

УДК 330.5:338.3

Кузнєцова Г.О.¹*кандидат економічних наук, докторант,
ПВНЗ «Міжнародний університет бізнесу і права»*

ПРОЕКТУВАННЯ МАЛИХ ЕНЕРГОСИСТЕМ В РЕГІОНАХ НА ОСНОВІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

АНОТАЦІЯ

У статті розглянуто основні аспекти проектування малих енергосистем на базі відновлюваних джерел енергії, питання впровадження їх в існуючу енергосистему регіонів країни та особливості цього процесу. Розглянуто основні заходи щодо підвищення ефективності та оптимізації структури відновлюваних джерел енергії. Наголошено, що вибір функціональної, технічної і технологічної структури енергосистеми це один з головних і першорядних аспектів створення енергоустановок із застосуванням відновлюваних джерел енергії в регіонах. Обґрунтовано необхідність мати методики мобільної оцінки ресурсів енергії необхідної області, щоб можливо було визначити частку кожного з джерел ВДЕ. Такі методики повинні відображати процеси, які реально відбуваються у виробленні і розподілі енергії, легко підлаштовуватися під задані умови і мати високий ступінь автоматизації. Наведено узагальнену схему формування структури енергосистеми на основі відновлюваних джерел енергії для забезпечення споживачів при всіх специфічних умовах і даних про споживача і його регіон розташування.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, проектування, оцінка, планування, енергоефективність, моніторинг, прогнозування, перспективи розвитку.

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены основные аспекты проектирования малых энергосистем на базе возобновляемых источников энергии, вопросы внедрения их в существующую энергосистему регионов страны и особенности этого процесса. Рассмотрены основные меры по повышению эффективности и оптимизации структуры возобновляемых источников энергии. Отмечено, что выбор функциональной, технической и технологической структуры энергосистемы это один из главных и первостепенных аспектов создания энергоустановок с использованием возобновляемых источников энергии в регионах. Обоснована необходимость иметь методики мобильной оценки ресурсов энергии необходимой области, чтобы возможно было определить долю каждого из источников ВИЭ. Такие методики должны отражать процессы, которые реально происходят в выработке и распределении энергии, легко подстраиваться под заданные условия и иметь высокую степень автоматизации. Приведена обобщенная схема формирования структуры энергосистемы на основе возобновляемых источников энергии для обеспечения потребителей при всех специфических условиях и данных о потребителе и его регионе расположения.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, проектирование, оценка, планирование, энергоэффективность, мониторинг, прогнозирование, перспективы развития.

ANNOTATION

The article deals with the main aspects of the design of small power systems based on renewable energy sources, the issues of their introduction into the existing power system of the country's regions and the features of this process. The main measures to improve the efficiency and optimize the structure of renewable energy sources are considered. It is noted that the choice of functional, technical and technological structure of the power system is one of the main and paramount aspects of the creation of power plants using renewable energy sources in the regions. The necessity to have methods of mobile assessment of energy resources of the required area to be able to determine

the share of each of the sources of renewable energy is justified. Such techniques should reflect the processes that actually occur in the production and distribution of energy, easily adapt to given conditions and have a high degree of automation. The generalized scheme of formation of structure of power system on the basis of renewable energy sources for providing consumers at all specific conditions and data on the consumer and its region of an arrangement is resulted. Ukraine seeks to become as close as possible to Europe in many areas. Energy is no exception. Ukraine seeks to attract investment in renewable energy.

Key words: renewable energy sources, design, assessment, planning, energy efficiency, monitoring, forecasting, development prospects.

Постановка проблеми. Україна прагне стати якомога ближче до Європи в багатьох сферах. Енергетика — не виняток. Україна прагне залучати інвестиції у відновлювану енергетику. Але розвиток цього сегмента в регіонах напштовхується на технічні складності, які змусять обмежити будівництво нових генеруючих потужностей. Однією з найсерйозніших проблем відновлюваної енергетики є проблема утримання балансу добового графіку вироблення/споживання електричної енергії, яка пов'язана з нерівномірністю вироблення потужності СЕС та ВЕС. Піки та провали потужності ВЕС і СЕС повинні компенсуватися балансуючими потужностями. Маневрені потужності існуючих ГЕС і ГАЕС обмежені, і ці станції покривають ранкові та вечірні піки споживання. Компенсують піки і провали «зеленої» генерації існуючі теплові блоки ТЕС. Ці блоки проектували і будували ще за часів СРСР, вони не призначені для швидкого маневрування в великому діапазоні потужності. Це неекономічні режими роботи, які призводять до швидкого зносу обладнання. Нові сучасні маневрені потужності, які могли б виконувати функцію балансування, з часів розвалу СРСР не будуються. У зв'язку із зростанням ролі відновлюваних джерел енергії, впровадження їх в існуючі енергосистеми регіонів і особливості регіонального проектування, а також удосконалення цього процесу є на даний момент актуальним завданням, що потребує комплексного вивчення.

