

УДК 620.9

Лисий В.В., аспірант кафедри електропостачання

Науковий керівник дтн. проф. Денисюк С.П.

ВПЛИВ АГРЕГАТОРІВ НА РИНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Анотація: Основною темою статті є дослідження впливу агрегаторів на ринок електричної енергії. Для цього було проаналізовано низку наукових праць, нормативних документів та світовий досвід на тему керування попитом споживачів електроенергії різного обсягу, концепції енергоефективності та енергоефективних заходів. Досліджено вплив розподілених енергетичних ресурсів на енергосистему, нюанси роботи агрегаторів навантаження. Для визначення перешкод для повноцінного впровадження агрегаторів на ринок електроенергії України проаналізовано відповідні нормативно-правові матеріали, світовий досвід з роботи агрегаторів на ринках різних країн та визначено вимоги. Проведене дослідження дозволяє розглянути участь агрегаторів на ринку електроенергії з різних сторін та можливі заходи щодо оптимізації інвестицій в електроенергетичний сектор, оцінити соціально-економічні наслідки впровадження агрегаторів та їх внесок в розвиток гнучкості електроенергетичної системи.

Abstract: The main topic of the article is the research of the impact of aggregators on the electricity market. To implement of this task, a number of scientific papers, normative documents and world experience on the topic of demand control of electricity consumers of various volumes, the concept of energy efficiency and energy efficiency measures were analyzed. The influence of distributed energy resources on the power system, nuances of work of load aggregators are investigated. To determine the barriers to the full introduction of aggregators to the electricity market of Ukraine, the relevant regulatory materials, world experience in the operation of aggregators in the markets of different countries and requirements are identified. The conducted research allows to consider the participation of aggregators in the electricity market from different angles and possible measures to optimize investment in the electricity sector, assess the socio-economic consequences of aggregators and their contribution to the flexibility of the electricity system.

Ключові слова: агрегатор навантаження, керування попитом, гнучкість, енергоефективність, розподілені енергетичні ресурси.

Вступ: Керування попитом та енергоефективність є повноцінними інструментами забезпечення збалансованості енергетичної системи. При цьому, ресурс керування попитом обмежений за рахунок невеликої кількості оптових споживачів, просьюмерів, що використовують доступні інструменти оптимізації витрат на споживання. Споживання окремого роздрібного малого чи побутового споживача недостатньо для задоволення потреб оптових ринків, витрати на торгівлю та взаємодію з операторами ринку надто високі, а достатнього економічного ефекту від прибутку немає. Агрегатори навантаження є механізмом, що може забезпечити участь в керуванні попитом роздрібних споживачів шляхом керування навантаженням кластерів споживачів та торгівлею їх сукупною гнучкістю на ринку.

Впровадження агрегаторів потребує подолання певних бар'єрів та невизначеностей, що пов'язані з недостатньою деталізацією ринку, неринковим формуванням тарифів на електроенергію для побутових споживачів та питанням комерційного обліку, а також виконання відповідних технічних та нормативних вимог, внесення змін до законодавства.

Світовий досвід з реалізації проєктів агрегації показує, що агрегатори здатні зробити значний внесок в оптимізацію інвестицій в електроенергетичну сферу, гнучкість енергосистеми на балансуєчому ринку та забезпечити виконання допоміжних послуг.

Мета та завдання: Дослідження видів розподілених енергетичних ресурсів та моделей здійснення агрегації для оцінки важливості впровадження агрегаторів навантаження та факторів, що перешкоджають процесу.

Матеріал і результати досліджень: Європейські законодавці наполягають на тому, що усі групи споживачів, промислові та комерційні та домогосподарства повинні мати можливість продавати на сегментах ринку електроенергії свої балансуєчі навантаження та згенеровану електроенергію. Важливість ролі агрегаторів зумовлена тим, що вони є сполученням між ринком та малими гравцями ринку, в тому числі споживачами, що не мають ресурсів, часу або кваліфікації для повноцінної роботи на ринку на добу наперед (РДН), внутрішньо-добовому ринку (ВДР), або балансуєчому ринку та ринку допоміжних послуг, так як робота на різних сегментах вимагає значного рівня технічної та адміністративної компетенції.

