

## **Заходи безпеки в аварійному режимі при появі напруги на неструмоведучих частинах обладнання**

### **4.7. Заходи безпеки в аварійному режимі при появі напруги на неструмоведучих частинах обладнання.**

Корпуси електрообладнання в нормальному стані не перебувають під напругою відносно землі завдяки ізоляції від струмопровідних частин. Проте, в разі пошкодження ізоляції, будь-яка з металевих частин електрообладнання може виявитися під напругою, яка часто дорівнює фазній, і робітник, який взявся за корпус або іншу частину установки, може потрапити під напругу. Щоб зменшити небезпеку ураження людей при пошкодженні ізоляції струмопровідних частин, вживають заходи, серед яких найбільш поширені: захисне заземлення металевих частин - електроустановок, що нормально не перебувають під напругою, та занулення їх.

#### **4.7.1. Захисне заземлення.**

**Захисне заземлення** - це спеціально виконане електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металічних неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою при замиканні на корпус та по інших причинах.

Задача захисного заземлення - усунення небезпеки ураження струмом у випадку дотику до корпусу та інших струмоведучих металічних частин електроустановки, які опинилися під напругою.

Захисне заземлення використовують в трьохфазних трьохпровідних мережах з ізолюваною нейтраллю при напрузі до 1000В і в мережах з будь-яким режимом нейтралі при напрузі понад 1000В, а також у всіх електроустановках постійного струму при напрузі 440В та вище, під напругою,- та землею до Принцип дії захисного заземлення - зменшення напруги між корпусом, що опинився безпечної величини.

Якщо корпус електрообладнання не заземлений і виявився в контакті з фазою, то дотик до такого корпусу рівнозначний дотику до фази (мал.7).

В цьому випадку, як було показано раніше, струм, який проходить через людину, може бути смертельним.

Якщо ж корпус заземлений, то струм, який проходить через людину, в найбільш несприятливому випадку, коли  $R_{в.з.} = R_n = 0$  буде рівний (мал.7)

$$I_{л} = \frac{U_{\phi}}{R_{л} + \frac{R_{із}}{3} \left( \frac{R_{л} + R_{з}}{R_{з}} \right)}$$

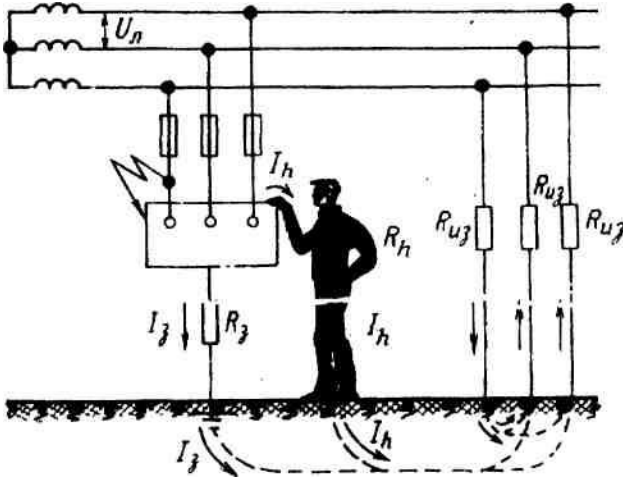
де  $R_{з} < 40\Omega$ , по нормативним умовам,

$$R_{i3} = 45000 \text{ Ом},$$

$$R_L = 1000 \text{ Ом}.$$

оскільки  $R_{i3} \ll R_L, R_{i3}$ , то маємо:

$$I_L = \frac{U_\phi}{R_L + \frac{R_{i3}}{3} \left( \frac{R_L + R_3}{R_3} \right)} = \frac{3U_\phi \cdot R_3}{R_{i3} \cdot R_L} = \frac{3 \cdot 380 \cdot 4}{4500 \cdot 1000} = 10^{-3} \text{ А} = 1 \text{ мА}$$



Мал.7. Принцип дії захисного заземлення.

Цей струм не являє собою небезпеки для людини. В цьому призначення заземлення і тому воно називається захисним. Напруга дотику також буде незначною  $U_0 = I \cdot B$ .

Конструктивними елементами захисного заземлення є заземлювачі - металічні провідники, які знаходяться в землі, і заземлюючі провідники, які з'єднують обладнання, що заземлюється, із заземлювачем.

Дамо визначення:

Заземлюючим пристроєм називається сукупність заземлювача (металевого провідника або групи провідників, з'єднаних між собою механічно і розташованих в безпосередньому контакті із землею, ґрунтом) і заземлюючих провідників, які з'єднують металеві частини електроустановок з заземлювачем.

