило"?

б) Чрез набор от норми и технологични операции се отговаря на въпроса: "Какво би трябвало да се случи, ако са били спазвани технологията и правилата за безопасност?"

в) Откриват се нарушенията, локализират се по място и време и се обясняват, като за всяко нарушение се дава отговор на въпросите:

- □ Какво е извършено неправилно?
- □ Кога е извършено?
- □ Каква е степента (тежестта) на нарушението?

г) Анализира се причинно-следствената връзка между всяко нарушение и злополуката. Идентифицират се онези от тях, които са оказали влияние върху случая, като се описват последиците от тях;

д) Прави се списък на идентифицираните нарушения по стъпка "г", като се подреждат по тежест на последиците.

Нарушенията на технологията и правилата за безопасност са едни от честите причини за злополуките. Наслоеното във времето убеждение, че човешките действия са непредвидими се опровергава от съвременните специалисти, които работят върху психологията на труда. Основен обект на анализа на причините за човешките грешки е поведението на оператора.

Поведението на човека във всяка обичайна ситуация може да бъде разчленено на три елемента, които формират поведението:

[I] вход - през който постъпва информацията;

[II] среда - в която се взема решения за реакция на постъпилата информация;

[III] изход - който изпълнява взетото решение за реакция.

Входният елемент [I] на поведението (***фиг.9.3***) включва постъпващите сигнали, движения, и други сетивни възприятия и получена по други канали информация, инструкции и т.н. Те стимулират в човека активиране на втория елемент на поведението - разсъждение.

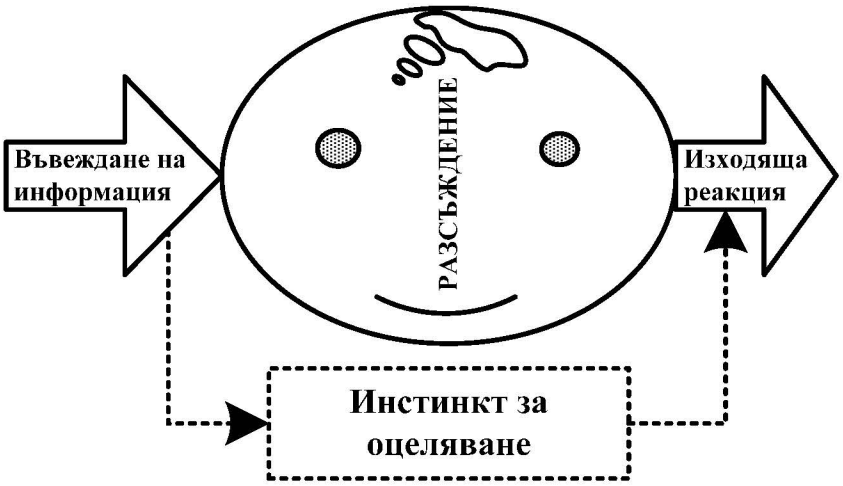
Разсъждението [II] е мисловен процес на разпознаване, идентификация и уподобяване, намиране на причините и вземане на решение за ответна реакция.

Изходната реакция[III] представлява изпълнение на взетото при разсъждението решение. Реакцията може да бъде:

□ **активна** - *промяна на положението на обект, лост, промяна на състоянието на система или машина (изключване, спиране), даване на гласово или писмено нареждане, евакуация и др.;*

□ **пасивна** - *не се предприемат действия, защото се изчаква подобрение или се преценява, че активната реакция може да влоши*

актуалното състояние и човека да се окаже в по-лошо положение от изходната.



Фиг. 9.3. Взаимодействия на елементите на поведението

С пунктирания контур на ***фиг. 9.3*** е показано екстремално човешко поведение при аварийни ситуации, когато остава да действа само мотивацията за оцеляване. В тези случаи съзнанието се шунтира и се задейства инстинктът за самосъхранение. Една от най-важните задачи на анти-аварийния тренинг на хората е да се опознае опасността и да се тренира човешкото съзнание към устойчивост на стрес и уплаха.

Човешките грешки при анализа се класифицират според извършеното действие в три категории:

[A] - грешки от преднамерени (умишлени) действия;

[B] - грешки от непреднамерени (неумишлени) действия;

[C] - грешки, поради пропуски.

Класификацията на човешките грешки при анализа на злополуките отразява "приноса" на всяка една от тях за станалото събитие.

Таблица 9.3 илюстрира градирането на човешките грешки по елементи на поведението и вида на действието. Често се случва грешка на един човек, например пропуск в предаване на информация **[C1]**, да предизвика вземането на погрешно решение **[BII]** и последващо неумишлено погрешно действия **[BIII]** от други хора.

Класификацията в ***таблица 9.3*** може да служи и за проследяване на развитието на грешки и предаването им от един към друг човек, т.е. за анализ на разпространение на ефекта на грешката във времето и между хората.

Хуманните загуби от злополуката се характеризират от броя на засегнатите лица и тежестта на увреждането, което те са получили.

Таблица 9.3

		Поведение		
		Вход 1 информация	**Среда II решение**	**Изход III реакция**
Действие	**Преднамерено А**	AI	AII	AIII
	Непреднамерено В	BI	BII	BIII
	Пропуск С	CI	CII	CIII

Най-общо според тежестта на последиците злополуката може да бъде:

□ **невъзстановима** - при смърт или инвалидност;

□ **възстановима** - за която е необходимо време и лечение за пълно възстановяване.

При установяване на причините за злополуките отправен център за разследването са човешките загуби. Както при индивидуалните, така и при масовите злополуки е необходимо да се оценяват и сравняват човешките загуби от тях. Това има значение както за характеризиране на вредоносността на станалото събитие, така и за сравнението и обобщението на човешките загуби, което се налага при масовите злополуки.

В ***табл. 9.4*** е предложена една обобщена система за балова оценка на загубите от невъзстановими злополуки. Системата се основава на загубите за обществото при фатален и инвалидизиращ изход от една злополука.

За индивидуална злополука системата позволява да се определят хуманните загуби за обществото. Например при загуба на зрение с двете очи тежестта на загубите е 100 бала, защото инвалидът не може да извършва в бъдеще никаква индустриална дейност в обичайни производствени условия.

За масови злополуки системата позволява да се отчете комулативната тежест на злополуката. Например общата тежест на хуманните загуби от масова злополука, при която са пострадали и получили увреждания трима работника, е както следва:

✓ загуба на стъпало на I работник - 50 бала (№ 17 в табл. 9.4);

✓ загуба на три пръста на II работник - 36 бала (№9 в табл. 9.4);

✓ загуба на 1 пръст на III работник -11 бала (№7 в табл. 9.4)

Тежестта на загубите, според системата ще бъде 97 бала. Като тежест човешките загуби са близки, но по-малки от един смъртен случай (100 бала в ***табл. 9.4***).

Детайлността на предлаганата в ***таблица 9.4*** система не е голяма. Застрахователните компании поддържат много по-диференцирани системи, което главно се налага от финансови съображения, детайлизация на рисковете и други цели, които всяка компания преследва.

Таблица 9.4

№	Човешки загуби	Бал на загубите	Процент на загубите на работоспособност
1	2	3	4
1	**СМЪРТ**	100	-
2	**ИНВАЛИДНОСТ -пълна (100%)**	100	100
	РЪКА		
3	**Загуба на ръка над лакътя**	73	75
4	**Загуба на ръка под лакътя**	65	60
5	**Загуба на ръка под китката**	59	50 - 60
6	**Загуба на палец на ръка**	23	30
7	**Загуба на един друг пръст**	11	10
8	**Загуба на два други пръста**	25	35
9	**Загуба на три други пръста**	36	40
10	**Загуба на четири други пръста**	43	50
11	**Загуба на палец и един пръст**	33	40
12	**Загуба на палец и два пръста**	41	50
13	**Загуба на палец и три пръста**	51	50
14	**Загуба на палец и четири пръста**	54	60
	КРАК		
15	**Загуба на крак над коляното**	80	80 - 90
16	**Загуба на крак под коляното**	65	50
17	**Загуба на стъпало до глезена**	50	50
18	**Загуба на палец на крака или повече от един пръст**	7	20
	ЗРЕНИЕ		
19	**Загуба на зрението на едно око**	37	30
20	**Загуба на зрението на двете очи**	100	100
	СЛУХ		
21	**Загуба на слух на едно ухо**	20	15
22	**Загуба на слух на двете уши -пълна**	80	70 - 80

За установяване на причините за трудовите злополуки обаче, системата в ***табл. 9.4*** е достатъчно подробна, ясна и следователно ефективна. Тя позволява сравнителен анализ на невъзстановимите човешки загуби при трудови злополуки. Както всяка друга оценъчна

система тя може да бъде допълвана и детайлизирана, когато практическото й приложение налага това.

В последната колона на таблицата е дадена процентната загуба на работоспособност, както тя е дефинирана в Наредбата за експертиза на работоспособността. От сравнението на данните за бала (колона 3 в ***табл. 9.4***) определен по данни за разходите на белгийски застраховател и тези за процента на загубите (колона 4 в ***табл. 9.4***), дадени в българската нормативна база като *отправни,* се вижда, че различията не са значителни. Това означава, че всяка от тях може да се ползва при предварителната (преди лекарското освидетелстване) оценка за нуждите на разследването на злополуките.

Загубите за обществото от възстановимите злополуки се характеризират чрез разходите, които се правят за възстановяване на работоспособността на човека. В различните страни разходите за лечение и загубите от работно време са различни, поради което за сравнимост на загубите е възприет натурален показател - загубени работни дни. Този показател корелира тежестта на увреждането и разходите за лечение до възстановяване. За 1998 и 1999 година в България средният период за възстановяване от злополука за пример варира от 28,6 до 29,9 работни дни.

9.3.6. Основни документи при регистриране, отчитане и анализ на трудовите злополуки

Написването на доклада за резултатите от разследването е част от самото разследване. Когато докладът е твърде обемен, той задължително трябва да се придружава от резюме с обем от 200 - 250 думи. Докладът трябва да има съдържание, в което след точките, които се разглеждат задължително се описват заглавието и обемът на всяко приложение.

Докладът включва следните *части:*

1. **Въведение**, в което се описват:
   - □ заповедта за назначаване на комисията и от кого е назначена;
   - □ членовете на комисията с данни за техните звания и научни степени, месторабота и длъжност;
   - □ периодът, през който е проведено разследването.
2. **Общи сведения,** които обхващат:
   - □ къде и кога е станала злополуката;
   - □ кой и как е пострадал;
   - □ персонал на работното място и други очевидци.
3. **Обяснение на злополуката,** в която се описват:
   - □ последователността на събитията;

□ нарастването на опасността;
□ описание на злополуката;
□ източниците на опасността.

4. Анализ на причините на злополуката, който трябва да даде отговор на два основни въпроса - *как и защо се е случила злополуката*? След обяснението на злополуката, съдържаща отговора на тези два въпроса, в края на тази част се формулират: преките, непреките и основните причини, довели до злополуката.

5. Препоръки за избягване на подобни случаи в бъдеще - те се дават като едно подготвено за заповед техническо и организационно заключение в съответствие с основната цел на всяко разследване.

Препоръките се разделят на три групи:
□ за незабавно изпълнение;
□ за средносрочно изпълнение;
□ за дълговременно изпълнение.

Във всяка от тези групи попадат начините, които комисията предлага за отстраняване на преките, непреките и основните причини за злополуката. Така се възлагат задачи за подобряване на системата за безопасност на всички нива.

Направените препоръки трябва да бъдат обосновани (да произтичат логично) от изводите за причините за злополуката и да са реализируеми в предлаганите в доклада срокове.

6. Заключение, в което се описва кога е започнало и кога е завършило разследването, на кои инстанции и длъжностни лица е предаден този доклад и къде ще се съхранява той.

7. ПРИЛОЖЕНИЯ в които се групират:
□ технологичната документация, включваща, скици и чертежи;
□ първоначалните обяснения и протоколите за интервютата, проведени с очевидци и с длъжностни лица;
□ резултатите от анализи и становища на експерти за отделни детайли от разследваната злополука и свързаните с нея явления;
□ копие от заповедта за назначаване за разследване на злополуката.

8. СЪДЪРЖАНИЕ - ОПИС, в което се описва съдържанието на доклада и се дава пълен опис по страници на всички приложения към него.

Всички членове на комисията трябва да подпишат протокола, решението за съдържанието на който се взема с обикновено мнозинство.

Членовете на комисията, които не са съгласни с констатациите и препоръките в протокола го подписват с особено мнение, което

трябва да представят на председателя на комисията и на работодателя, назначил комисията, до три дни след датата на подписването.

В **приложение № 3** е дадена една форма на протокола, която изпълнява изискванията на този раздел и има максималната целесъобразна съвместимост с протокола на осигурителния институт. В електронното приложение е дадена основа върху която комисията на осигурителя може да попълни доклада, като следва стила на приложение № 3 и поясненията в забележките.

Едно разследване на причините за злополука и загубите от нея е действително завършено, когато неговият доклад е написан и комплектован с приложения на събрания фактологичен материал и показания, и когато отговорните и засегнатите лица в дружеството са запознати с него.

През време на своята работа комисията извършваща разследването, е длъжна да спазва морално-етични норми на поведение, най-важната от които е да не се разпространяват формулирани работни хипотези, междинни заключения и новооткрити факти.

Тази конфиденциалност на съпътстващите всяко разследване оперативни (некрайни) работни изводи и хипотези за причините за злополуката предпазва комисията от неправилни и преждевременни обвинения. Тя се налага, защото зад повечето възможни грешки в системата за безопасност стоят работници и длъжностни лица с тяхната професионална, гражданска, човешка съвест и морал. Те не бива да бъдат подлагани на изпитание, чрез широко обсъждане, докато комисията не формулира крайните си изводи за причините, довели до злополуката. Разследването и анализът на трудовата злополука могат да се използват в Оценката на риска на предприятието. Идентифицирането на опасностите и рисковите ситуации, които присъстват в злополуката, трябва да завърши с общ преглед на проблемите, свързани с условията на труд в предприятието.

ГЛАВА 10. ТРЕНИРОВЪЧНИ ТЕСТОВЕ ПО ТЕХНИЧЕКСА БЕЗОПАСНОСТ

10.1. Охрана на труда и техника на безопасност – основни нормативни актове и документи



"Попътен вятър могат да дочакат само онези, които знаят накъде отиват "

Моряшка поговорка

1. В кой от предложените отговори се съдържа невярно посочен нормативен документ, имащ отношение към охрана на труда и техника на безопасността?

A. Конституция на Република България; Наказателен кодекс;
B. Наредба №16-116 за техническа експлоатация на енерго-обзавеждането; Наредба №3 за устройство на електрическите уредби и електропроводните линии;
C. Закон за здравословни и безопасни условия на труд; Закон за движение по пътищата и Правилник за неговото приложение;
D. Наредба №2 за функциите и задачите на специализираните органи по безопасност на труд;
E. Кодекс на труда; Наказателен кодекс.

2. *От кой нормативен документ е взет посоченият текст?*
"Работниците и служителите, заети в дейности, които създават опасност за здравето и живота им, задължително се инструктират, обучават и полагат изпит по правилата за осигуряване на безопасни и здравословни условия на труд. Не се допускат до работа лица без необходимите знания и умения."

A. Конституция на Република България;
B. Правилник по безопасност на труда при експлоатация на електрически уредби и съоръжения;
C. Наредба №6 на Министерството на труда и социалните грижи и Главна инспекция по труда за общите изисквания и задължения за осигуряване на безопасност при трудовата дейност;
D. Кодекс на труда;
E. Закон за здравословни и безопасни условия на труд.

3. *От кой нормативен документ е текстът?*
"Работодателят е длъжен да осигури здравословни и безопасни условия на труда, така че всяка опасност за живота и здравето на работника или служителя да бъде предотвратена..."

A. Кодекс на труда;
B. Конституция на Република България;
C. Закон за здравословни и безопасни условия на труд;
D. Наредба №16-116 за техническа експлоатация на енерго-обзавеждането;
E. Наредба №2 за функциите и задачите на специализираните органи по безопасност на труд.

4. *От кой нормативен документ е текстът?*
"Който наруши правила, установени за охрана на безопасността на труда, и с това изложи на опасност живота или здравето на работещите се, се наказва с лишаване от свобода до 3 години или с поправителен труд при умишлено деяние или с поправителен труд при неумишлено..."

A. Кодекс на труда;
B. Закон за здравословни и безопасни условия на труд;
C. Наказателен кодекс;
D. Конституция на Република България;
E. Наредба №2 за функциите и задачите на специализираните органи по безопасност на труд.

5. *В кой нормативен документ са определени организационните и техническите изисквания при експлоатация на енергопотребителите?*

A. Наредба №3 за устройство на електрическите уредби и електропроводните линии;
B. Инструкция за проверка на ефективността на зануляването в електрически мрежи със заземен звезден център TN с напрежение 230 V спрямо земята;
C. Кодекс на труда;
D. Наредба №16-116 за техническа експлоатация на енерго-обзавеждането;
E. Наказателен кодекс.

6. *В кой от случаите се извършва назначаване на длъжностни лица с подходящо образование за осъществяване на координация и контрол по осигуряване на безопасни условия на труд?*

A. В предприятия и фирми само с държавно участие;
B. В търговски дружества, ако предлагат продукция, застрашаваща здравето на потребителя при определен режим на експлоатация;
C. Държавни предприятия, фирми, търговски дружества и други организации с над 50% държавно участие;
D. При участие на чуждестранна фирма съдружник, участваща с дял над 50%;
E. При държавни фирми, произвеждащи продукция със специално предназначение, отговаряща на приети общоевропейски изисквания за удовлетворяване на определени критерии, имащи отношение към опазване здравето на работещите и потребителите.

7. *В кои от случаите изпълнението на координацията и контрола по осигуряване на безопасни условия на труд може да се изпълнява от длъжностно лице, имащо отношение към друга дейност на фирмата?*
A. При списъчен състав на работниците под 50 души;
B. При условие, че е назначено със заповед на половин щатна длъжност;
C. Не се допуска;
D. При условие че фирмата е малка и производствената дейност се извършва в не повече от 2 производствени помещения;
E. С разрешение на регионалната инспекция по охрана на труда.

8. *В кой от случаите се учредява комитет по условия на труд?*
A. При фирми с численост над 1000 работници с цел по-ефективна координация на дейности, имащи отношение към опазване здравето и работоспособността на работещите;
B. В търговски дружества, предприятия и организации с повече от 50 работници и служители;
C. При разпореждане или със заповед на Главна инспекция по труда;
D. Само във фирми с 90 % държавно участие и брой на работници и служители над 200;
E. Съгласно европейските изисквания учредяването на комитети по условия на труд отпада.

9. *Каква е структурата на комитетите по условия на труд?*
A. Нечетен брой служители от различно йерархично ниво, но не повече от 13;

B. Трима – един работник, един организатор производство, един от обслужващия персонал;
C. Броят им съгласно Кодекса на труда не е регламентиран;
D. Равен брой представители работници, служители, представители на работодателя, но не повече от 10 души;
E. Според изискванията на вътрешния правилник, приет и утвърден от работодателя.

10. *В кои от случаите се създават групи по условия на труд?*
A. При списъчен състав под 50 работници и служители;
B. При списъчен състав не по-голям от 100 работници и служители включително и управителя на фирмата;
C. Учредяват се комитети по труд. Текстът "група по условия на труд"в Кодекса на труда е заличен от 29.02.2000 г.;
D. Взема се под внимание решението на общото събрание на фирмата;
E. Такова понятие не съществува.

11. *Представителите на комитетите и на групите по условия на труд имат право:*
A. Достъп до информация за сключените сделки и възможни парични постъпления от тях по перо осигуряване на безопасни условия на труд и запазване здравето на работещите;
B. Да се обръщат към контролните органи при определени проблеми и да участват в проверки, извършвани от тях;
C. Да предлагат за уволнение работник или служител, нарушил повече от 3 пъти изискванията за здравословни и безопасни условия на труд;
D. Да провеждат проучвателни анкети сред работниците по отношение на съпътстващи проблеми в производствения процес;
E. Да организират гражданско неподчинение при отказ на работодателя да изпълни техни изисквания.

12. *Специализирана контролна дейност по изпълнение на Закона за здравословни и безопасни условия на труд както и на други нормативни актове се извършва от:*
A. Комитети по условия на труд;
B. Длъжностните лица по охрана на труда към съответните фирми;
C. От Главна инспекция на труда чрез нейните структури – инспекции по труда по области;
D. От управителните съвети или борда на директорите;

E. От вещи лица по отрасли, участващи в структурите на следствен отдел.

13. *Кое от посочените определения се отнася най-точно за трудова злополука?*

A. Нарушаване или прекратяване на нормалните функции на човешкия организъм в резултат на неправилни действия или неизползване на защитни предпазни средства;
B. Нарушаване на нормалните функции на човешкия организъм, водещо до смърт или инвалидност, при условие че състоянието е пряко свързано с конкретната производствена дейност на фирмата;
C. Увреждане на здравето в резултат на продължително въздействие на неблагоприятна производствена среда или вредни вещества през време или по повод на извършвана работа;
D. Увреждане на здравето в резултат на внезапно и краткотрайно въздействие, довело до временна нетрудоспособност, инвалидност или смърт, станало по време или по повод на извършваната работа;
E. При трудовата злополука имаме определено въздействие върху работника от машини, приспособления, вредни вещества, което води до конкретна травма, в следствие на което имаме временна или продължителна нетрудоспособност.

14. *Кое от определенията се отнася най-точно за професионално заболяване?*

A. Увреждане на здравето в резултат на продължително въздействие на неблагоприятна производствена среда или вредни вещества през време или във връзка и по повод на извършваната работа;
B. Нарушаване или прекратяване на нормалните функции на човешкия организъм в резултат на неправилни действия или неизползване на защитни средства;
C. Нарушаване нормалните функции на човешкия организъм, водещо до смърт или инвалидност, при условие че действието е пряко свързано с конкретната производствена дейност на фирмата;
D. Увреждане на здравето в резултат на внезапно и кратковременно въздействие, довело до временна нетрудоспособност или инвалидност, станали по време или по повод на извършвана работа;

E. Въздействие върху работника от производствено оборудване, вредна среда, довели до отклонения в нормалното функциониране на неговия организъм за период повече от 1 година.

15. *Коя злополука се класифицира като лека?*
A. При която имаме леко нараняване без интензивно кръвотечение;
B. При която отсъства фрактура на част от тялото или натравяне от отровни вещества;
C. При тази злополука след оказване на медицинска помощ пострадалият веднага продължава да изпълнява производствената си дейност;
D. Довежда до загуба на работоспособност от един до три дни;
E. При тази злополука отсъства загуба на съзнание.

16. *Коя злополука се класифицира като средна?*
A. При която отсъства фрактура на част от тялото или натравяне от отровни вещества;
B. При този вид злополука имаме загуба на работоспособност над 3 дни;
C. При която са пострадали повече от трима работника, като при това поне един от тях е неработоспособен до 3 дни, въпреки че останалите могат да започнат трудова дейност на следващия ден след злополуката;
D. Довежда до загуба на работоспособност от един до три дни;
E. При условие че злополуката е предизвикана от небрежност или неправилни действия на други лица, участващи в конкретната производствена дейност, от което е пострадало трето лице и е неработоспособно не повече от 2 дни.

17. *Коя злополука се класифицира като тежка?*
A. При такава злополука има сериозни повреди на машини и съоръжения в следствие неправилно действие от страна на работника и производственият процес не може да бъде възстановен в рамките на 3 дни;
B. Неработоспособност на пострадалия над 3 месеца;
C. При която има фрактура и загуба на съзнание;
D. Тези злополуки водят до трайна неработоспособност и инвалидност;
E. Когато след 3 месеца настъпва смърт или се налага ампутация.

18. *Кои злополуки се класифицират като смъртни?*

A. При които с възникване на инцидента настъпва клинична смърт, но след медицинска намеса се възстановяват нормалните функции на организма;
B. При последвала смърт на пострадалия веднага или след известно време;
C. Когато смъртта е в резултат на засягане на жизнено важни органи за функциониране на организма;
D. При условие че при инцидента не настъпва смърт, но се увреждат органи, поддържането на дейността на които може да става само с помощта на жизнено спасяващи медикаменти;
E. При инцидент, при който следственият орган не констатира заболявания на работника, които благоприятстват възникването на смъртен изход.

19. *Кои злополуки се класифицират като аварийни?*

A. Причината за възникването им е авария на машина или съоръжения, с които пострадалият има пряк контакт;
B. При които са пострадали трима или повече работници едновременно;
C. Когато има засегнат от аварията поне още един от работещите в близост до съоръжението;
D. При настъпване на смърт на трима или повече от пострадалите веднага или в рамките на един месец;
E. Причината за която е некачествено извършен текущ ремонт вследствие на предхождаща го авария.

20. *В кои от посочените случаи трябва да бъде регистрирана трудова злополука?*

A. През време на организирано участие от фирмата, учреждението или организацията във физкултурни състезания, митинги и други подобни; през време на почивките в работно време, прекарани във фирмата;
B. По време на ползване на годишен платен отпуск, ако има издаден болничен лист и протокол от свидетели на произшествието;
C. При произшествие с лично МПС в рамките на 3 часа преди започване на работния ден и 3 часа след неговото приключване;

D. По време на увеселителни мероприятия на територията на фирмата, при условие че не е употребен алкохол над 1,2 промила;
E. При злополуки в домашни условия в рамките на 3 часа след приключване на работната смяна.

21. *В кои случаи не трябва да се регистрира трудова злополука?*
A. Когато работникът или служителят пострадат при спасяване на човешки живот или имущество на фирмата, учреждението, организацията;
B. През времето когато работникът или служителят отиват на работа или се връщат от работа;
C. През време на организирано участие от фирмата или организацията във физкултурни състезания, митинги и други подобни;
D. При изпълнение на обществени задължения, дейности и задачи, поставени от синдикални организации на КНСБ или "Подкрепа"
E. През време на почивките в работно време, прекарани на територията на фирмата.

22. *За всяка трудова злополука се организира разследване, за резултатите от което се съставя протокол.Той не трябва да съдържа:*
A. Писмени показания на свидетели на злополуката;
B. Писмени показания на лицето, оказало първа помощ;
C. Списък на близките на пострадалия (пострадалите) по права линия;
D. Лица, допуснали нарушенията;
E. Обща характеристика на работата, извършвана от пострадалия при злополуката.

23. *При трудова злополука ръководителят на фирмата подава в Националния осигурителен институт (НОИ) декларация за всяко пострадало лице. Колко броя декларации се изготвят и за кого са предназначени?*
A. Две за НОИ;
B. Две за НОИ и две за фирмата;
C. Една за пострадалия, една за фирмата, една за НОИ;
D. Една за НОИ, една за пострадалия, две за фирмата;
E. Една за фирмата, една за пострадалия, две за НОИ.

24. *При трудова злополука лекуващият лекар или лекарска констативна комисия (ЛКК) издават болничен лист. В колко екземпляра и за кого?*

A. Един за пострадалия, който представя във фирмата и един за НОИ;
B. Един за пострадалия, един за фирмата, два за НОИ не по-късно от следващия ден на издаването;
C. Един за НОИ, един за пострадалия, един за близките по права линия при тежка злополука;
D. Един за пострадалия, който представя във фирмата, а тя представя едно нотариално заверено копие в НОИ;
E. Две за НОИ, откъдето пострадалият получава копие за себе си, което представя във фирмата.

25. *При тежки смъртни или аварийни злополуки задължително се уведомяват:*

A. НОИ и близките на пострадалия;
B. НОИ, Районна инспекция по труда, прокуратура;
C. Изпълнителния директор на фирмата, председателя на борда на директорите, медиите, полицията;
D. Изпълнителния директор, Гражданска защита, кмет на населеното място;
E. Завеждащия отдел "Природни бедствия и аварии" към съответната община, полиция, съдебен лекар.

26. *В какъв срок след деклариране на злополуката се издава разпореждане на НОИ за приемане или неприемане на злополуката?*

A. Три дни;
B. Един месец като не се броят почивните дни;
C. Седем дневен срок;
D. Двумесечен срок;
E. Три дневен срок при приемане на злополуката за трудова и 12 дни при неприемане.

27. *Като смъртна се отчита злополука:*

A. При която смъртта настъпва в деня на злополуката или до една година след злополуката;
B. До три години след злополуката като времето за лечение се приспада;
C. До една година след инцидента, ако през посочения период пострадалият няма повече от три боледувания от хроничен

характер с необходимост от стационарно лечение повече от 45 дни;

D. До 1,5 години след злополуката;

E. До 13 месеца след инцидента, ако пострадалият няма заболявания, благоприятстващи развитието на неблагоприятни процеси в организма.

28. *В колко дневен срок и в колко екземпляра се подава декларация в НОИ от ръководителя на фирмата?*

A. Двудневен срок, 2 екземпляра;

B. Тридневен срок, 2 екземпляра;

C. Тридневен срок, 4 екземпляра;

D. Еднодневен срок, 2 екземпляра;

E. Седем дневен срок, 4 екземпляра.

29. *Ако в определения от закона срок работодателят не подаде декларация в НОИ, наследниците на пострадалия могат да подават декларация в НОИ в какъв срок?*

A. Едномесечен срок;

B. Тримесечен срок;

C. Четиримесечен срок;

D. Шестмесечен срок;

E. Една година.

30. *Статистическият метод за анализ на трудови злополуки се използва като показател коефициента К-* $\boldsymbol{K = \frac{Б.1000}{Р}}$

където: Б - брой злополуки; Р - среден брой на работещите през периода. Как се нарича този коефициент и какво отчита?

