

## АНАЛІЗ НЕСТАБІЛЬНОСТІ НЕГАРАНТОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

*В статті досліджено поняття негарантованого джерела енергії та вплив глибокої інтеграції відновлюваних джерел енергії в електричні мережі. Проаналізовано шляхи компенсації нестабільності негарантованих джерел енергії. Наведено класифікацію задач прогнозування генерування електроенергії відновлюваних джерел енергії залежно від призначення використання прогнозованих даних. Для оцінки впливу на добове генерування протягом року метеорологічних факторів використано кореляційно-регресійний аналіз. З цієї метою визначено коефіцієнти кореляції Пірсона, Спірмена і Кендела. Встановлено найбільш впливові метеорологічні фактори на генерування фотовольтаїчною електричною станцією, зокрема: відносна вологість; температура на висоті 2 м; інсоляція та інші.*

*Ключові слова: відновлювані джерела енергії, негарантовані джерела енергії, електричні мережі, кореляційно-регресійний аналіз, коефіцієнти кореляції Кендела, Спірмена, Пірсона.*

O. RUBANENKO

Vinnytsia National Technical University

### ANALYSIS OF INSTABILITY OF UNGUARANTEED ENERGY SOURCES IN POWER GRIDS

*The paper investigates the concept of unguaranteed energy source and the impact of integration of renewable energy sources in power grids. Means to compensate for the instability of unguaranteed energy sources are analyzed. The main difference between bulk power supply in electricity networks and distributed power supply is that the change in power flows (flows of electricity flows) and the composition of the balance structure mainly depends only on the consumption schedule. In a power grid with deep integration of renewable energy sources without sufficient storage reserve during the day the composition of generating capacity changes under the influence of various factors, including meteorological, as well as the scheme of energy transmission to consumers under the influence of natural conditions. The composition of the equipment may change significantly, which affects the balance reliability of the system. The classification of tasks for forecasting the power generation of renewable energy sources depending on the purpose of using the forecasting data. The task of forecasting the power generation of renewable energy sources is a non-linear task with the relationship between the amount of renewable energy sources generation and the influential meteorological and technological factors, which certainly affect the accuracy of the forecast. Therefore, it is advisable to use the theory of sensitivity analysis of renewable energy sources generation to changes in meteorological factors and technological conditions of power stations in power grids. In the task of forecasting the power generation of renewable energy sources, it is important to identify the most influential meteorological factors, which will simplify forecasting models and focus on more informative indexes. Correlation analysis was used to assess the impact on the daily generation of meteorological factors during the year. For this purpose, the correlation coefficients of Pearson, Spearman and Kendel were determined. The most influential meteorological factors on the generation of photovoltaic power station, in particular: relative humidity; temperature at of 2 m; solar insolation and others.*

*Keywords: renewable energy sources, unguaranteed energy sources, power grids, correlation analysis, Kendel, Spearman, Pearson correlation coefficients.*

