УДК 621.311.1.018.3

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ НА ЯКІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОКАЛЬНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Лежнюк П. Д.[1], Комар В. О.[1], Собчук Д. С.[2]

[1]Вінницький національний технічний університет,
[2]Луцький національний технічний університет

Запропоновано математичну модель показника якості функціонування локальної електричної системи, яка враховує балансову надійність та якість напруги. За запропонованим показником виконано оцінювання впливу відновлюваних джерел електричної енергії на функціональну готовність розподільної електричної мережі забезпечити надійне і якісне електропостачання.

Постановка проблеми. Використання відновлюваних джерел енергії на сьогодні є важливим напрямком розвитку енергетики України як з економічних, так і з політичних міркувань. З одного боку рівень забезпеченості власними первинними енергоносіями не дозволяє говорити про енергетичну незалежність країни, а з іншого – Україна має великий потенціал у галузі відновлюваної енергетики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні намітився і реалізується на практиці поступовий перехід від суто централізованої моделі електропостачання споживачів, основою якої є потужні теплові та атомні електричні станції, до комбінованої, коли частина електроенергії виробляється розосередженими джерелами (РДЕ). Вони працюють безпосередньо у розподільних електричних мережах, розвантажуючи тим самим магістральні мережі. Розподільні електричні мережі при цьому набувають риси локальної електричної системи (ЛЕС).

Оскільки електричні мережі енергосистем проектувалися і споруджувалися за умов централізованого електропостачання, то розбудова в них РДЕ породжує нові нехарактерні для минулого періоду проблеми і задачі. Вони зумовлені, в першу чергу, нестабільністю генерування відновлюваних джерел електроенергії (ВДЕ) через природну залежність їх від навколишнього середовища. Тому виникає необхідність у оцінюванні впливу ВДЕ на функціональну готовність розподільних електричних мереж. Оскільки розподільні електричні мережі в поєднанні з РДЕ ведуть себе як ЛЕС, то необхідно оцінити якість їх функціонування, тобто оцінити готовність системи забезпечити споживачів надійним і якісним електропостачанням.

Мета статті. Метою статті є побудова математичної моделі показника якості функціонування ЛЕС, за яким можливо виконати оцінювання впливу ВДЕ на функціональну готовність розподільних електричних мереж.

Основні матеріали дослідження. Основні функції ЛЕС – забезпечення надійного та якісного електропостачання. Для забезпечення надійного електропостачання система має забезпечити відповідний рівень структурної та функціональної надійності [3]. ВДЕ впливає на балансову надійність, складову функціональної надійність. Під балансовою надійністю розуміють баланс виробництва і споживання електричної енергії без врахування обмежень з її передачі. Через свою нестабільність ВДЕ створює неоднозначний вплив на балансову надійність. На рис. 1 показано зміну добового графіка навантаження ЛЕС і добовий графік роботи ВДЕ. Аналіз добових графіків дозволяє говорити про неспівпадання максимумів генерації ВДЕ і навантаження, що негативно впливає на забезпечення балансу. Нарощування потужностей ВДЕ частково може покращити балансову надійність, але це може негативно вплинути на якість напруги. Неоднозначний вплив ВДЕ можна врахувати в показникові якості функціонування шляхом введення коефіцієнта забезпечення балансу за потужністю:

$$k_{зі} = 1 - \frac{M\left(P_г - P_н\right)_i}{M\left(P_н\right)_i} \ , \qquad (1)$$

де $M\left(P_i\right)$ – математичне очікування споживання; $M\left(P_г - P_н\right)$ – математичне очікування відповідності споживання генеруванню; i – номер доби в році.

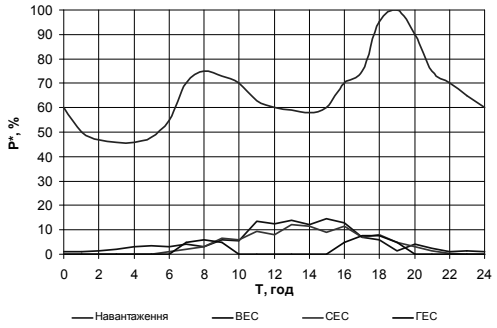

Рисунок 1 – Графік роботи ВДЕ в ЛЕС

В залежності від співвідношення генерованої потужності ВДЕ і споживаної потужності на фідері, до якого підключено джерело, якість напруги може змінюватись. Тому в показникові якості функціонування необхідно врахувати якість напруги. Пропонується ввести коефіцієнт якості напруги:

$$k_{нi} = \prod_j p_{Uij} \ , \qquad (2)$$

де j – номер вузла навантаження; p_{Uij} – імовірність знаходження відхилення напруги у вузлі j в межах норми протягом доби i.

Імовірність p_{Uij} можна визначити за формулою:

$$p_{Uij} = \frac{t_2 - t_1}{24}.$$

Спосіб визначення часових проміжків t_1 та t_2 ілюструється на рис. 2.

