

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМАХ З РІЗНОТИПНИМИ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Лежнюк П. Д., Комар В. О., Кравчук С. В., Котилко І. В., Прокопенко І. О.

Вінницький національний технічний університет

Досліджено можливості складових якості електропостачання які адекватно відображають процеси, що відбуваються в локальних електричних системах.

Постановка проблеми. Національний план дій з відновлювальної енергетики на період до 2020 р., передбачає що частка генерації з відновлювальних джерел енергії в кінцевому енергоспоживанні має сягнути 11% (у 2017 році цей показник трохи не дотягнув до 6%) [1]. Зараз Україна демонструє високі темпи у підписанні договорів на майбутнє приєднання ВДЕ, але це продукує великі ризики для застарілої енергосистеми [2]. При цьому об'єкти вітрових і фотоелектричних станцій (ВЕС та ФЕС) складають 92% введених потужностей, а середня одинична потужність введених в цей час об'єктів електроенергетики складає 3 МВт. Встановлена потужність ВЕС та ФЕС в Україні сумарно складає 1353 МВт (512 та 841 МВт відповідно), ці потужності майже не впливають на баланс електроенергії, проте їхні відхилення від запланованої генерації однаково компенсуються маневровими потужностями. Системний оператор, у своєму дослідженні, наголошує, що ФЕС та ВЕС з точки зору стабільності електропостачання – ненадійні. Відхилення від планових графіків протягом доби складає понад 450 МВт при встановленій потужності 1217 МВт. Ще однією специфікою встановлення відновлювальних джерел енергії є їх нерівномірне розміщення по всій Україні. Таким чином, наявність одного потужного джерела до 3 МВт або декількох менш потужних до 0.5 МВт, що під'єднані до однієї підстанції розподільної електричної мережі (РЕМ), дають можливість розглядати РЕМ як локальну електричну систему (ЛЕС). Отже, споживачі ЛЕС можуть отримувати електричну енергію від встановлених в ній відновлювальних джерел енергії. Такі джерела будуть впливати на режимні параметри роботи електричної мережі та надійнісні показники її функціонування. Тому для оцінювання якості функціонування в тому числі і ЛЕС, в Постанові НКРЕКП від 14.03.2018 № 312, стосовно правил роздрібного ринку електричної енергії, дається поняття якості електропостачання, а саме, якість електропостачання - перелік визначених НКРЕКП показників, які характеризують рівень надійності електропостачання, комерційної якості надання послуг з передачі, розподілу та постачання електричної енергії, а також якість електричної енергії.

Метою статті є аналіз основних складових якості функціонування локальних електричних систем з різнотипними РДЕ з огляду на їх дотримання під час відновлення електропостачання в них при втраті централізованого живлення.

Матеріали дослідження. Розглянемо декілька основних способів живлення споживачів ЛЕС:

– коли генерована потужність ВДЕ подається на шини підстанції 110/10кВ і від неї окремою лінією живляться споживачі;

– потужність від ВДЕ напряму подається споживачам ЛЕС;

– споживачі ЛЕС живляться одночасно і від ВДЕ і від підстанції;

– в разі надлишку потужності ВДЕ після задоволення потреб в електроенергії споживачів ЛЕС потужність передається до підстанції 110/10кВ.

Таким чином, одним з можливих режимів роботи ЛЕС, є режим при якому централізована система електропостачання паралельно з різнотипними відновлювальними джерелами енергії заживлює споживачів ЛЕС. Для дотримання вимог по забезпеченню якості електричної енергії (в даному випадку мова йде про відхилення напруги, відповідно до нормативу 5% та коефіцієнтів спотворення гармонік напруги та струму (THD-F, THD-R) відповідно не більше 3%) та показників по надійності та безперебійності живлення, згідно стандарту IEEE 1366-2012 [3], необхідно розробити додаткову систему керування потужністю ВДЕ та узгодження з графіком навантаження ЛЕС.

System Average Interruption Frequency Index / Показник середньої частоти відмов

$$SAIFI = \frac{\sum N_i}{N_T}, \quad (1)$$

де N_i – кількість перерв в електропостачанні споживачів за звітний період;

N_T – загальна кількість споживачів в електричній мережі.