Вибір функціональної, технічної і технологічної структури енергосистеми це один з головних і першорядних аспектів створення енергоустановок із застосуванням ВДЕ в регіонах. Усе вищезазначене і зумовило актуальність даного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливі аспекти розвитку відновлюваної енер-

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8048-6631>

гетики стали предметом дослідження низки зарубіжних науковців. Зокрема, слід відзначити Н. Вагнера, Д. Гілена, М. Делуччі, М. Джейкобсона, Д. Ергіна, І. Коссе, Є. Круковську, А. Макрона, У. Мосленера, Дж. Радеке, Д. Сайгіна, Р. Титко, Е. Ушера, Г. Фелль та ін.

Вагомий внесок у розробку теоретико-методичних і науково-прикладних засад розвитку відновлюваної енергетики в Україні зробили вітчизняні дослідники І. Андрійчук, С. Боблях, В. Білодід, П. Васько, Г. Гелетука, М. Гнідий, Г. Денисенко, О. Дроздова, С. Дубовський, Т. Железна, В. Калініченко, В. Ключ, А. Конеченков, С. Кудря, М. Кулик, П. Кучерук, Ю. Морозов, Н. Мхітарян, О. Новосельцев, Е. Олійник, Г. Півняк, В. Резцов, Ф. Шкрабець та ін.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. У статті наведено узагальнену схему формування структури енергосистеми на основі відновлюваних джерел енергії для забезпечення споживачів при всіх специфічних умовах і даних про споживача і його регіон розташування.

Постановка завдання. Метою дослідження є аналіз проектування малих енергосистем в регіонах на основі відновлюваних джерел енергії.

Виклад основного матеріалу дослідження: Відновлювані джерела енергії (ВДЕ) відіграватимуть головну роль у переході світової енергетики на більш безпечний, надійний і стійкий шлях розвитку. Найбільші можливості для більш широкого використання відновлюваних джерел енергії в абсолютному вираженні існують в секторі електроенергетики [1].

У всьому світі ведуться дослідження, спрямовані на максимально ефективне використання в енергосистемі нетрадиційних відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні електростанції, вітрогенератори, малі гідроелектростанції тощо. Потенційні можливості застосування цих джерел практично не обмежені [2].

Найбільш активно розвивається вид енергетики на базі відновлюваних джерел енергії, на сьогоднішній день самими популярними є вітрові електростанції. У результаті на кінець 2017 року потужність вітрових електростанцій у світі склала 318105 МВт, що показує приріст світової вітроенергетики на 12.5% [3].

Що стосується сонячних установок, то в 2017 році сумарна встановлена потужність сонячних електростанцій зросла на 43% або на 29,4 ГВт, що становить 15% від сумарної потужності існуючих сонячних електростанцій [4].

У зв'язку з таким масштабним зростанням відновлюваних джерел енергії впровадження їх в існуючу енергосистему і особливості регіонального проектування, а також удосконалення цього процесу є на даний момент актуальним завданням, що потребує комплексного вивчення.

Вибір функціональної, технічної і технологічної структури енергосистеми це один з головних і першорядних аспектів створення енергоустановок із застосуванням ВДЕ в регіонах [5].

Також на початковій стадії проектних робіт закладаються якісні показники об'єкта енергосистеми. Тоді ж проявляється загальна структура, що визначається з ресурсних можливостей ВДЕ даного регіону, закладається інформація про техніко-економічні параметри ВДЕ, технічну і економічну реалізованість, конкретні характеристики споживачів у регіоні, що визначають перераховані вище проблеми [3].

Проектування малих енергосистем має включати виконання також наступних видів робіт:

- один раз на два роки розробку схеми розвитку єдиної енергетичної системи (ЕСС) і об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) регіону на десяти-/п'ятнадцятирічний період;
- проведення робіт з розвитку єдиної національної електричної мережі ЄНЕС України на десятирічну перспективу, також проводиться періодичний технічний і економічний моніторинг електричної мережі.

