

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЛІНІЙ
6-35 КВ ЗА РАХУНОК МОНІТОРИНГУ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ****Пазій В. Г., Черемісін М. М., Мірошник О. О.***Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка**Показана ефективність автоматизованого моніторингу аварійних режимів у мережах з ізолюваною нейтраллю.*

Постановка проблеми. Повітряні лінії електропередавання (ПЛ), якими здійснюється електропостачання споживачів в процесі експлуатації підлягають старінню та впливу на них навколишнього середовища, що, як наслідок, призводить до виникнення аварійних ситуацій. Основними видами пошкоджень ПЛ є короткі замикання (к.з.). Згідно [1] при трифазних, двофазних к.з, а також при однофазних к.з. у мережах з глухо заземленою нейтраллю лінії повинні швидко відключатися. Лінії, що працюють з ізолюваною нейтраллю (6 – 35 кВ) при однофазних к.з. можуть працювати досить тривалий час аж до моменту виявлення місця пошкодження [2]. Однофазні к.з. в мережах з ізолюваною нейтраллю, на відміну від мереж з глухо заземленою нейтраллю не призводять до порушення режиму електропостачання споживачів, змінюється лише міра взаємодії ПЛ 6 – 35 кВ із навколишнім середовищем. Але при пробі ізоляції, наприклад, і протіканні ємнісного струму через опору, остання при вигорянні арматур у залізобетоні може обрушитися при невеликому фізичному навантаженні. При торканні до такої опори ймовірність ураження електричним струмом від напруги дотику досить висока. При падінні проводу обірваної фази ПЛ 6-35 кВ на землю в радіусі 8 м утворюється небезпечна зона, у якій людина або тварина можуть бути уражені напругою кроку або напругою дотику до проводу [3].

Виходячи з вищесказаного випливає, що існує проблема моніторингу аварійних режимів мережі, скорочення часу пошуку й усунення к.з. з метою зниження збитку від недовідпуску електроенергії, і можливого завдання збитків навколишньому середовищу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Міжфазні к.з. призводять до відключення ліній і виявляються шляхом контролю режиму або сигналізації з боку споживачів. Однофазні к.з. не виявляються в такий спосіб.

Згідно [1] захист від замикань на землю слід виконувати, як правило, з дією на сигнал. Для здійснення захисту допускається використовувати пристрій контролю ізоляції. При цьому відшукування пошкодженого елемента повинне здійснюватися спеціальними пристроями. Допускається відшукування пошкодженого елемента почерговим відключенням приєднань. Згідно [2], у мережах напругою 6 – 35 кВ із ізолюваною нейтраллю або з компенсацією ємнісного струму допускається робота ПЛ і КЛ електропередачі із замиканням на землю до ліквідації пошкодження. До пошуків місця пошкодження на ПЛ, яка проходить по населеній місцевості, де виникає можливість ураження напругою людей або тварин, персонал повинен

приступати негайно й ліквідувати пошкодження в найкоротший строк. Якщо на підстанції є черговий персонал або підстанція перебуває під телекеруванням, факт замикання на землю у ПЛ буде виявлено протягом декількох секунд після спрацьовування відповідної сигналізації. На підстанціях без чергового персоналу згідно [2], огляд розподільних пристроїв необхідно проводити не рідше одного разу на місяць. Із цього випливає, що теоретично замикання на землю у ПЛ 6-35 кВ може бути виявлене в інтервалі часу від нуля до $24 \times 30 = 720$ годин (24 – кількість годин у добі, 30 – число днів у місяці). У цьому випадку однофазне к.з. фіксується оперативно-виїзними бригадами під час чергового огляду. Враховуючи загальну кількість підстанцій, що експлуатуються без постійного чергового персоналу й телекерування та статистику однофазних к.з. можна зробити висновок про розмір збитку, що завдається даним видом пошкодження, оскільки ПЛ 6-35 кВ протягом роботи з однофазним к.з. переходять у стан, який характеризується підвищеною небезпечкою для навколишнього середовища. Виникає небезпека ураження електричним струмом людей або тварин, що випадково потрапили в зону ураження. При цьому експлуатація ПЛ повинна бути організована так, щоб під час порушення в схемі електропостачання споживачів передача електроенергії не переривалася або перерва повинна бути мінімальною у часі. Це завдання є економічним і залежить від того, наскільки витрати, використані для досягнення підвищення надійності роботи у випадку порушення нормального режиму, окупляться вигодою від зменшення збитків від цього порушення. При виникненні нещасного випадку завдання переходить в економіко-юридичне й повинне розглядатися по правових вимогах цивільного кодексу [4]. Згідно останнього юридична особа, діяльність якої пов'язана з підвищеною небезпечкою для оточення, зобов'язана компенсувати збиток, заподіяний джерелом підвищеної небезпеки, якщо такий виник не внаслідок непереборної сили або наміру потерпілого.

