

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ

Конспект лекцій

для студентів Інституту електроенергетики

Дніпропетровськ
2013

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



ГІРНИЧИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра аерології та охорони праці

ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ

Конспект лекцій
для студентів Інституту електроенергетики

Дніпропетровськ
НГУ
2013

Охорона праці в галузі. Конспект лекцій для студентів Інституту електроенергетики / Уклад.: В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. – Д. : Національний гірничий університет, 2013. – 84 с.

Укладачі:

В.І. Голінько, д-р техн. наук, проф. (розділи 1, 2, 4, 12);
В.Ю. Фрундін, канд. техн. наук, доц. (розділи 3, 5, 6, 7);
Ю.І. Чеберячко, канд. техн. наук, доц. (розділи 10, 11);
М.Ю. Іконніков, канд. техн. наук, доц. (розділи 8, 9).

Затверджено методичною комісією з напряму підготовки 6.050701 Електротехніка та електротехнології (протокол № 3 від 20.03.2013) за поданням кафедри АОП (протокол № 6 від 19.03.2013).

Зміст видання відповідає освітньо-професійній програмі підготовки спеціалістів та магістрів Інституту електроенергетики, зокрема – програмі дисципліни «Охорона праці в галузі».

Визначено загальні питання стану електробезпеки на підприємствах; виконано аналіз небезпеки враження людини струмом при різних випадках підключення до джерела струму. Розглянуто проведення захисних заходів в електроустановках, у тому числі й у гірничих виробках шахт, правила охорони праці при експлуатації ПЕОМ, а також питання пожежної безпеки.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри аерології та охорони праці, д-р техн. наук, проф. В.І. Голінько.

ЗМІСТ

1. ВРАЖАЮЧА ДІЯ СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ	9
1.1. Особливості дії струму на живу тканину.....	9
1.2. Причини летальних наслідків від дії електричного струму	11
1.3. Фактори, що впливають на наслідки поразки електричним струмом.....	12
1.4. Надання першої допомоги при ураженні людини струмом	16
2. ЯВИЩА ПРИ СТІКАННІ СТРУМУ В ЗЕМЛЮ	18
2.1. Стікання струму в землю через одиночний напівсферичний заземлювач.....	18
2.2. Напруга дотику	21
2.3. Напруга кроку	23
3. АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕКИ ПОРАЗКИ ЛЮДИНИ СТРУМОМ У РІЗНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ.....	24
3.1. Загальні положення	24
3.2. Однофазна мережа, що ізольована від землі	25
3.3. Однофазна мережа із заземленим провідником.....	27
3.4. Трифазна мережа з ізольованою нейтраллю	28
3.5. Трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю	30
3.6. Вибір схеми мережі й режиму нейтралі.....	31
3.7. Позначення, що застосовуються в мережах напругою до 1000 В.....	32
3.8. Класифікація електроустановок і приміщень згідно ПУЕ.....	34
4. ЗАХИСНЕ ЗАЗЕМЛЕННЯ.....	35
4.1. Призначення, принцип дії, область застосування.....	35
4.2. Нормування опору заземлюючого пристрою.....	36
4.3. Вимоги до виконання заземлюючого пристрою	37
4.4. Порядок розрахунку заземлювача методом коефіцієнта використання	40
4.5. Вимір опору заземлюючого пристрою методом вольтметра-амперметра.....	41
5. ЗАНУЛЕННЯ.....	42
5.1. Призначення, принцип дії й область застосування	42
5.2. Призначення елементів схеми занулення	43
5.3. Розрахунок занулення	48
6. ЗАХИСНЕ ВІДКЛЮЧЕННЯ.....	50
6.1. Загальні відомості.....	50
6.2. УЗО, що реагують на потенціал корпусу відносно землі	51
6.3. УЗО, що реагують на струм замикання на землю.....	51
6.4. УЗО, що реагує на напругу нульової послідовності.....	52
6.5. УЗО, що реагує на напругу фази відносно землі	53
6.6. УЗО, що реагують на струм нульової послідовності	53
6.7. УЗО, що реагують на постійний оперативний струм.....	54
6.8. Вентильні схеми УЗО	55
7. ІНШІ ЗАХИСНІ ЗАХОДИ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ.....	56
7.1. Малі напруги (наднизькі напруги)	56
7.2. Подвійна ізоляція	57
7.3. Захист від випадкового (прямого) дотику	58
7.4. Контроль і профілактика ушкоджень ізоляції.....	59
7.5. Електричний поділ мереж	61

7.6. Компенсація ємнісної складової струму однофазного замикання на землю ...	63
7.7. Захист від переходу вищої напруги на нижчу сторону.....	64
7.8. Захисне зрівнювання потенціалів.....	66
8. ЗАХИСТ ВІД ВПЛИВІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ПРОМИСЛОВОЇ ЧАСТОТИ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ НАДВИСОКОЇ НАПРУГИ.....	67
8.1. Біологічний вплив електромагнітного поля.....	67
8.2. Гігієнічні нормативи.....	68
8.3. Захист персоналу від впливу електромагнітних полів.....	69
9. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПЕОМ.....	70
9.1. Загальні положення.....	70
9.2. Санітарно-гігієнічні вимоги до приміщення.....	71
9.3. Санітарно-гігієнічні вимоги до штучного освітлення.....	71
9.4. Вимоги електробезпеки.....	72
9.5. Вимоги до організації робочого місця користувача ПЕОМ.....	73
9.6. Вимоги до організації робочого місця для обслуговування, ремонту й налагодження ПЕОМ.....	74
9.7. Вимоги безпеки під час експлуатації, обслуговування, ремонту й налагодження ПЕОМ.....	74
9.8. Вимоги до режиму праці й відпочинку при роботі з ПЕОМ.....	74
9.9. Вимоги до профілактичних оглядів.....	76
10. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ.....	76
10.1. Основні протипожежні заходи в електроустановках.....	76
10.2. Гасіння пожеж в електроустановках.....	77
11. ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ В ШАХТАХ.....	78
11.1. Заходи захисту від поразки людей електричним струмом.....	78
11.2. Захисне заземлення й захисне відключення.....	79
11.3. Експлуатація кабельної проводки.....	80
11.4. Обслуговування й ремонт електроустановок.....	81
12. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ В ГАЗОВИХ ШАХТАХ.....	81
12.1. Види виконання електроустаткування.....	81
12.2. Область застосування електричного устаткування.....	82
12.3. Попередження порушень вибухобезпеки електроустаткування в експлуатації.....	83
12.4. Забезпечення вибухобезпеки в тупикових виробках, що провітрюються ВМП.....	83

ВСТУП

Питання електротравматизму й електробезпеки привертають увагу багатьох дослідників уже більше двох століть. Одним з перших досліджували дію струму на живий організм італієць Л. Гальвані й француз Ж. Марат. Л. Гальвані досліджував дію електричного розряду на м'язи й нерви препарованої жаби. Відомий діяч французької революції Ж. Марат, лікар за фахом, написав в 1873 р. «Трактат про медичну електрику», відзначений спеціальною премією. Уперше небезпека впливу на людину електричного розряду була відзначена членом Петербурзької академії наук В. І. Петровим [1].

У міру поширення області застосування електрики зростає інтерес учених усього світу до вивчення дії електричного струму на організм людини. У п'ятдесяті роки ХХ століття було встановлено, що найбільш уразливим від дії електричного струму є серце.

У наш час електротравматизм забирає щорічно біля 50 тисяч життів, при цьому на кожну смертельну електротравму доводиться 50-70 тисяч не смертельних [2]. В Україні показник смертельного електротравматизму досить не задовільний. Тільки в побуті в 2001 р. загинув 1501 чоловік, а 2004 р. – 657 чоловік.

У розвинених капіталістичних країнах цей показник значно нижче. Наприклад, у країнах «Великої вісімки» (крім Росії) частота смертельного електротравматизму в електроустановках в 1996р. не перевищувала показника - один смертельно травмований на мільйон жителів країни. В країнах СНД цей показник приблизно в 30 разів вище.

За даними [2] на 1989 р. число смертельних електротравм у Франції склало 135 чоловік (населення 55,9 млн. чол.), у Японії 67 чоловік (населення 123,2 млн. чол.), у США -702 чоловік (населення 246 млн. чол.). Поряд з рівнем життя й станом електричних мереж важливе значення в зменшенні електротравматизму зіграло широке впровадження пристроїв захисного відключення диференційного типу УЗО-Д.

Основне правило установки електрообладнання напругою як до, так і понад 1000 В: струмоведучі частини не повинні бути доступні для ненавмисного прямого дотику до них, а доступні дотику відкриті провідні частини, провідники що заземлюють і захисні при прямому дотику повинні бути безпечні як при нормальному режимі роботи так і при пошкодженні робочої ізоляції небезпечних струмоведучих частин.

«Правилами устаткування електроустановок» (ПУЕ) [3] передбачені захисні заходи в електроустановках, а також область їхнього застосування: рівень технічних рішень, описаних у главі 1.7 ПУЕ «Заземлення й захисні заходи електробезпечності» не поступаються регламентованим міжнародним стандартам. Однак, у заходах електробезпечності для мереж до 1000 В зник термін «занулення» і залишилися тільки системи заземлення IT і TN. Термін «занулення» уже виключався в ПУЕ-66 і був замінений на термін «заземлююча система з нульовим захисним провідником». Вважати захисним заземленням у мережах напругою до 1000 В с глухозаземленою нейтраллю – заземлення нейтралі щонайменше не

коректно. Мережі до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю – це мережі житлових, суспільних, адміністративних і побутових будинків, фізкультурно-оздоровчих споруджень, культурно-видовищних, розважальних і культових установ.

Термін «заземлення» асоціюється в населення країни з безпосереднім приєднанням корпусів електроустановок до заземлюючого пристрою, що досить часто на практиці так і здійснюється, не приєднуючи до нульового захисного провідника, тобто не приєднуючи до нейтралі джерела живлення. Виключення терміна «занулення» і перехід до термінології застосовуваної МЕК, на нашу думку, може привести до зростання числа електротравм, особливо в побуті.

Як заземлення, так і занулення корпусів електроустановок призначено для захисту людини при порушенні робочої ізоляції, тобто при однофазному замиканні фази на не струмоведучі частини. Заземлення виконує цю функцію за рахунок зниження напруги на не струмоведучих частинах при замиканні фази на них до допустимої величини й застосовуються в мережах з ізольованою нейтраллю напругою до й понад 1000 В та з заземленою нейтраллю напругою 110 кВ і вище. У мережах до 1000 В з заземленою нейтраллю приєднання корпусів електроустановок до заземлюючого пристрою без приєднання до нейтралі джерела живлення не забезпечує захист людини при замиканні фази на землю.

Вимога ПУЕ й ДНАОП 0.00-1.32-01 «Правила устаткування електроустановок. Електроустаткування спеціальних установок» по захисту від дотику до не струмоведучих частин повинні бути чітко викладені у всіх «Інструкціях з експлуатації» до електроапаратури, а саме, повинна бути наведена схема занулення (а не заземлення). Виконання цих вимог виключає реальну небезпеку поразки людей, пов'язану зі слабкою підготовленістю населення в питаннях електробезпечності, а також електротехнічного персоналу приватних фірм, що займаються монтажем і експлуатацією електроустановок у фірмах, адміністративних і суспільних будинках.

Крім цього, необхідна пропаганда серед населення широкого впровадження пристроїв захисного відключення диференційного струму УЗО-Д, що забезпечує захист людини не тільки від непрямого а й від прямого дотику, що дозволить зменшити смертельний травматизм у побуті до рівня розвинених капіталістичних країн. При струмі витоку 30 мА час відключення складе не більше 30 мс.

Серйозною проблемою, особливо при експлуатації електроустаткування в житлових будинках, є значні коливання напруги в живильній мережі. В приватному секторі напруга може бути 140 В, а в багатьох будинках крім того за рахунок нерівномірного навантаження по фазах і поганій якості мережі можуть бути перепади напруги вище номінального значення (250-260 В). Крім цього, через поганий стан електричної мережі досить часто відбуваються замикання між фазним і нульовим провідниками, тоді в будинок або квартиру надходить уже не фазна, а лінійна напруга 380 В. Для виключення негативних явищ від цього фактора додатково до УЗО-Д необхідно встановити апаратуру контролю напруги, що відключала б живлення будинку чи квартири при коливаннях напруги у мережі за встановлені межі.

1. ВРАЖАЮЧА ДІЯ СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

1.1. Особливості дії струму на живу тканину

Небезпека поразки людини характерна тим, що людина не в змозі без спеціальних приладів дистанційно виявляти наявність напруги, а відбувається це вже після включення в ланцюг струму.

Електричний струм, проходячи через людину, спричиняє термічну, електролітичну, механічну й біологічну дію.

Термічна дія струму проявляється через опіки окремих ділянок тіла, нагрівання до високої температури кровоносних судин, нервів, серця, мозку й інших органів на шляху струму, що викликає в них істотні функціональні розлади.

Електролітична дія струму характеризується розкладанням органічної рідини, у тому числі й крові, що супроводжується значними порушеннями їхнього фізико-хімічного складу.

Механічна (динамічна) дія струму – це розшарування, розриви та інші подібні ушкодження тканин організму, у тому числі м'язової тканини, стінок кровоносних судин, судин легеневої тканини внаслідок мимовільного судорожного скорочення м'язів а також вибухоподібного перетворення рідини в пару.

Біологічна дія струму проявляється в порушенні живих тканин організму й у порушенні внутрішніх біоелектричних процесів. Під дією електричного струму центральна нервова система може подати недоцільну виконавчу команду, що може привести до серозних порушень діяльності життєво важливих органів (серця, легенів).

Різноманіття дії струму на організм людини можна звести до двох основних видів ураження: місцеві електротравми, коли виникають місцеві ушкодження організму, і загальні електротравми - електричні удари, коли уражається весь організм. Обидва види травм часто супроводжують один одного.

Характерні види місцевих електротравм: електричний опік, електричні знаки, електрометалізація шкіри, механічні ушкодження, електрофтальмія.

Електричний опік – найпоширеніша електрична травма. Залежно від умов виникнення розрізняють три види опіків: струмовий або контактний (зазвичай, в установках напругою не вище 1 - 2 кВ), дуговий, обумовлений впливом на тіло людини високої температури електричної дуги, але без проходження струму та змішаний.

Розрізняють наступні ступені опіків:

- а) почервоніння шкіри;
- б) утворення пухирів;
- в) омертвляння всієї товщини шкіри;
- г) обуглювання тканин.

Ступінь опіку обумовлюється ураженою площею шкірного покриву.

Електричні знаки – це чітко обкреслені плями діаметром 1-5 мм сірого або блідо-жовтого кольору з поглибленням у центрі, які з'являються на поверхні шкіри людини внаслідок дії струму. У більшості випадків електричні

знаки безболісні, із часом верхній шар шкіри сходить, а уражене місце набуває початкового кольору, відновлюється пластичність і чутливість.

Електрометалізація шкіри – проникнення в шкіру часточок розплавленого металу під дією струму. Вона найчастіше відбувається при коротких замиканнях. При цьому дрібні часточки розплавленого металу під впливом динамічних сил і теплового потоку розлітаються в усі сторони з великою швидкістю. Кожна із цих часточок має високу температуру, але маленький запас тепла, і тому не здатна пропалити одяг. Тому ушкоджуються відкриті частини тіла - руки та обличчя. Уражена ділянка тіла має шорсткувату поверхню.

Із часом хвора шкіра сходить, уражена ділянка здобуває нормальний вигляд та еластичність, зникають і всі хворобливі відчуття, пов'язані із цією травмою. При ушкодженні очей лікування може виявитися тривалим і складним, а в деяких випадках потерпілий може втратити зір. Тому роботи, при яких можливе виникнення електричної дуги, повинні виконуватися в захисних окулярах. Металізація шкіри спостерігається в 10% потерпілих від електричного струму. Одночасно з металізацією шкіри виникає дуговий опік, що майже завжди викликає більш важкі ураження, чим металізація.

Механічні ушкодження є в більшості випадків наслідком різких судорожних скорочень м'язів під впливом струму, що проходить через тіло людини. Внаслідок цього можуть відбутися розриви сухожиль, шкіри, кровоносних судин, нервів і навіть переломи костей. Електротравмами не вважаються аналогічні травми, викликані падінням людини з висоти, ударами об предмети внаслідок впливу струму. Механічні ушкодження мають місце при роботі в установках напругою до 1000 В при тривалому перебуванні людини під напругою. Механічні ушкодження виникають приблизно в 1% осіб, які зазнали впливу струму. Такі ушкодження завжди супроводжують електричні удари, оскільки їх викликає струм, що проходить через тіло людини. Деякі з них супроводжуються, крім того, контактними опіками тіла.

Електрофтальмія – це запалення зовнішніх оболонок ока, що виникає під впливом потужного потоку ультрафіолетових променів електричної дуги. Таке опромінення можливо при утворенні електричної дуги (при короткому замиканні).

Інфрачервоні (теплові) промені також шкідливі для очей, але лише на близькій відстані або при інтенсивному й тривалому опроміненні. У випадку ж короткочасної дуги основним фактором, що впливає на очі, є ультрафіолетові промені, хоча й у цьому випадку не виключена небезпека поразки очей інфрачервоними променями, а також потужним потоком світла й бризами розплавленого металу.

Електрофтальмія розвивається через 4-8 годин після ультрафіолетового опромінення. При цьому мають місце почервоніння й запалення шкіри, слизистих оболонок повік, слъози, гнійні виділення з очей, судороги повік і часткова втрата зору. Потерпілий відчуває головний біль і різкий біль в очах, що підсилюється при світлі. Запобігання електрофтальмії при обслуговуванні електроустановок забезпечується застосуванням захисних окулярів зі

звичайними скельцями, які майже не пропускають ультрафіолетові промені й одночасно захищають очі від інфрачервоного опромінення й бризок розплавленого металу при виникненні електричної дуги.

Електричний удар – порушення живих тканин організму електричним струмом, що супроводжується судорожним скороченням м'язів. Електричний удар може привести до порушення й навіть повному припиненню роботи легенів і серця. При цьому, зовнішніх місцевих ушкоджень, тобто електричних травм, людина може й не мати.

Ступінь негативного впливу на організм електричних ударів різна. Самий слабкий електричний удар викликає ледь відчутні скорочення м'язів біля місця входу або виходу струму. Може відбутися порушення й навіть припинення діяльності легенів і серця, тобто загибель організму.

Залежно від наслідків поразки електричні удари можна умовно розділити на п'ять ступенів: **I** – судорожні ледь відчутні скорочення м'язів; **II** – судорожні скорочення м'язів, які супроводжуються сильним, ледь стерпним, болем без втрати свідомості; **III** – судорожне скорочення м'язів із втратою свідомості, але зі збереженням дихання й роботи серця; **IV** – втрата свідомості й порушення серцевої діяльності або дихання (або того й іншого разом); **V** – клінічна смерть, тобто відсутність дихання й кровообігу(тривалість - 5- 8 хв.) – процес зворотній.

1.2. Причини летальних наслідків від дії електричного струму

Причинами смерті від дії електричного струму може бути припинення роботи серця, зупинка дихання й електричний шок. Можлива також одночасна дія двох або навіть трьох цих причин. Припинення серцевої діяльності від електричного струму найбільше небезпечно, оскільки повернення потерпілого до життя в результаті цього випадку є, як правило, більш складним завданням, чим при зупинці дихання або при стані шоку. Вплив струму на м'яз серця може бути прямим, якщо струм проходить безпосередньо в області серця, і рефлекторним, тобто через центральну нервову систему, якщо шлях струму лежить поза цією областю. В обох випадках може відбутися зупинка серця, а також виникнути його фібриляція. Фібриляція може бути й результатом рефлекторного спазму артерій, які постачають до серця кров. При ураженні струмом фібриляція серця настає значно частіше, ніж його повна зупинка.

Фібриляція серця – хаотичні нерівномірні скорочення волокон серцевого м'яза (фібрили), при яких серце не в змозі гнати кров по судинах. Фібриляція серця може наступити внаслідок проходження через тіло людини по шляху рука-рука або руки-ноги змінного струму частотою 50 Гц протягом декількох секунд. *Струм силою менше 50 мА й більше 5 мА тієї ж частоти фібриляцію серця в людини не викликає.*

При фібриляції серця, що виникає внаслідок короткочасної дії струму, дихання може ще тривати 2-3 хв., оскільки разом із кровообігом припиняється й постачання організму киснем. У цієї людини настає швидке різке погіршення загального стану й дихання припиняється. Фібриляція триває короткий час і завершується повною зупинкою серця. Наступає клінічна смерть.

Припинення дихання відбувається внаслідок безпосереднього впливу струму на м'язи грудної клітки, які беруть участь у процесі дихання. Людина починає відчувати ускладнення дихання внаслідок судорожного скорочення згаданих м'язів уже при струмі 20-25 мА частотою 50 Гц, що проходить через тіло людини. При більшому значенні сили струму ця дія підсилюється. У випадку тривалого проходження струму через тіло людини настає асфіксія - хворобливий стан внаслідок недостатньої кількості кисню й надлишку вуглекислоти в організмі. При асфіксії послідовно втрачається свідомість, чутливість, рефлекси, потім припиняється дихання, а через деякий час зупиняється серце або виникає його фібриляція, тобто настає клінічна смерть. Припинення серцевої діяльності в цьому випадку обумовлено не тільки безпосереднім впливом струму на серце, а припиненням подачі кисню в організм людини, у тому числі до кліток серцевого м'яза при зупинці дихання.

Електричний шок – це своєрідна важка нервово-рефлекторна реакція організму у відповідь на подразнення електричним струмом, що супроводжується глибокими розладами кровообігу, дихання й обміну речовин. Шоковий стан триває від декількох десятків хвилин до доби. Після цього людина може загинути внаслідок повного вгасання життєво важливих функцій, або видужання внаслідок своєчасного активного лікарського втручання.

1.3. Фактори, що впливають на наслідки поразки електричним струмом

1. Сила струму. Основним вражаючим фактором є струм, що проходить через тіло людини. Зі збільшенням сили струму, небезпека поразки людини зростає. Розрізняють такі граничні значення струму (при частоті 50 Гц):

– **граничний відчутний струм** – 0,5-1,5 мА при змінному струмі й 5-7 мА при постійному струмі;

– **граничний струм, що не відпускає** (струм, що викликає при проходженні через тіло людини непереборні судорожні скорочення м'язів рук, у яких затиснутий провідник) – 10-15 мА при змінному струмі й 50-80 мА при постійному струмі;

– **граничний фібриляційний струм** (струм, що викликає при проходженні через організм фібриляцію серця) – від 50 мА до 5 А, середнє значення 100 мА при змінному струмі та від 100 мА до 5 А, середнє значення 300 мА при постійному струмі.

Індивідуальні особливості людей у значній мірі визначають результат поразки. У жінок граничні значення приблизно в 1,5 рази нижче, що пояснюється більш слабким їхнім фізіологічним розвитком. В однієї і тієї ж людини граничні значення струму міняються залежно від стану організму, стомлення й .т. п.

2. Опір тіла. Людина, як провідник, являє собою досить неоднорідне тіло, у якому м'язи й кістки мають високий опір, шкіряний покрив - високий, а кровоносні судини - низький. Опір тіла людини - величина нелінійна, залежна від багатьох факторів. Еквівалентна схема опору тіла людини представлена на рис 1.1.

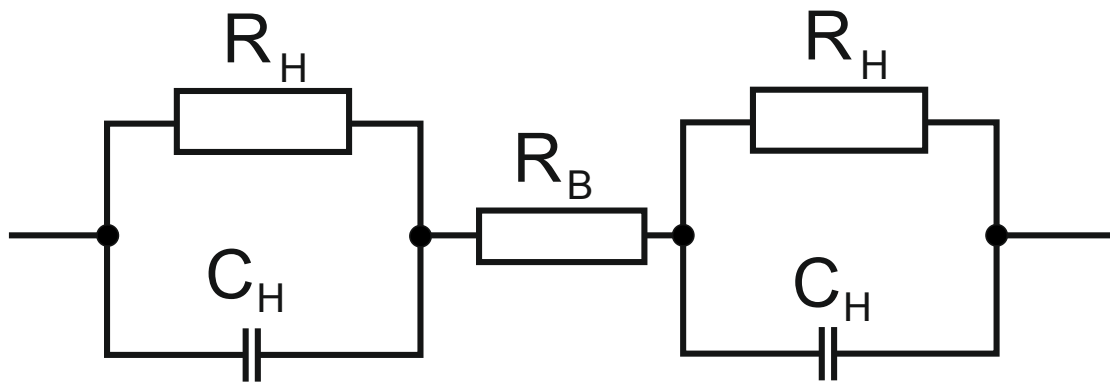


Рис. 1.1. Еквівалентна схема опору тіла людини

Як витікає з еквівалентної схеми, опір тіла людини має ємнісну складову, якою звичайно нехтують і приймають чисто активну $Z_h=R_h$. Основним опором на шляху струму є роговий шар шкіри, товщиною 0,05-0,2 мм, опір його в сотні разів перевищує опір внутрішніх тканин. Пробивна напруга рогового шару 500-2000 В/мм, тобто при товщині рогового шару 0,1 мм пробивна напруга 50÷200В. При знятому роговому шарі опір внутрішніх тканин не перевищує 1000 Ом, і це значення $R_h = 1000$ Ом приймається при розрахунку релейних захистів.

Опір тіла людини нелінійно змінюється залежно від прикладеної напруги (табл. 1.1.).

Таблиця 1.1.

Залежність опору людини від напруги

Прикладена напруга, В	6,0	18,0	75	80	100	175
Опір людини, кОм	6,0	3,0	1,15	1,065	1,00	0,70

3. Вид та частота струму.

Змінний струм. При наявності в опорі тіла людини ємнісної складової зростання частоти прикладеної напруги супроводжується зменшенням повного (загального) опору тіла й збільшенням струму, що проходить через тіло людини. Можна було б припустити, що зростання частоти приведе до підвищення цієї небезпеки. Однак це припущення справедливе лише в діапазоні частот до 50 Гц. Подальше ж зростання частоти, незважаючи на збільшення струму, що проходить через людину, супроводжується зниженням небезпеки поразки, що повністю зникає при частоті 450-500 кГц, тобто струм такої й більшої частоти – не може викликати смертельної поразки внаслідок припинення роботи серця або легенів, а також інших життєво важливих органів. Однак цей струм зберігає небезпеку виникнення опіків при електричній дузі й при проходженні його безпосередньо через тіло людини. Значення фібриляційного струму при частотах 50-100 Гц практично однакові, при частоті 200 Гц фібриляційний струм зростає приблизно у два рази в

порівнянні з його значенням при 50-100 Гц, а при частоті 400 Гц – більш, ніж у три рази.

Постійний струм. Постійний струм приблизно в 4-5 разів безпечніше, ніж змінний струм частотою 50 Гц. Цей висновок випливає з порівняння значень граничного струму, що не відпускає (50-80 мА - для постійного й 10-15 мА – для змінного струму частотою 50 Гц) і граничних напруг, що витримує людина до болючих відчуттів, тримаючи циліндричні електроди в руках з прикладеними до них напругами не більше 21-22 В при змінному струмі частотою 50 Гц і не більше 100-105 В при постійному струмі. Постійний струм, проходячи через тіло людини, викликає більш слабкі скорочення м'язів і менш неприємні відчуття в порівнянні зі змінним того ж значення. Лише в момент замикання й розмикання струму, людина відчуває короточасні хворобливі відчуття внаслідок судорожного скорочення м'язів. Порівняльна оцінка значень постійного і змінного струмів справедлива лише для напруг до 500 В. Уважається, що при більш високих напругах постійний струм стає більше небезпечним, чим змінний струм частотою 50 Гц.

4. Тривалість проходження струму через тіло людини істотно впливає на наслідки поразки: зі збільшенням тривалості дії струму зростає ймовірність важкого або смертельного результату. Така залежність пояснюється тим, що зі збільшенням часу протікання підвищується значення сили струму. Зростає також імовірність збігу моменту проходження струму через серце із чутливою фазою серцевого циклу (кардіоциклу), фазою Т. Збільшення сили струму зі зростанням часу його дії пояснюється зниженням опору тіла людини внаслідок місцевого нагрівання шкіри й дратівної дії на тканині. Це викликає рефлекторну, тобто через центральну нервову систему, швидку зворотну реакцію організму у вигляді розширення судин шкіри, а потім - посилення постачання її кров'ю й підвищення виділення поту, що й приводить до зниження електричного опору шкіри в цьому місці.

