

УДК 621.311.161

Лило І.В.

Науковий керівник: Замулко А.І. к.т.н., доцент
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
КПІ ім.Ігоря Сікорського

ОЦІНЮВАННЯ ПОТЕНЦІАЛУ РЕГІОНУ ЩОДО РОЗВИТКУ ВДЕ

Анотація: В роботі розглянуто спосіб застосування методики рейтингового оцінювання для раціоналізації розміщення ВДЕ в регіонах України. Встановлено, що застосування методики рейтингового оцінювання, для аналізу регіонів України, за умов наявності широкої критеріальної бази, надає можливість раціонально встановити доцільність розміщення установок ВДЕ. Створення широкого списку критеріїв, надає можливість глибше оцінювати готовність енергетичної мережі до роботи з ВДЕ які характеризуються стохастичністю генерації та відсутністю керування.

Ключові слова: раціоналізація, ВДЕ, рейтингове оцінювання, багатокритеріальна оцінка, аналіз потенціалу.

Abstract: The paper considers the method of application of rating assessment methodology for rationalization of RES placement in the regions of Ukraine. It is established that the application of the rating assessment methodology for the analysis of the regions of Ukraine, provided that there is a wide criterion base, provides an opportunity to rationally establish the feasibility of placing RES installations. Creating a wide list of criteria provides an opportunity to more deeply assess the readiness of the energy network to work with RES, which are characterized by stochastic generation and lack of control.

Key words: rationalization, RES, rating assessment, multicriteria assessment, potential analysis.

Вступ

Для забезпечення ефективної роботи енергосистеми України, а також для підтримки тенденцій розвитку ВДЕ в структурі генеруючих потужностей, слід раціоналізувати розподіл установок генерації з альтернативних джерел на території України [1]. Раціональний розподіл установок ВДЕ по території України призведе до зниження сукупного негативного впливу на ОЕС України, а в окремих випадках може покращити деякі параметри.

У відповідності до того що, регіони України відрізняються показниками сонячної інсоляції та вітрової активності, розміщення установок СЕС та ВЕС в різних областях України має дискримінований характер. Проте, врахування лише одного показника при виборі територій для розміщення ВДЕ не надає повного уявлення про особливості регіону.

Застосування багатокритеріального аналізу, для оцінки готовності регіональних електричних мереж до впровадження в їх мережі установок ВДЕ, створює більш широку картину для формування енергетичних стратегій розвитку відновлювальної енергетики України. Вибір критеріїв для аналізу повинен бути заснований на оцінці впливу джерел ВДЕ на роботу локальних енергетичних систем, оскільки основний вплив ВДЕ несуть на мережі до яких вони підключені [2-4]. Споживачі які приєднані до ЛЕС в яких працюють некеровані ВДЕ з стохастичним характером генерації, сильніше інших відчувають їх вплив на якість електроенергії.

Мета та завдання

Формування списку критеріїв, на основі яких проводиться оцінка доцільності розміщення установок ВДЕ в регіоні є основною ціллю даного дослідження. Створення рейтингу регіонів України на основі оцінки географічних особливостей, стану електричних

мереж, якості роботи електророзподільних компаній та інш. Основні завдання які ставляться в даному дослідженні:

- формування переліку критеріїв для оцінки;
- визначення методології для оцінювання місця регіону;
- здійснення розрахунків з використання актуальних статистичних даних.

Матеріал і результати досліджень

Визначено основні негативні впливи неконтрольованого розвитку ВДЕ, розділено їх на дві основні групи, технічного характеру: ускладнення розрахунку балансу потужностей; необхідність збільшення резерву потужності; погіршення показників якості електроенергії; погіршення показників надійності електропостачання; збільшення частоти відключень генераторів ТЕС, та економічного характеру: зростання витрат на забезпечення балансової надійності; зростання фінансового навантаження на ринок електроенергії; витрати на створення нових маневрових потужностей [5-8].

На основі проаналізованих даних, створено список основних особливостей, які повинні бути враховані при приєднанні ВДЕ до мережі. Характерні особливості генерації на які слід спиратися при плануванні нових СЕС та ВЕС: тип джерела; графік генерації; потужність генерації; здатність змінювати склад потужності; займана територія при тій же встановленій потужності; форма вихідного струму; здатність працювати не змінюючи частотний режим мережі; здатність бути приєднаними до мережі в позаштатних ситуаціях. Характеристик мережі на які слід в першу чергу звертати увагу при плануванні підключення ВДЕ: рівень підпорядкування мережі; клас напруги мережі; наявність вже існуючих СЕС та ВЕС які уже працюють в мережі; кількість та тип трансформаторних підстанцій; відсоток зносу мережі; наявність компенсуючого обладнання. Характеристики споживачів під'єднаних до мережі в залежності від їх розміщені: тип споживача; категорія споживача за надійність електропостачання; графік споживання електричної енергії; графік перетоків для споживача з локальною генерацією (СЕС 30 кВт під «зелений тариф») наявність в споживача обладнання яке генерує або споживає реактивне енергію; здатність споживача зменшувати/збільшувати споживання за потреби або переміщувати його в часі.

