

КОМБІНОВАНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ НАДІЙНОСТІ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З РОЗПОДІЛЕНИМ ГЕНЕРУВАННЯМ НА БАЗІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі досліджено відомі методи аналізу надійності, що використовуються для оцінювання здатності роботи розподільних електричних мереж. Запропоновано комбінований метод оцінювання функціональної надійності з використанням геоінформаційних систем в мережах з розосередженим генеруванням.

Ключові слова: розосереджене генерування, функціональна надійність, електричні мережі.

Abstract

In this work the known methods of reliability analysis used to evaluate operability distribution electrical grids. A combined functional reliability evaluation method using GIS networks with dispersed generation .

Keywords: dispersed generation , functional reliability , power network.

Вступ

Розподільна електрична мережа є складним об'єктом, який містить елементи з різними функціональними параметрами та характеристиками – трансформаторні підстанції, кабельні та повітряні лінії електропередач, тощо. Якість функціонування (готовність до надійного постачання електричною енергією належної якості) такого об'єкту залежить від надійності кожного елемента, узгодженості їхніх параметрів та структурних зв'язків між ними [1]. Визначальним тут є наявність джерел електроенергії та їхні технічні характеристики. Згідно з сучасними тенденціями розвитку електричних систем збільшується частка децентралізованого генерування енергії, а розподільні електричні системи у сукупності з РДЕ розглядаються як локальні електричні системи. [2]

Зі збільшенням кількості РДЕ збільшується частка нестабільних джерел енергії, відповідно точність методів, та кількість параметрів які мають контролюватися під час дослідження надійності електричної мережі збільшується.

Головною функцією енергосистеми є – безперервна передача якісної електроенергії споживачам. Здатність системи надавати достатній запас електричної енергії, як правило, називають надійністю. Поняття надійності електричної системи дуже широке і охоплює всі аспекти здатності системи задовольнити вимоги замовника. [3]

Метою роботи дослідження наявних методів аналізу надійності розподільних ЕМ та розроблення комбінованого методу для оцінювання функціональної надійності розподільних мереж з РДЕ з використанням геоінформаційних систем.

Існуючі методи аналізу надійності електричних систем та їх недоліки

Існує багато методів дослідження надійності електричної мережі, серед них: метод блок-схем, метод Маркова, сегментний метод, метод дослідження надійності відносно добового графіка навантаження.

Але більшість методів розроблялося для дослідження надійності систем з централізованим електропостачанням, тому постає питання вдосконалення методів дослідження надійності для джерел з розосередженим генеруванням.

Розглянемо метод блок-схем для аналізу надійності [4], так як цей метод дозволяє ефективно проаналізувати надійність ЛЕП. Для прикладу візьмемо схему 10 кВ зображену на рисунку 1.

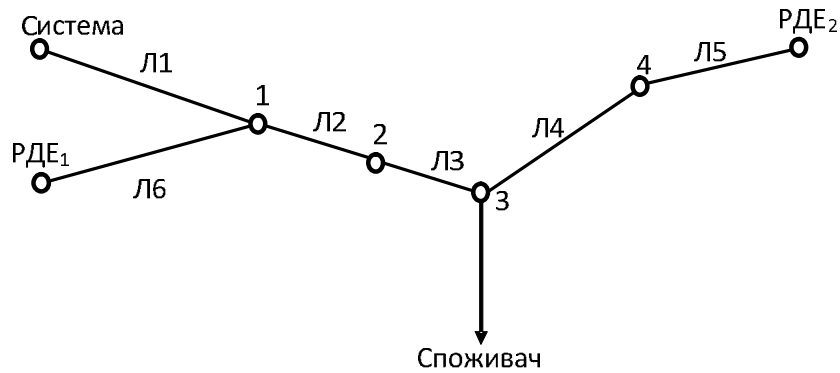


Рисунок 1. Приклад електричної мережі 10 кВ

За даним методом кожна ділянка ЛЕП замінюється своїм блоком надійності з відповідними параметрами:

- $\omega; T_{\omega} \rightarrow \kappa_{\omega}$ (коефіцієнт вимушеного простою);
- $\mu; T_{\mu} \rightarrow \kappa_{\mu}$ (коефіцієнт планового ремонту).