Наслідки впливу струму на організм складаються в порушенні функцій центральної нервової системи, зміни складу крові, місцевому руйнуванні тканин організму під впливом тепла, що виділяється, у порушенні роботи серця, легенів. Зі збільшенням часу дії струму, ці негативні фактори накопичуються, а згубний його вплив на стан організму підсилюється. Установлено, що чутливість серця до електричного струму неоднакова протягом різних фаз його діяльності. Найбільш чутливе серце у фазі Т, тривалість якої близько 0,2 с. Тому, якщо протягом фази Т через серце проходить струм, то при деякій його значенні виникає фібриляція серця. Якщо ж час проходження цього струму не збігається з фазою Т, то ймовірність фібриляції різко знижується.

5. Шлях протікання струму через людину. Практика й експерименти показують, що шлях протікання струму через тіло людини має велике значення з огляду на наслідки поразки. Якщо на шляху струму перебувають життєво важливі органи - серце, легені, головний мозок, то небезпека поразки досить висока, оскільки струм безпосередньо впливає на ці органи. Якщо ж струм проходить іншими шляхами, то його вплив на життєво важливі органи може

бути лише рефлекторним, а не безпосереднім. При цьому, хоча небезпека важкої поразки й зберігається, але ймовірність його знижується. Крім того, оскільки шлях струму визначається місцем прикладання струмопровідних частин (електродів) до тіла потерпілого, той його вплив на наслідки поразки визначається ще й різним опором шкіри на різних ділянках шкіри.

Можливих шляхів струму в тілі людини, які називаються також петлями, дуже багато. У практиці, зустрічаються, звичайно, не більше 15 петель. Найпоширеніші з них наведені в табл. 1.2.

Небезпеку різних петель струму можна оцінити по відносній кількості випадків втрати свідомості протягом дії струму (третя графа табл.1.2.). Небезпеку петлі можна оцінити також за значенням струму, що проходить через серце: чим більше цей струм, тим небезпечніше петля. При найпоширеніших петлях у тілі людини через серце протікає 0,4-7,0 % загального струму (четверта графа табл.1.2).

Таблиця 1.2.

Характеристика найпоширеніших шляхів струму в тілі людини

Шлях струму	Частота виникнення даного шляху	Кількість потерпілих, які непритомні під час дії струму, %	Значення струму, що проходить через серце, % від загального струму
Рука - рука	40	83	3,3
Права рука - ноги	20	87	6,7
Ліва рука - ноги	17	80	3,7
Нога - нога	6	15	0,4
Голова - ноги	5	88	6,8
Голова - руки	4	92	7,0
Інші	8	65	

6. Індивідуальні особливості організму людини. Відомо, що здорові й фізично міцні люди більш легко переносять електричні удари, чим хворі й слабкі. Особливо сприйнятливими до електричного струму є особи, які страждають захворюваннями шкіри, серцево-судинної системи, органів внутрішньої секреції, легенів, мають нервові хвороби.

Істотне значення має психічна підготовленість до можливої небезпеки поразки струмом. У переважній більшості випадків несподіваний електричний удар навіть при низькій напрузі приводить до важких наслідків. Проте, за умови, якщо людина очікує удару, то ступінь поразки значно знижується. У цьому контексті великого значення набувають ступінь уваги, зосередженість людини на виконуваний роботі, втома. Кваліфікація людини також істотно відбивається на наслідках впливу електричного струму. Досвід, уміння адекватно оцінити ситуацію щодо безпеки, що виникла, а також застосувати раціональні способи звільнення від дії струму дозволяє уникнути важкої поразки. У зв'язку із цим, правила техніки безпеки передбачають обов'язкову медичну перевірку персоналу, що обслуговує електроустановки, на початку роботи й періодичні перевірки.

1.4. Надання першої допомоги при ураженні людини струмом

Перша допомога при ураженні людини струмом складається із двох етапів: звільнення потерпілого від дії струму й надання йому долікарської допомоги.

Якнайшвидше необхідно потерпілого звільнити від струму, при цьому не забувати про власну безпеку, і відразу ж приступитися до надання медичної допомоги, оскільки період клінічної смерті триває всього кілька хвилин, а також викликати лікаря.

Найбільше безпечно й ефективно відключити потерпілого від ланцюга струму як у мережах напругою до 1000 В, так і понад 1000В за допомогою комутаційної апаратури. Якщо потерпілий перебуває на висоті, то відключення напруги може викликати падіння потерпілого. У цьому випадку необхідно вжити заходів щодо його безпеки.

Якщо відключити потерпілого від ланцюга струму комутаційною апаратурою неможливо, то варто скористатися захисними засобами, призначеними на напругу мережі: діелектричними рукавичками або монтерським інструментом з ізольованими ручками – у мережах напругою до 1000 В, а в мережах понад 1000 В – ізоляційною штангою або кліщами, розрахованими на напругу мережі, попередньо одягнувши діелектричні рукавички й боти. У мережах до 1000 В можна також скористатися сухим одягом або ціпком, за допомогою якої можна відтягнути потерпілого від ланцюга струму або розірвати його.

Заходи першої долікарської допомоги потерпілому від електричного струму залежать від його стану. Для чого необхідно потерпілого покласти на спину й перевірити роботу серця й легенів. Роботу серця перевіряють по пульсу на великих артеріях - променевій (біля великого пальця руки), сонній (на шиї із правої й лівої сторони від адамова яблука). Про відсутність кровообігу можна судити по розширених зіницях. Якщо перевірка показала, що серце працює, то необхідно перевірити роботу легенів по підйому й опусканню грудної клітки. Слабке або неритмічне дихання, а також його відсутність приводить до кисневого голодування органів і тканин постраждалого, тому необхідно негайно приступати до штучного дихання.

Якщо потерпілий у свідомості, необхідно укласти його на суху підстилку й накрити його одягом, забезпечити йому спокій, свіже повітря й не залишати без догляду до приходу лікаря. У людини, що зазнала вплив струму, може наступити через кілька хвилин різке погіршення здоров'я. Іноді погіршення здоров'я, що приводило до смерті, наступало й через кілька днів, хоча зовнішні ознаки ушкодження були відсутні.

Якщо потерпілий у несвідомому стані, то його варто зручно укласти на підстилку, розстебнути одяг і пояс, забезпечити приплив свіжого повітря й вжити заходів до приведення його у свідомість (дати понюхати вату, змочену нашатирним спиртом, обляпати холодною водою та розтерти тіло).

Якщо потерпілий не дихає або дихання не ритмічне, то необхідно негайно приступати до штучного дихання методом з рота в рот, або з рота в ніс, а для дитини й у рот і в ніс.

Цей спосіб найбільш ефективний у порівнянні з іншими ручними методами (у легені дорослої людини подається 1000 - 1500 мл повітря, метод досить простий і ним може швидко опанувати людина, що не має медичної освіти). Недоліком цього способу є можливість інфікування й почуття бридливості у людини, що здійснює допомогу.

Перш ніж приступати до штучного дихання, необхідно виконати наступні операції:

- а) розстебнути всю одягу, що стискає (пояс, комір, краватка);
- б) укласти потерпілого на спину на горизонтальну поверхню (підлога, стіл);
- в) під лопатки покласти валик зі згорнутого одягу й максимально закинути голову потерпілого, поклавши під потилицю долоню однієї руки, а другою надавлюючи на чоло доти, поки підборіддя не виявиться на одній прямій із шиєю;
- г) пальцями обстежити порожнину рота й видалити з нього сторонній вміст, якщо такий виявлено. Після чого голові надати первісне положення.

Після виконання підготовки той, хто допомагає робить глибокий вдих, і потім силою видихає повітря в рот потерпілого, обхопивши губами рот постраждалого, а пальцями затискає ніс. Потім той, хто робить допомогу відкидається назад, звільняючи рот та ніс потерпілого, і робить глибокий вдих.

Дорослій людині вдмухування треба робити різко 10-12 разів у хвилину, а дитині 15-18 разів. При цьому, оскільки в дитини місткість легенів менше, вдмухування повинен бути легким і не повним.

Штучне дихання необхідно проводити до відновлення глибокого ритмічного самостійного дихання. Якщо ж не працює й серце, то необхідно виконувати так званий непрямий масаж серця – ритмічне натиснення на передню стінку грудної клітки. Ціль масажу серця – штучна підтримка кровообігу в організмі людини й відновленні нормальної роботи серця. Це зберігає життя організму протягом всього часу, поки виконується масаж серця й штучне дихання.

Підготовка до масажу серця є одночасно підготовкою до штучного дихання. Додатково рекомендується підняти ноги на 30-50 см для полегшення відтоку крові від них.

Той, хто робить допомогу стає з будь якої сторони від потерпілого в положення, при якому можливо більш-менш значний нахил над ним.

Визначивши місце натиснення (на два пальці вище м'якого закінчення грудини), той, хто робить допомогу повинен покласти на нього тверду частину долоні однієї руки, а потім на неї під прямим кутом другу долоню й надавлювати на грудну клітку потерпілого, злегка допомагаючи при цьому нахилом усього корпусу. Пальці обох рук не повинні торкатися грудної клітки потерпілого. Надавлювати треба швидким поштовхом так, щоб змістити нижню частину грудей на 3-4 см, а в повних людей на 5-6 см.

Перед початком непрямого масажу серця рекомендується вдарити кулаком у місце натиснення.

Натиснення на грудну клітку варто повторювати один раз у секунду. Після швидкого поштовху положення рук не повинен мінятися протягом приблизно 0,5с. Після цього варто випрямитися, розслабити руки, не віднімаючи їх від груднини. У дітей масаж серця роблять тільки однією рукою, надавлюючи два рази в секунду.

При спільному штучному диханні й непрямому масажі серця варто зробити одне вдмухування повітря, після чого п'ять натиснень на грудну клітку, якщо надає допомогу одна людина, то рекомендується зробити два вдмухування й 15 натиснень на грудну клітку.

Для перевірки ефективності допомоги можна кожні дві хвилини переривати її на 2-3 секунди.

Надання допомоги варто продовжувати до прибуття лікаря або до доставки потерпілого до лікувального закладу.

2. ЯВИЩА ПРИ СТІКАННІ СТРУМУ В ЗЕМЛЮ

2.1. Стікання струму в землю через одиночний напівсферичний заземлювач

При порушенні ізоляції в електроустановці й замиканні фази на корпус (не струмоведучу частину), останній здобуває потенціал ушкодженої фази й дотик до нього також небезпечний, як і дотик до струмоведучої частини електроустановки.

Одним з заходів захисту в цьому випадку є заземлення корпусів електроустановок.

Замиканням на землю називається випадкове електричне з'єднання частин, що перебувають під напругою, із землею. Стікання струму в землю відбувається через провідник, що перебуває з нею в контакті, що може бути випадковим або навмисним.

При стіканні струму в землю відбувається різке зниження потенціалу струмоведучої частини, що заземлилася, або корпусу ушкодженої електроустановки щодо землі, що очевидно з наступного прикладу (рис. 2.1).

Візьмемо найпростішу однофазну мережу напругою 380В від якої живиться заземлена електроустановка. Згідно ПУЕ перехідний опір заземлюючого пристрою $R_{зy} \leq 10$ Ом. Опір ізоляції справного виводу мережі приймемо рівним 1000 Ом (досить малий опір; у шахтах, кар'єрах реле витоку відключає мережу при зниженні ізоляції до 3500 Ом.) Струм замикання в такому випадку буде

$$I_3 = \frac{U}{R_{зy} + r_{из}} = \frac{380}{10 + 1000} = 0,376 \text{ А}$$

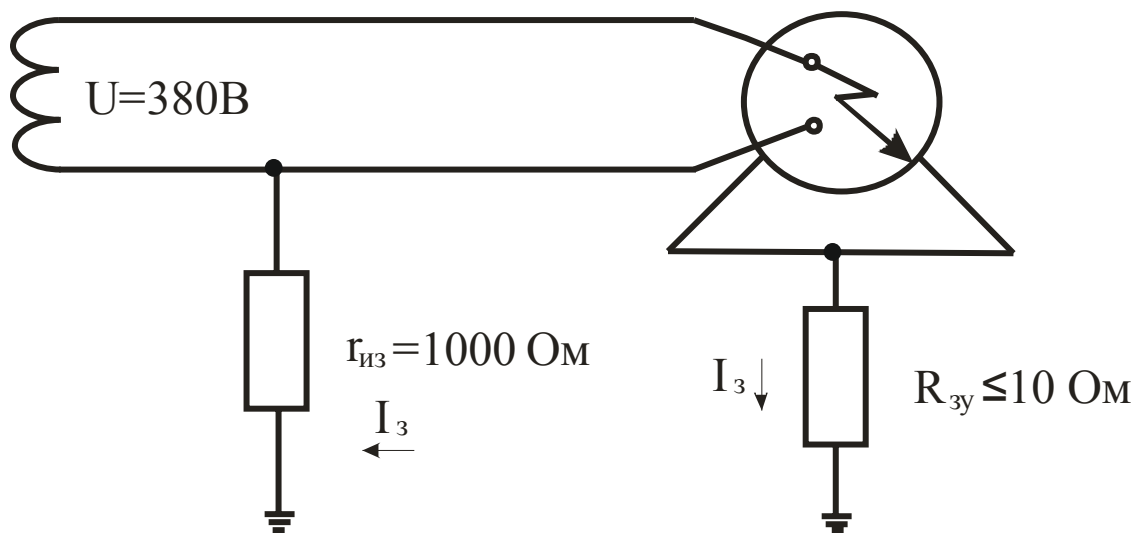


Рис. 2.1. Схема замикання на корпус в електроустановці

Потенціал корпусу ушкодженої електроустановки щодо землі буде дорівнює потенціалу заземлювача

$$U_{\kappa} = U_{R_{зз}} = I_{з} \times R_{зз} = \frac{380 \times 10}{10 + 1000} = 3,76 \text{ В}$$

Це явище, досить сприятливе за умовами безпеки, використовують як захисну міру при випадковому замиканні фази на корпус електроустановки.

Стікання струму із заземлювача супроводжується виникненням на ньому й на землі довкола нього деяких потенціалів. Щоб довідатися, як змінюється потенціал точок землі залежно від відстані до заземлювача, необхідно вивести рівняння потенційної кривої.

Для спрощення картини електричного поля зробимо допущення, що струм проходить у землю через одиночний заземлювач напівсферичної форми радіусом r , занурений в однорідний ізотопний ґрунт із питомим електричним опором ρ , у багато разів перевищуючий питомий електричний опір матеріалу заземлювача. Заземлювач такої форми на практиці, як правило, не застосовується, однак використання його, в даному випадку, значно спрощує математичні виводи.

У цьому випадку струм у землі буде розтікатися в усі сторони по радіусах напівкулі й щільність його буде убувати в міру віддалення від заземлювача й визначатися як відношення струму замикання на землю $I_{з}$ до площі поверхні напівкулі радіусом x :

$$j = \frac{I_{з}}{2\pi x^2}$$

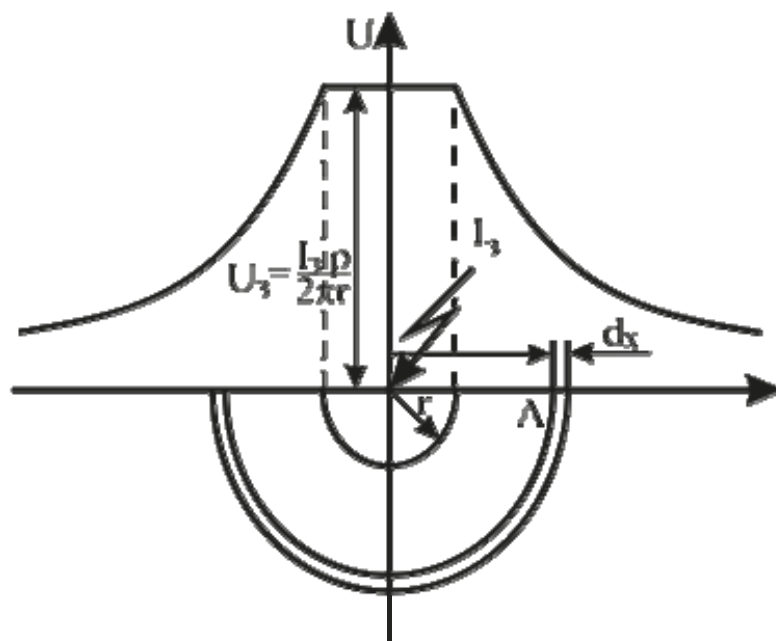


Рис. 2.2. Крива стікання потенціалу з напівсферичного заземлювача

Ця поверхня називається екіпотенціальною. Для визначення потенціалу точки A , що лежить на поверхні з радіусом X , виділимо елементарний шар товщиною dx . Спадання напруги в цьому шарі буде

$$dU = E dx$$

Напруженість електричного поля в точці A визначається за законом Ома, вираженим в диференціальній формі: $E = j \cdot \rho$

Потенціал точки A дорівнює сумарному спаданню напруги від точки A до точки землі з нульовим потенціалом (безмежно віддаленої від заземлювача. Практично на відстань 20 м від заземлювача потенціал точок землі можна вважати рівним нулю).

$$U_A = \int_x^{\infty} dU = \int_x^{\infty} E \cdot dx$$

Підставимо значення напруженості поля й щільності струму, одержимо

$$U_A = \int_x^{\infty} \frac{I_3 \rho}{2 \pi x^2} \cdot dx = \frac{I_3 \rho}{2 \pi x}$$

Отримане рівняння кривої стікання потенціалу – рівностороння гіпербола. Максимальний потенціал буде на заземлювачі $U_3 = \frac{I_3 \rho}{2 \pi r}$. Мінімальний (нульовий) потенціал буде на відстані 20 м і більше від заземлювача.

Такий розподіл потенціалу пояснюється формою провідника - ґрунту, перетин якого зростає пропорційно квадрату відстані від центра заземлювача.

Опір заземлювача розтіканню струму буде:

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3} = \frac{\rho}{2\pi r}$$

Крива стікання потенціалу й формули опору розтікання для заземлювачів іншої форми наведені в довідковій літературі.

2.2. Напруга дотику

Напругою дотику U_{np} називається напруга між двома точками ланцюга струму, до яких одночасно торкається людина.

Визначимо напругу дотику для людини, що стоїть на землі й торкається корпусу заземленою електроустановки, що виявилася під напругою.

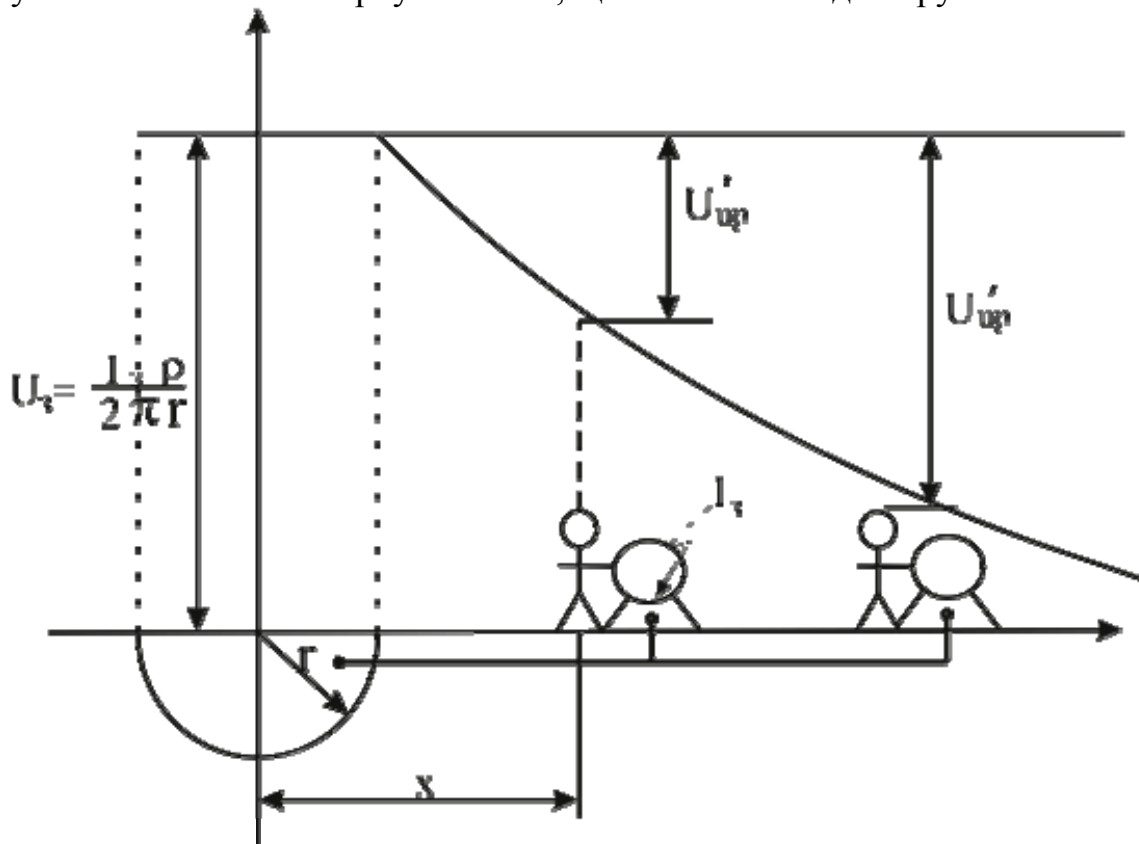


Рис. 2.3. Схема включення людини на напругу дотику

Напруга дотику, вважаючи що перехідні опори взуття й підлоги дорівнюють нулю, буде дорівнює різниці потенціалів заземлювача й точки землі на якій стоять ноги:

$$U'_{np} = U_p - U_n = U_k - U_n = U_3 - U_n = \frac{I_3 \rho}{2\pi r} - \frac{I_3 \rho}{2\pi x} = \frac{I_3 \rho}{2\pi r} \cdot \frac{x - r}{x}$$

Позначимо $\frac{x - r}{x} = \alpha_1$ й, підставивши його в попередній вираз, одержимо

$$U'_{np} = U_3 \cdot \alpha_1$$

Величина α_1 називається коефіцієнтом напруги дотику, що враховує форму потенційній кривій. Його значення для заземлювачів іншої форми приводиться в довідковій літературі.

Визначимо напругу дотику з урахуванням перехідних опорів взуття $r_{об}$ й підлоги r_n .

Еквівалентну схему струму через людину можна представити в такий спосіб (рис 2.4):

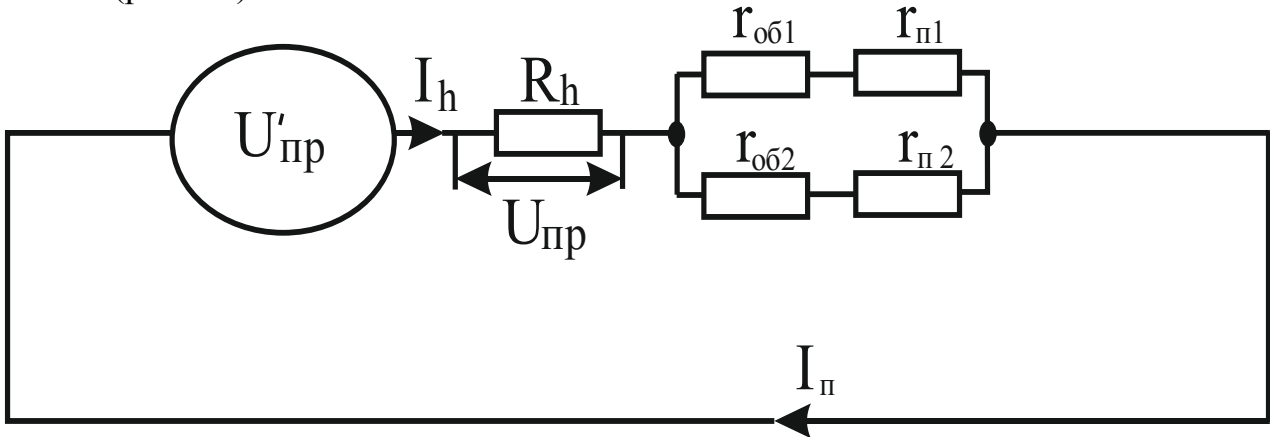


Рис 2.4. Еквівалентна схема визначення напруги дотику

Струм через людину буде

$$I_h = \frac{U'_{np}}{R_h + r_{об} + r_n};$$

а напруга дотику відповідно:

$$U_{np} = I_h R_h = \frac{U'_{np} \cdot R_h}{R_h + r_{об} + r_n},$$

де $R_h + r_{об} + r_n = R_{ch}$ – повний опір ланцюга струму людини.

Відношення опорів $\frac{R_h}{R_h + r_{об} + r_n}$ позначимо α_2 , тоді напруга дотику буде

$U_{np} = U_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2$, де α_2 коефіцієнт напруги дотику, що враховує спадання напруги в додаткових опорах ланцюга струму людини (взуття, підлоги).

Заходи щодо зниження напруги дотику:

а) Зменшення коефіцієнта α_1 за рахунок наближення заземлювача до обладнання, що захищається. Якщо людина стоїть над заземлювачем, то $\alpha_1 = 0$ й $U_{np} = 0$, якщо людина стоїть в 20 м від заземлювача й більше, то $\alpha_1 = 1$, а $U_{np} = U_3 \cdot \alpha_2$.

б) Зменшення коефіцієнта α_2 за рахунок збільшення перехідних опорів взуття й підлоги (діелектричні боти, килимки, підставки).

2.3. Напряга кроку

Напрягою кроку називається напруга між двома точками ланцюга струму на поверхні землі, що перебувають на відстані кроку (величина кроку 1м), на яких одночасно стоїть людина.

Людина, що перебуває в зоні розтікання потенціалу, виявляється під напругою кроку, якщо його ноги перебувають у точках з різними потенціалами.

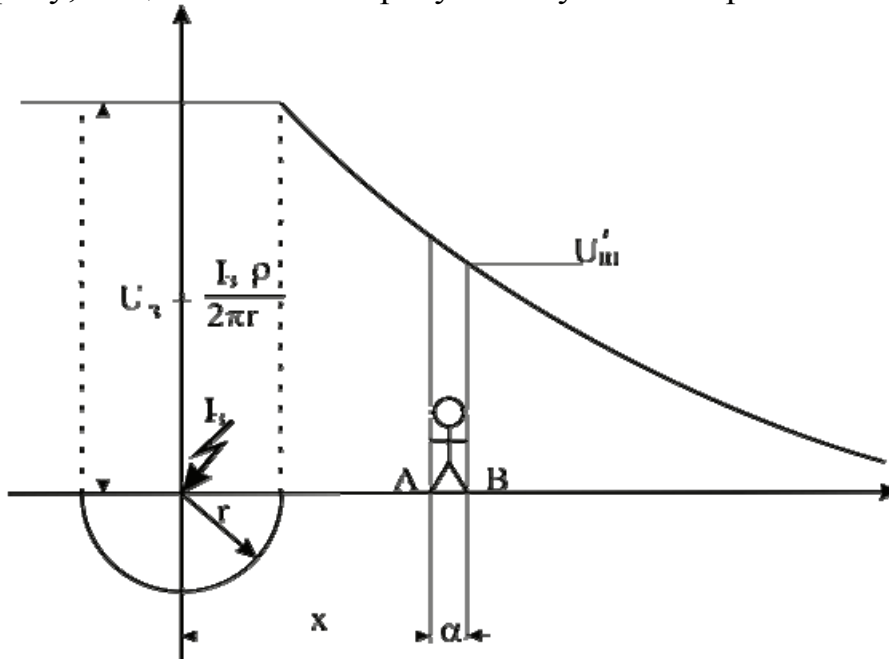


Рис. 2.5. Схема включення людини на напруги кроку

Розглянемо наступний приклад (рис. 2.5) – людина перебуває в зоні розтікання з одиночного напівсферичного заземлювача, одна нога перебуває в точці A на відстані x від центра заземлювача, друга нога в точці B , величина кроку « a ». Напруга кроку, вважаючи що перехідні опори взуття й підлоги дорівнюють нулю, буде дорівнювати різниці потенціалів точок A і B :

$$U'_{ш} = U_A - U_B = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi x} - \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi(x+a)} = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi} \cdot \frac{a}{x^2 + ax}$$

Помножимо чисельник і знаменник отриманого виразу на r

$$U'_{ш} = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi r} \cdot \frac{a \cdot r}{x^2 + ax} = U_3 \cdot \frac{a \cdot r}{x^2 + ax};$$

Позначимо відношення $\frac{a \cdot r}{x^2 + ax} = \beta_1$, одержимо $U'_{ш} = U_3 \cdot \beta_1$,

де β_1 – коефіцієнт напруги кроку, що враховує форму потенційної кривої. Для заземлювачів іншої форми значення коефіцієнта β_1 приводиться в довідковій літературі.

