

УДК 621.311

doi:10.20998/2413-4295.2018.45.04

## ВПЛИВ РОЗОСЕРЕДЖЕНОГО ГЕНЕРУВАННЯ НА НАДІЙНІСТЬ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

П. Д. ЛЕЖНЮК, В. О. КОМАР, С. В. КРАВЧУК\*, І. В. КОТИЛКО

Кафедра електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, УКРАЇНА  
\*e-mail: sv.kravchuk@ukr.net

**АНОТАЦІЯ** Системний оператор у своєму дослідженні наголошує, що СЕС 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). А для локальної електричної системи, ще чітко не сформовані законодавчі акти, згідно яких будуть функціонувати відновлювальні джерела енергії. Джерела розосередженого генерування мають великий потенціал для підвищення продуктивності розподільної електричної мережі, і це слід заохочувати. Однак, конструкція системи розподілу і методи роботи, як правило, на основі радіальних потоків потужності, створюють низку проблем для успішного впровадження розподілених джерел енергії. Для підвищення техніко-економічної ефективності сумісної експлуатації розосереджених джерел електроенергії і розподільних електричних мереж необхідно розв'язати ряд задач, що дозволить збільшити виробництво електроенергії ВДЕ, зменшити втрати електроенергії в розподільних електричних мережах, покращити якість і надійність електропостачання споживачів.

Особливо гостро для розподільних електричних мереж постає питання надійності і безперервності електропостачання. В статті проаналізовано темпи збільшення генерування фотоелектричних станцій в розрізі об'єднаної електроенергетичної системи України та енергопостачальної компанії ПАТ «Вінницяобленерго». Проведено аналіз існуючих нормативних документів, що регламентують роботу фотоелектричних станцій. В рамках розглянутих документів визначено критерії, згідно з якими оцінюється надійність роботи електричних мереж, а саме, тривалість довгих перерв в електропостачанні споживачів електричної енергії SAIDI. Показано взаємозв'язок зміни показників надійності роботи електричних мереж із збільшенням кількості та встановленої потужності відновлювальних джерел енергії, зокрема фотоелектричних станцій.

**Ключові слова:** розосереджені джерела енергії; фотоелектричні станції; електричні мережі; надійність роботи; SAIDI; технічний стан.

## INFLUENCE OF DISPERSED GENERATION ON RELIABILITY OF ELECTRICAL NETWORKS

P. LEZHNIUK, V. KOMAR, S. KRAVCHUK, I. KOTYLKO

Department of power plants and systems, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, UKRAINE

**ABSTRACT** Greater part of renewable sources of energy is represented by solar power plants (SPP). Their operation mode depends on natural conditions of the region, where they are located. That is why the problem of SPP stability estimation is important in the problem of covering the daily schedule of energy consumption. The system operator, in his study, emphasizes that photovoltaic and wind power plants are unreliable in terms of electrical power stability. Deviations from scheduled charts over the course of the day amount to more than 450 MW at a set power of 1217 MW. One more specific feature of the installation of renewable energy sources is their uneven distribution throughout Ukraine. Thus, the presence of one powerful source of up to 3 MW, or several less powerful ones up to 0.5 MW, connected to one substation of the distribution network (REM), makes it possible to consider REM as a local electrical system (LES). And for the local electric system, there are not yet clear legislative acts according to which renewable energy sources will function. Particularly acute for distributive electrical networks is the question of reliability and uninterrupted power supply. The article analyzes the pace of increase in the generation of photovoltaic stations in the context of the combined electricity system of Ukraine and the energy supply company of "Vinnitsyaoblenergo". The analysis of existing normative documents regulating the work of photovoltaic stations is carried out. Within the framework of the considered documents, the criteria for assessing the reliability of the operation of electric networks, namely SAIDI, are the length of long interruptions in the electricity supply of electricity consumers. The interconnection of changes in the reliability indices of electrical networks with the increase in the number and installed capacity of renewable energy sources, in particular photovoltaic stations, is shown. To increase the technical and economic efficiency of joint operation of distributed power sources and distribution electric networks, it is necessary to solve a number of tasks, which will allow to increase electricity generation of RES, reduce electricity losses in distribution electric networks, improve the quality and reliability of electricity supply to consumers.

