

РЕЖИМИ НЕЙТРАЛІ СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ 6-35 кВ

Сахно С.М. студент, Кацадзе Т.Л., доц.

НТУУ «КПІ», кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Станом на сьогоднішній день в ОЕС України експлуатується понад 400 тис. км ліній електропередачі номінальною напругою 6-35 кВ, що становить приблизно 42% від загальної протяжності всіх електричних мереж. Однак, в ланцюгу «вироблення-передача-розподіл-споживання» питанням пов'язаним з розподільчими мережами цих класів напруг приділяється надзвичайно мало уваги. Ці мережі знаходяться в експлуатації більше 50 років і є морально та фізично застарілими. Так, понад 40% ліній електропередачі знаходяться в незадовільному технічному стані і потребують капітального ремонту, реконструкції або заміни, а електрообладнання підстанцій відпрацювало вже 2 строки служби, задекларовані нормативними документами. Нажаль, на даний момент, практично вся увага, що приділяється цим мережам зводиться до «латання дірок», іноді з елементами «новизни». Це визначає їх високу аварійність та неекономічність роботи, уповільнює розвиток та створює проблеми в питаннях приєднання нових потужностей споживачів. Звичайно, першочергова увага до об'єктів «великої» енергетики – це добре, але без дієздатних «кровоносних судин», роль яких в енергетиці виконують розподільчі електричні мережі, нормальне функціонування інших ланок енергетичної системи є неможливим [1].

Мета роботи полягає у дослідженні режимів нейтралі сучасних електричних мереж.

Матеріали досліджень. Згідно з технологічними вимогами ПУЕ, що зараз діють в Україні, для розподільчих електричних мереж напругою 6-35 кВ встановлюють режими роботи з ізольованою або, значно рідше, компенсованою нейтраллю, тобто нейтраллю, яка не приєднана до заземлюючого пристрою або приєднана до нього через прилади сигналізації, вимірювання, захисту, заземлювальні дугогасні реактори і подібні їм пристрої, які мають великий опір. Зазвичай, в таких мережах струм однофазного замикання на землю менше 500 А (т. зв. мережі з малими струмами замикання на землю). Такі режими роботи мають наступні переваги:

- Підвищена надійність. У мережах з ізольованою та компенсованою нейтраллю замикання на землю не викликає короткого замикання і не призводить до відключення пошкодженої фази, отже електроустановки на непошкоджених фазах можуть продовжувати працювати.

- Підвищена (порівняно з режимами заземлення нейтралі) безпека роботи персоналу в нормальному режимі, оскільки струм замикання, що проходить через людину залежить як від опору тіла людини $R_{л}$, так і від комплексу повного опору фази відносно землі Z_{ϕ} :

$$I_3 = \frac{U_{\phi}}{R_{л} + Z_{\phi}} \quad (1)$$

Недоліками цих режимів є:

- Підвищена небезпека роботи персоналу в аварійному режимі, оскільки в аварійному режимі напруга непошкоджених фаз збільшиться до лінійної, тобто в (1) U_ϕ замінюється на $\sqrt{3}U_\phi$.

- Потреба в засобах для ефективного безперервного контролю стану ізоляції для підтримання безпеки роботи в нормальному режимі і підвищена складність налаштування систем релейного захисту та автоматики для режиму ізольованої нейтралі. Так, при визначенні фазних струмів і напруг за трансформатором потрібно зважати на те, що струм і напруга при переході через трансформатор змінюються не тільки за модулем, а і по фазі, в залежності від групи з'єднань його обмоток. Це створить розбіжності в значеннях режимних параметрів по різні боки від трансформатора, а отже ускладнить налаштування систем РЗА для протидії аваріям, що виникнуть за трансформатором.

За статистикою найбільш частим видом пошкоджень в мережах 6-35 кВ є однофазні замикання на землю – ОЗЗ (75-90% від загальної кількості електричних пошкоджень). Також добре відомо, що ці мережі мають найнижчі показники надійності з-поміж всіх інших класів напруг. Враховуючи це, а також той факт, що на сьогодні все частіше захист від ОЗЗ реалізується на відключення (причиною цьому є різноманітні вимоги по експлуатації нового обладнання, зокрема при застосуванні кабелів із зшитого поліетилену) стає зрозумілою тенденція до відмови від режиму роботи з ізольованою нейтраллю на користь інших, більш сучасних та ефективних режимів. Такими режимами є режим заземлення через активний опір та комбінований режим заземлення нейтралі. Ці режими є покращеними з точки зору надійності та безпеки різновидами режиму роботи з компенсованою нейтраллю.