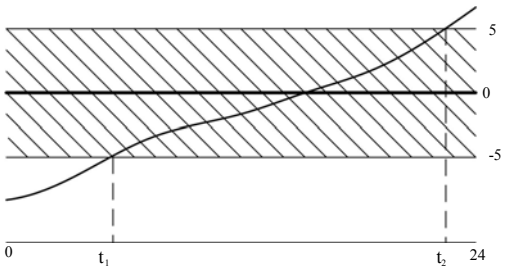

Рисунок 2 – Графік зміни відхилення напруги у вузлі протягом доби і область нормативних меж їх зміни

З врахуванням запропонованих коефіцієнтів показник якості функціонування ЛЕС буде мати вид:

$$k_я = \sum_{i=1}^{365} p_i \cdot k_{зі} \cdot k_{ні}\ , \qquad (3)$$

де p_i – імовірність появи події (в цій задачі $p_i = \frac{1}{365}$).

Показник якості функціонування ЛЕС приймає значення в межах від 0 до 1. З аналізу зміни коефіцієнтів, які входять в $k_я$, зрозуміло, що чим ближче значення показника до 1, тим більша функціональна готовність ЛЕС забезпечувати надійне і якісне електропостачання споживачів.

Оцінювання впливу ВДЕ за показником якості функціонування.

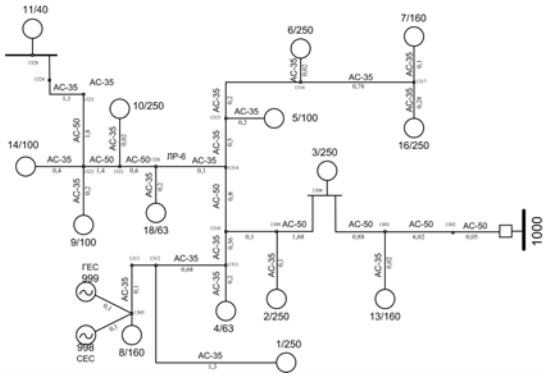

Рисунок 3 – Фрагмент схеми ЛЕС

Виконаємо оцінювання показника якості функціонування для фрагменту розподільної електричної мережі з сонячною електричною станцією (СЕС) приєднаною у вузлі 998 та малою ГЕС приєднаною у вузлі 999 (див. рис. 3), типові добові графіки для навантаження, СЕС та ГЕС показано на рис. 4.

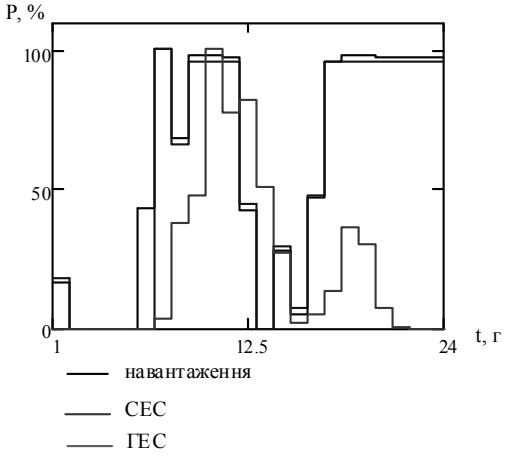

Рисунок 4 – Типові графіки, які використовувались під час розрахунку

Скориставшись статистичними даними за минулий рік проведено розрахунок, результати якого показано на рис. 5 – 7.

Відповідно до рис. 5 максимальне значення, яке може приймати показник якості функціонування, становить 0,58. Пояснюється це значною нестабільністю СЕС. Зниження значення показника після досягнення трикратного перевищення згенерованої потужності над споживанням зумовлене завантаженням мережі і, як наслідок, погіршення якості напруги.

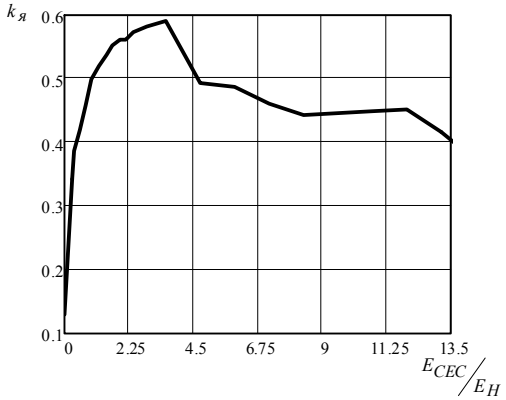

Рисунок 5 – Графік зміни показника якості функціонування від електричної енергії виробленої на СЕС

Більше значення показника якості функціонування під час використання тільки малої ГЕС (див. рис. 6) зумовлено значно стабільнішим режимом генерації і певними можливостями перерозподілу її протягом доби.

