

ІНТЕГРАЛЬНИЙ ПОКАЗНИК ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ

Дерев'янюк Д. Г., Масло О. С., Загорський О. М.

*Інститут енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України
"Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського"*

Запропоновано новий інтегральний показник якості електричної енергії в системах електропостачання з використанням відновлювальних технологій.

Постановка проблеми. Встановлення відновлювальних технологій (ВТ) в системі електропостачання (СЕС) має вплив на якість електричної енергії. Такі джерела призводять до збільшення дози флікера, коливання напруги, несинусоїдності напруг та інше, що може відбуватися при зміні потужності генерування або при введенні чи виведенні потужностей до кінцевих споживачів або в розподільні електричні мережі, та через неузгоджену взаємодію між ВТ і регулюючими пристроями.

Аналіз досліджень і публікацій. Провівши аналіз досліджень, можна визначити, що одним з проблемних аспектів використання ВТ в СЕС і накопичувачів, зокрема сонячні електростанції, які повинні бути підключенні до системи перетворювальних напівпровідникових пристроїв (випрямлячі і інвертори) є джерелом наявності гармонійних коливань. Встановлення потужних відновлювальних технологій на основі розосередженої генерації (РГ) досить суттєво впливає на рівні та відхилення напруг в системі електропостачання. В розподільних системах впродовж доби відбувається зміна активного та реактивного навантаження вузлів, що викликає певні відхилення рівня напруги.

У випадку, коли джерела РГ працюють узгоджено з графіком електричних навантажень, тобто їх потужність збільшується чи зменшується відповідно до зміни навантаження у вузлах, вони будуть зменшувати відхилення напруги. Однак, особливість відновлюваних технологій також полягає в залежності їх режиму генерування від природних умов.

Оскільки генерування таких ВТ як фотоелектричні та вітроелектричні станції змінюється протягом доби і не залежить від графіку споживання, то можливі випадки, коли електричні мережі та їх елементи не розвантажуються, а, навпаки, завантажуються. Це пояснюється ще й тим, що часто в години піку генерування сонячної електростанції в загальному графіку навантаження йде спад. Враховуючи те, що такі станції розміщуються поблизу споживачів, це значно збільшує нерівномірність сумарного добового графіка електричних навантажень. [2]

Завдяки нормами на показники якості електроенергії (ЯЕ), які прописані ГОСТ 13109-97 [4] можна побачити в таблиці 1 проблеми якості електричної енергії з використанням ВТ в СЕС [1].

Мета публікації. Проаналізувавши стан якості електричної енергії в системі електропостачання з розосередженою генерацією, обґрунтовано новий інтегральний показник та метод визначення якості еле-

ктричної енергії з використанням відновлювальних технологій, що включає в себе всі показники ЯЕ, відповідно до державних стандартів.

Основні матеріали дослідження. Метою дослідження є оцінка якості електричної енергії в системах електропостачання. Тому, важливим аспектом при розгляді обґрунтування розвитку відновлювальних технологій в системі електропостачання є комплексний підхід до вирішення передачі якісної електричної енергії, при дотриманні показників якості електроенергії, до споживачів.

Щоб пояснити вплив РГ на роботу мережі [3] з урахуванням різних відношень X/R, використаємо найпростішу модель системи з джерелами E і S_{DG}, однією лінією електропередачі та навантаженням S_{LD}.

В моделі, що представлено на рисунку 1, E являє собою джерело напруги, а U є кінцевою напругою споживача. Якщо ми припустимо, що напруга у споживача і струм навантаження відомі, то отримаємо рівняння, що встановлює зв'язок між потужністю РГ і пов'язане з цим зменшення втрат в лінії.

Таблиця 1 - Порухення нормованих значень показників ЯЕ

Проблеми порушення нормованих значень показників ЯЕ			
Порушення ЯЕ	СЕС	ВЕС	МГЕС
Провисання/стрибки напруги		+	+
Падіння / перенапруга		+	
Дисбаланс напруг	+		
Колівання напруги		+	
Гармоніки напруги	+	+	+
Флікер	+	+	
Гармоніки струму	+	+	+
Переривчастий характер генерації	+	+	

Припустимо, що джерело РГ не підключений. Тоді втрати потужності:

$$S_{\text{втрати}} = (E - U) \cdot I^* = (E - U) \cdot (I_{LDa} - jI_{LDr}), \quad (1)$$

де $I_{LD,a}$ та $jI_{LD,r}$ – активна і реактивна складова струму навантаження.

