

Концепція проекту енергетичної безпеки міст

Вадим Гламаздин, магістрант¹ (ORCID: 0000-0003-3459-3249), **Володимир Тонкогосюк**, магістрант¹ (ORCID: 0000-0003-4469-422X), **Наталія Чепурна**, кандидат технічних наук, доцент¹ (ORCID 0000-0001-8044-7563)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

АНОТАЦІЯ

З початку повномасштабного вторгнення 24 лютого 2022 року росіяни постійно атакують електроенергетичну інфраструктуру по всій країні. Система передачі та розподілу електроенергії неодноразово зазнали значних пошкоджень та руйнувань, що обмежує можливості передачі енергії від генеруючих потужностей до споживачів. У результаті населення обмежене в електричній енергії, а люди, які проживають у містах, особливо великих, де комунальні послуги централізовані (водопостачання, водовідведення, тепlopостачання) також обмежені в їх наданні, що фактично є гуманітарною кризою. Ця проблема потребує термінового вирішення.

Ключові слова: концепція, програма, безпека, електроенергетика, муніципалітет, критична інфраструктура, газопоршнева установка, газотурбінна установка.

1. ВСТУП

Значні пошкодження об'єднаної енергетичної системи України (ОЕС) призводить до дефіциту електроенергії та відключень електроенергії по всій країні. Відсутність електропостачання робить критично важливу інфраструктуру міст – водопостачання, каналізацію та тепlopостачання – вразливою та спричиняє перебої або навіть повну відсутність відповідних послуг для населення.

Таким чином, основною проблемою для муніципалітетів є необхідність забезпечення електропостачання критичної інфраструктури у разі системних збоїв, спричинених як прямими атаками, так і пов'язаними з ними аваріями в магістральних та/або розподільних електромережах. Тому необхідно розробити стандартизовані рекомендації щодо забезпечення електропостачання об'єктів критичної інфраструктури міст незалежно від наявності чи відсутності живлення від електромереж та з урахуванням достатнього рівня енергетичної та економічної ефективності запропонованих рішень.

2. ВИБІР КЛЮЧОВИХ МІСТ

Важливість окремого розгляду муніципальної критичної інфраструктури зумовлена тим, що в Україні частка населення, яке проживає в містах, поступово зростає. У 1991 році частка міського населення в загальній чисельності становила 67,5%, до 2002 року дещо знизилася до 67,2%, але в наступні роки зростала і на 1 січня 2022 року становила 69,7%. Таким чином, більше 2/3 населення країни проживає в містах і потребує великомасштабних послуг з електроенергії, тепла, води та каналізації, зосереджених на відносно невеликій території.

З усіх міст середнього та великого масштабу були обрані вісім ключовими фокусними містами для розробки програми. Вибір робили за такими критеріями, а саме:

1. найбільша кількість жителів;
2. вразливість з точки зору джерела живлення;
3. значення для країни.

Нижче наведено інформацію про відповідність обраних міст критеріям.

Київ: 3,5 мільйона жителів (найвищий показник у країні), найвища вразливість (масові атаки на енергетичну інфраструктуру в місті та навколо нього), найвища важливість (столиця, центр прийняття рішень).

Львів: 1 мільйон жителів, середня вразливість, найвища важливість (головний логістичний центр для міжнародної підтримки та поїздок за кордон, головний центр внутрішніх біженців).

Одеса: 1 мільйон жителів, найвища вразливість (нерозвинена енергомережа, великі атаки на енергетичну інфраструктуру), висока важливість (основний порт для транспортування зерна).

Миколаїв: 0,3 млн жителів, висока вразливість, висока важливість (матеріально-технічний центр південного військового напрямку).

Херсон: 0,15 млн жителів, найбільша вразливість (під постійними обстрілами), висока важливість (лінія фронту, нещодавно звільнена).

Дніпро: 1 млн жителів, висока вразливість, висока важливість (логістичний центр східного військового напрямку).

Запоріжжя: 0,2 млн жителів, найбільша вразливість (під постійними обстрілами), висока важливість (поблизу лінії фронту, ворота для внутрішніх біженців з окупованих територій).

Харків: 1 мільйон жителів, висока вразливість (великі атаки на енергетичну інфраструктуру), висока важливість (логістичний центр для східного військового напрямку, поблизу кордону з Росією)

Обмежувальним фактором для вибору міст для програми були внутрішні можливості для розробки програми/проекту та можливість залучити достатні фінансові ресурси для реалізації програми.

3. КРИТЕРІЇ ВИБОРУ СИСТЕМНИХ РІШЕНЬ

Аналіз міжнародного досвіду та результати консультацій, проведених у восьми ключових містах з відповідними постачальниками послуг, показують, що запропоновані рішення мають відповідати декільком критеріям:

1. робота на доступному та доступному (бажано не надто дорогому) паливі;

2. максимально швидкий запуск і вихід на працездатність;

3. тривала робота на максимальній потужності;

4. можливість глибокого силового маневру;

5. висока енергоефективність;

6. безпека;

7. достатній рівень централізації;

8. досить екологічний.

У ході роботи над розробкою цих рекомендацій були проведені консультації з національним оператором електричних мереж (НАК «Укренерго»), які повторно були озвучені на Форумі «Децентралізована генерація. Нові можливості для бізнесу та громад» [1]. У консультаціях із зазначеними містами також взяли участь обласні електророзподільні компанії (обленерго). У результаті було розроблено два додаткові критерії:

9. можливість використання обладнання в повсякденній роботі;

10. можливість запуску генераторів в «пікерному» режимі.

