

Д.Г. Деревянко, канд. техн. наук, ORCID 0000-0002-4877-5601

В.С. Панасенко, студент

О.С. Масло, студент

О.М. Загорський, студент

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ У ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМАХ З УСТАНОВКАМИ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

*Використання установок відновлювальної енергетики у локальних системах впливає на надійність електропостачання. На даний момент для того щоб оцінити надійність електропостачання у локальних системах з установками відновлювальної енергетики існує велика кількість показників, ніяк не пов'язані один з одним напряму.*

*Метою статті є проведення аналізу показників надійності електропостачання для локальних систем з установками відновлюваної енергетики. Одним з основних питань в даній темі, незважаючи на велику кількість праць, присвячених дослідженню, є невизначеність методу щодо розрахунку надійності електропостачання в Microgrid. В роботі проведено оцінку показників надійності електропостачання та доведено необхідність введення нових показників для локальних систем з установками відновлюваної енергетики, так як розподілені джерела енергії, зокрема і відновлювані, впливають на режимну та балансову надійність. Такі показники дадуть можливість оцінити надійність не за кожним фактором окремо, а покажуть вплив кожного на загальний стан системи.*

**Ключові слова:** надійність, балансова, режимна, мережа, Microgrid.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Сучасна енергетика в основному базується на невідновлювальних джерелах енергії, які, маючи обмежені запаси, є вичерпними і не можуть гарантувати стійкий розвиток світової енергетики на тривалу перспективу, а їх використання – один з головних факторів, який призводить до погіршення стану навколишнього середовища і його кризового стану.

Одним із пріоритетних напрямків впровадження в Україні принципів побудови енергетики сталого розвитку є модернізація енергетичних систем на основі Smart Grid технологій. Такі технології включають в якості невід'ємної складової впровадження інтелектуальних систем вимірювання та керування енергетичними потоками з використанням пристроїв силової електроніки (СЕ), а також значну частку децентралізації електропостачання за рахунок впровадження джерел розосередженої генерації (РГ), часто заснованих на нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (НВДЕ).

**МАТЕРІАЛ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Згідно з сучасними тенденціями розвитку електричних систем, збільшується частка децентралізованого генерування енергії, а розподільні електричні мережі (ЕМ) у сукупності з джерелами РГ розглядаються як локальні електричні системи (ЛЕС).

Термін ЛЕС, відомі на заході як системи Microgrid, відноситься до концепту єдиної підсистеми електричної енергії в комплексі з обмеженою кількістю джерел РГ на основі установок відновлюваної енергетики разом з підключеними навантаженнями. Основні визначення Microgrid систем наведено в таблиці 1 [2].

Базова структура Microgrid-системи зображена на рис. 1, яка показує, що Microgrid-система в основному складається з джерел РГ, поєднаних лініями постійного та змінного струму, системи акумулювання, розподільчої системи та систем контролю і зв'язку.

На рис. 1 зображено ЛЕС з живленням від джерел РГ (ДГ, ФЕС, ВЕС) при паралельній роботі з мережею: ВЕС – вітроелектрична система; ВК – вітроколесо; М – мережа.

Дотримання нормованого рівня якості електроенергії та оптимальний розподіл потужності забезпечується загальною та локальними СК. Надійність функціонування такого об'єкту залежить від надійності кожного елемента, узгодженості їхніх параметрів та структурних зв'язків між ними.

Так як джерела РГ мають непостійний потенціал виникає необхідність забезпечення умов надійної паралельної роботи різних джерел РГ у складі ЛЕС, а також надійної паралельної роботи централізованих ЕМ з ЛЕС, підтримування збалансованого режиму між споживаною та генерованою електричними потужностями в ЛЕС, надійної та безперебійної передачі електроенергії через мережі ЛЕС споживачам, які живляться від джерел РГ.

безперервної поставки електричної енергії споживачам, щоб задовольни їх потреби. Поняття надійності включає в себе такі властивості як безвідмовність, довговічність і ремонтпридатність.

