

АНАЛІЗ РЕЖИМІВ НЕЙТРАЛІ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ НОМІНАЛЬНОЇ НАПРУГИ 110 кВ

Левчук В.В., студент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Техніко-економічні показники як спорудження, так і експлуатації електричних мереж великою мірою залежатимуть від того, працюватиме мережа з ізольованою нейтраллю чи із заземленням нейтралі через заземлювачі того чи іншого типу. Режими нейтралі безпосередньо впливають: на вартість ізоляції ліній та обладнання, а також заземлюючих пристроїв; на можливість розвитку аварій та зношення обладнання мережі у разі однофазних замикань на землю; на надійність електропостачання споживачів; на якість електроенергії у споживачів, приєднаних до непошкоджених фаз розподільних електромереж з ізольованою нейтраллю; на можливість виникнення в мережі ферорезонансних та резонансних процесів; на виконання і функціонування засобів релейного захисту (РЗ) від замикання на землю; на умови безпечного обслуговування електроустановок.

Розрізняють такі режими роботи нейтралі: ізольована, глухозаземлена та ефективно заземлена. Кожен із зазначених режимів має свої переваги та недоліки. В мережах номінальної напруги 110 кВ і вище застосування режиму ізольованої нейтралі стає економічно не вигідним, насамперед внаслідок потреби суттєвого посилення (до рівня лінійної) фазної ізоляції.

Мета роботи. Проаналізувати режими нейтралі електричних мереж номінальної напруги 110 кВ та визначити їхні переваги і недоліки, проаналізувати особливості вибору схем заземлення нейтралі.

Матеріали і результати досліджень. Щоб уникнути електричного пробоя ізоляторів робочих фаз у разі однофазних замикань на землю і не збільшувати їхні і без того чималі розміри, в мережах напруги 110 кВ використовують режим *ефективно заземленої нейтралі*, який іноді також називають *ефективною нейтраллю*. В такій мережі нейтралі більшої частини силових елементів заземлені. За ефективного заземлення нейтралі у разі однофазних коротких замикань (КЗ) напруга на непошкоджених фазах зростає не більше ніж в 1,4 рази. Внаслідок значних техніко-економічних переваг такого заземлення нейтралі, зокрема зменшенням вимог до рівня ізоляції (відповідно і вартості), його застосовують в усіх електроустановках напругою 110 кВ.

Іншою перевагою ефективного заземлення нейтралі є можливість забезпечити чіткий швидкодіючий захист від однофазних КЗ, які становлять до 80% від усіх видів пошкоджень. Крім того, в мережах 110 кВ це обумовлює ефективніше застосування автоматики повторного ввімкнення (АПВ).

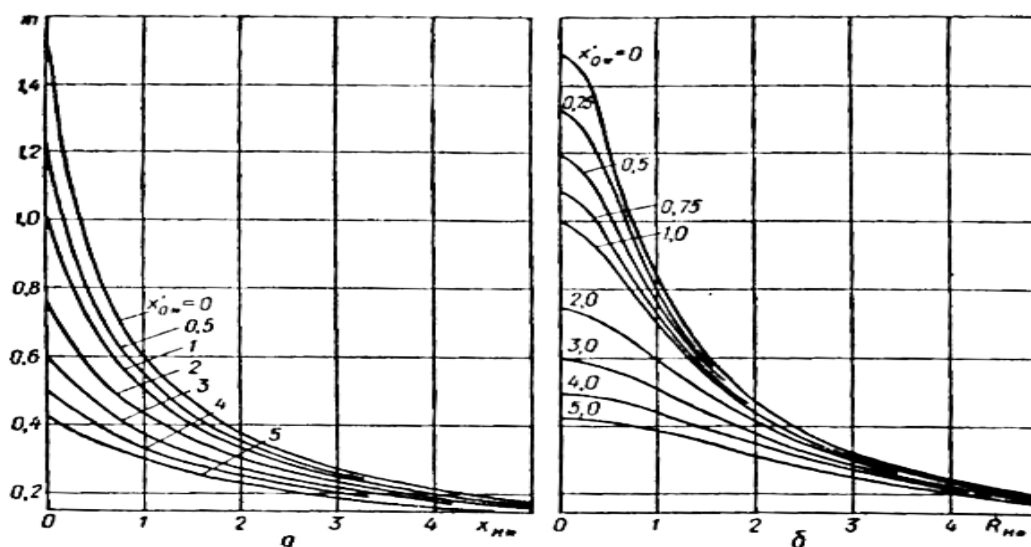
Кількість заземлених нейтралей в мережі визначається за необхідним значенням струму однофазного КЗ, який не повинен бути менше від 60% струму трифазного КЗ, щоб підвищення напруги при цьому на непошкоджених фазах не перевищувало 0,8 міжфазної напруги в нормальному режимі роботи.

