

*М.П. Андрійшин, канд. техн наук, К.І. Капітанчук, канд. техн. наук
(Національний авіаційний університет, Україна)
Пащенко Сергій Валентинович
(ТОВ «Оператор ГТС України»)*

Дослідження можливості переоснащення компресорної станції газопроводу для генерації електроенергії

Представлено можливість переоснащення компресорної станції газопроводу для генерації електроенергії шляхом використання мобільних високоманеврових мініелектростанцій

Станом на початок 2022 р. загальна потужність електрогенерації в Україні досягала 34 ГВт, а саме: атомних електростанцій – 14 ГВт, гідроелектростанцій – 5 ГВт, гідроакумулювальних – 1 ГВт, теплоелектроцентралеї та станцій на біопаливі – 6 ГВт, вітрових електростанцій – 2 ГВт, сонячних – 6 ГВт [1].

Повномасштабне вторгнення Росії та цілеспрямовані удари по об'єктах енергетики призвели до значних руйнувань та ослаблення української генерації. Зокрема, вже 4 березня 2022 р. було захоплено найбільшу у Європі Запорізьку АЕС (6 ГВт або 42 % усієї атомної генерації країни. Вуглегірську ТЕС (3,6 ГВт) у Донецькій області з 25 липня 2022 р. окупувають російські війська.

Після ракетної атаки 11 квітня 2024 р. по Трипільській ТЕС (3,2 ГВт) компанія Центренерго втратила 100% своїх потужностей генерації електроенергії. Раніше вона втратила Зміївську ТЕС (2,175 ГВт) в Харківській області після удару 22 березня 2024 р.

Унаслідок руйнування цієї теплоелектроцентралеї Харків втратив основні потужності генерування теплової та електричної енергії. 22 березня 2024 р. від ракетних ударів на Ладизинській ТЕС (1,8 ГВт) постраждали всі енергоблоки, а на Бурштинській ТЕС (2,3 ГВт) знищено всі енергоблоки [1].

11 квітня 2024 р. Росія атакувала керованими авіаційними бомбами Сумську ТЕЦ, а 22 березня 2024 р. кремль вдарив по найбільшій в Україні Дніпровській ГЕС (1,5 ГВт). 6 червня 2023 р. росіянами було підірвано Каховську ГЕС (0,35 ГВт), що викликало, серед іншого, наймасштабнішу екологічну катастрофу. Були атаковані і частково зруйновані Дністровська ГЕС (0,7 ГВт) та Канівська ГЕС (0,4 ГВт).

Таким чином, загальні втрати генерації електроенергії станом на кінець літа 2024 р. орієнтовно склали 24 ГВт. Теоретично вцілілими потужностями залишились ті, що генерують лише близько 10 ГВт, з яких значна частина це сонячні електростанції, які не дадуть необхідних обсягів генерації взимку. Це призводить до суттєвого дефіциту електроенергії та масових відключень.

Один з кроків, який дозволить швидше долати наслідки атак, це створення альтернативної розподіленої мобільної генерації із застосуванням генераторів, газопоршневих та газотурбінних електростанцій порівняно малої потужності.

Для побудови останніх з метою економії часу та коштів за основу мас сенс взяти вже існуючу інфраструктуру українських підприємств, особливо якщо така структура на даний час вже не використовується за призначенням, але потребує витрати коштів на охорону і утримання існуючого обладнання. Для установки газогенераторів необхідно дотримання декількох умов, серед яких наявність відповідного виробничого майданчика, можливість підключення до розподільних високовольтних електромереж та газопроводу високого тиску. Здебільшого, таким умовам відповідають промислові майданчики компресорних станцій (КС) газотранспортної системи (ГТС) України.

Україна має одну з найбільших, найпотужніших і найрозгалуженіших ГТС у світі, що функціонує для забезпечення природним газом внутрішніх споживачів та транзиту газу у країни Європи, експлуатацією та технічним обслуговуванням якої займається ТОВ «Оператор ГТС України» [2-9].

Товариство має 57 промислових майданчиків по всій країні, де експлуатує 87 компресорних цехів, на яких працює 530 газоперекачувальних агрегатів (ГПА), серед яких 21 тип газотурбінних ГПА та 4 типи електропровідних загальною потужністю 4658,5 МВт (з газотурбінним приводом - 370 од., з електричним - 145 од.).

Для можливості генерації електроенергії можна розглянути щонайменше два варіанти переоснащення КС, кожен з яких має свої переваги і недоліки:

1. Встановлення готових газогенераторів, які по суті складаються з газотурбінної установки (ГТУ) і генератора електроенергії.

2. Використання ГТУ існуючих ГПА, експлуатація яких недоцільна у майбутньому, із встановленням генератора електроенергії замість нагнітачів.

Відповідно першого варіанту розглянемо мобільні газогенератори з газотурбінним приводом на прикладі газогенератора General Electric TM2500, стислі характеристики якого надано в [10], а зовнішній вигляд якого показано на рис.1.