**Вступ.** За даними Міжнародного агентства з відновлювальної енергетики (IRENA) зазначено швидкі темпи нарощування встановленої потужності відновлюваних джерел енергії [1], в тому числі і негарантованих. В нормативному документі СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-101:2014 «Норми технологічного проектування енергетичних систем і електричних мереж 35 кВ і вище» під електростанцією негарантованої потужності розуміють електростанцію, яка використовує нестабільний природний енергоресурс, в результаті чого вона має обмежену можливість або зовсім не має можливості регулювати свою потужність у відповідності із заданим добовим графіком [4]. В вимогах до вітрових та сонячних електростанцій при їхній роботі паралельно з об'єднаною енергетичною системою України зазначено, що вітрові електричні станції (ВЕС) та сонячні електричні станції (СЕС) прийнято вважати електростанціями негарантованої потужності за певних погодних умов (існує можливість припинення видавання їх активної потужності в мережу: для ВЕС при швидкості вітру < 3-5 м/с, а для СЕС при сонячній радіації < 200 Вт·м<sup>2</sup>) [5]. В статті [6] автор під негарантованою потужністю згадує потужність що генерують СЕС і ВЕС, а також наголошує на наявність певних ризиків забезпечення стабільності не тільки розподільних електричних мереж, а й енергетичної системи в цілому. Зокрема, в статті [6] зазначено, що з метою декарбонізації, тобто зменшення викидів усіх видів парникових газів від спалювання викопного палива, в першу чергу вугілля, при виробництві теплової та електричної енергії, що становлять близько 40% загального обсягу світових викидів просувалась ідея тотального домінування відновлюваних джерел електроенергії (ВДЕ) над традиційною енергетикою. Але на думку автора це призводить до руйнування надійних енергетичних систем. Також, поняття «негарантованого» живлення використовується в зарубіжній науковій статті [7], автор наголошує, що розвиток ВДЕ значно впливає на традиційне генерування, особливо на забезпечення надійності та статичної стійкості системи. Причину в цьому вбачає в негарантованому живленні від генераторів перервної потужності, що вимагає постійно ввімкненої резервної потужності в мережу, яка не перевищує 20%. Задача аналізу нестабільності генерування ВДЕ та її вплив на якість електроенергії, роботу електромереж розглядалась в ряді статей [8-15], але не втратила своєї актуальності і досі.

Задачі аналізу генерування ВДЕ. Основна відмінність централізованого електропостачання в електричних мережах від розосередженого полягає в тому що зміна потоків потужності (потоків перетікань

електроенергії) та склад балансової структури головним чином залежать лише від графіку споживання. У електричних мережах з глибокою інтеграцією ВДЕ без достатнього акумулюючого резерву протягом доби змінюється склад генерувальних потужностей під впливом різних факторів, в тому числі і метеорологічних, а також схема передачі енергії до споживачів під дією природних умов. Зокрема, як зазначено в [16] суттєво може змінюватись склад обладнання, що впливає на балансову надійність системи. Основні технології забезпечення балансової надійності об'єднаних електричних систем в умовах інтеграції РДЕ (розосереджених джерел енергії) з негарантованою потужністю наведені на рис. 1 [17].

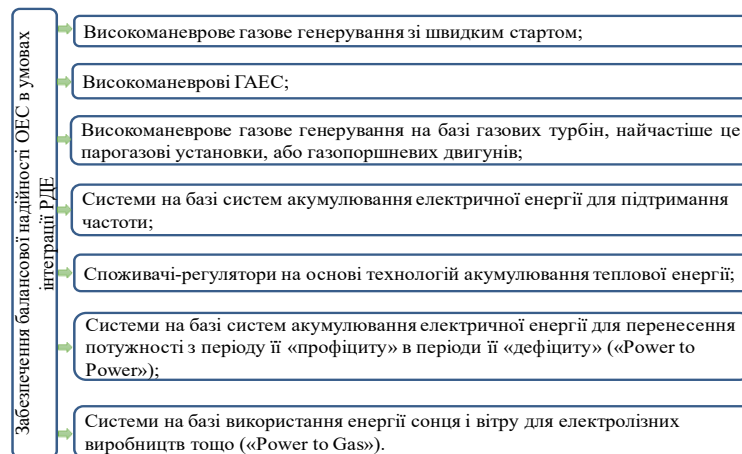


Рис. 1. Шляхи компенсації нестабільності генерування негарантованими джерелами енергії