System Average Interruption Duration Index / Показник середньої тривалості відмов

$$SAIDI = \frac{\sum r_i N_i}{N_T}, \quad (2)$$

де r_i – час відновлення електропостачання;

N_i – кількість перерв в електропостачанні споживачів за звітний період;

N_T – загальна кількість споживачів в електричній мережі.

Customer Average Interruption Duration Index. Показник середньої тривалості відмов окремих споживачів

$$CAIDI = \frac{\sum r_i N_i}{\sum N_i}, \quad (3)$$

де r_i – час відновлення електропостачання;

N_i – кількість перерв в електропостачанні споживачів за звітний період;

Customer Total Average Interruption Duration Index / Показник кількості споживачів, що мають перерви в електропостачанні

$$CTAIDI = \frac{\sum r_i N_i}{CN}, \quad (4)$$

де r_i – час відновлення електропостачання;

N_i – кількість перерв в електропостачанні споживачів за звітний період;

CN – загальна кількість споживачів, які втрачали живлення протягом звітного періоду.

Customer Average Interruption Frequency Index / Показник середньої частоти відмов

$$CAIFI = \frac{\sum N_i}{CN}, \quad (5)$$

де N_i – кількість перерв в електропостачанні споживачів за звітний період;

CN – загальна кількість споживачів, які втрачали живлення протягом звітного періоду.

Average Service Availability Index / Показник готовності надання послуг

$$ASAI = \frac{N_T \times N_h - \sum r_i N_i}{N_T \times N_h}, \quad (6)$$

де r_i – час відновлення електропостачання;

N_i – кількість перерв в електропостачанні споживачів за звітний період;

N_T – загальна кількість споживачів в електричній мережі;

N_h – у не високосний рік 8760 годин та 8784 у високосний.

Customers Experiencing Multiple Interruptions / Кількість споживачів, що мають багатократні перерви в електропостачанні

$$CEMI = \frac{CN_{(k>n)}}{N_T}, \quad (7)$$

де CN – загальна кількість споживачів, які втрачали живлення протягом звітного періоду;

k – кількість перерв живлення споживача за звітний період;

N_T – загальна кількість споживачів в електричній мережі;

Average System Interruption Frequency Index / Показник середньої частоти відмов по навантаженню

$$ASIFI = \frac{\sum L_i}{L_T}, \quad (8)$$

де L_i – підключене навантаження kVA переривається для кожної події переривання;

L_T – загальне підключене навантаження kVA, що надається.

Average System Interruption Duration Index / Показник середньої тривалості відмов

$$ASIDI = \frac{\sum r_i L_i}{L_T}, \quad (9)$$

де r_i – час відновлення електропостачання;

L_i – підключене навантаження kVA переривається для кожної події переривання;

L_T – загальне підключене навантаження kVA, що надається.

Momentary Average Interruption Frequency Index / Показник частоти короткочасних відмов

$$MAIFI = \frac{\sum IM_i N_{mi}}{N_T}, \quad (10)$$

де IM_i – кількість споживачів в яких відбулась короткострокова перерва в електропостачанні;

N_{mi} – кількість споживачів, в яких відбулось переривання в електропостачанні за кожен аварій в електричній мережі;

N_T – загальна кількість споживачів в електричній мережі.

Momentary Average Interruption Event Frequency Index / Показник подій, що спричинили короткочасні відмови

$$MAIFI_E = \frac{\sum IM_E N_{mi}}{N_T}, \quad (11)$$

де IM_E – кількість споживачів в яких електричній мережі яких відбулась короткострокова аварія, що призвела до їх відключення;

N_{mi} – кількість споживачів, в яких відбулось переривання в електропостачанні за кожен аварій в електричній мережі;

N_T – загальна кількість споживачів в електричній мережі.

Customers Experiencing Multiple Sustained Interruption and Momentary Interruption Events / Кількість споживачів що одночасно мають тривалі та короткочасні відмови

$$CEMSMI_n = \frac{CNT_{(k>n)}}{N_T}, \quad (12)$$

де $CNT_{(k>n)}$ – загальна кількість споживачів, в яких було більше ніж n довгострокових та короткострокових перерв в електропостачанні;

N_T – загальна кількість споживачів на даному районі.