Рис. 1. Зовнішній вигляд General Electric TM2500

Мобільні ГТУ призначені для забезпечення швидкого та надійного енергопостачання у місцях дефіциту електроенергії, особливо у випадках стихійних лих та надзвичайних ситуацій. Виконання на шасі дозволяє організувати відносно швидке перевезення у необхідне місце, невеликі габарити контейнера дозволяють доставляти установку в будь-яку точку планети суходолом, морем або повітрям. При використанні в стаціонарному вигляді необхідна незначна підготовка майданчика під установку, не потрібно фундаменту, бетонної плити та іншого дорогого монтажу.

TM2500 заснована на технології, що лежить в основі реактивного двигуна CF6 GE, який приводить в дію Boeing 747 і Airbus A310. Двигун забезпечує швидкість, ефективність і надійність літака. Після встановлення він може вмикатися та вимикатися всього за п'ять хв., забезпечуючи аварійне реагування та зменшуючи витрати палива. Крім того, TM2500 підтримує водень із здатністю спалювати до 85% суміші H_2 [11].

При проектуванні встановлення газогенератора потрібно враховувати такі особливості:

- місце розташування: необхідно знайти відносно рівну ділянку на проммайданчику КС у відповідності до габаритів всіх модулів TM2500, не зайняту іншим обладнанням і спорудами, на якій буде можливість безперешкодного доступу для обслуговування газогенератора не заважаючи іншим виробничим процесам КС;

- підключення паливного газу: TM2500 необхідно встановлювати якомога ближче до точки підключення відбору паливного газу з урахуванням можливості прокладання газопроводу подачі до газогенератора. Точка підключення має бути вибрана з урахуванням вимог до паливного газу та можливості роботи газогенератора при відключенні компресорної станції від магістрального газопроводу.

- підключення до високовольтних розподільчих електромереж: при розташуванні на проммайданчику TM2500 також потрібно враховувати необхідність з'єднання з місцевими електромережами для передачі згенерованої електроенергії [10].

Розглянемо типову схему енергопостачання компресорних станцій. Електропостачання КС (рис.2) здійснюється від зовнішніх електромереж по повітряно-кабельним лініям 2 від знижувальної підстанції 35-110/10 кВ. Для прийому та розподілу електроенергії будується закритий розподільний пристрій (ЗРУ-10 кВ) з масляними чи повітряними вимикачем 10 кВ на 2 секції із секційним вимикачем.

Секційний вимикач 5 автоматично включається при відключенні будь-якої з ліній живлення 2 з витримкою часу 1...3 с. Від ЗРУ-10 кВ заживлені понижуючі трансформатори 10/0,4 кВ 7 потужністю 400-1000 кВ•А (залежно кількості встановлених турбоагрегатів). Від понижувальних трансформаторів 10/0,4 кВ через вступні автомати 0,4 кВ 8 заживлений головний щит 0,4 кВ, що складається з 2 секцій. Секційний автомат 0,4 кВ (9) включається автоматично при втраті напруги на секції з витримкою часу 2...4 с.

Отже, для реалізації передачі виробленої електроенергії необхідне підключення до розподільчої мережі 35-110/10 кВ перед понижуючою підстанцією, для чого необхідно передбачити трансформатори підвищення напруги, високовольтні лінії електропередач (якщо неможливо використовувати існуючі) і відповідне устаткування.

Відповідно другого варіанту переоснащення КС - використання ГТУ існуючих ГПА з встановленням генератора електроенергії замість нагнітача, пропонується використовувати конвертований судновий двигун ДН80 виробництва ДП НВКГ «Зоря»-«Машпроект», який експлуатувався у складі ГПА-25С на декількох КС [6].

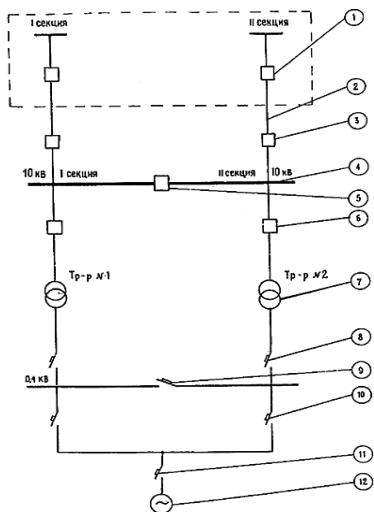


Рис. 2. Схема електропостачання газотурбінної КС:

- 1 - знизувальна підстанція зовнішніх електромереж 35-110/10 кВ;
- 2 - повітряно- кабельна лінія 10 кВ;
- 3 - вхідний вимикач ЕРУ-10 кВ;
- 4 - секція шин ЗРУ-10 кВ;
- 5 - секційний вимикач 10 кВ;
- 6 - вимикач 10 кВ трансформатора;
- 7 - трансформатор понижуючий 10/0,4 кВ;
- 8 - вхідний автомат 0,4 кВ;
- 9 - секційний автомат 0,4 кВ;
- 10 - контактний вивід від дизель-електростанції (ДЕС);
- 11 - автомат 0,4 кВ ДЕС;
- 12 -ДЕС

Модифікація ДГ80 використовується у складі електростанцій ЕГ-25000 виробництва ПрАТ «ПІВДЕНТРАНСЕНЕРГО». Отже, є можливість переобладнання ГПА на електростанції шляхом часткової модернізації ГТУ з під'єднанням до силової турбіни генератора замість нагнітача як навантаження.