Тому важливо оцінити можливість забезпечення балансової надійності ВДЕ у електричних мережах з урахуванням їх графіків генерування та споживання. Оцінити та спрогнозувати генерування ВДЕ в електричній системі не можливо без аналізу експериментальних даних [16], які можуть бути представлені у вигляді часових рядів. Задачам прогнозування в сучасних умовах функціонування енергетичної галузі приділено багато уваги, зокрема: прогнозування балансу потужності в системах електропостачання [18]; прогнозування значення необхідного резерву потужності в електричних системах з ВДЕ [19]; прогнозування погодинного генерування ФЕС [20]; прогнозування обсягів недовідпуску електроенергії в аварійних режимах [21]; прогнозування споживання електроенергії і генерування ВДЕ в залежності від зміни метеорологічних факторів (сонячне випромінювання, температура навколишнього середовища та швидкість вітру) та інші. Задачі прогнозування генерування електроенергії ВДЕ можна класифікувати в залежності від призначення використання прогнозованих даних, як показано на рис. 2. Задача прогнозування генерування електроенергії ВДЕ є задачею нелінійного характеру з зв'язками між обсягом генерування ВДЕ та впливними метеорологічними та технологічними факторами, які безумовно впливають на точність прогнозу. Тому доцільним є застосування теорії аналізу чутливості генерування ВДЕ до зміни метеорологічних факторів та технологічних умов електричних станцій в електричних мережах. В задачах прогнозування генерування ВДЕ важливо визначити найбільш впливні метеорологічні фактори, що дасть змогу спростити прогностичні моделі та сфокусуватись на інформативніших показниках.

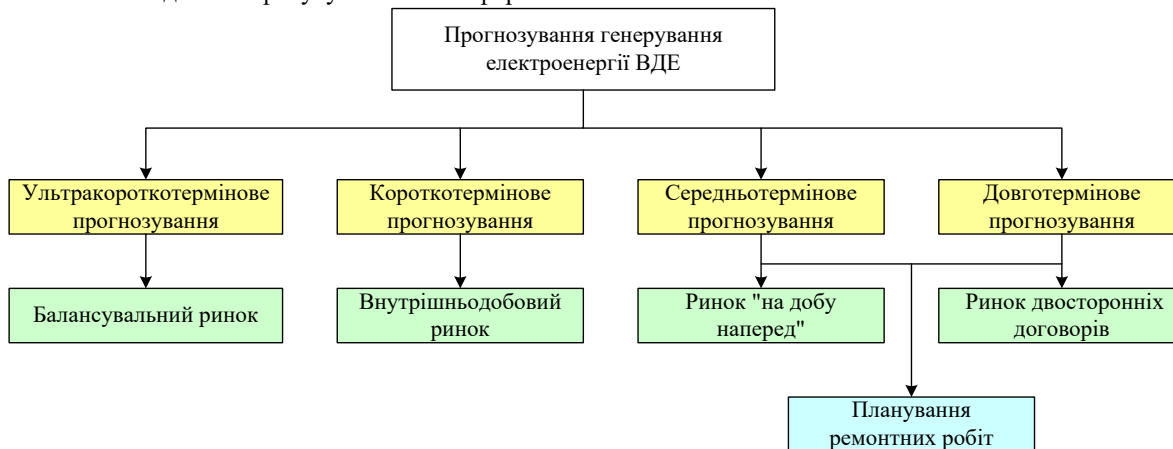


Рис. 2. Класифікація задач прогнозування генерування електроенергії ВДЕ в залежності від призначення використання прогнозованих даних

### Кореляційно-регресійний аналіз впливу на добове генерування ВДЕ протягом року метеорологічних факторів

Для оцінки впливу на добове генерування протягом року метеорологічних факторів запропоновано використати кореляційно-регресійний аналіз. У якості метеорологічних впливних факторів обрано фактори,

інформація по яких є у вільному доступі і представлена на сайті <https://power.larc.nasa.gov>. З цією метою визначено коефіцієнти кореляції Пірсона, Спірмена і Кендела. Результати визначення цих коефіцієнтів наведені в табл. 1.

Таблиця 1

**Результати визначення коефіцієнтів кореляції Кендела, Спірмена та Пірсона генерування електроенергії Цекинівська СЕС № 2 (4-5 черги) протягом 2018 року та протягом 2019 року в залежності від зміни метеорологічних факторів**

