ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УДК 621.311.1.027

Луцяк Віталій Васильович

ДІАГНОСТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОШУКУ ПОШКОДЖЕНЬ В ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЯХ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАПРУГОЮ 6-35 КВ

Спеціальність: 05.14.02 – Електричні станції, мережі і системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця – 2009

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі електричних станцій і систем Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Кутін Василь Михайлович,
Вінницький національний технічний університет, професор кафедри електричних станцій та систем

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Заболотний Іван Петрович,
Донецький національний технічний університет Міністерства освіти і науки України , завідувач кафедрою електричних систем.

кандидат технічних наук
Кошман Всеволод Іванович,
Інститут електродинаміки НАН України (м. Київ), провідний науковий співробітник відділу оптимізації систем електропостачання

Захист відбудеться «15» травня 2009 р. о 9^{30} годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 05.052.05 Вінницького національного технічного університету за адресою: м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95, ГУК 210.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вінницького національного технічного університету за адресою: 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95.

Автореферат розісланий "14" квітня 2009 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради _____ В.Ц.Зелінський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Розподільні мережі (РМ) є складним об'єктом діагностування: вони розподілені в просторі, мають високу ціну відмов, автономні, підлягають впливу великої кількості різних факторів. В процесі експлуатації РМ виникають пошкодження. Їх питома кількість є достатньо стійкою характеристикою, наприклад, в повітряних лініях (ПЛ) 6-10 кВ ВАТ "АК Вінницяобленерго" в середньому за 2004/2005 рр. кількість пошкоджень складає 0,17 на 1 км довжини розподільних мереж в рік. В загальному випадку визначення місця пошкодження (ВМП) в повітряних лініях електропередач (ПЛ) напругою 6-35 кВ – це досить складна технологічна операція, що стала буденною оперативною задачею диспетчерських служб електричних мереж і систем

Складність ВМП в РМ зумовлена такими факторами: конструктивна неоднорідність – окремі ділянки виконані провідниками різної марки та перетину; розподілені в просторі; мають деревоподібну топологію; в РМ використовують різні режими роботи нейтралі (ізольована, компенсована); інформаційна невизначеність (точність отриманих значень параметрів та контрольованих величин, достовірність звітності енергопідприємств про функціонування засобів автоматики, способи передачі даних по лініях зв’язку, види інформації).

Існуючі методи пошуку в значній мірі не враховують ці особливості розподільних мереж. Наприклад, дистанційні методи не враховують неоднорідність структури РМ; метод послідовного ділення мережі – інформаційну невизначеність, не чутливий до к. з. в кінці мережі і однофазного замикання на землю (ОЗЗ) через перехідний опір, що більший 100 Ом.

Вплив перелічених факторів значно ускладнює процедуру пошуку місць пошкоджень, що збільшує час на проведення операцій та витрати на ВМП. Тому існує задача створення методів і засобів, які дозволять врахувати неоднорідність та складну топологію розподільних мереж для підвищення рівня автоматизації та точності ВМП. Рішення цієї задачі лежить на шляху сумісного використання статичних та динамічних характеристик об’єкта на основі методу послідовного аналізу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами.

Основний зміст роботи складають результати досліджень, які проводились відповідно до наукового напряму кафедри "Електричні станції і системи" Вінницького національного технічного університету. Дисертаційна робота виконувалась відповідно до "Програми наукових досліджень і розробок Міністерства освіти і науки України з пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки" у рамках науково-дослідної роботи за напрямком «технічна діагностика електрообладнання».

Мета і завдання досліджень. *Метою дисертаційної роботи є* підвищення рівня надійності, безпеки і ефективності використання систем електропостачання з повітряними лініями електропередач напругою 6-35 кВ шляхом автоматизації процесу пошуку і зменшення похибки визначення місця пошкодження.

Поставлена мета потребує вирішення таких науково-технічних задач:

- дослідження статичних та динамічних характеристик аварійних режимів в розподільних мережах та аналіз існуючих методів і пристроїв ВМП;
- теоретичне обґрунтування методу та розробка алгоритму процесу ВМП в РМ із врахуванням їх неоднорідності;
- вдосконалення методу дистанційного ВМП в повітряних розподільних мережах з конструктивною, структурною та режимною неоднорідністю;
- вдосконалення методу послідовного ділення мережі в РМ з урахуванням інформаційної невизначеності;
- розробка принципової схеми вимірювальної системи для дистанційних методів ВМП, виготовлення макетів, їх лабораторні випробування. Оцінка ефективності їх застосування;

– створення програмного забезпечення для оптимізації процесу пошуку пошкоджень методом послідовного ділення мережі.

Об'єкт дослідження – розподільні мережі напругою 6-35 кВ з повітряними лініями електропередачі.

Предмет дослідження – методи визначення місця пошкодження в розподільних мережах з неоднорідною структурою, несиметричними аварійними режимами роботи, розподіленим вздовж магістральної лінії навантаженням.

Методи дослідження. Використані теоретичні і експериментальні методи, зокрема, методи аналізу нормальних і аварійних режимів роботи систем електропостачання (СЕП) напругою 6-35 кВ з резервуванням та відновленням для оцінки відповідності досягнутих показників надійності, безпеки і ефективності використання СЕП показникам заданим в технічних вимогах; теорія дистанційних, топографічних методів та структурний аналіз СЕП для побудови алгоритму програми пошуку місць пошкоджень, методи динамічного програмування для оптимізації процесу пошуку, вибір засобів пошуку пошкоджень здійснювався на основі теорії організації систем, класичної теорії похибок.

В основу вирішення наукової задачі покладені праці та результати досліджень:

– по структурно-інформаційній теорії надійності Зоріна В.В., Пруса В.В., Тесленка В.В.;

– по структурах і схемах підвищення якості електропостачання – Афанасьєва М.А., Жежеленка І.В., Заболотного І.П., Кузнєцова В.Г., Шидловського А.К.;

– по діагностичному забезпеченню процесу пошуку пошкоджень в системах електропостачання Айзенфельда А.И., Кутіна В.М., Кузнєцова А.П., Пархоменко П.П., Кошмана В. І., Стогнія Б.С., Фокіна Б.І., Шалита Г.М.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше запропоновано дистанційний метод визначення відстані до місця пошкодження, в якому враховується розподіл навантаження вздовж магістралі лінії, неоднорідність структури розподільної мережі, що забезпечує підвищення рівня автоматизації та точності визначення місця пошкодження при міжфазних к. з.

