

## INNOVATIVE APPROACHES TO ENSURING STABLE ELECTRICITY SUPPLY AND PREVENT POWER OUTAGES: UKRAINIAN EXPERIENCE

V. Teptya, N. Ostra, Yu. Malohulko, O. Sikorska, K. Povstyanko  
Vinnytsia National Technical University

---

### Key words:

*Electrical networks  
Power automation system  
Renewable energy  
sources  
Flexible load management  
Power outage*

---

### Article history:

Received 03.01.2025  
Received in revised form  
20.01.2025  
Accepted 10.02.2025

---

### Corresponding author:

Yu. Malohulko

### E-mail:

juliya\_malogulko@ukr.net

**Citation:** Тептя В. В., Остра Н. В., Малогулко Ю. В., Сікорська О. В., Повстянко К. О. (2024). Інноваційні підходи для запобігання відключення і стабільного електропостачання: український досвід. *Наукові праці НУХТ*, 31(1), 70—86.  
DOI: 10.24263/2225-2924-2025-31-1-7

---

### ABSTRACT

In connection with the increase in damage to power grids and more frequent interruptions in power supply, the study of technical solutions to prevent power outages in the Ukrainian power system has become extremely important and relevant. This study was aimed at analyzing technical approaches that increase the stability of the energy system of Ukraine and prevent outages, ensuring reliable electricity supply for the population. The methods used include analytical, classification, functional, statistical, synthesis, etc. As part of the study, a detailed analysis of modern technical solutions for strengthening the energy infrastructure of Ukraine was carried out. The main emphasis was on the evaluation of new technologies for the construction of power transmission lines with improved characteristics. An important part of the work was the study of automation systems for effective monitoring and management of the energy network. The significance of the use of energy storage, the development of renewable energy sources and the improvement of electricity consumption forecasting systems were also investigated. Flexible workload management and improving cyber security were identified as critical challenges. The implementation of the electricity supply project for certain districts was considered a key step for improving the living conditions of the population and the development of the local economy. In addition, the use of generators will help reduce the negative impact of outages and ensure the stability of electricity supply in all sectors of the economy. The general conclusion of the study was that the implementation of these technical solutions will significantly increase the stability of the energy system of Ukraine. This will contribute to the effective avoidance of outages and stable electricity supply to the population, which will help energy companies and state institutions to optimize resource management and make informed decisions for the stable operation of the power system in conditions of the risk of outages.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2025-31-1-7

---

## ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛЬНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ І ЗАПОБІГАННЯ ВІДКЛЮЧЕННЯМ: УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД

В. В. Тептя, Н. В. Остра, Ю. В. Малогулко, О. В. Сікорська, К. О. Повстанко  
Вінницький національний технічний університет

*Через пошкодження електромереж і часті перебої в електропостачанні дослідження технічних рішень щодо запобігання відключенням електроенергії в українській енергосистемі стало надзвичайно важливим і актуальним. Це дослідження спрямоване на аналіз технічних підходів, що підвищують стійкість енергетичної системи України та запобігають відключенням, забезпечуючи надійне електропостачання для населення. Використані методи включають аналітичний, класифікаційний, функціональний, статистичний, метод синтезу тощо.*

*Здійснено детальний аналіз сучасних технічних рішень для зміцнення енергетичної інфраструктури України. Основний акцент зроблено на оцінюванні нових технологій для будівництва ліній електропередачі з покращеними характеристиками. Важливою частиною дослідження стало вивчення систем автоматизації для ефективного моніторингу та управління енергетичною мережею. Також великого значення набуває використання енергетичних сховищ, розвиток відновлюваних джерел енергії та удосконалення систем прогнозування споживання електроенергії. Гнучке керування навантаженням і поліпшення кібербезпеки визначено критичними завданнями. Реалізація проєкту постачання електроенергії для окремих районів розглядається як ключовий крок для покращання умов життя населення та розвитку місцевої економіки. Окрім того, використання генераторів сприятиме зменшенню негативного впливу відключень і забезпечить стабільність електропостачання в усіх секторах економіки. Загальний висновок дослідження полягає в тому, що впровадження цих технічних рішень дасть змогу суттєво підвищити стійкість енергосистеми України. Це сприятиме ефективному уникненню перерв в електропостачанні і стабільному забезпеченню електроенергією населення, що допоможе енергокомпаніям і державним установам оптимізувати управління ресурсами та приймати обґрунтовані рішення для стабільної роботи енергосистеми в умовах ризику перерв у електропостачанні.*

**Ключові слова:** *електричні мережі, система автоматизації, відновлювані джерела енергії, гнучке керування навантаженням, відключення електричної енергії.*

**Постановка проблеми.** Зважаючи на негативний вплив широкомасштабного вторгнення росії на енергетику України, дослідження технічних рішень для забезпечення стабільності електропостачання та стійкості енергетичних систем набуває особливого значення. Воєнні дії підкреслюють необхідність модернізації технологій для ефективного управління та захисту енергетичних мереж, особливо в

умовах підвищених загроз і ризиків, що виникають під час воєнного стану. Збільшене навантаження на електромережі та потенційні атаки на критичну інфраструктуру створюють серйозні виклики для енергетичної безпеки України. Забезпечення стійкості та надійності енергетичних систем є стратегічно важливим для підтримки економічної стабільності та якості життя населення. Технічні аспекти, такі як захист від кіберзагроз, посилення кібербезпеки та оперативне реагування, стають ключовими елементами в стратегії енергетичної безпеки в умовах воєнних загроз.

Завдання цього дослідження полягає в розробці та реалізації ефективних технічних рішень для запобігання перерв в електропостачанні, особливо в умовах сучасної України. Створення стабільної та надійної енергетичної інфраструктури є ключовим завданням, адже відключення електроенергії можуть мати серйозні наслідки для функціонування суспільства, економіки та важливих інфраструктурних об'єктів. Це дослідження спрямоване на вдосконалення систем моніторингу, управління попитом, інтеграцію відновлюваних джерел енергії, розвиток резервного живлення та інших технічних рішень для мінімізації ризиків і наслідків енергетичних аварій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У праці (Shchelkunov та ін., 2023) йдеться про важливість впровадження нових технічних рішень для підвищення стійкості української енергетичної системи. Автор наголошує на важливості модернізації інфраструктури та застосуванні інноваційних методів автоматизації й контролю. Як відзначається, дослідження не розглядає вплив енергетичних систем на екологічні аспекти та можливість покращення енергетичної ефективності, враховуючи екологічні вимоги.

Автори статті (Vashchenko, & Korduba, 2023) відзначають, що ефективність енергопостачання набуває особливої ваги в умовах зростання навантаження на електромережі та непередбачуваності споживання електроенергії, що може призвести до серйозних проблем. Проте в цьому дослідженні не розглянуто глибше взаємозв'язок між гнучким керуванням навантаження і зменшенням викидів, що може виявитися ключовим в оцінюванні екологічного впливу.