Моніторинг поточного стану енергосистеми проводиться для аналізу працездатності та виявлення тенденцій в енергосистемі, своєчасного виявлення проблем, коригування першочергових технічних рішень та інших заходів, спрямованих в першу чергу на ліквідацію цих проблемних місць [3].

Виходячи з вищесказаного, випливає, що проектування малих енергосистем на основі ВДЕ – це багаторівневий процес, в ході якого вирішуються завдання моделювання функціональної та технічної структури об'єкта. Даний процес можна розбити на кілька основних стадій.

Перша стадія – проектне рішення. Стадія, що має визначальне значення для наступних етапів і заходів при проектуванні, де виявляються необхідні і достатні відомості для наступних напрямків проектних досліджень. Основні етапи:

- виявлення потреб в тих чи інших видах енергії;
- дослідження ресурсів ВДЕ в галузі будівництва;
- облік специфічних властивостей регіону при аналізі технологічних схем ВДЕ та варіантів їх використання;
- визначення виходячи зі специфіки регіону перспективних районів будівництва установок ВДЕ;
- аналіз наявних традиційних джерел енергії (органічного палива, теплової та електричної енергії);
- районування та картування території регіону по щільності ресурсів;
- експертиза доцільності використання ВДЕ з точки зору економічних та екологічних факторів;
- техніко-економічна оцінка глобальних параметрів і показників енергосистеми за допомогою соціально-екологічних факторів, що застосовуються до даного регіону.

При проектуванні розвитку енергосистем з відповідним ступенем конкретизації необхідно враховувати і опрацьовувати такі моменти:



Рис. 1. Вибір схеми енергосистеми на основі ВДЕ

Джерело: розроблено автором

- можливі складнощі в організації ремонтно-експлуатаційного обслуговування (сервісні служби та ін.);
- важливість оснащення засобами диспетчерського і технологічного управління;
- необхідність стійкої паралельної роботи енергосистем з існуючими мережами;
- наявність засобів релейного захисту та протияварійної автоматики;
- впровадження автоматичних систем управління та моніторингу;
- оснащення автоматичною системою контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ).

Друга стадія – вибір і формування проекту. Тут приймається схема варіанту енергосистеми, визначається мета функціонування, характер споживачів, загальна структура та основні елементи, вимоги елементів, які формалізуються за технічними даними, оцінюється технічна реалізація моделі, проводиться попередня оцінка надійності та ефективності. Дані заходи дозволяють виключити можливість грубих принципних помилок на початкових стадіях проектування [1; 2]. Ключові етапи проектування на даній стадії наведені на рис. 1.

Створення структурно-функціональної моделі (СФМ) енергосистеми на основі ВДЕ:

- підбір обладнання та оцінка пропонуванних параметрів в СФМ;
- етап оцінки узгодження обладнання;

- планування їх розміщення (встановлення координат точок у заданому районі);
- при заданих критеріях продуктивності оцінюється технічна реалізованість моделі (оцінка покриття графіка енергоспоживання із заданою забезпеченістю і з мінімальними втратами енергії);
- оцінка ступеню надійності і життєздатності реалізованої технічної моделі.

Третя стадія – технічний проект. Мета даного етапу – детальне опрацювання енергосистеми на основі ВДЕ. Технічний проект повинен дати повне уявлення про енергосистему, що дозволить оцінити техніко-експлуатаційні якості, а також визначити терміни будівництва, виявити організаційно технічні заходи.

Технічний проект є підставою для укладення договору на будівництво енергосистеми на основі ВДЕ, а також визначає вимоги замовника і відповідальність виробника.

Технічний проект – основа для створення робочих креслень та іншої документації, що визначає споруду, випробування і здачу енергосистеми на основі ВДЕ.

Четверта стадія – виготовлення та впровадження. Тут вирішуються завдання монтажу і виробництва окремих блоків і технічних засобів в цілому, проводиться налагодження і випробування обладнання.