Визначимо напругу кроку з урахуванням перехідних опорів взуття й підлоги. Еквівалентну схему ланцюга струму через людину можна представити в такий спосіб (рис 2.6):

Струм через людину буде: $I_h = \frac{U'_m}{R_h + r_{об} + r_n}$, а напруга кроку відповідно

$$U_m = I_h \cdot R_h = \frac{U'_{np} \cdot R_h}{R_h + r_{об} + r_n}$$

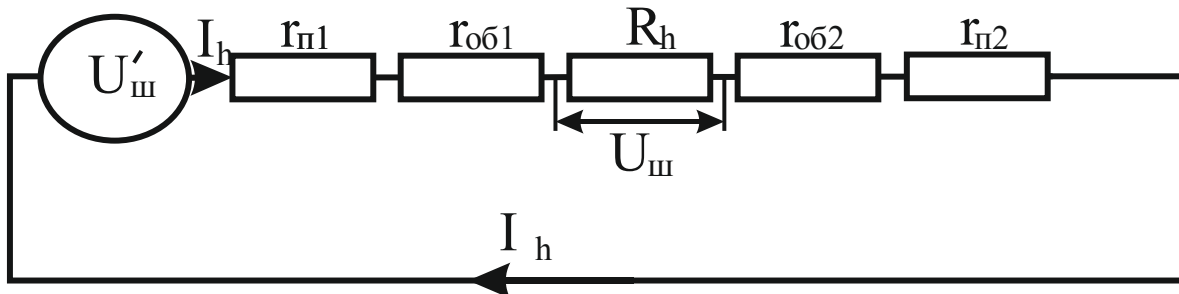


Рис. 2.6. Еквівалентна схема визначення напруги кроку

Відношення опорів $\frac{R_k}{R_k + r_w + r_n}$ позначимо β_2 , тоді напруга кроку буде

$U_m = U_s \cdot \beta_1 \cdot \beta_2$, де β_2 – коефіцієнт напруги кроку, що враховує падіння напруг у додаткових опорах ланцюга струму людини. Очевидно (див. рис. 2.5 і рис. 2.6) додаткові опори в ланцюзі людини, що попала під напругу кроку, в чотири рази більше цих же опорів у ланцюзі людини, що виявилася під напругою дотику. Ці опори звичайно значно більше чим опір тіла людини R_h , тому можна прийняти що в межі $\beta_2 = \alpha_2/4$.

Заходи щодо зниження напруги кроку:

а) Зменшення коефіцієнта β_1 - чим більш похила потенційна крива, тим менше β_1 , чим ближче до заземлювача людина, тим більше β_1 , якщо людина перебуває поза полем розтікання заземлювача, то $\beta_1 = 0$ й $U_m = 0$. Напруга кроку також дорівнює нулю, якщо людина обома ногами стоїть на еквіпотенційній кривій.

б) Зменшення коефіцієнта β_2 за рахунок збільшення перехідних опорів взуття й підлоги (діелектричні боти, килимки, підставки).

3. АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕКИ ПОРАЗКИ ЛЮДИНИ СТРУМОМ У РІЗНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

3.1. Загальні положення

Аналіз небезпеки поразки людини в електричних мережах зводиться до визначення величини струму, що протікає через людину, при різних випадках включення його в ланцюг струму.

Ураження людини електричним струмом може бути при двофазному й однофазному дотику (між фазою й землею), а також при включенні на напругу дотику або напругу кроку.

Двофазний дотик є найнебезпечнішим (до тіла людини прикладається найбільша в даній мережі напруга – лінійна), струм через людину буде

$$I_h = \frac{U_{л}}{R_h} = \frac{\sqrt{3}U_{\phi}}{R_h}$$

Випадки двофазного включення відбуваються рідко і трапляються, як правило, під час роботи під напругою в електроустановках до 1000В.

При включенні на напругу дотику струм через людину буде

$$I_h = \frac{U_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2}{R_h},$$

а при включенні на напругу кроку

$$I_h = \frac{U_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{R_h}$$

Включення на напругу кроку є найменш небезпечним, тому що $U_{ш}$ значно менше $U_{пр}$. Однак відзначено чимало випадків поразки людини під впливом $U_{ш}$, що пояснюється виникненням судорог у ногах і людина падає.

Дотик до фазного провідника можна розглядати як неповне замикання на землю. Величина струму в 3-х фазній мережі залежить від режиму нейтралі джерела живлення. Однофазне включення менш небезпечне, чим двофазне, однак воно зустрічається значно частіше і є основною схемою, що викликає поразку людини струмом, у мережах будь-якої напруги. Тому розглянемо випадки однофазного включення для різних мереж. З метою спрощення прийемо, що тіло людини має лише активний опір R_h , а додаткові опори ланцюга струму: взуття $r_{об}$ й підлоги r_n дорівнюють нулю.

3.2. Однофазна мережа, що ізольована від землі

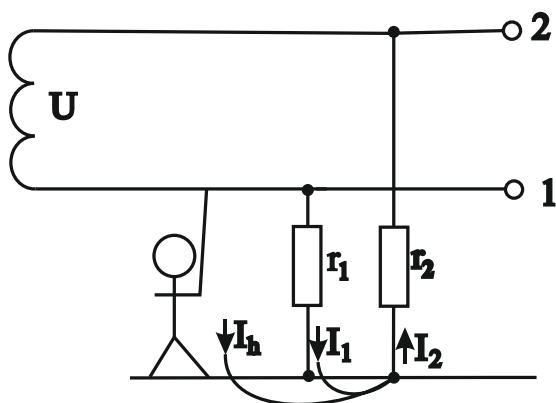


Рис 3.1. Схема включення людини до виводу однофазної мережі

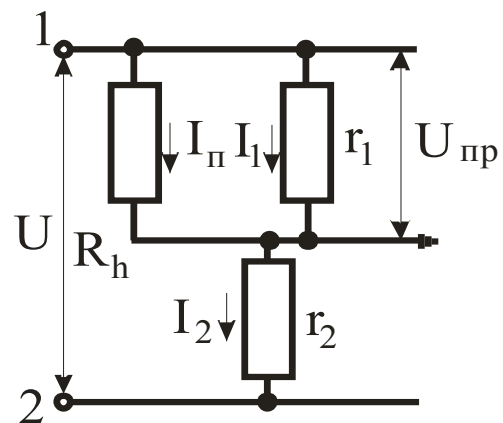


Рис. 3.2. Еквівалентна схема включення людини в ланцюг струму

Розглянемо одну з найпростіших мереж – однофазну двохпровідну ізольовану від землі, у якої ємність проводів можна вважати рівною нулю (коротка повітряна мережа) рис 3.1.

Нам необхідно визначити струм, що проходить через людину, як при нормальному режимі роботи так і при аварійному (замиканні одного провідника на землю). r_1 і r_2 – опори ізоляції проводів мережі щодо землі.

При нормальному режимі роботи мережі зі схеми заміщення можна написати (рис. 3.2):

$$U = U_{np} + I_2 \cdot r_2,$$

де $I_2 = I_h + I_1 = \frac{U_{np}}{R_h} + \frac{U_{np}}{r_1}$, підставивши значення I_2 у формулу

одержимо:

$$U = U_{np} + \left(\frac{U_{np}}{R_h} + \frac{U_{np}}{r_1} \right) r_2 = U_{np} \frac{r_1 \cdot r_2 + r_1 R_h + r_2 R_h}{r_1 R_h},$$

звідси напруга дотику:

$$U_{np} = \frac{U \cdot r_1 R_h}{r_1 \cdot r_2 + r_1 \cdot R_h + r_2 \cdot R_h};$$

і струм через людину

$$I_h = \frac{U_{np}}{R_h} = \frac{U \cdot r_1}{r_1 r_2 + r_1 R_h + r_2 R_h}$$

при

$$I_h = \frac{U}{2R_h + r_1} \quad I_h = \frac{U}{2R_h + r_1}$$

Висновки:

Аналіз формул розрахунку сили струму, що проходить через тіло людини при однофазному дотику свідчить, що чим вище опір ізоляції проводів щодо землі, тим менше небезпека ураження. Важливу захисну роль грає величина опору ізоляції мережі щодо землі. При аварійному режимі, коли один із проводів мережі, наприклад 2, замкнув на землю через опір r_{3M} . Перехідний опір провідника, що випадково заземлився r_{3M} , звичайно становить десятки-сотні Ом, значно менше опору ізоляції справного провідника й шунтує його. Еквівалентний опір r_3 паралельно включених опорів r_2 і r_{3M} :

$$r_3 = \frac{r_2 \cdot r_{3M}}{r_2 + r_{3M}}$$

можна прийняти рівним нулю.

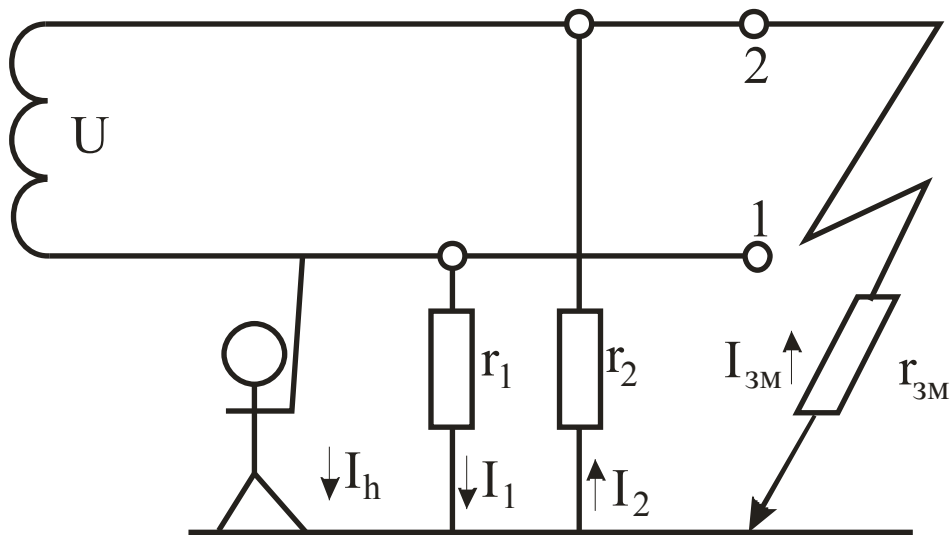


Рис. 3.3. Схема аварійного режиму в однофазній мережі ізольованою від землі

У цьому випадку напруга дотику буде $U_{np} \approx U$, а струм через людину

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

При аварійному режимі в однофазній ізольованій від землі мережі захисна роль ізоляції практично втрачається.

3.3. Однофазна мережа із заземленим провідником

Опір ізоляції проводів мережі зашунтований перехідним опором заземлювача виводу r_0 , що не більше 8 Ом (рис 3.4).

При дотику до незаземленого провідника цієї мережі струм через людину буде визначатися практично тільки повним опором тіла людини:

$$I_h = \frac{U}{R_h + r_0},$$

а так як, $R_h \gg r_0$,

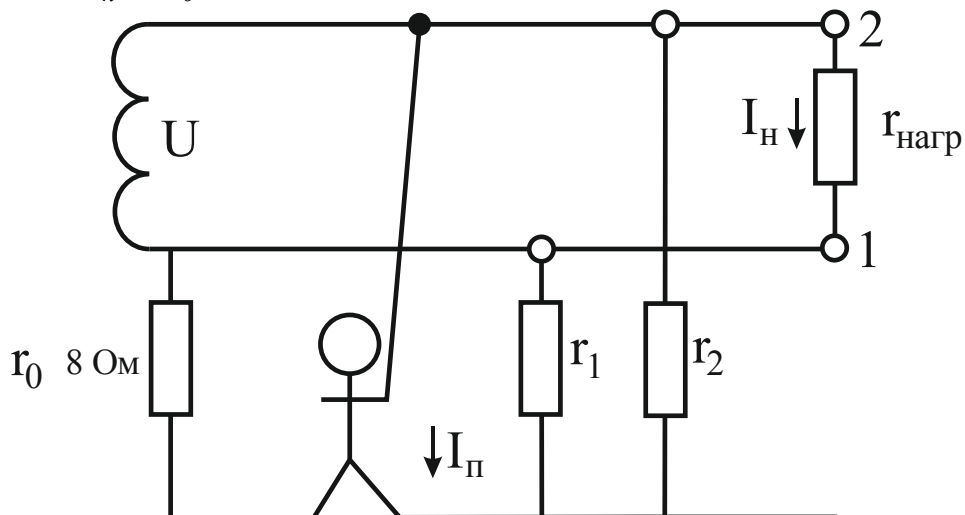


Рис. 3.4. Схема однофазної мережі із заземленим виводом

то сила струму буде

$$I_h = \frac{U}{R_h}$$

Тут винятково важливе значення мають ізолюючі підлоги, взуття

$$I_h = \frac{U}{R_h + r_{об} + r_n}$$

Висновки: у однофазній мережі із заземленим виводом захисна роль ізоляції втрачена повністю вже в нормальному режимі її роботи.

При дотику до заземленого провідника людина виявиться під напругою рівною втраті напруги в проводі від місця дотику до заземлення виводу.

У нормальних умовах напруга дотику U_{np} невелика й при дотику в точці підключення навантаження буде не більше 5% від напруги мережі U .

При короткому замиканні між проводами струм різко зростає, втрата напруги в проводах досягає майже 100% і при дотику в точці короткого замикання напруга дотику може досягати $0,5 U$, тобто небезпечних для людини значень.

3.4. Трифазна мережа з ізолюваною нейтраллю

При рівності опорів ізоляції і ємностей проводів щодо землі, тобто при $r_{L1} = r_{L2} = r_{L3} = r$ й $C_{L1} = C_{L2} = C_{L3} = C$ струм через людину в комплексній формі буде

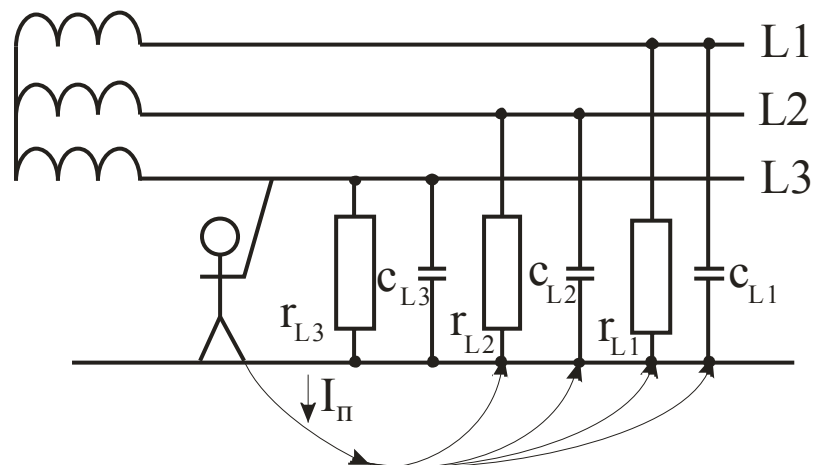


Рис. 3.5. Схема трифазної мережі з ізолюваною нейтраллю

$$\dot{I}_h = \frac{\dot{U}_\phi}{R_h + \frac{Z}{3}}$$

де Z - комплекс повного опору мережі щодо землі:

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{r} + j\omega C}$$

Для повітряних ліній малої довжини $C \approx 0$, то $Z = r$; а, отже,

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + \frac{r}{3}}$$

Для протяжних мереж ємність велика, тобто ємнісний опір ізоляції значно менше активної складової й можна вважати $r = \infty$, а $Z = X_c$

Струм через людину в цьому випадку буде

$$I_h = \frac{U_\phi}{\sqrt{R_h^2 + \left(\frac{X_c}{3}\right)^2}}$$

Висновок:

У мережах з ізолюваною нейтраллю при нормальній роботі небезпека дотику до одного з фазних проводів залежить від опору проводів щодо землі - зі збільшенням опору небезпека зменшується.

При аварійному режимі роботи мережі – одна з фаз замкнута на землю через перехідний опір r_{3M} , а людина доторкнулася до справної фази (рис. 3.6).

Струм через людину, як і в однофазній мережі в аварійному режимі буде визначатися

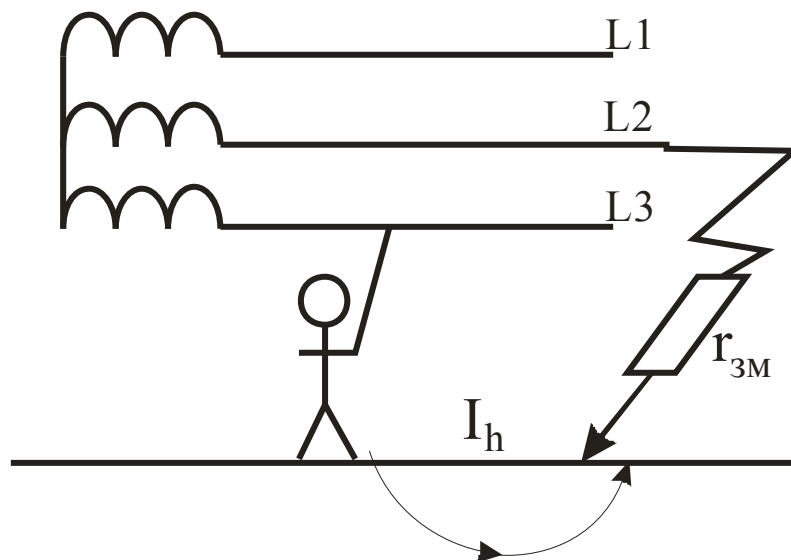


Рис. 3.6. Схема аварійного режиму в трифазній мережі з ізолюваною нейтраллю

$$I_h = \frac{\sqrt{3}U_\phi}{R_h + r_{3M}} \approx \frac{\sqrt{3}U_\phi}{R_h}$$

і напруга дотику практично дорівнює лінійній.

Висновок:

Захисна роль ізоляції в аварійному режимі роботи трифазної мережі з ізольованою нейтраллю практично втрачається, людина, що доторкнулася до справної фази в аварійний період, виявляється практично під лінійною напругою (трохи меншою лінійної – залежно від величини перехідного опору r_{3M}).

3.5. Трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю

При нормальному режимі роботи мережі струм через людину, що доторкнулася до фазного провідника, буде (рис. 3.7):

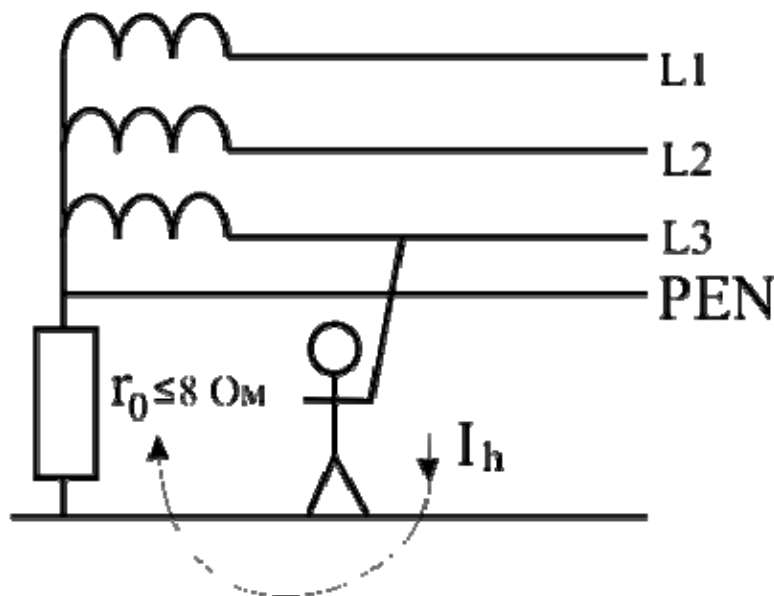


Рис. 3.7. Схема трифазної мережі із заземленою нейтраллю

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + r_o}$$

Перехідний опір заземлювача нейтралі $r_o \leq 8 \text{ Ом}$ є значно менше опору тіла людини R_h , а отже, струм через людину буде

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h}$$

У цьому випадку важливе значення будуть мати додаткові опори в ланцюзі струму людини ($r_{об}$ і r_n).

Висновок: при дотику до однієї з фаз трифазної мережі із глухозаземленою нейтраллю захисна роль ізоляції відсутня і людина виявляється практично під фазною напругою.

При аварійному режимі, коли одна з фаз мережі замкнута на землю через відносно малий опір $r_{зМ}$, а людина доторкнулася до справної фази (рис. 3.8):

$$I_h = U_\phi \frac{r_{зМ} + r_o \sqrt{3}}{r_{зМ} r_o + R_h (r_{зМ} + r_o)}$$

Розглянемо два характерних (крайніх) випадки.

а) $r_o = 0$, а $r_{зМ} \neq 0$

У цьому випадку земля буде під потенціалом нейтралі, вся напруга ушкодженої фази виділиться на опорі $r_{зМ}$

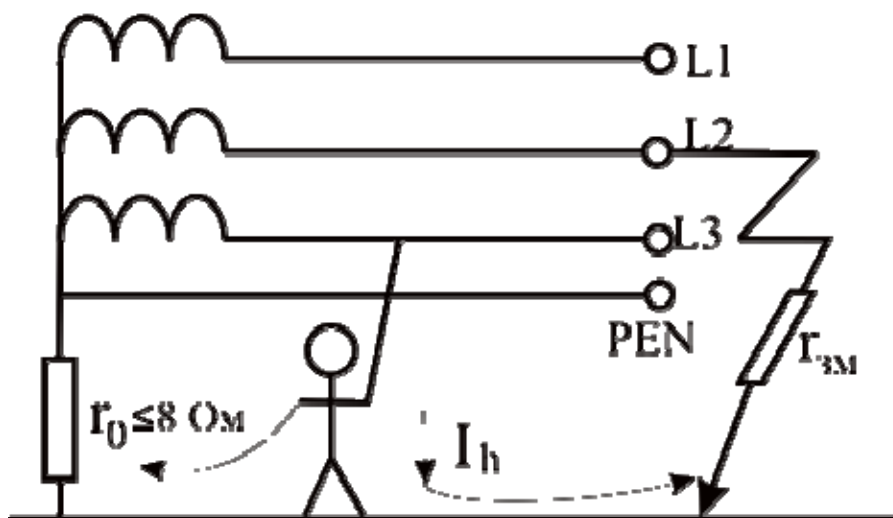


Рис. 3.8. Схема аварійного режиму в трифазній мережі із заземленою нейтраллю

Людина, що стоїть на землі, доторкнувшись до справної фази, виявиться під напругою рівною фазній напрузі $U_{np} = U_\phi$

б) $r_o \neq 0$, а $r_{зМ} = 0$.

У цьому випадку земля буде під потенціалом ушкодженої фази, а людина, доторкнувшись до справної фази, виявиться під різницею потенціалів, рівної лінійній напрузі $U_{np} = U_\phi$

Однак звичайно $r_{зМ}$ й r_o завжди більше 0, а отже, $U_\phi < U_{np} < U_\phi$.

Висновок: аварійний режим роботи мережі більше небезпечний, чим нормальний.

3.6. Вибір схеми мережі й режиму нейтралі

Залежно від режиму нейтралі й наявності нульового провідника можуть бути чотири схеми трифазної мережі:

- 1) трьохпровідна з ізолюованою нейтраллю;
- 2) трьохпровідна із заземленою нейтраллю;

- 3) чотирьохпровідна з ізольованою нейтраллю;
- 4) чотирьохпровідна із заземленою нейтраллю.

Схема мережі, а отже, і режим нейтралі джерела живлення вибирається по технологічних вимогах, а також за умовами безпеки.

При напрузі до 1000 В у нашій країні застосовують, в основному, дві схеми першу й четверту. Першу схему варто застосовувати для невеликих підприємств, коли ємність мережі мала й можна забезпечити високий рівень ізоляції проводів щодо землі, а також у шахтах, рудниках, кар'єрах, торф'яних розробках, тобто при підвищених вимогах безпеки. Чотирьохпровідні мережі із заземленою нейтраллю варто застосовувати там, де неможливо забезпечити гарну ізоляцію проводів (через велику довжину, агресивне середовище й т.п.), коли ємнісні струми замикання на землю досягають значень, небезпечних для людини (мережі великих підприємств, міські й сільські мережі). Четверту схему застосовують і для невеликих підприємств, якщо є споживачі на лінійну й фазну напругу (силове й освітлювальне навантаження).

При напрузі вище 1000 В застосовують першу або другу схеми. Для мереж напругою вище 1000 В до 35 кВ включно ПУЕ встановлений режим нейтралі - ізольований. Вибір режиму нейтралі визначається технологічними вимогами - високою надійністю живлення електроприймачів, перерви в електропостачанні тільки на час ремонту, схеми захисту працюють на сигнал, а витрати на підвищену ізоляцію в електроустановках визначаються економічними вигодами.

У мережах напругою 110 кВ і більше варто застосовувати другу схему, тобто заземлення нейтралі через малий опір, при цьому при замиканні фази на землю перенапруги, які виникають, не перевищують $1,4 U_{\phi}$, а максимальний струмовий захист відключає ушкоджену установку.

3.7. Позначення, що застосовуються в мережах напругою до 1000 В

Для мереж напругою до 1000 В прийняті наступні позначення:

-система TN – система, у якій нейтраль джерела живлення глухо заземлена, а відкриті провідні частини електроустановки приєднані до глухозаземленою нейтралі джерела за допомогою нульових захисних провідників;

-система TN-C (рис. 3.9) – система TN, у якій нульовий захисний PE й нульовий робочий N провідники сполучені в одному провіднику на всьому протязі;

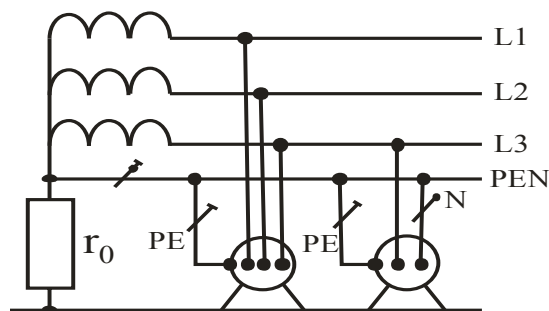


Рис. 3.9. Система TN-C

- система TN-S (рис. 3.10) – система TN, у якій нульовий захисний PE й нульовий робочий N провідники розділені на всьому її протязі.

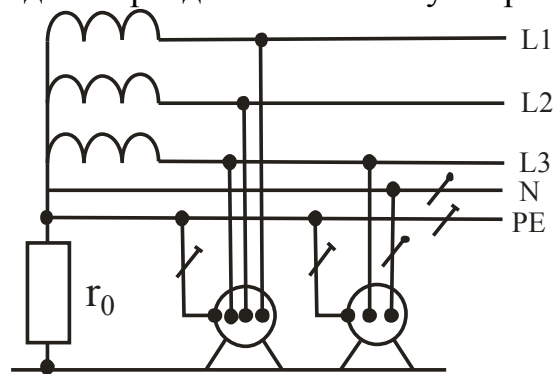


Рис. 3.10. Система TN-S

- система TN-C-S (рис. 3.11) – система TN, у якій нульовий захисний PE й нульового робочий N провідники сполучені в один провідник у якійсь її частині, звичайно починаючи від джерела живлення, а надалі виконані роздільно.

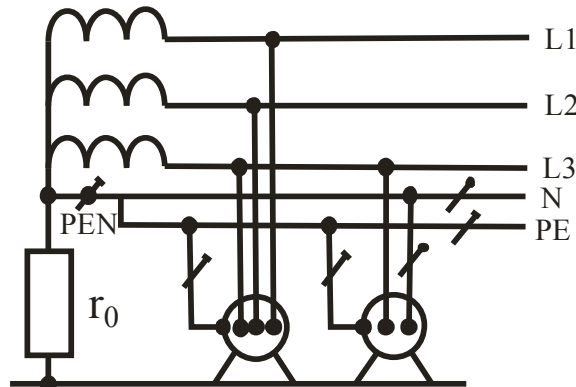


Рис. 3.11. Система TN-C-S

- система IT (рис. 3.12) - система в якій нейтраль джерела живлення ізольована від землі або заземлена через прилади, що мають великий опір, а відкриті провідні частини електроустановок заземлені.