A. Коефициент на тяжест – отчита степента на поражение от злополуки за даден период от време, приведени към 1000 работника;

B. Резултативен коефициент – брой злополуки към брой работни дни за 1000 работника;

C. Коефициент на честота – отчита броя на злополуките за даден период от време, приведени към 1000 работещи с оглед на различния брой работници и персонал;

D. Записаният коефициент е некоректен – от него не може да се направи никакъв извод;

E. Във формулата трябва да участва 100, а не 1000, за да имаме изражение в проценти.

31. *Кой аналитичен израз представлява коефициент на степен на поражение (тежест на злополуките)?*

A. $К = \frac{Д.100}{Б}$,% където: Д – дни неработоспособност, причинена от злополуки през периода; Б – брой на злополуките без остатъчни изменения или смърт през периода;

B. $К = \frac{Д}{Б}$;

C. $К = \frac{Б}{Д}$;

D. $К = \frac{Б.1000}{Д}$;

E. $К = \frac{Б.Д}{1000}$.

32. *Кои методи се използват при анализи на трудови злополуки?*

A. Монографични, топографични, статистически;
B. Метод на планиран на експеримента; метод "Монте Карло";
C. Метод на най-малките квадрати; дробно-линейна апроксимация;
D. Симплекс метод; Метод на транспортната задача;
E. Планиране на експеримента; Метод на крайните елементи.

33. *Кои подлежат на начален инструктаж и с какъв документ се удостоверява?*

A. Синдикални лидери, имащи отношение към даденото браншово производство – издава се квалификационен картон;
B. Чуждестранни граждани, които са на посещение в дадената фирма – издава се служебна бележка за пребиваване във фирмата;
C. Новопостъпващи работници и служители, учащи на практика, работници и служители от други фирми, които ще работят или пребивават на територията на фирмата – служебна бележка;
D. Проверяващи от Инспекцията по труда – талон с печат на фирмата;
E. Членовете на делегации, гости или посещаващи фирмата – фирмена брошура с печат.

34. *В кой от посочените случаи се допускат работници или служители до самостоятелна работа?*

A. При представяне на документ за необходимата квалификация и подпис в Книгата за инструктаж;

B. След успешно положен изпит за безопасните методи на работа, подпис на провелия инструктажа на работното място и на инструктирания в Книгата за инструктаж;
C. Представяне на квалификационен документ, подпис на двама гаранти и подпис в Книгата за инструктаж;
D. До самостоятелна работа се допускат лица, работили най-малко 3 дни под наблюдение на квалифициран работник, гарантиращ с подписа си и запознати с безопасните условия на труд на територията на работното място;
E. При представяне заповед за назначаване на съответното работно място.

35. *През какъв период се провежда периодичен инструктаж?*
A. Не по-рядко от 1 път на 6 месеца;
B. Не по-рядко от 1 път на 2 месеца;
C. Не по-рядко от 1 път на седмица;
D. Не по-рядко от 1 път на 3 месеца;
E. Не по-рядко от 1 път на 1 година.

36. *Ежедневен инструктаж се провежда:*
A. На новопостъпили работници;
B. На работници със зрителни и слухови нарушения;
C. След продължително боледуване (най-малко 7 дни последователно се провежда ежедневен инструктаж);
D. На работници и служители, заети с дейности с висок производствен риск;
E. На общи работници, извършващи разнообразни помощни дейности.

37. *Извънреден инструктаж се провежда в случаите:*
A. След всяка смъртна, тежка или аварийна злополука по нареждане на контролен орган;
B. След природно стихийно бедствие;
C. При приемане на работа в бригада с численост до 12 работника на повече от трима новопостъпили;
D. По указание на управителя на борда на директорите на фирмата;
E. По установен годишен график, спуснат от съответното отговарящо министерство.

38. *На отсъствали за повече от колко дни се провежда извънреден инструктаж независимо от причината, довела до отсъствия?*
A. 10 дни;
B. 45 дни;

C. 18 дни;
D. 7 дни ;
E. 21 до 22 работни дни от месеца.

39. *Каква квалификационна група трябва да имат? (неелектротехнически персонал, работата на който е свързана с обслужване на електрически уредби, ученици, практиканти, стажанти, работници, които използват преносими електроинструменти от клас I)*
A. Първа квалификационна група;
B. Втора квалификационна група;
C. Трета квалификационна група;
D. Четвърта квалификационна група;
E. Пета квалификационна група.

40. *Каква квалификационна група трябва да имат лица от неелектротехническа специалност, работещи в електротехнически уредби и съоръжения (шофьори, бояджии, такелажници)?*
A. Първа квалификационна група;
B. Втора квалификационна група;
C. Трета квалификационна група;
D. Четвърта квалификационна група;
E. Пета квалификационна група.

41. *Каква квалификационна група трябва да имат оперативно-ремонтният персонал на цехови и електрически уредби, изпълнителни кадри, които извършват самостоятелно работи в уредби до 1000 V или в състава на бригади за работа в уредби над 1000 V под надзора на лица от по-висока квалификационна група?*
A. Първа квалификационна група;
B. Втора квалификационна група;
C. Трета квалификационна група;
D. Четвърта квалификационна група;
E. Пета квалификационна група.

42. *Каква квалификационна група трябва да имат кадрите, които организират и ръководят изпълнение на работи по експлоатацията на електрически уредби до 1000V, носят дежурства или извършват квалифицирани работи в електрически уредби над 1000V ?*
A. Първа квалификационна група;

B. Втора квалификационна група;
C. Трета квалификационна група;
D. Четвърта квалификационна група;
E. Пета квалификационна група.

43. *Каква квалификационна група трябва да има оперативен персонал на диспечерски служби и цехови електрически уредби, издаващите наряди и отговорните ръководители в електрически уредби с напрежения над 1000 V?*
A. Първа квалификационна група;
B. Втора квалификационна група;
C. Трета квалификационна група;
D. Четвърта квалификационна група;
E. Пета квалификационна група.

44. *Изпитът за потвърждаване на квалификационна група на инженерно-техническия персонал се извършва на :*
A. 6 месеца;
B. 1 година;
C. 2 години;
D. 3 години;
E. При отсъствие повече от 1 година от работата, която изпълнява.

45. *Изпитът за потвърждаване на квалификационна група на изпълнителния персонал се извършва на:*
A. На 2 години;
B. На 3 месеца;
C. На 6 месеца;
D. На 1 година;
E. На 1,5 години.

10.2. Условия на труд



“ Науката се изгражда от факти, както къщата от тухли, но натрупването на тухли още не е къща”

Поанкаре

46. *Как се нарича обменът на въздух, който се осъществява през врати, прозорци или специални въздухопроводи на сградата?. Недостатъци на този вид обмен:*

A. Неконтролируем обмен – няма недостатъци;
B. Непланиран обмен от проектанта – недостатък е, че не се планира скоростта на обмена на въздух;
C. В техническата литература и в практиката този въпрос не се коментира;
D. Аерация (естествен) обмен – изходящият въздух не се пречиства, а входящият не се подгрява при ниски температури отвън;
E. Атмосферно принудителна вентилация – недостатък е, че се влияе от атмосферното налягане.

47. *Каква е последователността на монтаж на елементите в нагнетателна инсталация по посока отвън към вътрешността на помещението (1 – вентилатор, 2 – нагревател, 3 – филтър, 4 – нагнетяващ въздухопровод) ?*

A. 3, 1, 2, 4;
B. 3, 2, 1, 4;
C. 4, 2, 3, 1;
D. 2, 1, 3, 4;
E. 3, 2, 4, 1.

48. *Каква е последователността на монтажа на елементите на всмукателна инсталация по посока от вътрешността на помещението навън (1 – вентилатор, 2 – нагревател, 3 – филтър, 4 – всмукателен въздухопровод)?*

A. 3, 1, 4, 2;
B. 4, 1, 3;
C. 4, 1, 3, 2;
D. 4, 1, 2, 3;
E. 4, 2, 1.

49. *Как се нарича коефициентът* $\kappa = \pm\frac{L_{въздух}}{V_{пом}}$ ($L_{въздух}$ - *количество на нагнетения (засмукания) въздух в* m^3; $V_{пом}$ – *обем на помещението в* m^3)? *Какво означава знак + и - ?*

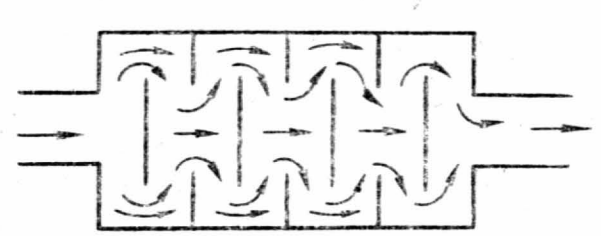
A. Коефициент на полезно действие, а знак + означава, че имаме принудителна вентилация (знакът – означава, че имаме всмукателна инсталация);
B. Кратност на скоростта на запълване на помещението, а знакът – означава, че имаме всмукателна инсталация (знак + означава, че имаме принудителна вентилация);
C. Коефициент на обмена – знак + е в сила при нагнетателна вентилация, а знак – при всмукателна инсталация;
D. Аспирационен коефициент – знаците + или – определят възможностите на вентилатора да подава въздух в едната или в другата посока;
E. Корекционен коефициент – знаците + или – се вземат в зависимост от указанията за техническите данни на вентилатора.

50. *Обосновете принципа на действие на посочения прахоотделител*:



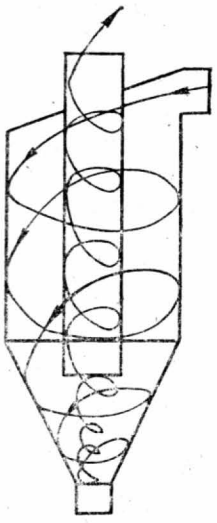
A. Замърсеният въздух се завихря в разширението, частиците се сблъскват помежду си, губят скоростта си и падат;
B. В разширения обем се намалява скоростта на движение на замърсения въздух и прашинките под действие на собственото си тегло падат на дъното;
C. Промяната посоката на движение на 90^o увеличава съпротивлението на флуида и някои от неговите частици вследствие на повишеното триене изостават и падат;
D. В начертания прахоотделител липсва решетка, която да спира намиращите се частици във въздуха, т.е. конструкцията не е дадена коректно;
E. Изходящият тръбопровод на филтъра е необходимо да обръща посоката на въздуха на 180^o, за да намалее скоростта на частиците до 0.

51. *Как се нарича показаният на фигурата прахоотделител? Обосновете принципа му на действие.*



A. Съпротивителен – многобройните прегради намаляват скоростта на движещите се частици и те не могат да достигнат до изхода;
B. Степенчат прахоотделител – представлява комбинация от последователно свързани прахоотделители. С увеличаване на броя им качеството на очистване нараства;
C. Инерционен – поради голямата инерционна сила прашинките трудно изменят посоката си, удрят се в преградите, губят скорост и падат на дъното;
D. Преградите водят до по-голямо разпрашване, т. е. показаното устройство не може да изпълнява функциите на прахоотделител;
E. Секторен прахоотделител – преградите се изработват от ситна мрежа, която спира и улавя частиците, а те от собствената си тежест падат на дъното.

52. *Как се нарича показаният на фигурата прахоотделител ? Принцип на действие:*



A. Силозен прахоотделител – постъпващите прашинки нямат голяма кинетична енергия и не могат да преодолеят вертикалния участък;
B. Тръбен прахоотделител – отделянето на прашинките се дължи на няколкократната промяна на сечението на свързващите тръби;
C. Нагнетателен – в широката част се увеличава налягането на подадения въздух, частиците се сблъскват помежду си, губят скорост и падат;
D. Центробежен – поради въртеливото движение центробежните сили притискат прашинките към стените, те губят скорост и падат;
E. Не е възможна такава конструкция прахоотделител.

53. *При въздействието на високи температури силно нараства отделянето на течности и соли от човешкия организъм. За да се поддържа водния баланс на организма, е необходимо:*

A. През 1 час да се прави десет минутна почивка, при което се взема хладен душ ($18^0 – 20^0$ С температура на водата);

B. През 2 часа да се консумира охладена храна, съдържаща въглехидрати (сладолед, охладен крем и т.н.);
C. Консумация от 4 до 5 литра подсолена (0,02 %) преварена или минерална вода за една смяна;
D. Поставяне на челото на препаски, напоени с охладена течност, които се сменят от 5 до 6 пъти на смяна;
E. Използва се бельо от пореста материя, която поема отделената пот.

54. *Когато е невъзможно създаването на нормални топлинни условия в цялото работно помещение, проблемът се решава така:*
A. Работниците ползват овлажнени дрехи, които при температура над 28^0 С се сменят през 3 часа;
B. На едно работно място се поставят по двама работника, които през 2 часа периодично се сменят и престояват в охладена и овлажнена среда;
C. Прибягва се към използване на въздушни душове, подаващи пречистен и охладен въздух, а при температура над 28^0 С във въздуха се пулверизира вода; създаване на оазиси;
D. Използват се работници, подписали допълнително споразумение с работодателя, че ще могат да работят при посочените условия;
E. През 2 часа медицинско лице контролира нормалните жизнени функции на организма на работещите .

55. *В какъв честотен диапазон човешкото ухо възприема звукове, при условие че звуковите вълни превишават прага на чуваемост?*
(P_0 =20 μP_a *при* f = 1kHz)?
A. 16 кHz до 200 кHz;
B. 8 Hz до 16 Hz;
C. 2 Hz до 15 Hz;
D. 16 Hz до 20 кHz;
E. 16 кHz до 55 кHz.

56. *Инфразвук имаме при звукове с честота:*
A. По-малка от 16 Hz;
B. По-малка от 16 кHz;
C. По-малка от 20 кHz;
D. По-малка от 20 Hz;
E. По-голяма от 20 кHz.

57. *Ултразвук имаме при звукове с честота:*
A. 16 кHz до 20 кHz;
B. По-малка от 20 кHz;

C. По-малка от 16 кHz;
D. По-голяма от 20 кHz;
E. По-малка от 16 Hz.

58. *Каква е дименсията на величината L, участваща в записания аналитичен израз, а така също физическият смисъл на другите две величини P и P_0?* $L = 20.\lg \frac{P}{P_0}$

A. L – налягане в паскали, P – атмосферно налягане, P_0 – праг на чуваемост ($P_0 = 20\,\mu P_a$ при f = 1 кHz);
B. L – децибели, P – звуково налягане в паскали, P_0 – праг на чуваемост ($P_0 = 20\,\mu P_a$ при f = 1 кHz);
C. L – безразмерна величина, P / P_0 – съотношение между максимално и минимално звукови налягания;
D. Не съществува такава зависимост;
E. L – дължина на звуковата вълна, P и P_0 – стойности на граничните честоти на шума.

59. *По кой от посочените начини може да се реализира защитата от шумови въздействия в диапазона f = 16 Hz до 20 кHz?*
A. Поставяне на излъчвател на противошум с кратна честота на тази на шума;
B. Отдалечаване на работното място от източника на шум; използване на лични защитни средства; шумови изолации; звукопоглъщащи покрития;
C. Монтиране на концентратори на шума, насочващи последния на достатъчно голямо разстояние от работното място;
D. Създаване на оазис с допустимо ниво на шума в близост до всяко работно място;
E. Независимо от амплитудата шумове в този честотен диапазон не са опасни за здравето на човека.

60. *Защитата от шумови въздействия в диапазон f < 16 Hz може да се реализира:*
A. Използване на лични защитни средства; шумови изолации; звукопоглъщащи покрития; промяна на технологичния процес;
B. Честотата е ниска и дори при големи амплитуди няма опасност;
C. Не е необходима защита, тъй като тези шумове не попадат в областта на чуваемост от 16 Hz до 20 кHz;
D. Отстраняване генератора на такъв шум; изолиране на съоръжението от конструкцията на сградата чрез еластични окачвания;

E. Използване на шумоуловители; концентратори на шум в част от помещението, където не се извършва производствена дейност.

61. *Вибрациите са механични колебания с произволна честота и амплитуда. През каква среда въздействат те върху човека?*

A. Еластична среда;
B. Нееластична среда;
C. Средата няма значение;
D. Нееластична, съдържаща свързващи звена от еластичен материал;
E. Еластична с голям коефициент на свиваемост.

62. *Кое средство не може да се използва за защита от вибрации?*

A. Лични предпазни средства – ръкавици, обувки, подложки;
B. Виброгасители – противоположни вибрации със същата честота;
C. Специални обувки с дебелина на подметката 40 mm, изработени от твърд материал и имащи максимална площ с контактната повърхност;
D. Използване на свързващи еластични елементи;
E. Антивибрационни ръкавици.

63. *Основните светлинни величини са: интензитет на светлината I; светлинен поток F; осветеност E; яркост на светещата повърхност B; светлост на отразяващата повърхност R. В кой отговор е посочена вярната подредба на техните дименсии, отговаряща на реда, в който те са изброени по-горе?*

A. Кандела, лумен, нит, радлукс, лукс;
B. Кандела, лумен, лукс, радлукс, нит;
C. Кандела, лукс, лумен, нит, радлукс;
D. Кандела, лумен, лукс, нит, радлукс;
E. Кандела, нит, лумен, лукс, радлукс.

64. *Критерий за определяне на категорията зрителна работа, която може да се извършва при естествено осветление е КЕО (коефициент на естествена осветеност). Посочете вярно записания аналитичен израз.*

A. $\boldsymbol{КЕО = \frac{E_{ВЪН}}{E_{ВЪТРЕ}} 100,\%}$;

където: $E_{ВЪН}$ – осветеност извън помещението;

$E_{ВЪТРЕ}$ – осветеност на работното място в помещението.

B. $\boldsymbol{КЕО = \frac{E_{ВЪН} - E_{ВЪТРЕ}}{E_{ВЪТРЕ}} 100,\%}$;

C. $КЕО = 20 \lg \frac{E_{ВЪТРЕ}}{E_{ВЪН}}$;

D. $КЕО = \frac{E_{ВЪН}}{E_{ВЪТРЕ}} 1000.\sigma$;

където σ е коефициент,отчитащ разположението на прозорците

E. $КЕО = \frac{E_{ВЪТРЕ}}{E_{ВЪН}} 100$,% .

65. *По конструктивно изпълнение работното осветление се разделя на:*

A. Дежурно, местно, комбинирано;
B. Аварийно, общо, локално, комбинирано;
C. Локално, комбинирано, общо осветление;
D. Охранително, евакуационно, общо осветление;
E. Общо осветление, комбинирано, аварийно.

66. *За кой вид изкуствено осветление се отнася текстът: " Трябва да осигури минимална нормирана осветеност при отпадане на работното осветление. Захранва се от независим от мрежовото захранване източник, който се включва автоматично при отпадане на напрежението."*

A. Евакуационно;
B. Аварийно;
C. Охранително;
D. Локално;
E. Дежурно.

66. *За кой вид изкуствено осветление се отнася текстът: "Захранва се от независим източник, който осигурява захранването за достатъчно продължително време. В практиката най-често се реализира чрез акумулаторни батерии, които работят в режим на подзаряд."*

A. Дежурно;
B. Локално;
C. Евакуационно;
D. Охранително;
E. Аварийно.

68. *За кой вид изкуствено осветление се отнася текстът: " Осигурява достатъчно осветеност през тъмната част от*

денонощието в помещенията (болнични стаи, спални казармени помещения и т.н.)"

A. Охранително;
B. Локално;
C. Аварийно;
D. Дежурно;
E. Евакуационно.

69. *При използване на газоразрядни луминесцентни лампи се проявява стробоскопичен ефект. В кой от посочените отговори вярно са указани мероприятия за неговото отстраняване?*

A. Използват се специални осветителни тела с огледални повърхности, разположени под различен ъгъл;
B. Използват се по-къси, но по-голям на брой луминесцентни лампи;
C. Подходяща схема на свързване (по 3 лампи в осветително тяло, всяко захранено от отделна фаза); комбинация с лампи с нажежаема жичка;
D. Осветителните тела се разполагат под ъгъл 90^0 едно спрямо друго;
E. Луминесцентните лампи се използват за увеличаване степента на осветеност, когато същата не може да се постигне само при естествено осветление. В този случай стробоскопичният ефект не се проявява.

70. *До каква стойност на интензитета на електрическото поле с промишлена честота се разрешава работа в продължение на 8 часов работен ден?*

A. 10 kV/m;
B. 5 kV/m;
C. 15 kV/m;
D. 20 kV/m;
E. 9 kV/m.

71. *Защита от вредни въздействия на електрическо поле с промишлена честота не може да се реализира с:*

A. Екраниращи костюми, които имат втъкани метални проводими нишки;
B. Защитни екрани, изработени от метална мрежа, която се заземява;
C. Преносими метализирани екрани, които се заземяват;

D. Шапки, куртки, панталони, изработени от диелектричен материал, като при това отделните части на облеклото се свързват с диелектрични ивици, изработени от същия материал;
E. Разполагане на работните места в области с интензитет на полето до 5 kV/m.

72. *Какъв вид въздействие оказват електромагнитни полета с висока и свръхвисока честота и кои органи са най-уязвими?*
A. Вибрационно – най-уязвими са кожата и костите;
B. Топлинно – най-уязвими са органите, разположени на малка дълбочина в организма и наситени с течности (очи, мозък);
C. Електролитно – най-уязвими са кръвта и слюнката;
D. Йонизиращо – най-уязвима е кръвната плазма;
E. Парализиращо (временно) – мигане и дишане.

73. *Защита от вредни въздействия на електромагнитни полета с висока и свръхвисока честота не може да се реализира с:*
A. Извеждане на работното място извън зоната с опасни интензитети;
B. Подходяща екраниращa конструкция на източниците на електромагнитни полета, водеща до намаляване на мощността на източника;
C. Костюми, които се изработват от ленени влакна или памучна тъкан от естествен памук с втъкани ленени нишки. Шапките и ръкавиците трябва да бъдат от същата материя;
D. Екрани с интерфериращо действие;
E. Мрежести екрани като при повишаване на честотата размерите на отворите се изработват по-малки.

74. *По кой от посочените начини не може да бъде реализирана защитата от йонизиращи лъчения?*
A. Подходящо разположение на източниците на йонизиращото лъчение и избор на изотопи с минимална енергия на излъчване;
B. Херметизация на помещения и апаратура с използване на йонизационни лъчения;
C. Използване на защитни поглъщащи екрани;
D. Специално работно облекло – гащеризони, шапки, ръкавици, ботуши, очила, респираторни маски. Те трябва да са удобни за дезактивация;
E. Защитни гелове и кремове, които подлежат на дезактивация с вода или друг вид течности.

10.3. Условия на Организационни мероприятия, осигуряващи безопасността на работа



"Много по-трудно е да откриете проблема, отколкото да намерите неговото решение. За първото е необходимо въображение, а за второто само умение."

Бернал

75. *Нарядът представлява писмено разпореждане по установен образец. В него подробно и изчерпателно се описват:*

A. Вид на работното облекло, което трябва да се използва, а също така специализирани инструменти и екипировка;
B. Разпределението на работния ден с фиксиране на времетраенето на почивките (съобразено със сезона и температурата на околната среда);
C. Вид на работата, час на започване, състав на бригадата и функции на членовете й;
D. Адрес на организацията , която ще извърши работата, начин за установяване на бригадата на обекта, необходимия брой почивки и полагащите се тонизиращи напитки (или противоотровни храни, ако е необходимо);
E. Описват се подробно правата и задълженията на изпълнителя, а също така и на фирмата, на която ще бъде извършен необходимият вид работа. Отразява се начинът на актуване на труда.

76. *При изготвяне на наряд за ремонтни работи в уредби до 1000V какви квалификационни групи трябва да имат изпълнителите и ръководителя?*

A. Изпълнители най-малко трета, а ръководител най-малко четвърта;
B. Изпълнители най-малко втора, а ръководител най-малко трета;
C. Изпълнители най-малко трета, а ръководител най-малко пета;
D. Изпълнители най-малко четвърта, а ръководител най-малко пета;
E. Изпълнители най-малко втора, а ръководител най-малко четвърта.

77. *При изготвяне на наряд за ремонтни работи в уредби над 1000V какви квалификационни групи трябва да имат изпълнителите и ръководителя?*

A. Изпълнители най-малко трета, а ръководител най-малко четвърта;
B. Изпълнители най-малко четвърта,а ръководител най-малко пета;
C. Изпълнители най-малко четвърта, а ръководител най-малко четвърта;
D. Изпълнители най-малко трета, а ръководител най-малко пета;
E. Изпълнители най-малко трета, а ръководител най-малко шеста.

78. *В колко екземпляра се издава нарядът и за кого са предназначените?*

A. В три екземпляра, като един от тях е за ръководителя, а вторият се завежда в специална папка за нарядите. Третият се връчва на надзираващия работата;
B. Само един екземпляр, който се съхранява в специална прошнурована и прономерована папка;
C. Само един екземпляр, който се съхранява в специална прошнурована и прономерована папка. От този екземпляр се правят копия за всеки член от бригадата;
D. Два екземпляра. Единият се връчва на ръководителя, а другият се съхранява в специална папка за нарядите;
E. Три екземпляра. Един за ръководителя, един за надзираващия и един екземпляр в електронен вид се изпраща на президента на фирмата.

79. *Кое от посоченото не влиза в задълженията на допускащия до работа на бригадата, назначена с наряд?*

A. Показва на бригадата работното място и доказва отсъствието на напрежение с указателя, а след това демонстрира с ръка;
B. Проверява състава на бригадата по списъка в наряда и квалификационните групи на членовете;
C. Обяснява правилата за безопасна работа и проверява доколко правилно са разбрани;
D. Показва разположени наблизо части под напрежение;
E. Уточнява сигналите за комуникиране по време на работа и часовия график за почивките.

80. *Кое от посочените действия не влиза в задълженията на ръководителя на бригадата при приключване на работа?*

A. Да приеме устен отчет от всеки член на бригадата за свършената от него работа и да направи компетентно обобщаване;

B. Да провери състоянието на обекта, на който е работено;
C. Да провери за отсъствие на забравени инструменти;
D. Да изведе бригадата от обекта;
E. Да издаде нареждане за снемане на преносимите заземления.

81. *Каква квалификационна група трябва да притежават лица, заети в оперативно обслужване (дежурства) в електрически уредби с напрежение до 1000 V?*

A. Най-малко трета квалификационна група;
B. Най-малко втора квалификационна група;
C. Първа квалификационна група с придружаващ, притежаващ най- малко втора;
D. Втора квалификационна група с придружаващ, притежаващ най – малко пета;
E. Най-малко втора, ако същия има непрекъснат трудов стаж в тази уредба най- малко десет години.

82. *Каква квалификационна група трябва да притежават лица, заети в оперативно обслужване (дежурства) в електрически уредби с напрежение над 1000 V?*

A. Най-малко трета квалификационна група;
B. Най-малко трета квалификационна група, с непрекъснат стаж в уредбата най- малко пет години;
C. Най-малко трета квалификационна група, ако положеният от него периодичен изпит по експлоатация, схема и поддръжка на уредбата е с успех най-малко мн. добър 5;
D. Най-малко четвърта квалификационна група;
E. При персонал с висше техническо образование се допуска да бъде най-малко трета квалификационна група.

83. *В кои от случаите е разрешено дежурство в две последователни смени при обслужване на електрически уредби?*

A. При заболяване над 50% от обслужващия персонал и невъзможност да се направи график за дежурствата съгласно нормативните изисквания;
B. През летния сезон, когато светлата част от денонощието е по-голяма, което се явява предпоставка за щателно наблюдаване на обслужващите съоръжения;
C. При ликвидиране на аварии и невъзможност за предаване на смяната на следващия дежурен;

D. При официални празници или мероприятия, в които е необходимо участие на значителна част от обслужващия персонал;
E. При условие че съоръжението е под военно разпореждане и има изисквания за секретност.

84. *Електрическите помещения трябва да бъдат постоянно затворени и заключени. Кое от посочените изисквания е задължително за електрическите помещения?*
A. Вратите да са изработени от проводим материал и заземени. Да имат възможност за отваряне в двете посоки;
B. Вратите да се отварят навън, да имат ръкохватки за отваряне без ключ откъм електрическата уредба;
C. Вратите да са изработени от винкелова конструкция, върху която е опъната мрежа с отвор на квадрата не по-голям от 2 x 2 cm , и да имат ограничител против откачване;
D. При използване на плътни ламаринени врати е необходимо да бъдат с височина не по-голяма от 1 m, позволяваща наблюдаване на съоръженията в помещението; съоръженията да са разположени на такова разстояние от вратите, че да не могат да се достигат с протегната ръка;
E. Няма специални изисквания към вратите. Единственото условие, което се поставя, е да бъдат заключени срещу случаен достъп до съоръженията.