Таблиця 1 – Загальноприйняті визначення Microgrid систем

Організація	Визначення
<b>CIGRE</b>	Системи Microgrid включають в себе розподільні мережі низької напруги з джерелами РГ, акумулюючими пристроями і керованими навантаженнями, що працюють підключеними до основної мережі живлення або в острівному режимі, керовано, скоординованим чином.
<b>U.S. Department of Energy Microgrid Exchange Group</b>	Системою Microgrid є група взаємопов'язаних навантажень і розосереджених енергетичних ресурсів в межах чітко визначених електричних кордонів, яка діє як єдиний контрольований об'єкт по відношенню до мережі. Систему Microgrid можна підключати і відключати від мережі, щоб вона могла працювати як паралельно до мережі, так і в острівному режимі.
<b>Siemens</b>	Системою Microgrid є регіонально обмежена енергетична система розосереджених енергетичних ресурсів, споживачів і інколи система накопичення. Котра оптимізує один або декілька з наступних параметрів: якість електроенергії та надійність, сталість розвитку і економічні вигоди, і може безперервно працювати в автономному чи паралельному режимі шляхом зміни стану з'єднання з мережею.
<b>Congressional Research Service (CRS)</b>	Системою Microgrid є будь-яка мала або місцева електроенергетична система, яка не залежить від загальної електричної мережі. Наприклад, це може бути когенераційна система на основі двигуна внутрішнього згоряння природного газу або дизель-генераторів, використання відновлюваних джерел енергії, або паливних елементів.

Але ця термінологія не стала загальноприйнятною, вона не охопила і не впорядкувала множину термінів з надійності. Так в джерелах використовуються поняття структурної, режимної (функціональної) та балансової надійності. Такий поділ, виконано умовно, по-перше, для спрощення розв'язання задачі оцінювання надійності складних мереж, по-друге, на основі кількісних оцінок за складовими можна намітити заходи з підвищення рівня надійності.

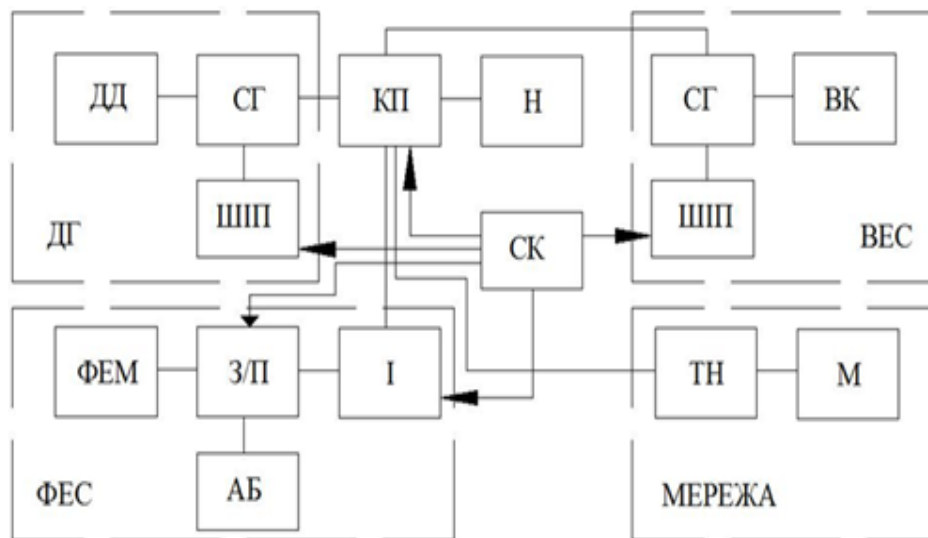


Рисунок 1 – Блок-схеми локальної ЕЕС – Microgrid

Зміни в електроенергетиці, пов'язані з впровадженням ринкових відносин та розосередженого генерування, потребують оновлення термінології, на основі якого можна виконати декомпозицію задачі оцінювання надійності. Оскільки оцінювання надійності навіть розподільних електричних мереж в сучасних умовах є достатньо складною задачею.

В ринкових умовах визначальним під час оцінювання надійності є споживач. При цьому надійність самого об'єкту енергетики, яка оцінюється вартісними показниками (затратами на її забезпечення, вартості ремонтів пошкодженого обладнання, тощо) стає ніби то внутрішньою справою постачальника продукції і послуг.