У праці (Myrutenko, & Listovshchik, 2022) показано, що використання накопичувачів енергії та просування в розвитку відновлювальних джерел є ключовими елементами стратегії для підвищення стійкості енергетичної системи. Та все ж слід зауважити, що питання вивчення можливостей використання гібридних енергетичних систем для максимізації використання відновлювальних джерел і підвищення стійкості енергетичної інфраструктури не розглядається.

У (Stezhko, & Fitsa, 2021) відзначається важливість впровадження гнучкого керування навантаженням і вдосконалення систем, спрямованих на забезпечення стійкості та захист від потенційних кіберзагроз. Проте слід зауважити, що увага дослідників не зосереджена на конкретних технологіях і стратегіях кіберзахисту, що може відзначитися впливом на ефективність заходів у протидії кіберзагрозам.

У статті (Polukhin, Mykhaylova, Semenyshina, & Chernyavskiy, 2023) особливу увагу приділено аналізу поточних технічних рішень та їх впливу на підвищення стійкості української енергетичної системи. Проте важливо відзначити, що не приділено відповідну увагу динаміці змін у споживанні електроенергії та їх можливому впливу на стабільність енергетичних систем у майбутньому.

У (Hryshchenko, 2022) розкривається важливе питання ефективного прогнозування споживання електроенергії, яке є ключовим елементом удосконалення систем прогнозування й оптимізації використання ресурсів. Зазначимо, що дослідження розглядає важливість впровадження інтелектуальних систем прогнозування, що враховують соціально-економічні фактори та зміни у споживанні.

За результатами останніх досліджень S. Kalantar вивчення поведінкового потенціалу споживачів відіграє важливу роль у розробленні ефективних рішень для запобігання кризі відключення електроенергії. Розуміння та аналіз характеру споживання електроенергії може визначити характер споживачів і допомогти в розробці стратегій для оптимізації енергоспоживання. Застосування технологій штучного інтелекту й аналітики даних для вивчення звичок споживання електроенергії може надати цінний інсайт щодо того, як ефективно регулювати навантаження та генерування. Важливим аспектом у запобіганні кризі енергопостачання є також розвиток і використання сонячної енергії. Збільшення потужності сонячних електростанцій може зробити систему енергетики більш стійкою та менш залежною від традиційних джерел. Застосування сонячних технологій не лише зменшить відповідальність за емісії CO<sub>2</sub>, але й забезпечить стабільність в енергопостачанні, навіть у випадку кризових ситуацій (Kalantar, Saifoddin, Hajinezhad, & Ahmadi, 2021).

Поєднання аналізу поведінкового потенціалу й активного розвитку сонячних технологій може сприяти створенню більш стійкої та сталої енергетичної системи, забезпечуючи необхідні резерви та джерела енергії для непередбачуваних обставин.

За визначенням N. Sharma, великі відключення електроенергії є серйозною проблемою, яка може мати значний вплив на суспільство та економіку. Однією з основних причин таких відключень є застарілість енергетичних систем та інфраструктури, яка не завжди в змозі витримати навантаження під час стрімких змін або надзвичайних ситуацій. Технічні невдачі, несправності у мережевому обладнанні та недостатність профілактичних заходів також призводять до виникнення великих відключень. Для запобігання таким ситуаціям важливо розглядати рекомендації щодо модернізації енергетичних систем. Це може включати вдосконалення інфраструктури, використання новітніх технологій, таких як системи моніторингу та дистанційного управління, а також посилення заходів з технічного обслуговування. Проте на шляху до вдосконалення енергетичної стійкості можуть виникати ряд проблем, таких як фінансові витрати на модернізацію, труднощі у впровадженні новітніх технологій і вирішення питань щодо координації між різними суб'єктами енергетичного сектору (Sharma та ін., 2021).

Варто зазначити, що вирішення проблеми великих відключень електроенергії вимагатиме комплексного підходу, об'єднуючи технічні інновації, стратегії модернізації та виважені рішення для підвищення стійкості енергетичних систем.

Готовність системи кризового управління у Польщі відіграє ключову роль у вирішенні довгострокових і великомасштабних проблем, пов'язаних із нестачею електроенергії та можливими відключеннями електроенергії. Ця готовність визначається ефективністю та координацією заходів, спрямованих на забезпечення стійкості енергетичної системи під час великих труднощів. Важливим аспектом є роз-

робка стратегій управління кризами, які передбачають великомасштабні відключення електроенергії. Це включає в себе не лише технічні аспекти, а й плани евакуації, забезпечення життєвого середовища для населення та підтримку критичних інфраструктур. Системи екстреного реагування повинні бути готовими негайно вживати заходи для запобігання гуманітарній кризі та забезпечення безпеки громадян. Окрім того, ефективність системи кризового управління визначається рівнем взаємодії між різними ланками влади, місцевими органами, енергетичними компаніями та іншими зацікавленими сторонами. Важливо мати механізми комунікації та обміну інформацією для швидкого реагування на будь-які виклики, які можуть виникнути в результаті довгострокової нестачі електроенергії (Majchrzak, Michalski, & Reginia-Zacharski, 2021).

Ці результати підтверджують наведене вище дослідження, оскільки у польській системі кризового управління слід розглядати і підтримку заходів з підвищення ефективності та гнучкості енергетичної інфраструктури, таких як розвиток систем накопичення енергії та використання відновлювальних джерел. Враховуючи ці аспекти, можна створити більш стійку та готову до кризових ситуацій систему електропостачання в Україні.

Створення енергетичних спільнот є стратегічним кроком для забезпечення територіальної стійкості та мінімізації ризиків відключення електроенергії. Однією з ключових переваг енергетичних спільнот є їхня здатність впроваджувати інноваційні технології та ефективно координувати роботу системи електропостачання на локальному рівні. Це створює можливість для розподілення навантаження та використання місцевих джерел відновлювальної енергії. Міра ризику відключення електроенергії стає важливим інструментом для енергетичних спільнот у визначенні стратегій реагування та планування дій у випадку негативних сценаріїв. Вимірювання цього ризику передбачає аналіз факторів, таких як технічний стан мережі, динаміка попиту на електроенергію, ступінь використання відновлювальних джерел і взаємодія з сусідніми енергетичними системами (Mutani, Santantonio, Brunetta, Caldarice, & Demichela, 2021).