Мета статті. Обґрунтувати економічну ефективність використання автоматизованої системи моніторингу в мережах з ізолюваною нейтраллю.

Основні матеріали досліджень. Однією з першорядних проблем, яка постає перед експлуатаційним персоналом ПЛ, є оперативний пошук і локалізація місць їх пошкоджень. Розв'язком цього може служити впровадження пристроїв для визначення місць к.з. на лініях, що дозволяє значно підвищити надійність їх роботи за рахунок оперативності усунення пошкоджень. Це позначається на скороченні аварійного

недовідпуску електроенергії споживачам, дозволяє попередити в ряді випадків розвиток аварій і значно скоротити трудомісткість їх ліквідації.

В Україні поширені пристрої для визначення місць пошкодження ПЛ, які за принципом дії можуть бути розділені на три основні групи:

- фіксує пристрої для визначення відстані до місця пошкодження за параметрами аварійного режиму;
- пристрою для визначення пошкоджених після к.з. ділянок мережі, також за параметрами аварійного режиму;
- переносні пристрої для визначення місця замикання на землю в мережах з ізолюваною нейтраллю.

Завдання автоматичного визначення місця пошкодження ліній напругою 6-10 кВ набагато складніше, ніж у мереж більш високої напруги внаслідок їхньої розгалуженості. Про появу замикання на землю в мережі персонал підстанції дізнається по приладах контролю ізоляції. У високовольтних мережах з ізолюваною нейтраллю, контроль ізоляції легко реалізувати за допомогою трьох вольтметрів. Вольтметри підключаються до контактів основної вторинної обмотки трифазного триобмоткового трансформатора напруги (наприклад, типу НТМИ, можливо застосувати однофазні трансформатори напруги). При порушенні ізоляції кожної з фаз (замикання на землю) величина напруги на цій фазі знизиться, а величини напруги на двох інших неушкоджених фазах – зростуть. Більше того, при пробі ізоляції та металевому замиканні фази на землю, вольтметр на uszkodженій фазі покаже нуль, а величини напруги на інших фазах зростуть в 1,73 рази та вольтметри покажуть лінійні напруги. Також про критичне зниження ізоляції фази, оперативний персонал може довідатися і по роботі реле контролю ізоляції, яке підключають до виводів додаткової вторинної обмотки вимірювального трансформатора напруги, яка зібрана за схемою розімкнутого трикутника. При виникненні замикання на землю, на цій обмотці формується напруга нульової послідовності, реле контролю фаз спрацьовує та подає сигнал. Після виявлення uszkodженої лінії, якщо навантаження цієї лінії не може бути негайно зняте без шкоди для споживачів, uszkodжені лінії по можливості ізолюються від основного кола. Персонал повинен враховувати, що замикання на землю через якийсь час перейде в міжфазне, тому треба діяти швидко.