На рисунку 2 показано заступну схему заміщення для наведеної мережі 10 кВ.

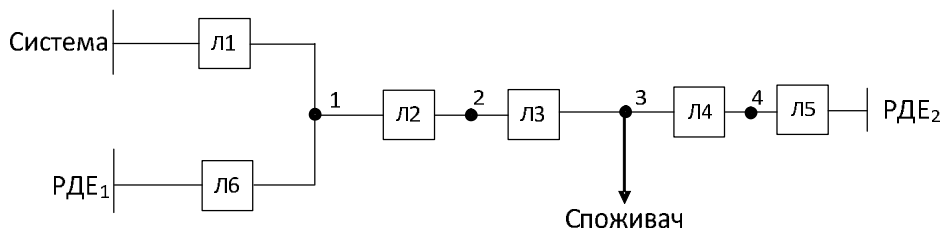


Рисунок 2. Заступна схема електричної мережі 10 кВ

Спрощення схеми здійснюються на основі формул наведених нижче [7]. Для n – послідовних включень блоків:

$$\begin{cases} \omega = \sum_{i=1}^n \omega_i \\ T_{\omega} = \frac{1}{\omega} \sum_{i=1}^n T_{\omega i} \omega_i \end{cases} \Rightarrow \kappa_{\omega} = \frac{T_{\omega} \omega}{8760} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \mu = \sum_{i=1}^n \mu_i \\ T_{\mu} = \frac{1}{\mu} \sum_{i=1}^n T_{\mu i} \mu_i \end{cases} \Rightarrow \kappa_{\mu} = \frac{T_{\mu} \mu}{8760} \quad (2)$$

Даний метод надійності не враховує добові зміни навантаження, що робить його непридатним для аналізу функціональної надійності електричних мереж з РДЕ.

Для аналізу надійності з урахуванням добового графіка навантаження використовується метод, що побудований на аналізі різниці між генеруванням та навантаженням електроенергії в мережі [1].

Цикл навантаження за період ϵ випадковою послідовністю рівнів навантаження, де N є фіксоване число. Типовий добовий графік навантаження представлений на рисунку 3.

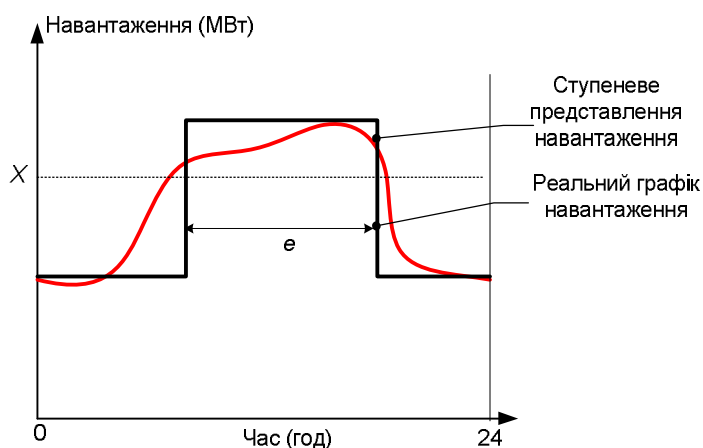


Рисунок 3. Типовий добовий графік навантаження

Необхідні параметри для визначення моделі навантаження:

- кількість піків навантаження – N ;
- піки навантаження – $L_i, i=1 \dots N$, при цьому $L_1 > L_2 > \dots > L_n$;
- мінімальне навантаження – L_0 ;
- кількість переходів на пікове навантаження – $n(L_i), i=1 \dots N$;

Період визначається за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^N n(L_i) \quad (3)$$

В таблиці 1 наведено формули для визначення параметрів типового добового графіка навантаження:

