

**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА КЕРУВАННЯ
ЕЛЕКТРИЧНИМИ СТАНЦІЯМИ**

**Дурас М. В.,
Новосилецький Ю. Л.**

Викладачі

Троценко А. В.

здобувач освіти

Житомирський агротехнічний фаховий коледж
м. Житомир, Україна

Анотація: Електроенергетика України є базовою галуззю національної економіки, що забезпечує функціонування всіх секторів господарства та життєдіяльність населення. Станом на 2026 рік в Україні функціонує потужність електростанцій різних типів, включаючи атомні, теплові, гідро та відновлювані джерела енергії. Проте значна частина обладнання електричних станцій відпрацювала свій нормативний термін експлуатації, що створює проблеми для забезпечення надійного електропостачання та вимагає модернізації як технологічного обладнання, так і систем автоматизованого керування.

Ключові слова: електростанції України, відновлювальні джерела енергії, SCADA-система, Smart Grid технології.

Метою даної роботи є аналіз конструктивного складу електричних станцій різних типів з визначенням термінів експлуатації основного обладнання, дослідження сучасних систем керування та визначення перспектив розвитку галузі в умовах необхідності модернізації та впровадження новітніх технологій.

Атомні електростанції України є основним джерелом виробництва електроенергії, забезпечуючи понад 50% загального енергобалансу країни. Національна атомна енергогенеруюча компанія (НАЕК) "Енергоатом"

експлуатує наступні АЕС: Рівненську, Південноукраїнську та Хмельницьку, на яких функціонує 9 атомних енергоблоків.

Основне обладнання АЕС та терміни експлуатації:

- Ядерний реактор – середній розрахунковий термін експлуатації становить 30 років. Однак за результатами модернізації та комплексної оцінки безпеки можливе продовження терміну служби до 50-60 років.
- Парогенератор – термін експлуатації 30-40 років залежно від режимів роботи та якості теплоносія. На АЕС України проводиться планова заміна парогенераторів у рамках програм модернізації.
- Турбогенератор потужністю 1000 МВт – розрахунковий термін служби 30-35 років. Турбіни виробництва ПАТ "Турбоатом" (Харків) встановлені на більшості енергоблоків українських АЕС.
- Головний циркуляційний насос – термін експлуатації 25-30 років з періодичним капітальним ремонтом кожні 8-10 років.
- Силові трансформатори 330-750 кВ – розрахунковий термін служби становить 25-30 років, але при належному технічному обслуговуванні може бути продовжений до 40-50 років.

На сьогодні досить велика кількість електротехнічного та тепломеханічного обладнання (від 2 до 5 одиниць на блок) вимагає заміни внаслідок закінчення терміну експлуатації. З метою підвищення надійності та ефективності експлуатації діючих АЕС "Енергоатом" реалізує Комплексну програму підвищення безпеки енергоблоків атомних електростанцій (КзПБ), яка включає модернізацію систем безпеки, заміну застарілого обладнання та впровадження сучасних систем контролю. Нижче на рисунку 1 зображена Рівненська атомна електростанція.

Теплові електростанції, що працюють на вугіллі, природному газі та мазуті, забезпечували близько 40-45% виробництва електроенергії в Україні до масштабних обстрілів.

Основне обладнання ТЕС та терміни експлуатації:

- Паровий котел – нормативний термін служби 30-35 років.

Інтенсивне старіння ТЕС обумовлене застосуванням низькосортного вугілля та несвоєчасним проведенням капітальних ремонтів.



Рис. 1. Рівненська атомна електростанція

- Парова турбіна – термін експлуатації становить 25-30 років з проведенням капітального ремонту кожні 4-6 років. Критичними елементами є лопатки турбіни, ротори високого та середнього тиску.
- Турбогенератор – термін служби 30-35 років. Фактори, що впливають на тривалість експлуатації: нагрів обмоток статора, стан ізоляції, якість охолодження та режими роботи.
- Димовідвідні споруди та димові труби – термін експлуатації 40-50 років при відсутності значних корозійних пошкоджень.
- Система водопостачання та охолодження – градирні та циркуляційні насоси мають термін служби 20-30 років.

Знизу зображена найбільша теплова електростанція України, яка знаходиться у Запоріжжі.

Гідроенергетика України представлена Дніпровським каскадом ГЕС та потужними ГАЕС. До складу "Енергоатому" входять Ташлицька ГАЕС (453 МВт) та Олександрівська ГЕС (25 МВт).

