

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-603-4-5>

THE ROLE OF THE ENERGY SECTOR IN CRITICAL INFRASTRUCTURE

РОЛЬ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ У СКЛАДІ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Енергетичний сектор традиційно посідає центральне місце в системі критичної інфраструктури, оскільки саме він формує основу функціонування економіки та життєдіяльності суспільства. Електроенергія, тепло і паливо виступають «кровеносною системою» сучасної держави, без якої неможливо підтримувати роботу промисловості, транспорту, зв'язку, охорони здоров'я та інших сфер. Будь-який збій в енергетичній системі – чи то аварія на електростанції, пошкодження мереж або кібератака на керуючі комплекси – неминуче викликає каскадні наслідки, здатні паралізувати діяльність ключових галузей і дестабілізувати соціально-економічну ситуацію в країні загалом.

Значення енергетичної інфраструктури виходить далеко за межі забезпечення економічних процесів: вона безпосередньо пов'язана з національною безпекою та обороноздатністю держави. Від її стабільності залежать надійність постачання населення, стійкість комунікацій, функціонування систем життєзабезпечення та підтримання громадського порядку. В умовах сучасних геополітичних викликів і зростаючих техногенних ризиків забезпечення надійності та захисту енергетичного сектора стає першочерговим завданням, оскільки саме він визначає межі стійкості та життєздатності всієї критичної інфраструктури країни.

Системоутворююча роль енергетичного сектора.

Енергетичний сектор є частиною інфраструктури загального призначення (general purpose infrastructure), через яку замикаються міжгалузеві входи-виходи економіки. Електро- та теплоенергія, паливо та супутні системні послуги (частотно-резервна підтримка, регулювальні потужності, аварійне відновлення тощо) формують «операційну тканину» держави, забезпечуючи безперервність технологічних циклів, логістики “just-in-time”, стійкість цифрових платформ та критичних сервісів. Вода подається за рахунок насосних станцій, санітарія залежить від енергопостачання очисних споруд, лікарні – від гарантованого живлення ІТ-систем і реанімаційного обладнання, телеком – від живучості базових станцій і дата-центрів. У цій мережевій конфігурації енергія виконує роль

універсального координаційного ресурсу, без якого розпадається функціональна взаємопов'язаність галузей.

Системоутворюючий характер енергетики проявляється через каскадні ефекти і генерацію системного ризику. Локальний збій на вузлі передачі або дефіцит маневреної генерації трансформується в порушення розрахунково-платіжної інфраструктури, зупинку холодових ланцюжків у продовольстві, зриви перевезень і деградацію екстрених служб. Саме тому стійкість енергосистеми в теорії критичної інфраструктури розглядають як провідний індикатор макростійкості: метрики SAIDI/SAIFI, частка зарезервованих потужностей, час відновлення критичних вузлів і ступінь децентралізації мережі корелюють із соціальною довірою та економічною стабільністю. Український контекст наочно демонструє ці закономірності. Цільовий тиск на об'єкти генерації та високовольтну інфраструктуру показав, що енергетика – «перший рубіж» життєстійкості: від її працездатності залежать робота пунктів обігріву, лікарень, систем зв'язку, водоканалів, транспорту та муніципальних сервісів. Відповіддю стали рішення структурного характеру: прискорена децентралізація (розподілена генерація, локальні накопичувачі, когенерація для теплокомуненерго), розвиток мікромереж для критичних споживачів (медустанови, дата-центри, об'єкти водопостачання), підвищення кіберстійкості оперативно-диспетчерського управління та інтеграція з європейським енергопростором. В результаті енергетика проявляє себе не тільки як галузь, але як інституційний мультиплікатор стійкості, що задає верхню межу керованості кризами і швидкість посткризового відновлення.

Нарешті, енергетичний сектор формує правило балансу «енергетичної трилемми» (безпека поставок – доступність – екологічна стійкість), яке переходить з галузевої рамки в міжсекторальний стандарт безперервності. Там, де дотримані принципи резервування, диверсифікації джерел, кіберсегментації та експлуатаційної готовності, знижується ймовірність системних перебоїв у фінансових розрахунках, медицині, транспорті та ЖКГ. Отже, якість енергетичного управління – від ринкових сигналів для клапексів у мережі до регламентів реагування та стрес-тестів – стає прямим предиктором цілісності критичної інфраструктури загалом.

Склад та ключові елементи енергетичної інфраструктури.

