

Розпізнавання однофазного замикання і комутацій в мережах власних потреб електричних станцій

Базилевич М.В., Сабадаш І.О.
Національний університет «Львівська політехніка»
м. Львів, Україна
mykola.v.bazylevych@lpnu.ua

Анотація—Параметри напруги нульової послідовності під час однофазних замикань на землю та комутації в нормальному режимі є подібними. Це викликає хибне спрацювання захисту від однофазних замикань на землю. Розпізнавання різних режимів дозволяє підвищити надійність роботи захисту. Визначено набір ознак, на основі якого можна розрізнити перехідні процеси під час комутації та однофазного замикання на землю. Для підвищення надійності розпізнавання запропоновано застосовувати нелінійні функції перетворення.

Ключові слова—однофазне замикання на землю, релейний захист.

Вступ

Найбільш поширеним видом пошкодження в електричній мережі 6 кВ власних потреб електричних станцій є однофазні замикання на землю (ОЗЗ). Для визначення пошкодженого фідера частина захистів використовує інформацію про координати перехідного процесу за ОЗЗ [1]. Для цього використовується інформація про миттєві значення напруги нульової послідовності $3U_0$ та струмів нульової послідовності $3I_0$ фідерів. В процесі експлуатації таких захистів виявилось, що під час нормальних комутацій кабельних ліній виникають перехідні процеси, подібні до процесів під час ОЗЗ. Це спричинює неправильну роботу захистів від ОЗЗ. Необхідно розробити заходи, які дозволили б розрізнити перехідні процеси під час комутації та під час ОЗЗ.

МЕТА РОБОТИ

Визначити, чи можливо розрізнити процеси під час комутації та під час ОЗЗ, тобто визначити ознаки, за якими напруга нульової послідовності $3U_0$ під час комутації в нормальному режимі відрізняється від $3U_0$ за ОЗЗ.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Для встановлення факту ОЗЗ використовується саме напруга нульової послідовності $3U_0$. Найбільш поширеним видом ОЗЗ є часткові пробої ізоляції та дугові ОЗЗ (до 80-90% від всіх ОЗЗ). Такі пошкодження відзначаються тим, що інтервали горіння електричної дуги розділені інтервалами з відновленою електричною міцністю

ізоляції. Електрична дуга в мережах 6 кВ горить від 0,5 мс до 3,2 мс. Інтервали між пробоями ізоляції становлять біля 17-20 мс у випадку замикання через однополярну несиметричну дугу і 7-9 мс – через двополярну симетричну дугу. У випадку часткових пробоев ізоляції інтервал часу між окремими пробоями ізоляції може коливатися від 0,1 с до декількох діб. Під час ввімкнення/вимкнення кабельних ліній, внаслідок неодновременності замикання контактів вимикача, створюється короточасна несиметрія – ємності різних фаз мережі відносно землі різні. При цьому форма та координати напруги $3U_0$ і струмів нульової послідовності $3I_0$ подібні до форми і координат $3U_0$ і $3I_0$ за ОЗЗ. Це викликає хибну роботу захистів від ОЗЗ. Особливо це помітно в електричних мережах 6 кВ власних потреб електричних станцій, оскільки фазні ємності окремих кабельних ліній співмірні (до 8%-15%) із ємністю всієї мережі.

Для розрізнення комутації та ОЗЗ планується використати відмінність в характеристиках $3U_0$ під час цих процесів. Для дослідження було використані натурні осцилограми, зафіксовані пристроєм захисту від однофазних замикань на землю «Альтра32-32» [1] в мережі власних потреб теплової електростанції. За необхідності дослідження натурних осцилограм доповнювалося моделюванням на програмному комплексі «RE» [2]. Найбільше на спотворення вихідної інформації впливають: електромагнітні трансформатори струму та напруги; електромагнітні розділювальні трансформатори напруги та струму приладу; аналогові фільтри низьких частот приладу (частота зрізу $f_{зр}=400$ Гц); дискретизація вхідного сигналу із частотою $f_d=3000$ Гц. Додатковою складністю є зміна параметрів мережі в часі внаслідок ввімкнення/вимкнення ліній та попадання моментів комутації в різні ділянки синусоїди фазної напруги. На рис. 1 показано графіки $3U_0$ за різних процесів. Значення напруги $3U_0$ – у вторинних величинах. Імпульс $3U_0$ може бути як додатнім, так і від'ємним. Це залежить тільки від моменту комутації чи виникнення ОЗЗ. Напруга нульової послідовності $3U_0$ показує несиметрію фазних напруг мережі відносно землі. $3U_0$ отримується із обмотки «розімкнутий трикутник» трансформатора напруги типу НТМІ-6. Для розрізнення різних процесів було застосовано такий самий підхід,

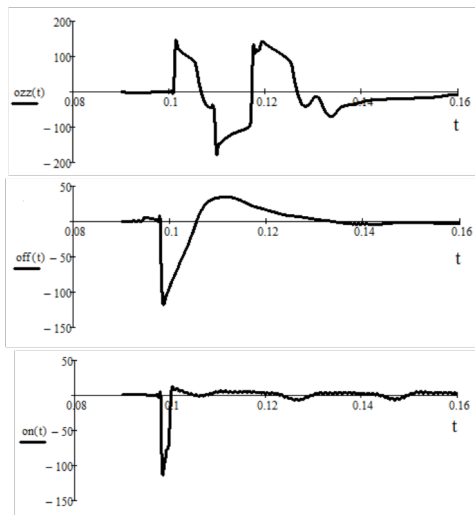


Рис. 1. Напряга 3U0 за ОЗЗ, вимкнення та увімкнення лінії (зверху вниз). Напряга – у В, час – у с