Відповідно до особливостей роботи ВДЕ в мережі з різним характером споживання електричної енергії сформовано перелік критеріїв для оцінки регіонів:

- показниками сонячної інсоляції та вітрової активності;
- вартість земельних ділянок, для розміщення установок ВДЕ;
- наявність вільних територій виділених під ВДЕ;
- вартість підключення до мережі;
- густина підстанцій відповідного класу напруги на квадратний кілометр;
- середня потужність підстанцій на квадратний кілометр;
- стан обладнання мережі;
- подібність графіку споживання до графіку генерації ВДЕ (лише для СЕС);
- структура споживання електричної енергії;
- склад генеруючих потужностей електричної енергії (співвідношення відновлювальних джерел енергії до теоретично маневрових потужностей в мережі);
- показники надійності (безперервності) електропостачання;
- показники комерційної якості пов'язані з технічним станом ел. мер;
- показник якості електричної енергії (за умови наявності статистики).

З розглянутих математичних апаратів [9-11], для налізу наведених критерії обрано методику рейтингового оцінювання [12].

Здійснюємо вибір регіонів України, які будуть оцінені. Визначаємо числові значення обраних критеріїв рейтингового оцінювання для кожного об'єкта оцінювання, згідно наявних у відкритому доступі даних ОСР за 2018-2019 рр. [12-16], та звітної документації статистичних організацій. Формуємо зведену матрицю показників в табличній формі (таб.1).

Проводимо нормалізацію значень критеріїв оцінювання (таб.2). Проводим ранжування об'єктів за 3 методами:

- за формулою середньоквадратичного відхилення (1):

$$R_i = \sqrt{\sum_{k=1}^n (\rho_k \cdot A_{ik})^2}, i = \overline{1, m}. \quad (1)$$

де $\rho_k = 1$ - ступінь важливості критерію

- за допомогою бальної оцінки (2):

$$R_i = \sum_{k=1}^n \rho_k \cdot r_{ik}, i = \overline{1, m}. \quad (2)$$

- за правилом Кондорсе.