85. *Електрическите помещения трябва да бъдат постоянно затворени и заключени. Към ключовете, които се използват за тях, се предявяват определени изисквания. Посочете верния отговор:*
A. Всяко помещение да има не по-малко от 2 комплекта ключове, единият от които е резервен. Ключовете на входните врати на други помещения не трябва да стават за килиите и клетките. Ключовете са на отчет при оперативния персонал и се дават срещу подпис;
B. Има само по един ключ при оперативния персонал, а вторият се съхранява в касата на главния енергетик. Еднотипните килии и клетки трябва да се отключват с еднакъв ключ. Главният енергетик и всички в йерархията над него, които имат отношение към съоръженията, ползват ключовете, намиращи се в касата на главния енергетик;
C. Ключовете за всички врати трябва да бъдат профилни (правоъгълник или шестостен) и да могат да отключват всички

врати на клетки и килии. Не се разрешава използването на класически ключове;

D. Използваните ключове да са лети, а не секретни. Да бъдат значително по-големи от традиционните и с различна от тях ръкохватка. Съхраняват се в каса при дежурния оператор;

E. Ключовете са в един екземпляр. Съхраняват се при дежурния и се предоставят на външни лица само с писмено разрешение на главния енергетик.

86. *При уредби с напрежение до 250 V спрямо земя се допуска извършване на работи без изключване на напрежението. В кой отговор са посочени вярно такива дейности и квалификационната група, която трябва да притежава изпълняващият ги?*

A. Смяна на вложки на предпазители при изключен товар , подмяна на изгорели електрически лампи, почистване арматурата на осветителни тела – трета квалификационна група;

B. Свързване на изводите от изправители към клемите на акумулаторни батерии, шунтиране на блокировки от оперативните вериги – трета квалификационна група;

C. Възстановяване на задействали термични защити, принудително включване на контактори чрез подаване на захранване чрез мостове – четвърта квалификационна група;

D. Ремонтни и диагностични дейности в оперативни управляващи вериги при условие че те се захранват с напрежение по-малко от 110 V – трета квалификационна група;

E. Наредба №3 за устройство на електрическите уредби и електропроводните линии допуска извършване на работи без изключване на напрежението само в специални случаи (производствени аварии или спасяване на човешки живот).

87. *Кое от посоченото в отговорите не се разрешава да се извършва при работа по електрически вериги с напрежение до 1000V?*

A. Проверка на електромери;

B. Проверка на измервателна апаратура;

C. Проверка на защити;

D. Измерване с клещови волтметър или амперметър;

E. Прекъсване на тоководещ проводник с изолационни клещи, когато той се намира под напрежение, дори при условие че се използва от електротехника изолационно килимче.

10.4. Защита срещу поражение от електрически ток при допир или недопустимо сближаване с тоководещи части



“Нищо не трябва да се учи по памет,
ако не се е разбрало добре от разсъдъка”

Я. А. Коменски

88. *От колко волта не трябва да бъде по-голяма номиналната стойност на безопасно свръхниско напрежение при еднофазно изпълнение?*

A. 12 V;
B. 24 V;
C. 42 V;
D. 48 V;
E. 36 V.

89. *От колко волта не трябва да бъде по-голяма номиналната стойност на безопасно свръхниско напрежение при трифазно напрежение между фазов и нулев проводник?*

A. 12 V;
B. 24 V;
C. 36 V;
D. 42 V;
E. 18 V.

90. *От колко волта не трябва да бъде по-голяма номиналната стойност на безопасно свръхниско напрежение при постоянно захранване?*

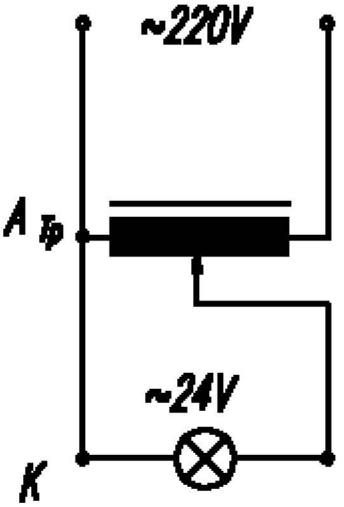
A. 12 V;
B. 24 V;
C. 36 V;
D. 48 V;
E. 6 V.

91. *На какви изисквания трябва да отговарят щепселите , които се използват за захранване на консуматори в токови кръгове, предназначени за захранване с безопасно свръхниско напрежение?*

A. Да са тип “Шуко”;

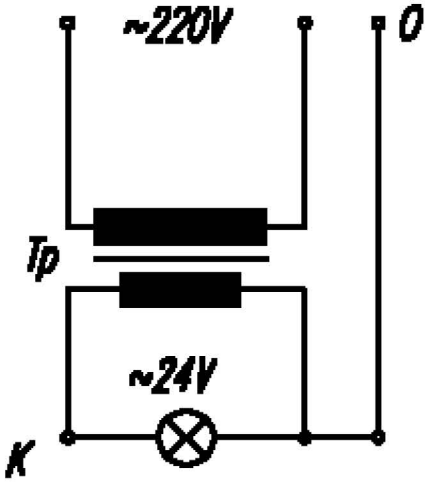
B. Да не са тип “Шуко”;
C. Конструктивно да са изпълнени така, че да не могат да се включват в контакти за по-високо напрежение;
D. Да са с различен диаметър на щифтовете, т.е. да могат да се включват само в едно положение;
E. Няма специални изисквания, използват се стандартно предлаганите на пазара контакти и щепсели.

92. *Отговорете правилно или неправилно е използван източникът за понижено свръхниско напрежение?*



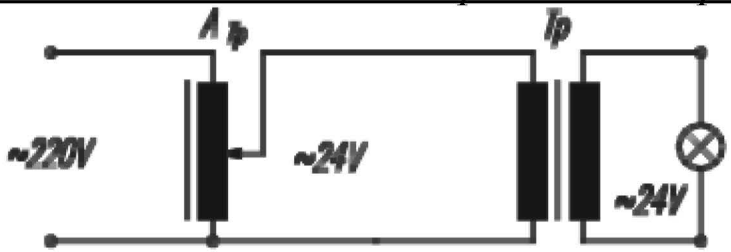
A. Правилно – използван е автотрансформатор, с помощта на който може да се получи желаното свръхниско напрежение;
B. Правилно – необходимо е фиксиране на плъзгача на автотрансформатора, което да не дава възможност за промяна на установеното свръхниско напрежение;
C. Неправилно – реализирана е галванична връзка между захранващата мрежа и веригата със свръхниско напрежение;
D. Правилно – от гледна точка на безопасността е необходимо фазата и нулата на захранващата мрежа да бъдат фиксирани против размяна;
E. Неправилно – корпусът на автотрансформатора задължително трябва да бъде заземен.

93. *Отговорете правилно или неправилно е използван източникът за понижено свръхниско напрежение?*



A. Неправилно – в този случай е забранено зануляването на вторичната намотка;
B. Правилно – имаме реализирано защитно зануляване;
C. Неправилно – необходимо е освен зануляване вторичната намотка да бъде заземена, което ще доведе до изравняване на потенциалите;
D. Правилно – от схемата се вижда, че имаме галванично разделяне на мрежово напрежение и свръхниско напрежение;
E. Правилно – необходимо е обаче магнитопроводът на трансформатора да се занули.

94. *Отговорете правилно или неправилно е реализирана схемата за получаване и използване на понижено свръхниско напрежение?*

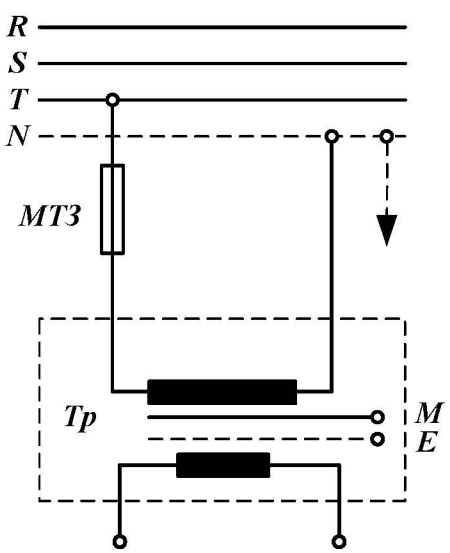


A. Неправилно – използването на два трансформатора води до оскъпяване на схемата и намаляване на нейната надеждност;
B. Неправилно – в този случай не е целесъобразно използването на разделителен трансформатор;
C. Неправилно – необходимо е вторичните вериги да бъдат занулени;
D. Правилно – липсва галванична връзка между захранващата мрежа и веригата със свръхниско напрежение
E. Правилно – при условие че магнитопроводите на двата трансформатора е необходимо да бъдат заземени.

95. *Кое от посочените твърдения за токовите вериги за безопасно свръхниско напрежение не е вярно?*

A. Не трябва да се зануляват;
B. Не трябва да се заземяват;
C. Изделията за безопасно свръхниско напрежение не трябва да имат защитна клема;
D. Задължително се заземяват и зануляват;
E. Проводниците на токовите кръгове за свръхниско напрежение не трябва да се полагат в общи тръби или в снопове с проводници от други токови кръгове.

96. *На схемата е показан разделителен трансформатор. С кои части от разделителния трансформатор трябва да се свърже нулевият проводник? Посочете най-пълния от представените отговори:*



A. Корпусът на трансформатора задължително се занулява;
B. Зануляват се само магнитопроводът;
C. Зануляват се само екранът за защита при пробив в изолацията и прехвърляне на повишено напрежение във вторичната страна;
D. Зануляват се екранът и корпусът;
E. Зануляват се екранът, корпусът и магнитопроводът.

97. *Преносимият разделителен еднофазен трансформатор има означения на корпуса* ⧈ . *Какво означава това?*

A. Два корпуса галванично разделени помежду си;
B. Магнитопроводът и намотката са залети в епоксидна смола;
C. Ограничена възможност за охлаждане;
D. Двойна изолация;
E. Усилена изолация, т. е. по-дебел изолационен слой.

98. *При използването на кои от посочените изолационни покрития се счита, че имаме защитно изолиране?*

A. Емайлиране, лакиране;
B. Оксидация, лакиране;
C. Текстилна оплетка, лакиране;
D. PVC изолация, силиконова изолация;
E. Текстилна оплетка, емайлиране.

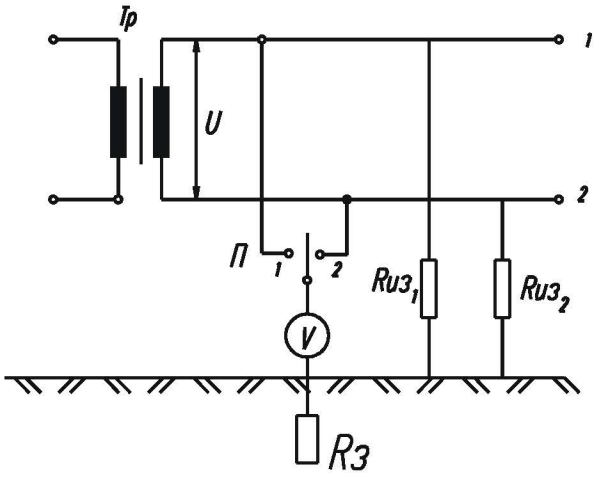
99. *Общовалидни норми за стойност на изолационното съпротивление няма. Най-често използваният израз като критерий за минимална стойност на изолационното съпротивление е:*

A. $R_{ИЗ}$ [kΩ]$\leq U$ [V];
B. $R_{ИЗ}$ [kΩ]$< U$ [V];
C. $R_{ИЗ}$ [kΩ] $\geq U$ [V], ток на утечката $I_У \leq$ 1mA;
D. $R_{ИЗ}$ [kΩ] $\geq \sqrt{3}\,U$ [V], ток на утечката $I_У \geq$ 1,5 mA;
E. $R_{ИЗ}$ [kΩ] $\geq \sqrt{2}\,U$ [V].

100. *След ремонтни дейности задължително се прави проверка на изолационното съпротивление. С какъв процент, ако новоизмерената стойност на изолационното съпротивление е по-малка от първоначалната (при пускане в експлоатация), съоръжението остава в експлоатация?*

A. 60%;
B. 75%;
C. 55%;
D. 50%;
E. 65%.

101. *За контрол на изолацията в двупроводна мрежа, изолирана от земята, се използва схемата, която е показана на фигурата. Какво ще бъде показанието на волтметъра при включване в положение 1 и 2, при условие че има нарушена изолация на фаза 1, а фаза 2 е с изправна изолация?*



A. При положение 1 $U_V > \frac{U}{2}$, а при положение 2 $U_V < \frac{U}{2}$;

B. При положение 1 $U_V < \frac{U}{2}$, а при положение 2 $U_V > \frac{U}{2}$;

C. При положение 1 $U_V < \frac{U}{2}$, а при положение 2 $U_V = \frac{U}{2}$;

D. При положение 1 $U_V \approx 0$, а при положение 2 $U_V = U$;

E. При положение 1 $U_V > \frac{U}{2}$, а при положение 2 $U_V \approx 0$.

102. *На фигурата е посочена схема за контрол на изолацията при трифазна мрежа с пробивен предпазител, изолирана от земя. Какви ще бъдат показанията на уредите при изправна изолация?*

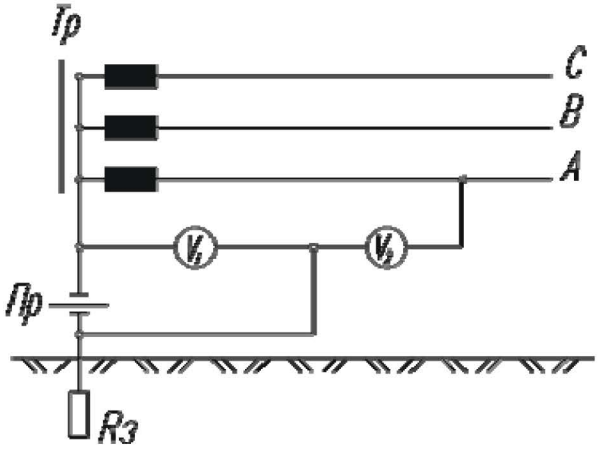
A. $U_{V1} = U_{V2} = \frac{U_Ф}{2}$;

B. $U_{V1} = U_{V2} = \sqrt{2} \cdot \frac{U_Ф}{2}$;

C. $U_{V1} = 0$; $U_{V2} = U_Ф$;

D. $U_{V1} = 0$; $U_{V2} = \sqrt{3} \cdot U_Ф$;

E. $U_{V1} = 0$; $U_{V2} = \frac{U_Ф}{3}$.



103. *На фигурата е посочена схема за контрол на изолацията при трифазна мрежа с пробивен предпазител, изолирана от земя. Какви ще бъдат показанията на уредите при земно съединение във фаза А?*

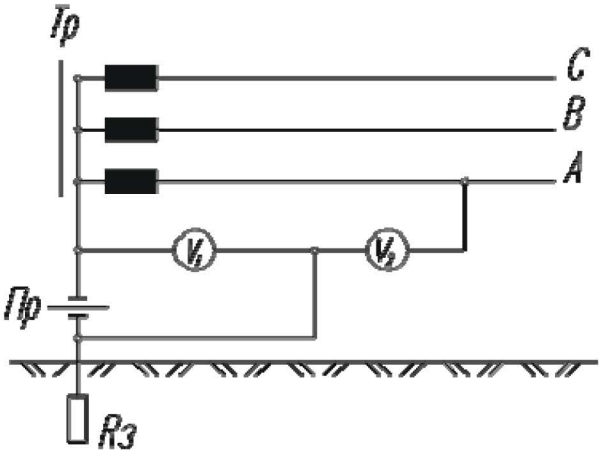
A. $U_{V1} = 0$; $U_{V2} = 0$;

B. $U_{V1} = U_Ф$; $U_{V2} = 0$;

C. $U_{V1}=0$; $U_{V2}=\frac{U_Ф}{3}$;

D. $U_{V1}=\frac{U_Ф}{3}$; $U_{V2}=0$;

E. $U_{V1}=0$; $U_{V2}=\frac{U_Ф}{\sqrt{3}}$.



104. *На фигурата е посочена схема за контрол на изолацията при трифазна мрежа с пробивен предпазител, изолирана от земя. Какви ще бъдат показанията на уредите при земно съединение във фаза В?*

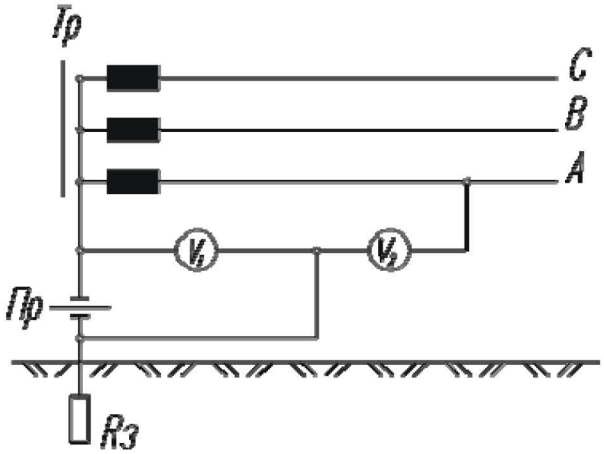
A. $U_{V1}=U_Ф$; $U_{V2}=\sqrt{3}.U_Ф$;

B. $U_{V1}=\sqrt{3}.U_Ф$; $U_{V2}=U_Ф$;

C. $U_{V1}=\sqrt{3}.U_Ф$; $U_{V2}=\sqrt{3}.U_Ф$;

D. $U_{V1}=2.U_Ф$; $U_{V2}=\frac{U_Ф}{\sqrt{2}}$;

E. $U_{V1}=0$; $U_{V2}=3.U_Ф$.



105. *Към машини и устройства, изпълнени с двойна изолация, се предявяват определени изисквания, имащи отношение към тяхното обезопасяване. Посочете правилния отговор, в който се съдържат такива изисквания:*

A. Допълнителната изолация се оцветява задължително в тъмносин цвят, използват се трижилни кабели, позволяващи зануляване. При условие че имаме щепселно включване, щепселите и контактите да бъдат тип “Шуко”;

B. Металните проводими нетоководещи части се заземяват, като стойността на съпротивлението трябва да бъде по-малка или равна на 4 Ω. На паспортната табелка на машината е отбелязан надпис на кирилица “двойна изолация”;

C. Ръкохватките и корпусите се покриват с изолационен материал. Машината не трябва да има проводими нетоководещи части, до които може да се осъществи допир при работа с нея. На табелката е поставен надпис “двойна изолация”;

D. Не трябва да имат защитни клеми. Не се извършва зануляване или заземяване на проводими нетоководещи части. На

паспортната табелка има поставен общоприет стандартен символ за двойна изолация;

E. Изискванията по отношение на електробезопасност са същите както при останалите изделия.

106. *Маркировките осигуряват нагледност и предотвратяват грешни действия. Кой от посочените отговори няма отношение към маркировките?*

A. Оцветяване на тоководещи части (шини);
B. Надписи по електрическите табла и полетата на електроразпределителни уредби;
C. Надписи на командна контролно-измервателна апаратура;
D. Означения на номинални или пределнодопустими стойности на ток, напрежение, ток на вложки на предпазители;
E. Мигащи надписи.

107. *В практиката се използват сигнализации за оказване на опасност или ненормален режим на работа на машини и съоръжения. Кой от посочените отговори има отношение към сигнализациите?*

A. Светлинни сигнализации;
B. Звукови сигнализации;
C. Сигнализации с надписи (появяват се и изчезват надписи с кратки инструкции);
D. Дублиращи се звукови и светлинни сигнализации;
E. Движещи се обекти, извършващи еднотипни повтарящи се действия.

108. *Блокировките са устройства, които се прилагат за осигуряване на защита срещу директен допир до тоководещи части под напрежение. Кои от посочените принципи на действие не се използват при конструиране на блокировки в практиката?*

A. Механични блокировки, електрически блокировки;
B. Електромагнитни блокировки, капацитивни блокировки;
C. Светлинни блокировки;
D. Радиоактивни блокировки;
E. Топлинни блокировки, газови блокировки.

10.5. Защита срещу индиректен допир



“ Няма нищо по-опасно за новите истини
от старото заблуждение.”

Гьоте

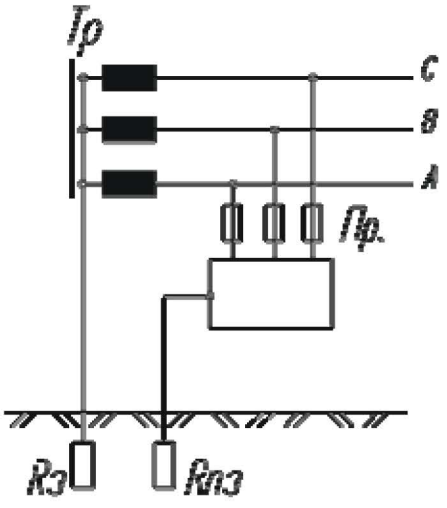
109. *Посочете в какво се състои принципът на защитно действие на заземяването:*

A. Изравняване на потенциала на корпусите на машини и съоръжения с този на земята;
B. Снижаване на допирните напрежения спрямо земя при корпусни съединения;
C. Изравняване потенциалите на корпусите на всички машини и съоръжения в работния участък;
D. Създаване условия за протичане на големи токове при корпусни съединения и като следствие максимално бързо задействане на максималнотоковата защита;
E. При заземяване на корпусите става екраниране на устройствата и намаляване на паразитните излъчвания.

110. *Посочете областта на приложение на защитното заземяване:*

A. Във всички мрежи с напрежение до 1000V със заземен звезден център;
B. Всички съоръжения, работещи във влажна среда и използващи напрежения по-малки от 60 V;
C. Задължително мероприятие за всички мрежи до 1000 V независимо от режима на свързване на звездния център;
D. Мрежи с напрежение над 1000 V независимо от режима на свързване на звездния център и мрежи с напрежение до 1000V с изолиран звезден център;
E. При консуматори с двойна изолация.

111. *В мрежата със заземен звезден център, която е показана на фигурата (фазовото напрежение е 220 V), възниква корпусно съединение на консуматора. Вложките на стопяемите предпазители са за ток по-голям от 16 А. При кое от посочените условия в отговорите ще имаме най-бързо изключване на максималнотоковата защита?*



A. При нормени стойности на съпротивленията ($R_З$ = 4 Ω, $R_{ПЗ}$ = 10Ω) и фазово напрежение $U_Ф$ = 220 V ще се получи сравнително голямо по стойност допирно напрежение (157 V). Това ще доведе до моментално сработване на предпазителите;
B. Дори и при стойности на $R_{ПЗ}$ >10 Ω ще имаме максимално бързо действие на защитата, тъй като земята служи за проводник;
C. Ако се направи и зануляване на проводимите нетоководещи части, ще протече ток с максимална стойност, което ще доведе и до максимално бързо действие на защитата;
D. За случаите А и В ще имаме едно и също бързо действие независимо от допълнителното мероприятие;
E. За тази схема е препоръчително използването на специални бързодействащи предпазители.

112. *Какво е недопустимо при изпълнението на заземителни инсталации?*
A. Използването на метални конструкции, монтирани в земята като заземители;
B. Използването като заземители на метални тръбопроводи, положени в земята;
C. Последователно свързване на заземителните вериги на заземяваните съоръжения или поставянето в тях на предпазители, прекъсвачи, релета;
D. Използването като заземител на метални обвивки на кабели;
E. Сечението на защитните проводници да бъде равно с това на токовите при сечение на последните до 16 mm^2.

113. *В кой от отговорите е посочен най-точно принципът на действие на защитното зануляване*?
A. При корпусно съединение през нулевия проводник протича уравнителен ток, който задейства защитата;
B. При това мероприятие се разчита на възникването на ток с нулева последователност;
C. При корпусно съединение в консуматора се получава еднофазно късо съединение, водещо до протичане на ток със стойност достатъчна за задействане на максималнотоковата защита;
D. Тъй като корпусът е свързан с нулевия проводник, а той е от проводим материал с малко съпротивление, се получава малко по стойност допирно напрежение. Последното след усилване от специални устройства се използва като сигнал към защитата;
E. При мрежи до 1000 V със заземен звезден център принципът на действие на защитното заземяване и зануляване е един и същ,

т.е. през максималнотоковата защита ще протече един и същи по големина ток, който е причина за нейното задействане.

114. *Какви кабели трябва да се използват при захранване на трифазни консуматори, за да се реализира защитно зануляване в трифазна мрежа* TN*?*

A. Трижилни кабели с метална обвивка, която се свързва към нулата;
B. Петжилни кабели – три от жилата се използват за свързване към всяка от фазите, едно за нулата, едно за заземяване;
C. Четирижилни кабели;
D. Трижилни кабели – зануляването се реализира с метална шина, която се захваща чрез заварка или болт към корпуса на машината;
E. Шестжилни кабели – за всяка от трите фази има индивидуален нулев проводник.

115. *Какви кабели трябва да се използват при захранване на монофазни консуматори, за да се реализира защитно зануляване ?*

A. Двужилни кабели – едно от жилата се използва за фазата, а другото за нулата;
B. Едножилни с метална обвивка, която служи за проводник на нулата;
C. Четирижилни кабели;
D. Трижилни кабели;
E. Едножилни кабели – нулата се подава към корпуса на машината чрез метална шина, която се захваща чрез заварка или болт.

116. *Подвижните монофазни консуматори се свързват към захранващата мрежа с помощта на комбинацията от контакт, щепсел, кабел. Посочете верния отговор за комбинацията контакт, щепсел, кабел:*

A. Двужилен кабел, обикновен контакт, щепсел тип “Шуко”;
B. Трижилен кабел, контакт тип “Шуко”, обикновен щепсел;
C. Щепсел тип “Шуко”, трижилен кабел, контакт тип “Шуко”;
D. Двужилен кабел, обикновен контакт, обикновен щепсел, като от нулевия проводник се прави мостова връзка към металния корпус на консуматора;
E. Трижилен кабел, контакт обикновен, щепсел тип “Шуко”.

117. *Реализирано е защитно зануляване на консуматора. За времето на корпусното съединение (до изключване на защитата) върху корпуса се получава корпусно напрежение. Посочете отговора, в който правилно са посочени мероприятия за снижаване на корпусното напрежение:*

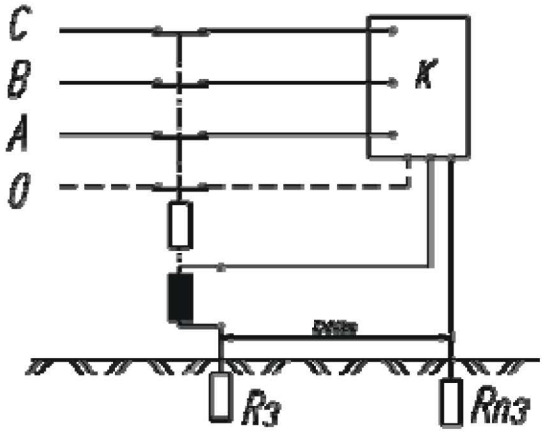
A. През 300 m на въздушните електропроводи и при отклонение с дължина над 250 m се прави повторно заземяване на нулевия проводник;
B. През всеки 250 m на въздушните електропроводи, а също и в края на електропроводите и на отклоненията от тях с дължина над 250 m се прави повторно заземяване на нулевия проводник;
C. Зануляването на машините и съоръженията се дублира със заземяване в района на обекта, където се намират те;
D. Корпусното напрежение има сравнително ниски стойности, поради което не се предприемат допълнителни мерки;
E. При отдалеченост на машината или съоръжението от захранващото табло се предвижда по-голямо сечение на нулевия проводник, т.е. по-малко съпротивление.

118. *Монофазен консуматор е занулен. На фазата и нулата са монтирани предпазители. Посочете отговора, в който най-точно и пълно се обосновава правилността или неправилността на реализираното мероприятие зануляване*:

A. Правилно, но предпазителят на нулата трябва да бъде автоматичен, за да може да се възстановява максимално бързо веригата при задействане на същия (последното е основно задължение на обслужващия електротехнически персонал);
B. Правилно, но предпазителят на нулата се подбира със стойност 1,2 пъти по-голяма от тази на предпазителя, поставен на фазата;
C. Не е правилно – при поставяне предпазител на нулата предпазителят на фазата става излишен;
D. Не е правилно – при сработване на предпазителя на нулата при корпусно съединение ще се офазят всички корпуси на занулени консуматори, свързани към този токов кръг;
E. Правилно – необходимо е да се защитава както фазовия проводник, така и нулевия.