У [3] запропоновано систему моніторингу режиму мереж з використанням PLC каналу зв'язку, що являє собою подальший розвиток автоматизованої системи моніторингу розподільних електричних мереж (СМРЕМ) [4], що експлуатується у розподільних мережах 6-10 кВ АК Харківобленерго близько 15 років. Модулі СМРЕМ встановлюються на відгалуженнях, мають надійне живлення та оснащені GSM каналом зв'язку. Призначення СМРЕМ – зменшення обсягу аварійних недовідпусків електроенергії споживачам. Модулі СМРЕМ дозволяють вимірювати значну кількість параметрів мережі, зокрема значення струму в лінії, і мають в своєму складі акумулятор та сонячну батарею, що забезпечує безперебійність живлення та надійність зв'язку з ними. Дані модулі встановлені на відгалуженнях лінії.

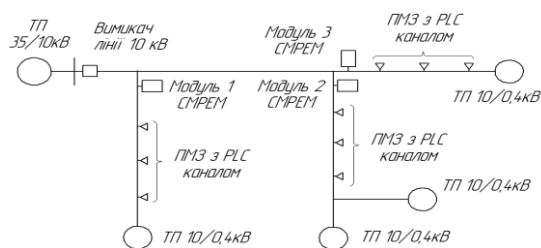


Рисунок 1 – Структурна схема мережі

В самій лінії через певні відстані встановлені покажчики місць пошкоджень, що вимірюють струм у фазах і передають інформацію через канал PLC до модулів СМРЕМ. Для розпізнавання образу замикання на землю система рис. 1 [4] доповнюється програмно-апаратним модулем для аналізу струмів та напруг з метою визначення виду та уточнення місця КЗ. Даний модуль збирає інформацію з усіх датчиків та інформацію про наявність напруги на обмотці "розімкнений трикутник" трансформатора напруги на підстанції. Всі дані заносяться в електронну базу, де здійснюється їх обробка та аналіз. Факт і місце замикання на землю визначається за співпаданням одночасно двох умов: 1) збільшення напруги лише в одній з фаз; 2) наявність напруги на обмотці "розімкнений трикутник". Дана система дозволяє прискорити пошук місця замикання в кожному конкретному випадку також ще й методом варіантних розрахунків, попередньо маючи схему електричної мережі й під'їзних доріг, звівши цей час до мінімуму.

Економічна ефективність автоматизованої системи моніторингу режимів роботи ліній повинна враховувати вартість системи з однієї сторони й зниження збитку за рахунок швидкої ліквідації к.з. з іншої сторони. При визначенні можливого збитку скористаємося наступними міркуваннями. Потік подій, які визначають порушення, має випадковий характер, а ймовірне число к.з. з тією або іншою мірою ймовірності може бути визначене за допомогою статистичних даних (рис. 2). Як приклад розглянемо аналіз режиму роботи ПЛ 6-10 кВ із однофазним к.з. У цілому завдання ліквідації такого режиму може бути вирішена у два часових етапи: спочатку фіксація факту пошкодження, а потім його усунення після пошуку місця к.з. Прийmemo для розрахунків, що на телемеханізованій підстанції або при наявності чергового персоналу подія – виникнення однофазного к.з. – буде фіксуватися із часом до 10 секунд. На інших підстанціях час визначення факту наявності к.з. складе $t_0 = 720$ годин.

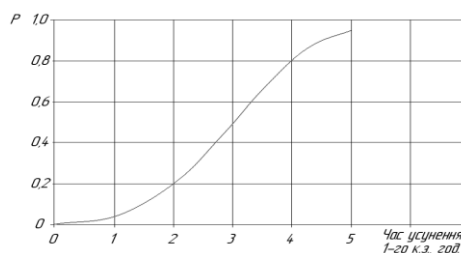


Рисунок 2 – Розподіл ймовірності часу ліквідації однофазного к.з. на ПЛ 6-10 кВ.

