



УДК 621.31

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА МОНІТОРИНГУ РЕЖИМІВ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Пазій В.Г.,

Мірошник О.О., д.т.н.

*Харківський національний технічний університет сільського
господарства ім. П. Василенка*

Тел.: 057-712-34-32

Анотація - виконаний аналіз методів і засобів діагностики технічного стану, аналіз надійності елементів та аналіз параметрів розподільних електричних мереж.

Ключові слова: діагностика, технічний стан, надійність, розподільні електричні мережі.

Постановка проблеми. Проблема ефективного та надійного функціонування електрообладнання систем електропостачання, зокрема обладнання розподільних електричних мереж, залежить від якості його виготовлення, умов експлуатації, організації системи діагностування чи моніторингу режимів роботи та технічного стану, організації експлуатації. Для електрообладнання, особливо з вичерпаним ресурсом, досить важливою є оцінка його технічного стану. Точна оцінка технічного стану дає змогу спрогнозувати термін наступного ремонту обладнання, підвищити надійність роботи обладнання, знизити збиток від простою обладнання внаслідок аварій, знизити витрати на ремонт та відновлення працездатності, знизити витрати на обслуговування та експлуатацію обладнання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На сьогоднішній день аварійність в розподільних електричних мережах найбільше залежить від природних стихійних явищ і складних погодних умов на території проходження повітряних ліній. З урахуванням усіх причин умовний споживач в Україні в середньому протягом року не отримує послуг з електропостачання 1279 хвилин (21,3 год.), в той же час за кордоном цей показник за 2009 рік склав 84,3 хв. [1].

Однак проблема забезпечення надійності з позицій оптимальної організації та ефективного функціонування системи діагностики технічного стану елементів розподільних електричних мереж та моніто-



рингу режимів роботи повітряних ліній електропередачі напругою 6-10 кВ відображена в [1,2] недостатньо повно.

Перспективним напрямком на сьогоднішній день стає обладнання повітряних ліній електропередачі напругою 6-10 кВ системами мережної автоматики та пунктами автоматичного секціонування та резервування. Дослідженням в цьому напрямку присвячені роботи вчених ІЕД НАН України та НУБіП [2, 3, 4, 5]. Розв'язання цієї проблеми має здійснюватись у двох напрямках. Перший напрямок полягає у визначенні характеристик керуючих дій системи діагностування технічного стану електрообладнання, які за умов мінімальних витрат забезпечать підтримку заданого рівня технічного стану електрообладнання розподільних електричних мереж протягом встановленого терміну [6]. Перевага такої системи діагностики полягає в тому, що вона дозволяє розрахувати момент часу, коли очікується відмова елемента системи електропостачання, в результаті чого вдається запобігти розвитку аварії шляхом проведення різних профілактично-ремонтних заходів. Другий напрямок передбачає створення системи моніторингу режимів роботи розподільних електричних мереж, яка оперативно відслідковує зміну значень параметрів елементів мереж, що характеризують граничні значення нормальних режимів роботи, дозволяє черговому електротехнічному персоналу в режимі реального часу аналізувати її стан, інформує черговий персонал про аварії в електричних мережі з уточненням ділянки лінії, на якій сталося аварійне пошкодження [7]. Отримана від системи моніторингу режимів роботи розподільних електричних мереж інформація надає можливість швидкого виявлення пошкодженого елемента для виконання ремонтних робіт з метою відновлення нормального режиму роботи електричних мереж у разі виникнення аварії.

На відміну від більшості існуючих методів та моделей діагностики електрообладнання запропонована система, яка виконує постійний моніторинг режимів розподільних електричних мереж шляхом установки в характерних точках мережі комплектів діагностичного обладнання. Таким чином, по-перше, в базі даних системи діагностики накопичується інформація щодо параметрів режимів, на основі якої можна будувати модель зміни технічного стану електрообладнання, а по-друге, така діагностична система дає миттєву інформацію диспетчерському персоналу щодо аварійних режимів в розподільних електричних мережах.

Швидкий розвиток інформаційних технологій останніми роками дозволив розробити цілий ряд інформаційних систем, методів та засобів діагностики електрообладнання. Спостереження за реальними змінами технічного стану електрообладнання в процесі експлуатації та моніторинг режимів його роботи дозволить:



- впроваджувати систему ремонту електрообладнання за технічним станом;
- здійснювати комплекс робіт з відновлення справного стану або працездатності електрообладнання, періодичність, обсяг, час проведення яких визначається технічним станом обладнання за результатами контролю та діагностики.