119. *При появата на напрежение върху корпуса на консуматора спрямо земя през намотката на релето протича ток, който предизвиква защитно изключване (схемата на свързване е показана на фигурата). Известни са: съпротивлението на заземителя* $R_З$,

импеданса на намотката на релето Z_P, допустимото напрежение на допир $U_{ДОП}$. Определете големината на тока I, протичащ през релето, и напрежението на задействане $U_{ЗАД}$, на което то трябва да се настрои:



A. $I = \frac{U_{доп}}{R_з}$; $U_{ЗАД} = I.Z_P$;

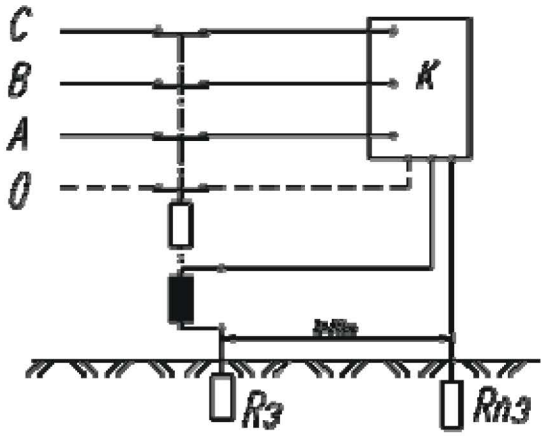
B. $I = \frac{U_{доп}}{R_з + Z_P}$; $U_{ЗАД} = I.Z_P = \frac{U_{доп}}{R_з + Z_P}.Z_P$;

C. $I = \frac{U_{доп}}{Z_P}$; $U_{ЗАД} = I.Z_P = U_{ДОП}$;

D. $I = \frac{U_{доп}}{R_з} + \frac{U_{доп}}{Z_P}$; $U_{ЗАД} = I.Z_P$;

E. $I = \frac{U_{доп}}{R_з} - \frac{U_{доп}}{Z_P}$; $U_{ЗАД} = I.R_З$

120. *На фигурата е показана принципната схема на защитно изключване, задействуващо се от напрежение на корпуса. Какви стойности на съпротивлението на заземителя $R_З$ се препоръчват при защита на хора, деца и животни ?*



A. $R_З \leq 900\ \Omega$ при защита на хора; $R_З \leq 300\ \Omega$ при защита на деца и животни;

B. $R_З \leq 10\ \Omega$ при защита на хора; $R_З \leq 4\ \Omega$ при защита на деца и животни ;

C. $R_З \leq 800\ \Omega$ при защита на хора; $R_З \leq 200\ \Omega$ при защита на деца и животни;

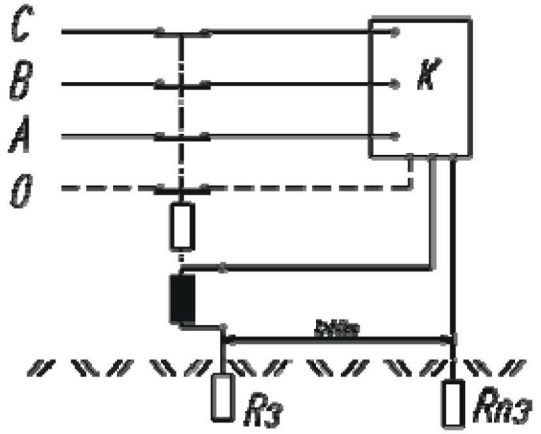
D. $R_З \leq 1000\ \Omega$ при защита на хора ; $R_З \leq 1300\ \Omega$ при защита на деца и животни;

E. $R_З \leq 300\ \Omega$ за двата случая.

121. *На фигурата е показана принципната схема на защитно изключване, задействуващо се от напрежение на корпуса. Защо в този случай е предвидено изключването на нулевия проводник от защитата ?*

A. Изключването обхваща занулителния проводник, тъй като при определени случаи той може да доведе опасни напрежения върху корпуса;

B. Изключването на нулевия проводник е предвидено, за да може изключеният обект да се заземи и да се неутрализират евентуални потенциали на корпуса;

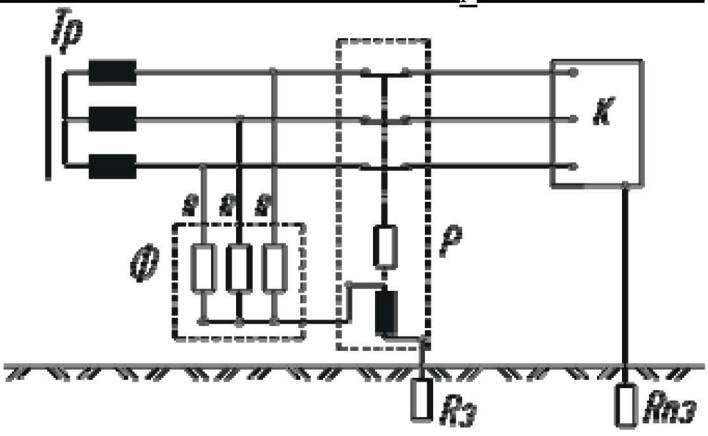


C. Такова прекъсване задължително се прави, ако обектът работи в пожароопасна или взривоопасна среда;

D. На посочената схема е допусната грешка. Нулевият проводник никога не се прекъсва;

E. Нулевият проводник се прекъсва, за да може защитата да сработи устойчиво.

122. *На фигурата е показана принципната схема на защита, която се задейства от напрежение с нулева последователност, т.е. при земно съединение или нарушена изолация на една от фазите. За посочената защита са известни следните величини: Z_P – импеданс на намотката на релето, $Z_Ф$ – импеданс на филтъра с нулева последователност, $U_{ЗАД}$ - напрежение на задействане на релето. За какви мрежи може да се използва посочената защита и как се определя напрежението на задействане $U_{ЗАД}$?*



A. Мрежи с директно заземен звезден център и напрежение до 1000V $$U_{ЗАД} = \frac{U_Ф . Z_P}{Z_P + Z_Ф};$$

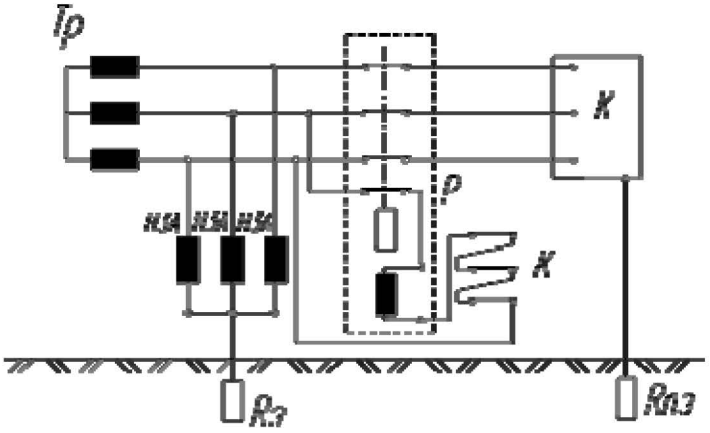
B. Мрежи с изолиран звезден център и напрежение по-голямо от 1000V

C. Мрежи с изолиран звезден център и напрежение до 1000 V $$U_{ЗАД} = (0,5 до 0,6)\frac{U_Ф . Z_P}{Z_P + Z_Ф};$$

D. Само при мрежи с изолиран звезден център и напрежение над 110 kV $$U_{ЗАД} = \frac{U_Ф . Z_Ф}{Z_P};$$

E. Мрежи с директно заземен звезден център и $U_{ЗАД} \geq 48$ V.

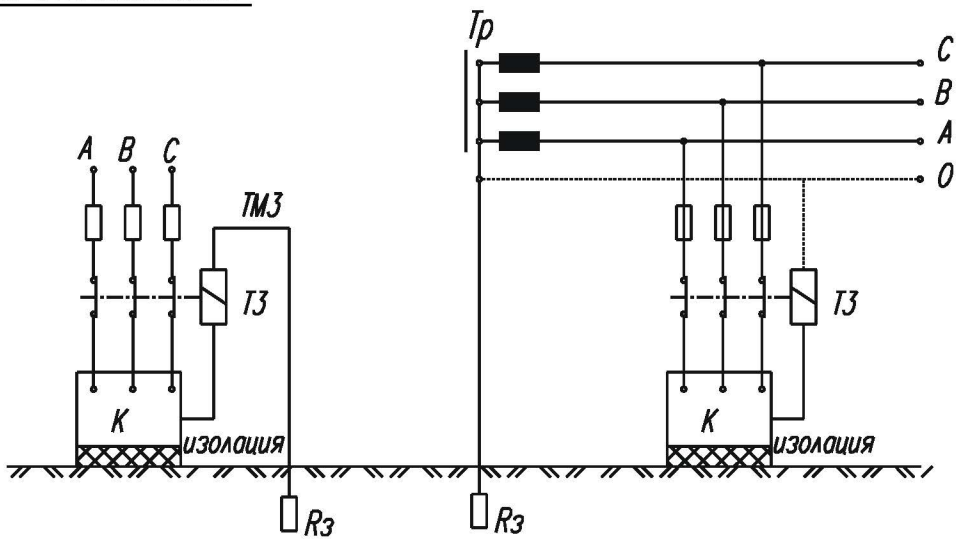
123. *На фигурата е показана принципна схема на защитно изключване при понижаване на фазово напрежение. То се контролира от релетата НЗА. Техните контакти К са нормално отворени при отсъствие или понижаване напрежението върху бобината на релето НЗА (за всяка от фазите има предвидено такова реле), а при стойност на напреженията в нормите затворени. За какви мрежи е приложима защитата? Как действа ? В кои случаи може да се получи понижаване на напрежението, което да доведе до сработване на защитата?*



A. Мрежи със заземен звезден център и напрежение по-голямо от 1000 V. При понижаване на напрежението на някоя от фазите спрямо земя съответният контакт К се отваря в оперативната верига на релето Р, то остава без захранване и съоръжението се изключва. Понижаване на напрежението имаме при междуфазно късо съединение;
B. Мрежи с изолиран звезден център и напрежение до 1000V. При понижаване на напрежението на някоя от фазите спрямо земя съответният контакт К се отваря в оперативната верига на релето Р, то остава без захранване и съоръжението се изключва. Понижаване на напрежението може да се получи при земно съединение или нарушена изолация в една от фазите спрямо земя;
C. Всички мрежи с изолиран звезден център с напрежение по-голямо от 1000 V. При понижаване на напрежението на някоя от фазите спрямо земя съответният контакт К се отваря в оперативната верига на релето Р, то остава без захранване и съоръжението се изключва. Понижаване на напрежението може да се получи при включване или изключване на големи товари;
D. При мрежи със заземен звезден център и напрежение по- малко от 400 V. При понижаване на напрежението на някоя от фазите спрямо земя съответният контакт К се отваря в оперативната верига на релето Р, то остава без захранване и съоръжението се изключва. Понижаване на напрежението може да се получи при къси съединения;

E. При мрежи, работещи с високи честоти. При понижаване на напрежението на някоя от фазите спрямо земя съответният контакт К се отваря в оперативната верига на релето Р, то остава без захранване и съоръжението се изключва. Понижаване на напрежението може да се получи при рязка промяна на работната честота.

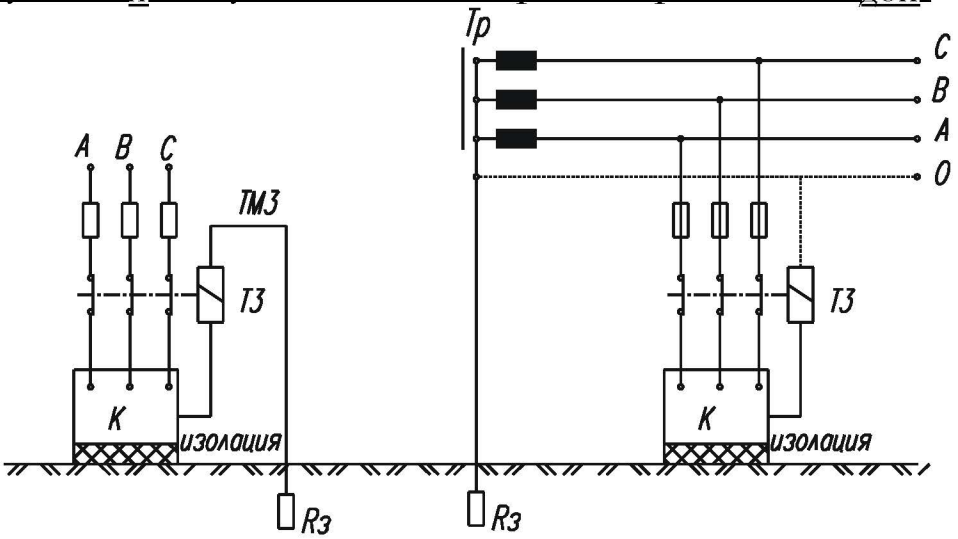
124. *На фигурите са показани схемни реализации на защитно изключване, което се задейства от тока на земно съединение. Намотката на релето може да бъде свързана корпус - заземител или корпус – нулев проводник. Какви са изискванията към намотката на такова реле (ТЗ) и защо съоръжението е необходимо да бъде изолирано от земята?*



A. Намотката на токовото реле трябва да има голямо съпротивление. Налага се изолиране от земята с цел повишаване на чувствителността на защитата;
B. Намотката на токовото реле трябва да бъде с малко съпротивление, за да не се нарушат нормите, третиращи заземяване и зануляване. Корпусите на съоръженията са изолирани от земя, тъй като в противен случай ще се получат шунтиращи паралелни вериги на токовата защита;
C. В първата схема малко съпротивления на намотката на токовото реле, а във втората обратно – голямо. Корпусите са изолирани от земята, за да няма влияние от блуждаещи токове, предизвикани от преминаващ наблизо електрифициран железопътен транспорт;
D. Съпротивлението на намотката на релето и в двата случая трябва да бъде по-малко от 100 Ω. Изолират се от земята, за да не им влияят утечни токове от съседни машини;

E. Съпротивлението на намотката се съобразява с очаквания ток, който ще протече през нея. И в двата случая съоръженията се изолират от земята, за да може защитата да сработи и при прекъсване на нулевия проводник.

125. *На фигурите са показани схемни реализации на защитно изключване, което се задейства от тока на земно съединение. Намотката на релето може да бъде свързана корпус - заземител или корпус – нулев проводник. В кой от посочените отговори вярно е определен тока на задействане на защитата за горните два случая?Известни са: съпротивлението на заземителя $R_З$, импедансът на намотката на релето $Z_Р$, импедансът на веригата "фаза – нула" $Z_Н$, допустимото допирно напрежение $U_{ДОП}$.*



A. $I_{ЗАД} \le \frac{U_{ДОП}}{R_З}$; $I_{ЗАД} \le \frac{U_{ДОП}}{Z_Н}$;

B. $I_{ЗАД} \le \frac{U_{ДОП}}{Z_Р}$; $I_{ЗАД} \ge \frac{U_{ДОП}}{Z_Р}$;

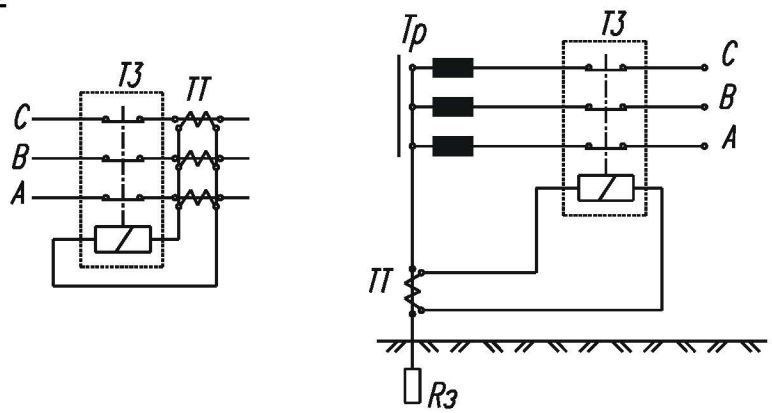
C. $I_{ЗАД} \le \frac{U_{ДОП}}{Z_Р + R_З}$; $I_{ЗАД} \le \frac{U_{ДОП}}{Z_Р + Z_Н}$;

D. $I_{ЗАД} \le \frac{U_{ДОП}.Z_Р^2}{Z_Р + R_З}$; $I_{ЗАД} \le \frac{U_{ДОП}.Z_Н^2}{Z_Р + Z_Н}$;

E. $I_{ЗАД} \ge \frac{U_{ДОП}}{Z_Р + R_З}$; $I_{ЗАД} \ge \frac{U_{ДОП}}{Z_Р + Z_Н}$.

126. *На фигурата са представени две защити, изключващи с токов изключвателен сигнал. Посочете отговора, в който вярно е обоснован принципът на действие на защитата, големината на*

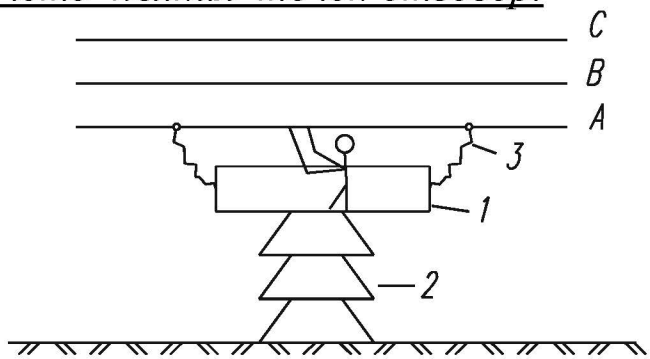
тока, протичащ през нея, а също така и някои съществени недостатъци.



A. При възникване на асиметрия в проводимостите на фазите спрямо земя (земно съединение, допир на човек до фазовия проводник) се появява ток с нулева последователност I_0; токът през защитата ще има стойност: $I_{ЗАЩ} = \frac{3.I_0}{K_{TT}}$, където K_{TT} е коефициент на трансформация на токовите трансформатори. Защитата не действа при симетрично понижение на изолационното съпротивление спрямо земя;
B. При пренапрежение (удар от мълния или комутационни пренапрежения) се появява ток с много стръмен фронт през намотката на релето и то сработва. Токът, който протича през релето, е $I_{ЗАЩ} = \frac{K_У}{K_{TT}}.I_Ф$, където $K_У$ - ударен коефициент, $I_Ф$ – големина на фазовия ток. Защитата не действа при прекъсване на един от проводниците;
C. При възникване на несиметрия в захранвания товар по нулевия проводник протича уравнителен ток I_0, който задейства защитата. Защитата има малка чувствителност, т.е. работи устойчиво при големи несиметрии;
D. При междуфазни къси съединения протича голям ток през нулевия проводник, който води до сработване на защитата. Недостатък е, че понякога максималнотоковата защита може да изключи по-бързо от нея;
E. Защитата действа само при наличие на земно съединение на две различни фази. Големината на тока през релето зависи от преходното земно съпротивление. Основен недостатък на защитата е нейната малка чувствителност.

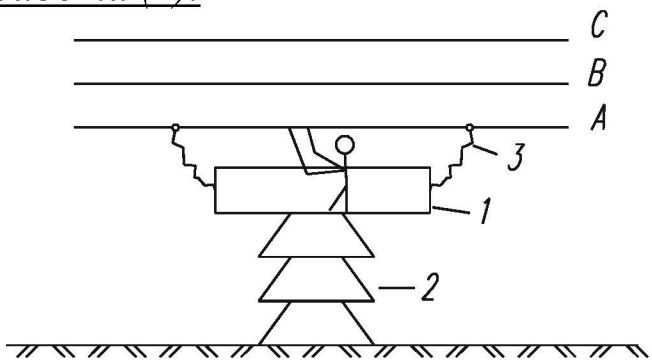
127. *На фигурата е показано изравняване на потенциалите между площадката върху, която е стъпил човека и*

тоководещата част.Какво е означено с цифровите позиции на фигурата ? Посочете пълния точен отговор.



A. 1- изолационна платформа; 2- метален повдигателен крик; 3 – съединителни проводници;
B. 1- метална платформа; 2 - повдигащо устройство (мотокар); 3- обезопасителни капронови въжета;
C. 1- метална платформа; 2- изолационни основи за съответното напрежение; 3- съединителни проводници ;
D. 1- изолационна платформа; 2- изолационни основи; 3- обезопасителни капронови въжета;
E. 1- метална платформа; 2- автомобил повдигач; 3- съединителни проводници.

128. *На фигурата е показано изравняване на потенциалите между площадката върху, която е стъпил човека и тоководещата част. Посочете верния отговор, в който са оказани правилно последователността от действия за започване (1) и за приключване на работа (2).*



A. (1) - с изолационната щанга се свързват проводниците с тоководещия проводник, платформата се повдига на необходимата височина за извършване на съответните работи ; (2) - отдалечава се платформата, откачат се с изолационната щанга проводниците ;
B. (1) - платформата се повдига на необходимата височина за извършване на съответните работи, с изолационната щанга се свързват проводниците с тоководещия проводник;

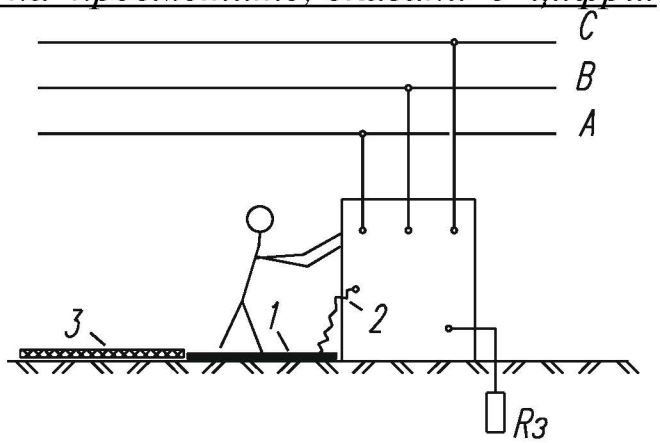
(2) отдалечава се платформата, откачат се с изолационната щанга проводниците;

C. (1) - платформата се повдига на необходимата височина за извършване на съответните работи, с изолационната щанга се свързват проводниците с тоководещия проводник; (2) - откачат се с изолационната щанга проводниците, отдалечава се платформата;

D. (1) - с изолационната щанга се свързват проводниците с тоководещия проводник, платформата се повдига на необходимата височина за извършване на съответните работи; (2) - откачат се с изолационната щанга проводниците, отдалечава се платформата;

E. (1) - платформата се повдига на необходимата височина за извършване на съответните работи, с изолационната щанга се свързват проводниците с тоководещия проводник; (2) – не се откачат проводниците до слизане на техника от платформата.

129. *На фигурата е показано изравняване на потенциала с този на земята. Запишете вярната комбинация от наименованията на предметите, оказани с цифри.*



A. 1 – изолационен килим, 2 – съединителен проводник, 3 – метална поставка ;

B. 1 – метална плоча, 2 – гумирана лента, 3 – изолационен килим;

C. 1 – плоча от PVC, 2 - PVC оплетено въже, 3 - изолационен килим;

D. 1 – циментен блок, 2 – съединителен проводник между арматурата на циментения блок и корпуса на машината, 3 – изолационен килим;

E. 1 – метална поставка, 2 – съединителен проводник, 3 – изолационен килим.

10.6. Допълнителни защитни мерки за безопасност при извършване на работи в електрическите уредби



Неумението добре да се изразяват собствените мисли е недостатък, но липсата на собствени мисли е още по-голям недостатък"

К. Д. Ушински

130. *За работа на височина се приемат всички работи, извършвани на височина по-голяма от :*

A. 6 метра;
B. 4 метра;
C. 5 метра;
D. 3 метра;
E. 2,5 метра.

131. *Какво задължително трябва да имат работещите на височина над 3 метра?*

A. Да бъдат обезопасени с въже против падане;
B. Да използват обувки с мека гумена подметка;
C. Предпазна каска с подбрадник и предпазен монтьорски колан;
D. Да ползват работен гащеризон, а не куртка и панталони;
E. Да притежават надеждно средство за комуникация с намиращите се долу

132. *Кое от посочените изисквания при използване на стълби не е задължително?*

A. Стълби , които се поставят на гладки повърхности, трябва да имат гумени накрайници;
B. Стълби, които се поставят на почва или дъсчен под, трябва да имат остри метални накрайници;
C. Двойните стълби трябва да бъдат надеждно осигурени против самопроизволно разтваряне;
D. Единичните стълби трябва да завършват в горния си край със захващащи куки, за професионални технически дейности е задължително използването на стълби, изработени от алуминий;
E. Стълбите се поставят една над друга с цел удължаване, при условие че са специално конструирани и изпълнени с необходимите приспособления за тази цел.

133. *При нощен обход на въздушни електропроводи какво изискване трябва да се съблюдава? При откриване на паднал или провиснал*

проводник на какво разстояние трябва да се отцепи района? Отговорете на втория въпрос съответно за двата случая (1 случай електропровод с напрежение U≤20 kV; 2 случай електропровод с напрежение U>20 kV):

A. При нощен обход проверяващият се движи встрани от трасето, 1 сл.- 5 m, 2 сл. – 8 m;
B. При нощен обход проверяващият се движи под самия електропровод, като осветява с прожектор проводниците, 1 сл. – 3 m, 2 сл. – 5 m;
C. При нощен обход проверяващият се движи встрани от трасето , като прави единствено щателен оглед на носещите стълбове чрез осветяване с прожектор, 1 сл. – 2 m, 2 сл.- 5 m;
D. При нощен обход проверяващият се движи встрани от трасето, за да не настъпи случайно паднал проводник, 1 сл. – 10 m, 2 сл. – 25 m;
E. При нощен обход проверяващият се движи успоредно на трасето на разстояние по-голямо от 2,5 m от външния проводник, 1 сл. – 3 m, . 2 сл. – 6 m.

134. *При извършване на изкупни работи в близост до кабелни трасета до каква дълбочина се допуска механизирано копаене, а след това задължително трябва да се работи с лопата?*

A. До 0,70 m;
B. До 0,50 m;
C. До 0,40 m;
D. До 0,35 m;
E. До 0,30 m.

135. *При полагане на кабел работниците трябва да ползват брезентови ръкавици, да не стоят в изкопа и така да са разпределени, че на всеки от тях да се пада част от кабела с маса не по-голяма от колко за мъже и за жени при продължителност на работа не повече от 4 ч дневно?*

A. Мъже – 30 кг, жени – 25 кг;
B. Мъже – 40 кг, жени – 30 кг;
C. Мъже – 34 кг, жени – 20 кг;
D. Мъже – 20 кг, жени – 15 кг;
E. Мъже – 20 кг, жени – 10 кг.

136. *В кой от посочените отговори е оказано действие, което не е задължително при рязане на кабел, който предварително е безопасен?*

A. Монтьорът, който извършва рязането, трябва да е поставил диелектрични ръкавици и очила;

B. Монтьорът, който извършва рязането, да е стъпил на диелектрично гумено килимче;
C. Ножовката, с която извършва рязането, да е заземена с гъвкава медна плетенка;
D. Монтьорът, който извършва рязането, хваща само дървената дръжка на ножовката;
E. Да постави гумирана престилка, предпазваща гърдите и краката.

137. *Захранващите кабели на ръчните електроинструменти, преносими лампи и трансформатори трябва да бъдат със защитна изолация и здрава защитна обвивка без снадки. Дължината им не трябва да превишава:*
A. 2 m;
B. 3 m;
C. 4 m;
D. 6 m;
E. 10 m.

138. *Лица, работещи с ръчни електрически инструменти, трябва да имат не по-ниска от II квалификационна група и да не ги използват при работа от подвижна стълба при височина над колко метра от пода?*
A. 4 m;
B. 2,5 m;
C. 3 m;
D. 3,5 m;
E. 6 m.

139. *От колко работника и с каква квалификационна група се извършват измервания с преносими измервателни уреди в уредби до 1000 V?*
A. 2 работника, най-малко III квалификационна група;
B. 1 работник, най-малко III квалификационна група;
C. 2 работника, единият най-малко III квалификационна група, а другият се допуска да бъде II квалификационна група;
D. 1 работник, при условие че има квалификационна група по-голяма от III;
E. 3 работника, от които двамата са най-малко с III квалификационна група, а третият е наблюдаващ IV квалификационна група.

140. *Колко работника, с каква квалификационна група и какви други изисквания се предявяват при измервания с преносими измервателни уреди в уредби над 1000 V?*
A. двама, най-малко III квалификационна група, които използват

задължително лични предпазни средства;

B. трима, най-малко IV квалификационна група двамата, а третият е наблюдаващ с V квалификационна група; на мястото, където се извършва измерването се подсигурява медицински екип;

C. двама, най-малко IV квалификационна група; необходимо е да бъде издаден наряд за работа;

D. един работник, ако е с V квалификационна група и е работил по проверка и измерване на съоръженията най-малко 10 години без прекъсване;

E. двама, най-малко III квалификационна група; необходимо е да бъдат преминали на извънреден инструктаж.

141. *Кой от посочените отговори не се отнася към забраните за акумулаторните помещения?*

A. Да се пуши;

B. Да се влиза с транспортни средства (електрокари, мотокари);

C. Да се влиза с огън;

D. Да се използват електронагревателни уреди;

E. Да се работи с ръчни електроинструменти, при работа с които се отделят поток искри или нагрети частици.

142. *От колко работника и с каква квалификационна група се извършва разреждането на кондензаторни батерии при напрежение до 1000 V?*

A. 1 работник, III квалификационна група;

B. 2 работника, III квалификационна група;

C. 3 работника, II квалификационна група;

D. 2 работника, единият с III, а другият с IV квалификационна група;

E. 2 работника, II квалификационна група.

143. *От колко работника и с каква квалификационна група се извършва разреждането на кондензаторни батерии при напрежение над 1000 V? Други изисквания:*

A. 1 работник, най-малко IV квалификационна група; използва необходимите защитни средства;

B. 2 работника, единият от които е IV квалификационна група; задължително е ползването на необходимите защитни средства;

C. 3 работника, най-малко III квалификационна група; издава се наряд за работа;

D. 1 работник, III квалификационна група, един работник II квалификационна група; задължително се осигурява наблюдаващ специалист с IV квалификационна група;

E. 2 работника, IV квалификационна група, които задължително преминават предварителен инструктаж и изпит по действията, които трябва да извършат.

