

РОЗВИТОК ФРАГМЕНТУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ З ДОСЛІДЖЕННЯМ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕГАЗОВИХ ВИМИКАЧІВ

Вінницький Національний Технічний Університет

Анотація. Проведено прогнозування електричних навантажень, розраховано режим існуючої мережі, сформовано максимальний граф електричної мережі. Визначено оптимальну схему електричної мережі та вибрано оптимальну схему розвитку електричної мережі методом динамічного програмування. Вибрано потужності трансформаторів на споживальних підстанціях та схеми розподільних пристроїв підстанцій. Оцінено баланс потужностей. Розраховано та проаналізовано усталені режими електричної мережі. Визначено оптимальний варіант розвитку мережі. Проведено дослідження методів діагностування елегазових вимикачів.

Ключові слова: електрична мережа, діагностування, високовольтне обладнання, елегазові вимикачі.

Abstract. Forecasting of electrical loads was carried out, the mode of the existing network was calculated, and the maximum graph of the electrical network was formed. The optimal scheme of the electrical network was determined and the optimal scheme of the development of the electrical network was selected by the method of dynamic programming. The power of transformers at consumer substations and the schemes of distribution devices of substations are selected. The power balance was assessed. The stable modes of the electric network are calculated and analyzed. The optimal variant of network development has been determined. A study of methods of diagnosing electric and gas switches has been carried out.

Keywords: electrical network, diagnostics, high-voltage equipment, electric and gas switches.

Вступ

При розробці нових та розширенні існуючих електричних мереж необхідно враховувати різноманітні фактори, починаючи від надійного та якісного електропостачання і до застосування передових принципів конструкції. Ця задача потребує комплексного підходу і контролю різних аспектів, що визначатимуть техніко-економічну доцільність мережі, оптимальний рівень експлуатації та управління з мінімальними витратами.

У той же час, будівництво мережі завжди має свою специфічну мету, відповідно до якої виконується прогноз майбутнього розвитку або розширення мережі. Цей прогноз встановлює певні додаткові обмеження та вимоги, які враховуються при проектуванні та будівництві мережі.

При розробці детальних розрахункових режимів для перспективного планування враховуються наступні фактори:

- Зміни навантаження та генерації протягом доби і року.
- Погодні умови, які впливають не лише на попит на електроенергію, але все більше також на технічні характеристики елементів енергосистеми.
- Перспективний режим, що описує конкретні умови, які можуть виникнути в рамках заданого сценарію, включаючи:
 - Реалізацію конкретних випадкових подій, часто пов'язаних з кліматичними умовами, таких як сила вітру, рівень водосховищ гідроелектричних станцій, температура тощо, або відключення електростанцій (будь то невідворотні або заплановані).
 - Відповідне розподілення всіх генеруючих блоків, засноване на моделюванні ринку або структурі покриття навантаження. В даний час застосовуються структури покриття навантаження.
 - Докладне розташування об'єктів генерації.
 - Докладне розташування споживання з урахуванням типових графіків або нерівномірності навантаження по регіонах.
 - Припущення щодо розвитку мереж.

Результати дослідження

Метод найменших квадратів дозволяє знайти аналітичний вираз $P'_{\max}(T)$, який найточніше відповідає залежності максимальної потужності від часу, з мінімальною похибкою. Цей метод дозволяє замінити функцію $P_{\max}(T)$, представлену у табличному вигляді, аналітичним виразом.

$$P_{\max}(T) \rightarrow P'_{\max}(T) = a' + b' \cdot T, \quad (1)$$

де a' , b' – числові коефіцієнти; T – період прогнозу.

Використовуючи табличний редактор Excel було отримано апроксимаційну характеристику та її коефіцієнти (рис. 1).