Важливим параметром є також частота однофазних замикань, що залежить від технічного стану ліній. Середня кількість пошкоджень, що викликає відключення ПЛ напругою 6-35 кВ, становить близько 25 на 100 км лінії в рік. Із усіх пошкоджень 80% припадає на однофазні к.з., а це $n = 20$ на 100 км у рік. Для розрахунків імовірного економічного збитку після виникнення однофазного к.з. на ПЛ 6-35 кВ із боку юридичної особи, власника ліній, необхідно знати ще кілька параметрів. Це ймовірність ураження людини, що потрапила в небезпечну зону, що існує певний час, ймовірність пред'явлення позову, наприклад у судовому порядку й величину позову. Оскільки потрапляння людини в небезпечну зону і її ураження електричним струмом подія малоімовірна, хоча й можлива, приймемо ймовірність такої події рівною $P_C = 0,01$ при існуванні к.з. протягом $t = 1000$ годин. Імовірність пред'явлення позову приймемо рівною $P_{\Pi} = 0,5$ (наявність спадкоємців потерпілого, кваліфікованого адвоката й позитивного рішення суду). Величина позову при смертельному нещасному випадку рівна $\Pi = 1000000$ грн. Беручи до уваги, що у середньому від кожної підстанції 35/6-10 кВ відходить 4 лінії, кожна довжиною 25 км, річний збиток від роботи такої підстанції з лініями підвищеної безпеки можна визначити за такою залежністю

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

де Π – величина позову при летальному нещасному випадку, грн.;

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

t – час від моменту появи однофазного к.з., до відключення ушкодженої лінії, год.;

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

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

P_{Π} – ймовірність пред'явлення позову.

Розрахуємо ймовірний збиток від експлуатації підстанції 35/6-10 кВ без обслуговуючого персоналу й без телемеханіки. Приймемо, що загальна довжина ліній, що відходять, 6-10 кВ становить 100 км, і факт замикання на землю визначається оперативно-виїзними бригадами. Підставимо відомі дані у вищенаведену залежність і одержимо максимальне значення збитку

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

При автоматичному виявленні факту однофазного к.з. і відключенні лінії для ремонту через 4 години ймовірний збиток зменшується до наступної величини

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

Співставлення величини збитку й вартості автоматизованої системи моніторингу режиму показує, що остання, при її впровадженні досить ефективна й окупиться протягом року.

Висновки. Підвищити ефективність експлуатації ПЛ 6-10 кВ можливо за рахунок автоматизованого моніторингу аварійних ситуацій, що дозволяють зменшити час пошуку пошкоджень, а, отже, підвищити надійність електропостачання споживачів.

Список використаних джерел

1. Правила улаштування електроустановок – Х.: "Форт", 2017. – 760 с.
2. Цивільний кодекс: закон України від 16 січня 2003 р. – К., Атіка, 2003, 416 с.
3. Пазій В. Г. Обґрунтування вибору оптимальної кількості та місць встановлення покажчиків місць коротких замикань в ПЛ 10 кВ на базі PLC технологій / Пазій В. Г., Сиротенко М. О., Мірошник О. О. // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України" – Харків: ХНТУСГ, 2016. – Вип. 175. – С. 27–29.
4. Мірошник О. О. Моніторинг навколишнього середовища на основі системи відомчих автоматизованих метеопостів в енергетиці України / О. О. Мірошник, М. М. Черемісін // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України" – Харків: ХНТУСГ, 2005. – Вип. 37, Т. I. – С. 3–7.

Анотація

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЛИНИЙ 6-35 кВ ЗА СЧЕТ МОНИТОРИНГА АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Пазій В. Г., Черемісін Н. М., Мірошник А. А.

Показана ефективність автоматизованого моніторингу аварійних режимів в сетях с изолированной нейтралью.

Abstract

EFFICIENCY IMPROVEMENT OPERATION OF ELECTRICAL LINES 6-35 kV FOR MONITORING ACCOUNT EMERGENCY SITUATIONS

V. Pazii, M. Cheremisin, O. Miroshnyk

The efficiency of automated monitoring of emergency modes in networks with insulated neutral is shown.