144. *Като обратен проводник, свързващ заваряваното изделие с източника на заваръчен ток, не може да се използва :*

A. Гъвкави проводници с достатъчно сечение;
B. Стоманена шина с достатъчно сечение;
C. Самата заварявана конструкция;
D. Металният тезгях, използван от заварчика;
E. Заземителни или занулителни проводници, метална строителна конструкция на сградата и техническите съоръжения.

145. *Кой е правилният отговор по отношение допускането до самостоятелна работа на лица за извършване на електрозаваръчни дейности?*

A. Работникът трябва да има свидетелство за правоспособност и най-малко II квалификационна група;
B. Работникът трябва да има свидетелство за правоспособност и I квалификационна група;
C. Работникът може да няма свидетелство за правоспособност, при условие че е с IV квалификационна група;
D. Работникът може да няма свидетелство за правоспособност , но задължително да има II квалификационна група и най-малко 6 месеца стаж като ученик;
E. Работникът трябва да има свидетелство за правоспособност и най-малко 3 месеца работа в един и същи производствен участък.

146. *Обслужването, ремонтът и поддържането в изправност на електрозаваръчни машини и съоръжения се осъществява след изключване от захранващата мрежа. Какви са изискванията към извършващия ремонта?*

A. Работникът трябва да бъде правоспособен електрозаварчик и да притежава най-малко III квалификационна група;
B. Работникът трябва да бъде правоспособен електротехник и да притежава най-малко III квалификационна група;
C. Двама електрозаварчици, които са правоспособни и имат най-малко II квалификационна група;
D. Двама правоспособни електротехника с II квалификационна група. За извършване на работата се издава наряд;
E. Извършва се от завода производител независимо от възникналата повреда.

10.7. Защитни средства в електрическите уредби



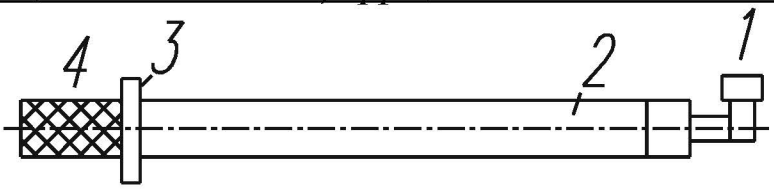
“ Природата е винаги права. Грешките и заблудите произхождат от хората”

Гьоте

147. *Предупредителните табелки се изработват от изолационен материал с размери и текст, определен със стандарт. Според текста те се подразделят на няколко групи. Коя от посочените групи не съществува?*

A. Предупредителни ;
B. Забранителни;
C. Разрешаващи;
D. Онагледяващи;
E. Напомнящи.

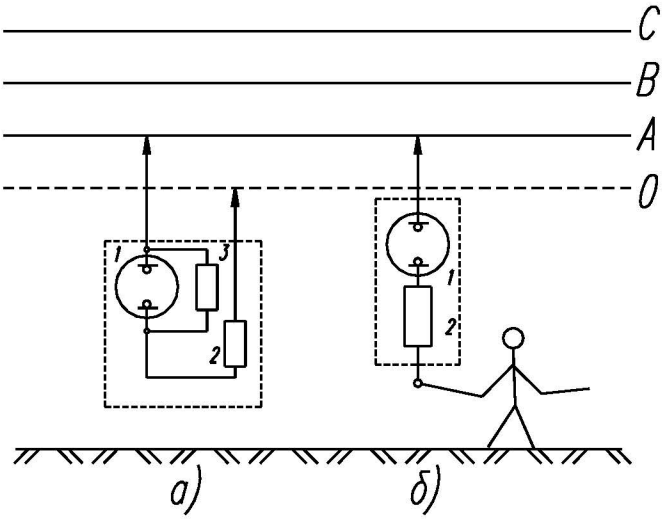
148. *На фигурата е показана оперативна изолираща щанга. Как се наричат частите, означени с цифри, и от какъв материал са изработените?*



A. 1 – **работна част** – текстолит; 2 – **изолираща част** – метална, покрита с изолационен маркуч; 3 – **ограничителен пръстен** – метален; 4 – **ръкохватка** – метална, покрита с изолация;
B. 1 – **манипулатор** – метален; 2- **изолираща част** – текстолит; 3 – **ограничителен пръстен**– текстолит; 4 – **ръкохватка** – PVC;
C. 1 – **работна част** – метална; 2 – **изолираща част** – текстолит или гетинакс (лакирани); 3 – **ограничителен пръстен** – текстолит или гетинакс; 4 – **ръкохватка** – текстолит или гетинакс;
D. 1 – **изолираща** част – текстолит; 2 – **работна част** – метална; 3 – **ограничителен пръстен** – текстолит; 4 – **ръкохватка** – текстолит;
E. 1 – **работна част** – гетинакс (лакиран); 2 – **удължител** – метален с каучуково покритие; 3 – **ограничителен пръстен** – гумен; 4 – **ръкохватка** – метална с гумено покритие.

149. *На фигурата са показани указатели за наличие на напрежение. Какви са техните технически названия? Как се наричат елементите, означени с цифри? До колко волта се използват те?*

A. а)**двуполюсен** – до 500 V (1–неонова лампа, 2–съпротивление 1 MΩ, 3–съпротивление 1 MΩ); б)**еднополюсен** – до 500 V (1–неонова лампа, 2–съпротивление 1 MΩ);



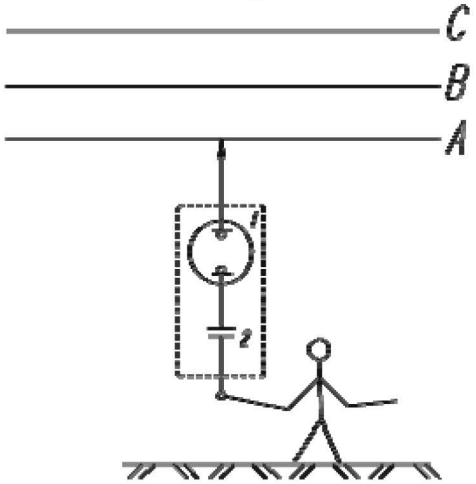
B. а)**двуфазен** – до 25 kV (1–луминесцентна тръбичка, 2–съпротивление 50 MΩ, 3–съпротивление 5 MΩ); б)**еднополюсен** до 230V (1–глим лампа, 2–съпротивление 2MΩ);

C. а)**стационарен** – до 25 kV (1 – живачна лампа с високо налягане, 2 – индуктивен елемент ,3 - съпротивление 1 MΩ); б) **ръчен** – до 220 V (1 – лампа с ксенон, 2 - съпротивление 1 MΩ);

D. а)**за фазово напрежение** – до 230 V (1 – неонова лампа, 2 и 3 – индуктивни елементи); б) **за потенциал** – до 1 kV (1 – неонова лампа, 2 – индуктивност);

E. а) **еднополюсен с директна нула** – до 5 kV (1 – лампа с нажежаема жичка, 2 и 3 – съпротивление 1 MΩ); б) **еднополюсен с индиректна земя** – до 100 V (1 – неонова лампа, 2 - съпротивление 5 MΩ).

150. *На фигурата е показан указател за наличие на напрежение. За какви стойности на напрежението е предназначен той?*



A. До 220 V – тъй като веригата се затваря през човека;
B. До 1000 V ;
C. Над 1000 V;
D. До 48 V постоянно захранване;
E. До 380 V за мрежи с изолиран звезден център.

151. *Кое от посочените изисквания за съхраняване на гумени защитни средства (ръкавици, боти, галоши, килимчета, пътеки) не е необходимо?*

A. Съхраняват се на сухо при температура 25 ° C;
B. Съхраняват се на тъмно;
C. Съхраняват се в специални калъфи от брезент;
D. При съхраняване се талкират;
E. Съхраняват се извън въздействието на масла и бензини или техните пари.

10.8. Електротравматизъм и първа помощ при електрозлополуки



“ Трябва да си поставяме прости цели и едва след това можем да си позволим сложни обходни пътища за тяхното постигане.”

Шарл дьо Гол

152. *Действието на електрическия ток върху човешкия организъм условно може да се диференцира в няколко направления. Кой от посочените отговори не принадлежи към установената в практиката диференциация?*

A. Биологично действие;
B. Топлинно действие;
C. Химично действие;
D. Психологично и нервнопаралитично действие;
E. Механично действие.

153. *Кой от посочените случаи не характеризира поражение от изгаряне, предизвикано от електрически ток?*

A. Кожата на човека има най-голямо съпротивление и при протичане на ток в нея се отделя голямо количество топлина;
B. Електрическа дъга, която гори между тоководещата част и човешкото тяло, т.е. топлината се предава чрез конвекция;
C. Електроофталмия;
D. Дъгата гори между тоководещи части и излъчва топлинна енергия към човешкото тяло;
E. Допир до загрети части вследствие на протичане на голям ток (нагреватели, усилени предпазители, корпуси на ел. двигатели с влошено охлаждане и т.н.).

154. *Какво представлява електроофталмията?*

A. Кръгли или елипсовидни подутини с бял или жълт цвят с формата на допряната тоководеща част;
B. Когато електрическата дъга гори близо до човешкото тяло, тя може да изпари метал, който да проникне в кожата;
C. При протичане на електрически ток се получават силни и внезапни свивания на мускулите на човешкото тяло като реакция. Това може да предизвиква разкъсване на нерви или кръвоносни съдове;
D. Възпаление на външната обвивка на очите, предизвикана от високата температура или от лъчистата енергия на дъгата;

E. Последица от възникнала електрическа дъга между човешкото тяло и тоководещата част.

155. *Големината на електрическия ток , който протича през човека при електрозлополука, е един от основните фактори, които определят степента на поражението. Посочете верния отговор на стойностите на безопасен променлив и постоянен ток:*

A. Променлив до 100 μA, постоянен 200 μA;
B. Променлив до 50 μA, постоянен 100 μA;
C. Променлив до 100 mA, постоянен 200 mA;
D. Променлив до 50 mA, постоянен 100 mA;
E. Променлив до 150 μA, постоянен 200 μA.

156. *Посочете правилния отговор, в който с посочени границите на неотпускащ променлив и постоянен ток:*

A. Променлив 10 – 100 mA, постоянен 80 – 300 mA;
B. Променлив 50 – 120 mA, постоянен 100 –150 mA;
C. Променлив по- голям от 150 mA, постоянен по-голям от 400 mA;
D. Променлив 100 μA, постоянен 250 μA;
E. Променлив 8 mA, постоянен 70 mA.

157. *Какъв характер има съпротивлението на вътрешните органи на човешкото тяло и на неговата кожа? Параметри, които ги характеризират. Посочете верния отговор:*

A. **Вътрешни органи** – активно съпротивление R_B; **кожа** – комплексно съпротивление (паралелно свързани индуктивност L_K и активно съпротивление R_K);
B. **Вътрешни органи** - индуктивно съпротивление (индуктивност L_B); **кожа** – активно съпротивление R_K;
C. **Вътрешни органи** - активно съпротивление $R_{B;}$ **кожа** – комплексно съпротивление (паралелно свързани кондензатор с капацитет C_K и активно съпротивление R_K;
D. **Вътрешни органи** – съпротивление 0 Ω ; **кожа** – капацитивно съпротивление;
E. **Вътрешни органи** – капацитивно съпротивление; **кожа** – индуктивно съпротивление.

158. *Каква е стойността на безопасното напрежение?*

A. 36 V;
B. 42 V;
C. 63 V;
D. 12 V ;
E. 24 V .

159. *Сравнете променлив ток с честота 50 Hz с постоянен ток. До 500 V кой от тях създава по-голяма опасност за поражение на човека?*

A. Променливият ток е по-безопасен;
B. Постоянният ток е по-опасен;
C. Променливият ток е по-опасен;
D. Постоянният ток е по-опасен от променливия дори и при напрежения над 100 V;
E. До 500 V и постоянният, и променливият ток са с една и съща степен на опасност. Това се потвърждава от статистиката на станалите злополуки.

160. *Как се изменя опасността от протичащия електрически ток, преминаващ през човека, в честотен диапазон от 0 до 50 Hz и над 50 Hz?*

A. От 0 до 50 Hz – опасността намалява, над 50 Hz опасността нараства;
B. От 0 до 50 Hz – опасността се увеличава, над 50 Hz опасността намалява;
C. От 0 до 50 Hz – опасността нараства, над 50 Hz опасността нараства;
D. Честотата на протичащия през тялото на човека електрически ток не оказа влияние на опасността от поражение;
E. Границата на честотата, при която имаме повишена опасност от поражение, зависи изключително индивидуално от ритъма на сърдечната дейност на конкретния човек.

161. *Статистическите данни показват, че пътят, по който се затваря електрическата верига през тялото на човека, е от съществено значение за степента на поражение. Кой от посочените случаи е най-безопасен?*

A. Лява ръка, ляв крак;
B. Дясна ръка, лява ръка;
C. Глава, дясна ръка;
D. Глава, лява ръка;
E. Крак, крак.

162. *Кой фактор на околната среда няма отношение към големината на протичащия електрически ток през тялото на човека при злополука?*

A. Висока температура на околната среда;
B. Повишена влажност;
C. Наличие на соли или разяждащи газове;

D. Проводящ прах;
E. Скорост на вятъра или въздушното течение.

163. *Посочете вярната класификация на помещенията: 1 – подстанции, централи; 2 – трафопостове, открити разпределителни уредби; 3 – стругарски цех, тъкачен цех; 4 – канцеларии, салони.*

A. 1 – затворени електротехнически, 2 – електротехнически, 3 – битови, 4 – производствени;
B. 1 – електротехнически, 2 – производствени, 3 – затворени електротехнически, 4 – битови;
C. 1 – производствени, 2 – електротехнически, 3 – затворени електротехнически, 4 – битови;
D. 1 – електротехнически, 2 – затворени електротехнически, 3 – производствени, 4 – битови;
E. 1 – затворени електротехнически, 2 – производствени, 3 – електротехнически, 4 – битови.

164. *При спасяване на пострадал от електрически ток се изпълняват задължително определени дейности, а именно:*

1. *Транспортиране на пострадалия до лечебно заведение;*
2. *Преценка на състоянието на пострадалия;*
3. *Изпълнение на мероприятия по спасяването му (изкуствено дишане, непряк сърдечен масаж, спиране на кръвотечение и т.н.);*
4. *Освобождаване на пострадалия от действието на електрическия ток и изнасянето му от опасното място;*
5. *Поддържане на основните жизнени функции на пострадалия до идване на медицинска помощ;*
6. *Определяне характера на травмите , създаващи най-голяма опасност за живота на пострадалия, и вземане на решение за последователността от действия, които трябва да се извършат.*

Посочете отговора, в който е направена правилната подредба на записаните и номерирани действия:

A. 4, 6, 2, 3, 1, 5;
B. 4, 3, 1, 6, 2, 5;
C. 4, 2, 6, 1, 3, 5;
D. 4, 2, 6, 3, 5, 1;
E. 4, 2, 6, 3, 1, 5.

165. *Едно от първите действия при пострадал от електрически ток е отделянето му от електрическата верига (имаме в предвид случая, когато е невъзможно изключването на захранващото напрежение). Кой от посочените отговори е най-неприемлив и*

почти не намира приложение в практиката при мрежи с напрежение до 1000 V?

A. Хваща се пострадалия през дрехата и се изтегля (може да се метне върху него суха дреха и държейки през нея, се изтегля);
B. Прекъсване на тоководещия проводник с брадва или клещи с изолационна дръжка (ако е проводима дръжката, се покрива със суха дреха);
C. Стъпване на спасяващия върху изолационно килимче или суха дървена поставка и изтегляне на пострадалия ;
D. Подпъхване на изолационна поставка под пострадалия с цел изолиране от земята и прекъсване на електрическата верига;
E. Хвърляне на сухо текстилно въже и изтегляне на пострадалия от безопасно за спасяващия разстояние.

166. *Едно от първите действия при пострадал от електрически ток е отделянето му от електрическата верига, което може да се реализира чрез изключване на части, намиращи се под напрежение от уредбата или съоръжението, до които се допира пострадалия. Прекъсването на захранването може да се реализира от прекъсвачи, намиращи се на електрическото табло. При условие че на таблото има няколко прекъсвача как бихте постъпили?*

A. Бързо се изключват подред всички прекъсвачи;
B. Обръщам се към работещ в помещението или към сменния електротехник (при условие че се намира в помещението) и изключвам необходимия прекъсвач;
C. Изключват се последователно всички прекъсвачи , като при това се наблюдава реакцията на пострадалия;
D. Всяко електрическо табло се снабдява с централен прекъсвач, който се разполага странично или е отделен от групата на останалите, намиращи се на панела на таблото. Ориентирам се към него и го изключвам;
E. Максимално бързо се телефонира до дежурния по подстанция за изключване на съответния цех.

167. *При преценка състоянието на пострадалия каква информация ни дава ширината на зеницата му? Посочете вярното твърдение:*

A. Свита зеница – загуба на съзнание;
B. Свита зеница – нарушаване центъра на дишането (в този случай пострадалият диша рядко и с прекъсване);
C. Разширена зеница – нормално съзнание;
D. Свита зеница – нормално съзнание , а при разширена – загуба на съзнание;

E. Разширена зеница – жизнените функции на организма са запазени и на пострадалия не трябва да се разрешава ставане до идване на медицинско лице.

168. *Посочете верния отговор на правилната последователност от действия при реализация на изкуствено дишане, а именно:*

1. *Поставяме марля върху устата на пострадалия и започваме изкуствено дишане "уста в уста", като не забравяме , че носът трябва да бъде запушен с буза или с пръсти;*
2. *Разтваряме устата на пострадалия чрез раздвижване на долната челюст;*
3. *Поставяме едната ръка под тила, а с другата натискаме челото назад. Целта е да бъдат освободени дихателните пътища;*
4. *Проверяваме състоянието на езика , издърпваме го напред и почистваме устната кухина при необходимост.*

A. 2, 3, 1, 4;
B. 2, 1, 4, 3;
C. 2, 4, 1, 3;
D. 2, 4, 3, 1;
E. 2, 3, 4, 1.

169. *Какво трябва да бъде съотношението изкуствено дишане – непряк сърдечен масаж?*

A. 1:3;
B. 1:5;
C. 1:9;
D. 1:2;
E. 1:15.

170. *При поражение от мълния кое от посочените действия не трябва да се извършва?*

A. Поставя се пострадалия да легне по гръб на твърдо място;
B. Разкопчават се дрехите му;
C. Прилага се изкуствено дишане;
D. Прилага се непряк масаж на сърцето;
E. Заравя се пострадалия на 30 cm в земята за престой не повече от 1 час.

10.9. Анализ на електрически мрежи и уредби по отношение на тяхната електробезопасност



"... умът се състои не само в знанията, но и в умението те да се прилагат в практиката"

Аристотел

171. *Потенциалът на произволно избрана точка, намираща се на разстояние "x" от центъра на полусферичен заземител, през който протича ток $I_З$, се явява функция на:*

A. $\frac{1}{x}$;

B. $\frac{1}{x^2}$;

C. x;

D. x^2;

E. $\frac{1}{x^3}$.

172. *На какво разстояние от полусферичен заземител, през който протича ток, потенциалът има най – голяма стойност?*

A. На разстояние по-голямо от 40 m;
B. На разстояние от 15 до 20 m;
C. На повърхността на заземителя;
D. В безкрайността;
E. На 0,5 m от заземителя.

173. *На какво разстояние от мястото на протичане на ток в земята практически се приема, че потенциалът е 0?*

A. От 5 до 6 m;
B. От 10 до 13 m;
C. От 8 до 10 m;
D. От 15 до 20 m;
E. От 3 до 9 m.

174. *Съпротивлението на заземителя $R_З$ представлява съпротивлението на почвата по пътя на тока от заземителя до безкрайно голямо разстояние от него. Кое от посочените твърдения за съпротивлението на заземителя е вярно?*

A. $R_З$ е право пропорционално на специфичното съпротивление на почвата и обратно пропорционално на диаметъра на заземителя D;

B. $R_З$ е обратно пропорционално на специфичното съпротивление на почвата и право пропорционално на диаметъра на заземителя D;
C. $R_З$ е право пропорционално на диаметъра на заземителя D и обратно пропорционално на протичащия ток през заземителя $I_З$;
D. $R_З$ е право пропорционално на протичащия ток през заземителя $I_З$ и обратно пропорционално на специфичното съпротивление на почвата;
E. $R_З$ зависи само от специфичното съпротивление на почвата, геометричните размери на заземителя не оказват влияние.

175. *При групов заземител кривата на разпределение на потенциала се получава като обвивна крива, получена от кривите на разпределение на потенциала на отделните заземители. На какво разстояние трябва да се намират заземителите, за да се държат като единични, т. е. да отсъства препокриване на кривата на потенциалите им?*

A. Над 10 m;
B. Над 20 m;
C. Над 15 m;
D. Над 25 m;
E. Над 40 m.

176. *В кой от посочените отговори правилно е дефинирано чрез аналитичен израз допирно напрежение (напрежение на допир)?*

A. $U_Д = U_П - U_З$, където $U_Д$ е допирното напрежение, $U_П$ – потенциал на заземителя, зависещ хиперболично от разстоянието "*x*" до центъра му, $U_З$ – потенциал на заземителя, т.е. потенциала, който ще получи, ако се допрем до заземителя (той не зависи от местоположението на човека);
B. $U_Д = U_З - U_П$;
C. $U_Д = 20\lg\frac{U_З}{U_П}$;
D. $U_Д = 0,366\lg\frac{U_П}{U_З}$;
E. $U_Д = \sqrt{U_П.U_З}$.

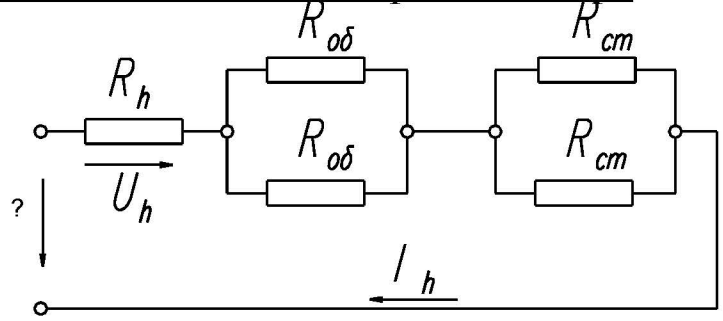
177. *Три машини са свързани с обща шина към заземител, като при това те са отдалечени от него както следва:*

- *Първа машина (1) – 10 m;*
- *Втора машина (2) – 40 m;*
- *Трета машина (3) – 25 m;*

През заземител протича ток $I_З$. Подредете във възходящ ред големините на допирните напрежения $U_Д$ при допир на човек до всяка една от машините:

A. 1,3,2;
B. 1,2,3;
C. 2,1,3;
D. 2,3,1;
E. 3,2,1.

178. *За допирни или крачни напрежения се отнася показаната на фигурата схема? Направете тълкуване на означените съпротивления и посочете пълния верен отговор:*



A. Схемата се отнася за крачни напрежения, където :
   R_h – съпротивление на човека;
   $R_{об}$ – съпротивление на едната обувка;
   $R_{ст}$ – съпротивление на почвата (пода) под обувката.
B. Схемата се отнася за допирни напрежения, където:
   R_h – съпротивление на човека;
   $R_{об}$ – съпротивление на едната обувка;
   $R_{ст}$ – съпротивление на почвата (пода) под обувката.
C. Схемата се отнася за допирни напрежения, където:
   R_h – съпротивление на човека;
   $R_{об}$ – съпротивление на обекта (машината – боядисана, оксидирана и т.н.);
   $R_{ст}$ – съпротивление на стискане (натиск) до тоководещата част;
D. Схемата няма отношение нито към крачно, нито към допирно напрежение;
E. Схемата се отнася за крачни напрежения, където:
   R_h – маса на човека, т.е. осъществен контактен натиск със земята;
   $R_{об}$ – съпротивление на едната обувка;
   $R_{ст}$ – съпротивление на стискане (натиск) до тоководещата част.

179. *От колко не трябва да бъде по-голяма ефективната стойност на допирни напрежения за възрастни при честота 50 Hz?*

A. 12 V;

B. 24 V;
C. 36 V;
D. 65 V;
E. 100 V.

180. *От колко не трябва да бъде по-голяма ефективната стойност на допирни напрежения за деца и домашни животни при честота 50 Hz?*

A. 12 V;
B. 24 V;
C. 36 V;
D. 65 V;
E. 42 V.

181. *Ако човек се движи радиално от центъра на заземителя и големината на крачката му е с размер "s", тогава крачното напрежение на разстояние "x" ще бъде:*

A. $U_K = \dfrac{\rho . I_З . s}{2.\pi . x(x+s)}$;

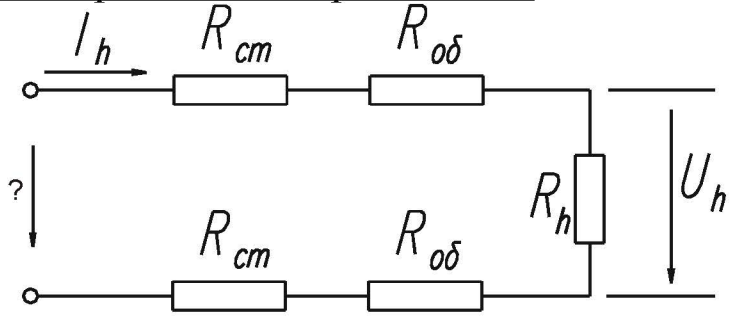
B. $U_K = \dfrac{\rho . I_З (s+x)}{2.\pi . x . s}$;

C. $U_K = \sqrt{\dfrac{I_З . \rho}{(x+s)}} . 2.\pi$;

D. $U_K = \dfrac{\rho . I_З . x}{2.\pi . s^2}$;

E. $U_K = \dfrac{I_З . s}{2.\pi . \rho . x}$.

182. *За допирни или за крачни напрежения се отнася показаната на фигурата схема? Вярно ли е начертана тя?*



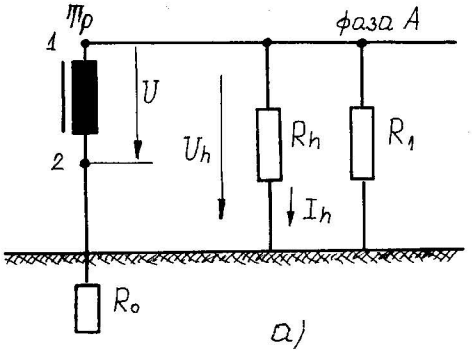
A. Грешна – за допирни напрежения;
B. Грешна – за крачни напрежения;
C. Вярна – за крачни напрежения;
D. Вярна – за допирни напрежения;
E. Няма отношение нито към крачни, нито към допирни напрежения.

183. *В кой от посочените случаи намира приложение еднопроводна електрическа мрежа със заземен полюс или фаза?*

A. При захранване на тролейбуси;
B. При захранване на електрически двигатели на подвижни колички на електротелфери;
C. Електрокари транспортни и електрокари повдигачи;
D. Намира приложение при захранване на трамваи и влакове;
E. Намира приложение при захранване на ски влекове.

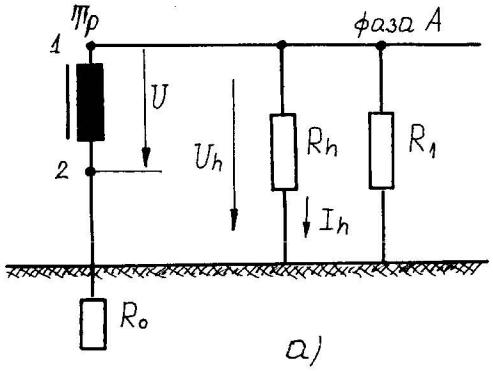
184. *На фигурата е показана електропроводна мрежа със заземена фаза. Приема се, че изолационното съпротивление $R_1 \approx \infty$ Ω, а съпротивлението на заземяване $R_0 \approx 0$ Ω. Мрежата е за напрежение 380 V. Ако съпротивлението на човека е $R_h = 1000$ Ω, определете големината на протичащия през него ток:*

A. 3,8 A;
B. 380 μA;
C. 380 mA;
D. 0,38 mA;
E. 0,40 A.



185. *На фигурата е показана електропроводна мрежа със заземена фаза. Приема се, че изолационното съпротивление $R_1 \approx \infty$ Ω, а съпротивлението на заземяване $R_0 = 10$ Ω.. Мрежата е за напрежение 380 V. Ако съпротивлението на човека е $R_h = 1000$ Ω, определете големината на протичащия през него ток:*

A. 0,376 A;
B. 0,28 A;
C. 0,376 mA;
D. 38 A;
E. 38 mA.

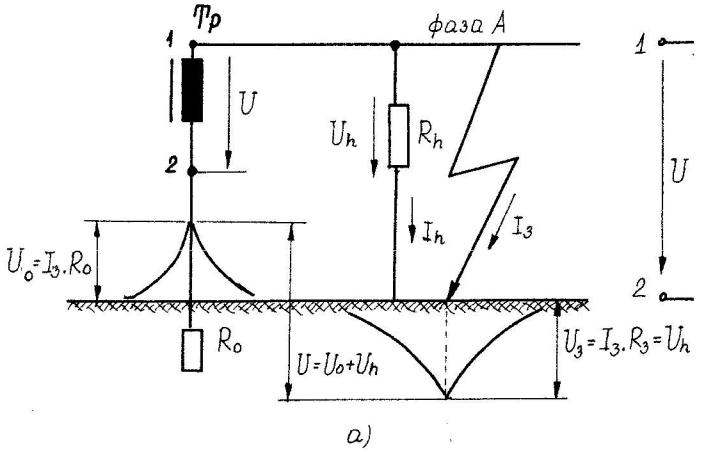


186. *По какъв начин става обезопасяването на еднопроводна мрежа със заземен полюс или фаза?*

A. Използва се максимално токова защита;
B. Монтират се искрови междини на 1500 m по трасето;
C. Ограничава се възможността за допир (голяма височина на окачване), предпазни заземени ограждания;
D. Използва се катодна защита;
E. Използва се дефектнотокова защита.

