

Денисюк С.П., д-р техн. наук, проф.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИБЛИЖНОМУ ВИКОРИСТАННІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

За даними досліджень International Renewable Energy Agency (IRENA) (Міжнародне агентство з відновлюваних джерел енергії) та Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) (Глобальна мережа з питань політики щодо відновлюваних джерел енергії з багатьма зацікавленими стейкхолдерами, яка забезпечує міжнародне лідерство для швидкого переходу до відновлюваних джерел енергії (ВДЕ)) та компанії «Рентехно» (rentechno.ua) прискорений розвиток енергетики із зростанням частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) відбувається в усьому світі.

Проблеми узгодження традиційної та відновлюваної енергетики з властивою їй нерівномірністю і циклічністю генерації притаманні всім країнам без винятку. Однак одні країни мають поки практично непомітну частку ВДЕ в своєму енергобалансі (як, наприклад, Україна), а інші (Данія, Німеччина, Іспанія та інші) вже досягли 20–40% використання змінної генерації з ВДЕ в своїй національній енергосистемі. Розширення частки ВДЕ в генерації триватиме й надалі, рівень застосування ВДЕ буде визначатися економічною доцільністю та економічною прийнятністю. Країни з відносно високим рівнем проникнення ВДЕ в свої енергосистеми (Німеччина, Франція), вже оголосили про відмову від вугільної та ядерної генерації до 2040 року, тобто відмову від основних генеруючих потужностей, що становлять базис нинішньої моделі енергетики в Україні. Планується, що трохи довше прослужать мазутні та газові станції. Газотурбінні і в меншій мірі дизель-генераторні станції на якийсь час збережуть свою роль в якості швидкодіючих компенсуючих потужностей.

У дослідженнях Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) під назвою «Renewables 2017. Global Status Report», опублікованому на початку листопада 2017 р., проаналізовано особливості зміни інфраструктури енергетики, здійснених країнами з високою часткою ВДЕ у виробництві енергії. Фактично фахівцями сформовано основи «Дорожньої карти» з впровадження ВДЕ зі змінним характером вироблення електроенергії (Variable Renewable Energy – VRE) в національній енергосистемі кожної країни, зокрема, і в Україні. Так, за темпами розвитку серед різних видів VRE лідирує сонячна PV-генерація. За 10 років сумарна потужність PV-станцій в світі виросла більш ніж в 50 разів, зараз їх щорічний приріст складає приблизно 25%. За 2016 р. у світі було встановлено, щонайменше, 75 ГВт нових сонячних електростанцій.

Особливості функціонування нинішньої моделі енергетики, яке передбачає формування базисного електричного навантаження, коли основні генеруючі потужності (ядерні та вугільні станції) працюють у стаціонарному режимі, що сприяє їхньому високому ККД. Для узгодження попиту і пропозиції (споживання та генерації) енергії використовуються швидкі «розгінні» потужності (ТЕС на мазуті і газі, газотурбінні і дизельгенератори). Відновлювані ресурси (середні ГЕС, біопаливні і геотермальні ТЕС) в традиційній парадигмі розвитку енергетики використовуються як потужності для практично постійної генерації, а ВДЕ у вигляді малих ГЕС і ГАЕС використовуються для деякого регулювання добової нерівномірності.

На сьогодні для багатьох традиційних енергосистем необхідно відзначити непристосованість (певну «косервативність») щодо сприйняття VRE-генерації. Зазначимо, що в якості VRE у більшості країн світу розглядається найбільш поширена вітрова та сонячна генерація. Переведення енергетики на шлях сталого розвитку – це,

перш за все, питання зміни структури і підходів до способів оперативного керування, диспетчеризації та зберігання надлишку обсягів генерації електроенергії, у першу чергу, на основі реалізації концепції Smart Grid та VRE.

На практиці для максимізації частки ВДЕ в єдиній енергосистемі з традиційними джерелами сьогодні починають широко використовуватися моделі, базовані на розосередженій генерації та системах зберігання енергії, Microgrid, системи зарядки електромобілів, програм керування попитом, різні типи просюмерів із застосуванням блокчейн-транзакцій.

Розвиток генерації з ВДЕ вимагає зміни та оновлення інфраструктури енергозабезпечення. При поширенні VRE змінний характер вироблення електроенергії створює проблеми для традиційних моделей з «базисним навантаженням». Проведені дослідження показують, що ВДЕ-генерація просувається від постійної генерації в область диспетчеризації попиту та пропозиції. Збільшення потужності підключених до мережі вітрових і сонячних електростанцій вносить характерну циклічність і нерівномірність в добову, місячну та сезонну генерацію. Оператори національних, регіональних і локальних енергомереж ще не повністю готові до активного керування VRE. Питання надлишку генерації вирішується плановим «зміщенням попиту» системних споживачів (в основному – промисловості) на більш прийнятний час. Виробників VRE змушують прогнозувати і погоджувати графіки генерації з операторами мереж. У роботі «Renewables 2017. Global Status Report» проведено *огляд дій і результатів зміни інфраструктури енергетики при зростанні частки VRE в загальному енергобалансі VRE: від несуттєвої до значної (від <math><1-3\%</math> до > 50% та визначено, що при підвищенні частки VRE в загальному енергобалансі понад 2% нинішні мережі більше технічно не справляються з піками генерації і перетіканнями, виявляються мало пристосованими до глибокого регулювання. Все це обумовлює необхідність в інфраструктурних змінах, модернізації і розбудові самих електричних мереж різного функціонального призначення.*

