

ЛУТ М.Т., РАДЬКО І.П., КОВТУН П.М., ОКУШКО О.В.

ОХОРОНА ПРАЦІ (електробезпека)



КИЇВ – 2017

ВСТУП

1 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Закон України «Про охорону праці»

Стаття 1. Визначення понять і термінів

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Роботодавець – власник підприємства, установи, організації або уповноважений ним орган, незалежно від форм власності, виду діяльності, господарювання, і фізична особа, яка використовує найману працю.

Працівник - особа, яка працює на підприємстві, в організації, установі та виконує обов'язки або функції згідно з трудовим договором (контрактом).

**Межгосударственный стандарт. ГОСТ 12.0.002-80*.
Система стандартов безопасности труда.
Термины и определения**

| Термин | Определение |
|--|---|
| <p>1. Условия труда</p> <p>2. Опасный производственный фактор Опасный фактор</p> | <p>По ГОСТ 19605-74</p> <p>Производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме, острому отравлению или другому внезапному резкому ухудшению здоровья, или смерти</p> <p>Производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях может привести к заболеванию, снижению работоспособности и (или)отрицательному влиянию на здоровье потомства</p> <p>Примечание. В зависимости от количественной характеристики (уровня, концентрации и др.) и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным</p> |
| <p>4. Безопасные условия труда Безопасность труда</p> | <p>Состояние условий труда, при которых воздействие на работающего опасных и вредных производственных факторов исключено или воздействие вредных производственных факторов не превышает предельно допустимых значений</p> |
| <p>5. Требования безопасности труда Требования безопасности</p> | <p>Требования, установленные законодательными актами, нормативно-техническими и проектными документами, правилами и инструкциями, выполнение которых обеспечивает безопасные условия труда и регламентирует поведение работающего</p> |
| <p>6. Техника безопасности</p> | <p>Система организационных мероприятий, технических средств и методов, предотвращающих воздействие на работающих опасных производственных факторов</p> |
| <p>7. Производственная санитария</p> | <p>Система организационных, санитарно-гигиенических мероприятий, технических средств и методов, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов до значений, не превышающих допустимые</p> |

| Термин | Определение |
|---|---|
| <p>8. Охрана труда</p> <p>9. (Исключен, Изм. № 1).</p> <p>10. Опасная зона</p> <p>11. Безопасность производственного оборудования</p> <p>12. Безопасность производственного процесса</p> <p>13. Средство защиты работающего Средство защиты</p> <p>14. Средство индивидуальной защиты работающего</p> <p>15. Средство коллективной защиты работающего</p> | <p>Система законодательных актов, а также предупредительных и регламентирующих социально-экономических, организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий, средств и методов, направленных на обеспечение безопасных условий труда</p> <p>Пространство, в котором возможно воздействие на работающего опасного и (или) вредного производственных факторов</p> <p>Свойство производственного оборудования соответствовать требованиям безопасности труда при монтаже (демонтаже) и эксплуатации в условиях, установленных нормативно-технической документацией</p> <p>Свойство производственного процесса соответствовать требованиям безопасности труда при проведении его в условиях, установленных нормативно-технической документацией</p> <p>Средство, предназначенное для предотвращения или уменьшения воздействия на работающего опасных и (или) вредных производственных факторов</p> <p>Средство защиты, надеваемое на тело человека или его части или используемое им</p> <p>Средство защиты, конструктивно и (или) функционально связанное с производственным оборудованием, производственным процессом, производственным помещением (зданием) или производственной площадкой</p> |
| <p>16. Несчастный случай на производстве Несчастный случай</p> | <p>Случай на производстве, в результате которого произошло воздействие на работающего опасного производственного фактора</p> <p>Примечание. Порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве устанавливаются в соответствии с «Положением о расследовании и учете несчастных случаев на производстве», утвержденным постановлением Президиума ВЦСПС от 20.05.66.</p> |

| Термин | Определение |
|---|---|
| 16а. Профессиональное заболевание | <p>Хроническое или острое заболевание работающего, являющееся результатом воздействия вредного производственного фактора</p> <p>Наименьшее расстояние между человеком и источником опасного и вредного производственного фактора, при котором человек находится вне опасной зоны</p> |
| 22. Знак безопасности | <p>Знак, предназначенный для предупреждения человека о возможной опасности, запрещении или предписании определенных действий, а также для информации о расположении объектов, использование которых связано с исключением или снижением последствий воздействия опасных и (или) вредных производственных факторов</p> |
| 23. Цвет безопасности | <p>Цвет, предназначенный для привлечения внимания человека к отдельным элементам производственного оборудования и (или) строительной конструкции, которые могут являться источниками опасных и (или) вредных производственных факторов, средствам пожаротушения и знаку безопасности</p> |
| 24. Предельно допустимое значение вредного производственного фактора | <p>Предельное значение величины вредного производственного фактора, воздействие которого при ежедневной регламентированной продолжительности в течение всего трудового стажа не приводит к снижению работоспособности и заболеванию как в период трудовой деятельности, так и к заболеванию в последующий период жизни, а также не оказывает неблагоприятного влияния на здоровье потомства</p> |

**Межгосударственный стандарт. ГОСТ 12.1.009-76.
Система стандартов безопасности труда.
Электробезопасность. Термины и определения**

| Термин | Определение |
|--|--|
| 1. Электробезопасность | Система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества |
| 2. Электротравма | Травма, вызванная воздействием электрического тока или электрической дуги |
| 3. Электротравматизм | Явление, характеризующееся совокупностью электротравм |
| 4. Электроустановка | По ГОСТ 19431-84 |
| 5. Электрическое замыкание на корпус Замыкание на корпус | Случайное электрическое соединение токоведущей части с металлическими нетоковедущими частями электроустановки |
| 6. Электрическое замыкание на землю Замыкание на землю | Случайное электрическое соединение токоведущей части непосредственно с землей или нетоковедущими проводящими конструкциями, или предметами, не изолированными от земли |
| 7. Ток замыкания на землю | Ток, проходящий через место замыкания на землю |
| 8. Зона растекания тока замыкания на землю Зона растекания тока | Зона земли, за пределами которой электрический потенциал, обусловленный токами замыкания на землю, может быть условно принят равным нулю |
| 9. Напряжение относительно земли | Напряжение относительно точки земли, находящейся вне зоны растекания тока замыкания на землю |
| 10. Однофазное прикосновение | Прикосновение к одной фазе электроустановки, находящейся под напряжением |
| 11. Однополюсное прикосновение | Прикосновение к полюсу электроустановки, находящейся под напряжением |
| 12. Двухфазное прикосновение | Одновременное прикосновение к двум фазам электроустановки, находящейся под напряжением |
| 13. Двухполюсное прикосновение | Одновременное прикосновение к двум полюсам электроустановки, находящейся под напряжением |
| 14. Ощутимый ток | Электрический ток, вызывающий при прохождении через организм ощутимые раздражения |

| Термин | Определение |
|---|--|
| 15. Неотпускающий ток | Электрический ток, вызывающий при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник |
| 16. Фибрилляционный ток | Электрический ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца |
| 17. Пороговый осязаемый ток Ндп. <i>Порог осязаемого тока</i> | Наименьшее значение осязаемого тока |
| 18. Пороговый неотпускающий ток Ндп. <i>Порог неотпускающего тока</i> | Наименьшее значение неотпускающего тока |
| 19. Пороговый фибрилляционный ток Ндп. <i>Порог фибрилляционного тока</i> | Наименьшее значение фибрилляционного тока |
| 20. Напряжение прикосновения | Напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек |
| 21. Напряжение шага | Напряжение между двумя точками цепи тока, находящихся одна от другой на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек |
| 22. Защита от прикосновения к токоведущим частям Защита от прикосновения | Устройство, предотвращающее прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям |
| 23. Защитное заземление | Преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением |
| 24. Зануление Ндп. <i>Защитное зануление</i> | Преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением |
| 25. Нулевой защитный проводник | Проводник, соединяющий зануляемые части с глухозаземленной нейтральной точкой обмотки источника тока или ее эквивалентом |
| 26. Защитное отключение | Быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения током |
| 27. Электрическое разделение сети Разделение сети | Разделение электрической сети на отдельные электрически не связанные между собой участки с помощью разделяющего трансформатора |

| Термин | Определение |
|--|---|
| 28. Разделяющий трансформатор | Специальный трансформатор, предназначенный для отделения приемника энергии от первичной электрической сети и сети заземления |
| 29. Выравнивание потенциала | Метод снижения напряжения прикосновения и шага между точками электрической цепи, к которым возможно одновременное прикосновение или на которых может одновременно стоять человек |
| 30. Малое напряжение <i>Ндп. Безопасное напряжение</i> | Номинальное напряжение не более 42 В, применяемое в целях уменьшения опасности поражения электрическим током |
| 31. Блокировка | По ГОСТ 18311-80 |
| 32. Рабочая изоляция | Электрическая изоляция токоведущих частей электроустановки, обеспечивающая ее нормальную работу и защиту от поражения электрическим током |
| 33. Дополнительная изоляция | Электрическая изоляция, предусмотренная дополнительно к рабочей изоляции для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей изоляции |
| 34. Двойная изоляция | Электрическая изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной изоляции |
| 35. Усиленная изоляция | Улучшенная рабочая изоляция, обеспечивающая такую же степень защиты от поражения электрическим током, как и двойная изоляция |
| 36. Электрозащитные средства | Переносимые и перевозимые изделия, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги и электромагнитного поля |

**Межгосударственный стандарт. ГОСТ 12.1.030-81.
Система стандартов безопасности труда.
Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление**

| Термин | Пояснение |
|------------------------------------|--|
| 1. Заземлитель | Проводник или совокупность металлических соединенных проводников, находящихся в соприкосновении с землей или ее эквивалентом |
| 2. Естественный заземлитель | Заземлитель, в качестве которого используют электропроводящие части строительных и производственных конструкций и коммуникаций |
| 3. Заземляющий проводник | Проводник, соединяющий заземляемые части с заземлителем |

| Термин | Пояснение |
|---|---|
| 4. Заземляющее устройство | Совокупность конструктивно объединенных заземляющих проводников и заземлителя |
| 5. Магистраль заземления (зануления) | Заземляющий (нулевой защитный) проводник с двумя или более ответвлениями |
| 6. Заземленная нейтраль | Нейтраль генератора (трансформатора), присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление |
| 7. Изолированная нейтраль | Нейтраль генератора (трансформатора), не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через большое сопротивление |

ГОСТ 12.4.155-85.
Система стандартов безопасности труда
Устройства защитного отключения.
Классификация. Общие технические требования

Термины, применяемые в стандарте, и пояснения к ним

Ток утечки - в сети с изолированной нейтралью и сети постоянного тока - ток, протекающий между находящейся под напряжением фазой (полюсом) и землей в результате снижения сопротивления изоляции; в сети с глухозаземленной нейтралью - ток, протекающий по участку сети параллельно току в нулевом проводе, а при отсутствии нулевого провода - ток нулевой последовательности.

Уставка УЗО - минимальное значение входного сигнала, вызывающего срабатывание УЗО и последующее автоматическое отключение поврежденного участка сети или токоприемника.

Правила улаштування електроустановок (ПУЕ – 2006).

Розділ 1. Загальні правила.

Глава 1.7 Заземлення і захисні заходи електробезпеки

Щодо заходів електробезпеки електроустановки поділяють на :

- електроустановки напругою до 1 кВ в електричних мережах із глухозаземленою нейтраллю;
- електроустановки напругою до 1 кВ в електричних мережах з ізолюваною нейтраллю;
- електроустановки напругою понад 1 кВ в електричних мережах з ізолюваною, компенсованою або (і) заземленою через резистор нейтраллю;
- електроустановки напругою понад 1 кВ в електричних мережах із глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю.

Власне термін електробезпека визначається Правилами улаштування електроустановок (далі ПУЕ) як відсутність загрози з боку електроустановки життю, здоров'ю та майну людей, тваринам, рослинам і довкіллю, яка перевищує допустимий ризик.

Правила встановлюють ряд термінів і понять стосовно заземлення і захисних заходів електробезпеки.

На рис. 1 наведені терміни , що вживаються при розгляді режиму нейтралі в електричних мережах, і зокрема в мережах трифазного змінного струму.

Чітко визначені Правилами терміни і поняття, що стосуються струмовідних, провідних частин та можливих дотиків до них(рис. 2 і 3).

Вичерпною є термінологія стосовно заземлення, його видів і складових заземлювального пристрою(рис. 4).

Окрема група термінів стосується провідників в електроустановках, які забезпечують функціонування заземлення(рис. 5).

ПУЕ містять також прийняті відповідно до ГОСТ 30331.2 позначення типу заземлення системи(рис. 6; 7):

- система TN – система, в якій мережа живлення має глухе заземлення однієї точки струмовідних частин джерела живлення, а електроприймачі і відкриті провідні частини електроустановки приєднуються до цієї точки за допомогою відповідно N- або M- і захисного PE-провідників;
- система TN-S – система TN, в якій N- або M- і PE-провідники розділено по всій мережі;
- система TN-C – система TN, в якій N- або M- і PE-провідники поєднано в одному PEN-провіднику по всій мережі;
- система TN-C-S – система TN, в якій N- або M- і PE-провідники поєднано в одному провіднику в частині мережі, починаючи від джерела живлення;
- система TT – система, одну точку струмовідних частин джерела живлення якої заземлено, а відкриті провідні частини електроустановки приєднано до PE-провідника, з'єднаного із заземлювачем, електрично незалежним від заземлювача, до якого приєднано точку струмовідних частин джерела живлення;
- система IT – система, в якій мережу живлення ізолювано від землі чи заземлено через прилади або (і) пристрої, що мають великий опір, а відкриті провідні частини електроустановки приєднано до заземленого PE-провідника.

Ряду термінів і понять, пов'язаних із функціонуванням заземлювальних пристроїв, ПУЕ дають визначення, наведені нижче.

Замикання на землю – виникнення випадкового провідного кола між провідником, який перебуває під напругою, і землею (заземлювальним пристроєм) безпосередньо або через проміжні провідні частини (пошкоджену ізоляцію, будівельні конструкції, рослини тощо).

Струм замикання на землю – струм, який проходить у землю через місце замикання.

Струм витоку – небажаний струм, який стікає зі струмовідних частин у землю або неізольовані від землі провідні частини у разі відсутності пошкоджень в електричному колі.

Зона нульового потенціалу (відносна земля) – провідна частина землі, яка перебуває за межею зони впливу будь-якого заземлювального пристрою, електричний потенціал якої умовно прийнято за нульовий.

Зона розтікання (локальна земля) – частина землі, яка перебуває в електричному контакті із заземлювачем і електричний потенціал якої не обов'язково дорівнює нулю.

Термін «земля», який використовується у главі, слід розуміти, як «земля в зоні розтікання».

Напруга на заземлювальному пристрої – напруга, яка виникає в разі стікання струму із заземлювача в землю між точкою введення струму в заземлювач і зоною нульового потенціалу.

Опір заземлювального пристрою (заземлювача) – відношення напруги на заземлювальному пристрої (заземлювачі) до струму, який стікає із заземлювача в землю.

Напруга дотику – напруга, яка виникає на тілі людини або тварини в разі одночасного дотику до двох провідних частин.

Напруга кроку – напруга між двома точками на поверхні локальної землі, розташованих на відстані 1 м одна від одної, що відповідає довжині великого кроку людини.

Еквівалентний питомий опір землі з неоднорідною структурою – електричний питомий опір землі з однорідною структурою, в якій опір заземлювального пристрою має те ж саме значення, що й у землі з неоднорідною структурою.

Термін «питомий опір», який використовують у главі для землі з неоднорідною структурою, слід розуміти як «еквівалентний питомий опір».

Захисне вирівнювання потенціалів – зниження напруги дотику і (або) напруги кроку шляхом укладання в землю чи в провідну підлогу або на їх поверхні провідних частин, приєднаних до заземлювального пристрою, або шляхом застосування спеціального покриття землі(підлоги).

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

Головна заземлювальна шина (ГЗШ) – затискач, або збірна шина, які є частиною заземлювального пристрою електроустановки напругою до 1 кВ і дають змогу виконувати електричні з'єднання визначеної кількості провідників з метою заземлення і зрівнювання потенціалів.

Надструм – струм, значення якого перевищує найбільше робоче (розрахункове) значення струму електричного кола.

Електричне коло – сукупність провідних частин, через які може протікати електричний струм у нормальному або аварійному режимі роботи електроустановки.

Термін «коло», який використовують у главі, слід розуміти як «електричне коло».

Примітка. У поняттях, які стосуються захисту від надструмів, термін позначає ту частину електроустановки, яку захищено від надструму одним або кількома захисними пристроями.

Захисне автоматичне вимикання живлення – автоматичне розмикання одного або кількох лінійних провідників і, у разі потреби, нейтрального провідника, яке виконується з метою електробезпеки.

Термін «автоматичне вимикання живлення», який використовують у главі, треба розуміти як «захисне автоматичне вимикання живлення».

ПЗВ – пристрій захисного автоматичного вимикання живлення, який реагує на диференційний струм.

Примітка. Диференційний струм – це векторна сума струмів, які проходять через пристрій.

Окремо наведені в Правилах визначення видів ізоляції в електроустановках – основної, додаткової, подвійної, посиленої (рис. 8).

Захисний (електричний) екран – провідний екран, що застосовується для відділення одного електричного кола та (або) провідників від небезпечних струмовідних частин.

Захисне (електричне) відділення (електричний поділ кіл) – відділення одного електричного кола від іншого в електроустановках напругою до 1 кВ за допомогою подвійної ізоляції або основної ізоляції та захисного екрана або посиленої ізоляції.

Розділовий трансформатор – трансформатор, вторинні обмотки якого відділено від первинної обмотки та оболонки за допомогою захисного електричного поділу кіл.

Безпечний розділовий трансформатор – розділовий трансформатор, призначений для живлення кіл наднизької напруги.

Правила визначають поняття „наднизька (мала) напруга” та системи її застосування - система безпечної наднизької напруги(система БНН), система захисної наднизької напруги(система ЗНН), система функціональної наднизької напруги(система ФНН)(рис. 8)

Бар'єр – частина, яка запобігає ненавмисному прямому дотику, але не перешкоджає навмисному прямому дотику.

Огорожа – частина, яка забезпечує захист від прямого дотику з боку можливого доступу.

Оболонка – огорожа внутрішніх частин обладнання, яка запобігає доступу до струмовідних частин з будь-якого напрямку.

Зона досяжності – зона, доступна дотику з будь-якої точки поверхні, де звичайно перебувають люди, до межі, яку людина може досягти, простягаючи голу руку без інструмента чи якихось пристроїв у будь-якому напрямку.

Непровідні (ізолювальні) приміщення, зони, площадки – приміщення, зони, площадки, в яких (на яких) захист від непрямого дотику забезпечується високим опором підлоги і стін і в яких відсутні заземлені провідні частини.

Стационарні електроприймачі – електроприймачі, які в процесі експлуатації не можуть перебувати в руках людини, переміщуватися і отримують живлення за фіксованою схемою від електричної мережі централізованого електропостачання.

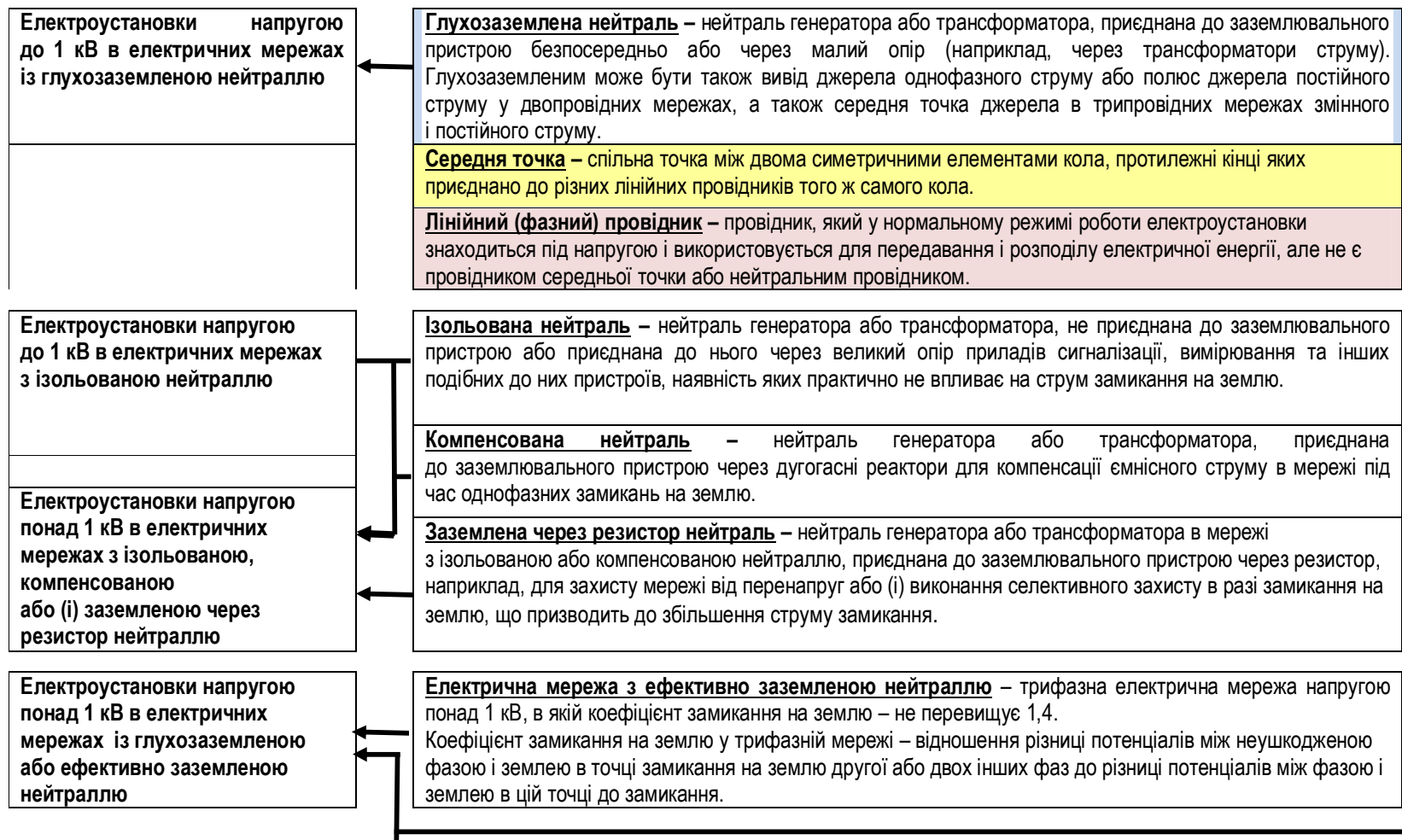


Рисунок 1- Поділ електроустановок щодо заходів електробезпеки (ПУЕ-2006)

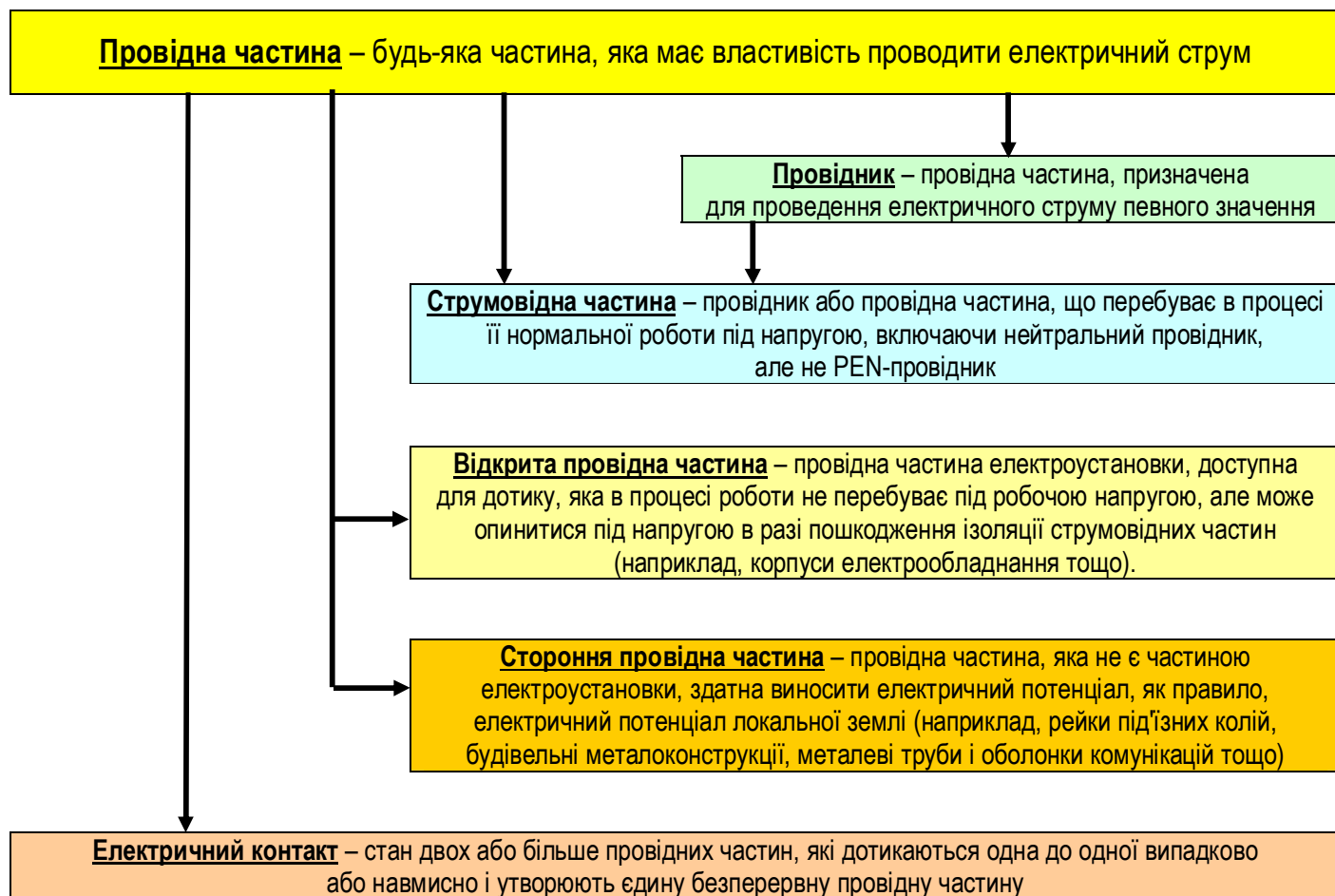


Рисунок 2 – Класифікація провідних частин (за ПУЕ 2006)

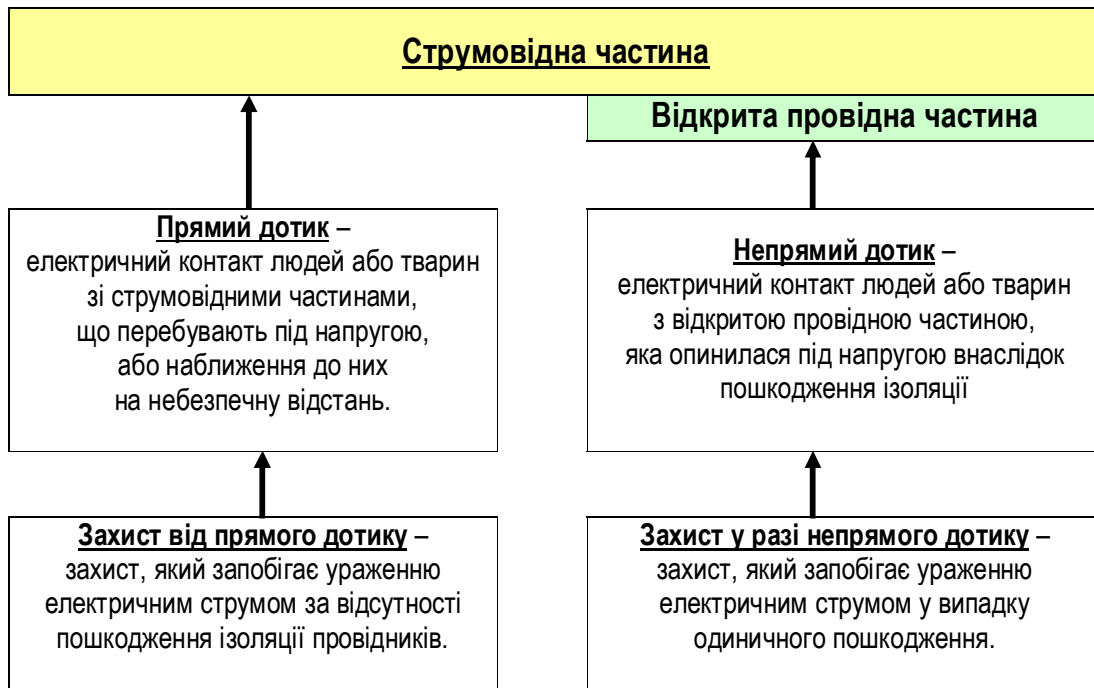


Рисунок 3 – Визначення прямого і непрямого дотику, як електричного контакту людей, або тварин із струмовідними частинами

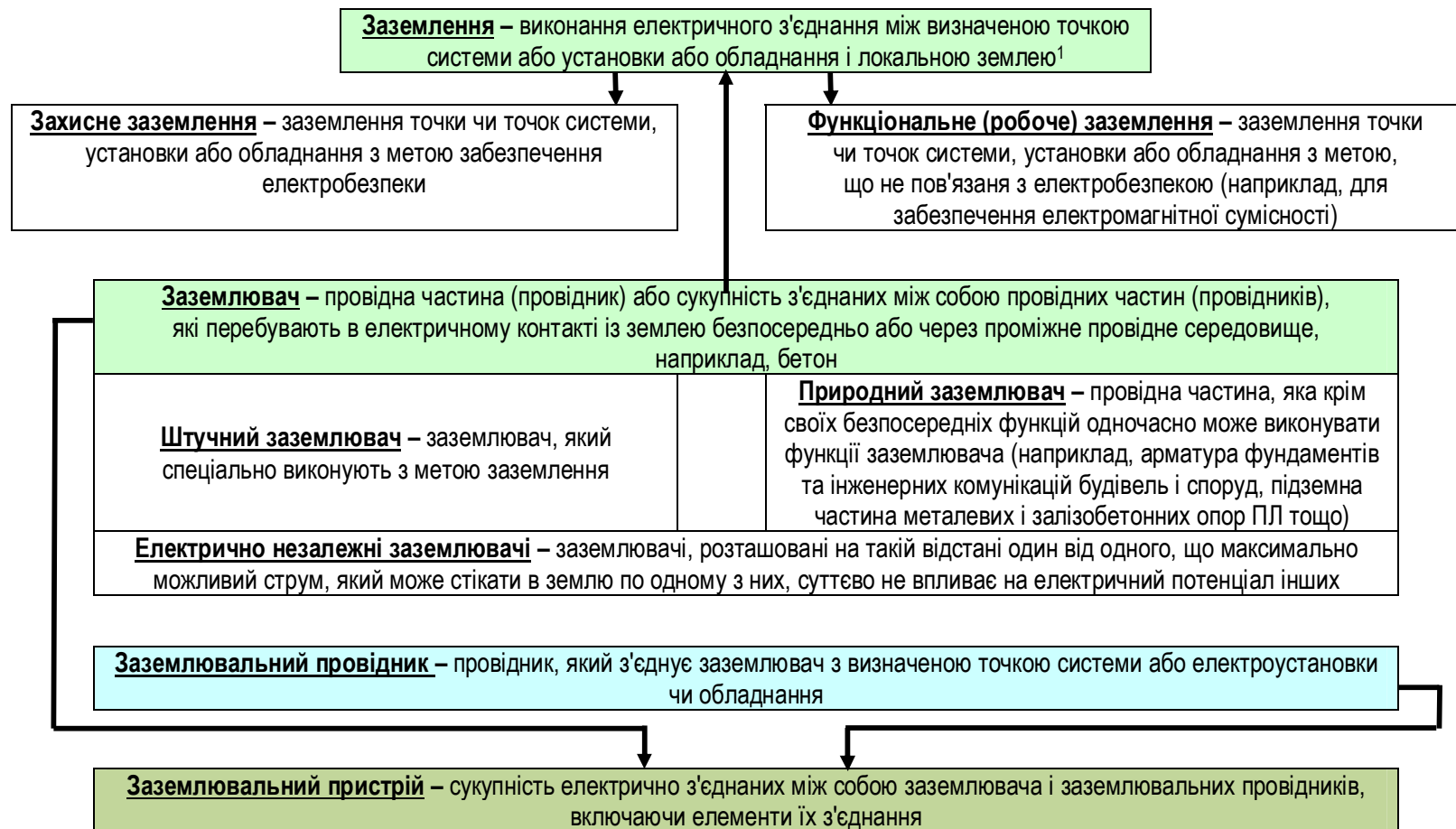


Рисунок 4 – Заземлення та його технічна реалізація (за ПУЕ-2006)

¹ – з'єднання з локальною землею може бути навмисним, ненавмисним і випадковим, також постійним або тимчасовим

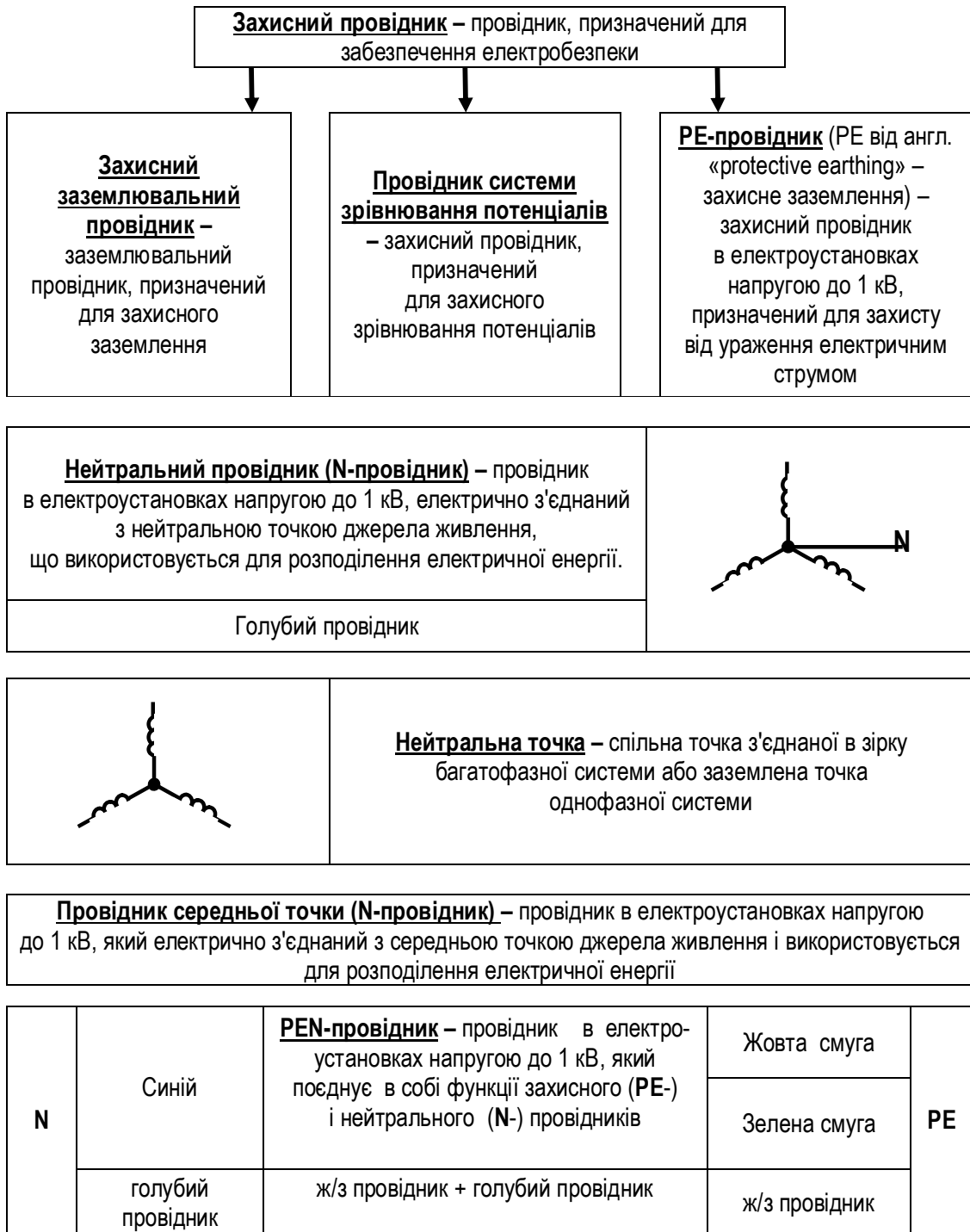


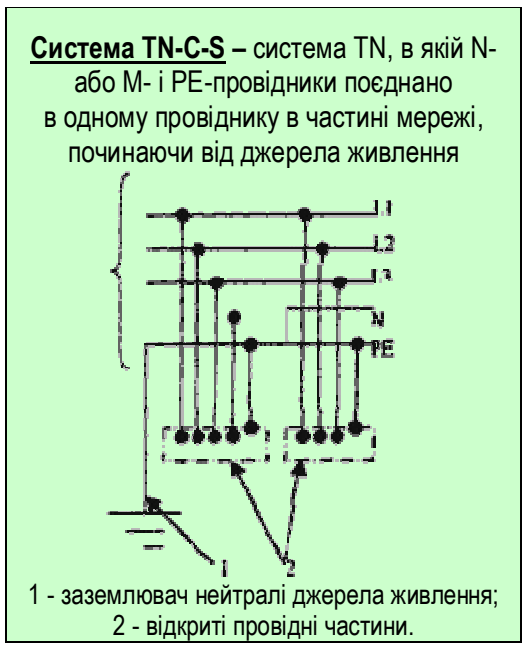
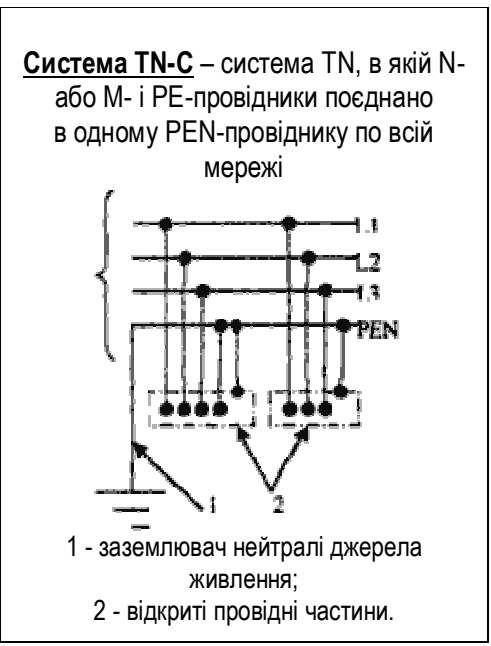
Рисунок 5 – Провідники в електроустановках, що забезпечують функціонування заземлення (за ПУЕ-2006)

Примітка: Терміни «нейтральний» і «захисний» провідники в системі TN є синонімами відповідних термінів «нульовий робочий» і «нульовий захисний» провідники, які були в попередніх редакціях ПУЕ і не відповідають термінам міжнародних стандартів

| | |
|--|--|
| <i>Зыщитный или нулевой защитный проводник (PE)</i> |  желто-зеленый |
| <i>Совмещенный рабочий и нулевой защитный проводники (PEN)</i> |  ж/з голубой |
| <i>Нулевой рабочий (N) или средний проводник</i> |  голубой |
| <i>Фазный</i> |  черный |
| <i>Фазный</i> |  красный |
| <i>Фазный</i> |  коричневый |
| <i>Фазный</i> |  фиолетовый |
| <i>Фазный</i> |  серый |
| <i>Фазный</i> |  розовый |
| <i>Фазный</i> |  оранжевый |
| <i>Фазный</i> |  белый |
| <i>Фазный</i> |  бирюзовый |

Тип заземлення системи – показник, який характеризує влаштування нейтрального провідника (N-провідника) або провідника середньої точки (M-провідника) і з'єднання з землею струмовідних частин джерела живлення та відкритих провідних частин в електроустановках напругою до 1 кВ.

Система TN – система, в якій мережа живлення має глухе заземлення однієї точки струмовідних частин джерела живлення, а електроприймачі і відкриті провідні частини електроустановки приєднуються до цієї точки за допомогою відповідно N- або M- і захисного PE-провідників



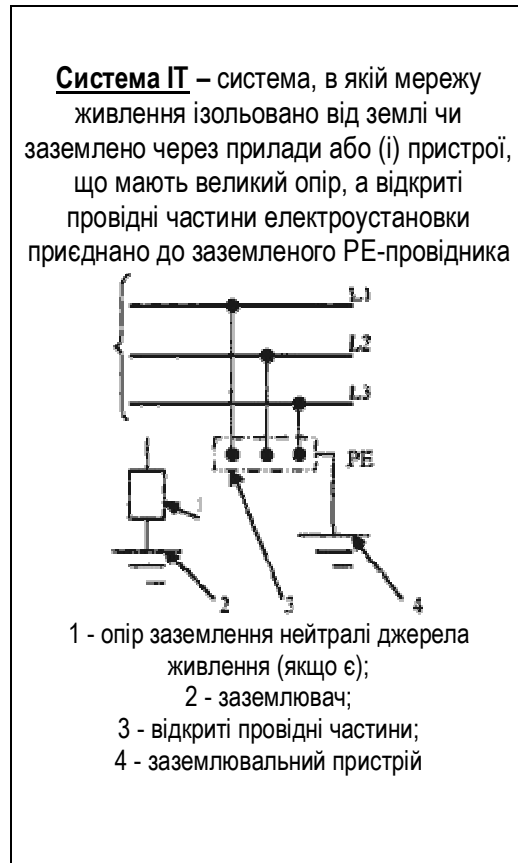
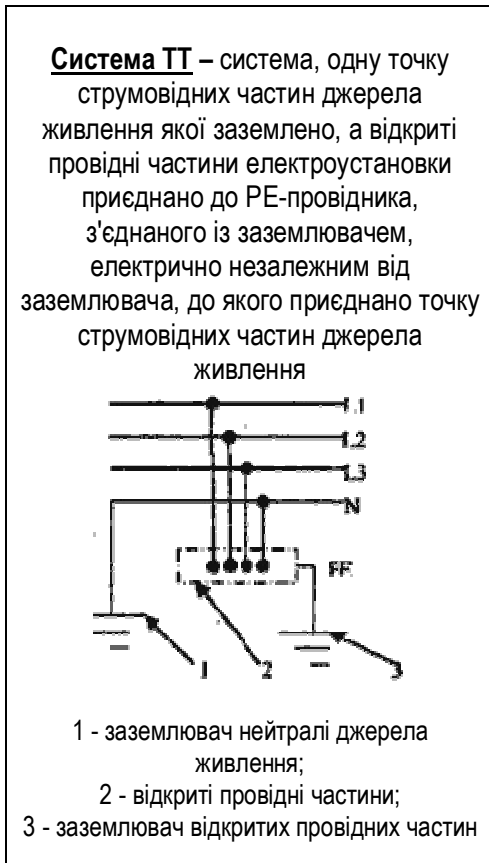


Рисунок 6 – Типи заземлення системи (за ГОСТ 30331.2)

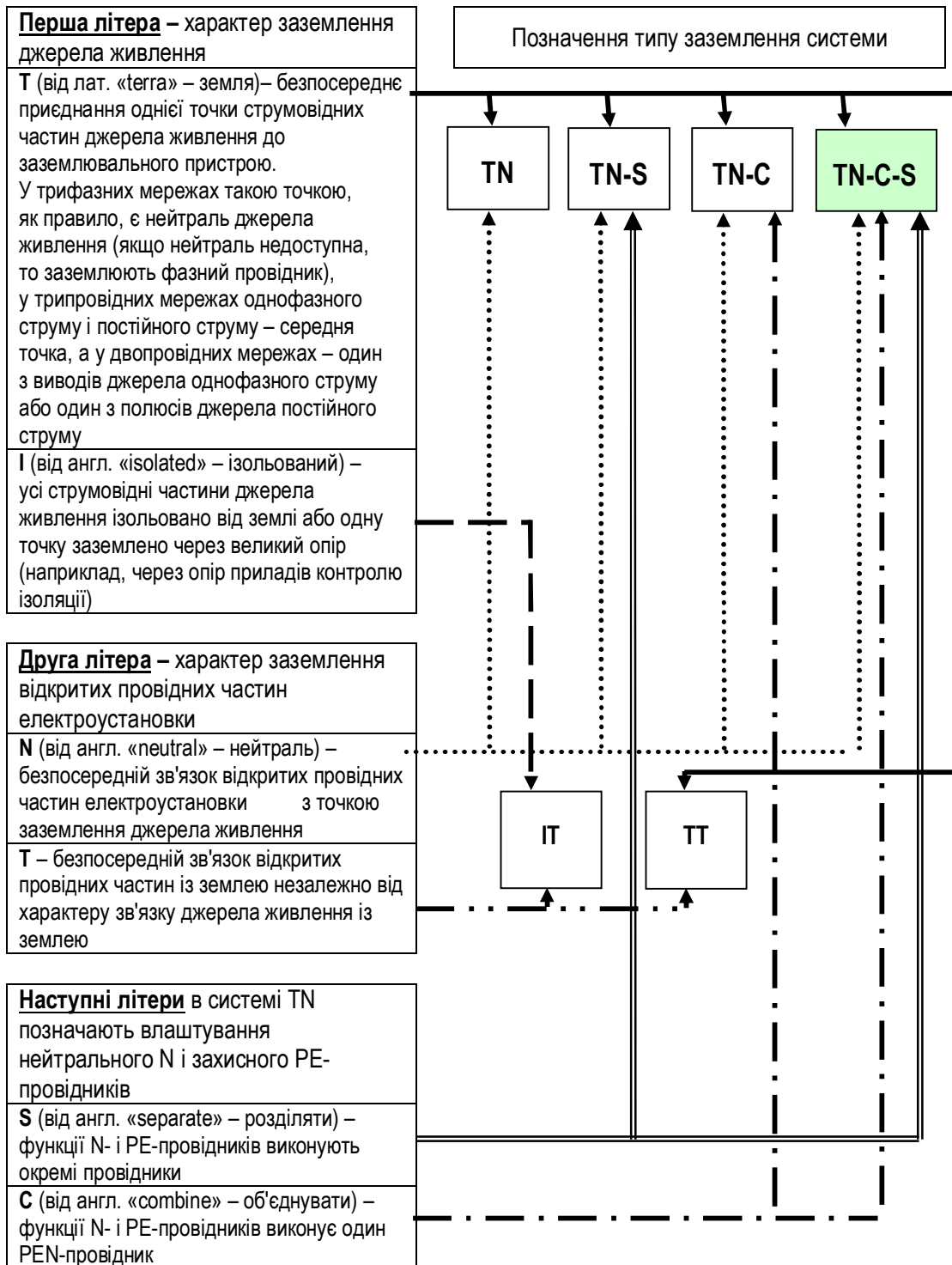


Рисунок 7 – Літерні позначення типу заземлення системи

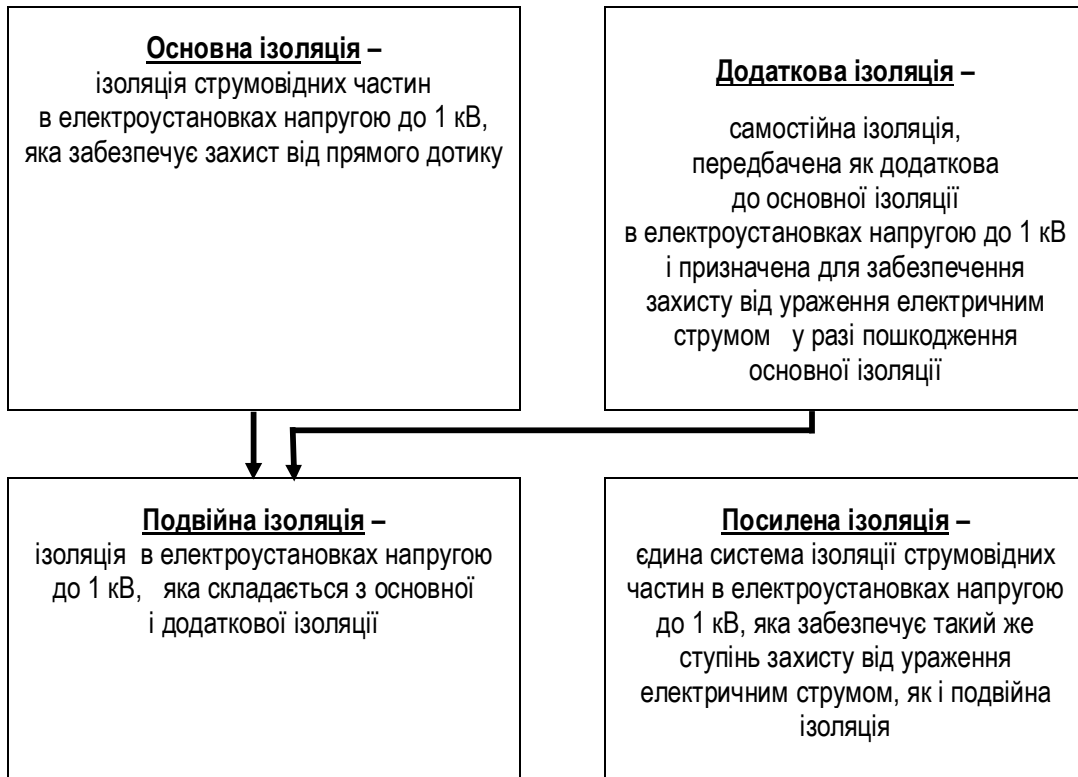


Рисунок 8 – Види ізоляції струмовідних частин в електроустановках

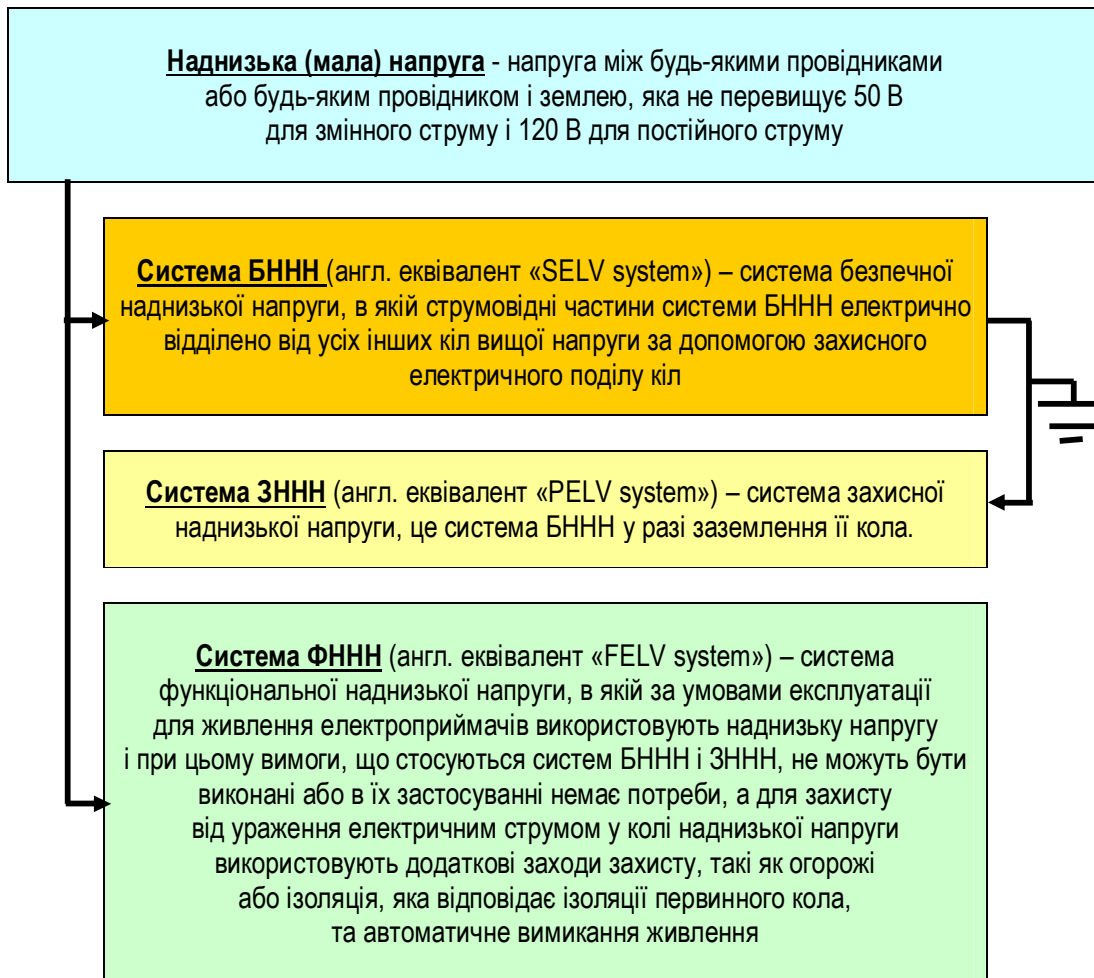


Рисунок 9 – Система наднизької напруги (за ПУЕ-2006)

ТИПОВЕ ПОЛОЖЕННЯ
ПРО ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ НАВЧАННЯ І ПЕРЕВІРКИ
ЗНАНЬ З ПИТАНЬ ОХОРОНИ ПРАЦІ
НПАОП 0.00–4.12.05

Навчання з питань охорони праці – це навчання працівників, учнів, курсантів, студентів, слухачів з метою отримання необхідних знань і навичок з питань охорони праці або безпечного ведення робіт;

Робота з підвищеною небезпекою – є робота в умовах впливу шкідливих та небезпечних виробничих чинників або така, де є потреба в професійному доборі, чи пов'язана з обслуговуванням, управлінням, застосуванням технічних засобів праці або технологічних процесів, що характеризуються підвищеним ступенем ризику виникнення аварій, пожеж, загрози життю, заподіяння шкоди здоров'ю, майну, довкіллю;

Спеціальне навчання – є щорічне вивчення працівниками, які залучаються до виконання робіт з підвищеною небезпекою або там, де є потреба в професійному доборі, вимог відповідних нормативно-правових актів з охорони праці;

Стажування – набуття особою практичного досвіду виконання виробничих завдань і обов'язків на робочому місці підприємства після теоретичної підготовки до початку самостійної роботи під безпосереднім керівництвом досвідченого фахівця;

Дублювання – самостійне виконання працівником (дублером) професійних обов'язків на робочому місці під наглядом досвідченого працівника з обов'язковим проходженням протиаварійного і протипожежного тренувань.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ.
ДСТУ Б В.2.5-38:2008 .**

**Інженерне обладнання будинків і споруд. улаштування
блискавкозахисту будівель і споруд. (ІЕС 62305:2006, NEQ).**

Терміни та визначення понять

Удар блискавки в землю – електричний розряд атмосферного походження між грозовою хмарою і землею, що складається з одного або декількох імпульсів струму.

Прямий удар блискавки (ПУБ) – безпосередній контакт каналу блискавки з об'єктом (будівлею або спорудою), що супроводжується протіканням через нього струму блискавки.

Точка ураження – точка, в якій блискавка стикається з землею, будівельною конструкцією або блискавковідводом. Удар блискавки може мати декілька точок ураження.

Струм блискавки – струм, що стікає до точки ураження.

Електромагнітний імпульс блискавки (ЕМІБ) – електромагнітні ефекти від струму блискавки, які супроводжуються як перехідними хвильовими процесами так і ефектами випромінюючого електромагнітного поля.

Примітка. ЕМІБ – є вторинною проявою блискавки.

Імпульсна перенапруга – перехідний хвильовий процес, спричинений ЕМІБ, який проявляється перенапругою і/або надструмом в провідних частинах.

Провідна частина – будь-яка частина, яка має властивість проводити електричний струм.

Рівень блискавкозахисту (РБЗ) – число (номер), яке пов'язане із заделегідь встановленими параметрами струму блискавки та імовірністю того, що ці взаємопов'язані максимальні і мінімальні параметри не будуть перевищувати природних параметрів струмів блискавки.

Захист від ПУБ – зовнішня система заходів, які застосовуються для скорочення матеріальних збитків, обумовлених ударами блискавки в будівельні конструкції.

Надійність захисту від ПУБ (P_z) – визначається, як $P_z=1 - P_{ПУБ}$, де $P_{ПУБ}$ – імовірність ПУБ в об'єкт, який захищається блискавковідводами з стрижньовими або тросовими блискавкоприймачами

Захист від вторинних дій блискавки – внутрішня система заходів, які обмежують дії електромагнітного поля блискавки на металеві елементи будівельних конструкцій, електричні і електронні системи.

Блискавковідвід — пристрій, який сприймає удар блискавки і відводить її струм в землю.

Блискавковідвід, що стоїть окремо – блискавковідвід, розташований таким чином, що шлях струму блискавки не має контакту з об'єктом, який він захищає.

Блискавкоприймач — частина блискавковідводу, призначена для перехоплення блискавок.

Струмовідвід – частина блискавковідводу, призначена для відведення струму блискавки від блискавкоприймача до заземлювача.

Заземлювач – провідна частина або сукупність з'єднаних між собою провідних частин, які перебувають в електричному контакті з землею безпосередньо або через проміжне провідне середовище, наприклад, бетон.

Примітка. Заземлювач є підземним закінченням системи.

Зона захисту блискавковідводу – простір, усередині якого будівельна конструкція захищена від ПУБ з надійністю не нижче визначеного значення.

Зона захисту від дії блискавки – зона, в якій електромагнетизм блискавки обмежений зовнішнім середовищем.

Примітка. Між різними зонами не обов'язково є фізичні межі, наприклад, стіни, двері, стеля.

Блискавкостійкість оптичного кабелю – стійкість кабелю до блискавки, яка характеризується максимально допустимим струмом блискавки в металопокриттях кабелю, що не викликає його пошкоджень і припинення зв'язку.

Екранування – захист внутрішньої системи або окремих її частин від дії електромагнітних полів (за допомогою заземлення металевих листів, сіток, сталевих кожухів).

Пристрій захисту від імпульсної перенапруги (ПЗІП) – пристрій, призначений для обмеження перехідних перенапруг і для відводу імпульсного струму. Цей пристрій має, принаймні, один нелінійний елемент.

Еквіпотенціальні з'єднання (з'єднання) – взаємне з'єднання всіх провідних частин будівельної конструкції і внутрішньої системи з підземним закінченням системи для досягнення рівності їх потенціалів.

Заземлювальна система – повна система, яка об'єднує підземне закінчення системи і взаємне з'єднання всіх провідних частин.

Заземлювальна шина – шина, або затискач, які є частиною заземлювальної системи і дають змогу виконувати електричні з'єднання визначеної кількості провідників з метою заземлення і зрівнювання потенціалів.

Електрична система – система, яка об'єднує електропостачання, що складається з компонентів низької напруги (до 1 кВ).

Електронна система – система, яка об'єднує чутливі електронні компоненти, такі як обладнання зв'язку (дротове і бездротове), лічильно-розрахункові пристрої (комп'ютери), контролюючі і вимірювальні системи, радіосистеми, потужні електронні установки.

Внутрішня система – електрична і електронна система в межах будівельної конструкції.

Небезпечне іскріння – недопустимий електричний розряд усередині об'єкта, спричинений ударом блискавки.

Комунальні комунікації – провідні трубопроводи, непровідні трубопроводи з внутрішнім провідним середовищем, силові та інформаційні кабелі.

1 ПРАВОВІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

1.1 Законодавчі та нормативні акти з питань охорони праці

Законодавство з охорони праці є частиною трудового права і повинне забезпечувати здорові та безпечні умови праці, сприяти росту її продуктивності.

Основні принципи законодавства з охорони праці ґрунтуються на положеннях, закріплених Конституцією України. Окрім Конституції, у нашій країні діють закони та інші державні акти України, постанови Кабінету Міністрів України, ЦК профспілок, галузеві правила та інструкції, погоджені з профспілковими органами, а також накази міністерств і відомств та норми з охорони праці, наведені у правилах внутрішнього розпорядку підприємств і організацій.

Важливе значення має Кодекс законів про працю та Закон України «Про охорону праці»¹. Відповідно до них адміністрація підприємств, установ, організацій будь-якої форми власності зобов'язана вжити заходи щодо поліпшення і оздоровлення умов праці робітників та службовців, усунення небезпечних ситуацій шляхом механізації та автоматизації виробничих процесів, зниження запиленості, загазованості повітря, інтенсивності шуму, вібрації, випромінювання тощо.

Всі законодавчі та нормативні акти з питань охорони праці поділяють на чотири групи:

- спрямовані на створення безпечних умов праці на стадії проектування виробничих об'єктів;
- спрямовані на створення безпечних умов праці в процесі власне виробництва;
- ті, які регламентують порядок видачі та використання засобів індивідуального захисту і лікарсько-профілактичного харчування;

¹ Закон України «Про охорону праці». Постанова Верховної Ради України від 14.11.92 №2695-ХІІ.

– ті, що регламентують нагляд і контроль за дотриманням законодавства про працю.

У галузі електрифікації сільського господарства охорону праці регламентують:

– Правила улаштування електроустановок (ПУЕ)², в яких детально викладені питання спорудження і приймання в експлуатацію підстанцій, мереж, проводок, електроустаткування з погляду забезпечення їх справності;

– Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕ)³ ;

– Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. ДНАОП 0.00 – 1.21 – 98 (ПБЕЕС)⁴, що встановлюють норми, дотримання яких забезпечує справність і безпечні умови експлуатації електроустановок;

– Правила експлуатації електрозахисних засобів. НПАОП 40.1-07-01 (ДНАОП 1.1.10-1.07-01)), що містять перелік засобів захисту і вимоги до них, обсяги і норми випробувань, порядок застосування та зберігання, а також норми комплектування засобами захисту електроустановок і бригад виробничників;

– Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями. НПАОП 0.00 – 1.30 – 01 (ДНАОП 1.1.10 – 04.01), що регламентують виконання ремонтно-експлуатаційних, будівельних, монтажних, налагоджувальних та випробувальних робіт із застосуванням інструменту та пристроїв, зокрема вантажо-підіймальних механізмів, зварювального обладнання та ручного електрифікованого інструменту;

– Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. НПАОП 0.00 – 4.12 – 05, що

² Правила улаштування електроустановок (ПУЕ – 2017).

³ Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС). Затверджено наказом Міністерства палива та енергетики 25.07.2006 № 258 (у редакції наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості № 91 від 13.02.2012 та № 905 від 16.11.2012) Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 2 березня 2012 р. за № 350/20663.

⁴ Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено наказом Держнаглядохоронпраці України від 09.01.98 № 4.

встановлює порядок навчання і перевірки знань з питань охорони праці посадових осіб та інших працівників в процесі трудової діяльності, а також учнів, слухачів і студентів навчальних закладів під час трудового професійного навчання.

– Положення про розробку інструкцій з охорони праці⁵.
НПАОП 0.00 – 4.15 - 98(ДНАОП 0.00 – 4.15 - 98),

Серед нормативних документів з безпеки праці чільне місце займає система стандартів з безпеки праці, яка є складовою частиною Державної системи стандартизації (ДСТУ).

Система стандартів з безпеки праці складається із шести підсистем стандартів: організаційно-методичних; вимог та норм за видами небезпечних та шкідливих виробничих факторів; вимог безпеки до виробничих процесів; вимог безпеки до виробничого обладнання; вимог до захисних засобів; вимог безпеки до будівель і споруд.

1.2 Організаційні основи охорони праці

У сільському господарстві всю роботу з охорони праці організовують і проводять у плановому порядку. Керівним документом є «Типове положення про службу охорони праці»⁶. Відповідальність за це покладено: у колективних та державних господарствах, орендних, спільних підприємствах – на власника (керівника) або уповноважений ним орган, у відділках, цехах, бригадах, на фермах, тваринницьких комплексах, у майстернях та ін. – на керуючих відділками, завідуючих фермами, комплексами, майстернями, начальників цехів і бригадирів.

Розробку і проведення заходів з охорони праці, контроль за дотриманням трудового законодавства про режим роботи та відпочинку, охорону праці жінок та підлітків на промислових і сільськогосподарських підприємствах, в науково-дослідних установах і закладах освіти проводять інженери з охорони праці.

⁵Положення про розробку інструкцій з охорони праці. ДНАОП 0.00-4.15-98. Затверджено наказом Держнаглядохоронпраці від 29.01.98 № 9

⁶Типове положення про службу охорону праці. Затверджено наказом Держнаглядохоронпраці України від 15.11.2004 № 255.

Основні обов'язки інженера з охорони праці: організація роботи із здійснення здорових і безпечних умов праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань, аварій і пожеж на підприємствах, а також дотримання законодавства про режим робочого часу і відпочинку, охорону праці жінок і підлітків; впровадження досягнень науки, техніки і передового досвіду, винаходів і раціоналізаторських пропозицій з охорони праці, стандартів і контроль за їх дотриманням; розробка разом із спеціалістами і профспілковим комітетом планів поліпшення умов з охорони праці та здійснення контролю за їх виконанням, участь у розробці колективних договорів, а також угод із соціальних питань та охорони праці; надання допомоги спеціалістам у розробці інструкцій з охорони праці на робочих місцях, а також проведення паспортизації санітарно-технічного стану відділків, виробничих дільниць та об'єктів; участь у комісіях з приймання в експлуатацію об'єктів, технічних оглядах машин і обладнання; контроль за складанням заявок на засоби індивідуального захисту і своєчасною видачею робітникам спецодягу, спецвзуття та захисних пристроїв, а також мила, молока і спецхарчування; організація і проведення разом з іншими спеціалістами і профспілковим активом систематичних перевірок стану охорони праці на виробничих дільницях; контроль за своєчасним фінансуванням заходів з охорони праці та використання виділених коштів за призначенням; участь і проведення випробувань та технічних оглядів парових і водогрійних котлів, посуду й апаратів, що працюють під тиском, вантажопідйомних машин і механізмів, контрольних приладів та іншого обладнання, яке підлягає періодичному випробуванню і огляду; організація навчання, перевірка знань робітників, своєчасне та якісне проведення інструктажів; обладнання кабінетів з охорони праці; участь у розслідуванні нещасних випадків на виробництві.

Інженер з охорони праці має право перевіряти умови праці в усіх підрозділах, забороняти експлуатацію несправних машин, обладнання, контрольно-вимірювальних приладів, інструменту, а також виконання будь-яких робіт із загрозою для життя або здоров'я працюючих і доводити це до відома керівника господарства для здійснення відповідних заходів.

Однією з важливих гарантій забезпечення охорони праці на виробництві є нагляд і контроль за дотриманням законодавства про працю.

Основними видами контролю і нагляду за станом охорони праці є: оперативний контроль керівника робіт та інших службових осіб; адміністративно-громадський (оперативний) контроль; контроль служби охорони праці на виробництві; відомчий контроль вищестоящих органів; контроль органів державного нагляду і технічної інспекції профспілок.

Таким чином, за станом охорони праці на виробництві здійснюється державний, відомчий і громадський контроль.

Вищий нагляд за виконанням законів про працю покладено на Прокуратуру України. Державний спеціальний нагляд здійснюють спеціальні комітети та інспекції, наприклад, Державна служба гірничого нагляду та промислової безпеки України⁷, Головдерженергонагляд Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. Так, інспекція державного енергетичного нагляду здійснює технічний нагляд і контроль за сільськими енергетичними установками. Вона контролює виконання правил техніки безпеки в електричному і тепловому господарстві, на електростанціях, раціональне використання електричної енергії, а також виконання споживачами електроенергії діючих правил влаштування та експлуатації усіх видів електрообладнання.

Свою роботу інспекція проводить за допомогою інженерів-інспекторів, які виконують такі функції: нагляд за технічним станом електроустановок споживачів на закріплених за інспекторами дільницях, за виконанням вимог ПУЕ, ПТЕЕС і ПБЕЕС; контроль за раціональним використанням електричної і теплової енергії; проведення заходів, що запобігають небезпеці робіт при обслуговуванні електрообладнання; участь у комісіях з приймання в експлуатацію збудованих та реконструйованих електроустановок споживачів; здійснення у персоналу електроустановок споживачів

⁷Кабінет міністрів України ліквідував Державну службу гірничого нагляду та промислової безпеки України (Держпромнагляд) і передав його повноваження Державній службі України з питань праці (Держпраці). Відповідне розпорядження № 1021-р від 30 вересня 2015 р. опубліковано на сайті Кабміну

перевірку знань з ПТЕЕС і ПБЕЕС, Правил технічної експлуатації тепловикористовуючих установок та теплових мереж, Правил користування електричною і тепловою енергією та інших нормативних документів; розслідування аварій та тяжких нещасних випадків.

Профспілкові комітети виконують як державний нагляд, так і громадський контроль за дотриманням трудового законодавства, правил і норм з охорони праці. Функції державного нагляду виконує технічна інспекція праці профспілок.

Технічний інспектор контролює дотримання правил з охорони праці на технологічних процесах, під час експлуатації технологічного і енергетичного обладнання, транспортних засобів; проводить у присутності адміністрації обстеження підприємств, цехів і видає їй обов'язкові для виконання накази; забороняє роботи на окремих дільницях, верстатах, машинах; стежить за правильним розслідуванням нещасних випадків на виробництві; контролює виконання колективних договорів на підприємстві; накладає на службових осіб штрафи за порушення законодавства про працю і правил безпеки праці.

Відомчий контроль – це систематична перевірка міністерствами і відомствами дотримання стандартів, норм і правил з охорони праці на підпорядкованих їм підприємствах.

Громадський контроль здійснюють профспілкові комітети, при яких створюються комісії з охорони праці. Очолює її член комітету профспілки – старший громадський інспектор з охорони праці. Головою комісії не повинен бути представник адміністрації. Громадський інспектор може в будь-який час відвідувати цехи, відділки та інші об'єкти підприємств, вимагати від адміністрації необхідні документи і пояснення, давати їй розпорядження.

Керування охороною праці на підприємстві має бути складовою частиною загальної системи управління. Об'єктом керування є діяльність функціональних служб і структурних підрозділів із забезпечення нормальних умов праці на робочих місцях, виробничих дільницях, в цехах і на підприємстві в цілому. Керування охороною праці здійснюють: на підприємстві – керівник (головний інженер), в

цехах і на виробничих дільницях – керівники відповідних підрозділів і служб.

Організаційно-методичну роботу з керування охороною праці, підготовку рішень і контроль за їх реалізацією виконує служба охорони праці, яка безпосередньо підпорядкована керівнику (головному інженеру) підприємства.

Нормативною основою системи керування охороною праці є: Кодекс законів про працю, Закон України «Про охорону праці» та інші Закони України, Укази Президента України, постанови Верховної Ради України, Кабінету Міністрів України, система стандартів з безпеки праці, норми, правила, інструкції з охорони праці, затверджені в установленому порядку органами державного нагляду, міністерствами і відомствами, будівельні норми і правила.

Управління охороною праці забезпечується виконанням таких функцій: організація і координація роботи з охорони праці; планування роботи з охорони праці; контроль за станом охорони праці; облік, аналіз і оцінка охорони праці; стимулювання роботи з охорони праці.

Досягається воно вирішенням таких основних завдань, спрямованих на створення умов безпеки і високопродуктивної роботи: навчання працюючих правилам безпеки праці; безпеки виробничого обладнання і технологічних процесів; безпеки виробничих будівель, споруд і територій; забезпечення працюючих засобами індивідуального захисту; санітарно-побутове обслуговування працюючих; нормалізація санітарно-гігієнічних умов праці; організація лікарсько-профілактичного обслуговування працюючих; проведення науково-дослідних робіт і впровадження досягнень науки і техніки у виробництво.

1.3 Організація навчання з безпеки праці

Навчання працівників з безпеки праці проводять на всіх підприємствах і в організаціях незалежно від характеру та ступеня безпеки виробництва при підготовці нових робітників, проведенні різних видів інструктажу, підвищенні кваліфікації.

За організацію навчання на підприємстві відповідає керівник підприємства, а в підрозділах – керівник підрозділу. Заняття з безпеки праці при підготовці нових працівників проводяться під час професійно-технічного навчання. Знання перевіряють при здачі екзамену кваліфікаційній комісії.

За характером і часом проведення інструктажі бувають вступні, первинні, повторні, позапланові й цільові.

Вступний інструктаж проводить головний спеціаліст тієї галузі виробництва, куди влаштовується працівник, при обов'язковій участі інженера з охорони праці. Його проводять з усіма особами, яких приймають на роботу, незалежно від освіти, стажу роботи та посади, а також командированими, учнями й студентами, що прибули на виробниче навчання або практику.

Інструктують в кабінеті з охорони праці за програмою, затвердженою керівником господарства та погодженою з місцевим комітетом профспілки. Електротехнічний персонал повинен знати: основні положення законодавства з охорони праці, правила внутрішнього трудового розпорядку; структуру господарства й розміщення окремих його ділянок та основного електрообладнання на території господарства; небезпечні та шкідливі виробничі фактори, а також причини нещасних випадків на виробництві, електробезпеку і види електротравматизму; обставини, за яких можливі випадки ураження електричним струмом; вимоги до заземлення та занулення електрообладнання; правила користування захисними засобами і звільнення людини від дії електричного струму та надання їй першої допомоги; правила протипожежної безпеки і гасіння пожежі в електроустановках. Проведення вступного інструктажу та перевірку знань реєструють в журналі вступного інструктажу.

Первинний інструктаж на робочому місці проводить безпосередній керівник робіт з усіма працівниками, яких прийнято на роботу або переведено з одного підрозділу в інший, командированими, учнями й студентами, а також працівниками, що виконують нову для них роботу, за інструкціями, розробленими для окремих професій та видів робіт індивідуально кожного працівника. Працівники, які влаштовуються на роботу з обслуговування електричних мереж, електроустановок та електрообладнання, повинні

ознайомитися з технологічним процесом і обладнанням на закріпленій ділянці, безпечними методами праці; небезпечними й шкідливими виробничими факторами; інструментами та приладами для електромонтажних і експлуатаційних робіт; засобами індивідуального захисту та правилами їх користування, а також правилами поведінки у випадку виникнення небезпеки. Усі працівники після інструктажу і перевірки знань протягом 2 ... 5 змін працюють під наглядом майстра. Допуск до самостійної роботи фіксується записом у журналі реєстрації інструктажу на робочому місці.

Повторний інструктаж проходять всі робітники незалежно від кваліфікації, освіти та стажу роботи не пізніше, як через 6 місяців.

Позаплановий інструктаж проводять при змінах правил з охорони праці, у технологічному процесі, заміні або модернізації обладнання, інструменту, сировини та інших факторів, що впливають на безпеку праці; порушеннях працівниками вимог безпеки праці, які можуть спричинити травми, аварії або пожежі; перервах у роботі більш як 60 днів, а для роботи з підвищеною небезпекою – 30 днів. Інструктують індивідуально або групу працівників однієї професії в обсязі первинного інструктажу на робочому місці.

Цільовий інструктаж проходять працівники перед виконанням робіт за нарядом-допуском. Проведення його фіксують у наряді-допуску на виконання робіт.

1.4 Вимоги до електротехнічного персоналу

Електроустановки повинен експлуатувати спеціально підготовлений електротехнічний персонал – адміністративно-технічний, оперативний, ремонтний, оперативно-ремонтний і електротехнологічний персонал.

До електротехнічного персоналу, який має групу з електробезпеки II – V включно, пред'являють такі вимоги: осіб, що не досягли 18-річного віку, не можна допускати до роботи в електроустановках; працівники не повинні мати каліцтва і хвороб, які заважали б їх роботі; після відповідної теоретичної та практичної підготовки вони повинні пройти перевірку знань і отримати посвідчення на допуск до роботи в електроустановках.

Стан здоров'я електротехнічного персоналу визначають під час медичного огляду при прийомі на роботу та періодично. Так, персонал, який обслуговує діючі електроустановки, проходить періодичний медичний огляд один раз у два роки. Результати огляду заносять в особисті картки працівників.

Перед призначенням на самостійну роботу, пов'язану з електроустановками, а також при перервах у роботі більше одного року, персонал повинен пройти навчання на новому місці роботи.

Навчання проводять за затвердженою програмою під керівництвом досвідченого працівника. Вона включає набуття практичних навичок і вивчення ПУЕ і ПТЕ, ПБЕЕС, посадових та інструкцій з охорони праці, додаткових правил, нормативних й експлуатаційних документів тощо.

Після закінчення виробничого навчання кваліфікаційна комісія перевіряє знання і присвоює відповідну кваліфікаційну групу з електробезпеки.

Знання інженерів (техніків)-електриків та електромонтерів щорічно перевіряє комісія з трьох осіб під головуванням відповідального за електрогосподарство інженера-електрика, який має групу з електробезпеки не нижче IV. У роботі комісії повинні брати участь представник профспілкової організації та інженер з охорони праці.

Перевірку знань осіб, які відповідають за електрогосподарство, їх заступників та інженерів з охорони праці щорічно проводять комісії при підприємствах під керівництвом головного інженера або директора підприємства. До складу комісії входять інспектор енергонагляду, представник служби з охорони праці, а також керівник чи головний інженер підприємства, де працює особа, знання якої перевіряють. Ця ж комісія перевіряє знання електромонтерів невеликих підприємств, де не сформована електротехнічна служба.

Результати перевірки заносять у журнал встановленої форми і кожному робітнику, який успішно пройшов перевірку знань, видають посвідчення і присвоюють відповідну кваліфікаційну групу з електробезпеки.

Після перевірки знань кожний робітник з оперативного і оперативно-ремонтного персоналу повинен пройти стажування на

робочому місці не менше двох тижнів під керівництвом досвідченого працівника, після чого його допускають до самостійної роботи.

Позачергово перевіряють знання осіб, які допустили порушення правил безпеки. При незадовільній оцінці знання перевіряють у строки, що встановлює кваліфікаційна комісія, але не раніше як через два тижні. Осіб, які виявили незадовільні знання під час третьої перевірки, до роботи в електроустановках не допускають і переводять на іншу роботу, не пов'язану з обслуговуванням діючих електроустановок.

Електротехнічному персоналу, який не пройшов перевірку знань правил і інструкцій, а також електротехнологічному, який обслуговує електрифіковані машини та інструменти, присвоюють кваліфікаційну групу з електробезпеки І. Перелік професій цього персоналу визначає керівник підприємства разом з інженером з охорони праці. Обов'язки електротехнологічного персоналу регламентуються місцевою інструкцією.

Присвоєння кваліфікаційної групи І оформлюють у спеціальному журналі і посвідчення при цьому не видають.

За своєчасну перевірку знань електротехнічного персоналу відповідають керівники дільниць, цехів та інших підрозділів підприємства.

1.5 Розслідування нещасних випадків на виробництві

Нещасним випадком називається несподівана подія, при якій в результаті відряджень), разових завдань адміністрації і керівника робіт; при проїзді на роботу чи з роботи на транспорті підприємства; гострих отруєннях, теплових ударах, обмороженнях, ураженнях блискавкою на виробництві, контакті з тваринами, комахами та іншими представниками фауни і флори.

До нещасних випадків, пов'язаних з роботою, відносять випадки, які відбулися при виконанні державних або громадських обов'язків; обов'язку громадянина з врятування людського життя; охороні державної власності і правопорядку; по дорозі на роботу чи з роботи на особистому або громадському транспорті; участі у спортивних змаганнях, організованих спортивними товариствами; втраті працездатності при виконанні донорських функцій.

Побутові нещасні випадки трапляються у вільний від роботи час або при виконанні роботи особистого характеру.

Нещасні випадки, пов'язані з виробництвом, розслідують відповідно до «Порядку розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві⁸», а побутові і нещасні випадки, пов'язані з роботою, які трапилися по дорозі на роботу чи з роботи, відповідно до «Порядок розслідування та обліку нещасних випадків невиробничого характеру»⁹. Решту нещасних випадків розслідує комісія соціального страхування профспілкового комітету.

Розслідування електротравм проводять також згідно з «Методичними вказівками із розслідування виробничого електротравматизму».

Розслідування електротравм проводять також згідно з «Методичними вказівками по розслідуванню виробничого електротравматизму».

Розслідують електротравми, що призвели до втрати працездатності не менш як на один робочий день. Основним при цьому є: виявлення обставин; встановлення причин електротравми та визначення заходів по передбаченню подібних травм; визначення факторів, що зумовлюють тяжкість електротравми; оформлення результатів розслідування.

раптової зовнішньої дії пошкоджується організм людини.

Законодавство розрізняє нещасні випадки, пов'язані з виробництвом, роботою та побутові.

Нещасний випадок на виробництві – це дія на працівника небезпечного виробничого фактора при виконанні ним трудових обов'язків або завдань керівника робіт. Це випадки, що відбулися на території підприємства протягом робочого часу (включаючи перерви) та часу, необхідного для приведення в порядок знарядь виробництва, засобів захисту, одягу перед початком або після закінчення роботи, а також для особистої гігієни; за територією підприємства при виконанні потерпілим трудових обов'язків (у тому числі під час

⁸Порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві. НПАОП 0.00 – 6.02 -04. Затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 25.08.2004 № 1112

⁹ Порядок розслідування та обліку нещасних випадків невиробничого характеру. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 22 березня 2001 р. N 270

2 ДІЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН

2.1 Дія електричного струму на людину

У порівнянні з іншими випадками травматизму електротравматизм має ряд особливостей. Головна з них полягає в тому, що людина не має органів, за допомогою яких можна відчувати наявність напруги на відстані.

Електричний струм, проходячи через тіло людини, діє не тільки в місці контакту, а й викликає рефлекторну дію, що призводить до порушення діяльності окремих органів. Крім того, електротравму можна отримати без контакту з струмоведучими частинами, тобто через електричну дугу.

Проходячи через тіло людини, електричний струм спричинює кілька дій:

- термічну (нагрівання та опіки окремих ділянок тіла, кровоносних судин);
- електролітичну (розкладання органічної рідини й крові);
- біологічну (подразнення й збудження живих тканин організму) дію.

Розрізняють кілька видів ураження людини електричним струмом, класифікація яких наведена на рис. 2.1.

Місцеву електротравму викликає дія електричного струму або дуги. Основними видами місцевих електротравм є електричні опіки та знаки, металізація шкіри, механічні ушкодження та електроофтальмія.

Електричні опіки бувають контактними (при проходженні струму безпосередньо через тіло людини) й дуговими (викликаними дією на тіло людини електричної дуги). Розрізняють чотири ступеня опіків: I – почервоніння шкіри; II – утворення пухирів; III – омертвіння всієї товщі шкіри; IV – обвуглення тканин. Електричні опіки проникають глибоко в тканини тіла і тому дуже болючі і потребують тривалого лікування.

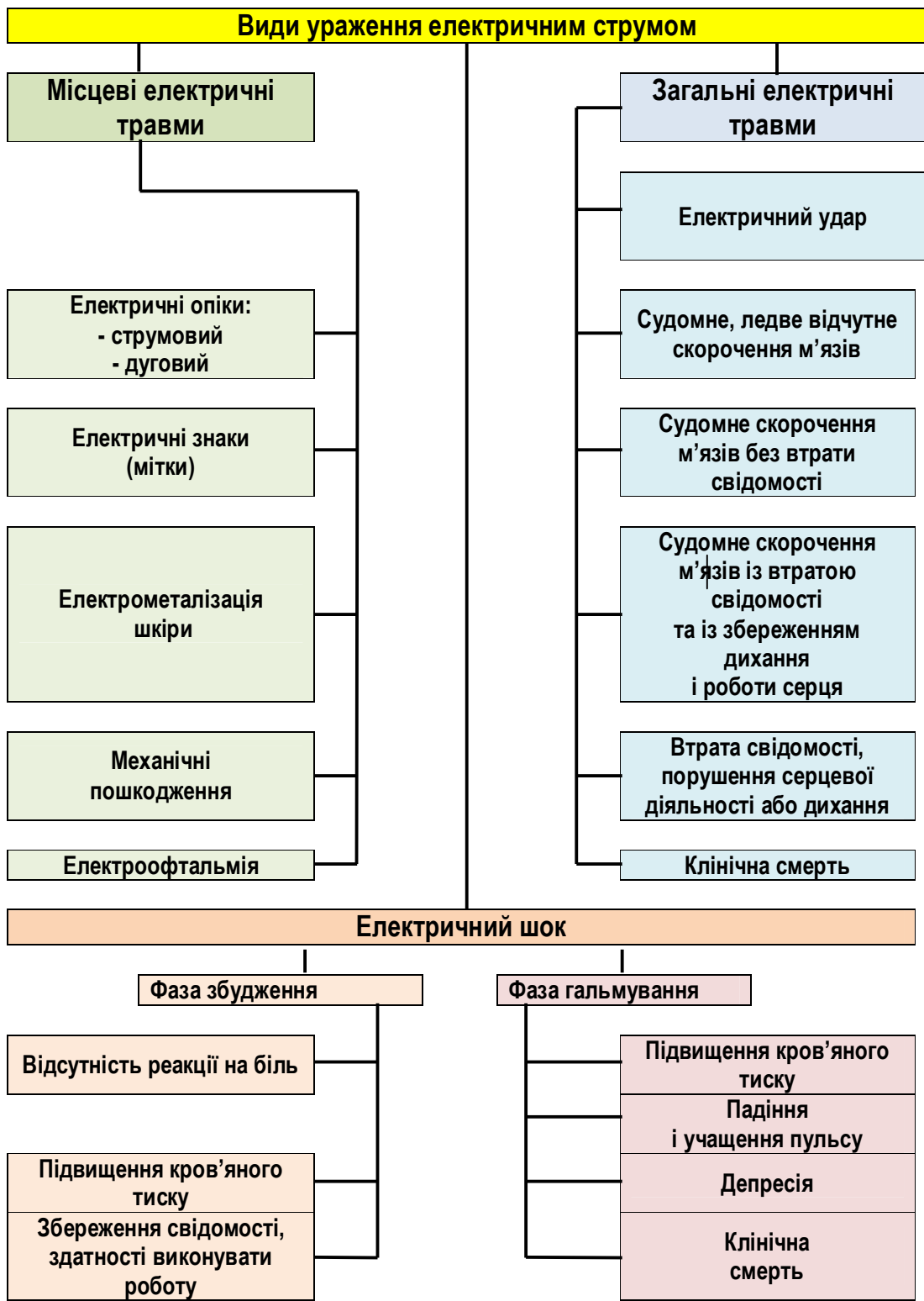


Рисунок 2.1 – Класифікація видів ураження електричним струмом

Електричні знаки виникають при контакті з струмоведучими частинами на місці входження струму в тіло людини і на виході з нього. Це припухлість сірого кольору круглої або овальної форми із затверділою шкірою.

