

О. М. ТЕЛІЖЕНКОдоктор економічних наук, професор,
старший науковий співробітникНауково-дослідного інституту енергоефективних технологій
Сумський державний університет

ORCID: 0000-0001-9864-4098

С. В. ШАШКОВкандидат економічних наук,
старший науковий співробітникНауково-навчального центру моделювання процесів у складних системах
кафедри прикладної математики та моделювання складних систем

Сумський державний університет

ORCID: 0009-0001-8734-5460

НАПРЯМКИ ДІЯЛЬНОСТІ З АГРЕГАЦІЇ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ НА ОСНОВІ РОЗВИТКУ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

В статті розглянуто основні структурні та підструктурні елементи розумних електромереж та їх класифікацію. Визначено потребу реалізації комплексу законодавчих, організаційних, технічних, економічних та інших заходів з метою розвитку вітчизняного ринку електроенергії.

Одним з перспективних напрямків впровадження розумних електромереж є розвиток розподіленої генерації. Опрацьовані визначення та трактування цього поняття. Визначено класифікацію об'єктів та ресурси розподіленої генерації. Розглянуто переваги її впровадження, якими насамперед є покращення якості електропостачання, зниження технологічних втрат електроенергії, підвищення енергоефективності, зростання рівня енергетичної безпеки, створення нових робочих місць. Водночас зауважено і на недоліки та перешкоди на шляху розвитку розподіленої генерації, якими можуть виступати їх висока початкова інвестиційна вартість та витрати на технічне обслуговування. Визначено комплекс заходів, необхідних для активного впровадження розподіленої генерації керуючись успішним досвідом європейських країн.

Окрему увагу приділено агрегації як новому для нашої держави виду ліцензованої господарської діяльності на ринку електричної енергії, яка пов'язана з об'єднанням електроустановок, призначених для виробництва, зберігання та електричної енергії. Визначені основні терміни, цілі та функції діяльності, пов'язаної з агрегацією, а також можливості для нових учасників ринку шляхом координації об'єднання об'єктів розподіленої генерації джерелами енергії та управління їхньою участю на ринку електричної енергії.

На основі аналізу нормативних документів ЄС, які регламентують діяльність учасників ринку електричної енергії, визначений комплекс базових завдань та вимог щодо впровадження та функціонування агрегації на ринку електричної енергії України на шляху до європейської інтеграції.

Ключові слова: розумні мережі, розподілена генерація, діяльність, агрегація, агрегатор, управління.

О. М. TELIZHENKO

Doctor of Economic Sciences, Professor,

Senior Research Fellow of Research Institute of Energy Efficient Technologies

Summy State University

ORCID: 0000-0001-9864-4098

S. V. SHASHKOV

Candidate of Economic Sciences,

Senior Research Fellow of Research Educational Center of Processes Modeling

in Complex Systems of Department of Applied Mathematics

and Complex Systems Modeling

Summy State University

ORCID: 0009-0001-8734-5460

DIRECTIONS OF AGREGATION IN ELECTRICAL POWER INDUSTRY ACTIVITY BASED ON DISTRIBUTED GENERATION DEVELOPMENT

The article considers the main structural and substructural elements of smart grids and their classification. Identified the need of set of legislative, organizational, technical, economic and other measures realization in order to develop the domestic electricity market.

One of the promising directions for the introduction of smart power grids is the development of distributed generation. Elaborated the definitions and interpretations of this concept. Considered the advantages of its implementation, which primarily include improving the quality of electricity supply, reducing technological losses of electricity, increasing energy efficiency, increasing the level of energy security, creating new jobs. At the same time, noted the shortcomings and obstacles on the way to the development of distributed generation, which may include their high initial investment cost and maintenance costs. A set of measures necessary for the active implementation of distributed generation based on the successful experience of European countries has been determined.

Particular attention paid to aggregation as a new type of licensed economic activity in the electricity market for our country, which related to the combination of electrical installations designed for the production, storage and electrical energy. Defined the main terms, goals and functions of activities related to aggregation, as well as opportunities for new market participants by coordinating the integration of distributed generation facilities with energy sources and managing their participation in the electricity market.

Based on the analysis of EU regulatory documents that regulate the activities of electricity market participants, a set of basic tasks and requirements for the implementation and functioning of aggregation on the electricity market of Ukraine on the way to European integration has been determined.

Key words: smart grid, distributed generation, activity, aggregation, aggregator, management.