In order to efficiently exploit distributed energy sources and their integrated use in power grids, especially in the sense of improving the reliability of power supply, it is necessary to develop a method for restoring electricity supply to forest users, with a loss of centralized power supply.

**Keywords:** dispersed energy sources; photovoltaic stations; electrical networks; reliability of work; SAIDI; technical condition.

### Вступ

У 2015 році наша держава однією з перших

ратифікувала Паризьку Кліматичну угоду, тим самим підтвердивши свої наміри та зобов'язання інтегруватись в енергосистему ЄС та провести

енергореформи у рамках вимог III енергетичного пакету, що передбачає в тому числі і створення сприятливих умов для введення нових енергогенеруючих потужностей ВДЕ.

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% [1].

Зараз Україна демонструє найвищі у світі темпи у підписанні договорів на майбутнє приєднання ВДЕ, але це продукує великі ризики для застарілої енергосистеми [2]. Ключовим є те, що, за офіційною інформацією НКРЕКП, в I кв. 2018 р. було введено в експлуатацію 159,4 МВт генеруючи потужностей – 54 об'єктів електроенергетики (у 2,4 рази перевищує потужності, введені в експлуатацію за аналогічний період 2017 р.). При цьому об'єкти 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 станом на середину 2018 року сумарно складає 1353 МВт (512 та 841 МВт відповідно), ці потужності майже не впливають на баланс електроенергії. Їхні відхилення від запланованої генерації компенсуються маневровими потужностями.

У 2017 р. кількість виданих технічних умов і підписаних договорів з НЕК «Укренерго» на приєднання до високовольтних мереж об'єктів «зеленої енергетики», у порівнянні з 2016 р., зросла більш ніж у 30 разів за показником потужності. Це шалені темпи і така тенденція зберігається.

За даними Укренерго, нині вже підписано договорів на приєднання до 2025 р. до мереж установок «зеленої» енергетики потужністю 7426 МВт (ВЕС – 4200 МВт, ФЕС – 3226 МВт, без урахування великих ГЕС та ГАЕС). Проте, об'єднана енергетична система (ОЕС) може прийняти лише до 3 тис. МВт потужностей сонячних та вітрових електростанцій без ризику розбалансування і серйозних змін у своїй структурі.

Системний оператор у своєму дослідженні наголошує, що СЕС та ВЕС з точки зору стабільності [3–6] 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). А для локальної електричної системи, ще чітко не сформовані законодавчі акти, згідно яких будуть функціонувати відновлювальні джерела енергії.

Особливо гостро для розподільних електричних мереж постає питання надійності і

безперебійності електропостачання. Згідно постанови Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) від 12.06.2018 «Про затвердження Порядку забезпечення стандартів якості електропостачання та надання компенсацій споживачам за їх недотримання» [7] визначено показних, що якісно характеризує рівень надійності роботи ЕМ. Але, враховуючи темпи збільшення потужності генерування ВДЕ, зокрема ФЕС, доцільно провести аналіз зміни визначених показників в умовах її зростання.

### Мета роботи

Метою статті є оцінювання впливу генерування фотоелектричних станцій на надійність роботи електричних мереж, враховуючи їх технічний стан.

### Виклад основного матеріалу

Згідно стандарту IEEE 1366-2012 [8] та Постанови НКРЕКП «Про затвердження цільових показників надійності (безперервності) електропостачання на 2018 рік» [9], визначено основні показники надійності роботи електричних мереж, в тому числі і з відновлювальними джерелами енергії, що характеризують кількісно та якісно перерви в електропостачанні.

Класифікація переривань в електропостачанні згідно ДСТУ EN 50160:2014:

а) заплановані, коли споживача заздалегідь інформують про них;

б) аварійні, які спричинено тривалими чи короткочасними короткими замиканнями, які найчастіше є наслідками зовнішніх подій, виходу з ладу обладнання чи стороннього втручання в його роботу. Випадкові перериви класифікують як:

1) довгі переривання (довше ніж три хвилини);

2) короткочасні переривання (включно до трьох хвилин).

– System Average Interruption Duration Index /Показник середньої тривалості відмов

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

де  $r_i$  – час відновлення електропостачання,  $N_i$  – кількість перерв в електропостачанні споживачів за звітний період,  $N_T$  – загальна кількість споживачів в електричній мережі.