187. *На фигурата е показано земно съединение на еднопроводна мрежа със заземена фаза. Приема се, че съпротивлението на човека R_h е много по-голямо от съпротивлението на заземяване $R_З$. За показаната мрежа са известни: R_0 = 4 Ω, $R_З$ = 30 Ω, захранващо напрежение U = 500 V. Определете големината на тока на земно съединение $I_З$ и напрежението върху човека U_h:*

A. I_h = 16,67 A, U_h = 499 V;
B. I_h = 125 A, U_h = 3750 V;
C. I_h = 0,147 A, U_h = 4,41 V;
D. I_h = 1,471 A, U_h = 44,13 V;
E. I_h = 14,71 A, U_h = 441,3 V.

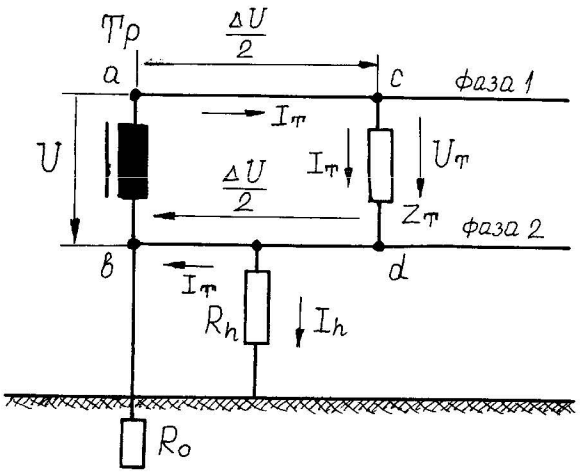


а)

188. *В кой от случаите двупроводната електрическа мрежа със заземен полюс или фаза не намира приложение?*

A. При измервателните трансформатори;
B. При понижаващи трансформатори за захранване на преносими лампи и електрифицирани ръчни инструменти;
C. При електрически заварки;
D. При монофазни мрежи като част от трифазни мрежи;
E. При тролейбусния транспорт.

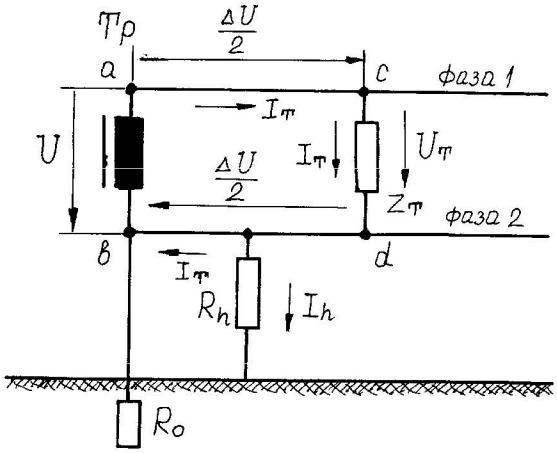
189. *На фигурата е показана двупроводна мрежа със заземена фаза. Приети са следните означения: R_h = 1000 Ω – съпротивление на човека; R_o = 4 Ω – съпротивление на заземяване; $Z_т$ = 400 Ω – съпротивление на товара; U = 100 V (при f = 50 Hz). Човекът се допира не към фаза 2, както е показано на фигурата, а към фаза 1. Определете големината на протичащия през него ток и направете оценка за степента на опасност:*



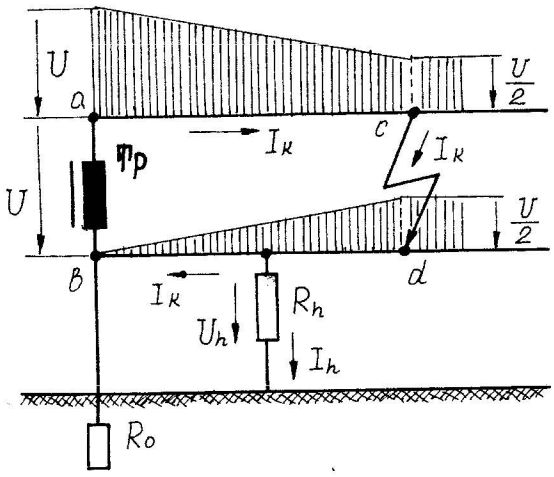
A. 99,6 mA – неотпускащ ток, опасен;
B. 71,23 mA – неотпускащ ток, опасен;
C. 126 mA – фибрилационен ток, опасен;
D. 1,26 mA– праг на усещане, безопасен;
E. 25 A – фибрилационен ток, опасен.

190. *На фигурата е показана двупроводна мрежа със заземена фаза. Приети са следните означения: R_h = 1000 Ω – съпротивление на човека; R_o = 4 Ω – съпротивление на заземяване; Z_m = 400 Ω – съпротивление на товара; U = 100 V (при f = 50 Hz). Човекът се допира към фаза 2, както е показано на фигурата. Определете ориентировъчно големината на протичащия през него ток и направете оценка за степента на опасност:*

A. 20 mA до 30 mA – неотпускащ ток;
B. От 2 A до 3 A – фибрилационен ток;
C. 2 mA до 3 mA – отпускащ, безопасен;
D. 200 mA до 300 mA – фибрилационен ток;
E. Няма да протече ток през човека.



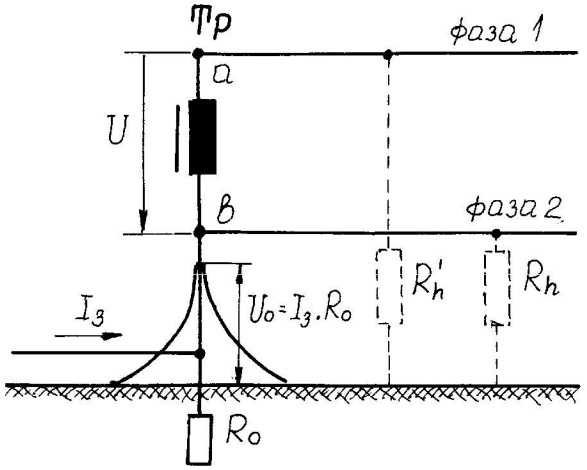
191. *На фигурата е показана двупроводна мрежа със заземен полюс или фаза при късо съединение. Късото съединение е станало между точките "c" и "d" (съпротивлението в мястото на късото съединение е Z_{KC} = 0 Ω, а напрежението съответно U_{cd} = 0 V). Ако фазовите проводници са от еднакъв материал и имат еднакво сечение, напрежението U* ***ще се разпредели по тях по равно****. Всички точки, които се намират* ***на по-голямо*** *разстояние от мястото на късото съединение, ще имат напрежение U/2 спрямо земя независимо за коя фаза (виж фигурата!). Ако човекът се намира* ***по средата на разстоянието "bd"*** *и се допира до проводника , както е показано на фигурата, колко ще бъде напрежението върху него U_h и какъв ток ще протече през него I_h? Известни са следните данни: U = 100 V, R_h = 1000 Ω, R_o = 4 Ω).*



A. U_h = 24 V, I_h = 24 mA;
B. U_h = 25 V, I_h = 25 mA;
C. U_h = 20 V, I_h = 20 mA;
D. U_h = 50 V, I_h = 50 mA;
E. U_h = 15 V, I_h = 15 mA.

192. *На фигурата е показана двупроводна мрежа със заземена фаза при протичане на ток на земно съединение $I_З$ през работното заземяване* ***от друга мрежа с по-високо напрежение****. Приемете , че протичащият ток на земно съединение $I_З$ от другата мрежа е със стойност $I_З$ = 15 А. За мрежата са известни: съпротивление на заземяване - R_o = 4 Ω; работно напрежение на двупроводната мрежа U = 50 V. При това състояние каква стойност ще придобие напрежението на фаза 1, до която се докосва човекът спрямо земята ?*

A. 150 V;
B. 60 V;
C. 85 V;
D. 110 V;
E. 100 V.



193. *Как се обезопасява двупроводна мрежа със заземен полюс или фаза срещу поражение при допир до заземената фаза?*

A. Използват се термични релета;
B. Монтират се повторни заземители;
C. Монтират се вентилни отводи;
D. Монтират се катодни отводители;
E. Поставят се през 500 m искрови междини.

194. *Посочете отговора, в който правилно е посочен пример за областта на приложение на двупроводна мрежа, изолирана от земя:*

A. При електрически влакове;
B. При трамваи;
C. Измервателни трансформатори, при понижаващи трансформатори за захранване на преносими лампи и електрифицирани ръчни инструменти;
D. При монофазни мрежи като част от трифазни;
E. Почти всички мрежи за постоянно напрежение; мрежи за променливо напрежение като с изолирането се цели безопасност при еднофазно допиране (разделителни трансформатори).

195. *На фигурата е показана двупроводна мрежа, изолирана от земята, с малък капацитет. За схемата са известни: R_h = 1000 Ω, напрежение на мрежата U = 230 V; R_1, R_2 - изолационни*

съпротивления, имащи стойности, клонящи към безкрайност,но $R_2 > R_1$. Опасен ли е показаният допир за човека на фигурата и какъв ток ще протече през него?

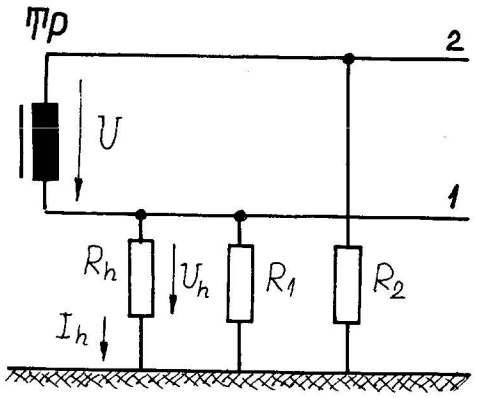
A. $I_h = \frac{U}{R_h}$ опасен;

B. $I_h = \frac{U}{R_2}$ безопасен;

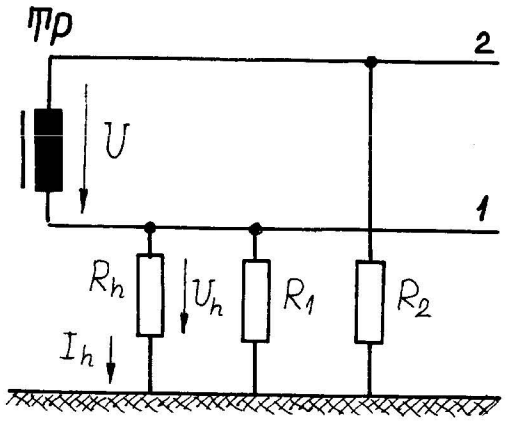
C. $I_h = 0A$;

D. $I_h = \frac{U}{R_1}$ безопасен;

E. $I_h = \frac{U}{R_1 + R_2}$ безопасен.

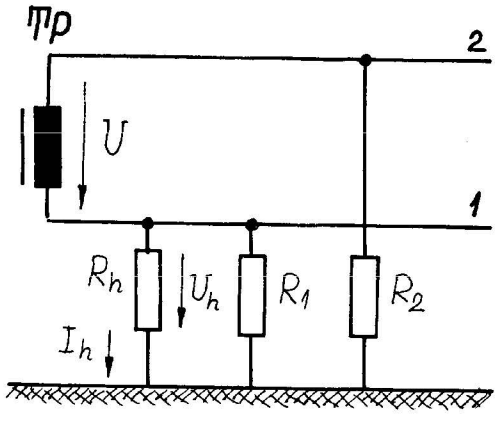


196. *На фигурата е показана двупроводна мрежа, изолирана от земята, с малък капацитет. Как ще се промени тока, който протича през човека, при намаляване на изолационното съпротивление R_1 на допряната фаза от човека спрямо изолационното съпротивление R_2 на недопряната фаза?*



A. Увеличава се ;
B. Не се променя;
C. Намалява;
D. Увеличава се с толкова пъти, колкото съпротивлението намалява;
E. Не зависи от промяната на съпротивленията R_1 и R_2, а само от съпротивлението на човека R_h.

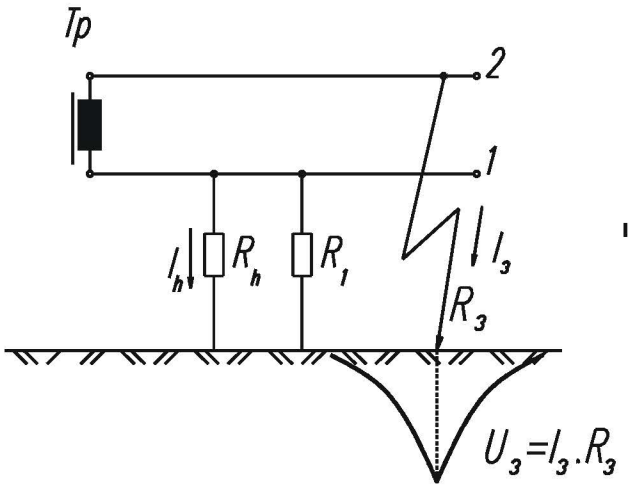
197. *На фигурата е показана двупроводна мрежа, изолирана от земята, с малък капацитет. Как ще се промени тока, който протича през човека, при увеличаване на изолационното съпротивление R_1 на допряната фаза от човека спрямо изолационното съпротивление R_2 на недопряната фаза?*



A. Увеличава се;
B. Не се променя;

C. Намалява;
D. Намалява толкова пъти, колкото пъти намалява съпротивлението;
E. Не зависи от промяната на съпротивленията R_1 и R_2, а само от съпротивлението на човека R_h.

198. *На фигурата е показана двупроводна мрежа с малък капацитет, изолирана от земята, с реализирано земно съединение на фаза 2 . С R_1 е означено изолационното съпротивление на фаза 1. Човек със съпротивление R_h=1000 Ω се е допрял до фаза 1. Какъв ток ще протече през човека и опасен ли ще бъде той за него, ако захранващото напрежение на мрежата е U = 200 V?*

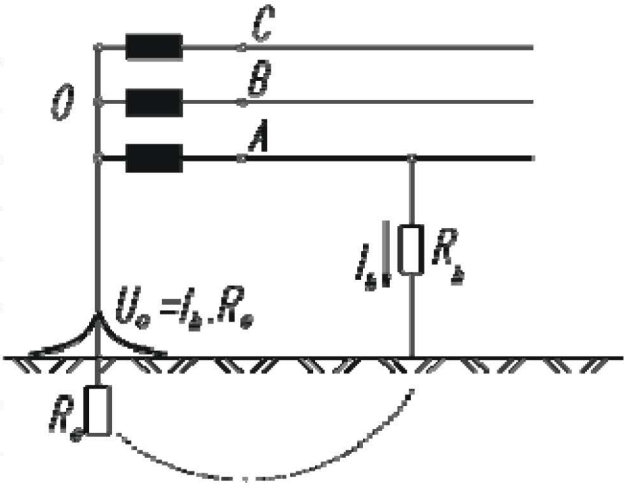


A. I = 200 mA – опасен;
B. I – има порядък на μA – безопасен;
C. Безопасен ток при допир с времетраене до 2 секунди;
D. Ток през човека не протича;
E. I ≤ 100 μA – безопасен.

199. *В кой отговор правилно е посочено обезопасяването на двупроводна мрежа, изолирана от земя?*

A. Монтират се повторни заземители;
B. Максимално токова защита – бързо действащи предпазители;
C. Монтират се вентилни отводи;
D. Чрез устройства за непрекъснат контрол на изолацията;
E. Монтират се катодни отводители.

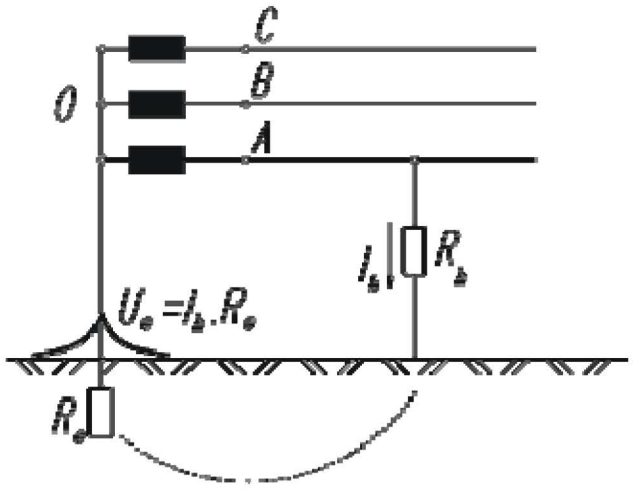
200. *На фигурата е показана трифазна мрежа с директно заземен звезден център. Човекът се е допрял до фаза А (съпротивление на човека R_h = 1000Ω). Съпротивлението на заземяване на звездния център R_0 = 4 Ω. Да се определи големината на тока, протичащ през човека, при условие че линейното*



напрежение на мрежата е $U_Л$ = 380 V, а фазовото напрежение $U_ф$ = 220 V. Опасен ли ще бъде той за него?

A. 220 mA – фибрилационен опасен;
B. 110 mA – фибрилационен опасен;
C. 2,2 A – опасен;
D. Безопасен, тъй като се ограничава от R_0;
E. 22 A – опасен.

201. *На фигурата е показана трифазна мрежа с директно заземен звезден център. Човекът се е допрял до фаза А (съпротивление на човека R_h = 1000 Ω). При тази ситуация през тялото на човека протича отпускащ ток със стойност I_h = 10 mA. Каква трябва да бъде стойността на фазовото напрежение $U_ф$, за да протече през човека посоченият по-горе ток?*

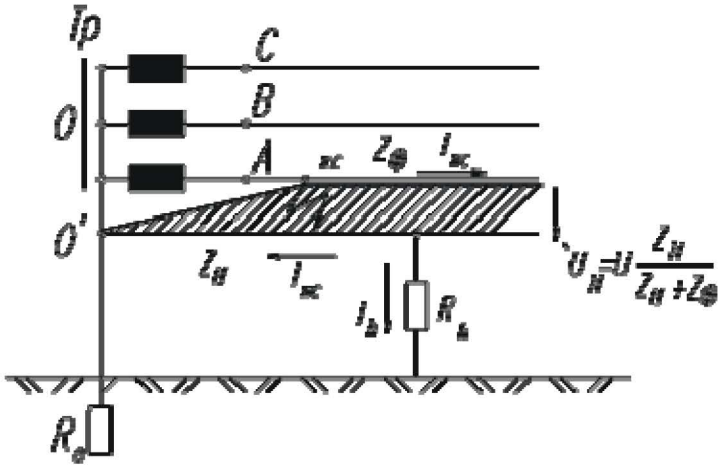


A. 100 V;
B. 50 V;
C. 10 V;
D. 70 V;
E. 90 V.

202. *На фигурата е показана схема на четирипроводна мрежа със заземен звезден център и нулев проводник. Между фаза А и нулевия проводник е възникнало късо съединение. Човекът се е допрял до нулевия проводник, както е показано на фигурата (R_h = 1000 Ω). За веригата са известни:*

- *$Z_Ф$ = 2 Ω - пълно съпротивление на фазовия проводник;*
- *$Z_Н$ = 2 Ω – пълно съпротивление на нулевия проводник;*
- *$U_Ф$ = 220 V – фазово напрежение.*

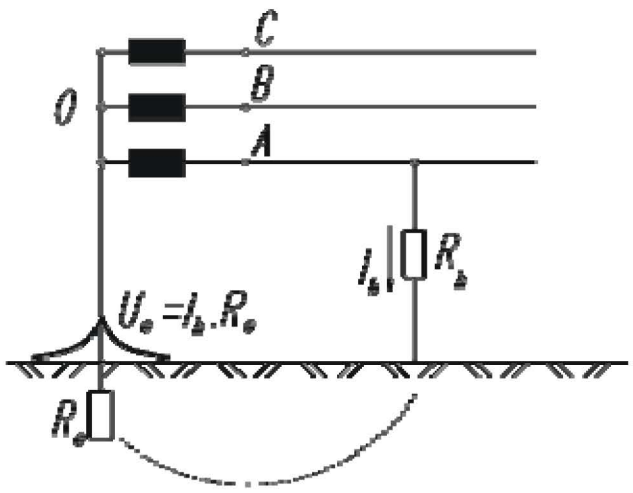
Определете тока, протичащ през човека I_h, допрял се до нулевия проводник, след мястото на късото съединение, както е показано на фигурата:



A. 220 mA;
B. 110 mA;
C. 100 mA;

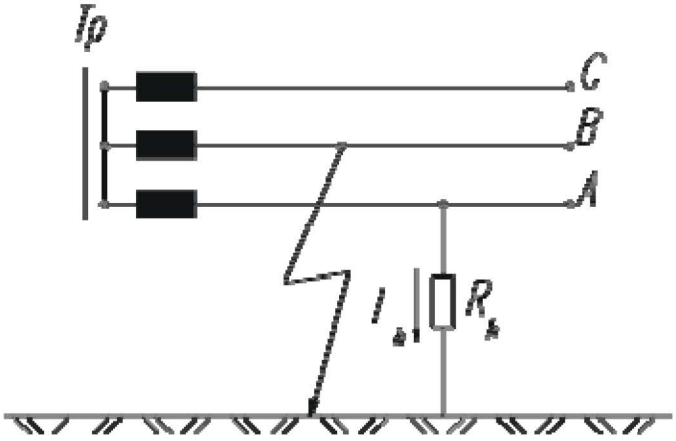
D. 50 mA;
E. 160 mA.

203. *На фигурата е показана трифазна мрежа с директно заземен звезден център. Напрежението на всяка от фазите спрямо земя е 127 V. Каква стойност ще има напрежението между всеки две от фазите?*



A. 220 V;
B. 380 V;
C. 660 V;
D. 440 V;
E. 360 V.

204. *На фигурата е показана трипроводна трифазна мрежа, изолирана от земя при земно съединение на една от фазите и допир на човек (R_h = 1000 Ω) до другата. Какъв ток ще протече през човека, ако фазовото напрежение на мрежата е $U_Ф$ = 220 V?*



A. 220 mA;
B. 110 mA;
C. 380 mA;
D. 100 mA;
E. 50 mA.

205. *Посочете верния отговор за обезопасяване на трифазни мрежи с изолиран звезден център.*

A. Монтиране на диференциална защита;
B. Автоматичен контрол на изолацията;
C. Монтиране на катодни отводители;
D. Монтиране на вентилни отводи;
E. Монтиране на разрядници.

10.10. Заземителни устройства



“Най- важната задача на цивилизацията е да научи човекът да мисли . “

Т. Едисон

206. *Кои от посочените естествени заземители не трябва да се използват като такива?*

A. Водопроводи, изпълнени с метални тръби, положени в земята;
B. Метални носещи колони, забити в земята;
C. Метални обвивки на кабели;
D. Арматурата на бетонови фундаменти на сгради;
E. Метални алуминиеви обвивки на кабели.

207. *В кой от отговорите е посочен заземител , който не може да се причисли към изкуствените заземители, които се използват в практиката?*

A. Ъглов винкелов профил с размери 50/50/5 mm, забит вертикално в земята на дълбочина 1,5 m;
B. Стоманена лента със сечение 48 mm^2 и дебелина 4 mm, положена на дълбочина 60 cm в канален изкоп с дължина 30 m;
C. Вертикално положена метална плоча с дебелина на стената 4 mm в изкоп с дълбочина 2 m;
D. Тръба с диаметър Φ20, забита в земята на дълбочина 2,5 m;
E. Метален цилиндричен съд с диаметър 2 m и дължина 4 m, заровен в земята на дълбочина 20 cm от горната му повърхност.

208. *В кой от случаите е удачно използването на вертикални заземители?*

A. При монтаж в силно камениста планинска почва;
B. При монтаж на терен с малък почвен слой;
C. При хомогенна в дълбочина почва;
D. Монтиране в район с множество подземни съоръжения (канали, тунели, бетонни плочи и т. н.);
E. В райони, характеризиращи се с обилни валежи през по-голямата част от годината.

209. *От какво не се влияе съпротивлението на единичен изкуствен заземител?*

A. От неговите геометрични размери;
B. От специфичното обемно съпротивление на почвата, където е монтиран;
C. От дълбочината на монтиране;
D. От вида на материала, от който е изработен заземителя;
E. От посоченото в отговорите A, B, C.

210. *В кой от случаите не е удачно използването на хоризонтални заземители?*

A. При скалисти почви с малък почвен слой;
B. При мероприятия за изравняване на потенциалите, където поставянето на вертикални заземители е затруднено;
C. При свързване на вертикални заземители в групов заземител;
D. В песъчливи почви, където влагата в еднометровия слой през летните засушавания е минимална;
E. При посоченото в A и C.

211. *При какво разстояние между единичните заземители, свързани в групов, еквивалентното му съпротивление е равно на еквивалентното съпротивление на паралелно свързаните единични заземители?*

A. > 10 m;
B. > 25 m;
C. > 30 m;
D. > 35 m;
E. > 40 m.

212. *При разстояние между единичните заземители по-малко от колко метра при определяне на еквивалентното съпротивление на груповия заземител задължително се отчита коефициента на използване?*

A. По-малко от 40 m;
B. По-малко от 50 m;
C. По-малко от 80 m;
D. По-малко от 68 m;
E. По-малко от 60 m.

213. *В кой от отговорите е посочена нормената стойност на съпротивлението на заземяване $R_З$ за мрежи с напрежение над 1000 V и ток на земно съединение $I_З$ >500 A?*

A. $R_З \leq 4\ \Omega$;
B. $R_З \leq 10\ \Omega$;
C. $R_З \leq 3\ \Omega$;
D. $R_З \leq 1\ \Omega$;
E. $R_З \leq 0{,}5\ \Omega$.

214. *В кой от отговорите е посочена нормената стойност на съпротивлението на заземяване $R_З$ за мрежи с напрежение над 1000 V и ток на земно съединение $I_З$ < 500 A?*

A. $R_З \leq 10\ \Omega$;
B. $R_З \leq 100\ \Omega$;

C. $R_З \leq$ 40 Ω;
D. $R_З \leq$ 35 Ω;
E. $R_З \leq$ 15 Ω.

215. *В кой от отговорите е посочена нормената стойност на съпротивлението на заземяване $R_З$ и на съпротивлението на повторния заземител $R_{ПЗ}$ за мрежи с напрежение до 1000 V?*

A. $R_З \leq 3Ω$, $R_{ПЗ} \leq 100$ Ω;
B. $R_З \leq 10Ω$, $R_{ПЗ} \leq 100$ Ω;
C. $R_З \leq 5Ω$, $R_{ПЗ} \leq 10$ Ω;
D. $R_З \leq 4$ Ω, $R_{ПЗ} \leq 10$ Ω;
E. $R_З \leq 20Ω$, $R_{ПЗ} \leq 100$ Ω.

216. *При температури нула градуса и по-ниски почвата замръзва. До каква промяна води това в стойността на специфичното обемно съпротивление на почвата?*

A. Специфичното обемно съпротивление намалява, тъй като ледът е агрегатно състояние на водата, а тя е проводима;
B. Почвата става по-плътна и следователно специфичното й обемно съпротивление намалява;
C. Специфичното обемно съпротивление се увеличава значително;
D. Ниската температура не оказва влияние върху стойностите на специфичното обемно съпротивление на почвата;
E. Съпротивлението се влияе в едната и другата посока в зависимост от химичния състав на замръзналата вода.

217. *Защо почвата, която се насипва върху заровени заземители, се трамбова?*

A. Увеличава се натискът на почвените частици до заземителя, което води до подобряване на контактното съпротивление, а трамбоването не оказва влияние върху специфичното обемно съпротивление на почвата;
B. Почвата става по-плътна и не позволява навлизането и достигането до заземителя на вода, агресивни газове, които водят до неговото по-бързо остаряване и разрушаване;
C. Плътната почва съдържа по-малко въздушни включвания, което води до повишаване на нейната проводимост (специфичното обемно съпротивление намалява);
D. Трамбоването няма отношение към подобряването на някои от параметрите на монтирания заземител. То се прави, за да не се получи слягане на почвения слой след атмосферни влияния;
E. Трамбоване се прави, ако каналът, където се поставя заземителя, се запълва с друга почва, имаща по-добри електрически параметри.

218. *Специфичното обемно съпротивление на почвата не зависи от:*

A. Механичния й състав;
B. Наличието или отсъствието на влага в нея;
C. Температурните промени (високи и ниски температура);
D. Надморското равнище на обекта, където ще се монтира заземителната инсталация;
E. Наличието на вода в почвата.