Таблиця 1 – Параметри типового графіка навантаження

	Пікове навантаження L_i	Мінімальне навантаження L_0
Середня тривалість	E	$e-1$
Імовірність виникнення	$p(L_i) = \frac{n(L_i)}{D} \cdot e$	$p(L_0) = 1 - e$
Швидкість зростання навантаження	$\lambda_+(L_i) = 0$	$\lambda_+(L_0) = \frac{1}{1-e}$
Швидкість зниження навантаження	$\lambda_-(L_i) = \frac{1}{e}$	$\lambda_-(L_i) = 0$
Частота зміни навантаження	$f(L_i) = \frac{n(L_i)}{D}$	$f(L_i) = 1$

Поєднання дискретних рівнів наявних потужностей і дискретних рівнів попиту системи або навантаження створює набір резерву електроенергії m_k . Резерв визначається як різниця між доступною потужністю і навантаженням системи. Негативне значення показує стан, в якому навантаження системи перевищує генерування, вважається що це стан відмови системи. Задовільним вважається стан коли різниця між генерованою потужністю і навантаженням є додатною. Резерв m_k представляє собою різницю навантаження L_i і нарощування навантаження C_n , запас по потужності.

$$m_k = C_n - L_i \quad (4)$$

Швидкості переходу, пов'язана з резервом, визначається за формулами:

$$\lambda_{+m} = \lambda_{+C} + \lambda_{-L} \quad (5)$$

$$\lambda_{-m} = \lambda_{-C} + \lambda_{+L} \quad (6)$$

Ймовірність стану границі є результатом генерування та навантаження в мережі, визначається за формуло:

$$P_k = P_n \cdot P_i \quad (6)$$

Частота зіткнення графіка m_k з границею потужності залежить від стану границі:

$$f_k = p_k (\lambda_{+k} + \lambda_{-k}) \quad (7)$$

Отримавши індивідуальні ймовірності та частоти переходів станів, сукупні значення можуть бути отримані шляхом об'єднання ситуацій, які мають однакові границі потужності m_k :

$$P_k = \sum_{i=1}^s P_i \quad (8)$$

$$f_k = \sum_{i=1}^s f_i \quad (9)$$

$$\lambda_{\pm k} = \frac{\sum_{i=1}^s P_i \cdot \lambda_{\pm j}}{P_k} \quad (10)$$

Недоліком такого підходу є те, що тут не враховано фактор зміни конфігурації мережі. Наприклад, не можна оцінити надійність функціонування мережі після від'єднання ділянки мережі з РДЕ на період часу коли добовий графік навантаження досягає свого мінімального, або максимального значення.

Вдосконалення методу аналізу функціональної надійності розподільних електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії

Зі збільшенням кількості розосереджених джерел енергії (РДЕ) збільшується частка нестабільних джерел енергії, відповідно точність методів, та кількість параметрів які мають контролюватися під час дослідження надійності збільшується. Постає питання вдосконалення методів визначення параметрів електричної мережі. Існує багато методів для уточнення параметрів ЛЕП, але основний фактор який впливає на точність є довжина ЛЕП. На сьогоднішній день більшість ЕМ мають застарілі схеми розподільних мереж 10 кВ. Які уточнюються шляхом обходів майстрів бригад відповідних дільниць. При обходах використовують методи 40 річної давності. Що суттєво впливає на точність отриманих даних. Більш точні дані можна отримати за допомогою використання ГІС-технологій з прив'язкою до місцевості. Використовуючи прилади для фіксування GPS-координат з подальшим перенесенням їх на карту. На основі GPS-координат отримують адекватні дані які є точнішими по відношенню до даних отриманих шляхом збирання даних з паспортів ЛЕП.

Для дослідження надійності електричних систем з РДЕ скомбінуємо метод блок-схем та метод дослідження надійності на основі добового графіка надійності. Для уточнення даних про схему ЕМ в період доби який досліджується будемо використовувати ГІС. Алгоритм визначення надійності електросистем з РДЕ подано на рисунку 4.