Агрегатори можуть працювати з великою кількістю розподілених енергетичних ресурсів, утворюючи загалом значну потужність, подібну до потужності об'єкта генерації. Таку агрегацію також можна назвати «віртуальною електростанцією». Наступним етапом, агрегатори можуть продавати електроенергію або допоміжні послуги через аукціони електроенергії, на оптовому ринку або через закупівлі системним оператором. В такому контексті, агрегатор – це компанія, що керує віртуальною електростанцією (ВЕС), яка являє собою сукупність розподілених енергетичних ресурсів, створена з метою надання можливості малим джерелам енергії надавати послуги в мережу та отримувати за це плату.

Фундаментальна цінність агрегації виводиться з факторів, властивих самому поняттю агрегації. Хоча регулювання та політика можуть впливати на те, чим вона обумовлена, сама цінність не залежить від регулювання, політики та є незалежною. Конкуренція може стимулювати агрегаторів надавати гнучкі та інноваційні рішення для споживачів, залучати нових, забезпечити оптимальне впровадження розподільних енергетичних ресурсів та забезпечити їх активну участь у ринках електроенергії.

Розподілені енергетичні ресурси та агрегатори

РЕР можуть бути визначені за принципом їх роботи, тобто можливістю генерації, акумулювання або контролю споживання електричної енергії. [12] Загалом, визначають наступні різні типи РЕР:

Односпрямовані РЕР – споживання: Енергоефективність; Явна та неявна Demand Response.

Односпрямовані РЕР – генерація: Контрольована розподілена генерація (РЕР, що працюють на викопному паливі або РЕР, що працюють на гідро, гео, біомасі чи біогазі); Розподілене комбіноване тепло та електроенергія; Розподілена генерація – ВДЕ.

Двонаправлені РЕР: Розподілене акумулювання електроенергії; Електромобілі; Активні споживачі (споживачі, що поєднують споживання та генерацію, комерційні та державні споживачі).

Агрегатори, що призначені для роботи з конкретними розподільними енергетичними технологіями, зазвичай не приймають участі в тих же ринках. Агрегатори, що працюють та визначені в контексті ВДЕ, таких як власники вітряних турбін чи невеликих сонячних електростанцій, продають електроенергію на довгострокових ринках двосторонніх договорів або короткострокових РДН чи ВДР. ВДЕ за своєю природою є негнучкими джерелами електроенергії, так як залежать від стохастичності вітру та сонця, тож не можуть використовуватись в якості постачальників

гнучкості на балансуючих ринках. Діяльність з розподіленого акумулювання електроенергії чи електромобілів вимагають роботи агрегатора, що здійснює діяльність на короткострокових ринках чи пропонує свою гнучкість на балансуючих ринках.

Постачальники електроенергії купують електроенергію для своїх споживачів на РДД чи РДН. Для активних споживачів, просьюмерів, що можуть віддавати електроенергію в мережу та реагувати на цінові сигнали, потрібна організація, що може запропонувати гнучкість для збалансування відповідальних сторін.

Моделі здійснення агрегації

Можна виділити наступні загальні моделі здійснення агрегації:

1. Постачальник/агрегатор:

Один суб'єкт господарювання забезпечує роботу на різних ринках, постачальники одночасно надають послуги електропостачання та агрегації для забезпечення додаткової гнучкості.

2. Незалежний агрегатор:

Споживач користується послугами двох суб'єктів ринку, де постачальник забезпечує електропостачання, агрегатор окремо забезпечує гнучкість системи. Можна також виділити дві групи таких моделей. Без балансової відповідальності: агрегатор не є відповідальною за баланс і не зобов'язаний надсилати плани на добу наперед оператору системи. З балансовою відповідальністю: агрегатор повинен бути відповідальною стороною, і він зобов'язаний надсилати плани на добу наперед оператору системи. В такому випадку, послуги можуть здійснюватися без корекції небалансу, у випадку коли немає агрегатор не здійснює компенсацію за викликаний небаланс у постачальника. Таким чином, він звільняється від платежів за небаланс. Також, можна виділити модель агрегування з корекцією небалансу. В такому випадку агрегатор несе відповідальність за викликаний небаланс у постачальника та здійснює компенсацію за нього.