Електрометалізація шкіри – проникнення у верхні шари шкіри частин металу, який розплавився під дією електричної дуги. Уражена ділянка шкіри стає шорсткою, потерпілий відчуває присутність стороннього тіла. З часом хвора шкіра загоюється і уражене місце набуває нормального вигляду.

Механічні ушкодження є наслідком різних судорожних скорочень м'язів під дією електричного струму, який проходить через тіло людини. При цьому можуть бути розриви сухожиль, шкіри, кровоносних судин і навіть вивихи і переломи кісток.

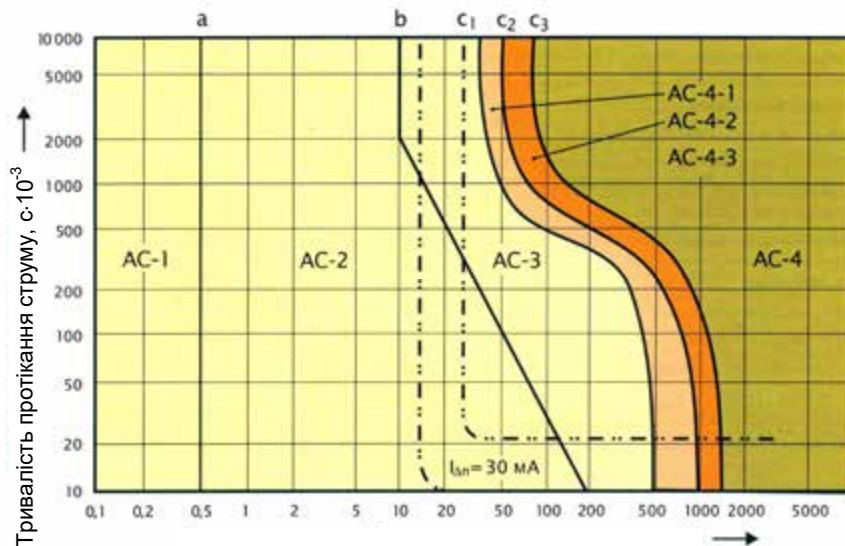
Електроофтальмія – запалення зовнішніх оболонок очей під дією ультрафіолетових променів, що виникають при наявності електричної дуги. Уникнути її можна, застосовуючи захисні окуляри.

Електричним ударом називають таку дію електричного струму на організм, при якій збуджуються тканини тіла, що супроводжується судорожним скороченням м'язів. Залежно від наслідків електричні удари бувають чотирьох ступенів: I – судорожне скорочення м'язів без втрати свідомості; II – судорожне скорочення м'язів з втратою свідомості, але при наявності дихання і роботи серця; III – втрата свідомості і порушення серцевої діяльності або дихання; IV – клінічна смерть (рис. 2.1).

Стан клінічної смерті характеризується відсутністю всіх ознак життя: людина не дихає, серце її не працює, больові подразнення не викликають у неї ніяких реакцій, зіниці різко розширені і не реагують на світло. Проте життя організму в період клінічної смерті не припиняється, що дає можливість оживити його. Тривалість клінічної смерті визначається часом з моменту припинення серцевої діяльності і дихання до початку загибелі клітин кори головного мозку. У більшості випадків вона становить 4 ... 6 хвилин.

Потім настає біологічна смерть, коли припиняються біологічні процеси в клітинах та тканинах організму і розпадаються білкові структури.

Особливості фізіологічного впливу електричного струму на людину наведені на рис.2.2.



Зони (AC-1...AC-4) фізіологічного впливу

| Умовне позначення зони | Граничні значення струму в зоні | Фізіологічний вплив струму |
|------------------------|--|---|
| AC-1 | До 0,5 мА (пряма a) | Як правило без ніякого впливу |
| AC-2 | Від 0,5 мА до кривої b | Як правило без шкідливого фізіологічного впливу |
| AC-3 | Від кривої b до кривої c1 | Як правило без органічного пошкодження. Можлива судова м'язів і проблеми з диханням, якщо струм протікає довше 2 с. Нестабільність серцевої діяльності без фібриляції серцевого м'язу спостерігається лише після більш тривалого протікання струму та у разі його більших значень |
| AC-4 | Вище кривої c1 | При більших значеннях і більшому часі протікання струму збільшуються наведені в зоні AC-3 такі небезпечні патологічні явища, як зупинка дихання і важкі опіки |
| AC-4-1 | Від кривої c1 - до кривої c2 | Імовірність виникнення фібриляції серцевого м'язу до 5% |
| AC-4-2 | Від кривої c2 - до кривої c3 | Імовірність виникнення фібриляції серцевого м'язу приблизно 50% |
| AC-4-3 | Вище кривої c3 | Імовірність виникнення фібриляції серцевого м'язу вище 50% |

Рисунок 2.2 – Фізіологічний вплив струму на людину

При тяжких формах електричного удару може виникнути фібриляція серця, тобто хаотичне швидке скорочення волокон серцевого м'яза, і воно перестає перекачувати кров по судинах. Фібриляція продовжується кілька хвилин, після чого серце зупиняється.

У загальному випадку опір тіла людини при двополюсному дотику прийнято представляти у вигляді еквівалентної схеми (рис. 2.3).

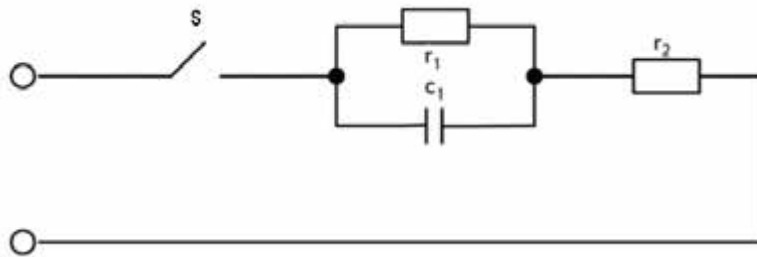


Рисунок 2.3 – Схема заміщення опору тіла людини:

r_1 – активний опір шкіри людини; c_1 – ємність шкіри між поверхнею електроду і м'язовою тканиною; r_2 – активний сумарний опір внутрішніх органів з урахуванням шляхів протікання струму при ураженні (через голову, область серцевого м'язу і т.д.)

Згідно із схемою заміщення модуль повного опору тіла людини Z має вигляд

$$Z = \sqrt{\left[r_2 + \frac{2r_1}{1 + (\omega \cdot c)^2} \right]^2} \quad (2.1)$$

З формули видно вплив частоти на опір Z : чим вища частота ω , тим менший опір Z , який при ω , що наближається до нескінченності, наближається до r_2 .

Опір живого організму електричному струму відрізняється від опору провідників та напівпровідників і є змінною величиною, яка має нелінійну залежність від багатьох факторів, у тому числі стану шкіри, параметрів електричної мережі, фізіологічних факторів і стану навколишнього середовища.

Відомо, що шкіра людини складається із зовнішнього рогового шару (епідермісу) і внутрішнього (дерми). Товщина рогового шару невелика – близько 0,2 мм, але саме він визначає опір шкіри. При сухій, непошкодженій шкірі електричний опір людини становить

10 000 – 100000 Ом, тоді як при знятому роговому шарі – 800 – 1000 Ом. Якщо до того ж уражена ділянка шкіра волога і брудна, опір буде найменшим – близько 500 Ом. При розрахунках опір тіла людини приймають рівним 1000 Ом.

Сила струму, що проходить через тіло людини, є головним фактором, від якого залежить наслідок ураження (табл. 2.1). Для характеристики його дії на людину встановлені:

– порогова відчутна сила струму – найменша сила струму, яка викликає при проходженні через організм людини відчутні подразнення;

– порогова невідпускаюча сила струму – найменша сила струму, що спричинює судорожні скорочення м'язів руки, в якій затиснутий провідник;

– порогова фібриляційна сила струму – найменша сила струму, при дії якої настає фібриляція серця.

Порогові сили струму при його проходженні по шляху «рука - рука» або «рука - ноги» наведені у табл. 2.2.

Гранично допустима сила струму при нормальному (неаварійному) режимі роботи електрообладнання не повинна перевищувати 0,3 мА при змінному струмі частотою 50 Гц і 1 мА – при постійному. У випадку високої температури (більше 25 °С) і значної вологості повітря (понад 75 %) зазначені величини слід зменшити в три рази.

Напруга дотику впливає на наслідок ураження, зумовлюючи опір тіла і силу струму, що проходить через нього. Гранично допустимі значення напруги дотику при нормальному режимі роботи електрообладнання не повинні перевищувати 2 В при змінному струмі частотою 50 Гц; 3 В – при змінному струмі частотою 400 Гц і 8 В – при постійному.

Таблиця 2.1 – Характеристика дії електричного струму на організм людини залежно від його виду та величини

| Сила струму, мА | Змінний струм частотою 50 Гц | Постійний струм |
|-----------------|--|--|
| 0,6 – 1,5 | Початок відчуття: слабе свербіння, пощипування шкіри | Не відчувається |
| 2 – 4 | Відчуття поширюється на зап'ястя, злегка зводить м'язи | Те ж |
| 5 – 7 | Больові відчуття посилюються у всій кисті, судороги; слабкий біль у руці до передпліччя | Початок відчуття: слабе нагрівання шкіри під електродами |
| 8 – 10 | Сильний біль, судороги у руді, включаючи передпліччя, руки важко відірвати від електродів | Нагрівання посилюється |
| 10 – 15 | Нестерпний біль у всій руці. Руки неможливо відірвати від електродів | Нагрівання посилюється ще більше |
| 20 – 25 | Сильний біль. Руки миттю паралізуються, відірвати їх від електродів неможливо. Затрудняється дихання | Шкіра сильно нагрівається, відчувається внутрішнє нагрівання, незначні скорочення м'язів рук |
| 50 – 80 | Параліч дихання. Порущується робота серця. При тривалій дії настає фібриляція серця | Руки неможливо відірвати від електродів |
| 80 – 100 | Параліч дихання. При тривалості дії струму 3 с і більше – фібриляція серця | Параліч дихання |
| 300 | Те ж, за менший строк | Параліч дихання. При тривалості 3 с і більше – фібриляція серця |

Таблиця 2.2 – Порогові значення сили струму, мА

| Вид струму | Порогова відчутна сила струму | Порогова невідпускаюча сила струму | Порогова фібриляційна сила струму |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Змінний струм частотою 50 Гц | 0,6 – 1,5 | 10 – 15 | 80 – 100 |
| Постійний струм | 5 – 7,0 | 50 – 80 | 300 |

Гранично допустимі значення напруги дотику та сили струму при аварійному режимі роботи електрообладнання напругою до 1000 В з глухозаземленою або ізольованою централлю і вище 1000 В з ізольованою не повинні перевищувати значень, наведених у табл. 2.3.

Тривалість проходження струму через тіло людини значно впливає на наслідок ураження, тому що з часом різко зменшується опір шкіри і більш імовірним стає ураження серця. Наприклад, для змінного струму частотою 50 Гц гранично допустима сила струму при тривалості дії 0,1 с становить 500 мА, а протягом 1 с – лише 50 мА (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Гранично допустимі значення напруги дотику U_0 , В

| Вид струму | Нормована величина | Гранично допустимі значення напруги дотику, В при аварійному режимі роботи електрообладнання за тривалості дії струму, с | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| | | 0,01-0,08 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | Більше 1 |
| Змінний частотою 50 Гц | U_d | 650 | 500 | 250 | 165 | 125 | 100 | 85 | 70 | 65 | 55 | 50 | 36 |
| | I_d | | | | | | | | | | | | 6 |
| Те ж частотою 400 Гц | U_d | 650 | 500 | 500 | 330 | 250 | 200 | 170 | 140 | 130 | 110 | 100 | 36 |
| | I_d | | | | | | | | | | | | 8 |
| Постійний | U_d | 650 | 500 | 400 | 350 | 300 | 250 | 240 | 230 | 220 | 210 | 200 | 49 |
| | I_d | | | | | | | | | | | | 15 |
| Випрямлений двонапівперіодний | $U_{ампл}$ | 650 | 500 | 400 | 300 | 270 | 230 | 220 | 210 | 200 | 190 | 180 | - |
| | $I_{ампл}$ | | | | | | | | | | | | |
| Випрямлений одно-напівперіодний | $U_{ампл}$ | 650 | 500 | 400 | 300 | 250 | 200 | 190 | 180 | 170 | 160 | 150 | - |
| | $I_{ампл}$ | | | | | | | | | | | | |

Вид і частота струму також визначають наслідок ураження. Найбільш небезпечним є змінний струм частотою 20 – 100 Гц. Постійний струм менш небезпечний, ніж змінний (табл. 2.1), але це справедливо тільки для напруг величиною до 300 В. При подальшому збільшенні напруги небезпека постійного струму зростає і при напрузі 400 – 600 В вона буде такою ж, як і змінного частотою 50 Гц. Змінний струм сприймається більш болісно.

Найбільша небезпека виникає при безпосередньому проходженні струму через життєво важливі органи (серце, легені, головний мозок). Шлях струму в тілі людини називають петлями струму (рис. 2.4). Значна частина струму проходить через серце по таких петлях (в % від загальної величини струму): права рука-ноги – 6,7; ліва рука-ноги – 3,7; рука-рука – 3,3; нога-нога – 0,4. Найбільша величина струму (6,7 %) проходить по петлі права рука-ноги, що пояснюється розміщенням поздовжньої осі серця.

Хоч петля нога-нога і є найменш небезпечною, не можна робити висновок про безпеку крокової напруги для людини. Треба пам'ятати, що дія навіть невеликої сили струму може викликати різкі судороги м'язів, людина впаде на землю і виникнуть найнебезпечніші петлі права рука-ноги або ліва рука-ноги.

Індивідуальні особливості людини і стан навколишнього середовища також впливають на наслідок ураження струмом. Характер дії струму залежить від маси людини, її фізичного стану, стану нервової системи та всього організму. Так, у стані збудження нервової системи, депресії, хвороби (особливо шкіри, серцево-судинної системи), а також у нетверезому стані люди більш чутливі до дії електричного струму. Тому до обслуговування електрообладнання допускають осіб, які пройшли медичний огляд і спеціальне навчання.

Вплив навколишнього середовища враховується класифікацією приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом.

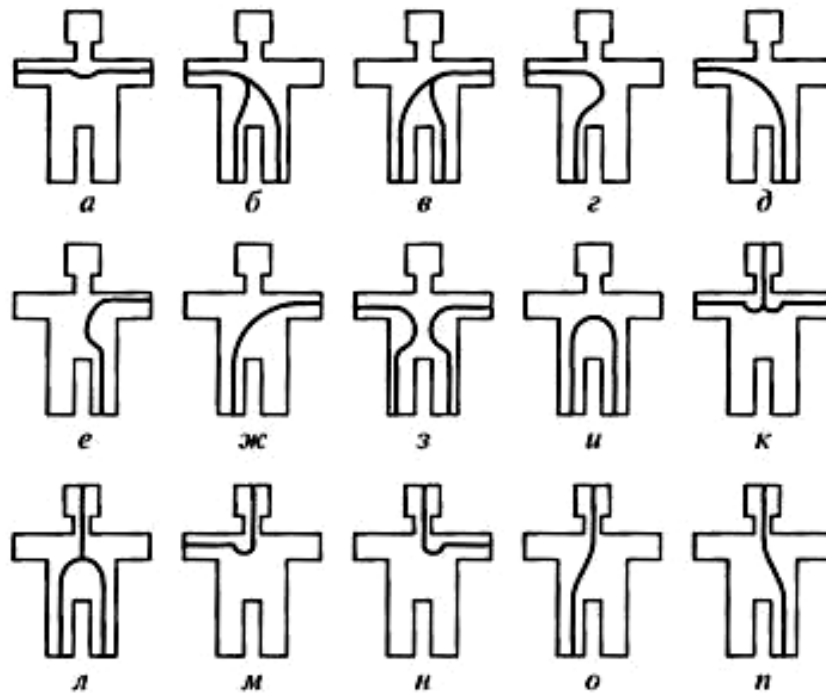


Рисунок 2.4 – Можливі шляхи проходження струму через тіло людини:

а – рука-рука; *б* – права рука-обидві ноги; *в* – ліва рука-обидві ноги; *г* – права рука-права нога; *д* – права рука-ліва нога; *е* – ліва рука-ліва нога; *ж* – ліва рука-права нога; *з* – обидві руки-обидві ноги; *и* – нога-нога; *к* – голова-обидві руки; *л* – голова-обидві ноги; *м* – голова-права рука; *н* – голова-ліва рука; *о* – голова-права нога; *п* – голова-ліва нога

Струм, що проходить через будь-яку ділянку тіла людини, залежить від прикладеної напруги $U_{\text{д}}$ (напруга дотику) і електричного опору тіла людини $R_{\text{люд}}$:

$$I = \frac{U_{\text{д}}}{R_{\text{люд}}} \quad (2.2)$$

2.2 Дія електричного струму на сільськогосподарських тварин

Відомо, що небезпечна дія електричного струму тим менша, чим більша маса тварини. Проте опір тіла великої рогатої худоби менший,

ніж людини, і при однаковій напрузі через тіло тварини проходить значно більший струм, ніж через людину. Тому допустимі струми великої рогатої худоби більші, ніж для людини, але напруги менші (табл. 2.4). Опір тіла тварини залежить і від напруги дотику. Так, при малих значеннях напруги дотику (2-3 В) опір становить 500 Ом, при напрузі 24-100 В зменшується до 200 Ом, а при 150 В і вище – до 150 Ом.

Таблиця 2.4 – Допустимі значення сили струму та напруги дотику для великої рогатої худоби

| Тривалість дії струму, с | 0,2 | 0,5 | 1 | 5 | 10 | 20 | 30 | Понад 30 |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| Сила струму, мА | 950 | 550 | 400 | 170 | 120 | 100 | 50 | 7,5 |
| Напруга, В | 150 | 100 | 75 | 35 | 24 | 20 | 16 | 3,5 |

Існує декілька найхарактерніших випадків прикладення напруги до тіла тварини: між носовим дзеркалом і кінцівками, коли тварини торкаються автонапувалок, що знаходяться під напругою відносно землі або підлоги; між передніми та задніми ногами, якщо вони стоять на землі або підлозі в зоні розтікання струму; між шиєю й ногами при прив'язному способі утримання і використанні металевої прив'язі, що опинилася під напругою.

При кроковій напрузі за схемою «передні ноги - задні ноги» або «шия - ноги» залежно від її величини судорожно скорочуються м'язи тварини, тварина падає і настає фібриляція серця.

При розробці засобів і заходів по електробезпеці шарни треба враховувати, що напруга на металоконструкціях не повинна перевищувати 0,5 В.

2.3 Причини електротравматизму в сільському господарстві

Причинами електротравматизму часто бувають порушення правил, норм електробезпеки, законодавства про працю при взаємодії з об'єктивними і суб'єктивними передумовами цих порушень, а також недосконалість заходів, передбачених згаданими правилами, нормами і законами. Їх поділяють на: технічні, організаційно-технічні, організаційні та організаційно-соціальні.

До технічних причин належать: дефекти влаштування електроустановок та захисних засобів (дефекти документації, виготовлення, монтажу і ремонту); несправності обладнання, захисних засобів і пристроїв, що виникають у процесі експлуатації (пошкодження ізоляції, обрив провідника); невідповідність типу електрообладнання умовам застосування.

Організаційно-технічні причини: недотримання технічних заходів, що створюють безпеку робіт експлуатаційному персоналу при обслуговуванні електрообладнання (помилки при вмиканні електрообладнання); відсутність огорож і попереджувальних плакатів; порушення порядку накладання та знімання переносного заземлення; несвоєчасна заміна несправного або застарілого обладнання (використання захисних засобів, строк випробувань яких закінчився); використання обладнання, не прийнятого в експлуатацію у передбаченому порядку (в тому числі саморобних).

Організаційними причинами є недотримання або неправильне застосування організаційних заходів безпеки: недостатнє навчання персоналу; невідповідність роботи завданню; порушення порядку допуску бригади до роботи; неякісний нагляд під час роботи; неправильне оформлення перерв і закінчення роботи.

До організаційно-соціальних причин належать: робота в понаднормовий час; допуск до роботи в електроустановках осіб молодше 18 років; невідповідність роботи спеціальності; порушення трудової дисципліни; допуск до роботи осіб, які мають медичні протипоказання.

Сільськогосподарські виробничі приміщення з точки зору ураження електричним струмом належать до особливо небезпечних та з підвищеною небезпекою.

Хімічно активне середовище і підвищена вологість тваринницьких ферм негативно впливають на ізоляцію струмоведучих частин електрообладнання і призводять до зменшення її опору або повного руйнування.

Небезпека ураження струмом зумовлюється також незначним опором підлоги й підстилки в приміщеннях, де знаходяться тварини. Крім того, в електроустановках на тваринницьких фермах часто виникають аварійні режими роботи електрообладнання: коротке замикання на корпус чи землю; обрив нейтрального проводу електричної мережі під дією вітру; поява струмів витікання.

Найчастіше причинами потрапляння людей під напругу є доторкання до відкритих струмоведучих частин (55,9 %), металевих частин обладнання, яке було під напругою (22,8 %), струмоведучих частин предметами з малим опором (17,7 %), ураження кроковою напругою (2,4 %) та електричною дугою (1,2 %).

Таким чином, обслуговуючий електротехнічний персонал повинен ретельно стежити за справністю електрообладнання і проводити профілактичні роботи.

3 ПЕРША ДОПОМОГА ПОТЕРПІЛОМУ ВІД УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ

3.1 Загальні положення

Перша допомога – це комплекс заходів, спрямованих на відновлення або збереження життя і здоров'я потерпілого, які здійснюють медичні працівники або самі потерпілі.

Основними умовами успіху при наданні першої допомоги є спокій, винахідливість, швидкість дії, знання та вміння особи, що надає допомогу. Ці якості можна виробити в процесі спеціальної підготовки. Кожен працівник повинен вміти надавати допомогу так само кваліфіковано, як і виконувати свої професійні обов'язки.

Під час надання першої допомоги необхідно:

- усунути дію на організм фактора, який загрожує здоров'ю і життю (рис. 3.1), і оцінити стан потерпілого; визначити характер і тяжкість травми, найбільшу загрозу для життя потерпілого і послідовність його рятування;
- вжити необхідних заходів з рятування потерпілого в порядку терміновості (відновити прохідність дихальних шляхів, провести штучне дихання, зовнішній масаж серця тощо);
- викликати швидко медичну допомогу або вжити заходів для транспортування потерпілого до найближчої лікувальної установи;
- підтримувати основні життєві функції потерпілого до прибуття медичних працівників;

Рятування потерпілого у більшості випадків залежить від того, як швидко він буде звільнений від дії струму і наскільки правильно надано йому першу допомогу. Оживлення ефективно у тих випадках, коли з моменту зупинки серця пройшло не більше 4 хв. Висновок про смерть потерпілого має право робити тільки лікар.

Всіх осіб, що обслуговують електрообладнання, необхідно не рідше одного разу на рік інструктувати про безпеку ураження електричним струмом, способи надання першої допомоги з одночасним практичним навчанням прийомам звільнення від струму, способам штучного дихання та зовнішнього масажу серця. Заняття

проводять медичний персонал або інженер з охорони праці, який пройшов спеціальну підготовку. За навчання відповідають керівники підприємства.

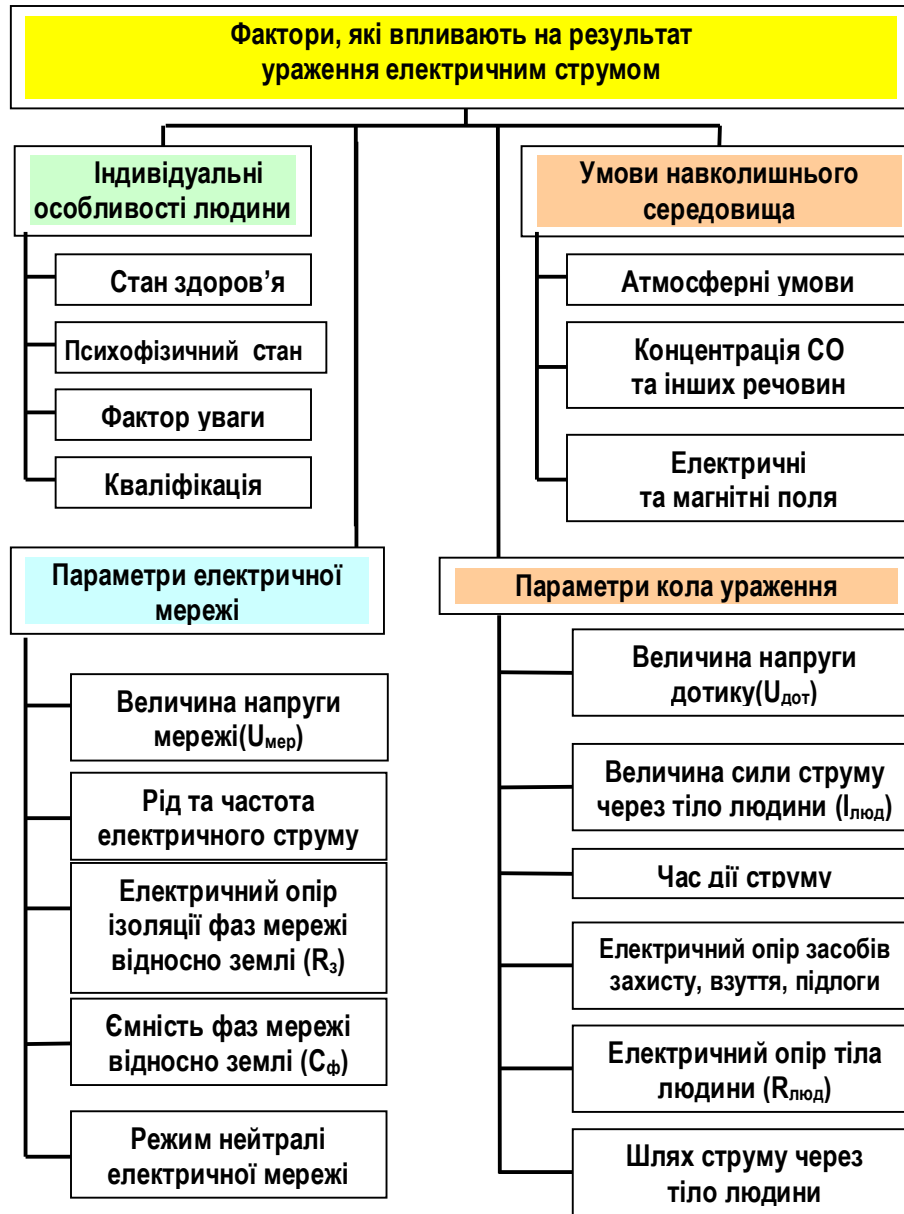


Рисунок 3.1 – Класифікація факторів, що впливають на результат ураження людини електричним струмом

Для правильної організації робіт з надання першої допомоги потрібно забезпечити виконання таких умов: у місцях постійного чергування (підстанції напругою 35/10 кВ, електроцехи сільськогосподарських підприємств тощо) повинні бути аптечки і плакати щодо правил надання першої допомоги, проведення штучного дихання та зовнішнього масажу серця. В аптечці або сумці першої допомоги повинні знаходитися основні медичні засоби та медикаменти.

На підприємстві виділяють осіб, відповідальних за систематичне поповнення і стан аптечок та сумок першої допомоги.

Медичний персонал здійснює періодичний контроль за правильністю застосування правил надання першої допомоги, своєчасним і обов'язковим направленням потерпілих до медичного закладу.

Допомога потерпілому, яку надає не фахівець, не повинна підміняти собою допомогу з боку медичного персоналу, її виконують тільки до прибуття лікаря.

3.2 Звільнення потерпілого від дії електричного струму

При ураженнях електричним струмом потерпілий часто продовжує знаходитися в контактi із струмоведучою частиною і не може самостійно розірвати його. Необхідно швидко звільнити потерпілого від дії струму, тому що від її тривалості залежить тяжкість електротравми. Якщо потерпілий тримає провід руками, то внаслідок судорожного скорочення м'язів його пальці так сильно стискаються, що вивільнити провід неможливо. Тому перш за все вимикають ту частину електроустановки, до якої доторкається людина. Вимикання виконують найближчим рубильником, вимикачем або іншим вимикаючим апаратом.

При цьому треба мати на увазі, якщо потерпілий знаходиться на висоті, то вимикання напруги може призвести до його падіння. У такому випадку слід вжити заходів, які запобігають або зумовлюють безпечне падіння потерпілого.

Під час вимикання електроустановки може погаснути електричне освітлення, тому необхідно мати наготові інші джерела

світла (ліхтар «летюча миша», факел, аварійне освітлення тощо), щоб не затримувати вимикання установки та надання допомоги потерпілому. Якщо електрообладнання швидко вимкнути неможливо, вживають інших заходів звільнення потерпілого від дії струму. Вони залежать від напруги електрообладнання, зовнішнього середовища, наявності необхідних пристроїв та предметів.

При напрузі до 1000 В для відокремлювання потерпілого під струмоведучих частин користуються дошкою, палицею або іншим сухим предметом, що не проводить електричний струм (рис. 3.2 а). Можна також відірвати людину від струмоведучих частин, взявшись за її одяг, якщо він сухий і відстає від тіла, наприклад за поли, комір, не торкаючись при цьому металевих предметів та частин тіла, не прикритих одягом (рис. 3.2 б). Відтягуючи потерпілого за ноги, не слід торкатися до його взуття без належної ізоляції своїх рук, тому що воно може бути вогким і проводитиме електричний струм.

Для ізоляції рук надівають діелектричні рукавиці або обв'язують їх шарфом, надівають на руку суконний капелюх, опускають на неї рукав, накидають па потерпілого гумовий килимок, плащ чи просто суху тканину. Можна також ізолювати себе, ставши на суху дошку або підстилку, що не проводить струм, або пакунок з одягом.

Рекомендується діяти за можливості однією рукою, тримаючи другу в кишені чи за спиною.

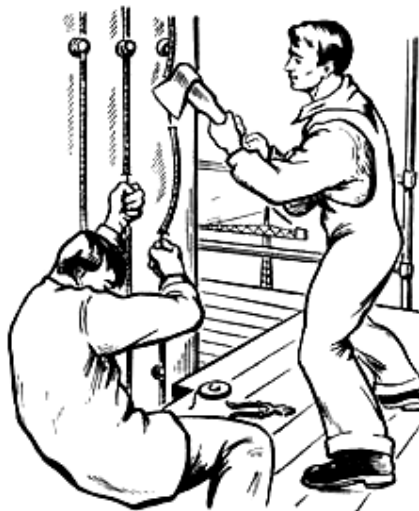
Якщо електричний струм проходить через потерпілого в землю і він судорожно затискує в руках провід, простіше перервати дію струму, відокремивши потерпілого від землі (підсунути під нього суху дошку, відтягнути ноги від землі мотузкою або одягом), дотримуючись при цьому обережності. Можна також перерубати проводи сокирою із сухим дерев'яним держакком або перекусити їх інструментом з ізолюючими рукоятками. При цьому не можна торкатися проводів, рубати кожний провід треба окремо, стоячи на сухих дошках, дерев'яній драбині тощо (рис. 3.2 в).



a)



б)



в)

Рисунок 3.2 – Звільнення потерпілого від дії електричного струму в електроустановках напругою до 1000 В

При напрузі понад 1000 В для відокремлення потерпілого від струмоведучих частин слід надіти діелектричні рукавиці, боти і користуватися ізолюючою штангою або ізолюючими кліщами. Слід пам'ятати про небезпеку крокової напруги: якщо провід лежить на землі, то після звільнення від дії струму потерпілого виносять з небезпечної зони.

На лініях електропередавання, коли звільнити людину від дії струму одним із наведених вище способів неможливо, роблять коротке замикання, накинувши на проводи гнучкий неізолюваний провід. Для цього спочатку його з'єднують із землею, а потім накидають на лінійні проводи.

Особі, що надає допомогу, слід пам'ятати про небезпеку напруги кроку, якщо струмоведуча частина (приміром провід) лежить на землі. Переміщатися в цій зоні потрібно з особливою обережністю, використовуючи засоби захисту для ізолювання від землі (діелектричні калози, боти, килимки, ізолюючі підставки) або предмети, що погано проводять електричний струм (сухі дошки, колоди тощо). Без засобів захисту переміщатися в зоні розтікання струму замикання на землю слід, пересуваючи ступні ніг по землі і не відриваючи їх одну від іншої (рис.3.3).

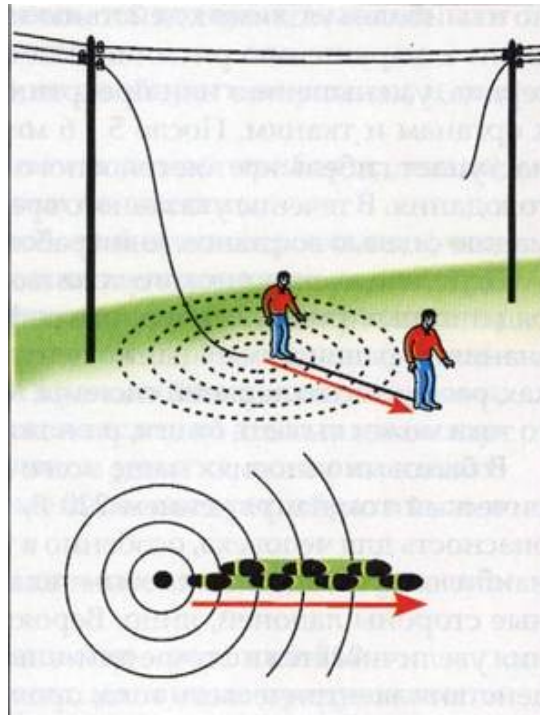


Рисунок 3.3 – Переміщення в зоні падіння на землю проводу лінії електропередавання

3.3 Заходи першої допомоги при ураженні електричним струмом

Заходи першої медичної допомоги залежать від етапу, на якому знаходиться потерпілий після звільнення його від дії струму. Прикмети, за якими можна швидко визначити його стан, такі: свідомість (ясна, відсутня, порушена); колір шкіри (рожевий, синій, блідий); дихання (нормальне, відсутнє, порушене); пульс на сонній артерії; зіниці (вузькі, розширені).

При відсутності ознак життя, тобто коли у потерпілого відсутні дихання, пульс, а зіниці розширені, можна вважати, що він знаходиться в стані клінічної смерті. Необхідно терміново робити штучне дихання і масаж серця. Померлою можна визнати людину тільки у випадку тяжких зовнішніх пошкоджень, наприклад роздроблення черепа при падінні, обгоряння всього тіла. В інших випадках констатувати смерть може тільки лікар.

Потерпілому, що дихає рідко і судорожно, але в нього прощупується пульс, треба негайно робити штучне дихання. При цьому не обов'язково, щоб він знаходився в горизонтальному положенні.

Якщо потерпілий не втратив свідомості, але до того був непритомним або тривалий час знаходився під дією струму, його треба покласти на підстилку, наприклад з одягу, розстебнути одяг, який заважає диханню, і до прибуття лікаря забезпечити повний спокій та безперервно спостерігати за диханням і пульсом. Приступивши до оживлення, обов'язково викликають лікаря незалежно від стану потерпілого.

Ні в якому разі не можна дозволяти потерпілому рухатися, а тим більше продовжувати роботу, тому що відсутність тяжких пошкоджень не виключає подальшого погіршення його стану.

При ураженні блискавкою надають таку ж допомогу, як і при ураженні електричним струмом. Не можна закопувати потерпілого в землю, тому що це принесе тільки шкоду.

3.4 Способи проведення штучного дихання і зовнішнього масажу серця

Якщо потерпілий не дихає або дихає рідко і судорожно, роблять штучне дихання для забезпечення газообміну в організмі, тобто насичення крові киснем і виведення вуглекислого газу. Крім того, штучне дихання, діючи рефлекторно на дихальний центр головного мозку, сприяє відновленню самостійного дихання потерпілого. Газообмін проходить в легенях, де повітря заповнює безліч альвеол, до стінок яких надходить кров, насичена вуглекислим газом. Через них і відбувається газообмін, тобто з повітря в кров переходить кисень, а з крові в повітря – вуглекислий газ.

Існує багато різних способів штучного дихання, які поділяють на ручні й апаратні.

Найефективнішим є спосіб «із рота в рот» або «із рота в ніс», оскільки при цьому забезпечується надходження достатнього об'єму повітря в легені потерпілого. Встановлено, що видихуване людиною повітря містить 15 – 17 % кисню, що достатньо для дихання. Вдувають повітря через марлю, хустку або спеціальний пристрій.

Перш ніж приступити до штучного дихання, звільняють потерпілого від одягу, який заважає диханню – розстібують комір, розв'язують галстук, розстібують штани; звільняють рот від сторонніх речей; кладуть па спину на горизонтальну поверхню; максимально закидають голову назад, підклавши одну руку під шию, а іншою надавлюють на лоб так, щоб підборіддя було на одній лінії із шиєю (рис. 3.4 а). При такому положенні голови розкривають рот, корінь язика відходить від задньої гортані забезпечують вільний прохід повітря в легені. При наявності в роті сторонніх предметів голову і плечі потерпілого повертають на бік і очищають рот та глотку носовою хусткою, намотаною на вказівний палець. Після цього надають голові попереднє положення і максимально закидають її назад.

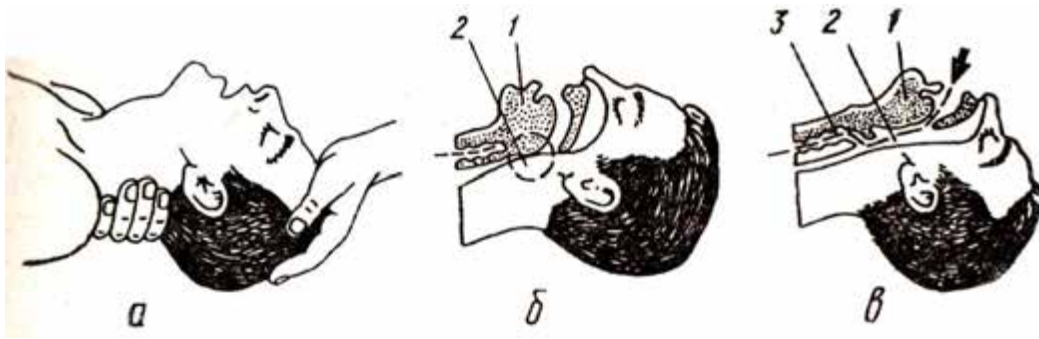


Рисунок 3.4 – Положення голови потерпілого від час виконання штучного дихання:

а – корінь язика; б – задня стінка гортані; в – вільне проходження повітря

Закінчивши підготовчі операції, той, хто надає допомогу, робить глибокий вдих і потім, щільно притиснувши свій рот до рота потерпілого, видихає повітря (рис. 3.5). Одночасно він закриває ніс потерпілого щокою або пальцями руки, яка знаходиться на лобі.



Рисунок 3.5 – Виконання штучного дихання способом «із рота в рот».

Контроль за надходженням повітря в легені потерпілого здійснюють за розширенням грудної клітки при кожному вдуванні. Якщо після вдування повітря грудна клітка не розправляється, це свідчить про непрохідність дихальних шляхів. У цьому випадку висувають нижню щелепу потерпілого

вперед. Легше висунути її введенням в рот людини великого пальця. Якщо щелепи потерпілого стиснуті настільки міцно, що розкрити рот не вдається, штучне дихання роблять способом «із рота в ніс» (рис. 3.6).

За наявності у потерпілого пульсу проводять тільки штучне дихання з інтервалом між вдуванням повітря 5 с, що відповідає частоті дихання (12 разів на хвилину) і 3 – 4 с для дітей (15 – 18 разів на хвилину). Його виконують до поновлення власного глибокого ритмічного дихання.

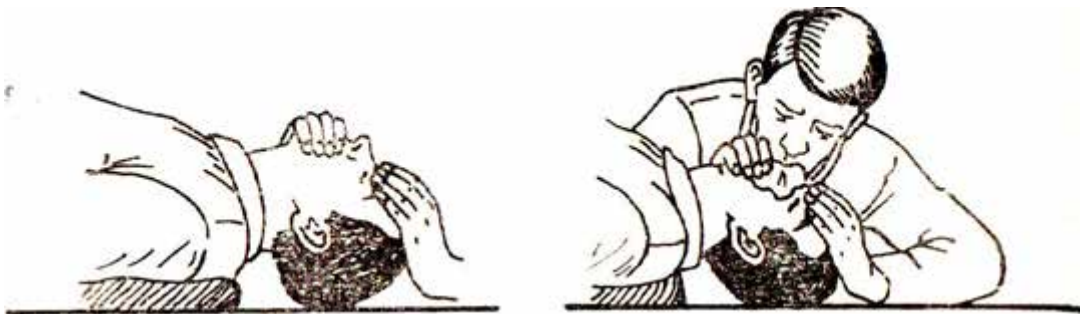


Рисунок 3.6 – Виконання штучного дихання способом «із рота в ніс».

Проведення тривалого і ритмічного штучного дихання забезпечує ручний портативний апарат РПА-1 (рис. 3.7). Принцип його роботи полягає у вдуванні в легені потерпілого атмосферного повітря гумовими міхами. Основними частинами апарату є невеликий міх, що приводять в дію рукою, і маска, яку щільно накладають на рот і ніс потерпілого. Завдяки портативності і малій масі його використовують в польових умовах.



Рисунок 3.7 – Виконання штучного дихання за допомогою апарату РПА-1

Більш досконалыми апаратами для штучного дихання з активним вдихом і видихом є апарат ДП-2 (рис. 3.8) і апарат Охулог 3000 (рис. 3.9). Він працює автоматично, використовуючи енергію стисненого кисню, що знаходиться в балоні. Апарат забезпечений пристроєм, що регулює глибину і тривалість вдиху та видиху, частоту дихання, вміст кисню в суміші і її вологість.

Якщо у потерпілого відсутній пульс, одночасно з штучним диханням роблять зовнішній масаж серця (ритмічне натискування на передню стінку грудної клітки). У результаті цього серце стискується між грудиною та хребтом і витискує із своїх порожнин кров. Після закінчення натискування грудна клітка розпрямляється і серце заповнюється кров'ю, яка надходить із вен. Якщо натискувати на грудину штовхоподібними рухами, то кров буде виштовхуватись із порожнин серця майже так, як це відбувається при його природному скороченні.

Зовнішній (непрямий) масаж серця виконують таким чином. Грудну клітку потерпілого звільняють від одягу, укладають його на спину на тверду основу. Для кращого припливу крові до серця ноги потерпілого слід підняти приблизно на 0,5 м.



Рисунок 3.8 – Апарат для штучного дихання ДП-2



Рисунок 3.9 – Апарат для штучного дихання Oxylog 3000 фірми «Dräger»

Дуже важливо визначити місце натискання. Для цього промацують нижній кінець грудини і на 3 – 4 см вище знаходять точку натискання (рис. 3.10).

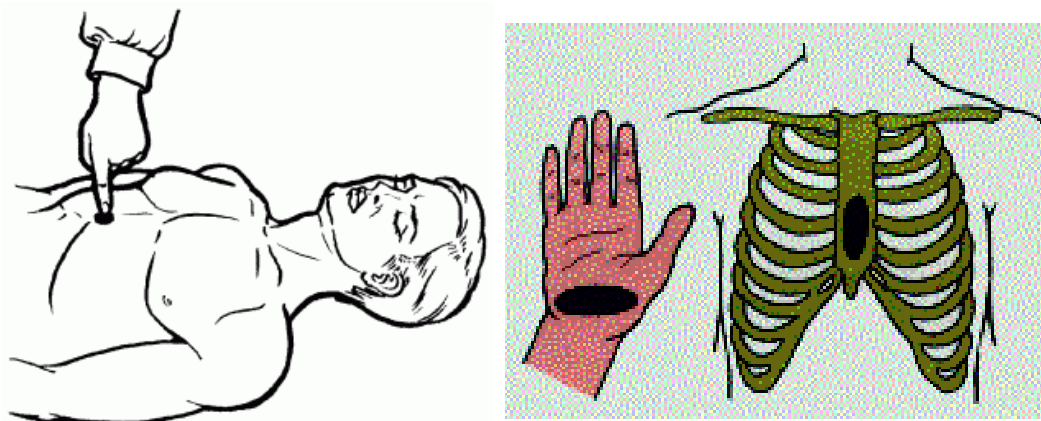


Рисунок 3.10 – Визначення місця натискання на грудну клітку потерпілого при виконанні непрямого масажу серця

Особа, що надає допомогу, опускається збоку від потерпілого, знаходить точку натискання і кладе на неї долоню так, щоб пальці рук не торкалися грудної клітки. Тонус м'язів грудної клітки у потерпілого різко знижений, тому для масажу серця зусилля однієї руки недостатньо. Для створення більшого зусилля другу руку накладають під прямим кутом на тильну частину долоні першої руки. Завдяки цьому вдається швидко (поштовхом) і сильно натискувати на грудину, яка наближається до хребта на 3 – 5 см, здавлює серце (рис. 3.11), і кров з його порожнин виштовхується в судини великого і малого кіл кровообігу.

Після поштовху грудина переміщається у вихідне положення, а серце, звільнене від стискуючого зусилля, наповнюється кров'ю, що надходить з вен.

Частота натискань повинна складати 60 – 80 раз на хвилину (приблизно 1 раз в секунду) для дорослих і до 100 разів на хвилину для дітей. При такому ритмі створюється можливість тривалої підтримки артеріального тиску, що необхідно для життєдіяльності організму до відновлення самостійної роботи серця.

При виконанні масажу не можна натискувати на кінці ребер або на м'які тканини, що примикають до грудини (можна зламати ребра і пошкодити внутрішні органи).

Натискаючи на грудину, не слід згинати руки в ліктьових суглобах. Після поштовху руки розслабляють, але не знімають з грудини.

Дітям зовнішній масаж серця потрібно проводити однією рукою, натискаючи великим пальцем або двома (вказівним і середнім) на нижню частину грудини.

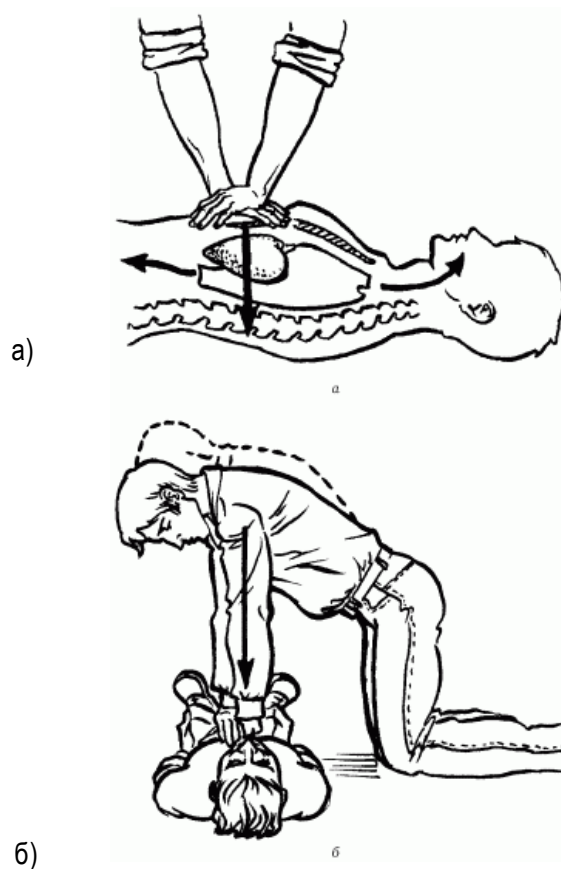


Рисунок 3.11 – Виконання зовнішнього(непрямого) масажу серця потерпілого:

а) – положення рук; б) – момент натискання на грудину.

При одночасному виконанні штучного дихання і масажу серця відношення кількості вдукань до натисень на грудну клітку визначається кількістю осіб, що надають першу допомогу.

Коли це робить одна особа (рис. 3.12а), то спочатку вона робить 2 – 3 рази вдукання в легені потерпілого повітря (на це витрачається не більше 10 – 15 секунд), а потім, після двосекундної перерви (необхідної для завершення дихання), 15 – 20 разів натискує на грудину (на що витрачається ще 15 – 20 секунд).

Під час чергування штучного дихання та масажу серця пауза повинна бути мінімальною.

Якщо першу допомогу надають дві особи (рис. 3.12б), то одна з них робить штучне дихання, а інша – масаж серця. В цьому випадку після кожного вдукання в легені потерпілого і двосекундної паузи проводиться 5 – 6 натисень на грудину.

При участі в реанімації двох осіб співвідношення «дихання - масаж» становить 1 : 5.

Про ефективність вжитих заходів буде свідчити поява пульсу (на сонній артерії на шиї або на променевій артерії на зап'ясті), відновлення дихання, поліпшення кольору обличчя (із землисто-сірого воно стане рожевим). Найбільш точним показником ефективності допомоги служить звуження зіниць: цей факт свідчить про те, що в мозок почав надходити кисень.

При перших ознаках оживлення непрямий масаж серця і штучне дихання необхідно продовжувати безперервно протягом 5 – 10 хвилин.

Тривала відсутність пульсу при появі дихання та інших ознак оживлення організму вказує на наявність фібриляції серця. В такому разі надати ефективну допомогу може лише лікар за допомогою спеціального приладу – дефібрилятора.

Долікарську допомогу надають, за можливості, на місці, де трапився випадок ураження людини електричним струмом. Перенести потерпілого в інше місце необхідно в тих випадках, коли йому продовжує загрожувати небезпека ураження електричним струмом або коли надати долікарську допомогу на місці неможливо.

Не можна класти потерпілого на сиру або мерзлу землю, на кам'яну, бетонну або металеву підлогу, оскільки при порушенні

дихання і кровообігу людина швидко втрачає тепло, втрачаються процеси терморегуляції. Потерпілого необхідно покласти на яку-небудь підстилку, зігріти, накривши його одягом, що є під рукою. Існує шкідливий забобон, що потрібно закопувати потерпілого в землю для відведення електричного заряду. Ні в якому разі не можна допускати таких дій.

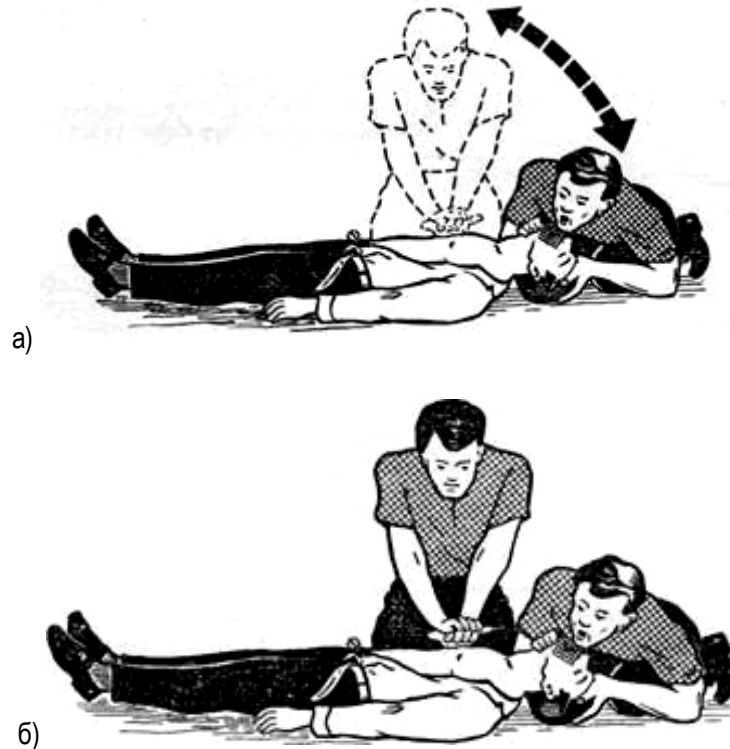


Рисунок 3.12 – Проведення штучного дихання і зовнішнього масажу серця потерпілого:

а) однією особою і б) двома особами

Проводити штучне дихання слід безперервно до досягнення позитивного результату або появи безперечних ознак дійсної смерті (трупні плями або трупне залякнення), що повинен встановити лікар.

Непрямий масаж серця так само, як і штучне дихання, повинен уміти виконувати кожен. Цьому можна навчитися на спеціальних заняттях. Той, хто виконуватиме роль потерпілого, повинен лягти на підлогу або на стіл і максимально розслабити м'язи. Перед кожними 5 – 6 ритмічними натисканнями він робить глибокий вдих, а у момент

натискання не перешкоджає виходу повітря з легенів (повітря виходить по частинах у момент кожного натискання).

Найефективніше і доцільно за ситуації, коли потерпілий не дихає і його пульс не промацується, виконувати комплексне оживлення: 2 – 3 глибоких вдихи – 15 – 20 секунд масаж серця і т. д.

Коли потерпілий прийде в себе, йому необхідно дати випити велику кількість рідини, укласти, укрити теплою ковдрою і аж до приїзду лікаря стежити за його станом (диханням, температурою, пульсом). Якщо є така можливість, потерпілого потрібно терміново госпіталізувати.

4 ЗАХОДИ І ЗАСОБИ ВІД УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ

4.1 Схеми дотику¹⁰ в електроустановках

Ураження людини електричним струмом¹¹ може статися при:

- двофазному дотику до неізольованих струмовідних¹² частин електроустановки, що знаходиться під напругою;
- однофазному дотику неізольованої від землі людини до неізольованих струмовідних¹³ частин, що знаходяться під напругою;
- наближенні людини на небезпечну відстань до струмовідних частин, що знаходяться під напругою;
- дотику людини до неструмовідних провідних частин (корпусів) електроустановок, що виявилися під напругою внаслідок замикання фази на корпус;
- потраплянні під напругу кроку¹⁴ в зоні розтікання струму замикання на землю;
- дії атмосферної електрики під час блискавки;
- звільненні людини, що потрапила під напругу.

Двофазний дотик (рис. 4.1) є найбільш небезпечним, оскільки людина потрапляє під робочу напругу (у трифазних мережах – лінійну) незалежно від схеми мережі, режиму роботи

¹⁰**Прямий дотик** – електричний контакт людей або тварин із струмовідними частинами, що перебувають під напругою, або наближення до них на небезпечну відстань (ПУЕ -2014, п.1.7.12).

Непрямий дотик – електричний контакт людей або тварин з відкритою провідною частиною, яка опинилася під напругою внаслідок пошкодження ізоляції (ПУЕ -2014, п.1.7.12).

¹¹**Ураження електричним струмом** (англ. еквівалент “*electric shock*”) – патофізіологічний стан, спричинений проходженням електричного струму через тіло людини або тварини (ПУЕ -2014, п.1.7.3).

¹²**Струмовідна частина** – провідник або провідна частина, що перебуває в процесі її нормальної роботи під напругою, включаючи нейтральний провідник, але не PEN-провідник (ПУЕ -2014, п.1.7.9).

Небезпечна струмовідна частина – струмові на частина, яка за певних умов може спричинювати небезпечне ураження електричним струмом (ПУЕ -2014, п.1.7.7).

¹³**Провідна частина** - будь-яка частина, яка має властивість проводити електричний струм

¹⁴**Напруга кроку** – напруга між двома точками на поверхні локальної землі, розташованими на відстані 1 м одна від одної, що відповідає довжині великого кроку людини (ПУЕ -2014, п.1.7.35).

нейтралі джерела живлення та ізоляції людини від землі. У цьому випадку сила струму дотику¹⁵, що проходить через тіло людини, становитиме:

$$I_{\text{люд}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{люд}}} \quad (4.1)$$

де $U_{\text{л}}$ – лінійна напруга, В; $R_{\text{люд}}$ – опір тіла людини, Ом.

У трифазній мережі з лінійною напругою 380 В, приймаючи опір тіла людини 1000 Ом, маємо:

$$I_{\text{люд}} = 380 : 1000 = 0,38 \text{ А} = 380 \text{ мА}.$$

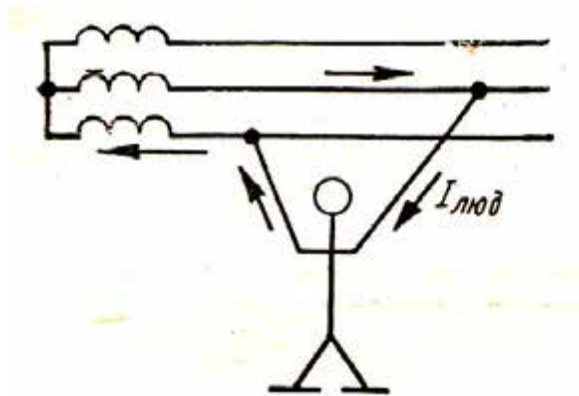


Рисунок 4.1 – Двофазний дотик у трифазній електричній мережі змінного струму

Така сила струму смертельна і опір ізоляції фаз її не обмежує. Статистика електротравм позує, що такі випадки виникають порівняно рідко.

Більшість електротравм виникає при однофазному дотику.

Ступінь небезпеки ураження людини електричним струмом при цьому залежить не тільки від напруги, а й від режиму роботи нейтралі мережі, опору ізоляції та ємності фаз відносно землі.

Однофазний дотик у трифазних мережах із глухозаземленою нейтраллю¹⁶ (рис. 4.2). У цьому випадку електричний струм, що проходить через тіло людини, визначають за формулою:

¹⁵Струм дотику – електричний струм, що протікає через тіло людини або тварини у разі їх дотику до однієї або більше доступних частин електроустановки або електрообладнання (ПУЕ -2014, п.1.7.34).

¹⁶Глухозаземлена нейтраль – нейтраль генератора або трансформатора, приєднана до заземлювального пристрою безпосередньо або через малий опір (наприклад, через трансформатори струму). Глухозаземленим може бути також вивід

$$I_{\text{люд}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{люд}} + R_{\text{в}} + R_{\text{п}} + R_0} \quad (4.2)$$

де U_{ϕ} – фазна напруга мережі, В; $R_{\text{люд}}$, $R_{\text{в}}$, $R_{\text{п}}$, R_0 – опори відповідно людини, взуття, підлоги і заземлення нейтралі електричної мережі, Ом.

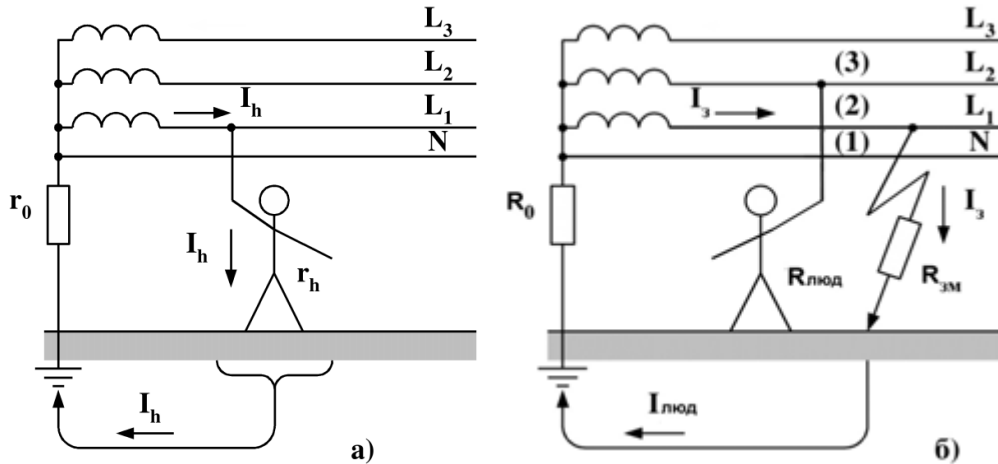


Рисунок 4.2 – Дотик людини до фазного провідника у трифазній чотирипровідній мережі змінного струму з глухозаземленою нейтраллю:

а) нормальний режим, б) аварійний режим (замикання однієї фази на землю):

R_0 і $R_{\text{люд}}$ – опір заземлення нейтралі джерела живлення і опір тіла людини; $I_{\text{люд}}$ – струм, що проходить через тіло людини; $R_{\text{зм}}$ – опір замикання фазного проводу на землю; $I_з$ – струм замикання фазного проводу на землю

Якщо людина взята у вологе або підбите цвяхами взуття і стоїть безпосередньо на землі чи на струмопровідній підлозі (металевій, залізобетонній, цегляній), то опорам $R_{\text{в}}$ та $R_{\text{п}}$ можна знехтувати. Опір заземлення нейтралі малий ($R_0=4$ Ом) порівняно з опором тіла людини $R_{\text{люд}}$, тому ним можна також знехтувати, і тоді:

джерела однофазного струму або полюс джерела постійного струму у двопровідних мережах, а також середня точка джерела в трипровідних мережах змінного і постійного струму (ПУЕ, п.1.7.5).

$$I_{\text{люд}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{люд}}} \quad (4.3)$$

Приймаючи $R_{\text{люд}}=1000$ Ом, визначимо силу струму для мережі напругою 380/220В, тобто при $U_{\phi}=220$ В:

$$I_{\text{люд}} = 220 : 1000 = 0,22 \text{ А} = 220 \text{ мА}.$$

Така сила струму смертельна, хоч у 1,73 раза менша, ніж при двофазному дотику, її можна значно зменшити, застосовуючи ізолюючі підставки, гумові килимки, діелектричні калоші тощо.

При аварійному режимі роботи мережі із заземленою нейтраллю, коли має місце замикання однієї із фаз на землю при одночасному дотику до однієї з неушкоджених фаз (рис. 4.2б), людина опиняється під напругою, що перевищує фазну.

Напругу, під яку у цьому випадку потрапляє людина, визначають за формулою:

$$U_{\text{л}} = \sqrt{U_0^2 + U_{\phi}^2 + U_0 \cdot U_{\phi}}, \quad (4.4)$$

де U_0 – напруга на заземлювальному пристрої нейтралі.

Ця напруга буде тим більша, чим менше відношення опору заземлення R_0 до опору $R_{\text{зам}}$ ($R_0/R_{\text{зам}}$) в місці замикання фази на землю.

Якщо опори R_0 і $R_{\text{зам}}$ рівні між собою, то фазна напруга розподіляється між ними порівну.

Наприклад, якщо $R_0 = R_{\text{зам}} = 4$ Ом, то сила струму, що проходить через заземлення нейтралі, дорівнює

$$I_0 = \frac{220}{4 + 4} = 27,5 \text{ А}$$

Напруга на заземлювальному пристрої U_0 буде становити:

$$U_0 = I_0 \cdot R_0 = 27,5 \cdot 4 = 110 \text{ В}$$

Тоді напруга, під яку потрапляє людина, $U_{\text{л}}$ дорівнює:

$$U_{\text{л}} = \sqrt{110^2 + 220^2 + 110 \cdot 220} = 294 \text{ В}, \text{ що значно перевищує фазну напругу.}$$

За таких обставин сила струму, що проходить через тіло людини, **$I_{\text{люд}}$** становитиме

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{л}}} = \frac{294}{1000} = 0,294 \text{ А} = 294 \text{ мА}.$$

При співвідношенні $R_0/R_{зам} = 1/2$ напруга дотику, під яку потрапляє людина, становить 264 В, а при співвідношенні $R_0/R_{зам} = 2$ – 320 В.

Отже, при аварійному режимі роботи мережі з глухозаземленою нейтраллю однофазний дотик до фази більш небезпечний, ніж при нормальному.

Однофазний дотик у трифазних мережах з ізольованою нейтраллю¹⁷ (рис. 4.3).

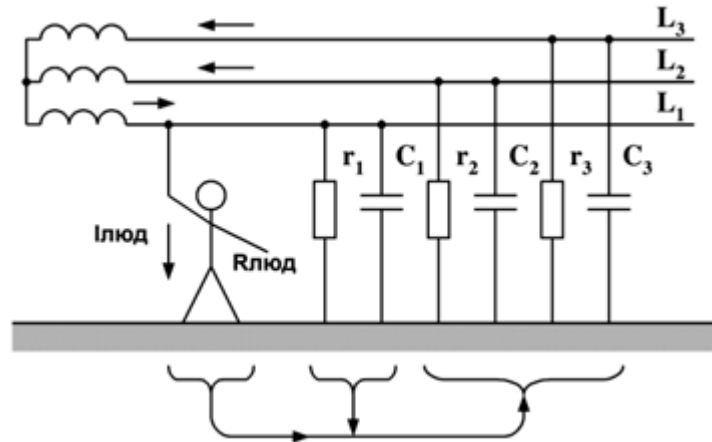


Рисунок 4.3 – Дотик людини до фазного провідника у трифазній мережі змінного струму з ізольованою нейтраллю

При цьому напруга замкненої фази відносно землі може зменшитись до нуля, а напруга двох інших фаз зросте в 1,73 раза і дорівнюватиме лінійній.

У нормальному режимі роботи такої мережі при рівності опорів ізоляції фаз і ємностей проводів відносно землі, тобто $R_1 = R_2 = R_3 = R_{із}$ і $C_1 = C_2 = C_3 = C$, струм через тіло людини визначається за формулою

$$I_{люд} = \frac{U_{\phi}}{R_{люд} \sqrt{\frac{R_{із}(R_{із} + 6R_{люд})}{9R_{люд}^2(1 + R_{із}^2\omega^2c^2)}}}, \quad (4.5)$$

¹⁷ **Ізольована нейтраль** – нейтраль генератора або трансформатора, не приєднана до заземлювального пристрою або приєднана до нього через прилади сигналізації, вимірювання, захисту, заземлювальні дугогасні реактори і подібні до них пристрої, що мають великий опір.

де ω – кутова частота змінного струму, 1 /с; C – ємність одного провода мережі відносно землі, Φ , (у цій формулі враховано, що $R_n = R_e = 0$ – найбільш несприятливі умови).

У мережі малої довжини напругою до 1000 В ємнісними опорами ізоляції можна знехтувати, і тоді силу струму, що проходить через тіло людини, визначають за формулою:

$$I_{\text{люд}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{люд}} + R_{\text{в}} + R_n + \frac{R_{i3}}{3}}, \quad (4.6)$$

де R_{i3} – опір ізоляції фаз, Ом (допускається, що опори ізоляції всіх фаз однакові і дорівнюють R_{i3}). Якщо при найбільш несприятливих умовах прийняти, що $R_e = 0$ та $R_n = 0$, то отримаємо:

$$I_{\text{люд}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{люд}} + \frac{R_{i3}}{3}} \quad (4.7)$$

Так, у мережі з $U_{\phi} = 220$ В і $R_{i3} = 500$ кОм, приймаючи $R_{\text{люд}} = 1000$ Ом, сила струму, що проходить через тіло людини, дорівнюватиме:

$$I_{\text{люд}} = \frac{220}{1000 + \frac{500}{3}} = 0,001 = 1 \text{ мА} .$$

Цей струм не становить небезпеки для життя людини.

При зменшенні опору ізоляції до 5 кОм сила струму досягає небезпечної величини:

$$I_{\text{люд}} = \frac{220}{1000 + \frac{5000}{3}} = 0,082 \text{ А} = 82 \text{ мА} .$$

Отже, ізоляція струмовідних частин є одним з основних засобів захисту від ураження електричним струмом. Оскільки сільські електричні мережі мають багато розгалужень і опори ізоляції фаз відносно землі увімкнені паралельно, загальний їх опір може різко зменшитись. У цьому випадку однофазний дотик у мережах з ізолюваною нейтраллю навіть при справній ізоляції небезпечний.

У кабельних мережах ємності фазних проводів рівні та значні, а активні опори ізоляції рівні і дуже великі, тобто

$$C_1 = C_2 = C_3 = C; \quad R_1 = R_2 = R_3 = \infty.$$

У цьому випадку сила струму через тіло людини дорівнює

$$I_{\text{люд}} = \frac{3U_{\phi} \cdot \omega \cdot C}{\sqrt{9R_{\text{люд}}^2 \cdot \omega^2 C^2 + 1}}. \quad (4.8)$$

Найнебезпечнішим у мережі з ізолюваною нейтраллю є випадок, коли виникає замикання одного з фазних проводів на землю (рис. 4.4).

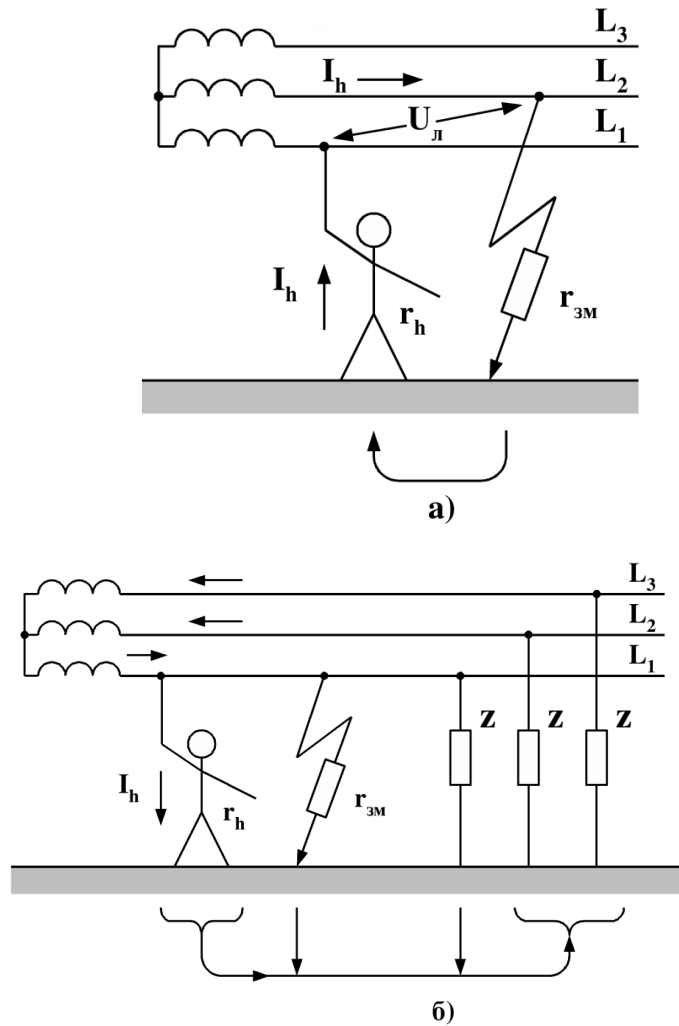


Рисунок 4.4 – Дотик людини до фазного провідника мережі з ізолюваною нейтраллю при аварійному режимі роботи мережі (замикання однієї фази на землю):

а) дотик до справного проводу; б) дотик до проводу, що замкнувся на землю

Струм через тіло людини буде становити

$$I_{\text{люд}} = \frac{\sqrt{3}U_{\phi}}{R_{\text{люд}} + R_{\text{зам}}} \quad (4.9)$$

Якщо прийняти $R_{\text{зам}} = 0$, або вважати, що $R_{\text{зам}} \ll R_{\text{л}}$ (так, зазвичай, буває на практиці), то

$$I_{\text{люд}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\phi}}{R_{\text{люд}}}; \quad (4.10)$$

$$U_{\text{дот}} = I_{\text{люд}} \cdot R_{\text{люд}} = U_{\phi} \cdot \sqrt{3}. \quad (4.11)$$

При цьому людина ніби доторкається до двох фаз.

У дійсності, завжди $R_{\text{зам}} > 0$, тому напруга дотику $U_{\text{дот}}$, під якою опиняється людина, більше фазної і трохи менше лінійної напруги мережі.

У мережах з ізольованою нейтраллю велике значення має постійний контроль за станом ізоляції.

Порівнюючи умови ураження людини струмом при однофазному дотику у мережах напругою до 1000 В із заземленою та ізольованою нейтраллю, можна зробити такі висновки:

1) в електроустановках, де здійснюється автоматичний контроль опору ізоляції, при малій довжині ліній та ймовірності замикання на землю доцільно використовувати мережі з ізольованою нейтраллю;

2) у випадках можливого зниження опору ізоляції окремих фаз або частих замиканнях на землю і відсутності постійного контролю за станом ізоляції краще застосовувати мережі із заземленою нейтраллю і виведеним нульовим проводом.

У сільському господарстві електричні мережі дуже розгалужені, мають значну довжину і навіть при належному стані ізоляції спостерігаються значні струми витікання. У цих умовах мережа з ізольованою нейтраллю не має переваг. Надійніше реагує на погіршення стану ізоляції система з глухозаземленою нейтраллю, в якій пошкодження ізоляції призводить до короткого замикання і

пошкоджена ділянка електроустановки автоматично вимикається апаратами захисту. Тому у сільському господарстві при напрузі до 1000 В переважно застосовують мережі з глухозаземленою нейтраллю і нульовим проводом. Винятком є тільки електричні мережі пересувних електроустановок, що живляться від автономного генератора, де зустрічається трифазна мережа напругою 220 В з ізольованою нейтраллю.

Під час замикання струмовідних частин електроустановок безпосередньо на землю чи на корпуси заземленого електрообладнання електричний струм розтікається від місця замикання (або заземлювача) рівномірно в усі сторони по напівсфері. При цьому на поверхні землі з'являються електричні потенціали, величина яких зменшується з віддаленням від заземлювача і залежить від його типу (одиначний, груповий), форми, розміру, питомого опору ґрунту. І навпаки, чим ближче до заземлювача, тим вище потенціал точок землі.

Крива розподілення потенціалів на поверхні землі (потенціальна крива) має форму гіперболи.

Чинні Правила улаштування електроустановок(ПУЕ)¹⁸ містять такі поняття:

– зона розтікання струму замикання на землю (локальна земля)¹⁹;

– зона нульового потенціалу (еталонна земля)²⁰. Якщо людина знаходиться у межах локальної землі і доторкається до обладнання, з якого струм проходить у землю, то вона може потрапити під напругу дотику²¹ (рис. 4.5).

¹⁸ Правила улаштування електроустановок. Розділ 1. Загальні правила. Глава 1.7. Заземлення і захисні заходи від ураження електричним струмом. Затверджено наказом Міненерговугілля України від 20.06.14 № 469

¹⁹**Зона розтікання (локальна земля)** – частина землі, яка перебуває в електричному контакті із заземлювачем і електричний потенціал якої не обов'язково дорівнює нулю (ПУЕ -2014, п.1.7.31).

²⁰**Зона нульового потенціалу (еталонна земля)** – провідна частина землі, яка перебуває за межею зони впливу будь-якого заземлювального пристрою, електричний потенціал якої умовно прийнято за нульовий (ПУЕ -2014, п.1.7.30).

²¹**Напруга дотику** – різниця потенціалів між провідними частинами (одна з яких може бути землею) за одночасного дотику до них людини або тварини (ПУЕ -2014, п.1.7.34).

Напругою дотику називають напругу між двома точками кола струму, до яких одночасно доторкається людина, тобто спад напруги на опорі тіла людини:

$$U_{\text{д}} = I_{\text{люд}} \cdot R_{\text{люд}}, \quad (4.12)$$

де $I_{\text{люд}}$ – сила струму, що проходить через людину по шляху «рука-нога», А.

Вона буде максимальною, якщо людина знаходиться в зоні нульового потенціалу і доторкається до електрообладнання²², з якого струм замикання проходить на землю, найменшою – коли людина стоїть на заземлювачі.

Напругу дотику (рис. 4.5) визначають за формулою:

$$U_{\text{д}} = \varphi_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2, \quad (4.13)$$

де φ_3 – потенціал на заземлювачі, В; α_1 – коефіцієнт напруги дотику, який враховує форму потенціальної кривої (якщо людина стоїть на заземлювачі $\alpha_1 = 0$, на відстані 20 м – $\alpha_1 = 1$); α_2 – коефіцієнт, що враховує спад напруги в додатковому опорі кола «людина-взуття-підлога»:

$$\alpha_2 = \frac{R_{\text{люд}}}{R_{\text{люд}} + 1,5\rho}, \quad (4.14)$$

де ρ – питомий опір ґрунту поверхні землі, Ом·м.

²²**Електрообладнання** – будь-яке обладнання, призначене для виробництва, перетворення, передавання, акумуляції, розподілу або споживання електричної енергії (наприклад, машини, трансформатори, апарати, вимірювальні прилади, захисні пристрої, кабельна продукція, побутові електроприлади).

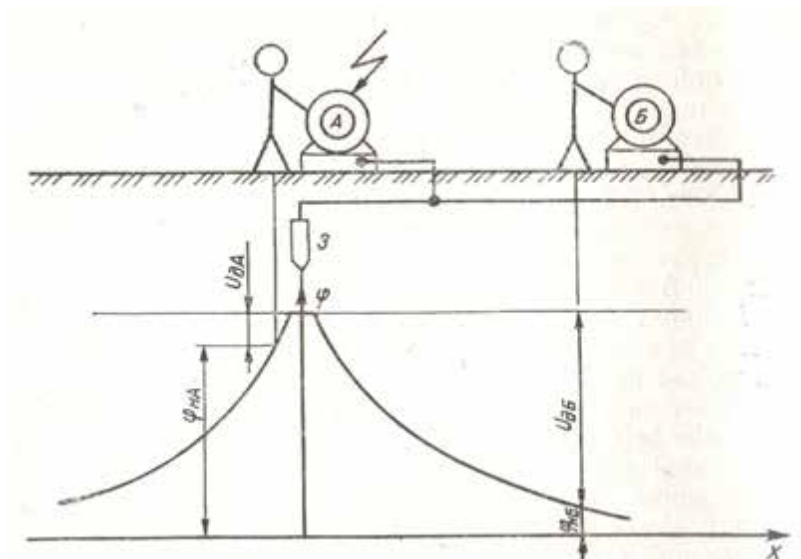


Рисунок 4.5 – Напряга дотику при розтіканні струму в землі з одиночного заземлювача:

Z – заземлювач з опором R_z , φ – потенціал на поверхні землі, x – відстань від заземлювача, φ_n – потенціал ніг відповідно у точках A і B , $U_{дA}$, $U_{дБ}$ – напруга дотику відповідно у точках A і B .

Якщо людина буде йти в зоні розтікання струму замикання на землю (локальна земля), вона може потрапити під напругу кроку.²³ Власне напруга кроку (рис. 4.6) це – спад напруги в опорі тіла людини (тварини):

$$U_K = I_{люд} \cdot R_{люд} \cdot \quad (4.15)$$

де $I_{люд}$ – сила струму, який проходить через людину по шляху «нога-нога», А.

²³ **Напруга кроку** – напруга між двома точками на поверхні локальної землі, розташованими на відстані 1 м одна від одної, що відповідає довжині великого кроку людини (ПУЕ, п. 1.7.35)

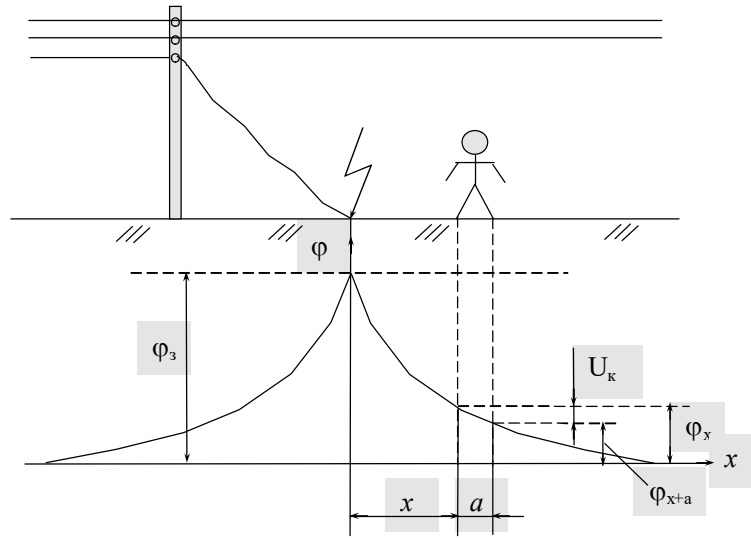


Рисунок 4.6 – Схема визначення напруги кроку:

φ_3 – потенціал на поверхні землі; x – відстань від точки замикання; a – ширина кроку; U_k – напруга кроку; φ_x і φ_{x+a} – потенціали відповідно однієї і другої ноги

У загальному вигляді напругу кроку U_k можна визначити:

$$U_k = \varphi_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2, \quad (4.16)$$

де β_1 – коефіцієнт крокової напруги, який враховує форму потенціальної кривої (для вертикального стержня $\beta_1 = 0,1$, для контурного заземлювача $\beta_1 = 0,15$); β_2 – коефіцієнт, що враховує спад напруги в опорі розтікання основи, на якій стоїть людина:

$$\beta_2 = \frac{R_{\text{люд}}}{R_{\text{люд}} + 2R_n} = \frac{R_{\text{люд}}}{R_{\text{люд}} + 6\rho}, \quad (4.17)$$

де R_n – опір розтікання струму в землю від ніг (приблизно дорівнює 6ρ).

Як видно з рис. 4.7, чим більший крок і чим ближче знаходиться людина до місця замикання проводу на землю, тим більша напруга кроку і небезпека ураження струмом. Особливу небезпеку напруга кроку становить для сільськогосподарських тварин і в першу чергу для великої рогатої худоби та коней, тому що у них відстань між передніми й задніми ногами значно більша, ніж між ногами людини.

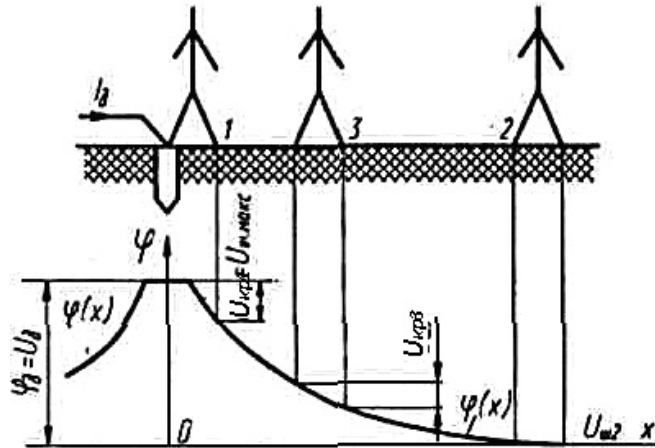


Рисунок 4.7 – Залежність напруги кроку U_k від відстані між людиною і заземлювачем: φ – потенціал на поверхні землі; x – відстань від заземлювача до ніг людини.

Для захисту від напруги кроку необхідно застосовувати діелектричні боти та калоші. Людині, що випадково потрапила в небезпечну зону без захисного взуття, треба рухатися, пересуваючи ступні ніг по землі і не відриваючи їх одна від одної (див. п. 3.2).

4.2 Класифікація електроустановок та приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом

На небезпеку, яку може спричинити ураження електричним струмом в електроустановках, впливають параметри електроенергії, умови експлуатації електрообладнання і характер середовища приміщень, де воно встановлене. Комплекс захисних заходів повинен відповідати виду електроустановки і умовам застосування електрообладнання.

Небезпека від ураження електричним струмом, перш за все, залежить від номінальної напруги. Електроустановки за умовами електробезпеки поділяють на електроустановки напругою до 1000 В та понад 1000 В (за діючим значенням напруги). Крім того, виділяють електроустановки з номінальною напругою не більше 50 В.