1. Виконується збір даних на основі попередньої доби;
2. Використовуючи добові графіки споживання електроенергії визначається необхідна кількість електроенергії для кожного споживача;
2. Використовуючи добові графіки генерування сонячними та гідроелектростанціями визначається частка покриття споживання електроенергії;
4. Використовуючи інформацію, одержану в пунктах 2 та 3 уточнюється схема електричної мережі. В результаті чого визначаються схеми постачання електроенергії для кожно періоду доби. Для уточнення параметрів ліній електропередач використовується геоінформаційна система;

5. Використовуючи уточнену схему електропостачання для кожного періоду доби визначається коефіцієнт надійності відносно добового графіка навантаження;

6. Використовуючи уточнені схеми електропостачання для кожного періоду доби визначається коефіцієнт надійності за методом блок-схем;

7. На основі методу Байеса [4] виконаємо комбінування коефіцієнтів надійності та отримаємо сумарний показник надійності;

Наведений алгоритм дозволяє більш точно визначити коефіцієнт надійності за рахунок уточнення вхідних параметрів та комбінування двох методів визначення надійності.

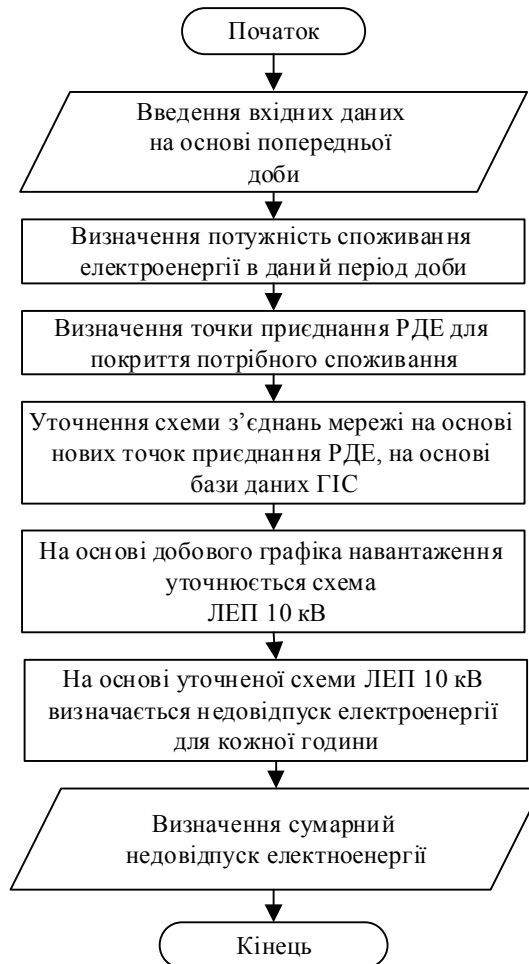


Рисунок 4. Варіанти зміни електричної мережі 10 кВ, в залежності від часу

Використовуючи запропонований алгоритм було розраховано погодинний графік недовідпуску електроенергії для електромереж з централізованим та комбінованим електропостачанням. Як видно з рисунку 5, наявність джерел розосередженого генерування крім забезпечення надходжень від реалізації електроенергії дозволяє підвищувати функціональну надійність електромереж.

Практичні розрахунки показали, що сумісна експлуатації а електромережах відновлюваних джерел енергії (у даному випадку СЕС та ГЕС, потужність яких співмірна з місцевим електроспоживанням) дозволяє зменшити збитки від недовідпуску електроенергії споживачам майже на 100 тис. грн. на рік. для одного фідера з середнім навантаженням близько 300 кВт.