Перевагами моделі постачальника/агрегатора є легке інтегрування в поточну модель ринку та схему балансування з мінімальними регуляторними змінами. З іншого боку, ринки з невеликою кількістю роздрібних компаній не відчують істотних змін, коли йдеться про підвищення ліквідності та конкурентоспроможності. Основна частина доходів для таких компаній все одно буде надходити від енергопостачання.

Перевагами незалежної моделі агрегатора для малих ринків з недостатньою кількістю ритейлерів може стати збільшення ринкової конкуренції та розробка нових бізнес-моделей з точки зору технологій і послуг. Також з'являться спеціалізовані компанії для агрегації та гнучкості розподілених енергетичних ресурсів, що може призвести до більш ефективної роботи системи та ринку. Основним недоліком є необхідність комплексної зміни законодавства та ринкової моделі.

Схематичний розподіл агрегаційних моделей зображений на рисунку 1.

Говорячи про питання керування попитом на електроенергію, зазвичай мають на увазі зміщення споживання з пікових годин на позапікові, в свою чергу енергоефективність, що має на увазі поступове зменшення споживання електроенергії, досягається за рахунок впровадження більш ефективного та економічного обладнання та поступову відмову від менш ефективного обладнання, без зниження функціональності. Міри з енергоефективності в залежності від годин використання енергоефективного обладнання можуть знижувати пікове споживання. В свою чергу, керування попитом може вплинути на сукупне споживання електроенергії. Хоча в цілому керування попитом не має значного впливу на сумарне споживання в розрізі доби, деякі програми керування попитом можуть навіть збільшити споживання в позапікові години та в окремих випадках збільшити сумарне споживання електроенергії. В такому випадку, ріст споживання має бути виправданий з точки зору економіки за рахунок зниження вартості

позапікової електроенергії або зниження витрат палива. На європейських ринках розповсюджена сумісна оптимізація програм керування попитом та енергоефективності для максимального сукупного ефекту.