Таблиця 1 – Зведені показники для виконання рейтингового оцінювання

№ Регіону	№ параметру	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Назва критерію по якому проводиться оцінка	Технічно-дослідний потенціал енергії сонця	Технічно-дослідний потенціал енергії вітру	Вартість землі	Кількість земельних ділянок виданих під виділення під розсічення ВДЕ	Густина підстанцій на квадратний кілометр	Потужність підстанцій на квадратний кілометр	Показник енергоємності обслуговування	Коефі. Поєдності графіків споживання	Вартість підключення до мережі	Частка промисловості в структурі споживання регіону	Співвідношення генератів СЕС до генератів маневрених електростанцій	Показник SAIDI	Якість надання послуг	Показник якості електричної енергії
	Регіони що оцінюються	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MIN	MIN	MIN	MAX	MIN	MIN	MIN	MAX	
1	Вінницька область	0.509	0.000	1.000	0.172	0.535	0.100	0.901	0.000	0.563	0.160	0.793	0.967	0.997	0.228
2	Волинська область	0.356	0.000	0.483	0.172	0.337	0.032	0.579	0.761	0.576	0.259	0.995	0.470	0.976	0.010
3	Дніпропетровська область	0.798	0.889	0.155	0.203	0.531	0.458	0.000	1.000	0.998	1.000	0.920	0.753	0.448	1.000
4	Донецька область	0.663	0.945	0.237	0.922	0.720	0.644	0.471	0.096	1.000	0.903	0.000	0.900	0.968	0.450
5	Житомирська область	0.650	0.000	0.603	0.453	0.349	0.049	0.968	0.737	0.639	0.436	0.989	0.890	0.998	0.127
6	Закарпатська область	0.098	0.734	0.371	0.000	0.551	0.242	0.944	0.818	0.435	0.061	0.872	0.700	0.978	0.238
7	Запорізька область	0.736	0.978	0.448	0.922	1.000	1.000	0.154	0.643	0.608	0.739	0.856	0.868	0.540	0.451
8	Івано-Франківська область	0.147	0.944	0.590	0.266	0.000	0.299	0.995	0.109	0.630	0.603	0.905	0.876	0.165	0.271
10	Київська область	0.607	0.000	0.461	0.375	0.245	0.060	0.974	0.973	0.508	0.231	0.855	0.499	0.997	0.192
11	Кіровоградська область	0.491	0.000	0.108	1.000	0.449	0.475	0.546	0.574	0.855	0.541	0.762	0.162	1.000	0.000
12	Луганська область	0.675	0.932	0.168	0.391	0.413	0.184	0.482	0.084	0.995	0.460	0.000	0.290	0.574	0.625
13	Львівська область	0.405	0.676	0.539	0.516	0.285	0.109	0.731	0.768	0.000	0.240	0.912	0.738	0.971	0.265
14	Миколаївська область	0.650	0.926	0.168	0.766	0.494	0.296	1.000	0.862	0.948	0.294	0.276	0.427	0.862	0.648
15	Одеська область	1.000	0.957	0.000	0.156	0.353	0.052	0.865	0.839	0.637	0.083	0.461	0.577	0.721	0.234
16	Полтавська область	0.638	0.000	0.543	0.000	0.189	0.020	0.803	0.651	0.642	0.768	1.000	0.659	0.962	0.349
17	Рівненська область	0.307	0.000	0.638	0.344	0.347	0.038	0.767	0.438	0.656	0.380	0.996	1.000	0.969	0.302
18	Сумська область	0.460	0.000	0.422	0.984	0.374	0.081	0.677	0.816	0.988	0.440	0.998	0.673	0.871	0.053
19	Тернопільська область	0.215	0.000	0.357	0.000	0.626	0.104	0.809	0.396	0.487	0.085	0.989	0.747	0.938	0.066
20	Харківська область	0.712	0.000	0.288	0.000	0.462	0.294	0.774	0.853	0.772	0.274	1.000	0.673	0.000	0.046
21	Херсонська область	0.847	1.000	0.564	0.875	0.059	0.063	0.742	0.514	0.839	0.014	0.275	0.634	0.882	0.587
22	Хмельницька область	0.380	0.000	0.349	0.359	0.481	0.115	0.660	0.227	0.061	0.303	0.783	0.461	1.000	0.158
23	Черкаська область	0.577	0.000	0.164	0.391	0.623	0.172	0.930	0.681	0.874	0.552	0.989	0.790	0.764	0.104
24	Чернівецька область	0.000	0.741	0.474	0.406	0.701	0.190	0.794	0.716	0.000	0.000	0.987	0.902	1.000	0.119
25	Чернігівська область	0.699	0.000	0.195	0.406	0.288	0.000	0.612	0.545	0.639	0.257	0.983	0.962	0.926	0.040

Таблиця 3 – Місце регіону в рейтингу відповідно обраного способу розрахунку

№ Регіону	Спосіб оцінки	За узагальненими нормалізованими показниками		За бальною оцінкою		За правилом Кондорсе	
		Середньоквадратичне відхилення	Місце в рейтингу	Сума балів за усіма критеріями	Місце в рейтингу	Ступінь переваги	Місце в рейтингу
1	Вінницька область	0,64142364	8	165	10	6	7
2	Волинська область	0,55335867	21	124	21	1	11
3	Дніпропетровська область	0,72337327	2	200	1	16	2
4	Донецька область	0,64835582	7	180,5	5	9	5
5	Житомирська область	0,67808393	4	199	2	15	3
6	Закарпатська область	0,5900175	16	154,5	15	4	9
7	Запорізька область	0,72992388	1	200	1	16	2
8	Івано-Франківська область	0,55326773	22	160	12	8	6
10	Київська область	0,62047984	11	155	14	5	8
11	Кіровоградська область	0,61625231	12	154	16	4	9
12	Луганська область	0,48732912	23	141,5	17	0	12
13	Львівська область	0,58068655	17	155,5	13	5	8
14	Миколаївська область	0,65153802	6	192	3	19	1
15	Одеська область	0,56401206	19	130	20	1	11
16	Полтавська область	0,63774592	9	167,5	9	6	7
17	Рівненська область	0,62745762	10	175	7	8	6
18	Сумська область	0,68003193	3	177	6	6	7
19	Тернопільська область	0,55839397	20	133,5	19	0	12
20	Харківська область	0,57801261	18	164,5	11	6	7
21	Херсонська область	0,61578301	13	154	16	3	10
22	Хмельницька область	0,48630832	24	130	20	1	11
23	Черкаська область	0,65177165	5	182	4	11	4
24	Чернівецька область	0,61156908	14	169,5	8	5	8
25	Чернігівська область	0,59937272	15	136	18	2	11

Найбільш коректний результат для створення рейтингу регіону доцільно отримано способом узагальнення нормалізованих показників. Тому що всі критерії по яких проводилась оцінка мають кількісний показник, тобто описані конкретними числовими значеннями. У випадку, якщо до наявних кількісних показників додати також якісні критерії оцінювання, доцільнішим стануть результати за бальною оцінкою та правилом Конденсе.