№	Метеорологічний фактор	Коефіцієнт кореляції 2018 р.			Коефіцієнт кореляції 2019 р.			
		Спірмена	Кендела	Пірсона	Спірмена	Кендела	Пірсона	
<b>Вологість, опади, тиск</b>								
1	Опади	PRETOT	-0,411	-0,286	-0,230	-0,371	-0,254	-0,156
2	Питома вологість на висоті 2 м	QV2M	0,659	0,539	0,669	0,476	0,389	0,478
3	Відносна вологість на висоті 2 м	RH2M	-0,747	-0,530	-0,739	-0,764	-0,550	-0,756
4	Поверхневий тиск	PS	-0,036	-0,020	-0,049	0,099	0,067	0,096
<b>Температура</b>								
5	Середня температура на висоті 2 м	T2M_RANGE	0,729	0,524	0,735	0,705	0,507	0,710
6	Температура поверхні Землі	TS	0,703	0,492	0,729	0,716	0,518	0,719
7	Температура точка роси на висоті 2 м	T2MDEW	0,622	0,418	0,637	0,561	0,395	0,564
8	Температура вологої колби на висоті 2 м	T2MWET	0,621	0,417	0,637	0,560	0,394	0,563
9	Максимальна температура на висоті 2 м	T2M_MAX	0,749	0,534	0,772	0,746	0,550	0,751
10	Мінімальна температура на висоті 2 м	T2M_MIN	0,638	0,432	0,656	0,630	0,448	0,636
11	Значення температури на висоті 2 м	T2M	0,703	0,491	0,728	0,713	0,517	0,717
<b>Вітер</b>								
12	Середня швидкість вітру на висоті 50 м	WS50M_RANGE	0,109	0,074	0,064	0,042	0,028	0,027
13	Середня швидкість вітру на висоті 10 м	WS10M_RANGE	-0,061	-0,040	-0,100	-0,027	-0,020	-0,029
14	Мінімальна швидкість вітру на висоті 50 м	WS50M_MIN	-0,183	-0,120	-0,201	-0,190	-0,125	-0,198
15	Мінімальна швидкість вітру на висоті 10 м	WS10M_MIN	-0,170	-0,112	-0,199	-0,199	-0,134	-0,224
16	Максимальна швидкість вітру на висоті 50 м	WS50M_MAX	-0,100	-0,065	-0,140	-0,158	-0,106	-0,153
17	Максимальна швидкість вітру на висоті 10 м	WS10M_MAX	-0,183	-0,121	-0,202	-0,173	-0,116	-0,152
18	Швидкість вітру на висоті 50 м	WS50M	-0,189	-0,125	-0,189	-0,189	-0,126	-0,181
19	Швидкість вітру на висоті 10 м	WS10M	-0,209	-0,136	-0,224	-0,227	-0,152	-0,216
<b>Сонячне випромінювання</b>								
20	Індекс прозорості (від 0 до 1)	KT	0,840	0,653	0,838	0,791	0,599	0,798
21	Інсоляція всього неба на горизонтальній поверхні	ALLSKY_SFC_SW_DWN	0,916	0,748	0,914	0,894	0,731	0,892
22	Тепловий інфрачервоний (довгохвильовий) радіаційний потік	ALLSKY_SFC_LW_DWN	0,408	0,252	0,385	0,424	0,288	0,413

### Висновки

Проаналізувавши отримані результати табл. 1 можна виділити найбільш впливові метеорологічні фактори та генерування СЕС з кожної групи, зокрема: з групи «Вологість, опади, тиск» – відносна вологість на висоті 2 м; з групи «Температура» – максимальна температура на висоті 2 м; з групи «Вітер» – швидкість вітру на висоті 10 м (середньодобова швидкість вітру на висоті 10 метрів над поверхнею землі.); з групи «Сонячне випромінювання» – інсоляція всього неба на горизонтальній поверхні.