Оскільки при розгляді питання щодо глибини діагностування необхідно враховувати механічні, електричні, теплові та інші фактори, принципово важливо визначити, які параметри слід контролювати та які фактори враховувати під час оцінки технічного стану електрообладнання.

На сьогодні вважається, що впровадження системи організації експлуатації електрообладнання за технічним станом, що ґрунтується на широкому використанні даних діагностики, доцільне для експлуатації складного і найвідповідальнішого електрообладнання. Оскільки профілактичний ремонт такого обладнання вимагає значних витрат, а аварійний ремонт супроводжується суттєвими збитками. Але швидкий розвиток інформаційних технологій об'єктивно супроводжується їх широким впровадженням в усі галузі і сфери техніки та економіки. Тому наразі піднімається питання шляхів розвитку системи діагностування розподільних електричних мереж.

Мета статті. Провести аналіз методів і засобів діагностики технічного стану розподільних електричних мереж, виконати аналіз надійності елементів та аналіз параметрів розподільних електричних мереж.

Основний матеріал. Для оцінки стану надійності електрообладнання розподільних електричних мереж розроблено велику кількість інформаційних систем та методів контролю технічного стану і діагностування електрообладнання [6, 8, 9]. Їх широке застосування створює умови для реалізації нової системи ремонту електрообладнання за технічним станом. Основним принципом такої системи є метод організації ремонту електрообладнання, що ґрунтується на індивідуальних спостереженнях за реальними змінами його технічного стану в процесі експлуатації. Для організації такого спостереження створюється система діагностики, витрати на впровадження та експлуатацію якої мають бути меншими, ніж збитки від аварій та виходу з ладу електрообладнання. Тоді система технічного обслуговування і ремонту електрообладнання, яка підсилена ефективною системою діагностики, забезпечить задане управління експлуатацією електрообладнання на основі контролю його технічного стану. Ремонт за технічним станом – це комплекс робіт по встановленню справності або працездатності електрообладнання, періодичність, обсяг і час проведення яких визначається технічним станом обладнання за результатами контролю та



діагностики, що проводилися з періодичністю та обсягом встановленими технічною документацією на електрообладнання.

Технічна діагностика являє собою процес визначення технічного стану системи, що досліджується, з певною точністю з метою отримання інформації щодо її технічного стану з визначенням місця чи елемента, в якому сталася відмова з подальшим уточненням виду і причини відмови.

Найчастіше для аналізу систем в технічній діагностиці використовують заміну дійсної системи її математичною моделлю, яка враховує усі важливі особливості конкретних систем та способів пошуків в них несправних елементів, які стали причиною відмови. Використання в технічній діагностиці функціональних моделей, які подають об'єкт діагностики у вигляді сукупності певної кількості зв'язаних елементів, дозволяє однозначно визначити перевірки, що виконують з метою пошуку всіх несправних функціональних елементів.

Діагностування електрообладнання може здійснюватись шляхом оперативної діагностики, коли діагностування виконується на діючому обладнанні з використанням, як правило, методів функціональної діагностики або шляхом ремонтної діагностики, коли проводиться діагностування на зупиненому обладнанні в процесі його ревізій та ремонтів.

Наприклад, для задач розрахунку виробітку ресурсу чи прогнозування змін економічності електрообладнання в процесі експлуатації діагностика може здійснюватись за даними оперативного контролю, але відкладеним в часі, тобто в режимі off-line.

При діагностуванні визначають види технічного обслуговування та ремонту, що здійснюється для запобігання відмов і відновлення рівня його працездатності. Для кількісної оцінки технічного стану електрообладнання використовують основні показники: напрацювання, допустимі відхилення параметрів стану (температури, опору, струму тощо), залишковий ресурс.

Внаслідок значної кількості різнохарактерних фізико-хімічних процесів, що протікають в електрообладнанні, загальна оцінка його технічного стану надзвичайно проблематична через необхідність порівняння показників різної фізичної природи і через відсутність в даний час між ними кореляційних залежностей. Тому зручно користуватись узагальненою, інтегральною оцінкою технічного стану, в якості якої доцільно прийняти значення спрацьованого ресурсу, що визначений за результатами контролю параметрів електрообладнання в перехідних і стаціонарних режимах роботи.

Розглянемо сучасний стан експлуатаційної надійності електротехнічного обладнання розподільних електричних мереж: трансформаторів, вимикачів, повітряних ліній електропередач, електричних апа-



ратів, кабелів, електрообладнання власних потреб, контактних з'єднань, вимірювальних трансформаторів струму та напруги.