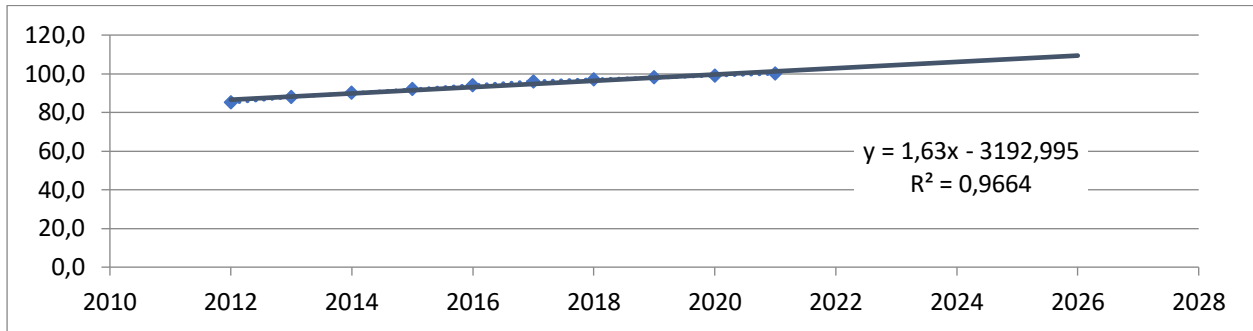


Рисунок 1 – Графіки таблично-заданої $P_{\max}(T)$ та регресійної $P'_{\max}(T)$ залежностей максимального навантаження від часу T

Після аналізування даного графіка (рис. 1), можна зробити висновок, що прогнозується збільшення сумарного навантаження, враховуючи прогноз на 2026 рік, до 109,4% від проектної потужності електромережі, що на 9,4% більше. Отже, для забезпечення надійності та якості електропостачання необхідно прийняти заходи, такі як перевірка відповідності прогнозних режимів експлуатації технічним характеристикам основного обладнання.

Результати розрахунку максимального навантаження існуючої мережі з урахуванням прогнозу свідчать про те, що напруги в усіх вузлах відповідають встановленим обмеженням або можуть бути приведені до них за допомогою наявних регулюючих пристроїв.

На основі розрахунків режиму максимальних навантажень існуючої мережі було встановлено, що напруги в усіх вузлах відповідають встановленим обмеженням або можуть бути зведені до них за допомогою наявних регулюючих пристроїв.

При перевірці струмових навантажень ліній електропередачі та трансформаторів встановлено, що основне обладнання функціонує у режимах, які є економічними або наближеними до них.

Втрати в електроенергії в електричній мережі відносно не великі. А саме:

- в лініях електропередач – 1,67 МВт;
- в трансформаторах – 1,25 МВт з них холостого ходу 0,56 МВт та навантажувальні 1,58

МВт.

Була здійснена перевірка відповідності струмових навантажень ліній електропередачі та трансформаторів, яка свідчить про те, що основне обладнання працює в економічних режимах або наближених до них, як це показано у таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння струмів проводів

	108-12	12-107	105-104	8-105
Марка проводу	АС-150	АС-150	АС-150	АС-120
Допустимий струм, А	450	450	450	390
Розрах. струм, А	120	99	17	18

провід АС-120/19. Це рішення було прийняте через те, що провід АС-120/19 повністю задовольняє вимогам нормативних документів.

Після впровадження заходів з регулювання напруги на споживальних підстанціях проводиться розрахунок режиму максимальних навантажень електричної мережі після застосування бажаних коефіцієнтів трансформації на підстанціях 701, 702, 703, 704. Отримані результати вказують про наявні засоби регулювання на цих підстанціях забезпечують можливість експлуатації з необхідними показниками якості напруги на стороні 10 кВ.

Сучасне електротехнічне обладнання має досить високі розрахункові показники надійності. Проте в процесі експлуатації під дією різних факторів, умов і режимів роботи початковий стан обладнання безперервно погіршується, знижується експлуатаційна надійність і збільшується небезпека виникнення відмов. Надійність електротехнічного обладнання залежить не тільки від якості виготовлення, а й від науково обґрунтованих методів експлуатації, правильного технічного обслуговування і своєчасного ремонту.

Для високовольтних вимикачів під час виробництва та приймально-здавальних випробувань на заводах виробників, згідно з вимогами, проводять такі випробування: на відповідність складальному кресленню; на механічну міцність; перевірка характеристик роботи механізму вимикача; на справність дії механізму вимикача; на механічну зносостійкість; оперування в умовах ожеледиці; оперування за сумісної дії тяжіння проводів і вітрового навантаження; на електричну міцність; на нагрів; на стійкість при наскрізних струмах КЗ; на комутаційну здатність; на стійкість до дії кліматичних факторів навколишнього середовища; ресурсні випробування на механічну стійкість.

Технічний стан елегазових високовольтних вимикачів можна визначати, використовуючи різні методи технічного діагностування до задач технічного діагностування відносяться: визначення роботоздатності, місця пошкодження, прогнозування можливості подальшої безаварійної експлуатації обладнання, визначення доцільності, виду і обсягів відновлювальних робіт.