З цією думкою можна погодитися, оскільки формування ефективної системи моніторингу та прогнозування навантаження може виявитися критичним для зниження ризику аварійних відключень. Ці заходи спрямовані на забезпечення гнучкості управління електропостачанням, що відповідає змінам у споживанні, зокрема в умовах блекаутів та надзвичайних ситуаціях. Реалізація інтелектуальних рішень на місцевому рівні може сприяти оптимізації роботи системи та забезпечити сталість електроенергетичної інфраструктури, особливо в умовах, спричинених надзвичайними обставинами.

Як зазначає R. Bajo-Buenestado, відключення електроенергії суттєво впливають на стан електрифікації домогосподарств, особливо у країнах, де доступ до енергії може бути обмеженим. У Кенії, наприклад, система електропостачання зазнала численних викликів через відключення, що сталися через технічні неполадки, недостатню інфраструктуру та нестабільність виробництва електроенергії. Відключення електроенергії в Кенії можуть спричинити серйозні соціально-економічні наслідки для домогосподарств. Багато домівок і бізнесів можуть мати обмежений доступ до освітлення, засобів зв'язку та електричних приладів, що впливає на

зручність та ефективність їхнього функціонування. Особливо це стосується сільських районів, де велика частина населення може залежати від електроенергії для сільськогосподарської діяльності (Bajo-Buenestado, 2021).

Аналізуючи отримані висновки, можна зробити припущення про те, що рішення, які пропонують автори в аналізованих працях, можуть бути доцільними не лише в нормальних умовах, але й в контексті аварійних відключень і блекаутів. Адаптація до таких викликів вимагатиме впровадження технічних та інфраструктурних рішень, таких як розвиток стабільних систем електропостачання, використання альтернативних джерел енергії та ефективні стратегії кризового управління.

Розвиток стратегії стійкості на ринках електроенергії важливий для забезпечення ефективного та надійного електропостачання. Уроки, які можна вивчити з ринків електроенергії, допоможуть розробити ефективні стратегії для забезпечення стійкості та надійності енергетичних систем. Важливим елементом є розуміння впливу ринкових механізмів на стійкість електропостачання. Наприклад, впровадження систем торгівлі електроенергією може створювати стимули для розвитку нових технологій і збільшення конкуренції на ринку. Однак необхідно уникати ефекту «достатньої гнучкості», коли велика залежність від ринкових механізмів може бути вразливою до екстремальних ситуацій (Fabra, Motta, & Peitz, 2022).

Розглядаючи питання аварійних відключень і блекаутів, можна зазначити, що впровадження стратегії стійкості на ринках електроенергії вимагає комплексного підходу, що враховує технічні, економічні та екологічні аспекти. При цьому важливо висувати припущення про застосовність результатів аналізованих праць у ситуаціях аварійних відключень, а не лише в нормальних умовах. Навчання на досвіді інших ринків може стати цінним інструментом для розробки ефективних стратегій, спрямованих на стійкий та сталий розвиток енергетичних систем.

**Метою дослідження** є аналіз технічних рішень, які можуть підвищити стійкість енергетичної системи України та запобігти перебоєм у електропостачанні населення.

**Матеріали і методи.** Аналітичний підхід дав змогу детально проаналізувати технічні рішення, спрямовані на підвищення стійкості енергосистем України. Застосування цього методу забезпечило ретельну оцінку кожного рішення з точки зору його ефективності та виявлення можливих обмежень, що стало важливим етапом у формуванні висновків і рекомендацій для подальшого вдосконалення енергетичної інфраструктури. Аналіз допоміг визначити основні напрями, які потребують додаткової уваги для посилення надійності системи й стабільності електропостачання в умовах сучасних викликів.

Використання статистичного методу дало змогу дослідити тенденції та закономірності у функціонуванні енергетичної системи, підготувати обґрунтовані прогнози щодо можливих коливань у виробництві та споживанні електроенергії. Цей підхід став дієвим інструментом для розробки стратегій управління енергоресурсами та визначення оптимальних шляхів підвищення ефективності системи.

Застосування функціонального методу дало змогу визначити основні функціональні елементи енергетичної системи та їхню взаємодію. Цей підхід забезпечив більш детальне розуміння важливих аспектів внутрішніх зв'язків між компонен-

тами, що є критично важливим для оптимізації роботи системи та досягнення максимальної ефективності енергетичних процесів. Отримані результати стали основою для подальших рекомендацій щодо поліпшення функціонування системи.

Метод дедукції сприяв аналізу причинно-наслідкових зв'язків між елементами енергетичної системи та виділенню основних чинників, що впливають на її стабільність. Це дало змогу виокремити важливі аспекти, які визначають ефективність і надійність системи. З огляду на отримані результати можна розробити обґрунтовані стратегії для подальшого вдосконалення й оптимізації енергетичної інфраструктури.

Завдяки методу синтезу були створені комплексні концепції для покращення енергетичної системи. Цей підхід дав змогу об'єднати різні технічні рішення і стратегії в єдину гармонійну систему, спрямовану на підвищення стійкості та ефективності. Метод синтезу надав можливість знайти оптимальні комбінації технічних рішень, які можуть бути реалізовані для досягнення стабільності енергетичних систем. Результати синтезу стали основою для практичних кроків у впровадженні інновацій та оптимізації функціонування системи.

Метод класифікації був корисним для структурування технічних рішень і компонентів енергетичної системи, визначення їх основних характеристик та групування за спільними ознаками. Це сприяло впорядкуванню інформації та допомогло зорієнтуватися в різноманітті наявних технічних рішень. Класифікація відіграла ключову роль у виборі оптимальних компонентів системи, що дає змогу досягти підвищення її стійкості та надійності.

Метод індукції, в рамках цього дослідження, використовувався для аналізу зібраних фактів і даних, щоб визначити загальні тенденції та закономірності в енергетичних системах. Цей метод допоміг виявити внутрішні зв'язки та динаміку роботи системи з урахуванням різних факторів і впливів. Такий підхід дав змогу врахувати специфіку української енергетичної системи та розробити збалансовані рекомендації й стратегії для підвищення її продуктивності та надійності.

Завдяки методу узагальнення були систематизовані отримані дані та сформувані висновки, що надало можливість скласти цілісне уявлення про функціонування енергетичної системи. Цей підхід сприяв абстрагуванню від деталей, допоміг виявити основні тенденції і ключові зв'язки, важливі для розуміння загальної динаміки енергетичних процесів. Узагальнення результатів стало основою для визначення стратегічних напрямків подальших досліджень і заходів для покращення ефективності та стабільності енергетичної системи.