Енергетична інфраструктура – це не просто сукупність об'єктів, а ієрархічно організована система, де технологічні контури виробництва, транспортування й постачання електроенергії та тепла пов'язані з диспетчерським управлінням, ринковими механізмами та режимами кібербезпеки. На стороні генерації до традиційних теплових, гідро-, атомних та ін. потужностей додаються когенераційні установки для тепломереж, розподілені джерела і портфель ВДЕ з інверторною природою, що вимагає розвинених систем інерції та частотної підтримки. Ключовим атрибутом стійкості виступають можливості «чорного старту», маневрені блоки і системні послуги з регулювання частоти і напруги; без них високовольтний контур передачі не може стабільно підтримувати паралельну роботу різноманітних джерел і навантажень.

Контур передачі та розподілу утворюють багаторівневу мережу підстанцій, комутаційного та захисного обладнання, цифрових РЗА та каналів зв'язку, об'єднаних оперативно-диспетчерськими центрами. На магістральному рівні (ТСО) забезпечуються транскордонні перетоки, аукціони пропускної здатності та відповідність критеріям N-1/N-2; на розподільному (ДСО) – інтеграція «розумних» споживачів, електромобілів, просьюмерів і локальних накопичувачів. Сучасні цифрові підстанції та АСК ТП підвищують спостережуваність мережі (PMU, WAMS), однак вимагають сегментації, «білих списків» протоколів і постійного моніторингу аномалій для виключення кібервпливів на критичні функції.

Паливна складова охоплює повний цикл – від видобутку та імпорту до зберігання і транспортування. Газотранспортні системи та підземні сховища, нафтопроводи та перевалочні потужності, вугільна логістика та залізничні вузли формують «життєву артерію» теплової генерації та ТЕЦ, а також служать резервом на випадок пікових навантажень та аварійних режимів. Для підприємств теплокомуненерго критична зв'язка «паливо – когенерація – тепломережі», де навіть короточасний розрив призводить до соціально значущих наслідків в опалювальний сезон. Паралельно розгортаються альтернативні траєкторії довгострокового зберігання енергії – гідроакумуляція, великі літій-іонні системи, пілотні проекти з водню – покликані згладжувати добову і сезонну нерівномірність навантажень.

Резервні і гнучкі потужності є операційним «амортизатором» системи. Накопичувачі, швидкоманеврені ГТУ, дизель-генераторні парки критичних споживачів, ДБЖ для лікарень і дата-центрів, а також режими керованого попиту (demand response) скорочують амплітуду збурень і зменшують обсяг недовідпуску електроенергії при позаштатних ситуаціях. В українському контексті особливого значення набувають мікромережі та локальні джерела для водоканалів, медичних установ і вузлів зв'язку; синхронізація з континентальною мережею (ENTSO-E), розвиток міжсистемних перемичок і ринкової інфраструктури розрахунків небалансів підвищують здатність енергосистеми витримувати цілеспрямовані фізичні та кібервпливи. Тим самим енергетична інфраструктура виступає як технологічно складна, але керована екосистема, де міцність кожної ланки – від захисту релейної панелі до доступності палива та якості диспетчеризації – визначає загальну життєстійкість критичної інфраструктури держави.

Отже, енергетичний сектор є ядром критичної інфраструктури, що визначає стійкість економіки, безпеку держави та повсякденне благополуччя суспільства. Його збалансований розвиток, захист від фізичних і кіберзагроз, а також інтеграція в європейські енергетичні стандарти є необхідними умовами для забезпечення національної безпеки України. У сучасних умовах енергетика перестає бути лише економічною галуззю – вона стає інструментом стратегічної стабільності та фактором суверенітету держави.

Література:

1. Габрелян А. Ю. Особливості функціонування міжнародних стратегічних альянсів в ІТ-сфері. *«Правові системи»*. Науково-практичний електронний журнал. 2018. № 1/2. С. 490–498.
2. Завербний А. С., Псуй М. С., Керницький І. С. Світові тенденції розвитку енергетики та потенційні можливості для підвищення рівня енергетичної безпеки України в умовах інтегрування її енергетичного сектору. *Соціально-правові студії*. 2018. Вип. 1. С. 121–127.
3. Кібербезпека під час повномасштабного вторгнення: неочікувані принципи кібергігієни. URL: <https://itcluster.lviv.ua/itid/kiberbezpeka-pid-chas-povnomasshtabnogo-vtorgnennya-neochikuvani-prynczypy-kibergigiyeny/> (дата звернення: 11.09.2025)