Електробезпека залежить від умов навколишнього середовища, які впливають на стан ізоляції і електричний опір тіла людини (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Категорії приміщень за умовами навколишнього середовища

| Категорія приміщення | Приміщення |
|--|--|
| <u>Сухі</u> (відносна вологість не перевищує 60 %) | Контори, клуби, приміщення для обслуговуючого персоналу ферм, жилі кімнати, гуртожитки, інкубаторії, підсобні приміщення в ремонтно-механічних майстернях тощо |
| <u>Запилені</u> (за технологічними умовами виробництва виділяється пил у такій кількості, що осідає на проводах, проникає в машини, апарати тощо) | Приміщення для подрібнення сухих концентрованих кормів, комбікормові заводи, склади цементу та сипких матеріалів |
| <u>Вологі</u> (пара або концентрована волога виділяється тимчасово у невеликій кількості, відносна вологість становить 60— 75 %) | Приміщення їдалень, сіни і кухні жилих будинків, неопалювані склади та ін. |
| <u>Вогкі</u> (відносна вологість тривалий час перевищує 75 %) | Овочесховища, молочарні, доїльні зали, кухні громадських їдалень тощо. За наявності установок мікроклімату - корівники, телятники, пташники та інші тваринницькі приміщення |
| <u>Особливо вогкі</u> (відносна вологість близько 100 %; стеля, стіни, підлога і всі предмети в приміщенні вологі) | Мийні в майстернях, кормоцехи, теплиці, парники, сараї та підсобні неопалювані приміщення з температурою та вологістю повітря, які практично не відрізняються від зовнішніх |
| <u>Особливо вологі з хімічно активним середовищем</u> (при відносній вологості повітря близько 100 % постійно або тривалий час у приміщенні утримуються пари аміаку, сірчаного водню або інших газів, утворюються відкладення, які роз'їдають ізоляцію і струмоведучі частини електрообладнання) | Корівники, свинарники, телятники, пташники, стайні та інші тваринницькі приміщення, коли в них відсутні установки для створення мікроклімату, склади мінеральних добрив та ін. |

Продовження таблиці 4.1

| Пожежонебезпечні класу : | |
|--|--|
| П-1 | Склади мінеральних масел, установки для регенерації мінеральних масел з температурою спалаху пари вище плюс 75 °С |
| П-2 | Деревообробні цехи, малозапилені приміщення млинів та елеваторів, зерносклади |
| П-3 | Складські приміщення для зберігання паливних матеріалів, корівники, свинарники, телятники та інші тваринницькі приміщення при зберіганні на горищі сіна і соломи |
| Вибухонебезпечні приміщення класу В-Ia, зовнішні вибухонебезпечні установки класу В-Iг | Акумуляторні, нафтобази, сховища нафтопродуктів тощо |

За ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом приміщення поділяють на такі:

- без підвищеної небезпеки;
- з підвищеною небезпекою;
- особливо небезпечні і території розміщення зовнішніх електроустановок.

Приміщення без підвищеної небезпеки характеризуються відсутністю ознак, що викликають підвищену або особливу небезпеку.

Приміщення з підвищеною небезпекою характеризуються наявністю в них однієї з умов, що викликає підвищену небезпеку: вогкість або струмопровідний пил; струмопровідна підлога (металева, земляна, залізобетонна, цегляна тощо); висока температура; можливість одночасного дотику людини до з'єднаних із землею металевих конструкцій або механізмів, з одного боку, і металевих корпусів електрообладнання з іншого. Це виробничі приміщення, що характеризуються значною відносною вологістю повітря (тривалий час перевищує 75 %), наявністю струмопровідного пилу в кількості,

що може відклатися на проводах, проникати в машини і агрегати; приміщення, які не опалюються, або жаркі з температурою повітря понад 35 °С; сухі виробничі приміщення, в яких є можливість одночасного доторкання людини до струмовідних частин і заземлених металевих конструкцій або виробничого обладнання.

Особливо небезпечні приміщення мають одну з таких ознак: підвищена відносна вологість; хімічно активне середовище; одночасна наявність двох або більше ознак підвищеної безпеки. У них відносна вологість повітря близька до 100 %, при цьому стеля, стіни і всі предмети вологі.

Території розміщення зовнішніх електроустановок за ступенем безпеки ураження електричним струмом прирівнюються до особливо небезпечних приміщень.

За доступністю електрообладнання розрізняють:

- замкнуті електричні приміщення, де встановлене електрообладнання, що не вимагає постійного нагляду;
- електротехнічні приміщення – окреме приміщення або відгороджена частина приміщення, куди має доступ тільки електротехнічний персонал і де встановлене обладнання, що вимагає постійного нагляду;
- виробничі приміщення, в яких тривалий час знаходиться неелектротехнічний персонал, що не має достатніх знань з електробезпеки.

Залежно від виду електроустановки, номінальної напруги, режиму роботи нейтралі, умов навколишнього середовища і доступності електрообладнання здійснюють відповідні технічні заходи захисту від ураження електричним струмом. В електроустановках застосовують захисне заземлення, занулення, зрівнювання електричних потенціалів, вирівнювання електричних потенціалів, малі напруги; електричне розділення мереж; захисне вимикання; електричну ізоляцію струмовідних частин, огорожувальні пристрої; сигналізацію, блокування та знаки безпеки; захисні засоби.

Щодо заходів електробезпеки електроустановки поділяють на :

- електроустановки напругою до 1 кВ в електричних

мережах із глухозаземленою нейтраллю;

- електроустановки напругою до 1 кВ в електричних мережах з ізольованою нейтраллю;

- електроустановки напругою понад 1 кВ в електричних мережах з ізольованою, компенсованою або (і) заземленою через резистор нейтраллю;

- електроустановки напругою понад 1 кВ в електричних мережах із глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю.

Власне термін електробезпека²⁴ визначається Правилами улаштування електроустановок(ПУЕ) як відсутність загрози з боку електроустановки життю, здоров'ю та майну людей, тваринам, рослинам і довкіллю, яка перевищує допустимий ризик.

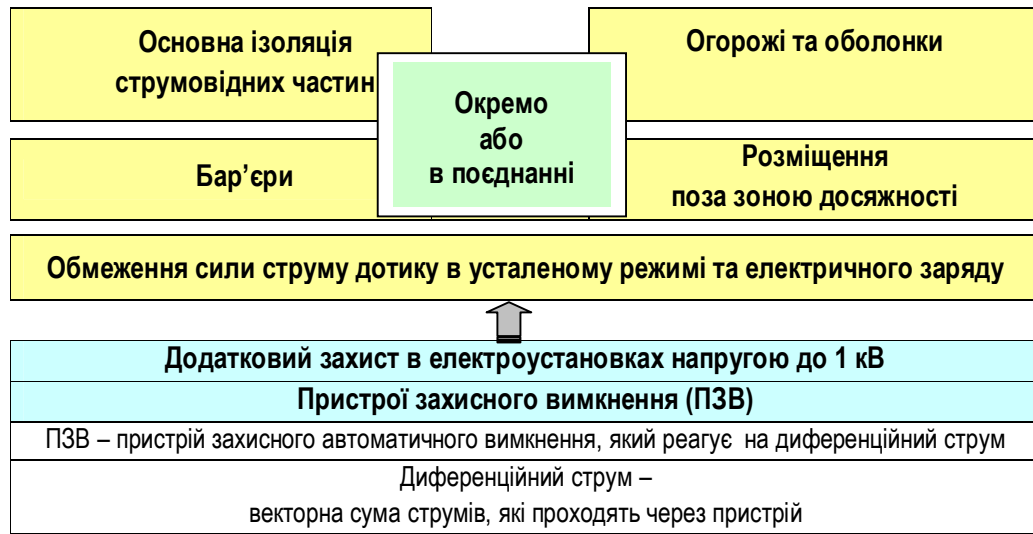
4.3 Загальні вимоги щодо захисту від ураження електричним струмом

Чинні ПУЕ встановлюють, що «небезпечні струмовідні частини електроустановки не повинні бути доступними для випадкового прямого дотику, а доступні для дотику відкриті і сторонні провідні частини не мають бути небезпечними як за нормальних умов(експлуатація електроустановки за призначенням і без пошкодження), так і за умови одиничного пошкодження».

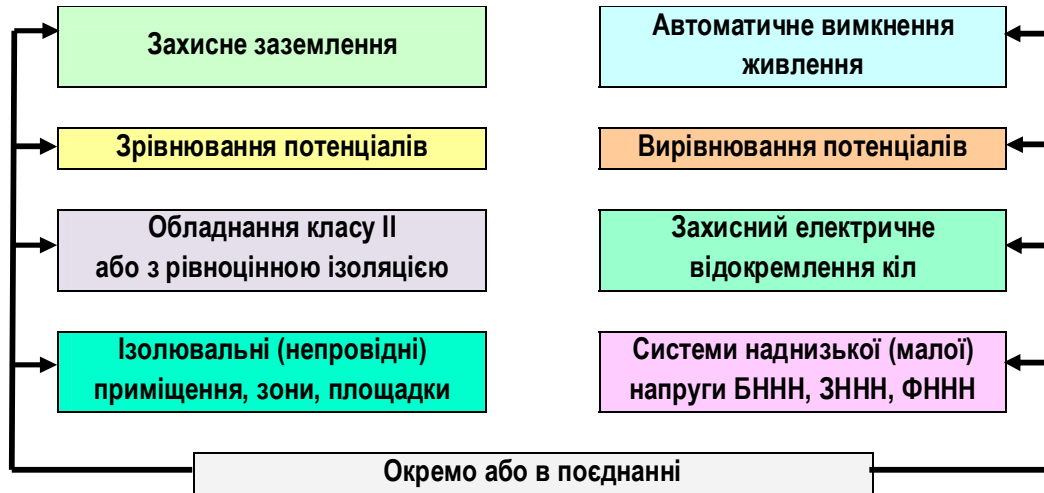
Для запобігання ураженню електричним струмом у нормальному режимі(за відсутності пошкодження) слід застосовувати окремо або в поєднанні такі захисту від прямого дотику (рис. 4.9, а):

- основна ізоляція струмовідних частин;
- огорожі та оболонки;
- бар'єри;
- розміщення поза зоною досяжності;
- обмеження сили струму дотику в усталеному режимі та електричного заряду.

²⁴**Електробезпека** – Система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики (ГОСТ 12.1.009-76. ССБТ. Електробезпека. Терміни і визначення)



а)



б)

Захист у разі непрямого дотику слід виконувати в усіх випадках, якщо номінальна напруга перевищує 50 В змінного і 120 В постійного струму. У приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і в зовнішніх установках виконання захисту від ураження електричним струмом у разі непрямого дотику може знадобитися за нижчих напруг, наприклад: 25 В змінного і 60 В постійного струму або 12 В змінного і 30 В постійного струму – за наявності вимог відповідних глав ПУЕ та інших нормативних документів.

Рисунок 4.9 – Заходи захисту для запобігання ураженню електричним струмом:

а) у нормальному режимі; б) у разі пошкодження ізоляції

Для додаткового захисту від ураження електричним струмом у разі прямого дотику в електроустановках напругою до 1 кВ можна застосовувати пристрої захисного вимикання (ПЗВ).

Захист від прямого дотику не вимагається, якщо номінальна напруга не перевищує:

- 25 В змінного або 60 В постійного струму в разі застосування системи БННН, якщо електрообладнання експлуатується в сухих приміщеннях;

- 25 В змінного або 60 В постійного струму в разі застосування системи ЗННН, якщо електрообладнання перебуває в зоні дії системи зрівнювання потенціалів і експлуатується тільки в сухих приміщеннях, а ймовірність контакту людини з частинами, які перебувають під напругою, незначна;

- 6 В змінного або 15 В постійного струму в усіх інших випадках.

З метою запобігання ураженню електричним струмом у випадку пошкодження ізоляції слід застосовувати окремо або в поєднанні наступні заходи захисту в разі непрямого дотику(рис. 4.9 б):

- захисне заземлення ;
- автоматичне вимикання живлення ;
- зрівнювання потенціалів ;
- обладнання класу II або з рівноцінною ізоляцією ;
- захисний електричний поділ кіл ;
- ізолювальні (непровідні) приміщення, зони, площадки ;
- системи наднизької (малої) напруги БННН, ЗННН,ФННН;
- вирівнювання потенціалів .

Захист у разі непрямого дотику слід виконувати в усіх випадках, якщо номінальна напруга перевищує 50 В змінного і 120 В постійного струму.

ПУЕ містять наступні тлумачення термінів, наведених на рис. 4.9:

- **основна ізоляція** – ізоляція струмовідних частин в електроустановках напругою до 1 кВ, яка забезпечує захист від прямого дотику (ПУЕ, п.1.7.52);

- **бар'єр** – частина електроустановки, яка запобігає

ненавмисному прямому дотику, але не перешкоджає навмисному прямому дотику (ПУЕ, п.1.7.52);

– **огорожа** – частина електроустановки, яка забезпечує захист від прямого дотику з боку можливого доступу (ПУЕ, п.1.7.52);

– **оболонка** – огорожа внутрішніх частин обладнання, яка запобігає доступу до струмовідних частин з будь-якого напрямку (ПУЕ, п.1.7.52);

– **захисне заземлення** – заземлення точки чи точок системи, установки або обладнання з метою забезпечення електробезпеки (ПУЕ, п.1.7.22);

– **захисне зрівнювання потенціалів** – досягнення однакового значення потенціалів провідних частин шляхом електричного з'єднання їх між собою (ПУЕ, п.1.7.38);

– **непровідні (ізолювальні) приміщення, зони, площадки** – приміщення, зони, площадки, в яких (на яких) захист від непрямого дотику забезпечується високим опором підлоги і стін, і в яких відсутні заземлені провідні частини (ПУЕ, п.1.7.52);

– **захисне автоматичне вимкнення живлення** – автоматичне розімкнення одного або кількох лінійних провідників і за потреби – нейтрального провідника, яке виконують з метою електробезпеки в електроустановках до 1 кВ (ПУЕ, п.1.7.42).

Термін «автоматичне вимкнення живлення», який використовують у главі 1.7 ПУЕ, треба розуміти як «захисне автоматичне вимкнення живлення».

– **захисне вирівнювання потенціалів** – зниження напруги дотику і (або) напруги кроку шляхом укладання в землю чи в провідну підлогу або на їх поверхні провідних частин, приєднаних до заземлювального пристрою, або шляхом застосування спеціального покриття землі (підлоги) (ПУЕ, п.1.7.37);

– **захисне електричне відокремлення** – відокремлення одного електричного кола від іншого в електроустановках напругою до 1 кВ за допомогою подвійної ізоляції або основної ізоляції та електричного захисного екранування, або посиленої ізоляції (ПУЕ, п.1.7.48);

– **наднизька (мала) напруга** – напруга між будь-якими

провідниками або будь-яким провідником і землею, яка не перевищує 50 В для змінного струму і 120 В – для постійного (ПУЕ, п.1.7.51);

– **система безпечної наднизької напруги БННН** (англ. еквівалент “*SELV system*”) – електрична система, в якій напруга не може перевищувати наднизьку напругу за нормальних умов, а також за наявності одиничного пошкодження чи пошкодження заземлення в інших колах (ПУЕ, п.1.7.51);

– **система захисної наднизької напруги ЗННН** (англ. еквівалент “*PELV system*”) – це система БННН у разі заземлення її кола, у якій напруга не може перевищувати наднизьку напругу за нормальних умов і за наявності одиничного пошкодження, за винятком пошкодження заземлення в інших колах (ПУЕ, п.1.7.51);

– **система функціональної наднизької напруги ФННН** (англ. еквівалент “*FELV system*”) – це система наднизької напруги, в якій за умов експлуатації для живлення електроприймачів використовують наднизьку напругу. Якщо вимоги до систем БННН і ЗННН не можуть бути виконаними або застосовувати їх немає потреби, то для захисту від ураження електричним струмом у колі наднизької напруги використовують такі заходи захисту, як огорожі або ізоляцію, аналогічну ізоляції первинного кола, та автоматичне вимкнення живлення (ПУЕ, п.1.7.51).


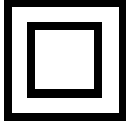
Стосовно **обладнання класу II** доцільно навести наступну інформацію:

клас захисту (від ураження електричним струмом) (англ. *Appliance classes*) – система умовних позначень способів і ступеня забезпечення електричної безпеки при користуванні електричним обладнанням. Відрізняють чотири класи захисту: 0, I, II та III (табл.4.2).

У приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і в зовнішніх установках виконання захисту від ураження електричним струмом у разі непрямого дотику може знадобитися за нижчих напруг, наприклад: 25 В змінного і 60 В постійного струму або 12 В змінного і 30 В постійного струму – за наявності вимог відповідних глав ПУЕ та інших нормативних документів.

Заходи захисту від ураження електричним струмом повинні бути достатніми і реалізованими під час виготовлення

Таблиця 4.2 – Класи захисту обладнання

| Клас захисту обладнання | Умовне позначення класу захисту |
|---|---|
| <p>Клас 0</p> <p>Електрообладнання класу захисту 0 від ураження електричним струмом – електроприймачі та пристрої, захист яких виконаний застосуванням тільки основної (робочої) ізоляції. Елементи для заземлення чи інші додаткові захисти від ураження відсутні. Індикація наявності на корпусі чи органах керування небезпечної напруги відсутня.</p> <p>Допускається застосування тільки в приміщеннях без підвищеної електричної небезпеки (сухе приміщення без струмопровідних підлог і стін, без заземлених металевих частин), а також у обгороджених електрокамерах або приміщеннях, куди виключений доступ випадкових осіб.</p> <p>Міжнародна електротехнічна комісія рекомендує припинити випуск приладів класу захисту 0. За можливості слід такі прилади виводити з експлуатації.</p> | |
| <p>Клас I</p> <p>Електроприймачі та пристрої класу I мають всі доступні до дотику частини відділені від струмопровідних частин робочою ізоляцією, а металеві частини, які доступні до дотику, крім того, приєднані до затискача або контакту заземлення розташованого всередині приладу. За цим класом безпеки виконують <u>комп'ютери</u>, <u>мікрохвильові печі</u>, <u>пральні машини</u>.</p> <p>Заземлення металевих неструмоведучих частин забезпечується приєднанням вилки приладу до спеціальної розетки з заземлювальним контактом. Місце приєднання контуру заземлення позначається відповідним символом</p> |  <p>Символ, яким позначається затискач приєднання заземлення в електричному обладнанні I-го класу захисту</p> |
| <p>Клас II</p> <p>Прилади і апаратура класу II мають всі доступні до дотику частини відділені від струмопровідних частин подвійною або підсиленою ізоляцією та не мають контакту (затискача) для приєднання захисних провідників. Вилка не має заземлюваного контакту. Обладнання класу захисту II позначається відповідним символом («квадрат у квадраті»).</p> <p>За цим класом захисту виконуються побутові електроприлади (<u>пилососи</u>, <u>телевізори</u>, <u>електродрилі</u>, <u>фени</u>), герметичні вуличні світильники, <u>тролейбуси</u>.</p> <p>Умови застосування обладнання не обмежуються, за виключенням умов підвищеної вологості (понад 85%) для приладів з <u>ступенем захисту оболонки</u> нижче IP65.</p> |  <p>Символ, яким позначається обладнання II-го класу захисту з подвійною ізоляцією</p> |
| | |

Клас III

До обладнання класу III відносяться електрообладнання та пристрої з робочою напругою не вище 42 В змінного струму або 120 В постійного струму (англ. safety extra-low voltage; SELV). Сюди відносяться усі прилади з живленням від батарей, що не мають високовольтних кіл та прилади із зовнішнім блоком живлення (напр., сканери, ноутбуки). Для останніх безпека визначається якістю та ступенем захисту блока живлення.



Символ позначення III-го класу захисту

електрообладнання або в процесі монтажу електроустановки чи в обох випадках.

Два чи більше вжитих заходів захисту в електроустановці не повинні призводити до зниження ефективності кожного з них.

Для заземлення²⁵ електроустановок можуть бути використані штучні і природні заземлювачі²⁶.

Використання природних заземлювачів як елементів заземлювальних пристроїв²⁷ не повинне призводити до їх пошкодження струмами коротких замикань або до порушення роботи пристроїв, з якими вони пов'язані.

Якщо в разі використання природних заземлювачів опір заземлювального пристрою або напруга дотику не перевищує допустимі значення, а також забезпечуються нормовані значення

²⁵**Заземлення** – виконання електричного з'єднання між визначеною точкою системи, установки або обладнання і заземлювальним пристроєм(ПУЕ, п.1.7.22).

Захисне заземлення – заземлення точки чи точок системи, установки або обладнання з метою забезпечення електробезпеки.

Примітка. У більш широкому розумінні поняття «заземлення» означає виконання електричного з'єднання між точкою системи, установки або обладнання і локальною землею (див. п.1.7.31). З'єднання з локальною землею може бути навмисним, ненавмисним і випадковим, а також постійним або тимчасовим.

²⁶**Заземлювач** – провідна частина (провідник) або сукупність з'єднаних між собою провідних частин (провідників), які перебувають в електричному контакті із землею безпосередньо або через проміжне провідне середовище, наприклад, бетон(ПУЕ, п. 1.7.16)

Штучний заземлювач – заземлювач, який спеціально виконують з метою заземлення(ПУЕ, п.1.7.17)

Природний заземлювач – провідна частина, яка крім своїх безпосередніх функцій одночасно може виконувати функції заземлювача (наприклад, арматура фундаментів та інженерних комунікацій будівель і споруд, підземна частина металевих і залізобетонних опор ПЛІ тощо)(ПУЕ, п.1.7.18)

²⁷**Заземлювальний пристрій** – сукупність електрично з'єднаних між собою заземлювача і заземлювальних провідників, включаючи елементи їх з'єднання(ПУЕ, п.1.7.21).

напруги на заземлювальному пристрої і допустима густина струму в природних заземлювачах, то обладнувати штучні заземлювачі в електроустановці не обов'язково.

Для заземлення територіально зближених електроустановок різних призначень і напруги слід, як правило, застосовувати один спільний заземлювальний пристрій.

Заземлювальний пристрій, який використовують для заземлення електроустановок одного або різних призначень і напруг, протягом усього періоду експлуатації повинен відповідати всім вимогам до заземлення цих електроустановок: захисту людей від ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції, умовам режимів роботи мереж, захисту електрообладнання від перенапруги, електромагнітної сумісності комп'ютерних і мікропроцесорних систем, РЗА²⁸ і АСУ ТП²⁹, які застосовують у цих електроустановках тощо. У першу чергу слід дотримуватися вимог до захисного заземлення.

Заземлювальні пристрої електроустановок будівель і споруд і заземлювальні пристрої для їх блискавкозахисту, як правило, повинні бути спільними.

У разі влаштування електрично незалежного заземлювача³⁰ для функціонального заземлення обладнання (за вимогами виробника цього обладнання) слід застосовувати спеціальні заходи захисту від ураження електричним струмом, які зазначають в технічних умовах або в інструкції з експлуатації цього обладнання.

Для об'єднання заземлювальних пристроїв різних електроустановок в один спільний заземлювальний пристрій слід використовувати заземлювачі та (або) провідні частини(провідники), які підлягають заземленню (залізничні рейки, металеві конструкції шинних мостів, металеві кабельні споруди тощо), електричну безперервність яких перевірено належним чином, за винятком провідних частин кабелів(металеві захисні та екрануючі оболонки,

²⁸РЗА – релейний захист і автоматика

²⁹ АСУ ТП – автоматизовані системи управління технологічними процесами

³⁰**Електрично незалежний заземлювач (незалежний заземлювач)** – заземлювач, розташований на такій відстані від інших заземлювачів, що струми розтікання з них суттєво не впливають на електричний потенціал незалежного заземлювача.

заземлені провідники). Кількість об'єднувальних провідних частин має бути не менше двох. Якщо між електроустановками розташовано будівлю будь-якого технологічного призначення, то кількість об'єднувальних провідних частин має бути не менше чотирьох; при цьому дві з них мають знаходитися поблизу стін цієї будівлі з протилежних боків.

Допустимі значення напруги дотику та напруги на заземлювальному пристрої (опору заземлювального пристрою) треба забезпечувати за найнесприятливіших умов у будь-яку пору року.

Для визначення напруги на заземлювальному пристрої (опору заземлювального пристрою) треба враховувати штучні і природні заземлювачі.

Для визначення питомого опору землі за розрахунковий слід приймати його сезонне значення, яке відповідає значенню за найнесприятливіших умов.

Заземлювальні пристрої мають бути механічно міцними та динамічно стійкими до струмів замикання на землю і термічно не пошкоджуватися під час протікання зазначених струмів. Матеріал і переріз заземлювачів мають забезпечувати їх стійкість до корозії на весь період експлуатації.

4.4 Системи заземлення нейтралі в електричних мережах змінного і постійного струмів

Правила улаштування електроустановок встановлюють такі визначення понять стосовно режиму роботи нейтралі в електричних мережах:

- **електрична мережа з ефективно заземленою нейтраллю** – трифазна електрична мережа напругою понад 1 кВ, в якій коефіцієнт замикання на землю не перевищує 1,4 (ПУЕ, п.1.7.4);

- **коефіцієнт замикання на землю** в трифазній мережі – відношення різниці потенціалів між неушкодженою фазою і землею в точці замикання на землю другої або двох інших фаз до різниці потенціалів між фазою і землею в цій точці до замикання (ПУЕ, п.1.7.4);

- **глухозаземлена нейтраль** – нейтраль генератора або

трансформатора, приєднана до заземлювального пристрою безпосередньо або через малий опір (наприклад, через трансформатори струму). Глухозаземленим може бути також вивід джерела однофазного струму або полюс джерела постійного струму у двопровідних мережах, а також середня точка джерела в трипровідних мережах змінного і постійного струму (ПУЕ, п.1.7.5);

- **середня точка** – спільна точка між двома симетричними елементами кола, протилежні кінці яких приєднано до різних лінійних провідників того самого кола (ПУЕ, п.1.7.5);

- **лінійний (фазний) провідник** – провідник, який у нормальному режимі роботи електроустановки перебуває під напругою і використовується для передавання і розподілу електричної енергії, але не є провідником середньої точки або нейтральним провідником (ПУЕ, п.1.7.5);

- **ізолювана нейтраль** – нейтраль генератора або трансформатора, не приєднана до заземлювального пристрою або приєднана до нього через прилади сигналізації, вимірювання, захисту, заземлювальні дугогасні реактори і подібні до них пристрої, що мають великий опір (ПУЕ, п.1.7.6);

- **компенсована нейтраль** – нейтраль генератора або трансформатора, приєднана до заземлювального пристрою через дугогасні реактори для компенсації ємнісного струму в мережі з ізолюваною нейтраллю під час однофазних замикань на землю (ПУЕ, п.1.7.6);

- **заземлена через резистор нейтраль** – нейтраль генератора або трансформатора в мережі з ізолюваною або компенсованою нейтраллю, приєднана до заземлювального пристрою через резистор, наприклад, для захисту мережі від перенапруг або (і) виконання селективного захисту в разі замикання на землю (ПУЕ, п.1.7.5).

Тип заземлення системи – позначення, яке характеризує влаштування нейтрального провідника (*N*-провідника) або провідника середньої точки (*M*-провідника) і з'єднання з землею струмовідних частин джерела живлення та відкритих провідних частин в електроустановках напругою до 1 кВ (ПУЕ, п.1.7.26).

Відповідно до ГОСТ 30331.2 прийнято такі позначення типу заземлення системи:

- **система TN** – система, в якій мережа живлення має глухе заземлення однієї точки струмовідних частин джерела живлення, а електроприймачі і відкриті провідні частини електроустановки приєднуються до цієї точки за допомогою відповідно *N*- або *M*- і захисного *PE*-провідників;

- **система TN-S** – система TN, в якій *N*- або *M*- і *PE*-провідники розділено по всій мережі;




- **система TN-C** – система TN, в якій *N*- або *M*- і *PE*-провідники поєднано в одному *PEN*-провіднику по всій мережі;

- **система TN-C-S** – система TN, в якій *N*- або *M*- і *PE*-провідники поєднано в одному провіднику в частині мережі, починаючи від джерела живлення;

- **система TT** – система, одну точку струмовідних частин джерела живлення якої заземлено, а відкриті провідні частини електроустановки приєднано до *PE*-провідника, з'єднаного із заземлювачем, електрично не залежним від заземлювача, до якого приєднано точку струмовідних частин джерела живлення;

- **система IT** – система, в якій мережу живлення ізольовано від землі або її заземлено через прилади або (і) пристрої, що мають великий опір, а відкриті провідні частини електроустановки приєднано до заземленого *PE*-провідника.

На рисунках 4.10 і 4.11 подано приклади виконання систем *TN*, *TT* та *IT* у трифазних електроустановках змінного та в електроустановках постійного струму напругою до 1 кВ, де прийнято такі умовні позначення:

| | |
|---|--|
|  | <i>N</i> -провідник (<i>M</i> -провідник) |
|  | <i>PEN</i> -провідник |
|  | захисний провідник (<i>PE</i> -провідник) |

Літерні позначення типу заземлення системи означають:

- **перша літера** - характер заземлення джерела живлення:
 - **T** (від лат. “*terra*” – земля) - безпосереднє приєднання

однієї точки струмовідних частин джерела живлення до заземлювального пристрою. У трифазних мережах такою точкою, як правило, є нейтраль джерела живлення (якщо нейтраль недоступна, то заземлюють фазний провідник), у трипровідних мережах однофазного струму і постійного струму – середня точка, а у двопровідних мережах – один з виводів джерела однофазного струму або один з полюсів джерела постійного струму;

- **I** (від англ. “*isolated*” – ізольований) – всі струмовідні частини джерела живлення ізольовано від землі або одну точку заземлено через великий опір (наприклад, через опір приладів контролю ізоляції);

- **Друга літера** – характер заземлення відкритих провідних частин електроустановки:

- **N** (від англ. “*neutral*” – нейтраль) – безпосередній зв’язок відкритих провідних частин електроустановки з точкою заземлення джерела живлення;

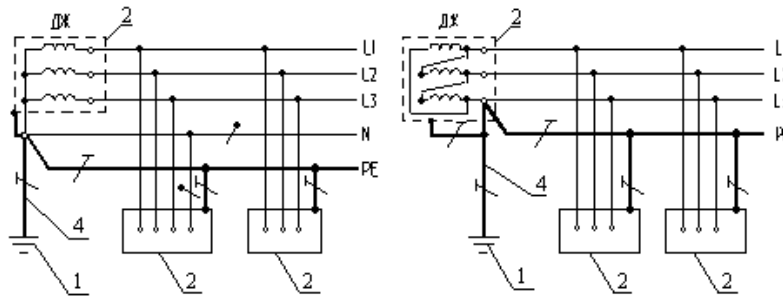
- **T** – безпосередній зв’язок відкритих провідних частин із землею, незалежно від характеру заземлення джерела живлення із землею.

Наступні літери в системі *TN* позначають влаштування нейтрального *N* і захисного *PE*-провідників:

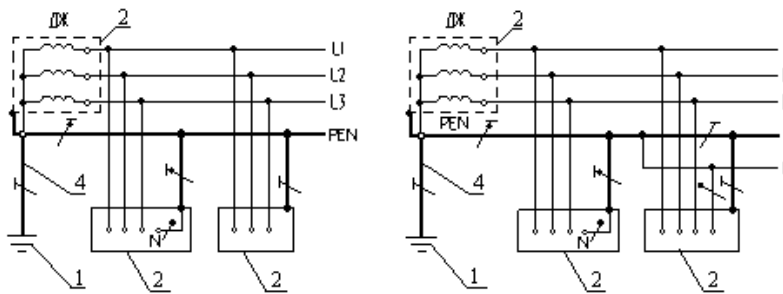
- **S** (від англ. “*separate*” – розділяти) – функції *N*- і *PE*-провідників виконують окремі провідники;

- **C** (від англ. “*combine*” – об’єднувати) – функції *N*- і *PE*-провідників виконує один *PEN*-провідник.

Примітка. Вважається, що системи *TN*, *IT* і *TT*, у разі належного дотримання правил монтажу і експлуатації, еквівалентні стосовно захисту людини від ураження електричним струмом. Вибір тієї чи іншої системи визначається за сукупністю ряду факторів, основними з яких є: тип приміщень, в яких розташовано електроустановку, і наявність у них вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зон; безперервність живлення; електромагнітна сумісність електрообладнання; умови експлуатації тощо.

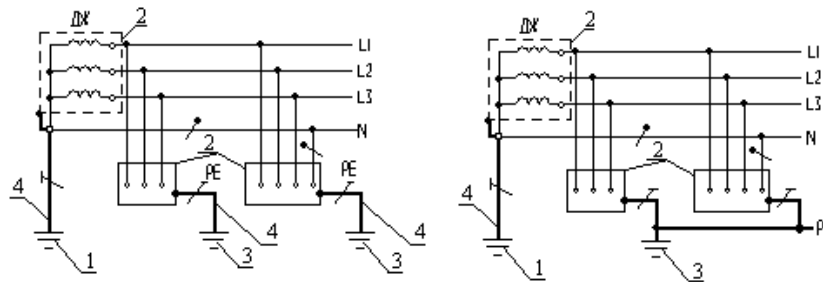


Система TN-S

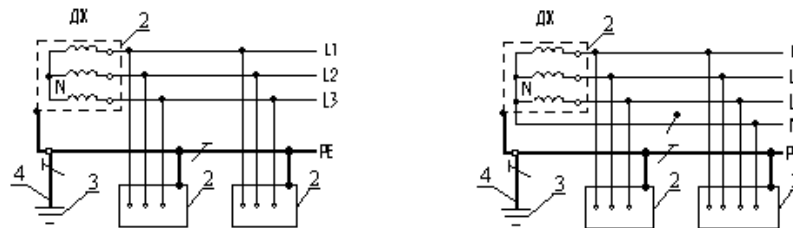


Система TN-C

Система TN-C-S



Система TT



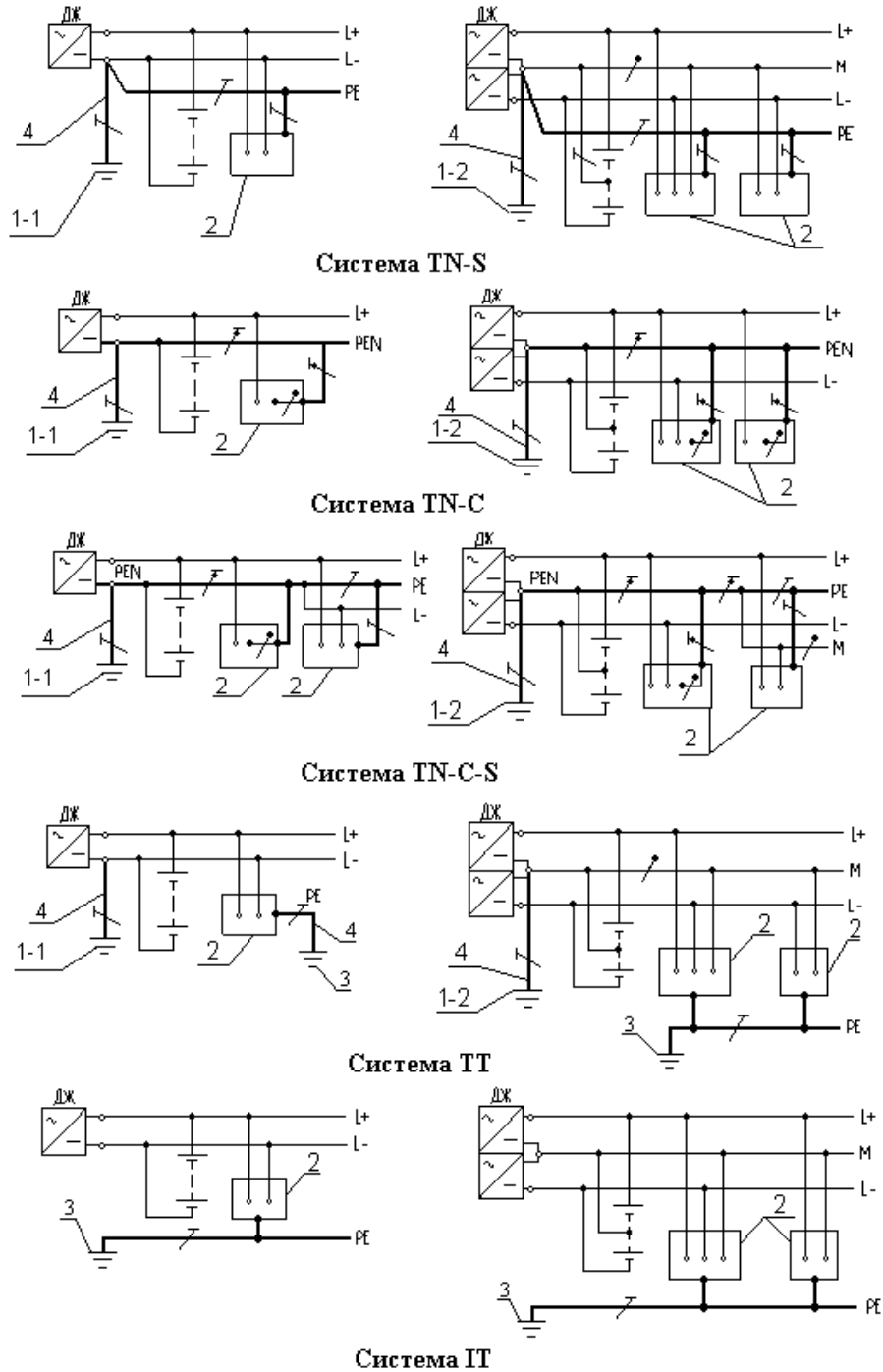
нейтраль не розподілено

нейтраль розподілено

Система IT

ДЖ – джерело живлення; *L1, L2, L3* – лінійні (фазні) провідники;
1 – заземлювач джерела живлення; *2* – відкриті провідні частини;
3 – заземлювач відкритих провідних частин; *4* – захисний заземлювальний провідник; (заземлення системи позначено потовщеними лініями)

Рисунок 4.10 – Приклади виконання систем TN-S, TN-C, TN-C-S, TT і IT у трифазних електроустановках змінного струму напругою до 1 кВ



ДЖ – джерело живлення; $L+$, $L-$ – лінійні провідники; M – провідник середньої точки; $1-1$ – заземлювач лінійного провідника; $1-2$ – заземлювач провідника середньої точки; 2 – відкриті провідні частини; 3 – заземлювач відкритих провідних частин; 4 – захисний заземлювальний провідник (заземлення системи позначено потовщеними лініями)

Рисунок 4.11 – Приклади виконання систем TN-S, TN-C, TN-C-S, TT і IT у електроустановках постійного струму напругою до 1 кВ

4.5 Заходи захисту із застосуванням систем БННН, ЗННН і ФННН

ПУЕ встановлюють, що в електроустановках напругою до 1 кВ захист від ураження електричним струмом у разі непрямого дотику і в деяких випадках від прямого дотику можна виконувати із застосуванням систем БННН, ЗННН і ФННН (див.п.4.3). Найдоцільніше застосовувати ці системи в приміщеннях із підвищеною небезпекою та особливо небезпечних (ПУЕ, п. 1.7.68).

У разі застосування систем БННН і ЗННН захист від ураження електричним струмом вважають достатнім, якщо він відповідає таким вимогам (ПУЕ, п. 1.7.69) :

- джерелом живлення кіл має бути безпечний розділовий трансформатор³¹ відповідно до ДСТУ 3225³² або інше джерело наднизької напруги, яке забезпечує рівноцінний ступінь безпеки відповідно до ДБН В.2.5-27³³;

- улаштування кіл систем має гарантувати електричне відділення від кіл вищої напруги, принаймні рівноцінне відділенню між колами первинної і вторинної обмоток безпечного розділового трансформатора. Ця вимога не виключає приєднання кола системи ЗННН до заземлювального пристрою;

- провідники кіл слід прокладати окремо від провідників вищих напруг і захисних провідників або відокремлювати їх від них захисним електричним екрануванням чи укладати в неметалеву оболонку додатково до основної ізоляції;

- струмовідні частини системи БННН не слід приєднувати до заземлювача, струмовідних частин і захисних провідників інших кіл, а відкриті провідні частини – до заземлювача, захисних провідників або відкритих провідних частин іншого кола, а також до сторонніх провідних частин, крім випадку, коли необхідно їх

³¹Розділовий трансформатор – трансформатор, вторинні обмотки якого відділено від первинної обмотки за допомогою захисного електричного відокремлення (ПУЕ, п.1.7.49)

³²ДСТУ 3225-95 (ІЕС 60742:1983). Розділові трансформатори і безпечні розділові трансформатори

³³ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення

з'єднувати з електрообладнанням, але при цьому самі частини іншого кола не можуть мати напругу, вищу за наднизьку;

- вилки для кіл систем БННН і ЗННН за конструкцією не повинні входити в штепсельні розетки іншої напруги, штепсельні розетки не повинні допускати вмикання вилок іншої напруги, а штепсельні розетки кіл системи БННН не повинні мати захисного контакту;

- захист від прямого дотику в колах БННН і ЗННН, за винятком умов, за яких він не вимагається (п. 1.7.55 ПУЕ), слід здійснювати за допомогою огорож чи оболонок згідно з п. 1.7.72 ПУЕ або за допомогою ізоляції, яка відповідає випробувальній напрузі 500 В змінного струму протягом 1 хв.

У разі застосування системи ФННН захист від ураження електричним струмом має відповідати таким вимогам (ПУЕ, п. 1.7.70):

- джерелом живлення кіл може бути трансформатор, вторинну обмотку якого відділено від первинної тільки основною ізоляцією або джерело живлення, що застосовується в системах БННН і ЗННН;

- захист від прямого дотику слід забезпечувати за допомогою огорож чи оболонок згідно з п. 1.7.72 ПУЕ або за допомогою ізоляції, яка відповідає мінімальній випробувальній напрузі для ізоляції первинного кола;

- захист у разі непрямого дотику слід забезпечувати шляхом з'єднання відкритих провідних частин обладнання в колі системи ФННН із захисним провідником первинного кола, якщо останнє захищене за допомогою автоматичного вимкнення живлення;

- вилки для кіл системи ФННН за конструкцією не повинні входити в штепсельні розетки іншої напруги, а штепсельні розетки не повинні допускати вмикання вилок іншої напруги і повинні мати контакт для приєднання захисного провідника.

4.6 Заходи основного захисту

За вимогами п.1.7.71 ПУЕ основна ізоляція³⁴ має повністю покривати струмовідні частини і бути здатною витримувати механічні, електричні, хімічні, теплові та інші впливи, які виникають у процесі експлуатації. Усунення ізоляції повинно бути можливим тільки шляхом її руйнування. Для заводських виробів ізоляція має відповідати стандартам або відповідним технічним умовам на це обладнання. Лакофарбові покриття та інші подібні покриття не вважають ізоляцією, яка захищає від ураження електричним струмом. Якщо ізоляцію обладнують під час монтажу, її якість слід випробовувати за нормами, призначеними для перевіряння якості ізоляції обладнання заводського виготовлення.

У разі забезпечення основної ізоляції повітряним проміжком, захист від прямого дотику до струмовідних частин або наближення до них на небезпечну відстань, у тому числі в електроустановках напругою понад 1 кВ, необхідно здійснювати за допомогою оболонок, огорож, бар'єрів або шляхом розміщення поза зоною досяжності.

ПУЕ встановлюють (п.1.7.72), що «огорожі та оболонки в електроустановках напругою до і понад 1 кВ мають забезпечувати ступінь захисту не менше IP2X згідно з ГОСТ 14254³⁵ (МЭК 529-89), за винятком випадків, коли для нормальної роботи електрообладнання необхідно мати збільшені зазори порівняно зі ступенем захисту IP2X. У цьому разі слід вживати відповідні заходи для запобігання ненавмисному дотику до струмовідних частин, а електроустановку має обслуговувати спеціально підготовлений персонал.

Огорожі та оболонки слід надійно закріплювати, вони повинні мати достатню механічну міцність і довговічність.

Входити за огорожу або розкривати оболонки повинно бути можливим тільки за допомогою спеціального ключа чи інструмента

³⁴**Основна ізоляція** – ізоляція струмовідних частин в електроустановках напругою до 1 кВ, яка забезпечує захист від прямого дотику (ПУЕ, п.1.7.43)

³⁵ГОСТ 14254 (МЭК 529-89), – Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)

або після зняття напруги із струмовідних частин. За неможливості дотримання цих умов потрібно встановлювати проміжні огорожі із ступенем захисту не меншим ніж IP2X, усунення яких також можливе лише за допомогою спеціального ключа чи інструмента. Легкодоступні верхні горизонтальні поверхні огорож і оболонки повинні мати ступінь захисту принаймні IP4X».

Бар'єри за п.1.7.73 ПУЕ застосовують для захисту від випадкового дотику до струмовідних частин в електроустановках напругою до 1 кВ або в разі наближення до них на небезпечну відстань в електроустановках напругою понад 1 кВ. Вони не виключають навмисного дотику і наближення до струмовідних частин у разі обходу бар'єру. Для зняття бар'єрів не треба застосовувати ключ або інструмент, однак їх слід закріплювати так, щоб їх неможливо було усунути ненароком. Установлювати бар'єри допускається тільки в електроустановках або їх частинах, доступних лише для кваліфікованого персоналу. Бар'єри рекомендовано виготовляти з ізолювального матеріалу.

У п.1.7.74 ПУЕ вказується, що розміщення поза зоною досяжності для захисту від ненавмисного прямого дотику до струмовідних частин в електроустановках напругою до 1 кВ або наближення до них на небезпечну відстань в електроустановках напругою понад 1 кВ може бути застосоване за неможливості виконання заходів, зазначених у п.п. 1.7.71–1.7.73, або їх недостатності. У середині зони досяжності не має бути частин, які мають різні потенціали, доступних для одночасного дотику.

В електроустановках напругою до 1 кВ доступними для одночасного дотику вважаються дві частини, якщо вони знаходяться на відстані, не більшій ніж 2,5 м одна від одної. У вертикальному напрямку зона досяжності становить 2,5 м від поверхні, на якій перебувають люди (рис. 4.12).

Зазначені на рис 4.12 (рис.1.7.3 ПУЕ) габарити зони досяжності визначено за умови безпосереднього дотику голими руками, без допоміжного пристрою. Якщо відстань до струмовідних частин скорочується за рахунок предметів, які людина переносить, використовує або тримає в руці (наприклад, інструмент або приставна драбина), необхідно встановлювати відповідні обмеження

або відстані між частинами, де можуть виникати небезпечні напруги, потрібно збільшувати з урахуванням габаритів предметів більшої довжини або більшого об'єму, які звичайно переносять через цю зону.

Примітка. Якщо доступ до електроустановки мають тільки кваліфіковані фахівці і проінструктовані особи, то відстані можуть бути меншими від зазначених на рис.4.12 (наприклад, відстані в електроприміщеннях, що розглядаються в главі 4.1 ПУЕ).

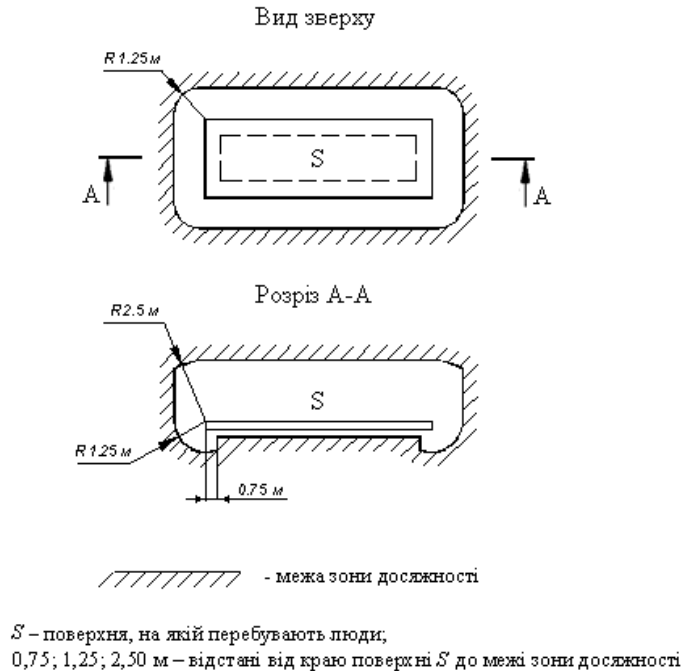


Рисунок 4.12 – Зони досяжності в електроустановках до 1 кВ

Обмеження сили струму дотику в усталеному режимі та електричного заряду має захищати людей і тварин за рівнями, які можуть бути небезпечними або відчутними. Відповідні рівні обмеження струму і електричного заряду встановлюються відповідними нормативними документами. Для людей рекомендовано (ПУЕ, п.1.7.75):

– щоб сила струму, що протікає між одночасно доступними провідними частинами, за активного опору 2000 Ом, не перевищувала поріг чутливості і була не більшою ніж 0,5 мА для змінного струму, і не більшою ніж 2 мА для постійного струму. У деяких випадках вона може бути більшою, але не перевищувати больовий поріг;

– щоб накопичений заряд між одночасно доступними провідними частинами не перевищував 0,5 мКл (поріг чутливості). Також може бути зазначено значення накопиченого заряду 50 мКл (больовий поріг).

Примітка. Значення сили струму в усталеному режимі наведено для синусоїдального струму з частотою від 15 Гц до 100 Гц.

Додатковим заходом захисту від ураження електричним струмом у разі прямого дотику в електроустановках напругою до 1 кВ є застосування ПЗВ³⁶ з номінальним диференційним струмом вимикання, не більшим ніж 30 мА. Його слід застосовувати у разі, якщо інші заходи електробезпеки, зазначені в п.п. 1.7.71–1.7.74 ПУЕ, є недостатніми або можлива їх відмова, а також за наявності вимог до конкретних електроустановок (див. також п. 1.7.164 ПУЕ). Застосування ПЗВ не може бути єдиним заходом захисту від прямого дотику і не виключає необхідності застосування одного із заходів, зазначених у п.п. 1.7.71–1.7.74 ПУЕ.

4.7 Заходи захисту у разі непрямого дотику

Вимоги захисту в разі непрямого дотику (ПУЕ, п.1.7.77) поширюються:

- 1) на корпуси електричних машин, трансформаторів, апаратів, світильників тощо;
- 2) на приводи електричних апаратів;
- 3) на вторинні обмотки трансформаторів струму і трансформаторів напруги, а також вторинні обмотки фільтрів приєднання високочастотних каналів;
- 4) на каркаси розподільних щитів, щитів керування, щитків і шаф, а також знімних частин або частин, які відкриваються, якщо на останніх встановлено електрообладнання напругою понад 50 В змінного або 120 В постійного струму (у випадках, передбачених п. 1.7.56 ПУЕ, – понад 12 чи 25 В змінного або 30 чи 60 В постійного струму);
- 5) на металеві і залізобетонні конструкції розподільних

³⁶ПЗВ – пристрій захисного автоматичного вимкнення живлення, який реагує на диференційний струм (ПУЕ, п.1.7.42).

Примітка. Диференційний струм – це векторна сума струмів, які проходять через пристрій.

установок, шинопроводів (струмопроводів), металеві кабельні з'єднувальні муфти, металеві оболонки і броню контрольних і силових кабелів, металеві оболонки проводів, металеві рукави і труби електропроводки, кожухи, лотки, коробки, струни, троси і сталеві смуги, на яких прикріплено кабелі і проводи (крім струн, тросів і смуг, на яких прокладено кабелі, металеву оболонку чи броню яких з'єднано із захисним провідником), а також інші металеві основи, на яких установлюють електрообладнання;

6) на металеві оболонки і броню контрольних, силових кабелів і проводів напругою, що не перевищує значень, зазначених у п. 1.7.56 ПУЕ, прокладених на спільних металевих конструкціях з кабелями і проводами більш високих напруг;

7) на металеві корпуси пересувних і переносних електроприймачів;

8) на металеві корпуси електрообладнання, встановленого на рухомих частинах верстатів, машин і механізмів.

У разі застосування автоматичного вимкнення живлення³⁷ для захисту від ураження електричним струмом відкриті провідні частини, зазначені в підпунктах 1), 2), і 4) - 8) слід з'єднувати з РЕ-провідником³⁸ відповідно до особливостей типу заземлення системи в електроустановках до 1 кВ. Відкриті провідні частини обладнання напругою понад 1 кВ і один з виводів вторинних обмоток трансформаторів струму і трансформаторів напруги, а також вторинні обмотки фільтрів приєднання високочастотних каналів (перелік 3) необхідно з'єднувати із захисним заземленням.

У приміщеннях і відкритих установках, де застосовують такі заходи захисту, як автоматичне вимкнення живлення або захисне заземлення, необхідно виконувати захисне зрівнювання потенціалів³⁹.

³⁷**Захисне автоматичне вимкнення живлення** – автоматичне розімкнення одного або кількох лінійних провідників і за потреби - нейтрального провідника, яке виконують з метою електробезпеки в електроустановках до 1 кВ (ПУЕ, п.1.7.42)

³⁸**Захисний провідник (РЕ-провідник**, від англ. “*protective earthing*” – захисне заземлення). Провідник, призначений для забезпечення захисту від ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції(наприклад, провідник для з'єднання відкритих провідних частин із заземлювачем, заземлювальним провідником, іншими відкритими провідними частинами, сторонніми провідними частинами, заземленою струмовідною частиною, глухо заземленою нейтральною точкою джерела живлення тощо) (ПУЕ, п.1.7.23)

³⁹**Захисне зрівнювання потенціалів** – досягнення однакового значення потенціалів провідних частин шляхом електричного з'єднання їх між собою (ПУЕ, п.1.7.38).

З цією метою всі сторонні провідні частини (будівельні конструкції, стаціонарно прокладені трубопроводи всіх призначень, металеві корпуси технологічного обладнання, підкранові та залізничні колії тощо) необхідно приєднувати до захисного заземлення в електроустановках напругою понад 1 кВ і до захисного PE-провідника в електроустановках напругою до 1 кВ (див. п.1.7.80).

Не потребують приєднання до системи заземлення (ПУЕ, п.1.7.79):

1) корпуси електрообладнання, апаратів і електромонтажних конструкцій, установлених на металевих основах (конструкціях, розподільних установках, щитах, шафах, станинах верстатів, машин і механізмів) з електричним контактом між ними, що відповідає вимогам класу 2 з'єднань за ГОСТ 10434⁴⁰, металеві основи яких вже приєднано до захисних провідників;

2) металеві конструкції, на яких встановлюють електрообладнання, з електричним контактом між цими конструкціями та встановленим на них електрообладнанням, що відповідає вимогам класу 2 з'єднань за ГОСТ 10434, якщо це електрообладнання вже приєднане до захисних провідників. При цьому зазначені конструкції не можна використовувати для заземлення встановленого на них іншого електрообладнання;

3) частини металевих каркасів розподільних установок, шаф, огорож тощо, що відкриваються або знімаються, якщо на них не встановлене електрообладнання або напруга встановленого електрообладнання не перевищує значень, наведених у п.1.7.56;

4) арматура ізоляторів усіх типів, відтяжок, кронштейнів і освітлювальна арматура, встановлена на дерев'яних конструкціях (опорах повітряних ліній електропередавання), якщо цього не вимагають умови блискавкозахисту. В електроустановках напругою до 1 кВ прокладені по дерев'яній конструкції кабелі з металевою заземленою оболонкою або неізольовані заземлювальні провідники слід з'єднувати з PE-провідником відповідно до типу заземлення системи;

5) відкриті провідні частини електрообладнання з подвійною золяцією⁴¹;

6) відкриті провідні частини електроустановок напругою до 1 кВ, які через незначні розміри (не більші, ніж 50 мм × 50 мм) або розташування не доступні для дотику, а їх з'єднання з PE-провідником ускладнене чи

⁴⁰ ГОСТ 10434. Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования

⁴¹ **Подвійна ізоляція** – ізоляція в електроустановках напругою до 1 кВ, яка складається з основної і додаткової ізоляції.

ненадійне (наприклад, болти, металеві скоби, відрізки труб механічного захисту кабелів у місцях їхнього проходження через стіни і перекриття та інші подібні деталі, у тому числі металеві протяжні і відгалужувальні коробки площею до 100 см² у разі схованих електропроводок).

За вимогами п.1.7.80 ПУЕ у разі здійснення автоматичного вимкнення живлення в електроустановках напругою до 1 кВ доступні дотику відкриті провідні частини необхідно приєднувати до PE-провідника відповідно до особливостей типу заземлення системи і влаштовувати основну систему зрівнювання потенціалів згідно з п. 1.7.84 ПУЕ, а за необхідності – також і додаткову (місцеву) систему зрівнювання потенціалів згідно з п.1.7.85 ПУЕ.

Характеристики пристроїв, які використовують для захисного автоматичного вимкнення живлення, і повний опір кола замикання⁴², мають забезпечувати автоматичне вимкнення живлення в межах нормованого часу, достатнього для електробезпеки людини, у разі замикання струмовідної частини на відкриту провідну частину або захисний провідник.

За вимогами п.1.7.81 ПУЕ для захисного автоматичного вимкнення живлення можна використовувати пристрої захисту, які реагують на надструми⁴³ або диференційний струм (ПЗВ). Пристрої ПЗВ можна встановлювати в кінцевих колах електроустановки для окремого електроприймача, для групи електроприймачів і на вводі щита або щитка (див. також п.1.7.164 ПУЕ).

ПЗВ заборонено застосовувати в електроустановках із системою TN-C.

Не допускається застосовувати ПЗВ у колах, раптове вимкнення яких може призвести за технологічних причин до виникнення ситуацій, небезпечних для користувача і обслуговуючого персоналу, відключення пожежної, охоронної сигналізації тощо.

В електроустановках із системою TN-C-S приєднувати PE-провідник до PEN-провідника⁴⁴ необхідно з боку живлення

⁴² Коло (петля) «фаза-нуль» - п.1.8.205 ПУЕ

⁴³ Надструм – струм, значення якого перевищує найбільше робоче (розрахункове) значення струму електричного кола.

⁴⁴ **PEN-провідник** – провідник в електроустановках напругою до 1 кВ, який поєднує в собі функції захисного (PE-) і нейтрального (N-) провідників.

Примітка. Терміни «нейтральний» і «захисний» провідники в системі TN є синонімами відповідних термінів «нульовий робочий» і «нульовий захисний» провідники, які були в попередніх нормативних документах України і не відповідали

відносно ПЗВ.

У системі TN і TT час автоматичного вимкнення живлення в кінцевих колах з робочим струмом до 32 А не має перевищувати значень, зазначених у табл. 4.3 (ПУЕ, п. 1.7.82, табл.1.7.1).

Таблиця 4.3 – Найбільший допустимий час захисного автоматичного вимкнення живлення в кінцевих колах з робочим струмом до 32 А для електроустановок із системою заземлення TN і TT

| Номинальна напруга U_0 , В, між лінійним провідником і землею | Час вимкнення, с, в електроустановках | | | |
|---|---------------------------------------|------|----------------------------------|-----|
| | змінного струму для системи | | постійного струму для системи | |
| | TN | TT | TN | TT |
| $50 < U_0 \leq 127$ | 0,8 | 0,3 | - | - |
| $127 < U_0 \leq 230$ | 0,4 | 0,2 | 5,0 | 0,4 |
| $230 < U_0 \leq 400$ | 0,2 | 0,07 | 0,4 | 0,2 |
| $U_0 > 400$ | 0,1 | 0,04 | 0,1 | 0,1 |

Для кінцевих кіл системи TN з робочим струмом понад 32 А, які живлять тільки стаціонарне електрообладнання від розподільних пристроїв, час, наведений в табл. 4.3, можна збільшувати, але не більше ніж до 5 с у разі виконання однієї з таких умов:

– повний опір захисного провідника між головною заземлювальною шиною електроустановки і розподільним пристроєм не перевищує:

$$- \text{ для систем змінного струму } Z_{zn} \leq \frac{50}{I_a} \quad (4.18)$$

$$- \text{ для систем постійного струму } Z_{zn} \leq \frac{120}{I_a} \quad (4.19)$$

де Z_{zn} – повний опір захисного провідника між ГЗШ⁴⁵ і розподільним пристроєм, Ом; I_a – струм, який протікає через захисний провідник і спричинює спрацьовування захисного пристрою кінцевого кола, А

термінам міжнародних стандартів.

⁴⁵Головна заземлювальна шина (ГЗШ) – затискач або збірна шина, які є частиною заземлювального пристрою електроустановки напругою до 1 кВ і дають змогу виконувати електричні з'єднання визначеної кількості провідників з метою заземлення і зрівнювання потенціалів (ПУЕ, п.1.7.39)

– до PE-шини розподільного пристрою приєднано додаткову систему зрівнювання потенціалів, яка охоплює ті самі доступні сторонні провідні частини⁴⁶, що й основна система зрівнювання потенціалів.

Для розподільних кіл системи TN час захисного автоматичного вимикання допускається таким, що не перевищує 5 с.

У системі TT для кінцевих кіл з робочим струмом понад 32 А та розподільних кіл час відключення допускається таким, що не перевищує 1 с.

У системі IT, де відкриті провідні частини всі разом приєднано до однієї системи заземлення, умови автоматичного вимкнення живлення після першого замикання, у разі виникнення другого замикання з відкритою струмовідною частиною, мають бути такими самими, як і для системи TN (ПУЕ, п. 1.7.82).

У цьому разі струм спрацьовування захисного пристрою, у межах установленого часу, визначають напругою U і повним опором кола подвійного замикання, до якого входять:

- лінійні провідники і захисний провідник, який з'єднує відкриті провідні частини із замиканням на них лінійних провідників, якщо нейтральний або середній провідник не розподілено (за напругу U приймають лінійну напругу), або

- лінійний і нейтральний провідники, а також захисний провідник, який з'єднує відкриті провідні частини із замиканням на них лінійного і нейтрального провідників, якщо нейтральний або середній провідник розподілено (за напругу U приймають фазну напругу)⁴⁷.

Якщо відкриті провідні частини в системі IT заземлено окремо або групами, автоматичне вимкнення живлення слід забезпечувати ПЗВ за час, установлений для системи TT (ПУЕ, п.1.7.82). У цьому разі можна використовувати ПЗВ на диференційні струми спрацьовування до 300 – 500 мА.

За вимогами п.1.7.84 ПУЕ основна система зрівнювання

⁴⁶Стороння провідна частина – провідна частина, яка не є частиною електроустановки, здатна вносити електричний потенціал, як правило, електричний потенціал локальної землі (наприклад, рейки під'їзних колій, будівельні металокопункції, металеві труби і оболонки комунікацій тощо) (ПУЕ, п.1.7.11)

⁴⁷ Коло(петля) «фаза-нуль» - п.1.8.205 ПУЕ

потенціалів⁴⁸ у електроустановках до 1 кВ має з'єднувати між собою такі провідні частини:

- *PE (PEN)*-провідники електроустановки;
- заземлювальний провідник повторного заземлення на вводі в електроустановку (якщо виконується повторне заземлення);
- металеві труби комунікацій (водопостачання, каналізації, теплофікації тощо). Якщо якийсь із трубопроводів має ізолювальну вставку на вводі в будівлю, то до основної системи зрівнювання потенціалів приєднують тільки ту частину трубопроводу, що знаходиться з боку будівлі відносно ізолювальної вставки;
- металеві частини будівельних конструкцій;
- систему блискавкозахисту, якщо вона є, а нормативні документи, які стосуються блискавкозахисту, не забороняють приєднувати її до захисного заземлення;
- металеві частини централізованих систем вентиляції і кондиціонування. За наявності децентралізованих систем вентиляції і кондиціонування металеві повітропроводи слід приєднувати до *PE*-шини щитів живлення вентиляторів і кондиціонерів;
- заземлювальний провідник функціонального заземлення⁴⁹, якщо воно є, і відсутні обмеження на приєднання мережі функціонального заземлення до заземлювального пристрою захисного заземлення;
- металеві оболонки телекомунікаційних кабелів.

Провідні частини, які входять у будівлю ззовні, слід з'єднувати якнайближче до точки їхнього введення в будівлю.

Для з'єднання з основною системою зрівнювання потенціалів усі зазначені частини слід приєднувати до ГЗШ (ПУЕ, п.п. **1.7.126–1.7.130**) за допомогою провідників системи зрівнювання потенціалів (ПУЕ, п.п. **1.7.148–1.7.150**).

Приєднувати провідники основної системи зрівнювання потенціалів до заземлювачів блискавкозахисту і природних заземлювачів слід у різних місцях.

⁴⁸**Захисне зрівнювання потенціалів** – досягнення однакового значення потенціалів провідних частин шляхом електричного з'єднання їх між собою.

⁴⁹**Функціональне (робоче) заземлення** – заземлення точки чи точок системи, установки або обладнання не пов'язане з електробезпекою (наприклад, для забезпечення електромагнітної сумісності) (ПУЕ, п.1.7.22).

За вимогою п. **1.7.85** ПУЕ додаткову систему зрівнювання потенціалів у електроустановках до 1 кВ необхідно виконувати, якщо вимоги до часу захисного вимикання живлення не забезпечено, наприклад, якщо не виконується вимога (формула 1.7.3, п.**1.7.82** ПУЕ). Вона може охоплювати всю електроустановку або будь-яку її частину і має з'єднувати між собою всі одночасно доступні дотику (ПУЕ, п.**1.7.74**) відкриті провідні частини стаціонарного електрообладнання і сторонні провідні частини, включаючи доступні для дотику металеві частини будівельних конструкцій, а також захисні провідники всього електрообладнання, включаючи захисні провідники штепсельних розеток.

Для деяких приміщень із підвищеною небезпекою виконання додаткової системи зрівнювання потенціалів може бути обов'язковим, якщо це зазначено в нормативних документах, які стосуються електроустановок цих приміщень.

Для зрівнювання потенціалів можна використовувати спеціально передбачені провідники (ПУЕ, п.**1.7.150**) або відкриті і сторонні провідні частини, якщо вони відповідають вимогам п.**1.7.132** ПУЕ до захисних провідників щодо провідності і неперервності електричного кола.

У п.**1.7.86** ПУЕ вказується, що якщо час автоматичного вимикання живлення в окремих частинах електроустановки напругою до 1 кВ не відповідає вимогам п.**1.7.82** для системи TN і п.**1.7.83** для системи IT, то захист у разі непрямого дотику до цих частин можна здійснювати за допомогою інших заходів захисту, шляхом застосування:

- електрообладнання класу II;
- захисного електричного відокремлення;
- ізолювальних (непровідних) приміщень, зон, площадок;
- незаземленої системи місцевого зрівнювання потенціалів;
- систем БННН, ЗННН, ФННН.

Захист із застосуванням електрообладнання класу II або з рівноцінною ізоляцією забезпечується подвійною або посиленою ізоляцією або розміщенням електрообладнання, яке має тільки основну ізоляцію струмовідних частин, в ізолювальній оболонці.

Ізолювальна оболонка має бути стійкою до можливих електричних, термічних і механічних навантажень.

Провідні частини електрообладнання з подвійною ізоляцією, а також електрообладнання, розміщеного в ізолювальній оболонці, не вимагається приєднувати до захисних провідників (ПУЕ, п.1.7.87).

Вимоги щодо застосування захисного електричного відокремлення наведені в п.1.7.88 ПУЕ.

Захисне електричне відокремлення застосовують, як правило, для одного кола. Найбільша робоча напруга відокремлюваного кола не має перевищувати 500 В.

Живлення відокремлюваного кола слід здійснювати від розділового трансформатора (рис.4.13), який відповідає вимогам ДСТУ 3225, або від іншого джерела, що забезпечує рівноцінний ступінь безпеки.

Струмівідні частини кола, які живляться від розділового трансформатора, не повинні мати з'єднань із заземленими частинами і захисними провідниками інших кіл.

Провідники кіл, які живляться від розділового трансформатора, рекомендовано прокладати окремо від інших кіл. Якщо це неможливо, то для таких кіл необхідно використовувати кабелі без металевої оболонки, броні, екрана або ізольовані проводи, прокладені в ізоляційних трубах, коробах і каналах за умови, що номінальна напруга цих кабелів і проводів відповідає найбільшій напрузі спільно прокладених кіл, а кожне коло захищене від надструмів.



Рисунок 4.13 – Розділовий трансформатор

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 кіл.

Допускається живлення кількох електроприймачів від одного розділового трансформатора за умови одночасного виконання таких вимог:

- відкриті провідні частини відокремлюваного кола не повинні мати електричного зв'язку з металевим корпусом джерела живлення;

- відкриті провідні частини відокремлюваного кола слід з'єднувати між собою ізольованими незаземленими провідниками додаткової (місцевої) системи зрівнювання потенціалів, що не має з'єднань із захисними провідниками і відкритими провідними частинами інших кіл;

- штепсельні розетки повинні мати захисний контакт, приєднаний до місцевої незаземленої системи зрівнювання потенціалів;

- гнучкі кабелі, за винятком тих, що живлять електрообладнання класу II, повинні мати захисний провідник, який застосовують як провідник зрівнювання потенціалів;

- час автоматичного вимкнення живлення в разі подвійного замикання різних фаз на відкриті провідні частини не має перевищувати час, зазначений у табл.4.2 (табл. 1.7.1 ПУЕ).

Вимоги п.1.7.89 ПУЕ розповсюджуються на ізолювальні (непровідні) приміщення, зони і площадки – як захід захисту від непрямого дотику їх дозволено застосовувати в електроустановках напругою до 1 кВ, що доступні тільки для кваліфікованого персоналу, який обслуговує їх.

Опір ізолювальної підлоги і стін таких приміщень, зон і площадок у будь-якій точці відносно локальної землі повинен бути не нижчим ніж:

- 50 кОм для електроустановки номінальною напругою до 500 В включно;

- 100 кОм для електроустановки номінальною напругою понад 500 В.

Якщо опір у будь-якій точці менший від вказаних значень, то такі приміщення, зони і площадки не слід розглядати як заходи захисту від ураження електричним струмом.

У разі застосування ізолювальних приміщень, зон, площадок як заходу захисту в разі непрямого дотику відкриті провідні частини необхідно розташовувати таким чином, щоб людина не могла одночасно торкатися двох відкритих провідних частин або відкритої і сторонньої провідних частин, якщо зазначені частини через пошкодження основної ізоляції можуть опинитися під різним потенціалом. Виконання цієї вимоги може бути забезпечене віддаленням зазначених провідних частин одна від одної на відстань межі досяжності руками (див. п. 1.7.74), улаштуванням між ними бар'єрів, ізолюванням сторонніх провідних частин або сполученням цих заходів.




В ізолювальних приміщеннях, зонах, площадках не слід застосовувати захисний провідник. Крім того, необхідно передбачати заходи проти внесення потенціалу сторонніми провідними частинами (наприклад, переносним або пересувним електрообладнанням класу I, металевими водопровідними трубами тощо). Підлога і стіни ізолювальних приміщень, зон і площадок не повинні зазнавати впливу вологи.

Пункт 1.7.90 ПУЕ встановлює, що електрообладнання і захисні заходи від ураження електричним струмом мають бути узгодженими в електроустановці відповідно до табл. 4.4(табл. 1.7.2 ПУЕ)

Таблиця 4.4 – Застосування електрообладнання в електроустановках напругою до 1 кВ

| Клас електрообладнання (ДСТУ ІЕС 61140) | Маркування на електрообладнанні або в інструкції | Призначення захисту | Сфера застосування та умови підключення |
|---|---|-------------------------|---|
| 0 | лише для застосування в неструмопровідному середовищі або в разі виконання захисту за рахунок відокремлення кіл | У разі непрямого дотику | 1. У непровідних приміщеннях, зонах, площадках. 2. Відокремлення електричних кіл забезпечують окремо для кожного електрообладнання |

Продовження таблиці 4.4

| | | | |
|-----|---|--|---|
| I |  Захисний затискач Знак або літери «PE», або жовто-зелені смуги | Те саме | З'єднання захисного затискача електрообладнання з PE-провідником електроустановки. Застосовується, якщо вимоги стосовно окремих місць або приміщень не обмежують застосування електрообладнання цього класу |
| II | Знак  | Те саме | У всіх приміщеннях, незалежно від заходів захисту, прийнятих у електроустановці, якщо спеціальні вимоги не обмежують застосування електрообладнання цього класу |
| III | Знак  | У разі непрямого дотику і за певних умов у разі прямого дотику | Підключати тільки до систем БНН («SELV system») і ЗНН («PELV system») |

4.8 Заземлювальні пристрої електроустановок напругою до 1 кВ у електричних мережах із глухозаземленою нейтраллю

ПУЕ (п.1.7.91) встановлюють, що «в електроустановках з глухозаземленою нейтраллю нейтральну або середню точку чи один з виводів джерела живлення необхідно надійно приєднувати до заземлювача за допомогою заземлювального провідника.

Не допускається використовувати PEN- (PE- або N-) – провідники, які з'єднують нейтраль з розподільним щитом, як заземлювальні.

Якщо в PEN-провіднику, який з'єднує нейтраль джерела трифазного струму з шиною PEN розподільного щита напругою до 1 кВ, встановлено трансформатор струму, то заземлювальний провідник слід приєднувати не до нейтралі джерела безпосередньо, а до PEN-провідника і, за можливості, відразу за трансформатором

струму. У такому випадку поділ *PEN*-провідника на *PE*- і *N*-провідники в системі *TN-S* слід виконувати також поза трансформатором струму. Трансформатор струму треба розташовувати якомога ближче до виводу нейтралі джерела живлення.

Вивід *PEN* або *N*-провідника від нейтралі джерела на розподільний пристрій слід здійснювати: у разі виводу фаз шинами – шиною на ізоляторах; у разі виводу фаз кабелем (проводом) – жилою кабелю (проводу)».

Значення опору заземлювального пристрою встановлені ПУЕ у п.1.7.92, а саме: «опір заземлювального пристрою, до якого приєднано нейтраль джерела живлення або виводи джерела однофазного струму, у будь-яку пору року не повинен перевищувати 2, 4 і 8 Ом відповідно для лінійних напруг 660, 380 і 220 В джерела трифазного струму або 380, 220 і 127 В джерела однофазного струму. Цей опір необхідно забезпечувати з урахуванням використання всіх заземлювачів, приєднаних до *PEN*- (*PE*) – провідника, якщо кількість відхідних ліній не менше двох. Лінія з найбільшою кількістю заземлювачів, приєднаних до *PEN*- (*PE*) – провідника, не враховується. Опір заземлювача, до якого безпосередньо приєднують нейтраль джерела трифазного струму або виводи джерела однофазного струму, має бути не більшим за 15, 30 і 60 Ом відповідно для лінійних напруг 660, 380 і 220 В джерела трифазного струму або 380, 220 і 127 В джерела однофазного струму (див. також п. 1.7.96 ПУЕ)».

У п.1.7.93 ПУЕ наведені наступні вимоги: « на початках та на кінці повітряних ліній електропередавання як з неізольованими, так і з самоутримними ізольованими проводами або відгалужень від них довжиною понад 200 м слід влаштовувати повторні заземлення *PEN*- (*PE*) – провідника зі значенням опору згідно з п. 1.7.95. У першу чергу необхідно використовувати природні заземлювачі (підземні частини залізобетонних і металевих опор), а також заземлювачі, призначені для захисту від грозових перенапруг (див. главу 2.4).

Зазначені повторні заземлення виконують тільки в тому разі, якщо на повітряних лініях відсутні заземлювачі, призначені для захисту від грозових перенапруг, або їх недостатньо для виконання

умови, зазначеної в п. 1.7.95.

Повторні заземлення *PEN*-провідника в мережах постійного струму слід влаштовувати із застосуванням окремих штучних заземлювачів. Вони не повинні мати металевих з'єднань з підземними трубопроводами».

На вводі до електроустановки будинку (будівлі), в якій для захисту від непрямого дотику застосовується автоматичне вимкнення живлення, за рішенням власника будинку (будівлі) рекомендовано влаштовувати повторне заземлення *PEN*- (*PE*) – провідника, опір якого має бути не більше ніж 30 Ом (п.1.7.94 ПУЕ). Для цього, перш за все, слід використовувати природні заземлювачі (арматуру фундаменту, з'єднану між собою безперервно – для будинків, що проектуються чи будуються) та заземлювачі грозозахисту будинку. Якщо грозозахист будинку не виконується і безпосередньо біля нього відсутні природні заземлювачі, то роль повторного заземлювача на вводі до електроустановки будинку може виконувати повторний (грозозахисний) заземлювач *PEN*- (*PE*) – провідника, встановлений на повітряній лінії живлення, якщо відстань між ним і ввідно-розподільним пристроєм електроустановки не перевищує 60 м.

Установлена на фасаді будинку або на опорі ПЛ будь-яка металева шафа з електрообладнанням, яка обслуговується безпосередньо з поверхні землі(наприклад шафа на вводі в будинок з комутаційно-захисним пристроєм і лічильником електроенергії), повинна бути з'єднана з РЕ-провідником електроустановки і провідником системи вирівнювання потенціалів⁵⁰, яка виконується шляхом закладання в землю(на глибину 0,5 – 0,7 м і відстань 1 метр від шафи) провідника із чорної сталі діаметром, не меншим ніж 10 мм.

У разі асфальтного або бетонного покриття землі закладення в землю провідника для вирівнювання потенціалів можна не

⁵⁰**Захисне вирівнювання потенціалів** - зниження напруги дотику і (або) напруги кроку шляхом укладання в землю чи в провідну підлогу або на їх поверхні провідних частин, приєднаних до заземлювального пристрою, або шляхом застосування спеціального покриття землі (підлоги) (ПУЕ, п.1.7.37)

Термін «вирівнювання потенціалів», використований у главі 1.7 ПУЕ, треба розуміти як «захисне вирівнювання потенціалів».

виконувати.

Пункт **1.7.95** ПУЕ встановлює, що: «сумарний опір всіх заземлювачів, приєднаних до *PEN*- провідника кожної лінії, у тому числі природних заземлювачів, у будь-яку пору року не повинен перевищувати 5, **10** і 20 Ом відповідно для лінійної напруги 660, **380** і 220 В джерела трифазного струму або 380, **220** і 127 В джерела однофазного струму. Опір кожного з повторних заземлювачів має бути не більшим ніж 15, **30** і 60 Ом відповідно для тієї самої напруги (див. також п. **1.7.96**)».

Деталізує інформацію, що міститься у п.1.7.96 ПУЕ, п.**1.7.96**: «у районах з питомим опором землі $\rho > 100$ Ом·м допускається одночасно збільшувати зазначені в п. **1.7.92** і п. **1.7.95** значення опору заземлення в $0,01\rho$ разів, але не більше, ніж в 10 разів, за винятком мереж, в яких заземлювальний пристрій, до якого приєднано нейтраль джерела живлення, використовують одночасно для електроустановок напругою до і понад 1 кВ. В останньому випадку збільшення опору можливе лише до значення, за яким напруга на заземлювальному пристрої не перевищує допустиму напругу, наведену в табл. 4.3 (табл. 1.7.3 ПУЕ)».

4.9 Заземлювальні пристрої електроустановок напругою до 1 кВ у електричних мережах із ізольованою нейтраллю

ПУЕ (п.**1.7.97**) встановлюють, що: «опір заземлювального пристрою R , Ом, який використовують для захисного заземлення відкритих провідних частин в електроустановках з ізольованою нейтраллю, у разі одиничного замикання струмовідної частини на заземлену, має відповідати умові:

$$R \leq \frac{U_0}{I}, \quad (4.20)$$

де U_0 – допустима напруга дотику, значення якої в приміщеннях без підвищеної небезпеки приймають для електроустановок змінного струму – 50 В, а для постійного – 120 В (див. також п. **1.7.56**); I – повний струм замикання на землю (на заземлену провідну частину), А.

Виконання зазначеної умови можна не перевіряти, якщо опір заземлювального пристрою R не перевищує:

- 4 Ом в електроустановках змінного струму в разі потужності джерела живлення більшої, ніж 100 кВ·А;
- 10 Ом в електроустановках змінного струму в разі потужності джерела живлення або сумарної потужності паралельно працюючих джерел живлення до 100 кВ·А і у всіх електроустановках постійного струму ».

4.10 Заземлювальні пристрої електроустановок напругою понад 1 кВ у електричних мережах із ізольованою, компенсованою або (і) заземленою через резистор нейтраллю

Відповідно до вимог ПУЕ (п **1.7.98**): «в електроустановках напругою понад 1 кВ електричної мережі з ізольованою, компенсованою або (і) заземленою через резистор нейтраллю опір заземлювального пристрою R , Ом, у разі проходження розрахункового струму замикання на землю у будь-яку пору року з урахуванням опору природних заземлювачів, має бути:

1) у разі використання заземлювального пристрою одночасно для електроустановок напругою до 1 кВ, в яких N -, PEN - (PE)-провідники виходять за межі цього заземлювального пристрою:

$$R \leq \frac{U_{\delta}}{I_p}, \quad (4.21)$$

де U_{δ} – допустима напруга на заземлювальному пристрої, В;
 I_p – розрахунковий струм замикання на землю, А (п. **1.7.99** ПУЕ).

Для електроустановок, в яких захист від замикання на землю діє на сигнал, значення U_{δ} приймають 67 В, а для електроустановок, в яких захист діє на автоматичне відключення приєднання із замиканням на землю, U_{δ} визначають залежно від тривалості замикання на землю в електроустановці напругою понад 1 кВ (табл. 4.5) (табл. 1.7.3 ПУЕ).

Таблиця 4.5 – Залежність допустимої напруги на заземлювальному пристрої, який одночасно використовують для електроустановок до і понад 1 кВ, від тривалості замикання на землю в електроустановках напругою понад 1 кВ з ізолюваною, компенсованою або (і) заземленою через резистор нейтраллю

| Допустима напруга на заземлювальному пристрої $R \times I_p$, В | Тривалість замикання на землю, с |
|--|----------------------------------|
| 67 | Захист діє на сигнал |
| 70 | 3 |
| 75 | 2 |
| 90 | 1 |
| 100 | 0,8 |
| 110 | 0,6 |
| 140 | 0,5 |
| 200 | 0,4 |
| 330 | 0,3 |
| 460 | 0,2 |
| 500 | 0,15 |
| 560 | 0,1 |
| 670 | 0,05 |

За розрахункову тривалість замикання на землю слід приймати суму часу дії захисту і повного часу вимикання вимикача.

У всіх випадках, незалежно від дії захисту в разі замикання на землю в електроустановках напругою понад 1 кВ опір заземлювального пристрою має також відповідати вимогам п. 1.7.92 і п. 1.7.97 для електроустановок напругою до 1 кВ.

Якщо умова (4.21 (формула 1.7.5 ПУЕ)) не виконується для системи заземлення TN, то нейтральну точку джерела живлення напругою до 1 кВ треба приєднувати до електрично незалежного заземлювача, який треба встановлювати на відстані одного чи двох прогонів ПЛ 0,4кВ від трансформаторної підстанції. У цьому разі заземлювальний провідник, який з'єднує нейтральну точку джерела живлення з електрично незалежним заземлювачем, а також N-, PEN-(PE) – провідники в межах заземлювального пристрою електроустановки напругою понад 1 кВ повинні мати таку саму

ізоляцію відносно землі, як і лінійні провідники установки напругою до 1 кВ. Якщо це з'єднання виконують за допомогою кабелю, то кабель має бути без металеві оболонки і броні.

Якщо умова (4.21 (формула 1.7.5 ПУЕ)) не виконується для системи заземлення ІТ, то РЕ-провідник, до якого приєднують відкриті провідні частини електроустановки споживача електричної енергії, має бути приєднано до заземлювача, електрично незалежного від заземлювача електроустановки напругою понад 1 кВ, або в споживача має бути виконаним захисне вирівнювання потенціалів.

2) у разі використання заземлювального пристрою тільки для електроустановок напругою понад 1 кВ, а також у разі використання його одночасно для електроустановок напругою до 1 кВ, у яких N-, PEN- (PE)-провідники не виходять за межі цього заземлювального пристрою,

$$R \leq \frac{250}{I_p}, \quad (4.22)$$

але не більше ніж 10 Ом.

Умова (4.22 (формула 1.7.6 ПУЕ)) не поширюється на заземлювальні пристрої опор повітряних ліній, опір яких визначають згідно з главою 2.5 ПУЕ».

За розрахунковий струм I_p приймають:

1) в електричних мережах з ізольованою нейтраллю – повний струм замикання на землю;

2) в електричних мережах з компенсованою нейтраллю:

- для заземлювальних пристроїв, до яких приєднано дугогасні реактори, – струм, який дорівнює 125 % номінального струму цих реакторів;

- для заземлювальних пристроїв, до яких не приєднано дугогасні реактори, – струм замикання на землю в разі вимикання найпотужнішого з реакторів;

3) в електричних мережах із заземленою через резистор нейтраллю або через дугогасні реактори та резистор струм I_p визначають за формулою:

$$I_p = \sqrt{I_3^2 + \left(\frac{U_\phi}{R_p}\right)^2}, \quad (4.23)$$

де U_ϕ – фазна напруга мережі, В; I_3 – струм, прийнятий згідно з переліками 1) або 2), за відсутності резистора, А; R_p – опір резистора, Ом.

Розрахунковий струм замикання на землю слід визначати для тієї з можливих схем мережі, в якій цей струм має найбільше значення (ПУЕ, п.1.7.99).