219. *За достоверна стойност на измереното съпротивление на заземител се взема тази, която може да се получи при най-неблагоприятни условия. Много рядко в практиката измерването може да съвпадне с тези условия, тъй като влагата и температурата на почвата се изменят непрекъснато. За тази цел се използва сезонен коефициент, с който става корекция на измереното в момента съпротивление. Той се взема от справочници и неговата стойност не зависи от:*

A. Измерването, извършено в силно засушен сезон;
B. Измерването, извършено в сезон с обилни валежи и влага;
C. Дълбочината на полагане на заземителя;
D. Материала, от който е изработен заземителя, и неговите геометрични размери;
E. Вида на заземителя.

220. *За достоверна стойност на измереното съпротивление на заземител се взема тази, която може да се получи при най-неблагоприятни условия. Много рядко в практиката измерването може да съвпадне с тези условия, тъй като влагата и температурата на почвата се изменят непрекъснато. За тази цел се използва сезонен коефициент, с който става корекция на измереното в момента съпротивление. От справочник за вертикален заземител ,монтиран на дълбочина 1 – 3 m, за влажен сезон сезонният коефициент има стойност φ = 1,3. Измерено е съпротивление $R_З$ = 3,5 Ω. Колко е стойността на коригираното съпротивление?*

A. 2,69 Ω;
B. 4,55 Ω;
C. 3,86 Ω;
D. 4,15 Ω:
E. 4,20 Ω.

221. *Десет вертикални еднотипни заземители са разположени на разстояние 15 m един от друг. Всеки от тях има съпротивление $R_З$ = 20 Ω. От справочник за посоченото разпределение е определен коефициент на взаимно влияние , който има стойност 0,7 . Каква ще*

бъде стойността на еквивалентното съпротивление, ако заземителите се свържат паралелно?

A. 2 Ω;
B. 1,4 Ω;
C. 2,86 Ω;
D. 3,6 Ω;
E. 4,2 Ω.

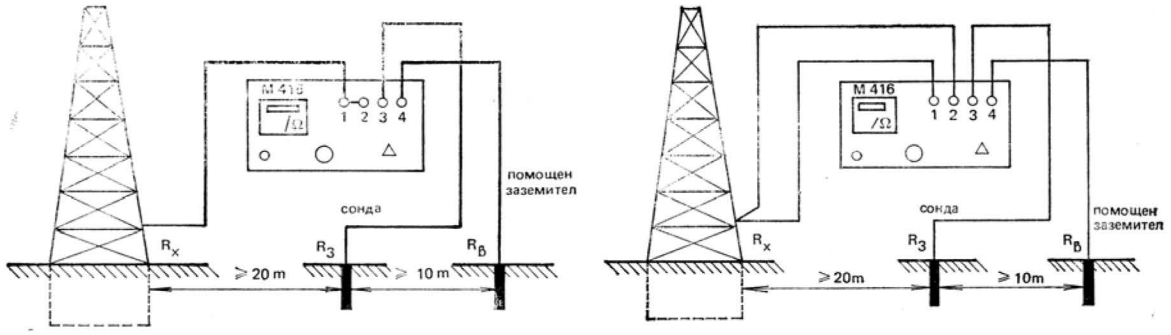
222. *За измерване на съпротивлението на заземители се използва метод с амперметъра и волтметъра. Кое от посочените изисквания не е задължително при реализиране на измерването?*

A. Измерването се реализира с понижено напрежение с промишлена честота и напрежение не по-високо от 65 V;
B. Класът на точност на волтметъра трябва да бъде не по-малък от 1,5 и съотношението на вътрешното му съпротивление $R_V \geq R_З$;
C. Обхватът на амперметъра да бъде до 10 A и да има възможност за регулиране;
D. Методиката изисква използването само на цифрови измервателни уреди;
E. Методиката изисква да се извършат най-малко три измервания , отстоящи на 5 – 6 m едно от друго (отчита се влиянието на подземните комуникации).

223. *Кой от посочените стандартни уреди не може да се използва за измерване на съпротивлението на заземители?*

A. МС – 07;
B. МС – 08;
C. М 416;
D. Мегаомметър с работно напрежение по-голямо от 1000V;
E. PU 183.

224. *За измерване съпротивлението на заземители се използват схемите, показани на фигурата (използван е уред М 416). В кой от случаите се използва трипроводна (3) и в кой от случаите четирипроводна схема (4)?*

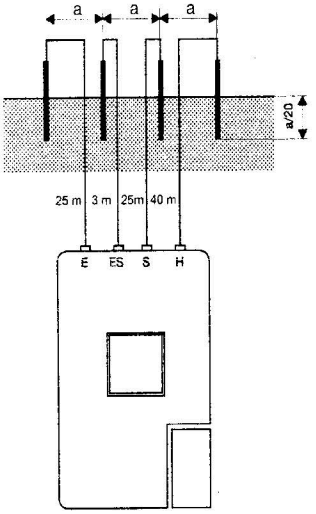


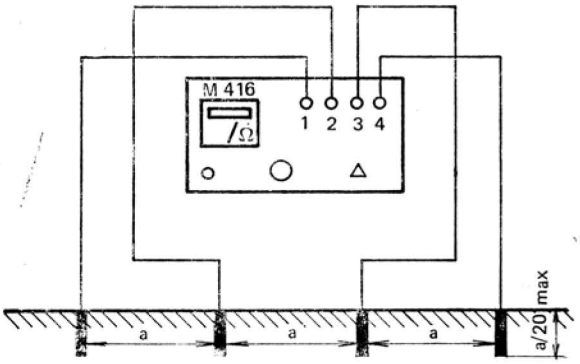
A. (3) – за съпротивления по-малки от 5 Ω, (4) – за съпротивления по-големи от 5 Ω;

B. (3) – за съпротивления по-големи от 5 Ω, (4) – за съпротивления по-малки от 5 Ω;
C. (3) – за съпротивления по-малки от 6 Ω, (4) – за съпротивления по-големи от 2 Ω;
D. (3) – при влажна почва, (4) – при суха почва;
E. При използване на свързващи проводници със сечение по-голямо от 16 mm^2 схемата няма значение.

225. *Уредите М 416, PU 183 позволяват да се измерва специфично обемно съпротивление на почвата. На фигурата е показана схемата на свързване на двата уреда. Измерено е съпротивление R = 2 Ω , като при това разстоянието между сондите е 10 т. Колко е специфичното обемно съпротивление на почвата в този случай?*

A. 12,56 Ω.m;
B. 200 Ω.m;
C. 100 Ω.m;
D. 125,6 Ω.m;
E. 250 Ω.m.





226. *При големи импулсни токове, каквито са токовете на мълниите, се появяват електрически пробиви между частиците на почвата, което води до намаляване на съпротивлението на заземителя (новата стойност се нарича импулсно съпротивление R_I). То се получава от измереното , като се коригира с импулсния коефициент α и сезонния коефициент φ . Измерено е съпротивление R = 20 Ω, а посочените два коефициента имат съответно стойности α = 0,67, φ = 1,25 за влажен период. Определете стойността на импулсното съпротивление:*

A. 15,3 Ω;
B. 28,4 Ω;
C. 16,7 Ω;
D. 18,42Ω;
E. 13,13Ω.

10.11. Атмосферно и статично електричество



"Познанието започва със загуба. Познанието за загубата е двойно връщане на загубеното."

Янис Рицос

227. *Всяко мълниезащитно устройство се състои от:*
A. Мълниеприемник, енергогасител, токоотвод;
B. Мълниеприемник, неутрализатор, токоотвод;
C. Мълниеприемник, токоотвод, разсейвател;
D. Мълниеприемник, токоотвод, заземител;
E. Мълниеприемник, транслатор, отразител.

228. *Кое от посоченото не може да се използва като мълниеприемник?*
A. Метални вертикални мачти;
B. Мрежи от проводници с определен размер на клетката, поставени върху обекта;
C. Опънато метално въже над обекта;
D. Метални покриви и куполи на сгради;
E. Големи дървета, намиращи се в непосредствена близост до защитавания обект и извисяващи се над него най-малко на 2 m (естествени мълниеприемници).

229. *Токоотводът представлява един или няколко проводника, които свързват мълниеприемника и заземителя. При използването на един тоководещ проводник от стомана или мед сечението на проводниците трябва да бъде най-малко :*
A. Стомана – 100 mm^2, мед – 50 mm^2;
B. Стомана – 60 mm^2, мед – 30 mm^2;
C. Стомана – 30 mm^2, мед – 16 mm^2;
D. Стомана – 40 mm^2, мед – 16 mm^2;
E. Стомана – 60 mm^2, мед – 16 mm^2.

230. *При токоотвод на мълниезащитна инсталация, съставен от няколко проводника, сечението на единия не трябва да бъде по-малко от :*
A. 35 mm^2;
B. 60 mm^2;
C. 6 mm^2;
D. 4 mm^2;
E. 25 mm^2.

231. *При монтажа на токоотвод на мълниезащитна инсталация се спазват определени изисквания. Кое от изискванията, посочено в отговорите, не е задължително?*
A. Прокарват се по повърхността на покрива;

B. Закрепват се със стоманени скоби на 10 cm от стената на сградата;
C. На 2 m от нивото на почвата се поставят в изолационна тръба или се зазиждат в мазилката;
D. Токоотвеждащото въже се свързва през съединителна клема (за измерване и контрол);
E. При спускане покрай стените токоотводът се поставя в изолационен маркуч до ниво 2 m от земята.

232. *Защитната зона на кой вид единичен мълниеприемник е с формата на кръг?*
A. Опънато въже над защитавания обект;
B. Мрежа над защитавания обект;
C. Прътов мълниеприемник;
D. Ламаринен покрив с формата на пирамида;
E. Няма такава форма на защитната зона.

233. *Всички въздушни електропроводи преди влизането в сградата и съоръженията са снабдени с искрови междини за защита от донесени високи потенциали. Съпротивлението на заземяване на искровите междини трябва да бъде по-малко от :*
A. 4 Ω;
B. 30 Ω;
C. 10 Ω;
D. 100 Ω;
E. 1000 Ω.

234. *При защита от статично електричество при ремъчни и трансмисионни предавки не се препоръчва:*
A. Поставяне на метални заземени четки, триещи се по ремъка;
B. Поставяне на метални заземени гребени на разстояние от ремъка в местата на най-интензивно образуване на заряди;
C. Монтиране на метален проводник в ремъка;
D. Увеличаване капацитета на ремъка - паралелно на него се поставят стоманени проводници на разстояние 20 cm и се заземяват;
E. Намазване на вътрешната страна на ремъка с антистатична смазка.

235. *Кое от посочените мероприятия не се използва за неутрализиране на статично електричество при развиване на рула от хартия?*
A. Метални заземени гребени, които не се допират до материала;
B. Използване на неутрализатори;
C. Йонизация на въздуха в мястото на образуване на заряди;
D. Овлажняване на въздуха и поставяне на триещи се четки в материята, които се заземяват;
E. Увеличаване на капацитета чрез поставяне на паралелни проводници на разстояние от развиващия се материал, които се заземяват.

10.12. Отговори на въпросите по теми

Тема първа

1	A	B	~~C~~	D	E
2	A	B	C	~~D~~	E
3	~~A~~	B	C	D	E
4	A	B	~~C~~	D	E
5	A	B	C	~~D~~	E
6	A	B	~~C~~	D	E
7	~~A~~	B	C	D	E
8	A	~~B~~	C	D	E
9	A	B	C	~~D~~	E
10	~~A~~	B	C	D	E
11	A	~~B~~	C	D	E
12	A	B	~~C~~	D	E
13	A	B	C	~~D~~	E
14	~~A~~	B	C	D	E
15	A	B	C	~~D~~	E
16	A	~~B~~	C	D	E
17	A	B	C	~~D~~	E
18	A	~~B~~	C	D	E
19	A	~~B~~	C	D	E
20	~~A~~	B	C	D	E
21	A	B	C	~~D~~	E
22	A	B	~~C~~	D	E
23	A	B	C	~~D~~	E
24	~~A~~	B	C	D	E
25	A	~~B~~	C	D	E
26	A	B	~~C~~	D	E
27	~~A~~	B	C	D	E
28	A	B	~~C~~	D	E
29	A	B	C	~~D~~	E
30	A	B	~~C~~	D	E
31	A	~~B~~	C	D	E
32	~~A~~	B	C	D	E
33	A	B	~~C~~	D	E
34	A	~~B~~	C	D	E
35	A	B	C	D	~~E~~
36	A	B	C	~~D~~	E
37	~~A~~	B	C	D	E
38	A	~~B~~	C	D	E
39	~~A~~	B	C	D	E
40	A	~~B~~	C	D	E
41	A	B	~~C~~	D	E
42	A	B	C	~~D~~	E
43	A	B	C	D	~~E~~
44	A	B	~~C~~	D	E
45	A	B	C	~~D~~	E

Тема втора

46	A	B	C	~~D~~	E
47	A	~~B~~	C	D	E
48	A	~~B~~	C	D	E
49	A	B	~~C~~	D	E
50	A	~~B~~	C	D	E
51	A	B	~~C~~	D	E
52	A	B	C	~~D~~	E
53	A	B	~~C~~	D	E
54	A	B	~~C~~	D	E
55	A	B	C	~~D~~	E
56	~~A~~	B	C	D	E
57	A	B	C	~~D~~	E
58	A	~~B~~	C	D	E
59	A	~~B~~	C	D	E
60	A	B	C	~~D~~	E
61	A	~~B~~	C	D	E

62	A	B	~~C~~	D	E
63	A	B	C	~~D~~	E
64	A	B	C	D	~~E~~
65	A	B	~~C~~	D	E
66	A	~~B~~	C	D	E
67	A	B	~~C~~	D	E
68	A	B	C	~~D~~	E
69	A	B	~~C~~	D	E
70	A	~~B~~	C	D	E
71	A	B	C	~~D~~	E
72	A	~~B~~	C	D	E
73	A	B	~~C~~	D	E
74	A	B	C	D	~~E~~

Тема трета

75	A	B	~~C~~	D	E
76	~~A~~	B	C	D	E
77	A	~~B~~	C	D	E
78	A	B	C	~~D~~	E
79	A	B	C	D	~~E~~
80	~~A~~	B	C	D	E
81	~~A~~	B	C	D	E
82	A	B	C	~~D~~	E
83	A	B	~~C~~	D	E

84	A	~~B~~	C	D	E
85	~~A~~	B	C	D	E
86	~~A~~	B	C	D	E
87	A	B	C	D	~~E~~

Тема четвърта

88	A	B	~~C~~	D	E
89	A	~~B~~	C	D	E
90	A	B	C	~~D~~	E
91	A	B	~~C~~	D	E
92	A	B	~~C~~	D	E
93	~~A~~	B	C	D	E
94	A	B	C	~~D~~	E
95	A	B	C	~~D~~	E
96	A	B	C	D	~~E~~
97	A	B	C	~~D~~	E
98	A	B	C	~~D~~	E
99	A	B	~~C~~	D	E
100	A	B	C	~~D~~	E
101	A	~~B~~	C	D	E
102	~~A~~	B	C	D	E
103	A	~~B~~	C	D	E
104	~~A~~	B	C	D	E
105	A	B	C	~~D~~	E

106	A	B	C	D	~~E~~
107	A	B	C	D	~~E~~
108	A	B	C	D	~~E~~

Тема пета

109	A	~~B~~	C	D	E
110	A	B	C	~~D~~	E
111	A	B	~~C~~	D	E
112	A	B	~~C~~	D	E
113	A	B	~~C~~	D	E
114	A	B	~~C~~	D	E
115	A	B	C	~~D~~	E
116	A	B	~~C~~	D	E
117	A	~~B~~	C	D	E
118	A	B	C	~~D~~	E
119	A	~~B~~	C	D	E
120	A	B	~~C~~	D	E
121	~~A~~	B	C	D	E
122	A	B	~~C~~	D	E
123	A	~~B~~	C	D	E
124	A	~~B~~	C	D	E
125	A	B	~~C~~	D	E
126	~~A~~	B	C	D	E
127	A	B	~~C~~	D	E

128	~~A~~	B	C	D	E
129	A	B	C	D	~~E~~

Тема шеста

130	A	B	C	~~D~~	E
131	A	B	C	~~D~~	E
132	A	B	C	~~D~~	E
133	~~A~~	B	C	D	E
134	A	B	~~C~~	D	E
135	A	B	~~C~~	D	E
136	A	B	C	D	~~E~~
137	A	B	C	~~D~~	E
138	A	~~B~~	C	D	E
139	~~A~~	B	C	D	E
140	A	B	~~C~~	D	E
141	A	~~B~~	C	D	E
142	~~A~~	B	C	D	E
143	A	~~B~~	C	D	E
144	A	B	C	D	~~E~~
145	~~A~~	B	C	D	E
146	A	~~B~~	C	D	E

Тема седма

147	A	B	C	~~D~~	E
148	A	B	~~C~~	D	E
149	~~A~~	B	C	D	E
150	A	B	~~C~~	D	E
151	A	B	~~C~~	D	E

Тема осма

152	A	B	C	~~D~~	E
153	A	B	~~C~~	D	E
154	A	B	C	~~D~~	E
155	A	~~B~~	C	D	E
156	~~A~~	B	C	D	E
157	A	B	~~C~~	D	E
158	A	B	C	~~D~~	E
159	A	B	~~C~~	D	E
160	A	~~B~~	C	D	E
161	A	B	C	D	~~E~~
162	A	B	C	D	~~E~~
163	A	B	C	~~D~~	E
164	A	B	C	~~D~~	E
165	A	B	C	D	~~E~~
166	A	B	C	~~D~~	E
167	A	B	C	~~D~~	E
168	A	B	C	~~D~~	E
169	A	~~B~~	C	D	E
170	A	B	C	D	~~E~~

Тема девета

171	~~A~~	B	C	D	E
172	A	B	~~C~~	D	E
173	A	B	C	~~D~~	E
174	~~A~~	B	C	D	E
175	A	B	C	D	~~E~~
176	A	~~B~~	C	D	E
177	A	B	C	~~D~~	E
178	A	~~B~~	C	D	E
179	A	B	C	~~D~~	E
180	A	~~B~~	C	D	E
181	~~A~~	B	C	D	E
182	A	B	~~C~~	D	E
183	A	B	C	~~D~~	E
184	A	B	~~C~~	D	E
185	~~A~~	B	C	D	E
186	A	B	~~C~~	D	E
187	A	B	C	D	~~E~~
188	A	B	C	D	~~E~~
189	~~A~~	B	C	D	E
190	A	B	~~C~~	D	E
191	A	~~B~~	C	D	E
192	A	B	C	~~D~~	E

193	A	~~B~~	C	D	E
194	A	B	C	D	~~E~~
195	A	~~B~~	C	D	E
196	A	B	~~C~~	D	E
197	~~A~~	B	C	D	E
198	~~A~~	B	C	D	E
199	A	B	C	~~D~~	E
200	~~A~~	B	C	D	E
201	A	B	~~C~~	D	E
202	A	~~B~~	C	D	E
203	~~A~~	B	C	D	E
204	A	B	~~C~~	D	E
205	A	~~B~~	C	D	E

Тема десета

206	A	B	C	D	~~E~~
207	A	B	C	D	~~E~~
208	A	B	~~C~~	D	E
209	A	B	C	~~D~~	E
210	A	B	C	~~D~~	E
211	A	B	C	D	~~E~~
212	~~A~~	B	C	D	E
213	A	B	C	D	~~E~~
214	~~A~~	B	C	D	E
215	A	B	C	~~D~~	E
216	A	B	~~C~~	D	E
217	A	B	~~C~~	D	E
218	A	B	C	~~D~~	E
219	A	B	C	~~D~~	E
220	A	~~B~~	C	D	E
221	A	B	~~C~~	D	E
222	A	B	C	~~D~~	E
223	A	B	C	~~D~~	E
224	~~A~~	B	C	D	E
225	A	B	C	~~D~~	E
226	A	B	~~C~~	D	E

Тема единадесета

227	A	B	C	~~D~~	E
228	A	B	C	D	~~E~~
229	~~A~~	B	C	D	E
230	A	B	C	D	~~E~~
231	A	B	C	D	~~E~~
232	A	B	~~C~~	D	E
233	A	B	~~C~~	D	E
234	A	B	~~C~~	D	E
235	A	B	C	~~D~~	E

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение №1

Образец на заповед на осигурителя за разследване на злополука

НАИМЕНОВАНИЕ НА ТЪРГОВСКОТО ДРУЖЕСТВО

Град_____ п.код_____ *телефон:*_____ *Факс:*

ЗАПОВЕД

№

200.... година

На основание чл.2, ал.2 от Наредбата за установяване, разследване, регистриране и отчитане на трудовите злополуки

Н А Р Е Ж Д А М

1. Назначавам комисия в състав:

ПРЕДСЕДАТЕЛ - директор по производството

и ЧЛЕНОВЕ: 1.- отговорник по безопасност

2.- главен технолог

3.- главен механик или енергетик

4.-представител на работодателя в КУТ

5.- експерт по.....

която да извърши разследване на обстоятелствата, причините и последиците (хуманни и материални) за злополуката станала на.....в.....

2. Комисията да покани представител на работниците и служителите Комитета по условия на труд (КУТ), който да участва в разследването.

3. В срок до..... 200.....г. комисията да ми представи оперативен (предварителен) доклад за това дали злополуката е трудова, за мястото и

времето на злополуката, за пострадалите лица, заедно с декларациите по чл.1, ал.3 от Наредбата за установяване, разследване, регистриране и отчитане на трудовите злополуки.

4. Комисията да изготви окончателен протокол за резултатите от разследването, който да съдържа: сведения за пострадалите и получените увреждания, място, време и свидетели на злополуката, обстоятелствата при които е станала злополуката, причините за злополуката, допуснатите нарушения на нормативни актове и лицата, допуснали тези нарушения. В протокола комисията да предложи необходимите технически и административни мерки за недопускане на подобни злополуки, включително за подобряване на управлението на безопасността в дружеството.

5. Комисията да представи протокола по т.4 в срок до.....200.....г.

6. Задължавам председателя и членовете на комисията да не разпространяват оперативни хипотези и версии до съставяне на протокола по т.4.

7. Всички длъжностни лица и работници да оказват необходимото съдействие на комисията за изпълнение на тази заповед.

8. До 10 работни дни след представяне на протокола по т.4 председателя на комисията да организира запознаване на ИТР и работниците с причините, последиците и набелязаните мерки за избягване на подобни злополуки в бъдещата дейност на дружеството.

Заповедта да се връчи на председателя и членовете на комисията - за изпълнение и на синдикалните организации в дружеството.

ИЗПЪЛНИТЕЛЕН ДИРЕКТОР:

.....

Приложение №2

Форма на декламация от осигурителя за трудова злополука

ДЕКЛАРАЦИЯ ЗА ТРУДОВА ЗЛОПОЛУКА

Приложение 1 към чл.3, ал.1 от Наредба за установяване, разследване, регистриране и отчитане на трудовите злополуки

Осигурител: Декларация №.....от.....г.	**НОИ: входящ №.....от.....г**
/ден, месец, година/	**Досие**

№

ДАННИ

I. ОСИГУРИТЕЛ

1 Пълно наименование:.....

2 ЕИК ПО БУЛСТАТ: ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐

3 АДРЕС Област:..... Община :.....

4 Гр./с :..... Ул.,.№ :.....

5 Тел./факс:.....e-mail..... Пощенски код ☐☐☐☐

6 Списъчен брой на работниците и служителите :.....от тях жени.....

II. ПОСТРАДАЛ

7 Трите имена:.....

8 АДРЕС Област :..... Община :.....

9 Гр./с :..... Ул., №.:.....

10 тел./факс :.....Пощенски код ЕГН (ЛНЧ) : ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐

11 Дата на раждане:.... ден.....м.....год. пол: ☐ -мъж ☐ - жена

12 Гражданство:.....

13 Пострадалият е:

☐ -работник ☐ -служител ☐ -работодател ☐ -кооператор ☐ -учащ ☐ -друг

14 Дата на постъпване в предприятието :....ден.....м.....год.

15 Професия (по НКП) :.....Код по НКП: ☐☐☐

16 Категория труд: ☐ -първа ☐ -втора ☐ -трета

17 Трудов стаж (години): общо:.....год., по посочената професия:.....год.

18 Административна единица в които е назначен:.....

III. ЗЛОПОЛУКА

19 Злополуката е станала : в.....часа.....мин на.....ден.....месец.....год.

20 Работно време: от.....ч.....м. до.....ч.....м. и от.....ч.....м до.....ч.....м.

21 Място на злополуката:.....

22 Адресна мястото, където е станала злополуката, *ако е различен от посочения в редове 3 ☐ 4.*

23 Злополуката е станала: ☐ -на обичайното работно място ☐ -на временно работно място ☐ -на друго място

24 Вид работа:.....

25 Специфично действие, извършвано от пострадалия и свързания с това действие материален фактор:.....

26 Отклонение от нормалните действия (условия) и материален фактор, свързан с тези отклонения:.....

27 Начин на увреждането и материален фактор, причинил увреждането:

28 Пострадалият имал ли е необходимата правоспособност : ☐ -да ☐ -не

29 Злополуката е: ☐ - по чл.55, ал.1 КЗОО ☐ - по чл. 55, ал. 2 КЗОО

30 Набелязани мерки:

IV. УВРЕЖДАНЕ

31 Вид на увреждането :.....

32 Увредени части на тялото:.....

33 Последици : ☐ - смърт ☐ -вероятна инвалидност ☐ -временна неработоспособност СВИДЕТЕЛИ:

ДЕКЛАРАЦИЯТА СЕ ПОДАВА ОТ:

Пострадалия.....*(подпис)* Осигурителя:.....

Наследник:..... *(длъжност, имена, подпис, печат)*

Приложение №3

Образец на протокол за разследване на трудова злополука

(НАИМЕНОВАНИЕ НА ТЪРГОВСКОТО ДРУЖЕСТВО)

О Д О Б Р Я В А М:

ИЗПЪЛНИТЕЛЕН ДИРЕКТОР

.....

/...../

П Р О Т О К О Л

ЗА РАЗСЛЕДВАНЕ НА ТРУДОВА ЗЛОПОЛУКА

декларация вх. №...../.....200 г. на НОИ

1. ВЪВЕДЕНИЕ

От.....200 г. до.....200 г. на основание чл.2, ал.2 от Наредбата за установяване, разследване, регистриране и отчитане на трудовите злополуки и Заповед №.....от.....200 г. на изпълнителния директор на

.....

(НАИМЕНОВАНИЕ НА ТЪРГОВСКОТО ДРУЖЕСТВО - град)

комисия в състав :

ПРЕДСЕДАТЕЛ:.....

(трите имена, длъжност, администрация)

и ЧЛЕНОВЕ:

1.....

(трите имена, длъжност, администрация)

2.....

3.....

4.....

5.....

извърши разследване на обстоятелствата, причините и последиците (хуманни и материални) за злополуката станала на

..... в .....

При разследването на злополуката присъстваха:

1.....- представител на.....

(име, презиме и фамилия)

2.....- представител на.....

КОМИСИЯТА УСТАНОВИ СЛЕДНОТО:

2. ОБЩИ СВЕДЕНИЯ ЗА ЗЛОПОЛУКАТА

2.1. МЯСТО И ВРЕМЕ НА ЗЛОПОЛУКАТА

.....

(звено, цех, отдел, рудник.участък, дата, час)

2.2. ПОСТРАДАЛИ ЛИЦА

1.....ЕГН.....

(име, презиме и фамилия)

професия.....извършвана работа.....

последици от злополуката.....

(смърт, вероятна инвалидност, временна неработоспособност)

2.....ЕГН.....

(име, презиме и фамилия)

професия.....извършвана работа.....

последици от злополуката.....

(смърт, вероятна инвалидност, временна неработоспособност)

2.3. СВИДЕТЕЛИ (ПЕРСОНАЛ НА РАБОТНОТО МЯСТО И ДРУГИ ОЧЕВИДЦИ)

1.....

(име, презиме, фамилия)

адрес:.....

2.....

(име, презиме, фамилия)

адрес:.....

5.1.....

(име, презиме, фамилия)

адрес:.....

4. Лице оказало първа помощ.....

(име, презиме, фамилия)

адрес:.....

3. ОБЯСНЕНИЕ НА ЗЛОПОЛУКАТА

3.1. ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТТА НА СЪБИТИЯТА

3.2. ИЗТОЧНИЦИ НА ОПАСНОСТТА

3.3. НАРАСТВАНЕТО НА ОПАСНОСТТА

3.4. ОПИСАНИЕ НА МЕХАНИЗМА НА ЗЛОПОЛУКАТА

3.5. ПОСЛЕДВАЩИ ЗЛОПОЛУКАТА ДЕЙСТВИЯ ЗА СПАСЯВАНЕ

4. АНАЛИЗ НА ПРИЧИНИТЕ ЗА ЗЛОПОЛУКАТА

След обяснението на злополуката, в което се обяснява как злополуката се е случила в тази част трябва да се отговори аналитично на въпроса защо се е случила злополуката. В края на анализа трябва да се формулират: преките, непреките и основните причини довели до злополуката. Заедно с това трябва ясно да се докаже причинно-следствената връзка между намерените от

комисията нарушения на регламентираната или обичайната за дружеството практика и станалото събитие. Това означава, че от всички намерени нарушения комисията трябва чрез анализ да отдели тези, корекцията или недопускането на които би предотвратило злополуката.