Таке значення струму може бути забезпечено при заземленні більшості нейтралей трансформаторів електричної підстанції.

Однак режим ефективного заземленої нейтралі має і ряд недоліків. Так, при замиканні однієї фази на землю утворюється короткозамкнений контур через землю і нейтраль з малим опором, до якого прикладено електрорушійну силу фази. Виникає режим КЗ, що супроводжується протіканням великих струмів. Щоб уникнути пошкодження устаткування (неминучого у разі тривалого протікання великих струмів) КЗ швидко відключається дією РЗ (значна частина однофазних пошкоджень в електричних мережах напруги 110 кВ належать до тих, що самоліквідуються, тобто зникають після зняття напруги). У таких випадках пристрої АПВ, діючи після спрацьовування пристроїв РЗ, відновлюють живлення споживачів за мінімальний час.

Інший недолік режиму ефективного заземленої нейтралі – складна конструкція контуру заземлення (а складність конструкції обумовлює і відповідну її вартість), який виконують в розподільчих пристроях з метою відведення в землю великих струмів КЗ. Незважаючи на малий опір заземлюючого контуру (відповідно до [1] максимальне значення опору заземлюючого контуру не має перевищувати 0,5 Ом), падіння напруги на заземлювачі при коротких замиканнях буде значним. Наприклад, якщо сила струму КЗ становить 3000 А, а опір заземлювача – 0,5 Ом, то падіння напруги на заземлювачі становитиме 1500 В.

Виходячи із умов роботи вимикачів, бажано, щоб відношення струмів однофазного і трифазного КЗ не перевищувало одиниці, а в деяких випадках було значно меншим від одиниці. Для цього мають виконуватися певні співвідношення між опором мережі X_0^* (відносний опір нульової послідовності), X_n^* (відносний індуктивний опір заземлювача), R_n^* (відносний активний опір заземлювача), які можна знайти, використовуючи криві – залежності струмів від відносних опорів, – показані на рис. 1 [2, с. 73].



а) X_n^* – через реактор

б) R_n^* – через резистор.

Рисунок 1 – Залежності струмів від відносних опорів для двох варіантів заземлення нейтралі

На рис. 2, *а-м* наведено основні принципові схеми заземлення нейтралі [2], що застосовуються в мережах 110 кВ, зокрема на рис. 2, *а* зображена типова схема заземлення нейтралі трансформаторів, за якою нейтраль може бути глухо заземлена або розземлена за допомогою заземлювача або короткозамикача. У разі розземленої нейтралі захист ізоляції від перенапруги здійснюється за допомогою вентиляльних розрядників.

У зв'язку з тим що розрядник не розрахований на супроводжуючий струм КЗ, досконалішою є схема, наведена на рис. 2, *б*. Тут для захисту розрядника передбачено автоматичний пристрій релейного захисту і автоматики (РЗА), що діє на замикач, який швидко наглухо заземлює нейтраль.

У схемах, показаних на рис. 2, *в, г*, трансформатор нормально працює з ізольованою нейтраллю, а при виникненні в мережі замикання на землю – спрацьовує пристрій РЗА, внаслідок чого комутаційний апарат вмикає заземлюючий реактор або резистор.

За схемою, наведеною на рис. 2, *д*, в коло заземлення ввімкнено контур CLR, налаштований в резонанс на робочій частоті мережі. У цьому випадку реактор зі сталевим магнітопроводом L при появі на нейтралі достатньої напруги насичується, контур розстроюється і в електричне коло нейтралі вводиться необхідний активно-індуктивний опір. Передбачена в даній схемі ємність призначена для захисту ізоляції трансформатора від імпульсних перенапруг, В даній схемі розрядник виконує роль додаткового захисного елемента.

В схемах, показаних на рис. 2, *е-з*, нейтраль трансформатора постійно заземлена відповідно через реактор зі сталевим магнітопроводом, реактор з лінійною характеристикою або резистор. У першій з цих схем опір реактора змінюється в залежності від напруги на нейтралі, і таким шляхом ця напруга суттєво обмежується.

На рис. 2, *и, к* в нормальному режимі нейтраль глухозаземлена. Якщо при замиканні на землю в мережі струм в нейтралі перевищує задане значення, то відключається швидкодіючий вимикач і в коло нейтралі вводиться реактор або резистор.