**Викладення основних результатів дослідження.** Енергетична криза в Україні виникла через комплексну сукупність факторів, що впливають на стабільність енергетичного ринку. Це недостатній розвиток інфраструктури, збої в електропостачанні та недоліки в управлінні енергетичним сектором. Крім соціально-економічних чинників, значний вплив мають також політичні, інституційні, екологічні та регіональні аспекти. Ключову роль у загостренні ситуації відіграє війна з росією та окупація частин Донецької, Луганської, Херсонської та Запорізької областей, де зосереджений основний видобуток вугілля для ТЕС. Додатковими викликами залишаються монополізація ринку електроенергії, високий рівень зносу електростанцій, субсидування нерентабельних шахт, низький рівень використання аль-

тернативних джерел енергії та невизначеність у реформах в рамках Енергетичного співтовариства. Усе це призвело до перевищення попиту на енергоносії над їхньою пропозицією, що потребує розробки механізмів для забезпечення енергетичної безпеки країни (Østergaard, Duic, Noorollahi, & Kalogirou, 2022).

Для забезпечення стабільного постачання електроенергії вживаються заходи для захисту електромереж від можливих атак з боку противника. Загрози можуть мати різний характер: фізичні (наприклад, диверсії, обстріли чи підриви), кібернетичні (такі як хакерські зломи, вірусні атаки чи шкідливе програмне забезпечення) та електромагнітні (наприклад, імпульси високої напруги або частоти).

Для ефективного захисту від різних видів атак застосовуються різноманітні стратегії (Ма та ін., 2022). Фізичний захист передбачає зміцнення конструкцій обладнання та ліній електропередач, встановлення бар'єрів та огорож, впровадження систем відеоспостереження і сигналізації, а також організацію охорони та регулярне патрулювання об'єктів. Фізичні заходи захисту забезпечують високий рівень безпеки енергетичних об'єктів від прямих фізичних загроз. Це знижує ризик пошкоджень унаслідок атак чи стихійних лих. Проте основним недоліком є висока вартість впровадження таких заходів та їх обмежена ефективність у випадках високотехнологічних атак, зокрема дронів чи точкових ударів.

Для протидії кіберзагрозам використовуються шифрування, системи автентифікації і контроль доступу до мереж та інформаційних систем. Сюди також входить встановлення антивірусного та антишпигунського програмного забезпечення, часті оновлення програмного забезпечення та операційних систем, резервне копіювання даних і налаштування альтернативних каналів зв'язку. Використання технологій штучного інтелекту дає змогу виявляти загрози в реальному часі. Однак цей метод вимагає постійного оновлення системи та значних інвестицій у навчання персоналу, оскільки людський фактор залишається вразливим місцем.

Електромагнітний захист включає фільтрацію, стабілізацію і контроль параметрів напруги і частоти, а також встановлення пристроїв, що захищають від перенапруг, перевантажень і коротких замикань. Крім того, використовуються екрановані кабелі і захищене обладнання для підвищення стійкості. Застосування запропонованого обладнання ефективно мінімізує ризики пошкоджень. Проте висока вартість обладнання та його складна модернізація в існуючих мережах є значними недоліками.

Для забезпечення надійного електропостачання в умовах повномасштабного вторгнення та використання багаторічного досвіду роботи в критичних обставинах застосовується комплекс заходів. Серед них — встановлення додаткових джерел живлення, таких як дизель-генератори, акумуляторні батареї та відновлювані джерела енергії, які можуть підключатися в разі збою основного електропостачання. Єдиним їх недоліком є значна вартість як придбання, так і експлуатації таких систем, особливо в разі використання дизельних генераторів.

Ключову роль відіграє впровадження систем автоматизації та захисту електромереж, що забезпечують швидке реагування на зміни в електропостачанні, таких як релейний захист, автоматичне підключення резерву та дистанційне керування. Основною проблемою є висока складність інтеграції таких систем із наявною інфраструктурою та вразливість до кіберзагроз. Важливим напрямом є також розви-

ток малих розподільних генеруючих установок — мікромереж, мініГЕС та сонячних панелей, здатних працювати автономно або в паралелі з основною мережею, що сприяє децентралізації енергосистеми. Цей підхід передбачає встановлення генераторів на окремих об'єктах або у домогосподарствах, що сприяє децентралізації системи та зменшенню навантаження на основні мережі. Хоча це знижує ризик загальної відмови системи, розподільне генерування є менш надійним через можливі збої в окремих компонентах і складність управління.

Ці заходи спрямовані на підвищення надійності, стабільності та ефективності електропостачання в умовах війни, забезпечуючи стійкість електромереж до екстремальних ситуацій.

Окрім якості та надійності, суттєвим аспектом у сфері електропостачання є економічність, яка відображає співвідношення витрат на виробництво, передачу й розподіл електроенергії до її раціонального використання (Erdiwansyah та ін., 2021). Ефективність електропостачання залежить від вибору оптимальних схем та конструкцій елементів системи, а також від зваженого розподілу навантажень відповідно до різних рівнів надійності. Важливим є також зниження втрат електроенергії під час її передавання й розподілу та підвищення енергоефективності серед споживачів.

Аналізуючи структуру генерації електроенергії в Об'єднаній енергосистемі України, слід зазначити, що більше половини виробництва припадає на атомні електростанції (АЕС), які генерують понад 50% всієї електроенергії (рис. 1). До основних джерел також входять гідроелектростанції (ГЕС), газові атомні електростанції (ГАЕС), теплові електростанції (ТЕС), газокompresорні станції (ГК), вітрові електростанції (ВЕС) та теплоелектроцентралі (ТЕЦ).

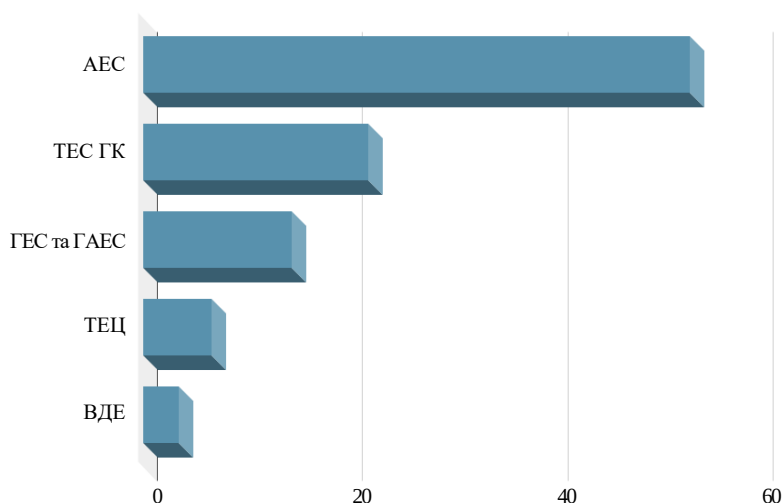
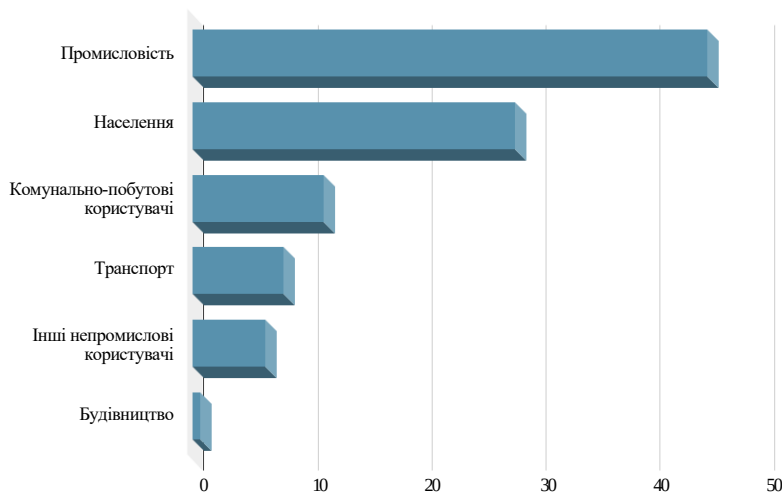