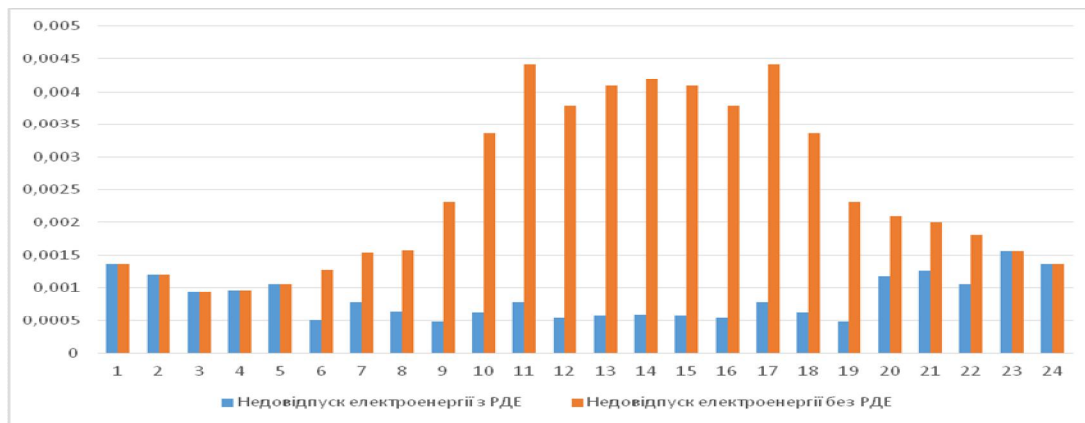


Рисунок 5. Погодинний графік неповідпуску електроенергії

Висновки

Відповідно до сучасних тенденцій розвитку електричних систем збільшується частка децентралізованого генерування енергії. Розподільні ЕМ у сукупності з розосередженими джерелами енергії (РДЕ) набувають ознак локальних електричних систем (ЛЕС). Виходячи з цього, висувуються нові вимоги щодо методів оцінювання функціональної надійності, а також складу та періодичності оновлення параметрів електричних мереж для її адекватного дослідження.

Проаналізувавши сучасні методи аналізу надійності було виявлено ряд недоліків і запропоновано комбінований метод який, на відміну від відомих, враховує добовий графік навантаження та зміну схеми транспортування електричної енергії в залежності від режиму роботи РДЕ.

Встановлено, що запропонований підхід дозволяє підвищити адекватність оцінювання функціональної надійності за допомогою комбінування методів визначення надійності та уточнення вхідних даних за допомогою геоінформаційної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Надійність електричних мереж / П.П. Рожков, С.Е. Рожкова// Харків – ХНАМГ – 2007
2. Козирський В. В. Інтеграція поновлюваних джерел енергії в розподільні електричні мережі сільських регіонів / В. В. Козирський, Ю. І. Тугай, В. М. Бодунов, О. В. Гай // Технічна електродинаміка. – 2011. – №5. – С. 63–67. – ISSN 0204– 3599.
3. Надежность электроснабжения как инструмент регулирования отношений между поставщиками и потребителями энергии [Электронный ресурс] / В.В.Воротницкий // "Энергия и Менеджмент" журнал для энергетиков 3(48), 2009 – Режим доступа до ресурсу: http://web-energo.by/page.php?form_id=569.
4. Сачанюк-Кавецька Н.В., Педорченко Л.І., Дубова Н.Б. Елементи теорії ймовірностей та математичної статистики. Частина 1. Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2008. -108 с.
5. Лежнюк П. Д. Підвищення якості функціонування локальних електричних систем за рахунок відновлювальних джерел енергії / П. Д. Лежнюк, О. А. Ковальчук, В. О. Комар // Відновлювана енергетика XXI століття: XII міжнарод. наук.-практ. конф.: матеріали конференції. – Крим, 2011.– С. 52–55.
6. Лежнюк П. Д. Оцінка якості оптимального керування критеріальним методом / П. Д. Лежнюк, В. О. Комар. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 108 с. – ISBN 966-641-201-2.
7. Гук Ю. Б. Теория надежности в электроэнергетике: [Учебное пособие для вузов] / Ю. Б. Гук– Л.: Энергоатомиздат. Ленингр.отд-ние, 1990 – 208 с.

Кириченко Василь Федорович — аспірант факультету електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kirichenkovf@inbox.ru;

Науковий керівник: **Кулик Володимир Володимирович** — д-р техн. наук, доцент, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Kyrychenko Vasyl F. — Post-graduate student of the Faculty of Electric Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia, email : kirichenkovf@inbox.ru;

Supervisor: **Kulyk Volodymyr V.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor of the Chair of Power Stations and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.