Так в залежності від системи допущень та обмежень, а також від використовуваного математичного апарату задача розрахунку надійності умовно може бути розділена на три групи, які характеризують надійність ЕЕС: структурна (схемна), режимна (функціональна) і балансова надійності (див. Рис. 2).



Рисунок 2 – Класифікація надійності електроенергетичних систем за моделями розрахунку

Під структурною надійністю розуміють надійність об'єкту, коли розрахункова модель визначається схемою електричних з'єднань; під режимною надійністю розуміють надійність об'єкту, коли розрахункова модель враховує режими завантаження (функціонування) елементів об'єкту (режимна надійність може бути статичною, якщо мова йде про усталені або тривалі післяаварійні режими, і динамічною, якщо мова йде про перехідні режими); під балансовою надійністю розуміють надійність об'єкту, коли розрахункова модель визначається балансом виробництва і споживання продукції без врахування обмежень з її передачі [1].

Відповідно до визначень режимної та балансової надійності можна однозначно констатувати вплив на них розподіленої генерації і відновлюваних джерел електроенергії зокрема. Оскільки розвиток ВДЕ, стимульований державою, набирає обертів і ми говоримо про розподілену генерацію на рівні десятків і сотень мегават, що є суттєвим як на рівні конкретних елементів електроенергетичних систем (режиму роботи та завантаження) так і на рівні забезпечення балансу між згенерованою і спожитою потужностями.

За Законом України "Про електроенергетику" № 575/97-ВР постачальники електроенергії зобов'язані забезпечити надійне постачання споживачів якісною електроенергією найбільш економічним способом. Відповідно до постанови № 232 Національної комісії регулювання електроенергетики України від 17.02.2011 Про затвердження звіту № 17 – НКРЕ (щокварталу) "Звіт про надійність електропостачання" і № 18 – НКРЕ (щокварталу) "Звіт про виконання комерційної якості обслуговування" та інструкцій щодо їх заповнення, надійність електропостачання споживачів в Україні показники надійності визначені наступним чином (табл. 2):

Таблиця 2 – Показники експлуатаційної надійності згідно IEEE 1366

№	Показник надійності	№	Показник надійності
1	SAIFI	2	ASIFI
	SAIDI		ASIDI
	CAIDI		MAIFI
	CTAIDI	3	MAIFLe
	CAIFI		CEMSMIn
	ASAI		
	CEMIn		
	CELID		

Описані вище показники були взяті з стандарту IEEE 1366 – «Керівництво по індексах (вимірювання) надійності засобів розподілу електроенергії». Даний стандарт стосується експлуатаційної надійності та умовно розділяє показники в розподільних мережах (див. табл. 3).

Під час вибору показників, які характеризують балансову надійність розподільних електричних мереж з РДЕ, необхідно враховувати прості і очевидні рекомендації. Їх число повинно бути мінімальним і в той же час достатнім для прийняття рішень з забезпечення необхідного рівня балансової надійності. Необхідно уникати складних ПБН, вони повинні мати простий фізичний зміст і допускати можливість оцінювання значень різними методами. Вибрані ПБН розподільної електричної мережі з ВДЕ повинні бути чутливими до збурень, які призводять до зниження або підвищення надійності системи (зміни режиму генерації відновлюваних джерел електричної енергії).

Зазначені вище показники можуть бути використані лише при визначенні експлуатаційної та балансової надійності системи, що зазвичай використовуються при паралельній роботі з мережею, тому в ЛЕС необхідно використовувати показники режимної надійності, а саме (формули 1-4) [3]:

Очікувана втрата навантаження:

$$LOLE = \sum_{i=1}^n P_i(C_i - L_i) \quad (1)$$

Таблиця 3 – Показники експлуатаційної надійності згідно IEEE 1366

Показник надійності	Визначення	Показник надійності	Визначення
SAIFI	System Average Interruption Frequency Index / Показник середньої частоти відмов	ASIFI	Average System Interruption Frequency Index / Показник середньої частоти відмов по навантаженню
SAIDI	System Average Interruption Duration Index / Показник середньої тривалості відмов		
CAIDI	Customer Average Interruption Duration Index / Показник середньої тривалості відмов окремих споживачів	ASIDI	Average System Interruption Duration Index / Показник середньої тривалості відмов
CTAIDI	Customer Total Average Interruption Duration Index / Показник кількості споживачів, що мають перерви в електропостачанні	MAIFI	Momentary Average Interruption Frequency Index / Показник частоти короткочасних відмов
CAIFI	Customer Average Interruption Frequency Index / Показник середньої частоти відмов	MAIFIe	Momentary Average Interruption Event Frequency Index / Показник подій, що спричинили короткочасні відмови
ASAI	Average Service Availability Index / Показник готовності надання послуг	CEMSMIn	Customers Experiencing Multiple Sustained Interruption and Momentary Interruption Events / Кількість споживачів що одночасно мають тривалі та короткочасні відмови
CEMSIn	Customers Experiencing Multiple Interruptions / Кількість споживачів, що мають багатократні перерви в електропостачанні		
CEMID	Customers Experiencing Long Interruption Durations / Кількість споживачів, які мають тривалі перерви в електропостачанні		

Енергетичний індекс надійності:

$$EIR = 1 - LOEE \quad (2)$$

$$LOEE = \sum_{k=1}^n \frac{E_k \cdot P_k}{E} \quad (3)$$

Еквівалентний коефіцієнт неготовності:

$$EFOR = \frac{\text{ймовірність відмови агрегату}}{\text{кількість агрегатів}} \quad (4)$$

Режимна надійність ЕЕС залежить від погодних умов, складу мережевого і генерувального обладнання, об'ємів резерву активної і реактивної потужності, поточного режиму функціонування системи (значення вузлових напруг, завантаженню мережевого обладнання, тощо).

Необхідною умовою надійного функціонування ЕЕС є допустимість режиму, тобто його знаходження в області, яка визначається допустимими межами за струмом, напругою, статичною стійкістю і ін. В цьому випадку говорять про виконання умови критерію надійності n=0. Перевірка цієї умови зводиться до контролю фактичних значень потоків потужності, напруги та інших режимних параметрів і порівнювання їх з заданими граничними значеннями.

До тепер відсутні показники режимної надійності, які б знайшли широке застосування. Особливо це стосується показників режимної надійності, які відображають імовірнісний характер роботи електроенергетичних систем.

Оскільки врахувати особливості роботи ВДЕ в критерії n-і проблематично в основному через імовірнісний характер роботи останніх, тому необхідно обрати показники, за якими можна буде оцінювати вплив розподіленого генерування на режимну надійність.

Для того щоб відобразити «тяжкість» або «важливість» відмови в системі, в країнах Європи, останні роки широкого використання набули показники надійності, які зображено на рис. 3 [3].

З наведеної діаграми можна побачити, що найбільш використовуваним показником є показник надійності ASAI.

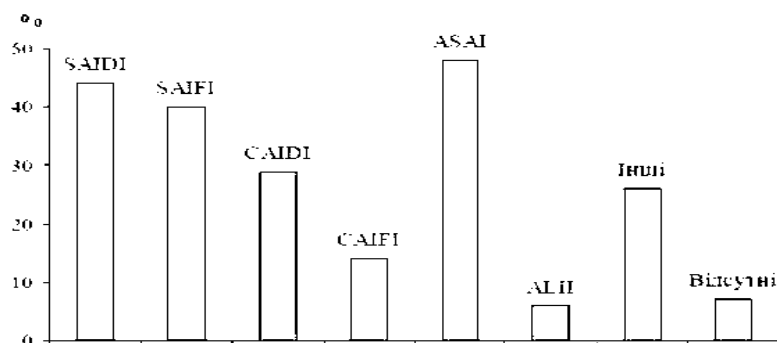


Рисунок 3 – Частота використання інтегральних показників надійності західними країнами

Використання даного показника, для оцінювання надійності роботи ЛЕС, як складових електричних мереж, обумовлено тим, що показник дозволяє оцінити збитки власників станції на базі ВДЕ, наприклад ФЕС, що розміщена поблизу споживачів, в разі невідпуску електроенергії внаслідок аварії на ЛЕП на шляху до споживача або до ПС.