Постановка проблеми

На сьогоднішній день в Україні дуже гостро стоїть питання модернізації електричних мереж які, з причин фізичної та моральної зношеності, а також пошкоджень внаслідок бойових дій, здебільшого перебувають в незадовільному, а подекуди в критичному стані. Крім того, історично склалось, що внаслідок концентрації на «потужній генерації», особливо в умовах нинішніх реалій, процес постачання електричної енергії в ланцюгу «потужна електростанція – магістральні мережі – розподільчі мережі –кінцевий споживач» є доволі складним та має багато ризиків. Як наслідок, у вітчизняній електроенергетиці спостерігається ряд негативних тенденцій, зокрема:

– зниження надійності електропостачання, про що свідчить зростання індексів SAIDI та SAIFI;

– зростання технологічних втрат електричної енергії, що як в комплексі, так і окремо, може становити причину зниження рівня енергетичної безпеки.

Окрім технічної складової, істотного реформування вимагає і ринок електричної енергії. Незважаючи на кардинальні зміни, впроваджені в 2019 році, існує потреба в усуненні недоліків, які виникли в результаті функціонування нової моделі.

Одним із напрямків вирішення даних проблемних питань є впровадження розумних мереж, в концепції розвитку яких важливе місце, на наш погляд, буде займати агрегація в електроенергетиці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

За останні роки дослідженнями економічних аспектів розумних мереж займалась низка науковців, зокрема Вакуленко І.А., Денисюк С.П., Кангтінг Ч, Кириленко О.В., Колосок С.І., Лівей Д., Стогній Б.С., Тульчинська С.О., Шевчук О.А. та інші. Питання розвитку розподіленої генерації в своїх працях досліджували Бойко С.М., Гільорме Т.В., Кубатко О.В., Ландау Ю.О., Лежнюк П. Д., Сінчук О.М., Сотник І.М., Чернюк А.М. та інші вчені.

В той же час, стан наукових досліджень щодо механізмів розвитку розподіленої генерації в Україні знаходиться на початковому етапі, тому існує потреба у проведенні досліджень в даному напрямку. Більш того, враховуючи той факт, що така функція розподіленої генерації як агрегація в електроенергетиці є порівняльно новою для вітчизняного ринку електроенергії, це питання потребує особливого дослідження.

Формулювання мети дослідження

Метою статті є дослідження структури розумних мереж, перспектив та шляхів їх впровадження на основі розвитку такого елемента як розподілена генерація, а також дослідження агрегації в електроенергетиці, як нового виду ліцензованої діяльності.

Викладення основного матеріалу дослідження

Розумна енергосистема майбутнього включає в себе широкий набір структурних та підструктурних елементів, які представлені науковцями [1] наступним чином (табл. 1).

Аналізуючи дані елементи стає очевидним, що для успішного впровадження та розвитку концепції розумних мереж в Україні, окрім значних капіталовкладень, необхідна реалізація суттєвого комплексу законодавчих, організаційних, технічних, економічних та інших заходів.

В жовтні 2022 року Кабінетом міністрів України було схвалено Концепцію впровадження «розумних мереж» в Україні до 2035 року та затверджено план заходів щодо її реалізації [2]. В рамках даної Концепції окрема увага приділяється необхідності поширення та ефективної інтеграції розподіленої генерації. Об'єктом розподіленої генерації, в трактуванні законодавства України, визначається електростанція встановленою потужністю 20 МВт та менше, приєднана до системи розподілу електричної енергії [3]. В свою чергу, на нашу думку, визначення цього терміну більш розгорнуто розкриває представлення розподіленої генерації як системи виробництва та передачі енергії, яка передбачає велику кількість споживачів, що водночас є виробниками електрики та тепла для власних потреб, і мають можливість передавати надлишки виробленої енергії до загальної мережі [4]. Агенцією з охорони довкілля США [5] визначено наступні ресурси розподіленої генерації:

Таблиця 1

Структурні та підструктурні елементи розумних енергосистем

№	Структурні елементи	Підструктурні елементи
1	Інтелектуальний облік	автоматичне зняття показників дистанційне управління приладами управління даними обліку двостороння комунікація
2	Розумна мережа	дистанційне керування мережею автоматичне керування мережею оптимізація втрат оптимізація планування мережі
3	Енергоефективність	управління регулюванням навантаження інтервальна тарифікація збереження електроенергії формування культури енергоспоживання
4	Технології споживачів	інтелектуальні побутові прилади електромобілі розподілена генерація

- сонячні електростанції;
- вітрові електростанції;
- малі гідроелектростанції;
- комбіновані теплоенергетичні системи;
- електростанції, що працюють за рахунок спалювання біомаси або природного газу;
- електростанції, що працюють на використанні біомаси;
- електростанції, що працюють на використанні твердих паливних відходів;
- дизельні та бензинові генератори.