Особливості комбінованого використання ВДЕ в енергобалансі обумовлюється особливою

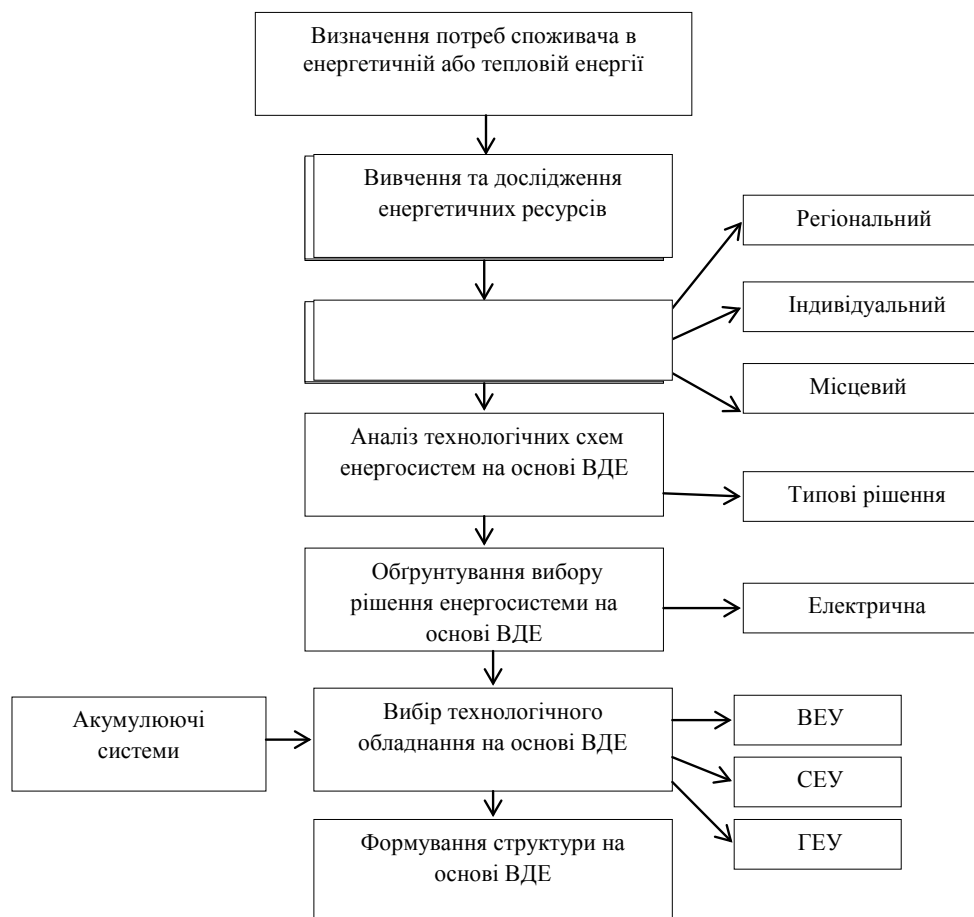


Рис. 2. Процес прийняття рішення при формуванні структури енергосистеми на основі ВДЕ

Джерело: розроблено автором

для кожного регіону структурою і ресурсною базою ВДЕ. Однак, після визначення оцінок паливно-енергетичного балансу (ПЕБ) регіону та можливої частки в них ВДЕ, залишається питання, якими відновлюваними джерелами слід замінювати цю частку.

Виходячи з цього, необхідно мати методики мобільної оцінки ресурсів енергії необхідної області, щоб можливо було визначити частку кожного з джерел ВДЕ. Методики повинні відображати процеси, які реально відбуваються у виробленні і розподілі енергії, легко підлаштовуватися під задані умови і мати високий ступінь автоматизації.

Узагальнену схему формування структури енергосистеми на основі ВДЕ для забезпечення споживачів при всіх специфічних умовах і даних про споживача і його регіон розташування, представимо у вигляді схеми на рис. 2.

Пропонована схема наочно демонструє процес прийняття рішень по розробці енергооб'єкта.

Висновки. Запропонована методологія проведення передпроектних досліджень і планування розвитку енергосистем в регіонах на основі ВДЕ дозволяє більш глибоко і детально простежити перспективи і можливі наслідки впровадження ВДЕ в існуючу мережу, а також перевірити і оцінити можливості вирішення існуючих проблем в регіональній енергетиці за рахунок ВДЕ.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії : монографія / О. Адаменко, В. Височанський, В. Лютко, М. Михайлів. Івано-Франківськ : ІМЕ, 2017. 432 с.
2. Мельник Л.Г. Економіка енергетики : навчальний посібник / Л.Г. Мельник, О.І. Карінцева, І.М. Сотник. Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. 238 с.
3. Онищук Г.І. Проблеми розвитку міського комплексу України: теорія і практика : монографія / за редакцією С.І. Дорогунцова. Київ : Наук. світ, 2016. 439 с.
4. Ратушняк Г.С. Енергозбереження та експлуатація систем теплопостачання : навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. / Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова. Вінницький національний технічний ун-т. Вінниця : УНІВЕР-СУМ-Вінниця, 2014. 136 с.
5. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л. Енергозбереження. Проблеми енергетики XXI століття : навч. посібник. Київ, 2016. 200 с.