Перша буква - стан нейтралі джерела живлення щодо землі:

T - заземлена нейтраль;

I - ізольована нейтраль.

Друга буква - стан відкритих провідних частин щодо землі:

T - відкриті провідні частини заземлені;

N - відкриті провідні частини приєднані до глухозаземленою нейтралі джерела живлення.

Наступні (після N) букви - сполучення в одному провіднику або поділ функцій нульових робочих і нульового захисного провідників:

S - нульовий робочий (N) і нульовий захисний (PE) провідники розділені;

C - функції нульового захисного й нульового робочого провідників сполучені в одному (PEN-провідник);

N- I нульовий робочий провідник;

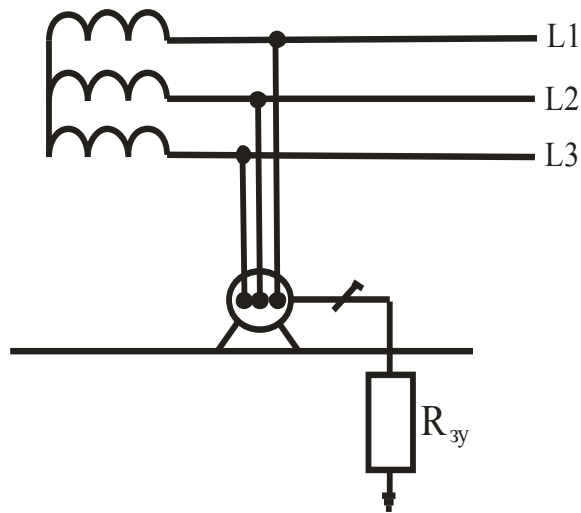


Рис. 3.12. Система IT

PE-І захисний провідник (заземлюючий провідник, нульовий захисний провідник);

PEN-І сполучений нульовий захисний і нульовий робочий провідники.

3.8. Класифікація електроустановок і приміщень згідно ПУЕ

Небезпека поразки людини струмом насамперед залежить від номінальної напруги мережі. По напрузі електроустановки у відношенні заходів безпеки діляться:

- електроустановки вище 1000 В у мережах із заземленою нейтраллю (електропроводки напругою 110 кВ і більше);
- електроустановки вище 1000 В у мережах з ізольованою або заземленою через дугогасячий реактор або резистор нейтраллю;
- електроустановки напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю;
- електроустановки напругою до 1000 В з ізольованою нейтраллю.

По струму однофазного замикання на землю електроустановки діляться: з великими струмами $> 500\text{A}$, та з малими струмами $\leq 500\text{A}$.

Відносно небезпеки поразки людей електричним струмом приміщення діляться:

- а) приміщення без підвищеної небезпеки, у яких відсутні умови, що складають підвищену або особливу небезпеку;
- б) приміщення з підвищеною небезпекою, що характеризуються наявністю в них однієї з наступних умов, що створюють підвищену небезпеку:
 - висока температура повітря постійно або періодично (більше 1 доби) $\geq 35^{\circ}\text{C}$;
 - струмопровідні підлоги (металеві, земляні, залізобетонні, цегельні й т.п.);
 - відносна вологість повітря перевищує 75% (сирі приміщення);
 - струмопровідний пил (технологічний), що може осідати на струмоведучих частинах, проникати усередину апаратів;
 - можливість одночасного дотику людини до металоконструкцій будинків, що мають з'єднання із землею, технологічних апаратів, з одного боку, і до металевих корпусів електроустановки (відкритим провідним частинам), з іншої;

в) особливо небезпечні приміщення, що характеризуються наявністю однієї з наступних умов, що створюють особливу небезпеку:

- особлива вогкість - відносна вологість повітря близька до 100% (стеля, стіни, підлога, предмети покриті краплинною вологою);

- хімічно активне або органічне середовище - постійно або довгостроково втримуються пари, гази, рідини, цвіль руйнуючі ізоляцію й струмоведучі частини електроустаткування;

- одночасно дві або більше умов підвищеної небезпеки;

г) територія відкритих електроустановок відносно небезпеки поразки людей електричним струмом прирівнюється до особливо небезпечних приміщень.

Залежно від виду електроустановки, номінальної напруги, режиму нейтралі мережі, умов середовища приміщення необхідно застосовувати певний комплекс захисних заходів, що забезпечують достатню безпеку, що рідко може бути досягнуто одним заходом.

Захисні технічні заходи в електроустановках:

- 1) захисне заземлення;
- 2) занулення;
- 3) захисне відключення;
- 4) малі напруги;
- 5) подвійна ізоляція;
- 6) захист від випадкового дотику;
- 7) контроль і профілактика ушкоджень ізоляції;
- 8) електричний поділ мереж;
- 9) компенсація ємнісної складової струму однофазного замикання на землю;
- 10) захист від переходу вищої напруги на низьку сторону;
- 11) захисне зрівнювання потенціалів.

4. ЗАХИСНЕ ЗАЗЕМЛЕННЯ.

4.1. Призначення, принцип дії, область застосування

Захисне заземлення - навмисне з'єднання відкритих провідних частин електроустановок, які в аварійному режимі (при замиканні фази на корпус і т.п.) можуть виявитися під напругою із заземлюючим пристроєм.

Заземлюючий пристрій - це сукупність заземлювача й заземлюючих провідників. Заземлювач - це сукупність вертикальних і горизонтальних електродів, що здійснюють контакт із ґрунтом.

Призначення захисного заземлення - захист людини при дотику до корпусу електроустановки й інших відкритих провідних частин, що виявилися під напругою внаслідок замикання фази на корпус.

Принцип дії захисного заземлення - зниження до допустимої величини значень напруги дотику й кроку, обумовлених замиканням на корпус і іншими причинами, що очевидно із приклада, розглянутого в п.2.1. У мережах з великими струмами замикання на землю зменшення різниці потенціалів між корпусами електроустановки й землею досягається шляхом вирівнювання потенціалів на території, на якій знаходиться заземлене устаткування.

Область застосування захисного заземлення мережі в якій струм однофазного замикання на землю не збільшується зі зменшенням опору заземлюючого пристрою, а саме в мережах до і вище 1000 В с ізольованою нейтраллю, а також у мережах понад 1000 В (110кВ і більше) із заземленою нейтраллю. В останньому випадку замикання на землю приводить також і до спрацьовування максимального струмового захисту.

4.2. Нормування опору заземлюючого пристрою

Захисному заземленню (зануленню) підлягають всі електроустановки напругою вище 50 В змінного струму й 120 В постійного струму, а в приміщеннях з підвищеною небезпекою й особливо небезпечних, а також у зовнішніх установках може бути виконане при більш низькій напрузі електроустановок вище 25 В змінного струму і 60 В постійного струму або 12 В змінного й 30 В постійного струму. У шахтах заземленню підлягають всі електроустановки незалежно від напруги. При цьому опір заземлюючого пристрою повинен задовольняти вимогам ПУЕ в будь-який час року й повинен бути:

а) у мережах напругою до 1000 В с ізольованою нейтраллю:

- $R_{з\gamma} \leq 10 \text{ Ом}$ при потужності трансформаторів живлення, генераторів до 100кВА;

- $R_{з\gamma} \leq 4 \text{ Ом}$ при потужності трансформаторів живлення, генераторів $\geq 100 \text{ кВА}$;

б) у мережах напругою вище 1000 В с ізольованою нейтраллю визначається по формулі

$$R_{з\gamma} = \frac{250}{I_3} \leq 10 \text{ Ом}$$

де I_3 - однофазний струм замикання на землю, приймають за даними служби енергетика або визначають по формулі:

$$I_3 = \frac{\sqrt{3}U_{\phi}}{350} (35l_k + l_v), A$$

де U_{ϕ} – фазна напруга мережі, кВ;

l_k, l_v – сумарна довжина кабельних і повітряних ліній, що електрично (гальванічно) зв'язані, км.

Ця формула встановлює зв'язок між довжиною мережі при даній напрузі і ємнісному струмі замикання на землю;

в) якщо заземлювач загальний для електроустановок понад 1000 В з ізольованою нейтраллю та електроустановок до 1000 В у яких N-, PEN-(PE)-провідники виходять за межі цього заземлюючого пристрою, а захист від замикання на землю в електроустановках напругою вище 1000 В діє на сигнал

$R_{3y} = \frac{67}{I_3}$, але не більше обмеження по нижній стороні;

г) у мережах напругою понад 1000 В з заземленою нейтраллю (110кВ і більше) $R_{3y} \leq 0,50 \text{ Ом}$;

д) у шахтних мережах $R_{3y} \leq 2,0 \text{ Ом}$.

4.3. Вимоги до виконання заземлюючого пристрою

По розташуванню заземлювачів щодо корпусів, що заземлюють, вони можуть бути виносні (рис. 4.1) і контурні (рис. 4.2).

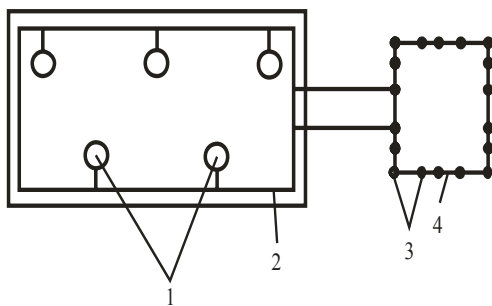


Рис. 4.1. Схема виносного заземлювача

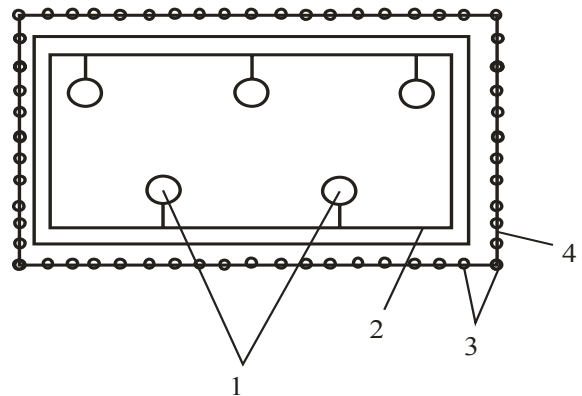


Рис. 4.2. Схема контурного заземлювача

1- корпуса електроапаратів, 2- заземлюючий провідник, 3- вертикальні електроди заземлювача, 4- горизонтальний електрод заземлювача.

Виносний заземлювач (рис. 4.1.) розташовується на деякому віддаленні від об'єктів, що захищає, коефіцієнт напруги дотику $\alpha_1 = 1$ й струм через людину

$$I_h = \frac{U_3 \cdot \alpha_2}{R_h}$$

Контурний заземлювач (рис. 4.2.) розташовується по контуру навколо устаткування, що захищає, на невеликій відстані. Поля розтікання заземлювачів накладаються, і поверхня ґрунту усередині контуру має потенціал близький до потенціалу заземлювача, коефіцієнт напруги дотику $\alpha_1 \ll 1$.

Струм через людину в цьому випадку буде $I_h = \frac{U_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2}{R_k}$ й значно

менше, ніж при виносному заземлювачі.

Для електроустановок напругою 110 кВ і більше напруга на заземлювачі допускається до 10кВ, і заземлювач для вирівнювання потенціалу на території, що захищає (зменшення коефіцієнта α_1) виконується складної конструкції із прокладкою поздовжніх і поперечних смуг у місцях вільних від устаткування на глибині 0,5-0,7 м. При цьому контурний електрод, що утворить периметр сітки, повинен охоплювати розподільні пристрої й виробничі будинки об'єкта, що захищає.

Поздовжні смуги прокладаються уздовж вісей електроустаткування й конструкцій з боку обслуговування на відстані 0,8-1,0 м від фундаменту або основи устаткування. Допускається збільшення відстані до 1,5м із прокладкою однієї смуги для двох рядів устаткування, якщо сторони обслуговування звернені один до одного, а відстань між ними не перевищує 3 м.

Поперечні смуги варто прокладати в місцях, вільних від устаткування, причому відстань між ними рекомендується збільшувати від периферії до центра заземлюючої сітки. При цьому перша й наступна відстані, починаючи від периферії, не повинні перевищувати відповідно 4,0; 5,0; 6,0; 7,5; 9,0; 11,0; 13,5; 16,0 і 20,0 м. Розміри вічок заземлюючої сітки, що примикає до місць приєднання нейтралей силових трансформаторів і короткозамикачів до заземлювача, не повинні перевищувати 6×6 м.

Горизонтальні заземлювачі варто прокладати по краю території, що захищається, так, щоб вони утворювали замкнутий контур.

Відстань між поздовжніми й поперечними горизонтальними смугами повинна бути не більше 30 м, а глибина їхнього закладення в ґрунт повинна бути не менш 0,3 м.

Зовнішню огорожу електроустановок не рекомендується приєднувати до заземлюючого пристрою. Для виключення електричного зв'язку зовнішньої огорожі із заземлюючим пристроєм відстань від огорожі до елементів заземлюючого пристрою повинен бути не менш 2 м.

У якості природних заземлювачів рекомендується використовувати:

- залізобетонні фундаменти будинків і споруджень спеціально для цього призначені;
- обсадні труби свердловин;
- прокладені в землі трубопроводи, крім трубопроводів з горючими й вибуховими рідинами й газами;
- металеві й залізобетонні конструкції будинків і споруджень, що перебувають у землі;
- свинцеві оболонки кабелів, прокладених у землі. Якщо оболонки кабелів є єдиними заземлювачами, то в розрахунку заземлюючих пристроїв вони повинні враховуватися при кількості кабелів не менш двох;
- системи грозозахисної трос-опори повітряних ліній 110кВ і більше.

У якості штучних заземлювачів варто застосовувати сталь. Вертикальні електроди - труби діаметром 50-60 мм із товщиною стінки не менш 3,5 мм довжиною 2,5-3,0 м, кутову сталь тієї ж довжини з товщиною полиці не менш 4 мм і шириною полиці від 32 до 60 мм, а також пруткова сталь діаметром не менш 16 мм довжиною 4,0-4,5 м, а іноді до 10 м і більше.

Для зв'язку вертикальних електродів і в якості самостійного горизонтального електрода використовують смугову сталь перетином не менш $4 \times 24 \text{ мм}^2$, або круглу сталь діаметром не менш 10 мм.

Всі з'єднання в заземлювачі виконуються зварюванням, при цьому смугу встановлюють на ребро.

Відстань між вертикальними електродами варто приймати від однієї до трьох його довжин. Після виконання заземлювача траншею засипають землею, очищеної від щебенів і будівельного сміття, і ретельно трамбуєть. Заземлюючі провідники прокладаються відкрито по стінах будинку й повинні мати перетин (сталеві) не менш 100 мм^2 . Приєднання устаткування, що заземлюється, до магістралі заземлення здійснюється за допомогою окремих провідників.

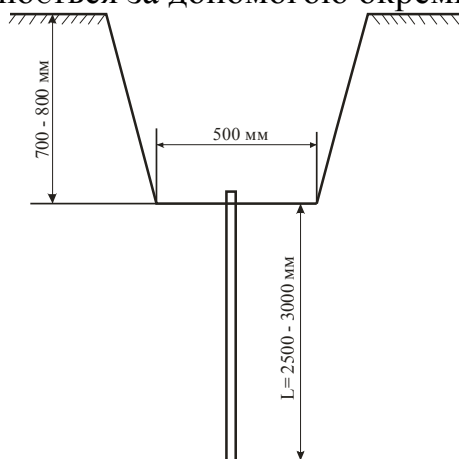


Рис. 4.3. Схема установки стрижневого електрода.

Так як в груповому заземлювачі відстань між електродами менш 40 м, відбувається взаємодія полів розтікання струму, у результаті на загальних ділянках землі збільшується щільність струму, то на цих ділянках збільшується спадання напруги, що приводить до збільшення опору розтікання як окремих електродів, так і заземлювача в цілому. Ця залежність виражається наступним співвідношенням

$$R_{gp} = R_{\infty} / \eta$$

де R_{gp} – дійсне значення опору розтіканню групового заземлювача при прийнятому розміщенні електродів;

R_{∞} – найменше значення опору розтіканню групового заземлювача (відстань між електродами більше 40м);

η – коефіцієнт використання електродів заземлювача.

При розрахунку заземлювача варто використати цей коефіцієнт, значення якого приводитися в довідковій літературі.

Розрахунок заземлювача може виконуватися двома методами:

- методом наведених потенціалів з урахуванням складеної будови ґрунту, звичайно для складних заземлювачів для електроустановок напругою 110 кВ і більше;

- методом коефіцієнта використання - для електроустановок напругою до 35 кВ включно.

4.4. Порядок розрахунку заземлювача методом коефіцієнта використання

Ціль розрахунку - визначити основні параметри заземлювача (число, розміри й порядок розміщення електродів на плані об'єкта, що захищається).

Порядок розрахунку:

а) уточнюються вихідні дані;

б) визначається розрахунковий струм однофазного замикання на землю;

в) обчислюється необхідний опір заземлюючого пристрою $R_{зу пуге}$;

г) визначається необхідний опір розтіканню штучного заземлювача:

$R_{зу иск} = \frac{R_{ест} \cdot R_{зу пуге}}{R_{ест} - R_{зу пуге}}$. Якщо опір природного заземлювача менше визначеного

ПУЕ, то розрахунок закінчено.

д) вибирається тип заземлювача й складається попередня схема заземлюючого пристрою (розміщаються на плані об'єкта вертикальні й горизонтальні електроди);

е) визначаються розрахункові питомі опори ґрунту з урахуванням кліматичних коефіцієнтів окремо для вертикальних і горизонтальних електродів.

$$\rho_{в.э} = \rho_{изм} \cdot \psi_{в.э}$$

$$\rho_{г.э} = \rho_{изм} \cdot \psi_{г.э}$$

$\rho_{изм}$ - питомий електричний опір ґрунту визначається шляхом виміру або з довідкової літератури;

ψ - кліматичний коефіцієнт приймається із довідкової літератури;

ж) визначається опір одиночного вертикального електрода з урахуванням розрахункового питомого опору ґрунту (довідкова формула) $R_{в.э}$

з) визначається опір горизонтального електрода заземлювача (сумарна довжина) з урахуванням розрахункового питомого опору ґрунту (довідкова формула) $R_{г.э}$;

и) визначаються по довідковій літературі коефіцієнти використання вертикальних і горизонтальних електродів $\eta_{в.э}$ и $\eta_{г.э}$;

к) обчислюється розрахунковий опір штучного заземлювача з урахуванням отриманих значень по формулі:

$$R_{зу иск} = \frac{R_{в.э} \cdot R_{г.э}}{R_{в.э} \cdot \eta_{г.э} + R_{г.э} \cdot \eta_{в.э} \cdot n_{в.э}}$$

де $n_{в.э}$ - кількість вертикальних електродів.

При необхідності коректують схему заземлювача й уточнюють його опір розтіканню.

4.5. Вимір опору заземлюючого пристрою методом вольтметра-амперметра

Для визначення стану заземлюючих пристроїв чинні правила пропонують робити визначення його опору після монтажу, переустаткування, капітального ремонту, але не рідше один раз в 12 років.

Вимір опору заземлюючого пристрою виконується приладами М1101, Ф4103, Ф4103-1, Ф4103-1м. Принцип їх дії заснований на методі вольтметра-амперметра.

Для реалізації схеми (рис. 4.4.) необхідний трансформатор T_p із вторинною напругою 40-50 В (наприклад, зварювальний), два допоміжних електроди (П - потенційний і Т - струмовий), звичайно загострені сталеві кутові профілі, довжиною близько 1,5 м, амперметр А і вольтметр V (для зменшення погрішності виміру з великим внутрішнім опором – краще електронний).

Сутність цього методу полягає в тім, що за допомогою амперметра вимірюється струм, що проходить через вимірюваний заземлювач R_x , а за допомогою вольтметра – спадання напруги на ньому.

У результаті шуканий опір заземлювача $R_x = \frac{V}{I}$.

Відстань між електродами й заземлювачем повинні бути не менш зазначених на схемі (рис. 4.5).

Щоб погрішність виміру не перевищувала 2%, внутрішній опір вольтметра повинен в 50 разів перевищувати сумарний опір заземлювача R_x й потенційного електрода.

Кожний окремий заземлюючий пристрій повинен мати паспорт, що містить схему, основні технічні й розрахункові дані, відомості про зроблені ремонти й внесені зміни.

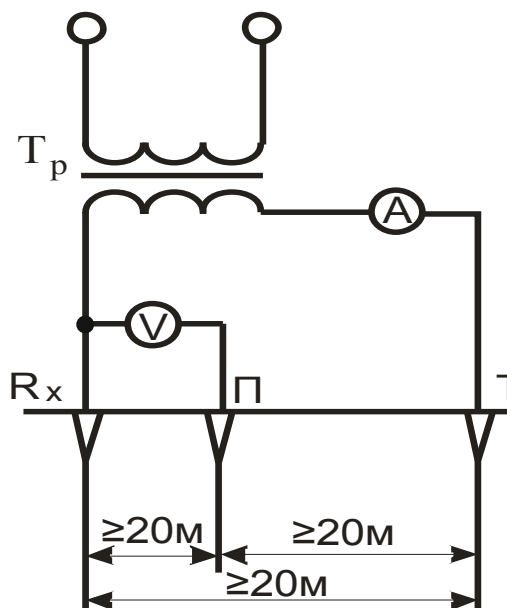


Рис. 4.4. Схема виміру опору заземлюючого пристрою методом вольтметр - амперметр

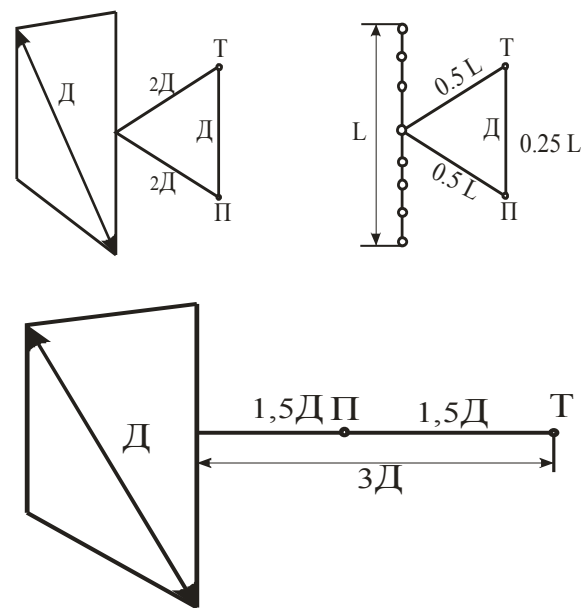


Рис. 4.5. Рекомендована схема розташування електродів
Д - більша діагональ заземлювача
L - довжина рядового заземлювача.

5. ЗАНУЛЕННЯ.

5.1. Призначення, принцип дії й область застосування

Занулення - навмисне електричне з'єднання металевих не струмоведучих частин електроустановок напругою до 1000 В, які в аварійному режимі можуть виявитися під напругою із глухозаземленою нейтраллю джерела струму в трифазних мережах, із глухозаземленим виводом джерела струму в однофазних мережах, із глухозаземленою середньою точкою джерела струму в трьохпроводних мережах постійного струму (рис. 5.1).

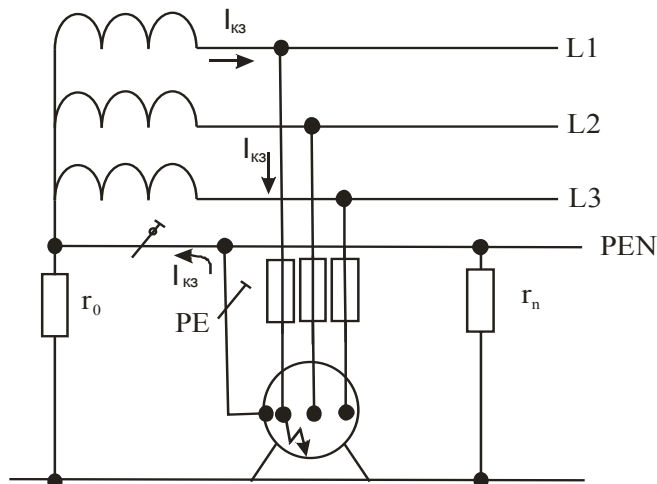


Рис. 5.1. Схема занулення

Провідник, що здійснює з'єднання корпусу електропроводки із глухозаземленою нейтраллю джерела живлення, називається нульовим захисним.

Нульовий захисний провідник варто відрізнити від нульового робочого провідника, призначеного для живлення однофазних електроприймачів. Останній має ізоляцію рівноцінну ізоляції фазного провідника й повинен бути розрахований на тривале проходження робочого струму. У квартири вводиться два провідники - фазний і нульовий робочий однакового перетину й з рівноцінною ізоляцією.

Відповідно до ДБН В.2.5-27-2006 квартирні мережі нових споруджуваних будинків, та тих, що реконструюються повинні виконуватися трьохпроводними: фазний, нульовий робочий і нульовий захисний провідники.

Нульовий робочий провідник при двохпроводній схемі рекомендується використовувати одночасно як і нульовий захисний. У цьому випадку не допускається установка в ньому запобіжника або іншого комутаційного апарата.

Призначення занулення, це захист людини при дотику до корпусу й іншим відкритим провідним частинам електроустановки, що виявилися під напругою щодо землі при замиканні фази на корпус.

Принцип дії занулення - перетворення замикання на корпус в однофазне коротке замикання з метою викликати протікання великого струму в контурі

фазний - нульовий провідник, достатнього для швидкого автоматичного відключення ушкодженої електроустановки максимальним струмовим захистом.

Область застосування - трифазні мережі напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю (найпоширеніші 380/220 В, а також мережі 660/380 В и 220/127 В), однофазні двохпровідні мережі із глухозаземленим виводом, а також трьохпровідні мережі постійного струму із глухозаземленою середньою точкою джерела живлення.

5.2. Призначення елементів схеми занулення

Для реалізації схеми занулення (рис. 5.1.) необхідні нульовий захисний провідник, заземлювачі нейтралі джерела живлення й повторне заземлення нульового захисного провідника.

Призначення нульового захисного провідника.

Нехай ми маємо схему без нульового захисного провідника, замість нього виконаємо заземлення корпусу електроустановки й нейтралі джерела живлення (рис. 5.2.). Чи виконає земля роль нульового захисного провідника?

При замиканні фази на корпус по ланцюгу, що утворився через землю, потече струм $I_3 = \frac{U_\phi}{r_0 + R_{3y}}$.

Опір обмотки трансформатора й провідника мережі малі в порівнянні з r_0 и R_{3y} Прийmemo $r_0 = R_{3y} = 4$ Ом й $U_\phi = 220$ В, тоді струм замикання

$$I_3 = \frac{220}{4 + 4} = 27,5 \text{ А.}$$

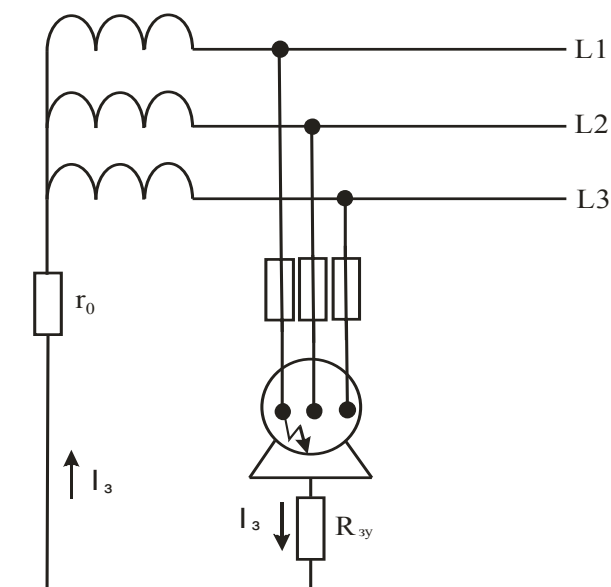


Рис. 5.2 Схема трифазної мережі із заземленою нейтраллю без нульового провідника

При вставці запобіжника 16 А електроустановка не відключиться й корпус буде перебувати під напругою (16 А - мінімальний струм плавкої вставки запобіжника або автоматичного вимикача у квартирах у наш час) доти, поки установка не буде відключена вручну:

$$U_{\text{к}} = I_{\text{з}} \cdot R_{\text{зу}} = \frac{220 \cdot 4}{4 + 4} = 110 \text{ В}$$

Щоб усунути цю небезпеку, треба забезпечити швидке автоматичне відключення ушкодженої установки, що досягається введенням у схему нульового захисного провідника.