Ряд конкретних вимог наведено в п.1.7.100 ПУЕ: «для трансформаторних підстанцій 6 – 10/0,4 кВ рекомендовано влаштовувати один спільний заземлювальний пристрій, до якого слід приєднувати:

- нейтраль обмоток трансформатора зі сторони напруги до 1 кВ;
- корпус трансформатора;
- металеві оболонки і броню кабелів напругою до 1 кВ;
- металеві оболонки і броню трифазних кабелів напругою понад 1 кВ, а також екрани одножильних кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену КЛ понад 1 кВ, якщо це передбачено;
- відкриті провідні частини обладнання напругою до і понад 1 кВ;
- сторонні провідні частини.

У кабельних мережах 6 – 10 кВ, де екрани і броню кабелів заземлено з обох боків і вони є неперервними між підстанцією живлення і підстанцією 6 – 10/0,4 кВ, умова (4.20 (формула 1.7.5 ПУЕ) завжди виконується, якщо опір спільного заземлювального пристрою підстанції 6 – 10/0,4 кВ відповідає вимогам до електроустановок напругою до 1 кВ (п.п. 1.7.92 і 1.7.97).

Якщо підстанція 6 – 10/0,4 кВ отримує живлення повітряною або кабельною лінією з одножильними кабелями з ізоляцією із зшитого поліетилену, екрани яких заземлено тільки з одного боку, опір спільного заземлювального пристрою потрібно визначати за розрахунковим струмом I_p (п. 1.7.99 ПУЕ)».

Зміст п.1.7.101 ПУЕ є наступним: «у зовнішніх електро-

установках напругою понад 1 кВ довкола площі, зайнятої електрообладнанням, на глибині, не меншій, ніж 0,5 м, слід прокладати замкнутий горизонтальний заземлювач, до якого приєднують відкриті провідні частини, що заземлюються.

Кінцеві опори ПЛ напругою понад 1 кВ, з'єднані з РП кабельними вставками, які мають металеву оболонку або броню, мають бути охоплені зовнішнім контуром заземлювального пристрою і з'єднаними з ним.

Приєднувати зовнішню огорожу підстанції до заземлювального пристрою не вимагається.

Якщо опір заземлювального пристрою становить понад 10 Ом (згідно з п. **1.7.113** для землі з питомим опором понад 500 Ом·м), то необхідно додатково здійснювати захисне вирівнювання потенціалів уздовж рядів електрообладнання з боку обслуговування, для чого в землі слід прокладати горизонтальні заземлювачі на глибині 0,5 м і на відстані 0,8 – 1 м від фундаментів або основ електрообладнання, попередньо приєднавши їх до заземлювального пристрою.

Заземлювальний пристрій електроустановки мережі напругою понад 1 кВ з ізолюваною, заземленою через дугогасний реактор або (і) резистор нейтралю, об'єднаний із заземлювальним пристроєм електроустановки мережі напругою понад 1 кВ з глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю в один загальний заземлювальний пристрій, має задовольняти також вимогам **1.7.103 – 1.7.111**(ПУЕ, п. **1.7.102**)».

4.11 Заземлювальні пристрої електроустановок напругою понад 1 кВ у електричних мережах із глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю

П.1.7.103 ПУЕ: «Заземлювальні пристрої електроустановок напругою понад 1 кВ у електричній мережі з глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю слід влаштовувати з дотриманням вимог або до напруги дотику (п.**1.7.105**), або до їх опору (п.**1.7.106**), а також з дотриманням вимог до їх конструктивного виконання (п.п. **1.7.107–1.7.109**). При цьому напругу на заземлювальному пристрої необхідно обмежувати відповідно до п. **1.7.104**.

Вимоги п.п.1.7.103–1.7.109 не поширюються на заземлювальні пристрої опор ПЛ і екранів силових одножильних кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену КЛ, опір яких визначають згідно глав 2.3 і 2.5 ПУЕ ».

У п.1.7.104. зазначено: «у разі стікання струму короткого замикання на землю з заземлювального пристрою, який виконують з дотриманням вимог до його опору, напруга на заземлювальному пристрої в усіх випадках не має перевищувати 10 кВ (див. також п. 1.7.111). Напруга понад 10 кВ допускається на заземлювальному пристрої, який виконують з дотриманням вимог до напруги дотику і з якого не може виноситись потенціал за межі зовнішньої огорожі електроустановки.

Для напруги на заземлювальному пристрої понад 5 кВ слід передбачати заходи щодо запобігання винесенню небезпечних потенціалів за її межі і захисту ізоляції кабелів зв'язку та телемеханіки, а також ізоляції зовнішньої оболонки екранів силових одножильних кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену КЛ, які відходять від електроустановки ».

П.1.7.105. ПУЕ: «заземлювальний пристрій, який влаштовують за вимогами до напруги дотику, має забезпечувати в будь-яку пору року значення напруги дотику, що не перевищує наведену в табл. 4.6 (табл. 1.7.4 ПУЕ).

Таблиця 4.6 – Гранично допустима напруга дотику

| | | | | | | |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------------|
| Тривалість дії, с | До 0,1 | 0,2 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | Понад 1,0 до 5,0 |
| Напруга дотику, В | 500 | 400 | 200 | 130 | 100 | 65 |

Опір заземлювального пристрою в цьому разі визначають за допустимою напругою на заземлювальному пристрої та за струмом замикання на землю.

Для визначення допустимої напруги дотику за розрахункову тривалість дії слід приймати суму часу дії захисту і повного часу вимикання вимикача. На робочих місцях оперативного обслуговування електричного обладнання, де під час виконання оперативних перемикань може виникнути коротке замикання на

конструкції, досяжній для дотику персоналу, який виконує перемикання, треба приймати мінімальний час дії резервного захисту від цього виду пошкодження, а для іншої території – основного захисту.

Поздовжні і поперечні горизонтальні заземлювачі для виконання захисного вирівнювання потенціалів необхідно розміщувати з урахуванням вимог обмеження напруги дотику до нормованих значень і зручності приєднання заземлювального обладнання.

Глибина закладання в ґрунті поздовжніх і поперечних горизонтальних штучних заземлювачів має бути не меншою ніж 0,3 м. Для зниження напруги дотику в місцях оперативного обслуговування електричного обладнання може бути виконана підсіпка шару щебеню товщиною від 0,1 м до 0,2 м.

У разі поєднання заземлювальних пристроїв електроустановок різних напруг у один спільний заземлювальний пристрій напругу дотику слід визначати як найбільшу з випадків замикання на землю на кожній з цих електроустановок».

За вимогами ПУЕ (п.1.7.106) заземлювальний пристрій, який влаштовують за вимогами до його опору, у будь-яку пору року повинен мати опір, не більший ніж 0,5 Ом, з урахуванням опору штучних і природних заземлювачів.

Поздовжні заземлювачі слід прокладати вздовж осей електрообладнання з боку обслуговування на глибині 0,5 – 0,7 м від поверхні землі і на відстані 0,8 – 1,0 м від фундаментів або основ устаткування. Допускається збільшувати відстані від фундаментів або основ устаткування до 1,5 м з прокладенням одного заземлювача для двох рядів устаткування, якщо сторони обслуговування повернено одна до одної, а відстань між підвалинами або фундаментами двох рядів не перевищує 3 м.

Поперечні заземлювачі треба прокладати в зручних місцях між устаткуванням на глибині 0,5 – 0,7 м від поверхні землі. Відстань між ними рекомендовано приймати в бік збільшення від периферії до центру заземлювальної сітки. При цьому перша і наступні відстані, починаючи від периферії, не мають перевищувати відповідно 4,0; 5,0; 6,0; 7,5; 9,0; 11; 13,5; 16; 20 м. Розміри чарунок заземлювальної сітки,

які прилягають до місць приєднання нейтралей силових трансформаторів і короткозамикачів до заземлювального пристрою, не мають перевищувати 6 м × 6 м.

Горизонтальні заземлювачі необхідно прокладати по краю території, зайнятої заземлювальним пристроєм, так, щоб вони в сукупності утворювали замкнутий контур.

Якщо заземлювальний пристрій знаходиться в межах зовнішньої огорожі електроустановки, то біля входів і в'їздів на її територію слід вирівнювати потенціал, наприклад, шляхом установлення двох вертикальних заземлювачів, приєднаних до зовнішнього горизонтального заземлювача напроти входів і в'їздів. У цьому разі вертикальні заземлювачі мають бути довжиною 3 – 5 м, а відстань між ними повинна дорівнювати ширині входу чи в'їзду.

П.1.7.107 ПУЕ: «у разі влаштування заземлювального пристрою за вимогами до напруги дотику (п. **1.7.105**) або до його опору (п. **1.7.106**) додатково необхідно:

- прокладати замкнений горизонтальний заземлювач навколо площі, зайнятої електрообладнанням;
- прокладати поздовжні і поперечні горизонтальні заземлювачі та з'єднувати їх між собою в заземлювальну сітку;
- забезпечувати якомога меншу довжину заземлювальних провідників;
- прокладати поздовжні і поперечні горизонтальні заземлювачі так, щоб вузол з'єднання їх між собою в заземлювальну сітку був поблизу місць розміщення нейтралей силових трансформаторів і короткозамикачів;
- приєднувати високовольтне обладнання до заземлювача, який забезпечує стікання струму не менше, ніж у двох напрямках;
- прокладати заземлювальні провідники, які приєднують обладнання або конструкції до заземлювача, у землі на глибині, не меншій ніж 0,3 м;
- прокладати горизонтальні заземлювачі, які знаходяться поза територією електроустановки, на глибині, не меншій ніж 1 м, а зовнішній контур заземлювального пристрою в разі виходу його за межі електроустановки рекомендовано влаштовувати у вигляді

багатокутника з тупими або заокругленими кутами ».

П.1.7.108 ПУЕ встановлює, що: «зовнішню огорожу електроустановок не рекомендовано приєднувати до заземлювального пристрою.

Якщо від електроустановки відходять повітряні лінії напругою 110 кВ і вище, то огорожу необхідно заземлювати за допомогою вертикальних заземлювачів довжиною від 2 м до 3 м, установлених біля стояків огорожі по всьому її периметру через кожні 20 – 50 м. Установлювати такі заземлювачі не потрібно для огорожі з металевими стояками і з тими стояками із залізобетону, арматуру яких електрично з'єднано з металевими ланками огорожі.

Для усунення електричного зв'язку зовнішньої огорожі з заземлювальним пристроєм відстань від огорожі до елементів заземлювального пристрою, розташованих уздовж неї з внутрішнього, зовнішнього або з обох боків, має бути не меншою ніж 2 м. Горизонтальні заземлювачі, труби і кабелі з металевою оболонкою або бронею та інші металеві комунікації, які виходять за межі огорожі, слід прокладати посередині між стояками огорожі на глибині, не меншій ніж 0,5 м. У місцях прилягання зовнішньої огорожі до будівель і споруд, а також у місцях прилягання до зовнішньої огорожі внутрішніх металевих огорож, необхідно влаштовувати цегляні або дерев'яні вставки довжиною, не меншою ніж 1 м.

Живлення електроприймачів, установлених на зовнішній огорожі, необхідно здійснювати від розділових трансформаторів (згідно з п **1.7.111**). Розділові трансформатори не допускається установлювати на огорожі. Лінію, що з'єднує вторинну обмотку розділового трансформатора з електроприймачем, установленим на огорожі, необхідно ізолювати від землі на розрахункову напругу на заземлювальному пристрої».

П.1.7.109 ПУЕ: «якщо здійснити хоча б один із зазначених у п. **1.7.108** заходів неможливо, то металеві частини огорожі необхідно приєднувати до заземлювального пристрою і виконувати захисне вирівнювання потенціалів так, щоб напруга дотику із зовнішнього і внутрішнього боків огорожі не перевищувала допустимих значень. У разі влаштування заземлювального пристрою за допустимим опором необхідно прокласти горизонтальний заземлювач із зовнішнього боку

огорожі на відстані 1 м від неї і на глибині 1 м. Цей заземлювач необхідно приєднувати до заземлювального пристрою не менше, ніж у чотирьох точках ».

П.1.7.110 ПУЕ: «якщо заземлювальний пристрій будь-якої іншої електроустановки з'єднано з заземлювачем електроустановки напругою понад 1 кВ електричної мережі із глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю кабелем з металевією оболонкою чи бронєю, а також із іншими металевими зв'язками, то для вирівнювання потенціалів навколо такої електроустановки або будівлі, в якій її розташовано, необхідно застосовувати один з таких заходів:

1) прокласти в землі на глибині 1 м і на відстані 1 м від фундаменту будівлі або периметра території, яку зайнято устаткуванням, заземлювач, з'єднаний із системою зрівнювання потенціалів цієї території, а на вході і на в'їзді на територію будівлі – провідники на відстані 1 і 2 м від заземлювача на глибині 1 і 1,5 м відповідно і з'єднати ці провідники із заземлювачем;

2) використати залізобетонні фундаменти як заземлювачі відповідно до п.1.7.115, якщо при цьому забезпечується допустимий рівень вирівнювання потенціалів. Забезпечувати умови захисного вирівнювання потенціалів за допомогою залізобетонних фундаментів, які використовують як заземлювачі, необхідно згідно з ГОСТ 12.1.030.

Дотримуватися заходів, зазначених у переліках 1) і 2), не обов'язково, якщо навколо будівлі є асфальтове вимощення, у тому числі на входах і на в'їздах. Якщо біля якого-небудь входу (в'їзду) вимощення відсутнє, то біля цього входу (в'їзду) слід здійснювати захисне вирівнювання потенціалів шляхом укладання двох провідників, як зазначено в переліку 1), або дотримуватися заходу за переліком 2). В усіх випадках необхідно дотримуватися вимог згідно з п.1.7.111».

П.1.7.111 ПУЕ: «з метою уникнення винесення потенціалу не допускається здійснювати живлення електроприймачів, що знаходяться за межами заземлювальних пристроїв електроустановки напругою понад 1 кВ електричної мережі з глухозаземленою нейтраллю, від трансформатора з заземленою нейтраллю з боку

напруги до 1 кВ, який знаходиться в межах контура заземлювального пристрою електроустановки напругою понад 1 кВ.

За необхідності живлення таких електроприймачів можна здійснювати від трансформатора з ізольованою нейтраллю на боці напруги до 1 кВ повітряною лінією або кабельною лінією з кабелем без металевої оболонки і броні. У цьому разі напруга на заземлювальному пристрої не має перевищувати напругу спрацьовування пробивного запобіжника, встановленого з боку нижчої напруги трансформатора з ізольованою нейтраллю.

Живлення таких електроприймачів можливе також від розділового трансформатора. Розділовий трансформатор і лінія від його вторинної обмотки до електроприймача, якщо вона проходить територією, зайнятою заземлювальним пристроєм електроустановки напругою понад 1 кВ, мають бути ізольованими від землі на розрахункове значення напруги на заземлювальному пристрої».

4.12 Заземлювальні пристрої в місцевостях з великим питомим опором землі

П.1.7.112 ПУЕ: «у разі спорудження штучних заземлювачів на території електроустановки в місцевостях з великим питомим опором землі рекомендовано вживати таких заходів:

- улаштування вертикальних заземлювачів збільшеної довжини, якщо з глибиною питомий опір землі зменшується, а природні заглиблені заземлювачі (наприклад, свердловини з обсадними металевими трубами) відсутні;
- улаштування виносних заземлювачів, якщо поблизу від електроустановки є місця з меншим питомим опором землі;
- укладання в траншеї навколо горизонтальних заземлювачів у скельних структурах вологого глинистого ґрунту з наступним трамбуванням і засипанням щебенем до верху траншеї;
- застосування штучного оброблення ґрунту з метою зниження його питомого опору, якщо інші заходи не можуть бути застосовані або не дають необхідного ефекту».

П.1.7.113 ПУЕ: «для електроустановок з ізольованою нейтраллю напругою до 1 кВ та понад 1 кВ у районах з питомим опором землі ρ

> 500 Ом·м, якщо заходи, передбачені п.1.7.112, не дають змоги отримати прийнятні за економічними показниками заземлювачі, допускається збільшувати встановлені цією главою значення опорів заземлювальних пристроїв у $0,002\rho$ рази, але не більше ніж у 10 разів. Збільшення встановлених цією главою опорів має бути таким, щоб напруга на заземлювальному пристрої не перевищувала допустиму, наведену в п.п. **1.7.97 і 1.7.98**».

П.1.7.114 ПУЕ: «заземлювальні пристрої електроустановок напругою понад 1 кВ із глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю в районах з великим питомим опором землі слід, як правило, влаштовувати за вимогами до напруги дотику (п. **1.7.105**). За наявності природних заземлювачів з малим опором допускається здійснювати їх за нормами до опору.

У скельних структурах допускається прокладати горизонтальні заземлювачі на меншій глибині, ніж вимагається згідно з **1.7.105 – 1.7.108**, але не меншій ніж 0,15 м. Крім того, допускається не влаштовувати вертикальні заземлювачі згідно з **1.7.106** на входах і на в'їздах ».

4.13 Заземлювачі

П.1.7.115 ПУЕ встановлює, що: «як природні заземлювачі можна використовувати:

- металеві і залізобетонні конструкції будівель і споруд, що перебувають у контакті з землею, у тому числі залізобетонні фундаменти в неагресивних, слабоагресивних і середньоагресивних середовищах;
- підземні частини залізобетонних і металевих опор повітряних ліній електропередавання, у тому числі фундаменти опор, за відсутності гідроізоляції залізобетону полімерними матеріалами;
- металеві трубопроводи, прокладені в землі (окрім трубопроводів, зазначених у п. **1.7.116**);
- інші провідні частини, які є придатними для цілей заземлення і не можуть бути навіть тимчасово демонтованими (повністю або частково) без відома персоналу, який експлуатує

електроустановку (обсадні труби бурових свердловин, металеві шпунти гідротехнічних споруд, закладні частини затворів тощо);

- заземлювачі опор повітряних ліній електропередавання, з'єднані з заземлювальним пристроєм електроустановки за допомогою грозозахисного троса, якщо трос не ізолювано від опор лінії;

- заземлювачі опор повітряних ліній електропередавання напругою до 1 кВ, з'єднані PEN-провідником із заземлювальним пристроєм джерела живлення за кількості ліній, не менше двох;

- рейки магістральних неелектрифікованих залізниць і під'їзних колій за наявності перемичок між рейками ».

П.1.7.116 ПУЕ: «не допускається використовувати як природні заземлювачі діючі трубопроводи горючих рідин, горючих або вибухонебезпечних газів і сумішей. Не слід також використовувати як природні заземлювачі труби каналізації, центрального опалення та комунального водопроводу. Проте ці вимоги не виключають необхідності приєднання цих трубопроводів і труб в електроустановках напругою до 1 кВ до основної системи зрівнювання потенціалів. Не слід також використовувати як природні заземлювачі залізобетонні конструкції будівель і споруд з попередньо напруженою арматурою, проте це обмеження не поширюється на опори повітряних ліній електропередавання і опорні конструкції відкритих розподільних пристроїв.

Можливість використання природних заземлювачів за умовою густини струму, який протікає по них, необхідність зварювання арматурних стержнів залізобетонних фундаментів і конструкцій, приварювання анкерних болтів до арматурних стержнів залізобетонних фундаментів, а також можливість використання фундаментів у сильноагресивних середовищах мають визначатися за допомогою розрахунків ».

П.1.7.117 ПУЕ: «штучні заземлювачі можуть бути з чорної сталі без покриття або з покриттям, з нержавіючої сталі і мідними. Штучні заземлювачі не слід фарбувати.

Матеріал, який використовують для заземлювачів і заземлювальних провідників, має бути електрохімічно сумісним з матеріалом з'єднувальних і контактних елементів.

Мінімальні розміри заземлювачів і заземлювальних провідників, прокладених у землі, мають відповідати розмірам, зазначеним у табл. 4.7 (табл.1.7.5 ПУЕ).

Заземлювачі з чорної сталі, як правило, не слід використовувати в сильноагресивному середовищі. У цьому випадку рекомендовано застосовувати мідні заземлювачі або заземлювачі із сталі з мідним гальванічним покриттям. У разі використання заземлювачів з чорної сталі без покриття в середньоагресивному середовищі їх розміри порівняно з поданими в табл. 4.7 (табл. 1.7.5 ПУЕ) рекомендовано збільшувати з урахуванням розрахункового терміну служби заземлювального пристрою ».

Таблиця 4.7 – Мінімальні розміри заземлювачів і заземлювальних провідників, прокладених у землі

| Матеріал | Характеристика зовнішньої поверхні | Тип заземлювачів | Мінімальні розміри | | | |
|-------------------|------------------------------------|---|--------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------|
| | | | Діаметр, мм | Переріз, мм ² | Товщина стінки, мм | Товщина покриття, мкм |
| Сталь чорна | Без покриття | Для вертикальних заземлювачів: Круглий | 16 | - | - | - |
| | | Для горизонтальних заземлювачів: Круглий | 10 | - | - | - |
| | | прямокутна штаба | - | 100 | 4 | - |
| | | Профіль | - | 100 | 4 | - |
| Сталь з покриттям | Гарячеоцинковане покриття | Для вертикальних заземлювачів: круглий | 16 | - | - | 70 |
| | | Для горизонтальних заземлювачів: Круглий | 10 | - | - | 50 |
| | | прямокутна штаба Профіль | - | 90 | 3 | 70 |
| | Гальванічне мідне покриття | Для вертикальних заземлювачів: Круглий | 14 | - | - | 250 |
| | | Для горизонтальних заземлювачів: | | | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|------------------|--------------|--|--------------------------|----|---|-----|
| | | Круглий | 10 | - | - | 250 |
| Нержавіюча сталь | Без покриття | Так само, як для сталі з гарячеоцинкованим покриттям | | | | |
| Мідь | Без покриття | Круглий | 12 | - | - | - |
| | | Прямокутна штаба | - | 50 | 2 | - |
| | | Труба | 20 | - | 2 | - |
| | | Канат багатодрововий | 1,8 для кожного з дротів | 35 | - | - |

П.1.7.118 ПУЕ: «переріз горизонтальних заземлювачів для електроустановок напругою понад 1 кВ необхідно вибирати за умови термічної стійкості і допустимої температури нагрівання 400°C (короткочасне нагрівання, яке відповідає повному часу дії основного захисту і вимкнення вимикача). За розрахунковий приймають струм однофазного замикання на землю в електроустановках із глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю і струм подвійного замикання на землю в електроустановках з ізольованою, компенсованою або заземленою через резистор нейтраллю».

П.1.7.119 ПУЕ: «траншеї для горизонтальних заземлювачів необхідно заповнювати однорідним ґрунтом, який не містить у собі щебеню і будівельного сміття.

Не слід розташовувати заземлювачі в місцях, де земля підсушується штучним нагріванням, наприклад, поблизу трубопроводів».

4.14 Заземлювальні провідники

П.1.7.120 ПУЕ: «переріз заземлювальних провідників залежно від напруги електроустановки і режиму нейтралі має відповідати вимогам згідно з п.п.1.7.121–1.7.123.

Якщо заземлювальний провідник прокладають у землі, то його мінімальні розміри залежно від матеріалу, з якого його виготовлено, має відповідати розмірам згідно з табл. 4.6 (табл. 1.7.5 ПУЕ).

Прокладати в землі алюмінієві заземлювальні провідники не допускається, а також не допускається використовувати як заземлювальні провідники відкриті провідні частини кабельних

споруд.

Заземлювальні провідники необхідно захищати від корозії одним з існуючих способів, наприклад, шляхом фарбування в слабоагресивних ґрунтах, а в середньо- та сильноагресивних ґрунтах додатково на переході ґрунт-повітря рекомендовано встановлювати термоусаджувальну трубку довжиною, не меншою ніж 0,6 м (0,3 м під землею та 0,3 м – над землею).

П.1.7.121 ПУЕ: «в електроустановках напругою до 1 кВ з глухозаземленою нейтраллю переріз заземлювальних провідників, які з'єднують струмовідну частину джерела живлення з заземлювачем, має відповідати вимогам п.1.7.137 до захисних провідників. Переріз заземлювальних провідників повторних заземлень, а також у системах заземлення *TT* і *IT*, які з'єднують заземлювач із *PE*-шиною або ГЗШ, визначають за максимальним струмом, який може протікати через заземлювач за час спрацьовування захисного пристрою.

В усіх випадках мінімальний переріз заземлювального провідника має бути не меншим ніж 6 мм² – для міді, 16 мм² – для алюмінію і 50 мм² – для сталі.

Переріз заземлювального провідника, який з'єднує заземлювач робочого (функціонального) заземлення з ГЗШ, має відповідати вимогам стандартів і інструкцій виробника обладнання щодо влаштування його заземлення та бути не меншим ніж 10 мм² – для міді, 16 мм² – для алюмінію, 75 мм² – для сталі.


Переріз заземлювальних провідників повітряних ліній електропередавання напругою до 1 кВ слід приймати відповідно до вимог глави 2.4 ПУЕ».

П.1.7.122 ПУЕ: «в електроустановках напругою понад 1 кВ електричної мережі з ізолюваною, компенсованою або заземленою через резистор нейтраллю провідність заземлювальних провідників має становити не менше 1/3 провідності фазних провідників. Як правило, не вимагається застосовувати мідні провідники перерізом понад 25 мм², алюмінієві – понад 35 мм², сталеві – понад 120 мм²».

П.1.7.123 ПУЕ: «в електроустановках напругою понад 1 кВ з глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю переріз заземлювальних провідників необхідно вибирати таким чином, щоб у разі протікання через них найбільшого струму однофазного замикання на землю температура заземлювальних провідників не

перевищувала 400 °С (короткочасне нагрівання, яке відповідає повному часу дії основного захисту і вимкнення вимикача)».

П.1.7.124 ПУЕ: «для вимірювання опору заземлювального пристрою необхідно в зручному місці передбачати можливість від'єднання заземлювального провідника. Від'єднання заземлювального провідника повинне бути можливим тільки за допомогою інструмента. В електроустановках напругою до 1 кВ таким місцем, як правило, є ГЗШ».

П.1.7.125 ПУЕ: «у місці введення в будівлю або споруду заземлювального провідника, який не входить до складу кабелю живлення, треба наносити знак .

4.15 Головна заземлювальна шина (ГЗШ)

П.1.7.126 ПУЕ: «у кожній електроустановці напругою до 1кВ, в якій виконують основну систему зрівнювання потенціалів, необхідно передбачати влаштування ГЗШ⁵¹ (рис.4.14)».

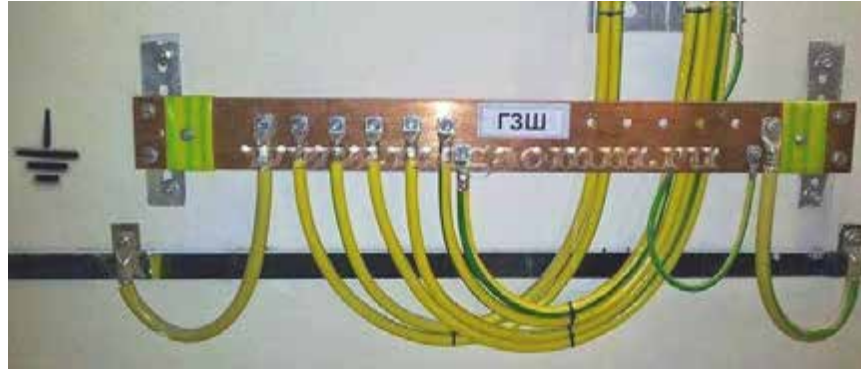


Рисунок 4.14 – Головна заземлювальна шина

П.1.7.127 ПУЕ: «якщо будівля має кілька окремих ввідів, то ГЗШ потрібно влаштовувати для кожного ввідного пристрою. За наявності вбудованих трансформаторних підстанцій ГЗШ необхідно влаштовувати для кожної з них».

П.1.7.128 ПУЕ: «матеріал і конструкція ГЗШ повинні забезпечувати її механічну міцність, термічну і корозійну стійкість, зручність приєднання до неї провідників.

ГЗШ слід виготовляти з міді, латуні; допускається виготовляти її зі сталі. Застосовувати алюмінієві шини не допускається.

Переріз ГЗШ має забезпечувати її провідність, не меншу, ніж провідність того з безпосередньо приєднаних до неї провідників, у якого провідність має найбільше значення ».

П.1.7.129 ПУЕ: «конструкція ГЗШ має передбачати можливість індивідуального приєднання і від'єднання провідників.

⁵¹Головна заземлювальна шина (ГЗШ) - затискач або збірна шина, які є частиною заземлювального пристрою електроустановки напругою до 1 кВ і дають змогу виконувати електричні з'єднання визначеної кількості провідників з метою заземлення і зрівнювання потенціалів.

Приєднувати і від'єднувати провідники повинно бути можливим тільки за допомогою інструмента ».

П.1.7.130 ПУЕ: «ГЗШ можна розташовувати всередині ввідного пристрою електроустановки напругою до 1 кВ або влаштовувати окремо біля нього в місці, доступному і зручному для обслуговування. Як ГЗШ можна використовувати PE-шину ввідного пристрою.

У місцях, доступних особам, які не експлуатують електроустановку, влаштовувати окрему ГЗШ не рекомендовано. Якщо уникнути цього неможливо, то окрему ГЗШ слід розташовувати в шафі з дверцями, які зачиняються на ключ. У місцях, доступних тільки обслуговуючому персоналу (наприклад, в електроприміщеннях), окрему ГЗШ можна встановлювати відкрито ».

4.16 Захисні провідники (PE-провідники)

П.1.7.131 ПУЕ: «як захисні провідники в електроустановках напругою до 1 кВ можна використовувати:

- 1) спеціально передбачені для цього провідники:
 - жили багатожильних кабелів і проводів;
 - ізольовані або неізольовані провідники, прокладені в огорожувальній конструкції (трубі, коробі, лотку) спільно з фазними провідниками лінії живлення;
 - стаціонарно прокладені ізольовані або неізольовані провідники;
- 2) відкриті провідні частини:
 - металеві оболонки і екрани кабелів та проводів;
 - металеві оболонки і опорні конструкції комплектних пристроїв і шино-проводів, які входять до складу електроустановки напругою до 1 кВ;
 - металеві коробки і лотки електропроводок, якщо їх конструкція допускає таке використання і це зазначено в документації виробника;
 - металеві труби електропроводок;
- 3) деякі сторонні провідні частини:
 - металеві конструкції будівель і споруд (ферми, колони тощо);

- сталеві арматури залізобетонних будівельних конструкцій будівель і споруд;
- металеві конструкції виробничого призначення (підкранові рейки, галереї, площадки, шахти ліфтів і підйомників, обрамлення каналів тощо).

Провідники, спеціально передбачені як захисні, не можна використовувати з іншою метою ».

Пункт **1.7.132** ПУЕ: «використовувати відкриті і сторонні провідні частини, зазначені в п.1.7.131, як захисні провідники допускається в разі, якщо вони відповідають вимогам цієї глави до провідності електричного кола.

Відкриті і сторонні провідні частини можна використовувати як захисні провідники в разі, якщо вони, крім того, одночасно відповідають таким вимогам:

- неперервність електричного кола забезпечується їх конструкцією або відповідними з'єднаннями, захищеними від механічних, хімічних і електрохімічних пошкоджень;
- їх демонтаж неможливий без відома персоналу, який експлуатує електроустановку ».

П.1.7.133 ПУЕ: «не допускається використовувати як захисні провідники такі провідні частини:

- труби газопостачання та інші трубопроводи горючих або вибухонебезпечних речовин і сумішей;
- труби водопостачання, каналізації та центрального опалення;
- несучі троси для тросової проводки;
- свинцеві оболонки кабелів і проводів (див. примітку);
- конструкційні частини, які можуть зазнавати механічного пошкодження в нормальних умовах експлуатації;
- металеві оболонки ізоляційних трубок і трубчастих проводів, металорукави тощо.

Примітка. Використовувати свинцеві оболонки кабелів як захисні провідники можна в разі, якщо воно буде обґрунтованим відповідними розрахунками «.

П.1.7.134 ПУЕ: «*РЕ*-провідник, якщо він входить до складу лінії (кабелю, проводу), що живить обладнання, не допускається

використовувати для виконання функцій PE-провідника електрообладнання, яке отримує живлення від іншої лінії. Також не допускається використовувати відкриті провідні частини електрообладнання як PE-провідники для іншого обладнання. Винятком є оболонки і опорні конструкції комплектних пристроїв і комплектних шинопроводів, якщо є можливість приєднання до них захисних провідників у потрібному місці ».

П.1.7.135 ПУЕ: «ізоляція захисних провідників не вимагається. Проте в місцях, де можливе пошкодження ізоляції фазних провідників через іскріння між неізольованим захисним провідником і металевою оболонкою або конструкцією (наприклад, у разі прокладання провідників у трубах, коробах, лотках), захисні провідники повинні мати ізоляцію, рівноцінну з фазними провідниками ».

П.1.7.136 ПУЕ: «PE-провідники необхідно, як правило, прокладати в спільній оболонці з фазними провідниками або поряд з ними.

Ця вимога є обов'язковою, якщо для захисту від ураження електричним струмом використовують пристрої захисту від надструму ».

П.1.7.137 ПУЕ: «мінімальний переріз PE-провідників має відповідати значенням, наведеним у табл. 4.7 (табл. 1.7.6 ПУЕ).

Переріз провідників у табл. 1.7.6 наведено для випадку, коли їх виготовлено з того самого матеріалу, що й фазні. Переріз провідників з іншого матеріалу повинен бути за провідністю еквівалентним зазначеному в табл. 4.8 (табл. 1.7.6 ПУЕ).

Мінімальний переріз PE-провідника, який є жилою кабелю (проводу) з перерізом фазних жил 150 мм^2 , допускається приймати 70 мм^2 .

Таблиця 4.8 – Мінімальний переріз PE-провідників, які є жилою кабелю або ізольованого проводу живлення

| Переріз фазних провідників, мм^2 | Мінімальний переріз захисних провідників, мм^2 |
|---|---|
| $S \leq 16$ | S |
| $16 < S \leq 35$ | 16 |
| $S > 35$ | $S/2$ |

П.1.7.138 ПУЕ: «переріз PE-провідника має також бути не меншим від мінімального значення, яке визначають за формулою:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K} \quad (4.24)$$

де S – мінімальний переріз PE-провідника, мм²; I – струм короткого замикання, який забезпечує час вимикання пошкодженого кола захисним апаратом відповідно до табл.4.3 (табл. 1.7.1 ПУЕ) або час, не більший ніж 5 с відповідно до 1.7.82, А; t – час спрацьовування захисного пристрою, с; K – коефіцієнт, значення якого залежить від матеріалу PE-провідника, його ізоляції, початкової та кінцевої температур. Значення K для PE-провідників за різних умов наведено в табл. 4.9 – 4.113 (табл. 1.7.7 – 1.7.11 ПУЕ).

Якщо в результаті розрахунку отримано нестандартний переріз, як мінімальний переріз PE-провідника необхідно приймати його найближче більше стандартне значення.

Таблиця 4.9 – Значення коефіцієнта K для ізольованих PE-провідників, які не входять до складу кабелів (проводів) живлення і які не прокладено в джгуті з іншими кабелями (проводами)

| Ізоляція провідника (у дужках зазначено тривало допустиму температуру ізоляції) | Температура, °C | | Матеріал провідника | | |
|--|-----------------|-----------------|------------------------|---------------|---------------|
| | | | Мідь | Алюміній | Сталь |
| | початкова | кінцева | Значення коефіцієнта K | | |
| Полівінілхлорид (70 ⁰ C) | 30 | 160(140) | 143(133) | 95(88) | 52(49) |
| Полівінілхлорид (90 ⁰ C) | 30 | 160(140) | 143(133) | 95(88) | 52(49) |
| Зшитий поліетилен, етилен-пропіленова гума (90 ⁰ C) | 30 | 250 | 176 | 116 | 64 |
| Гума(60 ⁰ C) | 30 | 200 | 159 | 105 | 58 |
| Гума (85 ⁰ C) | 30 | 220 | 166 | 110 | 60 |
| Силіконова гума | 30 | 350 | 201 | 133 | 73 |
| Примітка. Значення кінцевої температури і коефіцієнта K, зазначеного в дужках, використовують для провідників, переріз яких перевищує 300 мм ² . | | | | | |

Таблиця 4.10 – Значення коефіцієнта K для неізольованих PE-провідників, які перебувають у контакті з покриттям кабелю (ізольованого проводу), і які не прокладено в джгуті з іншими кабелями (ізольованими проводами)

| Ізоляційне покриття кабелю або проводу | Температура, °C | | Матеріал провідника | | |
|--|-----------------|------------|--------------------------|------------|-----------|
| | | | Мідь | Алюміній | Сталь |
| | Початкова | кінцева | Значення коефіцієнта K | | |
| Полівінілхлорид | 30 | 200 | 159 | 105 | 58 |
| Поліетилен | 30 | 150 | 138 | 91 | 50 |
| Бутилова гума | 30 | 220 | 166 | 110 | 60 |

Таблиця 4.11 – Значення коефіцієнта K для PE-провідників, які входять до складу кабелів (ізольованих проводів) живлення або які прокладено в джгуті з іншими кабелями (ізольованими проводами)

| Ізоляція провідника (у дужках зазначено тривало допустиму температуру ізоляції) | Температура, °C | | Матеріал провідника | | |
|---|-----------------|----------|--------------------------|----------|--------|
| | | | Мідь | Алюміній | Сталь |
| | початкова | кінцева | Значення коефіцієнта K | | |
| Полівінілхлорид (70°C) | 70 | 160(140) | 115(103) | 76(68) | 42(37) |
| Полівінілхлорид (90°C) | 90 | 160(140) | 100(86) | 66(57) | 36(31) |
| Зшитий поліетилен, етилен-пропіленова гума (90°C) | 90 | 250 | 143 | 94 | 52 |
| Гума (60°C) | 60 | 200 | 141 | 93 | 51 |
| Гума(85°C) | 85 | 220 | 134 | 89 | 48 |
| Силіконова гума | 180 | 350 | 132 | 87 | 47 |

Примітка. Значення кінцевої температури і коефіцієнта K , зазначеного в дужках, використовують для провідників, переріз яких перевищує 300 мм².

Таблиця 4.12 – Значення коефіцієнта K у разі використання як PE-провідника металеві оболонки або екрану кабелю живлення

| Ізоляція кабелю або проводу (у дужках зазначено тривало допустиму температуру ізоляції) | Температура, °C | | Матеріал провідника | | |
|---|-----------------|------------|--------------------------|-----------|-----------|
| | | | Мідь | Алюміній | Свинець |
| | початкова | кінцева | Значення коефіцієнта K | | |
| Полівінілхлорид (70°C) | 60 | 200 | 141 | 93 | 51 |
| Полівінілхлорид (90°C) | 80 | 200 | 128 | 85 | 46 |
| Зшитий поліетилен, етилен-пропіленова гума (90°C) | 80 | 200 | 128 | 85 | 46 |
| Гума (60°C) | 55 | 200 | 144 | 95 | 52 |
| Гума(85°C) | 75 | 220 | 140 | 93 | 51 |

Таблиця 4.13 – Значення коефіцієнта K для неізольованих PE -провідників у разі, якщо вказані температури не є небезпечними для матеріалів, що знаходяться поблизу цих провідників (початкова температура провідника – 30 °С)

| Умови експлуатації провідників | Матеріал | | | | | |
|--|------------|-----------------------------|------------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|
| | Мідь | | Алюміній | | Сталь | |
| | К | Максимальна температура, °С | К | Максимальна температура, °С | К | Максимальна температура, °С |
| Прокладені відкрито і в спеціально відведених місцях | 228 | 500* | 125 | 300* | 82 | 500* |
| Звичайні | 159 | 200 | 105 | 200 | 58 | 200 |
| Пожежо-небезпечні | 138 | 150 | 91 | 150 | 50 | 150 |

* Зазначені температури допускаються, якщо вони не погіршують якості з'єднання.

П.1.7.139 ПУЕ: «переріз мідних PE -провідників, які не входять до складу кабелів або проводів живлення і прокладених не в загальній огорожувальній конструкції (трубі, коробі, лотку) з фазними провідниками, в усіх випадках повинен бути не меншим, ніж:

- 2,5 мм² – за наявності механічного захисту;
- 4 мм² – за відсутності механічного захисту.

Переріз окремо прокладених алюмінієвих PE -провідників повинен бути не меншим за 16 мм²».

П.1.7.140 ПУЕ: «якщо PE -провідник є спільним для двох або більше кіл, то його мінімальний переріз має визначатися з урахуванням:

- провідності фазних провідників того кола, в якому вона найбільша;
- найбільшого значення добутку $I^2 \cdot t$ в цих колах».

П.1.7.141 ПУЕ: «захисні провідники допускається прокладати в землі, у підлозі, по краю фундаментів технологічних установок тощо. Не допускається прокладати в землі неізольовані алюмінієві захисні провідники».

П.1.7.142 ПУЕ: «у сухих приміщеннях без агресивного середовища захисні провідники можна прокладати безпосередньо по

стінах. У вологих, сирих і особливо сирих приміщеннях, а також у приміщеннях з агресивним середовищем захисні провідники необхідно прокладати на відстані від стін, не меншій ніж 10 мм».

П.1.7.143 ПУЕ: «неізольовані захисні провідники слід захищати від корозії.

У місцях перетину їх з кабелями, трубопроводами тощо, а також у місцях їх введення в будівлі, переходу крізь стіни і перекриття вони повинні бути захищені від механічних пошкоджень.

У місцях перетину температурних і осадкових швів треба передбачати компенсацію їх довжини ».

П.1.7.144 ПУЕ: «захисні провідники повинні мати кольорове позначення у вигляді поздовжніх або поперечних жовтих і зелених смуг однакової ширини, які чергуються (див. також главу 1.1 ПУЕ)».

4.17 PEN- провідники

П.1.7.145 ПУЕ: « у стаціонарних електроустановках з типом заземлення системи TN функцію захисного (PE-) і нейтрального (N-)провідників можна поєднувати в одному PEN-провіднику, якщо його переріз не менший ніж 10 мм² – для мідних і 16 мм² – для алюмінієвих провідників, а частина електроустановки, що розглядається, не захищена ПЗВ».

П.1.7.146 ПУЕ: «спеціально передбачені PEN-провідники мають відповідати вимогам п.1.7.137 до перерізу PE-провідників, а також глави 1.3 або інших чинних нормативних документів до перерізу нейтрального провідника.

PEN-провідники повинні мати ізоляцію, рівноцінну з ізоляцією фазних провідників.

Ізолювати PEN-шини в комплектних розподільних пристроях не вимагається.

Не допускається використовувати сторонні провідні частини як єдиний PEN- провідник ».

П.1.7.147 ПУЕ: «якщо, починаючи з якої-небудь точки електроустановки, PEN-провідник поділено на N- і PE-провідники, то об'єднувати ці провідники, а також приєднувати N-провідник до заземлених частин за цією точкою по ходу розподілу енергії не

дозволено. У точці поділу провідників необхідно передбачати окремі затискачі або шини для *N*- і *PE*-провідників. *PEN*-провідник необхідно приєднувати до затискача (шини) захисного провідника ».

4.18 Провідники системи зрівнювання потенціалів

П.1.7.148 ПУЕ: «для влаштування систем зрівнювання потенціалів можна використовувати сторонні і відкриті провідні частини електроустановок, зазначені в п. **1.7.131**, або спеціально прокладені провідники чи їх сполучення ».

П.1.7.149 ПУЕ: « переріз провідників основної системи зрівнювання потенціалів має бути не меншим ніж:

- 6 мм² для міді,
- 16 мм² для алюмінію,
- 50 мм² для сталі ».

П.1.7.150 ПУЕ: «переріз провідників додаткової системи зрівнювання потенціалів має забезпечувати провідність, не меншу ніж:

- у разі з'єднання двох відкритих провідних частин – провідність найменшого із захисних провідників, приєднаних до цих частин;
- у разі з'єднання відкритої і сторонньої провідних частин – половину провідності захисного провідника, приєднаного до відкритої провідної частини.

Переріз провідників додаткової системи зрівнювання потенціалів має також відповідати вимогам п.**1.7.139** ».

4.19 З'єднання і приєднання захисних провідників

П.1.7.151 ПУЕ: «з'єднання і приєднання заземлювальних, *PE*-провідників і провідників системи зрівнювання і вирівнювання потенціалів повинні забезпечувати неперервність електричного кола. З'єднання сталевих провідників рекомендовано здійснювати зварюванням. У приміщеннях і зовнішніх електроустановках без агресивного середовища допускається з'єднувати заземлювальні і

захисні провідники іншими способами, які забезпечують вимоги ГОСТ 10434 до з'єднань класу 2.

У разі влаштування заземлювальних пристроїв з використанням штучних мідних заземлювачів (рис.4.15) або заземлювачів із чорної сталі з покриттям для з'єднання заземлювачів між собою і приєднання до них заземлювальних провідників можна застосовувати спеціальні різьбові з'єднання, виготовлені за технічними умовами, узгодженими в установленому порядку, або такі, що мають сертифікат відповідності.

З'єднання слід захищати від корозії і механічного пошкодження. Для болтових з'єднань необхідно забезпечувати заходи проти ослаблення контакту. У разі з'єднання провідників з різних матеріалів слід передбачати заходи проти можливої електролітичної корозії.

П.1.7.152 ПУЕ: «з'єднання мають бути доступними для огляду і виконання випробувань, за винятком з'єднань:

- заповнених компаундом або герметичних;
- що знаходяться в підлозі, стінах, перекриттях, землі тощо;
- які є частиною обладнання і виконані відповідно до стандартів або технічних умов на це обладнання ».

П.1.7.153 ПУЕ: «приєднання заземлювальних провідників, РЕ-провідників і провідників зрівнювання потенціалів до відкритих провідних частин необхідно виконувати шляхом зварювання або болтового з'єднання.

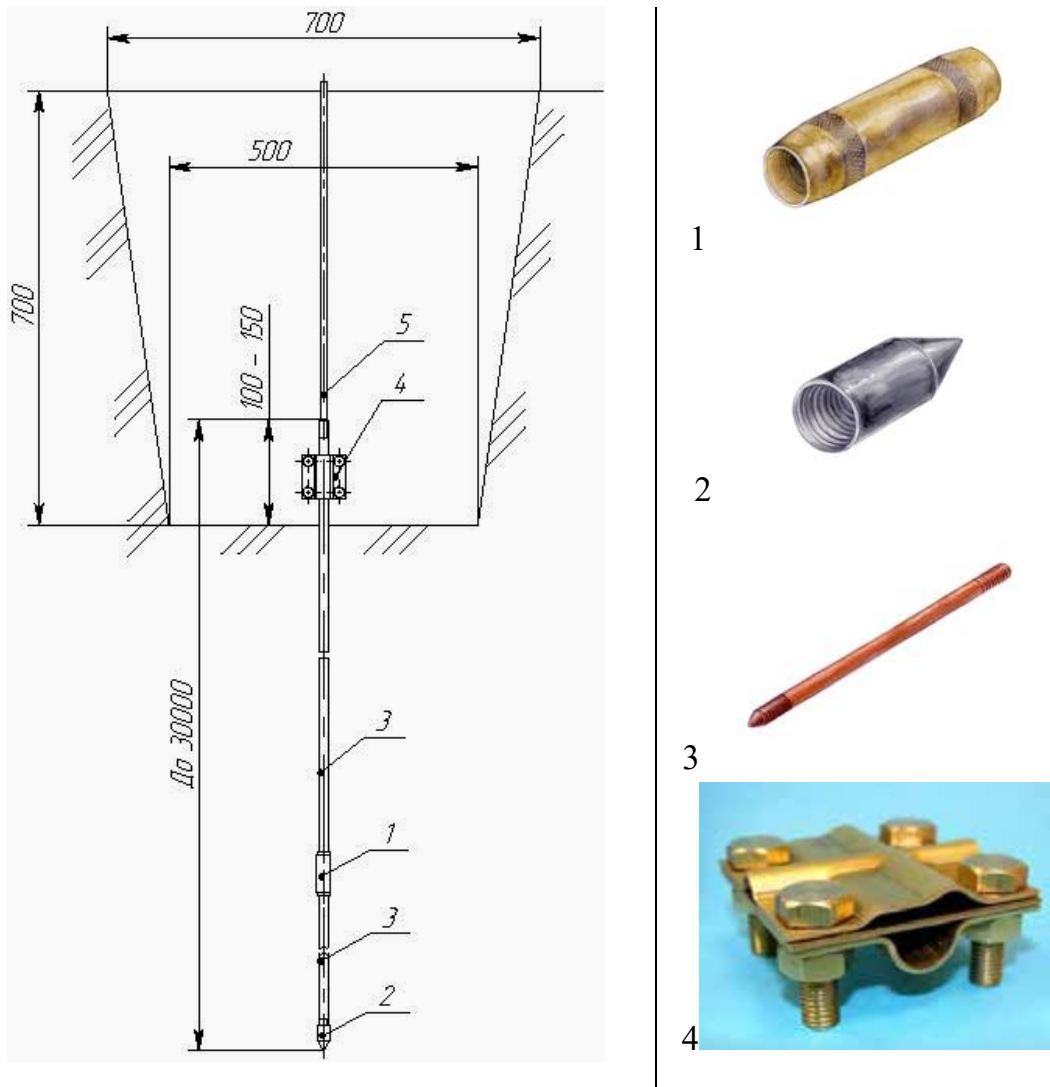


Рисунок 4.15 – Модульний заземлювальний пристрій з омідненими стальними електродами:

1 – сполучна муфта; 2 – ударна насадка; 3 – стержень заземлення; 4 – спеціальний затискач; 5 – заземлювальний провідник

У разі використання природних заземлювачів для заземлення електроустановок і сторонніх провідних частин як *PE*-провідників і провідників зрівнювання потенціалів контактні з'єднання необхідно здійснювати методами, передбаченими ГОСТ 12.1.030⁵².

⁵² ГОСТ12.1.030-81 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление»»

З'єднання захисних провідників електропроводок і повітряних ліній необхідно здійснювати такими самими методами, що й з'єднання фазних провідників.

П.1.7.154 ПУЕ: «захисні провідники, приєднані до обладнання, яке підлягає частому демонтажу чи встановлене на рухомих частинах або зазнає тряски і вібрації, мають бути гнучкими».

П.1.7.155 ПУЕ: «місця і способи приєднання заземлювальних провідників до протяжних природних заземлювачів, наприклад, до трубопроводів, слід вибирати такими, щоб у разі роз'єднування заземлювачів для ремонтних робіт очікувана напруга дотику і розрахункове значення опору заземлювального пристрою не перевищували безпечних значень».

П.1.7.156 ПУЕ: «у разі виконання контролю неперервності кола заземлення не допускається вмикати котушки пристроїв, призначених для здійснення цього контролю, послідовно (у розсічку) з захисними провідниками».

П.1.7.157 ПУЕ: «не допускається вмикати комутаційні апарати в кола *PE*- і *PEN*-провідників, за винятком випадку живлення електроприймачів за допомогою штепсельних з'єднань».

Допускається одночасно вимикати всі провідники на ввіді в електроустановки індивідуальних житлових, дачних будинків і аналогічних до них об'єктів, які живляться однофазними відгалуженнями від повітряної лінії. У цьому разі поділ *PEN*-провідника на *PE*- і *N*- провідники необхідно здійснювати до ввідного захисно-комутаційного апарата».

П.1.7.158 ПУЕ: «якщо *PE*-провідники можуть бути роз'єднані за допомогою такого самого штепсельного з'єднувача, що й фазні провідники, розетка і вилка штепсельного з'єднувача повинні мати спеціальні захисні контакти для приєднання до них *PE*-провідників».

Якщо корпус штепсельної розетки металевий, то його необхідно приєднувати до захисного контакту цієї розетки».

П.1.7.159 ПУЕ: «приєднувати кожен відкриту провідну частину електроустановки до *PE*-провідника або до захисного заземлення потрібно за допомогою окремих відгалужень. Послідовно включати в *PE*-провідник або заземлювальний провідник відкриті провідні частини не допускається».

Приєднувати сторонні провідні частини до основної системи зрівнювання потенціалів потрібно також за допомогою окремих відгалужень.

Приєднувати відкриті і сторонні провідні частини до додаткової системи зрівнювання потенціалів можна за допомогою як окремих відгалужень, так і за допомогою одного спільного нероз'ємного провідника».

4.20 Переносні електроприймачі

П.1.7.160 ПУЕ: «до переносних електроприймачів відносяться електроприймачі, які можуть у процесі їх експлуатації перебувати в руках людини (ручний електроінструмент, побутові електроприлади тощо)».

П.1.7.161 ПУЕ: «живлення переносних електроприймачів змінного струму слід виконувати від мережі напругою, не вищою ніж 380/220 В.

Залежно від категорії приміщення за рівнем безпеки ураження людей електричним струмом для захисту в разі непрямого дотику в колах, які живлять переносні електроприймачі, можна застосовувати автоматичне вимкнення живлення, захисне електричне відокремлення, наднизьку напругу і подвійну ізоляцію переносних електроприймачів».

П.1.7.162 ПУЕ: «у разі застосування автоматичного вимкнення живлення металеві корпуси переносних електроприймачів, за винятком електроприймачів з подвійною ізоляцією, слід приєднувати до *РЕ*-провідника відповідно до особливостей типу заземлення системи.

Для цього необхідно передбачати додатковий провідник, розташований в одній оболонці з фазними провідниками (третя жила кабелю або проводу – для електроприймачів однофазного і постійного струму, четверта або п'ята жила – для електроприймачів трифазного струму), який приєднують до корпусу електроприймача та захисного контакту вилки штепсельного з'єднувача.

Цей провідник має бути мідним, гнучким, а його переріз – дорівнювати перерізу фазних провідників. Використовувати з цією

метою нейтральний провідник, навіть розташований у спільній оболонці з фазними провідниками, не допускається».

П.1.7.163 ПУЕ: «допускається застосовувати стаціонарні та окремі переносні *PE*-провідники і провідники зрівнювання потенціалів для переносних електроприймачів випробувальних лабораторій і експериментальних установок, переміщування яких під час їхньої роботи не передбачене. При цьому стаціонарні провідники мають задовольняти вимогам п.п.**1.7.131–1.7.144**, а переносні провідники повинні бути мідними, гнучкими і мати переріз, не менший за переріз фазних провідників. У разі прокладання таких провідників не в складі спільного з фазними провідниками кабелю їх переріз має бути не меншим від зазначеного в п.**1.7.139**».

П.1.7.164 ПУЕ: «штепсельні розетки з робочим струмом до 32 А, до яких можливе приєднання переносних електроприймачів, які перебувають в приміщеннях з підвищеною небезпекою або особливо небезпечних, у тому числі на місцевості просто неба, мають бути захищеними ПЗВ з номінальним диференційним струмом не більшим за 30 мА. Допускається застосовувати переносні електроприймачі, обладнані ПЗВ-вилками.

У разі застосування захисного електричного поділу кіл в особливо небезпечних приміщеннях (наприклад, в стиснених приміщеннях з провідними підлогою, стінами і стелею) кожна розетка повинна отримувати живлення від індивідуального розділового трансформатора або від його окремої обмотки.

Застосування наднизької напруги живлення переносних електроприймачів напругою до 50 В повинно здійснюватися від безпечного розділового трансформатора».

П.1.7.165 ПУЕ: «для приєднання переносних електроприймачів до мережі живлення слід застосовувати штепсельні з'єднувачі, які відповідають вимогам п.**1.7.158**.

У штепсельних з'єднувачах переносних електроприймачів, а також подовжувальних проводів і кабелів провідники з боку джерела живлення слід приєднувати до розетки, а з боку електроприймача – до вилки».

П.1.7.166 ПУЕ: «для захисту кіл розеток ПЗВ рекомендовано розташовувати в розподільних щитках. Допускається застосовувати

ПЗВ-розетки ».

П.1.7.167 ПУЕ: «захисні провідники переносних проводів і кабелів слід позначати поздовжніми або поперечними жовтими і зеленими смугами однакової ширини, які чергуються(рис.4.16)».

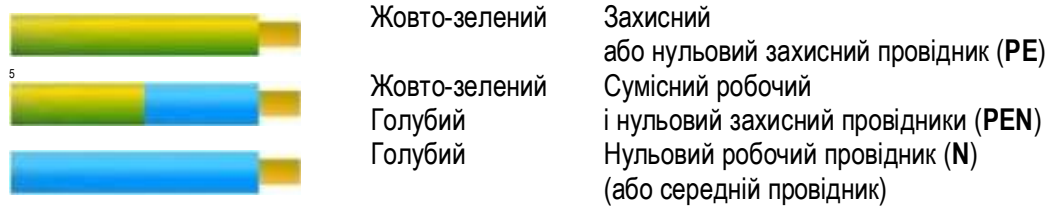


Рисунок 4.16 – Кольори провідників PE, PEN і N

4.21 Пересувні електроустановки

До пересувних електроустановок, на які поширюються наведені вимоги, відносяться автономні пересувні джерела живлення електричною енергією (рис.4.17) та пересувні установки, електроприймачі яких можуть отримувати живлення від стаціонарних або автономних пересувних джерел електричної енергії (ПУЕ, п. 1.7.168).



Рисунок 4.17 – Пересувні джерела живлення електричною енергією

Вимоги до пересувних електроустановок не поширюються на суднові електроустановки, рухомий склад електротранспорту, житлові автофургони та електрообладнання, розташоване на рухомих частинах верстатів, машин і механізмів.

П.1.7.169 ПУЕ: «автономне пересувне джерело живлення - це таке джерело живлення електричною енергією, яке дає змогу

здійснювати живлення споживачів незалежно від централізованого електропостачання (енергосистеми) ».

П.1.7.170 ПУЕ: «електроприймачі пересувних електроустановок можуть отримувати живлення від стаціонарних або автономних пересувних джерел живлення з глухозаземленою або ізольованою нейтраллю».

П.1.7.171 ПУЕ: «автономні пересувні джерела електричної енергії можна застосовувати для живлення електроприймачів як стаціонарних, так і пересувних установок».

П.1.7.172 ПУЕ: «у разі живлення стаціонарних електроприймачів від автономних пересувних джерел живлення режим нейтралі джерела живлення і заходи захисту мають відповідати режиму нейтралі і заходам захисту, які прийнято для стаціонарних електроприймачів».

П.1.7.173 ПУЕ: «у разі живлення електроприймачів пересувних установок від стаціонарних або автономних пересувних джерел живлення з глухозаземленою нейтраллю слід застосовувати системи заземлення $TN-S$ або $TN-C-S$. Об'єднувати функції захисного провідника PE і нейтрального N в одному спільному провіднику PEN усередині пересувної електроустановки заборонено. Поділ PEN -провідника лінії живлення на PE - і N -провідники слід виконувати в точці приєднання установки до джерела живлення.

Для захисту в разі непрямого дотику слід застосовувати автоматичне вимкнення живлення відповідно до п. **1.7.82**. Наведений у табл. 4.3 (табл. 1.7.1 ПУЕ) допустимий час автоматичного вимкнення живлення слід зменшувати вдвічі ».

П.1.7.174 ПУЕ: «у разі живлення електроприймачів пересувних електроустановок від стаціонарних або автономних пересувних джерел живлення з ізольованою нейтраллю для захисту в разі непрямого дотику слід застосовувати захисне заземлення в поєднанні з металевим зв'язком корпусів пересувної установки і джерела живлення та безперервним контролем ізоляції з дією на сигнал або із захисним вимкненням живлення. Опір заземлювального пристрою пересувних установок у цьому випадку має відповідати п.п.**1.7.97** і **1.7.98** (див. також п.**1.7.175**).

Для виконання металевого зв'язку корпусів пересувної

установки і джерела живлення слід використовувати одну з жил кабелю живлення, наприклад, четверту жилу кабелю в трифазних мережах без *N*-провідника або п'яту жилу кабелю в трифазних мережах з *N*-провідником.

Провідність фазних провідників і провідників металевого зв'язку має забезпечувати автоматичне вимкнення живлення в межах нормованого часу в разі подвійного замикання на відкриті провідні частини електрообладнання.

Допускається не виконувати металевий зв'язок корпусів джерела живлення і установки, якщо власні пристрої захисного заземлення джерела живлення і пересувної установки забезпечують допустимий рівень напруги дотику в разі подвійного замикання на відкриті провідні частини електрообладнання».

П.1.7.175 ПУЕ: «у разі живлення електроприймачів пересувної електроустановки від автономного пересувного джерела електричної енергії його нейтраль, як правило, має бути ізольованою. У цьому випадку для захисту в разі непрямого дотику допускається виконувати захисне заземлення тільки джерела живлення, а провідники металевого зв'язку корпусів джерела живлення і установки (див. п.1.7.174) використовувати як заземлювальні провідники для відкритих провідних частин електроприймачів пересувної установки.

У разі подвійного замикання на відкриті провідні частини електрообладнання пересувних електроустановок слід виконувати автоматичне вимкнення живлення, забезпечуючи допустимий час вимкнення згідно з табл.4.14(табл. 1.7.12 ПУЕ).

Таблиця 4.14 – Найбільший допустимий час захисного автоматичного вимикання для пересувних електроустановок, які живляться від автономного пересувного джерела з ізольованою нейтраллю

| Номинальна лінійна напруга | Час вимикання, с |
|----------------------------|------------------|
| 230 | 0,4 |
| 400 | 0,2 |
| 690 | 0,06 |
| Понад 690 | 0,02 |

П.1.7.176 ПУЕ: «у разі живлення електроприймачів пересувних установок від автономних пересувних джерел живлення з ізольованою нейтраллю заземлювальний пристрій слід влаштовувати з дотриманням вимог до його опору або напруги дотику в разі однофазного замикання на відкриті провідні частини.

Якщо заземлювальний пристрій виконують із дотриманням вимог до його опору, значення опору не повинне перевищувати 25 Ом. Допускається збільшувати зазначений опір відповідно до п.1.7.113.

Якщо заземлювальний пристрій виконується з дотриманням вимог до напруги дотику, значення опору заземлювального пристрою не нормують. У цьому разі слід дотримуватися умови:

$$R \leq \frac{25}{I_3}, \quad (4.24)$$

де R – опір заземлювального пристрою пересувної електроустановки, Ом; I_3 – повний струм однофазного замикання на відкриті провідні частини пересувної електроустановки, А ».

П.1.7.177 ПУЕ: «допускається не виконувати захисне заземлення електроприймачів пересувних електроустановок, які отримують живлення від автономних пересувних джерел живлення з ізольованою нейтраллю в таких випадках:

- якщо джерело живлення та електроприймачі розташовано безпосередньо на пересувній електроустановці, їх відкриті провідні частини мають між собою металевий зв'язок, а від джерела не живляться інші електроустановки;

- якщо пересувні установки (не більше двох) отримують живлення від спеціально призначеного для них джерела живлення, від якого не отримують живлення інші електроустановки, а корпуси джерела живлення і установки з'єднано між собою за допомогою провідників металевого зв'язку (захисних провідників).

Кількість електроустановок і довжину кабелів їх живлення не нормують, якщо значення напруг дотику в разі першого замикання на землю (на корпус) не перевищує нормованих. Ці значення треба визначати за допомогою спеціального розрахунку або експериментально;

- якщо опір заземлювального пристрою, розрахований за напругою дотику в разі першого замикання на відкриту провідну частину, більший від опору робочого заземлення пристрою постійного контролю опору ізоляції».

П.1.7.178 ПУЕ: «автономні пересувні джерела живлення з ізолюваною нейтраллю повинні мати пристрій неперервного контролю опору ізоляції відносно корпусу (землі) зі світловим і звуковим сигналами. Має бути забезпечено можливість перевірки справності пристрою контролю ізоляції та його вимкнення».

П.1.7.179 ПУЕ: «для здійснення захисного вимкнення живлення пересувних електроустановок слід застосовувати пристрої захисту від надструму в поєднанні з пристроями, які реагують на диференційний струм (ПЗВ) або виконують безперервний контроль ізоляції і діють на вимкнення або які реагують на потенціал корпусу відносно землі. У разі застосування пристроїв, які реагують на потенціал корпусу відносно землі, уставка значення напруги спрацьовування має дорівнювати 25 В, якщо час вимкнення не перевищує 5 с.

Напругу живлення треба вимикати захисним пристроєм, встановленим до вводу в електроустановку ».

П.1.7.180 ПУЕ: « на вводі в пересувну електроустановку слід передбачати затискач або збірну шину згідно з вимогами п.п.1.7.128 і 1.7.129, до яких треба приєднувати:

- захисний *РЕ*-провідник лінії живлення;
- захисний *РЕ*-провідник пересувної електроустановки з приєднаними до нього захисними провідниками відкритих провідних частин електрообладнання;
- провідники зрівнювання потенціалів корпусу пересувної установки та інших її сторонніх провідних частин;
- заземлювальний провідник, приєднаний до місцевого заземлювача, пересувної установки (якщо він є).

П.1.7.181 ПУЕ: «захист від прямого дотику в пересувних електроустановках необхідно забезпечувати за допомогою застосування ізоляції струмовідних частин, огорож і оболонки зі ступенем захисту, не меншим за IP2X (ГОСТ 14254). Застосування бар'єрів і розміщення поза зоною досяжності не допускається.

Кола штепсельних розеток слід виконувати відповідно до п.1.7.164 ».

П.1.7.182 ПУЕ: «*РЕ*-провідники та провідники зрівнювання потенціалів повинні бути мідними, гнучкими. Їх, як правило, слід прокладати в спільній оболонці з фазними провідниками. Переріз провідників повинен відповідати таким вимогам:

- захисних – п.п.1.7.137–1.7.139;
- заземлювальних – п.п.1.7.120–1.7.121;
- зрівнювання потенціалів – п.п.1.7.148–1.7.150.

У переносних кабелях переріз захисного провідника повинен бути таким самим, як і переріз фазних провідників ».

П.1.7.183 ПУЕ: «допускається одночасно вимикати всі провідники лінії, яка живить пересувну електроустановку від автономного пересувного джерела живлення, у тому числі *РЕ*-провідник, за допомогою штепсельного з'єднувача ».

П.1.7.184 ПУЕ: « якщо пересувна електроустановка живиться з використанням штепсельних з'єднувачів, вилку штепсельного з'єднувача слід приєднувати з боку пересувної електроустановки. Вона повинна мати оболонку з ізолювального матеріалу».

4.22 Захист від переходу напруги понад 1000 В у мережі напругою до 1000 В

При пошкодженні ізоляції між обмотками вищої та нижчої напруг силового трансформатора, а також доторканні обірваного провoda мережі напругою понад 1000 В до проводів мережі напругою до 1000 В виникає небезпека переходу напруги і ураження людини електричним струмом. Крім того, такий перехід напруги небезпечний і в пожежному відношенні. Способи захисту залежать від величини напруги й режиму роботи нейтралі мережі.

У мережах трифазного струму напругою до 1000 В з ізолюваною нейтраллю захист від можливого переходу напруги здійснюють за допомогою пробивних запобіжників, встановлених на нейтралі або у фазі з боку низької напруги

трансформатора (рис. 4.18). Він складається з двох металевих дисків, ізолюваних один від одного слюдяною прокладкою з отворами. У нормальних умовах запобіжник ізолює від землі нейтраль мережі низької напруги. При пошкодженні ізоляції високовольтної обмотки пробиваються повітряні проміжки в отворах прокладки запобіжника, і мережа заземлюється. Перевіряють робоздатність пробивного запобіжника вольтметром, увімкнутим паралельно йому. При несправному запобіжнику стрілка вольтметра знаходиться на нульовій поділці.



Рисунок 4.18 – Пробивний запобіжник:

а) загальний вигляд; б) встановлення на трансформаторі

Якщо нейтраль мережі напругою понад 1000 В ізолювана, а нейтраль мережі напругою до 1000 В заземлена, для захисту від переходу напруги використовують глухе заземлення нейтралі низьковольтної обмотки. Отже, у цьому випадку безпеку створює заземлення вторинної обмотки трансформатора. Опір заземлення вибирають відповідно до ПУЕ:

$$R_0 = \frac{67}{I_3} \text{ Ом} ,$$

де I_z – сила струму замикання на землю з боку високої напруги.

Захист від переходу напруги у переносних трансформаторах з первинною напругою до 1000 В, а також у вимірювальних трансформаторах струму та напруги здійснюють трьома способами: заземленням (зануленням) одного з виводів обмотки низької напруги та застосуванням екрана між обмотками високої і низької напруги. При пробі ізоляції між обмотками трансформатора в схемах із зануленням виводу або середньої точки обмотки виникає коло струму короткого замикання через захисний провід, що призводить до спрацьовування захисту і вимикання трансформатора. У випадку застосування заземленого екрана між обмотками високої та низької напруги перехід напруги неможливий, тому що пошкодження ізоляції обмотки високої напруги викликає замикання на екран, а обмотка низької напруги залишається ізольованою.

4.23 Електрозахисні засоби

При експлуатації електрообладнання потрібно застосовувати спеціальні засоби, що захищають людей від ураження електричним струмом та дії електричної дуги або електромагнітного поля. До електрозахисних засобів відносять ізолюючі штанги (оперативні, розрядні, для накладання заземлення, вимірювальні), ізолюючі кліщі (для операцій із запобіжниками), струмовимірювальні кліщі, покажчики напруги; ізолюючі пристрої та прилади для ремонтних робіт, що виконуються під напругою понад 1000 В, слюсарно-монтажний інструмент з ізолюючими рукоятками (для робіт в електроустановках напругою до 1000 В); діелектричні рукавиці, боти, калоші, килимки, ізолюючі підставки; переносні заземлення; огорожувальні пристрої та діелектричні ковпаки; плакати й знаки безпеки. Крім того, використовують також захисні окуляри, каски, протигази, рукавиці, запобіжні монтерські пояси та страхувальні канати.

Залежно від захисної здатності електрозахисні засоби поділяють на основні й додаткові.

Основні – це такі засоби захисту, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу електрообладнання і які дозволяють доторкатися до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою (табл. 4.13).

Основні електрозахисні засоби для роботи під напругою понад 1000 В виготовляють з фарфору, ебоніту, бакеліту, гетинаксу та інших матеріалів з високою діелектричною міцністю. Для напруги нижче 1000 В їх роблять з діелектричної гуми, дерева, пластмас.

Додаткові електрозахисні засоби доповнюють основні, а також служать для захисту від крокової та напруги дотику, але самі не можуть захистити від ураження струмом і застосовуються разом з основними. Їх випробовують напругою, що не залежить від напруги електроустановки, в якій вони повинні застосовуватись.

Напруга випробування для них залежить від робочої напруги обладнання і для електроустановок напругою понад 1000 В (до 110 кВ) повинна бути $3U_{л}$, але не нижче 40 кВ, а для електроустановок напругою 110 кВ і вище $3U_{ф}$.

Таблиця 4.13 – Класифікація електрозахисних засобів

| Основні | Додаткові |
|--|---|
| Електроустановки напругою понад 1000 В | |
| Ізолюючі штанги | Діелектричні рукавички |
| Ізолюючі та електровимірювальні кліщі | Діелектричні боти |
| Показчики напруги | Діелектричні килимки |
| Показчики напруги для фазування | Індивідуальні екрануючі комплекти |
| Ізолюючі пристрої та пристосування для робіт на повітряних лініях з безпосереднім доторканням електрика до струмовідних частин: <ul style="list-style-type: none"> - ізолювальні драбини; - ізолювальні тяги; - ізолювальні канати; - корзини телескопічних вишок; - кабіни для роботи біля проводу | Ізолюючі підставки і накладки Діелектричні ковпаки Переносні заземлення Огороджувальні пристрої Плакати і знаки безпеки |

Продовження таблиці 4.13

| Електроустановки напругою до1000 В | |
|---|--|
| Ізолюючі штанги | Діелектричні калоші |
| Ізолюючі і електровимірювальні кліщі | Діелектричні килимки |
| Показчики напруги | Переносні заземлення |
| Діелектричні рукавички | Ізолювальні підставки і накладки |
| Слюсарно-монтажний інструмент з ізолюючими рукоятками | Огороджувальні пристрої Плакати і знаки безпеки |

Примітки:

1. Засіб захисту має бути розрахований на застосування при найбільшій допустимій робочій напрузі (клас напруги) електроустановки (ГОСТ 1516.1 і 20690-75).

2. Електрозахисними засобами слід користуватися за їх прямим призначенням в електроустановках напругою не вище тієї, на яку вони розраховані.

3. Основні електрозахисні засоби розраховані на застосування у закритих електроустановках, а у відкритих електроустановках і на повітряних лініях – лише у суху погоду. На відкритому повітрі у сиру погоду можуть бути застосовані лише засоби захисту, призначені для роботи у цих умовах.

4. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний упевнитись в його справності, відсутності його зовнішніх пошкоджень, очистити і витерти від пилу, а також перевірити за штампом строк придатності.

У діелектричних рукавичок перед застосуванням слід перевірити наявність проколів шляхом скручування їх у бік пальців.

Користуватися засобами захисту, строк придатності яких закінчився, забороняється.

При використанні основних захисних засобів достатньо користуватися одним додатковим, за винятком випадків визволення потерпілого від дії струму в електроустановках, коли для захисту від напруги кроку необхідно надівати діелектричні боти або калоші.

Персонал, який обслуговує електроустановки, забезпечують необхідними засобами захисту. Всі електрозахисні засоби, що знаходяться в експлуатації, і монтерські пояси, крім діелектричних килимків, підставок, плакатів та знаків безпеки нумерують. В електроцехах необхідно вести журнал обліку

захисних засобів, де вказувати назву, інвентарний номер, місце знаходження, дату періодичних випробувань та оглядів.

У процесі експлуатації засоби захисту підлягають періодичним і позачерговим випробуванням. При всіх видах випробувань перевіряють їх електричні й механічні характеристики.

Ізолюючі штанги призначені для оперативної роботи, очищення ізоляції від пилу, установки розрядників, зняття накидів з приводів на повітряній лінії тощо. Вони бувають оперативні, ремонтні, вимірювальні та для накладання заземлення. Ізолюючі штанги можуть бути універсальними, тобто мати змінні головки для виконання різних функцій.

Штанга складається з трьох основних частин: робочої, ізолюючої і рукоятки. Конструкція робочої частини визначається її призначенням. Вона може мати найрізноманітнішу будову: від простого гака у штанги, призначеної для управління роз'єднувачами, до складного приладу у вимірювальній. Ізолююча частина виготовлена з діелектричних матеріалів. Рукоятку виконують разом із штангою або окремо. Її відокремлюють від ізолюючої частини упорним (обмежувальним) кільцем, вище якого доторкатися до штанги під час роботи забороняється.

Штанги застосовують в електроустановках з номінальною напругою не вище тієї, на яку вони розраховані. При цьому штанги для закритих приміщень можна використовувати в зовнішніх електроустановках тільки в суху погоду.

Ізолюючі кліщі використовують для робіт під напругою із запобіжниками, встановлення і зняття накладок тощо. Кліщі мають робочу (губки), ізолюючу частини та рукоятку. При роботі в електроустановках напругою понад 1000 В працівник повинен застосовувати діелектричні рукавиці, а при встановленні або знятті запобіжників під напругою, крім того, захисні окуляри.

Струмовимірювальними кліщами вимірюють силу струму, напругу і потужність в електричних мережах без розриву і порушення її роботи. Кліщі для електроустановок напругою

2 – 10 кВ складаються з трьох частин: робочої, ізолюючої та рукояток. Робоча частина має роз'ємний магнітопровід, обмотку знімний або вмонтований електровимірвальний прилад. Кліщі для електроустановок напругою до 1000 В складаються з робочої частини (роз'ємного магнітопровода, обмотки і вимірвального приладу) і корпусу, який одночасно є ізолюючою частиною з упором та рукояткою.

При користуванні струмовимірвальними кліщами треба надіти захисні окуляри, діелектричні рукавиці, стояти на діелектричному килимку або ізолюючій підставці. При цьому відстань між провідниками не повинна бути меншою 25 см. Кліщі потрібно тримати на витягнутих руках і не торкатися до струмоведучих або заземлених частин електрообладнання.

Переносні заземлення застосовують для захисту персоналу, що працює на вимкнених частинах електрообладнання або ліній у випадку помилкової подачі напруги чи появи на них наведеної напруги. При подачі напруги на заземленій ділянці виникає коротке замикання і напруга в місці короткого замикання знижується практично до нуля. Одночасно спрацьовує захист і вимикає джерело живлення.

Переносні заземлення складаються з проводів для заземлення та закорочування між собою струмоведучих частин різних фаз електроустановки, фазних затискачів для приєднання заземлюючих проводів до струмоведучих частин та наконечника або струбцини для приєднання до заземлюючого контура. Переносні заземлення виготовляють з неізольованого мідного багатожильного проводу з площею поперечного перерізу, що задовольняє вимоги термічної стійкості при коротких замиканнях, але не менш як 25 мм^2 в електроустановках напругою понад 1000 В і не менше 16 мм^2 – до 1000 В.

На кожному переносному заземленні вказують його номер і площу поперечного перерізу проводів. При руйнуванні контактних з'єднань, зниженні механічної міцності провідників, їх розплавленні, обриві більше 5 % жил переносні заземлення вибраковують.

Показчики напруги призначені для перевірки наявності або відсутності напруги в струмоведучій частині електрообладнання. Для роботи в електроустановках напругою до 1000 В їх виготовляють однополюсними, які працюють за принципом проходження ємнісного струму та використовуються в електроустановках змінного струму, і двополюсними, що діють за принципом проходження активного струму і застосовуються в електроустановках змінного й постійного струмів.

Застосовувати контрольні лампи розжарювання як показчики напруги забороняється.

Електрична схема однополюсного показчика напруги складається з газорозрядної індикаторної лампи з додатковим опором, контактнаконечника і контакта на торцевій частині корпусу, до якого торкається рука оператора, двополюсного – газорозрядної індикаторної лампи, зашунтованої резистором, додаткового опору і контактів-наконечників. Двополюсний показчик напруги має два корпуси з ізоляційного матеріалу, з'єднані між собою гнучким проводом з посиленою ізоляцією. Напруга загоряння показчиків напруги до 1000 В повинна бути не більше 90 В.

Слюсарно-монтажний інструмент з ізолюючими рукоятками призначений для роботи під напругою в електроустановках до 1000 В як основний засіб захисту. Рукоятки плоскогубців, кусачок, відкруток, гайкових ключів покривають стійким проти дії вологи некрихким ізоляційним матеріалом з упорами з того ж матеріалу, що запобігають зісковзуванню пальців оператора на неізольовану частину інструмента. На поверхні ізолюючих частин інструмента не повинно бути раковин, тріщин та інших дефектів, а ізоляційне покриття має прилягати до металевих частин інструмента і повністю ізолювати ту частину, яка під час роботи знаходиться в руці.

Довжина ізолюючих рукояток – не менш як 100 мм до середини упору. Ізоляція стержнів відкруток має закінчуватися на відстані не більше 10 мм від кінця леза.

Діелектричні рукавиці використовують для захисту персоналу від дії електричного струму, а також як до даткові

засоби захисту в електроустановках напругою понад 1000 В і як основний – в електроустановках напругою до 1000 В.

При роботі в електроустановках дозволяється застосовувати тільки діелектричні рукавиці, виготовлені відповідно до технічних умов і які мають відповідний заводський штамп. Їх довжина повинна бути не менше 350 мм. Краї діелектричних рукавиць не можна загортати.

Розмір їх вибирають так, щоб можна було надівати під них бавовняні або шерстяні рукавиці для захисту рук від холоду під час обслуговування зовнішніх електроустановок.

Діелектричні рукавиці перед застосуванням обов'язково перевіряють на відсутність проколів шляхом згор тання їх до пальців. Не можна допускати, щоб на них потрапляли нафтопродукти.

Діелектричні боти та калоші застосовують як додаткові засоби захисту в закритих і при відсутності опадів у зовнішніх електроустановках. Вони захищають працівників від напруги кроку і відрізняються від звичайних тим, що виготовлені без лакового покриття.

Діелектричні гумові килимки використовують також як додаткові засоби захисту в закритих електроустановках напругою до 1000 В і понад 1000 В, крім особливо небезпечних приміщень. В електроустановках напругою до 1000 В їх застосовують як накладки для закривання струмоведучих частин при роботах без вимикання напруги. За наявності видимих механічних пошкоджень їх вибраковуюють.

Ізолюючими підставками користуються у вогких і забруднених приміщеннях, де гумові килимки не можуть забезпечити надійної ізоляції від підлоги. Вона складається з настилу, укріпленого па опорних ізоляторах висотою не менше 70 мм. Настил розміром 50 x 50 см виготовляють із сухих дерев'яних планок товщиною не менш як 30 мм. Просвіти між планками не повинні перевищувати 30 мм. Суцільні настили застосовувати не рекомендується, тому що вони утруднюють перевірку відсутності випадкового шунтування ізоляторів. Настил фарбують з усіх боків олійною фарбою чи лаком.

Огороджувальні пристрої застосовують для захисту працівників від випадкового наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою або розміщені поблизу місця роботи.

Щити виготовляють із сухого дерева без металевих кріплень. їх висота повинна бути не менше 1,7 м, відстань від нижньої кромки до підлоги – не більше 10 см. Маса щита має бути такою, щоб його могла переносити одна особа. На кожному щиті слід закріплювати попереджувальний плакат «Стій! Небезпечно для життя!». Доторкання щитів до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, не допускається.

Плакати і знаки безпеки призначені для попередження про небезпеку при наближенні до частин, що перебувають під напругою, для заборони проведення операцій комутаційними апаратами, якими може бути подана напруга на місце роботи, а також для визначення працівниками місця, підготовленого для роботи, і нагадування про вжиті заходи.

За характером застосування вони можуть бути постійними і переносними. Постійні плакати виготовляють на будь-якому твердому матеріалі, в тому числі й на металі, а переносні – тільки на ізоляційному. Постійні плакати встановлюють на дверях, стінах, сітчастих огорожах та конструкціях електроустановок. За допомогою трафарету їх можна нанести фарбою безпосередньо на поверхню електроустановки. Переносні плакати закріплюють на рукоятках вимикачів, роз'єднувачів, ключах керування, при помилковому вмиканні яких може бути подана напруга на лінію, де працюють люди, або на за нулену ділянку електроустановки.

Додаток А

Ізолюючі та розрядні штанги

Штанги оперативні ізолюючі ШО-1, ШО-15, ШО-35 (рис.А.1)

Призначені для оперативної роботи в електроустановках постійного та змінного струму промислової частоти напругою до 35 кВ. Застосовуються для включення і відключення однополюсних роз'єднувачів. Робочі частини штанг забезпечують можливість надійного кріплення змінних інструментів та пристосувань.

Штанги виготовлені із склопластикового профілю СПКЭ-30/25. У базовій комплектації штанги покриті епоксидним лаком, але за бажанням замовника вони можуть бути покриті порошковою фарбою або термостійкою трубкою.



Рисунок А.1 – Штанги оперативні ізолюючі ШО-1, ШО-15, ШО-35

Штанги оперативні універсальні ШОУ-1, ШОУ-15, ШОУ-35 (рис. А.2)

Призначені для оперативної роботи в електроустановках постійного та змінного струму промислової частоти напругою до 35 кВ. Застосовуються для включення і відключення роз'єднувачів і заміни трубчастих запобіжників.

Штанги виготовлені із склопластикового профілю СПКЭ-30/25. У базовій комплектації штанги покриті епоксидним лаком, але за бажанням замовника вони можуть бути покриті порошковою фарбою або термостійкою трубкою.

Штанги типів ШО та ШОУ надійно працюють при температурі навколишнього середовища від -45 до + 45 °С, вологості повітря при температурі 25°С до 80%.

Термін служби — не менше 15 років.



Рисунок А.2 - Штанги оперативні універсальні ШОУ-1(а), ШОУ-15(б), ШОУ-35(в)

Штанги розрядні КУ-0,4, КУ-10, КУ-35 (рис.А.3)

Штанги розрядні призначені для зняття і вирівнювання потенціалу електроустановок напругою 0,4, 6 – 10 і 35 кВ.

Штанги виготовлені і склопластикового профілю СПКЭ-30/25. У базовій комплектації вони покриті епоксидним лаком, але за бажанням замовника вони можуть бути покриті порошковою фарбою або термостійкою трубкою.



Рисунок А.3 – Штанга розрядна КУ – 0,4

Додаток Б

Показчик низької напруги універсальний УННУ-40-1000 (рис. Б.1)

Двополюсний вказівник, виконаний у міцному захищеному від пилу та вологи корпусі, призначений для визначення наявності або відсутності напруги в електроустановках постійного та змінного струму напругою від 40 до 1000 В. Наявність напруги визначається за допомогою світлодіодів. Діапазон робочої напруги – 40 ... 1000 В.



Рисунок Б.1 – Показчик низької напруги універсальний УННУ-40-1000

Показчик низької напруги однополюсний УННО-25-1000 (рис. Б.2)

Однополюсний вказівник призначений для визначення наявності (відсутності) фазної або наведеної напруги змінного струму промислової частоти в електроустановках і на лініях електропередачі напругою до 1000 В, а також на лініях зв'язку. Наявність напруги визначається за допомогою світлодіодів підвищеної яскравості і електромагнітного випромінювача звуку при безпосередньому контакті зі струмопровідними частинами електроустановок, що знаходяться під напругою. Вказівники низької напруги виконані в склопластиковому корпусі з гумовою рукояткою.