Важливим фактором, що визначає, яким елементам розподільних електричних мереж необхідно приділяти більше уваги при організації обстежень і контролі технічного стану, є статистика відмов. Проведений за даними [10] аналіз вимикань ліній електропередачі в електричних мережах АК «Харківобленерго» показав, що питома річна кількість вимикань на 100 км повітряних ліній напругою 6-10 кВ складала від 3,55 до 17,2. В той же період ці ж значення для ліній напругою 35 кВ знаходились в межах 3,02-7,79, а для ліній 110-150 кВ – 4,08-7,45. При цьому слід зазначити, що загальна довжина повітряних ліній 6-10 кВ в Україні досягла майже 400 тис. км, а повітряних ліній 35 кВ - перевищує 70 тис. км.

Основними причинами відмов є:

- зношення обладнання, яке відпрацювало більше 25 років;
- несвоєчасне виконання профілактичних заходів;
- порушення електричної міцності ізоляції;
- грозові та комутаційні перенапруги;
- механічні руйнування і втома матеріалів;
- електрохімічні та корозійні пошкодження;
- електродугові та термічні пошкодження;
- слабкий розвиток діагностики обладнання;
- незадовільна організація експлуатації і обслуговування.

Тривалість пошуку пошкоджень в розподільних електричних мережах, а, значить, експлуатаційні витрати електропостачальної організації та збитки від недовідпуску електроенергії споживачам значною мірою визначаються довжиною та розгалуженістю повітряних ліній, якістю під'їзних шляхів. Впровадження засобів автоматичної фіксації аварійних режимів та інформування диспетчера про аварію в режимі реального часу створює принципово нові умови організації робіт з відновлення електропостачання споживачів, приєднаних до аварійно вимкненої лінії. Для прийняття рішень щодо оптимальної кількості та місць установки елементів системи моніторингу режимів електричних мереж необхідно дослідити структуру та параметри розподільних повітряних ліній і проводити аналіз можливих варіантів рішень на створених статистичних моделях розподільних електричних мереж.

Грунтовне дослідження схем і параметрів повітряних ліній та статистична обробка результатів, здійснені в [3], дозволили сформулювати основні умовні моделі схем, кілька з яких наведено на рис. 1. Хоча наведені схеми не відображають усього розмаїття схемних рішень розподільних електричних мереж напругою 6 – 10 кВ, а дають лише загальне уявлення щодо структурної побудови ліній.

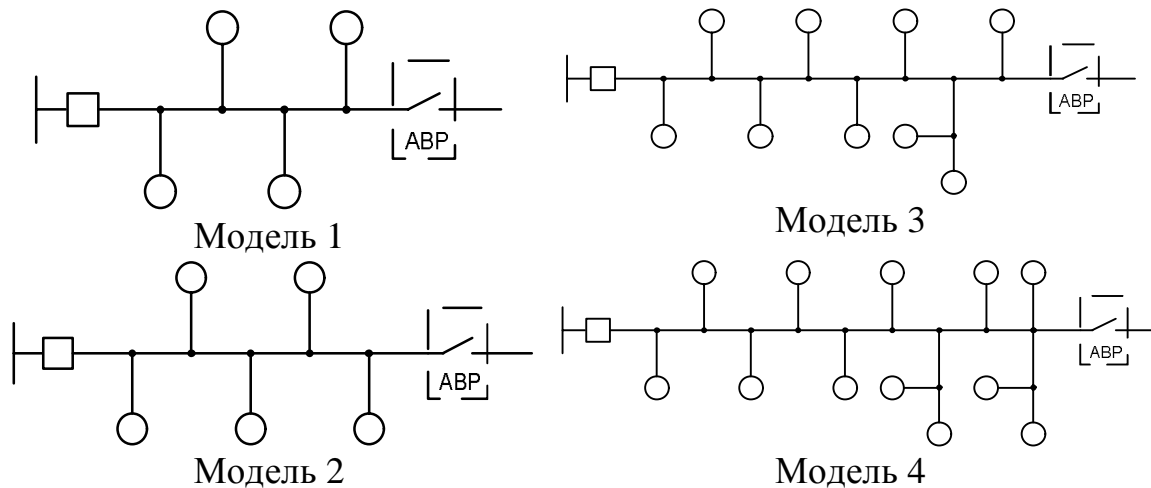


Рис. 1. Основні моделі схем повітряних ліній

Оскільки внаслідок великої кількості варіантів існуючих структурних схем повітряних ліній та значень їх параметрів неможливо створити одну універсальну модель розподільної повітряної лінії, для розробки моделі вибору оптимальної стратегії пошуку пошкоджень, оптимальної кількості та місць установки в лінії пунктів автоматичного вводу резерву, пунктів автоматичного секціонування чи засобів системи моніторингу режимів доцільно отримати, в першу чергу, статистичну інформацію щодо розподілу таких параметрів, як:

- довжини ліній;
- кількості секціонувальних пунктів на базі роз'єднувачів на одну лінію;
- кількості ТП в одній лінії.

