

В. О. Лесько
Д. В. Колотило
В. В. Нетребський

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ШВИДКОДІЮЧИХ МАНЕВРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В ЕНЕРГОСИСТЕМУ В УМОВАХ АКТИВНОГО РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проведено огляд стану енергосистеми в умовах активного розвитку ВДЕ. Розглянуто доцільність запровадження швидкодіючих маневрових електростанцій в Україні на прикладі добового графіку споживання та генерування електроенергії.

Ключові слова: відновлювальні джерела енергії, сонячні електричні станції, вітрові електричні станції, потужність, генерація, маневрування.

EFFICIENCY OF INTRODUCTION OF HIGH-OPERATING MANEUVERING POWER STATIONS INTO THE POWER SYSTEM IN THE CONDITIONS OF ACTIVE DEVELOPMENT RENEWABLE ENERGY SOURCES

Abstract

The paper reviews the state of the power system in the conditions of active development of RES. The expediency of introduction of high-speed shunting power plants in Ukraine on the example of daily schedule of consumption and generation of the electric power is considered.

Keywords: renewable energy sources, solar power plants, wind power plants, power, generation, maneuvering.

Вступ

Енергетичний сектор України є причиною близько 76% викидів парникових газів, а покладання на традиційну енергетичну систему призвели до екологічної кризи [1], яка зокрема вплинула на зростання частки ВДЕ у енергосистемі країни. Можна спостерігати значну кількість нестабільних джерел і умови функціонування, що відрізняються від тих умов, для яких створювалась ОЕС України.

Відповідно до прогнозів, ймовірно що у 2021 році близько 7% виробництва електроенергії в Україні (окрім великих гідроелектростанцій) буде охоплено ВДЕ, переважно саме ВЕС та СЕС. Окрім цього варто зазначити, що Україна має великі території придатні як для вітроенергетики, так для «сонячних» станцій. Але навіть попри інвестиційну привабливість ВДЕ в Україні, а це місце у

топ-10 країн, що розвиваються, за фінансуванням активів по альтернативній енергетиці, постає ряд питань що потребують уваги, зокрема, щодо маневрових потужностей та обмежень генерації ВЕС та СЕС, кількість яких невпинно зростає [1].

Маємо ситуацію таку, що ВДЕ вводить нестабільність у енергетичну систему, яка в свою чергу призводить до збільшення працюючих вугільних енергоблоків, а також призводить до закачування ГАЕС в денний період коли ціна на електричну енергію найвища, тож пропонується розглянути детальніше обмеження генерації частки ВДЕ у ОЕС та перспективу будівництва маневрових потужностей для регулювання дисбалансу виробництва та споживання у пікові години [2].

Обмеження генерації застосовується після того, як були використані всі інструменти для забезпечення балансу виробництва та споживання електроенергії, а саме [3]:

- зменшено генерації ТЕС до технологічного мінімуму;
- вичерпано регулюючі можливості ГАЕС;
- максимально обмежено імпорт електроенергії;
- вичерпано пропозиції ринку допоміжних послуг та балансуючого ринку.

Нестабільність генерації ВДЕ потребує уваги до інфраструктури енергосистем з відповідним розвитком високоманеврових потужностей генерації зі швидким стартом та швидкодіючих резервів на базі систем акумуляування електричної енергії, як засобів, що сприятимуть підвищенню «гнучкості» енергосистеми.

Метою роботи є обґрунтування ефективності запровадження швидкодіючих маневрових електростанцій на прикладі газотурбінних електростанцій та їх вплив на оптимізацію енергосистеми в умовах активного розвитку ВДЕ.

Результати дослідження

Одною з головних умов існування енергетичної системи є баланс по генерації та споживанню електроенергії. Тобто генеруючі потужності (електричні станції) повинні покривати потужності навантаження та втрати на передачу електричної енергії. Територія України придатна як для розвитку генерування сонячних електричних станцій, так і для вітрових електричних станцій, відповідно пропонується розглянути окремо випадок збільшення потужностей СЕС, який станом на сьогодні являється пріоритетним. Існує потреба у використанні високоманеврових потужностей генерації зі швидким стартом (включення з нуля та вихід на номінальну потужність протягом 15 хвилин), яка виникає через збільшення генерування електричної енергії СЕС в ОЕС України, яка в свою чергу є недостатньо «гнучкою», що викликатиме проблему забезпечення операційної безпеки. В свою чергу, проблему нестабільності яку вносить ВДЕ у систему можуть вирішити газотурбінні електростанції, що дасть змогу в пікові години споживання видати потрібну потужність та покрити дефіцит і як наслідок сприяти зниженню вартості електроенергії в умовах впровадження балансуючого ринку. Потужність виробництва електроенергії на СЕС та ВЕС покладаються на нестабільні погодні умови і відповідно існує неможливість 100%-го прогнозування. Один з пунктів, що дозволяє працювати системі у балансі споживання та генерації є маневрові потужності, які мають змогу швидко завантажувати і розвантажувати енергоблоки у разі «просідань» виробництва електроенергії на СЕС та/або ВЕС. Задля підтримання балансу в ОЕС України використовують ГЕС та вугільні ТЕС, на які припадає більша частка навантаження. Відповідно, через збільшення частки потужностей ВДЕ в ОЕС, збільшується потреба у використанні існуючих маневрових джерел енергії, використання яких зводять до нуля перевагу екологічну перевагу використання ВДЕ. При запропонованому варіанті модернізації енергосистеми на збільшення її «гнучкості», потужності ГЕС, ГАЕС, АЕС та ТЕЦ не зміняться, а СЕС, ВЕС, ТЕС та САЕ навпаки, зазнають змін.