REFERENCES:

1. Alternative fuels and other alternative energy sources: monograph / A. Adamenko, V. Vysochanskii, V. Lotko, M. Mikhailov. Ivano-Frankivsk: IME, 2017. 432 p.
2. Melnik L. Economics of energy: textbook / L. Melnik, O. Karintseva, I. Sotnik. Sumy: VTD "University book", 2006. 238 p.
3. Onishchuk G. Problems of development of the urban complex of Ukraine: theory and practice: monograph / edited by S. Doroguntsov. Kyiv: Nauk. world, 2016. 439 p.

4. Ratushnyak G. Energy saving and operation of heat supply systems: studies. benefit. for students. higher studies. zasl. / G. Ratushnyak, G. Popova. Vinnytsia national technical University-T. Vinnitsa: UNIVER-SUM-Vinnitsa, 2014. 136 p.
5. Tovazhnyansky L. Energy Saving. Energy problems of the XXI century: studies. benefit. Kiev, 2016. 200 p.

Galyna Kuznyetsova

*Candidate of Economic Sciences, Doctoral Candidate,
International University of Business and Law*

DESIGN OF SMALL ENERGY SYSTEMS IN THE REGIONS BASED ON RENEWED ENERGY SOURCES

Objective. The article deals with the main aspects of the design of small power systems based on renewable energy sources, the issues of their introduction into the existing power system of the country's regions and the features of this process. The main measures to improve the efficiency and optimize the structure of renewable energy sources are considered. It is noted that the choice of functional, technical and technological structure of the power system is one of the main and paramount aspects of the creation of power plants using renewable energy sources in the regions. The necessity to have methods of mobile assessment of energy resources of the required area to be able to determine the share of each of the sources of renewable energy is justified. Such techniques should reflect the processes that actually occur in the production and distribution of energy, easily adapt to given conditions and have a high degree of automation. Ukraine seeks to become as close as possible to Europe in many areas. Energy is no exception. Ukraine seeks to attract investment in renewable energy. However, the development of this segment in the regions is hampered by technical difficulties, which will force you to limit the construction of new generating capacities. One of the most serious problems of renewable energy is the problem of maintaining the balance of the daily schedule of generation/consumption of electric energy, which is associated with uneven power generation of SES and WES. Peaks and dips in the capacity of WPP and SES should be compensated by their capacities. Maneuvering capacity of existing HPPs is limited, and these stations cover morning and evening peaks in consumption. Existing thermal units of thermal power plants compensate for peaks and failures of "green" generation. These units were designed and built in Soviet times; they are not designed for rapid maneuvering in a large power range. These are non-accounting, uneconomical modes of operation, which lead to rapid wear and tear of equipment. New modern maneuverable capacity, which could perform the function of balancing, since the collapse of the USSR are not built.

Methods: the article widely uses the works of domestic and foreign researchers in the field of Economics, management, corporate management and organizational behavior. When writing the article, the author used system, situational and complex analysis, methods of sociological and comparative analysis, correlation and regression analysis, methods of logic, comparison and generalization.

Results. It is necessary to have methods of mobile assessment of energy resources of the required area, so that it was possible to determine the share of each of the sources of renewable energy. The methods should reflect the processes that actually occur in the production and distribution of energy, easily adapt to given conditions and have a high degree of automation. The proposed scheme clearly demonstrates the decision-making processes for the development of the power facility. The methodology of carrying out pre-project researches and planning of development of power systems in regions on the basis of RES is offered allows to trace more deeply and in detail prospects and possible consequences of introduction of RES in an existing network, and also to check and estimate possibilities of the solution of existing problems in power at the expense of RES.

Scientific novelty. The generalized scheme of formation of structure of power system based on renewable energy sources for providing consumers at all specific conditions and data on the consumer and its region of an arrangement is resulted. Due to the growing role of renewable energy sources, their introduction into the existing power systems of the regions and the features of regional design, as well as the improvement of this process is currently an urgent task that requires a comprehensive study. The choice of functional, technical and technological structure of the power system is one of the main and paramount aspects of the creation of power plants using renewable energy in the regions.

Practical importance: the results of the study can serve as a methodological and methodical basis for further study of the process of formation of modern power engineering of regions.