4.1. Преки (директни) причини за злополуката

4.2. Непреки (индиректни) причини за злополуката

4.3. Основни причини за злополуката

4.4. Допуснати нарушения на нормативни документи

Дефинираните преки и индиректни причини дават отговор на въпроса как злополуката е можела да бъде избегната. При смъртни, инвалидизиращи и масови злополуки трябва да се даде ясен отговор и на въпроса на какво се дължи голямата тежест на последиците (загубите). Задължително е да се анализират и действията на персонала след злополуката -евакуация, спасителни действия, технически действия, управление на аварията за да се формулират и препоръки към антиаварийния тренинг, техническото осигуряване и воденето на бъдещи аварийно-спасителни операции.

5. ПРЕПОРЪКИ ЗА ИЗБЯГВАНЕ НА ПОДОБНИ ЗЛОПОЛУКИ В БЪДЕЩЕ

Препоръки за безопасност се предлагат от комисията, разследваща злополуката, с цел предотвратяване на подобни злополуки в бъдещата дейност на предприятието. Препоръчаните от комисията инженерни (технически) и административни (организационни) мерки трябва да бъдат обосновани (да произтичат логично) от изводите за причините за злополуката и да са реализируеми в предлаганите в доклада срокове. Те се дават като едно подготвено за заповед техническо и организационно заключение в съответствие с основната цел на всяко разследване.

Най-напред срещу всяка от установените с анализа причина се формулират превантивни мерки за бъдещата дейност.

След това препоръките се разделят на три групи:

5.1. МЕРКИ ЗА НЕЗАБАВНО ИЗПЪЛНЕНИЕ (НЕЗАБАВНИ ЗАДАЧИ);

5.2. МЕРКИ ЗА СРЕДНОСРОЧНО ИЗПЪЛНЕНИЕ (СРЕДНОСРОЧНИ ЗАДАЧИ);

5.3. **МЕРКИ ЗА ДЪЛГОВРЕМЕННО ИЗПЪЛНЕНИЕ** (ПЕРСПЕКТИВНИ ЗАДАЧИ).

В трите времеви групи попадат начините, които комисията предлага за отстраняване на преките, непреките и основните причини за злополуката. Така се планират мерките за подобряване на системата за безопасност на всички нива в дружеството.

Като препоръка при ограничени ресурси мерките трябва да се разпределят така, че да покриват като задължителен минимум:

- предвидените за преодоляване на директните причини - в незабавните задачи;

- предвидените за преодоляване на индиректните причини - в средносрочните задачи;

- предвидените за преодоляване на основните причини - в перспективните задачи.

Освен срока за реализация на всяка от мерките комисията трябва да предложи отговорник за изпълнение на всяка тях и контролен орган, който да провери изпълнението.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заключението трябва да обобщи дали тази злополука е ново проявление или до коя от случвалите се в миналото злополуки се намира най-близко тя, като влияние на материален фактор и човешко поведение. Тук трябва да се дефинира категорично и дали оценката на риска е предвиждала реализираната при злополуката опасност и ако е така, какво друго не е планирано или изпълнено.

В заключението се описват и лицата, подпомогнали и препятствали разследването, и на инстанции и длъжностни лица се предлага да бъде изпратен този протокол и къде ще се съхранява той в дружеството. Минималния регламентиран срок на съхранение е 5 години след прекратяване на

осигуряването, но управата на дружеството може да регламентира със заповед друг, по-голям срок. Комисията, която извършва разследването също има право в тази част да предложи по-голям срок за съхранение на протокола за злополуката, която е разследвала.

7. ПРИЛОЖЕНИЯ

В тази част групират:

Приложение 1. Технологична документация(схеми, скици, чертежи, снимки)

Приложение 2. Протоколи за интервюта на очевидци и длъжностни лица

Приложение 3. Анализи, измервания и становища на експерти (експертизи)

Приложение 4. Копие от заповедта за назначаване на комисията

Приложение 5. Копие от декларацията за НОИ

8. СЪДЪРЖАНИЕ-ОПИС

В него се описва съдържанието на протокола и се дава пълен опис по страници на всички приложения към него.

	Наименование на частта на протокола	*страница*
1.	ВЪВЕДЕНИЕ	
2.	ОБЩИ СВЕДЕНИЯ ЗА ЗЛОПОЛУКАТА	
3.	ОБЯСНЕНИЕ НА ЗЛОПОЛУКАТА	
4.	АНАЛИЗ НА ПРИЧИНИТЕ ЗА ЗЛОПОЛУКАТА	
5.	ПРЕПОРЪКИ ЗА ИЗБЯГВАНЕ НА ПОДОБНИ ЗЛОПОЛУКИ В БЪДЕЩЕ	
6.	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
Приложение 1. Технологична документация (схеми, скици, чертежи, снимки)		бр.
Приложение 2. Копие от длъжностната характеристика на всеки пострадал		бр.
Приложение 2. Протоколи за интервюта на очевидци и длъжностни лица		бр.
Приложение 3. Анализи, измервания и становища на експерти		бр.
Приложение 4. Копие от заповедта за назначаваме на комисията		бр.
Приложение 5. Копие от декларацията за НОИ		бр.

Приложение №4

Пример за разследване на трудова злополука

До Управителя

на „Слъчев лъч" ЕООД

Гр. Пловдив

О Б Я С Н Е Н И Е

от Жечка Любомирова Стойчева

Началник склад

Г-н Управител,

Уведомявам Ви, че на 01.09.2008 г. около 9.00 ч. проверявайки получена стока, се спънах в метална решетка при което паднах, като си травмирах десния крак. След направена рентгенова снимка се установи , че същият е счупен и се налага имобилизация. Всичко това стана в присъствието на хигиенистката Мая Таскова, а в последствие ми помогна Елена Василева-складов работник, която ме откара със собствения си автомобил до ВМИ гр. Пловдив.

01.09.2008 С уважение:.....

/ /

„СЛЪЧЕВ ЛЪЧ" ЕООД
Гр. Пловдив п.код 4004 ул. „Фр. Рузвелт"№27
тел. 268 491 факс. 624 898

ЗАПОВЕД

№1

2008. година

На основание чл.2, ал.2 от Наредбата за установяване, разследване, регистриране и отчитане на трудовите злополуки

Н А Р Е Ж Д А М

1. Назначавам комисия в състав:

ПРЕДСЕДАТЕЛ – Матея Фратев- директор по производството

и ЧЛЕНОВЕ: 1 .Никола Досев- отговорник по безопасност

2. Соня Бакалова- представител на работодателя в КУТ

3. Ели Кунчева-представител на работниците и служителите в КУТ

4. Д-р Поля Рангелова представител на СТМ"Бъдеще",

която да извърши разследване на обстоятелствата, причините и последиците (хуманни и материални) за злополуката станала на..01.09.2008.....в. складово помещение на предприятието.....

2. В срок до 05.09.2008....г. комисията да ми представи оперативен (предварителен) доклад за това дали злополуката е трудова, за мястото и времето на злополуката, за пострадалите лица, заедно с декларациите по чл.1, ал.3 от Наредбата за установяване, разследване, регистриране и отчитане на трудовите злополуки.

3 Комисията да изготви окончателен протокол за резултатите от разследването, който да съдържа: сведения за пострадалите и получените

увреждания, място, време и свидетели на злополуката, обстоятелствата при които е станала злополуката, причините за злополуката, допуснатите нарушения на нормативни актове и лицата, допуснали тези нарушения. В протокола комисията да предложи необходимите технически и административни мерки за недопускане на подобни злополуки, включително за подобряване на управлението на безопасността в дружеството.

4 Комисията да представи протокола по т.3 срок до.06.09. 2008..г.

6. Задължавам председателя и членовете на комисията да не разпространяват оперативни хипотези и версии до съставяне на протокола по т.3

7. Всички длъжностни лица и работници да оказват необходимото съдействие на комисията за изпълнение на тази заповед.

8. До 10 работни дни след представяне на протокола по т.3 председателя на комисията да организира запознаване на ИТР и работниците с причините, последиците и набелязаните мерки за избягване на подобни злополуки в бъдещата дейност на дружеството.

Заповедта да се връчи на председателя и членовете на комисията - за изпълнение и на синдикалните организации в дружеството.

Управител:

.....

РАЗСЛЕДВАНЕ НА ТРУДОВАТА ЗЛОПОЛУКА

Във връзка с постъпил сигнал за наранен работник, комисия в състав посочен от Управителя на фирмата извършва разследване.
Кой е пострадал?
Жечка Любомирова Стойчева-Началник склад
Къде и кога се е случила злополуката?
На 01.09.2008. в 9.00 часа
Какви увреждания е причинила злополуката?
Счупена фибула на десен крак.
Как е станало увреждането и какво го е причинило?
Спъване в метална решетка и падане.
Злополуката-как се е случила?
Служителят проверява новополучена стока, по документи, които държи в ръцете си. Спъва се в метална решетка, която служи за оттичане на вода, при миене на помещението. Пада. Десният и крак се извива на една страна.Усеща силна болка. Единственият свидетел хигиенистката Мая Таскова се притичва на помощ, като извиква друг складов служител Елена Василева. Последната донася лед, обездвижва крака, защото предполага,че е счупен и откарва Жечка Стойчева с личния си автомобил до болницата.
Какво е вършил пострадалия непосредствено преди злополуката?
Наблюдавала е разтоварването на стоката.
Работната ситуация била ли е необичайна?
Нямало е нищо необичайно в работната ситуация.
Като резултат на нормална практика и при нормални условия ли се е случила злополуката?
Винаги се е процедирало по този начин.
Рискът бил ли е известен?
Служителката е знаела за наличието на решетка.
Организацията и начинът на работа повлияли ли са за злополуката?
Не.
Поддръжката и чистотата недостатъчни ли са били?
При оглед на място е установено, че решетката е била здрава, била е поставена на място, на нивото на пода. Помещението е било измито преди започване на работа и подът е бил сух.
Дали пострадалият не е получил подходящо обучение или не е имал достатъчно опит?
Не.
Характерът или формата на материалите изиграли ли са роля при злополуката?
Не.
Има ли други обстоятелства, които са станали причина за злополуката?
Не.
Как се е случила злополуката?
Служителката е паднала. *Защо?*Ненужно е преминала през опасно място.
Защо? Неволна грешка. *Защо?* По невнимание.
Съществуват ли подобни рискове другаде?
Да.
Случвали ли са се подобни злополуки преди това?
Не.
Какви превантивни мерки трябва да се приложат?
Повторен инструктаж.
Какви са последствията от злополуката?
Временна нетрудоспособност.

„СЛЪЧЕВ ЛЪЧ" ЕООД
Гр Пловдив п.код 4004 ул. „Фр. Рузвелт"№27
тел. 268 491 факс. 624 898

ПРОТОКОЛ

за

разпитан свидетел

Днес, 04.09.2008 година комисия в състав:

ПРЕДСЕДАТЕЛ – Матея Фратев- директор по производството

и ЧЛЕНОВЕ: 1. Никола Досев- отговорник по безопасност

2. Соня Бакалова- представител на работодателя в КУТ

3. Ели Кунчева-представител на работниците и служителите в КУТ

4. Д-р Поля Рангелова представител на СТМ"Бъдеще"

Състави настоящия протокол за разпитан свидетел :

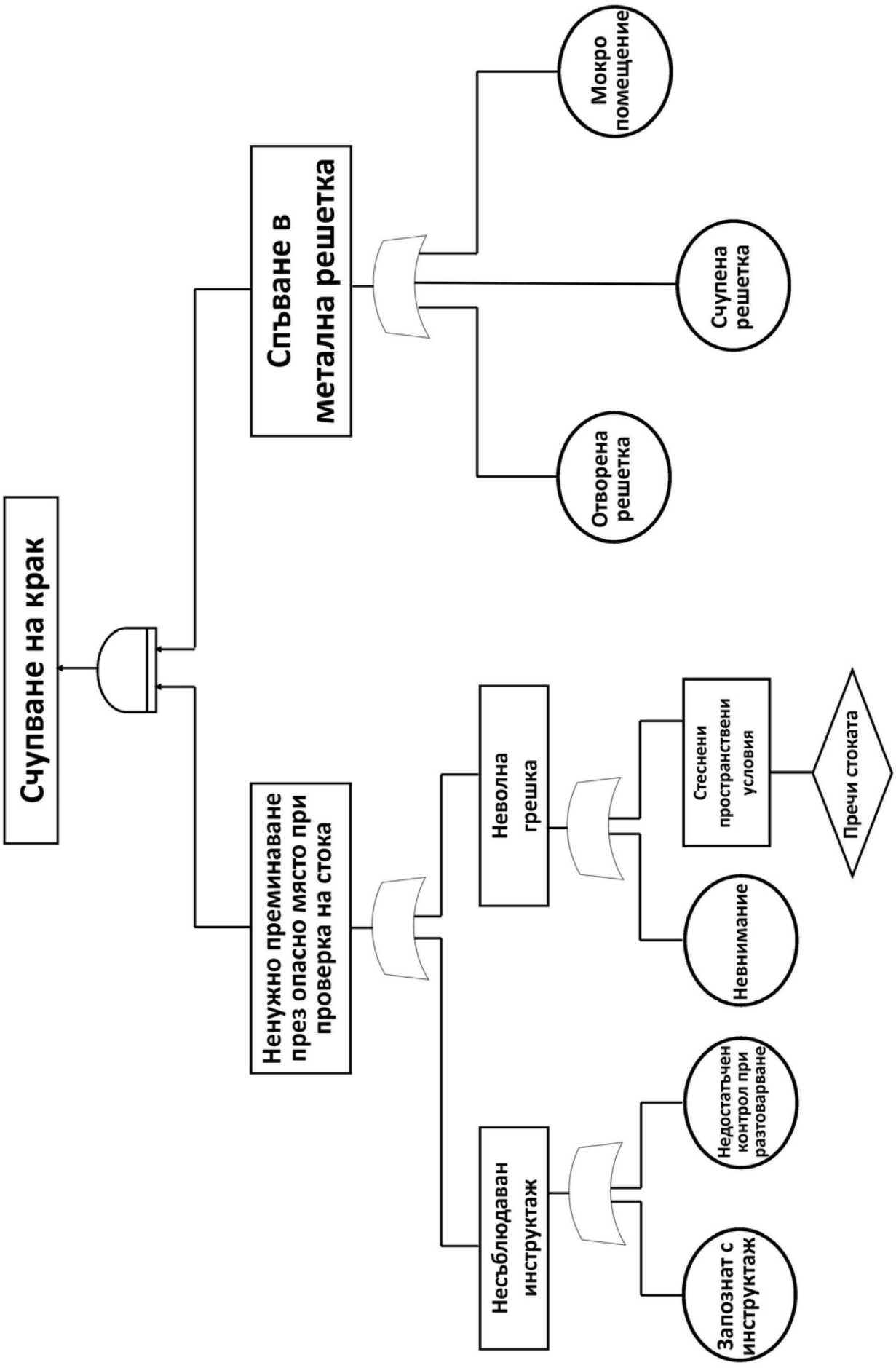
Мая Иванова Таскова от Пловдив бул."Руски"115 ет,1 ап.2 дом. тел 250 112. ЕГН 8005214530, работеща като хигиенист в предприятието от три години.

Никола Досев : Обяснете какво видяхте.

Мая Таскова: Бях тръгнала да изнасям чувал с отпадъци, когато видях Г-жа Жечка Стойчева спъвайки се в металната решетка да пада.Кракът и се изви на една страна и се удари много лошо. Изтичах да и помогна да стане. Тя стоеше на пода и се прививаше от болка. Извиках Елена Василева. Тя предположи , че кракът е счупен. Донесе от канцеларията лед, и с една летва от склада обездвижи крака. Помогнах и да качим пострадалата в личния автомобил на Елена, която я откара в болница.

Свидетел:

Дърво на причините



„СЛЪЧЕВ ЛЪЧ" ЕООД
Гр Пловдив п.код 4004 ул. „Фр. Рузвелт"№27
тел. 268 491 факс. 624 898

ПРОТОКОЛ ЗА ТРУДОВА ЗЛОПОЛУКА

Днес, 04.09.2008 година комисия в състав:

ПРЕДСЕДАТЕЛ – Матея Фратев- директор по производството

и ЧЛЕНОВЕ: 1 .Никола Досев- отговорник по безопасност

2. Соня Бакалова- представител на работодателя в КУТ

3. Ели Кунчева-представител на работниците и служителите в КУТ

4. Д-р Поля Рангелова представител на СТМ"Бъдеще"

Състави настоящия протокол относно трудова злополука.

1. **Пострадал:** Жечка Любомирова Стойчева

Адрес: гр. Пловдив ул. „Брикадите „ №4 ет.4 ап12 ЕГН 5402157255

Професия /по НКП/ Началник склад Код на НПК 1122-1211

2. **Място и време на злополуката**-злополуката е станала на 01.09. 2008. към 9.00 часа в склад №1 на „Слънчев лъч" ЕООД.
3. **Свидетели:** Мая Иванова Таскова от Пловдив бул."Руски"115 ет,1 ап.2 дом.тел 250 112.
4. **Лице, оказало първа помощ:** Елена Георгиева Василева-обездвижване на крака, поставяне на компрес с лед.

5. **Обща характеристика на работата, извършвана на пострадалия при злополуката :**проверка на получена стока.
6. **Специфично физическо действие, извършвано от пострадалия в момента на злополуката и свързания с това действие материален фактор:** при движение се спъва в метална решетка на пода.
7. **Отклонения от нормалните действия и условия и материалния фактор свързан с тези отклонения -**спъване при движение.
8. **Начин на увреждането и материалния фактор причинил увреждането -**При сблъсък с пода вследствие падане счупва фибула на десния крак.
9. **Допуснати нарушения на нормативни актове-**няма.
10. **Лица допуснали нарушенията-**няма.
11. **Необходими мерки за недопускане на подобни злополуки-**повишено внимание при движение по неравни повърхности и провеждане на извънреден инструктаж.

Комисия:

1. Матея Фратев
2. Никола Досев
3. Соня Бакалова
4. Ели Кунчева
5. Д- р Поля Рангелова

За Управител:

ДЕКЛАРАЦИЯ ЗА ТРУДОВА ЗЛОПОЛУКА

Приложение към чл.3, ал.1 от Наредба за установяване, разследване, регистриране и отчитане на трудовите злополуки

Осигурител: **Декларация № 1……. от 08.09.2008…… год.** (ден, месец, година)	НОИ: **Входящ № ……... от …… год.** Досие № **……...**

№	ДАННИ
I. ОСИГУРИТЕЛ	
1	**Пълно наименование: ……** „СЛЪЧЕВ ЛЪЧ” ЕООД **……..**
2	**ЕИК по БУЛСТАТ:** 0 0 0 4 6 2 1 1 8
3	**Адрес Област: Пловдив…… ……..** **Община:…Пловдив…… ……**
4	**Гр./с.:Пловдив…… ……...** **Ул., №: „Фр.Рузвелт” №27 ……..**
5	**Тел. / 268 491 факс:**. 624 898 **e-mail ……..** **……** **Пощенски код** 4 0 0 4
6	**Списъчен брой на работниците и служителите:…109……..** **от тях жени……62……**
II. ПОСТРАДАЛ	
7	**Трите имена: ЖЕЧКА ЛЮБОМИРОВА СТОЙЧЕВА ……** **ЕГН (ЛНЧ):** 5 4 0 2 1 5 7 2 5 5
8	Постоянен адрес **Област: Пловдив……..** **Община: Пловдив…… ……**
9	**Гр. / Пловдив…… ……** **Ул., № :”Барикадите”№4 ет 4 ап 12 ……..**
10	**Тел. / факс: 032 62 12 32 ……..** **Пощенски код** 4 0 0 0
11	**Дата на раждане: 15……ден 02……м. 1954……год.** **Пол: - мъж X - жена**
12	**Гражданство: ……българско…… ……**
13	**Пострадалият е нает: 1. X - неопределено време или - определен срок ; 2. X - пълно работно време или - непълно работно време ;**
14	**Дата на постъпване в предприятието: …01…ден 06……м. 2000……год.**
15	**Професия (по НКП): Началник склад……** **Код поНКП:** 1 1 2 2
16	**Категория труд:** ☐ **- първа** ☐ **- втора** **X - трета**

18	Административна единица, в която е назначен: Отд. „Стопански”……

III. ЗЛОПОЛУКА

19	Злополуката е станала: в …9 часа 00…… мин На01 ден 09… м.… 2008…… год.
20	Работно време: от 8. ч .. м .. до 16. ч .. м .. и от …. ч … м … до ч ….. м …
21	Място на злополуката: Склад №1 ……
22	Адрес на мястото, където е станала злополуката, ако е различен от посочения в редове 3 и 4: Област: Пловдив…… Община: Пловдив…… Тел./факс:268491…… Гр./сПловдив…… Пощенски код 4 0 0 4 Ул.„№:Фр.Рузвелт 27 ……
23	Злополуката е станала на: X - обичайното стационарно работно място - случайно, нестационарно (мобилно), временно работно място - на друго място ……
24	Вид работа: ……Проверка на получена стока ……
25	Специфично действие, извършвано от пострадалия и свързания с това действие материален фактор: При движение се спъва на метална решетка……
26	Отклонение от нормалните действия (условия) и материален фактор, свързан с тези отклонения ……Спъване при движение……
27	Начин на увреждането и материален фактор, причинил увреждането: …При сблъсък с пода вследствие падане счупва фибула на десен крак……
28	Пострадалият имал ли е необходимата правоспособност: ☐ - да ☐ - не X - не се изисква
29	Злополуката е: ☐ - по чл.55, ал.1 на КЗОО X - по чл.55, ал.2 на КЗОО
30	Набелязани мерки: Повишено внимание при движение по неравни повърхности и извършен инструктаж…… ……

IV. УВРЕЖДАНЕ

31	Вид на увреждането: счупване фибула на десен крак…… .
32	Увредени части на тялото: десен крак ……
33	Последици: ☐ - смърт ☐ - вероятна инвалидност X - временна неработоспособност

СВИДЕТЕЛИ: Мая Иванова Таскова , гр. Пловдив бул. „Руски” 115 ет1 ап2 Дом. тел:250111

……

ДЕКЛАРАЦИЯТА СЕ ПОДАВА ОТ:

Пострадалия: …… **Осигурителя:Х** **Управител: Иван Братанов**

подпис длъжност, имена, подпис, печат

Наследник: ……

подпис

Данни за наследника

Трите имена

……

Постоянен адрес:Област: …….. Община: ……

Тел./факс: …… Гр./с. …… Пощенски код Ул., № ……..

Р Е Г И С Т Ъ Р
на трудовите злополуки-„Слънчев лъч”ЕООД

№	Дата на трудовата злополука	Входящ № на декларацията в ТП на НОИ	Трите имена и ЕГН на пострадалия	Място и време на тр.злополука	№ и дата на разпореждане на НОИ за признаване на трудова злополука	Последи-ци от ТЗ	Брой на трудоза-губите
1	01.09.2008	№ТЗ-89	Жечка Любомирова Стойчева ЕГН 5402157255	Склад №1 9 часа	№91	Врем. нерабо-тоспо-собност	90 дни

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов, И. П. Петров, Г. Велев, Н. Витков. Техническа Безопасност, София, 2011.
2. П. Петров, Г. Велев – Техническа безопасност – Анализ на трудови злополуки и тренировъчни тестове, Второ издание – Кредо-3М, Габрово, 2018, ISBN 978-619-7100-28-0;
3. Венков, И., П. Петров. Техническа безопасност. Габрово, „Габрово Принт", 2002.
4. Петров, П. Техническа безопасност. Въпроси и отговори. Тренировъчно учебно пособие. Габрово, „Габрово Принт", 2004.
5. Кърцелин, Е., П. Петров, К. Иванов, Г. Велев, Експертни анализи на трудови злополуки – методическо ръководство за самостоятелна подготовка, ИК"Св. Иван Рилски", гр. София, 2016, ISBN 978-954-353-303-9;
6. Вълчев, М., Иванов И. Охрана на труда и околната среда. С., Техника, 1984, 240 с.
7. Иванов, С. Б., Н. В. Иванов. Основи на техническата безопасност и ППО. Русе, ПБ на ВТУ "А. Кънчев", 1981, 58 с.
8. Иванов Н, Ръководство за упражне НЮI по тсхническабезопасност, Апд. измтелство „Лроф. М. Дринов", С. 2009.
9. Вълчев, М., Иванов И. Охрана на труда и околната среда. С., Техника, 1984, 240 с.
10. Владимиров, В. Т., И. В. Иванов, Г. Д. Генчев. Охрана на труда и околната среда. С., Земиздат, 1987,152 с.
11. Иванов, С. Б., И. В. Иванов. Основи на техническата безопасност и ППО. Русе, ПБ на ВТУ "А. Кънчев", 1981,58 с.
12. Иванов, И., Ръководство за упражнения по техническа безопасност, Акад. издателство „Проф. М. Дринов, С. 2009.
13. Вълчев, М., Охрана на труда. С., Техника, 1990.
14. Ушев, Г., Йорданова М., Техническа безопасност. Бряг Принт ООД Варна, 2003.
15. Анев, Г. и др.. Вредни действия на електричеството и защита от тях, Техника, С., 1987.
16. Анев, Г., Коларов, Д., Електробезопасност и здраве при работа в индустрията и строителството, Лот-Консулт, София, 2005.

17. Анев, Г., Стоянов, Ст., Електрически системи - заземление, защити, безопасност, АВС Техника, София, 2004.
18. Анев Г.. Коларов, Д., Електробезопасност при напрежения над 1000V, Лот-Консулт, София, 2001.
19. Генов, Л. Г., Електроенергетика, Техника, София, 1985.
20. Вълчев М. Г. и др. Техника на високите напрежения, Техника, София, 1980.
21. Cooper W., Electrical Safety Engineering. N-Bu Herworths, 1979.
22. Hofheinz W., Schutztechnik mit Isolazionsueberwachung, Berlin, 1993.
23. Charles D. Reese, Occupational Safety and Health: Fundamental Principles and Philosophies, CRC Press, 2017;
24. Dan Hopwood, Steve Thompson, Workplace Safety: A Guide for Small and Midsized Companies, Wiley, 2006;
25. S. Z. Mansdorf, Handbook of Occupational Safety and Health, Wiley, 2019;
26. John Cadick, Mary Capelli-Schellpfeffer, Dennis K. Neitzel, Al Winfield, Electrical Safety Handbook, 4th Edition, McGraw Hill Professional, 2012
27. B.S. Dhillon, Reliability, Quality, and Safety for Engineers, CRC Press, 2019
28. Манойлов, В. Е., Электричество и человек, Л., Энергоатомиздат, 1982.
29. Князевский, В. А., Ревякин И., Электробезопасность в машиностроении, М., Машиностроене, 1980.
30. Минин, В. А., СВЧ и безопасност человека, М., 1974
31. Долин, П. А., Основы техники безопасности в электрических установках, Энергоатомиздат, М., 1984
32. Долин, П. А., Справочник по технике безопасности. М., Энергоатомиздат 1984.
33. Правилник за безопасност и здраве при работа в електрически уредби на електрически и топлофикационни централи и по електрически мрежи, ДВ бр. 34 от 2004.
34. Правилник за безопасност и здраве при работа по електрообзавеждането с напрежение до 1000 V, ДВ бр. 21 от 2005 г.

35. Правилник за техническия надзор върху съоръжения с повишена опасност ДВ бр.72 от 1983 г.
36. Наредба № 3 от 2004 г. за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии, ДВ бр. 90 от 2004 г.
37. Наредба № 4 от 2003 г. за проектиране, изграждане и експлоатация на електрически уредби в сгради, ДВ бр. 76 от 2003 г.
38. Наредба № 4 от 2004 г. за техническа експлоатация на електрообзавеждането, ДВ, бр. 99 от 2004 г.
39. Наредба № 9 от 2004 г. за техническата експлоатация на електрически централи и мрежи, ДВ, бр. 72 от 2004 г.
40. Наредба № 5 от 1999 Г. за реда, начина и периодичността за извършване на оценка на риска, ДВ бр. 47 от 1999 г.
41. Наредба № 4 от 2010 г. за мълниезащитата на сгради, външни съоръжения и открити пространства, ДВ бр. 6 от 2011 г.
42. Наредба Із-1971 от 2009 г. за строително-технически правила и норми за осигуряване на безопасност при пожар, ДВ, бр. 96 от 2009 г.
43. Наредба № РД-07-2 от 16.12. 2009 г. за условията и реда за провеждането на периодично обучение и инструктаж на работниците и служителите по правилата за осигуряване на здравословни и безопасни условия на труд;

Статии

44. Христова, Д. Разследване на трудовите злополуки - предизвикателство за специалистите. Безопасност и трудова медицина, 2002.
45. Чакърова, Е. Трудови злополуки - ред за установяване, разследване, регистриране и отчитане. Актив, 2004.
46. Карановски, И. Понятието трудова злополука според Кодекса за задължително обществено осигуряване. Български счетоводител, 2000.
47. Балканджиева, В. Статистическа система „Трудови злополуки", Безопасност и трудова медицина, 2002.