2. Дістав подальшого розвитку метод визначення відстані до місця виникнення однофазного замикання з врахуванням неоднорідності РМ на основі створення штучного короткочасного, на період вимірювання, подвійного замикання на землю в різних точках мережі та послідовного аналізу нормального і аварійного режимів роботи. В запропонованому методі враховується розподіл навантаження вздовж магістралі лінії, неоднорідність та складність структури розподільної мережі, що забезпечує підвищення рівня автоматизації та точності визначення місця пошкодження при однофазному замиканні на землю.

3. Удосконалено метод послідовного ділення мережі при ВМП в системах електропостачання з повітряними розподільними мережами, який забезпечує попередній розрахунок оптимальної послідовності перевірок на основі використання статичних характеристик, дуального критерію мінімізації недовідпуску електроенергії і часу пошуку, що зменшує об'єм обчислень.

Практична цінність результатів роботи полягає в тому, що проведені в роботі дослідження дозволили отримати нове вирішення актуальної задачі визначення місця пошкодження в повітряних лініях електропередачі напругою 6-35 кВ і виявляється у подальшому розвитку методів пошуку пошкоджень в системах електропостачання з повітряними лініями електропередачі за умови конструктивної та структурної неоднорідності, інформаційної невизначеності та в різних режимах роботи, розробці нових методів пошуку, що підвищують рівень автоматизації і точність визначення місць пошкодження. Розроблені методи, алгоритми та програми можна використовувати для

швидкого та точного визначення місця пошкодження в системах електропостачання на основі автоматизованих систем керування процесом пошуку.

На основі наукових результатів створено:

– дистанційний метод визначення місця міжфазного к. з. в повітряних мережах напругою 6-35 кВ. який дозволяє визначити місце пошкодження з точністю до 5%;

– дистанційний метод визначення ОЗЗ, що є більш чутливим порівняно з існуючими, при якому визначається місце замикання через значний перехідний опір;

– програма пошуку пошкодженої ділянки на основі методу послідовного ділення мережі, що забезпечує формування умовного алгоритму пошуку пошкодженої ділянки при різних видах пошкодження та засобах контролю і оптимізованого за вибраними критеріями;

– діагностична система пошуку місць несправностей чи відмов на основі використання засобів електронної та мікропроцесорної техніки. Система дистанційного визначення відстані до місця міжфазного к. з. та ОЗЗ при вибраній елементній базі забезпечує похибку не нижче ніж 5% від загальної довжини повітряної лінії при моделюванні ліній із магістраллю довжиною до 20 км.

Особистий внесок здобувача. В роботах опублікованих в співавторстві, особистий внесок здобувача полягає в наступному: обґрунтовано, що процедуру діагностування потрібно будувати на основі методу послідовного аналізу [1]; побудовано діагностичну модель для визначення можливих станів ізоляції [2]; обґрунтовано принцип комбінованого діагностування [3]; запропонована комбінована система визначення місця пошкодження [4, 6-9]; показано, що оцінка впливу кожного параметру, що характеризує певний стан об'єкту, зводиться до пошуку його участі у визначенні загальної границі розділу класів, якими представлені стани даного об'єкту [5]; показано, що побудова програми діагностування складних систем повинна передбачати використання структурних методів аналізу [10]; експериментально доведено, що в повітряних мережах напругою 6-35 кВ через час 0,005 с струм замикання можна представляти його примусовою складовою, а для аналізу аварійного режиму використовувати діюче значення струму [11]; запропонована комбінована система визначення місця пошкодження в розподільних мережах напругою 6-35 кВ, що ґрунтується на сумісному використанні статичних та динамічних характеристик об'єкта [12].

Апробація результатів наукових досліджень.

Основні результати роботи доповідались на: міжнародних конференціях "Наука і освіта 2005", м. Дніпропетровськ, 2005; "Автоматика 2006", м. Вінниця, 2006; "Підвищення ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах", м. Луцьк, 2006; науково-технічному семінарі "Проблеми і перспективи енергозбереження комунального господарства і промислових підприємств", м. Луцьк, 2007; "Проблеми сучасної електротехніки – 2008", м. Київ, 2008.

Публікації по результатам роботи: опубліковано 12 робіт, з них 7 наукових робіт в провідних фахових виданнях, 4 статті у збірниках матеріалів міжнародних конференцій та 1 тези доповіді.

Структура й обсяг роботи. Дисертаційна робота містить вступ, чотири розділи, висновки, список літератури та 9 додатків. Робота містить 114 сторінок основного друкованого тексту, 22 рисунка, 5 таблиць, список літератури зі 105 найменувань та додатки на 19 сторінках. Загальний обсяг дисертації – 151 сторінка.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертації, відзначено зв'язок роботи з науковими програмами, темами. Обґрунтовано мету та задачі дослідження. Сформульовано наукову новизну та положення, що виносяться на захист. Розглянуто практичне значення та впровадження отриманих результатів, апробацію роботи і публікації.

В першому розділі проаналізовано особливості конструктивного виконання і режими роботи РМ. Проведена обробка статистичних даних пошкоджуваності РМ в процесі їх експлуатації. Обґрунтовано мету та задачі дослідження. Проаналізовано існуючі методи ВМП порівняння характеристик яких наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика методів ВМП

Метод визначення місця пошкодження	Переваги	Недоліки
Дистанційні методи	• швидкість пошуку пошкодження; • можливість автоматизації процесу пошуку.	• не враховується зміна струму вздовж пошкодженої лінії, що виникає внаслідок розподілення навантаження по її довжині; • в більшості існуючих методів не враховується неоднорідність пошкодженої лінії; • не можливо розрізнити пошкодження на магістралі від пошкодження на відгалуженні; • складна апаратурна реалізація; • низька точність.
Топографічні методи	• забезпечує відносно високу точність ВМП.	• потребують послідовного обходу мережі, що пов'язано із значною витратою часу; • нечутливі до міжфазних к. з. на кінці лінії; • не ефективні при пошуку ОЗЗ на ранній стадії його розвитку.
Метод послідовного ділення мережі	• забезпечують високу точність визначення пошкодженої ділянки.	• дозволяють визначити лише пошкоджену ділянку мережі, яку можна виділити комутаційними апаратами; • вимагають великого обсягу попередніх обчислень для визначення оптимальної послідовності перевірок.