Зростання частки генерування відновлювальних джерел енергії, для прикладу аналізуються тільки ті, що мають найбільший приріст потужності, а саме вітрові та фотоелектричні станції (рис. 1) вражають.

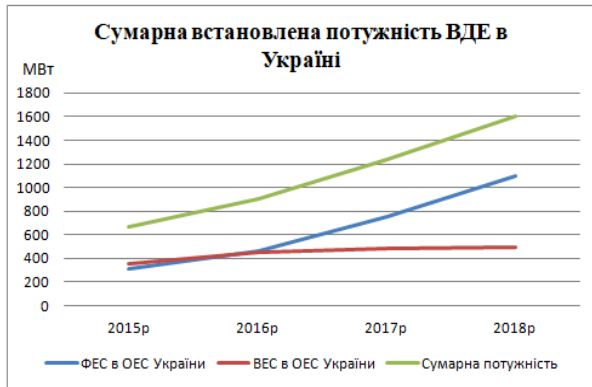
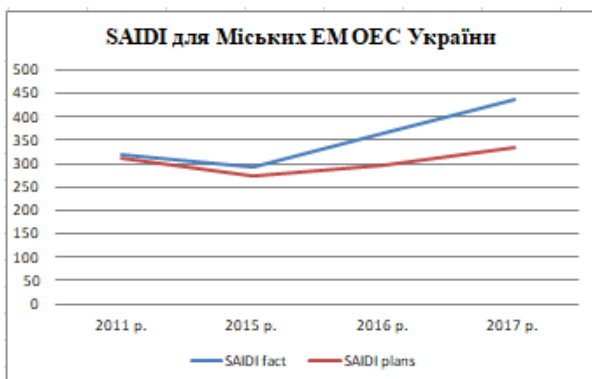
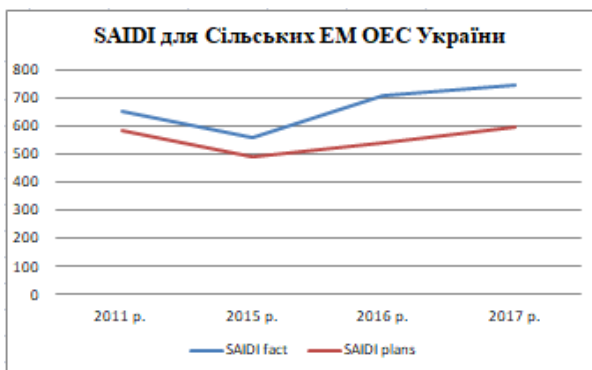


Рис. 1 – Динаміка зміни потужності генерування відновлювальних джерел енергії в ОЕС України

На початок 2015 року сумарна встановлена потужність ФЕС дорівнювала 315 МВт. За чотири роки їх потужність зросла більш як в 3 рази і складає на кінець 2018 року – 1100 МВт. Слід відмітити, що ФЕС розміщені нерівномірно по території України і, в свою чергу, досить важко оцінити їх вплив на надійність електропостачання електричних мереж [10,11]. На рис. 2, приведена зміна SAIDI для 2011, 2015–2018 років, середнє значення по ОЕС для міських та сільських електричних мереж.



а)



б)

Рис. 2 – Зміна цільового запланованого показника SAIDI (червона крива) та фактичного (синя крива) для а) міських електричних мереж, б) сільських електромереж ОЕС України

Виходячи зі статистичних даних, збільшення потужності генерування відновлювальних джерел енергії, активне впровадження яких в електричні мережі почало зростати в 2015 році, може бути причиною підвищення довгих перерв в електропостачанні (SAIDI) електричних мереж. Проаналізовано темпи збільшення генерування ВДЕ в розрізі кожної енергопостачальної компанії, серед інших виділено ПАТ «Вінницяобленерго» (рис.3), оскільки тут, починаючи з 2015 року, приріст потужності генерування ФЕС був найбільший. Аналізується лише генерування ФЕС, тому що вітровий потенціал для цього регіону є незначним. Отже, потужність генерування на початку 2015 року становила 41,3 МВт і збільшилася майже в чотири рази за наступні три роки – в кінці 2018 року, потужність ФЕС становить 180 МВт. Проте вплив ФЕС на надійність мереж тут суттєво відрізняється від впливу на мережі ОЕС в цілому (рис. 4).