З цією метою було проаналізовано дані щодо електрообладнання Харківських розподільних електричних мереж АК «Харківобленерго», загальна площа обслуговування яких становить 33583,8 км², кількість умовних одиниць – 78170, кількість ПЛ-10 кВ 1115, а їхня загальна довжина – 13562,2 км; кількість ТП становить 8449 штук; кількість лінійних роз'єднувачів – 12826.

Статистичний аналіз даних щодо обладнання по ХРЕМ станом на 01.01.2014 р. дозволив отримати показники, наведені в табл. 1.

Аналіз проводився за трьома регіонами Харківської області – Харківським, Куп'янським та Лозівським, а також загалом по розподільних мережах АК «Харківобленерго». Математичне сподівання довжини розподільних ліній відповідно для мереж 10 і 6 кВ становить близько 13 та 10 км.

Середня кількість секціонувальних пунктів на базі роз'єднувачів, що припадає на одну розподільну ПЛ 6-10 кВ по ХРЕМ, складає приблизно 3-4 пункти.



Таблиця 1 – Характеристика розподільних ПЛ ХРЕМ за довжиною

Довжина ПЛ, L, км	Регіон						Всього по ХРЕМ	
	Харківський		Куп'янський		Лозівський			
	ПЛ-10	ПЛ-6	ПЛ-10	ПЛ-6	ПЛ-10	ПЛ-6	ПЛ-10	ПЛ-6
до 15	269	56	267	56	223	14	759	126
15 - 30	110	12	104	8	96	3	310	23
30 - 50	21	0	8	0	17	1	46	1
Всього	400	68	379	64	336	18	1115	150

Порівняно нерівномірний розподіл кількості ТП 6-10/0,4 кВ на одну розподільну ПЛ по регіонах можна пояснити динамікою розвитку як електроспоживання, так і самих мереж.

Висновки.

1. Аналіз надійності елементів розподільних електричних мереж підтверджує, що найслабшою ланкою залишаються розподільні ПЛ 6 - 10 кВ, оскільки надійність усіх інших компонентів системи на порядок вища. Питома частота стійких відмов для ПЛ 10 кВ складає близько $0,25 \text{ (рік}\cdot\text{км)}^{-1}$, в той час як для трансформаторів 35/10 кВ і 110/10 кВ - $0,03 \text{ (рік}\cdot\text{км)}^{-1}$, для КРУН 10 кВ - $0,05 \text{ (рік}\cdot\text{км)}^{-1}$, для КТП 10/0,4 кВ - $0,07 \text{ (рік}\cdot\text{км)}^{-1}$.

2. Аналіз вимикань в електричних мережах АК «Харківобленерго» показав, що основною причиною недовідпуску електроенергії є аварійні вимикання повітряних ліній напругою 6-10 кВ. За останні роки питома річна кількість вимикань на 100 км повітряних ліній напругою 6-10 кВ складає від 3,55 до 17,2, ці ж значення для ліній напругою 35 кВ знаходиться в межах 3,02-7,79, а для ліній 110-150 кВ – 4,08-7,45. Середня розрахункова річна кількість раптових вимикань споживачів через відмови ПЛ 10 кВ складає 63,25%, в той же час через відмови ЛЕП 35(110) кВ - лише 3,54%, через відмови ПЛ 0,38 кВ - 12,64%.

3. На основі аналізу публікацій можна зробити висновок, що основною причиною аварійних вимикань ПЛ 6-10 кВ залишаються пошкодження проводів, які складають понад чверть від загальної кількості відмов.