Розглянемо вплив на зміну інфраструктури енергетики зростання частки VRE в загальному енергобалансі. *Частку генерації VRE будемо характеризувати рівнями від 1 до 5: рівень 1 – частка генерації VRE складає <math><2\%</math>; рівень 2 – 2–5%; рівень 3 – 5–10%; рівень 4 – 10–20%; рівень 5 – частка генерації VRE складає 20% – >50%.*

Проведений аналіз в *REN21 2017 GSR* показав наступне:

1. Вплив VRE:

- Рівень 1: Відсутній помітний вплив;
- Рівень 2: На рівні оператора системи помітним є невелике зростання невизначеності та нестабільності пропозицій. Обмежений вплив на роботу окремих електростанцій;
- Рівень 3: Зростання нестабільності та невизначеності пропозиції має суттєвий вплив на рівні оператора системи; помітним є вплив на роботу окремих електростанцій;
- Рівень 4: Підвищена нестабільність пропозицій і невизначеність мають значний та визначальний вплив на рівні операторів системи; помітним є вплив на роботу практично всіх електростанцій;
- Рівень 5: Наявний структурний надлишок генерації від VRE та сезонні небаланси в енергосистемі.

2. Можливі коригуючі дії:

- Рівень 1: Корекція роботи мережі не потрібна;
- Рівень 2: Деякі типи регулювання в системі на рівні операторів системи і мережевої інфраструктури;
- Рівень 3: Значні зміни в роботі системи; більша гнучкість попиту та пропозицій; деяке посилення в мережі для стабільності напруги та частоти.

«МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ»

– Рівень 4: Визначальні зміни в роботі системи; значна додаткова нестабільність попиту та пропозицій; суттєве посилення інфраструктури мережі для стабільності напруги та частоти;

– Рівень 5: Додаткові заходи для керування дисбалансом попиту та пропозицій.

Типи реагування та ступінь їх актуальності і повноти реалізації наведено в таблиці, де використано позначення: «-» – реагування відсутнє; «+», «++» та «+++» – реагування має здійснюватися при низькому, середньому та високому масштабі реагування.

Приклади реагування на зміни в інфраструктурі, технологічні та оперативні заходи:

– Рівень 1: Збір інформації про стан мережі та для планування, включаючи технічні стандарти для майбутнього зростання використання VRE;

– Рівень 2: Створення системи прогнозування відновлюваної енергії; впровадження вдосконалених технологій та процедур оперативного керування для ефективного планування і диспетчеризації системних ресурсів;

Таблиця – Огляд дій і результатів зміни інфраструктури енергетики при зростанні частки VRE в загальному енергобалансі VRE

Тип реагування	Частка генерації VRE				
	<2 %	2–5%	5–10%	10–20%	20% – >50%
Прогнозування ресурсів	–	+	++	+++	+++
Керування мережею	–	+	++	+++	+++
Збереження енергії	–	–	+	++	+++
Керування попитом	–	–	+	++	+++
Посилення мережевої інфраструктури	–	–	+	++	+++
Секторальний взаємозв'язок	–	–	–	+	+++

– Рівень 3: Керування нестабільністю розвинутих систем прогнозування генерації, покращена інфраструктура передачі та значно більш динамічне оперативне керування зростаючою кількістю ресурсів і елементів системи, які потребують диспетчеризації; координація об'єктів керування за допомогою розширеного обміну інформацією, технологій керування, міжмережевих зв'язків і керування перетоками;

– Рівень 4: Значне підвищення ефективності масштабу реагування на попит і перевантаження за допомогою більш вдосконалених технологій обміну інформацією та керування; розгортання значної кількості додаткових прогресивних швидкодіючих накопичувачів енергії в мережі, вимірювання та балансування енергії для стабільності напруги і частоти;

– Рівень 5: Секторальний взаємозв'язок – електропотачання, опалення, охолодження і транспорт разом як щоденний, щотижневий і навіть сезонний буфер для VRE-генерації; перетворення енергії в хімічні з'єднання, які можуть зберігатися та накопичуватися.

Із розвитком та здешевленням технологій ВДЕ стає економічно вигідною побудова розосереджених ВДЕ-станцій з одиничними блоками малої потужності (наприклад, біогазові та біопаливні, геотермальні, малі ГЕС і ГАЕС, мікро-ВЕС, когенераційні сонячні установки (технологія концентрації сонячної енергії для вироблення

«МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ»

електроенергії – та/або теплової енергії; геліотермоелектрична когенерація електроенергії та тепла). У міру зростання VRE в загальному енергобалансі від 10% до 20% величезну роль в поглинанні піків генерації починає відігравати електротранспорт (EV) і гнучке тарифне стимулювання вартості зарядки акумуляторів за часом доби. Використовуються можливості EV зі згладжування нічного і ранкового «провалу» споживання електроенергії (схеми V2G, vehicle-to-grid) і денного піку «перегоне-рації» від PV-станцій. З'являються значні потужності регіонального і національного масштабу з керуванням піковим перевантаженням – для оперативного зберігання та швидкої віддачі енергії. Зокрема, це пов'язано з триваючим здешевленням технології акумуляування електрики і поширення розосередженої генерації. Так, за 2016 р. кількість стаціонарних батарейних систем зберігання енергії, підключених до загальної мережі, зросла в світі на 50%.

Просування до парадигми >50% ВДЕ вимагає, в рамках «Дорожньої карти» дій щодо імплементації VRE, впровадження нових методів керування, прогнозування та інформаційного обміну для регулювання локальних і регіональних мереж на абсолютно новому рівні. Зростаюче впровадження VRE змінює весь порядок планування, проектування і експлуатації енергосистем. Для переходу до моделі >50% ВДЕ потрібно послідовно і покроково змінити підхід до організації і взаємодії всієї інфраструктури енергетики з врахуванням нової генерації.