**ВИСНОВКИ.** Розподілені джерела енергії, зокрема і відновлювані джерела енергії як основна їх складова, впливають на режимну та балансову надійність. Для оцінювання впливу необхідно обрати показники, які б дозволяли врахувати особливості джерел енергії. Це можуть бути коефіцієнти забезпечення балансу, коефіцієнти якості напруги, а також коефіцієнт стабільності.

#### Література

- Рибак В.П.: «Оцінювання впливу відновлюваних джерел електроенергії на якість електропостачання». Магістерська кваліфікаційна робота - Вінниця: ВНТУ, 2015. – 102 с.
- 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 «ХП», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП», – 2018. – № 45 (1321). – С. 25-31. – doi:10.20998/2413-4295.2018.45.04.
- Денисюк С.П. Оцінка ефективності сумісної роботи розосереджених джерел генерації електроенергії, включаючи відновлювальні, в електроенергетичних системах / Денисюк С.П., Базюк Т.М., Дерев'яно Д.Г., – Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2013. – №3(80). – С.54–59.
- Дерев'яно Д. Г., Аналіз особливостей забезпечення стійкості та надійності систем з інтеграцією джерел розосередженої генерації / Дерев'яно Д. Г., Суменко К.Ю., Процько В.Г. // Матеріали конференції «Енергетика. Екологія. Людина». – 2013. – С. 432–439.
- CIGRE, International Council on Large Electricity Systems, <http://www.cigre.org>.
- Zhuikov V., Petergerya J. Intellectual systems to control energy generation and consumption in local objects // Proceeding of 2-nd Conference “Power Electronic Devices Compatibility” PEDC–2001. – Poland. – Zielona Gora: Technical University Press. – P. 208–212.
- Береговський В.З., Адаптивне енергоефективне керування перетворювачами електричної енергії з урахуванням режиму споживання / Береговський В.З., Петергеря Ю.С. – Техн. електродинаміка. Темат. випуск “Силова електроніка та енергоефективність”. –2001. – Ч.3. – С.27–29.
- Відновлювальні джерела енергії у локальних об'єктах / Ю.І. Якименко, Є.І. Сокол, В.Я. Жуйков, Ю.С. Петергеря, О.Л. Іванін. – К.: ІВЦ „Політехніка”, 2001. – 114 с.
- Ackerman T., Knyazkin V. Interaction between distributed generation and the distribution network // Transmission and Distribution Conference and Exhibition: Asia Pacific IEEE/PES. – 2000. – Vol. 2. – P. 1357–1362.
- Кириленко О.В., Павловський В.В., Лук'яненко Л.М. – Техн. електродинаміка. – 2011. – №1. – С.46–53.
- Wang S. Distributed generation and its effect on distribution network system // Electricity Distribution – Part 1. 20th International conference and exhibition on. – 2009. – P. 1–4.
- Dolezal J., Sautarius P., Tlustý J. The effect of dispersed generation on power quality in distribution system // Quality and Security of Electric Power Delivery Systems.CIGRE/IEEE PES International Symposium. – 2003. – P. 204–207.
- Esposito G., Golovanov N., Lazaroiu C., Zaninelli D. Impact of Embedded Generation on the Voltage Quality of Distribution Networks // Electrical Power Quality and Utilisation, EPQU. – 2007. – Vol. 3. – № 1. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.leonardo-energy.org/webfm\\_send/1079](http://www.leonardo-energy.org/webfm_send/1079).
- Дерев'яно Д. Г., Аналіз особливостей підключення розосередженої генерації при побудові систем Microgrid / Дерев'яно Д. Г., Попик М.Ю. // Матеріали конференції «Енергетика. Екологія. Людина». –2013. – С. 348–357.
- Baggini A.B. Handbook of Power Quality // Chichester, England; Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. – 2008. – 642 p.

16. Воробьёв С.Ю. Вопросы повышения надёжности работы энергосистем/ Воробьёв С.Ю. – Энергетик. – №3. – 2006.

