

ЕФЕКТИВНІСТЬ МОНІТОРИНГУ ЗАМИКАНЬ В МЕРЕЖАХ З ІЗОЛЬОВАНОЮ НЕЙТРАЛЛЮ

Зубко В. М., Коробка В. О., Мірошник О. В., Черемісін М. М., Чернігівська О. В.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Показана ефективність моніторингу замикань в мережах з ізольованою нейтраллю.

Постановка проблеми. Основними видами пошкоджень повітряних ліній (ПЛ) є короткі замикання (к.з.). Згідно [1] лінії з заземленою нейтраллю при трифазних, двофазних і однофазних к.з. повинні швидко відключатися за секунди або частки секунди. Лінії 6 - 35 кВ з ізольованою нейтраллю при трифазних і двофазних к.з. також повинні відключатися швидко, але при однофазних замиканнях на землю (з.н.з.) можуть працювати до моменту виявлення місця пошкодження [2], тобто досить тривало.

Однофазні з.н.з. в останніх не призводять до порушень режиму електропостачання споживачів, змінюється тільки ступінь взаємодії ПЛ 6 - 35 кВ з навколишнім середовищем.

При пробі ізоляції і протіканні ємнісного струму через опору, остання при вигорянні арматури в залізобетоні може обрушитися при невеликому фізичному навантаженні. При торканні до такої опори ймовірність ураження електричним струмом від напруги дотику досить висока.

Таким чином існує проблема аварійних режимів мережі, скорочення часу пошуку й усунення к.з. і з.н.з. з метою зниження збитку від недовідпуску електроенергії та можливого нанесення збитків навколишньому середовищу.

Аналіз методів виявлення замикань в мережі. Міжфазні к.з. призводять до відключення ліній і виявляються шляхом контролю режиму або сигналізації з боку споживачів. Однофазні з.н.з. не виявляються таким чином.

Однак специфіка сигналізації про однофазні з.н.з., а потім і пошук місця пошкодження такі, що усунення його може затягнутися у часі. Факт однофазного з.н.з. сигналізується за допомогою спеціальної схеми релейного захисту, увімкненої в "розімкнений трикутник" трансформатора напруги. Останній підключається до шин на підстанції і здійснює контроль ізоляції ліній.

В Україні в даний час знаходиться в експлуатації близько 3800 підстанцій 35/6-10 кВ із загальною встановленою потужністю 24,9 тис. МВ · А, і від них відходить близько 306 тис. км повітряних ліній напругою 6-10 кВ. Значна частина підстанцій цього класу напруг експлуатується без постійного чергового персоналу і не має телекерування.

З нормативних положень випливає, що замикання на землю в лінії 6-35 кВ може бути теоретично виявлено в інтервалі часу від нуля до $24 \times 30 = 720$ годин (24 - число годин у добі, 30 - середнє число днів у місяці). У даному випадку однофазне з.н.з. фіксується

оперативно-виїзними бригадами під час чергового огляду.

Мета статті. Обґрунтувати ефективність пошуку замикань із використанням автоматизованої системи моніторингу в мережах з ізольованою нейтраллю.

Основні матеріали дослідження. Телемеханізація підстанцій 35 – 110 кВ виконується, як правило, в обсязі телесигналізації. Її можливості обмежені і дозволяють отримувати інформацію практично лише про стан обладнання цих підстанцій. Лиш незначна частина інформації про розподільні мережі поступає по каналах телемеханіки на диспетчерські пункти. Як ми показали вище, однією з першорядних проблем, яка стоїть перед експлуатаційним персоналом електричних ліній, є оперативний пошук і локалізація місць пошкоджень ПЛ. Рішенням цього питання може служити впровадження пристроїв для визначення місць пошкоджень на лініях, що дозволяє значно збільшити надійність їх роботи за рахунок оперативності усунення пошкоджень. Це позначається на скороченні аварійного недовідпуску електроенергії споживачам, дозволяє запобігти у ряді випадків розвитку аварій і значно скоротити трудомісткість їх ліквідації.

Авторами на основі сучасної мікроелектроніки та мікропроцесорної техніки розроблені активні фіксатори к.з. [5], які дають можливість визначити пошкоджену ділянку розгалуженої лінії електропередачі з ізольованою нейтраллю з диспетчерського пункту (рис. 1).

Передбачається, що базова станція у диспетчера знаходиться в режимі постійного прийому або запускається при подачі інформації з вимикача лінії, який спрацював після к.з. Кожному фіксатору присвоюється персональний номер (адреса), який заноситься до бази даних номерів базової станції з відміткою місця встановлення на ПЛ і з прив'язкою до географічних координат.

Під час виникнення к.з. з датчика подається команда на запуск системи передачі даних, в якій формується інформаційний пакет по одному з протоколів бездротового зв'язку. Промодульований сигнал підсилюється і передається в канал зв'язку через антену.

Під час прийому інформаційного пакету на станції в блоці перевірки номера проводиться уточнення відправника даного повідомлення методом порівняння персонального номера, який є в інформаційному пакеті, з номерами, які використовуються в даній системі. Для перешкодження спотворенню інформації в каналі зв'язку використовується захисне кодування. Для підвищення надійності роботи системи захисту

від спотворення інформаційний пакет передається 3 - 4 рази.