Для даних мереж розв'язком поставленої проблеми може стати створення комбінованого методу, що полягає у використанні для ПЛ не менше двох методів ВМП. Кожне пошкодження необхідно визначати спочатку дистанційно (знайти зону), а потім топографічно (знайти місце). Виключення складають лише дуже короткі лінії.

Аналіз дистанційних методів ВМП до місця міжфазного к. з. показав, що вони не розрізняють пошкодження на магістралі та відгалуженні, тобто визначають відстань по радіусу і з великою похибкою (виділяється певна зона), оскільки не враховується розподіл навантаження вздовж лінії, неоднорідність та розгалужена структура лінії. Враховуючи особливості РМ напругою 6-35 кВ встановлено, що найбільш прийнятними дистанційними методами ВМП можна вважати методи, які ґрунтуються на вимірюванні і фіксації параметрів аварійного та доаварійного режимів зі сторони живлення. Їх використання повинно спиратись на врахування конструктивної неоднорідності повітряних ліній та визначення розподілу навантаження вздовж магістралі.

При використанні топографічних методів покажчики пошкоджених ділянок забезпечують необхідну надійність функціонування лише при к. з. на початку лінії. Для обробки результатів вимірювання параметрів використовують графічні методи, які ґрунтуються на побудові еквіструмових ліній для струмів зворотної послідовності аварійного режиму. Такий розрахунок дає можливість врахувати неоднорідність структури та конструктивну неоднорідність ПЛ, а зона обходу визначається шляхом порівняння виміряних та розрахованих параметрів.

Найбільш надійні та точні результати ВМП можна отримати при використанні методу послідовного ділення мережі за допомогою роз'єднувачів. Їх реалізація потребує значних затрат часу та пов'язана із недовідпусткою електроенергії. Так як процедура пошуку є багатокроковою, то існує можливість її оптимізації за вибраними критеріями. Такими критеріями є час відключення живлення та недовідпуск електроенергії споживачам. Крім

того створення алгоритмів і програм розрахунку значно скоротить витрати на проведення операцій з ВМП.

Для пошуку ОЗЗ розповсюдження отримав метод, що ґрунтується на послідовному обході лінії та вимірюванні рівня сигналу напруженості магнітного поля, що створені струмами нульової послідовності високої частоти. Недоліком є значний час пошуку, та низька чутливість до перехідного опору в місці пошкодження ($R_{пер} \le 100 \div 200$ Ом). Це не дозволяє використовувати даний метод при пошуку пошкоджень на ранній стадії їх виникнення.

В другому розділі проведено аналіз динамічних характеристик об'єкта та встановлено, що точність дистанційного методу суттєво залежить від точності вхідної інформації. Для зменшення складової похибки у визначенні індуктивних погонних опорів запропоновано більш точні методи, що ґрунтуються на аналізі електромагнітного поля ПЛ та розв'язку рівнянь Максвелла для сталеалюмінієвих проводів. Для встановлення дійсного розподілу струму к. з. визначено розподіл струму навантаження окремих споживчих ТП. Для вирішення цієї задачі використано стохастичні методи моделювання навантажень ТП 6-10/0,4 кВ. Для визначення ємності лінії відносно землі, яка обумовлює значення струму несиметричних видів пошкодження, було використано метод середніх потенціалів при розрахунку ємності ПЛ 6-35 кВ.

З точки зору ВМП, при прогнозуванні рівня навантаження, задачу визначення розподілу струму навантаження вздовж лінії доцільно розділити на дві частини: визначення режиму роботи окремої ТП 10/0,4 кВ; прогноз значення потужності або струму, що протікає до окремої ТП 10/0,4 кВ.

Перша частина задачі, в умовах відсутності розподіленої у просторі вимірювальної системи, може бути вирішена методом експертної оцінки.

Через те, що графіки навантажень споживачів являють собою реалізації випадкових процесів, найбільш доцільними у вирішенні другої частини задачі є стохастичні методи прогнозування навантаження.

Для групових графіків навантаження справедливим є співвідношення

$$I(t) = \sum_{j=1}^{n} i_j(t), \qquad (1)$$

де $I(t)$ – функція, що відображає процес зміни у часі струму навантаження і по суті є графіком навантаження групи електроприймачів (ЕП); $i_j(t)$ – графік навантаження окремого ЕП; n – кількість окремих ЕП, що входять до складу групового ЕП.

Струм навантаження групових ЕП визначається коефіцієнтом варіації $V = F(D;m)$, який є функцією дисперсії D та математичного очікування m даного струму навантаження.

Необхідна тривалість реалізації випадкового процесу T в залежності від заданої похибки ε_{i_j} визначення розрахункового навантаження і для $\varepsilon_{i_j} = 0,05$ визначається за виразом

$$T = \frac{V^2}{\alpha}\left(14,1 + \frac{180V^2}{1+18V^2}\right)^2, \qquad (2)$$

де α – коефіцієнт затухання кореляційної функції.

При відомих значеннях навантажень усіх ТП лінії, отримують розподіл струму навантаження для кожного моменту часу t із заданою точністю.

Абсолютна похибка визначення індуктивних погонних опорів, якими, як правило, приймають середні значення, наближається до 20%. З метою зменшення даної похибки та підвищення точності методів ВМП, для визначення реактивного опору лінії провід-земля (ПЗ) запропоновано вираз, що враховує структуру лінії електропередачі при з'єднанні її в розімкнуте коло, а також розподіл струму по перетину провідника:

$$x = x' + x'' \quad (Ом/км), \tag{3}$$

де x' – індуктивний опір лінії ПЗ в припущенні ідеальної провідності землі; x'' – додатковий індуктивний опір, що вноситься в лінію ПЗ неідеально провідною землею.

Знайдені параметри за виразом (3) відрізняються від результатів експериментів лише на 4%, а від результатів, що наведені в науковій літературі – на 21 %. Розрахунок електромагнітного поля можна виконувати в прикладних програмах на персональному комп'ютері (наприклад FEMLAB). При похибці в 4% в розрахункових параметрах похибка в розрахунку відстані до місця пошкодження дистанційним методом складає 3-4%.

Математична модель розрахунку ємності, що отримано на основі методу середніх потенціалів, є наближеною. Межі її використання залежать від співвідношення геометричних розмірів провідника та форми його вісі. Для ПЛ 10 кВ вісі провідників з достатньою точністю можна вважати прямолінійними. Діаметр фазного провідника є нескінченно малим в порівнянні з його розрахунковою довжиною. Таким чином, за даних умов розрахункові формули можна вважати такими, що задовольняють вимоги до точності визначення параметрів.

