

ПОШКОДЖЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРОМЕРЕЖАХ З МАЛИМИ СТРУМАМИ ЗАМИКАННЯ НА ЗЕМЛЮ

Сасенко Ю. Л., Попов А. С.

Приазовський державний технічний університет

Розглянуто режими роботи трансформаторів напруги контролю ізоляції. Оцінена ефективність заходів їх захисту від ферорезонансних процесів.

Постановка проблеми. Актуальною і остаточно не вирішеною проблемою в сучасній енергетиці України є проблема надмірної пошкоджуваності трансформаторів напруги контролю ізоляції (ТНКИ). Згідно зі статистичними даними, які наводяться в технічній літературі, щорічно в Україні пошкоджується 7-12% від усіх встановлених трансформаторів напруги (ТН). Відомі випадки, коли пошкоджуваність досягала вражаючих розмірів і складала близько 50% [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багаторічні дослідження авторів [1-3] показали, що основною причиною пошкодження ТНКИ є існування в мережі ферорезонансних процесів (ФРП). Серед багатьох різновидів ФРП найбільшу небезпеку несуть субгармонійні коливання, які розвиваються на частотах 16,6 Гц та 25 Гц та супроводжуються режимом однофазного замикання на землю (ОЗЗ). Також характерною рисою існування такого режиму є невеликий струм ОЗЗ, який найчастіше складає 1-5 А. Для захисту ТН від пошкоджень при ФРП запропоновано ряд заходів, зокрема: під'єднання до обмотки розімкнутого трикутника активного опору 25 Ом, введення дода-

ткових резисторів у первинні обмотки або нейтраль ТН, використання антирезонансних ТН. Всі ці заходи мають свої межі ефективності, проте сама проблема надмірного пошкодження ТНКИ є остаточно не вирішеною.

Мета статті. Дослідження на комп'ютерній моделі режимів роботи та ефективності дії пристроїв захисту ТНКИ від пошкоджень при ферорезонансі, розробка рекомендацій щодо підвищення надійності роботи ТН.

Основні матеріали дослідження. Можливість збурення процесу ферорезонансу зумовлена наявністю заземлених обмоток високої напруги (ВН) трансформатора. Саме тому при коливаннях в контурі нульової послідовності мережі існує можливість розряду ємності мережі через ТН.

На рис. 1 наведені розрахункові криві фазних напруг та струмів в обмотці ВН при ферорезонансі, який виник в результаті короткочасної появи та самоусунення ОЗЗ. Струми в обмотці ВН в такому режимі перегрівають обмотку та спричиняють її термічне руйнування.

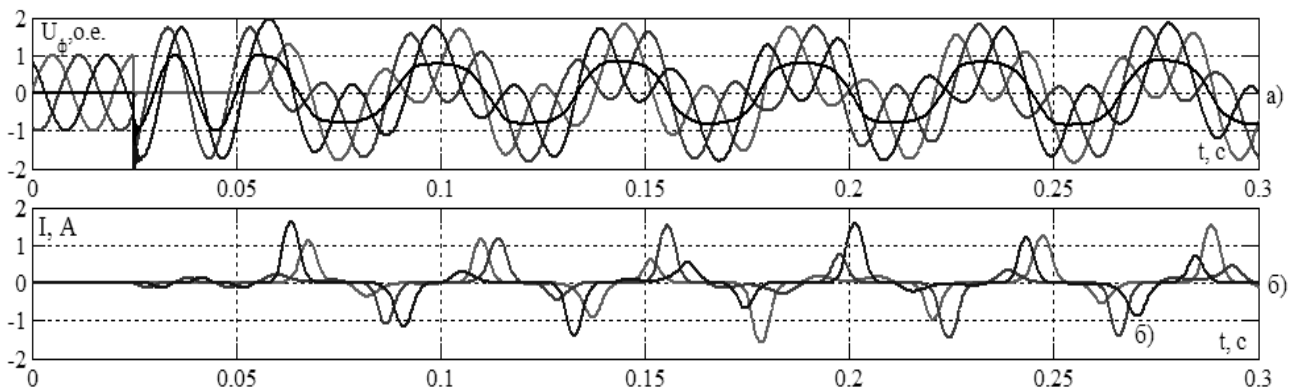


Рисунок 1 – Розрахункові криві фазних напруг (а) та струмів в обмотці ВН (б) трансформатора при субгармонійному ферорезонансі

Використання додаткових активних опорів 5-10 кОм в нейтралі або в первинних обмотках ТН є ефективним засобом, проте цей підхід негативно впливає на метрологічні характеристики ТН.

Саме тому в сучасній енергетиці в умовах підвищених вимог до вимірювальних комплексів ці заходи не знаходять застосування. До того ж, заземлення ТН через резистор призводить до додаткового зсуву нейтралі мережі, який виникає при несиметричних режимах за рахунок втрати напруги на резисторі від струмів намагнічення ТН.

Встановлення резистора 25 Ом в обмотку розімкнутого трикутника – найбільш неоднозначний спосіб захисту від ферорезонансу. Одні спеціалісти стверджують, що цей спосіб є абсолютно неефективним, інші доводять захисну спроможність цього рішення. На нашу думку така розбіжність у результатах може бути викликана похибкою у вихідних даних при моделюванні, а саме у кривій намагнічення. Наші дослідження на математичній моделі показали, що резистор 25 Ом є дієвим способом боротьби з ферорезонансом.