При захисному заземленні під час стікання струму в землю відбувається різке зменшення потенціалу струмоведучої частини, яка заземлена, до значення  $\phi_3 = I_3 \cdot R_3$ , де  $I_3$  - струм заземлення,  $R_3$  - опір заземлення,  $\phi_3$  - потенціал заземлювача.

При стіканні струму в землю поряд із зменшенням потенціала струмоведучої частини виникає і негативний фактор - з'являється потенціал на заземлювачі і поверхні ґрунту навколо нього, що є небезпечним, оскільки створює можливість ураження електричним струмом. В землі у всі боки від заземлювача буде поширюватися струм. Цей простір називають "зоною розтікання струму", і він обмежується радіусом в 20м від заземлювача.

Заземлювачі бувають природні та штучні.

Природні: а) розташовані під землею водопровідні та інші металічні трубопроводи за виключенням трубопроводів горючих рідин, а також горючих або вибухонебезпечних газів; б) металеві конструкції будівель і споруджень, які мають з'єднанням землею; в) свинцеві оболонки кабелів, які прокладені під землею.

Природні заземлювачі необхідно зв'язувати із заземлюючою мережею не менш ніж двома провідниками, під'єднаними до заземлювача в різних місцях. Якщо природні заземлювачі забезпечують необхідний опір заземлення, то додатково штучне заземлення не потрібне

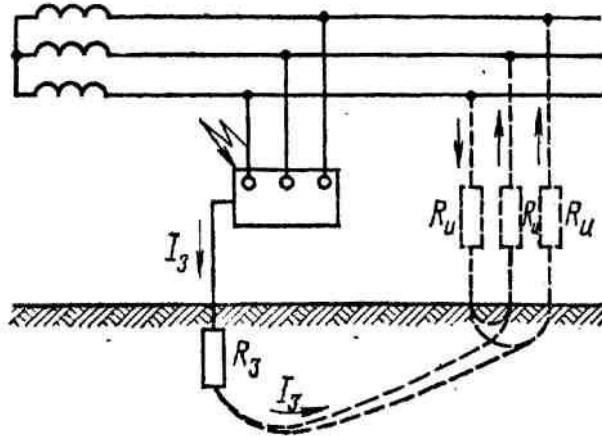
Штучні заземлювачі: а) вертикально забиті сталеві труби довжиною 2...3 м. і діаметром 25...62 мм, металеві прутки діаметром 10...12 мм, металеві кутки 60х60 мм; б) горизонтально укладені металеві смуги та циліндричні провідники. Частіше всього штучні заземлювачі виконують у вигляді вертикальних електродів, з'єднаних горизонтально.

Опір заземлюючого пристрою повинен бути не більше 40 м для установок напругою до 1000 В і не більше 100 м, якщо потужність джерела струму менша, ніж 100 кВт.

Опором заземлюючого пристрою називають опір заземлювача плюс опір заземлюваних провідників, що з'єднують заземлювач із заземлюючими частинами електрообладнання.

Напруга на заземленому корпусі електроустановки  $U_k$  відрізняється від напруги на заземлювачі  $U_3$  на величину зменшення напруги в заземлених провідниках, що з'єднують корпус із заземлювачем (мал. 8). Але можна вважати, що  $U_k \sim U_3$ .

При виконанні штучного заземлення в землю вертикально забивають труби, стержні і сталь кутового профілю, забезпечуючи надійний контакт із землею. Заземлювачі звичайно мають довжину 2.5...3.0 м. Верхній кінець їх (заземлювачів) повинен бути на рівні ґрунту або нижче. Елементи штучного заземлення слід розміщувати таким чином, щоб досягти більш рівномірного розподілу напруги відносно землі. При організації контурного заземлення заземлювачі розташовують по зовнішньому периметру охоронної будівлі на відстані 1 ...2 м від неї.



Мал. 7. Схема захисного заземлення.

#### Основні вимоги до заземлення.

1. З'єднання заземляючих провідників з заземлювачем повинно забезпечувати надійність контакту і виконується зваркою.

2. Під'єднання заземляючих провідників до заземлюваних частин обладнання виконується зваркою або надійним гвинтовим з'єднанням,

3. Заземлювачі поєднуються до магістралі заземлення не менш ніж двома провідниками, під'єднаними до заземлювача в різних місцях.

4. Кожна частина електроустановки, яка підлягає заземленню, під'єднується до мережі заземлення за допомогою окремої гілки. Послідовне включення в заземляючий провідник заземлюваних частин електроустановки не дозволяється.

5. Опір заземляючих пристроїв в будь-який час року не повинен перевищувати нормативних значень,

6. Заземляючі провідники необхідно захистити від корозії. Відкрито прокладені голі провідники фарбуються чорним кольором. Заземляючі провідники необхідно розташовувати таким чином, щоб вони були доступні для огляду.