## Література

1. IRENA (2019), Renewable capacity statistics 2019, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi. URL: <https://www.irena.org/publications/2019/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2019>
2. Звіт про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, у 2018 році : постанова НКРЕКП № 440 від 29.03.2019. – К. : НКРЕКП, 2018. – 304 с.
3. Домбровський О. Україні потрібна нова "зелена" енергетична стратегія [Електронний ресурс] / О. Домбровський, Г. Гелетука // Економічна правда. – 03.01.2019. – Режим доступу : <https://www.epravda.com.ua/rus/columns /2020/01/3/655486/>
4. Норми технологічного проектування енергетичних систем і електричних мереж 35 кВ і вище: СОУ-Н ЕЕ 40.1 : нормативний документ. – 00100227-101:2014
5. Вимоги до вітрових та сонячних електростанцій при їхній роботі паралельно з об'єднаною енергетичною системою України (Проект): СОУ НЕК XX.XXX [Електронний ресурс]. – Офіц. вид. – Державне підприємство «Національна енергетична компанія «Укренерго», 2017. – 43 с. – Режим доступу : [https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/02/Vumogy-do-VES-ta-SES\\_2-red\\_08112017.pdf](https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/02/Vumogy-do-VES-ta-SES_2-red_08112017.pdf)
6. Лосев А. Безвуглецева енергетика – вітер у кишенях споживача або ядерне заощадження. [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу : <https://www.unian.ua/economics/energetics/10477752-bezvugleceva-energetika-viter-u-kishenyah-spozhyvacha-abo-yaderne-zaoshchadzhennya.html>
7. Tyagunov M. Distributed energysystem's is the future of the world's power industry, 2017 2nd International Conference on the Applications of Information Technology in Developing Renewable Energy Processes & Systems (IT-DREPS), Amman, 2017, pp. 1–4. DOI: 10.1109/IT-DREPS.2017.8277817. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8277817&isnum ber=8277786>
8. Рубаненко О.О. Аналіз роботи ВДЕ в розподільних мережах та шляхи компенсації їх нестабільності / О.О. Рубаненко, В.П. Янович, І.О. Гунько // Вісник Хмельницького національного університету. – 2019. – № 5. – С. 176–179.
9. Рубаненко О.О. Мікроелектромережі як засіб підвищення надійності електропостачання підприємств в АПК / О.О. Рубаненко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Технічні науки. «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – 2016. – № 175. – С. 43–45.
10. Кучанський В.В. Заходи та засоби підвищення надійності та якості електропостачання в електроенергетичних системах з відновлюваними джерелами енергії / В.В. Кучанський, А.Б. Нестерко, І.О. Гунько // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. Випуск 196 "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". – Харків : ХНТУСГ, 2018. – С. 41.
11. Рубаненко О.О. Використання біоресурсів для компенсації нестабільності вітрових і сонячних електричних станцій з метою забезпечення незалежного електропостачання підприємств АПК / О.О. Рубаненко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – 2018. – № 196. – С. 8-9.
12. Рубаненко О.О. Створення мікроелектромереж для забезпечення надійного електропостачання підприємств АПК на прикладі Уладово-Люлинецької дослідно-селекційної станції / О.О. Рубаненко, А.А. Видмиш, В.В. Явдик // Вибрації в техніці та технологіях. – 2019. – № 1(92). – С. 23–29.
13. Rubanenko O., Yanovych V. Analysis of instability generation of Photovoltaic power station, in IEEE 7th international conference on energy Smart systems, Kyiv, Ukraine, May 12-14, 2020
14. Gundebommu S.L., Rubanenko O., Kuchansky V., Hunko I. Assessment of the Power Quality in Electric Networks with Wind Power Plants, in IEEE 7th international conference on energy Smart systems, Kyiv, Ukraine, May 12-14, 2020
15. Olena Rubanenko, Iryna Hunko, Oleksandr Rubanenko, Anton Rassõlkin. Influence of Solar Power Plants on 0.4 kV Consumers. 60th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON 2019, IEEE) in Riga, Latvia, 7-9 October 2019, Proceedings.
16. Кулик В.В. Оцінювання балансової надійності відновлюваних джерел електроенергії у розподільних мережах з урахуванням типових графіків генерування та споживання / В.В. Кулик, В.Ф. Кириченко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2018. – № 1. – С. 73–79.
17. Проект звіту з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей. НЕК УКРЕНЕРГО. 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/11/Zvit-z-otsinky-vidpovidnosti-dostatnosti-generuyuchyuh-potuzhnostej.pdf>
18. Лежнюк П. Фотоелектричні станції як елемент енергоефективного електропостачання / П. Лежнюк, С. Кравчук, І. Котилко // ОЕІЕТ. – Бер 2020. – Том 38, № 2. – С. 100–106.
19. P. Lezhniuk, V. Komar, and S. Kravchuk, "Regimes Balancing in the Local Electric System with Renewable Sources of Electricity," in 2019 IEEE 20th International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE), 2019, pp. 1-4.
20. P. Lezhniuk, S. Kravchuk, V. Netrebskiy, V. Komar, and V. Lesko, "Forecasting Hourly Photovoltaic Generation On Day Ahead," in 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), 2019, pp. 184-187.