Висновки

Збільшення сукупної кількості критеріїв для оцінки регіонів України з точки зору доцільності розвитку на їх територіях ВДЕ, надає більш широкий спектр можливостей для реалізації енергетичної стратегії України.

Регіони України з високими показниками інсоляції (для СЕС) та високими показниками вітрової активності (для ВЕС), мають гірші показники по критеріях вартості землі, густині трансформаторних підстанцій, якості електричної енергії та інш.

Застосування більшої критеріальної бази, надає можливість впливати на вибір місця розміщення ВДЕ, потенціальними інвесторами, за умови мінімізації впливу на нормальний режим функціонування енергосистеми.

Список літератури

1. План розвитку системи передачі на 2020-2029 роки. // НЕК "Укренерго". – 2019. – С. 28–51.
2. El-Khattam, W. Optimal Investment Planning for Distributed Generation in a Competitive Electricity Market [Text] / W. El-Khattam, K. Bhattacharya, Y. Hegazy, M. M. A. Salama // IEEE Trans. Power Syst. – 2004. - Vol. 19. - P. 1674-1684.
3. Alinejad-Beromi, Y. A Particle Swarm Optimization for Sitting and Sizing of Distributed Generation in Distribution Network to Improve Voltage Profile and Reduce THD and Losses [Text] / Alinejad-Beromi Y., Sedighizadeh M., Sadighi M. //Universities Power Engineering Conference. - 2008. – P. 1-5.
4. Liu, Zifa Optimal Configuration for Capacity of Distributed Generation Interconnected to Distribution Network Based on Improved [Text] / Liu Zifa, Wu Ziping, Xue Xiaoqiang, Zhang Jianhua // Sustainable Power Generation and Supply. - 2009. - P. 1-5.
5. Павловський В.В., Лук'яненко Л.М., Гончаренко І.С., Захаров А.М. Обмеження потужності відновлюваних джерел енергії за умовами приєднання до електричної мережі // енергетичні системи та комплекси: збірник наукових праць. Вип. 43, 2016 рік Інститут електродинаміки НАН України, 2016. С 18-23
6. Киреленко О. В. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими / Т. М. Базюк, І. В. Блінов, С. П. Денисюк та ін// Інститут електродинаміки НАН України.– Київ, 2016. – 400 с.
7. Кузнєцов М. П. Забезпечення енергобалансу в комбінованих енергосистемах з відновлюваними джерелами енергії // Відновлювальна енергетика та енергоефективність у ХХІ столітті : матеріали ХХ Міжн. наук.-практ. конф., м. Київ, 15-16 травня 2019 р. : тези доповідей. – К.: Інтерсервіс, 2019. С 48-52.
8. Мірошник Ю. В., Казанський С. В. Моделювання режимів роботи електричної мережі з відновлюваними джерелами енергії // Відновлювальна енергетика та енергоефективність у ХХІ столітті : матеріали ХХ Міжн. наук.-практ. конф., м. Київ, 15-16 травня 2019 р. : тези доповідей. – К.: Інтерсервіс, 2019. С 113-116.
9. Opricovic S. Multi-criteria optimization of civil engineering systems / S. Opricovic-Belgrade: Faculty of Civil Engineering, 1998. - 56 p.
10. Yu P.L. A Class of Solutions for Group Decision Problems / P.L. Yu // Management Science.- 1973. – Vol. 19, N 8. – P. 936-946 p. 184 c. 1977. – Vol. 13, N 1. - P. 47-58. Vol. 3, N1. P. 327-348. М.: Наука, 1981. - 208 с.

11. Hwang C.L. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. A State of Art Survey / C.L. Hwang, K. Yoon.
12. Гинявичюс Р. Влияние весов частных критериев на результаты многокритериальной оценки / Р. Гинявичюс, В. Подвезько // Вісник НАУ.-2004.-N 3.-С. 37-41.
13. Звіт про результати діяльності НКРЕКП у 2018 р.: Постанова НКРЕКП від 29.03.2019 № 440. 314 с. URL: <http://www.nerc.gov.ua/?id=39676> (дата звернення: 27.01.2020).
14. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей. // НЕК "Укренерго". – 2018. – С. 13–16, 20–26, 69–71, 118–119.