Однчасне покращення рівня технічного оснащення мереж, як спостерігається у «Вінницяобленерго», разом з розбудовою ФЕС дозволяє розкрити їх потенціал з огляду на можливість забезпечення дотримання показника тривалості довгих перерв в електропостачанні в міських та сільських електричних мережах (рис.4).

Аналіз залежностей на рис. 2 та рис. 4 дозволяє зробити висновок, що оцінити і досягти максимального ефекту від впровадження відновлювальних джерел енергії з огляду на можливість забезпечення нормативних показників по надійності (безперервності) електропостачання можна, враховуючи технічний стан електричної мережі, до якої вони приєднуються.

#### Аналіз технічного стану електричних мереж України енергосистем з огляду на можливість приєднання ВДЕ.

На сьогодні в [2] стан розподільних електричних мереж характеризується наступними показниками: понад 6,6% ліній електропередавання напругою 35–110 (150) кВ та 11,5% ліній електропередавання напругою 0,4–10(6) кВ прийшли в технічно непрацездатний стан і потребують значних щорічних зростаючих витрат на технічне обслуговування та ремонт. Близько 22,3% трансформаторів напругою 35–110 (150) кВ і 14,9% трансформаторів напругою 10(6) кВ відпрацювали передбачений нормативними документами термін експлуатації. Вони мають значні втрати, недостатню надійність та потребують заміни. Фактичні витрати електричної енергії в електричних мережах в середньому складають 12,1%, а в мережах окремих компаній сягають 18% внаслідок змін в структурі споживання електричної енергії, а саме: зростання навантажень в містах та зменшення їх в сільській місцевості – електричні мережі значних і найзначніших міст вимагають збільшення

пропускної здатності та спорудження додаткових ПС 110 (150) кВ. Витрати на ремонт електричних мереж по роках зменшилися і складають близько 60% від необхідних, які визначаються Правилами технічної експлуатації електричних мереж. Стосовно співвідношення розвиненості мережі 0,4–110(150) кВ енергопостачальних компаній, то довжина ліній 35–110(150) кВ в одноколовому обчисленні становить 11,4% від загальної довжини мереж 0,4 – 110(150) кВ, кількість підстанцій 35–110(150) кВ складає 2,5%, а їх трансформаторна потужність – 64,4% від сумарної потужності трансформаторів 0,4–110(150) кВ. Серед ЛЕП 0,4–10(6) кВ кількість КЛ 0,4–10(6) кВ становить 9,7%. Аналіз технічного стану електричних мереж свідчить про значну міру морального та фізичного зношування її елементів, що в свою чергу, зменшує надійність електропостачання споживачів та генерувальним компаніям. Що стосується довжини ліній електропередавання та терміну їх експлуатації станом на 31.12.2017, то такі дані наведені в (табл. 1).

Аналіз типових схем приєднання ВДЕ до мереж показує, що їх підключення відбувається до підстанцій 110/35/10 кВ і досить рідко до вищих класів напруги. Приведені в табл. 1 дані показують, що більша частина мереж 35–110 кВ морально та фізично застаріла і перебуває в експлуатації більше 40 років. Виходячи з цього, можливі ситуації коли при пошкодженні таких ЛЕП, що підходять до підстанції, втрачається централізоване електропостачання споживачів ТП 110/35/10 кВ і унеможливується генерування ВДЕ як розосереджених джерел енергії, оскільки їх генерування залежить від рівня напруги та частоти точки приєднання. Таким чином, формально ВДЕ не впливають на погіршення режимної та балансової надійності.