Одним із засобів резервування потужності є швидкодіючі газотурбінні установки, що мають змогу швидко нарощувати генерацію електроенергії у енергосистему протягом короткого часу (до 15 хвилин).

Газотурбінний двигун - теплова машина, яка перетворює теплову енергію стиснутого та нагрітого газу в механічну роботу на валу газової турбіни.

Газотурбінні установки (надалі ГТУ) для виробництва електроенергії і тепла, опиняються в епіцентрі уваги вже не перший рік. Ця апаратура має великий попит у таких країнах як Єгипет, ОАЕ, Ізраїль, Іран, Алжир, Лівія, Нігерія, Угорщина тощо. Таке обладнання приносить подвійну користь, генеруючи і таке необхідне тепло та електричну енергію, яка сприятиме підвищенню «гнучкості» енергосистеми, тому його впровадження в ОЕС України, як і роботи над ним з метою удосконалення, виявляються справою досить актуальною. Попит стимулює нові розробки і новітні зразки високопродуктивних установок, таким чином наповнюючи ринок та популяризуючи ГТУ для виробництва електроенергії і тепла.

Видавництво John Wiley & Sons, Inc., ще у 2011 році заявили: «Технології газотурбінного циклу відіграватимуть важливу роль у майбутньому виробництві електроенергії, і кілька цілком обґрунтованих концепцій розроблено або є предметом великих техніко-економічних обґрунтувань. У цій роботі цикли газових турбін модифікуються за допомогою нагнітання пари між виходом з камери згоряння та входом газової турбіни. Парогенератори з рекуперацією тепла, використовуючи відпрацьовані гази, забезпечують ці цикли впорскування парою при насиченій парі. Розглядаються термодинамічні характеристики різних циклів, щоб встановити їх відносне значення для майбутніх ринків виробництва електроенергії. Враховується незворотність різних компонентів блоків циклів та зміна властивостей газу внаслідок нагнітання пари, а також зміни взаємозв'язку параметрів продуктивності компонентів. Відносне температурне відношення та відношення максимальної та мінімальної температури циклу змінюються в деяких діапазонах, які трохи перевищують їх практично допустимі межі, щоб всебічно дослідити їх вплив на характеристики циклу. Експлуатаційні характеристики для різних модифікованих циклів та циклів регенерації представлені при однакових значеннях робочих параметрів.

Сучасні модифіковані цикли з циклами, що впорскуються парою, забезпечують додаткову вихідну потужність та вищу ефективність, що призводить до менших питомих витрат. При обраних значеннях робочих параметрів підвищення загальної ефективності для простого, повторного нагрівання (з нагнітанням пари при високому та низькому тиску) та часткового окислення (з нагнітанням пари при високому та низькому тисках) газотурбінних циклів становить приблизно 20–30%, 120–200%, 10–12%, 120–260% та 20% відповідно. Дану методику модифікованих циклів можна розглянути серед можливих способів поліпшення роботи електростанцій на базі циклів газових турбін за обґрунтованих витрат. Ця концепція може бути використана для подібних основних двигунів [4].»

Комбінація виробництва тепла і електрики виявляється сьогодні одним з провідних напрямків у справі енергозбереження та раціоналізації. Адже саме таким чином, при комбінуванні цих двох виробничих процесів, вдається використовувати паливо найбільш економічним і доцільним чином, особливо в ситуації, коли споживання тепла стає актуальним в цілорічному режимі. На сьогоднішній день зростає інтерес до малої енергетики, яка стає в ряді випадків оптимальної альтернативою для енергопостачання централізованого типу, тому як автономні джерела часом виявляються ефективніше і економічніше централізованих, і в таких умовах подібні установки виходять на перший план. Енергозаощадженню ж сприятиме саме децентралізація джерел, тільки в європейських країнах відсоток впровадження таких технологій наближається до позначки в 20-25 відсотків, В Україні вироблення електроенергії виконується здебільшого на АЕС (приблизно 50%), і в рамках централізованої мережі присутні 15 теплоелектростанцій, які разом із ТЕЦ дають приблизно 30% відсотків енергії в загальному обсязі [5].