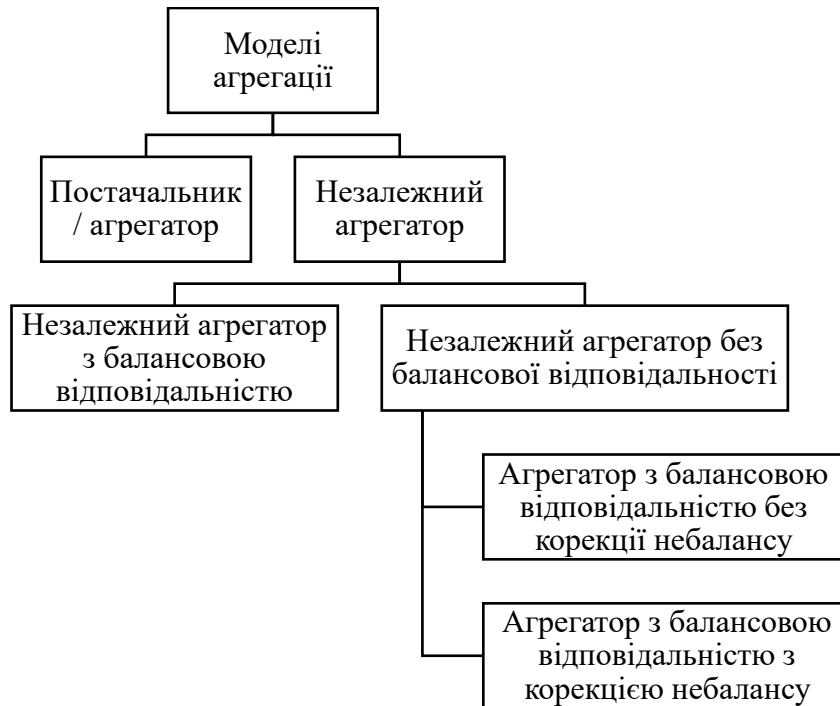


Рисунок 1. Можливі моделі здійснення агрегації

Бар'єри

1. Деталізація ринку

Регулювання, розроблене під таких великих учасників ринку, які раніше були єдиною категорією його учасників, створює обмеження для нових учасників ринку, які відрізняються як технологіями так і масштабом своєї діяльності. Хорошими прикладами цих історично існуючих обмежень є такі: бар'єри входу на ринок допоміжних послуг у вигляді мінімального розміру загальної встановленої потужності для одиниць генерації, так і для учасників ринку, що виконують функцію агрегатора об'єктів розподіленої генерації (20 МВт) та одиниць споживання електричної енергії (1 МВт), що перебувають у їх володінні або та управлінні гравців ринку; єдині вимоги до всіх ліцензіатів, що здійснюють виробництво електричної енергії, незалежно від встановленої потужності об'єктів електроенергетики та технології виробництва; єдиний розмір штрафних санкцій за порушення ліцензійних умов провадження господарської діяльності з виробництва електричної енергії, незалежно від встановленої потужності об'єктів електроенергетики, технології виробництва та доходів ліцензіата. Оператори системи розподілу повинні мати можливість для придбання допоміжних послуг та послуг балансування всередині власних мереж.

2. Формування ціни на електроенергію для населення

В Україні ціна на електроенергію для населення встановлюється за позаринкових умов та обґрунтовується політичними рішеннями з огляду на соціальну прийнятність цін для населення. Ціна формується шляхом крос-субсидіювання з боку бізнесу, що, в свою чергу, не дає можливості отримувати цінові ринкові сигнали і не створює мотивації для побутових споживачів до впровадження енергоефективних

технологій. В країнах з розвинутим рівнем ринків розподіленої генерації споживачі активно використовують розподілені енергетичні технології саме через те, що побутовий споживач не є ізольованим від енергетичних ринків та реальних цін на електроенергію, що формується в тому числі з точки зору собівартості її виробництва. Захист уразливих споживачів має бути адресним, спрямованим на певні визначені категорії, а не на усіх непобутових споживачів, також має бути монетизованим, спрямованим на відшкодування витрат на електроенергію, а не за рахунок зменшення вартості.

3. Цінові сигнали для споживачів

Цінові сигнали за часом є критично важливими для споживачів, особливо для залучення їх до переходу на розподілені енергетичні технології. Споживачі, що мають різну ціну за електроенергію в залежності від години споживання, матиме економічну мотивацію щонайменше до зміщення свого споживання на ті періоди, коли електроенергія буде більш вигідною. Одночасно з цим, споживач так само буде зацікавлений у встановленні власної розподіленої генерації та систем накопичення. Споживачі, що матимуть такі розподілені енергетичні ресурси, будуть цікавими для агрегаторів на ринку електроенергії, оскільки агрегатори зможуть продавати ресурси, що є у таких споживачів, на організованих ринках.

В Україні цінові сигнали за часом для споживачів обмежені однією категорією споживачів. Так, прямі цінові сигнали мають виключно непобутові споживачі групи «А». При цьому такому споживачеві оператор АСКОЕ або постачальник послуг комерційного обліку повинен забезпечити щодобове зчитування, формування та передачу сформованих погодинних даних комерційного обліку.

4. Забезпечення виконання технічних, нормативних вимог, а також вимог до залучених сторін (агрегатори, ОСР)

Внесок агрегаторів в розвиток гнучкості енергетичної системи

У рамках діючої моделі ринку, споживачі не пов'язані напряму з енергетичним ринком, оскільки їх контрагентом є роздрібний продавець, з яким вони працюють через контракт. Однак, енергоспоживання побутових і дрібних комерційних споживачів характеризується певною мірою гнучкості, в основному за рахунок: «змінних навантажень», час початку яких вільно встановлюється на певному інтервалі до певних значень; "регульованих навантажень", профіль потужності яких може бути змінений в межах відповідних обмежень; небов'язкових витрат, як правило, пов'язаних з втратами або надлишковим комфортом.