Впровадження системи розподіленої генерації в кінцевому результаті має наступні переваги [4; 6; 7]: зниження технологічних втрат електричної енергії при транспортуванні; покращення якості електроенергії; покращена стабільність роботи; висока ефективність роботи; можливість виступати джерелом аварійного електропостачання; надання допоміжних послуг включаючи реактивну потужність; зниження витрат на землекористування; зниження вразливості до пошкоджень в результаті атак; підвищення стійкості інфраструктури; підвищення рівня енергонезалежності; зростання інвестицій на рівні місцевих громад; створення локальних робочих місць; зниження негативного впливу на навколишнє природне середовище.

Разом з тим, основними недоліками розвитку об'єктів розподіленої генерації є, як правило, їх висока початкова інвестиційна вартість та витрати на технічне обслуговування. В той же час при комплексному підході, незважаючи на вказані перешкоди, впровадження розподіленої генерації в кінцевому результаті матиме високу економічну ефективність.

На рис. 1 наведені ряд необхідних основних передумов, визначених фахівцями на основі успішного досвіду активного впровадження розподіленої генерації в європейських країнах [4]. Слід відмітити, що вказані заходи повинні, на нашу думку, бути максимально взаємопов'язаними та не виключати один одного.

Розробка та реалізація комплексу заходів, направлених на розвиток розподіленої генерації потребує всебічної адаптації ринку електричної енергії, зокрема формування правових засад, організаційних та економічних зв'язків, введення нових видів діяльності неактуальних учасників тощо.

Донедавна Законом України «Про ринок електричної енергії» [3] був визначений наступний перелік видів господарської діяльності на ринку електричної енергії, провадження яких вимагає отримання відповідної ліцензії: виробництво електричної енергії; передача електричної енергії; розподіл електричної енергії; постачання електричної енергії споживачам; зберігання енергії; трейдерська діяльність; здійснення функцій оператора ринку; здійснення функцій гарантованого покупця; зберігання енергії.

В червні 2023 року Законом України «Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та «зеленої» трансформації енергетичної системи України» [8] було внесено ряд змін до Закону України «Про ринок електричної енергії», направлених на вирішення ряду існуючих проблем ринку електричної енергії, в тому числі з відновлюваних джерел, а також на імплементацію до європейського ринку. Змінами було розширено наведений вище перелік видів господарської діяльності такими як розподіл електричної енергії малими системами розподілу та агрегація.

Крім того, в рамках організації діяльності з агрегації, на законодавчому рівні було введено ряд термінів та їх визначень, наведених в табл. 2.