Рисунок 1 - Фіксатор на опорі ПЛ 10 кВ

Запропонований фіксатор [5] спрацьовує при міжфазних к.з., якщо його відлаштовано від робочого струму частотою 50 Гц в місці встановлення в лінії. У цьому випадку факти місце виникнення однофазних з.н.з. фіксуватися не будуть. Для розширення функціональних можливостей системи нами пропонується спеціальна схема визначення місця замикання на землю в розгалужених мережах з ізольованою нейтраллю.

Схема включає в себе мережу з розташованими на відпайках фіксаторами і два допоміжних вимикача, приєднаних до фаз А і С. Для керування вимикачами використовується три реле мінімальної напруги, включених кожне на фазну напругу вторинної обмотки трансформатора напруги, з'єднаної в зірку, і блокувальне реле, підключене до вторинної обмотки, з'єднаної в розімкнений трикутник.

Процес пошуку місць замикання на землю відбувається таким чином. Під час замикання однієї з фаз на землю спрацьовує блокувальне реле, подаючи по каналу телемеханіки сигнал на диспетчерський пункт. За сигналом диспетчера включається допоміжний заземлюючий вимикач непошкодженої фази А чи С. Складається двофазне к.з. в різних точках мережі, спрацьовує релейний захист і вимикає допоміжний вимикач і пошкоджену лінію. Остання за рахунок АПВ включається знову.

Під час штучного к.з. фіксатор визначає пошкоджену відпайку, передаючи радіосигнал про своє спрацювання. Дане технічне рішення дозволяє визначити місце однофазного к.з. з диспетчерського пункту і адресу для ремонтної бригади. Проте спосіб вимагає попередніх додаткових витрат на установку комірки з двома однофазними вимикачами зі своїми приводами і релейним захистом.

Для вирішення проблеми виявлення місць однофазних з.н.з. нами пропонується фіксатори, установ-

лені на лініях, додатково оснащені блоками вимірювань струмів частотою 250 Гц. Це обумовлено тим, що під час замикання на землю виникає перехідний процес розряду ємностей непошкоджених фаз. Останній служить джерелом гармонік струмів і напруг, кратних 50 Гц-250 Гц, 350 Гц, 450 Гц і т.д. Так як струми гармонік протікають у проводах ліній і в землі під лініями, то фіксатори реагують на процес замикання на землю.

Далі інформація передається на диспетчерський пункт за запитом або автоматично і за спеціальною програмою обробляється. При цьому враховується повнота замикання на землю за величиною напруги нульової послідовності, виміряної на розімкненому трикутнику трансформатора напруги і сумарна ємність фаз ліній.

За паспортними даними ліній і виміряними параметрами за допомогою комп'ютера проводиться відповідний розрахунок і виводиться зображення результатуючих номограм. По них у масштабі визначається орієнтовна відстань до місця з.н.з. і приймається рішення про послідовність бригади для ремонту пошкодження ПЛ.

Тривалість визначення місця пошкодження і ремонтних робіт згідно з літературних джерел [3,4] становить від 1 до 4 годин. Цей час йде на визначення замкненої на землю фази по вольтметрах, підключених до трансформатора напруги на районній трансформаторній підстанції (РТП), на визначення пошкодженої лінії шляхом почергового відключення або за допомогою переносних приладів типу "Пошук" або "Спектр".

Далі за допомогою тих же приладів або візуальним шляхом проводиться огляд, встановлення місця пошкодження і ремонт з заміною пробитого ізолятора або кріпленням обірваного проводу. Якщо по залізобетонній опорі протікав деякий час струм замикання, остання повинна бути відмічена з заборонаю підніматися на неї без використання телевішки.

Запропонована нами система дозволяє прискорити пошук місця замикання в кожному конкретному випадку ще й методом варіантних розрахунків, попередньо маючи схему електричної мережі та під'їзних доріг, тим самим звівши час пошуку до мінімуму.

Економічна ефективність автоматизованої системи моніторингу режимів роботи ліній повинна враховувати вартість системи з одного боку і зниження збитку за рахунок швидкої ліквідації пошкоджень з іншого боку.

При визначенні можливого збитку скористаємося такими міркуваннями. Потік подій, які визначають порушення, несе випадковий характер, а ймовірне число замикань з тією чи іншою мірою достовірності може бути визначене за допомогою статистичних даних.

Як приклад розглянемо аналіз режиму роботи ПЛ 6-10 кВ з однофазним з.н.з. У цілому задача ліквідації такого режиму може бути вирішена у два часових етапи: спочатку фіксація факту пошкодження, а потім його усунення після пошуку місця замикання.

Прийmemo для розрахунків, що на телемеханізованій підстанції або за наявності чергового персоналу подія - виникнення однофазного з.н.з.- буде фіксува-

тися за часом до 10 секунд. На інших підстанціях час визначення факту наявності к.з. складе $t_0 = 720$ годин.