При використанні методу середніх потенціалів для визначення величини потенціалу закон фіктивного розподілу заряду порівняно мало впливає на точність визначення ємності, а алгоритм розрахунку є достатньо простим. Для прийнятих обмежень сумарна похибка при розрахунку ємності лінії в середньому складає 6%.

В мережах класу напруги 110 кВ і вище, аперіодична складова струму аварійного режиму в перехідному процесі може викликати значні динамічні похибки у вимірювальних системах. В роботі проведено дослідження впливу аперіодичної складової струму к.з. на результати вимірювання в РМ 6-35 кВ, які показали, що в середньому час її затухання не перевищує 0,005 с для коротких замикань в кінці лінії та менший за 0,0001 с на її початку.

Таким чином, в РМ 6-35 кВ аперіодична складова не має значного амплітудного значення і значної тривалості. В таких умовах насиченням магнітопроводів вимірювальних ТА в РМ даного класу можна знехтувати, а струм короткого замикання через час 0,005 с від моменту його виникнення можна враховувати у вигляді примусової складової.

Запропоновано дистанційний метод визначення відстані до місця к. з. та місця ОЗЗ, який враховує конструктивну та структурну неоднорідність РМ 6-35 кВ. Метод визначення відстані до місця к. з. ґрунтується на вимірюванні реактивної складової напруги петлі к. з., струмів аварійного та передаварійного режимів, визначенні реактивної складової опору і порівнянні значень реактивної складової повного опору до місця пошкодження отриманого на основі зафіксованих даних та розрахунку.

Дистанційний метод визначення відстані до місця ОЗЗ ґрунтується на створенні штучного короткочасного, на період вимірювання, подвійного замикання на землю, вимірюванні реактивної складової напруги петлі, що утворюється точкою пошкодження та місцем штучного замикання на землю, струмів аварійного та передаварійного режимів і порівнянні значень реактивної складової повного опору до місця пошкодження отриманого на основі зафіксованих даних в процесі експлуатації та розрахунку. Неоднорідність враховується при визначенні розрахункових параметрів.

Для визначення місця пошкодження пропонується такий алгоритм:

1. Проводиться попередній більш точний розрахунок параметрів ЛЕП з урахуванням їх конструктивної неоднорідності та розрахунок навантажень ТП 6-10/0,4 кВ ΔI_i;

2. Визначається індуктивний опір до місця пошкодження за результатами фіксації параметрів нормального та аварійного режимів рис. 1а:

$$x^B = \frac{\mathrm{U_p}}{\mathrm{I_a}} - \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta I^*_i \cdot x_{ki}}{\mathrm{I_a}}, \tag{4}$$

де і – номер ділянки; x_{ki} – опір від місця к.з. до початку і-ої ділянки; I_a – струм аварійного режиму виміряний на початку лінії; ΔI^*_i – струм навантаження і-ої ділянки, що розраховується з урахуванням виміряного струму навантаження в перед аварійному режимі $I_н$, та на основі прогнозу; $I^P_н = \sum_{i=1}^{n} \Delta I_i$ – розраховане значення струму навантаження, що являє собою суму навантажень окремих ТП 6-10/0,4 кВ ΔI_i; $\frac{I^B_н}{I^P_н} = f$ – коефіцієнт корегування розподілу навантаження вздовж магістральної лінії з урахуванням виміряного значення струму к.з. на початку лінії $I^B_н$, тоді $\Delta I^*_i = f \cdot \Delta I_i$.

Рис. 1. Розрахункова схема мережі: а) схема мережі; б) залежність $x^Д = F(l)$

3. Дійсне значення опору до місця пошкодження визначається за співвідношенням

$$x^Д = x^B + \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta I^*_i \cdot x_{ki}}{I_a} = x_{n1} \cdot l_1 + x_{n2} \cdot l_2 + ... + x_{ni} \cdot l_i + x_{nk} \cdot l_k . \quad (5)$$

із врахуванням виміряного значення та розрахункового у відповідності до рис. 1а.

4. Остаточно відстань до місця к.з. визначають виходячи із попередньо розрахованої залежності $x^Д = F(l)$ (рис. 1б), яка враховує конструктивну неоднорідність.

Дане співвідношення справедливе для будь-яких видів к. з., оскільки омметр приєднується на різницю фазних струмів, а за допомогою фазочутливого перетворення отримують реактивну складову напруги петлі к. з. Це забезпечує однакові умови вимірювання параметрів для любих видів міжфазних коротких замикань. Аналогічно визначається відстань до к. з. на відгалуженні (точка к2).

Методичну похибку розрахунку відстані від шин підстанції до місця пошкодження дистанційним методом ВМП можна визначити як відносну середньоквадратичну з виразу (5)

$$\zeta \cdot l_П = \sqrt{\left(\frac{\partial x^Д}{\partial x^B} \cdot \frac{dx^B}{x}\right)^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial \Delta I^*} \cdot \frac{d\Delta I^*}{x}\right)^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial x_{ki}} \cdot \frac{dx_{ki}}{x}\right)^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial I_a} \cdot \frac{dI_a}{x}\right)^2} = \sqrt{\zeta^2_{x^B} + \zeta^2_{\Delta I^*} + \zeta^2_{x_{ki}} + \zeta^2_{I_a}} , \quad (6)$$

де ζ_{x^B} – гранична відносна похибка визначення розрахункового опору від шин підстанції до місця к.з.; $\zeta_{\Delta I^*}$ – гранична відносна похибка визначення струму окремих ТП 6-10/0,4 кВ; $\zeta_{x_{ki}}$ – гранична відносна похибка визначення опору від місця к.з. до початку і-ої ділянки; ζ_{I_a} – гранична відносна похибка визначення струму аварійного режиму.

В третьому розділі проведено аналіз статичних характеристик об'єкта, вдосконалено математичні моделі та розроблена універсальна програма, що оптимізує за вибраними критеріями процес пошуку при різних видах пошкодження та методах пошуку. Кінцевим результатом процесу пошуку є умовний алгоритм послідовності перевірок, що попередньо розраховують на ЕОМ для кожної лінії, що відходить від шин підстанції.