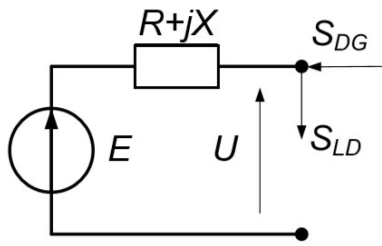


Рисунок 1 – Спрощена модель електричної системи з РГ

Якщо підключене джерело РГ, що виробляє тільки активну потужність ($\cos\phi = 1$), а також, що напруга постійна. Тоді можна побачити, що втрати потужності будуть:

$$S_{\text{втрати}}^{\text{РГ}} = (E - U) \cdot (I_{LD,a} - I_{\text{РГ}} - jI_{LD,r}). \quad (2)$$

Таким чином, наявність РГ знижує втрати потужності на величину:

$$S_{\text{втрати}} - S_{\text{втрати}}^{\text{РГ}} = (E - U) \cdot I_{\text{РГ}}. \quad (3)$$

$$P_{\Delta S} = S_{\text{втрати}} - S_{\text{втрати}}^{\text{РГ}}. \quad (4)$$

При цьому зміна напруги в кінці не враховується, оскільки не є суттєвим для аналізу.

Підводячи підсумок, можна зробити висновок, що впровадження РГ зменшує струм, що протікає через лінію електропередачі, зменшуючи, таким чином, активну, а також реактивну втрати потужності.

Методи отриманні від складових інтегрального показника якості функціонування, розроблені в [2] дозволяють визначити коефіцієнт якості функціонування певного стану, і вираз має такий вигляд:

$$\Phi_i = P_{\delta i} \cdot P_{\Delta P i} \cdot P_{U i} \cdot P_{K i}. \quad (5)$$

Наприклад: вищі гармоніки трансформуються в електричні мережі інших класів напруги і впливають на електричне обладнання, яке віддалене від місця їх генерування. Для компенсації негативного впливу несинусоїдності струмів та напруг необхідно мати повну інформацію щодо їх гармонічного спектру у кожній точці електричної мережі.

Можна визначити несинусоїдність напруги у вузлі по відношенні до базисного за допомогою формули:

$$U_{\Delta V} = \sqrt{3} \cdot C^T \cdot Z_V \cdot C_V \cdot J_{KV}. \quad (6)$$

Після чого можемо визначити імовірність забезпечення якості електричної енергії за несинусоїдності напруг:

$$P_{KV} = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} [\prod_{v=1}^{24} (\prod_{k=1}^m P_{i,v,k} (U_{\text{дк},i,v,k} \leq U_{\text{дк},\text{дон},i,v,k}))]. \quad (7)$$

Проаналізувавши стан якості електричної енергії в СЕП з РГ, яка з кожним роком розвивається та поява інтелектуальних технологій, вона вимагає перегляду з урахуванням всіх показників, тому інтегральний показник ЯЕ має вигляд:

$$\Phi_i = P_{\Delta S} \cdot P_{K i} \cdot P_{\Phi i} \cdot P_{V H, U i} \cdot P_{S U, i} \cdot P_{I-n i} \cdot P_{H C, U i} \cdot P_{f i}. \quad (8)$$

Висновки. Проведений аналіз дає змогу визначити, що важливим аспектом при розгляді впливу відновлювальних технологій в системі електропостачання є їх вплив на якість електричної енергії. Запропонований інтегральний показник ЯЕ дає змогу оцінити цей вплив.

Список використаних джерел

1. Оцінка ефективності сумісної роботи розосереджених джерел генерації електроенергії, включаючи відновлювальні, в електроенергетичних системах [Текст] / Денисюк С. П., Базюк Т. М., Дерев'янку Д. Г. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2013. № 3(80). С. 54–59.

2. Комар В. О. Оцінювання якості функціонування електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії. Магістерська кваліфікаційна робота. Львів : ВНТУ, 2019. 339 с.

3. Федоров Д. В., Федорова А. С. Распределенная генерация электрической энергии: показатели качества и потери мощности. *Наука и молодёжь в XXI веке*. Омск : 2016. С.73-76.

4. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. 30 с.

Анотація

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Дерев'янку Д. Г., Масло А. С., Загорский А.Н.

Предложен новый интегральный показатель качества электрической энергии в системах электроснабжения с использованием возобновляемых технологий.

Abstract

AN INTEGRAL INDICATOR OF THE QUALITY OF ELECTRICITY IN POWER SYSTEMS WITH RENEWABLE TECHNOLOGIES

D. Derevianko, O. Maslo, O. Zahorskyi

A new integral indicator of the quality of electricity in power supply systems using renewable technologies is proposed.