Важливим параметром є також частота однофазних замикань, що залежить від технічного стану ліній. Середнє число uszkodжень, що викликають відключення ПЛ напругою 6-35 кВ, складає близько 25 на 100 км лінії на рік [3]. З усіх uszkodжень 80% припадає на однофазні з.н.з., а це $n = 20$ на 100 км на рік.

Для розрахунку ймовірного економічного збитку після виникнення однофазного з.н.з. на ПЛ 6-35 кВ з боку юридичної особи, власника ліній, необхідно знати ще декілька параметрів. Це ймовірність ураження людини, що потрапила в небезпечну зону, існуючу певний час, ймовірність пред'явлення позову, наприклад в судовому порядку, і величина позову.

Так як попадання людини в небезпечну зону і ураження електричним струмом - подія малоімовірна, хоча і можлива, прийемо ймовірність такої події $P_C = 0,01$ при існуванні з.н.з. протягом $t = 1000$ годин. Вірогідність пред'явлення позову прийемо рівною $P_I = 0,5$ (наявність спадкоємців потерпілого, кваліфікованого адвоката і позитивного рішення суду). Величина позову при смертельному нещасному випадку дорівнює $C = 1000000$ грн.

Беручи до уваги, що за даними [3] в середньому від кожної підстанції 35/6-10 кВ відходить чотири лінії, кожна довжиною 25 км, річний збиток від роботи такої підстанції з лініями підвищеної безпеки можна визначити за такою залежністю:

$$Y = I \cdot n \cdot P_{1000} \cdot \frac{t}{1000} \cdot l_{\Sigma} \cdot P_{II}, \quad (1)$$

де I – величина позову при смертельному нещасному випадку, грн.;

n – число замикань на землю на рік на 100 км довжини ліній;

t – час від моменту появи однофазного з.н.з. до відключення пошкодженої лінії, год.;

l_{Σ} – сумарна довжина ліній 6-10 кВ, які відходять від підстанції 35/6-10 кВ, км;

P_{1000} – ймовірність появи нещасного випадку при наявності на ПЛ 6-10 кВ однофазного з.н.з. протягом 1000 годин на 100 км довжини;

P_{II} – ймовірність пред'явлення позову.

Розрахуємо вірогідний збиток від експлуатації підстанції 35/6-10 кВ без обслуговуючого персоналу і без телемеханіки. Прийемо, що загальна довжина ліній 6-10 кВ становить 100 км, і факт замикання на землю визначається оперативно виїзними бригадами. Підставимо відомі дані в вищенаведену залежність і отримаємо максимальні значення збитку:

$$Y = 10^6 \cdot 20 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{720}{1000} \cdot \frac{100}{100} \cdot 0,5 = 72000 \frac{\text{грн.}}{100 \text{ км} \cdot \text{год.}}$$

При автоматичному виявленні факту однофазного з.н.з. і відключенні лінії для ремонту через 4 години вірогідний збиток зменшується до величини

$$Y = 10^6 \cdot 20 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{4}{1000} \cdot \frac{100}{100} \cdot 0,5 = 400 \frac{\text{грн.}}{100 \text{ км} \cdot \text{год.}}$$

Зіставлення величини збитку та вартості автоматизованої системи моніторингу режиму показує, що остання при її установці досить ефективна і окупиться протягом року.

Висновок. Підвищити ефективність експлуатації ПЛ 6-10 кВ на сучасному етапі можливо за рахунок автоматизованого моніторингу аварійних ситуацій, що дозволить зменшити час пошуку пошкоджень, і, отже, збільшити надійність електропостачання споживачів.

Список використаних джерел

1. Правила улаштування електроустановок. 2-ге вид., перероб. і доп. – Х.: Вид-во "Форт", 2009. – 736 с.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей: Х.: Индустрия, 2007. – 288 с.
3. Прус В. Л. Повышение надежности сельских электрических сетей / В. Л. Прус, В. В. Тисленко. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 208 с.
4. Максимов Б. К. Оценка эффективности автоматического секционирования воздушных распределительных сетей с применением реклоузеров с целью повышения надежности электроснабжения потребителей / Б. К. Максимов, В. В. Воротницкий // Электротехника. – 2005. – №10.
5. Пат. № 64352 А України, МКИ 7 G01R31/08, Фіксатор короткого замикання. М. М. Черемісін, В. М. Зубко, В. О. Коробка, Г. А. Сідоров, А. А. Пироженко №2003054513; Заявлено 20.05.2003; Опубл. 16.02.2004, Бюл. №2.

Аннотация

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОНИТОРИНГА КРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Зубко В. М., Коробка В. А., Мирошник А. В., Черемисин Н. М., Черниговская О. В.

Показана эффективность мониторинга замыканий в сетях с изолированной нейтралью.

Abstract

THE EFFICIENCY OF SHORTCUT CIRCUIT'S MONITORING IN POWER NETWORKS WITH INSULATED NEUTRAL

V. Zubko, V. Korobka, O. Miroshnyk, M. Cheremisin, O. Chernigivska

The efficiency of shortcut circuit's monitoring in power networks with insulated neutral is described.