17. Дьяков А.Ф. Проблемы надёжности и безопасности электроснабжения потребителей / Дьяков А.Ф. – Энергетик. – №2

18. Томилов В.В., Управление качеством продукции энергосистем. / Томилов В.В., Голубкова Р.Р., Еловенко В.Г. – СПб.: Изд.-во СПбГУЭФ, 2000. С.30 – 31.

19. European standard EN 50160 Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems, CENELEC TC 8X, 2006. NRS-048-2, Electricity Supply – Quality of Supply Part 2: Voltage characteristics, compatibility levels, limits and assessment methods.

**УДК 621.311**

**Д.Г. Деревянко**, канд. техн. наук, **ORCID 0000-0002-4877-5601**

**В.С. Панасенко**, студент

**А.С. Масло**, студент

**А.Н. Загорский**, студент

**Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»**

## **ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ В ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С УСТАНОВКАМИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

*Использование установок возобновляемой энергии в локальных системах влияет на надёжность электроснабжения. На данный момент для того чтобы оценить надёжность электроснабжения в локальных системах с установками возобновляемой энергии существует большое количество показателей, никак не связаны друг с другом напрямую.*

*Целью статьи является проведение анализа показателей надёжности электроснабжения для локальных систем с установками возобновляемой энергии. Одним из основных вопросов в данной теме, несмотря на большое количество работ, посвященных исследованию, является неопределенность метода по расчету надёжности электроснабжения в Microgrid. В работе проведена оценка показателей надёжности электроснабжения и доказана необходимость введения новых показателей для локальных систем с установками возобновляемой энергии, так как распределенные источники энергии, в том числе возобновляемые, влияют на режимную и балансовую надёжность. Такие показатели позволят оценить надёжность не по каждому фактору отдельно, а покажут влияние каждого на общее состояние системы.*

**Ключевые слова:** надёжность, балансовая, режимная, сеть, Microgrid.

**D. Derevyanko**, Cand. Sc. (Eng.), **ORCID 0000-0002-4877-5601**

**V. Panasenko**, student

**A. Maslo**, student

**A Zagorsky**, student

**National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

## **ASSESSMENT OF RELIABILITY IN LOCAL SYSTEMS WITH RENEWABLE ENERGY SYSTEMS**

The use of renewable energy installations in local systems affects the reliability of power supply. At the moment, in order to assess the reliability of power supply in local systems with renewables, there is a large number of indicators that are not directly related to each other.

Reliability is one of the key concepts in electricity. The reliability of the power system is a feature of the continuous supply of electricity to consumers to meet their needs. The concept of reliability includes such features as failure-free, durability and maintainability. But this terminology has not become commonplace, it has not embraced or streamlined many terms for reliability. Thus, many authors use the concepts of structural, mode (functional) and balance reliability. This separation is conditional, first, to simplify the solution of the task of assessing the reliability of complex networks, and secondly, based on quantitative assessments of the components, measures can be taken to improve the level of reliability.

Changes in energy sector related to the implementation of market relations and distributed generation require an update of terminology that can be used to decompose the reliability assessment task. Because assessing the reliability of distribution grids in today's environment is quite a challenge.

The purpose of the article is to analyze the reliability of power supply for local systems with renewables. One of the main issues in this topic, despite the large amount of research work involved, is the uncertainty of the method for calculating the reliability of power supply in Microgrids. The paper assesses the reliability of power supply and proves the need to introduce new indicators for local systems with renewables, since distributed energy sources, including renewables, affects systems reliability. Such indicators will allow assessing the reliability by each factor individually, and will show the impact of each factor on the overall state of the system.

