

ОСОБЛИВОСТІ ЗАХИСТУ ВІД НЕПОВНОФАЗНИХ РЕЖИМІВ У РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ 6÷110 КВ

***Анотація.** У статті розглянуті деякі особливості виникнення неповнофазних режимів у мережах, їх наслідки для споживачів електроенергії. Особливе значення має режим роботи паралельних повітряних ліній при виникненні несиметрії у мережі. Таким чином необхідно проаналізувати роботу мережі відповідної напруги при різних видах пошкоджень, які створюють несиметрію, та розробити заходи щодо її захисту.*

***Ключові слова:** електрична мережа, неповнофазний режим, коротке замикання, повітряна лінія, підстанція, несиметрія, релейний захист, трансформатор.*

***Аннотация.** В статье рассмотрены некоторые особенности возникновения неполнофазных режимов в сетях, их последствия для потребителей электроэнергии. Особенное значение имеет режим работы параллельных воздушных линий при возникновении несимметрии в сети. Таким образом, необходимо проанализировать работу сети соответствующего напряжения при разных видах повреждений, которые создают несимметрию, и разработать мероприятия по ее защите.*

***Ключевые слова:** электрическая сеть, неполнофазный режим, короткое замыкание, воздушная линия, подстанция, несимметрия, релейная защита, трансформатор.*

Pantielieieva Irina,

Ukrainian Engineering Pedagogics Academy

(Kharkiv, Ukraine)

*FEATURES OF PROTECTION FROM IMPROPER PHASE MODES IN
DISTRIBUTIONAL NETWORKS 6 ÷ 110 KV*

Abstract. *In the article some features of occurrence of incomplete phase modes in networks, their consequences for electric power consumers are considered. Particular importance is given to the operation of parallel air lines in the event of an asymmetry in the network. thus, it is necessary to analyze the work of the network of the appropriate voltage at different types of damage, which create asymmetry, and develop measures to protect it.*

Key words: *electrical network, incomplete mode, short circuit, air line, substation, asymmetry, relay protection, transformer.*

У розподільчих мережах напругою 6÷110 кВ можливі режими поздовжньо-поперечної несиметрії (ППН), які обумовлені розривом фазних дротів повітряних ліній (ПЛ) і одночасним коротким замиканням (к.з.) в мережі з ефективно заземленою нейтраллю або замиканням на землю в мережі з ізолюваною нейтраллю. В більшості випадків захист ПЛ з відгалуженням і трансформаторів відгалужувальних (ВП) або прохідних підстанцій недостатньо чутливий до таких режимів [1, 2]. Виникнення режимів ППН і їх тривале існування не тільки призводить до втрат енергії в розподільчих мережах, але й може викликати пошкодження силових трансформаторів, електроприймачів, чутливих до несиметрії напруги, перенапругу в незаземлених нейтралях силових трансформаторів, пошкодження вимірювальних трансформаторів тощо. На паралельних ПЛ можлива зайва дія релейного захисту непошкодженої лінії, що у результаті викликає втрату живлення по обох ланцюгах [3]. Розриви

фази, в якій встановлений короткозамикач, може призвести до відмови захисту дальнього резервування при його включенні захистом трансформатора, оскільки струм к.з. в цьому випадку змінюється не більше, ніж на $5 \div 10$ % і його величина недостатня для спрацювання захисту.

Практика експлуатації трансформаторних підстанцій показує, що неповнофазні режими можуть виникати також із-за недовключення ножа роз'єднувача, перегорання запобіжника. Проблема захисту споживачів від таких пошкоджень особливо актуальна, тому що не тільки знижується якість електроенергії і виникають перерви електропостачання, а й з'являється небезпека пожеж [4].

Проте, не дивлячись на це, в розподільчих мережах $6 \div 110$ кВ відсутній спеціальний захист від даних видів пошкоджень. Наприклад, в мережах з ефективно заземленою нейтраллю основним захистом є струмовий (направлений) захист нульової послідовності. Параметри його спрацювання часто обрані за умовами відбудови від режимів ППН, оскільки інакше можлива його помилкова робота при виникненні ППН на суміжній лінії [5]. Це вимагає застосування захисту з більшою чутливістю та можливістю розпізнавання різних режимів роботи обладнання, яке захищається, у тому числі і від ППН.

Режими поздовжньо-поперечної несиметрії (обрив з к.з.) на магістральних ділянках транзитних ПЛ не є розрахунковими, оскільки в цьому випадку відбувається відключення лінії принаймні з одного боку і пошкоджена лінія тоді працює в радіальному режимі. Таким чином, істотне значення має режим роботи паралельної ПЛ, що особливо чітко виявляється при наявності взаємодукції між ланцюгами лінії. До таких режимів відносяться:

- робота однієї з ліній у радіальному режимі;
- відключення і заземлення однієї з ліній з однієї або двох сторін.