Таблиця 1 – Довжина та терміни експлуатації ПЛ за класом напруги

Клас напруг	Термін експлуатації в роках і відповідно протяжність в км			
	до 25	25-30	30-40	Більше 40
800 кВ	–	–	–	98,542
750 кВ	692,650	2380,272	2313,070	1316,671
500 кВ	38,100	–	159,600	177,060
400 кВ	–	–	–	338,950
330 кВ	1396,846	435,848	2282,108	9421,930
220 кВ	178,628	14,695	379,942	3402,700
110 кВ	52,730	20,500	40,505	436,045
35 кВ	21,318	12,530	17,400	62,803
<b>Разом:</b>	<b>2380,27</b>	<b>756,293</b>	<b>5192,62</b>	<b>15254,69</b>

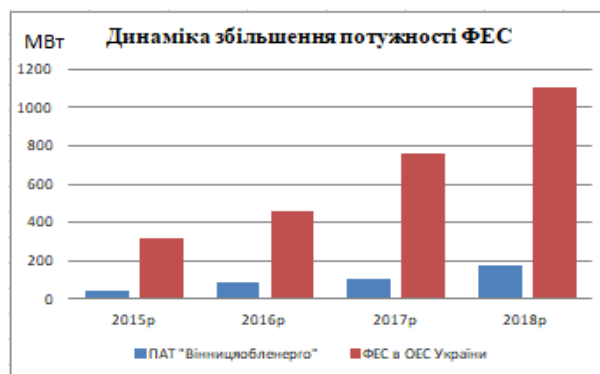
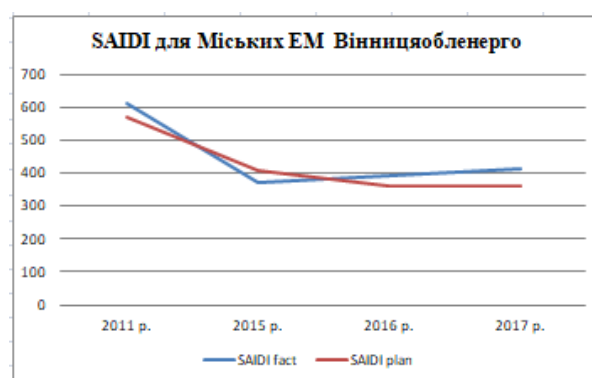
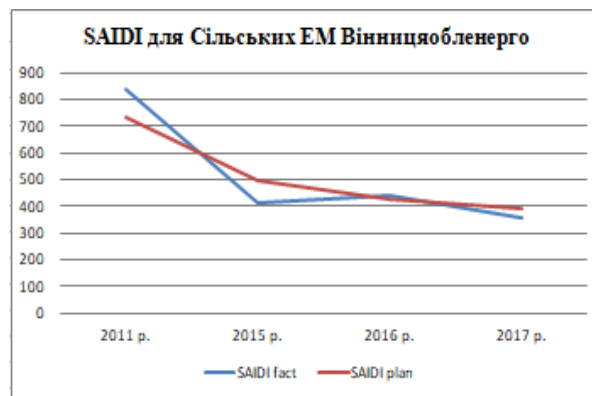


Рис. 3 – Темпи збільшення генерування ФЕС в ПАТ «Вінницяобленерго» та ОЕС України



а)



б)

Рис. 4 – Зміна цільового запланованого показника SAIDI (червона крива) та фактичного (синя крива) для а) міських електричних мереж, б) сільських електромереж ПАТ «Вінницяобленерго»

Аналіз сумарного терміну експлуатації електричних мереж по ОЕС України показав, що 65% ПЛ електричних мереж експлуатується понад 40 років. Очевидно, що електричні мережі вимагають реконструкції і модернізації, надто з врахуванням розбудови ВДЕ, розвитку інформаційного забезпечення та засобів інтелектуалізації. На сьогодні спостерігається велика різниця між сучасним технічним оснащенням відновлюваних джерел електроенергії і

станом обладнання електричних мереж. Особливо відчутною ця різниця є в розподільних електричних мережах, через які здійснюється транспортування електроенергії від ВДЕ до місцевих систем електропостачання та в магістральні мережі. Здійснюватися це може як з покращанням техніко-економічних показників мереж (надійності, втрат електроенергії та її якості), так і їх погіршенням [12]. Тому, доцільно було б використовувати відновлювальні джерела енергії для підвищення надійності електропостачання споживачів електричної енергії, зменшення втрат електроенергії під час її транспортування та покращання її якості.

### Висновки

Генерування ФЕС має значний потенціал для підвищення ефективності розподільної електричної мережі і це слід заохочувати. Однак, конструкція системи розподілу і методи роботи, як правило, на основі радіальних потоків потужності, створюють низку проблем для успішного впровадження розосереджених джерел енергії.