В умовах зростаючого попиту на відновлювальні джерела енергії (електричних станцій негарантованої потужності) майже не вводяться нові регулюючі потужності у потрібному обсязі, згідно до звіту з оцінки відповідності генеруючих потужностей НКРЕКП за 2019 рік. На графіку добового споживання/виробництва електроенергії (рис.1), зображена ситуація коливань виробництва електроенергії відновлювальними джерелами енергії.

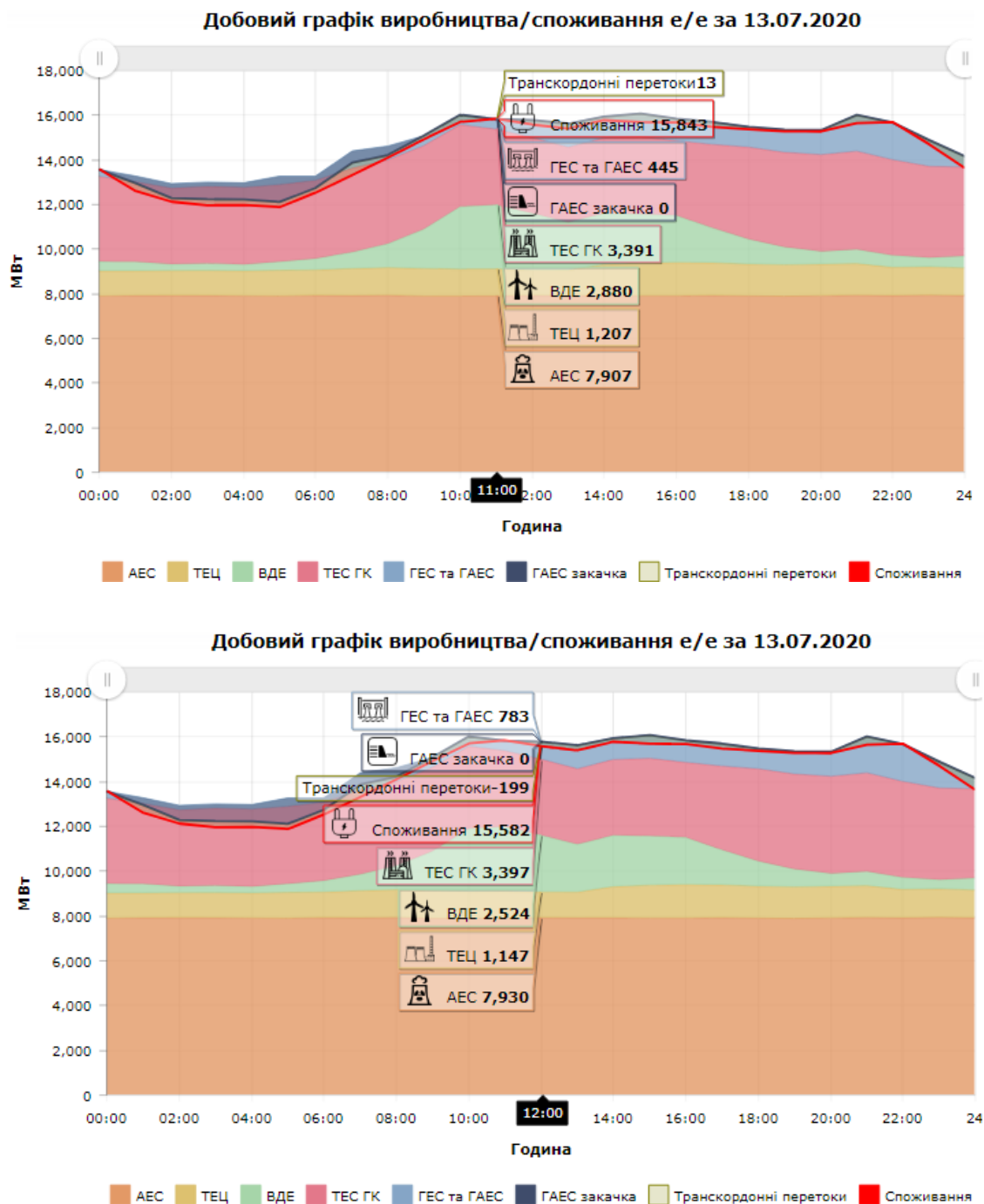


Рисунок 1 – Різка зміна потужності виробництва електроенергії на прикладі добового графіку виробництва/споживання електроенергії