Рис. 1. Генерування електроенергії в об'єднаній енергосистемі України, у % (Zwilling та ін., 2022)

Співвідношення виробництва електроенергії в ОЕС України під час максимальних навантажень є важливим показником енергетичної системи країни. У цей

період можна визначити, які джерела енергії забезпечують основний обсяг електрогенерації. Такий аналіз допомагає ефективно планувати та управляти енергоресурсами, оптимізувати використання різних джерел енергії і забезпечувати стабільну роботу системи під час пікових навантажень. Це важливий етап для вдосконалення стратегій генерації та підвищення ефективності енергетичної системи України.

Розподіл споживання електроенергії в Україні (за винятком тимчасово окупованих територій) відображено на рис. 2. Розподіл електроенергії серед різних груп споживачів в Україні (окрім тимчасово окупованих територій) є важливим елементом аналізу національної енергетичної системи. Ця структура відображає, як електроенергію використовують різні сектори економіки та населення, і може допомогти виявити їхні потреби та вимоги. Розуміння цього розподілу є корисним при розробці стратегій для забезпечення стабільності та надійності електропостачання, адже різні сегменти можуть мати специфічні вимоги до потужності, якості та надійності постачання. Такий аналіз також допомагає визначити напрями для поліпшення й оптимізації енергетичної інфраструктури з урахуванням потреб різних секторів економіки та населення.



**Рис. 2. Відсотковий розподіл електроенергії серед різних груп споживачів в Україні (Szeberényi & Bakó, 2023)**

Розподіл електроенергії між різними групами споживачів в Україні, за винятком тимчасово окупованих територій, є важливим компонентом аналізу енергетичної системи країни. Ця структура дає змогу оцінити, як різні економічні сектори й населення споживають електроенергію, що допомагає визначити специфічні потреби та вимоги різних галузей. Врахування цього розподілу є корисним при розробці стратегій для забезпечення стійкого і надійного енергопостачання, оскільки кожен сегмент має свої вимоги до потужності, якості та надійності електропостачання. Такий аналіз також виявляє потенційні можливості для вдосконалення й оптимізації енергетичної інфраструктури з огляду на потреби різних секторів економіки та населення.

Розглянемо умовний район з населенням 100 000 осіб і площею 100 км<sup>2</sup>, який залишився без електропостачання. Його загальна потреба в електроенергії становить приблизно 10 МВт, враховуючи потреби для житла, транспорту, торгівлі та громадських закладів. Зокрема, на житловий сектор, включаючи освітлення, опалення та побутові прилади, припадає 7 МВт; транспортна інфраструктура використовує 1 МВт; торгівля також споживає 1 МВт, громадські заклади потребують ще 1 МВт. Отже, сукупне споживання електроенергії району становить 10 МВт.

Для відновлення електропостачання району загальна вартість закупівлі та експлуатації генераторів оцінюється у 100 млн грн, з яких 50 млн грн призначено на придбання обладнання, а ще 50 млн грн — на забезпечення паливом для їх безперебійної роботи.

Для забезпечення електропостачання району можна використовувати різні технічні рішення. Найбільш надійне рішення — встановлення генераторів на об'єктах критичної інфраструктури. Цей варіант забезпечує безперебійне електропостачання для життєво важливих об'єктів, але є високовартісним через необхідність придбання й експлуатації великої кількості генераторів. Встановлення генераторів на об'єктах критичної інфраструктури є найкращим рішенням з точки зору надійності. Однак це рішення є і найбільш дорогим.

Варіант розподіленого генерування електроенергії передбачає встановлення генераторів на кожному будинку або підприємстві. Цей підхід менш надійний, оскільки може виникнути перевантаження на інших генераторах при виході з ладу одного з них. Проте він є більш економічним, оскільки вимагає менше генераторів. Розподілене генерування електроенергії є менш надійним рішенням, проте воно є дешевшим. Цей варіант може бути прийнятним для районів, де є обмежені фінансові ресурси.

Комбінований підхід включає в себе як встановлення генераторів на об'єктах критичної інфраструктури, так і розподілене генерування електроенергії. Цей варіант є найбільш оптимальним, оскільки забезпечує надійне електропостачання при відносно невеликих витратах. Комбінований варіант є найбільш оптимальним з точки зору надійності та витрат. Цей варіант може бути прийнятним для більшості районів.

У рамках комбінованого варіанта можна використовувати різні технічні рішення для забезпечення електропостачання в різних сферах. Для житлового фонду ефективним рішенням є використання сонячних електростанцій, які забезпечують екологічно чисту та доступну енергію. Однак для безперебійного електропостачання в нічний час можна використовувати газові генератори.

Для транспорту рекомендується використовувати електробуси, які є екологічно чистішими, ніж традиційні автобуси на дизельному паливі. Проте через обмежений запас ходу електробусів для безперебійного електропостачання в нічний час можна використовувати зарядні станції.

У сфері торгівлі та громадських закладів рекомендовано використовувати дизельні генератори. Дизельне паливо є більш доступним, що може зробити дизельні генератори економічно ефективним рішенням для забезпечення електропостачання цих об'єктів.

Впровадження технічних рішень, описаних вище, може допомогти забезпечити надійне електропостачання для населення України навіть у разі збоїв у енергосистемі. Ці рішення вимагатимуть значних інвестицій, але вони можуть принести значні соціальні та економічні вигоди.

Сучасні виклики в енергетичному секторі вимагають відповідних технічних рішень і стратегій, зокрема розширення та модернізації інфраструктури. Одним із ключових напрямків цього процесу є підвищення пропускної здатності ліній передачі.

Встановлення нових ліній електропередавання та модернізація існуючих є критичними елементами для підвищення потужності та стійкості енергетичних систем (Ghiasi та ін., 2023). Нові технології та матеріали дають змогу створювати передачі з високою ефективністю, забезпечуючи оптимальну передачу електроенергії на великі відстані без втрат.

