

КЕРУВАННЯ КОМУТАЦІЄЮ ВИМИКАЧА ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ РЕЗОНАСНИХ ПЕРЕНАПРУГ

Кучанський В. В.

Інститут електродинаміки НАН України

Розглянуто застосування пристрою керованої комутації для попередження резонансних перенапруг в несинусоїдних режимах ліній електропередач надвисокої напруги.

Постановка проблеми. Анормальність несинусоїдних режимів характеризується появою вищих гармонік струму і напруги. Спотворення форми кривої напруги і струмів в даному випадку зумовлені нелінійністю шунтів намагнічування. За останні роки велику увагу при дослідженнях режимів електричних мереж почали приділяти коливанням в колах зі сталлю. Приводом для цього слугувала поява на лініях електропередачі надвисокої напруги складних явищ, таких як резонанси на частотах, що відрізняються від основної.

У даній роботі увага приділена виникненню перенапруг на парних гармонічних складових, що спричинені включенням ненавантаженого автотрансформатора. Тому практичні дослідження та вибір засобів запобігання резонансних перенапруг орієнтовані на цей клас несинусоїдних перенапруг.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідники резонансних перенапруг застосовують потужний інструментарій імітаційного моделювання та новітні математичні моделі, наприклад, штучні нейронні мережі [1], але ще багато питань залишаються без адекватної відповіді. До того ж, детальний розгляд цих робіт [1,2] вказує на один спільний великий недолік: суто інженерний підхід до вивчення перенапруг. Тому залишається поза увагою одне важливе питання: дослідження умов виникнення і розробка заходів попередження резонансних перенапруг.

Мета статті. Пропонується застосування пристрою керованої комутації для уникнення резонансних перенапруг.

Основні матеріали дослідження.

В основному, резонансні перенапруги виникають впродовж перших етапів відновлення електропостачання, коли вся система слабо демпфована. При включенні автотрансформатора, що працює в режимі холостого ходу, відбувається насичення магнітопроводу. Це в свою чергу спричиняє кидки струмів намагнічування з істотним вмістом гармонік, в тому числі другої гармонічної складової і, таким чином, джерело струму, що генерує гармонічні складові, виявляється підключеним до лінії електропередачі. Як правило, резонансні перенапруги досягають значних величин і є тривалими, тому можуть привести в дію засоби релейного захисту або спричинити пошкодження ізоляції устаткування.

Таким чином, коли відбувається початкове збудження автотрансформатора, його магнітне осердя приходить в стан насичення, при якому генеруються струми намагнічування, що викликають підвищення напруги гармонічних складових. Для дослідження можливості виникнення анормальних перенапруг до-

цільним є використання математичного моделювання. Хоча відомі також роботи по визначенню характеристик перенапруг аналітичними методами розрахунку електричних кіл [2]. Але дослідження, виконані за допомогою згаданого інструментарію, не враховують кореляцію між факторами, що впливають на характеристики перенапруг.

Через причини вказані вище, була розроблена імітаційна модель електропередачі в середовищі MATLAB/Simulink (рис. 1). Особливість застосування цієї моделі полягає в обов'язковій наявності трьох груп шунтувальних реакторів, оскільки з практики відомо, що резонансні перенапруги виникають при довжинах ліній, які потребують для компенсації зарядної потужності саме таку кількість груп шунтувальних реакторів [2].

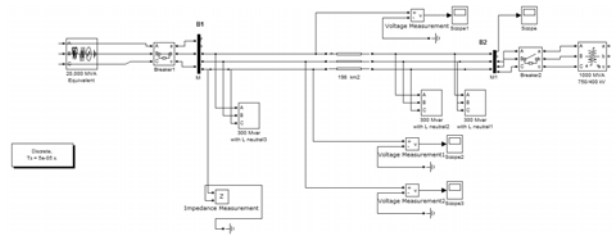


Рисунок 1 – Імітаційна модель електропередачі для дослідження резонансних перенапруг

На рис. 2 наведено графік залежностей величин перенапруг від кута вмикання вимикача та довжини лінії, який отримано шляхом моделювання на імітаційній моделі. З тривимірного графіку видно, що існують діапазони кутів, при яких величини перенапруг перевищують гранично допустимі.

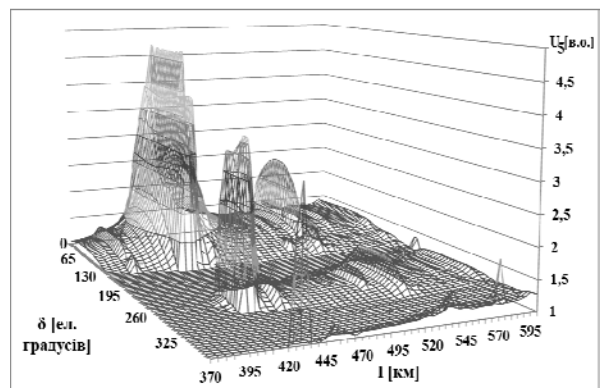


Рисунок 2 – Тривимірний графік залежності перенапруг від довжини та кута вмикання

Як видно з (рис. 2) діапазони кутів, при яких досягаються максимальні величини перенапруг відповідають діапазнам $\delta \in [0; 140] \cup [200; 240]$ електричних градусів, а мінімальні – діапазону $\delta \in [140; 215] \cup [275; 355]$ електричних градусів.