Розрахунковий обсяг недовідпущеної електроенергії, кВт год (далі – ENS) розраховується за формулою (13) як сума добутків кількості відключених точок продажу електричної енергії на тривалість довгої перерви та на середнє споживання електроенергії на відповідному рівні напруги

$$ENS = \sum_{l=1}^6 \sum_{i=1}^k \frac{n_i^{z_l} \cdot t_i \cdot Q^{z_l}}{43800}, \quad (13)$$

де z_l – ознака рівня напруги та відповідності території;

i – номер довгої перерви в електропостачанні, $i = 1, 2, \dots, k$, $n_i^{z_l}$ – кількість точок продажу електричної енергії, відключених внаслідок i -го довгого переривання з z -ю ознакою рівня напруги та відповідної території;

t_i – тривалість i -ї довгої перерви в електропостачанні;

Q^{z_l} – середньомісячне споживання електричної енергії в попередньому році на одну точку продажу електричної енергії з z_l -ю ознакою рівня напруги та відповідної території, тис. кВт·год, 43800 – звітний період часу (середньомісячний за рік), перерахований у хвилинах.

Розглянуті показники надійності електропостачання (1-13), дозволяють характеризувати одну з складових частин якості електропостачання. Проте, таких показників досить багато і розбіжності між ними часто залежать від одиниць вимірювання звітного періоду (хвилини або години) або обчислення одного показника, наприклад, SAIDI дозволяє говорити про відповідність нормативу показника середньої тривалості відмов окремих споживачів (CAIDI, STAIIDI) та показника середньої тривалості відмов (ASIDI). А аналіз показника SAIFI, дає базову інформацію про показники середньої частоти відмов (ASIFI та CAIFI) і т.д. Виходячи з цього, пропонується використання лише основних показників надійності (ПН) – SAIFI, SAIDI, ENS, MAIFI, в разі необхідності можна також скористатися, показниками експлуатаційної готовності (ASAI) та експлуатаційного простою обладнання (ASUI) [3]. Використання даних показників, для оцінювання надійності роботи локальних елект-

ричних систем, як складових електричних мереж, обумовлено ще і тим, що показники ASAI та ASUI дозволяють оцінити збитки власників станції на базі ВДЕ, наприклад ФЕС, що розміщена поблизу споживачів, в разі недовідпуску електроенергії внаслідок аварії на лінії електропередачі (ЛЕП) на шляху до споживача або до ПС.

Висновки. Для оцінювання надійності електропостачання в тому числі і в локальних електричних системах, пронормовано показники надійності. Серед перелічених показників (1-13), до уваги варто брати ті, які більш інформативні та такі що слугують базою для визначення похідних від них, до таких показників можна віднести: SAIFI, SAIDI, ENS, MAIFI.

Список використаних джерел

1. Lezhniuk, P. D. The influence of distributed power sources on active power loss in the microgrid / Petro Lezhniuk, Iryna Hunko, Sergiy Kravchuk, Paweł Komada, Konrad Gromaszek, Assel Mussabekova, Nursanat Askarova, Abenar Arman // Przegląd Elektrotechniczny. – R. 93. – NR 3/2017. – P. 107–112.

2. Burykin O. B. Optimization of the functioning of the renewable energy sources in the local electrical systems / O. B. Burykin, Ju. V. Malogulko, Yu. V. Tomashevskiy, P. Komada, N. A. Orshubekov, M. Kozhamberdiyeva, A. Sagymbekova // Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, R. 93 NR 3. – 2017 P. 97-102

3. IEEE Standard 1366-2012, "IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices" (revision of IEEE Std. 1366 -2012)

Аннотация

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В ЛОКАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С РАЗНОТИПНЫМИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

Лежнюк П. Д., Комар В. А., Кравчук С. В.,
Котилко И. В., Прокопенко И. А.

Исследованы возможности каждой составляющей качества электроснабжения, которые адекватно отражают процессы, происходящие в локальных электрических системах.

Abstract

EVALUATION OF QUALITY OF ELECTRICAL SUPPLY IN LOCAL ELECTRICAL SYSTEMS WITH DIFFERENT TYPES OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

P. Lezhniuk, V. Komar, S. Kravchuk,
I. Kotlyko, I. Prokopenko

The possibilities of each component of the quality of power supply, which adequately reflect the processes occurring in local electrical systems, are investigated.