

Зі збільшенням кількості об'єктів ВДЕ, оператори мереж в усьому світі стикаються з проблемами балансування електроенергії з вітрових та сонячних установок, обсяги генерації яких залежать від погодних умов, а відтак коливаються, та постачання електроенергії від станцій, які диспетчеризуються, або потужностей акумуляування енергії. У той же час, частка станцій, що диспетчеризуються, наприклад вугільних, у системі зменшується через збільшення частки ВДЕ.

Проблему з балансуванням можна вирішити шляхом збільшення кількості об'єктів гнучкої генерації або потужностей акумуляування енергії, збільшення пропускної здатності, а також покращення здатності управління попитом.

Існує ще й адміністративний захід забезпечення гнучкості. Він полягає у тимчасовому обмеженні відпуску електроенергії з ВДЕ, у періоди коли існує загроза безпечної роботі системи або коли локальні лінії електропередачі не здатні пропустити додаткові обсяги електроенергії. Це називається "обмеженням відпуску".

Обмеження відпуску як метод забезпечення гнучкості системи у короткостроковій та довгостроковій перспективі

У короткостроковій перспективі, обмеження відпуску може надати час на розгортання нових потужностей гнучкої генерації, акумуляування та передачі. Оскільки на сьогоднішній день в Україні не вистачає гнучкості системи, обмеження відпуску дозволить зменшити тиск щодо заміни об'єктів генерації базового навантаження з низькими викидами, наприклад, АЕС, на такі, що забезпечують резерв, наприклад ТЕС, з метою інтеграції більшої частки ВДЕ - і, отже, певною мірою пом'якшити так званий "зелено-вугільний парадокс". Після внесення необхідних інфраструктурних, експлуатаційних та інституційних змін для підвищення гнучкості системи, вимушені обмеження виробництва, ймовірно, буде знижено.

Але навіть у надзвичайно гнучких електроенергетичних системах обмеження відпуску може бути найвигіднішим варіантом у деяких випадках: Замість того, щоб поглинати останній кВт-год у короткочасний пік виробництва електроенергії вітровою станцією, при цьому з великими обсягами інвестицій у потужності зберігання чи передачі, обмеження відпуску електроенергії на місцях та/або у короткострокові пікові періоди може бути дешевшим.

На сьогоднішній день процес відпуску електроенергії на добу наперед "Укренерго" не передбачає обмежень на обсяги виробництва електроенергії з ВДЕ. З урахуванням прогнозу погоди, протягом наступного дня приймаються усі очікувані обсяги генерації об'єктами ВДЕ. При визначенні необхідних оперативних резервів, які необхідно утримувати, щоб зрівноважити спонтанний дисбаланс між попитом та пропозицією електроенергії та покрити ризики надзвичайних подій, такі як втрата великої генеруючої одиниці, приймається прогнозна помилка обсягів виробництва електроенергії з ВДЕ на наступний день, а також враховуються притаманні їм коливання обсягів генерації. Чим більше енергії з відновлюваних джерел в системі, тим більше коливань і, тим більше необхідні резерви. В Україні такий резерв забезпечують теплові електростанції (ТЕС) та великі ГЕС. Якщо в Україні гіпотетично 100% електроенергії буде походити з ВДЕ, обмежений обсяг наявних оперативних та надзвичайних резервів встановлює природний ліміт на подальше розміщення об'єктів відновлюваної енергетики.

Втім, якщо "Укренерго" встановить обмеження виробникам ВДЕ, щоб вони зменшували або припиняли виробництво в години, коли потреба в резервних потужностях не залишає можливості для подальшого надходження електроенергії з об'єктів ВДЕ або коли локальна мережа перевантажена, значно більшу частку

ВДЕ було б реально інтегрувати вже сьогодні без додаткових інвестицій у забезпечення гнучкості системи. У довгостроковій перспективі більш гнучка енергосистема із більшим числом потужностей швидкого реагування та об'єктів акумуляування електроенергії допоможе звести ці обмеження до мінімуму.