Звичайно в промислових умовах сумарний опір петлі фазного нульового провідника не перевищує 0,2 Ом, а струм однофазного короткого замикання $I_{\text{з}} \geq 1100 \text{ А}$

Висновки:

1. Нульовий захисний провідник забезпечує протікання достатнього для швидкого відключення ушкодженої електроустановки струму однофазного короткого замикання.

2. У трифазній мережі із заземленою нейтраллю напругою до 1000 В неможливо забезпечити безпеку при замиканні фази на корпус без нульового захисного провідника.

3. У мережі, де застосовується занулення, не можна заземлювати корпус приймача струму, не приєднавши його до нульового захисного провідника.

Призначення заземлювача нейтралі джерела струму.

Розглянемо трифазну мережу з нульовим захисним провідником і ізолюваною нейтраллю. Заземлювач нейтралі не впливає на здатність схеми занулення на відключення. Режим нейтралі в цьому випадку не має значення. Однак при замиканні фази на землю (обрив провідника), земля набуває потенціал ушкодженої фази й між зануленим устаткуванням і землею виникає різниця потенціалів, практично рівна фазній напрузі мережі (рис. 5.3).

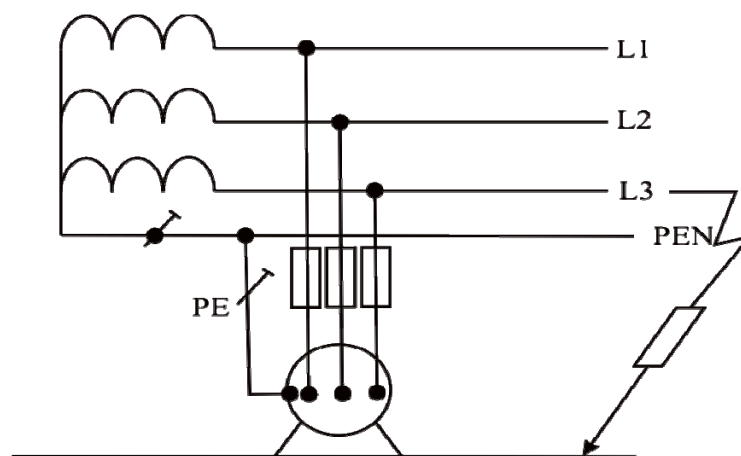


Рис. 5.3. Схема трифазної чотирохпровідної мережі з ізолюваною нейтраллю (аварійний режим)

Дотик людини до корпусу в цьому випадку практично рівноцінно дотику до струмоведучої частини електроустановки при нормальному режимі роботи.

Мережа із заземленою нейтраллю при таким ушкодженні буде практично безпечна (рис 5.4).

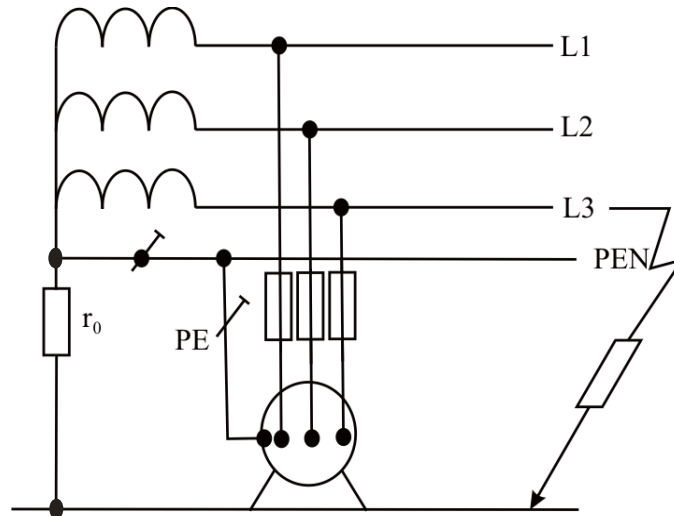


Рис. 5.4. Схема аварійного режиму чотирьохпровідної мережі із заземленою нейтраллю

У цьому випадку фазна напруга розділиться пропорційно опорам r_{3m} і r_0 , завдяки чому напруга занулених корпусів електроустановок буде дорівнювати падінню напруги на опорі заземлювача нейтралі r_0

$$U_k = U_{r_0} = I_3 \cdot r_0 = \frac{U_\phi \cdot r_0}{r_{3m} + r_0}.$$

Як ми вже з'ясували, перехідний опір випадково заземленого провідника у багато разів більше опору спеціального заземлювача нейтралі r_0 .

Наприклад, прийmemo $U_\phi = 220\text{В}$, $r_0 = 4\text{ Ом}$, $r_{3m} = 100\text{ Ом}$

$$U_k = \frac{220 \cdot 4}{100 + 4} = 8,5\text{ В}$$

Висновки: 1. Заземлювач нейтралі в мережах до 1000 В при випадковому замиканні фази на землю знижає напругу занулених корпусів щодо землі до допустимої величини.

2. Електрична мережа до 1000 В з нульовим захисним провідником з ізолюваною нейтраллю приховує небезпеку поразки струмом і застосовуватися не повинна.

Призначення повторного заземлення нульового захисного провідника.

Повторне заземлення нульового захисного провідника також не впливає на здатність схеми занулення до відключення при випадковому замиканні фази на корпус.

Однак при його відсутності виникає небезпека для людей, що доторкнулися до зануленого устаткування в період, поки існує замикання фази на корпус. Крім того у випадку обриву нульового захисного провідника й замиканні фази на корпус за місцем обриву ця небезпека різко зростає, оскільки напруга на корпусах за місцем обриву буде дорівнює фазній напрузі.

При замиканні фази на корпус у мережі, що не має повторного заземлювача нульового захисного провідника, ушкоджений корпус до спрацьовування захисту виявиться під напругою рівною втратам напруги в нульовому захисному провіднику $U_K = I_{K3} \cdot r_{H3}$

r_{H3} - опір нульового захисного провідника (для спрощення зневажаємо опором обмоток трансформатора, індуктивним опором петлі фаза-нуль і фазний і нульовий захисний провідники мають лише активний опір).

У цьому випадку напруга на корпусі буде:

$$U_K = \frac{U_\phi \cdot r_{H3}}{r_\phi + r_{H3}}$$

За умови, що перетин нульового захисного провідника повинен бути не менш половини перетину фазного провідника будемо мати, що $r_{H3} \leq 2r_\phi$,

$U_K \leq \frac{2}{3} \cdot U_\phi$, тобто в цьому випадку потенціал корпусу щодо землі до спрацьовування захисту буде ≤ 147 В, при цьому створюється загроза поразки людей електричним струмом.

Якщо нульовий захисний провідник буде мати повторне заземлення $r_{П}$, то повторний заземлювач $r_{П}$ із заземлювачем нейтралі r_0 утворять додатковий контур безпеки (рис. 5.5).

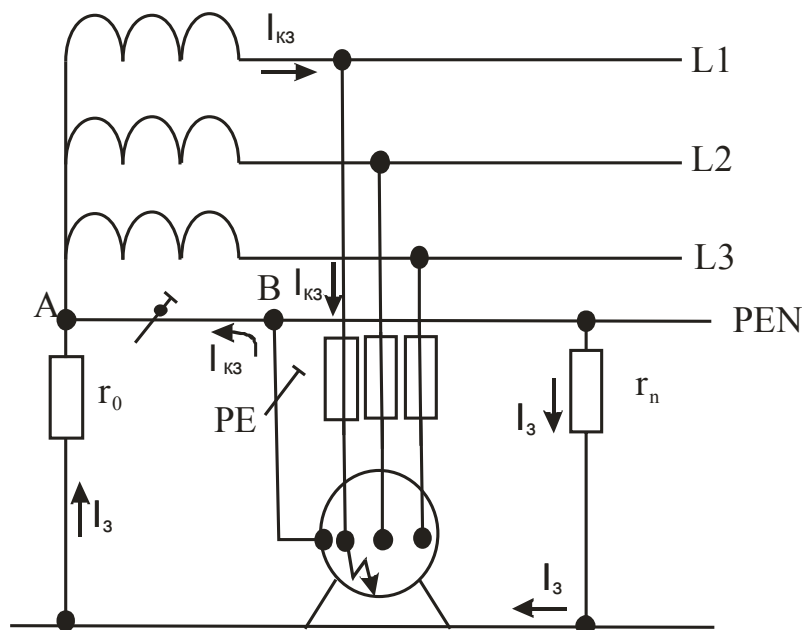


Рис. 5.5 Схема занулення з повторним заземлювачем нульового провідника

Втрати напруги в нульовому захисному провіднику можна розглядати як джерело живлення для нього. Струм у цьому контурі буде

$$I_3 = \frac{U_{AB}}{r_{\Pi} + r_0} = \frac{2/3 U_{\phi}}{r_{\Pi} + r_0}$$

Потенціал ушкодженого корпусу буде дорівнювати потенціалу повторного заземлювача:

$$U_K = U_{r_{\Pi}} = I_3 \cdot r_{\Pi} = \frac{2/3 U_{\phi} \cdot r_{\Pi}}{r_{\Pi} + r_0}, \text{ якщо } r_{\Pi} = r_0, \text{ то } U_K = \frac{1}{3} U_{\phi}$$

Висновки:

1. Повторний заземлювач нульового захисного провідника знижує напругу на занулених корпусах під час замикання фази на корпус.

При випадковому обриві нульового захисного провідника й замиканні фази на корпус за місцем обриву при наявності повторного заземлювача нульового захисного провідника струм потече через додатковий контур безпеки, завдяки чому потенціал занулених корпусів знизиться:

$$U_K = U_{r_{\Pi}} = I_3 \cdot r_{\Pi} = \frac{U_{\phi} \cdot r_{\Pi}}{r_{\Pi} + r_0}, \text{ якщо } r_{\Pi} = r_0, \text{ то } U_K = \frac{1}{2} U_{\phi}.$$

2. Повторний заземлювач нульового захисного провідника значно зменшує, але не забезпечує повністю, небезпеку поразки струмом у результаті обриву нульового захисного провідника та при замиканні фази на корпус за місцем обриву.

Згідно ПУЕ повторному заземленню підлягає нульовий робочий провідник, що використовується в якості захисного (PEN - провідник), на кінцях повітряних ліній або відгалужень довжиною більше 200 м, а також на уведеннях повітряних ліній до електроустановок, при цьому в першу чергу варто використовувати природні заземлювачі - підземні частини опор.

Сумарний опір заземлювача нейтралі і повторного нульового провідника повинен бути не більше 2,0; 4,0; 8,0 Ом відповідно при лінійних напругах 660; 380 і 220 В. Опір заземлювача нейтралі при наявності повторного і одиночного повторного заземлювача повинен бути не більше 15,0; 30,0; 60,0 Ом відповідно при тих же напругах. Загальний опір всіх повторних заземлювачів PEN провідника кожної ВЛ повинен бути не більше 5,0; 10,0; 20,0 Ом відповідно при тих же напругах.

При питомому опорі землі $\rho > 100$ Ом допускається збільшувати зазначення норми в 0,01 ρ , але не більше десятикратного, за виключенням опору заземлюючих пристроїв, використовуваних одночасно для електроустановок напругою вище 1000 В.

5.3. Розрахунок занулення

Розрахунок занулення виконується з метою визначення умов, при яких швидко відключиться ушкоджена електроустановка від мережі (розрахунок на здатність відключення), і буде забезпечена безпека дотику людини до корпусу в аварійний період.

При замиканні фази на занулений корпус електроустановка автоматично відключиться, якщо величина струму однофазного короткого замикання задовольняє умові:

$$I_{кз} \geq k \cdot I_{ном.з}$$

де k – коефіцієнт кратності захисту;

$I_{ном.з}$ – номінальний струм захисту вставки плавкого запобіжника або уставки струму спрацьовування автоматичного вимикача.

Коефіцієнт кратності захисту $k \geq 3$ для плавких запобіжників, автоматичних вимикачів зі зворотно залежною характеристикою від струму, теплових реле магнітних пускачів, $k = 1,25-1,4$ для автоматичних вимикачів зі струмовим відсіченням (електромагнітним розчеплювачем).

При розрахунку занулення застосовують наближену формулу для обчислення струму однофазного короткого замикання $I_{кз}$, у якій модулі опору трансформатора $Z_{тр}$ і петлі фаза-нуль $Z_{п}$ складаються арифметично:

$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{Z_{тр} + Z_{п}} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{тр}}{3} + \sqrt{(r_{\phi} + r_{нз})^2 + (x_{\phi} + x_{нз} + x_{п})^2}}$$

Перетин нульового захисного провідника приймається заздалегідь за умови, щоб його повна провідність була не менш 50% повної провідності фазного провідника, тобто $\frac{1}{z_{нз}} \geq \frac{1}{2} z_{\phi}$ або $z_{нз} \leq 2z_{\phi}$.

Для алюмінієвих і мідних проводів ця умова буде $S_{нз} \geq \frac{1}{2} S_{\phi}$.

Мінімальний перетин РЕ – провідника, що представляє собою жилу кабелю або ізольований провідник живлення повинен бути: при перетині фазних провідників $S_{\phi п} \leq 16 \text{ мм}^2$ - $S_{РЕ} = S_{\phi п}$; при $16 \text{ мм}^2 < S_{\phi п} < 35 \text{ мм}^2$

$S_{РЕ} = 16 \text{ мм}^2$; при $S_{\phi п} > 35 \text{ мм}^2$ - $S_{РЕ} \geq \frac{1}{2} S_{\phi п}$

Значення x_{ϕ} і $x_{нз}$ для алюмінієвих і мідних проводів порівняно малі й ними можна зневажити, розрахункова формула для визначення струму однофазного короткого замикання буде

$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{тр}}{3} + \sqrt{(r_{\phi} + r_{нз})^2 + x_{п}^2}}$$

Індуктивний опір петлі фаза-нуль для кабельних ліній незначно (не більше 0,1 Ом/км і ним можна зневажити, а для повітряних ліній у практичних розрахунках можна приймати $x_{п}=0,6$ Ом/км.

Для кабельних ліній розрахункова формула для визначення струму однофазного короткого замикання буде:

$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{тр}}{3} + r_{\phi} + r_{нз}}$$

Приклад

Порядок розрахунку схеми занулення двигуна з короткозамкненим ротором.

Вихідні дані: потужність трансформатора S , кВА, потужність двигуна P , кВт, $\cos \phi$ двигуна, відстань між трансформатором і двигуном, перетин фазних проводів вибирається по струму навантаження; напруга мережі 380/220 В, захист здійснюється плавкими запобіжниками.

Послідовність розрахунку:

а) визначимо номінальний струм двигуна:

$$I_{н.дв} = \frac{P}{\sqrt{3}U_{л} \cdot \cos \phi}$$

б) визначимо номінальний струм вставки плавкого запобіжника

$$I_{ном.з} = \frac{I_{пуск.дв}}{2,5}$$

де $I_{пуск.дв} = (5 - 8)I_{н.дв}$ - пусковий струм двигуна, кратність струму приймається за умовами пуску.

Приймається найближче більше стандартне значення струму плавкої вставки запобіжника;

в) по номінальному струму двигуна вибираємо перетин фазних провідників (гл. 1.3 ПУЕ);

г) визначаємо перетин нульового захисного провідника за умови $S_{нз} \geq \frac{1}{2}S_{\phi}$, приймаємо найближче більше стандартне значення;

д) визначаємо опір фазних і нульового захисного провідників по формулі $r = \frac{\rho \cdot l}{S}$ Ом,

де ρ – питомий опір провідника, рівний для міді 0,018, а для алюмінію 0,028 Ом мм²/м;

е) по довіднику, залежно від схеми з'єднання первинних обмоток трансформатора, приймають опір обмотки трансформатора $\frac{Z_{тр}}{3}$;

ж) визначаємо дійсне значення струму однофазного короткого замикання по розрахунковим формулам, наведеним вище;

з) перевіряємо відповідність умови спрацьовування захисту

$I_{кз} \geq k \cdot I_{ном.з}$ тобто, правильність вибору нульового захисного провідника й здатність відключення системи занулення.

Контроль занулення перевіряється, як і заземлення, при введенні в експлуатацію, періодично й після ремонту. Для виміру опору застосовуються ті ж прилади що й для заземлення або схема вольтметра - амперметра.

6. ЗАХИСНЕ ВІДКЛЮЧЕННЯ

6.1. Загальні відомості

Захисне відключення - швидкодіючий захист, що забезпечує автоматичне відключення електроустановки при виникненні в ній небезпеки поразки людини струмом. Щоб забезпечити безпеку, захисне відключення повинне здійснювати сукупність наступних захистів: від неповних і глухих замикань на землю (корпус), від витоків, автоматичний контроль ланцюга заземлення або занулення, самоконтроль справності захисного відключення. Пристрої захисного відключення (УЗО) є досить ефективними по боротьбі зі смертельним травматизмом через електрику.

У країнах - членах МЭК уже в 1996 році перебували в експлуатації близько 600 мільйонів УЗО диференційного типу, установлених у житлових будинках і будинках суспільного проживання, що зменшило, більш ніж на порядок, смертельний травматизм у мережах напругою до 1000 В.

Основні вимоги, яким повинні відповідати УЗО:

- а) висока чутливість;
- б) малий час відключення (0,05 - 0,20) секунди;
- в) селективність дії;
- г) здатність здійснювати самоконтроль справності;
- д) висока надійність.

Область застосування УЗО практично не обмежена, однак найбільше застосування знайшли в мережах напругою до 1000 В.

Захисне відключення є досить ефективним засобом, особливо коли висока ймовірність випадкового дотику людини до струмоведучих частин і важко здійснити заземлення або занулення. Захисне відключення незамінне для ручного електроінструмента й пересувних електроустановок.

По вхідній величині, на яку реагує УЗО вони діляться:

- а) потенціал корпусу;
- б) струм замикання на землю;

- в) напруга нульової послідовності;
- г) напруга фази щодо землі;
- д) струм нульової послідовності (диференційний струм);
- е) оперативний струм;
- ж) вентильна схема.

Існують й комбіновані УЗО, що реагують на кілька вхідних величин.

6.2. УЗО, що реагують на потенціал корпусу відносно землі

Призначення УЗО цього типу (рис. 6.1) – швидке відключення ушкодженої установки, якщо потенціал U_k перевищує припустимий $U_{доп}$.

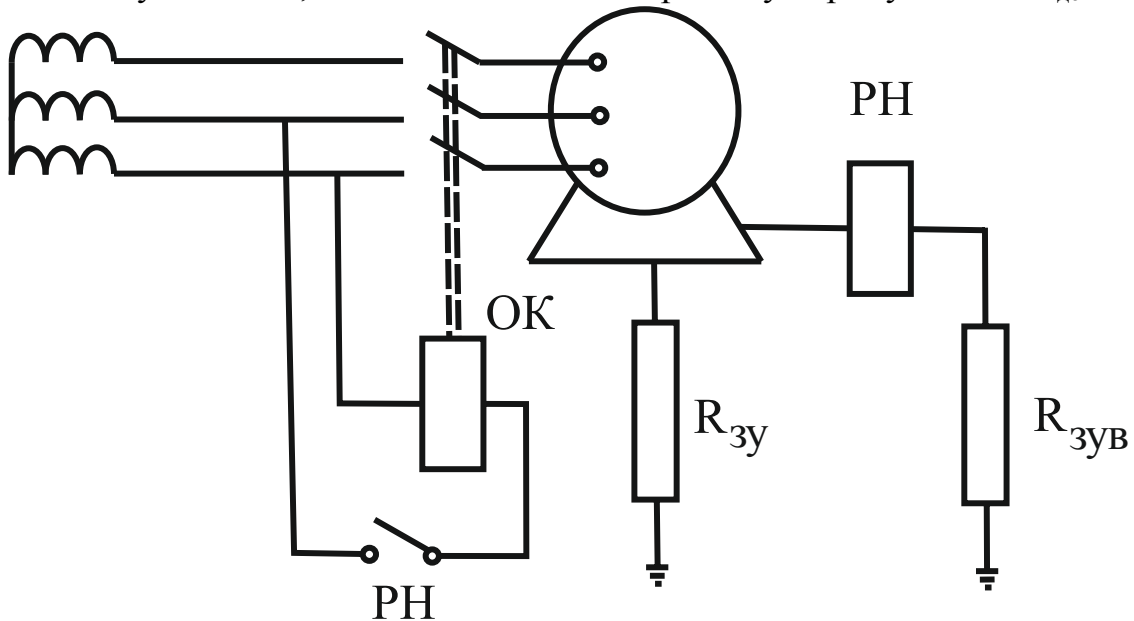


Рис. 6.1. Схема УЗО на потенціалі корпусу щодо землі

Датчиком у цій схемі є реле напруги РН, включене між корпусом апарата, що захищається, і допоміжним заземлювачем $R_{зув}$, який варто встановлювати поза полем розтікання з основного заземлювача $R_{зу}$ (тобто на відстані ≥ 20 м).

При замиканні фази на корпус спочатку проявляється захисна дія заземлення (занулення) і, якщо потенціал корпусу перевищить $U_{доп}$, спрацює УЗО.

Достоїнство схеми – її простота. Недоліки – необхідний додатковий заземлювач, неселективність відключення при загальному заземленні, зануленні, відсутність самоконтролю, не постійна величина уставки при змінах $R_{зув}$.

Область застосування обмежується окремими пересувними електроустановками.

6.3. УЗО, що реагують на струм замикання на землю

Призначення УЗО цього типу (рис. 6.2) - швидке відключення ушкодженої установки при замиканні на заземлений корпус.

Датчиком у цій схемі є реле струму РТ, включене в розсічення заземлюючого провідника. Струмове реле може бути включене й у розсічення

нульового захисного провідника в схемі занулення. Такі УЗО відрізняються чіткістю спрацьовування.

Область застосування - ручний електрифікований інструмент, пересувні електроустановки.

Достоїнства цієї схеми:- простота, відносно висока надійність, селективність відключення.

Недоліки: при обриві заземлюючого або нульового провідника УЗО перестає працювати, відсутність самоконтролю.

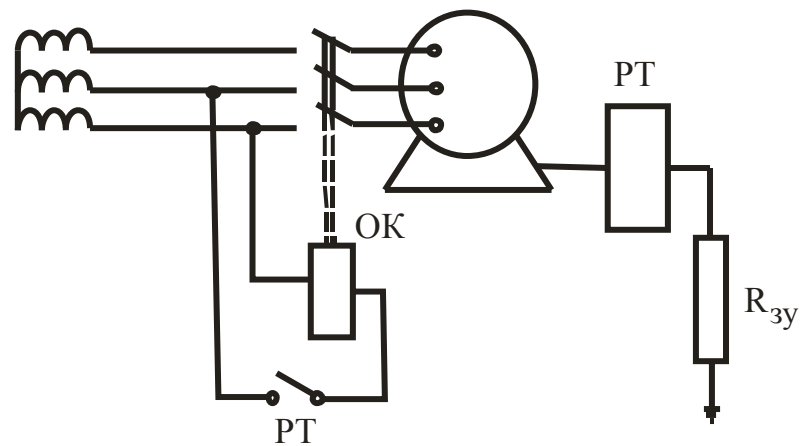


Рис. 6.2. Схема УЗО на струмі замикання на землю

6.4. УЗО, що реагує на напругу нульової послідовності

Призначення УЗО цього типу (рис. 6.3) - усунення небезпеки поразки струмом, що виникає при глухому замиканні на землю однієї або двох фаз.

Датчиком у цій схемі є фільтр напруги нульової послідовності, включений між фазами й землею. Фільтр може бути реалізований на різних елементах (конденсаторах, вольтметрах, лампочках, резисторах і т.д.)

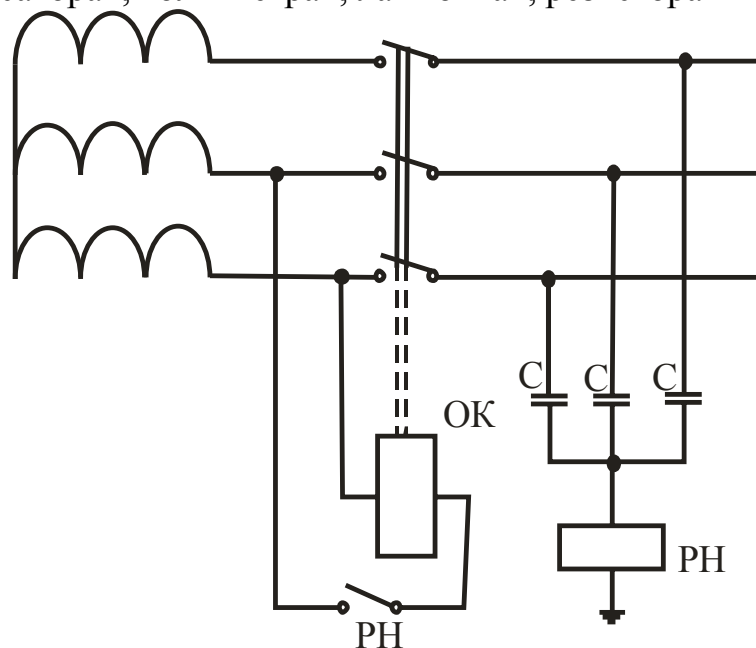


Рис. 6.3. Схема УЗО на напругу нульової послідовності

Область застосування УЗО, що реагують на напругу нульової послідовності, - трифазні мережі з ізольованою нейтраллю малої довжини напругою до 1000 В.

Достоїнства цієї схеми:- простота, надійність спрацьовування при глухих замиканнях на землю.

Недоліки:- не селективність спрацьовування, нечутливість до симетричної зміни опору ізоляції проводів, відсутність самоконтролю справності.

6.5. УЗО, що реагує на напругу фази відносно землі

У схемах цього типу (рис. 6.4) датчики (звичайне реле напруги) включають між фазами й землею. У нормальному режимі напруга фаз щодо землі близька до фазних напруг джерела живлення. При замиканні фази на землю напруга цієї фази щодо землі зменшується і відповідні реле напруги знеструмлюється, що приводить до відключення мережі. Відключення відбудеться і при обриві ланцюга будь-якого реле, що забезпечує самоконтроль справності схеми.

Достоїнства цієї схеми й недоліки такі ж, як і схем на напруги нульової послідовності, за винятком самоконтролю, але пристрій ускладнюється наявністю трьох реле замість одного. Вставка вибирається рівній половині лінійної напруги мережі, виходячи з можливості подвійного замикання на землю.

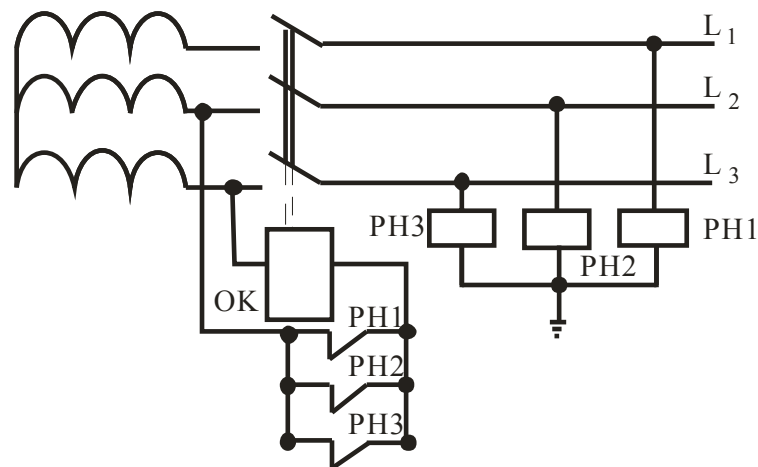


Рис.6.4. Схема УЗО, що реагує на напругу фази відносно землі

6.6. УЗО, що реагують на струм нульової послідовності (диференційний струм)

Призначення УЗО - Д забезпечити безпеку людини у випадку дотику до зануленого (заземленого) корпусу при замиканні на нього фази або до струмоведучої частини, а також при безпосередньому дотику до струмоведучої частини електроустановки.