21. Лежнюк П.Д. Аналіз метеопараметрів для погодинного прогнозування виробітку електроенергії фотовольтаїчними електростанціями на добу наперед / П.Д. Лежнюк, В.О. Комар, С.В. Кравчук, Є.С. Дідіченко // *Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК.* – 2017. – № 1 (6).

#### References

1. IRENA (2019), Renewable capacity statistics 2019, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi. URL: <https://www.irena.org/publications/2019/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2019>
2. Zvit pro rezultaty diialnosti Natsionalnoi komisii, shcho zdiisniue derzhavne rehuliuвання u sferakh enerhetyky ta komunalnykh posluh, u 2018 rotsi : postanova NKREKP № 440 vid 29.03.2019. – K. : NKREKP, 2018. – 304 s.
3. Dombrovskiy O. Ukraini potrebna nova "zelena" enerhetychna stratehiia [Elektronnyi resurs] / O. Dombrovskiy, H. Heletukha // *Ekonomichna pravda.* – 03.01.2019. – Rezhym dostupu : <https://www.epravda.com.ua/rus/columns/2020/01/3/655486/>
4. Normy tekhnolohichnoho proektuvannya enerhetychnykh system i elektrychnykh merezh 35 kV i vyshche: SOU-N EE 40.1 : normatyvnyi dokument. – 00100227-101:2014
5. Vymohy do vitrovykh ta soniachnykh elektrostantsii pry yikhni roboti paralelno z obiednaniu enerhetychnoiu systemoiu Ukrainy (Proekt): SOU NEK KhKh.KhKhKhKh [Elektronnyi resurs]. – Ofits. vyd. – Derzhavne pidpriemstvo «Natsionalna enerhetychna kompaniia «Ukrenerho», 2017. – 43 s. – Rezhym dostupu : [https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/02/Vymogy-do-VES-ta-SES\\_2-red\\_08112017.pdf](https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/02/Vymogy-do-VES-ta-SES_2-red_08112017.pdf)
6. Losiev A. Bezvuhletseva enerhetyka – viter u kysheniakh spozhyvacha abo yaderne zaoshchadzhenia. [Elektronnyi resurs]. – 2019. – Rezhym dostupu : <https://www.unian.ua/economics/energetics/10477752-bezvugleceva-energetika-viter-u-kishenyah-spozhyvacha-abo-yaderne-zaoshchadzhenia.html>
7. Tyagunov M. Distributed energysystems is the future of the worlds power industry, 2017 2nd International Conference on the Applications of Information Technology in Developing Renewable Energy Processes & Systems (IT-DREPS), Amman, 2017, pp. 1–4. DOI: 10.1109/IT-DREPS.2017.8277817. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&number=8277817&isnum=ber=827786>
8. Rubanenko O.O. Analiz roboty VDE v rozpodilnykh merezhakh ta shliakhy kompensatsii yikh nestabilnosti / O.O. Rubanenko, V.P. Yanovych, I.O. Hunko // *Herald of Khmelnytskyi National University.* – 2019. – № 5. – S. 176–179.
9. Rubanenko O.O. Mikroelektromerezhzi yak zasib pidvyshchennia nadiinosti elektropostachannia pidpriemstv v APK / O.O. Rubanenko // *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka. Tekhnichni nauky. Vypusk 196 "Problemy enerhozabezpechennia ta enerhozberzhennia v APK Ukrainy".* – 2016. – № 175. – S. 43–45.
10. Kuchanskiy V.V. Zakhody ta zasoby pidvyshchennia nadiinosti ta yakosti elektropostachannia v elektroenerhetychnykh systemakh z vidnovliuvanyimi dzherelamy enerhii / V.V. Kuchanskiy, A.B. Nesterko, I.O. Hunko // *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka. Tekhnichni nauky. Vypusk 196 "Problemy enerhozabezpechennia ta enerhozberzhennia v APK Ukrainy".* – Kharkiv : KhNTUSH, 2018. – S. 41.