Комплексний метод діагностування реалізується з використанням принципової схеми діагностування елегазових вимикачів (рис. 3). На рис. 3 показані: 1 – вимикач, 2 – комутатор, 3 – пристрій контролю вимикачів. Комплексний метод передбачає чотири етапи діагностування. На першому етапі діагностування проводиться візуальний контроль.

На другому – складається схема діагностування (рис. 3). Джерело тестового сигналу подає в коло тестовий сигнал частотою нуль герц. Шляхом визначення значення інтегрального показника та порівняння його з нормативним, визначається опір постійному струму головного струмоведучого контуру R_2 . Подається сигнал на електромагніт вимкнення. Визначається опір R_3 ізоляції першого апаратного вводу відносно заземлених частин вимикача (в кінцевому положення вимкнено приймається, що опір $R_2 = 2000$ МОм).

За рахунок перемикачів комутаторів заземлюється інший апаратний ввід та аналогічно визначається опір R_4 ізоляції другого апаратного вводу відносно заземлених частин вимикача. Нормативні значення інтегральних показників визначаються за умови максимально допустимого нормативного значення опору постійному струму головного струмоведучого контуру та опору ізоляції у відповідності до інструкції заводу виробника.

На третьому етапі проведення випробувань джерело тестового сигналу подає високочастотний сигнал, проводиться попереднє сканування напруг завод на виході сенсора по місцю випробувань, які викликані умовами діючої підстанції, виявлення частот гармонійних складових цих напруг, виключення їх зі спектру частот тестових сигналів, використовуваних під час випробувань. Після подається високочастотний сигнал та проводиться неперервний його контроль під час виконання технологічних операцій вимикачем і порівняння отриманих характеристик з еталонними, попередньо знятими перед вводом вимикача в експлуатацію або після ремонту, та аналізу відхилення цих характеристик на обґрунтовано визначених інтервалах часу, що дозволяє одночасно виявити пошкодження в дугогасильній камері та приводному механізмі на ранній стадії розвитку.

На четвертому етапі джерело тестового сигналу автоматично змінює частоту цього сигналу та подає його на контакти контрольованого вимикача.

Автоматично змінювана частота тестового сигналу, під час руху контактів вимикача, покликана забезпечити виконання умов резонансу між індуктивністю допоміжного трансформатора джерела тестового сигналу та між контактною ємністю вимикача, яка змінюється під час руху його контактів викликаного увімкненням або вимкненням вимикача. Контроль відхилення від умови резонансу, та встановлення на якому інтервалі часу це відбулося, дає можливість зробити попередній висновок про

відхилення від нормальної роботи вузлів та деталей вимикача.

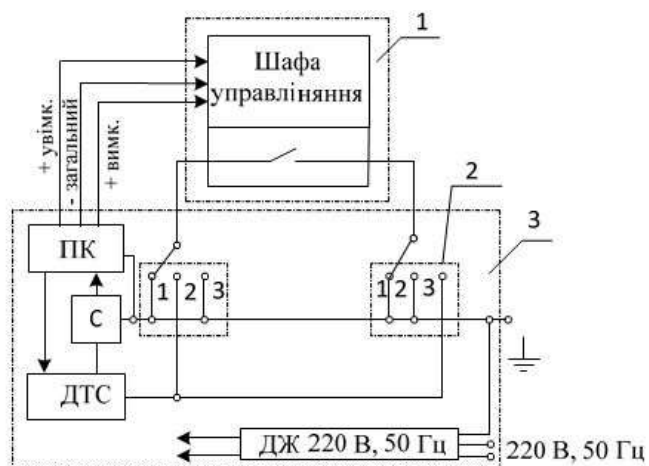


Рисунок 3 – Принципова схема діагностування

Висновки

Головним завданням магістерської кваліфікаційної роботи, результати якої приведено на конференції, було підключення нових споживачів (вузли 701, 702 та 704) та СЕС (вузол 703). Відповідно до заданої категорії споживачів (переважно I) було розроблено відповідно конфігурацію, яке забезпечує необхідний рівень надійності. Тобто, живлення відбувається від двох центрів по одноланцюгових лініях. Оптимальна схема була отримана за допомогою симплекс методу після чого провели перебір можливих варіантів послідовності побудови мережі на основі методу динамічного програмування, та обрано найбільш економічно доцільний.