Принцип дії УЗО диференційного типу (рис. 6.5) заснований на застосуванні електромагнітного векторного суматора струмів - диференційного трансформатора струму (трансформатора струму нульової послідовності).

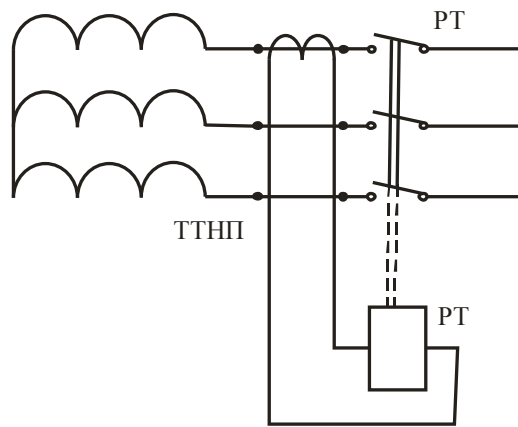


Рис. 6.5. Схема УЗО на струмі нульової послідовності

Первинною обмоткою трансформатора ТТНП є провідники мережі, що проходять через магнітопровід, а вторинна намотана на магнітопроводі.

Область застосування УЗО - мережі з будь-яким режимом нейтралі як для трифазних так і для однофазних споживачів.

Достоїнства:- здатність забезпечити безпеку людини при дотику не тільки до корпусу, що виявився під напругою, але й до струмоведучої частини електроустановки, високий ступінь надійності, мала кількість помилкових спрацьовувань, незалежність роботи від стану занулення або заземлення.

Недоліки:- нечутливість до симетричних знижень опору ізоляції в трифазній мережі.

6.7. УЗО, що реагують на постійний оперативний струм

По величині струму, що проходить через опір ізоляції мережі від стороннього джерела, можна судити про безпеку експлуатації електроустановки. Струм, що характеризує зміну опорів ізоляції мережі, називається оперативним.

Призначення УЗО цього типу (рис. 6.6) - забезпечити безперервний автоматичний контроль опору ізоляції мережі й захист людини, що доторкнулася до струмоведучої частини.

Принцип дії - швидке відключення мережі при зниженні опору ізоляції мережі щодо землі до припустимої межі або дотику людини до струмоведучої частини електроустановки.

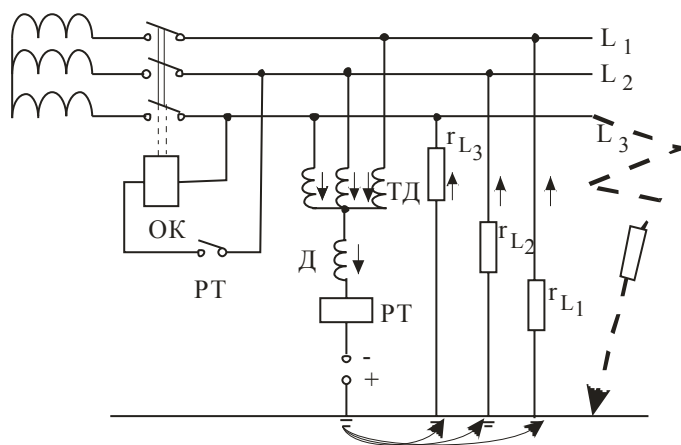


Рис. 6.6. Схема УЗО на постійному струмі.

Датчиком служить реле струму РТ із малим струмом спрацьовування (декілька міліампер ≤ 30 мА). Трифазний дросель ТД призначений для одержання нульової точки мережі, звичайно це дросель - трансформатор. Однофазний дросель Д служить для обмеження витoku в землю змінного струму.

Постійний струм від стороннього джерела проходить по контуру: джерело – земля – опір ізоляції фаз мережі Γ_{L1} , Γ_{L2} , Γ_{L3} провідника трифазної мережі – дроселі ТД і Д, обмотка реле РТ – джерело. Значення цього струму при постійній напрузі залежить від опору ізоляції мережі щодо землі.

Ця схема реалізована в реле витoku РУ, що знайшли широке застосування у вугільній і гірничорудній промисловості. Джерелом постійного струму служить випрямляч, що живиться від однієї з обмоток трифазного дроселя - трансформатора.

Область застосування УЗО на постійному оперативному струмі - мережі до 1000 В с ізольованою нейтраллю.

Достоїнством УЗО, що реагують на постійний оперативний струм, є можливість забезпечення високого ступеня безпеки людей, можливість забезпечення самоконтролю справності.

До недоліків цих пристроїв варто віднести порівняну складність, а також не селективність роботи.

6.8.Вентильні схеми УЗО

Призначення цих УЗО (рис.6.7) - забезпечення захисту людини при дотику до струмоведучої частини електроустановки або відключення електроустановки при зниженні ізоляції мережі до мінімально припустимої величини.

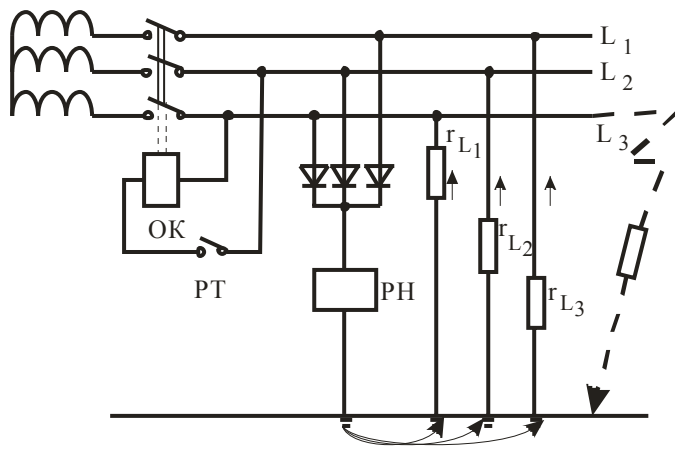


Рис. 6.7. Вентильна схема УЗО

Датчиком у цій схемі є система діодів (вентилів), що випрямляють струм у ланцюзі реле РН - ізоляція мережі. Випрямлений діодами струм пропорційний омичному опору ізоляції всіх трьох фаз мережі:

$$I \equiv \frac{r_{L1} \cdot r_{L2} \cdot r_{L3}}{r_{L1} \cdot r_{L2} + r_{L1} \cdot r_{L3} + r_{L2} \cdot r_{L3}}$$

При відповідній устатці вентильна схема може забезпечити безпеку людини при дотику до струмоведучої частини електроустановки.

Достоїнство вентильних схем:- висока чутливість, простота конструкції й малі габарити.

Недоліки:- не селективність, відсутність самоконтролю.

7. ІНШІ ЗАХИСНІ ЗАХОДИ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

7.1. Малі напруги (наднизькі напруги)

Наднизькі напруги (ННН)- напруги між будь якими провідниками або будь яким провідником і землею, що не перевищує 50 В для змінного струму й 120 В для постійного струму.

Найбільший ступінь безпеки експлуатації електроустановок досягається при номінальній напрузі 3 - 4 В.

На практиці застосування таких напруг обмежено шахтарськими лампами, дитячими іграшками, кишеньковими ліхтариками. У виробничих переносних електроприймачах для підвищення безпеки застосовують 12, 36 і 42 В, при чому в приміщеннях з підвищеною небезпекою для переносних електроприймачів рекомендують номінальну напругу 36 В, в особливо небезпечних для переносних електроприймачів – 36 В, а для ручних ламп - 12 В. Однак у цьому випадку застосування малих напруг не забезпечує достатньої безпеки й додатково застосовують інші заходи захисту - подвійну ізоляцію, захист від випадкового дотику, електрозахисні засоби й ін.

Джерелами малої напруги можуть бути: батарея гальванічних елементів, акумулятор, трансформатор, але не автотрансформатор.

Найбільше часто, як джерела живлення, застосовують знижувальні трансформатори. Єдине слабе місце знижувальних трансформаторів - можливість переходу вищої напруги на вторинну обмотку. З метою зменшення небезпеки переходу вищої напруги на сторону низької зануляється вивід вторинної обмотки або заземлюється залежно від режиму нейтралі первинної мережі або між обмотками виконується екранна обмотка.

Застосування малих напруг (ННН) - ефективна захисна міра, однак область застосування обмежена ручним переносним електроінструментом, переносними лампами й лампами місцевого освітлення в приміщеннях підвищеної небезпеки й особливо небезпечних, що пояснюється труднощами в організації протяжних мереж.

Системи безпечної наднизької напруги - система БННН, у якій струмоведучі частини системи БННН електрично відділені від всіх інших ланцюгів більш високої напруги за допомогою захисного електричного поділу мереж.

Система захисної наднизької напруги - система ЗННН, це система БННН у випадку заземлення її ланцюга.

Система функціональної наднизької напруги - система ФННН, у якій за умовами експлуатації для живлення електроприймачів використовують наднизьку напругу й при цьому вимоги, що стосуються систем БННН і ЗННН, не можуть бути виконані або в їхньому застосуванні немає необхідності, то для захисту від поразки електричним струмом ланцюга наднизької напруги використовують додаткові захисні заходи, такі як огороження, або ізоляція, що відповідає ізоляції первинного ланцюга, і автоматичне відключення живлення.

Найбільше доцільно застосовувати системи БННН, ЗННН і ФННН у приміщеннях з підвищеною небезпекою та особливо небезпечних.

7.2. Подвійна ізоляція

Подвійною ізоляцією електроприймача називається сукупність робочої й додаткової ізоляції, при якій доступні дотику не струмоведучі частини електроустановки не перебувають під небезпечною напругою при ушкодженні тільки робочої або тільки додаткової ізоляції.

Робоча або основна ізоляція - ізоляція струмоведучих частин електроустановки, що забезпечує в тому числі захист при прямому дотику.

Додаткова ізоляція призначена для захисту людини при порушенні основної ізоляції - це незалежна ізоляція не струмоведучих частин електроустановок напругою до 1000 В, або виконана з ізоляційного матеріалу.

Найбільше просто подвійна ізоляція здійснюється шляхом покриття металевих корпусів і рукояток електроустаткування шаром електроізоляційного матеріалу.

При ушкодженні цього шару відкривається доступ до металевих частин, які можуть виявитися під напругою, при цьому електроапарат залишається працездатним.

Більш досконалий спосіб - виготовлення корпусів з електроізоляційного матеріалу. При руйнуванні корпусу порушується працездатність виробу, наприклад, електричний дріль із корпусом із пластмаси.

Подвійна ізоляція може забезпечити безпеку при експлуатації будь-якого устаткування, однак через недостатню механічну міцність, значних залишкових деформацій, старіння область застосування подвійної ізоляції обмежується електроустаткуванням невеликої потужності - електрифікованим ручним інструментом, електропобутовими приладами, переносними електричними лампами.

7.3. Захист від випадкового (прямого) дотику

Дотик до струмоведучих частин завжди небезпечно, в тому числі в мережах напругою до 1000 В з ізолюваною нейтраллю й високим рівнем ізоляції, більше того, в мережах напругою вище 1000 В.

У мережах напругою до 1000 В застосування ізолюваних проводів, кабелів забезпечує захист при дотику до них. У мережах вище 1000 В вони не менш небезпечні, чим голі провідники, шини, тому що ушкодження ізоляції звичайно залишається непоміченим.

Для забезпечення захисту від випадкового дотику або небезпечного наближення повинна бути забезпечена неприступність до струмоведучих частин за допомогою огорожень, бар'єрів, блокувань або розташування струмоведучих частин на не доступній висоті, у недоступному місці.

Огородження бувають суцільні й сітчасті з розміром вічка 25x25мм. Суцільні у вигляді кожухів і кришок застосовують в електроустановках до 1000 В. Більш надійні кришки на шарнірах, а не на болтах. Сітчасті огороження застосовуються в електроустановках як до, так і вище 1000 В. Вони мають двері й заціпаються на замок.

Бар'єри рекомендується виготовляти з ізоляційного матеріалу. Вони захищають від випадкового дотику або небезпечного наближення до електроустановок, але не виключають навмисного дотику або наближення до струмоведучих частин у випадку обходу бар'єра.

Блокування застосовуються в електричних установках, у яких часто виконуються роботи на обгороджених струмоведучих частинах, а також в електричних апаратах - рубильниках, пускачах, автоматичних вимикачах. Блокування бувають електричні й механічні. Електричні блокування можуть бути прямої дії - блокувальні контакти включені в силовий ланцюг і непрямої дії - блокувальні контакти - включені в ланцюг керування. Перевагу слід надавати блокуванню непрямої дії.

Блокувальні контакти звичайно встановлюються на дверях огорожень, кришках, дверцятах корпусів. При відкриванні дверей, кришок ланцюг керування розривається й електроустановка відключається. При цьому виключається вільне включення електроустановки при випадковому закритті дверей, кришки. Для включення електроустановки потрібно натиснути кнопку «Пуск». Крім того блокувальний контакт комутує малі струми. Включення

блокувальних контактів у силовий ланцюг не виключає помилкового включення й таке блокування не повинен застосовуватися.

Блокувальні контакти повинні розмикатися вже при відкриванні дверей на 10-15 см.

Механічні блокування виключають розкриття електроапарата, не відключивши напруги, і знаходять широке застосування в шахтній електроапаратурі.

Блокування знаходять широке застосування в розподільних пристроях на підстанціях для попередження помилкових дій персоналу при перемиканнях.

Розташування струмоведучих частин на недоступній висоті або недоступному місці дозволяє забезпечити безпеку персоналу без огорожень.

7.4. Контроль і профілактика ушкоджень ізоляції

Контроль ізоляції - вимір її омичного опору з метою попередження замикання на землю й коротке замикання. Стан ізоляції значною мірою визначає безпеку експлуатації електроустановок.

У мережах з ізолюваною нейтраллю опір ізоляції визначає струм через людину, а в мережах із заземленою нейтраллю - струм замикання. Струм замикання у мережах з заземленою нейтраллю на землю й через людину не залежить від опору ізоляції, але ушкодження її приводить до короткого замикання. Для виключення цього необхідно проводити випробування підвищеною напругою й контроль опору ізоляції.

Приймально-здавальні випробування проводяться при введенні в експлуатацію нових та відремонтованих електроустановок. Обсяг і норми їх регламентуються ПУЕ, ПТБ, ПТЕ. При випробуванні підвищеною напругою дефекти ізоляції виявляються внаслідок пробою й наступного пропалювання ізоляції. Для електроапаратів напругою до 1000 В іспитова підвищена напруга 1000 В тривалістю одна хвилина.

Періодичний контроль ізоляції - вимір опору ізоляції при прийманні електроустановки після монтажу. Періодично в строки, установлені Правилами, технічними умовами на виріб або у випадку виявлення дефектів вимір виконується на відключеній установці. Опір ізоляції кожної ділянки в мережах до 1000 В повинен бути не нижче 0,5 мОм/фази.

Норми на опір ізоляції регламентовані в ПУЕ, ПТЕ, ПТБ. Вимір виконується мегомметром, що складається з генератора постійного струму з ручним приводом, логометра й додаткових опорів. Показання мегомметра не залежать від напруги генератора, тому швидкість обертання ручки не впливає на точність виміру. З іншої сторони опір ізоляції нелінійно залежить від прикладеної напруги. Тому вимірювальна напруга повинна бути не нижче номінальної або трохи більша неї.

ПТЕ регламентує напругу мегомметра залежно від номінальної напруги електроустановки. Промисловістю випускається мегомметр М1101, на напругу 100, 500, 1000 В и МС 06 на напругу 2500 В. Ці виміри не можуть служити критерієм безпеки, тому що струм замикання на землю визначається опором всієї ізоляції мережі, а не окремих ділянок. Ці виміри дозволяють виявити

ділянки з дефектами ізоляції. Для визначення опору ізоляції всієї мережі виміри потрібно проводити під робочою напругою з підключенням споживачів. Такий контроль можливий у мережах з ізольованою нейтраллю, для виміру тільки опору ізоляції фаз щодо землі.

Прилад покаже опір ізоляції всієї мережі, незалежно до якої фази він підключений.

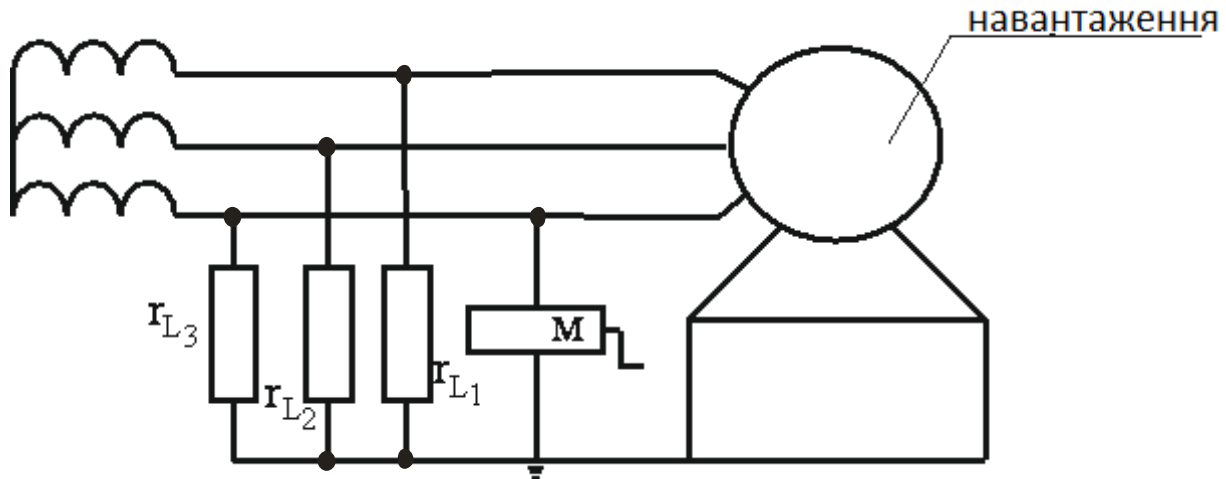


Рис. 7.1. Схема виміру опору ізоляції мегомметром

$$r = \frac{r_{L1} \cdot r_{L2} \cdot r_{L3}}{r_{L1} \cdot r_{L2} + r_{L1} \cdot r_{L3} + r_{L2} \cdot r_{L3}}$$

При періодичному контролі ізоляції під напругою мегомметром, ізоляція виявляється під значно більшою напругою чим номінальна ($U_{ном} + U_{мер}$). Тому варто застосовувати прилад з невеликим виміром напруги (20 – 30 В), вимір можна робити звичайним омметром, підключивши його через дросель для обмеження змінного струму через прилад.

Постійний контроль ізоляції - вимір опору ізоляції під напругою в протягом всього часу роботи електроустановки без автоматичного відключення. У практиці застосовуються прилади постійного контролю ізоляції на постійному оперативному струмі й вентиляні: ПКИ, ТКТ-60 і 3 В - три вентиля й омметр.

Захист від замикань на землю реагує на напругу фаз щодо землі, на струм нульової послідовності або напругу нульової послідовності. Найпростіша схема 3-х вольтметрів, включених у зірку із заземленою нейтральною точкою. Кожний вольтметр показує напругу щодо землі тієї фази, до якої він підключений. При справній мережі $U_{L13} \approx U_{L23} \approx U_{L33} \approx U$ При глухому замиканні фази на землю $U_{L13} \rightarrow 0$, а U_{L23} й $U_{L33} \rightarrow U\sqrt{3}$

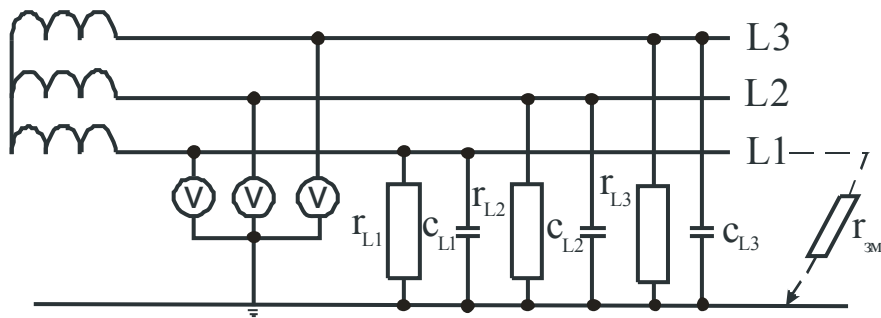


Рис.7.2 Схема трьох вольтметрів (контроль замикань на землю)

Але ця схема не дає можливість оцінити величину опору ізоляції й при рівномірному зменшенні опору фаз показання вольтметрів будуть однакові аж до короткого замикання.

У мережах з ізолюваною нейтраллю сигнальне реле включають на напругу нульової послідовності. У мережах із заземленою нейтраллю замикання на землю виявляється приладами, що реагують на струм нульової послідовності. Датчиком у цій схемі є трансформатор струму нульової послідовності (ТСНП) - первинною обмоткою є три жили кабелю, пропущеного через магнітопровід, вторинна обмотка намотана на магнітопроводі. Ці схеми в мережі тільки для виявлення замикання на землю, але не для контролю ізоляції.

Найпростіша схема безперервного контролю ізоляції - вентильна складається із трьох діодів (вентилів) і омметра.

При позитивній напівхвилі у фазах струм по черзі проходить через діоди Д₁- Д₃ - показчик Ω - заземлювач і опору ізоляції двох інших фаз до джерела.

Величина струму буде пропорційна опору ізоляції фаз мережі щодо землі:

$$I \equiv \frac{r_{L1} \cdot r_{L2} \cdot r_{L3}}{r_{L1} \cdot r_{L2} + r_{L1} \cdot r_{L3} + r_{L2} \cdot r_{L3}}$$

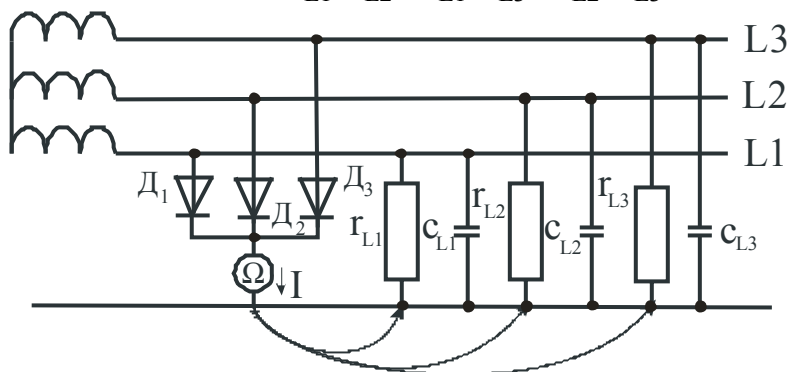


Рис. 7.3. Вентильна схема контролю ізоляції

Показчик Ω градується в кілоомах і схема забезпечує безперервний контроль ізоляції.

7.5. Електричний поділ мереж

Розгалужена мережа великою довжиною має значну ємність, невеликий опір справної ізоляції. Струм замикання на землю може досягти значної величини. Якщо цю протяжну мережу розділити на ряд невеликих мереж такої

ж напруги, які будуть мати малу ємність і високий опір ізоляції, то небезпека поразки струмом різко зменшується.

Струм через людину, що доторкнулася до фази, у цьому випадку буде визначатися високим опором ізоляції фаз щодо землі
$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + \frac{1}{3}Z}$$
 й у мережах

напруги 380 В, якщо $|z| \geq 63$ кОм, струм R_h не перевищить 10 мА.

Розділення здійснюється через розділовий трансформатор РТ (рис. 7.4), що живить окремих споживач, або розділення мережі на декілька приблизно однакових мереж. Для поділу мереж застосовуються також перетворювачі частоти й випрямні установки, але вони не повинні мати електричного зв'язку з мережею живлення. У мережах понад 1000 В дотик до фази завжди небезпечний, хоча ймовірність ушкодження ізоляції в розділених мережах нижче, але економічно поділ не вигідно.

Область застосування електричного поділу мереж - електроустановки напругою до 500 В, експлуатація яких пов'язана з підвищеною небезпекою. Не допускається заземлення нейтралі або зворотного провідника за розділовим трансформатором або перетворювачем, щоб не зменшити опір ізоляції.

Розділові трансформатори РТ повинні задовольняти спеціальним технічним умовам відносно підвищеної надійності конструкції й підвищених іспитових напруг (ДСТУ 3225).

Якщо від розділового трансформатора живиться тільки один електроприймач, то його відкриті провідні частини не приєднуються ні до захисного провідника, ні до відкритих провідних частин інших ланцюгів.

Допускається живлення декількох електроприймачів від одного розділового трансформатора за умови виконання наступних вимог:

а) відкриті окремі провідні ланцюги не повинні мати електричного зв'язку з металевим корпусом джерела живлення;

б) штепсельні розетки повинні мати захисний контакт, підключений до місцевої незаземленої системи зрівнювання потенціалів;

в) гнучкі кабелі повинні мати захисний провідник, застосований як провідник зрівнювання потенціалів.

Корпус розділового трансформатора повинен бути заземлений або занулений залежно від режиму нейтралі первинної мережі. Заземлення корпуса електроприймача, що живиться від розділового трансформатора не потрібно.

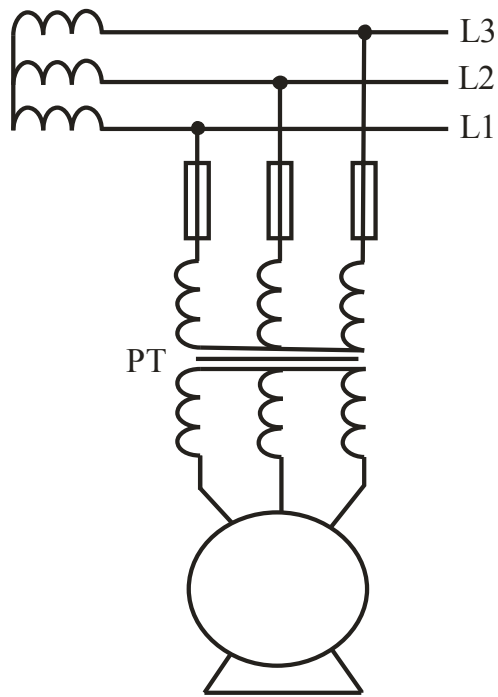


Рис. 7.4. Схема електричного поділу мереж

7.6. Компенсація ємнісної складової струму однофазного замикання на землю

Струм замикання на землю залежить від ємності мережі щодо землі. Якщо ємність мережі становить $0,3 \text{ мкФ}$ на фазу, то ємнісний опір щодо землі $X = 1/\omega C = 10,6 \text{ кОм}$, а провідність – $0,0944 \text{ мСм}$. Якщо при цьому опір ізоляції $g = 50 \text{ кОм}$, а активна провідність $g = 0,02 \text{ мСм}$, то повна провідність $Y = 0,02 + 0,0944 = 0,0966 \text{ мСм}$, тобто подальше збільшення опору ізоляції не зменшить провідність фази щодо землі. При ємності мережі $C \geq 0,3 \text{ мкФ}$ збільшення опору ізоляції вище 50 кОм не підвищує повного опору фази щодо землі й не знижує величину струму замикання на землю й через людину.

Ємність фаз не залежить від дефектів ізоляції й визначається довжиною лінії, висотою підвісу проводів, товщиною фазної ізоляції жил кабелю, тому ємність мережі не може бути знижена. Тому що не можна зменшити ємність мережі, зниження струму замикання на землю досягається шляхом компенсації її ємнісною складовою індуктивності. Котушка компенсації включається між нейтраллю й землею. Ємнісна й індуктивна складові перебувають у протифазі й при резонансі знищують одна одну, а активні складові складаються. При повній компенсації ємність фаз не впливає на струм замикання на землю. Компенсація ємнісної складової струму замикання на землю застосовується звичайно в мережах напругою вище 1000 В . ПУЕ пропонує компенсацію, якщо струм замикання на землю перевищує 10 А в мережах напругою 35 кВ , 15 А - $15\text{-}20 \text{ кВ}$, 20 А - 10 кВ , 30 А - 6 кВ .