Аналіз сумісної роботи СЕС та ГЕС виконувався в залежності від дольової участі ГЕС в генеруванні потужності (див. рис. 7). Розглянуто чотири випадки:

10%, 50%, 100% та 150% від номінальної генерації ГЕС, при цьому потужність СЕС відповідає номінальній.

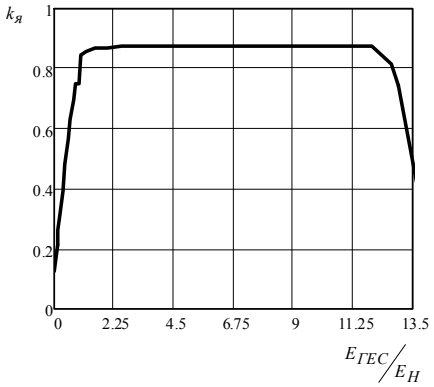

Рисунок 6 – Графік зміни показника якості функціонування від електричної енергії виробленої на ГЕС

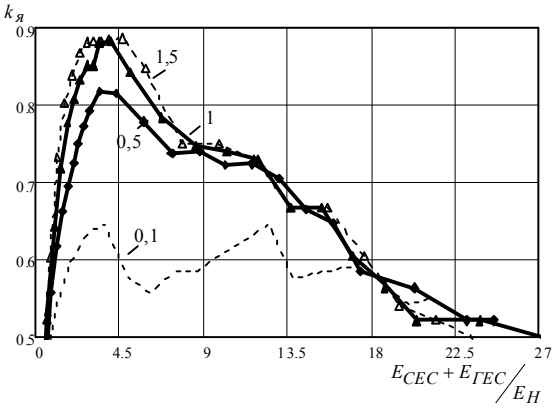

Рисунок 7 – Графік зміни показника якості функціонування від електричної енергії виробленої сумісно на СЕС та ГЕС

За результатами моделювання можна говорити про можливість, під час сумісної роботи, регульованих (ГЕС) та умовно регульованих (СЕС) підтримувати функціональну готовність ЛЕС в певних межах. Так при 10-ти% завантаженні ГЕС вже спостерігається підвищення показника якості функціонування і відносно стабільного його утримання під час подальшого зростання об'єму генерованої електричної енергії СЕС. Зниження показника якості функціонування на проміжку значень аргументу від 4 до 6, а потім зростання (проміжок від 6 до 12) пояснюється негативним впливом СЕС особливо на якість напруги, а потім регулювальним ефектом ГЕС в підтримці графіка споживання. Однак, якщо графік роботи ГЕС диктується графіком споживання, то нарощування потужності ГЕС має сенс лише в певному проміжку, оскільки збільшення потужності призводить до звуження області, в якій ЛЕС може працювати з відповідним рівнем якості функціонування.

Висновки

В статті запропоновано математичну модель показника якості функціонування локальної електричної мережі, який дозволяє врахувати функціональну готовність до забезпечення надійного і якісного електропостачання. Показник дозволяє виконувати оцінювання впливу ВДЕ на функціональну готовність розподільних електричних мереж.

Аналіз результатів оцінювання функціональних можливостей реально існуючої ЛЕС з СЕС та малою ГЕС показав адекватність запропонованої моделі показника якості функціонування.

Крім цього можна зробити висновок про можливість використання даних аналізу для розв'язання проектних задач: визначення доцільних меж розбудови ВДЕ та визначення графіків їх сумісної роботи.

Список використаних джерел

1. Відновлювана енергетика XXI століття: X міжнарод. наук.-практ. конф.: матеріали конференції. – Крим, 2011. – 396 с.

2. Відновлювана енергетика XXI століття: XI міжнарод. наук.-практ. конф.: матеріали конференції. – Крим, 2012. – 405 с.

3. Биллинтон Р. Оценка надежности электроэнергетических систем / Биллинтон Р., Аллам Р.; пер. с англ. В. А. Туфанова; под ред. Ю. А. Фокина. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.

Аннотация

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА КАЧЕСТВО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Лежнюк П. Д., Комар В. А., Собчук Д. С.

Предложено математическую модель показателя качества функционирования локальной электрической системы, которая учитывает балансовую надежность и качество напряжения. По предложенному показателю выполнено оценивание влияния возобновляемых источников электрической энергии на функциональную готовность распределительной электрической сети обеспечить надежное и качественное электропитание.

Abstract

ESTIMATION OF INFLUENCE ON FUNCTION QUALITY OF LOCAL ELECTRICAL SYSTEM OF RENEWABLE SOURCES OF ENERGY

P. Lezhnyuk, V. Komar, D. Sobchuk

A mathematical model of the quality index of functioning local grid system that takes into account security and quality carrying voltage is proposed at the paper. This index performed evaluating the impact of renewable generation on the functional readiness of distribution mains to provide reliable and quality power supply.