Дві основні причини для запровадження обмеження відпуску електроенергії об'єктами ВДЕ



Джерело: авторська візуалізація

Пом'якшення "зелено-вугільного парадоксу" завдяки обмеженню відпуску

Зі збільшенням частки відновлюваних джерел енергії в Україні виникає занепокоєння, що через негнучкість енергосистеми більші обсяги електроенергії з ВДЕ з пріоритетною диспетчеризацією можуть навпаки збільшити загальносистемні викиди та ще і витрати - так званий "зелено-вугільний парадокс". Ми стверджуємо, що тимчасове обмеження відпуску є можливим короткостроковим варіантом вирішення питання із зростанням частки електроенергії з ВДЕ.

Зі збільшенням проникнення ВДЕ в систему необхідно утримувати все більший обсяг оперативних резервів (і для збільшення, і для зменшення навантаження), щоб зрівноважувати коливання у обсягах виробництва (та споживання) електроенергії об'єктами відновлюваної енергетики. Якщо вітру і сонячного випромінювання менше, ніж прогнозували, резервним блокам надають інструкцію збільшити виробництво, щоб уникнути падіння частоти. І навпаки, якщо обсяг виробництва електроенергії з ВДЕ перевищує прогнозний, активізуються резерви що дозволяють зменшити відпуск у мережі, втве станції, які вже постачають в мережу, зменшують обсяг виробництва. За інших незмінних умов, більше об'єктів відновлюваної енергетики означає більші абсолютні помилки прогнозування і, таким чином, більші вимоги до наявності резервів.

В українській енергосистемі це може призвести до збільшення частки вугільних ТЕС та зменшення частки АЕС: для забезпечення необхідних оперативних резервів велика кількість старих вугільних ТЕС з мінімальним стабільним навантаженням понад 70% повинні працювати на середині їх робочого діапазону, щоб забезпечити достатню свободу диспетчеризації обсягів у бік збільшення та зменшення. Ці зобов'язання "обов'язкової роботи" означають, що вугільні ТЕС частково перебирають частину генерації базового навантаження АЕС, врешті-решт, це призводить до збільшення загальносистемного обсягу викидів та експлуатаційних витрат.

Втім обмеження відпуску може зменшити цю проблему у разі, якщо розгортання об'єктів ВДЕ піде швидше, ніж установка гнучкіших газових турбін або потужностей акумуляування – а відтак допоможе подолати тимчасовий розрив до завершення інвестицій у механізми гнучкості. Також, в довгостроковій перспективі, завдяки обмеженню відпуску електроенергії можна буде зменшити попит на дорогі потужності акумуляування до більш ефективного рівня.

Світовий досвід обмеження відпуску електроенергії

Порівняння показників проникнення та обмеження виробництва електроенергії з ВДЕ показує, що високі частки ВДЕ майже завжди пов'язані з певним ступенем обмежень відпуску.

Хоча деякі країни, включаючи Німеччину, все ще вважають за краще впроваджувати обмеження через операторів мереж розподілу та операторів систем передачі, інші країни, такі як Данія, зробили зниження обсягів електроенергії з ВДЕ для диспетчеризації компонентом регулярного балансуємого ринку. Хоча такий ринково орієнтований підхід може бути економічно найефективнішим, оскільки компенсація за зниження відпуску електроенергії з ВДЕ визначається за рахунок взаємодії пропозиції та попиту на електроенергію, її сума не є фіксованою, коефіцієнти обмеження близькі до 0% не слід тлумачити так, ніби об'єкти ВДЕ завжди працюють на повну потужність. Навпаки, вони добровільно вирішують не виробляти, коли ціни на електроенергію виявляються непривабливими. У таблиці нижче наводиться обмеження відпуску та проникнення вітрової / сонячної енергетики (обсяг виробництва електроенергії з ВДЕ / загальний попит) для окремих країн.

Обмеження відпуску та частка ВДЕ у електроенергетиці окремих країн у 2017 р.