Під час виникнення ОЗЗ в мережі з ізольованою нейтраллю (переважно в кабельних лініях) виникають внутрішні перенапруги, які супроводжуються нестійким (переміжним) горінням дуги в місці однофазного замикання на землю. Виникнення перенапруг під час ОЗЗ відбувається за рахунок зсуву напруги нейтралі, що приводить до зростання напруги на неушкоджених фазах до лінійної. Також в мережах з дугогасними реакторами можуть виникати резонансні перенапруги, викликані послідовним резонансом у контурі, що складається з його індуктивності та ємності мережі на землю. За рахунок коливального характеру перехідного процесу максимальне значення перенапруги після першого пробію ізоляції uszkodженої фази досягає значень 2,4-2,5 фазної напруги U_ϕ . Якщо подальші пробію ізоляції відбуваються за ненульового значення напруги нейтралі, то виникає швидке її зростання, в результаті чого максимальні значення напруги на неушкоджених фазах досягають 3,2-3,5 фазної напруги U_ϕ . У переважній більшості випадків (до 90 % загальної кількості порушень нормальної роботи мережі) uszkodження починається із пробію ізоляції на землю, а потім дві третини з них (до 70 %) розвиваються у міжфазні короткі замикання або багатомісні пробію ізоляції з

груповим виходом з ладу електроустаткування. Такі високі значення перенапруг та тривалий час дії струму є недопустимими для кабельних мереж. Застосування режиму заземлення нейтралі через активний опір не порушує технологічних умов кабельних ліній із зшитого поліетилену, які є стандартом для країн Європи та активно застосовуються в Україні, і вдобавок володіє наступними перевагами:

-Забезпечується надійне самопогашення дуги і самоліквідація частини ОЗЗ (при обмежених значеннях струмів ОЗЗ в місці пошкодження).

-Знижуються кратності перенапруг на непошкоджених фазах до 2,3-2,5 фазної напруги U_{ϕ} .

-Значно знижуються швидкості відновлення напруги на пошкодженій фазі, що сприяє відновленню діелектричних властивостей пошкодженої ділянки мережі після кожного згасання нестійкої (переміжної) дуги.

-Загальне підвищення надійності через зниження вимог до заземлюючих засобів та покращення умов безпеки при аварійному розтіканні струмів в землю.

Така кількість переваг при відсутності значних економічних затрат створює передумови для поширення режиму заземлення нейтралі через активний опір для компенсації виникаючих струмів та перенапруги [2].

Комбінований режим роботи нейтралі поєднує практично всі переваги мережі з компенсованою нейтраллю при налаштуванні реактора близько до резонансного режиму і з режимом резистивного заземлення нейтралі. Він утворюється шляхом додаткового заземлення нейтралі цієї ж мережі через паралельно встановлений резистор. Фактично, мережа з комбінованим режимом заземлення нейтралі - це є компенсована мережа з накладенням в аварійному режимі додаткової активної складової. Дослідження як українських, так і закордонних вчених показали, що значення активної складової струму замикання на землю, що накладається на компенсовану мережу повинне вибиратися залежно від ємнісного струму замикання з умови :

$$I_R = (0,3 \dots 0,5) \cdot I_C$$

Рекомендовані значення активної складової аварійного струму забезпечують придушення перехідних процесів при замиканнях на землю, поліпшення працездатності пристроїв захисту від замикань на землю, виключення ферорезонансних явищ, чим досягається підвищення рівня електробезпеки і надійності та забезпечуються експлуатаційні показники адекватні системам електропостачання тільки з резистором в нейтралі навіть при розладнанні дугогасного реактора до 50 % від резонансного режиму компенсації [3].

Перелік посилань

1. Катренко Г.Н. Новые подходы к построению распредел. электрических сетей 0.4-35 кВ// Электрические сети & системы.-2013-№4-Ст.5-8
2. Романовський В.І., Лебедка С. М. Аналіз замикань на землю в мережах 6 кВ для вибору оптимального способу заземлення нейтралі// Вісник Вінницького політехнічного інституту.-2012-№1-Ст.5-8
3. Ковальов О.І. Підвищення безаварійності та рівня електробезпеки розподільчих мереж напругою 6 – 35 кВ// Дніпропетровськ-2012-Ст.5-6,13-14