Для підвищення техніко-економічної ефективності сумісної експлуатації розосереджених джерел електроенергії і розподільних електричних мереж необхідно розв'язати ряд задач, що дозволить збільшити виробництво електроенергії ВДЕ, зменшити втрати електроенергії в розподільних електричних мережах, покращити якість і надійність електропостачання споживачів.

З метою ефективною експлуатації розосереджених джерел електроенергії та їх комплексного використання в електричних мережах енергосистем, особливо в сенсі задач підвищення надійності електропостачання, необхідно, розробити метод відновлення електропостачання споживачів, при втраті централізованого живлення.

### Список літератури

1. Державна цільова економічна програма енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлювальних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010-2020 роки / Затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 01.03.2010 р. № 243. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/243-2010-%D0%BF>.
2. Звіт про результати діяльності у 2017 році / Затверджено постановою НКРЕКП від 23 березня 2018 року № 360. URL: [http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/Catalog3/Richnyi\\_zvit\\_NKREKP\\_2017.pdf](http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/Catalog3/Richnyi_zvit_NKREKP_2017.pdf).
3. **Лежнюк, П. Д.** Оцінювання впливу на якість функціонування локальної електричної системи відновлюваних джерел електроенергії / **П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, Д. С. Собчук** // *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Проблеми*

*енергозабезпечення та енергозбереження АПК України.* – Харків : ХНТУСГ. – 2013. – Випуск 141. – С. 8–10.

4. **Кулик, В. В.** Оптиміальне керування розосередженими джерелами електроенергії з асинхронними генераторами засобами Smart Grid / **В. В. Кулик, Т. С. Магас, Ю. В. Малогулко** // *Наукові праці ВНТУ.* – 2011. – № 4. – С. 1–6.
5. **Кириленко, О. В.** Енергетика сталого розвитку: виклики та шляхи побудови / **О. В. Кириленко, А. В. Праховник** // *Праці Інституту електродинаміки НАН України. Спеціальний випуск.* – 2010. – С. 10–16.
6. **Кириленко, О. В.** Технічні аспекти впровадження джерел розподіленої генерації в електричних мережах / **О. В. Кириленко, В. В. Павловський, Л. М. Лук'яненко** // *Технічна електродинаміка.* – 2011. – № 1. – С. 46–53.
7. Про затвердження Порядку забезпечення стандартів якості електропостачання та надання компенсацій споживачам за їх недотримання / Затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 12.06.2018 р. № 375. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0375874-18>.
8. IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices // *IEEE Std 1366-2012 (Revision of IEEE Std 1366-2003).* – 2012. – P. 1-43. – doi: 10.1109/IEEESTD.2012.6209381.
9. Про затвердження цільових показників надійності (безперервності) електропостачання на 2018 рік / Затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 14.06.2018 р. № 392. URL: <http://www.nerc.gov.ua/index.php?id=32667>.
10. **Liu, J.** Communication-Less Control of Two-Stage Photovoltaic System with Multiple Distributed Dual-Input Central Capacitor Converters / **J. Liu, F. Gao, M. Chen and G. Wang** // *2018 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), Portland, OR, USA.* – 2018. – P. 6392-6397. – doi: 10.1109/ECCE.2018.8557444.
11. **Dong, J.** Battery and backup generator sizing for a resilient microgrid under stochastic extreme events / **J. Dong, L. Zhu, Y. Su, Y. Ma, Y. Liu, F. Wang, L. M. Tolbert, J. Glass, L. Bruce** // *IET Generation, Transmission & Distribution.* – 2018. – 12, 20. – P. 4443-4450. – doi: 10.1049/iet-gtd.2018.5883.
12. **Лежнюк, П. Д.** Відновлювані джерела енергії в розподільних електричних мережах: Монографія / **П. Д. Лежнюк., О. А. Ковальчук, О. В. Нікіторович, В. В. Кулик.** – Вінниця, 2014. – 204 с.