Завдання агрегатора подвійне: з боку споживача: він збирає гнучкість, пропонуючи мотивацію для споживачів, щоб сформувати їх профіль навантаження; з боку енергетичного ринку: він продає гнучкість на енергетичному ринку і може надати послугу балансування ОСР.

Гнучкість на стороні попиту забезпечується шляхом агрегування ресурсів реагування на попит або одиниць зберігання енергії, щоб діяти відповідно до вимог мережі. Гнучкість на стороні постачання забезпечується оптимізацією виробництва електроенергії з гнучких ресурсів, таких як комбіновані теплові та енергетичні (ТЕЦ), біогазові установки тощо, а також використання енергоблоків. Оптимізація операцій здійснюється на основі статистичних історичних та прогнозованих даних про попит, генерацію та ціни.

Робота агрегатора полягає в оптимізації доступної гнучкості, яку можна зібрати за рахунок споживчого портфеля, і представити ставки на ринку, коли ціна на енергію є найбільш вигідною. Крім того, він повинен враховувати можливість згорання

тендерних пропозицій від ОСР, у разі, якщо його відповідні ринкові ставки будуть вважатися нездійсненними в процесі валідації електронної послуги.

Соціально-економічні наслідки впровадження агрегаторів

Впровадження програм керування попитом дозволить усім споживачам на ринку електроенергії отримати значне зниження ціни на електроенергії в періоди розвантаження. Також, в більш довготривалій перспективі зниження цін може бути досягнуто в тому числі за рахунок зменшення інвестицій в генеруючі об'єкти та мережеву інфраструктуру.

Споживачі, що беруть участь в програмах керування попитом, отримують прибуток від оптимізації власного споживання. Ті споживачі, що оптимізували платежі шляхом зміщення споживання в непікові години, отримують відповідний економічний ефект шляхом меншої кількості розвантажень. З'явиться альтернатива для таких споживачів, що планували будівництво власної генерації для відмови від централізованого енергоспоживання, у вигляді програм керування попитом та послуг агрегаторів, що збереже переваги централізованого енергоспоживання та отримати відповідну економічну вигоду.

Для деяких гнучких виробників електроенергії економічний ефект буде досягнуто за рахунок зменшення кількості маневрових операцій та перерозподілу генерації в сторону більш ефективних потужностей за рахунок зниження пікового споживання та збільшення споживання в ті години, коли генерацію розвантажували. При цьому, сукупне споживання за добу залишиться без змін. Як сумарний незначний ефект в цілому, можна розглядати зниження загальної вартості потужності для генерації та скорочення необхідності будівництва нових генеруючих потужностей.

Забезпечення додаткової гнучкості шляхом введення в ринок раніше пасивних учасників системи створює можливості для більш ефективної торгівлі електроенергією, що може призвести до зниження цін і більш високої якості послуг. Нові компанії, призначені для конкретних нових послуг, таких як відповідь на попит, можуть зменшити рахунки за електроенергію для своїх клієнтів. Враховуючи це, також, деякі з домінуючих традиційних енергетичних компаній можуть зазнати економічних втрат, якщо агрегатори повноцінно вийдуть на ринок.

Генерація у вигляді теплових та гідроелектростанцій, що є важливими учасниками енергосистеми та ринку, не будуть мати позитивний економічний вплив ні через зниження цін на електроенергію, ні через більш високу конкуренцію на ринку допоміжних послуг та балансуєчному ринку, що буде наслідком появи агрегаторів. Так як наразі генеруючі компанії забезпечують усю частку ринку гнучкості, вони можуть втратити свою долю через появу нових джерел гнучкості. З іншого боку, в незалежній моделі ринку вони також зможуть надавати послуги агрегації, що допоможе створити нові можливості для бізнесу. Виробники електроенергії зможуть отримати певну вигоду у випадку зняття з них деяких зобов'язань, як, наприклад, зобов'язання про надання первинного резерву та зможуть продавати свою потужність на більш прибуткових ринках.