**Keywords:** *reliability, balance, mode, network, Microgrid.*

### References

1. Rybak VP: "Assessing the impact of renewable energy sources on the quality of electricity supply". Master's qualification work - Vinnitsa: VNTU, 2015. - 102 p.,
2. Lezhniuk, PD The influence of distributed generation on the reliability of electrical networks / PD Lezhniuk, VO Komar, SV Kravchuk, IV Kotilko // Bulletin of NTU "KPI", Series: New solutions in modern technologies. - Kharkiv: NTU "KPI". - 2018. - № 45 (1321). - P. 25-31. - doi: 10.20998 / 2413-4295.2018.45.04.
3. Denisyuk S.P. Assessment of the Effectiveness of the Collaboration of Dispersed Electricity Generation Sources, including Renewables, in Power Systems / SP Denisyuk, TM Bazyuk, DG Derev'yanko, - Bulletin of the Kremenchuk National University named after Mikhail Ostrogradsky. - 2013. - №3 (80). - P.54-59.
4. DG Derev'yanko, Analysis of features of stability and reliability of systems with integration of sources of dispersed generation / Derev'yanko DG, Sumenko K.Yu., Protsko V.G. // Materials of the conference "Energy. Ecology. Man". - 2013. - P. 432-439.
5. CIGRE, International Council on Large Electricity Systems, <http://www.cigre.org>.
6. Zhuikov V., Petergerya J. Intellectual systems for control of energy generation and consumption in local objects // Proceeding of the 2-nd Conference "Power Electronic Devices Compatibility" PEDC – 2001. - Poland. - Zielona Gora: Technical University Press. P. 208-212.
7. Beregovsky VZ, Adaptive energy efficient control of electric energy converters with regard to the consumption mode / Beregovsky VZ, Petergerya Yu.S. - Tech. electrodynamic. Subject. issue of Power Electronics and Energy Efficiency. –2001. - Part 3. - P.27-29.
8. Renewable energy sources in local facilities / Yu.I. Yakimenko, EI Sokol, V.Ya. Zhuykov, Yu.S. St. Petersburg, OL Ivanin. - K.: Polytechnic Research Center, 2001. - 114 p.
9. Ackerman T., Knyazkin V. Interaction between Distributed Generation and the Distribution Network // Transmission and Distribution Conference and Exhibition: Asia Pacific IEEE / PES. - 2000. - Vol. 2. P. 1357-1362.
10. OV Kyrlylenko, Technical Aspects of Implementation of Distribution Generation Sources in Electric Networks / OV Kyrlylenko, VV Pavlov, LM Lukyanenko. - Tech. electrodynamic. - 2011. - №1. - P.46-53.
11. Wang S. Distributed generation and its effect on the distribution network system // Electricity Distribution - Part 1. 20th International conference and exhibition on. - 2009. - P. 1-4.
12. Dolezal J., Sautarius P., Tlustý J. The effect of dispersed generation on power quality in the distribution system // Quality and Security of Electric Power Delivery Systems.CIGRE / IEEE PES International Symposium. - 2003. P. 204-207.
13. Esposito G., Golovanov N., Lazaroiu C., Zaninelli D. Impact of Embedded Generation on Voltage Quality of Distribution Networks // Electrical Power Quality and Utilization, EPQU. - 2007. - Vol. 3. - No. 1. [Electronic resource]. - Access mode: [http://www.leonardo-energy.org/webfm\\_send/1079](http://www.leonardo-energy.org/webfm_send/1079).
14. DG Derev'yanko, Analysis of Peculiarities of Connecting Generated Generation in Microgrid Systems Building / DG Derev'yanko, M. Yu. // Materials of the conference "Energy. Ecology. Man". –2013. - P. 348-357.
15. Baggini A.B. Handbook of Power Quality // Chichester, England; Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. - 2008. - 642 p.
16. Vorobyov S.Yu. Questions of increase of reliability of work of power systems / Vorobyov S.Yu. - An energy engineer. - №3. - 2006.
17. Diakov AF Problems of reliability and safety of electricity supply to consumers / Dyakov AF - An energy engineer. - №2
18. VV Tomilov, Power quality management of power systems. / Tomilov VV, Golubkova RR, Elovenko VG - St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg State University, 2000. P. 30 - 31.
19. European standard EN 50160 Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems, CENELEC TC 8X, 2006. NRS-048-2, Electricity Supply - Quality of Supply Part 2: Voltage characteristics, compatibility levels, limits and assessment methods.

Надійшла 25.10.2019

Received 25.10.2019