### References (transliterated)

1. Derzhavna tsil'ova ekonomichna prohrama enerhoeffektyvnosti i rozvytku sfery vyrobnytstva enerhonosiyiv z vidnovlyuvanykh dzherel enerhiyi ta al'ternatyvnykh vydiv palyva na 2010-2020 roky. Zatverdzhena postanovoyu Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 01.03.2010 r. № 243. Available at: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/243-2010-%D0%BF>.
2. Zvit pro rezul'taty diyal'nosti u 2017 rotsi. Zatverdzheno postanovoyu NKREKP vid 23 bereznya 2018 roku № 360. Available at: [http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/Catalog3/Richnyi\\_zvit\\_NKREKP\\_2017.pdf](http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/Catalog3/Richnyi_zvit_NKREKP_2017.pdf).
3. **Lezhniuk, P. D., Komar, V. O., Sobchuk, D. S.** Otsynuyvannya vplyvu na yakist' funktsionuvannya

- lokal'noyi elektrychnoyi systemy vidnovlyuvanykh dzherel elektroenerhiyi. *Visnyk Kharkivskoho natsional'noho tekhnichnoho universytetu sil'skoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka. Problemy enerhozabespechennya ta enerhozberezhennya APK Ukrainy.* – Kharkiv: KHNTUS-H, 2013, 141, 8–10.
4. **Kulyk, V. V., Mahas, T. Ye., Malohulko, Yu. V.** Optymal'ne keruvannya rozoseredzhenymy dzherelamy elektroenerhiyi z asynkhronnymy heneratoramy zasobamy Smart Grid. *Naukovi pratsi VNTU*, 2011, № 4, 1–6.
  5. **Kyrylenko, O. V., Prachevnik, A. V.** Power Engineering of Sustainable Development: Challenges and Construction Paths. *Proceedings of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine. Special issue*, 2010, 10-16.
  6. **Kyrylenko, O. V., Pavlovs'kyu, V. V., Luk'yanenko, L. M.** Tekhnichni aspekty vprovadzhennya dzherel rozpodilenoї heneratsiyi v elektrychnykh mrezhakh. *Tekhnichna elektrodynamika*, 2011, 1, 46–53.
  7. Pro zatverdzhennya Poryadku zabezpechennya standartiv yakosti elektropostachannya ta nadannya kompensatsiy spozhyvacham za yikh nedotrymannya. Zatverdzhena postanovoyu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 12.06.2018 r. № 375. Available at: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0375874-18>.
  8. IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices, *IEEE Std 1366-2012 (Revision of IEEE Std 1366-2003)*, 2012, 1-43, doi: 10.1109/IEEESTD.2012.6209381.
  9. Pro zatverdzhennya tsil'ovyykh pokaznykiv nadiynosti (bezperervnosti) elektropostachannya na 2018 rik. Zatverdzhena postanovoyu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 14.06.2018 r. № 392. Available at: <http://www.nerc.gov.ua/index.php?id=32667>.
  10. **Liu, J., Gao, F., Chen, M., Wang, G.** Communication-Less Control of Two-Stage Photovoltaic System with Multiple Distributed Dual-Input Central Capacitor Converters. *2018 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), Portland, OR, USA*, 2018, 6392-6397, doi: 10.1109/ECCE.2018.8557444.
  11. **Dong, J. Zhu, L., Su, Y., Ma, Y., Liu, Y., Wang, F., Tolbert, L. M., Glass, J., Bruce, L.** Battery and backup generator sizing for a resilient microgrid under stochastic extreme events. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 2018, 12, 20, 4443-4450, doi: 10.1049/iet-gtd.2018.5883.
  12. **Lezhnyuk, P. D., Koval'chuk, A. A., Nikitorovich, A. V., Kulik, V. V.** Vozobnovlyayemye istochniki energii v raspredelitel'nykh elektricheskikh setyakh: Monografiya. - Vinnitsa, 2014, 204.

#### Відомості про авторів (About authors)

**Лежнюк Петро Дем'янович** – доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет, завідувач кафедри електричних станцій і систем; Вінниця, Україна; e-mail: lezhpd@gmail.com

**Petro Lezhniuk** – Dr. Sc., Professor, Head of Department of power plants and systems, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, Ukraine.; e-mail: lezhpd@gmail.com

**Комар В'ячеслав Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент, Вінницький національний технічний університет, доцент кафедри електричних станцій і систем; Вінниця, Україна; e-mail: kvo76@ukr.net

**Vyacheslav Komar** - Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Associate Professor, assistant professor of electrical plants and systems; Vinnitsa, Ukraine; e-mail: kvo76@ukr.net

**Кравчук Сергій Васильович** – кандидат технічних наук, старший викладач, Вінницький національний технічний університет, старший викладач кафедри електричних станцій і систем; Вінниця, Україна; e-mail: sv.kravchuk@ukr.net.