У схемі, наведеній на рис. 2, *л*, в коло нейтралі ввімкнено послідовно два контури. Ємнісний опір одного (X_{C1}) з них значно перевищує його індуктивний лінійний опір (X_{L1}), а індуктивний нелінійний опір другого контуру в ненасиченому стані (X_{L2H}) значно більше його ємнісного опору (X_{C2}). У нормальному режимі обидва контури разом налаштовані на резонанс напруг при робочій частоті мережі, При КЗ опір X_{L2H} внаслідок підвищення напруги на нейтралі і насичення реактора зменшується, умови резонансу порушуються, і в результаті в коло нейтралі вводиться необхідний результуючий активно-індуктивний опір. Конденсатори $C1$ і $C2$ виконують також функції додаткового захисту елементів схеми від імпульсної перенапруги.

Схема, наведена на рис. 2, *м*, подібна до схеми на рис. 2, *л*, але в ній порушення резонансних налаштувань контурів досягається використанням автоматичного пристрою і швидкодіючого вимикача, що вводить в схему паралельно ємності $C2$ активний опір.

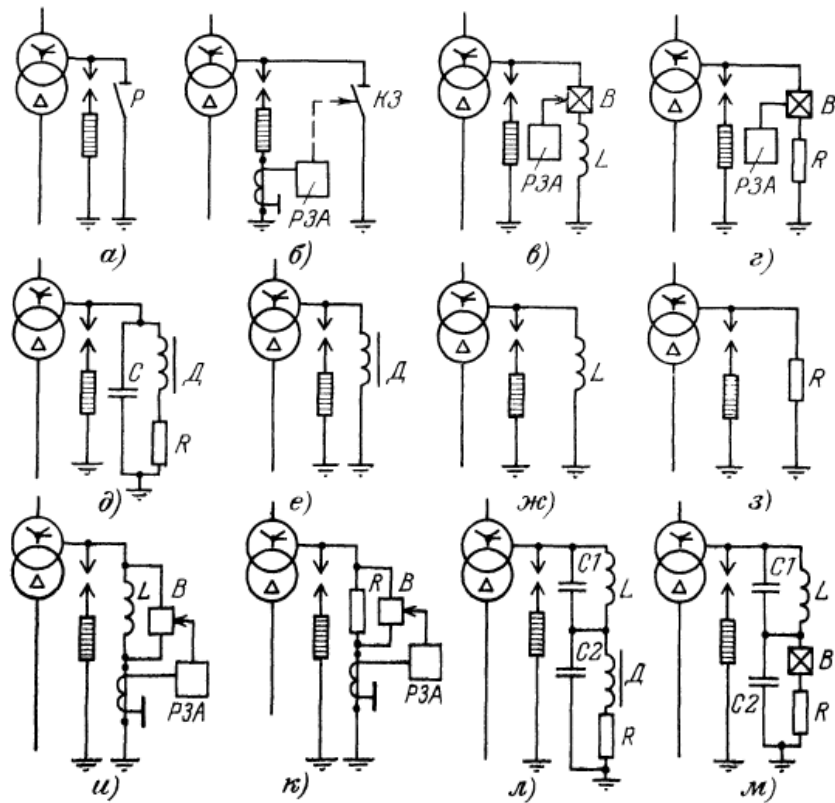


Рисунок 2 – Схеми заземлення нейтралі трансформаторів

Висновки. Головною метою вибору способу заземлення є забезпечення заданого коефіцієнта заземлення, тобто відносної напруги неушкодженої фази при однофазних КЗ на землю в усіх основних вузлових точках мережі при заданих схемі, складі обладнання та режимі мережі.

Щоб забезпечити ефективне заземлення нейтралі для кожної мережі виконується ряд розрахунків опорів при замиканнях на землю в різних умовних точках. У багатьох випадках поряд з виконанням умови ефективного заземлення нейтралі вдається обмежити відношення струмів одно- і трифазного КЗ значенням, меншим від одиниці. Визначивши опори нульової послідовності для усіх вузлів мережі, за яких забезпечуються задані значення відносного опору, обирають схему заземлення нейтралі із показаних на рис. 2 та визначають параметри її елементів. Для зменшення відношення струмів треба збільшити опори (X_0^* , X_n^* , R_n^*). Якщо $X_n^* = R_n^*$, то доцільнішим буде заземлити нейтраль через реактор, ніж через резистор.

Перелік посилань

1. Правила улаштування електроустановок. – Київ: Міненергосувугілля України, 2017. – 617 с.
2. Сирота И.М., Кисленко С.Н., Михайлов А.М. Режимы нейтрали электрических сетей. Київ.: Наук. думка, 1985. – 264 с.