При визначенні оптимальної послідовності перевірок за методом послідовного ділення мережі (МПДМ) при ВМП прийнято наступні обмеження: мережа не замкнена в кільце; основним джерелом живлення вважають підстанцію з якої виконують ВМП; схема обладнана пристроями секціонування та має можливість резервування; недовідпустка електроенергії для кожної окремої перевірки дорівнює визначеній величині і не залежить від

послідовності виконання перевірок; режим є усталеним; локалізація місця пошкодження здійснюється шляхом взаємодії диспетчера підстанції та оперативного персоналу ОВБ; в процесі пошуку пошкоджень система не переходить із одного стану в інший; задана множина станів ділянки мережі яку можна виділити комутаційними апаратами та відповідна множина перевірок $\{\pi_i\}$; перевірка полягає в переключенні роз'єднувачів або вимикачів навантаження і повторному вмиканні вимикача на підстанції або контролі рівня параметрів ізоляції при ВМП для ОЗЗ; величини швидкості переміщення ОВБ по трасі лінії, витрат часу на комутаційні операції та радіозв'язок визначаються як середні і дорівнюють відповідно $V_{ОВБ}, t_{оп}, t_з$.

Як критерій оптимізації використовується мінімум недовідпуску електроенергії за час процесу пошуку місця пошкодження

$$W = \sum_{j=1}^{n} W_j = \sum_{j=1}^{n} tP_{omj} \to \min, \tag{7}$$

та мінімум витрат часу

$$t = \sum_{j=1}^{n} t_j \to \min, \tag{8}$$

де t_j, W_j – відповідно тривалість відключення лінії та недовідпуск електроенергії на j-ому кроці пошуку пошкодження; P_{omj} – значення навантаження, що відключається на і-му кроці; n – кількість ділянок РМ.

В процесі ВМП на першому кроці пошкоджений фідер та його ділянки відображають функціональною моделлю. В цій моделі кожна ділянка мережі позначається прямокутником $a_i - km$ (i – порядковий номер функціонального елемента; k, m – відповідно номери вузлів початку і кінця ділянки, що визначають положення функціонального елемента в моделі) із входами, що відповідають наявним включеним та резервним джерелам живлення, та одним виходом Y_k, який відображає зв'язок ділянки мережі зі споживачем або з іншою ділянкою. На основі функціональної моделі будується безумовний алгоритм визначення місця пошкодження.

Наступним кроком є побудова таблиці покриття, що відображає можливі стани ділянок мережі та необхідні перевірки для їх визначення, тобто таблиця покриття відображає умови побудови алгоритму ВМП. Дана таблиця будується для пар елементів множини $U(a_{ij})$, причому пари вибираються таким чином, щоб порівняти усі можливі варіанти їх перетину

Процес ВМП являє собою багатокрокову процедуру, тому її можна відобразити орієнтованим графом, що в нашому випадку буде представляти собою дихотомічне дерево рішень (оскільки порівнюються два стани і, тому не висячі вершини дерева мають не більше двох дуг, що виходять з них).

Усі вершини дерева представляють кроки процедури ВМП, а дуги – можливі варіанти частинного рішення. Сукупність зв'язаних дуг представляє собою повну процедуру ВМП (рис. 2).

Рис. 2. Загальний вигляд дихотомічного дерева рішень

Для визначення оптимального повного рішення необхідно обчислити та порівняти складність не побудованої частини дерева рішення $\lim(W)$ та побудованої $Lim(W)$. Складність рішення (або його вартість) являє собою добуток часу витраченого на проведення операцій визначеної перевірки на потужність, що не передалась споживачам за цей час.

На останньому етапі формується умовна послідовність операцій на основі безумовного алгоритму проведення перевірок та аналізу схеми і врахуванні можливості

підключення резервного джерела живлення при від'єднанні частини схеми в процесі ВМП від основної живлячої підстанції.

Для автоматизації і попереднього розрахунку умовного алгоритму пошуку пошкоджень, оптимізованого за вибраним критерієм, ($\Delta W \to \min,\quad t \to \min$) розроблена програма в середовищі Delphi.

В четвертому розділі запропонована інформаційно вимірювальна система пошуку місця пошкодження в РМ 6-35 кВ, розроблена методика розрахунку економічної ефективності при використанні універсальної програми пошуку, наведені результати лабораторних випробувань системи та приладу вимірювання відстані до місця пошкодження.

В запропонованому пристрої змінена традиційна структура за рахунок розділу пристрою на два функціонально незалежних пристрої. Основний блок забезпечує вимірювання та фіксацію параметрів, що необхідні для розрахунку відстані до місця пошкодження та встановлюється в комірках комплектного розподільного пристрою. Додатковий блок (обчислювально-індикаційний) являє собою ЕОМ на базі ноутбука із аналого-цифровим перетворювачем є мобільним та використовується для зчитування даних з вимірювального блоку через USB. Така структура спрощує конструкцію пристрою та надає йому властивість універсальності, оскільки він може бути встановлений на вводі підстанції або на кожному окремому приєднанні.

Основний блок (рис. 3а) має два вимірювальних канали: струму і напруги. До складу каналу струму входять давачі струму ТА, облаштовані в фазах А і С, вхідні пристрої $ВП_A$, $ВП_C$, активні фільтри АФ, вибирач пошкоджених фаз ВПФ, що формує керуючий сигнал на комутатор струму КІ і напруги КU в залежності від виду міжфазного к. з. Комутатор струму вибирає і формує одну із трьох можливих різниць струмів. Струм фази В визначається шляхом додавання струмів у фазах А і С. Комутатор напруги із трьох поданих на вхід фазних напруг під керуванням ВПФ вибирає та формує на двох виходах напругу між пошкодженими фазами. Вихідний сигнал КІ потрапляє на вхід пристрою вибирання і зберігання ПВЗ аналогових сигналів, при цьому ПВЗ1 вимірює і запам’ятовує значення струму доаварійного режиму, а ПВЗ2 – аварійного. Керуючі сигнали для роботи ПВЗ1, ПВЗ2 в режимі вибирання надходять від формувача стробуючих імпульсів ФСІ. Виміряна в різні моменти часу різниця фазних струмів використовується як керуючий сигнал для ФСІ і блока реактивної складової напруги БРН. Пристрій керування ПК синхронізує роботу окремих блоків струму і напруги і переводить фіксуючий омметр в той, або інший режим роботи. Це відбувається під впливом керуючих сигналів, від органу фіксації ОФ і блок-контактів вимикача приєднання. Крім виділення реактивної складової цей пристрій здійснює тривале зберігання результату вимірювання, блок БІ здійснює тривале зберігання величин струму навантаження мережі $I_н$ і струму аварійного режиму I_a.