Позначимо переваги та недоліки ГТУ [6]:

Переваги:

- практична відсутність масляних витрат, так як моторне масло в основному циклі не застосовується. При роботі на газі викиди шкідливих речовин, мають низькі значення. Шкода навколишньому середовищу мінімальна;
- малі габарити та питома невелика вага, дають можливість встановлювати пристрій на майданчиках невеликого розміру. Це економить фінанси підприємств при розміщенні установок наприклад в районах щільної міської забудови;
- основний шумовий рівень у ГТУ лежить в діапазоні 80-90 ДБ височастотного звукового спектра, є незначні вібрації;
- можлива тривала робота газотурбінних установок при мінімальних навантаженнях;
- протягом короткого часу деякі ГТУ здатні витримати подвійне перевищення від номінальної величини електричної потужності;
- не потрібно водяне охолодження;
- надійність;
- можливість експлуатації ГТУ в різних кліматичних зонах

Недоліки:

- серйозні вимоги до експлуатуючої організації по чіткому виконанню графіка технічного обслуговування
- значно зниження електричної потужності при високій температурі повітря (наприклад збільшення вуличної температури з +15 до +35 призводить до втрати потужності ГТУ приблизно на 25%)
- ціноутворення на газотурбінні електростанції на пряму залежить від географічного розташування
- ймовірність високотемпературної корозії
- ймовірність руйнації установки через аномальні вібрації
- термічні деформації
- несанкціоноване потрапляння в установку пилу, вологи тощо
- забруднення та ерозія паливних форсунок при недотриманні вимог щодо паливopідготовки
- низький ККД (особливо при малих потужностях)

ККД ГТУ знаходиться в межах 10-39% у той же, у сучасних газопоршневих установок (ГПУ) він має межі 43-46%. Тобто споживання газу ГПУ менше ГТУ в середньому на третину. Недолік електричної потужності для газотурбінної електростанції може бути компенсований шляхом додавання ГТУ модулів. Сьогодні на російському ринку з'явилися газові мікротурбіни електростанції, здатні без підготовки палива працювати на нафтовому газі, з високим вмістом сірководню - до 4%. Для поліпшення показників енергоефективності можна об'єднувати газову турбіну електростанції з паровою турбіною в єдиний енергоблок. Коефіцієнт використання палива в такому варіанті підвищується. В результаті сукупний електричний ККД енергоблоку ГТУ з паровою турбіною досягає 58-59%. При комбінованому використанні енергії двох видів КВП (коефіцієнт використання палива) газотурбінної теплоелектростанції досягає 95%. Подібний варіант використання технічно ускладнюється і його вартість зростає. Якщо необхідно отримати пар різного тиску або гаряче водопостачання, газотурбінні агрегати комплектуються паровими, водогрійними котлами. Тож на даний момент використання ГТУ зокрема для класичних ТЕЦ (ТЕС), з фінансової точки зору виправдане.

Висновки

Проаналізувавши ОЕС України, можна стверджувати про активну розбудову ВДЕ (переважно СЕС та ВЕС) в країні. Практично доведено, що СЕС та ВЕС є нестабільними джерелами електроенергії, а це значить, що неможливо буде протягом всієї доби покрити потреби в енергоспоживанні. На тлі даної ситуації запропоновано використання швидкодіючих маневрових потужностей для того, щоб балансувати графіки навантаження. Результатом проведення дослідження є обґрунтуванням запровадження газотурбінних електростанцій, задля вирішення проблеми, яка виникла у енергосистемі через надшвидкий розвиток ВДЕ, нестачу ГАЕС та високоманеврових генерацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. <https://www.lowcarbonukraine.com/uk/відновлюванні-джерела-енергії-в-укра/>
2. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей – 2019 НЕК «УКРЕНЕРГО»
3. https://ua.energy/wp-content/uploads/2020/04/obmezhennya-VEStSES-9_1-scaled.jpg
4. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/er.1916>
5. <https://zbutenergo.kharkov.ua/sites/default/files/appeal/ee-str.jpg>
6. https://manbw.ru/analytics/gas-turbine_units_power_station_power_plant.html

Лесько Владислав Олександрович – к.т.н., доцент кафедри електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: leskovlad@ukr.net

Нетребський Володимир Васильович – к.т.н., доцент кафедри електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: netrebskiy@ukr.net

Колотило Дмитро Вячеславович — студент групи 1ЕЕ-186, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: keydivij@gmail.com

Lesko Vladyslav – Phd, Associate professor, department of power stations and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: leskovlad@ukr.net

Netrebskiy Volodymyr – Phd, Associate professor, department of power stations and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: netrebskiy@ukr.net

Kolotylo Dmytro — student of the faculty of electroenergetics and electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: keydivij@gmail.com