Рисунок Б.2 – Показчик низької напруги однополюсний УННО-25-1000

Індикатор струму ИТ-04 (рис. Б.3)

Призначений для визначення величини струму в проводах на вводах в приміщення безпосередньо із землі, без піднімання на опору. Ізолююча штанга виконана із склопластикового профілю і складається із трьох частин, що з'єднуються стикуючими вузлами з накладними гайками для з'єднання їх між собою. Контактний вузол, вузол кріплення і провід з роз'ємом забезпечують встановлення і підключення до струмових кліщів пристрою індикації. З'єднувальні провідники знаходяться всередині ізолюючої штанги.

При включенні живлення індикатора автоматично калібрується "Нуль", необхідний для отримання точності показів. Режим фіксації показів індикатора дозволяє зберегти виміряне значення струму після зняття струмових кліщів з провода електричної мережі



Рисунок Б.3 – Індикатор струму ИТ-04

Додаток В

Заземлення переносні лінійні для повітряних ліній «ЗПЛ-1», «ЗПЛ-10», «ЗПЛ-35», «ЗПЛ-110», «ЗПЛ-220» (рис. В.1 – В.4)

Призначені для захисту працюючих на відключених ділянках повітряних ліній напругою від 0,4 кВ до 220 кВ у випадку помилкової подачі напруги на цю ділянку мережі або появи на ньому наведеної напруги. Поставляються у прозорій пластиковій оболонці із заземлюючим спуском і без нього (тільки ЗПЛ-1), із незнімними штангами. Кріплення провoda до затискачів здійснюється за допомогою залуджених мідних наконечників або гільз. Щоб провід не зламався його додатково укріпили захисною поліетиленовою трубкою. За вимогою замовника заземлення можуть комплектуватися заземлюючими спусками з жилами різного перерізу і можуть бути виконані однофазними, з продовженими штангами (не менше встановленої стандартом довжини штанги на даний клас напруги). Штанги можуть бути покриті порошковою фарбою або термостійкою трубкою. Фазні затискачі можуть бути обладнані карданами для роботи у трьох площинах. Термін використання — до двох років.

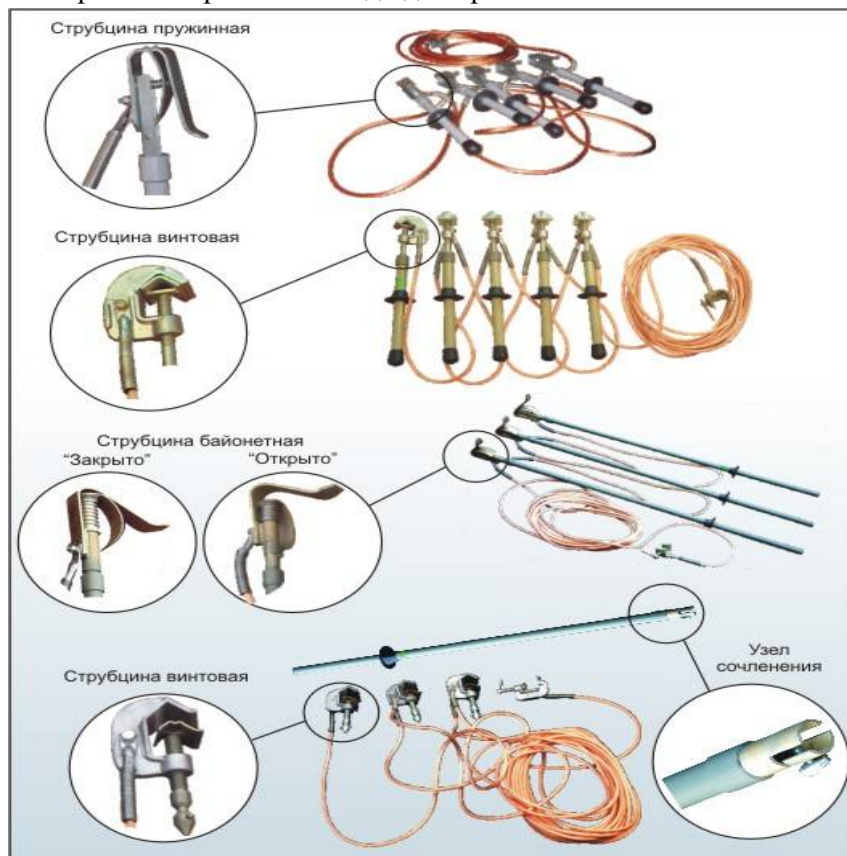


Рисунок В.1 – Заземлення переносні для повітряних ліній «ЗПЛ»



Рисунок В.2 – Переносне заземлення «ЗПЛ-1» із затискачем-прищіпкою



Рисунок В.3 – Переносне заземлення «ЗПЛ-35» із гвинтовим фазним затискачем



Рисунок В.4 – Динамічний фазний затискач

Заземлення переносне (накидання) на проводи ПЛ до 10 кВ «ЗНЛ-10» (рис. В.5).

Призначене для екстреного відключення повітряних ліній електропередач за допомогою накидання на провід гнучкого неізолюваного провідника та створення короткого замикання між проводами ПЛ і заземлюючим провідником, з'єднаним із землею.

Складається із футляра, закорочуючого мідного гнучкого неізолюваного провідника уловлювача-фіксатора, який забезпечує надійне з'єднання проводів ПЛ і утримання їх в момент проходження струмів КЗ, заземлюючого мідного

гнучкого провідника в полімерній оболонці, заземлюючого електрода, вантажа для кидання, ізолюючого фала, пристрою з'єднання закорочуючого провoda із ізолюючим фалом, барабана для намотування провoda та хрестовини для намотування фала.



Рисунок В.5 – Заземлення переносне (накид) на провoda ПЛ «ЗНЛ-10»



Рисунок В.6 – Заземлення переносне (накид) на провoda ПЛ «ЗНЛ-10» у зібраному вигляді

Заземлення переносне для ПЛ провідів типу СИП «ЗПЛ-1 СИП» (табл. В.1, рис. В.7, В.8)

Застосовується як основний засіб захисту від ураження електричним струмом на повітряних лініях електропередач (ПЛ) постійного та змінного струму

промислової частоти напругою до 1 кВ включно і призначені для захисту працюючих на відключених ділянках ПЛ при непередбаченій появі на цих ділянках високої або наведеної напруги. Заземлення приєднується до проводів ПЛ через спеціальний адаптер РМСС, що встановлюється з боку відгалуження у затискачах з проколюванням ізоляції (типу HEL або KZ 2).

Таблиця В.1 – Технічна характеристика переносного заземлення «ЗПЛ-1 СИП»

| Параметр | Значення параметра |
|---|---|
| 1. Номінальна напруга електроустановок, кВ | До 1 |
| 2. Струм термічної стійкості протягом 3с., кА, не менше | 2,3 |
| 3. Довжина заземлювального провідника, м, не менше | 10,0 |
| 4. Довжина міжфазних перетинок, мм, не менше | 300 |
| 5. Струм електродинамічної стійкості, кА, max | 14 |
| 6. Переріз заземлювального дроту мм ² , не менше | 16 |
| 7. Умови експлуатації: - температура, °С - вологість при температурі 25 °С, % | Від мінус 45 до плюс 45 До 80 |
| 8. Маса, кг, не більше | 1,9 |



Рисунок В.7 – Заземлення переносне для ПЛ «ЗПЛ-1 СИП»



Рисунок В.8 – Адаптер РМСС для "ЗПЛ-1 СИП"

Додаток Г

Переносні заземлення для розподільних пристроїв та підстанцій

Заземлення переносні для розподільних пристроїв типу «ЗПП»
(рис. Г.1, Г.2)

Призначені для захисту працюючих на відключених струмоведучих частинах електроустановок напругою від 0,4 кВ до 220 кВ при помилковому подаванні напруги на цю ділянку або при появі на ньому наведеної напруги. Поставляються з проводом перерізом 16, 25, 35, 50, 70, 95 мм² у прозорій пластиковій оболонці із заземлюючим спуском, зі з'ємними і нез'ємними штангами (тільки ЗПП-1). Кріплення проводу до затискачів здійснюється за допомогою залужених мідних наконечників або гільз. Для того, щоб провід не зламався його додатково укріплено захисною поліетиленовою трубкою. Термін роботи – не менше 2 – х років.



Рисунок Г.1 - Заземлення переносне підстанційне «ЗПП-1»

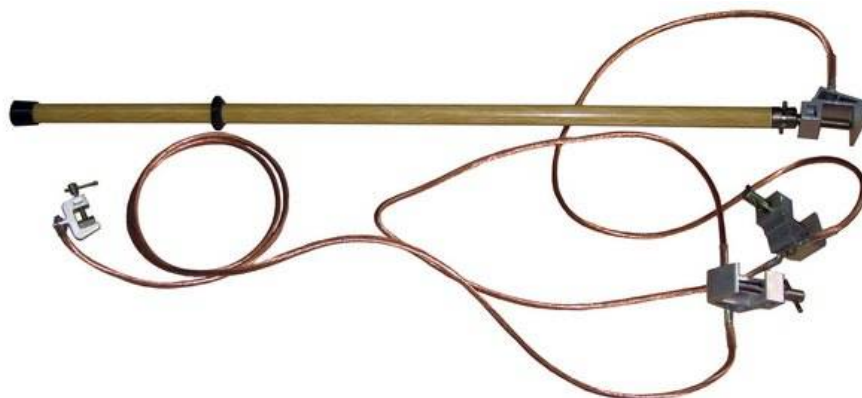


Рисунок Г.2 - Заземлення переносне підстанційне «ЗПП-35»

Додаток Д

Ножиці діелектричні НД-1



Ножиці діелектричні НД-1 є ручним ізолюючим інструментом, призначеним для різання кабелю і проводів в електроустановках напругою до 1000 В змінного і 1500В постійного струму.

Ножиці допускається застосовувати для різання проводів, які мають струмовідну частину з кольорових металів (мідь, алюміній) і емалеву, паперову або полімерну ізоляцію, у тому числі багатшарову.

Ножиці не призначені для різання броньованих кабелів і самоутримних проводів, що мають в своєму складі сталеві частини.

Для виготовлення ножиць застосовується легована сталь і міцний склопластик з високими електроізоляційними властивостями.

Рукоятки ножиць мають багатшарову ізоляцію.

Всі металеві частини ножиць оцинковані.

Технічні характеристики:

- 1 Діаметр перерізуваних проводів, мм, не менше - 10
- 2 Діаметр перерізуваного проводу із сталі 3, мм, не менше - 5
- 3 Твердість ножів, HRC, не менше - 56
- 4 Маса, кг, не більше - 1,2
- 5 Габаритні розміри, мм, не більше - 550x300x55
- 6 Температурний діапазон експлуатації, °С - від мінус 20 до плюс 70

Додаток Ж

Кліщі ізолюючі



Кліщі ізолюючі КСПД призначені для зняття (заміни) запобіжників (ударний полістирол) в електроустановках напругою до 1000 В

Додаток З

Струмовимірювальні кліщі

3.1 Струмовимірювальні цифрові кліщі КТ-1000А



Призначені для вимірювання постійного і змінного струму промислової частоти до 1000 А, а також напруги постійного і змінного струму до 1000В, як на повітряних лініях, так і в розподільних пристроях без розриву струмового кола.

Випускається модифікація для вимірювання струму в електроустановках і на лініях електропередавання змінного струму напругою до 10 кВ.

У комплекті з ізолюючою багатофункціональною 4-ї ланковою збірною штангою ШО-10-4-6,6 довжиною 6,6 м, дозволяє вимірювати струм на лініях електропередавання напругою 0,4 – 10 кВ з поверхні землі.

Принцип роботи кліщів КТ-1000А базується на визначенні величини напруженості електромагнітного поля, створюваного довкола провідника за допомогою сукупності спеціалізованих температурно-компенсованих датчиків, розподілених навкруг провідника зі струмом по осях вилки показчика, що дозволяє вимірювати струм незалежно від осі і кута розташування провідника в просторі вилки показчика.

Діапазон вимірювання струму – 0 – 1000 А (похибка $\pm 1\%$)

Діапазон вимірювання напруги – 0 – 1000В (похибка $\pm 1.5\%$)

Умови експлуатації – У1, ГОСТ 15150 – 69

Робоча температура – від мінус 40°C до плюс 40 °C

Відносна вологість – 80% при +25 °C

Живлення - два послідовно сполучених літійових елементи типу GR 123 А

Струм, споживаний показчиком – 25 мА

Маса – 0,6кг

Габаритні розміри – 430 x 130 x 60 мм

Довжина сполучного проводу між корпусом показчика і додатковим електродом для визначення величини напруги – 1200 мм

3.2 Струмовимірювальні кліщі для мереж напругою до 1000 В

| | |
|---|---|
| <p>Кліщі струмовимірювальні «Fluke 374» Кліщі дозволяють проводити вимірювання дійсного середньоквадратичного значення змінного струму (до 600 А) або напруги (до 600 В), а також вимірювання опору до 6000 Ом з визначенням провідності.</p> |  A yellow and red clamp meter with a digital display showing '6000'. |
| <p>Струмовимірювальні кліщі «Fluke 376» з датчиком iFlex™3 Кліщі забезпечують підвищену функціональність в різних випадках вимірювання струму. Забезпечуючи можливість вимірювання дійсного середньо-квадратичного значення струму і напруги, кліщі Fluke 376 можуть відображувати значення до 1000 А змінного струму і 1000 В напруги в режимах як змінного, так і постійного струму. До комплекту Fluke 376 включений новий гнучкий струмовимірювальний датчик iFlex, що розширює діапазон вимірювань до 2500 А змінного струму і що забезпечує підвищену гнучкість вимірювань, можливість проводити вимірювання на провідниках незручного розміру і легкість доступу до проводів. змінного струму або напруги при вимірі нелінійних сигналів.</p> |  A yellow and red clamp meter with a digital display showing '2500', and a separate red iFlex sensor with a black cable. |
| <p>Цифрові струмо-вимірювальні кліщі K4571Ц Кліщі призначені для вимірювання струму і напруги в мережах постійного і змінного струму, частоти, опору, ємності, а також для перевірки ізоляції і окремих елементів електроустановок: діодів, транзисторів, провідників і т. д. Прилад має звуковий пробник</p> |  A black and red digital clamp meter with a large LCD display and various buttons. |

Додаток К

Плакати і знаки безпеки

| | | |
|---|--|--|
|  <p>1)</p> |  <p>2)</p> |  <p>3)</p> |
|  <p>4)</p> | |  <p>5)</p> |
|  <p>6)</p> |  <p>7)</p> |  <p>8)</p> |
|  <p>9)</p> |  <p>10)</p> |  <p>11)</p> |

Рисунок К.1 – Плакати і знаки безпеки:

1 – постійний знак «Обережно! Електрична напруга» (фон жовтий, кайма і стрілки чорні); 2 – постійний знак «Обережно! Електрична напруга» (наносять на бетон чорною фарбою); 3, 4 і 5 – переносні плакати (чорні букви на білому фоні, кайма і стрілка червоні); 6 і 8 – переносні плакати (червоні букви і кайма на білому фоні); 7 – переносний плакат (білі букви і кайма на чорному фоні); 9 і 10 – переносні плакати (біле коло на зеленому фоні, букви чорні, кайма біла); 11 – переносний плакат (чорні букви на синьому фоні).

5 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ЕЛЕКТРО-МОНТАЖНИХ І ПУСКОНАЛАГОДЖУВАЛЬНИХ РОБІТ

5.1 Монтаж повітряних ліній електропередавання

Будівництво і монтаж повітряних ліній електропередавання – складна і відповідальна робота з точки зору техніки безпеки. У зв'язку з цим усі робітники і електромонтери, які виконують монтажні роботи, повинні мати посвідчення про складання іспитів з правил техніки безпеки. Відповідальність за стан техніки безпеки при виконанні будівельно-монтажних робіт покладається на майстрів і виконавців робіт.

Майстри монтажних ділянок, виконуючи роботи із застосуванням машин та механізмів, повинні вимагати від робітників суворого дотримання правил та інструкцій з техніки безпеки, постійно контролювати стан захисних засобів і пристроїв, кріплення стін, відкритих котлованів тощо. Виконавці робіт мають впроваджувати засоби з охорони праці на об'єктах, здійснювати нагляд за правильною експлуатацією риштування, огорож, будівельних машин та транспортних засобів.

У кожній бригаді повинна бути аптечка з набором необхідних медикаментів. При наближенні грози всі роботи на лінії припиняються, а людей виводять.

Вирубують просіку, або розчищають трасу для повітряних ліній за усним розпорядженням. Якщо при цьому можливе доторкання чи падіння дерев на проводи діючої лінії, роботи проводять за нарядом, а виконавець повинен мати кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче IV.

При спилуванні дерево спочатку надрубують на чверть товщини стовбура з боку, наміченого для падіння. Пропилують його з боку, протилежного надрубку на верхньому рівні його щоби. Пропил не повинен доходити до краю надрубку в здорових дерев на 2 – 3 см, а в сухих і гнилих – на 4 – 5 см. Забороняється вилазити на підпиляні й підрубані дерева, стояти з боку падіння їх і з протилежного боку.

Для запобігання падінню дерев на проводи ліній застосовують відтяжки у бік, протилежний розміщенню проводів. їх встановлюють і закріплюють за дерево, явір чи інший стійкий предмет до початку рубання дерев.

Відстань між групами робітників має бути не менш як 50 м.

Забороняється вирубувати дерева при сильному вітрі, тумані, ожеледі та з настанням темноти.

Перед риттям ям під опори повітряних ліній в місцях, де можуть проходити підземні електричні кабелі, газопроводи та інші інженерні споруди, необхідно повідомити відповідні організації і одержати вказівки про точне їх знаходження. Ями в цих місцях риють обережно, а починаючи з глибини 0,4 м – тільки лопатою.

Перед початком земляних робіт майстер проводить інструктаж на робочому місці і роз'яснює безпечні методи роботи, порядок розкопування підземних комунікацій і роботи з буровими машинами.

При роботі механізмів забороняється знаходитися біля бура, який обертається, а також у зоні роботи стріли екскаватора.

Ґрунт, що викидають з ями, розміщують на відстані не менш як 0,5 м від краю. Забороняється відвалювати пласти ґрунту підкопуванням. Вириті ями не можна залишати без нагляду, їх огороджують.

Перед складанням і встановленням опор проводять інструктаж на робочому місці, роз'яснюють характер і безпечні умови виконання робіт, умовні команди та сигнали, порядок встановлення опор в ями, місце знаходження людей при виконанні різних операцій, а також розміщення машин і механізмів. До початку робіт, перевіряють справність вантажопідйомних механізмів, гальмівних пристроїв, тросів тощо.

Піднімають і встановлюють опори в основному за допомогою кранів, стовпоставів, тракторів та лебідок і лише одностоякові дерев'яні опори дозволяється піднімати та встановлювати вручну.

Із зони робіт виводять людей, що не беруть участі у підніманні опор. При підніманні опори забороняється стояти і проходити під нею, а також виконувати будь-які роботи в котловані.

Стропують опори члени бригади, які пройшли спеціальне навчання і мають посвідчення стропальника. Піднявши опору на 0,5 м від землі, керівник робіт ще раз перевіряє надійність кріплення елементів опор, тросів та інших вузлів і, тільки переконавшись у надійності такелажних пристроїв, дає вказівку про подальше їх піднімання.

Не дозволяється піднімати опори при сильному вітрі (більше 6 балів), а також під час грози, снігопаду і туману.

Залазити на опори можна тільки після остаточного їх закріплення в ґрунті. Не можна залишати опори у незасипаних ямах.

Проводи розмотують з барабанів, надійно встановлених на спеціальних пристроях (розмотувальних візках або козлах), обладнаних гальмівними пристроями. Барабани приводяться в рух трактором, автомобілем або вручну. Розмотують проводи вручну у випадку, коли рельєф траси не дозволяє використовувати машини або при малих площах поперечного перерізу.

При розмотуванні, підніманні та натягуванні проводів слід надівати рукавиці, а при розмотуванні вручну, крім того, брезентові плечики. Кількість працівників визначають з розрахунку, щоб на кожного з них припадало не більше 50 кг проводу.

Якщо провід розмотують за допомогою трактора чи автомобіля, то швидкість руху повинна бути не більше 10 км/год. Перед виходом з барабана останніх 6-и витків проводу для попередження нанесення травми його кінцем потрібно прикріпити розмотаний провід до ближньої опори, а витки, що залишилися на барабані, розмотувати вручну.

Розмотують і перекидають проводи через глибокі яри та ущелини за допомогою допоміжного троса. Спочатку через перешкоду перекидають капроновий шпагат, потім перетягують

прикріплений до нього допоміжний трос, а за ним провід. Довжина допоміжного троса і шпагату дорівнює подвійній довжині перешкоди плюс 15 – 20 м.

Під діючими лініями електропередавання або в прольоті, де є перетинання з діючою лінією напругою понад 1000 В, проводи розмотують, використовуючи суху мотузку, яку прив'язують до заземленого кінця розмотуваного провода.

Розмотуючи проводи впоперек доріг до піднімання їх на достатню висоту, потрібно на дорозі поставити працівників з прапорцями або ліхтарями на відстані 100 м з обох боків для попередження проїжджаючих про небезпеку.

На опорах можуть працювати особи, які мають достатній досвід і придатні за станом здоров'я до робіт на висоті.

Перед підніманням на опору перевіряють міцність її основи і закріплення, міцність та придатність до роботи запобіжних поясів, кігтів й інструменту.

Для піднімання на дерев'яну опору використовують монтерські кігті, а на залізобетонну – спеціальні лази. На залізобетонні опори прямокутного перерізу підніматись і спускатись на кігтях дозволяється тільки з одного боку. При переході на протилежний бік опори необхідно спуститися вниз, а потім піднятися з іншого боку. Працюючи на опорі, треба прикріпитися до неї запобіжним поясом і стояти на двох кігтях з приблизно однаковим навантаженням.

Монтажник повинен тримати монтерський інструмент у спеціальних кишенях монтерського пояса. Забороняється під час роботи знаходитись під опорою, а також скидати предмети з висоти. При підніманні на опору предметів користуються мотузкою та блоком, встановленим на вершині опори.

Проводи натягують за допомогою трактора, автомобіля або лебідки. Перед натягуванням їх старанно оглядають. Виявлені дефекти, які можуть стати причиною розриву, усувають до початку роботи.

Під час піднімання та натягування проводів не можна стояти та проходити під ними, підходити й стояти з внутрішнього боку кута при звільненні зачепленого проводу, що

утворив кут, підніматися на опору з боку вильоту траверси, а також з боку внутрішнього кута.

Першу опору в напрямку натягування, яка піддається однобічному тяжінню, закріплюють тимчасовими відтяжками. До штирьових ізоляторів проводи прив'язують тільки після піднімання на опору і натягування всіх проводів, що монтують.

Бригада, яка виконує роботи на повітряних лініях з телескопічної вишки, повинна складатися не менш ніж з трьох осіб: одна працює в корзині, друга – спостерігає внизу і третя – водій-машиніст. Якщо в корзині треба піднятися двом електромонтерам, то повинен бути третій електромонтер-спостерігач, який подає команду машиністу про піднімання та опускання корзини, стежить, щоб сторонні не підходили близько до телескопічної вишки. Корзина не повинна торкатися до проводів або металевих і залізобетонних опор.

Монтаж переходів у місцях перетину діючої лінії та лінії, що споруджують, виконують тільки при вимиканні і заземленні першої. Якщо цього зробити не можна, то як виняток можна допустити роботи без її вимикання за таких умов: над проводами, що перетинаються, вище них па 1 м закріплений захисний канат або рогатка; проводи, що розмотують, заземлені, працівники у діелектричних рукавицях. Монтаж проводів над повітряною лінією напругою понад 1000 В допускається тільки тоді, коли ця лінія вимкнена і заземлена.

Під час робіт на опорах, просочених антисептиками, необхідно дотримуватися вимог техніки безпеки. Слід пам'ятати, що антисептики отруйні, небезпечні для життя людей та тварин. Дерев'яні опори найчастіше просочують креозотом, кам'яновугільним лаком, сумішами «триоліт, «доноліт» або пастами, що містять фтористий натрій. Працювати з антисептиками можуть тільки особи, які пройшли спеціальне навчання і допущені до роботи лікарем. Вони повинні одягти брезентовий костюм, шкіряні чоботи або черевики та брезентові рукавиці.

Перед початком роботи на свіже просочених опорах відкриті частині тіла змащують маззю ХИОТ-6, а після

закінчення знімають спецодяг, змащені частини тіла витирають сухою ганчіркою і приймають гарячий душ. У жарку погоду рекомендується працювати вранці або ввечері, коли спаде спека, бо на спітніле тіло сильніше діє антисептик.

Для надання першої допомоги потерпілим від ураження антисептиками на місці робіт повинна бути аптечка. При сильному ураженні тіла потерпілого кладуть у затінку, до уражених місць прикладають примочки розчину борної кислоти. Якщо є ознаки отруєння, потерпілого терміново відправляють до лікарні.

5.2 Безпечне виконання робіт із спорудження⁵³ та експлуатації⁵⁴ ліній електропередавання, виконаних самоутримними ізольованими проводами(СП)

Монтаж СП рекомендується виконувати на анкерній ділянці довжиною не більше ніж 0,8 км у світлу пору доби.

Перед виконанням монтажу СП повинні бути закінчені такі роботи:

- встановлення опор з металоконструкціями;
- спорудження контурів повторних та грозозахисних заземлень та приєднання їх до нижніх випусків опор в місцях, призначених проектом;
- улаштування пристроїв захисту інженерних споруд на переходах;
- знесення будівель, які заважають будівництву (передбачене проектом);
- розчищена траси лінії від дерев та насаджень, які заважають монтажу СП;
- доставлення барабанів з СП, арматури та інших матеріалів, необхідних для проведення монтажу СП.

⁵³ГКД 34.20.260-2002. Інструкція з монтажу повітряних ліній електропередачі напругою до 1 кв з самоутримними ізольованими проводами

⁵⁴ГКД 34.20.662-2002. Інструкція з експлуатації повітряних ліній електропередачі напругою до 1 кв з самоутримними ізольованими проводами

Монтаж СІП дозволяється виконувати за таких граничних атмосферних умов:

- температура повітря не нижче зазначеної в сертифікаті СІП;
- швидкість вітру – не більше 10 м/с;
- відсутність грози;
- відсутність на опорах інею, ожеледі;
- незначні опади (мряка);

При сильному дощі, густому тумані, снігопаді роботу не починають, але почату операцію допускається завершити.

Роботи з монтажу СІП виконуються спеціалізованою бригадою в складі виконавця робіт (бригадира) та електролінійників відповідних розрядів. Бригада повинна бути забезпечена:

- необхідним інструментом та пристроями для виконання робіт;
- засобами зв'язку з диспетчером;
- будівельними касками;
- запобіжними поясами;
- монтерськими лазами;
- брезентовими рукавицями;
- індивідуальною аптечкою;
- бачком з питною водою і чашкою;

При виконанні робіт в охоронній зоні лінії електропередавання, виконаної самоутримними ізольованими проводами (ПЛІ), що знаходиться під напругою, бригада додатково повинна бути забезпечена переносним заземлювальним пристроєм, діелектричними рукавицями, діелектричним взуттям та захисними окулярами.

Розкочування СІП по трасі лінії виконується ланкою бригади в складі:

- електролінійник 5 розряду (бригадир) – 1 чол.;
- електролінійник 3 розряду – 2 чол.;
- електролінійник 2 розряду – 2 чол.

Роботи із з'єднання будівельних довжин СІП виконуються ланкою бригади в складі:

- електролінійник 5 розряду (бригадир) – 1 чол.;

- електролінійник 3 розряду – 1 чол.;
- електролінійник 2 розряду – 1 чол.

Роботи з натягування, візування і закріплення СІП в анкерному прогоні виконує ланка робітників в складі:

- електролінійник 5 розряду (бригадир) – 1 чол.;
- електролінійник 4 розряду – 1 чол.;
- електролінійник 3 розряду - 2 чол.;
- машиніст трактора 5 розряду – 1 чол.

Роботи з натягування СІП можуть виконуватись із застосуванням колісного трактора (автомобіля) або лебідки з ручним приводом.

Натягування СІП контролюється динамометром або за допомогою візирних рейок. Величина натягу СІП та стріли прогину встановлюються проектною документацією.

Монтаж відгалужень СІП від лінії електропередавання до введів в будівлі (споруди) виконується ланкою бригади в складі:

- електролінійник 4 розряду – 1 чол.;
- електролінійник 3 розряду – 1 чол.

В місцях, передбачених проектом, на лінії електропередавання, виконаній із застосуванням СІП, може встановлюватись таке обладнання:

- ліхтарі вуличного освітлення;
- кабельні муфти;
- щоглові рубильники з запобіжниками;
- ящики для секціонування лінії;
- ящики для підключення мобільних механізмів.

Обладнання встановлюється згідно з кресленнями проекту опор після натягування і закріплення СІП на анкерній ділянці.

Роботи виконуються ланкою бригади в складі:

- електролінійник 4 розряду – 1 чол.;
- електролінійник 3 розряду – 1 чол.

В частині організаційних та технічних заходів, що забезпечують безпечні умови праці при експлуатації ПЛП 0,38 кВ, необхідно в повному обсязі виконувати заходи, передбачені відповідними

розділами ДНАОП 1.1.10-1.01-97⁵⁵, а при виконанні робіт під напругою – «Инструкцией по работам под напряжением на линиях электропередачи напряжением 0,38 кВ Минэнерго УССР». НПАОП 40.1-1.07-01⁵⁶.

В процесі експлуатації роботи на ПЛІ можуть проводитись без відключення лінії (під напругою) або з відключенням.

Під напругою можуть виконуватись наступні роботи:

- заміна з'єднувальних, відгалужувальних і натяжних затискачів;
- приєднання і від'єднання відгалужень до вводів в будівлі і споруди;
- ремонт ізоляції окремих жил СШ.

З відключенням ПЛІ повинні виконуватись наступні роботи:

- заміна опор і їх елементів, підтримуючої та іншої арматури кріплення самоутримних ізольованих проводів;
- перетягування СШ;
- заміна джгута СШ в цілому;
- роботи із роз'єднання і з'єднання однієї або кількох жил на лініях, що проходять у вибухо- та пожежонебезпечних зонах (поблизу складів паливомастильних матеріалів, мазутосховищ, бензоколонок, газорозподільних станцій тощо).

У разі необхідності роботи з відключенням на окремій жилі СШ допускається виконувати відключення не всієї лінії, а тільки окремої жили СШ, на якій будуть виконуватись роботи. При цьому жила СШ відключається і заземлюється з обох боків, звідки може бути подана напруга, та в місці проведення робіт.

Відключена жила виявляється за маркуванням на її ізоляції. Встановлення заземлення виконується в такій послідовності: спочатку заземлювальний провідник приєднується до заземлювального пристрою, на фазній жилі встановлюється відгалужувальний затискач, покажчиком напруги на затискачі перевіряється

⁵⁵ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено Наказ Держнаглядохоронпраці від 09.01.98 № 4. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10.02.98 за № 93/2533.

⁵⁶НПАОП 40.1-1.07-01 ДНАОП 1.1.10-1.07-01. Правила експлуатації електрозахисних засобів. ЗАТВЕРДЖЕНО наказ Міністерства праці та соціальної політики України 05.06.2001 р. № 253

відсутність напруги, закріплюється вільний кінець заземлювального провідника. Робота виконується в діелектричних рукавицях.

При виконанні робіт на фазних жилах під напругою необхідно в зоні робіт, застосовуючи ізоляційні накладки і ковпаки, ізолювати нульову жилу (якщо вона не ізольована) та металеву арматуру.

Бригада, що виконує роботи на ПЛІ, повинна бути укомплектована:

- засобами індивідуального захисту;
- інвентарними переносними заземлювальними пристроями;
- слюсарно-монтажним інструментом з ізоляційними рукоятками;
- спеціальними технологічними засобами – пристроєм для натягування СП, пристроями і лебідкою для розкочування проводу;
- монтажними клинами з ізоляційного матеріалу;
- ножем для знімання ізоляції;
- набором інструментів для монтажу затискачів та ін.;
- засобами зв'язку з диспетчером.

При виконанні робіт з ремонту ПЛІ під напругою мають вживатися додаткові заходи безпеки.

Роботи на ПЛІ під напругою дозволяється виконувати за таких атмосферних умов:

- температура повітря – від мінус 20 °С до плюс 40 °С,
- швидкість вітру – не більше за 10 м/с,
- відсутність грози,
- відсутність інею, ожеледі на опорах (якщо роботи виконуються підняттям на опори).

Залежно від вологості повітря і опадів можливість проведення робіт встановлюється таким чином:

- при незначних опадах (мряка) роботу можна розпочинати і виконувати до кінця;
- при сильному дощі, густому тумані, снігопаді роботу не починають, але почату операцію можна завершити.

Особи, що організовують і виконують роботи під напругою, повинні пройти курс навчання і мати в посвідченні відмітки про

перевірку знань вимог: охорони праці, технології виконання робіт, пожежної безпеки та ДНАОП при виконанні спеціальних видів робіт.

Бригада, що виконує роботи під напругою, повинна складатись не менше ніж з двох осіб: виконавець робіт, що має допуск до верхолозних робіт, і члена бригади – верховий електрик. Низовий електрик допускається до роботи в бригаді, яка складається з трьох осіб – виконавець робіт, верховий електрик і низовий електрик.

Наряд на виконання робіт під напругою видається для кожної ділянки окремо. Допускається видавати один наряд на декілька ПЛІ з почерговим оформленням допуску в наряді на кожному робочому місці.

Особи, що виконують роботи під напругою, повинні мати і застосовувати:

- захисні каски – всі члени бригади;
- захисні окуляри, запобіжний пояс, діелектричні і брезентові рукавиці для їх захисту, діелектричне взуття - виконавець робіт і верховий електрик;
- діелектричне взуття – низовий електрик.

Робота під напругою повинна бути припинена в таких випадках:

- відключення лінії із-за помилки, допущеної бригадою при виконанні робіт;
- виявлення несправності технічних засобів, що застосовуються в роботі;
- виявлення дефектів на лінії, що порушують технологію виконання робіт, або інших обставин, які загрожують безпеці членів бригади.

З виконанням окремих видів робіт пов'язані відповідні заходи безпеки:

- при необхідності встановлення з'єднувальних затискачів на декількох фазних жилах в одному джгуті, щоб запобігти виникненню міжфазного короткого замикання, роботу на наступній фазі починають тільки після закінчення на робіт на попередній фазі;
- при виконанні робіт на фазних жилах повинна бути дотримана відстань між жилою, на якій виконуються роботи, і іншими

жилами СП; для цього необхідно використовувати ізолюючі клини - розпірки“;

– при виконанні робіт, пов'язаних з розривом кола струму, місце розриву повинно бути заздалегідь зашунтоване ізольованим проводом із застосуванням затискачів, що забезпечує проколювання ізоляції, а при роботах на відключеній ПЛІ – встановленням переносних захисних заземлень з обох кінців від місця розриву;

– при застосуванні шунтуючої перемички вона повинна забезпечувати проходження струму на протязі всієї операції, а її розміри не заважали виконанню операції роз'єднання (з'єднання). До розмикання шунтуючої перемички необхідно впевнитись у відновленні кола, що було зашунтоване;

– приєднання відгалужень до ПЛІ і від'єднання їх необхідно виконувати з відключенням навантаження на цьому відгалуженні. Для приєднання спочатку встановлюються відгалужувальні затискачі на фазних жилах магістралі, а потім в затискачі вводяться жили відгалуження; від'єднання проводиться з дотриманням зворотної послідовності операцій. Роботи виконуються із застосуванням діелектричних рукавиць і взуття. При неможливості попереднього відключення навантаження на відгалуженні роботи з його приєднання до магістралі і від'єднання від неї необхідно виконувати лише з відключенням напруги на всій лінії.

Відстань між СП на ПЛІ 0,38 кВ, яка знаходиться під напругою, і робочими частинами механізмів, що виконують роботи поблизу лінії, повинна бути такою, щоб запобігати можливості дотику механізмів до жил СП і пошкодження їх ізоляції.

Відстань від електромонтера, який виконує роботи на ПЛІ 0,38 кВ, до ізольованих жил СП і арматури не нормується.

Забезпечення безпеки працюючого поблизу неізольованого елемента ПЛІ 0,38 кВ, що знаходиться під напругою, можливе або дотриманням відстані не менше 60 см між тілом працюючого і цим елементом, чи тимчасовою ізоляцією їх за допомогою ізолювальних накладок і ковпаків або застосуванням при виконанні робіт діелектричних рукавиць та інструменту з ізольованими рукоятками.

Зняття ізоляції з елементів ПЛЛ, що знаходяться під напругою, може виконуватись лише на час, необхідний для виконання операції на чітко визначеній ділянці, що визначається технологічною картою та конструкцією елемента.

Роз'єднання нульової жили в джгуті допускається тільки після роз'єднання всіх фазних жил цього джгута СП.

За необхідності розділення декількох фазних жил джгута СП кінці жил повинні бути ізольовані за допомогою ізолювальних ковпачків.

Приєднання до нульової жили СП повинно виконуватись раніше приєднання до фазних жил.

5.3 Монтаж кабельних ліній електропередавання

Поза приміщеннями кабелі прокладають у землі (траншеях) або тунелях, а в середині приміщень – у каналах, прокладених у підлозі, вздовж стін або на спеціальних опорах, кронштейнах.

Глибина прокладання кабельних ліній у землі становить 0,7 м при напрузі до 35 кВ, а при перетині вулиць і площі – 1 м. Для захисту кабеля від механічних пошкоджень зверху по всій довжині укладають цеглу в один шар впоперек траси кабеля. Кабелі повинні мати броню і джгутове, просочене асфальтом, обплетення.

Між кабелем і трубопроводами необхідно витримувати відстань не менш як 0,5 м, а при менших відстанях, але не менше 0,25 м, протягом усього зближення кабель прокладають у трубах.

Кабелі без броні прокладають у виробничих приміщеннях відкрито на висоті не менше 2 м. Якщо він розміщений на меншій висоті, його захищають від механічних пошкоджень кутниковою сталлю, трубами тощо. Броню, оболонки і корпуси з'єднувальних муфт кабелів заземлюють. Відстань між кабелями напругою до 1000 В повинна бути не менш як 35 мм, між кабелем і трубопроводами – 0,5 м. При горизонтальному прокладанні силових кабелів відстань між точками кріплення має бути не більше 1, при вертикальному – 2 м.

Копати траншеї для прокладання кабелів біля траси діючих кабелів можна тільки з дозволу організації, що їх експлуатує. Починаючи з глибини 0,4 м, копають тільки лопатою. Землерийні машини застосовують не ближче як на 1 м у бік від траси кабеля.

При копанні траншеї вручну відвалювати пласти ґрунту підкопуванням забороняється. Усі роботи виконують у брезентових рукавицях для захисту від свинцю, бризок мастики, скалок.

Для навантажування і розвантажування барабанів з кабелем застосовують спеціальні механізми та пристрої. Розвантажувати барабани з кабелем скиданням їх із автомобіля категорично забороняється.

Барабани з кабелем до початку монтажу оглядають, витягують або загинають цвяхи. Якщо барабани з кабелем треба перекотити від місця розвантажування на домкратах, то зовнішній кінець кабеля закріплюють. Розмотувати кабель з барабанів дозволяється за наявності гальмівного пристрою, встановленого на рамі одного з домкратів.

Здебільшого кабель розмотують за допомогою лебідки, розміщеної на протилежному кінці траси. Для полегшення роботи і охорони кабеля від пошкоджень на трасі встановлюють спеціальні ролики, а на всіх поворотах – кутові ролики.

Кількість працівників під час розмотування кабеля вручну повинна бути такою, щоб на кожного з них припадало не більше 35 кг кабеля. Якщо робітників мало, кабель розмотують петлями, щоб навантаження на кожного робітника не перевищувало допустиме. Перед укладанням кабеля з траншеї видаляють усі предмети, які заважають роботі. Працівники розміщуються з одного боку від кабеля, уважно слухають і точно виконують команди виконавця робіт.

При прокладанні кабелю взимку для запобігання розриву оболонки та ізоляції, його попередньо прогрівають електричним струмом напругою не вище 220 В. Металеві оболонки і броню цього кабелю та корпуси застосовуваних для прогрівання зварювальних трансформаторів заземлюють.

При роботі з кабельною масою треба бути обережним: вона, розбризкуючись, може спричинити опіки.

Кабельну масу для заливання муфт розігрівають до температури 120 – 130 °С у спеціальній металевій каструлі з кришкою і носиком. Перемішують її металевим прутиком, а нагар з поверхні розплавленого припою знімають нагрітою металевією ложкою, щоб запобігти розбризкуванню гарячої маси і припою. Посуд з розігрітою гарячою масою або припоєм передавати безпосередньо з рук в руки забороняється, його треба ставити на землю. Всі роботи з розігрітою масою потрібно виконувати у брезентових рукавицях та захисних окулярах.

При виконанні монтажних робіт використовують паяльні лампи. Їх резервуар наповнюють передбаченим для неї паливом не більш як на 3/4 його місткості. Забороняється нагнітати в лампу повітря понадміру, щоб запобігти вибуху. Наливну пробку загвинчують не менш як на чотири нитки. Не можна випускати повітря доти, пока лампа не погасне, а її пальник не охолоне.

5.4 Монтаж силових електроустановок

Перед початком робіт з працівниками проводять інструктаж на робочому місці, перевіряють справність інструментів, механізмів та пристроїв, звертаючи особливу увагу на цілісність канатів, справність гальм та строки дії періодичних випробувань підйомних механізмів.

Переміщати електричні машини і апарати масою до 300 кг дозволяється найпростішими пристроями (котки, ломики, дошки), а понад 300 кг – тільки лебідками, таями, кранами, автотранспортом.

Котки повинні бути рівними і міцними, а їх кінці мати виступи з-під щита або полозків, на яких встановлена машина, не більш як на 0,5 м. Підводять котки під основу електричних машин і переміщують машини на котках ломками. Брати руками коток для перекладання раніше, ніж його звільнять від вантажу, не можна. Забороняється стояти на шляху переміщення машини, збоку у вузькому проході та між кінцями котків, які виступають.

При переміщенні електричних машин по похилій площині застосовують гальмівні лебідки й розтяжки, які б перешкоджали перекиданню машини. Чистити і промивати частини машини спиртом, не етильованим бензином і гасом необхідно у приміщенні, що добре вентилується. Ганчірки та паклю збирають і закривають у металевих ящиках з кришкою.

Перед встановленням електричних машин та апаратів перевіряють міцність фундаментів та конструкцій. Машини масою понад 20 кг встановлюють не менш як два працівники. Після встановлення машини відразу ж закріплюють. Для з'єднання напівмуфт або інших деталей використовують ломики, відрізки круглої сталі тощо. Не можна підтримувати вручну конструкції, що зварюють, масою понад 10 кг, їх закріплюють струбцинами.

Перед пробним пуском машин і механізмів перевіряють кріплення фундаментних болтів і складових частин обладнання, наявність заземлення огорож рухомих частин, відсутність сторонніх предметів всередині.

З моменту приєднання силового кабелю до затискачів електричної машини вона стає діючою і тому всі роботи з перевірки та налагодження потрібно виконувати відповідно до правил техніки безпеки під час експлуатації електроустановок. Якщо під час випробування виявилось, що необхідно усунути якісь дефекти, електроустановку потрібно не просто вимкнути і заземлити, а й зробити недіючою шляхом демонтажу шин чи від'єднання кабелю.

5.5 Монтаж електропроводок і освітлювальних електроустановок

Монтаж електропроводок і освітлювальних установок виконують у два етапи: підготовчо-заготівельні і безпосередньо монтажні роботи. Підготовчі роботи включають ознайомлення з проектом, місцем проведення робіт, перевірку наявності необхідного обладнання, одержання інструменту, матеріалів,

підготовку робочого місця. Всі монтажні роботи виконують при вимкнутій напрузі.

Електропроводка повинна відповідати своєму призначенню, умовам експлуатації, навколишньому середовищу, напрузі мережі, а площа поперечного перерізу проводів – допустимій силі струму за умовами нагрівання та механічної міцності.

Електропроводки і освітлювальні установки на висоті понад 1,5 м монтують з риштувань, підмостків з огорожею або приставних драбин чи драбин-стрем'янок. Забороняється користуватися драбинами, збитими цвяхами, у яких не врізані щаблі і не затягнуті болтами тятиви, без гострих металевих шипів (на м'яких підлогах) і гумових наконечників (на твердих), а також працювати з двох верхніх приступок. Необхідно контролювати справність приставних драбин і стрем'янок, оглядаючи їх один раз у місяць і випробовуючи вантажем масою 120 кг один раз на рік.

Не можна працювати з драбин біля працюючих машин і верстатів, струмоведучих частин, які перебувають під напругою, а також із застосуванням ручних електричних машин і пневматичних інструментів.

Пробиваючи отвори у стінах та перекриттях, треба застосовувати захисні окуляри і бавовняні рукавиці. Якщо правила безпеки вимагають застосування діелектричних рукавиць, то їх обов'язково надівають. При наскрізному пробиванні отворів вручну довжина трубчастих шлямбурів повинна не менш як на 200 мм перевищувати товщину стіни, яку пробивають.

При використанні ручних електричних машин або пневматичного інструменту кабелі та шланги в місцях проходів прокладають під дошками чи настилами або піднімають над проходами на висоту 3 м. Якщо монтаж виконують з риштувань або на висоті проводу, шланги і кабелі закріплюють по всій довжині, залишаючи для роботи кінець довжиною 2,5 м. Працюючи разом з електрозварювальником, надівають захисну маску.

При протягуванні силових кабелів або пучка проводів в трубу вживають заходів, щоб в неї не потрапили руки. Відстань від входу пучка або кабелю в отвір труби до крайнього положення рук повинна бути не меншою 0,3 м.

Перед встановленням групових щитків і апаратів керування та захисту перевіряють надійність конструкцій, на яких їх будуть монтувати. Кріпильні конструкції для підвісних світильників масою до 10 кг випробовують вантажем п'ятикратної маси протягом 10 хв, а більше 10 кг – двократної маси плюс 80 кг протягом 1 год (конструкція не повинна мати залишкової деформації).

Очищають проводи від ізоляції на дерев'яній підставці, оголені струмовідні жили скручують плоскогубцями. З'єднують і відгалужують проводи, прокладені у трубах чи металевих рукавах в з'єднувальних і відгалужувальних коробках. У місцях виходу проводів з труб і рукавів встановлюють гумові трубки або втулки, щоб захистити їх від пошкоджень. При схованому прокладанні в місцях з'єднання, у відгалужувальних коробках та місцях приєднання до світильників, вимикачів і штепсельних роз'єднань проводи повинні мати запас довжини не менше 50 мм.

5.6 Пусконаладжувальні роботи

До виконання пусконаладжувальних робіт допускаються особи, які пройшли спеціальну підготовку в пусконаладжувальних організаціях за спеціальною програмою, досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд, мають кваліфікаційну групу з електробезпеки та освоїли методику проведення пусконаладжувальних робіт.

Керівник налагоджувальних робіт на об'єкті проводить інструктаж на робочому місці, де чітко формулює завдання, визначає умови виконання робіт, знайомить членів бригади з кресленням, схемами та розміщенням апаратів і обладнання, встановлює порядок подання напруги для виконання налагоджувальних робіт і випробування схем. Керівник

налагоджувальних робіт повинен вимагати від замовника виконання організаційних і технічних заходів техніки безпеки. Налагоджувальному персоналу виконувати ці роботи чи брати участь у них категорично забороняється.

Налагоджувальні роботи, пов'язані з поданням напруги, виконують не менше двох осіб, одна з них повинна мати кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче IV в електроустановках напругою понад 1000 В і не нижче III – до 1000 В. Персонал пусконаладжувальних ділянок забезпечують захисними засобами – діелектричними рукавицями, калошами, індикаторами напруги та інструментом з ізолюючими рукоятками. Не можна користуватися захисними засобами, які не пройшли випробувань, і тими, строк випробування яких минув.

Тимчасові схеми, які збирають біля налагоджувального обладнання для вимірювання електричних параметрів та інших цілей, виконують на міцних столах, площа яких дозволяє зручно й вільно розмістити прилади та апарати. Столи не повинні мати металевої поверхні. Тимчасові живильні лінії виконують відкрито проводом відповідної площі поперечного перерізу з ізоляцією, що має достатню механічну і електричну міцність. Живляться тимчасові схеми через закритий рубильник або автоматичний вимикач з відповідним захистом.

Випробування електричних схем з поданням напруги на силове електрообладнання дозволяється тільки після перевірки взаємодії апаратів і приладів у схемах вторинного кола оперативним струмом. Попередньо перевіряють наявність заземлення корпусів електрообладнання. Допускається тимчасове подання напруги на щити станції керування і силове обладнання для проведення налагоджувальних робіт тільки при умові, що на даних електроустановках введений експлуатаційний режим.

Налагоджувальному персоналу категорично заборонено тимчасово експлуатувати електроустановки. Всі налагоджувальні роботи, пов'язані з вимірюванням переносними приладами, струмовимірювальними кліщами, мегомметром тощо, в

установках, де введений експлуатаційний режим, виконують дві особи, одна з яких має кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче IV^{-і}.

В електроустановках напругою 380 В і нижче можна проводити пусконаладжувальні роботи без вимикання напруги, якщо за умовами технології виробництва її не можна вимкнути. Роботи під напругою виконують в діелектричних рукавицях, калошах і обов'язково в присутності особи, з кваліфікаційною групою з електробезпеки не нижче IV.

Заземлювальний пристрій нейтралі трансформатора споживчої трансформаторної підстанції повинен задовільняти вимоги до опору заземлювального пристрою мережі напругою понад 1000 В, яка працює з ізольованою нейтраллю, та мережі напругою до 1000 В, що працює з глухозаземленою нейтраллю.

Допустимий опір заземлювального пристрою для мережі напругою до 1000 В залежить від номінальної напруги і питомого опору ґрунту (див. табл. 5.1). Він складається з опору штучних $R_{ш}$ та природних заземлювачів $R_{п}$, а також загального опору заземлень повітряних ліній $R_{заг}$, які відходять від підстанції, тобто:

$$\frac{1}{R_{д}} = \frac{1}{R_{ш}} + \frac{1}{R_{п}} + \frac{1}{R_{заг}}. \quad (5.1)$$

Опір штучного заземлювача:

$$\frac{1}{R_{ш}} = \frac{1}{R_{д}} - \left(\frac{1}{R_{п}} + \frac{1}{R_{заг}} \right). \quad (5.2)$$

Для визначення загального опору заземлень повітряних ліній $R_{заг}$ на розрахунковій схемі повітряних ліній мережі напругою до 1000 В розміщують заземлення за умовами блискавкозахисту та повторні заземлення нульового проводу.

Опір природних заземлювачів визначають за однією з наведених у табл. 5.2 формул.

Значення опору розтіканню струму природних заземлювачів при $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ наведені у табл. 5.3.

Таблиця 5.2 – Значення опору розтікання струму природних заземлювачів при $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$

| Тип заземлювача | Опір, Ом |
|--|------------|
| Свинцева оболонка кабеля, що знаходиться на глибині 0,7 м (у літню пору) | 1,5 – 2 |
| Водопровідні сталеві труби в землі | 0,25 – 0,5 |
| Бурові труби артезіанських свердловин | 0,2 |

Примітка. Якщо питомий опір ґрунту ρ відрізняється від 100 Ом·м, то вказане у таблиці значення потрібно помножити на $\rho/100$.

Якщо еквівалентний опір $R_e = \frac{R_n R_3}{R_n + R_3}$ менше допустимого R_n , то опір штучного заземлювача міг би бути нескінченно великим, тому що R_e вже задовольняє вимогам ПУЕ-2006. Згідно з ПУЕ штучний заземлювач повинен бути обов'язково і його опір може мати максимально допустиме значення (див. табл. 5.2).

При $R_e > R_d$ штучний опір визначають за формулою:

$$R_{ш} = \frac{R_e R_d}{R_e - R_d}. \quad (5.3)$$

Оскільки заземлювальний пристрій на підстанції використовують і для заземлення електрообладнання напругою понад 1000 В, то його опір повинен задовольняти і цим вимогам, тобто:

$$R'_d = \frac{125}{I_n} \leq 10 \text{ Ом}. \quad (5.4)$$

Враховуючи, що R'_d складається з опору штучних $R'_{ш}$ та природних заземлювачів $R'_n = R_n$, можна визначити опір штучного заземлювача:

$$\frac{1}{R'_{ш}} = \frac{1}{R'_d} - \frac{1}{R_n}. \quad (5.5)$$

Порівнюючи $R_{ш}$ та $R'_{ш}$, для розрахунків приймають менший опір.

При розрахунку опору штучного заземлювача знаходять опір одиночного заземлювача залежно від його типу за формулами

(див. табл. 5.3). Потім визначають його конфігурацію з урахуванням можливості розміщення на відведеній території.

Кількість паралельно з'єднаних заземлювачів визначають за формулою:

$$n = \frac{R_0}{R_d \cdot \eta_B}, \quad (5.6)$$

де η_e — коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, що враховує їх взаємне екранування (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Коефіцієнт використання η_e заземлювачів з труб або кутникової сталі без врахування впливу з'єднувальної штаби

| Відношення відстані між заземлювачами до їх довжини | Розміщення заземлювачів у ряду | | Розміщення заземлювачів по контуру | |
|---|--------------------------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | кількість заземлювачів | η_e | кількість заземлювачів | η_e |
| 1 | 2 | 0,84 – 0,87 | 4 | 0,66 – 0,72 |
| | 3 | 0,76 – 0,8 | 6 | 0,58 – 0,62 |
| | 5 | 0,67 – 0,72 | 10 | 0,52 – 0,58 |
| | 10 | 0,56 – 0,62 | 20 | 0,44 – 0,50 |
| | 15 | 0,51 – 0,56 | 40 | 0,38 – 0,44 |
| | 20 | 0,47 – 0,5 | 60 | 0,36 – 0,42 |
| 2 | 2 | 0,9 – 0,92 | 4 | 0,76 – 0,8 |
| | 3 | 0,85 – 0,88 | 6 | 0,71 – 0,75 |
| | 5 | 0,79 – 0,83 | 10 | 0,66 – 0,71 |
| | 10 | 0,72 – 0,77 | 20 | 0,61 – 0,66 |
| | 15 | 0,66 – 0,75 | 40 | 0,55 – 0,61 |
| | 20 | 0,65 – 0,7 | 60 | 0,52 – 0,58 |
| 3 | 2 | 0,93 – 0,95 | 4 | 0,84 – 0,86 |
| | 3 | 0,90 – 0,92 | 6 | 0,78 – 0,82 |
| | 5 | 0,85 – 0,88 | 10 | 0,74 – 0,75 |
| | 10 | 0,79 – 0,83 | 20 | 0,68 – 0,73 |
| | 15 | 0,76 – 0,80 | 40 | 0,64 – 0,69 |
| | 20 | 0,74 – 0,79 | 60 | 0,62 – 0,67 |

Для з'єднання вертикальних електродів застосовують горизонтальні електроди. Опір розтіканню струму горизонтальних штаб визначають за формулами (див. табл. 5.3). Тоді опір розтіканню струму штучних заземлювачів:

$$R_{uz} = \frac{R_0 \cdot R_{\Gamma}}{R_0 \cdot \eta_{\Gamma} + R_{\Gamma} \cdot \eta_0}, \quad (5.7)$$

де η_{Γ} — коефіцієнт використання з'єднувальних штаб з врахуванням вертикальних заземлювачів (табл. 5.5).

Контроль заземлювальних пристроїв. У процесі експлуатації може збільшитися опір розтіканню струму заземлювальних пристроїв або порушитись цілісність заземлювальних провідників. За таких обставин вони не можуть врятувати людей від ураження електричним струмом. Щоб виключити таку небезпеку, треба стежити за станом елементів захисного заземлення і періодично вимірювати опір заземлювального пристрою.

Згідно з ПУЕ опір заземлювальних пристроїв електроустановок та електричних ліній напругою до 1000 В перевіряють не менше одного разу на три роки, а на лініях напругою понад 1000 В один раз на шість років. Опір повторного заземлення нульового провода на вводі у будівлю вимірюють щороку.

Таблиця 5.5 – Коефіцієнт використання з'єднувальних штаб заземлювачів із кутникової сталі або труб

| Відношення відстані між заземлювачами до їх довжини | Кількість вертикальних стержнів | | | | | | |
|--|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 4 | 8 | 10 | 20 | 30 | 50 | 60 |
| При розміщенні з'єднувальних штаб у ряду заземлювачів | | | | | | | |
| 1 | 0,77 | 0,67 | 0,62 | 0,42 | 0,31 | 0,21 | 0,20 |
| 2 | 0,89 | 0,79 | 0,75 | 0,56 | 0,46 | 0,36 | 0,27 |
| 3 | 0,92 | 0,85 | 0,82 | 0,68 | 0,58 | 0,49 | 0,36 |
| При розміщенні з'єднувальних штаб у контурі заземлювачів | | | | | | | |
| 1 | 0,45 | 0,36 | 0,34 | 0,27 | 0,24 | 0,21 | 0,20 |
| 2 | 0,55 | 0,43 | 0,40 | 0,32 | 0,30 | 0,28 | 0,27 |
| 3 | 0,70 | 0,60 | 0,56 | 0,45 | 0,41 | 0,37 | 0,35 |

На кожен заземлювальний пристрій складають технічний паспорт, який включає схему заземлення, його технічні характеристики і дані результатів перевірки його стану.

Залежно від умов та допустимої похибки вимірювання опору розтіканню струму заземлювачів застосовують метод амперметра-вольтметра або спеціальні вимірювачі заземлень.

Метод амперметра-вольтметра (рис. 5.1) досить простий і при використанні вольтметра з великим внутрішнім опором є єдиною можливим при випробуванні заземлювачів з дуже малим опором (до 1 Ом). Джерелом струму є розподільники або знижувальний трансформатор потужністю 5 – 10 кВА. Допоміжний заземлювач і зонд встановлюють на такій відстані один від одного і від заземлювача, який перевіряють, щоб їх поля розтікання не накладались. Схеми розміщення електродів при вимірюванні опору заземлювачів приведені на рис. 5.2).

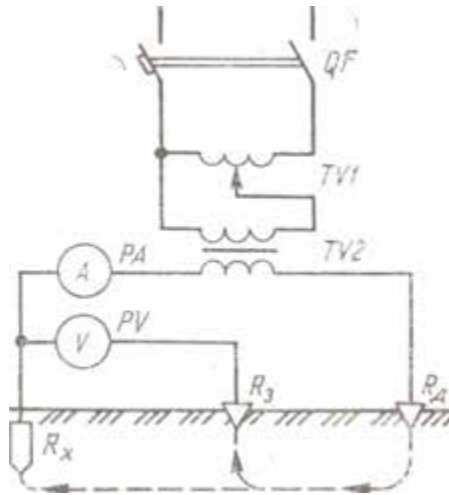


Рисунок 5.1 – Схема вимірювання опору заземлювача методом амперметра-вольтметра:

QF – автоматичний вимикач, $TV1$ – автотрансформатор; $TV2$ – знижувальний трансформатор; PA – амперметр; PV – вольтметр; R_x – заземлювач; R_d – допоміжний заземлювач

Допоміжний заземлювач і зонд – це сталі стержні діаметром не менше 5 мм. їх забивають у ґрунт на глибину 0,5 – 0,7 м. Частка від ділення показань вольтметра (В) і амперметра (А) становить шукану величину опору розтікання струму заземлювального пристрою (Ом):

$R_x = \frac{U}{I}$. Вимірювання проводять на змінному струмі, щоб уникнути неправильних результатів через явища поляризації вологи у заземлювачів і вплив блукаючих постійних струмів у землі.

Для вимірювання опору розтікання струму заземлювачів використовують також вимірники заземлень (М-416 та Ф-4103).

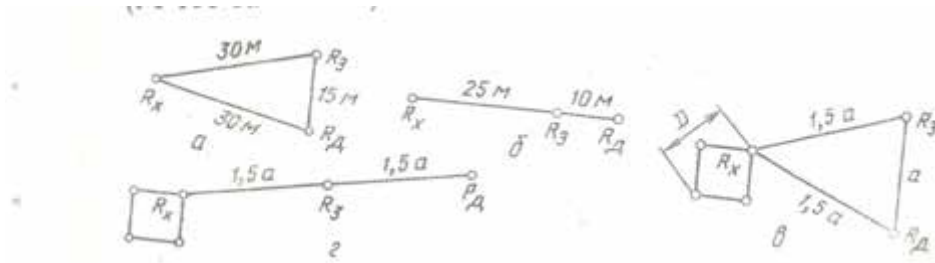


Рисунок 5.2 – Схема розміщення електродів при вимірюванні опору заземлювачів:

а і б – відповідно дво- і однопроменева схеми для одиночних заземлювачів; в і г – відповідно дво- і однопроменева схеми для складного заземлювача.

6 ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

6.1 Категорії робіт у діючих електроустановках

Діюча електроустановка – це електроустановка або її ділянка, які перебувають під напругою або на які напруга може бути подана вмиканням комутаційних апаратів, а також повітряна лінія (ПЛ), що розміщена в зоні дії наведеної напруги або має перетинання з діючою ПЛ.

Комплекс заходів з обслуговування діючих електроустановок – оперативні перемикання, монтажні, пусконалагоджувальні, ремонтні і випробувальні роботи виконує електротехнічний персонал, який має спеціальну підготовку і входить до складу енергетичної служби.

Експлуатація електроустановок забороняється, якщо на підприємстві немає електротехнічного персоналу, що відповідає вимогам ПТЕЕС⁵⁷.

Інший документ – ПБЕЕС⁵⁸ чітко встановлює категорії робіт, що виконуються в діючих електроустановках, з точки зору безпеки:

- з вмиканням напруги;
- без вмикання напруги на струмовідних частинах і поблизу них;
- без вмикання напруги віддалік від струмовідних частин, що перебувають під напругою.

Якщо роботи виконуються одночасно в установках напругою до і понад 1000 В, категорія робіт визначається стосовно установок напругою понад 1000 В.

⁵⁷Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС). Затверджено Наказ Міністерства палива та енергетики 25.07.2006 № 258 (у редакції наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості № 91 від 13.02.2012 та № 905 від 16.11.2012)

⁵⁸ДНАОП 0.00-1.21.98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено Наказ Держнаглядохоронпраці від 09.01.98 № 4. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10.02.98 за № 93/2533.

До категорії робіт, що виконуються з вимиканням напруги, належать роботи в електроустановці або її частині за умови, що з усіх струмовідних частин її вимкнена робоча напруга, а вхід в сусідню електроустановку, що знаходиться під напругою, замкнутий.

Роботи, що виконуються без вимикання напруги на струмовідних частинах і поблизу них, проводяться безпосередньо на цих частинах. Правила техніки безпеки встановлюють, що до таких робіт відносяться роботи в електроустановках напругою понад 1000 В, а також на повітряних лініях напругою до 1000 В при умові, що відстань до струмовідних частин не перевищує допустимих значень.

Роботи, що відносяться до даної категорії, виконують не менш як дві особи, при цьому виконавець робіт повинен мати кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче IV, а інші члени бригади – не нижче III. При виконанні цих робіт в електроустановках напругою понад 1000 В обов'язково застосовують засоби захисту, що забезпечують ізоляцію працюючих від струмовідних частин або землі.

В електроустановках напругою до 1000 В роботи без вимикання напруги на струмовідних частинах і поблизу них виконують за умови, що розміщені поблизу робочого місця і не пов'язані з виконанням робіт струмоведучі частини, що знаходяться під напругою, надійно огорожені для запобігання дотику до них; електротехнічний персонал взутий в діелектричні калоші або ж працює на ізолюючих підставках (діелектричних килимках); застосовується інструмент з ізолюючими рукоятками (у викрутках ізольований стержень) або звичайний інструмент, але тільки в діелектричних рукавицях.

Роботи, що виконуються без вимикання напруги віддалік від струмовідних частин, які перебувають під напругою, включають операції, при яких виключена можливість перебування працюючих, а також інструменту на відстані менше допустимої. При цьому для запобігання такому наближенню немає необхідності вживати заходів організаційного (нагляд тощо) або технічного (огороження) характеру.

Ізоляційні захисні засоби повинні бути справними, сухими, чистими і мати міцне лакове покриття. При користуванні ізолюючими штангами, покажчиками напруги, струмовимірjuвальними кліщами мінімальна відстань, на яку може наблизитись до струмовідних частин працівник, визначається довжиною їх ізолюючої частини.

Існують певні вимоги і щодо положення працівника по відношенню до неізольованих струмовідних частин (не можна, щоб вони знаходились ззаду чи збоку або відстань до них при випрямленні працівника, що перебуває у зігнутому положенні, була менше допустимої).

Особливо обережним треба бути, вносячи в електроустановку, де не всі струмоведучі частини, що знаходяться під напругою, огорожені, труби, драбини та інші довгі предмети.

Риштування та драбини повинні відповідати вимогам стандартів на них. Драбини, які встановлюють на рівній гладенькій поверхні, в основі повинні мати гумові наконечники, а на землі – гострі металеві шипи. Не можна використовувати металеві драбини, а також стояти на ящиках та інших предметах у той час, коли один працівник працює на драбині, інший знаходиться внизу.

Досить часто в діючих електроустановках персонал встановлює і знімає запобіжники. Напруга при цьому повинна бути вимкнута. Якщо ж на відгалуженнях, де знаходяться запобіжники, немає необхідних комутаційних апаратів, дозволяється знімати і встановлювати запобіжники під напругою, але без навантаження, застосовуючи при цьому електрозахисні засоби (ізолюючі кліщі (рис.6.1), діелектричні рукавиці, захисні окуляри).

Показання лічильників електроенергії та інших приладів, які встановлені в розподільних пристроях, може знімати:

– одна особа з оперативного персоналу з кваліфікаційною групою з електробезпеки не нижче II (за наявності двох чергових з числа постійного оперативного персоналу);

– одна особа з оперативного персоналу підприємства з групою не нижче III (якщо постійний оперативний персонал в електроустановці не передбачений);

– персонал інших організацій з групою не нижче II в супроводі особи з місцевого персоналу з групою не нижче III.

Персонал, який працює в електроустановках, повинен пам'ятати: після зникнення напруги в установці вона може з'явитися без попередження.

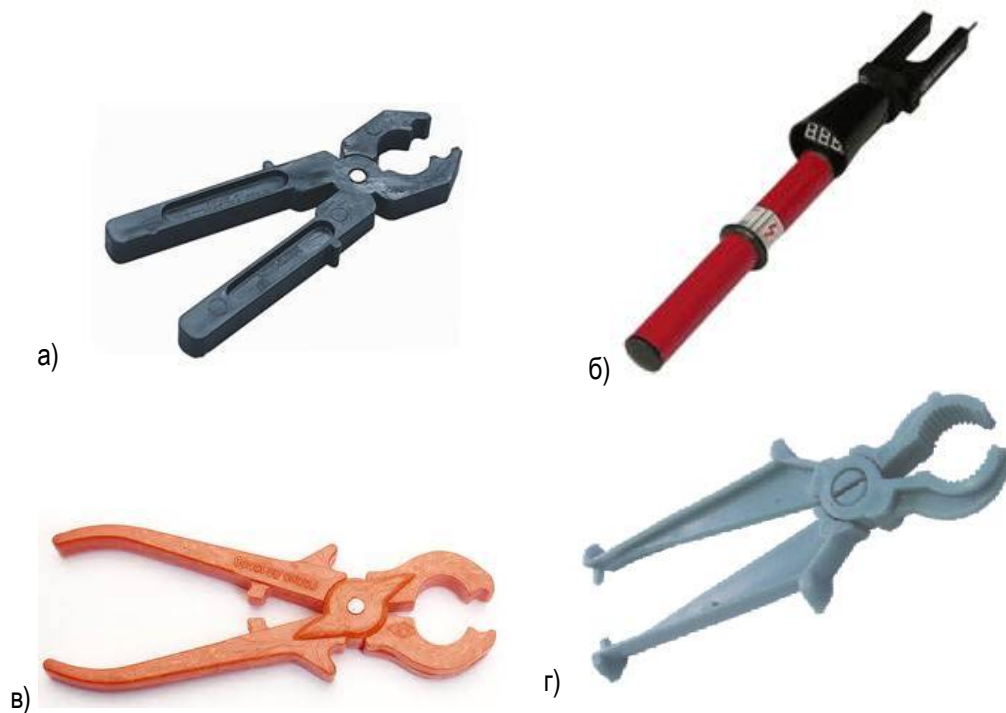


Рисунок 6.1 – Ізолюючі кліщі для знімання топких (плавких) запобіжників:

а) і б) КИ-1000; в) КВП-2; г) А141.00

6.2 Оперативне обслуговування та огляд електроустановок

Оперативне обслуговування електроустановок дозволяється здійснювати місцевому оперативному персоналу і закріпленому за конкретною електроустановкою персоналу, в тому числі з виїзним характером роботи.

Умовами допуску електротехнічного персоналу до оперативного обслуговування електроустановок є знання оперативних схем, посадових та експлуатаційних інструкцій, особливостей обладнання; обов'язкове навчання і перевірка знань відповідно до ПТЕЕС і ПБЕЕС. При цьому особи з оперативного персоналу, що обслуговують електроустановки одноособово, та старші в зміні повинні мати кваліфікаційні групи з електробезпеки не нижче IV в установках напругою понад 1000 В і III – до 1000 В.

Оперативне обслуговування виконують за затвердженим керівником електрогосподарства графіком з обов'язковим прийманням – здаванням зміни на початку і в кінці чергування.

Як правило, для оперативного персоналу розробляють спеціальні інструкції, що обумовлюють обсяг і порядок робіт при прийманні зміни.

Приймати зміну та здавати її під час ліквідації аварій, при виконанні перемикань і вимикань, забрудненому обладнанні, неприбраному робочому місці забороняється. Дозвіл на приймання зміни при несправному обладнанні може дати особа, відповідальна за дану електроустановку, що відмічається в оперативному журналі.

Особа оперативного персоналу під час свого чергування відповідає за правильне обслуговування і безаварійну роботу обладнання на дорученій йому ділянці.

Оперативний персонал повинен проводити обходи і огляди обладнання і виробничих приміщень на закріпленій за ним ділянці. Право проводити огляд одноособово надається особі з адміністративно-технічного персоналу з кваліфікаційною групою електробезпеки V в електроустановках напругою понад 1000 В і IV – до 1000 В або з оперативного персоналу, що обслуговує дану електроустановку.

При оглядах розподільних пристроїв та щитів напругою до 1000 В забороняється знімати встановлені попереджувальні плакати і огорожу, намагаючись проникнути за неї, доторкатися до струмовідних частин, обтирати і чистити їх, усувати виявлені несправності.

Одноособово дозволяється відкривати двері щитів, пультів, керування особам з оперативного персоналу, що обслуговують електродвигуни, генератори і електротехнічну частину технологічного обладнання.

Слід дотримуватись вимог електробезпеки при огляді електроустановок напругою понад 1000 В: оглядати камери розподільних пристроїв з порогу або перед бар'єром; не проникати за огорожу і виконувати там роботи.

Огляди, виявлення та усунення несправностей в електроустановках без постійного чергового персоналу здійснюють під час періодичних виїздів спеціального персоналу з записом результатів в оперативному журналі. Особа, відповідальна за електрогосподарство, може допустити до огляду електроустановки персонал, який обслуговує її, після необхідного інструктажу.

Двері приміщень, електроустановок мають бути постійно замкнуті, обов'язкова наявність запасних ключів. Не можна, щоб ключі від приміщень розподільних пристроїв підходили до замків чарунок та камер.

Ключі повинні бути в оперативного персоналу, там, де немає постійного оперативного персоналу, вони повинні знаходитися у старшої по зміні особи з оперативного персоналу на його робочому місці. Видають їх під розписку при оформленні допуску до роботи з обов'язковим поверненням щодня разом з нарядом.

6.3 Організаційні заходи безпечного виконання робіт в електроустановках

До організаційних заходів належать: оформлення робіт нарядом-допуском, розпорядженням або переліком робіт, що виконують при експлуатації, допуск до робіт, нагляд під час роботи; оформлення перерв у роботі, переходів на інше місце роботи та закінчення робіт.

Роботи в електроустановках виконують за нарядом, розпорядженням або в порядку поточної експлуатації.

Роботи за нарядом. Наряд – це завдання на безпечне виконання роботи, яке оформляється на спеціальному бланку встановленої форми і визначає зміст, місце роботи, час її початку та закінчення, умови проведення, склад бригади і осіб, відповідальних за техніку безпеки.

Наряд оформлюють на роботи, які виконують: без вимикання напруги, без вимикання напруги на струмовідних частинах і поблизу них, без вимикання напруги віддалік від струмовідних частин, що знаходяться під напругою.

Відповідають за техніку безпеки:

– особа, яка видає наряд або дає розпорядження (працівники електротехнічного персоналу, уповноважені на це розпорядженням відповідального за електрогосподарство підприємства з кваліфікаційною групою з електробезпеки не нижче V в електроустановках понад 1000 В і IV – до 1000 В). Вона встановлює необхідність та обсяг робіт і відповідає за безпечне їх виконання, достатність кваліфікації відповідного керівника, виконавця робіт або спостерігаючого;

– допускаючий – особа оперативного персоналу, яка стежить за правильністю виконання необхідних заходів безпеки та їх достатністю, правильністю допуску до роботи і має групу з електробезпеки не нижче IV при роботі в електроустановках напругою понад 1000 В і не нижче III – до 1000 В;

– відповідальний керівник - особа, яка відповідає за кількісний склад бригади і кваліфікацію її членів. Це – інженери, техніки та майстри з кваліфікаційною групою з електробезпеки V. При роботах за нарядом в електроустановках напругою до 1000 В, розпорядженням, а також з вимиканням напруги і без її вимикання віддалік від струмовідних частин відповідального керівника не призначають. Його функції виконує виконавець робіт;

– виконавець робіт стежить за правильністю підготовки робочого місця, виконанням необхідних для проведення робіт заходів безпеки, дотриманням правил ним самим та членами бригади і щоб встановлені на місці роботи огорожі, плакати та заземлення не знімали й не переставляли до закінчення роботи.

При виконанні робіт за нарядом в електроустановках напругою понад 1000 В це особа з групою з електробезпеки не нижче IV, а до 1000 В – не нижче III. Якщо роботу виконують за розпорядженням в усіх електроустановках, він повинен мати групу з електробезпеки не нижче III;

– спостерігаючого призначають для нагляду за членами бригади при виконанні робіт за нарядом або розпорядженням при вимкнутій напрузі чи без вимикання напруги на струмовідних частинах і поблизу них. Йому забороняється суміщати нагляд з виконанням будь-якої роботи і залишати бригаду без нагляду під час роботи. Це особи, що мають групу з електробезпеки не нижче III;

– члени бригади відповідають за дотримання ними особисто техніки безпеки при допуску і під час роботи.

Особа, відповідальна за електрогосподарство, складає список кандидатур на призначення відповідальними керівниками, виконавцями робіт і спостерігаючими.

Суміщати обов'язки двох осіб можна: особі, яка видає наряд, відповідальному керівникові, виконавцю робіт. При цьому група з електробезпеки повинна бути не нижче тієї, яка потрібна для осіб, обов'язки яких суміщаються.

Допустимі такі варіанти суміщення обов'язків:

– в установках напругою понад 1000 В без постійного обслуговуючого персоналу при роботах за нарядом – допускаючий і відповідальний керівник робіт (особи з оперативно-ремонтного персоналу);

– в установках напругою до 1000 В – виконавець робіт і член бригади, допускаючий і член бригади (необхідно оформляти записом в оперативному журналі).

Порядок видання і оформлення наряду регламентується такими вимогами:

– видають безпосередньо перед початком підготування робочого місця (видавати наряд напередодні проведення робіт заборонено);

– виписують у двох примірниках під копірку без виправлень;

– виписують у трьох примірниках, якщо його передає по телефону особа, що видає наряд, старшій особі з оперативного персоналу об'єкта або відповідальному керівнику. Один примірник заповнює особа, що видає наряд, а два той, що приймає його по телефону;

– виписують на одного виконавця робіт з однією бригадою. Виконавцю робіт видають тільки один наряд; на однотипні роботи виписують один загальний наряд для послідовного виконання їх на кількох приєднаннях;

– при розширенні робочого місця або зміні кількості працівників виписують новий наряд;

– бригада, яка працює за нарядом, повинна складатися не менш як з двох осіб: виконавця робіт та члена бригади. В бригаду на кожного її члена з групою електробезпеки III може бути включена одна особа з електротехнічного персоналу з групою I, але загальна кількість осіб з групою I не повинна перевищувати двох.

Допуску до роботи в електроустановках, яку виконують за нарядом, передують перевірка виконання технічних заходів з підготовки робочого місця та інструктаж бригади відповідальним керівником робіт.

Допуск бригади до роботи включає такі заходи:

– перевірку відповідності членів бригади та їх кваліфікації запису в наряді;

– чітке пояснення їм, звідки вимкнено напругу, де накладено переносне заземлення, які частини електроустановки знаходяться під напругою;

– показ відсутності напруги (в установках напругою 35 кВ і нижче, де заземлення не видно з місця роботи, спочатку покажчиком напруги, а потім безпосередньо доторканням рукою до струмовідних частин);

– передавання робочого місця виконавцю робіт з фіксуванням цього в обох бланках наряду і підписами допускаючого та виконавця робіт. Один примірник наряду видається виконавцю робіт.

Після оформлення допуску до роботи виконавець робіт або спостерігаючий здійснюють нагляд за бригадою, знаходячись як можна ближче до тієї ділянки робочого місця, де виконується найбільш відповідальна робота. Членів бригади, які залишаються на робочому місці при нетривалому відлученні одного або кількох членів бригади, повинно бути не менше двох, включаючи і виконавця робіт. Виконавець роботи в цей час не має права залишати робоче місце до повернення членів бригади.

Якщо необхідно відлучитись виконавцю робіт або спостерігаючому і його на цей час не може замінити відповідальний керівник, він повинен вивести бригаду з робочого місця.

Відповідальний керівник та оперативний персонал повинні періодично перевіряти виконання працюючими правил техніки безпеки. При виявленні порушень у виконавця робіт відбирають наряд і бригаду виводять з робочого місця. Після усунення виявлених порушень бригаду знову у загальному порядку допускають до роботи з оформленням допуску в наряді.

Якщо протягом робочого дня виникає потреба зробити перерву в роботі (на обід, за умовами виконання роботи), бригаду на цей час виводять з робочого місця. Наряд залишається у виконавця робіт. Плакати, огорожі та заземлення залишаються на місці. Жодний з членів бригади не має права прибути на робоче місце без виконавця роботи або спостерігаючого. Допуск бригади до роботи після перерви не проводять. Виконавець робіт сам вказує бригаді місце роботи. Після закінчення робочого дня робоче місце приводять в порядок, плакати, заземлення та огорожі залишають на місцях. Наступного дня до роботи можна приступити після огляду місця роботи і перевірки заходів безпеки допускаючим і виконавцем робіт.

Для виконання робіт в різних місцях одного й того ж електричного приєднання може бути виданий один наряд. При цьому всі робочі місця приєднання готують одночасно, а працівників допускають тільки на одне з робочих місць. Перехід

бригади на інше місце оформлює виконавець робіт відповідним записом у наряді.

Місце, на якому роботи повністю закінчені, прибирають і здають відповідальному керівнику, бригаду виводять, а в наряді роблять відмітку про закінчення робіт. Підписаний керівником робіт наряд здають оперативному персоналу або залишають в папці діючих нарядів.

Для того, щоб закрити наряд, оглядають обладнання і робочі місця, перевіряють відсутність людей, сторонніх предметів, інструменту; знімають заземлення, тимчасові огорожі та плакати; встановлюють постійні огорожі.

Обладнання вводять у роботу тільки після закриття наряду. Якщо на вимкненому приєднанні роботи проводили за кількома нарядами, то вмикати його можна тільки після закриття всіх нарядів.

Строк дії наряду – 5 календарних діб, строк зберігання нарядів, за якими роботи повністю закінчені, – 30 днів, після чого їх можна ліквідувати, крім тих, за якими при виконанні робіт були аварії і електротравми.

В електроустановках підстанцій та на кабельних лініях напругою понад 1000 В за нарядом виконують роботи: з вимиканням напруги; без вимикання напруги на струмовідних частинах і поблизу них; без вимикання напруги досить далеко від струмовідних частин; із застосуванням механізмів та вантажопідйомних машин.

В електроустановках підстанцій і кабельних лініях напругою 1000 В за нарядом виконують роботи на збірних шинах розподільних пристроїв, щитів, а також на їх приєднаннях (на тупикових приєднаннях достатньо розпорядження).

На повітряних лініях за нарядом проводять роботи: з вимиканням напруги; без вимикання напруги на струмовідних частинах і поблизу них; без вимикання напруги досить далеко від струмовідних частин, що знаходяться під напругою; з підніманням на висоту понад 3 м; розбиранням опори; підкопуванням опори на глибину понад 0,5 м; застосуванням механізмів, в тому числі вантажопідйомних в охоронній зоні;

роботи по розчищенню траси ліній, якщо можливе падіння на проводи вирубаних дерев, гілок, а також у тих випадках, коли робота пов'язана з небезпечним наближенням людей до проводів. Всі інші роботи на повітряних лініях можна виконувати за розпорядженням.

Роботи за розпорядженням та в порядку поточної експлуатації. Розпорядження – це завдання на виконання роботи, яке визначає її зміст, місце, час, заходи безпеки (якщо вони потрібні) і осіб, яким доручено її виконання. Воно має разовий характер, видається на виконання однієї роботи і діє протягом однієї зміни. Якщо необхідно повторити або продовжити роботи при зміні умов або складу бригади, розпорядження віддають знову і записують в оперативному журналі.

За розпорядженням можна виконувати роботи:

- без вимикання напруги віддалік від струмовідних частин, що знаходяться під напругою, протягом однієї зміни; непланові (за виробничою необхідністю) тривалістю до 1 год.;
- з вимиканням напруги в електроустановках напругою до 1000 В тривалістю не більше однієї зміни.

При виконанні цих робіт зберігається така ж номенклатура організаційних заходів, як і при роботах за нарядом.

До функцій особи, яка видає розпорядження, входить:

- призначення виконавця робіт (спостерігаючого);
- визначення можливості безпечного виконання робіт і необхідних технічних та організаційних заходів.

У оперативному журналі, куди записуються розпорядження (особа, яка його віддає, або оперативний персонал), зазначають:

- місце і зміст роботи, категорію роботи щодо заходів безпеки;
- перелік технічних і організаційних заходів;
- час виконання роботи, прізвища, ініціали, групи з електробезпеки виконавця робіт (спостерігаючого) і членів бригади. Забороняється в процесі роботи проводити зміни в складі бригади, яка працює за розпорядженням.

В електроустановках напругою до 1000 В за розпорядженням виконують роботи:

– з монтажу, перевірки, регулювання, демонтажу (для ремонту) і встановлення лічильників, вимірювальних приладів, пристроїв релейного захисту, автоматики, телемеханіки, на приводах і в колах керування комутаційних апаратів (у приміщеннях без струмовідних частин напругою понад 1000 В; в приміщеннях, де струмоведучі частини напругою понад 1000 В знаходяться за постійною огорожею; у коридорах закритих розподільних пристроїв; шафах релейного захисту, що розміщені за огорожею).

Ці роботи виконують не менш як дві особи (групи з електробезпеки IV і III) або одна (з ремонтного чи спеціалізованого персоналу з групою не нижче IV).

Роботи за розпорядженням протягом однієї зміни з вимиканням напруги в установках напругою до 1000 В проводять дві особи з групами з електробезпеки не нижче III і II. Це ремонт електромагнітних пускачів, кнопок керування, автоматичних вимикачів та іншої пускозахисної апаратури, встановленої поза щитами; окремих електродвигунів, калориферів тощо; окремо розміщених станцій, шаф, пультів керування; заміна запобіжників, ремонт освітлювальної проводки. Роботи виконує оперативно-ремонтний персонал при поточній експлуатації.

В порядку поточної експлуатації можуть виконуватись роботи:

- без вимикання напруги віддалік від струмовідних частин, що знаходяться під напругою;
- з вимиканням напруги в електроустановках напругою до 1000 В.

Обслуговування установок зовнішнього та внутрішнього освітлення, а також електроприймачів, підключених до групових ліній з апаратами захисту з номінальною силою струму до 20 А, на території підприємства, в складах, майстернях, службових та житлових приміщеннях тощо може проводитися спеціально закріпленими працівниками в порядку поточної експлуатації з повідомленням про місце, початок та закінчення робіт оперативним або адміністративно-технічним працівником.