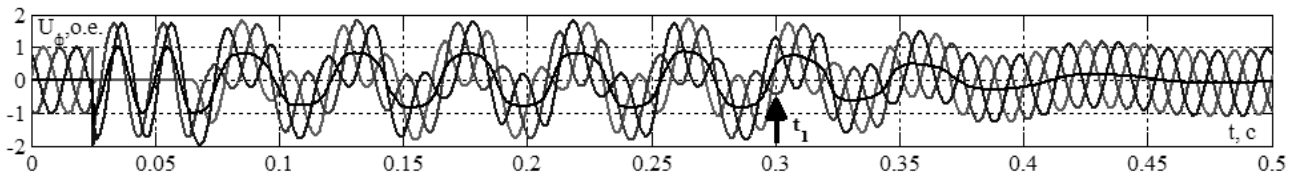


Рисунок 2 – Розрахункові криві фазних напруг при зриві ферорезонансну шляхом підключення резистора 25 Ом до обмотки розімкнутого трикутника. t_1 – момент підключення резистора

На рис. 2 наведено результати моделювання, які демонструють ефективність цього способу. Не будемо стверджувати про абсолютну ефективність цього підходу, проте зазначимо, що резистор дійсно дозволяє загасити ФРП.

Крім того, він також протидіє "розхитуванню" нейтралі мережі, яке виникає при ферорезонансах в результаті різного роду комутацій.

Використання антирезонансних ТН (НАМИ, НАМИТ, НАЛИ) лише частково вирішують проблему надмірного пошкодження ТНКИ, проте сама проблема ферорезонансу є остаточно не вирішеною. Це зумовлено тим, що антирезонансні ТН мають електричний зв'язок з землею через індуктивність, тому можливість виникнення ферорезонансу існує. Це підтверджується результатами комп'ютерного моделювання та відповідним досвідом експлуатації цих ТН.

Найбільш досконалою з моделей антирезонансних ТН, що випускаються серійно, на нашу думку є ТН типу НАМИ. Він має трьохстержневу конструкцію, завдяки чому не вступає в субгармонійний ферорезонанс. ТН типу НАМИТ та НАЛИ за будовою схожі з традиційними ТНКИ (НТМИ, ЗНОМ, ЗНОЛ), і при низькій чутливості вбудованого захисту вони також вступають в субгармонійний ФРП та пошкоджуються. Відомі випадки за циклювання захисту антирезонансних ТН, в результаті чого відбуваються довготривалі комутації трансформатора нульової послідовності (ТНП).

Серед позитивних властивостей антирезонансних ТН слід зазначити їх стійкість до ОЗЗ через перекидну дугу. Завдяки лінійному індуктивному опорі ТНП, який складає понад 300 кОм, значного насичення ТН при підвищеній напрузі не відбувається, тому струми в обмотці ВН при дугових перенапругах є безпечними.

Комплексним рішенням підвищення надійності роботи мереж із малими струмами замикання на землю є зміна режиму нейтралі, а саме використання резистивної нейтралі.

При цьому проблема ферорезонансу буде вирішена повністю, оскільки нелінійна індуктивність буде зашунтована малим активним опором, а ємність мережі буде розряджатися не через ТН, а через резистор в нейтралі мережі. Також резистивне заземлення дозволить зменшити кратності перенапруг під час ОЗЗ через перекидну дугу до безпечних значень $2,2-2,4 U_{\phi}$ та підвищити чутливість захисту від ОЗЗ за рахунок активної складової струму.

Висновки: 1. Необхідно досліджувати вірогідність появи ферорезонансу на стадії проектування чи експлуатації для конкретної мережі на основі комп'ютерного моделювання. Згідно отриманих результатів слід вживати відповідних заходів щодо попередження виникнення ФРП.

2. Дієвим проте не абсолютно ефективним засобом боротьби з ферорезонансом є встановлення резистора 25 Ом до обмотки розімкнутого трикутника. При виборі антирезонансного ТН перевагу слід віддавати ТН типу НАМИ, оскільки він не вступає в субгармонійний ферорезонанс. Використання резистивної нейтралі дозволяє повністю вирішити проблему ферорезонансу та пошкодженості ТНКИ.

Список використаних джерел

1. Ганус А. И. Повреждаемость трансформаторов напряжения в областных электрических сетях АК "Харьковоблэнерго" и мероприятия по ее снижению / А. И. Ганус, К. А. Старков // Світлотехніка та електроенергетика – 2003. – №1. – С. 76-82.
2. Журахівський А. В. Режимы работы трансформаторов напруги в електромережах з ізолюваною нейтраллю / А. В. Журахівський, А. Я. Яцейко, Р. Я. Мясляк // Електроінформ – 2009. – №1. – С. 8-11.
3. Лавров Ю. Л. Современные антирезонансные трансформаторы напряжения / Ю. А. Лавров, О. И. Лаптев // Новости электротехники – 2009. – №5(59).

Аннотация

ПОВРЕЖДЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С МАЛЫМИ ТОКАМИ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ

Саенко Ю. Л., Попов А. С.

Рассмотрены режимы работы трансформаторов напряжения контроля изоляции. Оценена эффективность способов их защиты от феррорезонансных процессов.

Abstract

DAMAGE THE MEASUREMENT VOLTAGE TRANSFORMERS IN ELECTRICAL NETWORKS WITH SMALL CURRENTS CIRCUIT TO THE GROUND

Y. Sayenko., A. Popov

The modes of voltage transformers using for insulation checking was considered. The efficiency of ways to protect them from ferrerorezonance processes was evaluated.