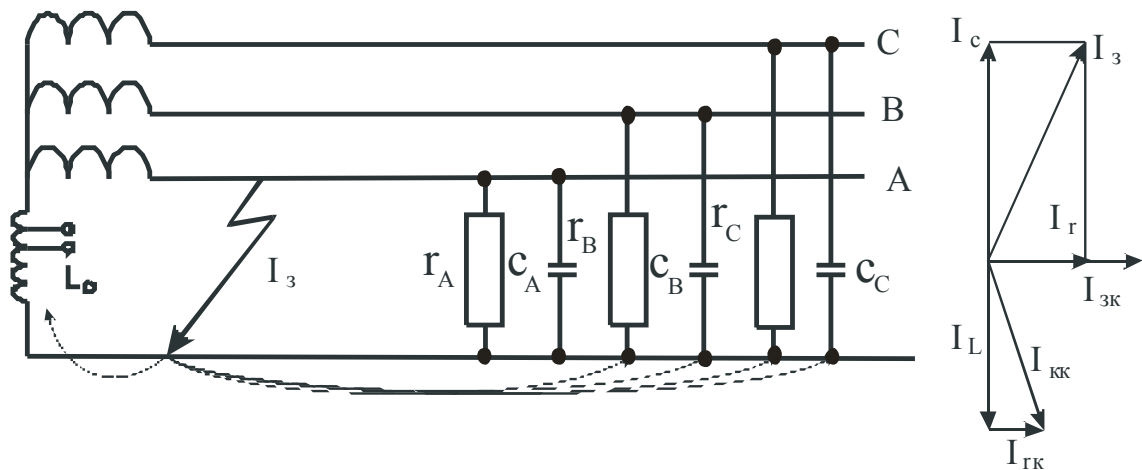


Рис. 7.5. Схема компенсації ємнісної складового струму замикання на землю і її векторна діаграма

Настроювання котушки, що компенсує (рис. 7.5) звичайно виконується, як правило, відпайками, зміною зазору в магнітопроводі або автоматично зміною струму підмагнічування сердечника (зміною магнітної проникності сердечника котушки).

Компенсація ємнісної складової застосовується та ефективна, якщо вона значно більше активної складової й зниження загального струму замикання на землю суттєве.

Котушки компенсації, називають дугогасячими, тому що, зменшуючи струм замикання на землю, вони сприяють гасінню дуги між струмоведучими й заземленими частинами.

У схемах блоків генератор - трансформатор напругою 6-20 кВ компенсація обов'язкова при струмі замикання на землю більше 5А. При струмі замикання на землю ≥ 50 А звичайно встановлюють дві компенсаційні котушки.

У мережах до 1000 В компенсаційні котушки застосовують лише в підземних мережах шахт і рудників.

Мережі напругою 2-35 кВ із великими ємнісними струмами замикання на землю можуть працювати як з дугогасячими котушками, так і з резисторами.

7.7. Захист від переходу вищої напруги на нижчу сторону.

Ушкодження ізоляції в трансформаторі може привести до замикання на корпус, але й між обмотками різних напруг. У цьому випадку на мережу нижчої напруги накладається більше висока напруга, особливо це небезпечно при переході напруги 6 або 10 кВ на сторону з напругою до 1000 В.

Розглянемо це на прикладі мережі 6,0/0,38 кВ, при чому мережа 380 В теж з ізолюваною нейтраллю (рис. 7.6). При замиканні між обмотками на мережу нижчої напруги накладеться фазна напруга первинної

мережі $U_{\phi} = \frac{6000}{\sqrt{3}} = 3460$ В і всі електроустановки цієї мережі будуть виведені з ладу.

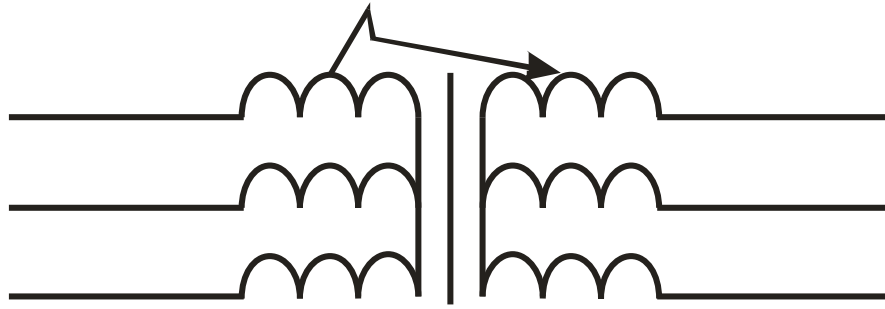


Рис. 7.6 Перехід вищої напруги на сторону нижчої (нейтралі ізолювані)

Якщо ж нейтраль із нижчої сторони заземлена, то при контакті між обмотками відбудеться замикання на землю.

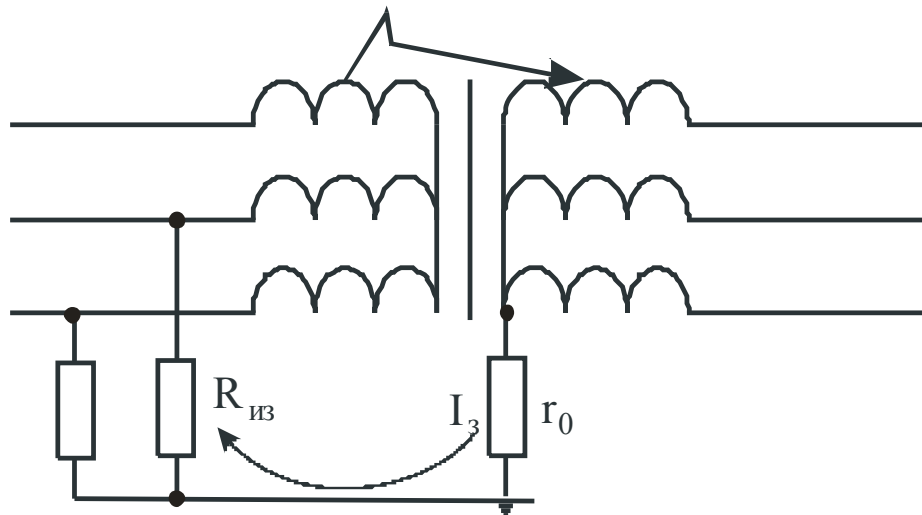


Рис. 7.7 Перехід вищої напруги на сторону нижчої (нейтраль на нижчій стороні заземлена)

Струм замикання на землю в цьому випадку визначається фазною напругою і ємнісною провідністю фаз щодо землі. Згідно ПУЕ опір заземлювача нейтралі має бути, $r_0 \leq \frac{67}{I_з}$, а це значить, що падіння напруги на

заземлювачі нейтралі r_0 повинне бути не більше 67 В щодо землі. Отже, у фазі на яку відбулося замикання, підвищення напруги буде не більше 67 В, а в інших фазах за рахунок векторного додавання буде навіть менше номінального.

Якщо мережа працює з ізолюваною нейтраллю, то нейтраль з'єднують із землею через пробивний запобіжник. Він складається із двох електродів, розділених слюдяною прокладкою з отвором. Один електрод з'єднується з нейтраллю, інший із заземлювачем. При замиканні між обмотками повітряний проміжок пробивається, електроди замикаються й нейтраль заземлюється. Пробивні запобіжники застосовуються при первинній напрузі більше 3000 В.

У знижувальних трансформаторах для захисту від переходу вищої напруги на мережу малої напруги вихід вторинної обмотки зануляють або

заземлюють залежно від режиму нейтралі первинної мережі. Крім заземлення або занулення вторинних обмоток застосовують екранну обмотку між первинною й вторинною обмотками.

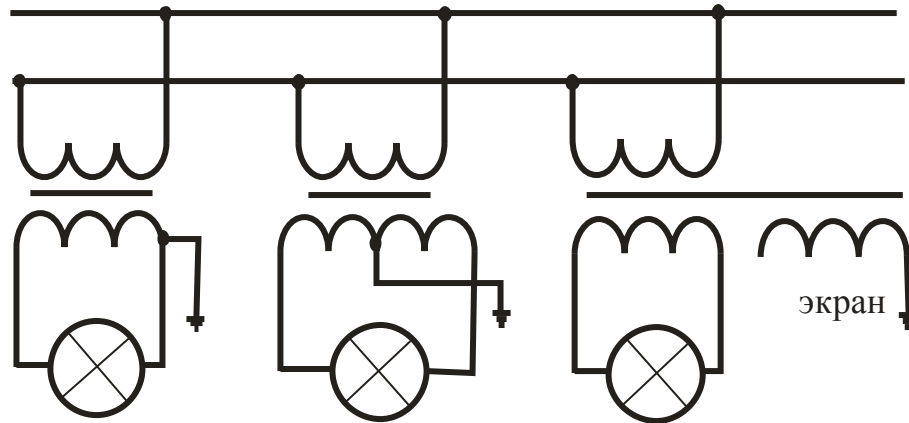


Рис.7.8 Захист від переходу вищої напруги на сторону нижчої в знижувальних трансформаторах.

У цьому випадку при ушкодженні ізоляції первинної обмотки вона замкне струм тільки на екран. Екранні обмотки знаходять широке застосування в іскробезпечних джерелах живлення в шахтній апаратурі.

7.8. Захисне зрівнювання потенціалів

Захисне зрівнювання потенціалів - досягнення рівності потенціалів провідних частин шляхом електричного з'єднання їх між собою.

Системи зрівнювання потенціалів в електроустановках напругою до 1 кВ повинна з'єднувати між собою наступні провідні частини:

- РЕ (PEN) – провідники в системі TN;
 - заземлюючий провідник, приєднаний до заземлюючого пристрою електроустановки, у системі IT;
 - заземлюючий провідник, приєднаний до повторного заземлювача на введенні в будинки (якщо є заземлювач);
 - металеві труби комунікації, що входять у будинок,; гарячого й холодного водопостачання, каналізації, опалення, газопостачання й т.п.;
 - металеві частини каркасу будинку;
 - металеві частини централізованих систем вентиляції й кондиціонування.
- Металеві повітряпроводи варто приєднувати до шини РЕ щитів живлення вентиляторів і кондиціонерів;
- металеві оболонки телекомунікаційних кабелів;
 - заземлюючі пристрої системи захисту від блискавки.

Всі зазначені частини повинні бути приєднані до головної заземлювальної шини за допомогою провідників системи зрівнювання потенціалів. У якості головної заземлювальної шини варто використати шину РЕ пристрою на вході в будинок.

8. ЗАХИСТ ВІД ВПЛИВІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ПРОМИСЛОВОЇ ЧАСТОТИ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ НАДВИСОКОЇ НАПРУГИ.

8.1. Біологічний вплив електромагнітного поля.

З ростом енергооснащеності підприємства змушені переходити на більш високу напругу живильних підстанцій, у тому числі й 330 кВ. При цьому до обслуговування енергетичних установок - відкритих розподільних пристроїв (ВІР) і повітряних ліній (ПЛ) надвисокої напруги (300 кВ і більш) залучається все більша кількість персоналу. У цій темі розглянемо вплив надвисоких напруг (НВН) промислової частоти на організм людини й захист від них. Суб'єктивно це виражається в підвищеній стомлюваності, млявості, головних болях, безсонні, болях у серці. Як було встановлено дослідженнями, основним фактором, що впливає, є електромагнітне поле, що виникає навколо струмоведучих частин діючих електроустановок.

В електроустановках напругою меншою 330 кВ також виникають електромагнітні поля, але меншої інтенсивності, що практично не виявляють негативного впливу на біологічні об'єкти.

Інтенсивне електромагнітне поле промислової частоти викликає в працівників порушення центральної і серцево - судинної систем.

Електромагнітне поле можна розглядати, як таке, що складається з двох полів: електричного, що виникає при напрузі на струмоведучих частинах, та магнітного, що виникає при протіканні струму в них.

Дослідженнями встановлено, що в будь-якій точці електромагнітного поля, що виникає в електроустановках промислової частоти, поглинена тілом людини енергія електричного поля приблизно в 50 разів більше поглиненої ним енергії магнітного поля. Це дозволяє зробити висновок, що в електроустановках промислової частоти негативна дія на людину виявляє електричне поле, а магнітним можна знехтувати.

Механізм біологічної дії електричного поля на біологічні об'єкти недостатньо вивчений. Порушення регуляції фізіологічних функцій організму обумовлюється впливом поля на різні відділи нервової системи, особливо чутливою є кора головного мозку. Передбачається також, що основним фактором, що викликає зміни в організмі, є індукований у тілі струм.

Крім того електричне поле обумовлює виникнення розрядів між людиною й металевим предметом, що має інший, ніж людина, потенціал. При цьому струм, що проходить через людину, може досягати величини, небезпечної для його життя.

Якщо людина перебуває в електричному полі, створюваному діючими електроустановками змінного струму, то через його тіло постійно проходить у землю струм через площу зіткнення з нею. Струм може стікати також через ємнісний зв'язок між тілом людини й землею, якщо останнє ізольоване від землі (ізоляційне взуття, підлога, тощо). Значення струму, що проходить через людину, в обох випадках практично однакове і залежить від номінальної

напруги електроустановок, розташування людини відносного струмоведучих частин і землі й ряду інших факторів.

Струм, що стікає в землю через людину, яка має гарний контакт із землею має різні значення в одній і тій же установці. Максимальне значення струму в ВПР 500 кВ становить 250 мкА, а середнє 130 мкА, у ВПР 750 кВ максимальний струм 350 мкА, а середнє значення 180 мкА.

8.2. Гігієнічні нормативи.

Ступінь негативного впливу електричного поля промислової частоти на організм людини можна оцінити по кількості поглиненої тілом енергії, по струму, що проходить через людину в землю або по напруженості поля в місці, де перебуває людина. Але, як критерій безпеки для людини, що перебуває в електричному полі промислової частоти, слід використовувати напруженість поля в місці його знаходження. Крім того у виробничих умовах напруженість поля значно простіше виміряти, ніж струм через людину або енергію поглинену його тілом.

Припустимі значення струму, що довгостроково проходить через людину й обумовленого впливом електричного поля становить приблизно 50-60 мкА, що становить напруженість електричного поля на висоті росту людину (1,8 м) приблизно 5 кВ/м. Нормативи напруженості електричного поля для працівників обслуговуючих ПЛ і електроустановки НВН установлюються ГОСТ 12.1.002-84, а для забезпечення захисту населення від шкідливого впливу електромагнітних полів промислової частоти – ДСН239-96.

Напруженість електричного поля повинна вимірятися в зоні знаходження людину при виконанні ним роботи.

При виконанні робіт без підйому на конструкції або устаткування, вимір напруженості електричного поля повинен проводитися:

при відсутності захисних засобів - на висоті 1,8 м від поверхні землі;

при наявності колективних засобів захисту - на висоті 0,5, 1,0 і 1,8 м від поверхні землі.

При виконанні робіт з підйомом на конструкції або устаткування (незалежно від наявності засобів захисту) на висоті 0,5, 1,0 і 1,8 м від майданчика робочого місця й на відстані 0,5 м від заземлених струмоведучих частин устаткування.

Для робочих місць згідно з ГОСТ 12.1.002-84 обмежується час перебування працюючих під дією електричного поля: при напруженості 5 кВ/м – 8 год.; при напруженості від 5 до 20 кВ/м включно - визначається за формулою $T=(50/E)^2$, години (де E – фактична напруженість, кВ/м); при напруженості більше 20 до 25 кВ/м – 10 хв. Простір, у якому напруженість електричного поля перевищує 5 кВ/м називається зоною впливу.

Згідно з нормами перебування персоналу без засобів захисту не повинне перевищувати зазначеного часу, а при більшій тривалості перебування або при напруженості більш 25 кВ/м необхідно застосовувати захисні засоби – що екранують (костюми, екрани). Вимірювання напруженості в зоні впливу виконується не рідше одного разу на два роки, а також при введенні в дію

нових установок, внесенні змін в конструкцію, розміщення чи режиму роботи, при створенні нових робочих місць та внесенні змін у засоби захисту.

Для населення гранично допустимі рівні (ГДР) напруженості електричного поля встановлені ДСН 239-96. Термін «населення» включає осіб, які проживають, працюють або тимчасово знаходяться поблизу ліній електропередач, в тому числі працівників сільського господарства, автотранспорту та інші, які проводять роботи поблизу джерел електричного поля і не мають професійного відношення до них.

За ГДР прийняті такі значення напруженості електричного поля:

- всередині житлових будинків – 0,5 кВ/м;
- на території зони житлової забудови – 1 кВ/м;
- у населеній місцевості, поза зоною житлової забудови (землі в межах міста з урахуванням перспективного розвитку на 10 років, приміські та зелені зони, курорти, землі селищ міського типу, в межах селищної межі і сільських населених пунктів, в межах цих пунктів), а також на території городів і садів – 5 кВ/м;
- на ділянках перетину ПЛ з автомобільними шляхами I – IV категорій – 10 кВ/м;
- у ненаселеній місцевості (незабудована територія, яку відвідують люди, доступна для транспорту та сільськогосподарські угіддя) – 15 кВ/м;
- у важкодоступній місцевості (не допустимій для транспорту та сільськогосподарських машин) та на ділянках, спеціально відгороджених для виключення доступу населення - 20 кВ/м.

Напруженість електричного поля визначається на висоті 1,8 м від рівня землі або підлоги. Контроль за дотриманням ГДР напруженості електричного поля слід здійснювати при прийманні в експлуатацію нових будинків, споруд та зон відпочинку і праці людей поблизу ліній електропередач, а також після проведення заходів щодо зниження рівнів напруженості електричного поля.

З метою захисту населення від впливу електричного поля встановлюються санітарно - захисні зони (території, на яких напруженість електричного поля перевищує 1 кВ/м).

Санітарно – захисна зона для повітряних ліній (ПЛ):

- 20 м для ПЛ напругою 300 кВ;
- 30 м для ПЛ напругою 500 кВ;
- 40 м для ПЛ напругою 750 кВ;
- 55 м для ПЛ напругою 1150 кВ.

Для виміру напруженості електричного поля застосовують прилади: вимірювальний прилад напруженості поля НЕМ-1 (ФРН), вимірювач напруженості поля ПЗ-4 (Росія), та вимірювач напруженості поля Циклон-4 (Росія). Вимір напруженості повинен проводитись по всій зоні, де може перебувати працівник, найбільше значення напруженості є визначальним.

8.3. Захист персоналу від впливу електромагнітних полів.

Одним із практичних способів зменшення дії електричного поля на персонал, що обслуговує ВПП, є зниження напруженості за допомогою

заземлених тросів, які підвішуються в робочій зоні під струмоведучими проводами. Найбільше значення має висота підвіски заземлених тросів і відстань між ними. При застосуванні заземлених тросів, підвішених на висоті 2,5 м над землею під фазами сполучних шин ВПР 750 кВ, вдається зменшити напруженість у робочій зоні на висоті 1,8 м з 30 до 13 кВ/м.

Для захисту персоналу на робочих місцях застосовують пристосування, що екранують, які являють собою захисні сітчасті козирки, закріплені на конструкціях безпосередньо над робочим місцем. Козирок може встановлюватися на час роботи, а може бути постійною частиною конструкції. За допомогою таких козирків можна знизити напруженість поля до декількох кіловольтів на метр, слід підкреслити, що для ефективної роботи пристрою, що екранує, його необхідно заземлювати.

При виконанні лінійних робіт: ревізії кріплення гірлянд, заміні ізоляторів і т.д. застосовують ізолюючі колиски та ізолюючі сходи. За допомогою колиски напруженість поля вдається знизити до безпечних значень.

У якості індивідуальних засобів захисту застосовується одяг, що екранує, - металізований струмопровідний костюм. Представляючи собою електричну замкнену систему, металізований костюм має властивості, що екранують, виключає вплив поля на людину.

Одяг, що екранує, складається з куртки й штанів (або з комбінезона) і шиється зі звичайної тканини з металізованою гнучкою сіткою, виконаною з тонкого мідного дроту. Усі предмети одягу, що екранує: головний убір, рукавиці, куртка, штани, взуття, а точніше, їхні струмопровідні елементи повинні мати між собою надійний електричний зв'язок, виконуваний спеціальними провідниками, і заземлені.

Захисний одяг виробляється також із тканини, покритої шаром провідної фарби.

Захисний одяг одягається на білизну, а для гарного контакту тіла людини із струмопровідною основою, служать струмопровідні манжети одягу, що щільно охоплюють руки вище кистей.

Одяг, що екранує, слід застосовувати при роботах у ВПР й на ПЛ надвисокої напруги поза областю стаціонарних і тимчасових пристроїв, що екранують, якщо напруженість поля на робочім місці перевищує 25 кВ/м або якщо тривалість роботи вище норм.

Такими роботами є ремонтні, монтажні та будівельні роботи, огляди устаткування, прибирання території ВПР, а також роботи під напругою на лініях електропередач високої й надвисокої напруги.

Тривалість роботи в одязі, що екранує, не обмежується.

9. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПЕОМ

9.1. Загальні положення

Основними законодавчими актами по охороні праці при роботі з персональними комп'ютерами в Україні є ДНАОП 000-1.31-99 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» і

ДСанПІН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними термінами електронно-обчислювальних машин».

Ці правила призначені для запобігання впливу на працівників шкідливих і небезпечних факторів, пов'язаних із зоровою й нервово-емоційною напругою, змушеною сталістю робочої пози при локальній напрузі рук на фоні обмеженої загальної м'язової активності (гіподинамії) під впливом комплексу фізичних факторів: шуму, електростатичного поля, електромагнітних випромінювань, що не іонізують і іонізують повітря, а також електричної напруги.

9.2. Санітарно-гігієнічні вимоги до приміщення

Розміщення робочих місць із ПЕОМ у підвалах і цокольних приміщеннях не допускається. Площа приміщення із ПЕОМ визначається з розрахунку на одне робоче місце: площа - не менше $6,0 \text{ м}^2$, об'єм - не менше 20 м^3 , з урахуванням кількості осіб, що одночасно працюють у змiну.

Приміщення для роботи із ПЕОМ повинні мати природне й штучне освітлення. Віконні прорізи повинні бути орієнтовані на північ або на північний схід, забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (К.П.О.) не менш 1,5% і мати жалюзі або штори.

Забороняється в приміщеннях з ПЕОМ застосовувати полімерні матеріали (дерев'яно-стружкові плити, шпалери, що миються, рулонні синтетичні матеріали й т.п.) які виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини. У приміщеннях необхідно щодня проводити вологе прибирання.

Приміщення для роботи з ПЕОМ повинні бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря або припливно-витяжною вентиляцією.

9.3. Санітарно-гігієнічні вимоги до штучного освітлення

Приміщення із ПЕОМ повинні бути обладнані системою загального рівномірного освітлення. У виробничих і адміністративно-суспільних приміщеннях, де переважно ведеться робота з документами, допускається комбінована система штучного освітлення.

Загальне освітлення повинно бути виконане у вигляді суцільних або переривчастих ліній світильників, які розміщаються збоку від робочих місць (переважно ліворуч) паралельно лінії зору працівників.

Допускається застосування світильників таких класів світлорозподілу:

- прямого світла - П;
- переважно прямого світла - Н;
- переважно відбитого світла - В;

При розташуванні робочих місць по периметру приміщення, світильники штучного освітлення повинні розташовуватися локально над робочими місцями.

Для загального освітлення необхідно використовувати світильники із сітками, що розсіюють світло та дзеркальними екранними сітками, укомплектовані високочастотними пускорегулюючими апаратами (ВЧ ПРА). Допускається використання світильників без ВЧ ПРА тільки при використанні

використовувати люмінесцентні лампи типу ЛБ. У світильниках місцевого освітлення можна використовувати лампи накаливання.

При відсутності світильників із ВЧ ПРА світильники загального освітлення необхідно підключати до різних фаз трифазної мережі.

Коефіцієнт запасу (K_3) для освітлювальної установки варто приймати рівним 1,4. Освітленість на робочих столах у зоні розміщення документів повинна бути в межах 300-500 лк, при цьому світильники місцевого освітлення варто розташовувати таким чином, щоб не було відблисків на поверхні екрана, а освітленість екрана не перевищувала 300 лк.

9.4. Вимоги електробезпеки

ПЕОМ і устаткування для обслуговування, ремонту й налагодження повинні мати захист від струмів короткого замикання (максимальний струмовий захист). Провідники й кабелі електромережі варто застосовувати переважно з негорючою ізоляцією.

Лінія електромережі для живлення ПЕОМ, периферійних пристроїв ПЕОМ і устаткування для їхнього обслуговування, ремонту й налагодження виконується як окрема групова трьохпровідна мережа шляхом прокладки фазного й нульового робочого й захисного провідників. Нульовий захисний провідник служить для занулення електроприймачів.

Використання нульового робочого провідника в якості нульового захисного забороняється.

Нульовий захисний провідник прокладається від групового розподільного щита до розеток живлення й не допускається його підключення на щиті до одного контактного затискача з нульовим робочим провідником.

Площа перетину нульових робочого й захисного провідників у груповій трьохпровідній мережі повинна бути не менше площі перетину фазного провідника.

У приміщенні, де одночасно експлуатується або обслуговується більше п'яти ПЕОМ, на видному й доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, яким можна повністю відключити електроживлення, за винятком освітлення.

ПЕОМ і периферійні пристрої повинні підключатися до електромережі тільки за допомогою штепсельних з'єднань і розеток фабричного виконання, які повинні мати крім контактів фазного й нульового робочого провідників спеціальний контакт для підключення нульового захисного провідника.

Конструкція їх повинна бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше, ніж приєднання фазного й нульового робочого провідників, а порядок роз'єднання при відключенні повинен бути зворотним.

Неприпустиме підключення ПЕОМ і периферійних пристроїв до звичайної двохпровідної мережі, у тому числі з використанням перехідних пристроїв.

Електромережі для живлення ПЕОМ варто виконувати за магістральною схемою по 3-6 штепсельні з'єднання або електророзеток в одному ланцюзі.

Електромережі для живлення ПЕОМ варто виконувати за магістральною схемою по 3-6 штепсельні з'єднання або електророзеток в одному ланцюзі.

Електророзетки на напругу 12 і 36 В по конструкції й колірному фарбуванню повинні відрізнятися від розеток на 127 або 220 В.

Електромережа розеток прокладається, як правило, у металевих трубах і гнучких металорукавах: уздовж стін приміщення з відводами відповідно до плану розміщення устаткування.

При розташуванні в приміщенні по його периметру до п'яти ПЕОМ допускається використовувати трьохжильний кабель в оболонці з негорючого або важкогорючого матеріалу без металевих труб або гнучких металевих рукавів. Заземлені конструкції, що перебувають у приміщенні, (водопровідні труби, батареї опалення й т.д.) повинні бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками від випадкового дотику.

9.5. Вимоги до організації робочого місця користувача ПЕОМ

Робоче місце користувача ПЕОМ повинен відповідати вимогам ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».

Робочі місця варто розташовувати так, щоб природне світло падало збоку, переважно ліворуч.

При розміщенні робочих місць із ПЕОМ варто дотримуватися наступних вимог:

- робочі місця розташовуються на відстані не менше 1 метра від стін зі світловими прорізами;
- відстань між бічними поверхнями відеотерміналів повинна бути не менш 1,2 метри;
- відстань між тильною поверхнею одного відеотерміналу й екраном іншого не повинна бути менш 2,5 метри;
- відстань між рядами робочих місць повинна бути не менше 1 метра.

Висота робочої поверхні для відеотерміналу повинна бути в межах 680-800 мм. Рекомендовані розміри стола: висота 725 мм, ширина 600-1400 мм, глибина 800-1000 мм. Робочий стіл повинен мати простір для ніг висотою не менш 600 мм, шириною не менш 500 мм, глибиною на рівні колін не менше 450 мм, на рівні витягнутої ноги не менш 650 мм, а так само повинна бути підставка для ніг.

Робоче крісло користувача ПЕОМ повинне мати сидіння, спинку й стаціонарні або знімні підлокітники, положення яких можна регулювати.

Екран відеотерміналу й клавіатуру варто розташовувати на оптимальній відстані від очей користувача, але не ближче 600 мм, з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків і символів.

Відстань від екрана до очей працівника повинна становити:

при розмірі екрана по діагоналі 35-38 см (14"(15")) - 600-700 мм

43 см (17") - 700-800 мм

48 см (19") - 800-900 мм

53 см (21") - 900-1000 мм

Розміщення принтера повинне забезпечувати гарну видимість екрана відеотермінала й ручного керування ним. Під матричний принтер варто підкладати вібраційний килимок.

При виконанні робіт, що вимагають високої концентрації уваги, необхідно відокремити одне робоче місце від іншого перегородками висотою 1,5-2,0 метра.