як і у [3] – ймовірність того чи іншого процесу визначається як сума складових набору ознак, характерних для цього процесу. Найбільш ймовірним буде процес із найбільшою сумою ознак. Для кожного процесу може бути встановлений свій набір ознак:

$$K_j = \sum_{i=1}^n K_{j,i} = \sum_{i=1}^n k_{j,i} \cdot x_i,$$

де K_j – ймовірність j -го процесу, %;

$K_{j,i}$ – величина i -ї ознаки для j -го процесу, %;

n – кількість ознак в наборі для j -го процесу;

$k_{j,i}$ – ваговий коефіцієнт для i -ї ознаки j -го процесу;

x_i – значення i -ї ознаки.

Послідовність розпізнавання: визначаються ознаки 3U0 на основі обробки вхідної інформації; значення ознак множаться на індивідуальні вагові коефіцієнти; отримані результати додаються згідно набору ознак для кожного процесу; отримані суми порівнюються; максимальне значення відповідає найбільш ймовірному процесу. В процесі дослідження виявили наступні характерні ознаки напруги 3U0 за різних режимів: форма 3U0; наявність «полички»; максимальна величина імпульсу 3U0. Форма 3U0 за ввімкнення/вимкнення лінії – трикутна, із лінійним спадом після максимального значення. Відхилення миттєвих значень 3U0 від прямої лінії, що з'єднує максимальне значення імпульсу із точкою перетинання осі OX не перевищує 8%. Форма 3U0 за ОЗЗ суттєво відрізняється від трикутної і миттєві значення відхиляються від лінії, що з'єднує максимальне значення і точку перетинання графіком 3U0 осі OX на величину 20-100%. Це найбільш важлива ознака. У формі 3U0 можлива «поличка» за вимкнення лінії, що переходить в основний імпульс 3U0. Її наявність залежить від моменту комутації. Її величина змінюється в межах від 1 В до 11 В, а тривалість

від 1,5 мс до 4 мс. При певних умовах комутації «поличка» відсутня. Максимальна величина імпульсу 3U0 для випадку увімкнення лінії не перевищує 128 В (у 60% увімкнень не перевищує 90 В), у випадку вимкнення лінії не перевищує 120 В (у 50% вимкнень не перевищує 65 В). Для випадку ОЗЗ величина імпульсу напруги 3U0 у випадку ОЗЗ не була меншою 90 В (у 80% ОЗЗ не була меншою 120 В). Ця ознака має великий розкид параметрів, хоч у більшості випадків її величина є різною для різних режимів. Величина імпульсу 3U0 для різних режимів можуть приймати однакові значення. Тому вагові коефіцієнти для цієї ознаки доцільно обчислювати на основі нелінійної функції перетворення. Ця функція приймає велике значення у випадку, якщо значення ознаки характерне тільки для одного процесу, і низьке, якщо значення ознаки відповідає всім трьом можливим режимам. Формується така функція на основі статистичних даних по мережі власних потреб електростанції. Це дозволяє суттєво підвищити якість розпізнавання. Для інших ознак можна використовувати постійні вагові коефіцієнти. Проведені дослідження показали, що відсоток успішного розпізнавання процесів становить 65%. У випадках, якщо розпізнавання не даватиме однозначного висновку про режим, захист буде спрацьовувати як за ОЗЗ. Тобто зайві спрацювання захисту від ОЗЗ, у такому випадку, зменшаться на 65%. При цьому кількість правильних спрацювань за ОЗЗ не зміниться. Для покращення розпізнавання необхідно аналізувати форму напруги 3U0 не тільки на 1 півперіоді коливальних в перехідному процесі, але й на 2. Також слід врахувати, що точність розпізнавання покращить при врахуванні параметрів інших координат режимів.

ВИСНОВКИ

Перехід від оцінки діючих величин до аналізу форми напруги 3U0 у перехідному процесі дозволяє підвищити селективність захисту від ОЗЗ, зменшити ймовірність помилкової роботи та покращити діагностику стану ізоляції мережі. Дослідження статистичних характеристик окремих ознак дозволяє підвищити якість розпізнавання. Для покращення розпізнавання необхідно аналізувати декілька координат електричних режимів та їх поведінку в часі.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] <http://imskoe.org.ua> (дата звернення 12.09.2020).
- [2] Равлик О.М. Цифровий комплекс для аналізу роботи та проектування пристроїв релейного захисту й автоматики / Електроенергетичні та електромеханічні системи: Вісник ДУ «Львівська політехніка». – 1997. – № 340.
- [3] Базилевич М.В. Автоматичне розпізнавання виду уземлення фази в електричній мережі з ізоляованою та компенсованою нейтраллю. / Елетротехніка і електроенергетика: Наукові праці ДонНТУ. – 2004. – №79.