Для підвищення автоматизації процесу ВМП на основі сумісного використання дистанційного методу та методу послідовного ділення мережі (динамічних і статичних характеристик об'єкта) створена інтегрована вимірювально-інформаційна система керування процесом ВМП (рис. 3б). На рисунку 3б: 1 – пристрій для зчитування струму аварійного режиму; 2 – пристрій для зчитування струму нормального режиму; 3 – пристрій для зчитування напруги аварійного режиму; 4 – аналого-цифровий перетворювач; 5 – переносний ноутбук для визначення відстані до місця пошкодження.

Рис. 3. Система визначення відстані до місця пошкодження: а) функціональна схема основного блоку фіксуючого омметра; б) структурна схема вимірювально-обчислювальної системи

Результати лабораторних досліджень показали, що при вибраній елементній базі та методах перетворення і керування сигналами, можливо досягти похибки до 5% при моделюванні лінії, довжина якої не перевищує 20 км. При використанні дистанційного

методу визначається зона виникнення пошкодження, в разі відмови або значної похибки автоматичного ВМП передбачено дублювання процесу пошуку шляхом використання оптимізованого умовного алгоритму пошуку попередньо розрахованого на ЕОМ і переданого диспетчеру.

Обладнання шин підстанції 10-35 кВ дистанційним вимірювачем і використання програми розрахунку відстані до місця пошкодження призводить до зменшення часу пошуку пошкодженої ділянки на лінії

$$\Delta t_{Пк} = t_{Пк} - t_{Пк}^{дв} = \mathrm{C_E} \cdot L \cdot \Delta E_n^{дв}, \quad (9)$$

де $t_{Пк}$ – час пошуку пошкодженої ділянки при послідовному обході мережі; $t_{Пк}^{дв}$ – час пошуку пошкодженої ділянки з врахуванням використання дистанційного вимірювача і програми розрахунку відстані до місця пошкодження; $\mathrm{C_E}$ – постійна, яка відображає усереднені умови оперативного обслуговування мережі, що розглядається; $\Delta E_n^{дв}$ – коефіцієнт, що відображає зміну кількості переїздів ОВБ при пошуку пошкоджень за рахунок використання дистанційного вимірювача; L – довжина лінії, що розглядається.

Зниження недовідпуску електроенергії в розрахунку на одне аварійне відключення при міжфазному КЗ визначається як

$$\delta\Delta W^{дв} = C_E M_{\max} \Delta E_W^{дв} + \mathrm{C}_E M_{\max} X_W, \quad (10)$$

де $\Delta E_W^{дв} = E_W - E_W^{дв}$; $M_{\max} = P \cdot L$, $X_W = \dfrac{1}{n(n+1)^2}$ – відповідно коефіцієнт, який відображає: зниження недовідпуску електроенергії за рахунок використання дистанційного вимірювача, вплив технічних характеристик лінії на процес пошуку пошкоджень; P – розрахункове навантаження лінії; n – кількість роз'єднувачів, що встановлені в РМ.

$$E_W = 0{,}5K_{ВЛ} \frac{0{,}17n^4 + 2{,}42n^3 + 5{,}08n^2 + 3{,}08n + 0{,}25}{(n+1)^3}. \quad (11)$$

Тоді технічний ефект від встановлення дистанційного вимірювача буде визначатися величиною зменшення річного недовідпуску електроенергії споживачам

$$\delta\Delta W'^{дв} = \omega \cdot \Delta W^{дв}, \quad (12)$$

де ω — частота відмов ПЛ.

Отже, повний технічний ефект від установки вимірювача визначиться як сума ефектів по тих лініях, які до нього приєднані.

Для середніх параметрів лінії РМ розраховано економічний ефект. Для підстанції від шин якої відходить n ліній, економічний ефект складе $Э_г = n \cdot 500$ грн. (табл. 2).

Таблиця 2

Технічні характеристики лінії

L, км	$K_{кр}$,	$v_а$, км/год	$L_м$, км	n, шт	P, кВт	$v_х$, км/год	$З_Н$, грн./кВт·год	$E_Н$,
15	1,3	20	6,6	10	2340	5	0,2436	0,12

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена подальшому розвитку методів пошуку пошкоджень в системах електропостачання з повітряними лініями електропередачі в напрямку підвищення точності визначення місця пошкодження і автоматизації процесу пошуку шляхом врахування неоднорідності параметрів окремих ділянок РМ, розгалуженої структури та інформаційної невизначеності, що дозволяє підвищити рівень надійності, безпеки і ефективності використання РМ 6-35 кВ за призначенням.

В результаті досліджень, здійснених по темі дисертаційної роботи, отримані наступні наукові і практичні результати:

1. Запропоновано більш точні методи розрахунку первинних параметрів повітряних ліній напругою 6-35 кВ для використання їх при визначенні місць пошкоджень. Це дозволяє підвищити точність дистанційного методу визначення місця пошкодження в РМ.

2. Вперше запропоновано дистанційний метод визначення відстані до міжфазного к. з., що ґрунтується на фіксації параметрів доаварійного та аварійного режимів роботи на кожному приєднанні, який враховує неоднорідність параметрів ділянок магістралі і навантаження на відгалуженнях, що дозволяє зменшити методичну похибку визначення місця пошкодження.

3. Вдосконалено метод визначення відстані до місця однофазного замикання на землю на основі послідовного аналізу нормального і аварійного режимів роботи, коли неперервно контролюють активний опір ізоляції мережі відносно землі і при досягненні граничного значення, визначають пошкоджену фазу, штучно короткочасно замикають непошкоджену фазу, фіксують струм аварійного режиму і реактивну складову напруги петлі подвійного замикання на землю. За результатами вимірювання та фіксування цих величин обчислюють відстань до місця однофазного замикання на землю, що дозволяє визначити пошкодження при замиканні через великий перехідний опір (обрив проводу, спікання землі біля опори) і автоматизувати цей процес.

4. Розроблена і практично реалізована програма пошуку пошкодженої ділянки методом послідовного ділення мережі яка ґрунтується на використанні динамічних і статичних характеристик об'єкту, що забезпечує вибір оптимальної стратегії пошуку при різних видах пошкодження, методах пошуку та засобах контролю. Програма представляє собою сукупність оптимізованих алгоритмів, що заздалегідь розраховуються за допомогою ЕОМ для кожної лінії.