Країна	Загальний обсяг виробництва, ТВт·год	Проникнення		Обмеження відпуску	
		ВЕС	СЕС	ВЕС	СЕС
Китай	6313	5%	2%	12%	6%
Німеччина	654	18%	7%	5%	1%
Ірландія	31	26%	-	4%	-

Джерела: Нац. центр відновлюваної енергетики Китаю (CNREC); Bundesnetzagentur, (BMW), Statistisches Bundesamt, Eirgrid, Soni, seai

Високий рівень обмежень відпуску в Китаї можна пояснити швидким розгортанням відновлюваної енергетики, неоптимальним географічним розподілом центрів споживання та об'єктів генерації з ВДЕ, а також недостатньою пропускну здатністю мереж між центрами споживання та генерації. Особливо на півночі Китаю, де розташована більшість потужностей ВДЕ, попит на електроенергію низький, а відсутність пропускну здатності перешкоджає передачі значної частки електроенергії з ВДЕ до центрів споживання. Факторами, що додають до погіршення ситуації, є зобов'язання щодо обов'язкової роботи вугільних ТЕС, відсутність гнучких виробничих потужностей та необхідність притримувати ТЕЦ для забезпечення централізованого опалення взимку.

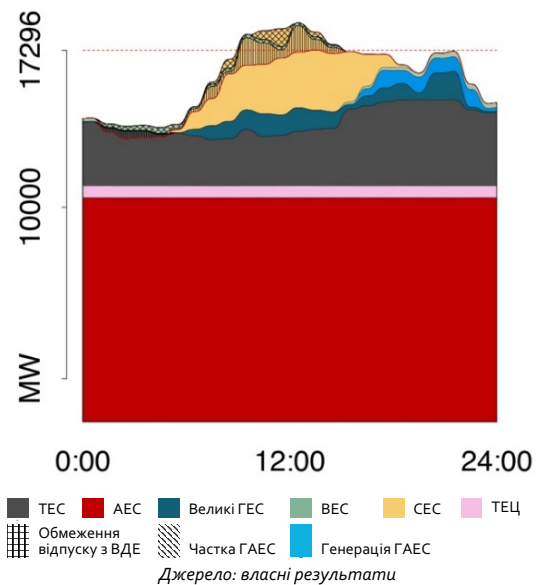
Досвід Ірландії доводить, що навіть при високому проникненні відновлюваних джерел енергії, у гнучкій системі можна досягти помірного рівня обмеження відпуску. У 2017 році, коли вітрові електростанції забезпечували 26% попиту на електроенергію, обсяги виробництва ВЕС обмежили лише на 4% від загальної доступної енергії вітру. Балансування системи з диспетчеризацією у бік прийняття менших обсягів відбувається у періоди низького споживання електроенергії з 23:00 до 9:00, коли на традиційні електростанції накладаються обмеження щодо

мінімальних обсягів генерації, тоді як диспетчеризація з прийняттям менших обсягів протягом дня є більш імовірною у випадках перевантаженості локальної мережі.

Обмеження відпуску у порів'язанні з технічними рішеннями

Сьогодні в Україні дискусія щодо шляхів вирішення питання зростання частки ВДЕ точиться навколо технічних рішень - газових турбін та потужностей акумулювання. Ми вважаємо, що енергосистема України дійсно повинна стати гнучкішою з боку генерації. Модернізація електростанцій та збільшення потужностей акумулювання електроенергії є лише одним із багатьох варіантів забезпечення гнучкості. Можливість обмеження відпуску також слід враховувати. Економічний компроміс між механізмом обмеження відпуску та технічним вирішенням питання можна визначити у моделі електроенергетики, побудованої на основі мінімізації витрат на експлуатацію системи. У наступній аналітичній записці Low Carbon Ukraine представить оптимальну модель диспетчеризації в електроенергетичній системі України з кількісною оцінкою необхідного обмеження виробництва у різних сценаріях. На графіку нижче представлено оптимальну диспетчеризацію з огляду на витрати у робочий день влітку, на основі графіку споживання 2018 року.

Розподіл потужності у робочий день влітку при 7.5 ГВт електроенергії з ВДЕ та обмеженні відпуску



На рисунку показано, що обмеження відпуску є важливим компонентом для здійснення оптимальної, з огляду на витрати, диспетчеризації у енергосистемі України. Тому, слід приділити більше уваги при розробці питанням належного запровадження цього компоненту та механізму компенсацій.