**Serhii Kravchuk** - Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Vinnitsia National Technical University, Senior Lecturer of the Department of Electrical Stations and Systems; Vinnitsa, Ukraine; e-mail: sv.kravchuk@ukr.net.

**Котилко Ірина Вадимівна** – методист, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна; e-mail: i.kotylko@gmail.com.

**Iryna Kotylko** - Methodist, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, Ukraine; e-mail: i.kotylko@gmail.com.

*Будь ласка посилайтесь на цю статтю так:*

**Лежнюк, П. Д.** Вплив розосередженого генерування на надійність роботи електричних мереж / **П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, С. В. Кравчук, І. В. Котилко** // *Вісник НТУ «ХПІ»*, Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2018. – № 45 (1321). – С. 25-31. – doi:10.20998/2413-4295.2018.45.04.

*Please cite this article as:*

**Lezhniuk, P., Komar, V., Kravchuk, S., Kotylko I.** Influence of dispersed generation on reliability of electrical networks. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2018, 45 (1321), 25–31, doi:10.20998/2413-4295.2018.45.04.

*Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Лежнюк, П. Д.** Влияние рассредоточенного генерирования на надежность работы электрических сетей / **П. Д. Лежнюк, В. А. Комар, С. В. Кравчук, И. В. Котилко** // *Вестник НТУ «ХПИ»*, Серія: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2018. – № 45 (1321). – С. 25-31. – doi:10.20998/2413-4295.2018.45.04.

**АНОТАЦІЯ** Системний оператор в своєму дослідженні відзначає, що СЭС і ВЭС з точки зору стабільності електропостачання ненадійні. Відхилення від планових графіків в течение сутки становить більше 450 МВт при встановленій потужності 1217 МВт. Ще однією специфікою установки відновлюваних джерел енергії є їх нерівномірне розміщення по всій Україні. Таким чином, наявність одного потужного джерела до 3 МВт або декількох менше потужних до 0,5 МВт, підключених до однієї підстанції розподільчої електричної мережі (РЭС), дають можливість розглядати РЭС як локальну електричну систему (ЛЭС). А для локальної електричної системи, ще чітко не сформовані законодавчі акти, згідно з якими будуть функціонувати відновлювані джерела енергії. Джерела розподіленого генерування мають великий потенціал для підвищення продуктивності розподільчої електричної мережі, і це слід врахувати. Однак, будова системи розподілення і методи роботи, як правило, на основі радіальних потоків потужності, створюють ряд проблем для успішного впровадження розподілених джерел енергії. Для підвищення техніко-економічної ефективності спільної експлуатації розподілених джерел енергії і розподільчих електричних мереж необхідно вирішити ряд завдань, що дозволить збільшити виробництво електроенергії ВИЕ, зменшити втрати електроенергії в розподільчих електричних мережах, покращити якість і надійність електропостачання споживачів.

Особливо гостро для розподільчих електричних мереж виникає питання надійності і безперебійності електропостачання. В статті проаналізовані темпи зростання генерування фотоелектричних станцій в розрізі об'єднаної електроенергетичної системи України і енергопостачаючої компанії ПАО «Вінницяоблэнерго». Проведений аналіз існуючих нормативних документів, регламентуючих роботу фотоелектричних станцій. В межах розглянутих документів визначені критерії, згідно з якими оцінюється надійність роботи електричних мереж, а саме, тривалість довгих переривів в електропостачанні споживачів електричної енергії SAIDI. Показана взаємозв'язок зміни показників надійності роботи електричних мереж з збільшенням кількості і встановленої потужності відновлюваних джерел енергії, зокрема фотоелектричних станцій.

**Ключові слова:** розподілені джерела енергії; фотоелектричні станції; електричні мережі; надійність роботи; SAIDI; технічний стан.

Поступила (received) 28.11.2018