Заземлення електрообладнання необхідно виконувати:

а) при напрузі 500В і вище змінного та постійного струму у всіх випадках;

б) при напрузі більше 36В змінного і 110В постійного струму - в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних приміщеннях та в зовнішніх електроустановках;

в) при будь-якій напрузі змінного та постійного струму - у вибухонебезпечних приміщеннях.

Заземлення електроустановок не потрібне при значеннях напруги 365 і нижче змінного струму та 110В і нижче постійного струму, крім вибухонебезпечних установок.

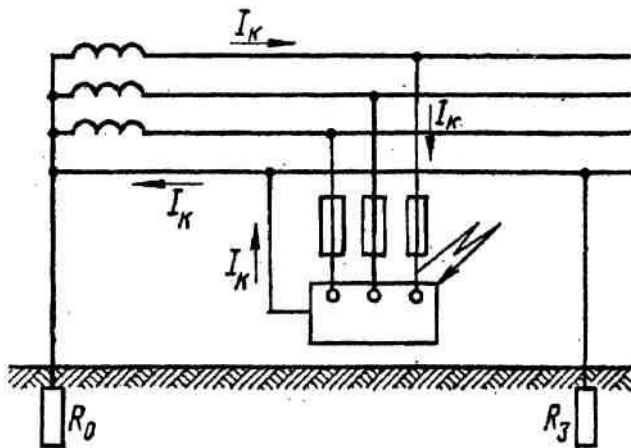
Використання землі в якості фазного або нульового провoda забороняється.

#### 4.7.2. Занулення.

Зануленням називається спеціально виконане електричне з'єднання з неодноразово заземленим нульовим захисним провідником металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою внаслідок замикання на корпус (пошкодження ізоляції) або по іншим причинам (мал. 9).

Задача занулення - усунення небезпеки ураження струмом у випадку дотику до корпусу або інших неструмоведучих металічних частин електроустановки, які опинилися під напругою внаслідок замикання на корпус. Вирішується ця задача швидким автоматичним відключенням пошкодженої електроустановки від мережі.

Принцип ції занулення -- перетворення замикання на корпус в однофазне замикання (тобто замикання між фазним та нульовим проводами) з метою викликати великий струм, здатний забезпечити спрацювання захисту і автоматично відключити пошкоджену установку від мережі. Таким захистом можуть бути плавкі запобіжники, магнітні пускачі з тепловим захистом, різного типу автомати.



Мал. 9. Схема занулення.

$R_0$  - опір заземлення нейтралі джерела струму,

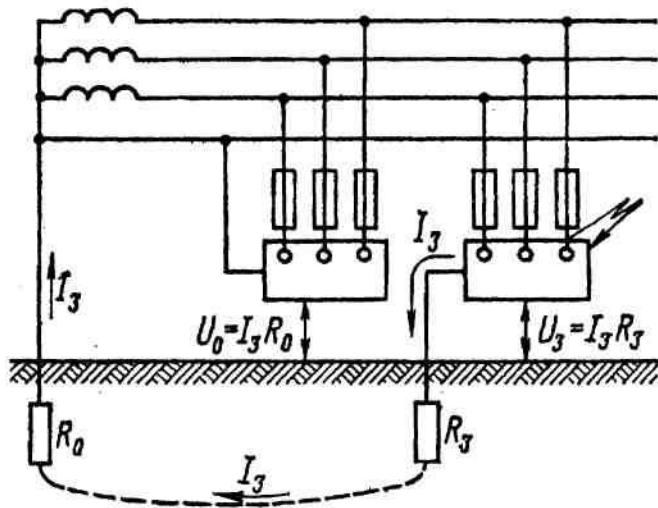
$R_з$ , - опір по\*, о^юго заземлення нульового захисного провoda,

$I_к$  - струм однофазного короткого замикання.

Для забезпечення надійного відключення необхідно, щоб струм короткого замикання перевищував струм плавкої вставки запобіжника  $I_{к.з.} \geq kI_{ном}$ , де  $I_{ном}$  - номінальний струм плавкої вставки або струм автоматичного пристрою,  $k$  - коефіцієнт надійності :  $k = 1,25 \dots 6$  для різних апаратів захисту.

Занулення застосовують в трьохфазних чотирьохпровідних мережах напругою до 1000В із заземленою нейтраллю.