Для нових ПС (701,702,703,704) було вибрано схему РП типу: «місток з вимикачами в колах трансформаторів і ремонтною перемичкою з боку трансформаторів», враховуючи результати попередніх розрахунків, схему електричних з'єднань проектованої мережі, а також можливості її подальшого розвитку.

Отримана мережа пройшла певну перевірку на такі параметри режиму: напруги у вузлах, струми та потужності на ділянках мережі тощо. Відповідно до результатів, була розрахована доцільність використання пристроїв регулювання напруги для підтримання робочого рівня напруги в максимальному, аварійному та режимі максимальних навантажень.

На сьогоднішній день, завдяки автоматичним системам контролю, функції контролю диференціюються. Це означає, що частина контрольних завдань передається на автоматику та електроніку. Це звільняє персонал від рутинного спостереження за нормативними параметрами, а контрольні заходи, які залишаються у компетенції персоналу, набувають більшої діагностичної спрямованості. Здійснення контрольних заходів тепер часто здійснюється з метою передбачення подальшої роботи обладнання щодо його працездатності, а не лише для підтримки певних параметрів. Головна мета контрольних заходів - це діагностика стану обладнання: виявлення порушень вимог нормативно-технічної та конструкторської документації та їх причин з передбаченням можливості виконання обладнання своїх функцій з метою запобігання неочікуваній відмові, яка може призвести до серйозних економічних і матеріальних збитків. Щодо електричного електротехнічного обладнання, засновуючись на досвіді його експлуатації, можна стверджувати, що воно виявляє високу надійність з моменту його введення в експлуатацію і працює надійно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лежнюк П. Д. Оперативне діагностування високовольтного обладнання в задачах оптимального керування режимами електроенергетичних систем [Текст] / П. Д. Лежнюк, О. Є. Рубаненко, О. В. Нікіторович // Технічна електродинаміка. - 2012. - № 3. - С. 35-36.
2. Режим доступу: http://forca.com.ua/instrukcii/pidstancii/ekspluataciya-silovyh-ransformatorov_5.html.
3. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х.: Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.

4. Нормативний документ Міненерговугілля України «Укрупнені показники вартості будівництва підстанцій напругою від 6 кВ до 150 кВ та ліній електропередавання напругою від 0,38 кВ до 150 кВ. норми», – СОУ-Н МЕН 45.2-37471933-44: 2011. – Київ, 2016, – 42с.
5. Лук'яненко Ю.В., Остапчук Ж.І., Кулик В.В. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні. – Вінниця: ВДТУ, 2002.
6. Остапчук Ж.І., Кулик В.В., Видмиш В.А. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Електричні системи і мережі». – Вінниця: ВНТУ, 2004.
7. Остапчук Ж.І., Тептя В.В. Моделювання розвитку електричних систем в прикладах і задачах. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 97 с.
8. Вдосконалення методів і засобів *діагностування* високовольтних вимикачів : Монографія / О. Є. Рубаненко. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 188 с.
9. International Standard «High-voltage test techniques – Partial discharge measurements» – IEC 60270,
10. Застосування технології ЧР в діагностиці ізоляції / Claude Kane, Alexander Golubev. <http://www.partial-discharge.com> 5.
11. Технічне діагностування, випробування та вимірювання електрообладнання в умовах монтажу, налагоджування і в експлуатації. / Р.М. Гобрей, Г. В. Шинкаренко, Г. М. Коліушко Г. М., Коліушко Д. Г., Болдирев О. М., - К.: «ДП НТУКЦ», – 2011. – 1008 с.
12. Смагло І. І., Рубаненко І.О. Дослідження результатів моніторингу результатів паперово-оливної ізоляції конденсаторного типу високовольтного обладнання електростанції 750 кВ «Вінницька». Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 09-11 квітня 2013 р. – Кременчук, КрНУ, 2013. – С. 188 – 190.

Бойко Оксана Олексіївна - студентка групи ЕСМ-21м, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: obojko336@gmail.com.

Юлія Володимирівна Малогулко — к.т.н., доцент кафедри електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Juliya_Malogulko@ukr.net.

Bojko O. Oksana - student of group ESM-21m, faculty of Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: obojko336@gmail.com.

Juliya V. Malogulko — Ph.D., Assistant Professor of electrical stations and systems department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail : Juliya_Malogulko@ukr.net