4. Аналіз параметрів розподільних електричних мереж АК «Харківобленерго» дав статистичні оцінки:

- математичне сподівання довжини розподільних ПЛ 10 кВ – 13,12 км, а ПЛ 6 кВ - 10,29 км;

- середня кількість секціонувальних пунктів на базі роз'єднувачів, що припадає на одну розподільну ПЛ 6 кВ складає 3 пункти, а для ПЛ 10 кВ 4 пункти;



- середня відстань між пунктами секціонування в ПЛ-10 (6 кВ) - 3,53 км;

- математичне сподівання кількості ТП в одній розподільній ПЛ 10 кВ – 9,2, а в ПЛ 6 кВ – 8,3.

5. Організація діагностики та контролю технічного стану електрообладнання дозволить удосконалити систему експлуатації електрообладнання та підвищити надійність електропостачання споживачів.

6. Існуючі методи діагностики технічного стану елементів розподільних електричних мереж дозволяють фіксувати контрольовані параметри, але не надають оперативної інформації щодо місця пошкодження в електричних мережі, тому доцільним є розробка системи, яка дозволила б контролювати параметри мережі та передавати інформацію на диспетчерський пункт.

Список використаних джерел

1. Губень Д. И. Об аварийности в 2010 году и показатели надежности в электрических сетях 6-150 кВ энергоснабжающих компаний, которые входят в состав НАК «ЭКУ» / Д. И. Губень // Электрические сети и системы. – 2011. - №2. - С. 32- 34.

2. Гай А. В. Математическая модель размещения коммутационных аппаратов в условиях рыночных отношений между энергоснабжающей компанией и потребителем / А. В. Гай, В.В. Козырский, Б. В. Кузьменко. - Электрифікація та автоматизація сільського господарства. - 2005, № 3. - С. 40 - 52.

3. Гай А. В. Оптимизация количества и мест установки секционирующих устройств в распределительных сетях сельских регионов: Дис. кандидата техн. наук: 05.09.03 / Гай Александр Валентинович. - К, 2008. - 165 с.

4. Кириленко О. В. Визначення місць пошкоджень на лініях електропередачі з використанням штучних нейронних мереж / О. В. Кириленко, І. В. Білінов // Наукові праці ДонНТУ : Електротехніка і енергетика. – 2008. – Вип. 8 (140). – С. 8 – 12.

5. Козырский В. В. Особенности размещения вакуумных реклоузеров РВА/TEL в распределительных сетях / В. В. Козырский, А. В. Гай, В. А. Костюк, П. В. Петров // Электрические сети и системы. – 2012. - № 3. – С. 112 – 118.

6. Григорьев А. В. Необходимость сохранения эффективной системы диагностического и ремонтного обслуживания энергетического оборудования / А. В. Григорьев // Энергетик. - 2007. - № 1. - С. 2 - 4.

7. СОУ-Н МПЕ 40.4.20.576:2005. Методические указания по учету и анализу в энергосистемах технического состояния распределительных сетей напряжением 0,38-20 кВ с воздушными линиями электропередачи / А. А. Потребич, В. П. Клочко, Г. Н. Катренко. – К.: ОЭП ГРИФРЭ, 2005. – 92 с.



8. *Гуревич В. И.* Автоматическое повторное включение силовых электронных установок / *В. И. Гуревич, В. И. Жила, Н. Л. Лисиченко, А. В. Мирошник, П. И. Савченко* // Вісник ХДТУСГ: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – 2006. - Вип. 43. – С. 83 - 89.

9. *Мірошник О. В.* Діагностування пошкоджень у розподільних повітряних лініях з роз'єднувачами РЛК-10 / *О. В. Мірошник, В. О. Коробка* // Вісник ХНТУСГ: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – 2013. – Вип. 142. – С. 15 – 17.

10. *Ганус А. И.* Динамика изменения параметра потока отказов линий электропередачи разных номинальных напряжений / *А. И. Ганус, К. А. Старков* // Электрические сети и системы. – 2010. – № 2. – С. 80-86.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И МОНИТОРИНГА РЕЖИМОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Пазий В.Г., Мирошник О.О.

Аннотация – анализ проблем диагностики технического состояния и мониторинга режимов распределительных электрических сетей. Выполнен анализ методов и средств диагностики технического состояния, анализ надежности элементов и анализ параметров распределительных электрических сетей.

ANALYSIS OF PROBLEMS OF DIAGNOSIS AND MONITORING OF TECHNICAL MODES ELECTRICAL DISTRIBUTION NETWORK

V. Pazyi, O. Miroshnyk

Summary

Analysis of diagnosing problems and monitoring the technical condition of power distribution networks modes. The analysis of methods and means of diagnosing the technical condition of the analysis of reliability of elements and analysis of power distribution networks settings.