Зануленню підлягають ті ж самі металеві неструмоведучі частини електрообладнання, які підлягають і заземленню: корпуси машин, апаратів тощо. В мережі із зануленням корпус електроприймача не можна заземлити, не під'єднавши його до нульового захисного провідів. Для нульових провідів дозволяється використання сталевих смуг, а також металевих оболонок кабелів, металевих конструкцій будівель. Важливо розуміти особливості занулення, які полягають в тому, що на протязі деякого часу з моменту виникнення замикання фази на занулений корпус і до моменту спрацювання захисту на нульовому провіді зберігається небезпечна напруга. Під цією напругою буде не тільки пошкоджена установка, але й корпуси іншого обладнання, які з'єднані з нульовим провідом. Така ж небезпека може виникнути і при обриві нульового провідів. Для запобігання цьому нульовий провід має з'єднання із землею в декількох місцях.



Мал.10. Схема, що ілюструє недопустимість одночасного використання занулення і захисного заземлення різних електроустановок однієї мережі.

В одній і тій же мережі одночасне використання заземлення і занулення різних корпусів забороняється, оскільки у випадку пошкодження ізоляції у заземленій установці через захисне заземлення пройде струм короткого замикання, і нульовий провід зі всіма приєднаними об'єктами опиниться під небезпечною напругою (мал.10.). З іншого боку, одночасне заземлення і занулення одного і того ж корпусу, а точніше - заземлення зануленого корпусу не тільки не небезпечно, а навпаки покращує умови безпеки, оскільки створює додаткове заземлення нульового захисного провідів.

Разом з тим занулення, як і заземлення, не захищає людину від ураження електричним струмом при прямому дотику до струмоведучих частин. Тому виникає потреба в використанні, окрім занулення, і інших захисних заходів, зокрема,

захисного вимикання та вирівнювання потенціалу.

#### **4.7.3. Захисне вимикання.**

**Захисне вимикання - швидкодіючий захист, який забезпечує автоматичне відключення електроустановки при виникненні в ній небезпеки ураження струмом.** Захисне вимикання виконується як доповнення до систем заземлення та занулення, а також як єдиний і основний засіб захисту. Воно рекомендується в тих випадках, коли безпека не може бути забезпечена шляхом заземлення, або коли його важко виконати. Воно забезпечує швидке - не більш ніж 0.2с- автоматичне відключення установки від мережі при виникненні в ній небезпеки ураження струмом. Така небезпека може виникнути при замиканні фази на корпус електрообладнання, на землю, при пошкодженні ізоляції фази відносно землі, при випадковому дотику людини до струмоведучих елементів, що під напругою.

#### **Переваги захисного вимикання.**

- 1.Можливість застосування в електроустановках будь-якої напруги і при будь-якому режимі нейтралі.
- 2.Спрацьовування при малих напругах на корпусі - 20...40 В.
- 3.Швидкість вимикання - 0.1 ...0.2с.

#### **4.7.4. Вирівнювання потенціалу.**

**Вирівнювання потенціалу - це метод зменшення напруги дотику і кроку між точками електричного кола, до яких можливий одночасний дотик, або на яких може одночасно стояти людина.**

Як самостійний варіант захисту вирівнювання потенціалу не застосовують. Для вирівнювання потенціалу в землю укладають сталеві смуги у вигляді сітки по всій площині, зайнятій обладнанням.

#### **4.7.5. Електрозахисні засоби (ЕЗЗ).**

**Злектрозахисними засобами називають переносні і перевізні вироби, Призначені для захисту людей, які працюють з електроустановками, від ураження електричним струмом, впливу електричної дуги та електромагнітного поля.**

По характеру використання ЕЗЗ поділяються на дві категорії: а) засоби колективного захисту; б) засоби індивідуального захисту.

По ступеню захисту ЕЗЗ поділяються на основні і додаткові.

Основні ЕЗЗ - це засоби захисту, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу електроустановки і дозволяє дотик до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою. До основних ЕЗЗ, що використовуються в електроустановках напругою до 1000В відносять: ізолюючі і електровимірювальні кліщі,

індикатори напруги, діелектричні рукавиці і слюсарно-монтажний інструмент з ізолюючими рукоятками. До основних ЕЗЗ для роботи в електроустановках напругою більше 1000В відносять: ізолюючі штанги, ізолюючі і електровимірювальні кліщі, індикатори напруги тощо.

Додаткові ЕЗЗ - це засоби захисту, які доповнюють основні. При обслуговуванні електроустановок напругою до 1000В додатковими ЕЗЗ є: діелектричні галоші і ковдри, ізолюючі підставки, огорожуючі пристрої, переносне заземлення, плакати безпеки тощо. До додаткових ЕЗЗ, що застосовуються в електроустановках напругою вище 1000 В відносять діелектричні рукавиці, боти, ковдри, ізолюючі підставки, переносне заземлення, тощо.