Крім того, розвиток систем автоматизації і контролю є необхідним етапом в еволюції енергетичної інфраструктури. Впровадження сучасних систем автоматизації дає змогу операторам мережі миттєво взаємодіяти з компонентами системи, відслідковувати стан елементів мережі в реальному часі й ефективно реагувати на будь-які відхилення чи аварійні ситуації.

Такий підхід до розширення та модернізації інфраструктури не лише підвищує ефективність і стійкість енергетичної системи, але й надає можливість інтегрувати відновлювальні джерела енергії, що сприяє сталому розвитку та зменшенню викидів в атмосферу. Ці заходи визначають необхідний курс для побудови майбутнього енергетичного ландшафту, що відповідає сучасним і майбутнім потребам суспільства.

Впровадження акумуляторних сховищ є важливим кроком у поліпшенні стійкості та надійності мережі. Ці сховища можуть ефективно компенсувати втрати електроенергії, вирівнювати піки попиту та надавати резерв енергії у випадку аварій чи відмов енергосистеми. Вони дають змогу накопичувати надлишкову енергію, яка виробляється у періоди низького споживання, і використовувати її у пікові часи, що є ключовим для забезпечення стійкості та ефективності системи. Однак обмежена ємність таких систем і їх висока вартість залишаються ключовими проблемами.

Розвиток відновлювальних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія, виступає як стратегічний крок у напрямку сталого розвитку (Kulcsár, Mankovits, & Ailer, 2021). Збільшення частки відновлювальних джерел дає змогу децентралізувати виробництво електроенергії, зменшити залежність від традиційних джерел, а також зменшити викиди парникових газів. Крім того, це сприяє створенню стійкої енергетичної системи, спроможної вирішувати виклики кліматичних змін і забезпечувати стійке електропостачання у всіх умовах.

Загалом, збільшення ефективності електропостачання через використання сховищ енергії та відновлювальних джерел є ключовим етапом на шляху до сталого, ефективного й екологічно чистого енергетичного майбутнього. Розробка та впровадження систем енергоефективності охоплює використання передових технологій і систем енергозбереження в промисловості, господарствах та домогосподар-

ствах. Застосування енергоефективних технологій може значно зменшити споживання енергії, забезпечуючи оптимальне використання ресурсів і, відповідно, зменшуючи негативний вплив на навколишнє середовище.

Використання технологій «гнучкого» керування дає змогу регулювати споживання електроенергії залежно від потреб системи (Karako, & Dahlgren, 2022). Це означає, що навантаження може бути адаптоване до змін в енергетичному попиті, зменшуючи ризик перевантаження та забезпечуючи ефективне використання енергії. Гнучке управління також робить можливим використання відновлювальних джерел енергії в найоптимальніший спосіб, допомагаючи збалансувати виробництво та споживання. Оптимізація навантаження енергосистеми збалансує попит і пропозицію, зменшуючи витрати на резервні джерела. Проте для ефективної реалізації цього методу потрібні складні алгоритми прогнозування, які мають враховувати динамічні зміни в попиті.

Управління навантаженням та енергоефективність не тільки забезпечують стабільність енергетичних систем, але й є стратегічними кроками у напрямку створення стійкої, ефективної та екологічно чистої енергетики. Це інвестиція в майбутнє, де сучасні технології та інноваційні підходи визначають шлях до енергетичної системи, яка відповідає сучасним викликам і потребам суспільства.

У сучасному світі, де електроенергія є невід’ємною частиною життя, вдосконалення систем прогнозування стає стратегічним завданням для забезпечення сталості та надійності енергетичних систем. Важливо вдосконалити системи прогнозування споживання електроенергії. Використання сучасних алгоритмів і технологій дає змогу точно передбачити пікові навантаження й оптимізувати роботу систем енергопостачання. Це особливо актуально в умовах зростаючого попиту та різноманітних факторів, які можуть впливати на енергетичну систему. Точні прогнози дають змогу операторам систем точно регулювати виробництво та розподіл електроенергії, уникати перевантажень і забезпечувати ефективне використання ресурсів.

Удосконалення систем прогнозування також є ключовим елементом для інтеграції відновлювальних джерел енергії (Butt, Zulqarnain, & Butt, 2021). З точним прогнозуванням погодних умов і виробництва енергії з відновлювальних джерел системи можуть ефективно враховувати коливання виробництва та вирівнювати його з споживанням. Це робить можливим оптимальне використання відновлювальних джерел і сприяє стійкості системи.

В умовах швидкого технологічного розвитку вдосконалення систем прогнозування є стратегічним кроком для побудови майбутньої енергетики. Точні та ефективні прогнози не тільки забезпечують сталість систем, а й створюють фундамент для розвитку інтелектуальних енергетичних систем, які можуть відповідати на виклики сучасності та сприяти сталому розвитку.

В еру цифрової трансформації та зростаючої кількості підключених систем, стійкість до кіберзагроз стає невід’ємною частиною забезпечення безпеки енергетичних мереж. Ключовим аспектом є захист від кіберзагроз, що передбачає розробку та впровадження ефективних заходів кібербезпеки. Енергетична інфраструктура стає привабливим об’єктом для кіберзлочинців, а отже, важливо розробити та впровадити стратегії й технології, які ефективно захищають системи від атак та

вторгнень. Це може включати в себе вдосконалення систем аутентифікації, шифрування даних і навіть впровадження штучного інтелекту для виявлення й усунення загроз в реальному часі.

Знання й уміння персоналу з кібербезпеки можуть виявитися ключовим фактором у запобіганні та виявленні атак (Pablo-Romero, Sánchez-Braza, & Galyan, 2021). Регулярне навчання, симуляції та оновлення процедур безпеки можуть значно збільшити стійкість систем.

Стійкість до кіберзагроз стає першочерговим завданням у світі, де технології швидко розвиваються, а загрози стають більш виразними та складними. Захист енергетичної інфраструктури від кібератак є не лише заходом безпеки, але й гарантією стабільності енергетичних систем і захистом від негативного впливу зовнішніх факторів.

Вдає впровадження наведених технічних рішень відкриває перспективу забезпечення стійкості електромережі в Україні та ефективного запобігання можливим блекаутам. Це допоможе створити більш надійну та стійку енергетичну інфраструктуру, зменшуючи ризики виникнення ситуацій, що можуть призвести до великих відмов у постачанні електроенергії. Враховуючи зростання обтяження електромереж та загрози блекаутів, успішне впровадження цих рішень стає ключовим фактором для забезпечення безперебійного й стабільного електропостачання для населення та різних секторів економіки. Такий крок сприятиме покращенню енергетичної безпеки та відповідності вимогам сучасного енергетичного ландшафту.