При цьому керівник електрогосподарства складає перелік робіт, який затверджує головний інженер; виконавець робіт визначає необхідність і можливість безпечного проведення конкретної роботи.

6.4 Технічні заходи безпечного виконання робіт в електроустановках

Безпеці робіт, які виконують з вимиканням напруги в діючих електроустановках, сприяє комплекс технічних заходів, склад і послідовність виконання яких наведено на рис. 6.2.



Рисунок 6.2 – Склад і послідовність виконання технічних заходів під час робіт в електроустановках з вимиканням напруги

Технічні заходи проводять: дві особи з оперативного персоналу, якщо зміна складається з двох і більше осіб; одна особа при одноособовому обслуговуванні електроустановок

(крім накладання переносних заземлень і виконання перемикань на двох і більше приєднаннях в установках напругою понад 1000 В, якщо роз'єднувачі не мають блокування від неправильних дій).

Вимикання напруги. Перед виконанням робіт в електроустановках обладнання, яке підлягає ремонту, і ті струмоведучі частини, до яких можна випадково доторкнутись або наблизитись на небезпечну відстань, вимикають. В установках напругою понад 1000 В обов'язкова наявність видимого розриву з кожного боку, звідки може бути подана напруга (забезпечується від'єднанням шин, проводів, відключенням роз'єднувачів, вимикачів навантаження, вийманням запобіжників). Силові та вимірювальні трансформатори, пов'язані з дільницею, на якій будуть виконуватись роботи, для запобігання зворотній трансформації відключають з обох боків.

Для попередження помилкових вмикань і самовмикань комутаційних апаратів в електроустановках напругою понад 1000 В застосовують замикання механічних замків ручних приводів роз'єднувачів та вимикачів навантаження, а також вимикання мереж оперативного струму у приводах комутаційних апаратів з дистанційним керуванням.

В електроустановках напругою до 1000 В також необхідно створювати видимий розрив кола живлення. Для цього відключають рубильники і, щоб було видно положення контактів, знімають кожухи й щитки. Якщо струмоведучі частини відключають автоматично або дистанційно, вживають заходів, які запобігають помилковому вмиканню контактів (знімають запобіжники в колі оперативного струму або від'єднують кінці котушки магнітного пускача).

Вивішування плакатів і огороження місця роботи. Після проведення необхідних вимикань на приводах роз'єднувачів і вимикачів навантаження напругою понад 1000 В, ключах і кнопках дистанційного керування ними, комутаційній апаратурі напругою до 1000 В (автоматичні вимикачі, рубильники) вивішують плакати (рис.6.3).

Плакат



Місце і час вивішування

На приводах роз'єднувачів і вимикачів навантаження напругою понад 1000 В; ключах та кнопках дистанційного керування ними; комутаційних апаратах до 1000 В, вимкнених при підготовці робочого місця

На комутаційних апаратах, вимкнених для допуску роботи на повітряних і кабельних лініях

На тимчасових огорожах

На конструкціях, сусідніх з тією, куди дозволяється підніматися

На стаціонарних драбинах та конструкціях, по яких можна підніматися

На всіх підготовлених робочих місцях після накладання заземлення і огороження робочого місця

Рисунок 6.3 – Плакати для вивішування під час підготовки робочого місця для виконання робіт в електроустановках

Струмівідні частини, які залишились під напругою на час виконання робіт і доступні для випадкового доторкання, надійно огорожують, використовуючи щити, ширми тощо з дерева або інших ізоляційних матеріалів. Встановлюють огорожу в присутності відповідального керівника робіт.

В установках напругою до 1000 В не вимкнуті доступні струмоведачі частини ізолюють накладками та ковпачками з

ізоляційного матеріалу, а в установках напругою до 15 кВ в особливих випадках безпосередньо на струмоведучі частини накладають спеціально перевірені огорожі.

Тимчасові огорожі та плакати забороняється переставляти або прибирати. Розпорядження на вивішування і знімання плакатів може давати оперативний персонал електроустановки.

Перевірка відсутності напруги. Після вивішування плакатів допускаючий повинен перевірити відсутність напруги між усіма фазами і кожної фази відносно землі та нейтрального проводу на вимкненій для проведення робіт частині електроустановки. При цьому потрібно користуватись попередньо перевіреними покажчиками напруги заводського виготовлення. В електроустановках напругою понад 1000 В необхідно виконувати перевірку відсутності напруги в діелектричних рукавицях.

На повітряних лініях відсутність напруги перевіряють покажчиком напруги або штангою, заземлення накладають, починаючи з нижнього проводу.

В електроустановках напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю користуються двополюсним покажчиком напруги, перевіряючи відсутність її між фазами і заземленими корпусами обладнання, між фазами і заземлюючим (нульовим) проводом.

Замість покажчика напруги можна використати вольтметр. Застосовувати для перевірки відсутності напруги контрольні лампи забороняється. Не можна робити висновок про відсутність напруги в електроустановці за пристроями, які сигналізують про вимкнутий стан апаратів, блокувальних механізмів, контрольних щитових вольтметрів.

Відсутність напруги на підстанціях визначає одна особа з оперативно-ремонтного персоналу з групою з електробезпеки не нижче IV в установках напругою понад 1000 В і III – до 1000 В. На повітряних лініях цю роботу проводять дві особи з групами не нижче IV та V при напрузі понад 1000 В і III – до 1000 В.

Накладання і знімання заземлення. Струмоведучі частини електроустановок заземлюють з метою захисту працівників від ураження електричним струмом у випадку помилкового подання

напруги до місця роботи. Основні вимоги при цьому такі: накладати заземлення на струмоведучі частини потрібно зразу ж після перевірки відсутності напруги; переносне заземлення спочатку приєднують до землі, а після перевірки відсутності напруги накладають на струмоведучі частини; знімають його у зворотному порядку; персонал, який накладає заземлення, повинен працювати в діелектричних рукавицях, а в установках напругою понад 1000 В користуватись ізольованою штангою. Забороняється використовувати для заземлення провідники, не призначені для цієї мети, або приєднувати заземлюючі проводи скручуванням.

Не потрібно накладати заземлення на електрообладнання, від якого з усіх сторін від'єднані шинопроводи і проводи. При цьому кінці від'єднаних кабелів закорочують і заземлюють.

При роботах, які виконують на лініях напругою до 1000 В, з опор або телескопічної вишки без ізольованої ланки, заземлення накладають як на проводи лінії, що ремонтується, так і на всі проводи, що знаходяться на цих опорах, у тому числі і на проводи радіотрансляційної мережі.

Накладають і знімають переносні заземлення в установках напругою понад 1000 В дві особи з числа оперативного персоналу, одна з яких має групу з електробезпеки не нижче IV, а друга – не нижче III. При оперативному обслуговуванні електроустановки напругою до 1000 В однією особою дозволяється накладати і знімати переносні заземлення одній особі з числа оперативного персоналу з групою електробезпеки не нижче III.

Всі комплекти переносних заземлень повинні бути пронумеровані і зберігатись у відведеному місці.

6.5 Порядок виконання робіт із запобігання виникненню аварій та ліквідації їх наслідків

Короткочасні роботи по усуненню несправностей електрообладнання, які можуть призвести до аварій, а також

відновні роботи в аварійних випадках дозволяється виконувати без наряду, заносючи відповідні записи в оперативний журнал.

Право виконувати такі роботи має: оперативний персонал (в установках напругою понад 1000 В не менше двох осіб), ремонтний персонал під наглядом оперативного у випадку, якщо виписування і оформлення наряду призведе до затримки ліквідації аварії: ремонтний персонал під наглядом і відповідальністю адміністративного персоналу конкретної електроустановки, якщо зайнятий оперативний персонал або відсутній постійний обслуговуючий персонал (при цьому адміністративний персонал повинен мати групу з електробезпеки не нижче V в електроустановках напругою понад 1000 В і не нижче IV – до 1000 В).

Якщо на підстанції немає адміністративного персоналу, який має право видавати наряди або розпорядження на виконання робіт по запобіганню аваріям чи ліквідації їх наслідків, наряд або розпорядження може видавати оперативний персонал усіх підстанцій і оперативно-виїзних бригад (група з електробезпеки – не нижче IV).

Виконання технічних заходів, які забезпечують безпеку робіт, у всіх випадках обов'язкове.

З відома вищого оперативного персоналу (а за відсутності і без його розпорядження) в ліквідації наслідків аварій може брати участь оперативний персонал електроустановки – безпосередньо або шляхом нагляду за працюючими без наряду.

Роботи аварійного характеру, які виконуються черговими бригадами електромонтерів, оформлюють нарядом з організацією допуску до роботи. З метою прискорення ліквідації наслідків аварій наряд може видавати черговий оперативний персонал за вказівкою керівника електрогосподарства (якщо на місці немає осіб, які мають право видачі наряду).

6.6 Техніка безпеки при обслуговуванні електрообладнання

Обслуговування електродвигунів. Перед виконанням робіт з обслуговування електродвигунів, не пов'язаних з доторканням

до струмовідних або обертових частин, двигун відключають, вивісивши на пусковому апараті чи ключі керування плакат «Не вмикати. Працюють люди». Вимикання напруги і заземлення струмовідних жил виконують відповідно до п. 6.4 цього розділу.

Перед допуском до роботи на електродвигунах насосів і вентиляторів, якщо можливе обертання електродвигунів від сусідніх з ним механізмів, повинні бути закриті і замкнуті на замок заслінки і шибери, а також вжито заходів по гальмуванню роторів електродвигунів.

Ніяких робіт у колах живлення і заземлення працюючого електродвигуна виконувати не можна, за винятком кола пускового реостата двигунів з контактними кільцями при виведеному реостаті і піднятих щітках.

Обслуговувати щітковий апарат на працюючому електродвигуні може одна особа з оперативного персоналу з групою з електробезпеки не нижче III. При цьому необхідно працювати в головному уборі і застібнутому спецодязі, користуватись діелектричними калошами або гумовими килимками, не торкатись руками одночасно до струмовідних частин двох полюсів або струмовідних і заземлених частин.

Шліфують контактні кільця та замінюють щітки під час роботи двигуна, користуючись ізолюючими пристроями та захисними окулярами.

Невикористана обмотка багатошвидкісного електродвигуна при увімкненій іншій вважається під напругою.

Встановлення та знімання лічильників електричної енергії і вимірювальних приладів, які підключені до трансформаторів струму і напруги, виконують за нарядом дві особи (група з електробезпеки одного не нижче IV, другого – не нижче III). Замість наряду на виконання цих робіт достатньо розпорядження, якщо без загрози для життя можна закорочувати струмові кола, встановлювати і знімати лічильники за допомогою випробувальних блоків або спеціальних затискачів. За наявності цих пристроїв приєднання вимірювальних приладів, встановлення та знімання лічильників можна виконувати без вимикання навантаження і напруги.

Встановлювати і знімати лічильники без вимірювальних трансформаторів може одна особа з групою з електробезпеки не нижче III за розпорядженням. При виконанні цих робіт з метою перевірки вимикають напругу.

В електроустановках напругою до 1000 В, не забезпечених обслуговуючим персоналом, видає наряд чи розпорядження, готує робочі місця і допускає до роботи з лічильниками персонал енергопостачальної організації.

Техніка безпеки при вимірюваннях і випробуваннях в електроустановках. Випробування з поданням підвищеної напруги від стороннього джерела струму виконують бригади, що складаються не менш як з двох осіб (виконавець робіт з групою з електробезпеки не нижче IV, а інші – не нижче III). Вони повинні пройти спеціальну підготовку, перевірку знань схем та правил випробувань, а також стажування протягом місяця. Особам, які допущені до проведення випробувань, ставлять відмітку в посвідченні про перевірку знань. В електроустановках напругою понад 1000 В випробування проводять за нарядом, а випробування електродвигунів, живильні кабелі від яких від'єднанні і заземлені, за розпорядженням.

До складу бригади, яка проводить випробування, входять особи з ремонтного персоналу з групою з електробезпеки не нижче II для виконання підготовчих робіт, охорони обладнання, а також для роз'єднання шин. До початку випробувань виконавець робіт повинен проінструктувати цих працівників про заходи безпеки.

Готуючи випробувальну мережу, перш за все виконують захисне і робоче заземлення установки. Перед приєднанням електроустановки до мережі напругою 380/220 В на вивід високої напруги установки накладають заземлення. Площа поперечного перерізу мідного провода, за допомогою якого зануляють вивід, повинна бути не менше 4 мм².

Випробувальну установку приєднують до мережі напругою 380/220 В через комутаційний апарат з видимим розривом кола або через штепсельне роз'єднання, розміщене на місці керування установкою. Комутаційний апарат обладнують

стопорним пристроєм або між його контактами встановлюють ізолюючу накладку.

Після закінчення випробувань виконавець робіт знижує напругу випробувальної установки до 0, відключає її від мережі напругою 380/220 В, заземлює вивід і сповіщає про це бригаді.

Проводити вимірювання мегомметром можна при умові, що бригада складається з двох осіб, які працюють за нарядом в електроустановках напругою понад 1000 В. одна з яких має групу з електробезпеки не нижче IV, або за розпорядженням в електроустановках напругою до 1000 В, група з електробезпеки однієї з них не нижче III. Забороняється доторкатися до струмовідних частин, приєднаних до мегомметра, при роботі з ним. Закінчивши роботу, потрібно шляхом короткочасного заземлення зняти залишковий заряд з обладнання.

При вимірюванні за допомогою струмовимірювальних кліщів та вимірювальних штанг дотримуються таких умов: в електроустановках напругою понад 1000 В вимірювання виконують дві особи з групами з електробезпеки не нижче IV та III (при цьому видають наряд для ремонтного персоналу, а оперативному достатньо розпорядження); в установках напругою до 1000 В – одна особа з групою з електробезпеки не нижче III.

На шинах розподільних пристроїв напругою до 1000 В працювати з кліщами треба, стоячи на підлозі або спеціальних підставках.

Якщо шини розміщені горизонтально, то перш ніж виконувати вимірювання, необхідно обгородити кожен фазу ізолюючою прокладкою, користуючись діелектричними рукавицями.

На опорах повітряних ліній напругою до 1000 В вимірювання може проводити одна особа, стоячи на кігтях, однак ні в якому разі не з драбини, прив'язавшись поясом до опори. На опорах із заземлюючими спусками проводити вимірювання забороняється.

Виконання робіт з ручними електричними машинами і переносними електричними світильниками. В приміщення з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом і поза

ними до роботи з ручними електричними машинами допускаються особи з групою з електробезпеки не нижче II.

Підключення знижувальних трансформаторів, перетворювачів частоти, а також пристроїв захисного вимикання здійснює електротехнічний персонал, який має групу з електробезпеки не нижче III.

Переносні електричні світильники повинні бути розраховані на напругу:

- при роботах у приміщеннях з підвищеною небезпекою не більше 50 В;
- в особливо небезпечних умовах не більше 12 В.

Забороняється застосовувати для живлення світильників напругою до 50 В автотрансформатори.

Готуючись до роботи з ручними електричними машинами і переносними світильниками, необхідно: перевірити комплектність та надійність кріплення деталей; справність (зовнішнім оглядом) кабелю чи шнура живлення ізоляційних деталей та кожухів; роботу вимикача та ручних електричних машин на холостому ходу.

Не можна видавати це обладнання з дефектами. Періодично його перевіряє закріплений персонал з групою з електробезпеки не нижче III.

Особам, що працюють з ручними електричними машинами, забороняється: залишати увімкнутими, а також без нагляду електричні машини при перервах у роботі; передавати їх іншим особам; розбирати їх; триматись за провід живлення і доторкатися до рухомого різального інструменту; видаляти руками стружку до повної зупинки електричної машини; працювати з приставних драбин; вносити живильні переносні трансформатори всередину котлів та резервуарів, де виконуються роботи.

Електричні ручні машини та переносні світильники приєднують до мереж багатожильним гнучким проводом типу ПВГ чи ШРПС. Штепсельні роз'єкти і вилки напругою 12 і 50 В та 127 і 220 В повинні різнитися кольором і конструкцією.

7 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

7.1 Електробезпека у тваринництві

Більшість приміщень тваринницьких ферм і комплексів (корівники, телятники, свинарники, вівчарні, конюшні, кормокухні, доїльні зали, водокачки) за ступенем небезпеки ураження електричним струмом належать до особливо небезпечних. Тут забороняється працювати на струмоведучих частинах, що знаходяться під напругою, і навіть замінювати лампи під напругою.

У таких приміщеннях потрібно, як правило, застосовувати електроприймачі у трифазному виконанні. Допускається застосування однофазних електроприймачів потужністю не більше 1,3 кВт, які вмикаються на лінійну напругу, і не більше 0,6 кВт, що вмикаються на фазу. Освітлювальне навантаження на фермах повинно розподілятися рівномірно по трьох фазах. При цьому для увімкнення і вимкнення загального освітлення застосовують трифазні вимикачі або рубильники. У разі наявності кількох однофазних груп чергового освітлення приміщень їх необхідно приєднувати до різних фаз.

У тваринницьких приміщеннях і пташниках електродвигуни, пускові прилади і захисні апарати у всіх випадках рекомендується встановлювати поза приміщеннями, у яких утримуються тварини, а кнопки керування пусковою апаратурою розміщувати біля робочих місць. Кнопки і світильники вибирають такої конструкції, щоб вони були придатні для вогких приміщень з хімічно активним середовищем (приміром кнопки КЕ-081, ПKE-222-2ХУ2 ПKE-722- 2У2, світильники ПСХ-60М-УЗ, НСП11-100-231-УЗ. ЛСГ115-2Х40.) Електродвигуни також повинні бути спеціальні сільськогосподарського виконання, наприклад типів 4А...СУ1, 4АС...СУ1, АИР...СУ1, 5А...СУ1 стійкі проти дії вологи, морозу - 4А...У2, АИР...У2, 5А...У2 та агресивного середовища – 4А...ХУ2, АИР...У2, 5А...ХУ2.

Усі електродвигуни повинні бути захищені від коротких замикань автоматичними вимикачами з максимальним

струмовим захистом або запобіжниками. Якщо двигуни можуть перевантажуватися за умовами технологічного режиму, вони повинні, крім того, мати захист від перевантажень (струмові електротеплові реле, вмонтовані в електромагнітний пускач, автоматичний вимикач з тепловим чи комбінованим розчіплювачем). На електродвигунах і приводних механізмах фарбою наносять стрілки, що вказують напрямок обертання ротора двигуна і механізму. На пускових пристроях повинні бути написи «Пуск», «Стоп» або «Вперед», «Назад» і «Стоп».

Вводи повітряних ліній у тваринницькі приміщення захищають від грозових перенапруг. Для цього заземлюють гаки і штирі на дерев'яних опорах, а на залізобетонних опорах, окрім того, арматуру. Не можна розміщувати заземлювальні пристрої, призначені для грозозахисту, біля входів у приміщення і в місцях, де часто можуть знаходитись люди і тварини.

Проводи і кабелі, що використовуються у тваринницьких приміщеннях, мають відповідати умовам навколишнього середовища. З'єднання і відгалуження проводів слід виконувати опресуванням, зварюванням або пропаюванням. З'єднувати проводи площею поперечного перерізу до 10 мм^2 скручуванням забороняється. Місце з'єднань проводів ізолюють подвійним шаром ізоляційної стрічки так, щоб її початок і кінець перекривали ізоляцію проводу не менш як на 10 см у кожний бік. Відстань від проводів до металевих трубопроводів повинна бути не менше 10 см. Відкрита проводка ізолюваними проводами, прокладена у приміщеннях без підвищеної небезпеки на висоті менше 2 м від підлоги і в приміщеннях з підвищеною небезпекою або особливо небезпечних на висоті менше 2,5 м, повинна бути захищена від механічних пошкоджень. Опір ізоляції проводів має бути не менш як 0,5 МОм на ділянці між суміжними запобіжниками або за останнім запобіжником між будь-яким проводом і землею чи між двома будь-якими проводами. Якщо опір виявиться менше 0,5 МОм, ізоляцію випробовують протягом 1 хв. напругою 1000 В змінного струму від спеціального випробувального трансформатора або випрямленою від мегаомметра напругою 2500 В. Якщо в

результаті випробувань опір ізоляції не зменшився, то проводка може бути залишена до її заміни під час планового або капітального ремонту.

Для забезпечення електробезпеки тварин у тваринницьких приміщеннях потрібно використовувати пристрої для вирівнювання електричних потенціалів або ізолюючі вставки.

Ланцюги для прив'язування тварин, автонапувалки та інші пристрої, яких торкаються тварини, рекомендується виготовляти із ізолюючого матеріалу (пластмаса, нейлон, текстоліт тощо).

Електрифіковані доїльні установки. Все електрообладнання доїльної установки розміщують в окремому приміщенні і огорожують. Корпуси електродвигунів та інших електроустановок обов'язково заземлюють. Кінці заземлювального проводу потрібно приєднати зварюванням до заземлювачів, а до корпусів обладнання – гвинтами. Місця з'єднань повинні бути зачищені і залужені.

Під час роботи електродвигуна і насоса електродоїльної установки забороняється їх очищати, змащувати підшипники, надівати пас, змінювати запобіжники та усувати несправності.

У машинному приміщенні забороняється зберігати легкозаймисті рідини (гас, бензин, масло тощо).

Електрифіковані кормоцехи. При влаштуванні електроустановок у кормоцехах необхідно:

- застосовувати фарфорові герметизовані світильники з скляними ковпаками, відбивачами і сіткою, підвішувати світильники на висоті не менше 2,5 м від підлоги;
- використовувати переносні лампи напругою 12 В, приєднуючи їх за допомогою знижувального трансформатора з роздільними обмотками;
- металеві корпуси запарників, вимикачів, труби, в яких прокладена електропроводка, і водопровідні, приєднані до запарників, надійно заземлювати (занулювати);
- на розподільних щитах у приміщенні кормоцеху встановити загальний вимикач або закритий рубильник, яким можна було б вимикати усі установки кормоцеху.

Електроустановки для опромінювання. На фермах і комплексах застосовують ультрафіолетове й інфрачервоне опромінювання для лікування тварин і вирощування молодняка в холодний період року. Найбільш поширені такі типи опромінювачів: ЭО-1-30М, УО-3М, ИКУФ-1 та ін. Для живлення цих установок у тваринницьких приміщеннях допускається напруга до 220 В. Висоту підвішування опромінювачів визначають згідно із зоотехнічними нормами. При висоті підвішування менше 2,5 м від землі опромінювачі огороджують.

Металеві частини опромінювачів (корпус, трос тощо) повинні бути заземлені (з'єднані з заземленим захисним проводом). У разі відсутності зануленого контакту треба використовувати апарати захисного вимикання. Для вимикання опромінювачів необхідно передбачити штепсельні розетки в герметичному виконанні із спеціальним гніздом для заземлення, які встановлюють на висоті 1,2 м від підлоги.

Електромонтер, що обслуговує установки для ультрафіолетового опромінювання, повинен мати кваліфікаційну групу з електробезпеки III. Під час роботи треба користуватися окулярами С-14 із світлофільтрами і за можливості не перебувати в зоні дії ультрафіолетового випромінювання. Вмикати і вимикати опромінювальні установки може персонал з групою з електробезпеки I. Перед початком сезону цей персонал знайомлять з правилами безпечного поводження з цими установками.

Усі ремонтні роботи в опромінювальних установках, а також заміну ламп виконують при знятій нарузі. Під час експлуатації опромінювальних установок необхідно дотримуватись рекомендації виготівника з техніки безпеки. На об'єкті, обладнаному цими установками, вивішують правила техніки безпеки та надання першої допомоги.

Електричні водонагрівники. Елементні водонагрівники (САОС, УАП, УНС, ЭПВ) встановлюють на фундаменті з цегли або бетону висотою 20 – 25 см в добре освітленому місці підсобного приміщення. Для запобігання надлишковому тиску у

водонагрівнику не дозволяється встановлювати вентиль на патрубку гарячої води.

Електричну проводку до водонагрівників прокладають у трубах. Корпус водонагрівника, кожух станції керування і трубу, в якій прокладені проводи, зануляють. У трубопроводах гарячої та холодної води встановлюють ізоляційні вставки, довжину l , м яких визначають за формулою:

$$l = 1400 \frac{d^2}{\rho},$$

де d – внутрішній діаметр ізоляційної вставки, м;
 ρ – питомий опір води, Ом·м, при температурі +20 °С для трубопроводів холодної води і 100 °С – гарячої.

Станцію керування розміщують у коридорі або сусідньому сухому приміщенні, а біля водонагрівника встановлюють аварійний вимикач.

Якщо водонагрівники мають апарати захисного вимикання, а також при монтажі їх в приміщеннях з вирівнюванням потенціалів встановлювати ізоляційні вставки на трубопроводі гарячої води не потрібно.

Трифазні електродні водогрійні котли (ЕПЗ) встановлюють в приміщеннях, де розміщують тільки технологічне обладнання та захисні пристрої. Котел захищають від коротких замикань, перевантажень і не повнофазних режимів. У мережі напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю корпус котла зануляють.

У приміщеннях із струмопровідною підлогою і обладнанням, пов'язаним з електричним котлом, встановлюють пристрої для вирівнювання електричних потенціалів або перевіряють, чи забезпечує природне вирівнювання напругу дотику не більше 12 В. У мережі 380/220 В відношення потужностей навантаження, з'єданого в «зірку», і котла може дорівнювати одиниці при потужності котла $P_k < 25$ кВт, а при $P_k > 25$ кВт воно не повинно перевищувати $25/P_k$.

Обслуговувати електродні котли напругою до 1000 В допускають осіб з групою з електробезпеки не нижче III.

Водонагрівники, що встановлюють у виробничих приміщеннях, огорожують суцільною або сітчастою огорожею з чарунками 15 x 15 мм, висотою не менше 2 м, на відстані 1 м від котла. В суцільних огорожах роблять оглядові вікна, щоб можна було спостерігати за роботою водонагрівника. Двері обладнують блокуванням, не допускаючи їх відчинення при увімкненому водонагрівнику (рис.7.1).

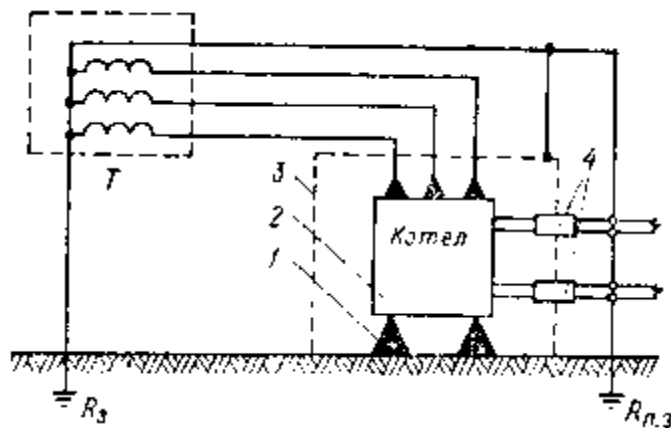


Рисунок 7.1 – Схема увімкнення до мережі електродного водонагрівника:

1 – ізолювальна підставка; 2 – електродний водонагрівник; 3 – огорожа; 4 – ізолюючі вставки на трубопроводах холодної і гарячої води; R_z – заземлювальний пристрій трансформаторної підстанції; $R_{пз}$ – заземлювальний пристрій повторного заземлення нульового проводу

Перед початком експлуатації електродного водонагрівника перевіряють справність всіх електричних пристроїв, надійність заземлення, вимірюють опір ізоляції апарата, який повинен бути не менше 0,5 МОм. При заповненні котла і системи опалювання водою відкривають повітряний кран на кришці котла для виходу повітря. Після цього ручку регулювання потужності встановлюють у положення, коли водонагрівник споживає найменшу потужність, вмикають циркуляційний насос і подають напругу на електроди.

Ремонтні роботи на водонагрівниках проводять за нарядом або розпорядженням з повним вимиканням напруги і виконанням всіх заходів безпеки.

Електростригальні агрегати. При встановленні обладнання стригального пункту на новому місці пересувну електростанцію необхідно монтувати на відстані не менше 15 м від стригального пункту; для її заземлення використовувати труби (не менше двох) діаметром 20 мм, довжиною 1,5 – 2 м, заглиблюючи їх у ґрунт не менш як на 1,5 м; переносну силову і освітлювальну мережу проводять над столами для стриження, висота їх підвішування повинна забезпечувати зручність користування кнопковими пускачами.

Промисловість виготовляє спеціальні стригальні агрегати: ЭСА-1Д, ЭСА-12Г, ЭСА-6/200, ЭСА-12/200.

Працівники, що їх обслуговують, повинні мати кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче III. Стригальям слід працювати в сухому взутті, стоячи на діелектричних килимках або сухому дерев'яному щиті. Стрижуть овець також на сухих дерев'яних столах або щитах.

У процесі експлуатації стежать за надійністю заземлення нульової точки генератора електростанції та корпусів обладнання, а також за цілістю проводів. Робота без заземленої точки генератора забороняється.

Електричні огорожі. При встановленні на пасовищах електричних огорож, приміром ЭК-1М (рис. 7.2) потрібно стежити, щоб проводи не торкалися гілок дерев, кущів, трави.

За сирої погоди не можна відкривати кришку апарата при увімкненому пульсаторі. Вмикають апарат тільки після приєднання до дроту електричної огорожі. Забороняється виконувати технічне обслуговування і усувати несправності в електроогорожі під напругою. В місцях, небезпечних для людей, і в першу чергу біля джерел живлення, вивішують попереджувальні плакати «Небезпечно! Висока напруга» або «Електрична огорожа».

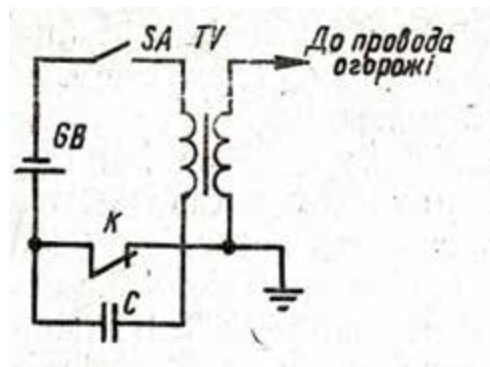


Рисунок 7.2 – Електрична схема пульсатора електроогоржі:

TV – імпульсний трансформатор; К – контакт переривника; SA – вимикач; GB – джерело живлення; С – конденсатор

Підлога з електричним обігріванням. Конструктивне виконання електрообігрівної підлоги залежить від виду й віку тварин чи птиці, конфігурації та розмірів приміщення, використаних матеріалів та напруги живлення. Найпростіша підлога з безпосереднім замуруванням нагрівних елементів (рис. 7.3) – проводів ПОСХВ, ПОСХП, ПОСХВТ або сталюого оцинкованого дроту.

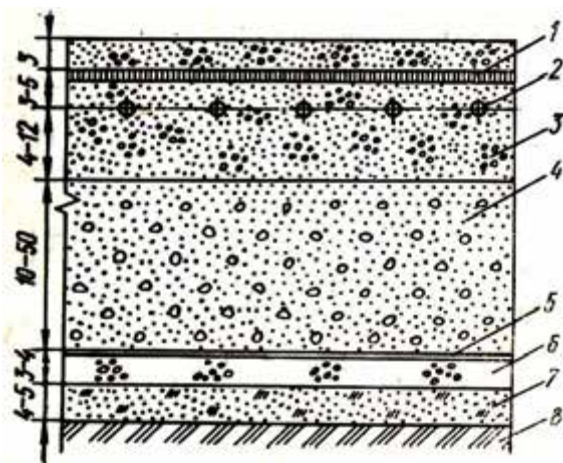


Рисунок 7.3 – Підлога з електрообігріванням:

1 – захисна сітка; 2 – нагрівний провід; 3 і 6 – бетонне покриття; 4 – теплоізоляція; 5 – гідроізоляція; 7 – щебінь; 8 – утрамбований ґрунт

Електрообігрівну підлогу тваринницьких приміщень за напругою живлення поділяють на дві групи:

напруга 24 – 36 В від знижувального сухого трансформатора. Електричний зв'язок з мережею при цьому відсутній. Завдяки цьому досягається високий рівень електробезпеки тварин і обслуговуючого персоналу без застосування захисних екранувальних сіток;

напруга 220 – 380 В безпосередньо від мережі. Якщо живлення подається від мережі з глухозаземленою нейтраллю, на нагрівні елементи в бетон кладуть металеву сітку-екран, яку з'єднують з контуром заземлення.

При аварійних режимах встановлення сіток тільки над нагрівними елементами підлоги не забезпечує захисту тварин від ураження електричним струмом. У цьому випадку напруга кроку і напруга дотику на поверхні підлоги не перевищують 1 В, на відстані 0,3 м від нагрівного елемента вона може досягати 50 В, а на відстані 1 м – 125 В. Необхідного вирівнювання електричних потенціалів можна досягти при закладанні екранувальних сіток над нагрівними елементами підлоги, а також потенціаловирівнювальних провідників вздовж проходів.

Пристрій для вирівнювання потенціалів (рис. 7.4) включає металеву сітку з чарунками 200 x 800 мм або 400 x 400 мм, яка знаходиться над нагрівними елементами на відстані не менш як 20 – 30 мм від поверхні підлоги, а також металеві провідники, прокладені вздовж технологічних проходів в бетонній підлозі. Кількість поздовжніх провідників залежить від ширини проходу. Відстань від поздовжнього провідника до екранувальної сітки, а також між поздовжніми провідниками в технологічному проході не повинна перевищувати 0,8 м (для свиней) і 1,2 м (для великої рогатої худоби).

Поздовжні вирівнювальні провідники з сталюго дроту діаметром 6 мм з'єднують зварюванням між собою, з сіткою, занулювальним провідником, металевими конструкціями та технологічним обладнанням.

Активний опір постійного струму петлі, створеної двома поздовжніми провідниками або провідником і сіткою, не повинен

перевищувати 1 Ом. Його перевіряють не раніше одного разу на рік.

Проводи для живлення нагрівних елементів прокладають у металевих трубах або схованим способом, використовувати шинні канали не рекомендується.

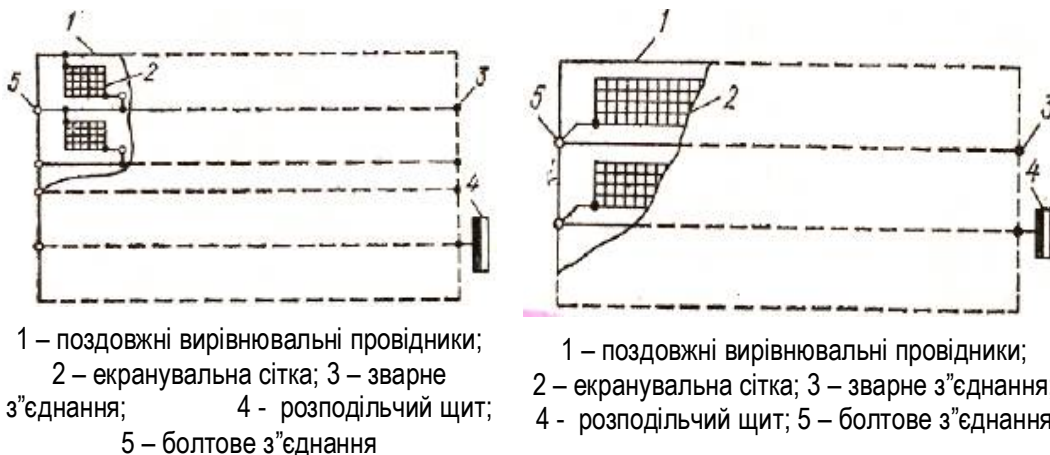


Рисунок 7.4 – Система вирівнювання потенціалів у свинарнику маточнику (а) і телятнику-маточнику (б) з електрообігрівом підлоги (поздовжні вирівнювальні провідники укладаються вздовж проходів)

Нагрівні елементи електрообігрівної підлоги повинні мати захист від коротких замикань.

Перед пуском установки в експлуатацію комісія перевіряє виконання наведених вище вимог, надійність з'єднань і відсутність електричних потенціалів на поверхні підлоги та кожуха електрообладнання.

7.2 Електробезпека у рослинництві

Електроустановки у рослинництві з точки зору техніки безпеки належать до особливо небезпечних.

При роботі пересувних електрифікованих машин з кабельним живленням стежать за тим, щоб не натягувався кабель, а також не наїжджали па нього машини. Переміщаючи машини для роботи на нове місце, живильний кабель чи провід від'єднують, щоб запобігти його обриву, пошкодженню ізоляції та обриву заземлюючого провідника.

Якщо електродвигун знаходиться на відстані понад 5 м від механізму, який він приводить у рух, або вони розміщені в різних приміщеннях, треба передбачити можливість його зупинки кнопкою або іншим пристроєм біля механізму. Для приєднання пересувних електродвигунів до повітряної мережі напругою 380/220 В можна застосувати контакти, які накладають на проводи ізолювальними штангами. Конструкція контактів повинна забезпечити безпечне проведення робіт, легкість їх накладання та знімання, а також надійний електричний контакт. Наявність накладних контактів не виключає необхідності встановлення вимикача біля електродвигуна.

Підключати кілька машин до одного рубильника або вимикача, розміщеного на опорі, забороняється. Пересувні електроустановки, які використовуються сезонно, в інший період року відключають від електромережі.

До обслуговування електроустановок на зерноочисних пунктах допускаються особи з кваліфікаційною групою з електробезпеки не нижче III.

За ступенем небезпеки ураження електричним струмом парники і теплиці поділяють на дві категорії:

– А – напруга живлення нагрівних елементів вище 65 В при обігріванні електродами, прокладеними у землі, або неізолюваними опорами, прокладеними у землі чи повітрі;

– Б – напруга живлення нагрівних елементів не більше 65 В при обігріванні електродами, прокладеними в землі, або неізолюваними опорами, прокладеними в землі чи повітрі, а також вище 65 В, якщо нагрівні елементи прокладені в азбоцементних трубах або застосовуються спеціальні нагрівні кабелі.

У парниках та теплицях категорії А будь-які роботи, пов'язані з їх обслуговуванням, дозволяється виконувати тільки при повністю знятій напрузі. Мережу загального освітлення при цьому можна не вимикати. Дільницю під парниками або теплицями категорії А огорожують парканом заввишки 2 м на відстані не менш як 1 м від найближчих парників та теплиць. Перед їх вмиканням треба впевнитися, що на території відсутні

люди, вхід на територію закритий і вивішені плакати: «Під напругою. небезпечно для життя» та «Вхід на територію заборонено».

Обслуговувати парники та теплиці категорії Б можна при ввімкнутому обігріві, якщо персонал використовує інструмент з ізолюючими рукоятками. Пристрої для автоматичного регулювання температури і вологості повинні бути виконані на напругу не вище 36 В. Ручки регуляторів режимів виготовляють з ізолюючих матеріалів. Зміну режимів автоматичного регулювання температури та вологості може виконувати не електротехнічний персонал, який пройшов інструктаж з електробезпеки на робочому місці.

Перед вмиканням таких парників і теплиць слід сповістити всіх працівників і вивісити на видному місці плакати: «Під напругою. небезпечно для життя». У них дозволяється працювати при ввімкненому обігріванні, застосовуючи інструменти з дерев'яними рукоятками, що заглиблюються в ґрунт не більш як на 25 см. Заглиблювати руки в землю забороняється.

Під час огляду електрообладнання при ввімкненому електрообігріванні забороняється знімати попереджувальні плакати та огорожі, торкатися струмоведучих частин, очищати їх, усувати виявлені несправності. Щоб не потрапити під напругу кроку, не можна виконувати будь-які зміни в схемах комутації електропарників без погодження з електропостачальною організацією.

Металеві корпуси світильників для підсвічування рослин заземлюють приєднанням окремим провідником до захисного проводу мережі. Виконувати будь-які роботи в теплицях при ввімкнутому підсвічуванні забороняється.

7.3 Електробезпека на ремонтних підприємствах

Для безпечної експлуатації електроустановок ремонтних підприємств необхідно мати спеціально підготовлений електротехнічний персонал. Крім того, повинні бути розроблені і

передані обслуговуючому персоналу інструкції з правилами і обов'язками обслуговуючого персоналу, послідовністю пуску та зупинки обладнання, порядком його експлуатації під час нормальної роботи й заходами, вжити яких необхідно при аваріях.

У майстернях рекомендується прокладати окремо силові електропроводки, електропроводки загального освітлення та під'єднання місцевого освітлення й ручних електричних машин.

Світильники місцевого освітлення на робочих місцях розраховані на напругу не вище 36 В, для отримання якої треба мати окрему мережу низької напруги з живленням від групового стаціонарного трансформатора напругою 220/36 В. Від цієї мережі живляться і ручні електричні машини через штепсельні роз'єкти.

Ручні електричні машини напругою понад 50 В вмикають в спеціальні штепсельні роз'єкти із заземлювальними контактами. Категорично забороняється від'єднувати їх від заземлювального проводу. При особливо несприятливих умовах (в котлах, баках) застосовують ручні світильники напругою 12 В.

Корпуси електродвигунів та пускозахисної апаратури заземлюють, приєднуючи до магістральної лінії заземлення, яку прокладають по внутрішніх стінах будівлі і з'єднують з захисним проводом живильної мережі. Огляди та ремонти електрообладнання виконують при вимкненій напрузі. Проводи, відкриті частини валів електродвигунів огороджують.

До виконання електрозварювальних робіт допускають осіб віком понад 18 років, які пройшли медичний огляд, спеціальне виробниче навчання, отримали посвідчення та мають кваліфікаційну групу з техніки безпеки, а також пройшли інструктаж на робочому місці.

Встановлення, підключення до мережі, ремонт і нагляд за станом зварювальних установок у процесі експлуатації проводить електромонтер з кваліфікаційною групою з електробезпеки не нижче III. Ці роботи забороняється виконувати електрозварювальнику.

Під'єднують трансформатор до мережі відповідно до маркування виводів на затискачах. Джерела зварювального струму приєднують до розподільної мережі напругою не вище 660 В. Напруга неробочого ходу джерела живлення зварювальної дуги не повинна перевищувати при зварюванні на постійному струмі 80 В, змінному – 75 В. Категорично забороняється виконувати в обмотках джерел струму перемикання, які призводять до підвищення напруги.

Електрозварювальні агрегати підключають до електричної мережі через індивідуальні рубильники, що обладнані запобіжниками, або автоматичні вимикачі. Корпуси зварювальних трансформаторів, випрямлячів, перетворювачів, а також зварювальні плити, столи, затискач вторинної обмотки трансформатора, до якого приєднують зворотний провід від деталі, яку зварюють, заземлюють. Заземлювальний провід закріплюють на електрозварювальному агрегаті болтом діаметром 8 мм, розміщеним у доступному місці з написом чи умовним позначенням «Земля». Заземлення виконують за допомогою гнучких мідних проводів до початку електрозварювання (рис. 7.5). Над затискачами агрегату повинні бути козирки з написами: «Висока сторона», «Низька сторона». Ящик живлення, до якого підключають зварювальний агрегат, замикають.

Живлення постів зварювання безпосередньо від силової та освітлювальної мережі не допускається.

Забороняється використовувати технологічне обладнання, металеві конструкції будинків, комунікаційні мережі заземлення чи занулення, водопровідні та опалювальні труби як зворотні проводи, тому що це погіршує умови електро- та пожежної безпеки. Як зворотний провід використовують сталеві шини, зварювальні плити і саму конструкцію в тому випадку, коли площа її поперечного перерізу створює безпечне за умовами нагрівання проходження зварювального струму.

При роботі в пожежо- і вибухонебезпечних приміщеннях зворотний провід від виробу, що зварюють, до джерела живлення повинен бути ізольованим, його приєднують до виробу за

допомогою струбцини або клеми заземлення. Не можна допускати стикання проводів з водою, маслом, стальними канатами і гарячими трубопроводами, щоб не пошкодилася ізоляція. Довжина трубопроводів від мережі живлення до пересувного зварювального агрегату не повинна перевищувати 10 м, при цьому вони мають бути захищені від механічних пошкоджень. Використовувати проводи з пошкодженою ізоляцією не дозволяється (якщо немає змоги замінити, треба на них надіти гумові шланги).

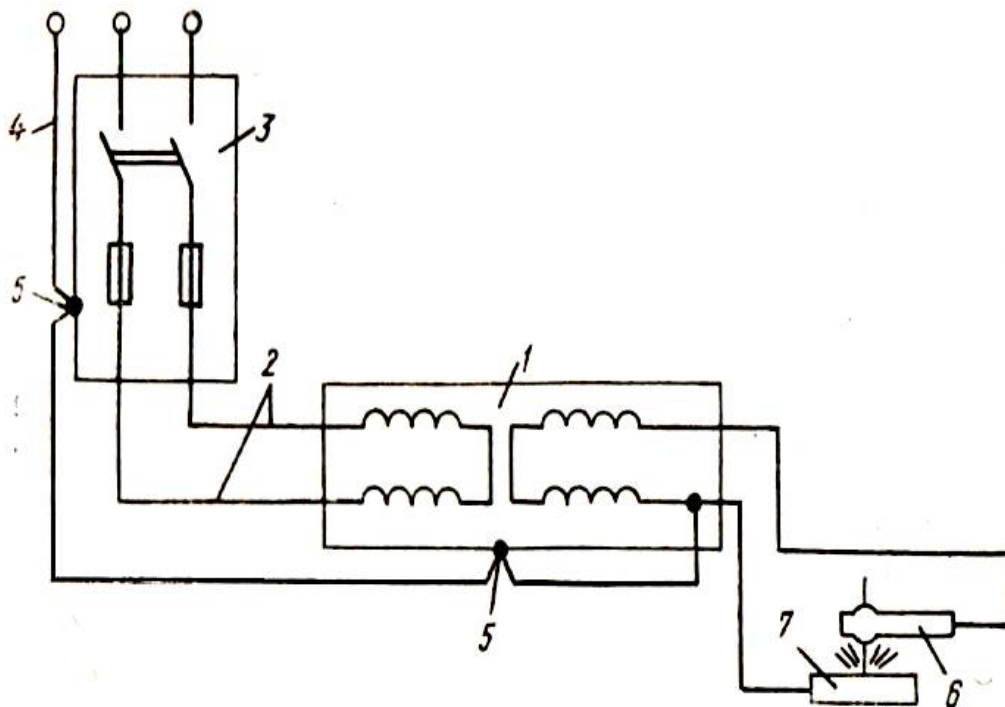


Рисунок 7.5 – Схема приєднання зварювального трансформатора напругою 380 В:

1 – зварювальний трансформатор; 2 – живильні фазні проводи; 3 – рубильник із запобіжниками; 4 – заземлювальний провід; 5 – болт заземлення на корпусі трансформатора; 6 – електродотримач; 7 – зварювана деталь (деталі)

Для ручного зварювання рекомендується застосовувати електродотримачі (рис.7.6). Використовувати саморобні

електродотримачі заборонено. Провід марки ПРГД чи КРПТ до електродотримача приєднують механічним затискачем.

Підвищена небезпека виникає при заміні електродів, коли зварювальник торкається рукою до електрода або оголених частин електродотримача, тому категорично заборонено торкатися другою рукою до деталі, що зварюють.



Рисунок 7.6 – Електродотримачі:

а) STANDART (для електродів діаметром 1,6 ... 5,0 мм);
б) ЭД-31 "Корд-Универсал" (315А) в) SH-300 АН (315А)) і клема заземлення: г) Sirio (500А); д) Lem150; е) магнітна (400А)

При ручному зварюванні струмом в особливо небезпечних умовах (у металевих резервуарах, на відкритому повітрі, а також у приміщеннях з підвищеною безпекою) для заміни електродів застосовують обмежувачі напруги неробочого ходу з витримкою часу не більше 0,5 с або пристрої автоматичного вимикання напруги неробочого ходу трансформатора.

На рис. 7.7 зображена схема пристрою для знімання зварювальної напруги після розривання дуги УТСН-2МУ. Затискачі X1, X2 приєднують до вторинної обмотки зварювального трансформатора.

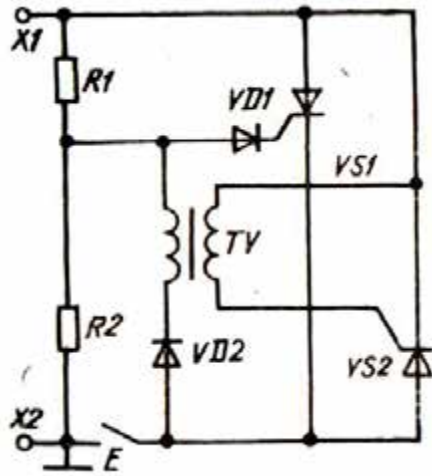


Рисунок 7.7 – Схема пристрою для автоматичного знімання напруги із зварювального електрода при розриві дуги:

X1, X2 – затискачі; R1, R2 – резистори; VS1, VS2 – тиристри; VD1, VD2 – діоди; E – контакт

Зварювальники повинні користуватися індивідуальними засобами захисту і працювати в куртці з кишнями, закритими клапанами та штаних навипуск, головному уборі та щільно зашнурованих черевиках. Для захисту очей і обличчя від шкідливої дії випромінювання зварювальної дуги та іскор розжареного металу застосовують щиток або шлем із світлофільтром.

Електрозварювальні роботи не можна виконувати з приставних драбин. Якщо доводиться працювати у вогкому

приміщенні, взувають калоші, користуються ізолюючими підставками або діелектричними килимками.

Інструктаж електрозварювальників з техніки безпеки проводять 1 раз у 3 місяці.

7.4 Електробезпека в житлових будинках і громадських будівлях

Обставини, за якими виникає ураження людини електричним струмом в побуті, поділяють на дві групи: безпосереднє торкання потерпілим до струмоведучих частин електроустановок, що перебувають під напругою, або до металевих конструкцій електроустановок, які внаслідок пошкодження ізоляції опинились під напругою.

Відповідальність за технічний стан, техніку безпеки побутових електромереж до квартирної лічильника несе організація, у відомстві якої знаходиться будинок. За технічний стан, експлуатацію електричної проводки і побутового електрообладнання в квартирах, на підсобних та присадибних ділянках та інших об'єктах, що знаходяться у власному користуванні окремих громадян, відповідають мешканці.

Основною умовою безпечного застосування електричної енергії в житлових і громадських будинках є справний стан ізоляції електропроводки, електроприладів, вимикачів, штепсельних роз'єктів, світильників та шнурів.

Електропроводка повинна відповідати умовам навколишнього середовища, а спосіб її прокладання вибирають з врахуванням вимог електро- та пожежної безпеки.

Відкрито прокладати електропроводку рекомендується у вогких і особливо вогких приміщеннях, насосних та підвалах. У санвузлах проводку виконують спеціальними проводами під штукатуркою. Не дозволяється розміщувати електропроводку поблизу радіаторів, труб центрального опалення, газо-, водопроводу та каналізації. Не можна вішати на проводи або засовувати за них речі і предмети, при ремонті білити та

зафарбовувати їх, тому що це призводить до швидкого руйнування ізоляції.

Ввід електропроводки в будинок рекомендується виконувати через стіни в ізоляційних трубах так, щоб вода не могла збиратись в проході й проникати в приміщення. Його можна виконувати через покрівлю в сталевих трубах, при цьому відстань від покрівлі до проводів повинна бути не менш як 2,5 м.

На квартирних щитках для захисту електропроводок від коротких замикань встановлюють плавкі запобіжники або автоматичні вимикачі не тільки на фазних, але й на нульових проводах. При перегорянні запобіжник (плавку уставку) замінюють новим такого ж типу. Заміна уставки металевими провідниками («жучками») може стати причиною пожежі і нещасного випадку.

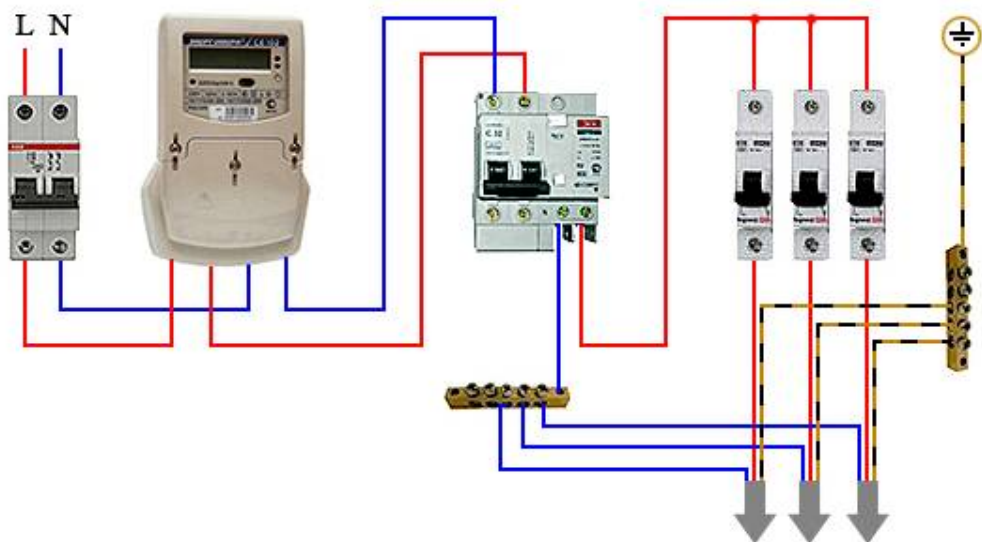
Для захисту людей від ураження електричним струмом в побутових мережах застосовують пристрої захисного вимикання, які встановлюють на ввідних щитках в квартирі (рис. 7.8).

Важливе значення має вибір і розміщення освітлювальних пристроїв. Конструкція світильника повинна відповідати номінальній напрузі мережі, а також умовам навколишнього середовища. Особливо небезпечно встановлювати звичайні (незахищені) світильники у вологих приміщеннях.

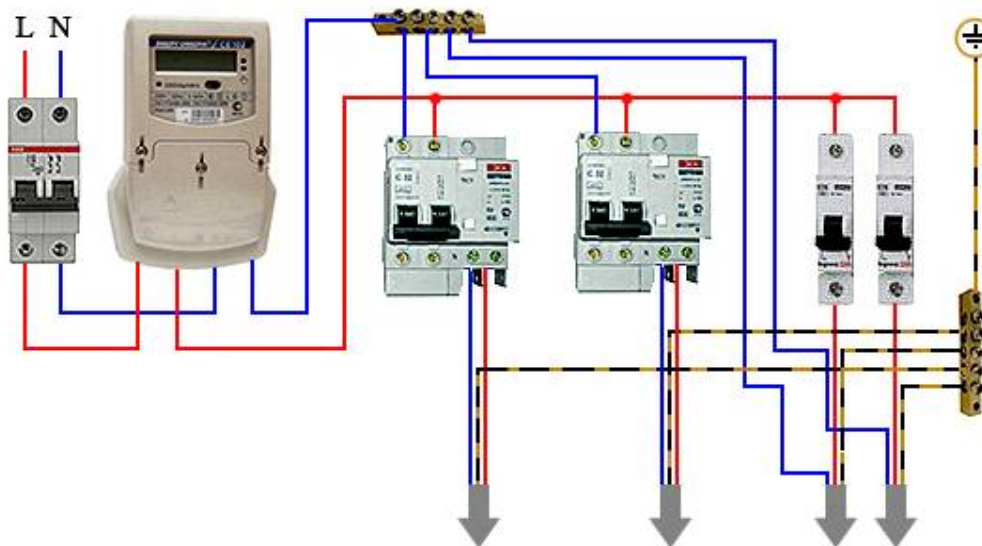
Освітлювальну арматуру та електролампи забороняється чистити під напругою, а також вогкими ганчірками.

Пошкоджені вимикачі, патрони, штепсельні роз'єкти та інші електроприлади не можна ремонтувати під напругою. Їх потрібно вимкнути з мережі, а при ремонті проводки — вимкнути вимикач або викрутити запобіжник. На безпеку впливає також місце встановлення вимикачів і розеток (рис.7.9).

Так, у ванних та душових кімнатах встановлювати вимикачі та звичайні розетки забороняється. Вимикач потрібно розміщувати у фазному проводі.



a)



б)

Рисунок 7.8 – Варіанти використання пристроїв захисного вимикання (ПЗВ) у побуті:

а) всі групи струмоприймачів захищені одним диференційним автоматичним вимикачем, (увімкнений після лічильника електроенергії); б) дві групи струмоприймачів (окремі струмоприймачі чи приміщення) захищені окремими диференційними автоматичними вимикачами

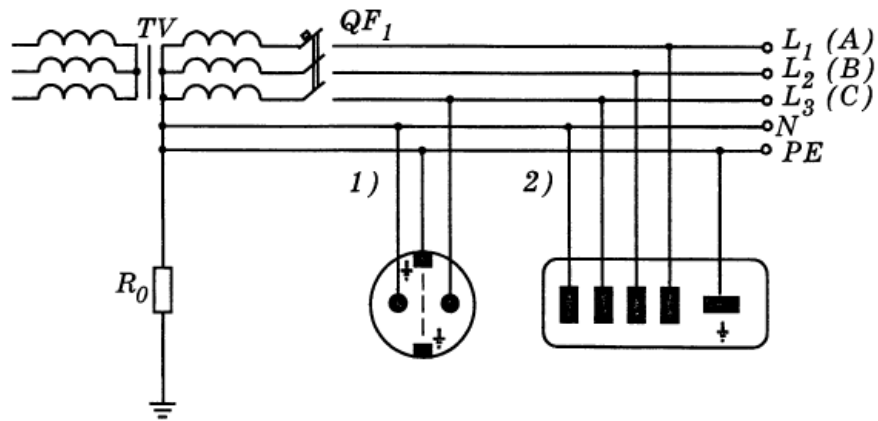


Рисунок 7.9 – Підключення штепсельних розеток із захисним контактом:

1 – однополюсної; 2 – триполюсної

Електричні лампи під час горіння не повинні торкатися до матеріалу абажура, їх не можна накривати папером.

Електронагрівні прилади встановлюють на вогнетривких підставках на віддалі від легкозаймистих предметів та рідини.

Забороняється вмикати прилади з оголеними кінцями проводів, для цього слід користуватися штепсельними вилками й роз'єднати.

Не дозволяється залишати увімкненими електричні прилади без нагляду або під наглядом дітей.

8 ЗАХИСТ ВІД ПЕРЕНАПРУГ СІЛЬСЬКО-ГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

8.1 Загальні положення

Питання захисту від перенапруг регламентовані в Україні рядом документів, зокрема:

- Національним стандартом ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (ІЕС 62305:2006, NEQ);
- Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ-2006);
- Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС).

ПУЕ і ПТЕЕС регламентують питання захисту від перенапруг у контексті улаштування і технічної експлуатації відповідних пристроїв і систем.

Приміром Правила улаштування електроустановок у п.п.2.4.33 – 2.4.44 «Заземлення. Захист від перенапруг» розглядають захист від перенапруг повітряних ліній електропередавання напругою до 1 кВ, а в п.п.2.5.115 – 2.5.133 «Захист ПЛ від перенапруг, заземлення» – відповідно повітряних ліній електропередавання напругою вище 1 кВ до 750 кВ.

Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів у п.п. 6.8.1 – 6.8.29 «Захист від перенапруг» регламентують питання експлуатації пристроїв захисту від перенапруг електроустановок змінного струму напругою до 150 кВ.

8.2 Класифікація будівель і споруд щодо улаштування блискавкозахисту. Визначення необхідності їх захисту від блискавки

Класифікація об'єктів визначається за небезпекою ударів блискавки для самого об'єкта і його оточення.

Безпосередня небезпечна дія блискавки – це пожежі, механічні пошкодження, травми та загибель людей і тварин, а також пошкодження електричного і електронного устаткування.

Наслідками удару блискавки можуть бути вибухи і виділення небезпечних продуктів – радіоактивних і отруйних хімічних речовин, а також бактерій та вірусів.

Удари блискавки можуть бути особливо небезпечні для електронних систем.

Щодо блискавкозахисту об'єкти поділяються на звичайні та спеціальні.

До звичайних об'єктів відносяться:

- промислові підприємства;
- тваринницькі і птахівничі будівлі і споруди;
- житлові і адміністративні будівлі, універмаги, банки, страхові компанії;
- дошкільні установи, школи;
- лікарні, притулки для старих;
- музеї і археологічні пам'ятники;
- спортивні споруди тощо.

До спеціальних об'єктів відносяться:

- об'єкти, що становлять небезпеку для безпосереднього оточення (нафтопереробні підприємства, заправні станції, підприємства з виробництвом і зберіганням вибухових речовин);
- об'єкти, що становлять небезпеку для екології (хімічні заводи, атомні електростанції, біохімічні фабрики і лабораторії);
- об'єкти з обмеженою небезпекою (пожежонебезпечні підприємства, електростанції, підстанції і лінії електропередавання, засоби зв'язку);
- інші об'єкти (будови висотою вище 60 м, об'єкти, що будуються).

Необхідність виконання блискавкозахисту об'єкта від прямого удару блискавки і його рівень блискавкозахисту визначаються за стандартом залежно від можливо очікуваної кількості уражень об'єкта блискавкою за рік N і суспільного значення і тяжкості наслідків від дії блискавки (табл. 8.1).

Очікувана кількість уражень об'єкта блискавкою за рік N визначається за наступними формулами:

для зосереджених споруд (димові труби, вежі, башти тощо)

$$N = 9\pi \cdot h_{об}^2 \cdot n \cdot 10^{-6}; \quad (8.1)$$

для будівель і споруд прямокутної форми:

$$N = [(S + 6h_{об})(L + 6h_{об}) - 7,7h_{об}^2] \cdot n \cdot 10^{-6}; \quad (8.2)$$

для протяжного об'єкта довжиною L (лінії електропередавання, зв'язку тощо):

$$N = 6L \cdot h_{об} \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (8.3)$$

де h – найбільша висота об'єкта, м, L – довжина об'єкта, м, S – ширина об'єкта, м, n – щільність ударів блискавки на 1 км^2 земної поверхні за рік, визначена за даними метеорологічних спостережень в місці розташування об'єкта, $1/\text{км}^2$ рік. Якщо дані спостережень відсутні n може бути приблизно розраховано за формулою:

$$n = \frac{6,7 \cdot T_{гр}}{100}, \frac{1}{\text{км} \cdot \text{рік}}, \quad (8.4)$$

де $T_{гр}$ – середня тривалість гроз у годинах, визначена за картами інтенсивності грозової діяльності (рис. 8.1) або за середніми багаторічними (не менш 10 років) даними метеостанції, найближчої до місця знаходження об'єкта.

Примітка. Для будівель і споруд складної конфігурації в якості S і L розглядається ширина і довжина найменшого прямокутника, в який може бути вписана будівля або споруда в плані.

Стандарт передбачає, що за бажанням замовника в проєкті можуть бути закладені параметри струмів блискавки, надійність захисту від прямого удару блискавки такими, що перевищують наведені в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Визначення необхідності виконання блискавкозахисту об’єкта від прямого удару блискавки і його рівень блискавкозахисту

| Об’єкт | Очікувана кількість уражень об’єкта за рік, за якою виконується блискавкозахист N , уражень/рік | Рівень блискавкозахисту |
|---|---|-------------------------|
| Будівлі і споруди або їх частини, приміщення яких згідно з ДНАОП <u>0.00-1.32-01</u> і НАПБ В.01.056-2005/111 відносяться до зон класів 1 і 20 | Незалежно від N | I |
| Будівлі і споруди або їх частини, приміщення яких згідно з ДНАОП <u>0.00-1.32-01</u> і НАПБ В.01.056-2005/111 відносяться до зон класів 2 і 21 | $N > 1$ | I |
| Зовнішні установки, що створюють згідно з ДНАОП <u>0.00-1.32-01</u> і НАПБ В.01.056-2005/111 зону класу 1 | Незалежно від N | II |
| Будівлі і споруди або їх частини, приміщення яких згідно з ДНАОП <u>0.00-1.32-01</u> і НАПБ В.01.056-2005/111 відносяться до зон класів П-I, П-II, П-IIIа | Для будівель і споруд I і II ступеня вогнестійкості у разі $0,1 < N \leq 2$ і для III÷V ступеня вогнестійкості у разі $0,02 < N \leq 2$ | II, III |
| | те саме, але у разі $N > 2$ | II |

Продовження таблиці 8.1

| Об'єкт | Очікувана кількість уражень об'єкта за рік, за якою виконується блискавкозахист N , уражень/рік | Рівень блискавкозахисту |
|--|---|-------------------------|
| Розташовані в сільській місцевості невеликі будови III-V ступенів вогнестійкості, приміщення яких згідно з ДНАОП <u>0.00-1.32-01</u> і НАПБ В.01.056-2005/111 відносяться до зон класів П-I П-II, П-IIa | $N < 0,02$ | IV |
| Зовнішні установки і відкриті склади, що створюють згідно з ДНАОП <u>0.00-1.32-01</u> і НАПБ В.01.056-2005/111 зону класів П-III | $0,1 < N \leq 2$ | III |
| | $N > 2$ | II |
| Будівлі і споруди III, IIIa, IIIб, IV, V ступенів вогнестійкості, в яких відсутні приміщення, віднесені за ДНАОП <u>0.00-1.32-01</u> і НАПБ В.01.056-2005/111 до зон вибухо- і пожежонебезпечних класів | $N > 2$ | II |
| Будівлі і споруди з легких металевих конструкцій з горючим утеплювачем (Iva ступеню вогнестійкості), в яких відсутні приміщення, віднесені за ДНАОП <u>0.00-1.32-01</u> і НАПБ В.01.056-2005/111 до зон вибухо- і пожежонебезпечних класів | $0,02 < N \leq 2$ | III |
| | $N > 2$ | II |

Продовження таблиці 8.1

| Об'єкт | Очікувана кількість уражень об'єкта за рік, за якою виконується блискавкозахист N, уражень/рік | Рівень блискавкозахисту |
|--|--|-------------------------|
| <p>Невеликі будівлі III — V ступенів вогнестійкості, розташовані в сільській місцевості, в яких відсутні приміщення, що відносяться за ДНАОП <u>0.00-1.32-01</u> і НАПБ В.01.056-2005/111 до зон вибухо- і пожежонебезпечних класів</p> | <p>Для III, IIIa, IIIб, IV, V ступеня вогнестійкості у разі $N < 0,1$ і для IVa ступеня вогнестійкості у разі $N < 0,02$</p> | <p>IV</p> |
| <p>Будівлі обчислювальних центрів, а також будівлі в яких встановлено обладнання інформаційних технологій або будь-яке інше електронне обладнання, чутливе до атмосферних перешкод</p> | <p>Незалежно від N</p> | <p>I, II</p> |
| <p>Тваринницькі і птахівничі будівлі і споруди III—V ступенів вогнестійкості: для великої рогатої худоби і свиней на 100 і більше голів, для овець на 500 голів і більше, для птахів на 1000 голів і більше, для коней на 40 голів і більше</p> | <p>Незалежно від N</p> | <p>II, III</p> |

Продовження таблиці 8.1

| Об'єкт | Очікувана кількість уражень об'єкта за рік, за якою виконується блискавкозахист N, уражень/рік | Рівень блискавкозахисту |
|---|--|-------------------------|
| Димові і інші труби підприємств і котелень, башти і вежі всіх призначень заввишки 15 м і більше | Незалежно від N | III |
| Житлові і громадські будівлі, висота яких на 25 м і більше перевищує середню висоту навколишніх будівель у радіусі 400 м, а також окремі будівлі висотою більше 30м, що віддалені від інших будівель більше ніж на 400 м | Незалежно від N | III |
| Окремі житлові і громадські будівлі в сільській місцевості, висотою більше 30 м | Незалежно від N | III |
| Громадські будівлі III—V ступенів вогнестійкості наступного призначення: дитячі дошкільні установи, школи і школи-інтернати, стаціонари лікувальних установ, спальні корпуси та їдальні установ охорони здоров'я і відпочинку, культурно-освітні і видовищні установи, адміністративні будівлі, вокзали, готелі, мотелі, кемпінги | Незалежно від N | III |

Продовження таблиці 8.1

| | | |
|---|-----------------|------------|
| Відкриті видовищні установи (зали для глядачів відкритих кінотеатрів, трибуни відкритих стадіонів тощо) | Незалежно від N | III |
| Будівлі і споруди, що є пам'ятниками історії, архітектури і культури (скульптури, обеліски тощо.) | Незалежно від N | III |

8.3 Параметри струмів блискавки

Стандарт передбачає чотири рівні блискавкозахисту – I, II, III, IV. Для кожного із рівнів встановлені максимальні (табл. 8.2) і мінімальні (табл. 8.3) фіксовані параметри струму блискавки. Імовірність того, що встановлені параметри струмів блискавки будуть відповідати параметрам природної блискавки наведені в табл. 8.4.

Таблиця 8.2 – Параметри першого імпульсу струму блискавки

| Параметр струму | Рівень блискавкозахисту | | |
|--|-------------------------|------|---------|
| | I | II | III, IV |
| Параметри першого імпульсу струму блискавки | | | |
| Максимум струму I , кА | 200 | 150 | 100 |
| Тривалість фронту T_1 , мкс | 10 | 10 | 10 |
| Час напівспаду T_2 , мкс | 350 | 350 | 350 |
| Заряд в імпульсі $Q_{\text{сум}}$, Кл | 100 | 75 | 50 |
| Питома енергії в імпульсі W/R , МДж/Ом | 10 | 5,6 | 2,5 |
| Параметри наступного імпульсу струму блискавки | | | |
| Максимум струму I , кА | 50 | 37,5 | 25 |
| Тривалість фронту T_1 , мкс | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Час напівспаду T_2 , мкс | 100 | 100 | 100 |
| Середня крутість a , кА/мкс | 200 | 150 | 100 |
| Параметри тривалого струму блискавки в інтервалах між імпульсами | | | |
| Заряд $Q_{\text{трив}}$ *, Кл | 200 | 150 | 100 |
| Тривалість T , с | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| * $Q_{\text{трив}}$ - заряд, обумовлений тривалим протіканням струму в період між двома імпульсами струму блискавки. | | | |
| Параметри повного розряду блискавки | | | |
| Повний заряд $Q_{\text{повн}}$, Кл | 300 | 225 | 150 |

Максимальні значення параметрів струму блискавки (табл. 8.2) використовуються для розрахунків:

- площі поперечного перерізу провідників;

- товщини металевої покрівлі і корпусів резервуарів, які можуть мати контакт з блискавкою;
- номінального розрядного струму ПЗП;
- розділяючої відстані для запобігання небезпечного іскріння;
- визначення параметрів випробування системи блискавкозахисту або її окремих компонентів тощо.

Таблиця 8.3 – Мінімальні параметри струму блискавки і радіуси фіктивної сфери для прийнятих рівнів блискавкозахисту

| Показник | Рівень блискавкозахисту | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | I | II | III | IV |
| Мінімальний струм I, кА | 3 | 5 | 10 | 16 |
| Радіус фіктивної сфери R, м | 20 | 30 | 45 | 60 |

Мінімальні значення амплітуди струму блискавки використовуються для встановлення радіуса фіктивної сфери, за допомогою якої може проводитись розрахунок блискавкоприймачів (див. 7.9.5) і визначатися зона блискавкозахисту 0_v (рис.8.7).

Таблиця 8.4 – Імовірність того, що прийняті параметри струму блискавки будуть відповідати параметрам природних блискавок

| Показник | Рівень блискавкозахисту | | | |
|---|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | I | II | III | IV |
| Імовірність того, що параметри струму блискавки будуть: | | | | |
| - менші, ніж максимальні величини, наведені в табл. 8.2 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,97 |
| - більші, ніж мінімальні величини, наведені в табл. 8.3 | 0,99 | 0,97 | 0,91 | 0,84 |

8.4 Захист від прямих ударів блискавки

8.4.1 Загальні вимоги

Система блискавкозахисту будівель або споруд включає захист від від прямих ударів блискавки:

- зовнішня блискавкозахисна система (БЗС);
- захист від вторинних дій блискавки – внутрішня БЗС.

В окремих випадках блискавкозахист може містити тільки зовнішню БЗС або тільки внутрішню БЗС. В загальному випадку частина струмів блискавки протікає по елементах системи внутрішнього блискавкозахисту.

Зовнішня БЗС може бути відокремленою (ізолюваною) від споруди (блискавковідводи, що стоять окремо – стрижньові або тросові, а також сусідні споруди, що виконують функції природних блискавковідводів) або може бути встановлена на об'єкті, що захищається, і навіть може бути його частиною.

Захист від прямих ударів блискавки спеціальних об'єктів, у нормальних технологічних режимах яких можуть знаходитися і утворюватися вибухонебезпечні концентрації газів (парів, пилу, волокна тощо), повинен виконуватися блискавковідводами, що стоять окремо. Віддаленість блискавковідводів, що стоять окремо від об'єкта, який захищається, і підземних металевих комунікацій визначаються галузевими нормативними документами.

Надійність захисту від прямих ударів блискавки P_z слід приймати:

- $0,99 \div 0,999$ – для об'єктів I^{го} рівня блискавкозахисту ;
- $0,95 \div 0,99$ – для об'єктів II^{го} рівня блискавкозахисту ;
- $0,9 \div 0,95$ – для об'єктів III^{го} рівня блискавкозахисту ;
- не нижче ніж $0,85$ – для об'єктів IV^{го} рівня блискавкозахисту.

8.4.2 Зовнішня блискавкозахисна система

До складу зовнішньої БЗС в загальному випадку входять блискавкоприймачі, струмовідводи і заземлювачі. У разі спеціального

виготовлення їх матеріал і розміри повинні задовольняти вимогам табл. 8.5.

Таблиця 8.5 – Матеріал і мінімальні перерізи елементів зовнішньої БЗС

| Рівень захисту | Матеріал | Площа поперечного перерізу, мм ² | | |
|----------------|----------|---|---------------|--------------------------|
| | | блискавко-приймача | струмовідводу | заземлювача |
| I-IV | Сталь | 50 | 50 | 100 |
| I-IV | Алюміній | 70 | 25 | Не застосовується |
| I-IV | Мідь | 35 | 16 | 50 |

Вказані значення можуть бути збільшені в залежності від підвищеної корозії або механічних дій.

Опори стрижневих блискавковідводів (рис.8.2) повинні бути розраховані на механічну міцність як конструкції, що стоять вільно, а опори тросових блискавковідводів – з урахуванням натягу троса і дії на нього навантаження від вітру та ожеледі. Опори блискавковідводів, що стоять окремо, можуть виконуватися із сталі будь-якої марки, залізобетону або дерева відповідно до проведених розрахунків.

8.4.3 Блискавкоприймачі

Блискавкоприймачі можуть бути:

- спеціально встановленими, у тому числі на об'єкті;
- конструкційними елементами об'єкта, що захищається(природні блискавкоприймачі).

Блискавкоприймачі можуть складатися з довільної комбінації таких елементів: стрижнів, натягнутих дротів (тросів), сітчастих провідників (сіток).

Для звичайних об'єктів як природні блискавкоприймачі можуть розглядатися конструкційні елементи будівель і споруд, наведені в табл. 8.6.

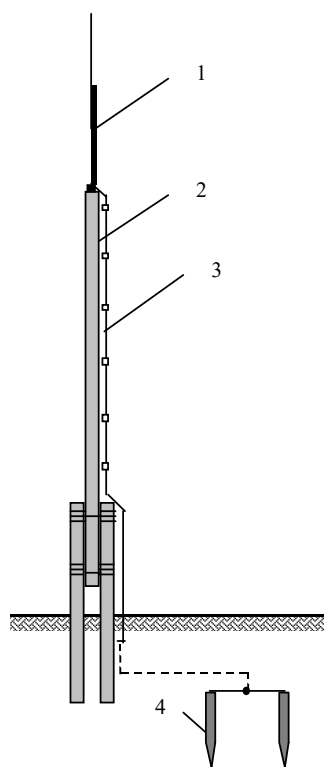


Рисунок 8.2 – Опора стрижньового блискавковідводу:

1 – блискавкоприймач; 2 – несуча конструкція; 3 – струмовідвід;
4 – заземлювач

8.4.4 Струмовідводи

З метою зниження імовірності виникнення небезпечного іскріння струмовідводи необхідно розташовувати таким чином, щоб між точкою ураження і землею:

- струм розтікався декількома паралельними шляхами;
- довжина шляхів розтікання струму була обмежена до мінімуму. Стандарт з цього приводу передбачає, що «струмовідводи прокладаються по прямих і вертикальних лініях так, щоб шлях до землі був найкоротшим».

Якщо блискавкоприймач складається зі стрижнів, встановлених на окремих опорах (або одній опорі), на кожному опорі повинен бути передбачений мінімум один струмовідвід.

Таблиця 8.6 – Конструкційні елементи будівель і споруд, що можуть розглядатися як природні блискавкоприймачі для звичайних об'єктів

| Конструкційний елемент | Умови, за яких конструкційний елемент може розглядатися як природний блискавкоприймач для звичайних об'єктів |
|---|---|
| <p>1 Металеві покрівлі об'єктів, що захищаються</p> | <p>Електрична неперервність між різними частинами забезпечена на довгий термін;</p> <p>Товщина металу покрівлі є не меншою за величину t, яку наведено в табл. 8, якщо необхідно захистити покрівлю від пошкодження або пропалу;</p> <p>Товщина металу покрівлі складає не менше 0,5 мм, якщо її не обов'язково захищати від пошкоджень і немає небезпеки займання спалимих матеріалів, що знаходяться під покрівлею;</p> <p>Покрівля не має ізоляційного покриття. При цьому невеликий шар антикорозійної фарби або шар 0,5 мм асфальтового покриття, або шар 1 мм пластикового покриття не вважаються ізоляцією;</p> <p>Неметалеві покриття на/або під металевою покрівлею не виходять за межі об'єкта, що захищається</p> |
| <p>2 Металеві конструкції даху (ферми, з'єднана сталева арматура)</p> | |
| <p>3 Металеві елементи типу водостічних труб, прикрас, огорож по краю даху тощо</p> | <p>Переріз елементів не менше значень, визначених для звичайних блискавкоприймачів</p> |

| 4 Технологічні металеві труби і резервуари | Елементи виконані з металу товщиною не менше 2,5 мм і проплавлення або пропал цього металу не приведе до небезпечних або недопустимих наслідків | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------------------|-------------------------|----------|----------------------------|------|--------|---|------|------|---|------|----------|---|
| 5 Металеві труби і резервуари | <p>Елементи, виконані з металу товщиною не менше значення t, наведеного нижче в таблиці, і якщо підвищення температури з внутрішньої сторони об'єкта в точці удару блискавки не являється небезпечним.</p> <p>Товщина покрівлі, труби або корпусу резервуара, що виконують функції природного блискавкоприймача</p> <table border="1" data-bbox="709 878 1864 1115"> <thead> <tr> <th data-bbox="709 878 1115 971">Рівень блискавкозахисту</th> <th data-bbox="1125 878 1486 971">Матеріал</th> <th data-bbox="1497 878 1864 971">Товщина t, мм, не менше</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="709 971 1115 1019">I-IV</td> <td data-bbox="1125 971 1486 1019">Залізо</td> <td data-bbox="1497 971 1864 1019">4</td> </tr> <tr> <td data-bbox="709 1019 1115 1068">I-IV</td> <td data-bbox="1125 1019 1486 1068">Мідь</td> <td data-bbox="1497 1019 1864 1068">5</td> </tr> <tr> <td data-bbox="709 1068 1115 1107">I-IV</td> <td data-bbox="1125 1068 1486 1107">Алюміній</td> <td data-bbox="1497 1068 1864 1107">7</td> </tr> </tbody> </table> | | Рівень блискавкозахисту | Матеріал | Товщина t , мм, не менше | I-IV | Залізо | 4 | I-IV | Мідь | 5 | I-IV | Алюміній | 7 |
| Рівень блискавкозахисту | Матеріал | Товщина t , мм, не менше | | | | | | | | | | | | |
| I-IV | Залізо | 4 | | | | | | | | | | | | |
| I-IV | Мідь | 5 | | | | | | | | | | | | |
| I-IV | Алюміній | 7 | | | | | | | | | | | | |

Якщо блискавкоприймач складається з окремих горизонтальних дротів (тросів) або з одного дроту (троса), на кожний кінець троса потрібен мінімум один струмовідвід.

Якщо блискавкоприймач є сітчастою конструкцією, підвішеною над об'єктом, що захищається, на кожну її опору потрібно не менше одного струмовідводу. Загальна кількість струмовідводів повинна бути не менше двох.

Струмовідводи слід розташовувати по периметру об'єкта, що захищається, так, щоб середня відстань між ними була не менше значень, наведених у табл. 8.7.

Струмовідводи слід з'єднувати горизонтальними поясами поблизу поверхні землі і через кожні 20 м по висоті будівлі. Якщо металеві каркаси будівлі або сталева арматура залізобетону використовуються як струмовідводи, то прокладання горизонтальних поясів не потрібне.

Таблиця 8.7 – Середні відстані між струмовідводами залежно від рівня захищеності

| Рівень блискавкозахисту | Середня відстань, м |
|-------------------------|---------------------|
| I | 10 |
| II | 15 |
| III | 20 |
| IV | 25 |

Струмовідводи слід розташовувати рівномірно по периметру об'єкта, що захищається, і прокладати за можливості поблизу кутів будівель.

Неізольовані від об'єкта струмовідводи слід прокладати таким чином:

– якщо стіна виконана з негорючого матеріалу, струмовідводи можуть бути закріплені на поверхні стіни або проходити в стіні;

– якщо стіна виконана з горючого матеріалу, струмовідводи можуть бути закріплені безпосередньо на поверхні стіни так, щоб підвищення температури при протіканні струму блискавки не являло небезпеки для матеріалу стіни;

– якщо стіна виконана з горючого матеріалу і підвищення температури струмовідводів являє для неї небезпеку, струмовідводи повинні розташовуватися так, щоб відстань між ними і об'єктом, що захищається, завжди перевищувала 0,1 м. Металеві скоби для кріплення струмовідводів можуть бути у контакті зі стіною.

Не слід прокладати струмовідводи у водостічних трубах. Струмовідводи, які прокладаються по зовнішніх стінах будівель, слід розміщувати не ближче ніж 3 м від входів або в місцях недоступних для дотику людей.

Природними струмовідводами слід вважати такі конструктивні елементи будівель:

а) металеві конструкції за умови, що:

– електрична неперервність між різними елементами є довговічною;

– вони мають не менший переріз ніж потрібно для спеціально передбачених струмовідводів (табл. 8.5);

б) металевий каркас будівлі або споруди;

в) з'єднана між собою сталева арматура будівлі або споруди;

г) частини фасаду, профільовані елементи і опорні металеві конструкції фасаду за умови, що їх переріз відповідає вимогам табл. 8.5, що відносяться до струмовідводів, а їх товщина складає не менше 0,5 мм.

Вважається, що металева арматура залізобетонних будівель забезпечує електричну неперервність, якщо вона задовольняє наступним умовам:

– приблизно 50 % з'єднань вертикальних і горизонтальних стрижнів виконано зварюванням або мають жорсткий зв'язок (болтове кріплення, в'язання дротом);

– електрична неперервність забезпечена між сталеву арматурою різних наперед заготовлених бетонних блоків і арматурою бетонних блоків, підготовлених на місці.

8.4.5 Заземлювачі

Для захисту від прямого удару блискавки слід, як правило, використовувати природні заземлювачі – металеві і залізобетонні

конструкції будівель, споруд, зовнішніх установок, опор блискавковідводів, що стоять окремо, тощо, які перебувають у контакті з землею, у тому числі залізобетонні фундаменти в неагресивних, слабоагресивних і середньоагресивних середовищах за умови забезпечення неперервного електричного зв'язку по їх арматурі і приєднання її до закладних деталей за допомогою зварювання.

Бітумні і бітумно-латексні покриття не є перешкодою для такого використання фундаментів.

В сильноагресивних середовищах, де захист залізобетону від корозії виконується полімерними матеріалами, а також у разі вологості ґрунту менш ніж 3 % використовувати залізобетонні фундаменти як заземлювачі блискавкозахисту не допускається. Не слід також використовувати як заземлювачі залізобетонні конструкції з попередньо напруженою арматурою.

Для блискавковідводів I^{го} і II^{го} рівнів блискавкозахисту, що стоять окремо, доцільно використовувати наступні конструкції природних заземлювачів:

- один (і більше) залізобетонний підніжник за розмірами не меншими ніж 2,2 м – довжиною, 0,4 м x 0,4 м – у верхній (надземній) частині і 1,8 м x 1,8 м у нижній (підземній) частині, заглиблений у землю не менше ніж на 2 м;
- одна (і більше) залізобетонна свая або опора діаметром не менше ніж 0,25 м, заглиблена в землю не менше ніж на 5 м;
- залізобетонний фундамент довільної форми з площиною контакту з землею не менше ніж 10 м².