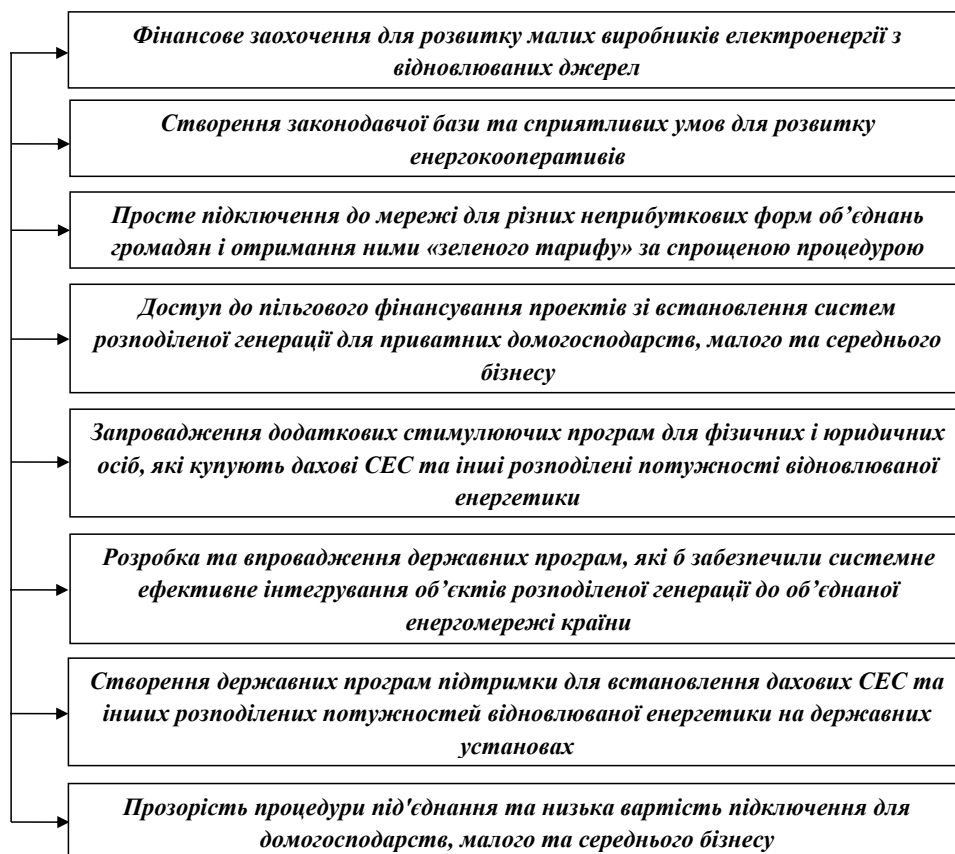


Рис 1. Передумови активного впровадження розподіленої генерації [4]

Впровадження діяльності з агрегації, насамперед, має на меті спростити учасникам агрегованої групи процес реалізації електричної енергії на ринку шляхом консолідації розподілених енергетичних ресурсів в одну віртуальну електростанцію. Крім того, агрегатор створює можливість участі в ринку електроенергії для дрібних учасників, які не мають можливості або компетенції для самостійної участі. Таким чином, функцію агрегатора можна також узагальнити як координацію об'єднання об'єктів розподіленої генерації джерелами енергії та управління їхньою участю на ринку електричної енергії, а також відповідний розподіл прибутку між учасниками групи.

Таблиця 2

Основні терміни та їх визначення, пов'язані з діяльністю з агрегації

№	Термін	Визначення	
		У відповідності до Закону України «Про ринок електричної енергії» [3]	У відповідності до Директиви (ЄС) 2019/944 [9]
1.	Агрегатор	Незалежний агрегатор або інший учасник ринку електроенергії, який здійснює діяльність з агрегації.	
2.	Агрегація.	Діяльність на ринку електричної енергії, що здійснює суб'єкт господарювання, пов'язана з об'єднанням електроустановок, призначених для виробництва та/або споживання, та/або зберігання електричної енергії з метою купівлі-продажу електричної енергії, надання допоміжних послуг та/або послуг з балансування на ринку електричної енергії.	Функція, що виконується фізичною або юридичною особою, яка поєднує навантаження або вироблену електроенергію декількох споживачів для продажу, купівлі або торгівлі через аукціон на будь-якому ринку електроенергії
3.	Агрегована група.	Учасники ринку електричної енергії, електроустановки яких входять до однієї одиниці агрегації та агрегуються агрегатором.	
4.	Одиниця агрегації.	Сукупність електроустановок, призначених для агрегації.	
5.	Незалежний агрегатор.	Учасник ринку, що здійснює діяльність з агрегації та який неафілійований з електропостачальником та/або постачальником універсальних послуг споживача, електроустановки якого агрегуються таким учасником ринку.	Учасник ринку, що займається агрегацією, який не є афілійованим з постачальником споживача

Директивою (ЄС) 2019/944 Європейського Парламенту і Ради від 05.05.2019 про спільні правила внутрішнього ринку електроенергії [8] передбачено, що всі групи споживачів (промислові, комерційні та домогосподарства) повинні мати доступ до ринків електроенергії для торгівлі своїми гнучкими навантаженнями та електроенергією власного виробництва, а також мати можливість повністю використовувати переваги агрегації виробництва та постачання. Крім того, даною Директивою визначено, що держави-члени ЄС повинні:

- забезпечити законодавчу базу рамки для повноцінного функціонування незалежних агрегаторів та належної компенсації для приєднаних до них споживачів;
- обрати модель імплементації та підхід до управління незалежною агрегацією, яка повинна містити прозорі та справедливі правила, котрі дозволять незалежним агрегаторам виконувати свою роль посередників і гарантувати, що кінцевий споживач отримує адекватну вигоду від їхньої діяльності;
- дозволяти та заохочувати участь в агрегації, забезпечуючи її на всіх ринках електроенергії нарівні з виробниками на недискримінаційній основі;
- забезпечити недискримінаційне ставлення по відношенню до учасників ринку, що займаються агрегацією з боку операторів системи передачі та операторів системи розподілу;
- забезпечити включення в їх нормативно-правову базу щонайменше таких елементів:
- право кожного учасника ринку, що займається агрегацією, включаючи незалежних агрегаторів, виходу на ринки електроенергії без згоди інших його учасників;
- недискримінаційні та прозорі правила, які чітко розподіляють ролі та обов'язки між усіма електроенергетичними підприємствами та споживачами;
- недискримінаційні та прозорі правила та процедури обміну даними між учасниками ринку, що займаються агрегацією та іншими учасниками ринку на рівних умовах, а також повний захист комерційної інформації та персональних даних споживачів.
- обов'язок учасників ринку, що займаються агрегацією, нести фінансову відповідальність за спричинені в системі небаланси;
- незастосування неналежних платежів, штрафів, інших договірних обмежень з боку постачальників по відношенню до кінцевих споживачів;
- механізм вирішення конфліктів між учасниками ринку, що займаються агрегацією та іншими учасниками ринку, включаючи відповідальність за небаланси;
- забезпечити щоб регуляторні органи або, в залежності національно-правової системи, оператори системи передачі та оператори системи розподілу, в співпраці з учасниками ринку та кінцевими споживачами, встановили технічні вимоги до участі в управлінні попитом на всіх ринках електроенергії.