5. Розроблена діагностична система пошуку місць пошкоджень чи відмов. Проведено лабораторні і промислові випробування. Результати показали, що система дистанційного визначення відстані до місця міжфазного к. з. та ОЗЗ при вибраній елементній базі забезпечує похибку не нижче ніж 5% від загальної довжини повітряної лінії.

6. Впровадження діагностичної системи пошуку пошкодження дозволяє підвищити надійність роботи РМ, безпеку та ефективність їх експлуатації, зменшити частоту відмов та скоротити час існування аварійних режимів, що в свою чергу зменшує недовідпуск електроенергії споживачам на 7-62 % в залежності від параметрів системи електропостачання.

7. Створена інтегрована вимірювально-інформаційна система керування процесом ВМП дозволяє підвищити рівень автоматизації процесу ВМП на основі сумісного використання дистанційного методу та методу послідовного ділення мережі (динамічних і статичних характеристик об'єкта), що скорочує час пошуку пошкоджень в порівнянні з раніше відомими методами в 1,1-1,4 рази. Розроблена в дисертації програма розрахунку оптимальної стратегії пошуку пошкоджень впроваджено в РМ 10 кВ ВАТ "АК Вінницяобленерго", а також в учбовий процес кафедри "Електричні станції та системи" ВНТУ та Центру підвищення кваліфікації керівних працівників і спеціалістів в галузі електроенергетики.

ПУБЛІКАЦІЇ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Кутін В.М. Керування технічним станом електротехнічних комплексів в процесі їх експлуатації / Кутін В.М., Матвієнко С.В., Луцяк В.В. – [збірник наук. праць]. – Кременчук: Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2005.– №3(32).– С. 152-155.

2. Кутін В.М. Визначення технічного стану ізоляції повітряних мереж напругою 6-10 кВ / Кутін В.М., Матвієнко С.В., Луцяк В.В. // Підвищення ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах: І Міжнародна науково-технічна конференція. Луцьк, 26-28 червня 2006 р.: стаття. – Луцьк, 2006.– С. 33-34.

3. Кутін В.М. Комбинированная система диагностирования систем электроснабжения (СЭС) промышленности и сельского хазяйства / Кутін В.М., Матвієнко С.В., Луцяк В.В. // Наука і освіта 2005: VIII міжнародна науково-практична конференція., 7-21 лютого 2005 р.: стаття. – Дніпропетровськ, 2005. – С. 38-40.

4. Кутін В.М. Комбінована система пошуку пошкоджень в розподільних повітряних мережах / Кутін В.М., Луцяк В.В., Матвієнко С.В. – [збірник наук. праць]. – Кременчук: Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету, 2005.– №3(32).– С. 169-171.

5. Кутін В.М. Діагностування об'єктів, класи станів яких є розмиті множини / Кутін В.М., Луцяк В.В., Матвієнко С.В. – [збірник наук. праць]. – Кривий Ріг: Вісник Криворізького технічного університету, 2005. – вип. 8 – С. 120-123.

6. Кутін В.М. Комбінована система пошуку пошкоджень в розподільних повітряних мережах / Кутін В.М., Луцяк В.В., Матвієнко С.В. – [збірник наук. праць]. – Кременчук: Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету, 2005.– №3(32).– С. 169-171.

7. Луцяк В.В. Дистанційний метод визначення місця міжфазного короткого замикання в розподільній мережі 6-35 кВ з повітряними лініями електропередачі / Луцяк В.В., Кутін В.М., Матвієнко С.В. – [збірник наук. праць]. – Кривий Ріг: Вісник Криворізького технічного університету, 2006. – С. 112-115.

8. Кутін В.М. Автоматизація процесу пошуку пошкоджень в повітряних мережах напругою 6-35 кВ / Кутін В.М., Луцяк В.В. // Автоматика 2006: XIII Міжнародна конференція з автоматичного управління, 25-28 вересня 2006 р.: стаття. – Вінниця, 2006. – С. 119.

9. Луцяк В.В. Точність вимірювання відстані до місця пошкодження дистанційним методом в розподільних мережах / Луцяк В.В., Кутін В.М. – [збірник наук. праць]. – Кременчук: Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського, 2007. – вип. 3. – С. 97-99.

10. Кутін В.М. Підвищення якості діагностичних процедур складних систем автономного керування / Кутін В.М., Луцяк В.В., Матвієнко С.В. – [збірник наук. праць]. – Кременчук: Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського, 2007. – вип. 3 (44). – С. 137-138.

11. Луцяк В.В. Дослідження параметрів аварійного режиму при визначенні місця пошкодження в РМ дистанційними методами / Луцяк В.В. // Проблеми і перспективи енергозбереження комунального господарства і промислових підприємств: Науково-технічний семінар.: тези доп. – Луцьк, 2007. – С. 22-25.

12. Луцяк В.В. Комбінована система визначення місця пошкодження в повітряних розподільних мережах напругою 6-35 кВ / Луцяк В.В., Кутін В.М. // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск: Проблеми сучасної електротехніки. Ч. 3. – Київ, 2008 – С. 57-60.

АНОТАЦІЯ

Луцяк В.В. Діагностичне забезпечення процесу пошуку пошкоджень в повітряних лініях електропередачі напругою 6-35 кВ. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – Електричні станції, мережі і системи, Вінницький національний технічний університет, Вінниця – 2009.

В роботі розв'язана наукова і практична проблема підвищення надійності, безпеки та ефективності використання за призначенням систем електропостачання (СЕП) з повітряними лініями напругою 6-35 кВ.