9.6. Вимоги до організації робочого місця для обслуговування, ремонту й налагодження ПЕОМ

Площа робочого місця для обслуговування, ремонту й налагодження ПЕОМ повинна бути не менш 10 м², причому робочі місця повинні бути відділені одне від іншого перегородками й розташовуватися не ближче одного метра від приладів опалення.

Кришки робочих столів або стендів повинні бути покриті не струмопровідними гладкими матеріалами, які можна легко помити.

На робочому місці для обслуговування, ремонту й налагодження ПЕОМ повинні бути електророзетки на напругу 12 і 36 В та підставки для паяльників. Для підключення ПЕОМ і установок для ремонту й налагодження на робочому місці повинен бути електроцит з ізоляційного матеріалу.

9.7. Вимоги безпеки під час експлуатації, обслуговування, ремонту й налагодження ПЕОМ

Щодня перед початком роботи необхідно проводити очищення екрана відеотермінала від пилу й інших забруднень.

Після закінчення роботи ПЕОМ і периферійні пристрої повинні бути відключені від електричної мережі, а при виникненні аварійної ситуації відключення необхідно виконати негайно. Монтаж, підключення й відключення кабелів, ремонт ПЕОМ варто виконувати тільки при повністю відключеному живленні.

При необхідності виконання робіт при включеному живленні роботи повинні виконуватися не менш чим двома працівниками, використовувати інструмент із ізоляційними ручками й стояти на діелектричному килимку.

При виконанні ремонтних робіт варто користуватися електроінструментом з номінальною напругою не більше 36 В.

Забороняється виконання ремонтних робіт з ручними годинниками з металевим браслетом.

9.8. Вимоги до режиму праці й відпочинку при роботі з ПЕОМ

Для збереження здоров'я користувачів ПЕОМ, виключення професійних захворювань і підтримки працездатності варто передбачати регламентовані перерви для відпочинку протягом зміни.

При виконанні протягом дня робіт з ПЕОМ, які займають не менш 50% тривалості робочої зміни, повинні передбачатися перерви:

- для відпочинку й прийому їжі (обідня перерва);
- для відпочинку й особливих потреб (відповідно до трудових норм);
- додаткові перерви, які вводяться для окремих професій з урахуванням особливості трудової діяльності.

З урахуванням характеру трудової діяльності виділено три професійних групи (класифікатор професій ДК-003-95):

1) розроблювачі програм. Робота характеризується підвищеною напругою зору, концентрацією уваги на фоні нервово-емоційної напруги, змушеної робочої пози, загальною гіподинамією, періодичним навантаженням на кисті рук. Виконується в режимі діалогу з ПЕОМ у вільному темпі з періодичним пошуком помилок в умовах дефіциту часу;

2) оператори ПЕОМ - виконують роботу з обліку інформації, отриманої з відеотермінала по запиту або надходить із нього, супроводжується перервами різної тривалості, пов'язана з виконанням іншої роботи й характеризується як робота з напругою зору, невеликими фізичними зусиллями, нервовою напругою середнього ступеня й виконується у вільному темпі;

3) оператор комп'ютерного набору - виконує одноманітні дії з документацією й клавіатурою із введенням даних з високою швидкістю. Робота характеризується підвищеним навантаженням на кисті рук на фоні загальної гіподинамії з напругою зору (фіксація зору переважно на документі), нервово-емоційною напругою.

Державними санітарними правилами встановлюється такий режим праці й відпочинку при роботі з ПЕОМ при 8-годинній робочій зміні залежно від характеру праці:

- для розроблювачів програм варто призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин щогодини при роботі з ПЕОМ;
- для операторів ПЕОМ варто призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожні дві години;
- для операторів комп'ютерного набору варто призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 10 хвилин щогодини роботи з ПЕОМ.

У всіх випадках, коли виробничі обставини не дозволяють використати регламентовані перерви, тривалість безперервної роботи з ПЕОМ не повинна перевищувати чотирьох годин.

При 12-годинній робочій зміні регламентовані перерви повинні бути аналогічними перервам при 8-годинній робочій зміні, а протягом інших чотирьох годин роботи, не залежно від характеру трудової діяльності, щогодини тривалістю 15 хвилин.

Для зниження нервово-емоційної напруги, стомлення очей, поліпшення мозкового кровообігу, подолання наслідків гіподинамії доцільно використати перерви для виконання вправ, наведених у додатку 7 «Державних санітарних правил...» ДсанПІН 3.32.007-98.

Активний відпочинок дозволяє зняти нервову напругу, оновити, відновити функції фізіологічних систем, які порушуються в процесі праці, зняти утому очей, поліпшити мозковий кровообіг. Крім того рекомендоване психологічне розвантаження в спеціально відведених приміщеннях під час регламентованих перерв або наприкінці робочого дня (додаток 8 ДСанПН 3.32.007-98).

9.9. Вимоги до профілактичних оглядів

Користувачі ПЕОМ підлягають обов'язковим медичним оглядам: попередньому - при прийомі на роботу й періодичним - під час трудової діяльності (раз у два роки комісією в складі терапевта, невропатолога й офтальмолога). Основними критеріями придатності до роботи з ПЕОМ можуть бути показники стану органів зору, і також стану організму в цілому.

10. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

10.1. Основні протипожежні заходи в електроустановках

Згідно ПУЕ електромашинні приміщення по пожежній небезпеці відносяться до категорії Г та повинні бути обладнаними телефонним зв'язком і пожежною сигналізацією. У машинному відділенні повинен бути ящик з піском і ручними вуглекислотними вогнегасниками. Під трансформатором або масляним реактором з кількістю масла більше 100 кг і баковими масляними вимикачами на напругу 110 кВ і більше повинен бути покладений чистий гравій або гранітний щебінь.

Гравійне підсіпання повинне бути обмежене бетонними бортами, піднятими на 0,25 м і виступаючими за межі устаткування на $\leq 0,6$ м при кількості масла від 100 до 2000 кг і на 1 м при більшій кількості масла.

Трансформатори потужністю 60 мВА й напругою ≤ 110 кВ при відстані між ними у світлі 15 м і менше повинні розділятися негорючою перегородкою, що виступає за габарити устаткування по ширині на 1 м, по висоті не нижче введень, а відстань між трансформатором і перегородкою у світлі повинна бути не менш 1,25 м.

У закритих підстанціях під трансформаторами робляться маслоприймальні ями, закриті ґратами з насипаним зверху гравієм.

Будинки й спорудження закритих трансформаторних підстанцій повинні виконуватися I і II ступеня вогнебезпечності.

Залежно від довжини розподільного пристрою кількість виходів повинна бути:

- при довжині до 7 м - допускається 1 вихід;
- при довжині більше 7 до 60 м повинно бути два виходи по його кінцях або до 7 м від кінців;
- при довжині більше 60 м крім виходів по кінцях повинні бути додаткові виходи, щоб від будь-якої точки обслуговуючої зони до виходу було не більше 30 м.

У всіх приміщеннях, де є наповнена маслом апаратура, повинні бути ящики з піском, сухі вогнегасники. Кабелі прокладені відкрито повинні бути без джутової оплітки.

Кабельні спорудження й конструкції, на яких закріплені кабелі, повинні бути виконані з негорючих матеріалів.

Місця вогневих робіт визначаються письмовим розпорядженням особи, відповідальною за пожежну безпеку об'єкта. Ці місця повинні бути забезпечені засобами пожежогасіння.

10.2. Гасіння пожеж в електроустановках

Для гасіння пожеж в електроустановках використовують воду, водяну пару, повітряно-механічну піну, інертні гази й інші хімічні речовини.

Вода найбільш дешевий засіб, але не можна гасити бензин, гас, карбід кальцію, селітру, електроустановки під напругою.

Напір води повинен забезпечувати висоту струменя не менш 10 м, при довжині рукава до 100 м і діаметрі 66 мм при витраті не менш 5 л/с.

Вогнегасячі властивості пари полягають у розведенні нею повітря у результаті відбувається зниження концентрації кисню. При вмісті водяної пари 35 об% горіння припиняється. Водяна пара може бути використана при гасінні обмоток електричних машин, а також твердих і рідких речовин.

Повітряно - механічна піна високої кратності є одним з найбільш ефективним засобом гасіння пожежі. Повітряно - механічна піна утворюється в результаті інтенсивного перемішування водяного розчину піноутворювачів з повітрям, яке здійснюється у спеціальних піногенераторах. Піна є основним засобом гасіння пожеж нафтопродуктів. З хімічних засобів гасіння пожеж в електроустановках широке застосування одержав вуглекислий газ. Вуглекислий газ, надходячи в зону горіння викликає охолодження й виконує ізолюючу дію. При випарі в повітрі одного кілограма вуглекислого газу утворюється 500 л газу. Вуглекислий газ також знаходить широке застосування для гасіння легкозаймистих і горючих рідин, що знаходяться у відкритих ємностях.

З хімічних засобів гасіння пожеж гарні результати дає піна, утворена в піногенераторах у результаті взаємодії піногенеруємих порошків з водою. При гасінні пожеж у замкнутому приміщенні гарні результати дає застосування інертних газів, наприклад азоту. Для ліквідації невеликих вогнищ пожежі можна застосовувати деякі порошкові матеріали (хлориди лужних матеріалів, соду, поташ, кварцовий пісок). Порошки для гасіння вогню подають у вогнище горіння вогнегасниками або стаціонарними й пересувними установками.

Якщо палаюча електроустановка не відключена, то гасіння її становить додаткову небезпеку поразки електричним струмом. Тому необхідно відключити напругу, після чого можна приступати до гасіння пожежі. Якщо неможливо відключити напругу швидко, то гасіння пожежі в електроустановках, що знаходяться під напругою, варто виконувати з дотриманням особливих заходів електробезпечності.

У випадку гасіння пожежі водою в електроустановках, що перебувають під напругою, щоб уникнути удару електричним струмом через струмінь води, необхідно дотримуватися наступних правил:

а) керівником гасіння пожежі в електроустановці є старший із числа чергового електротехнічного персоналу, або відповідальний за

енергогосподарство. Після прибуття пожежного підрозділу старший командир приймає на себе керівництво гасінням пожежі;

б) відключення приєднань, на яких горить устаткування, здійснюється черговим електричним персоналом без попереднього дозволу вищестоящої особи (керівника) з наступним повідомленням про відключення;

в) гасіння пожеж компактними й розпиленими водяними струменями без зняття напруги з електроустановок допускається тільки у відкритих для огляду ствольщиком електроустановках, у тому числі палаючих кабелях при номінальній напрузі до 10 кВ. При цьому ствол повинен бути заземлений, а ствольщик повинен працювати в діелектричних ботах і рукавичках і перебувати від вогнища пожежі на відстані не менше 3,5 м при діаметрі sprиску 13 мм при напрузі до 1000 В включно й 4,5 м при напрузі до 10 кВ. При діаметрі 19 мм ці відстані збільшуються відповідно до 4,0 та 8,0 м;

г) не можна для гасіння електроустаткування, що перебуває під напругою, застосовувати сильно забруднену й морську воду, всіма видами пін за допомогою ручних вогнегасників;

д) при пожежі силовий трансформатор повинен бути відключений з боку обох обмоток, після чого його варто гасити будь-якими засобами;

е) при загорянні кабелів розташованих у тунелях, каналах і інших приміщеннях необхідно, при наявності стаціонарної системи пожежогасіння, включати її в роботу. Під час гасіння палаючих кабелів напругою вище 1000 В у кабельному тунелі, працюючий з пожежним стволом повинен направляти струмінь води через дверний проріз або люк, не заходячи у відсік з палаючим кабелем. Одночасно з гасінням необхідно вживати заходів до якнайшвидшого зняття напруги. Гасіння пожеж в електроустановках, що не перебувають під напругою, допускається будь-якими засобами, включаючи воду.

11. ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ В ШАХТАХ

11.1. Заходи захисту від поразки людей електричним струмом

Взагалі електротравматизм на шахтах незначний, але майже всі нещасні випадки від струму відносять до важких і смертельних.

Для захисту від дотику до струмоведучих частин застосовують наступні заходи:

- усувають небезпеку дотику до них шляхом монтажу на достатній висоті;

- застосовують устаткування в рудничному виконанні (з підвищеним захистом і ізоляцією струмоведучих частин РН, РП, РВ і РО)

- передбачають механічні блокування;

- застосовують кабелі замість оголених проводів (крім контактної мережі): для стаціонарних установок броньовані, для пересувних - гнучкі.

Для захисту від поразок при дотику до неструмоведучих частин застосовують:

- захисне заземлення;

- захисне відключення (при зниженні ізоляції струмоведучих частин);
- ізоляційні покриття неструмоведучих частин електроустаткування (ручки свердла);

- огороження електромашинних камер і підстанцій (від сторонніх осіб).

Для обслуговуючого персоналу залишають вільні проходи між апаратами не менше 0,8 м і з боку стін не менше 0,5 м;

- огороження пересувних підстанцій.

Як загальні заходи для зниження небезпеки поразок струмом є вибір режиму нейтралі, обмеження напруги в мережі, застосування індивідуальних захисних засобів. У шахтах заземлювати нейтраль заборонено. Обмеження напруги: для ручних машин і інструментів - не вище 127 В. для пересувних приймачів електроенергії (крім пересувних підстанцій), коли контакт найменш імовірний - не вище 1140 В; для стаціонарних приймачів, пересувних підстанцій не вище 10000 В.

11.2. Захисне заземлення й захисне відключення

Для підземних виробок опір заземлення R_{3y} не повинен перевищувати 2,0 Ом. Для цього в шахті влаштовують місцеве заземлення (кожної установки) і загальне заземлення, незалежно від величини напруги. У якості загальної заземлюючої магістралі використовується сталева броня й свинцева оболонка кабелів. До магістралі приєднуються корпуси електроустаткування і їх місцеві заземлювачі (у водовідвідних канавках) і не менше двох головних заземлювачів, що резервують один одного (у зумфі й водозбірнику).

Оболонка броньованого кабелю має місцеві заземлювачі в кожній муфті. У гідрошахтах у якості місцевого заземлювача допускається використовувати металеві ринви самопливного гідротранспорту вугілля. Установки постійного струму, що перебувають поблизу від рейок, використовуваних як зворотний провідник тягової мережі, заземлюються до цих рейок. У тяговій підстанції струмоведучі рейки приєднуються до загальної заземлюючої мережі.

Пересувні електроустановки заземлюються через спеціальну жилу в гнучкому кабелі. Корпус пускача має місцевий заземлювач і з'єднується із загальною магістраллю. Щоб опір заземлення не перевищувало 2,0 Ом, опір заземлюючої жили повинен бути не більше 1,0 Ом. При електропостачанні через свердловини головні заземлювачі встановлюються на поверхні шахти або у водозбірнику.

Персонал обслуговуючої електроустановки повинен щозмінно робити зовнішній огляд стану захисних заземлень. При несправності заземлення установка повинна бути відключена.

Не рідше одного разу в три місяці повинна перевірятися механічна міцність контактів всієї заземленої мережі й вимірятися опір мережі (прилад М1103). Крім того, опір мережі повинен перевірятися перед включення нового встановленого устаткування. Перехідний опір мережі заземлення в будь-якій точці повинен бути не більше 2,0 Ом.

Результати заносяться в «Книгу реєстрації стану електроустаткування й заземлення». Не рідше одного разу в шість місяців головні заземлювачі оглядаються й ремонтуються.

Захисне відключення здійснюється за допомогою реле витоку, які встановлюються на підстанції та автоматично виключають фідерні вимикачі АФВ при: $R_{\text{дільниці}} < 1200 \text{ Ом}$ у мережі 127 В; $R_{\text{дільниці}} < 3500 \text{ Ом}$ у мережі 380 В; $R_{\text{дільниці}} < 11000 \text{ Ом}$ у мережі 660 В на кожен фазу.

Загальний час відключення (реле + АФВ) не повинен перевищувати 0,2 с. Впровадження реле витоку різко знизило число випадків поразки електричним струмом. Для машин з дистанційним керуванням повинен бути безперервний автоматичний контроль заземлення з використанням заземлюючої жили в ланцюзі керування. При розташуванні пульта керування й електродвигуна в різних місцях контролюється тільки жила заземлення електродвигуна.

11.3. Експлуатація кабельної проводки

Для підвищення електробезпечності при експлуатації гнучких кабелів застосовують екрановані кабелі із негорючою оболонкою, які автоматично відключаються при ушкодженні. Для виключення механічних ушкоджень кабелів підвішується так, щоб при випадковому обриві він не виявився на рейковому шляху або конвеєрі. Кабелі підвішується не жорстко, відстань між точками підвіски не більше 3 м. Підвіска здійснюється на брезентових стрічках або дерев'яних кілочках, закладених у зроблену сокирою щілину в кріпленні.

Допускається не підвішувати кабель на відстані до 30 м від пересувної машини. На пластах до 1,5 м допускається прокладка кабелю по ґрунту лави по всій її довжині. Якщо машина має кабелеукладач, то прокладка гнучкого кабелю по ґрунту допускається по всій довжині виробки. Перед підривними роботами кабель опускають на ґрунт за рештаки й захищають кріпильним лісом або виносять із забою.

Гнучкі кабелі щозмінно повинні оглядатися черговим слюсарем, щотижня механіком ділянки, щомісяця головним енергетиком шахти або призначеними особами, перевіряються порізи, проколи.

Прокладання броньованих кабелів у виробках з кутом нахилу до 45 градусів виконується як і гнучких. Тверде кріплення допускається тільки у виробках з бетонним, цегельним кріпленням, а також у виробках, пройдених без кріплення. У виробках з кутом нахилу більше 45 градусів підвіска кабелів виконується хомутами, скобами через 5 м у похилих й через 7 м у вертикальних.

Джутовий шар броньованих кабелів знімається, а металеву броню офарбовують антикорозійним лаком. Для попередження швидкого поширення пожежі при загорянні кабелів забороняється прокладати їх по вертикальних стволах з дерев'яним кріпленням, по похилих стволах, бремсбергах, ухилах зі свіжим струменем повітря, за винятком похилих виробок, обладнаних конвеєрами.

11.4. Обслуговування й ремонт електроустановок

До обслуговування, ремонту й монтажу електроустаткування в шахті допускаються особи, що мають посвідчення на право проведення робіт на електроустановках до й понад 1000 В. Посвідчення видається електротехнічному персоналу після перевірки знань ПБ, ПУЕ, ПТЕЕП і ПБЕЕП.

При обслуговуванні підстанцій і електроустановок напруги вище 1000 В обов'язкове застосування захисних засобів (діелектричні рукавички, боти, дерев'яні решітки на ізоляторах). Обслуговування електроустановок напругою до 1000 В виконується із застосуванням діелектричних рукавичок, крім електроустановок з $U_n = 40$ В и нижче в шахтах, не небезпечних по газу або пилу. Управляти піднімальними машинами й лебідками без рукавичок можна, якщо рукоятки мають надійне ізоляційне покриття.

Особи, обслуговуючі дільничні підстанції, мають право включати й відключати апарати напругою вище 1000 В без їхнього відкривання.

Ремонт електроустаткування й кабелів тільки при виключеній напрузі, крім установок напругою $U_n = 40$ В и нижче. Особа, виконуюча ремонт, повинна одержати повідомлення, що напруга знята від особи, що робить відключення (повідомлення усне, письмове або по телефону). На відключених апаратах повинні бути вивішені плакати «Не включати - працюють люди». При огляді, ремонті й перемиканнях необхідно керуватися схемами електропостачання. На шахті повинна бути загальна принципова схема підземного електропостачання шахти, схема підземної кабельної мережі, нанесена на план гірничих робіт кожного пласта, схема електропостачання дільниці, нанесена на план гірничих робіт.

12. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ В ГАЗОВИХ ШАХТАХ

12.1. Види виконання електроустаткування

Приблизно в 33% (32,5%) випадків причиною вибуху газу й пилу в шахтах є електроустаткування, тому важливе значення мають заходи, що забезпечують безпечне застосування електроустаткування в шахтах, небезпечних по газу й пилу: установка електроапаратів за межі зон підвищеної газоносності (приводи стругів, конвеєрів, що розташовуються в штреках); ВМП і розподільні пункти розташовуються поза шляхом руху вихідного струменя; застосовується електроустаткування із забезпеченням вибухозахисту, застосовуються засоби випереджального й газового захисту; пред'являються спеціальні вимоги до застосування електроустаткування в особливо небезпечних умовах (на крутих пластах, небезпечних по викидах).

Вимоги по вибухозахисту електроустаткування викладені в ГОСТ 22782.0-81 «Электрооборудование взрывозащищенное». Залежно від

рівня вибухозахисту від запалення навколишнього вибухонебезпечного середовища електроустаткування розділяється на:

- а) такі, що не мають засобів вибухозахисту (РН);
- б) підвищеної надійності проти вибуху (РП- для підземних і Н - для зовнішніх установок);
- в) вибухобезпечні (РВ і В);
- г) особливо вибухобезпечні при будь-яких ушкодженнях (РО і О).

Рівень вибухозахисту забезпечується наступними видами захисту:

РП – іскробезпечністю тільки в нормальному режимі, позначення И; засобами й заходами, що утруднюють виникнення небезпечної іскри, дуги, нагрівання (П);

- вибухонепроникною оболонкою (1В -4В);
- заповненням оболонки зі струмоведучими частинами маслом (М).

РВ - забезпечується оболонкою з позначенням:

- 1В – при напр. $U \leq 65$ В та $I_{к.з.} = 100$ А;
- 2В – при напр. $U \leq 127$ В та $I_{к.з.} = 450$ А;
- 3В – при напр. $U \leq 660$ В та $I_{к.з.} = 1500$ А;
- 4В – при напр. $U \leq 6000$ В та $I_{к.з.} = 10000$ А.

У світлових приладах незалежно від напруги й струму короткого замикання встановлене позначення 1В:

- заповненням оболонки кварцовим піском (К);
- автоматичним відключенням напруги зі струмоведучих частин при порушенні захисної оболонки за час, що виключає запалення суміші (А);

РО забезпечується іскробезпечністю (И);

Загальний рівень вибухозахисту для апарата встановлюється по елементу з найбільш низьким рівнем (рівень в , вид в).

12.2. Область застосування електричного устаткування

Електроустаткування РН і загальнопромислове допускається в шахтах, небезпечних по газу або пилу тільки з дозволу технічного директора виробничого об'єднання.

Електроустаткування РП призначається для застосування в стаціонарних установках, розташованих в основних виробках шахт, небезпечних по газу або пилу, що омиваються свіжим струменем повітря за рахунок загальношахтної депресії.

Електроустаткування РВ (зазори по ширині 0,1 – 0,5 мм і по довжині 5-25 мм – щілинний і фланцевий захист). Оболонка випробовується гідравлічно й вибухом суміші в підривній камері, при цьому її температура зовні не повинна бути більше 200 градусів. Застосовуються обов'язково в очисних і підготовчих виробках. На крутих пластах, небезпечних по викидах, воно допускається тільки при дотриманні додаткових вимог, що підвищують безпеку роботи електроустаткування.

РО електроустаткування допускається до застосування в будь-яких виробках.

12.3. Попередження порушень вибухобезпеки електроустаткування в експлуатації.

Виключення порушення вибухонепроникності оболонок досягається конструктивними особливостями РВ устаткування й ретельним наглядом за його станом. Найчастіше вибухонепроникність порушується внаслідок видалення або ослаблення затягування болтів, що закріплюють кришки оболонок. Головки болтів виконуються в потай або з охоронними кільцями. Болти встановлюються із пружинними шайбами для виключення самовідгвинчування. Основну небезпеку вибуху представляє відкриття оболонок до відключення електроустаткування від мережі, що забороняється, вводиться механічне блокування.

Нагляд за станом оболонки й електричної схеми здійснюється шляхом щозмінного огляду черговим електрослюсарем, щотижневого огляду механіком дільниці або особою, що його заміняє й щоквартальної ревізії бригадою слюсарів під керівництвом головного енергетика або призначеної ним особи. Ревізія виконується з відкриванням кришок оболонок, розбиранням введень, оглядом схеми й проведенням ремонту. Капітальний ремонт електроустаткування РП, РВ і РО виконується тільки ремонтним підприємством, що має дозвіл. Кожну нову виготовлену або відремонтовану оболонку РВ піддають гідравлічним випробуванням на вибухостійкість і заміряються зазори калібрами - перевірка на вибухопроникність.

12.4. Забезпечення вибухобезпеки в тупикових виробках, що провітрюються ВМП

У тупикових виробках і в місцях установки електроапаратури здійснюється безперервний контроль метану, а також контроль за допомогою АКВ-2 повітря, що подається в підготовчі виробітки ВМП. При порушенні (багато метану або мало повітря) автоматично знімається напруга з кабелів, що живлять електрообладнання у тупикових виробках. Датчики метану встановлюються у двох місцях на відстані не більше 5 м від вибою і в 10-20 м від місця сполучення тупикової виробки з лавою. При цьому вони розташовуються на протилежній від вентиляційної труби стороні виробки під покрівлю, щоб відстань від затягувань до виносного датчика метану не перевищувало 100 мм.

Датчик витрати повітря встановлюється на відстані 10-15 м від вибою в металевому патрубку, включеному в стави вентиляційних труб. Магнітний пускач ВМП підключається, як правило, безпосередньо до живильних кабелів дільничного трансформатора за допомогою окремого вимикача. Розподільний пункт обладнується на свіжому струмені з таким розрахунком, щоб при розгазуванні тупикової виробки вихідний струмінь проходив не ближче 10 м від нього.

Пересувні вибухонебезпечні трансформатори підстанції при установці в тупикових виробках повинні захищатися обов'язково апаратурою

автоматичного газового контролю й контролю витрати повітря з автоматичним впливом на високовольний розподільчий пристрій, що встановлюється на свіжому струмені. Живлення ВМП у всіх випадках виконується від підстанції, установлені на свіжому струмені. Роботи з ремонту й монтажу електроустаткування в тупикових виробках виконується не менш ніж двома особами по письмовому наряді механіка дільниці із вказівкою заходів безпеки. В аварійних випадках провадження робіт з розкриттям оболонок дозволяється черговому електрослюсарю в присутності особи технічного нагляду дільниці по усному або телефонному розпорядженню механіка дільниці, його заступника, головного енергетика шахти, головного механіка шахти або помічника по забійному устаткуванню.

Виконання ремонтних робіт виконується при безперервній роботі ВМП і безперервному контролі метану в місці робіт. Ремонт електроустаткування, при проведенні якого потрібна зупинка ВМП, а також при аварійних його зупинках, допускається тільки по письмовому дозволу головного інженера шахти або особи, що його заміняє.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.
2. Манойлов В.Е. Основы энергобезопасности. – Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 480 с.
3. ДНАОП 00.0-1.32-01. Правила устройства энергоустановок. Электрооборудование специальных установок. – К.: Украртсороинформ, 2001. – 116 с.
4. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. – Харків: Форт.-2006 – 272 с.
5. ГОСТ 12. 1. 030-81, ССБТ. Электробезопасность, защитное заземление, зануление. - М.: Издательство стандартов, 1982. -9 с.
6. Правила улаштування електроустановок Мінпаливенерго України. – 2010 – 722 с.
7. ДБН В.2.5-27-2006 Защитные меры электробезопасности в электроустановках зданий и сооружений. - К.: Минстрой Украины, 2006. – 81 с.
8. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. - К.: МОЗ України, 1998. - 26 с.
9. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин. — К.: Держнаглядохоронпраці, 1999. - 112 с.
10. Охрана труда в электроустановках / Под ред. Б.А. Князевского. - М.: Энергоатомиздат, 1983. 336 с.
11. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках.-М.: Энергоатомиздат, 1984.-448 с.
12. Охрана труда. /Под ред.К.З. Ушакова.-М.: Недра, 1986.-624 с.
13. Карякин Р.Н. Заземляющие устройства электроустановок.-М.: Энергосервис, 2006.-520 с.
14. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила.-К.: Видавництво ДП НТУКЦ «АсЕлЕнерго», 2003.-597 с.

Укладачі:

Голінько Василь Іванович

Фрундін Володимир Юхимович

Чеберячко Юрій Іванович

Іконніков Максим Юрійович

ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ

Конспект лекцій

для студентів Інституту електроенергетики

Друкується у редакційній обробці укладачів.

Підп. до друку 06.06.2013. Формат 30 x 42/4.

Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 4,8.

Обл-вид. арк. 4,8. Тираж 200 прим. Зам. №

Державний ВНЗ „Національний гірничий університет“
49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.