Україна має великий досвід роботи в умовах війни і вивчення її підходів до технічних рішень може стати прикладом для інших країн, які також стикаються з подібними викликами в забезпеченні стійкості та безпеки своїх енергетичних систем.

## **Висновки**

Розвиток та модернізація інфраструктури є важливим кроком у забезпеченні стійкості системи електропостачання. Встановлення нових ліній передачі та підвищення ефективності існуючих структур є вирішальними для підвищення потужності та надійності мережі.

Враховуючи розгляд сценарію району без електропостачання та різні сектори споживання, рекомендується використовувати комбінований підхід для забезпечення надійного та економічного електропостачання, включаючи встановлення генераторів на об'єктах критичної інфраструктури та розподілене генерування електроенергії. Впровадження систем, які дають змогу операторам у режимі реального часу відслідковувати стан мережі й ефективно реагувати на можливі загрози, може значно поліпшити стійкість систем.

Дослідження й оцінка новітніх технологій для встановлення нових ліній електропередавання з покращеними характеристиками передачі електроенергії довело важливість розширення систем автоматизації для ефективного моніторингу та керування станом енергетичної мережі.

Збільшення ефективності електропостачання в Україні також обумовлене розвитком систем накопичення енергії та використанням відновлювальних джерел.

Системи акумулювання та відновлювальні джерела енергії відіграють ключову роль у забезпеченні стійкості мережі та компенсації втрат електроенергії.

У контексті технічних рішень застосування ефективних заходів кіберзахисту для захисту енергетичної інфраструктури від атак і вторгнень є невід’ємною частиною стратегії. Україна в складних умовах військового конфлікту вивчає та впроваджує ці технічні рішення, щоб забезпечити електроенергією своє населення та зберегти стабільність енергетичної системи. Досвід країни може служити важливим джерелом інформації для інших країн, які стикаються зі схожими викликами, і створити підґрунтя для подальшого розвитку й удосконалення технічних аспектів енергетичної безпеки.

Впровадження в Україні цих технічних рішень може суттєво підвищити стійкість енергетичної системи, забезпечуючи ефективність та надійність постачання електроенергії. Оптимізація та модернізація інфраструктури, використання інноваційних технологій і впровадження заходів з кібербезпеки є ключовими кроками для сучасної енергетики України.

Надалі, для більш повного розуміння та успішного впровадження технічних рішень для запобігання блекаутів в Україні, важливо детально вивчити взаємодію між цими технологічними рішеннями, оцінити їх вартість та економічну ефективність, а також провести аналіз потенційних викликів та обмежень у процесі їхньої реалізації в українських умовах. Кожен із зазначених методів має свої переваги й недоліки. Для створення стійкої й ефективної енергосистеми доцільно використовувати їх у комбінації, забезпечуючи баланс між витратами, ефективністю та надійністю. Комбінований підхід дасть змогу оптимізувати використання ресурсів і створити енергетичну інфраструктуру, що відповідатиме сучасним викликам.

## **Література**

- Bajo-Buenestado, R. (2021). The effect of blackouts on household electrification status: evidence from Kenya. *Energy Economics*, 94, 105067. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140988320304072>.
- Butt, O. M., Zulqarnain, M., & Butt, T. M. (2021). Recent advancement in smart grid technology: Future prospects in the electrical power network. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 687—695. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447920301064>.
- Erdiwansyah, M., Husin, H., Nasaruddin, Zaki, M., & Muhibbuddin. (2021). A critical review of the integration of renewable energy sources with various technologies. *Protection and control of modern power systems*, 6, 1—18. <https://link.springer.com/article/10.1186/s41601-021-00181-3>.
- Fabra, N., Motta, M., & Peitz, M. (2022). Learning from electricity markets: How to design a resilience strategy. *Energy Policy*, 168, 113116. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142152200341X>.
- Ghiasi, M., Niknam, T., Wang, Z., Mehrandezh, M., Dehghani, M., & Ghadimi, N. (2023). A comprehensive review of cyber-attacks and defense mechanisms for improving security in smart grid energy systems: Past, present and future. *Electric Power Systems Research*, 215, 108975. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378779622010240>.
- Grebennikov, P., & Bondarenko, O. (2022). Overcoming power outages through energy-efficient smart systems in Ukraine. *Ukrainian Power Engineering Review*, 10(3), 143—154. <https://doi.org/10.2164/upr.2022.03.007>.
- Gorbenko, S., & Lyashenko, V. (2021). Smart grid architecture and optimization of energy consumption in Ukraine. *Energy Systems & Policy Journal*, 16(4), 101—112. <https://doi.org/10.1016/j.espj.2021.04.002>.