11. Rubanenko O.O. Vykorystannia bioresursiv dlia kompensatsii nestabilnosti vitrovykh i soniachnykh elektrychnykh stantsii z metoiu zabezpechennia nezalezhnoho elektropostachannia pidpriemstv APK / O.O. Rubanenko // *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka. Tekhnichni nauky. Problemy enerhozabezpechennia ta enerhozberzhennia v APK Ukrainy.* – 2018. – № 196. – S. 8-9.
12. Rubanenko O.O. Stvorennia mikroelektromerezh dlia zabezpechennia nadiinoho elektropostachannia pidpriemstv APK na prykladi Uladovo-Liulynetskoï doslidno-selektiivnoi stantsii / O.O. Rubanenko, A.A. Vydmysh, V.V. Yavdyk // *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh.* – 2019. – № 1(92). – S. 23–29.
13. Rubanenko O., Yanovych V. Analysis of instability generation of Photovoltaic power station, in IEEE 7th international conference on energy Smart systems, Kyiv, Ukraine, May 12-14, 2020
14. Gundebommu S.L., Rubanenko O., Kuchanskiy V., Hunko I. Assessment of the Power Quality in Electric Networks with Wind Power Plants, in IEEE 7th international conference on energy Smart systems, Kyiv, Ukraine, May 12-14, 2020
15. Olena Rubanenko, Iryna Hunko, Oleksandr Rubanenko, Anton Rassolkin. Influence of Solar Power Plants on 0.4 kV Consumers. 60th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON 2019, IEEE) in Riga, Latvia, 7-9 October 2019, Proceedings.
16. Kulyk V.V. Otsiniuvannya balansovoi nadiinosti vidnovliuvanykh dzherel elektroenerhii u rozpodilnykh merezhakh z urakhuvanniam tipovykh hrafikov heneruvannya ta spozhyvannya / V.V. Kulyk, V.F. Kyrychenko // *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu.* – 2018. – № 1. – S. 73–79.
17. Proekt zvit z otsinky vidpovidnosti (dostatnosti) heneruiuchykh potuzhnosti. NEK UKRENERHO. 2018. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/11/Zvit-z-otsinky-vidpovidnosti-dostatnosti-generuyuchykh-potuzhnostej.pdf>
18. Lezhniuk P. Fotoelektrychni stantsii yak element enerhoefektyvnoho elektropostachannia / P. Lezhniuk, S. Kravchuk, I. Kotylko // *OEIET.* – Ber 2020. – Tom 38, № 2. – S. 100–106.
19. P. Lezhniuk, V. Komar, and S. Kravchuk, "Regimes Balancing in the Local Electric System with Renewable Sources of Electricity," in 2019 IEEE 20th International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE), 2019, pp. 1-4.
20. P. Lezhniuk, S. Kravchuk, V. Netrebskiy, V. Komar, and V. Lesko, "Forecasting Hourly Photovoltaic Generation On Day Ahead," in 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), 2019, pp. 184-187.
21. Lezhniuk P.D. Analiz meteoparametriv dlia pohodynnoho prohnozuvannya vyrobittu elektroenerhii fotovoltaichnymi elektrostantsiiami na dobu napered / P.D. Lezhniuk, V.O. Komar, S.V. Kravchuk, Ye.S. Didichenko // *Enerhetyka ta kompiuterno-intehrovani tekhnolohii v APK.* – 2017. – № 1 (6).

Надійшла / Paper received : 24.10.2020

Надрукована/Printed : 27.11.2020