Недоліками даного варіанту можна вважати відсутність аналогічних пропозицій на ринку, а також подібного досвіду у минулому, що може значно збільшити вартість переобладнання та час, який необхідний для розробки та затвердження проектів, виробництва та закупівлі обладнання та ін. Значне напрацювання існуючих ГТУ та знаходження у простої протягом останніх років може негативно вплинути на надійність роботи побудованих на їх базі електрогенеруючих потужностей в майбутньому.

Висновки

Встановлення високоманеврових мініелектростанцій цілком вкладається у стратегічні плани України з розвитку розподіленої генерації та може значно покращити ситуацію з дефіцитом електроенергії вже цієї зими. В європейських країнах саме газова генерація використовується для покриття пікових навантажень та балансування (поруч із системами накопичення) нестабільних відновлюваних джерел [8]. Саме тому даний напрямок досліджень є досить своєчасним, перспективним і важливим для відновлення енергетичної безпеки нашої країни.

Список літератури

1. Про стан електрогенерації України в умовах війни та першочергові кроки в громадах стосовно посилення їх стійкості (Інститут громадського суспільства). URL: <https://www.csi.org.ua/news/pro-stan-elektrogeneracziyi-ukrayiny-v-umovah-vijny-ta-pershochergovi-kroky-u-gromadah-stosovno-posylennya-yih-stijkosti/> (дата звернення: 05.09.2024).

2. Трубопровідний транспорт газу: підручник / О.М. Сусак, В.К. Касперович, М. П. Андрійшин. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. – 2013. – 345 с. URL: <https://dspace.nau.edu.ua/handle/NAU/41213>

3. Natural gas turbine flow meters calibrations in low gas flow pressure situations / Andriyishyn M.P., Kapitanchuk K.I., Andriyishyn N.M. // Engines and Power Installations: Safety in Aviation And Space Technologies: The Seventh World Congress. «Aviation in the XXI-st Century». October 10–12, 2018. – Kyiv.: NAU. – 2018. – v.1. – С. 1.5.18–1.5.22. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/39801>

4. Energy efficient usage of natural gas criterias / M.P. Andriyishyn, K.I. Kapitanchuk, N.M. Andriyishyn // Engines and Power Installations: The Fourteenth International Scientific Conference «AVIA–2019». April 23–25, 2019. – Kyiv.: National Aviation Academy, 2019. – С. 20.7–20.11. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/39798>

5. Визначення ефективності роботи газоперекачувального агрегату компресорної станції за даними її експлуатації / М.П. Андрійшин, К.І. Капітанчук, Н.М. Андрійшин // Наукоємні технології, №1 (49). – 2021. – С. 49–56. DOI:10.18372/2310-5461.39.13097

6. Нагнітачі природного газу: підручник / М.С. Кулик, К.І. Капітанчук, М.П. Андрійшин. – К.: НАУ, 2022. – 228 с. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/55906>

7. A study of the energy balance of main gas pipeline operating modes on its efficiency / Andriyishyn M.P., Kapitanchuk K.I., Pikul M.O., Otroshchenko V.V. // Engines and Power Installations: Safety in Aviation And Space Technologies: The Seventh World Congress. «Aviation in the XXI-st Century». September 28–30, 2022. – Kyiv.: NAU. – 2022. – v.1. – С. 1.4.15 – 1.4.19. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/5662>

8. Дослідження ефективності роботи магістрального газопроводу в залежності від його продуктивності та зупинки лінійних компресорних станцій / М.П. Андрійшин, К.І. Капітанчук, В.В. Отрошенко, М.О. Пікуль // XXIII Міжнар. наук.-тех. конф. АС ПГП "Промислова гідравліка і пнев-матика", 15-16 грудня 2022 року, м. Київ.: матеріали конференції. – Вінниця: «ГЛОБУС–ПРЕС». – 2023. – С. 179-181. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/59479>

9. Аналіз впливу зупинки лінійної компресорної станції на номінальну продуктивність магістрального газопроводу / М.П. Андрійшин, К.І. Капітанчук, В.В. Отрошенко, М.О. Пікуль // Engines and Power Installations: The Sixteenth International Scientific Conference «AVIA–2023». April 18–20, 2023. – Kyiv.: National Aviation Academy, 2023. – С. 6.1– 6.5. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/59423>

10. TM2500 aeroderivative gas turbine. URL: <https://www.governova.com/gas-power/products/gas-turbines/tm2500>. (дата звернення: 07.09.2024).

11. Дослідження впливу газо-водневої суміші на газотермодинамічні параметри роботи газоперекачувального агрегату компресорної станції / М.П. Андрійшин, К.І. Капітанчук, Н.М. Андрійшин // 29 Apr 2023 – Sciences & Technologie, 57 (1). Related articles. DOI: 10.18372/2310-5461.57.17447