При зміні перетікання потужності по ПЛ, що захищається, (на рис. 1: від джерела G1 до джерела G2) у разі обриву на магістральній ділянці лінії відбувається лінійна зміна контрольованих струмів, як фазних, так і струмів симетричних складових.

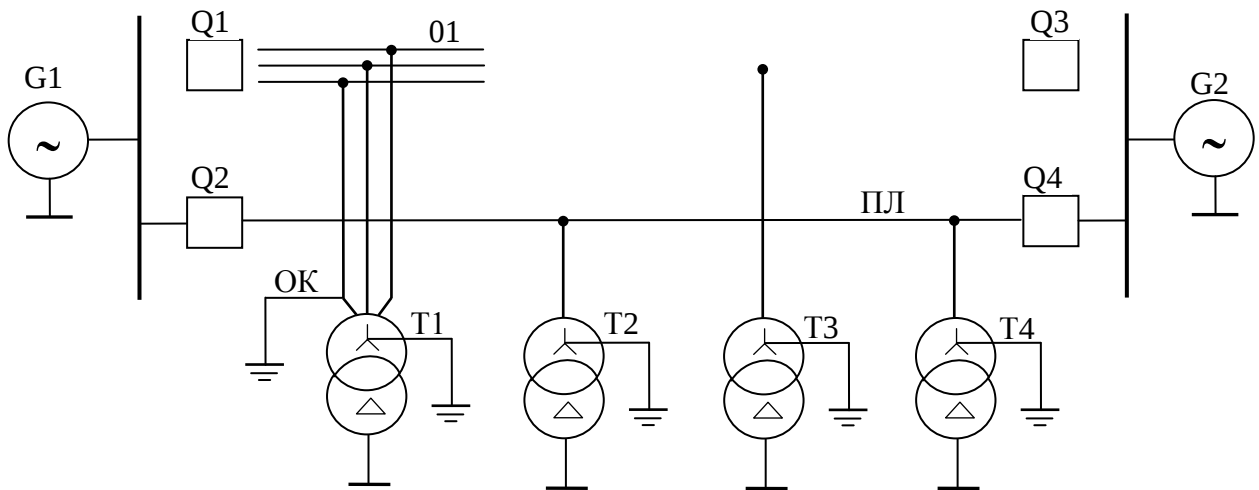


Рисунок 1 – Схема мережі, що захищається

Ситуацію відображає рис. 2, а, який ілюструє режим обриву фазного дроту 01. Зміна перетікання по ПЛ при мережевому замиканні на одному з відгалужень (наприклад, обрив з одночасним к.з. з боку трансформатора T1) практично не викликає зміни струму нульової послідовності (рис. 2, б).

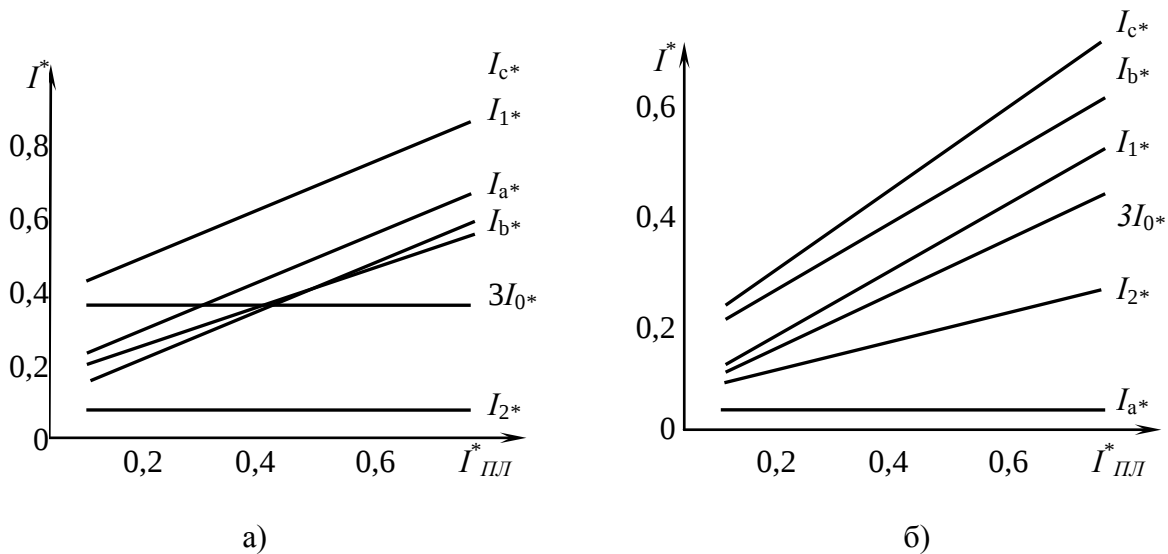


Рисунок 2 - Залежність фазних струмів і струмів симетричних складових з боку живлячої підстанції від струму: а) перетікання при мережевому замиканні на першому відгалуженні; б) перетікання при обриві на першій ділянці магістральної лінії

За базовий струм прийнятий струм металевого трифазного к.з. за трансформатором T1. Контроль струмів симетричних складових забезпечує визначення виду пошкодження і можливу ділянку з обривом, а контроль величин і зміни в часі фазних струмів і струму прямої послідовності паралельних ланцюгів дозволяє виконати селективний вибір пошкодженого

ланцюга. Це справедливо не тільки для ділянок ПЛ передаючої підстанції, але й для ділянок ліній приймальної підстанції. Для підвищення чутливості захистів, що розглядаються, їх параметри повинні змінюватися залежно від попереднього режиму навантаження. Тим більше, що фактично лінійний характер зміни струмів аварійного режиму залежно від струму навантаження попереднього режиму спрощує формування уставок спрацьовування [6].