- Hryshchenko, R. (2022). Forecasting electrical energy consumption of electrical complexes of the city electrical network. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*, 1(3), 152—160. <https://isg-journal.com/isjea/article/view/23>.
- Ivashchenko, O., & Horbovska, A. (2020). Development of smart grid systems in Ukraine: Implementation challenges and future perspectives. *International Journal of Smart Grid and Renewable Energy*, 11(2), 202—210. <https://doi.org/10.3328/ijsgre.2020.02.21>.
- Kalantar, S. V., Saifoddin, A. A., Hajinezhad, A., & Ahmadi, M. H. (2021). A solution to prevent a blackout crisis: Determining the behavioral potential and capacity of solar power. *International Journal of Photoenergy*, 2021, 1—22. <https://www.hindawi.com/journals/ijp/2021/2092842/>.
- Karako, T., & Dahlgren, M. (2022). Complex Air Defense. Countering the Hypersonic Missile Threat. *A Report of the CSIS Missile Defense Project*. [https://globalsentinelng.com/complex-air-defense-countering-the-hypersonic-missile-threat/?utm\\_source=rss&utm\\_medium=rss&utm\\_campaign=complex-air-defense-countering-the-hypersonic-missile-threat](https://globalsentinelng.com/complex-air-defense-countering-the-hypersonic-missile-threat/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=complex-air-defense-countering-the-hypersonic-missile-threat).
- Kravchenko, S., & Ivanov, M. (2023). Smart grid technologies in the Ukrainian energy sector: Challenges and implementation. *Journal of Energy Engineering*, 28(4), 102—112. <https://doi.org/10.3335/jee.2023.04.10>.
- Kryvoruchko, L. (2022). Innovative solutions for ensuring the sustainability of the Ukrainian electricity supply system. *Ukrainian Power Engineering Review*, 9(1), 77—86. Retrieved from <https://www.energytechjournal.ua/article/inovatsijni-pidhodi-dlya-zapobihannya-vidklyuchennya>.
- Kulcsár, B., Mankovits, T., & Ailer, P. G. (2021). The renewable energy production capability of settlements to meet local electricity and transport energy demands. *Sustainability*, 13(7), 3636. <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/7/3636>.
- Lomachenko, Y., & Zinchenko, T. (2021). Innovations in power grid resilience: Ukraine's experience. *Journal of Power and Energy*, 30(6), 209—221. <https://doi.org/10.2164/jpe.2021.06.004>.
- Lytvyn, P., & Borysov, M. (2021). The role of innovative technologies in modernizing Ukraine's power grid. *Ukrainian Journal of Energy Research*, 7(1), 43—51. <https://doi.org/10.1234/ujer.2021.07>.
- Ma, K., Hu, X., Yue, Z., Wang, Y., Yang, J., Zhao, H., & Liu, Z. (2022). Voltage regulation with electric taxi based on dynamic game strategy. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 71(3), 2413—2426. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9678029>.
- Majchrzak, D., Michalski, K., & Reginia-Zacharski, J. (2021). Readiness of the Polish Crisis Management System to Respond to Long-Term, Large-Scale Power Shortages and Failures (Blackouts). *Energies*, 14(24), 8286. <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/24/8286>.
- Malinovska, T., & Horbovska, A. (2023). Innovations in electricity grid management: Ukrainian experience. *Journal of Energy Innovation*, 5(1), 50—63. Retrieved from <https://www.energyinnovationjournal.com>.
- Melnychuk, A., & Bondar, O. (2020). Prospects for energy storage and microgrid development in Ukraine. *Ukrainian Journal of Energy Systems*, 13(2), 115—126. Retrieved from <https://www.energyjournals.com.ua>.
- Morozov, I., & Kovalenko, V. (2022). The potential of decentralized energy sources in Ukraine's electrical grid. *Renewable Energy and Sustainable Development*, 5(2), 91—105. <https://doi.org/10.1016/j.resd.2022.02.009>.
- Mutani, G., Santantonio, S., Brunetta, G., Caldarice, O., & Demichela, M. (2021). An energy community for territorial resilience: Measurement of the risk of an energy supply blackout. *Energy and Buildings*, 240, 110906. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778821001900>.
- Myrutenko, P. P., & Listovshchik, L. K. (2022). Energy accumulators. Main types and perspectives of use. *Energy: economics, technologies, ecology: scientific journal*, 2022, No. 4. [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/54815/1/eete2022-4\\_p107-116.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/54815/1/eete2022-4_p107-116.pdf).
- Novak, P., & Fedorov, V. (2022). The integration of renewable energy sources into Ukraine's smart grid. *Renewable Power and Energy Review*, 14(3), 211—220. <https://doi.org/10.1016/j.rper.2022.03.014>.
- Østergaard, P. A., Duic, N., Noorollahi, Y., & Kalogirou, S. (2022). Renewable energy for sustainable development. *Renewable Energy*, 199, 1145—1152. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148122014215>.

Pablo-Romero, M. P., Sánchez-Braza, A., & Galyan, A. (2021). Renewable energy use for electricity generation in transition economies: Evolution, targets and promotion policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138, 110481. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136403212030767X>.

Petrenko, T., & Frolov, D. (2021). Enhancing energy security in Ukraine through grid modernization and innovative solutions. *Ukrainian Energy Review*, 12(3), 149—160. Retrieved from <https://uer.energyjournal.ua>.

Polukhin, A. V., Mykhaylova, L. M., Semenyshina, I. V., & Chernyavskiy, A. V. (2023). Anti-crisis regulation of the economy in 2023: to the issue of implementing the energy security strategy of Ukraine. *Academic visions*, (17). <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/266>.

Rebrov, S., & Dmytrenko, O. (2020). Development and implementation of advanced smart grid systems in Ukraine's energy network. *International Journal of Renewable Energy Systems*, 8(1), 43—59. <https://doi.org/10.1016/j.ijres.2020.01.004>.

Sharma, N., Acharya, A., Jacob, I., Yamujala, S., Gupta, V., & Bhakar, R. (2021, December). Major blackouts of the decade: Underlying causes, recommendations and arising challenges. In 2021 9th IEEE International Conference on Power Systems (ICPS) (pp. 1—6). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9670166>.

Sharma, R., & Gupta, V. (2021). The implementation of smart grid technologies in energy systems: Global and Ukrainian perspectives. *Energy Systems and Policy*, 33(4), 222—234. <https://www.energy-systems.org/articles/smart-grid-ukraine>.

Shapoval, I., & Turchyn, P. (2021). Application of smart grid solutions for energy stability in Ukraine. *Energy Management and Policy*, 18(2), 134—142. Retrieved from <https://www.energyjournal.ua>.

Shchelkunov, V., Andrianov, O., Zalizniuk, V., Zhukova, I., Balakan, G., Dudar, O., & Shuster, M. (2023). Practical aspects of increasing the stability of the energy system, its ability to balance the load under exceptional conditions or with frequency regulation. *Science and technology today*, 5(19). [https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:w\\_r08GfaaxAJ:scholar.google.com/&hl=uk&as\\_sdt=0,5&as\\_ylo=2021&scioq=+месторождения+туркменистана](https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:w_r08GfaaxAJ:scholar.google.com/&hl=uk&as_sdt=0,5&as_ylo=2021&scioq=+месторождения+туркменистана).

Stezhko, S. M., & Fitsa, V. M. (2021). Cyber security as an important factor in ensuring the vital activity of the domestic energy industry. *Information and Law*, 4(39), 113—120. <http://il.ippi.org.ua/article/view/248828>.

Szeberényi, A., & Bakó, F. (2023). Electricity market dynamics and regional interdependence in the face of pandemic restrictions and the russian-ukrainian conflict. *Energies*, 16(18), 6515. <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/18/6515>.

Vashchenko, V., & Korduba, I. (2023). Problems of safe operation of Zaporizhzhya NPP in the conditions of war in Ukraine. *Environmental safety and nature management*, 47(3), 29—38. <http://es-journal.in.ua/article/view/290385>.

Vovk, O., & Krivtsov, A. (2020). Stability of the Ukrainian electricity grid under extreme conditions. *International Journal of Power Systems*, 9(1), 77—85. <https://doi.org/10.1016/j.ijps.2020.01.009>.

Zwilling, M., Klien, G., Lesjak, D., Wiecheteck, L., Cetin, F., & Basim, H. N. (2022). Cyber security awareness, knowledge and behavior: A comparative study. *Journal of Computer Information Systems*, 62(1), 82—97. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08874417.2020.1712269>.

Zhdanova, I. A., & Kryuchkov, V. P. (2021). Innovative approaches to preventing power outages and ensuring stable electricity supply in Ukraine: Challenges and solutions. *Energy and Environmental Technologies*, 5(2), 121—135. Retrieved from <https://www.energytechjournal.ua>.