Сутність розв'язку проблеми полягає в автоматизації процесу визначення місця пошкодження (ВМП) та підвищення точності на основі сумісного використання статичних та

динамічних характеристик нормального і аварійного режимів СЕП. Були досліджені динамічні характеристики аварійного режиму та проаналізовано існуючі методи та засоби ВМП. Запропоновані більш точні методи обчислення первинних параметрів повітряних ліній електропередачі (ПЛ) та врахування навантажень окремих ТП 6-10/0,4 кВ. Розроблено дистанційний метод визначення місця міжфазного короткого замикання в повітряних лініях електропередачі напругою 6-35 кВ з урахуванням їх неоднорідності та структурної розгалуженості, що дозволяє підвищити точність ВМП. Розроблено дистанційний метод визначення місця однофазного замикання на землю із урахуванням неоднорідності та структурної розгалуженості ПЛ, у відповідності до якого місце пошкодження визначається при наявності значного перехідного опору. Розроблена і практично реалізована програма визначення пошкодженої ділянки, що ґрунтується на методі послідовного ділення мережі. Програма забезпечує формування умовного алгоритму пошуку пошкодженої ділянки, що формується для різних видів пошкодження та засобів контролю, а також оптимізованих за вибраними критеріями. Розроблена система пошуку несправностей чи відмов виконана на основі електронної та мікропроцесорної техніки. Система дистанційного визначення місця міжфазного короткого замикання чи однофазного замикання на землю забезпечує абсолютну точність ВМП у 5% від загальної довжини магістральної лінії для ліній, що не перевищують 20 км у довжину.

Ключові слова: розподільна мережа, пошкодження, неоднорідність, статичні та динамічні характеристики, метод пошуку, програма пошуку.

АННОТАЦИЯ

Луцяк В.В. Диагностическое обеспечение процесса поиска повреждений в воздушных линиях электропередачи напряжением 6-35 кВ. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции, линии и системы, Винницкий национальный технический университет, Винница, 2009.

В диссертации решена научно-прикладная проблема повышения уровня надежности, безопасности и эффективности использования систем электроснабжения с воздушными линиями электропередачи напряжением 6-35 кВ.

Сущность решения проблемы состоит в автоматизации и уменьшении погрешности определения места повреждения на основе более точного определения параметров линий электропередачи (ЛЭП), учете нагрузок отдельных ТП 6-10/0,4 кВ, а так же совместного использования статических и динамических характеристик в нормальном и аварийном режиме роботы систем электроснабжения напряжением 6-35 кВ. Были исследованы статические и динамические характеристики аварийных режимов и проведен анализ существующих методов и устройств, для определения места повреждения (ОМП). Анализ характеристик объекта показал, что точность дистанционного метода существенно зависит от точности входной информации.

Составляющая погрешности в определении индуктивных погонных сопротивлений, которыми, как правило, принимают средние значения, составляет до 20%. Для уменьшения данной погрешности использован более точный метод расчета индуктивного сопротивления проводников воздушных линий, основанный на анализе электромагнитного поля и решении уравнений Максвелла для сталеалюминевых проводников.

Для определения распределения нагрузки вдоль магистральной линии использованы стохастические методы моделирования нагрузок ТП 6-10/0,4 кВ. Для повышения точности определения емкости воздушных линий 6-35 кВ использован метод средних потенциалов.

Разработан дистанционный метод ОМП междуфазного к. з. в воздушных линиях напряжением 6-35 кВ с точностью до 5%, основанный на измерении реактивной

составляющей напряжения петли короткого замыкания, предварительном расчете индуктивного сопротивления от шин подстанции до места повреждения и учете токов нагрузки отдельных ТП 6-10/0,4 кВ расположенных вдоль магистрали линии. Метод отличается тем, что учитывает конструктивную неоднородность воздушной ЛЭП и распределение нагрузки вдоль магистрали линии.

Разработан дистанционный метод ОМП однофазного замыкания на землю, основанный на искусственном замыкании поврежденной фазы воздушной линии через резистор при возникновении на ней однофазного замыкания на землю и измерении индуктивного сопротивления петли, созданной проводом поврежденной фазы, местом однофазного замыкания на землю и сопротивлением места искусственного замыкания на землю неповрежденной фазы на подстанции. Метод отличается от известных ранее тем, что учитывает неоднородность и структурную разветвленность в системе электроснабжения. Это позволяет повысить точность ВМП и расширяет функциональные возможности.

Разработана программа поиска поврежденного участка, на основе метода последовательного деления сети, что обеспечивает формирование условного алгоритма поиска поврежденного участка при различных видах повреждения и средствах контроля, а так же оптимизированного по критериям минимизации времени поиска повреждения и недоотпуска электроэнергии. Разработана система поиска мест неисправностей или отказов на основе использования средств электронной и микропроцессорной техники. Система дистанционного ОМП междуфазного к. з. и ОЗЗ при выбранной элементной базе обеспечивает погрешность ОМП не ниже 5% от общей длинны воздушной линии при моделировании линий с длинной магистрали до 20 км.

Ключевые слова: распределительная сеть, повреждение, неоднородность, статические и динамические характеристики, метод поиска, программа поиска.

SUMMARY

Lutsyak V.V. The diagnostic support of the damage detection process of the electricity transmission airlines 6-35 kV voltage. – A manuscript.

Thesis on taking a scientific candidate's degree on speciality 05.14.02 – Power stations, electricity networks and systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. – 2009.

The paper contains solutions of scientific and practical issues on the increasing of reliability, safety and efficiency of power supply systems usage by means of airlines of 6-35 kV voltage.

Thoroughness of the solution consists in the automation of the damage detection process and accuracy increasing based on the usage of static and dynamic characteristics combination in the normal and uninterrupted power supply modes. Static and dynamic characteristics of emergency mode were researched and the existing damage detection methods and devices were analyzed. Hence, were suggested more accurate methods of calculation of power supply airlines primary parameters and electrical load of certain substations 6-10/0,4 kV. Was developed a distance method of phase-to-phase damage detection in the power supply airlines of 6-35 kV voltage taking into account their inhomogeneity and structural branching . Also was developed a distance method of the ground one-phase damage detection regarding the constructive inhomogeneity and structural branching of airlines. Due to this method damage detection can be defined even in the conditions of a significant transition resistance. Then was worked up and practically implemented a program of a damaged section detection based on the method of a network consecutive division. The program provides a conventional algorithm of damage detection for different kinds of defects and control tools which are optimized via chosen criteria. A diagnostic system of troubleshooting or refusals was developed on the basis of electronic and microprocessor technique. A system of a phase-to-phase or ground damage detection with the chosen elemental base provides accuracy of 5% from the total length of airline for modeling lines with total main line length not exciding 20 km.

Key words: distributive network, fault, inhomogeneity, static and dynamic characteristics, math model, location algorithm, location program.

Підписано до друку 09.04.2009 р. Формат 29.7 × 42 ¼
Наклад 100 прим Зам. № 2009-079
Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету.
м. Вінниця. Хмельницьке шосе, 95. Тел.: 59-81-59