Істотне значення для розподілу струму по паралельних ланцюгах лінії, що захищається, має режим заземлення нейтралі трансформаторів і стан однієї з ліній (відключення, відключення і заземлення з однієї або з двох сторін). Крім того, одним з чинників, що знижують чутливість, є перехідний опір в місці мережевого замикання на землю. Проте проведені дослідження, у тому числі і натурні експерименти в мережах напругою 110 кВ, показують можливість адаптації захисту до подібного режиму і зменшення його впливу на їх чутливість. Аналіз режимів обриву однієї фази і к.з. на землю цієї ж фази або двофазного к.з. показує, що максимальний струмовий захист (МСЗ), включений на різницю струмів, виявляється нечутливим при зміні струмів в діапазоні від холостого ходу до номінального струму трансформатора. У той же час він володіє достатньою чутливістю при включенні його на фазні струми.

Якщо існують технічні обмеження по виконанню МСЗ з контролем фазних струмів, то можна доповнити захист, контролюючий різницю струмів фаз, струмовим захистом нульової послідовності. Він підключається до трансформаторів струму, встановлених в нейтралі трансформаторів, що захищаються. Таким чином, можна рекомендувати виконання МСЗ трансформаторів з контролем фазних струмів, що дозволить забезпечити надійну роботу його резервних захистів при будь-яких видах поздовжньо-поперечної несиметрії. При цьому можливий випадок обриву фази, в якій встановлений короткозамикач. У такому разі при включенні короткозамикача під впливом МСЗ трансформатора практично не відбувається зміна режиму пошкодження.

Використовування адаптивних алгоритмів функціонування, забезпечуючих контроль аварійних усталених струмів, напруг і їх динаміки, найперспективнішим напрямом визнано побудову захисту в умовах:

- недостатньої повноти інформації про режим ППН через електричну віддаленість захисту від місця пошкодження;
- порівняння аварійних складових струму і напруги даного режиму з складовими режиму навантаження;
- відсутність вимірювальних трансформаторів струму у всіх фазах ПЛ і трансформаторів струму нульової послідовності в мережах напругою $6\div 10$ кВ (ПЛ).

Дані алгоритми реалізовані в адаптивному мікропроцесорному резервному захисті дальнього резервування в розподільчих мережах з відгалужувальними і проміжними підстанціями. Їх застосування дозволяє підвищити інформаційну досконалість захисту і забезпечити достовірність розпізнавання режимів ППН за електрично віддаленими об'єктами. Приклад виконання такого захисту – мікропроцесорний пристрій типу КЕДР-07, який реалізує функції захисту дальнього резервування к.з. за трансформаторами ВП і захисту від режимів поздовжньої і ППН. Захист від неповнофазних режимів – необхідний елемент системи дальнього резервування в розподільчих мережах $6\div 110$ кВ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Долгополов А.Г. О режимах заземления нейтрали и защиты от замыкания на землю в сетях 6-35 кВ. Энергетик, 2000. - № 2. - С. 24-26.
2. Головкин С.И., Вайнштейн Р.А., Юдин С.М. Селективная сигнализация однофазных замыканий и измерение расстройки компенсации в сетях 35 кВ и выше. Электрические станции, 2000. - №7. – С. 33-36.
3. Нудельман Г.С., Шевелев В.С. Избирательная защита от замыканий на землю для распределительных сетей. Энергетик, 2001. - № 3. – С. 22-33.

4. Пантелеева И.В., Головинова Е.А. К вопросу о возможности применения дистанционной защиты высоковольтных линий электропередачи. Збірник наукових праць ХУПС, 2010. - № 1(23). – С. 157-159.
5. Пантелеева И.В. Воздействие токов короткого замыкания в сети с гибкими проводниками с учетом нелинейности системы. Збірник наукових праць ХУПС «Системи озброєння і військова техніка», 2015. - № 4(44). – С. 92-95.
6. Budanov P. Improvement of safety of autonomous electrical installations by implementing a method for calculating the electrolytic grounding electrodes parameters / P. Budanov, K. Brovko, A. Cherniuk, I. Pantelieieva, Yu. Oliynyk, N. Shmatko, P. Vasyuchenko // Eastern-european journal of enterprise technologies.2018. 5/5 (95). P. 20-28. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.144925>.