Як показали вище наведені результати, перенапруги при комутації ненавантаженого автотрансформатора суттєво залежать від моменту його включення. Таким чином перенапруги можуть бути обмежені при використанні блоку керованої комутації, налаштованого на замикання контактів поблизу від необхідної величини струму холостого ходу автотрансформатора ("кероване включення"). В загальному випадку керована комутація являє собою спосіб усунення шкідливих перехідних процесів за допомогою керованих в часі операцій комутації. В даний час точність керованої комутації складає ± 2 мікросекунди, що недостатньо для вимикання короткого замикання, але для ліквідації перенапруг такий розкид не є критичним.

Проблема експлуатації полягає в тому, що моменти замикання полюсів вимикача обрано спеціалістами виробника пристрою таким чином, що вони спричиняють появу перенапруг. Зазначені величини моментів комутації, що відображені на рис. 3 потрапляють у діапазон максимальних величин перенапруг. Вибір моментів комутації вимикача виробником виконувався без врахування появи гармонічних перенапруг.

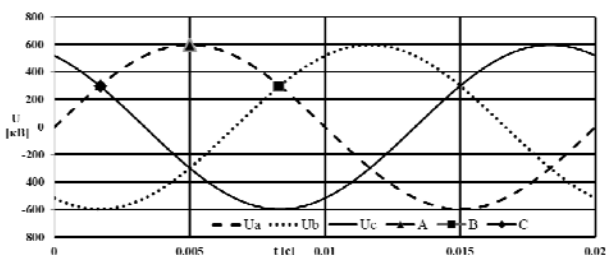


Рисунок 3 – Синусоїди напруг з зазначеними рекомендованими моментами включення вимикача А = 90 ел. градусів, В = 144 ел. градусів, С = 17 ел. градусів

З метою оцінки ефективності заходу розглянемо дві лінії з однаковими параметрами та характеристиками. Кожна з цих двох ліній комутується своїм вимикачем. Перша лінія комутується вимикачем з некерованою комутацією, а друга – вимикачем з керованою комутацією. Для обох ліній моментом подачі команди на замикання вимикача є момент переходу струму через нуль. Замикання полюсів вимикача з некерованою комутацією відбувається одразу в момент подачі команди.

Результати моделювання для порівняння роботи лінії із звичайним вимикачем та з вимикачем з керованою комутацією наведено на рис. 4. Як можна бачити, керована комутація суттєво знижує величини перенапруг. В будь-якому разі застосування пристрою для керованої комутації дозволяє якщо не попередити появу перенапруг, то забезпечити обмеження амплітудних значень до рівня ефективної роботи нелінійного обмежувача перенапруг.

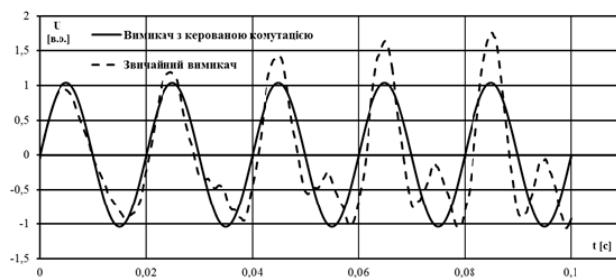


Рисунок 4 – Результати моделювання комутації

Висновки. При використанні імітаційної моделі було визначено, що кут вмикання вимикача є одним з вирішальних факторів виникнення резонансних перенапруг. Відповідно до визначеного фактору в роботі запропоновано захід запобігання перенапруг на вищих гармонійних складових, який полягає у застосуванні пристрою керованої комутації вимикача. За допомогою керованої комутації виконується замикання контактів у моменти, що відповідають мінімальним величинам перенапруг.

Список використаних джерел

1. Кузнецов В. Г. Використання штучної нейронної мережі для визначення характеристик аномальних перенапруг / В. Г. Кузнецов, Ю. І. Тугай, В. В. Кучанський // Праці Інституту електродинаміки НАН України. – К.: ІЕД НАНУ, 2012. – Вип. 31. – С. 8–14.
2. Тугай Ю. І. Дослідження впливу параметрів ЛЕП НВН на аномальні перенапруги / Ю. І. Тугай, В. В. Кучанський, Р. В. Пляшко // Праці Інституту електродинаміки НАН України. – К.: ІЕД НАНУ, 2014. – Вип. 37. – С. 52–58.

Анотація

УПРАВЛЕНИЕ КОММУТАЦИЕЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ РЕЗОНАНСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Кучанский В. В.

Рассмотрено применение устройства управляемой коммутации для предупреждения резонансных перенапряжений в несинусоидальных режимах линий электропередач сверхвысокого напряжения.

Abstract

CONTROL SWITCHING OF CIRCUIT BREAKER FOR PREVENTION RESONANCE OVERVOLTAGES

Kuchansky V. V.

The application of the switching controlled device for prevention resonance overvoltages in nonsinusoidal modes of extra high voltage overhead lines is considered.