Висновки

З метою покращення стану електричних мереж в Україні на шляху до євроінтеграції в частині ринку електричної енергії, на законодавчому рівні необхідно розробити, прийняти та адаптувати до законодавства ЄС низку нормативно-правових документів, пов'язаних з агрегацією в електроенергетиці. В той же час дані заходи потрібно здійснювати виходячи існуючих реалій вітчизняної енергетики і законодавства з врахуванням трансформації до європейських стандартів. Однією з необхідних умов реалізації цих заходів постає потреба створення організаційно-економічних механізмів діяльності з агрегації, які будуть максимально повно враховувати структуру, задачі, обов'язки та функції учасників, а також економічні взаємовідносини між ними.

Список використаної літератури

1. Шевчук О. А., Борданова Л. С., Наухацька Т. А. Оптимізація енергоефективності економіки за допомогою технологічної концепції Smart Grid. Економічний вісник НТУУ «КПІ». 2019. № 16. С. 400–414.
2. Про схвалення Концепції впровадження «розумних мереж» в Україні до 2035 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України № 908-р від 14.10.2022.
3. Закон України «Про ринок електричної енергії».
4. Чому в Україні слід розвивати децентралізовану енергетику вже сьогодні? Брифінг Центру екологічних ініціатив «Екодія». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2018/06/Brief-rozpodilena-generacia-s.pdf>.
5. Офіційний сайт Агенції з охорони довкілля США. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.epa.gov>.
6. Офіційний сайт Міністерства енергетики США. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.energy.gov>.
7. Stein Zach. Distributed Generation (DG). Carbon Collective Corporation. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.carboncollective.co/sustainable-investing/distributed-generation-dg>
8. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та «зеленої» трансформації енергетичної системи України».
9. Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU (recast).

References

1. Shevchuk O.A., Bordanova L.S., Nauhatska T.A. (2019) Optymizacija energoefektyvnosti ekonomiky za dopomogyu koncepcii Smart Grid [The economy energy efficiency optimization using Smart Grid technological concept]. Ekonomichnyi visnik NTUU «KPI», no. 16, pp. 400-414.
2. Pro skhvalennia Kontseptsii vprovadzhennia «rozumnykh merezh» v Ukraini do 2035 roku. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy № 908-r vid 14.10.2022 [On the approval of the Concept of implementation of “smart grids” in Ukraine until 2035. Order of the cabinet of Ministers of Ukraine of 14.10.2022 № 908-r].
3. Zakon Ukrainy «Pro rynek elektrychnoi enerhii» [Law of Ukraine «On the Electric Energy Market»]
4. Chomu v Ukraini slid rozvyvaty detsentralizovanu enerhetyku vzhe sohodni? Bryfinh Tsentru ekolohichnykh initsiatyv «Ekodiiia». [Why should Ukraine develop decentralized energy already today? Briefing of the Center for Environmental Initiatives «Ekodia»]. URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2018/06/Brief-rozpodilena-generacia-s.pdf>.
5. Ofitsiinyi sait Ahentsii z okhorony dovkillia SShA. [Official website of U.S. Environmental Protection Agency]. URL: <https://www.epa.gov>.
6. Ofitsiinyi sait Ministerstva enerhetyky SShA. [Official website of U.S. Department of Energy]. URL: <https://www.energy.gov>.
7. Stein Zach. Distributed Generation (DG). Carbon Collective Corporation. URL: <https://www.carboncollective.co/sustainable-investing/distributed-generation-dg>
8. Zakon Ukrainy «Pro vnesennia zmin do deiakykh zakoniv Ukrainy shchodo vidnovlennia ta «zelenoi» transformatsii enerhetychnoi systemy Ukrainy» [The Law of Ukraine «On Amendments to Certain Laws of Ukraine Regarding the Restoration and «Green» Transformation of the Energy System of Ukraine»]. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3220-IX#Text>
9. Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU (recast).