4. ВИБІР СИСТЕМНИХ РІШЕНЬ

Однією з важливих особливостей енергетичного сектору України є власний видобуток природного газу, потужна та надмірно резервована газотранспортна система та практично 100% газифікація великих і середніх міст. З іншого боку, такі палива, як бензин і дизельне паливо, наразі не виробляються в Україні і повністю імпортуються. Альтернативні види палива, такі як біомаса/біогаз, не доступні постійно/миттєво або мають недостатні обсяги. Нарешті, вугілля та аналогічні види палива, незважаючи на наявність і доступність в Україні, є дуже неекологічними та потребують значного додаткового простору та зусиль для організації постачання палива до генераторів. Таким чином, можна стверджувати, що природний газ має бути паливом першого вибору, яке відповідає критеріям 1 і 8.

Аналіз ринку енергетичного обладнання показує, що за вибором палива газотурбінні [2] та газопоршнєві [3] генератори відповідають критеріям 2, 3, 4 та 5.

Аналіз можливих схем розташування та додаткові консультації з муніципальними підприємствами та операторами електромереж показують, що як газові турбіни, так і газопоршнєві двигуни також відповідають критеріям 9 і 10, особливо якщо вони належним чином масштабовані (відповідає критерію 7), обладнані колекторами для утилізації тепла та обслуговуються муніципальними компаніями централізованого теплопостачання (ЦТ).

Тому важливо запропонувати варіанти системних рішень, які б відповідали критеріям 6 і 7 на основі газотурбінних та/або газопоршнєвих генераторних установок.

Достатній рівень централізації (критерій 7) важливий для будь-якого запропонованого рішення з кількох причин, таких як ефективність обладнання, вплив на навколишнє середовище, стійкість тощо. Але найважливішою причиною є те, що він дозволяє вводити додаткові маневрові генеруючі потужності належної потужності до національна енергомережа, якої наразі не вистачає і є дуже необхідною не тільки для забезпечення стабільності та безпеки мережі, але й для забезпечення більшої кількості відновлюваних джерел енергії в системі в середньо- та довгостроковий післявоєнний період відновлення. Основна проблема забезпечення критерію 7 полягає в забезпеченні електроенергією насосних станцій водопостачання та каналізації. Маючи недостатню потужність (часто нижче 1 МВт, переважно в межах 1...2 МВт), вони також розкидані по містах. Таким чином, необхідно знайти рішення, як

забезпечити живлення групи таких установок від одного джерела з достатньою потужністю (бажано понад 10 МВт) за допомогою існуючих мереж розподілу електроенергії.

З іншого боку, надмірно централізоване рішення (наприклад, встановлення всієї необхідної потужності на одному місці) підірвало б або навіть повністю порушило критерій безпеки (критерій 6). Цей критерій означає, що рішення має не лише забезпечувати належний рівень фізичної безпеки (наприклад, прямий захист від куль/шрапнелі/уламків тощо), а й виключати можливість повного виходу з ладу одним єдиним прицільним ударом.

Беручи до уваги:

- результати обговорень з відповідними комунальними підприємствами (включаючи електророзподільні компанії);

- аналіз типової загальної потужності критичної інфраструктури, яка буде охоплена рішенням у всіх фокус-містах (50 МВт+);

- розподіл потужностей основного обладнання критичної інфраструктури (0,5...30 МВт на точку відбору);

- аналіз потенційних ризиків безпеки та методи пом'якшення;

- вимоги щодо достатнього рівня централізації (рівень потужності джерела) (не менше 5 МВт, бажано 10 МВт+);

дозволяє зробити висновок, що запропоноване рішення має відповідати наступним критеріям:

- можливість покриття загальної необхідної потужності від 3 до 5 джерел;

- можливість постійної роботи в режимі маневрування;

- незалежно від тепловіддачі;

- достатній рівень резервування присьданих розподільчих електромереж;

- (бажано) певний рівень перекриття зон охоплення джерел генерації.

5. ВИСНОВОК

Таким чином, загальне рішення має базуватися на поєднанні газотурбінних і газопоршнєвих двигунів-генераторів і включати підвищувальні трансформатори для підключення до розподільчої мережі електроенергії та допоміжне обладнання (дожимні газові компресори, високовольтні кабелі тощо).

Важливо зазначити, що в більшості випадків насосне обладнання мереж водопостачання, каналізації та ЦТ не обладнане перетворювачами частоти. Таким чином, рішення повинно покривати або стартову потужність (яка на 3-7 разів перевищує робочу потужність залежно від віку та загального стану насосів), або забезпечувати встановлення частотних перетворювачів на всьому необхідному насосному обладнанні. Останній варіант завжди в рази дешевше.

Залежно від наявності ресурсів, програму можна розширити за межі списку ключових міст. Потенційні міста першого вибору для розширення програми: Суми, Чернігів, Житомир, Кривий Ріг, Кременчук.

Список літератури

[1] Децентралізована генерація. Нові можливості для бізнесу та громад: вебсайт. URL: <https://www.facebook.com/share/p/pZFyurfe7Bv26ER4/>.

[2] Газові турбіни sgt вебсайт: URL: <https://www.siemens-energy.com/global/en/home/products-services/product/sgt-800.html>.

[3] Офіційний сайт компанії INNIO Group. Газопоршнєві двигуни: вебсайт. URL: <https://www.innio.com/en>.