Якщо говорити про економічний вплив на енергосистему в цілому, за рахунок зниження виробітку електроенергії станціями з найбільш високою собівартістю, підвищується ефективність та гнучкість роботи енергетичної системи в цілому як технологічного об'єкту. Так як сумарне споживання за добу не зміниться, електроенергія, що не була згенерована та спожита в пікові години, буде використана в години зниженого споживання, що дозволить задіювати більш економічні об'єкти генерації, ніж такі, що було б необхідно завантажувати в години пікового споживання.

Зниження перевантажень в мережах та відмова від будівництва нових мережевих потужностей може принести економічну вигоду для мережевих компаній. Як оператор системи передачі, так і оператори систем розподілу можуть скористатися інтеграцією агрегаційних послуг аби зменшити свої інвестиційні витрати.

Програми керування попитом є важливим інструментом для збільшення частки ВДЕ в добовому графіку навантаження, так як можуть бути використані для зміщення споживання в ті періоди доби, коли виробіток об'єктів ВДЕ максимальний, без необхідності значного розвантаження генерації ТЕС та ТЕЦ.

Агрегатори навантаження у світі – це високотехнологічний бізнес, що динамічно розвивається, до якого залучені фахівці в галузях енерготрейдингу, інформаційних технологій, енергоаудиту, енергоефективності та інтелектуального обліку. Створення агрегаторів навантаження сформує нові робочі місця для кваліфікованих спеціалістів.

Повномасштабне впровадження технологій керування попитом підвищує конкуренцію на ринках електроенергії, потужності та системних послуг.

Висновок: Агрегація розподілених енергетичних ресурсів є необхідністю для енергоефективної та екологічної енергетичної системи. Завдяки гнучкості поняття агрегатора та можливості здійснення різних видів підходу до їх діяльності, під характеристики різних енергосистем може бути підібрана відповідна модель агрегації.

Максимальна цінність за рахунок розподільних енергетичних технологій буде забезпечена за наявності відповідних технічних можливостей. В розвинених країнах сучасний ринок таких проєктів задіює всю еко-систему цифрових та інформаційних технологій, від лічильників, що під'єднані до мережі інтернету, до віддалено керованих пристроїв та енергетичного обладнання.

Якщо цінність агрегації забезпечується фундаментально для всього ринку, регулятор ринку може вживати заходів для усунення бар'єрів реалізації або заохочення напряду. Проте, якщо її цінність буде забезпечуватися лише для приватних підприємств, повинні бути внесені відповідні корективи до правил. Капіталізація агрегації може призвести до монополізації та утворення єдиного централізованого агрегатора, що створить перешкоди для інших цілей розвитку енергетичної системи, зокрема конкуренції. Таким чином, компроміси повинні чітко визначатись в тому які саме агрегатори можуть мати важливі наслідки для структури енергетичної системи.

Список використаних джерел:

1. IEA (International Energy Agency), «Re-Powering Markets. Market design and regulation during the transition to low-carbon power systems», Second Edition, (March 2016)
2. NordREG, «Discussion of different arrangements for aggregation of demand response in the Nordic market –2016.»
3. IEA (International Energy Agency), «Digitalization & Energy», 2017
4. PA Consulting Group, «Aggregators - Barriers and External Impacts», prepared for Ofgem (Office of Gas and Electricity Markets), May 2016
5. Scott Burger, Jose Pablo Chaves-Ávila, Carlos Batlle, and Ignacio J. Pérez-Arriag, «The Value of Aggregators in Electricity Systems»
6. IRENA (2019), Innovation landscape brief: Aggregators, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi
7. IRENA (2019), Innovation landscape for a renewable-powered future: Solutions to integrate variable renewables. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi
8. Ma, Z., J. D. Billanes and B. N. Jørgensen (2017), Aggregation Potentials for Buildings – Business Models of Demand Response and Virtual Power Plants, MDPI

9. Постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 307 «Про затвердження Правил ринку» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0307874-18>
10. ЗАКОН УКРАЇНИ «Про ринок електричної енергії» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 27-28, ст.312) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>
11. ПОСТАНОВА НКРЕКП від 14.03.2018 № 312 «Про затвердження Правил роздрібного ринку електричної енергії» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0312874-18>