У разі неможливості використання природних заземлювачів для блискавковідводів, що стоять окремо, використовуються наступні штучні заземлювачі:

– для I^{го} і II^{го} рівнів блискавкозахисту – заземлювач, який складається з трьох і більше вертикальних електродів довжиною не менше ніж 3 м, об'єднаних горизонтальним електродом і відстанню між ними не менше ніж 3 м;

– для III-го рівня блискавкозахисту – заземлювач, який складається мінімум з двох вертикальних електродів довжиною не менше ніж 3 м, об'єднаних горизонтальним електродом і відстанню між ними не менше ніж 3 м;

для IV^{го} рівня блискавкозахисту – заземлювач, який складається з одного вертикального або горизонтального електрода довжиною 2 ÷ 3 м, прокладеним на глибині не менше ніж 0,5 м.

У разі неможливості використання природних заземлювачів для блискавковідводів, які мають блискавкоприймачі із сіток або металевої покрівлі, по периметру будівлі або споруди слід прокладати в землі на глибині не менше ніж 0,5 м зовнішній контур із штучних горизонтальних заземлювачів.

У ґрунтах з еквівалентним питомим опором $\rho \leq 500$ Ом·м у разі площі будівлі менше 250 м² до цього контуру в місцях приєднання струмовідводів для I і II РБЗ приварюються по одному вертикальному або горизонтальному променевому електроду довжиною 2 ÷ 3 м.

У ґрунтах з еквівалентним питомим опором $500 < \rho \leq 1000$ Ом·м у разі площі будівлі менше 900 м² до зовнішнього контуру з горизонтальних електродів в місцях приєднання струмовідводів для I і II РБЗ слід приварити не менше двох вертикальних або горизонтальних променевих електродів довжиною 2 ÷ 3 м на відстані 3 ÷ 5 м один від одного, а в місцях приєднання струмовідводів для III РБЗ слід приварити по одному вертикальному або горизонтальному променевому електроду довжиною 2 ÷ 3 м.

Штучні заземлювачі слід розміщувати під асфальтовим покриттям на відстані не менше 1 м від стін або в місцях, в яких звичайно не перебувають люди (на газонах, на відстані до 5 м і більше від ґрунтових проїжджих і пішохідних доріг).

У всіх випадках, за винятком використання блискавковідводу, що стоїть окремо, заземлювач блискавкозахисту слід суміщати із заземлювачами електроустановок і засобів зв'язку. Якщо ці заземлювачі повинні бути розділені за будь-якими технологічними міркуваннями, їх слід об'єднати в загальну систему за допомогою системи зрівнювання потенціалів, відповідно ДБН В.2.5-27-2006 або ПУЕ: 2006.

З'єднання в системі блискавкозахисту слід виконувати зварюванням, паянням, допускається також вставка в затискний наконечник або болтове кріплення.

8.5 Вибір блискавковідводів

8.5.1 Загальні вимоги

Вибір типу і висоти блискавковідводів провадиться виходячи зі значень необхідної надійності P_z блискавкозахисту. Об'єкт вважається захищеним, якщо сукупність всіх його блискавковідводів забезпечує надійність захисту не менше P_z .

У всіх випадках система захисту від прямих ударів блискавки вибирається так, щоб максимально використовувалися природні блискавковідводи, а якщо забезпечувана ними захищеність недостатня – в комбінації зі спеціально встановленими блискавковідводами.

В загальному випадку вибір місць встановлення і параметрів блискавковідводів повинен проводитися за допомогою відповідних комп'ютерних програм, здатних обчислювати зони захисту або імовірність прориву блискавки в об'єкт (групу об'єктів) будь-якої конфігурації при довільному розташуванні практично будь-якого числа блискавковідводів різних типів.

За інших рівних умов висоту блискавковідводів можна понизити, якщо замість стрижньових конструкцій застосовувати тросові, особливо при їх підвішуванні по зовнішньому периметру об'єкта.

Якщо захист об'єкта забезпечується найпростішими блискавковідводами (одиничним стрижньовим, одиничним тросовим, подвійним стрижньовим, подвійним тросовим, замкнутим тросовим), розміри блискавковідводів можна визначати, користуючись зонами захисту блискавковідводів, які відповідають заданому значенню P_z .

У разі проектування блискавкозахисту для звичайного об'єкта, можливо визначення зон захисту блискавковідводів за захисним кутом або методом фіктивної сфери (п. 8.5.7).

8.5.2 Зони захисту одиничних стрижньових блискавковідводів

Стандартною зоною захисту одиничного стрижньового блискавковідводу висотою h є круговий конус висотою $h_o < h$, вершина якого співпадає з вертикальною віссю блискавковідводу (рис.8.3).

Габарити зони визначаються двома параметрами: висотою конуса h_o і радіусом конуса на рівні землі r_o .

Наведені у табл. 8.8 розрахункові формули придатні для блискавковідводів висотою до 150 м. При більш високих блискавковідводах слід користуватися спеціальною методикою розрахунку.

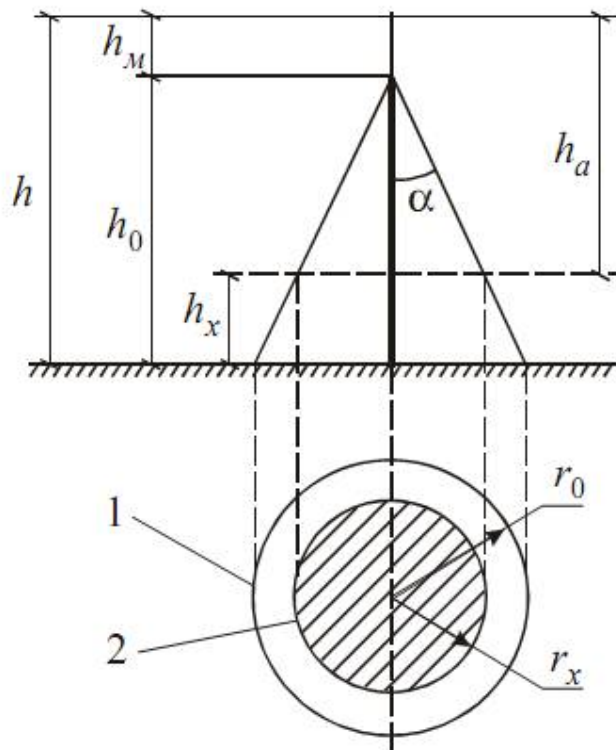


Рисунок 8.3 – Зони захисту одиничного стрижньового блискавковідводу:

1 – межа зони захисту на поверхні землі; 2 – те ж на висоті h_x від поверхні землі; h – висота блискавковідводу; h_o і r_o – відповідно висота і радіус конуса; r_x – радіус зони захисту на висоті h_x

Таблиця 8.8 – Розрахунок зони захисту одиничного стрижньового блискавковідводу

| Надійність захисту P_z | Висота блискавковідводу h , м | Висота конуса h_0 , м | Радіус конуса r_0 , м |
|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 0,9 | від 0 до 100 | $0,85h$ | $1,2h$ |
| | від 100 до 150 | $0,85h$ | $[1,2-10^{-3}(h-100)]h$ |
| 0,99 | від 0 до 30 | $0,8h$ | $0,8h$ |
| | від 30 до 100 | $0,8h$ | $[0,8-1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$ |
| | від 100 до 150 | $[0,8-10^{-3}(h-100)]h$ | $0,7h$ |
| 0,999 | від 0 до 30 | $0,7h$ | $0,6h$ |
| | від 30 до 100 | $[0,7-7,14 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$ | $[0,6-1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$ |
| | від 100 до 150 | $[0,65-10^{-3}(h-100)]h$ | $[0,5-2 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$ |

Для зони захисту необхідної надійності одиничного стрижньового блискавковідводу радіус горизонтального перерізу r_x на висоті h_x визначається за формулою:

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0} \quad (8.5)$$

8.5.3 Зони захисту одиничних тросових блискавковідводів

Стандартні зони захисту одиничного тросового блискавковідводу висотою h обмежені симетричними двоххилими поверхнями, що створюють у вертикальному перерізі рівнобедрений трикутник з вершиною на висоті $h_0 < h$ і основою на рівні землі $2r_0$ (рис. 8.4).

Наведені у табл. 8.9 розрахункові формули придатні для блискавковідводів висотою до 150 м. При більшій висоті слід користуватися спеціальним програмним забезпеченням. Тут і далі

під h розуміється мінімальна висота троса над рівнем землі (з урахуванням провисання).

Напівширина r_x зони захисту необхідної надійності одиничного тросового блискавковідводу на висоті h_x від поверхні землі визначається за формулою 8.5.

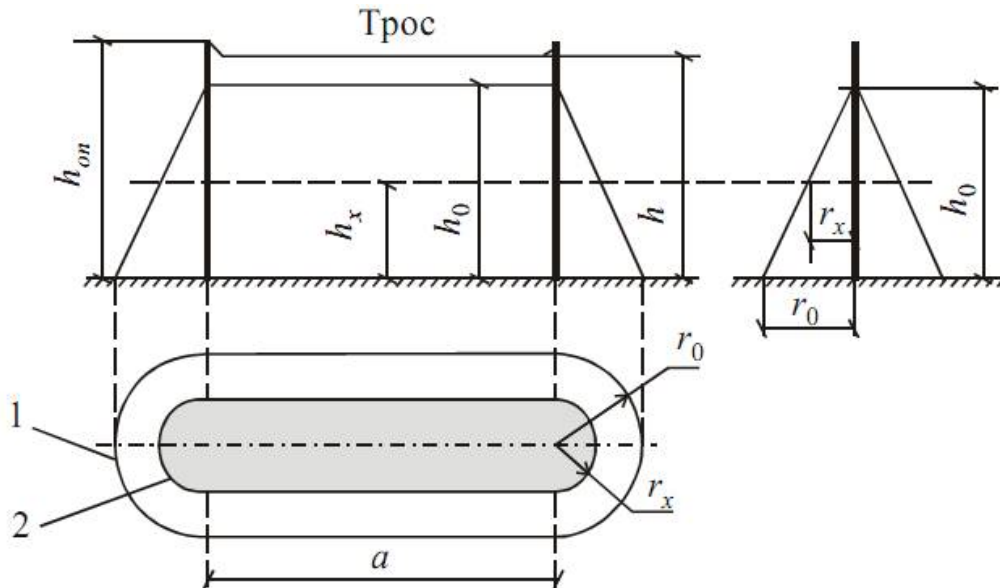


Рисунок 8.4 – Зони захисту одиничного тросового блискавковідводу:

1 – межа зони захисту на поверхні землі; 2 – те ж на висоті h_x від поверхні землі; h – мінімальна висота троса над рівнем землі; h_0 – висота конуса; r_0 – радіус конуса; r_x – напівширина зони захисту на висоті h_x від поверхні землі; a – відстань між точками підвісу тросів

За необхідності розширити об'єм, що захищається, до торців зони захисту власне тросового блискавковідводу можуть додаватися зони захисту несучих опор, які розраховуються за формулами для одиничних стрижньових блискавковідводів, наведених у табл. 8.8.

У разі великих провисань тросів, наприклад, на повітряних лініях електропередавання, рекомендується розраховувати забезпечувану імовірність прориву блискавки програмними методами, оскільки побудова зон захисту за мінімальною висотою троса в прольоті може привести до невиправданих витрат.

Таблиця 8.9 – Розрахунок зони захисту одиничного тросового блискавковідводу

| Надійність захисту P_3 | Висота блискавковідводу h , м | Висота конуса h_o , м | Радіус конуса r_o , м |
|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 0,9 | від 0 до 150 | $0,87 h$ | $1,5 h$ |
| 0,99 | від 0 до 30 | $0,8 h$ | $0,95 h$ |
| | від 30 до 100 | $0,8 h$ | $[0,95 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$ |
| | від 100 до 150 | $0,8 h$ | $[0,9 - 10^{-3}(h-100)] h$ |
| 0,999 | від 0 до 30 | $0,75 h$ | $0,7 h$ |
| | від 30 до 100 | $[0,75 - 4,28 \cdot 10^{-4}(h-30)] h$ | $[0,7 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)] h$ |
| | від 100 до 150 | $[0,72 - 10^{-3}(h-100)] h$ | $[0,6 - 10^{-3}(h-100)] h$ |

8.5.4 Зони захисту подвійного стрижньового блискавковідводу

Блискавковідвід вважається подвійним, коли відстань між стрижньовими блискавкоприймачами L не перевищує граничної величини L_{max} . В супротивному випадку обидва блискавковідводи розглядаються як одиничні.

Конфігурація вертикальних і горизонтальних перерізів стандартних зон захисту подвійного стрижньового блискавковідводу (висотою h і відстанню L між блискавковідводами) наведена на рис. 8.5.

Побудова зовнішніх областей зон подвійного блискавковідводу (напівконусів з габаритами h_o , r_o) виконується за формулами табл. 8.8 для одиничних стрижньових блискавковідводів. Розміри внутрішніх областей визначаються параметрами h_o і h_c , перший з яких задає максимальну висоту зони безпосередньо біля блискавковідводів, а

другий – мінімальну висоту зони посередині між блискавковідводами. При відстані між блискавковідводами $L \leq L_c$ межа зони не має провисання ($h_c = h_o$). Для відстаней $L_c \leq L \leq L_{max}$ висота h_c визначається за формулою:

$$h_c = \frac{L_{max} - L}{L_{max} - L_c} h_o. \quad (8.6)$$

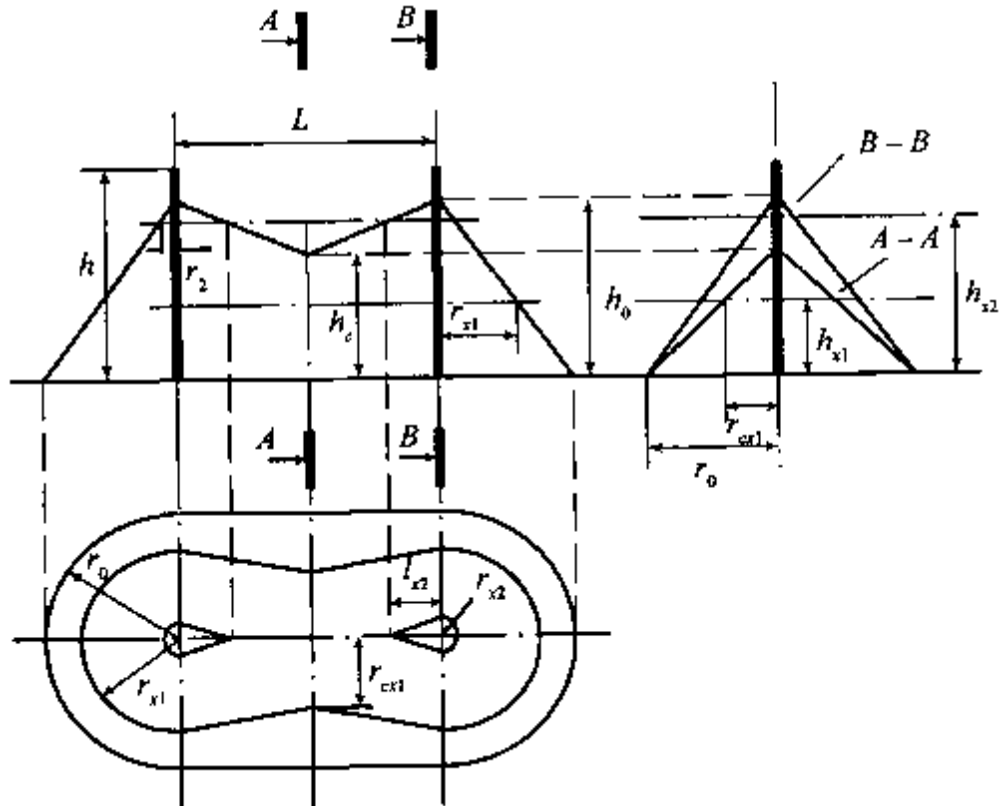


Рисунок 8.5 – Зони захисту подвійного стрижньового блискавковідводу:

L – відстань між блискавковідводами; h – висота блискавковідводу; h_o – максимальна висота зони захисту безпосередньо біля блискавковідводу; r_o – радіус конуса; r_x – максимальна напівширина зони в горизонтальному перерізі на висоті h_x ; h_c – мінімальна висота зони захисту посередині між блискавковідводами; r_{cx} – ширина горизонтального перерізу в центрі між блискавковідводами

Граничні відстані L_{max} і L_c обчислюються за емпіричними формулами табл. 8.10, придатними для блискавковідводів висотою до

150 м. При більшій висоті блискавковідводів слід користуватися спеціальним програмним забезпеченням.

Таблиця 8.10 – Розрахунок параметрів зони захисту подвійного стрижньового блискавковідводу

| Надійність захисту P_3 | Висота блискавковідводу h , м | L_{max} , м | L_c , м |
|--------------------------|---------------------------------|--|------------------------------|
| 0,9 | від 0 до 30 | $5,75 h$ | $2,5h$ |
| | від 30 до 100 | $[5,75 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$ | $2,5h$ |
| | від 100 до 150 | $5,5h$ | $2,5h$ |
| 0,99 | від 0 до 30 | $4,75h$ | $2,25h$ |
| | від 30 до 100 | $[4,75 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$ | $[2,25 - 0,01007(h - 30)] h$ |
| | від 100 до 150 | $4,5h$ | $1,5h$ |
| 0,999 | від 0 до 30 | $4,25h$ | $2,25h$ |
| | від 30 до 100 | $[4,25 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$ | $[2,25 - 0,01007(h - 30)] h$ |
| | від 100 до 150 | $4,0h$ | $1,5h$ |

Розміри горизонтальних перерізів зони захисту обчислюються за наступними формулами, загальними для всіх рівнів надійності блискавкозахисту:

– максимальна напівширина зони r_x в горизонтальному перетині на висоті h_x розраховується за формулою (8.5);

– довжина горизонтального перерізу l_x на висоті $h_x \geq h_c$:

$$l_x = \frac{L(h_0 - h_x)}{2(h_0 - h_c)} ; \quad (8.7)$$

при $h_x < h_c$

$$l_x = \frac{L}{2}; \quad (8.8)$$

– ширина горизонтального перерізу в центрі між блискавковідводами $2r_{cx}$ на висоті $h_x \leq h_c$:

$$r_{cx} = \frac{r_0(h_c - h_x)}{h_c}. \quad (8.9)$$

8.5.5 Зона захисту подвійного тросового блискавковідводу

Блискавковідвід вважається подвійним, коли відстань між тросами L не перевищує граничної величини L_{max} . В супротивному випадку обидва блискавковідводи розглядаються як одиничні.

Конфігурація вертикальних і горизонтальних перерізів стандартних зон захисту подвійного тросового блискавковідводу (заввишки h і відстанню між тросами L) наведена на рис. 8.6.

Побудова зовнішніх областей зон (двох односхилих поверхонь з габаритами h_o , r_o) виконується за формулами табл. 8.9 для одиничних тросових блискавковідводів.

Розміри внутрішніх областей визначаються параметрами h_o і h_c , перший з яких задає максимальну висоту зони безпосередньо біля тросів, а другий – мінімальну висоту зони посередині між тросами. При відстані між тросами $L \leq L_c$ межа зони не має провисання ($h_c = h_o$). Для відстаней $L_c \leq L \leq L_{max}$ висота h_c визначається за формулою (8.6).

Граничні відстані L_{max} і L_c обчислюються за емпіричними формулами табл. 8.11, придатними для тросів з висотою підвісу до 150 м. При більшій висоті блискавковідводів слід користуватися спеціальним програмним забезпеченням.

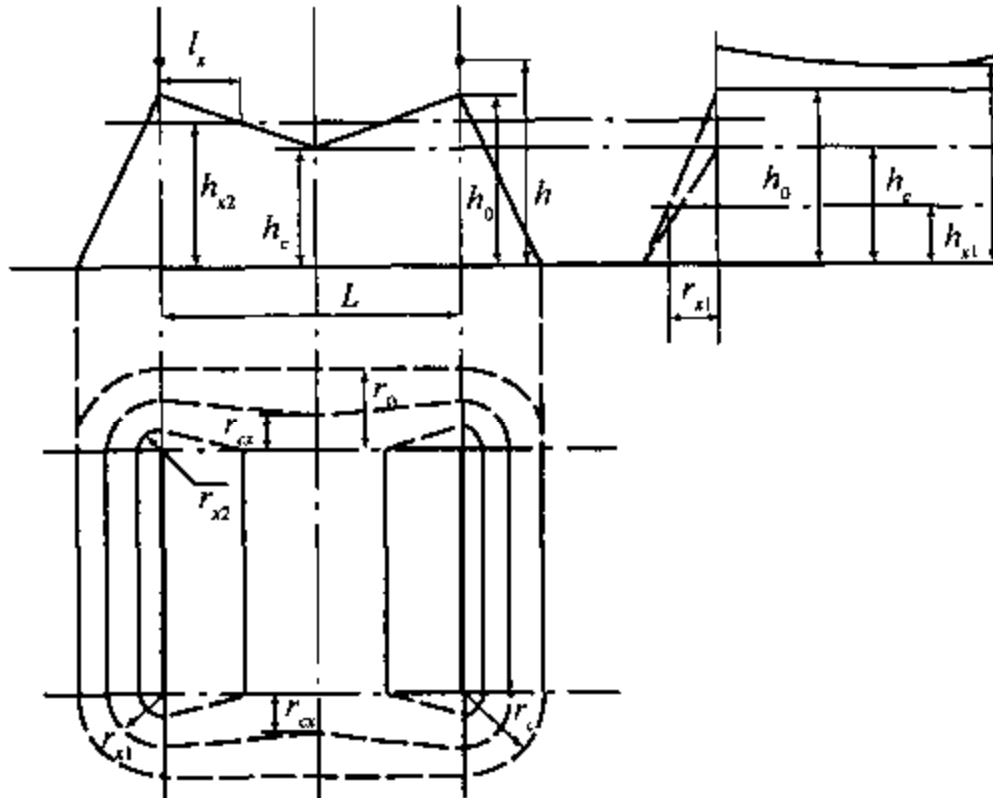


Рисунок 8.6 – Зона захисту подвійного тросового блискавковідводу:

L – відстань між тросами; h – мінімальна висота тросу над рівнем землі; h_o – максимальна висота зони захисту безпосередньо біля тросів; r_o – радіус конуса на рівні землі; h_c – мінімальна висота зони захисту посередині між тросами

Довжина горизонтального перерізу зони захисту l_x на висоті h_x визначається:

- при $0 < h_c < h_x$ за формулою (8.7);
- при $h_c \geq h_x$ за формулою (8.8).

Для розширення об'єму, що захищається, на зону подвійного тросового блискавковідводу може бути накладена зона захисту опор, несучих троси, яка будується як зона подвійного стрижньового блискавковідводу, якщо відстань L між опорами менше L_{max} , обчислена за формулами табл. 8.10. В супротивному випадку опори повинні розглядатися як одиничні стрижньові блискавковідводи.

Таблиця 8.11 – Розрахунок параметрів зони захисту подвійного тросового блискавковідводу

| Надійність захисту P_3 | Висота блискавковідводу h , м | L_{max} , м | L_c , м |
|--------------------------|---------------------------------|---|---|
| 0,9 | від 0 до 150 | $6,0h$ | $3,0h$ |
| | від 0 до 30 | $5,0h$ | $2,5h$ |
| 0,99 | від 30 до 100 | $5,0h$ | $[2,5 - 7,14 \cdot 10^{-3}(h - 30)] h$ |
| | від 100 до 150 | $[5,0 - 5 \cdot 10^{-3}(h - 100)] h$ | $[2,0 - 5 \cdot 10^{-3}(h - 100)] h$ |
| 0,999 | від 0 до 30 | $4,75h$ | $2,25h$ |
| | від 30 до 100 | $[4,75 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)] h$ | $[2,25 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)] h$ |
| | від 100 до 150 | $[4,5 - 5 \cdot 10^{-3}(h - 100)] h$ | $[2,0 - 5 \cdot 10^{-3}(h - 100)] h$ |

Коли троси непаралельні або різновисокі, або їх висота змінюється за довжиною прольоту, для оцінки надійності їх захисту слід користуватися спеціальним програмним забезпеченням. Так само рекомендується діяти при великих провисаннях тросів в прольоті, щоб уникнути зайвих запасів за надійністю захисту.

8.5.6 Зони захисту замкнутого тросового блискавковідводу

Наведені нижче розрахункові формули можуть використовуватися для визначення висоти підвісу замкнутого тросового блискавковідводу, призначеного для захисту з необхідною надійністю об'єктів заввишки $h_o < 30$ м, розміщених на прямокутному майданчику площею S_o у внутрішньому об'ємі зони при мінімальному горизонтальному зсуві між блискавковідводом і об'єктом,

рівному D (рис.8.7). Під висотою підвісу троса мається на увазі мінімальна відстань від троса до поверхні землі з урахуванням можливих провисань у літній сезон.

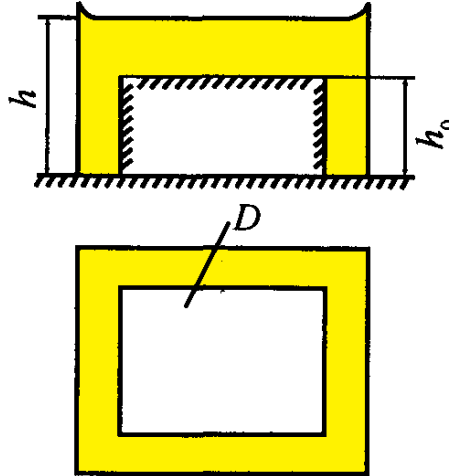


Рисунок 8.7 – Зона захисту замкнутого тросового блискавковідводу:

h – висота замкнутого тросового блискавковідводу; $h_{об}$ – висота об'єкта; D – горизонтальний зсув між блискавковідводом і об'єктом

Для розрахунку h використовується формула:

$$h = A + B \cdot h_0, \quad (8.10)$$

в якому константи A і B визначаються залежно від рівня надійності захисту за наступними формулами:

1) надійність захисту $P_3 = 0,99$:

$$A = -0,14 + 0,252(D - 5) + [0,127 + 6,4 \cdot 10^{-4}(D - 5)]\sqrt{S_0}; \quad (8.11)$$

$$B = 1,05 - 9,08 \cdot 10^{-3}(D - 5) + [-3,44 \cdot 10^{-3} + 5,87 \cdot 10^{-5}(D - 5)]\sqrt{S_0}. \quad (8.12)$$

2) надійність захисту $P_3 = 0,999$:

$$A = -0,08 + 0,324(D - 5) + [0,161 + 2,41 \cdot 10^{-4}(D - 5)]\sqrt{S_0}; \quad (8.13)$$

$$B = 1,1 - 0,0115(D - 5) + [-4,24 \cdot 10^{-3} + 1,25 \cdot 10^{-4}(D - 5)]\sqrt{S_0}. \quad (8.14).$$

Розрахункові співвідношення справедливі, коли $D > 5$ м. Робота з меншими горизонтальними зсувами троса недоцільна через високу імовірність зворотних перекриттів блискавки з троса на об'єкт, що захищається.

З економічних міркувань замкнуті тросові блискавковідводи не рекомендуються, коли необхідна надійність захисту менше 0,99.

Якщо висота об'єкта перевищує 30 м, а також у випадку замкнутого контуру складної форми, висоту замкнутого тросового блискавковідводу рекомендується визначати за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Після вибору висоти блискавковідводів за їх зонами захисту рекомендується перевірити відповідними розрахунками на ПЕОМ фактичну імовірність прориву блискавки, а у разі великого запасу за надійністю, провести коригування, задаючи меншу висоту блискавковідводів.

8.5.7 Визначення зон захисту блискавковідводів методами захисного кута, фіктивної сфери і у разі застосування захисної сітки

При проектуванні блискавкозахисту об'єктів висотою до 60 м може бути вибраний будь-який спосіб визначення зон захисту блискавковідводів: методами захисного кута, фіктивної сфери і у разі застосування захисної сітки.

Доцільно використовувати окремі методи в наступних випадках:

- метод захисного кута (рис. 8.8) – для простих за формою споруд і об'єктів IV^{го} рівня блискавкозахисту або для маленьких частин великих споруд;
- метод фіктивної сфери (рис. 8.9) – для споруд складної форми;
- застосування захисної сітки (рис. 8.10) доцільно в загальному випадку і особливо для захисту поверхонь.

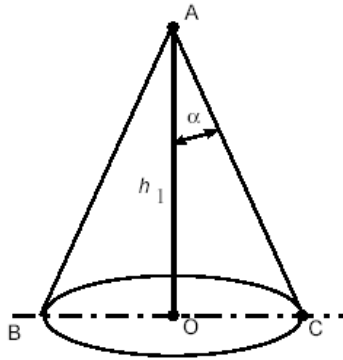


Рисунок 8.8 – Зона захисту стрижньового блискавковідводу з вершиною A , побудована за захисним кутом α

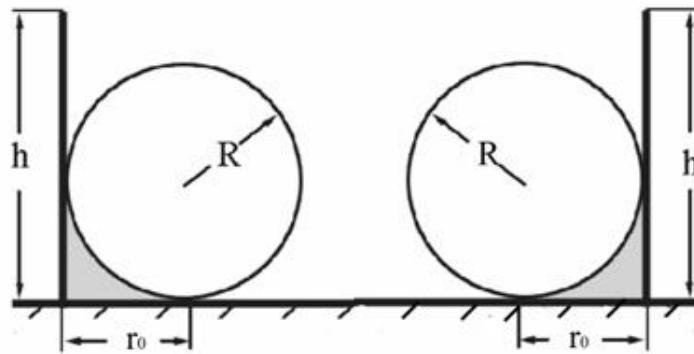


Рисунок 8.9 – Визначення зони блискавкозахисту стрижньового блискавковідводу методом фіктивної сфери за стандартом МЕК

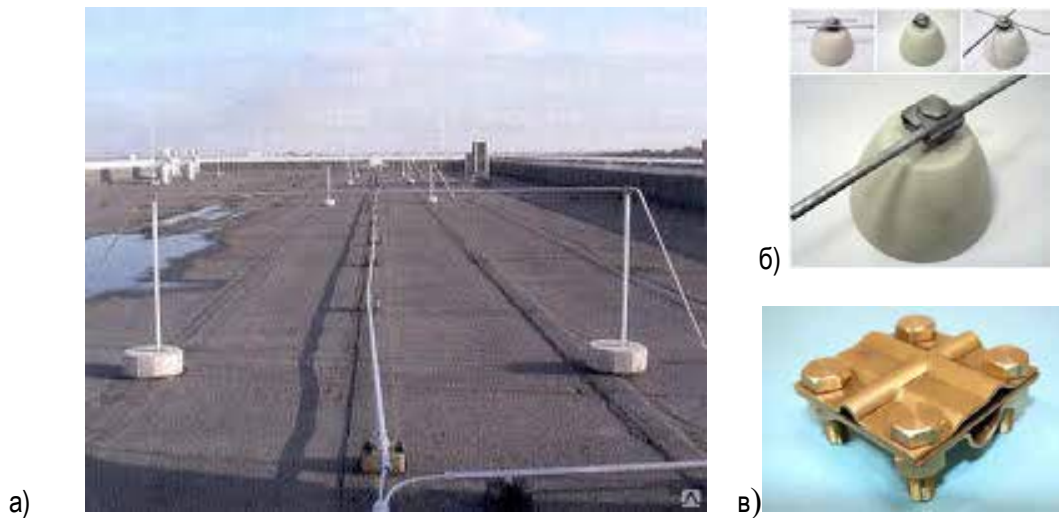


Рисунок 8.10 – Блискавкозахисна сітка на поверхні будівлі:
 а) загальний вигляд; б) проводотримач; в) затискач

У табл. 8.12 для I – IV рівнів блискавкозахисту наводяться значення кута α при вершині зони захисту, радіуса фіктивної сфери R , а також гранично допустимий крок чарунки сітки.

Таблиця 8.12 – Параметри для розрахунку зон захисту блискавкоприймачів методами захисного кута, фіктивної сфери і у разі застосування блискавкозахисної сітки

| Рівень захисту | Радіус фіктивної сфери R , м | Кут α° , при вершині блискавковідводу для будівель різної висоти $h_{об}$, м | | | | Крок чарунки сітки, м |
|----------------|--------------------------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| | | 20 | 30 | 45 | 60 | |
| I | 20 | 25 | * | * | * | 5 |
| II | 30 | 35 | 25 | * | * | 10 |
| III | 45 | 45 | 35 | 25 | * | 10 |
| IV | 60 | 55 | 45 | 35 | 25 | 20 |

* У цих випадках застосовні тільки сітки або фіктивні сфери.

Стрижньові блискавкоприймачі, щогли і троси розміщуються так, щоб всі частини споруди знаходилися в зоні захисту, утвореного під кутом α до вертикалі. Захисний кут вибирається за табл. 8.12.

Метод захисного кута не використовується, якщо $h_{об}$ більше, ніж радіус фіктивної сфери, визначений за табл. 8.12 для відповідного рівня захисту.

Метод фіктивної сфери використовується для визначення зони захисту блискавковідводів частини або ділянок споруди, коли згідно з табл. 8.12 виключено визначення зони захисту за захисним кутом. Об'єкт вважається захищеним, якщо фіктивна сфера, торкаючись поверхні блискавковідводу і площини, на якій той встановлений, не має спільних точок з об'єктом, що захищається.

Захисна сітка захищає поверхню, якщо виконані наступні умови:

- провідники сітки проходять по краю даху, який виходить за габаритні розміри будівлі;

- провідник сітки проходить по гребеню даху, якщо нахил даху перевищує 1/10;

- бокові поверхні споруди на рівнях вище, ніж радіус фіктивної сфери (див. табл. 8.12), захищені блискавковідводами або сіткою;

- розміри чарунки сітки не більші наведених у табл. 8.12;

- сітка виконана таким методом, щоб струм блискавки мав завжди, принаймні, два різні шляхи до заземлювача; ніякі металеві частини не повинні виступати за зовнішні контури сітки.

Провідники сітки повинні бути прокладені, наскільки це можливо, найкоротшими шляхами.

8.6 Захист від вторинних дій блискавки

Захист від вторинних дій блискавки має влаштовуватися для електричних і електронних систем, чутливих до атмосферних перешкод, що використовуються в багатьох галузях виробництва і потребують спеціального захисту.

8.6.1 Зони захисту від дії блискавки

Зовнішня система блискавкозахисту, екранування, еквіпотенціальні з'єднання провідних частин і пристрої захисту від імпульсної перенапруги, як захисні засоби, визначають зони захисту від дії блискавки (рис. 8.11). Слід зазначити, що із зростанням номера зони захисту знижується вплив електромагнітного поля і струму блискавки.

Зони захисту від дії блискавки можна охарактеризувати наступним чином:

- зона 0А – зона зовнішнього середовища об'єкта, всі точки якої можуть зазнавати прямого удару блискавки і впливу виникаючого при цьому електромагнітного поля.

- зона 0В – зона зовнішнього середовища об'єкта, точки якого не зазнають прямого удару блискавки, оскільки знаходяться в просторі, захищеному зовнішньою блискавкозахисною системою. Однак в цій зоні діє повне електромагнітне поле.

- зона 1 – внутрішня зона об'єкта, точки якої не зазнають прямого удару блискавки. В цій зоні струми у всіх струмопровідних

частинах мають значно менше значення в порівнянні із зонами 0_A і 0_B . Електромагнітне поле також знижене у порівнянні з зонами 0_A і 0_B за рахунок екрануючих властивостей будівельних конструкцій.

Інші зони (2 і т.д.) встановлюються, якщо потрібно подальше зменшення струму i /або ослаблення електромагнітного поля.

Вимоги до параметрів зон визначаються відповідно до вимог щодо захисту різних зон об'єкта.

Загальні принципи розділення простору, що захищається, на зони блискавкозахисту наведені на рис.8.11.

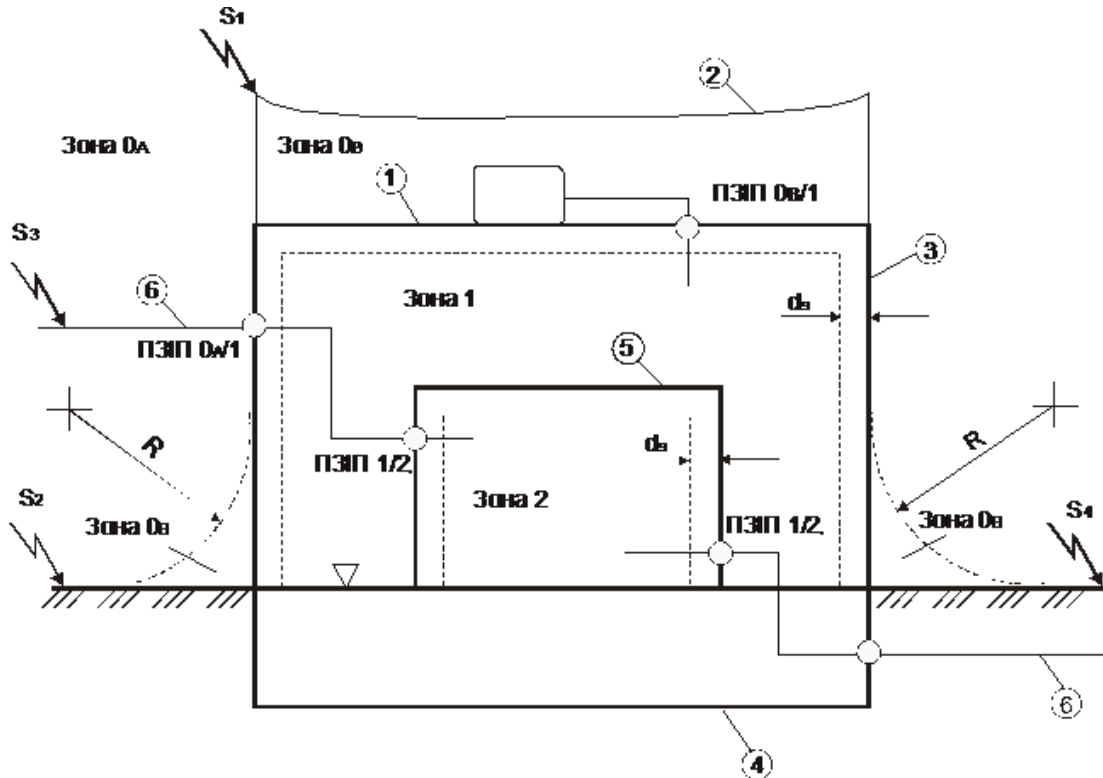


Рисунок 8.11 – Зони захисту від дії блискавки:

S_1 – розряд блискавки в блискавкоприймач; S_2 – розряд біля будівлі; S_3 – розряд у повітряний ввід до будівлі; S_4 – розряд біля кабельного вводу до будівлі; R – радіус фіктивної сфери; d_s – безпечна відстань проти надто високого магнітного поля;

▽ – рівень землі;

--○-- – екіпотенціальні з'єднання спільно з установленням ПЗП

| | |
|----------------|---|
| Зона 0А | Прямий удар, повний струм блискавки, повне магнітне поле |
| Зона 0В | Не підвержена прямому удару, частковий струм блискавки або індукований, повне магнітне поле |
| Зона 1 | Не підвержена прямому удару, обмежений струм блискавки або індукований, ослаблене магнітне поле |
| Зона 2 | Не підвержена прямому удару, індуковані струми, подальше ослаблення магнітного поля |

Захисні об'єми всередині зон 1 і 2 повинні враховувати відстань d_s .

На межах зон повинні здійснюватися заходи щодо екранування і з'єднання всіх перетинаючих межу металевих елементів і комунікацій.

Дві просторово розділені зони 1 за допомогою екранованого з'єднання можуть утворити загальну зону (рис. 8.12).

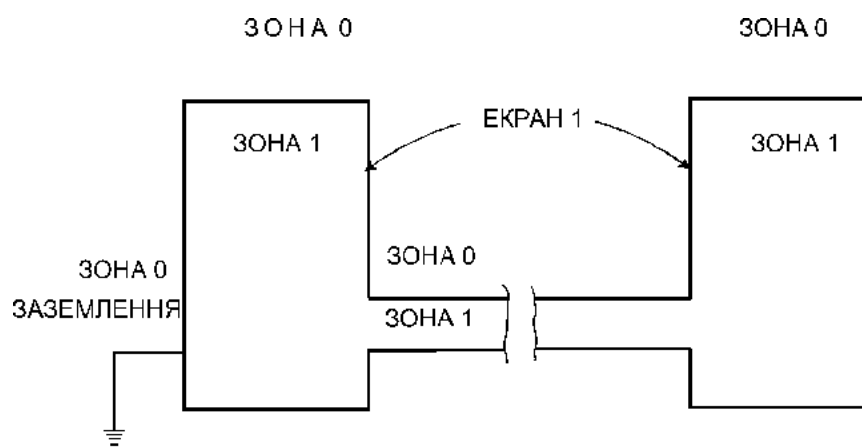
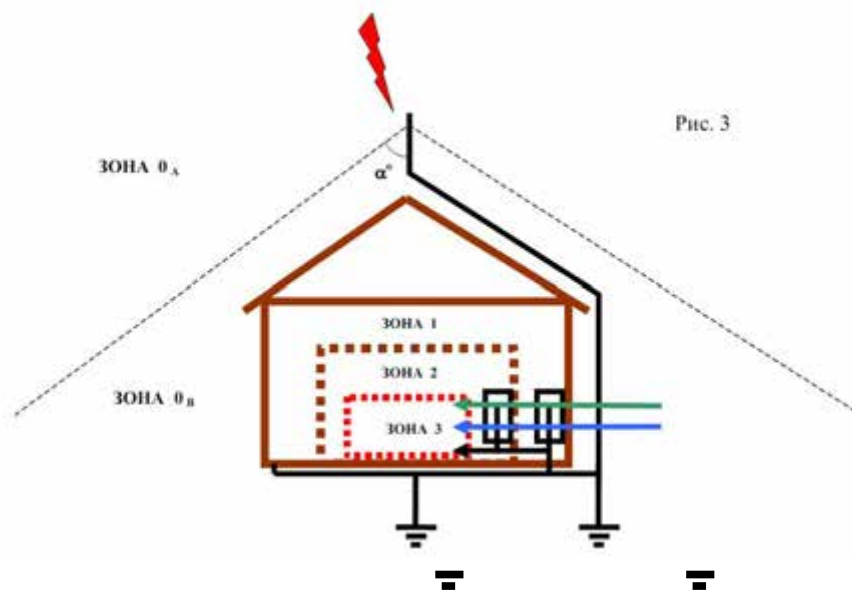


Рисунок 8.12 – Об'єднання двох зон захисту від дії блискавки

На рис. 8.13 наведено приклад розподілу об'єкта на кілька зон блискавкозахисту з їх характеристиками, а на рис. 8.14 проілюстровано виконання окремими зонами блискавкозахисту вимог щодо імпульсної стійкості ізоляції.



Кабелі живлення від електричної мережі
 Телекомунікаційні кабелі
 Провідники та елементи системи зрівнювання потенціалів

Рисунок 8.13 – Приклад розподілу об'єкта на кілька зон блискавкозахисту

Зона 0А: Зона зовнішнього середовища об'єкту, всі точки якого можуть піддаватися впливу прямого удару блискавки (мати безпосередній контакт з каналом блискавки) і виникаючого при цьому електромагнітного поля.

Зона 0В: Зона зовнішнього середовища об'єкту, точки якого не піддаються дії прямого удару блискавки (ПУБ), оскільки знаходяться в просторі, захищеному системою зовнішнього блискавкозахисту. Проте в даній зоні є дія неослабленого електромагнітного поля.

Зона 1: Внутрішня зона об'єкту, точки якої не піддаються дії прямого удару блискавки. У цій зоні струми у всіх струмопровідних частинах мають значно менші значення в порівнянні із зонами 0А і 0В. Електромагнітне поле також слабше у порівнянні із зонами 0А і 0В за рахунок екрануючих властивостей будівельних конструкцій.

Подальші зони (зона 2, і т.д.). Якщо потрібне подальше зниження розрядних струмів або електромагнітного поля в місцях розміщення чутливого устаткування, то необхідно проектувати так

звані подальші зони. Критерій для цих зон визначається відповідно загальними вимогами щодо обмеження зовнішніх дій, що впливають на систему, яка захищається. Має місце загальне правило, за яким із збільшенням номера захисної зони зменшуються вплив електромагнітного поля і струму блискавки. На межах розділу окремих зон необхідно забезпечити захисне послідовне з'єднання всіх металевих частин, із забезпеченням їх періодичного контролю.

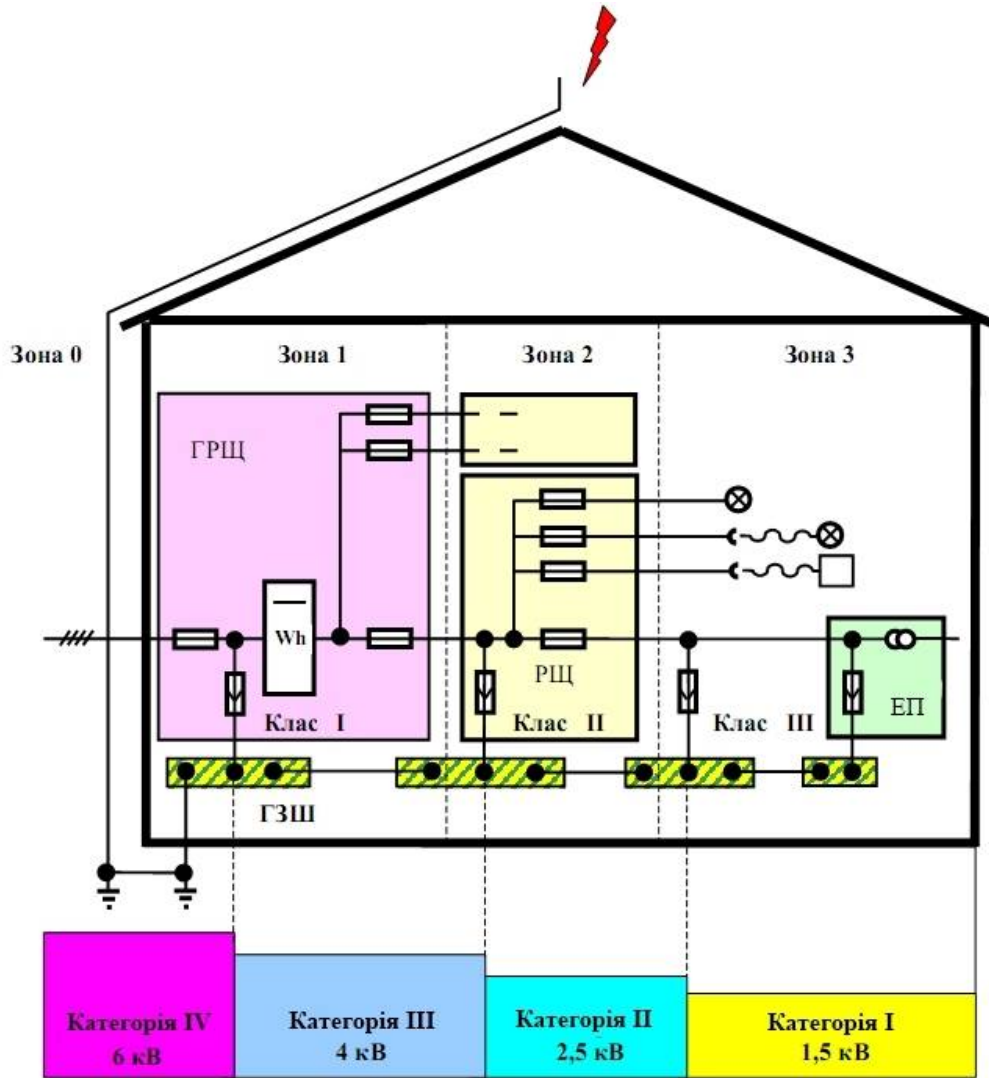


Рисунок 8.14 – Виконання окремими зонами блискавкозахисту вимог щодо імпульсної стійкості ізоляції

8.6.2 Екранування

Екранування є основним способом зменшення електромагнітних перешкод.

Металева конструкція будівельної споруди використовується або може бути використана як екран. Подібна екранна структура утворюється сталевією арматурою даху, стін, підлоги будівлі, а також металевими деталями даху, фасадів, сталевими каркасами, решітками. Ця екрануюча структура утворює електромагнітний екран з отворами (за рахунок вікон, дверей, вентиляційних отворів, чарунок сітки в арматурі, щілин в металевому фасаді, отворів для ліній електропостачання тощо). Для зменшення впливу електромагнітних полів всі провідні частини об'єкта електрично об'єднуються і з'єднуються з системою блискавкозахисту (рис.8.15).

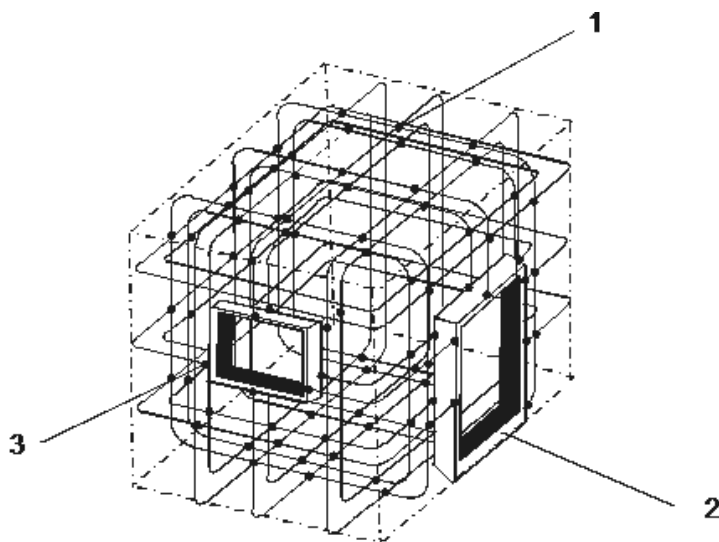


Рисунок 8.15 – Електромагнітний екран з отворами (за рахунок вікон, дверей, вентиляційних отворів, чарунок сітки в арматурі, щілин в металевому фасаді, отворів для ліній електропостачання тощо):

1 – зварювання на перехрещенні проводів; 2 – масивна безперервна дверна рама; 3 – зварювання на кожному стрижні

Якщо кабелі проходять між сусідніми об'єктами, заземлювачі останніх з'єднуються для збільшення числа паралельних провідників і зменшення, завдяки цьому, струмів в кабелях. Такій вимозі добре

задовольняє система заземлення у вигляді сітки. Для зменшення індукованих перешкод можна використовувати:

- зовнішнє екранування;
- раціональне прокладання кабельних ліній;
- екранування ліній живлення і зв'язку.

Всі ці заходи можуть бути виконані одночасно.

Якщо всередині простору, що захищається, є кабелі, що мають екрани, їх екрани з'єднуються з системою блискавкозахисту на обох кінцях і на межах зон.

Кабелі, що йдуть від одного об'єкта до іншого, по всій довжині укладаються в металеві труби, сітчасті коробки або залізобетонні коробки з сітчастою арматурою. Металеві елементи труб, коробів і екрани кабелів приєднуються до заземлювальних шин об'єктів. Можна не використовувати металеві коробки або лотки, якщо екрани кабелів здатні витримати передбачений струм блискавки.

8.6.3 З'єднання

З'єднання металевих елементів необхідні для зменшення різниці потенціалів між ними, всередині об'єкта, що захищається.

З'єднання металевих елементів і систем, що знаходяться всередині простору, що захищається, і перетинають межі зон блискавкозахисту, виконуються на межах зон. Здійснювати з'єднання слід за допомогою спеціальних провідників або затискачів і, коли це необхідно, із встановленням пристроїв захисту від імпульсних перенапруг(ПЗП).

Всі провідні частини, що входять в об'єкт зовні, з'єднуються з системою блискавкозахисту.

Якщо зовнішні провідні частини, силові кабелі або кабелі зв'язку входять в об'єкт у різних точках і тому є декілька заземлювальних шин, останні приєднуються найкоротшим шляхом до замкнутого контуру заземлення або арматури конструкції і металевого зовнішнього облицювання (за його наявності).

Якщо замкнутого контуру заземлення немає, вказані заземлювальні шини приєднуються до окремих заземлювальних електродів і з'єднуються зовнішнім кільцевим провідником, або

розірваним кільцем. Якщо зовнішні провідні частини входять в об'єкт над землею, заземлювальні шини приєднуються до горизонтального кільцевого провідника всередині або зовні стін. Цей провідник, у свою чергу, з'єднується з нижніми провідниками і арматурою.

Провідники і кабелі, що входять в об'єкт на рівні землі, рекомендується сполучати з системою блискавкозахисту на цьому ж рівні. Заземлювальна шина в точці входу кабелів в будівлю розташовується якомога ближче до заземлювача і арматури конструкції, з якими вона сполучена.

Кільцевий провідник з'єднується з арматурою або іншими екрануючими елементами, такими як металеве облицювання, через кожні 5 м. Мінімальний поперечний переріз мідних або сталевих оцинкованих електродів – 50 мм².

Заземлювальні шини для об'єктів, що мають інформаційні системи, де вплив струмів блискавки передбачається звести до мінімуму, слід виготовляти з металевих пластин з великим числом приєднань до арматури або інших екрануючих елементів.

Для контактних з'єднань і пристроїв захисту від імпульсних перенапруг, розташованих на межах зон 0 і 1, приймаються максимальні параметри струмів, вказані в табл. 8.2. За наявності декількох провідних частин, необхідно враховувати розподіл струмів по них.

Для провідних частин комунальних комунікацій, що входять в об'єкт на рівні землі, оцінюється частина струму блискавки, що ними проводиться.

Перерізи з'єднувальних провідників визначаються за табл. 8.13 і 8.14:

- табл. 8.13 використовується, якщо через провідний елемент протікає більше 25 % струму блискавки;
- табл. 8.14 використовується, якщо через провідний елемент протікає менше 25 % струму блискавки;

Таблиця 8.13 – Перерізи провідників, через які протікає більша частина струму блискавки

| Рівень захисту | Матеріал | Переріз, мм ² не менше |
|----------------|----------|--------------------------------------|
| I-IV | Мідь | 16 |
| I-IV | Алюміній | 25 |
| I-IV | Залізо | 50 |

Таблиця 8.14 – Перерізи провідників, через які протікає незначна частина струму блискавки

| Рівень захисту | Матеріал | Переріз, мм ² не менше |
|----------------|----------|--------------------------------------|
| I-IV | Мідь | 6 |
| I-IV | Алюміній | 10 |
| I-IV | Залізо | 16 |

Пристрій захисту від перенапруги, що вибирається, повинен витримувати частину струму блискавки, обмежувати перенапругу і обривати супровідні струми після головних імпульсів блискавки.

Максимальна перенапруга U_{max} на вході в об'єкт координується з витримуваною напругою внутрішньої системи.

Щоб значення U_{max} зводилося до мінімуму, лінії приєднуються до заземлювальної шини провідниками мінімальної довжини.

Всі провідні елементи, що пересікають межі зон блискавкозахисту, з'єднуються на цих межах. З'єднання здійснюється на заземлювальній шині, до якої також приєднуються екрани і інші металеві елементи (наприклад, корпуси устаткування).

Для контактних затискачів і ПЗП параметри струму оцінюються у кожному окремому випадку. Максимальна імпульсна перенапруга на кожній межі координується з напругою внутрішньої системи, що витримується. ПЗП на межах різних зон також координуються за енергетичними характеристиками.

Всі внутрішні провідні елементи значних розмірів, такі як направляючі ліфтів, крани, металеві підлоги, рами металевих дверей, труби, кабельні лотки приєднуються до найближчої заземлювальної

шини або іншого загального з'єднувального елемента найкоротшим шляхом. Бажані і додаткові з'єднання провідних елементів.

Перерізи з'єднувальних провідників вказані в табл. 8.14. Передбачається, що в з'єднувальних провідниках проходить тільки незначна частина струму блискавки.

Всі відкриті провідні частини інформаційних систем з'єднуються в єдину мережу. В особливих випадках така мережа може не мати з'єднання із заземлювачем.

Є два способи приєднання до заземлювача металевих частин інформаційних систем, таких як корпуси, оболонки або каркаси.

Основна конфігурація з'єднань виконується у вигляді радіальної системи або у вигляді сітки.

При використанні радіальної системи всі її металеві частини ізолюються від заземлювача на всьому протязі крім єдиної точки з'єднання з ним. Звичайно така система використовується для відносно невеликих об'єктів, де всі елементи і кабелі входять в об'єкт в одній точці.

Радіальна система заземлення приєднується до загальної системи заземлення тільки в одній точці (рис.8.16). У цьому випадку всі лінії і кабелі між пристроями устаткування слід прокладати паралельно утворюючим зірку провідникам заземлення для зменшення петлі індуктивності. Завдяки заземленню в одній точці струми низької частоти, що з'являються при ударі блискавки, не потрапляють в інформаційну систему. Крім того, джерела низькочастотних перешкод усередині інформаційної системи не створюють струмів у системі заземлення. Введення в захисну зону проводів проводиться виключно в місці центральної точки системи зрівнювання потенціалів. Указана загальна точка є також якнайкращим місцем приєднання ПЗП.

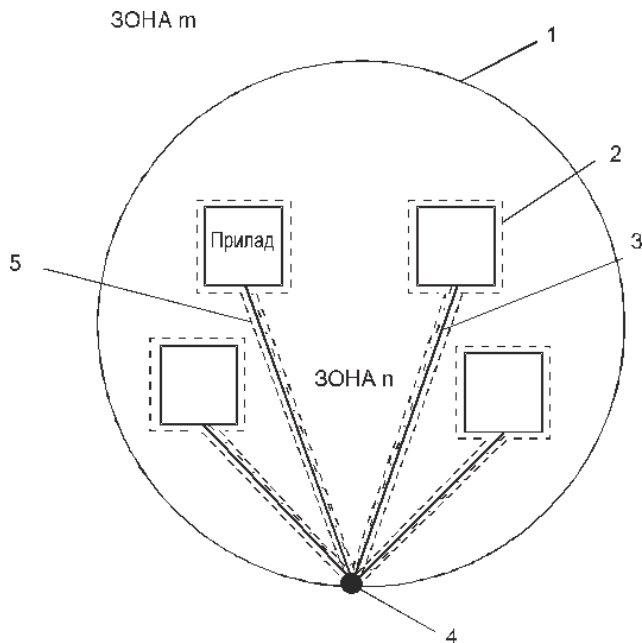


Рисунок 8.16 – Схема з'єднання проводів електроживлення і зв'язку при зіркоподібній системі зрівнювання потенціалів:

1 – екран захисної зони; 2 – електрична ізоляція; 3 – провід системи зрівнювання потенціалів; 4 – центральна точка системи зрівнювання потенціалів; 5 – проводи зв'язку і електроживлення

При використанні сітки її металеві частини не ізолюються від загальної системи заземлення (рис. 8.17). Сітка з'єднується із загальною системою в багатьох точках. Звичайно сітка використовується для протяжних відкритих систем, де устаткування зв'язано великим числом різних ліній і кабелів і де вони входять в об'єкт у різних точках. В цьому випадку вся система має низький опір на всіх частотах. Крім того, велике число короткозамкнутих контурів сітки ослаблює магнітне поле поблизу інформаційної системи. Прилади в захисній зоні з'єднуються один з одним по найкоротших відстанях декількома провідниками, а також з металевими частинами захищеної зони і екраном зони. При цьому максимально використовуються в пристрої металеві частини, такі як арматура в підлозі, стінах і на даху, металеві решітки, металеве устаткування неелектричного призначення, таке, як труби, вентиляційні і кабельні коробки.

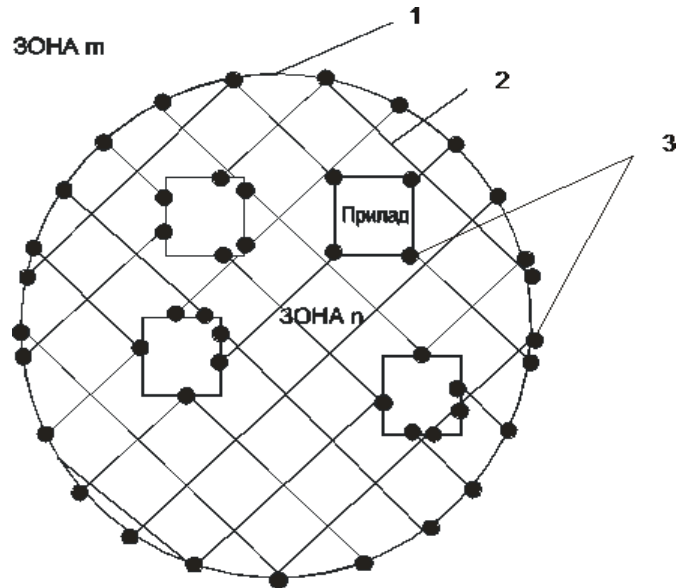


Рисунок 8.17 – Сітчасте виконання системи зрівнювання потенціалів:

1 – екран захисної зони; 2 – провідник зрівнювання потенціалів; 3 – точки з'єднання приладів провідниками між собою та екраном зони

Обидві конфігурації, радіальна і сітка, можуть бути об'єднані в комплексну систему (рис. 8.18). Звичайно, хоча це і необов'язково, з'єднання локальної мережі заземлення із загальною системою здійснюється на межі зони блискавкозахисту.

8.6.4 Заземлення

Основне завдання заземлювального пристрою блискавкозахисту – відвести якомога більшу частину струму блискавки (50 % і більше) у землю. Решта струму розтікається по підвідних до будівлі комунікаціях (оболонкам кабелів, трубам водопостачання тощо). При цьому не виникають небезпечні напруги на самому заземлювачі.

Вказане завдання виконується сітчастою системою під будівлею і навколо неї. Заземлювальні провідники утворюють сітчастий контур,

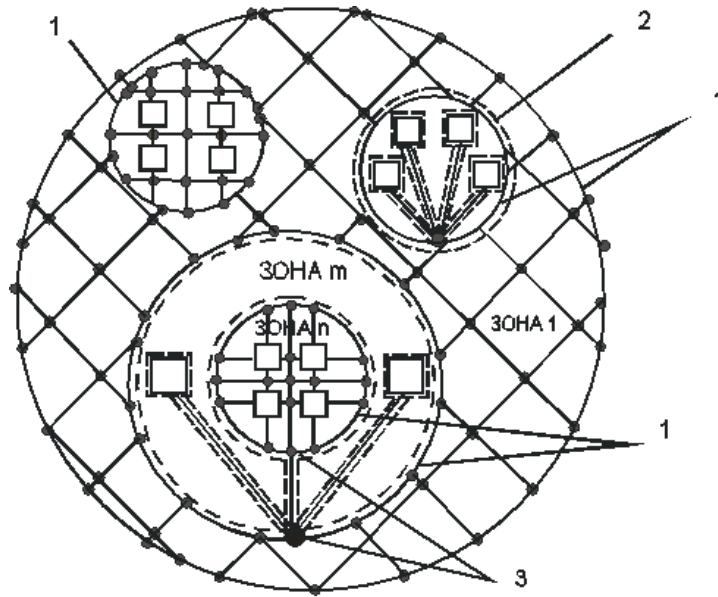


Рисунок 8.18 – Комплексне виконання системи зрівнювання потенціалів:

1 – екран захисної зони; 2 – електрична ізоляція; 3 – центральна точка системи зрівнювання потенціалів

що об'єднує арматуру бетону внизу фундаменту. Це звичайний метод створення електромагнітного екрану внизу будівлі. Кільцевий провідник навкруг будівлі і (або) в бетоні на периферії фундаменту з'єднується з системою заземлення заземлювальними провідниками звичайно через кожні 5 м. Зовнішній заземлювач може бути з'єднаний провідником із вказаними кільцевими провідниками.

Арматура бетону внизу фундаменту з'єднується з системою заземлення. Арматура повинна утворювати сітку, з'єднану з системою заземлення через кожні 5 м. Можна використовувати сітку з оцинкованої сталі з шириною чарунки 5 м, приварену або механічно прикріплену до прутів арматури через кожен метр. Кінці провідників сітки можуть служити заземлювальними провідниками для сполучних смуг. На рис. 8.19 і 8.20 наведені приклади сітчастого заземлювального пристрою.

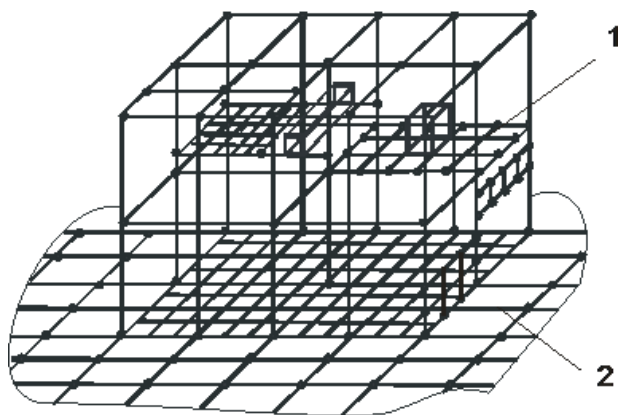


Рисунок 8.19 – Сітчастий заземлювальний пристрій будівлі:
1 – мережа з'єднань; 2 – заземлювач

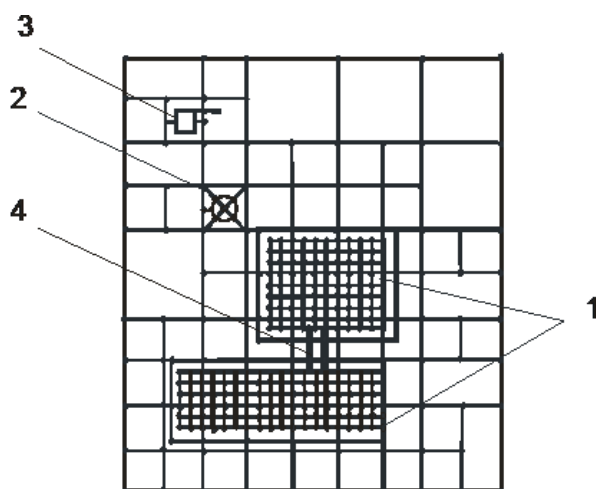


Рисунок 8.20 – Сітчастий заземлювальний пристрій виробничих споруд:

1 – будівлі; 2 – башта; 3 – обладнання; 4 – кабельний лоток

Зв'язок заземлювача і системи з'єднань створює заземлювальну систему, основним завданням якої є зменшувати різницю потенціалів між будь-якими точками будівлі і устаткування. Це завдання вирішується шляхом створення великої кількості паралельних шляхів для струмів блискавки і наведених струмів і, власне, утворення мережі з низьким опором в широкому спектрі частот. Зазначені паралельні шляхи мають різні резонансні частоти, а безліч контурів з частотно-залежними опорами створюють єдину мережу з низьким опором для перешкод даного спектру.

8.6.5 Пристрої захисту від імпульсних перенапруг

Пристрої захисту від імпульсних перенапруг (ПЗП) встановлюються на місці перетину лінією електропостачання, управління, зв'язку, телекомунікації межі двох зон екранування.

ПЗП (рис. 8.21 – 8.23) координують для досягнення прийняттого розподілу навантаження між комунікаціями відповідно до їх стійкості до руйнування, а також для зменшення імовірності руйнування устаткування, що захищається, під впливом струму блискавки.

Рекомендується лінії живлення і зв'язку, що входять в будівлю, з'єднувати однією шиною і розташовувати їх ПЗП якомога ближче один до одного. Це особливо важливо в будівлях із неекрануючого матеріалу (дерева, цегли тощо). ПЗП вибираються і встановлюються так, щоб струм блискавки був в основному відведений у систему заземлення на межі зон 0 і 1.

Оскільки енергія струму блискавки в основному розсіюється на межі зон 0_A і 1 або 0_B і 1, подальші ПЗП захищають лише від енергії, що залишилася, і дії електромагнітного поля в зоні 1. Для якнайкращого захисту від імпульсних перенапруг, при встановленні ПЗП використовують короткі з'єднувальні провідники, виводи і кабелі.

Виходячи з вимог координації ізоляції в силових електроустановках і стійкості до пошкоджень устаткування, що захищається, необхідно вибирати рівень ПЗП за напругою нижче максимального значення, щоб дія на устаткування, яке захищається, завжди була нижчою за допустиму напругу. Якщо рівень стійкості до пошкоджень невідомий, слід використовувати орієнтовний або отриманий в результаті випробувань рівень. Кількість ПЗП в системі, що захищається, залежить від стійкості устаткування, що захищається, до пошкоджень і характеристик самих ПЗП. Приклади встановлення ПЗП в системах заземлення TN, TT і IT наведені на рис. 8.24 – 8.29.



HAKELZIL HZ110, HAKELGAP HG110
 ПЗІП на основі потужних розрядників
 застосовуються для захисту фазних
 проводів при повітряному вводі
 $I_{imp} (10/350) = 110 \text{ kA}$



HAKELSTORM HS55; HS45;
 HS50-50; HS50-16; HS50-3
 ПЗІП на основі багатозазорних вугільних
 розрядників, застосовуються для захисту
 фазних проводів головним чином при
 повітряному вводі.
 $I_{imp} (10/350) = 50-60 \text{ kA}$



PIV DS; PIV*
 ПЗІП на основі варисторів, застосовуються
 для захисту фазних проводів при
 кабельному вводі.
 $I_{imp}(10/350) = 10 \text{ kA}$



HS100; B80; B100
 ПЗІП на основі розрядників застосовуються
 для захисту нульового проводу головним
 чином при повітряному вводі.
 $I_{imp} (10/350) = 80-100 \text{ kA}$

Імпульсні розділові дроселі



PI-L16/15; PI-L32/15; PI-L63/15
 Для забезпечення координації роботи між
 ПЗІП класу I на основі розрядників та ПЗІП
 класу II на основі варисторів



PI-L16; PI-L32; PI-L63; PI-L80; PI-L120
 Для забезпечення координації роботи між
 ПЗІП класу I і II, II і III на основі варисторів

Рисунок 8.21 – Пристрої захисту від імпульсних перенапруг класу I та імпульсні розділові дроселі



PIII; PIII DS

Однофазні ПЗІП на основі варисторів.
Застосовуються для захисту фазних
проводів. $I_{max} (8/20)=40$ kA.



PIIIMT; PIIIMT DS

Однофазні ПЗІП на основі варисторів
із зйомним модулем.
Застосовуються для захисту фазних
проводів. $I_{max} (8/20)=20$ kA



PIII GT; PIII GT DS

Однофазні ПЗІП на основі варистора
і газонаповненого розрядника.
Застосовуються для захисту фазних
проводів в мережах, де за умовами
експлуатації недопустима наявність
струмів витікання.
 $I_{max} (8/20)=20$ kA, $U_p < 1$ kV



B20:: B20M

ПЗІП на основі газонаповнених
розрядників.
Застосовуються для захисту нульового
проводу (N/PE).
 $I_{max} (8/20)=50$ kA



SPU1, SPU1 DS

Комбіновані однофазні ПЗІП
на основі варисторів і розрядника.
Застосовуються для захисту фазних
і нульового проводів.
 $I_{max} (8/20)=40$ kA



SPUM3; SPUM3 DS

Комбіновані трифазні ПЗІП
на основі варисторів і розрядника
із зйомними модулями.
Застосовуються для захисту фазних
і нульового проводів.
 $I_{max} (8/20)=40$ kA

Рисунок 8.22 – Пристрої захисту від імпульсних перенапруг класу II



P-3k230, P-3k400, P-3k500



PM-3k230, PM-3k400, PM-3k500



Pk2



ZS-1DSM; ZS-230 IT
Однофазні ПЗІП для мереж із системами
заземлення TN-C, TN-S та IT



PROTECTOR MULTI
Мережевий подовжувач із вбудованим ПЗІП
по мережі живлення, телефонній лінії
та коаксіальному кабелю 75 Ом



ZS-1.1C; ZS-1.1CP; ZS-1.2C;
ZS-1.2CP; ZS-1.2T; ZS-1.2TP
ZS-1.1T; ZS-1.1TP
Серія штепсельних розеток із вбудованим
ПЗІП класу III



P1-p16; P-p16
Адаптер із вбудованим
перешкодоподавлювальним фільтром
та ПЗІП класу III



PROTECTOR F
Адаптер із вбудованим ПЗІП по мережі
живлення, телефонній лінії і коаксіальному
кабелю 75 Ом

Рисунок 8.23 – Пристрої захисту від імпульсних перенапруг класу III

Пристрої захисту від імпульсних перенапруг класу I, згідно з МЕК 61643-1-98(ГОСТ Р 51992-2002), призначені для захисту електроустаткування від імпульсних перенапруг, викликаних прямими ударами блискавки в систему блискавкозахисту будівлі (об'єкту) або лінію електропередавання.

Встановлюються в межах $0_{A(B)}$ – 1-ї зон блискавкозахисту (відповідно до МЕК 1312-1, МЕК 62305 і СО-153-34.21.122-2003), у ввідно-розподільному пристрої (ВРП) або головному розподільному щиті (ГРЩ). Використовуються як перший рівень захисту електроустаткування від імпульсних перенапруг.

Нормуються імпульсним струмом I_{imp} з формою хвилі 10/350 мкс.

Пристрої захисту від імпульсних перенапруг класу II, згідно з МЕК 61643-1-98(ГОСТ Р 51992-2002), призначені для захисту електроустаткування від комутаційних перенапруг або застосовуються як другий рівень захисту від імпульсних перенапруг.

Встановлюються в межах 0_B – 1-ї зон блискавкозахисту (відповідно до МЕК 1312-1, МЕК 62305 і СО-153-34.21.122-2003) у ввідно-розподільному пристрої (ВРП) або головному розподільному щиті (ГРЩ) після ПЗП класу I.

Нормуються максимальним розрядним струмом I_{max} з формою хвилі 8/20 мкс. Використовуються в мережах з системами заземлення TNС, TNS, IT і TT.

Трифазні пристрої серії РМ-3к відповідають ПЗП класу III, згідно з ГОСТ Р 51992 і призначені для встановлення у ввідний або у вторинний розподільний щит після ПЗП класу II в низьковольтних силових розподільних мережах з системою заземлення TNС, TNS, IT і TT. ПЗП серії РМ-3к мають в своєму складі знімні варисторні модулі (L/N), модуль із розрядником (N/PE) і базу для підключення модулів до мережі і кріплення до 35 мм DIN рейці. Модулі підлягають заміні в разі пошкодження. ПЗП містять внутрішні терморозчіплювачі, які спрацьовують при пошкодженні (перегріві) варисторів. Індикація стану терморозчіплювачів здійснюється за допомогою індикаторів зеленого кольору, розташованих на знімних модулях.

Існують дві основні схеми увімкнення ПЗП до мережі електроживлення, які наведені на рис. 8.24. Схема (а) призначена, в першу чергу, для захисту від синфазних (подовжніх) перенапруг (провід – земля), схема (б), відповідно, від перенапруг протифаз (поперечних) (провід - провід). Отримані в цілій серії експериментів дані, а також результати статистичних досліджень, що проводяться фірмами – виробниками захисних пристроїв, показали, що вищу небезпеку для устаткування, яке захищається, являють собою протифазні (поперечні) перенапруги (на клеммах електроприймачів L/N), в порівнянні з подовжніми перенапругами (на клеммах електроприймачів L/PE і N/PE). При проектуванні різних рівнів захисту можливе комбінування цих схем.

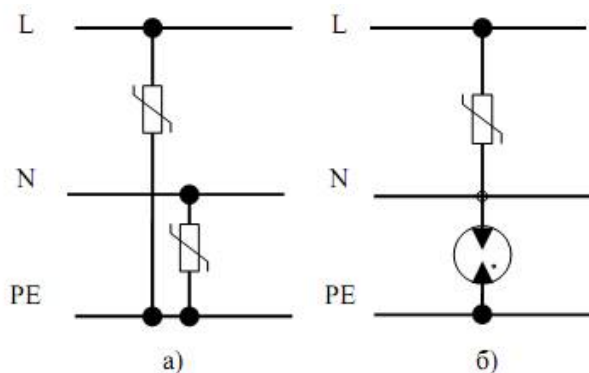


Рисунок 8.24 – Схеми захисту від синфазних (а) і протифазних (б) перенапруг

Для гарантованого захисту об’єкту від перенапруг, що виникають при стіканні струмів блискавки на заземлювальний пристрій або при «приході» хвилі перенапруги по мережі живлення (в разі далекого удару блискавки), «Зоною концепцією захисту передбачена триступінчата схема включення захисних пристроїв.

Основні класи пристроїв захисту від перенапружень для низьковольтних електричних мереж, методики їх випробувань і принципи вживання наведені в наступних стандартах МЕК:

- ІЕС-61643-1 (1998): «Пристрої захисту від перенапруг для низьковольтних систем розподілу електроенергії. Частина 11. Вимоги до експлуатаційних характеристик і методи випробувань».

Примітка: Даний стандарт МЕК перекладений російською мовою і введений в дію у вигляді ГОСТ Р 51992-2002 (МЕК 61643-1-98)

IEC-61643-12 (2002): «Пристрої захисту від перенапруг для низьковольтних систем розподілу електроенергії. Частина 12. Вибір і принципи застосування».

Згідно з вимогами даних стандартів, пристрої захисту від перенапруг, залежно від місця встановлення і здатності пропускати через себе різні імпульсні струми, діляться на наступні класи: I, II, III (або B, C, D згідно з німецьким стандартом E DIN VDE 0675-6 (1989-11)). Треба відзначити, що всі основні виробники захисних пристроїв вже перейшли на класифікацію, передбачену стандартами МЕК, і буквені позначення практично ніким не застосовуються.

Таблиця 8.15 – Основні вимоги до обмежувачів перенапруг різних класів

| Клас пристрою | Призначення пристрою |
|---------------|--|
| I (B) | Призначені для захисту від прямих ударів блискавки в систему блискавкозахисту будівлі (об'єкту) або повітряну лінію електропередавання. Встановлюються на вводі в будівлю у ввідно-розподільному пристрої (ВРП) або головному розподільному щиті (ГРЩ). Нормуються імпульсним струмом I_{imp} з формою хвилі 10/350 мкс. |
| II (C) | Призначені для захисту розподільної електромережі об'єкту від комутаційних перешкод або як другий рівень захисту при ударі блискавки. Встановлюються в розподільні щити. Нормуються імпульсним струмом з формою хвилі 8/20 мкс. |

| | |
|----------------|--|
| III (D) | Призначені для захисту споживачів від залишкових кидків напруги, захисту від диференціальних (несиметричних) перенапруг (наприклад, між фазою і нульовим робочим провідником в системі TN-S), фільтрації високочастотних перешкод. Встановлюються безпосередньо біля споживача. Можуть мати найрізноманітнішу конструкцію (у вигляді розеток, мережних вилок, окремих модулів для встановлення на DIN-рейку або навісним монтажем). Нормуються імпульсним струмом з формою хвилі 8/20 мкс. |
|----------------|--|

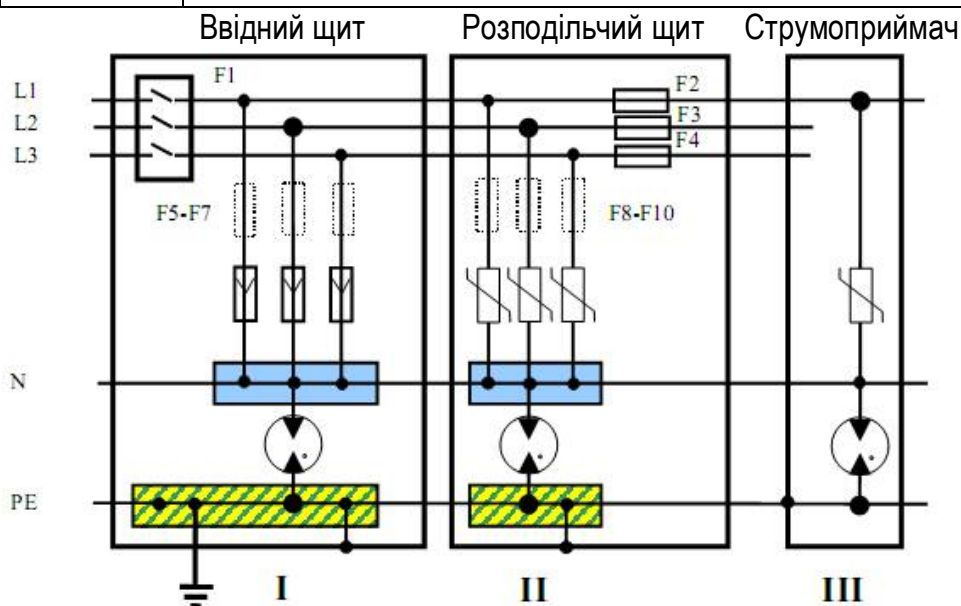


Рисунок 8.25 – Схема увімкнення ПЗІП до мережі TN – S з гальванічною розв’язкою нейтрального N і захисного PE провідників

ПЗІП I, II і III класів включаються між фазними провідниками (L1, L2, L3) і нульовим робочим провідником (N) для обмеження протифазних перенапруг (провід – провід). Для обмеження синфазних перенапруг (провід-земля) в кожному рівні захисту між провідниками N і PE встановлюється розрядник відповідного класу захисту.

Ввідний щит Розподільчий щит Струмopриймач

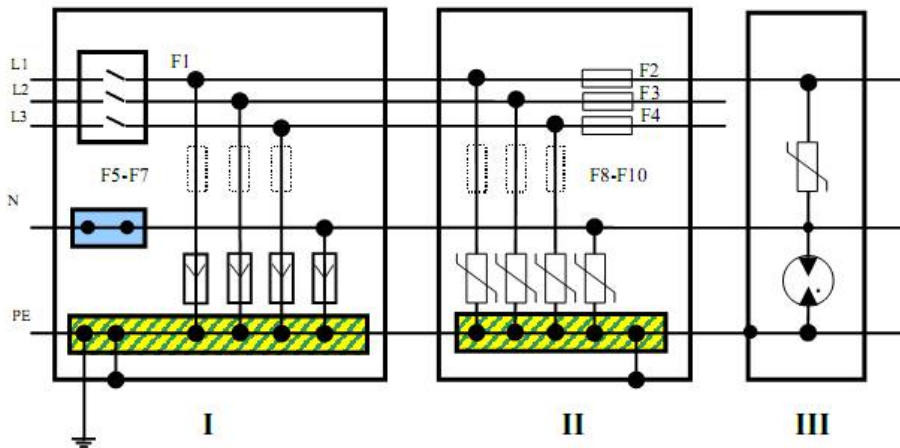


Рисунок 8.26 – Схема увімкнення ПЗІП до мережі TN-S без гальванічної розв'язки нейтрального N і захисного PE провідників

ПЗІП класів I і II включаються між струмоведучими провідниками (L1, L2, L3, N) і захисним провідником (PE) для обмеження синфазної перенапруги (провід-земля). ПЗІП класу III включаються відповідно до попередньої схеми (рис. 8.26) для обмеження протифазних перенапруг (провід – провід) безпосередньо біля устаткування, що захищається.

При встановленні ПЗІП необхідно, щоб відстань між сусідніми рівнями захисту була не менше 10 метрів по кабелю електроживлення. Виконання цієї вимоги дуже важливе для правильної роботи (координації спрацьовування) захисних пристроїв в момент виникнення в силовому кабелі імпульсної перенапруги.

При монтажі пристроїв захисту від імпульсних перенапруг необхідно враховувати те, що відстані між головною заземлювальною шиною, захисним щитком і ввідним щитом об'єкту мають бути мінімальні. PE-провідники повинні прокладатися якомога коротшими шляхами. При підключенні силових кабелів до щитка необхідно уникати спільного прокладання захищеної і незахищеної ділянок кабелю, а також захищеного кабелю і кабелю заземлення. перенапруги з дуже крутим фронтом, за рахунок збільшення індуктивного опору металевих жил кабелю при протіканні по них імпульсу струму, на них виникає падіння напруги, яка виявляється прикладеною до першого каскаду захисту. Таким чином, досягається його першочергове спрацьовування (забезпечується необхідна тимчасова затримка в

наростанні імпульсу перенапруги на наступному рівні захисту). Такі ж вимоги висуваються при підключенні третього рівня захисту.

У разі потреби розміщення ПЗП на ближчій відстані або поруч необхідно використовувати «штучну лінію затримки» у вигляді імпульсного розділового дроселя з індуктивністю не менше 6 – 15 мкГн. Вибір величини індуктивності залежить від того, яким чином здійснюється ввід електроживлення в об'єкт. При підземному вводі (коли в першому каскаді захисту встановлені варистори) величина індуктивності може бути взята меншою (порядку 6 мкГн), при повітряному вводі (на першому рівні становлені розрядники) це значення має бути не менше 12 – 15 мкГн (рис. 8.26). Це пояснюється різним часом спрацьовування розрядників і варисторів.

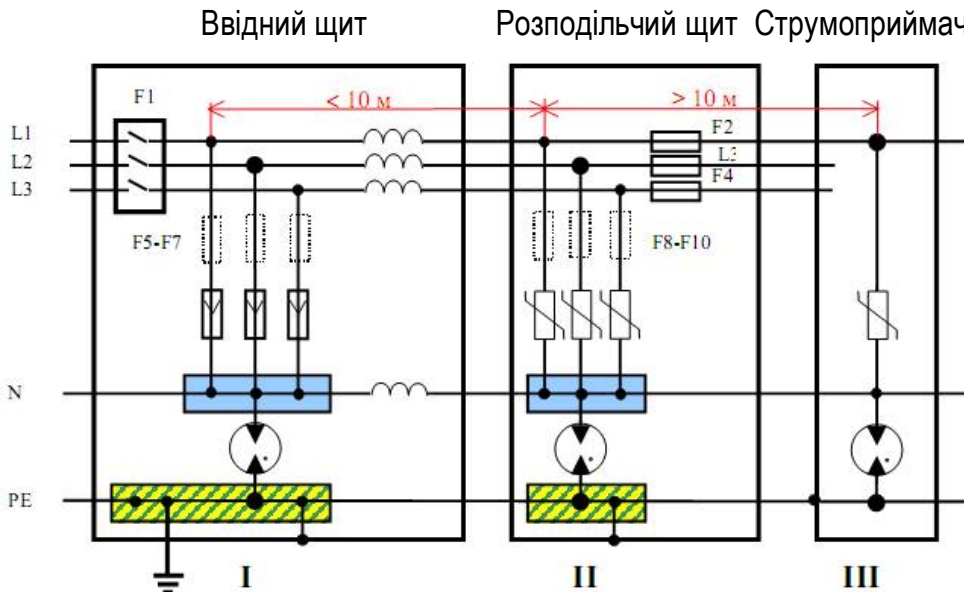


Рисунок 8.27 – Схема увімкнення ПЗП до мережі TN-S з використанням розділових дроселів

При встановленні дроселів необхідно враховувати, що робочі струми навантаження у фазних провідниках не повинні перевищувати гранично допустимі значення, вказані в технічному паспорті на кожен пристрій.

За необхідності та для зручності монтажу і обслуговування пристрої захисту можуть розміщуватися в окремому щитку. Причому в одному щитку можуть бути встановлені обмежувачі перенапруги

всіх трьох класів. Це стає можливим в разі встановлення між ними розділових дроселів. Приклад схеми підключення до електроустановки захисного щитка з двома рівнями захисту наведений на рис. 8.28.

З боку навантаження ввідного автомата підключається вхід щитка, а його вихід – до губок групових автоматів. Заземлення щитка повинне здійснюватися на головну заземлювальну шину об'єкту або РЕ шину ввідного щита (ГРЩ).

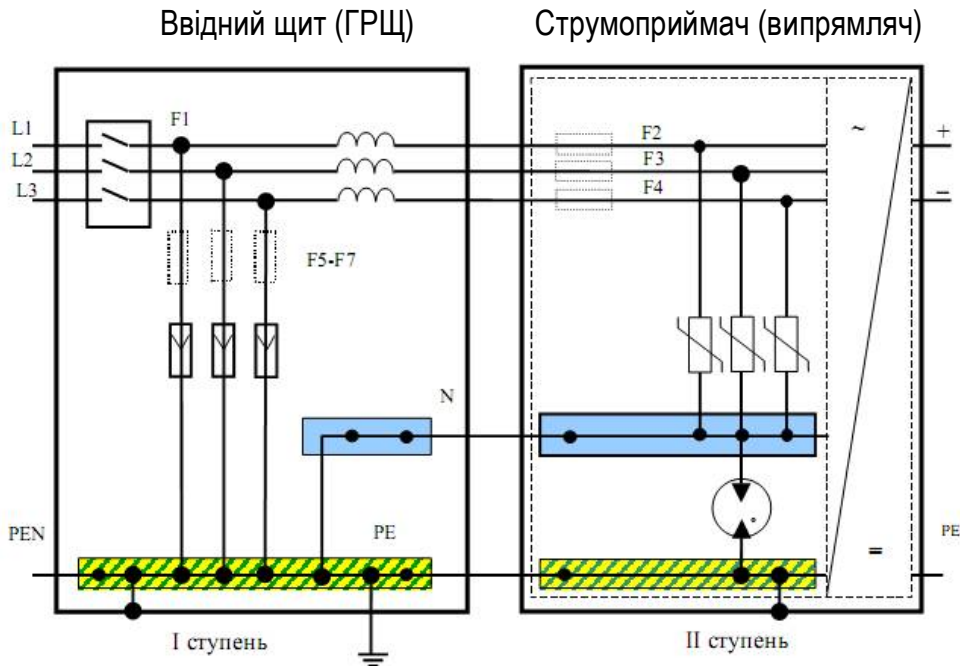


Рисунок 8.28 – Схема увімкнення захисного щитка із ПЗП з використанням розділових дроселів до 3- фазної TN-C-S мережі із розділенням на вводі PEN-провідника на PE і N провідники

Ввідний щит

Розподільчий щит

Струмоприймач

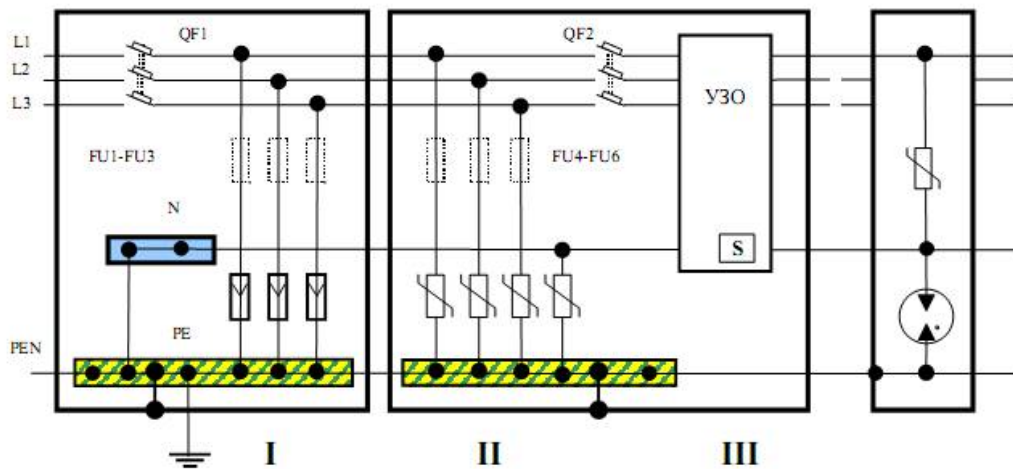


Рисунок 8.29 – Схема увімкнення ПЗП до мережі TN-C-S із використанням пристрою захисного вимикання (ПЗВ)

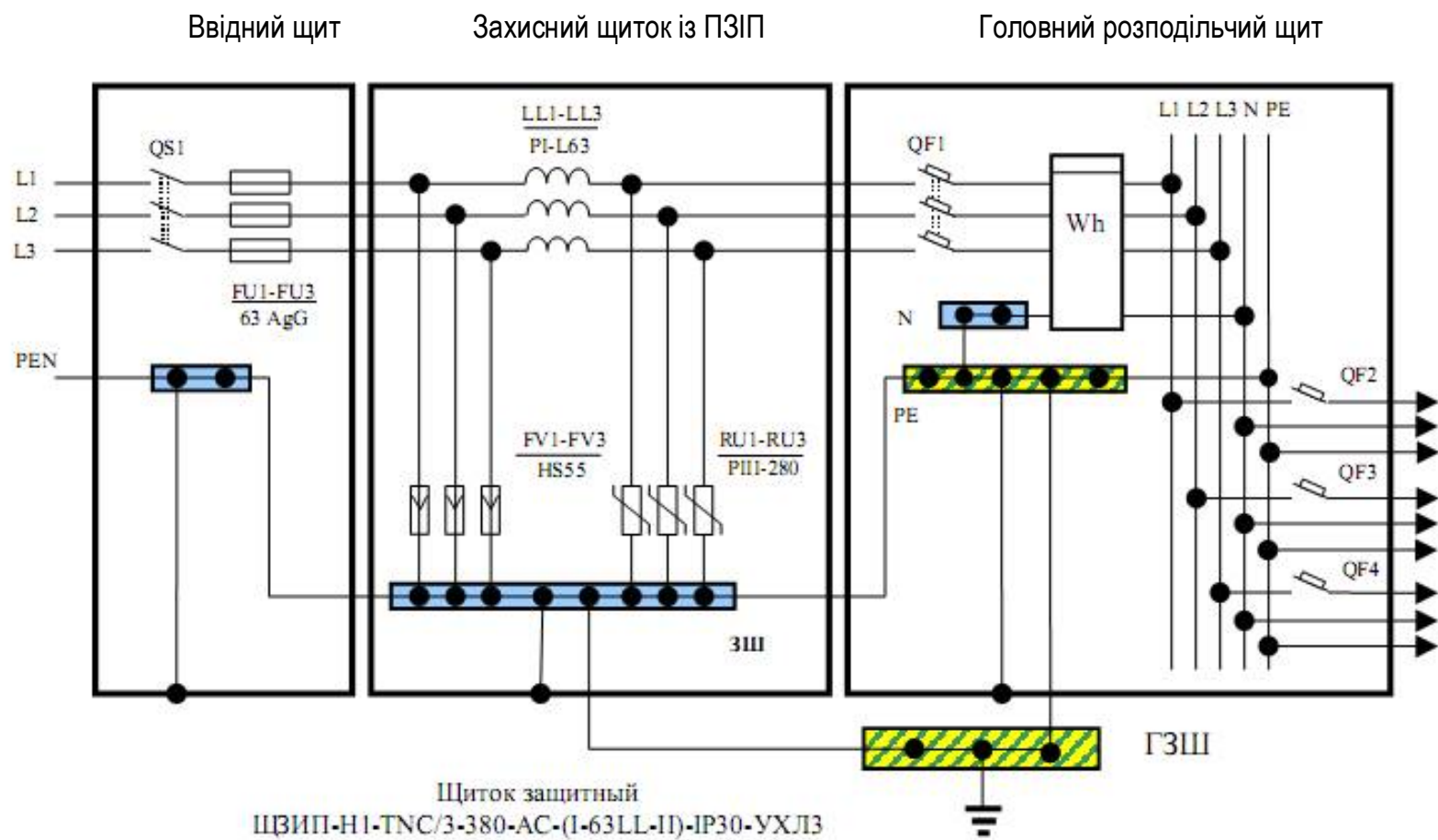


Рисунок 8.30 – Схема увімкнення захисного щитка із ПЗІП з використанням розділових дроселів до 3- фазної TN-C-S мережі

8.6.6 Захист устаткування в існуючих будівлях

В існуючих будівлях необхідні заходи щодо блискавкозахисту вибирають з урахуванням особливостей будівлі, таких як конструктивні елементи, існуюче силове й інформаційне устаткування.

Необхідність в захисних заходах і вибір їх визначають на підставі вихідних даних, які збирають на стадії передпроектувальних досліджень. Зразковий перелік таких даних наведено в табл. 8.16.

На підставі аналізу ризику і даних ухвалюється рішення про необхідність побудови або реконструкції системи блискавкозахисту.

Таблиця 8.16 – Вихідні дані для перед проектувальних досліджень

| Вихідні дані про будівлю і оточення | |
|-------------------------------------|---|
| Пункт | Характеристика |
| 1 | Матеріал стін будівлі – кам'яна кладка, цегла, дерево, залізобетон, сталевий каркас |
| 2 | Вид покрівлі (плоска, похила) та її матеріал (метал, черепиця, залізобетон тощо) |
| 3 | Вид конструкції фундаменту (стрічковий, стовпчастий, суцільний, на палях, збірний, монолітний і т.д.) |
| 4 | Геометричні розміри будівлі. Креслення загального виду будівлі з габаритними розмірами. |
| 5 | Будівля, що стоїть окремо, чи блокування декількох будівель? |
| 6 | Чи сполучена арматура і металеві частини по всій будівлі? |
| 7 | Розміри вікон |
| 8 | Чи є зовнішня система блискавкозахисту? |
| 9 | Тип і якість зовнішньої системи блискавкозахисту |
| 10 | Наявність заземлення в будівлі. Схема і опір заземлювального пристрою. Рік вводу в експлуатацію. Питомий опір землі |
| 11 | Заземлені елементи сусідніх будівель (висота, відстань до них) |

| Вихідні дані щодо устаткування | |
|--------------------------------|--|
| 1 | Вхідні лінії (підземні або повітряні) |
| 2 | Антени або інші зовнішні пристрої |
| 3 | Система живлення електроустановки в будівлі (високовольтна або низьковольтна, підземна або надземна) |
| 4 | Прокладання кабелів (число і розташування вертикальних ділянок, спосіб прокладання кабелів) |
| 5 | Використання металевих кабельних лотків |
| 6 | Чи є усередині будівлі електронне устаткування? |
| 7 | Чи є провідники, що відходять до інших будівель? |
| 8 | Чи виконана в будівлі система зрівнювання потенціалів? |

Удосконалення зовнішньої системи блискавкозахисту досягається:

- включенням зовнішнього металевого облицювання і даху будівлі в систему блискавкозахисту;

- використанням додаткових провідників, якщо арматура сполучена по всій висоті будівлі – від даху через стіни до заземлення будівлі;

- зменшенням проміжків між металевими спусками і зменшенням кроку чарунки блискавкоприймача;

- установленням сполучних смуг (гнучких плоских провідників) у місцях стиків між сусідніми, але структурно розділеними блоками; відстань між смугами повинна бути вдвічі менша відстані між спусками;

- з'єднанням протяжного проводу з окремими блоками будівлі; звичайно з'єднання необхідні на кожному куті кабельного лотка і сполучні смуги виконуються якомога коротшими;

- захистом окремими блискавкоприймачами, сполученими із загальною системою блискавкозахисту, якщо металеві частини даху потребують захисту від прямого удару блискавки; блискавкоприймач повинен знаходитися на безпечній відстані від вказаного елемента.

Ефективними заходами щодо зниження перенапруг є раціональне прокладання і екранування кабелів. Ці заходи тим важливіші, чим менше екранує зовнішня система блискавкозахисту.

Великих петель можна уникнути, прокладаючи спільно силові кабелі і екрановані кабелі зв'язку. Екран з'єднується з устаткуванням на обох кінцях.

Будь-яке додаткове екранування, наприклад, прокладання проводів і кабелів в металевих трубах або лотках між поверхами, знижує повний опір загальної системи з'єднань. Ці заходи найбільш важливі для високих або протяжних будівель, або коли устаткування повинно працювати особливо надійно.

Переважними місцями установки ПЗП є межі зон 0/1 і зон 0/1/2 відповідно, розташовані на вході в будівлю. Як правило, загальна мережа з'єднань не використовується в робочому режимі як зворотний провідник силового або інформаційного кола.

Різні зовнішні пристрої, такі як антени, метеорологічні датчики, камери зовнішнього спостереження, зовнішні датчики на промислових об'єктах (датчики тиску, температури, швидкості потоку, положення клапана тощо) і будь-яке інше електричне, електронне і радіоустаткування, встановлене зовні на будівлі, щоглі, або промислового резервуарі захищаються так, щоб устаткування було захищено від прямого попадання блискавки. Окремі антени залишаються абсолютно відкритими з технологічних міркувань. Деякі з них мають вбудовану систему блискавкозахисту і можуть без пошкоджень витримати попадання блискавки. Інші, менш захищені типи антен, можуть вимагати установки ПЗП на живильному кабелі, щоб запобігти попаданню струму блискавки по кабелю антени в приймач або передавач. За наявності зовнішньої системи блискавкозахисту кріплення антени приєднуються до неї.

Наведенню напруги в кабелях між будівлями можна запобігти, прокладаючи їх в сполучених металевих лотках, або трубах. Всі кабелі, що йдуть до пов'язаного з антеною устаткування, прокладаються з виводом з труби в одній точці. Слід звернути максимальну увагу на екрануючі властивості самого об'єкта і прокладати кабелі в його трубчастих елементах. Якщо це неможливо, як у випадку з технологічними ємностями, кабелі слід прокладати

зовні, але якомога ближче до об'єкта, максимально використовуючи при цьому такі природні екрани як металеві сходи, труби та ін. У щоглах з *L*-подібними кутовими елементами кабелі розташовуються всередині кута для максимального природного захисту. В крайньому випадку, поряд з кабелем антени слід розмістити еквіпотенціальний з'єднувальний провідник з мінімальним поперечним перерізом 6 мм². Всі ці заходи знижують наведену напругу в петлі, утворену кабелями і будівлею, і, відповідно, зменшують імовірність пробоя між ними, тобто імовірність виникнення дуги усередині устаткування між електромережею і будівлею.

Зв'язки між будівлями підрозділяються на два головні типи: силові кабелі з металевою оболонкою, металеві (вита пара, хвилеводи, коаксіальні і багатожильні кабелі) і оптоволоконні кабелі. Захисні заходи залежать від типів кабелів, їх кількості, а також від того, чи сполучені системи блискавкозахисту двох будівель.

Повністю ізольований оптоволоконний кабель (без металевого армування, фольги для захисту від вологи або сталевого внутрішнього провідника) може бути застосований без додаткових заходів захисту. Використання такого кабелю є якнайкращим варіантом, оскільки забезпечує повний захист від електромагнітних дій. Проте якщо кабель містить протяжний металевий елемент (за винятком жил дистанційного живлення), останній повинен бути на вході в будівлю приєднаний до загальної системи з'єднань, і не повинен напряму входити в оптичний приймач або передавач. Якщо будівлі розташовані близько одна до одної і їх системи блискавкозахисту не сполучені, переважно використовувати оптоволоконний кабель без металевих елементів щоб уникнути великих струмів в цих елементах і їх перегріву. Якщо ж є сполучений з системою блискавкозахисту кабель, то можна використовувати оптичний кабель з металевими елементами, щоб відвести частину струму від першого кабелю.

Металеві кабелі між будівлями з ізольованими системами блискавкозахисту. При даному з'єднанні систем захисту пошкодження вельми імовірні на обох кінцях кабелю унаслідок проходження по ньому струму блискавки. Тому на обох кінцях кабелю необхідно встановити ПЗП, а також, де можливо, слід

сполучати системи блискавкозахисту двох будівель і прокладати кабель в сполучених металевих лотках.

Металеві кабелі між будівлями зі сполученими системами блискавкозахисту. Залежно від числа кабелів між будівлями, захисні заходи можуть включати з'єднання кабельних лотків при декількох кабелях (для нових кабелів) або при великій кількості кабелів, як у випадку з хімічним виробництвом, екранування або застосування гнучких металошлангів для багатожильних кабелів управління. Приєднання обох кінців кабелю до зв'язаних систем блискавкозахисту часто забезпечує достатнє екранування, особливо якщо кабелів багато, і струм розподілиться між ними.

8.7 Рекомендації щодо експлуатаційно-технічної документації, порядку прийняття в експлуатацію і експлуатації пристроїв блискавко захисту

8.7.1 Розробка експлуатаційно-технічної документації

У всіх організаціях і підприємствах незалежно від форм власності рекомендується мати комплект експлуатаційно-технічної документації блискавкозахисту об'єктів, для яких виконується блискавкозахист.

Комплект експлуатаційно-технічної документації блискавкозахисту повинен містити:

- пояснювальну записку;
- схеми зон захисту блискавковідводів;
- робочі креслення конструкцій блискавковідводів (будівельна частина), конструктивних елементів захисту від вторинних проявів блискавки, від занесень високих потенціалів через наземні і підземні металеві комунікації, від ковзних іскрових каналів і розрядів у ґрунті;
- приймальну документацію (акти прийняття в експлуатацію пристроїв блискавкозахисту разом з додатками: актами на приховані роботи і актами випробувань пристроїв

блискавкозахисту і захисту від вторинних проявів блискавки і занесення високих потенціалів).

У пояснювальній записці вказуються підприємство – розробник комплексу експлуатаційно-технічної документації, підстава для його розробки, перелік чинних нормативних документів і технічної документації, якими керувалися при роботі над проектом, спеціальні вимоги до запроектованого блискавкозахисту.

У пояснювальній записці надаються:

- вихідні дані для розробки технічної документації;
- прийняті способи блискавкозахисту об'єктів;
- розрахунки зон захисту, заземлювачів, струмовідводів і елементів захисту від вторинних проявів блискавки.

Вихідні дані для проектування блискавкозахисту включають:

- генеральний план об'єктів із вказівкою розташування всіх об'єктів, підлягаючих блискавкозахисту, автомобільних доріг і залізниць, наземних і підземних комунікацій (теплотрас, технологічних і сантехнічних трубопроводів, електричних кабелів і проводок будь-якого призначення тощо);
- прийняті рівні блискавкозахисту для кожного об'єкта;
- дані про кліматичні умови в районі розміщення захисних будівель і споруд (інтенсивність грозової діяльності, швидкісний натиск вітру, товщину стінки ожеледі тощо), характеристику ґрунту із вказівкою структури, агресивності і виду ґрунту, рівня ґрунтових вод;
- питомий електричний опір ґрунту (Ом·м) у місцях розташування об'єктів.

У розділі “Прийняті способи блискавкозахисту об'єктів“ викладаються вибрані способи захисту будівель і споруд від безпосереднього контакту з каналом блискавки, вторинних проявів блискавки і занесень високих потенціалів через наземні і підземні металеві комунікації.

Об'єкти, побудовані (проектовані) за одним і тим же типовим або повторно застосованим проектом, що мають єдині будівельні характеристики і геометричні розміри і однаковий пристрій блискавкозахисту, можуть мати одну загальну схему і розрахунок зон

захисту блискавковідводів. Перелік цих об'єктів, надається на схемі зони захисту однієї зі споруд.

При перевірці надійності захисту з використанням програмного забезпечення, наводяться дані комп'ютерних розрахунків у вигляді зведення проектних варіантів і формується висновок про їх ефективність.

При розробці технічної документації пропонується максимально використовувати типові конструкції блискавковідводів та заземлювачів і типові робочі креслення з блискавкозахисту, при неможливості застосування типових конструкцій пристроїв блискавкозахисту можуть розроблятися робочі креслення окремих елементів: фундаментів, опор, блискавкоприймачів, струмовідводів, заземлювачів.

Для зменшення об'єму технічної документації і здешевлення будівництва рекомендується суміщати проекти блискавкозахисту з робочими кресленнями на загальнобудівельні роботи і роботи з монтажу сантехнічного і електротехнічного устаткування з метою використання для блискавкозахисту сантехнічних комунікацій і заземлювачів електротехнічних пристроїв.

8.7.2 Порядок прийняття пристроїв блискавкозахисту в експлуатацію

Блискавкозахисні пристрої об'єктів, після закінчення будівництва (реконструкції), приймаються в експлуатацію робочою комісією і передаються в експлуатацію замовнику до початку монтажу технологічного устаткування, завезення і завантаження в будівлі і споруди устаткування і цінного майна.

Приймання блискавкозахисних пристроїв на діючих об'єктах здійснюється робочою комісією.

Склад робочої комісії визначається замовником, до складу робочої комісії можуть залучатися представники:

- особи, відповідальні за електрогосподарство;
- підрядної організації;
- органу державного пожежного нагляду.

Робочій комісії пред'являються наступні документи:

- затверджені проекти пристрою блискавкозахисту;
- акти на приховані роботи (щодо улаштування і монтажу заземлювачів і струмовідводів недоступних для огляду);
- акти випробувань пристроїв блискавкозахисту і захисту від вторинних проявів блискавки і занесення високих потенціалів через наземні і підземні металеві комунікації (дані про опір всіх заземлювачів, результати огляду і перевірки робіт щодо монтажу блискавкоприймачів, струмовідводів, заземлювачів, елементів їх кріплення, надійності електричних з'єднань між струмопровідними елементами та ін.).

Робоча комісія проводить повну перевірку і огляд виконаних будівельно-монтажних робіт з монтажу блискавкозахисних пристроїв.

Прийняття блискавкозахисних пристроїв об'єктів, що будуються, оформлюється актами приймання устаткування для пристроїв блискавкозахисту. Введення блискавкозахисних пристроїв в експлуатацію оформлюється, як правило, актами-допусками відповідних органів державного контролю і нагляду.

Після прийняття в експлуатацію пристроїв блискавкозахисту складаються паспорти блискавкозахисних пристроїв і паспорти заземлювачів пристроїв блискавкозахисту, які зберігаються у відповідального за електрогосподарство.

Акти, затверджені керівником організації, разом з представленими актами на приховані роботи і протоколи вимірювань включаються в паспорт блискавкозахисних пристроїв.

8.7.3 Експлуатація пристроїв блискавко захисту

Пристрої блискавкозахисту будівель, споруд і зовнішніх установок об'єктів експлуатуються відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і вказівок, зазначених в 9.3.2÷9.3.11. Задачею експлуатації пристроїв блискавкозахисту об'єктів є підтримання їх у стані необхідної справності і надійності.

Для забезпечення постійної надійності роботи пристроїв блискавкозахисту щорічно перед початком грозового сезону провадиться перевірка і огляд всіх пристроїв блискавкозахисту.

Перевірки проводяться також після установки системи блискавкозахисту, після внесення будь-яких змін в систему блискавкозахисту, після будь-яких пошкоджень об'єкта, що захищається. Кожна перевірка проводиться відповідно до робочої програми.

Для проведення перевірки стану пристроїв блискавкозахисту вказується причина перевірки і організуються:

- комісія з проведення перевірки пристроїв блискавкозахисту з вказівкою функціональних обов'язків членів комісії з обстеження блискавкозахисту;

- робоча група з проведення необхідних вимірювань;

- терміни проведення перевірки.

Під час огляду і перевірки пристроїв блискавкозахисту рекомендується:

- перевірити візуальним оглядом (за допомогою бінокля) цілісність блискавкоприймачів і струмовідводів, надійність їх з'єднання і кріплення до щогл;

- виявити елементи пристроїв блискавкозахисту, які вимагають заміни або ремонту цих елементів унаслідок порушення їх механічної міцності;

- визначити ступінь руйнування корозією окремих елементів пристроїв блискавкозахисту, вжити заходи щодо антикорозійного захисту і посилення елементів, пошкоджених корозією;

- перевірити надійність електричних з'єднань між струмопровідними частинами всіх елементів пристроїв блискавкозахисту;

- перевірити відповідність пристроїв блискавкозахисту призначенню об'єктів і, у разі наявності будівельних або технологічних змін за попередній період, намітити заходи щодо модернізації і реконструкції блискавкозахисту;

- уточнити виконавчу схему пристроїв блискавкозахисту і визначити шляхи розтікання струму блискавки по її елементах при розряді блискавки;

- виміряти опір заземлювачів блискавкозахисту. Отримані результати не повинні перевищувати результати відповідних вимірів під час приймання блискавкозахисту в експлуатацію більш ніж у 5 разів;

- перевірити наявність необхідної документації на пристрої блискавкозахисту.

Періодичному контролю з розкриттям протягом шести років (для об'єктів I категорії) піддаються всі штучні заземлювачі, струмовідводи і місця їх приєднань, при цьому щорічно проводиться перевірка до 20 % їх загальної кількості. Уражені корозією заземлювачі і струмовідводи при зменшенні їх площі поперечного перерізу більше ніж на 25 % повинні бути замінені новими.

Позачергові огляди пристроїв блискавкозахисту слід проводити після стихійних бід (ураганний вітер, повінь, землетрус, пожежа) і гроз надзвичайної інтенсивності.

Позачергові виміри опору заземлення пристроїв блискавкозахисту слід проводити після виконання ремонтних робіт як на пристроях блискавкозахисту, так і на самих об'єктах, що захищаються, і поблизу них.

Результати перевірок оформлюються актами, заносяться у паспорти і журнал обліку стану пристроїв блискавкозахисту.

На підставі отриманих даних складається план ремонту і усунення дефектів пристроїв блискавкозахисту, знайдених під час оглядів і перевірок.

Земляні роботи біля будівель і споруд об'єктів, що захищаються пристроями блискавкозахисту, а також поблизу них проводяться, як правило, з дозволу експлуатуючої організації, яка призначає відповідальних осіб, що спостерігають за збереженням пристроїв блискавкозахисту.

Під час грози роботи на пристроях блискавкозахисту і поблизу них не проводяться.

8.8 Системи блискавкозахисту з активними блискавкоприймачами

Останнім часом все більшого поширення набувають так звані активні блискавко приймачі (рис. 8.31), які не просто переймають удар блискавки на себе, але відводять її від об'єкту, що захищається. Такий блискавкоприймач є пристроєм, що постійно створює серію коротких електричних імпульсів між грозовою хмарою і собою за рахунок напруженості електромагнітного поля. Розряд блискавки в зоні, що захищається, попаде обов'язково в блискавкоприймач, який після попадання блискавки не виходить з ладу. Це пристрій працює повністю автономно (не потребує зовнішнього джерела електроживлення) і не вимагає технічного обслуговування.



Рисунок 8.31 – Активні блискавкоприймачі:

а) GALACTIVE; б) Prevectron 2 (E.S.E.) в) SCHIRTEC – A E.S.E;
г) Pulsar

Принцип дії активного блискавкоприймача базується на збудженні на зустріч нисхідному лідерові блискавки випереджаючого висхідного розряду – лідера. Коли лідери зустрічаються, утворюється провідник, по якому тече струм і відбувається розряд блискавки через блискавкоприймач.

Принципова електрична схема блискавкозахисту активного типу наведена на рис. 8.32. Голівка блискавкоприймача складається з корпусу і стержня, які є одночасно електродам, що збирає електричний заряд з електричного поля грозової хмари (або лідера, що сходить), – в наведеній схемі це конденсатор C_a . У середині корпусу знаходиться спеціальна котушка з високою індуктивністю (порядку

кількох Генрі) – в наведеній схемі це індуктивно-резистивний вузол L-R. З котушкою послідовно сполучений розрядник з певною ємністю C_p .

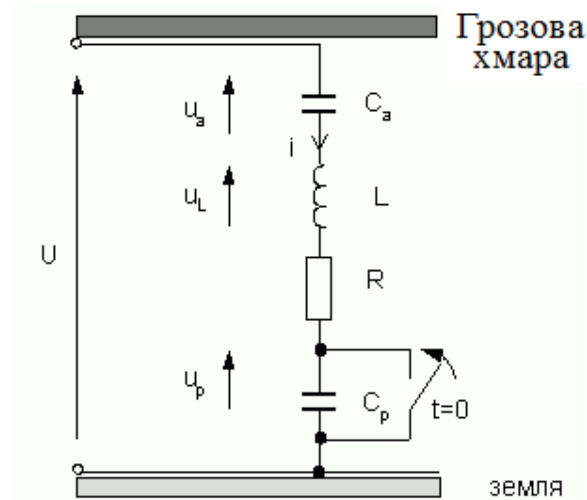


Рисунок 8.32 – Принципова електрична схема блискавкозахисту активного типу

Резистори і конденсатори сполучені за схемою Маркса. Заряджання конденсаторів від зовнішнього поля відбувається через резистори, а розряджання – через розрядники, налаштовані на напругу порядку 12 – 14 кВ. При розряджанні конденсаторів напруги складаються і формується імпульс амплітудою понад 200 кВ.

Процес спрацьовування блискавкозахисту складається з двох фаз:

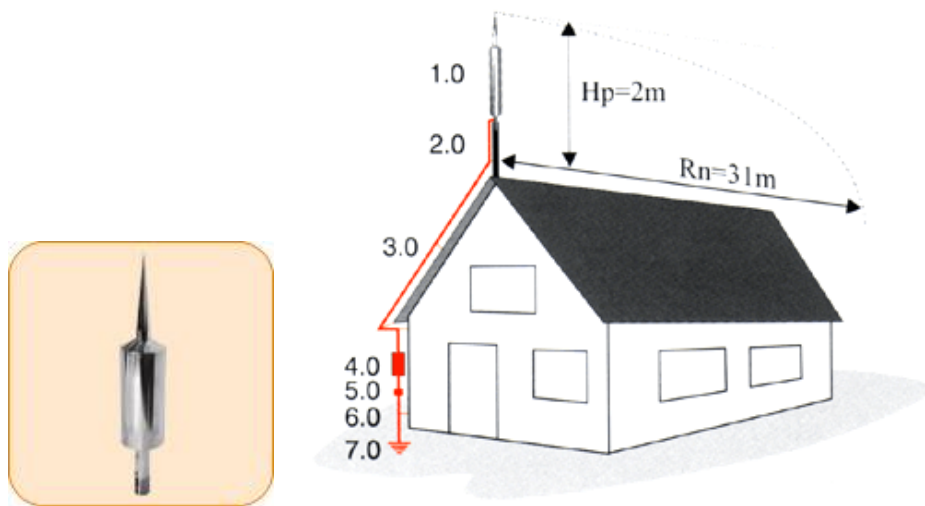
- перша фаза – народження (поява) нижнього лідера. При наближенні грозового фронту зростає напруженість поля поблизу поверхні землі, що обумовлює наведення на антенах блискавкоприймача електрорушійної сили, якою заряджається конденсатор C_p до максимальної напруги U_p (порядку 10 – 30 кВ). Розряджання розрядника призводить до переходу струму через котушку. На стержні голівки з'являється (індукується) напруга, яка майже в два рази може перевищувати напругу, що з'являється в разі застосування традиційної системи;

- друга фаза – перепливання струму блискавки. Із досягненням напруги на конденсаторах рівня 10 – 30 кВ відбувається

пробій розрядників і формування короткого імпульсу величиною більше 200 кВ. Полярність імпульсу протилежна до полярності грозового фронту. Імпульс створює іонізований канал (зворотний розряд) для спрямування блискавки у блискавковідвід. Цей іонізований канал умовно збільшує діючу висоту блискавковідводу, що не залежить від полярності грозового розряду і в багато разів розширює зону блискавкозахисту.

Активний блискавко приймач (рис.8.33) дозволяє забезпечити блискавкозахистом більшу поверхню, ніж пасивний. Якщо при встановленні звичайних систем будинок доводиться «оббивати» дротами, то при активній системі все набагато простіше, оскільки все вирішується встановленням над дахом однієї голівки активного громовідводу. Якщо будівля велика, то таке «оббивання» – дорогий захід, особливо, якщо на покрівлі будівлі як блискавковідвід укладається металева сітка. Виглядає активний блискавкоприймач набагато естетичніше, що має значення для будівель з архітектурними концепціями, і, у результаті, виявляється економічнішим в експлуатації, адже догляд за активним блискавковідводом набагато простіший, ніж за звичайним, оскільки немає необхідності контролювати безліч з'єднань, які протягом зими під впливом снігу і льоду могли пошкодитися і потребують відновлення.

Залежно від типу голівки активного блискавкоприймача і висоти, на якій вона встановлена, радіус території, що захищається таким громовідводом, може складати біля 107 метрів, а тому захищеними будуть не лише будинок, але і автомобіль, що стоїть поряд з ним, а також споруди. Зона захисту активного блискавкоприймач істотно перевершує зону захисту звичайного штирьового, та і точка заземлення потрібна всього лише одна. Це означає, що там, де за класичними схемами захисту необхідно вибудовувати складну систему штирьових блискавкоприймачів, досить поставити один активний блискавкоприймач і рівень захисту буде як мінімум на тому ж рівні, що і за класичною схемою.



| | | | | |
|-------------------------------|---|---|----|----------|
| Висота блискавкоприймача Н, м | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Радіус захисту R, м | | | 31 | 47 63 79 |

Рисунок 8.33 – Активний блискавкоприймач «ГРОМОСТАР» та система блискавкозахисту з його використанням:

1 – блискавкоприймач; 2 – щогла; 3 – блискавковідвід; 4 – лічильник ударів блискавки; 5 – кріплення до стіни; 6 – з'єднання блискавковідводу із заземленням; 7 – заземлювач

8.9 Захист від перенапруг повітряних ліній електропередавання, виконаних самоутримними ізольованими проводами (СП)

З появою ліній електропередавання, виконаних самоутримними ізольованими проводами (СП) виникла проблема їх захисту від грозових перенапруг. При виникненні такої перенапруги пробивається повітряний проміжок по поверхні ізолятора і горить дуга, що живиться мережею достатньо довго, – в мережах середньої напруги однофазний пробій не реєструється релейним захистом, і лінія не відключається.

Для “голих“ проводів грозові перенапруги не так страшні, оскільки основа дуги з боку проводу не залишається на місці, постійно переміщаючись по ньому. Захищений самоутримний провід пробивається в певних місцях, ізоляція не дає дузі рухатися, і вона

горить на проводі лише в місці пробою. Зрештою провід перепалюється і обривається. Отже, такі проводи необхідно захищати від грозових перенапруг, що звичайно вимагає додаткових витрат, але вони необхідні.

Існують різні способи захисту від грозових перенапруг.

Одним з перших з'явився метод захисту іскровим проміжком (рис.8.34а). Ще одним широко застосовуваним, але при цьому досить дорогим, став спосіб з використанням обмежувачів перенапруги (рис. 8.34б).

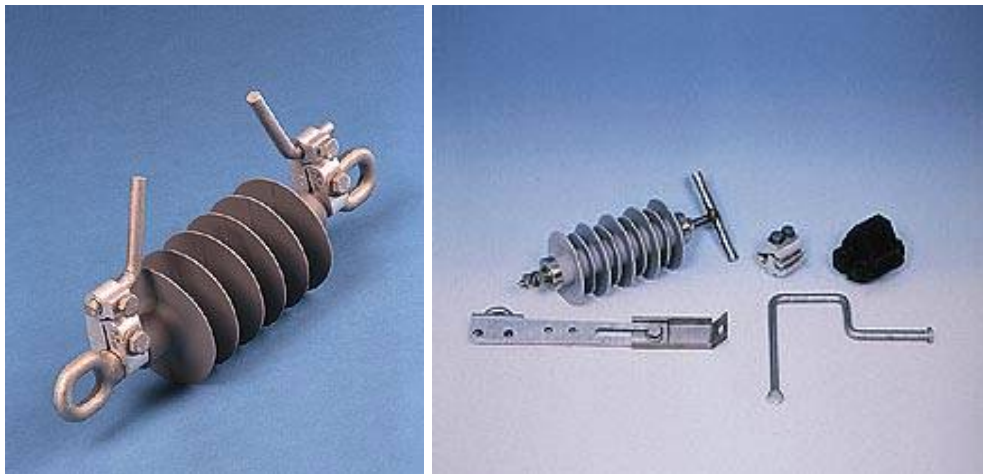


Рисунок 8.34 - Способи захисту від грозових перенапруг:

а) іскровим проміжком; б) за допомогою обмежувачів перенапруги

Існують й інші методи. Один з них досить давно використовується в Європі – спосіб переведення пробою з однофазного в міжфазний.

Пристрій досить простий за конструкцією (рис. 8.35), і необхідно звернути увагу на досить малу міжфазну відстань. Встановлюється пристрій на достатньому віддаленні від ізолятора (довжина спіральної в'язки плюс 5 см), причому ріг направлений від опори, але в бік траверси. Сам пристрій має контактні зуби, що проколюють ізоляцію СІП, і при монтажі виводять його потенціал на ріг та поверхню проводу, причому за допомогою алюмінієвого дроту цей потенціал існує на поверхні СІП аж до ізолятора.

При виникненні грозової перенапруги пробивається проміжок поблизу ізолятора між проводом (СП) і траверсою, але дуга горить не на самому проводі, а на тому дроті, який виводить потенціал на поверхню. Далі дуга переміщається по цьому дроту в бік рогів, і за рахунок іонізації повітря та відносно невеликої міжфазної відстані дуга переходить в міжфазний стан.

Плюс такого методу в тому, що пробій стає видимим для релейного захисту, який відключає лінію. Потім або спрацьовує пристрій АПВ (автоматичне повторне увімкнення), або оператор відновлює мережеву напругу.

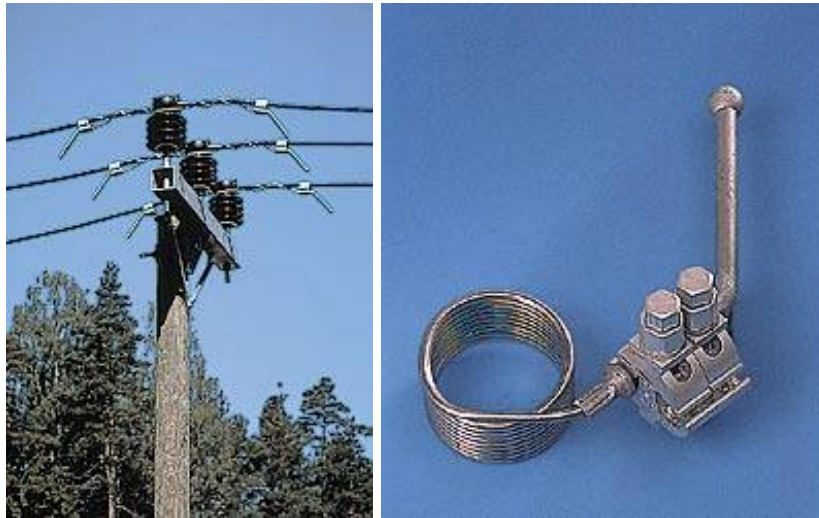


Рисунок 8.35 – Пристрій, що реалізує спосіб переведення пробою з однофазного в міжфазний

Цікавою є російська розробка (м.Санкт-Петербург) з використанням довгоіскрових розрядників.

Принцип роботи такого розрядника базується на використанні ефекту ковзного розряду, який забезпечує велику довжину імпульсного перекриття по поверхні розрядника, і запобіганні за рахунок цього переходу імпульсного перекриття в силову дугу струму промислової частоти. Розрядний елемент, уздовж якого розвивається ковзний розряд, має довжину, що у кілька разів перевищує довжину ізолятора лінії, яка захищається. Конструкція розрядника забезпечує його нижчу імпульсну електричну міцність в порівнянні з ізоляцією, що захищається. Головною особливістю довгоіскрового розрядника є

те, що внаслідок великої довжини імпульсного грозового перекритті вірогідність встановлення дуги короткого замикання зводиться до нуля.

Розрядник РДИМ-10 (рис. 8.36) призначений для захисту від прямих ударів блискавки та індукованих грозових перенапруг повітряних ліній електропередавання, виконаних як неізолюваними, так і захищеними проводами, та підходів до трансформаторних підстанцій напругою 6, 10 кВ трифазного змінного струму

Розрядник складається з двох відрізків кабелю з поліетилену високого тиску з резистивним корделем⁵⁹, сполучених між собою хомутами. Відрізки кабелю складені між собою так, що утворюються три розрядні модулі 1, 2, 3 (рис. 8.36а).

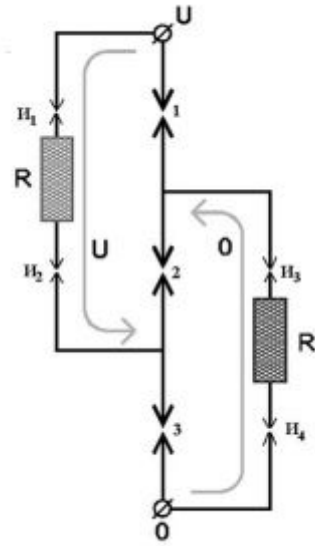
Розрядник РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1 складається з двох відрізків кабелю з поліетилену високого тиску з резистивним корделем, сполучених між собою хомутами. Відрізки кабелю складені між собою так, що утворюються три розрядні модулі 1, 2, 3 (рис. 8.36б).

За необхідності забезпечення гарантованого захисту від будь-яких грозових дій, у тому числі, від прямого удару блискавки у повітряну лінію, потрібно встановлювати на кожну опору ділянки, що захищається, по три розрядники модульного типу РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1 на всі фази (рис. 8.36в). При цьому необхідно забезпечити низький (бажано не більше 10 Ом) опір заземлення лише на найближчих декількох опорах підходу лінії до підстанції. Останні опори за умовами блискавкозахисту спеціально заземляти не потрібно. У випадку якщо техніко-економічний аналіз показує доцільність захисту від прямих ударів блискавки не всієї лінії, а лише окремих ділянок, їх доцільно захищати таким чином.

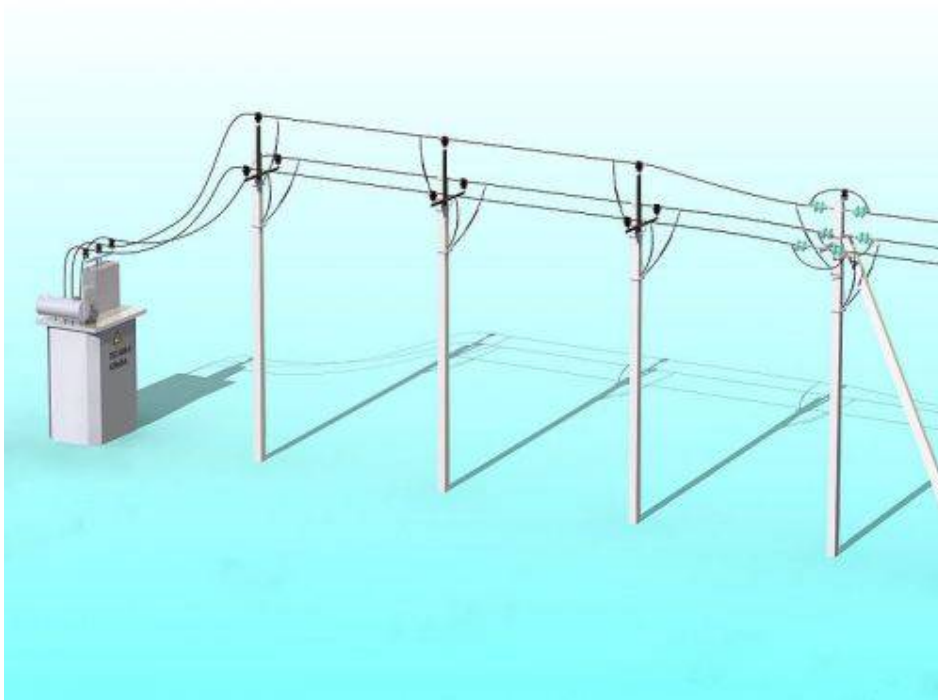
⁵⁹ Кордель – заповнювач



а)



б)



в)

Рисунок 8.36 – Довгоіскровий розрядник РДИМ-10:

а) зовнішній вигляд під час спрацювання; б) схема заміщення (1 ... 3 – розрядні модулі); в) встановлення розрядників на підході лінії живлення до споживчої трансформаторної підстанції

9 ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

9.1 Класифікація приміщень за вибухо- та пожеже-небезпекою

За небезпекою виникнення пожежі всі приміщення поділяються на зони та класи.

Вибухонебезпечна зона – це приміщення або обмежений простір у приміщенні чи зовнішній електроустановці, де є або можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші (повітря з горючими газами, парами, легкозаймистими речовинами, а також горючого пилу чи волокон з нижньою межею загоряння не більше 65 г/м^3). Ці зони поділяють на класи:

- В-I – виділяються горючі гази або пара у такій кількості і з такими властивостями, що можуть утворити з повітрям вибухонебезпечні суміші при нормальних режимах роботи, наприклад, при навантажуванні або розвантажуванні технологічних апаратів, зберіганні чи переливанні легкозаймистих рідин, що знаходяться у відкритих посудинах тощо;

- В-Ia – при нормальній експлуатації вибухонебезпечні суміші газів (незалежно від нижньої межі запалювання) або пари легкозаймистих рідин з повітрям не утворюються, а можливі тільки в результаті аварій або несправностей;

- В-Iб – те ж, що і В-Ia, але різняться однією з особливостей:

- горючі гази мають високу нижню межу загоряння (15 % і більше) і різкий запах при гранично допустимих концентраціях за ГОСТ 12.1.005-76 (машинні зали аміачних, компресорних і холодильних адсорбційних установок);

- приміщення виробництв, пов'язаних із застосуванням або утворенням газоподібного водню, в яких умовами технологічного процесу виключено утворення вибухонебезпечної суміші в кількості, що перевищує 5 % вільного об'єму приміщення, мають вибухонебезпечну зону тільки у верхній частині (вибухонебезпечну зону умовно приймають від відмітки

0,75 загальної висоти приміщення, рахуючи від підлоги, але не вище кранового шляху, якщо такий є);

- горючі гази та легкозаймисті рідини є у невеликих кількостях, недостатніх для утворення вибухонебезпечних сумішей у зоні, що перевищує 5 % вільного об'єму приміщення, і роботи з ними виконують без застосування відкритого полум'я (ці зони не відносять до вибухонебезпечних, якщо роботи з горючими газами і легкозаймистими рідинами проводять у витяжних шафах);

- В-Іг – простір у зовнішніх та технологічних установках, що містять горючі гази і легкозаймисті рідини (крім зовнішніх аміачних компресорних установок), наземних і підземних резервуарах з легкозаймистими рідинами і горючими газами, естакад для зливання і наливання легкозаймистих рідин тощо;

- В-ІІ – виділяються перехідні в стан суспензії горючі пил або волокна в такій кількості і властивостями, що здатні утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші при нормальних режимах роботи (при завантажуванні та розвантажуванні технологічних апаратів);

- В-ІІа – небезпечний стан, характерний для В-ІІ, не виникає при нормальній експлуатації, а можливий тільки внаслідок аварій або несправностей.

Пожежебезпечною зоною називають простір всередині і зовні приміщень, у межах якого постійно чи періодично знаходяться горючі речовини при нормальному протіканні технологічного процесу або його порушеннях. Ці зони поділяються на такі класи:

- П-І – застосовуються і зберігаються горючі рідини з температурою спалаху понад 61 °С (склади мінеральних масел, установки для регенерації мінеральних масел тощо);

- П-ІІ – виділяють горючі пил або волокна з нижньою межею загоряння понад 65 г/м³ (деревообробні цехи, зерносушарки, зерносховища, кормоцехи);

- П-IIa – застосовуються і зберігаються тверді горючі речовини (приміщення для худоби та птиці, якщо в них як підстилку використовують солому і на горищах зберігають сіно);
- П-III – застосовуються і зберігаються горючі рідини з температурою спалаху понад 61 °С (відкриті або під навісом склади мінеральних масел), а також тверді горючі речовини (відкриті або під навісом склади вугілля, торфу, лісоматеріалів тощо).

9.2 Причини виникнення пожеж

Основними причинами виникнення пожеж в електроустановках є короткі замикання, перевантаження, вибух колб ламп розжарювання, виникнення електричної дуги та іскріння, спалахування горючих матеріалів, що знаходяться біля електронагрівних установок, перехідні опори тощо.

Часто пожежі виникають внаслідок порушення правил улаштування, монтажу та експлуатації електрообладнання і електропроводок і зокрема невідповідності марок проводів і кабелів та способів їх прокладання, розміщення ненадійно ізольованих місць з'єднань одне проти одного; наявності конструктивних недоліків та несправностей електрообладнання; використання електрообладнання, яке за способом використання не відповідає характеру навколишнього середовища; невиконання правил експлуатації електроустановок і вимог пожежної безпеки.

При короткому замиканні в місцях з'єднання проводів опір практично знижується до нуля, що призводить до виникнення струму короткого замикання, який на кілька порядків перевищує номінальну силу струму проводів та струмоведучих частин. Сила струму короткого замикання залежить від потужності джерела живлення віддаленості електроустановки від місця короткого замикання, виду короткого замикання (одно-, дво-, трифазне) і його тривалості. Такий струм може не тільки нагріти, але й призвести до спалаху ізоляції, а також розплавити метал провідника, краплини якого є джерелом пожежі.

Для попередження виникнення пожеж від коротких замикань в електромережах використовують автоматичні вимикачі та плавкі запобіжники.

Перевантаженням називається такий аварійний режим, при якому в провідниках електричних мереж та апаратів виникають струми, що тривалий час перевищують допустимі величини. У процесі експлуатації електричних мереж перевантаження може виникнути в результаті вмикання додаткових електроприймачів, на які не розрахована ця мережа, а в електричних машинах – у разі їх механічного перевантаження та при зниженні напруги більш як на 5 %.

Тривало допустимі навантаження проводів і кабелів з урахуванням площі поперечного перерізу жили, виду ізоляції, конструкцій та способу прокладання визначені ПУЕ. Номінальні струми електричних машин, електрообладнання та апаратів керування вказані у паспортних табличках або заводських каталогах.

Для захисту електроустановок від перевантаження використовують автоматичні вимикачі з тепловими розчіплювачами, а також електротеплові струмові реле та вбудований температурний захист.

Причиною пожежі може бути перехідний опір, що виникає в місцях з'єднання проводів, контактних машин і апаратів. Ділянки з великими перехідними опорами дуже нагріваються, що може призвести до загоряння ізоляції. Кількість теплоти, що виділяється у контактному з'єднанні, залежить від матеріалу та конструкції контактних елементів, надійності і міцності закріплення контактів, способу обробки контактних поверхонь.

Великі перехідні опори можуть бути викликані нещільним приєднанням проводів до затискачів електричних машин, приладів і апаратів, окисленням місць з'єднань проводів, вібрацією обладнання.

Надійний контакт місць з'єднань проводів забезпечують зварюванням, паянням і механічним з'єднанням під тиском. Для зручності і поліпшення контакту використовують наконечники та затискачі (рис.9.1).



Рисунок 9.1 – Накінечники (а), затискачі (б) та клемна колодка (в)

Пожежу можуть викликати і електростатичні заряди, які утворюються в процесі механічного розділення одно- чи різнорідних речовин. При цьому одна з речовин повинна бути діелектриком або ж ізольованим провідником.

При нагромадженні зарядів до критичної величини виникає розряд у формі іскри, яка може запалити газу, пари та пилоподібні утворення. Найбільшу небезпеку електризації становить зливання й наливання з цистерн та інших місткостей нафтопродуктів, пневмотранспортування і сушіння пилоподібних матеріалів, експлуатація виробів на полімерній основі.

З метою запобігання утворенню електростатичних зарядів з високим потенціалом застосовують засоби захисту від статичної електрики⁶⁰ (рис. 9.2).

Велику небезпеку в пожежному відношенні спричинюють розряди атмосферної електрики. Дія блискавки може проявитись у вигляді прямого удару, електростатичної і електромагнітної індукції, а також занесення потенціалів через металеві комунікації. Засоби захисту будинків і споруд від ударів блискавки описані у розділі 8.

⁶⁰Система стандартів безпеки труда. ГОСТ 12.4.124-83. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования



Рисунок 9.2 – Класифікація засобів захисту від статичної електрики

9.3 Вимоги пожежної безпеки при експлуатації електроустановок та зварюванні

Основними заходами запобігання пожежам в електроустановках є правильне влаштування, монтаж і експлуатація електрообладнання та електропроводок.

Небезпека виникнення пожежі у електропроводках виникає у разі неправильного вибору марок проводів, способу їх прокладання і монтажу. Відстань від трубопроводів до проводів, що їх перетинають, повинна бути не менше 50 мм, а якщо трубопровід з гарячою рідиною – 100 мм. У місцях проходження

незахищених ізольованих проводів через стіни використовують ізоляційні напівтверді трубки, які закінчуються з боку сухих приміщень ізолюючими втулками, а з боку вологих – лійками, які заливають компаундом.

При проходженні проводів з сухого чи вологого приміщення в сире, з одного сирого приміщення в інше або при виході з приміщення назовні кожний провід прокладають в окремій ізоляційній трубці.

Електропроводки потрібно систематично оглядати та проводити планово-запобіжні ремонти.

Пожежну небезпеку електричних машин визначають наявністю в них горючих матеріалів (бавовняно-паперова і шовкова тканини, лаки, текстоліт, гетинакс тощо). При нагріванні вище допустимих температур такі ізоляційні матеріали можуть загорітися. Електричні машини найчастіше перегріваються при перевантаженні, порушенні нормальної вентиляції, роботі на двох фазах, недостатньому контакті у з'єднаннях обмотки, іскрінні в щітковому апараті.

При виборі електрообладнання для роботи в пожежебезпечних зонах необхідно враховувати умови навколишнього середовища. Нерухомі контактні з'єднання виконують зварюванням, обпресовуванням, паянням або застосовують різьбове з'єднання. Розбірні контактні з'єднання повинні мати пристрої для запобігання самовідгвинчуванню.

Електродвигуни, електричні апарати та прилади повинні мати ступінь захисту не нижче IP44 (за ГОСТ 15150—69).

Пожежа в освітлювальних пристроях можлива при стиканні нагрітих до високої температури ламп розжарювання із спалимими матеріалами, у разі вибуху колб ламп, при механічному пошкодженні світильників тощо. Часто колби ламп розриваються при перепадах напруги в мережі, внаслідок чого розжарена нитка і скалки скла можуть стати причиною пожежі.

Електричні світильники повинні мати ступінь захисту не нижче IP44. Переносні світильники в пожежебезпечних зонах будь-якого класу повинні мати ступінь захисту не менше IP54 (табл.9.1), а скляний ковпак світильника захищають металевою сіткою (рис.9.3).



а)



б)

Рисунок 9.3 – Світильники спеціалізованого виконання для застосування у пожеженебезпечних зонах:

а) РСР 11ВEx-250-412; б) ЛПП12-700

Зменшення пожежної небезпеки електронагрівальних установок досягається дотриманням правил технічної експлуатації та застосуванням неспалимих підставок.

На тваринницьких фермах встановлюють електричні водонагрівники елементного типу тільки заводського виготовлення.

Пожежна небезпека електрозварювальних робіт обумовлена наявністю відкритого полум'я, розплавлених часток металу, розжарених шматочків електродів, нагрітих частин технологічного обладнання, які можуть стати джерелом загоряння горючих речовин та матеріалів. Ці роботи проводять у спеціально відведених вентильованих приміщеннях. Місце для зварювальних робіт (рис.9.4) у спалимих приміщеннях обгороджують суцільною перегородкою з неспалимого матеріалу висотою не менш як 2,5 м. Зазор між перегородкою і підлогою допускається не більше 5 см.

Таблиця 9.1 – Ступінь захисту світильників залежно від класу пожежонебезпечної зони

| Джерело світла | Ступінь захисту світильників для пожежонебезпечної зони класу | | | |
|---------------------|---|-------------|---|-------------|
| | П – I | П – II | П – IIa, а також П – III за наявності місцевих нижніх відсмоктувань і загальнообмінної вентиляції | П – III |
| Лампи розжарювання | IP53 | IP53 | 2,3 | 2,3 |
| Лампи ДРЛ | IP53 | IP53 | IP23 | IP23 |
| Люмінесцентні лампи | 5,3 | 5,3 | IP23 | IP23 |



а)



б)

Рисунок 9.4 – Робоче місце(а) і стіл електро-зварювальника (б)

Щоб запобігти загорянню проводів і зварювального обладнання, потрібно правильно вибирати площу поперечного перерізу проводів за силою струму, ізоляцію проводів за робочою напругою і плавкі запобіжники чи автоматичні вимикачі на гранично допустиму номінальну силу струму.

Приміщення для електрозварювальних робіт необхідно забезпечити засобами гасіння пожеж (вогнегасник або ящик з піском, лопата і відро з водою). Всі електрозварювальники повинні вміти користуватись первинними засобами гасіння пожежі.

9.4 Засоби гасіння пожеж

Пожежу можна погасити охолодженням зони горіння нанесенням вогнегасної речовини (води, піни тощо); введенням інертних газів (азоту, вуглекислого газу), що призводить до зниження концентрації кисню; хімічним гальмуванням реакції горіння шляхом подавання на поверхню спалимих речовин і матеріалів інгібіторів (уповільнювачів реакції горіння); ізоляцією горючих речовин від повітря піною, порошковими речовинами, покривалами з неспалимих матеріалів тощо.

Для цього використовують пожежні машини (автомобілі, мотоцикли, причепа); установки пожежогасіння з автоматичним (спринклерні, дренчерні) та ручним пуском; установки пожежної сигналізації (на базі димових, теплових і комбінованих пожежних оповісників вогнегасники (водяні, хімічно-пінні, повітряно-пінні, вуглекислотно-брометилові і порошкові); пожежне обладнання (гідранти, стволи, рукава, з'єднувальні головки тощо); ручний інструмент (ломи, багри, сокири та інше); інвентар (щити, стенди, відра, бочки для води, ящики для піску); рятувальні пристрої (ручні пожежні драбини).

Місцеві загоряння поширюються повільно і тільки у виняткових випадках пожежа зразу охоплює все приміщення. Отже, при своєчасному виявленні загоряння можна не допустити поширення вогню і ліквідувати його за допомогою невеликої кількості вогнегасних засобів. В окремих випадках ними можуть бути вода, пісок, покривало. Однак для більшості загорянь вони виявляються недостатніми внаслідок малої вогнегасної здатності.

Надійними засобами гасіння пожеж в електроустановках є вуглекислотні вогнегасники

Серед первинних засобів пожежегасіння найважливіша роль відводиться самим ефективним з них – вогнегасникам. Встановлено, що з використанням вогнегасників найчастіше успішно ліквідують загоряння протягом перших 3 – 5 хвилин з моменту їх виникнення, тобто до прибуття пожежних підрозділів.

Встановлено чотири класи пожежі, а також їх символи (рис.9.5):

клас А – горіння твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір);

клас В – горіння рідких рідин або твердих речовин, які розтоплюються;

клас С – горіння газоподібних речовин;

клас D – горіння металів та їх сплавів.

Нижче наведені символи класів пожеж:

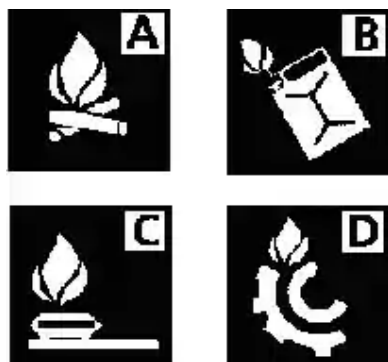


Рисунок 9.5 – Символи класів пожеж

Крім цих чотирьох класів Правилами пожежної безпеки в Україні введено ще додатковий п'ятий клас (E), прийнятий для позначення пожеж, пов'язаних з горінням електроустановок.

Символи класів пожежі вказуються на корпусах вогнегасників.

Вибір типу та визначення необхідної кількості вогнегасників для захисту об'єкта здійснюється згідно з чинними Типовими нормами належності вогнегасників та галузевими правилами пожежної безпеки.

Громадські та адміністративно-побутові будинки на кожному поверсі повинні мати не менше двох переносних (порошкових,

водопінних або водяних) вогнегасників з масою заряду вогнегасної речовини 5 кг і більше.

Крім того, слід передбачати по одному вуглекислотному вогнегаснику з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг і більше:

- на 20 м² площі підлоги в таких приміщеннях: офісні приміщення з ПЕОМ, комори, електрощитові, вентиляційні камери та інші технічні приміщення;

- на 50 м² площі підлоги приміщень архівів, машзалів, бібліотек, музеї.

Не допускається експлуатація вогнегасників на підприємствах без призначення особи, відповідальної за пожежну безпеку на об'єкті.

Особа, відповідальна за пожежну безпеку на об'єкті, повинна пройти спеціальне навчання за навчальними програмами, погодженими Державним департаментом пожежної безпеки МНС України, і після складання заліку отримати посвідчення встановленого зразка. Один раз на три роки навчальним закладом, який видає посвідчення, проводиться перевірка знань особи, відповідальної за пожежну безпеку на об'єкті.

Особа, відповідальна за пожежну безпеку на об'єкті, зобов'язана забезпечити:

- виконання вимог Правил експлуатації вогнегасників;
- утримання вогнегасників у працездатному стані шляхом своєчасного проведення їх огляду та організації технічного обслуговування;

- контроль за систематичним веденням експлуатаційних документів;

- навчання працівників підприємства правилам застосування вогнегасників за призначенням.

Для забезпечення працездатного стану та якісної експлуатації вогнегасників на підприємстві має бути організовано їх технічне обслуговування. Для виконання робіт з технічного обслуговування вогнегасників підприємство укладає договір з пунктом технічного обслуговування вогнегасників.

Вогнегасники перед придбанням та розміщенням на об'єкті повинні обов'язково пройти первинний огляд особою, відповідальною за пожежну безпеку на об'єкті.

Під час проведення первинного огляду встановлюють, що:

- вогнегасники мають сертифікат відповідності;
- на кожний вогнегасник у наявності є паспорт;
- пломби на вогнегасниках не порушені;
- вогнегасники не мають видимих зовнішніх пошкоджень;
- стрілки індикаторів тиску закачних вогнегасників перебувають у межах робочого діапазону (у зеленому секторі шкали індикатора) залежно від температури експлуатації;
- на маркуванні кожного вогнегасника і в його паспорті вказано виробника та пункт технічного обслуговування вогнегасників, які мають право проводити його технічне обслуговування, дату виготовлення (продажу) та дату проведення технічного обслуговування.

Після проведення первинного огляду вогнегасникам присвоюються облікові (інвентарні) номери за прийнятою на об'єкті системою нумерації.

Особа, відповідальна за пожежну безпеку на об'єкті, повинна оформити журнал обліку вогнегасників на об'єкті.

Вогнегасники слід розміщувати у легкодоступних і помітних місцях, а також поблизу місць, де найбільш імовірна поява осередків пожежі. При цьому необхідно забезпечити їх захист від дії сонячних променів, опалювальних і нагрівальних приладів, а також хімічно агресивних речовин (середовищ), які можуть негативно вплинути на їх працездатність.

Переносні вогнегасники розміщують шляхом навішування за допомогою кронштейнів на вертикальні конструкції на висоті не більше 1,5 м від рівня підлоги до нижнього торця вогнегасника і на відстані від дверей, достатній для їх повного відчинення, або встановлюють у пожежні шафи пожежних кранів, на пожежні щити чи стенди, підставки чи спеціальні тумби.

Розміщення вогнегасників за допомогою кронштейнів на вертикальні конструкції, установлення їх у пожежних шафах або тумбах має бути виконано таким чином, щоб забезпечувати можливість прочитування маркувальних написів на їх корпусах.

Вогнегасники повинні розміщуватись з урахуванням зручності їх обслуговування, огляду, користування, а також досягнення найкращої видимості з різних точок захищеного простору.

Підходи до місця розташування вогнегасників мають бути завжди вільними.

Для зазначення місцезнаходження вогнегасників на об'єктах повинні встановлюватися вказівні знаки (рис.9.6):



Рисунок 9.6 – Вказівний знак для зазначення місцезнаходження вогнегасників

Знаки розташовують на видних місцях на висоті 2,0 – 2,5 м від рівня підлоги як у середині, так і поза приміщеннями.

У приміщеннях, у яких немає постійного перебування працівників, вогнегасники слід розміщувати ззовні приміщень або біля входу до них.

Періодичний огляд вогнегасників здійснюється особою, відповідальною за пожежну безпеку на об'єкті, не рідше одного разу на місяць.

Переносні вогнегасники містять у собі обмежену кількість вогнегасної речовини і, як правило, безперервне подання відбувається протягом короткого проміжку часу, через що помилки, які допущені при користуванні, виправити не має змоги.

Нижче наведені практичні прийоми (у різних ситуаціях), яких слід дотримуватися при користуванні найбільше розповсюдженими порошковими та вуглекислотними вогнегасниками.

Порошкові вогнегасники (рис.9.7, табл.9.1) використовуються для гасіння пожеж класів А, В і С (горіння твердих, рідких та

газоподібних речовин) і зокрема електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000В, на початковій стадії спалаху.

Порошковий вогнегасник не призначений для гасіння лужноземельних і лужних металів та інших матеріалів, горіння яких може відбутися без доступу повітря;



Цифра у позначенні вогнегасника показує масу заряду в кг (окрім вогнегасників ОП-50 (49,5 кг) і ОП-100 – 72 кг)

Рисунок 9.7 – Порошкові переносні і пересувні вогнегасники ОП (ВП)

Таблиця 9.1 – Типи порошкових вогнегасників

| | |
|-------------------------|---|
| Огнетушитель порошковый | ОП-1; ОП-2; ОП-5; ОП-6; ОП-8; ОП-50; ОП-100 |
| Вогнегасник порошковый | ВП-1; ВП-2; ВП-5; ВП-6; ВП-45; ВП-90 |

Під час використання порошкового вогнегасника значно забруднюється об'єкт, що захищається, що не дозволяє експлуатувати порошкові вогнегасники для охорони електронного устаткування, обчислювальних залів, електричного устаткування з елементами, які обертаються, музейних експонатів, архівів тощо.

При гасінні пожежі класу А (горіння твердих речовин) вогнегасний порошок необхідно подавати до осередку пожежі, переміщуючи струмінь з боку в бік з метою збиття полум'я. Після того як полум'я збито, треба наблизитись і покрити всю поверхню

речовини, що горить, і особливо окремі осередки шаром порошку, при цьому порошок подається переривчастими порціями.

Порошковий вогнегасник (рис.9.8) складається з алюмінієвого корпусу, заповненого порошком П-1А, і замково-пускового пристрою. Із корпусу порошок витискається стисненим газом (азотом, повітрям), що знаходиться в сталевому балоні. Конструкція замково-пускового пристрою забезпечує переривчасте подавання порошку по всій сифонній трубці.

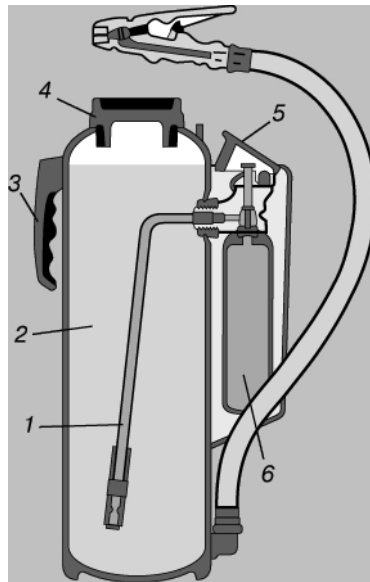


Рисунок 9.8 – Будова порошкового вогнегасника:

1 – газова трубка; 2 – сухий порошок; 3 – ручка; 4 – ковпачок; 5 – важіль прокалювача; 6 – газіву балон з витісняючим газом

Під час гасіння пожежі класу В (горіння рідких речовин) струмінь порошку спочатку подають на найближчий край, переміщуючи насадок з боку в бік для покриття пожежі по всій ширині. Подачу порошку слід робити безперервно при повністю відкритому клапані, переміщуючись уперед і не залишаючись позаду й з боків непогашеної ділянки, намагаючись постійно підтримувати у зоні горіння порошкову хмару.

Під час гасіння пожежі класу С (горіння газоподібних речовин) струмінь вогнегасного порошку спочатку необхідно спрямовувати в струмінь газу майже паралельно газіву потоку.

Під час гасіння електроустаткування струмінь вогнегасного порошку слід спрямовувати безпосередньо у джерело полум'я.

До початку гасіння пожежі слід обов'язково знеструмити електроустаткування.

Деякі рекомендації щодо роботи з порошковими вогнегасниками наведені на рис. 9.9.



Рисунок 9.9 – Рекомендації щодо гасіння пожежі порошковими вогнегасниками

Вуглекислотні вогнегасники (рис.9.10), табл.9.2 застосуються, як правило, для гасіння пожежі класу В (горіння рідких речовин) й електроустаткування (Е).

Зарядом для них є рідка вуглекислота (при тиску 3,6 МПа і температурі 0 °С вуглекислота зріджується), яка в момент приведення вогнегасника в дію швидко випаровується, переходячи в газоподібний стан.

Вогнегасник (рис.9.11) складається із сталюго товстостінного балона, в горловині якого на конусній різьбі знаходиться латунний вентиль 2 із сифонною трубкою. У

вогнегасників ОУ-2 і ОУ-5 розтруб 3 приєднується до вентиля шарнірно, а в ОУ-8 – гнучким броньованим шлангом завдовжки 0,8 м. Запірний вентиль має запобіжну мембрану, розраховану на розривання під тиском 16 – 19 МПа. Для приведення в дію вогнегасник, тримаючи за рукоятку 1, підносять у вертикальному положенні якнайближче до вогню, направляючи розтруб на нього, і повертають маховик вентиля до відказу проти годинникової стрілки. Поводитись з вогнегасником потрібно обережно, тому що температура розтруба знижується до $-72\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Вогнегасники використовують при температурі повітря від $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 9.10 – Вуглекислотні вогнегасники:
а – переносні; б – пересувні

Таблиця 9.2 – Типи вуглекислотних вогнегасників

| | |
|---------------------------|---|
| Переносні вогнегасники | ОУ-1; ОУ-2; ОУ-5 Маса заряду, кг відповідно: 1;2;3;5 |
| Пересувні вогнегасники | ОУ-10; ОУ-20; ОУ-40; ОУ-80 Маса заряду, кг відповідно: 10;20;28;56 |

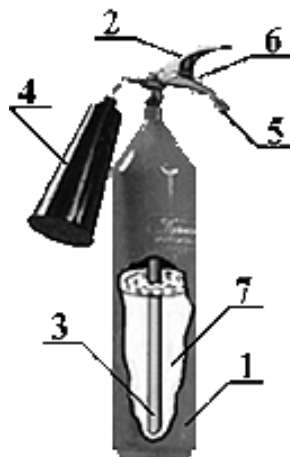


Рисунок 9.11 – Будова вуглекислотного вогнегасника:

1 – балон; 2 – запірно-пусковий пристрій; 3 – сифонна трубка; 4 – розтруб; 5 – пломба; 6 – чека; 7 – вуглекислота

Перевіряють вуглекислотні вогнегасники зважуванням. Якщо маса менше 6,5, 14,15 і 20,75 кг відповідно для вогнегасників ОУ-2, ОУ-5 і ОУ-8, то їх дозаряджають.

Під час гасіння пожежі і класу В розтруб вогнегасника має бути спрямований в основу вогнища пожежі, що знаходиться найближче до оператора. Під час гасіння оператор зобов'язаний виконувати рухи розтрубом з боку в бік, просуваючись уперед. При гасінні електроустаткування тактика аналогічна користуванню порошковими вогнегасниками.

При застосуванні всіх типів вогнегасників необхідно дотримуватися таких загальних правил безпеки:

- у випадку виявлення пожежі подати сигнал тривоги й сповістити пожежну охорону;
- не проходити повз пожежу у пошуках вогнегасника, тому що тупикове приміщення може стати пасткою;
- під час гасіння електроустаткування, що знаходиться під напругою, необхідно, щоб відстань від електроустаткування до насадка (розтруба) вогнегасника була не менше, ніж 1 метр;
- гасіння здійснювати з навітряного боку;
- залишати вільним шлях евакуації (забезпечити собі можливість евакуації);

- у разі невдалого гасіння залишити приміщення і очікувати на допомогу;
- під час використання для гасіння кількох вогнегасників не здійснювати гасіння струменями вогнегасної речовини, спрямованої назустріч один одному;
- після закінчення гасіння відходити необхідно, залишаючись лицем до вогнища;
- у разі наявності запасного вогнегасника з вогнегасною речовиною охолоджувальної дії зробити обробку нагрітих поверхонь з метою попередження повторного займання.

Вуглекислотно-брометилові вогнегасники ОУБ-3А і ОУБ-7А застосовують для гасіння горючих речовин, тліючих твердих матеріалів (бавовни, текстилю, ізоляційних матеріалів), а також електроустановок і радіоелектронної апаратури.

Вуглекислотно-брометиловий вогнегасник містить заряд, що складається з 97 % бромистого етилу, 3 % зрідженого діоксиду вуглецю і стислого повітря, що вводиться у вогнегасники для створення робочого тиску, рівного 0,9 МПа.

Пінно-повітряні вогнегасники (табл.9.3) призначені для гасіння загорянь тліючих матеріалів, горючих рідин на промислових підприємствах, складах зберігання горючих матеріалів.

Вогнегасники не призначені для гасіння загорянь речовин, горіння яких може відбуватися без доступу повітря (алюміній, магній і їх сплави, натрій і калій) і електроустановок, що знаходиться під напругою.

Вогнегасники повинні експлуатуватися в діапазоні робочих температур від +5 °С до +50°С.

У холодну пору року легко – пінні вогнегасники поставляються незарядженими.

Таблиця 9.3 – Деякі марки пінно-повітряних вогнегасників

| | | | |
|--|---|---|--|
|  |  |  |  |
| <p>В ОГНЕГАСНИК ОВП -5(3) Кількість вогнегасної речовини: води - 3,2 л заряду - 1 кг Довжина струменю вогнегасної речовини: 3м. Тривалість подачі вогнегасної речовини: 30с. Маса вогнегасника не більше - 7.8 кг Габаритні розміри: 450 X 290 X 175 мм.</p> | <p>В ОГНЕГАСНИК ОВП -10 (3) Кількість вогнегасної речовини: води - 6,5 л заряду - 2 кг Довжина струменю вогнегасної речовини: 3,5 м. Тривалість подачі вогнегасної речовини: 40с. Маса вогнегасника не більше - 14 кг Габаритні розміри: 628 X 290 X 300мм.</p> | <p>В ОГНЕГАСНИК ОВП -50 (3) Кількість вогнегасної речовини: води - 32,5 л заряду - 10 кг Довжина струменю вогнегасної речовини: 4 м. Тривалість подачі вогнегасної речовини: 40с. Маса вогнегасника не більше - 85 кг Габаритні розміри: 890 X 515 X 470мм.</p> | <p>В ОГНЕГАСНИК ОВП-100(3) Кількість вогнегасної речовини: води - 65,5 л, заряду - 20кг. Довжина струменю вогнегасної речовини: 4 м. Тривалість подачі вогнегасної речовини: 60с. Маса вогнегасника не більше - 155 кг Габаритні розміри: 1090 X 820 X 660 мм.</p> |

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.
2. Сакулин В. П. Безопасность труда при эксплуатации сельских электроустановок. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 255 с.
3. Лут М.Т., Радько І.П., Тракай В.Г., Чміль А.І. Безпека праці в сільських електроустановках: Навч. посібник для студентів вищих навч. закладів. Вид-во ТОО «Агрармедіа груп». – 2012. – 430 с.
4. Правила улаштування електроустановок. – 3-е вид., перероб і доп. – К.: Мінпаливенерго. – 2011. – 736 с.
5. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 10 с.
6. ГОСТ 12.4.155-85 ССБТ. Устройства защитного отключения. Классификация. Общие технические требования.
7. Кунин Р.З., Прудников Н.И. Защитное отключение электроустановок. – Л.: Колос, 1984. – 63 с.
8. Дубровский А.А., Переслыцкий Ф.Ф. Пожарная техника. – К.: Техніка, 1981. – 240 с.
9. Кашолкин Б.И., Мешалкин Е.А. Тушение пожаров в электроустановках. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 112 с.
10. Шаровар Ф.И. Устройства и системы пожарной сигнализации. – М.: Стройиздат, 1985. – 375 с.
11. Щербина Я.Я., Щербина И.Я. Основы противопожарной защиты. – К.: Вища шк., 1985. – 255 с.
12. Скобелев О.В., Новосельцев Н.Г. Противопожарная защита сельскохозяйственных предприятий. – К.: Урожай, 1986. – 224 с.
13. Инструкция по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве: – М.: Изд-во ГАЛО БУБНОВ, 2007. – 112 с.
14. Межотраслевая инструкция по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2008. – 80 с.
15. Трахтенберг І. М. Гігієна праці та виробнича санітарія / І. М. Трахтенберг, М. М. Коршун, О. В. Чебанова. – К., 1997. – 464 с.

16 Серіков Я. О. Безпека життєдіяльності. / Я. О. Серіков. –
Харків: ХНАМГ, 2005. – 298 с.

17 НАШ ПРАКТИКУМ

ПЕРЕЛІК СТАНДАРТІВ

ЗМІСТ

| | | |
|---|---|--|
| | ВСТУП..... | |
| | ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ..... | |
| 1 | ПРАВОВІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ..... | |
| | 1.1 Законодавство з охорони праці..... | |
| | 1.2 Організаційні основи охорони праці..... | |
| | 1.3 Організація навчання безпеці праці..... | |
| | 1.4 Вимоги до електротехнічного персоналу..... | |
| | 1.5 Розслідування нещасних випадків на виробництві..... | |
| 2 | ДІЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН..... | |
| | 2.1 Дія електричного струму на людину..... | |
| | 2.2 Дія електричного струму на сільськогосподарських тварин..... | |
| | 2.3 Причини електротравм у сільському господарстві | |
| 3 | ПЕРША ДОПОМОГА ПОТЕРПІЛОМУ ВІД УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ..... | |
| | 3.1 Загальні положення..... | |
| | 3.2 Звільнення потерпілого від дії електричного струму.... | |
| | 3.3 Заходи першої допомоги при ураженні електричним струмом..... | |
| | 3.4 Способи проведення штучного дихання і зовнішнього масажу серця..... | |
| 4 | ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ І ЗАХОДИ ЗАХИСТУ ВІД УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ..... | |
| | 4.1 Схеми дотику в електроустановках..... | |
| | 4.2 Класифікація електроустановок та приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом... | |
| | 4.3 Загальні вимоги щодо захисту від ураження електричним струмом | |
| | 4.4 Системи заземлення нейтралі в електричних мережах змінного і постійного струмів | |
| | 4.5 Заходи захисту із застосуванням систем БННН, ЗННН і ФННН | |
| | 4.6 Заходи основного захисту | |
| | 4.7 Заходи захисту у разі непрямого дотику | |
| | 4.8 Заземлювальні пристрої електроустановок напругою до 1 кВ у електричних мережах із глухозаземленою нейтраллю | |
| | 4.9 Заземлювальні пристрої електроустановок напругою до 1 кВ у електричних мережах із ізольованою | |

| | | |
|------|---|--|
| | нейтраллю | |
| 4.10 | Заземлювальні пристрої електроустановок напругою понад 1 кВ у електричних мережах із ізольованою, компенсованою або (і) заземленою через резистор нейтраллю | |
| 4.11 | Заземлювальні пристрої електроустановок напругою понад 1 кВ у електричних мережах із глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю | |
| 4.12 | Заземлювальні пристрої в місцевостях з великим питомим опором землі | |
| 4.13 | Заземлювачі | |
| 4.14 | Заземлювальні провідники | |
| 4.15 | Головна заземлювальна шина (ГЗШ) | |
| 4.16 | Захисні провідники (<i>PE</i> -провідники) | |
| 4.17 | <i>PEN</i> - провідники | |
| 4.18 | Провідники системи зрівнювання потенціалів... | |
| 4.19 | З'єднання і приєднання захисних провідників.. | |
| 4.20 | Переносні електроприймачі | |
| 4.21 | Пересувні електроустановки | |
| 4.22 | Захист від переходу напруги понад 1000 В у мережі напругою до 1000 В | |
| 4.23 | Електрозахисні засоби | |
| | Додатки..... | |
| 5 | ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ЕЛЕКТРО-МОНТАЖНИХ І ПУСКОНАЛАГОДЖУВАЛЬНИХ РОБІТ.... | |
| 5.1 | Монтаж повітряних ліній електропередавання..... | |
| 5.2 | Монтаж кабельних ліній електропередавання..... | |
| 5.3 | Монтаж силових електроустановок..... | |
| 5.4 | Монтаж електропроводок і освітлювальних електроустановок..... | |
| 5.5 | Пусконалагоджувальні роботи..... | |
| 6 | ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК..... | |
| 6.1 | Категорії робіт у діючих електроустановках..... | |
| 6.2 | Оперативне обслуговування та огляд електроустановок | |
| 6.3 | Організаційні заходи безпечного виконання робіт в електроустановках..... | |
| 6.4 | Технічні заходи безпечного виконання робіт в електроустановках..... | |
| 6.5 | Порядок виконання робіт із запобігання виникненню аварій та ліквідації їх наслідків..... | |
| 6.6 | Техніка безпеки при обслуговуванні електрообладнання..... | |

| | | |
|-----|--|--|
| 7 | ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ | |
| 7.1 | Електробезпека у тваринництві..... | |
| 7.2 | Електробезпека у рослинництві..... | |
| 7.3 | Електробезпека на ремонтних підприємствах..... | |
| 7.4 | Електробезпека в житлових будинках і громадських будівлях..... | |
| 8 | ЗАХИСТ ВІД ПЕРЕНАПРУГ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ..... | |
| 8.1 | Загальні положення..... | |
| 8.2 | Класифікація будівель і споруд щодо улаштування блискавкозахисту. Визначення необхідності їх захисту від блискавки..... | |
| 8.3 | Параметри струмів блискавки..... | |
| 8.4 | Захист від прямих ударів блискавки..... | |
| 8.5 | Вибір блискавковідводів..... | |
| 8.6 | Захист від вторинних дій блискавки..... | |
| 8.7 | Рекомендації щодо експлуатаційно-технічної документації, порядку прийняття в експлуатацію і експлуатації пристроїв блискавкозахисту..... | |
| 8.8 | Системи блискавкозахисту з активними блискавкоприймачами..... | |
| 8.9 | Захист від перенапруг повітряних ліній електропередавання, виконаних самоутримними ізольованими проводами (СПІ)..... | |
| 9 | ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ..... | |
| 9.1 | Класифікація приміщень за вибухо- та пожежонебезпекою..... | |
| 9.2 | Причини виникнення пожеж..... | |
| 9.3 | Вимоги пожежної безпеки при експлуатації електроустановок та зварюванні..... | |
| 9.4 | Засоби гасіння пожеж..... | |
| | СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... | |
| | Перелік стандартів України, СНД, ЄС та Міжнародної електро-технічної комісії (ІЕС), використаних під час роботи над рукописом посібника..... | |
| | ЗМІСТ..... | |