Основне обладнання ГЕС та терміни експлуатації:

- Гідротурбіна – розрахунковий термін служби становить 35-50 років залежно від типу (Френсіс, Каплан, радіально-осьова). Більшість ГЕС України

експлуатуються більше 25 років, а 5 із них – більше 35 років.

- Гідрогенератор – термін експлуатації 40-50 років при проведенні планових ремонтів та модернізації системи охолодження.
- Гідротехнічні споруди (дамби, водоскиди, затвори) – розрахунковий термін служби 50-100 років при належному технічному стані та своєчасних ремонтах.
- Підйомно-транспортне обладнання – мостові крани та затворні механізми мають термін служби 25-35 років.

На станціях компанії продовжуються роботи з реконструкції обладнання, метою яких є подовження термінів експлуатації гідротехнічних об'єктів, збільшення встановленої потужності ГЕС і ГАЕС, а також поліпшення якості виробленої електроенергії. Головна мета проекту реабілітації ГЕС – збільшення терміну їх експлуатації до 40-50 років. На рисунку 2 зображена Дніпровська ГЕС.



Рис. 2. Дніпровська ГЕС

У 2016-2021 роках в Україні активно розвивалася відновлювана енергетика завдяки стимулюючому "зеленому тарифу". У 2021 році електростанції на ВДЕ виробили 8% всієї електроенергії України. ДТЕК ВДЕ є одним з найбільших операторів вітрових та сонячних електростанцій в Україні.

Основне обладнання ВДЕ та терміни експлуатації:

- Вітрова турбіна – розрахунковий термін служби 20-25 років.

Критичними елементами є редуктор, генератор та лопаті.

- Сонячні панелі (фотоелектричні модулі) – гарантований термін ефективної роботи 25-30 років з поступовою деградацією потужності (зазвичай не більше 0,5-0,7% на рік).
- Інвертори – термін експлуатації 10-15 років, після чого потрібна заміна.
- Системи накопичення енергії (літій-іонні акумулятори) – термін служби 10-15 років або 3000-5000 циклів заряд-розряд. У 2021 році в Україні була запущена перша промислова літій-іонна система накопичення енергії потужністю 1 МВт і ємністю 2,25 МВт·год. Нижче зображено зовнішній вигляд вітрових та сонячних електростанцій.

Автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУ ТП) та системи диспетчерського управління (АСДУ) є обов'язковою умовою функціонування енергетичних підприємств, нормальної експлуатації, запобігання аваріям та забезпечення високої ефективності роботи.

Сучасні системи керування електростанціями включають три рівні:

1. Польовий рівень – первинні датчики, виконавчі механізми, вимірювальні перетворювачі, що безпосередньо взаємодіють з технологічним обладнанням.
2. Контролерний рівень – програмовані логічні контролери (ПЛК), які реалізують автоматичне управління технологічними процесами в режимі реального часу, збір та попередню обробку інформації.
3. Диспетчерський рівень – автоматизовані робочі місця (АРМ) операторів, SCADA-системи (Supervisory Control And Data Acquisition) для візуалізації процесів, моніторингу та диспетчерського керування.

SCADA-системи є основним та найбільш перспективним методом автоматизованого керування складними динамічними системами в енергетиці. Ці системи забезпечують: збір, обробку та передачу даних в режимі реального часу; візуалізацію технологічних процесів через мнемосхеми, графіки, осцилограми; дистанційне керування обладнанням; архівування та

протоколювання подій; діагностику стану обладнання; формування звітності та аварійної сигналізації.

Популярні SCADA-системи, що застосовуються на електростанціях України:

- MicroSCADA (ABB) – застосовується на підстанціях 750 кВ "Київська", 750 кВ "Каховська", 330 кВ "Пічна" та інших об'єктах НЕК "Укренерго".
- SIMATIC WinCC (Siemens) – використовується в рамках проекту модернізації автоматизованої системи диспетчерського керування енергосистемою України SCADA/EMS/AGC/DTS/OMS, який реалізується спільно "Укренерго" та Siemens.
- CitectSCADA, IgnitionSCADA, InTouch (Wonderware) – застосовуються на різних промислових та енергетичних об'єктах України.
- Zenon (COPA-DATA) – SCADA-система з простим об'єктно-орієнтованим проектуванням, що забезпечує високий рівень кібербезпеки. Нижче показано на рисунку 3 структуру технічного забезпечення системи SCADA.

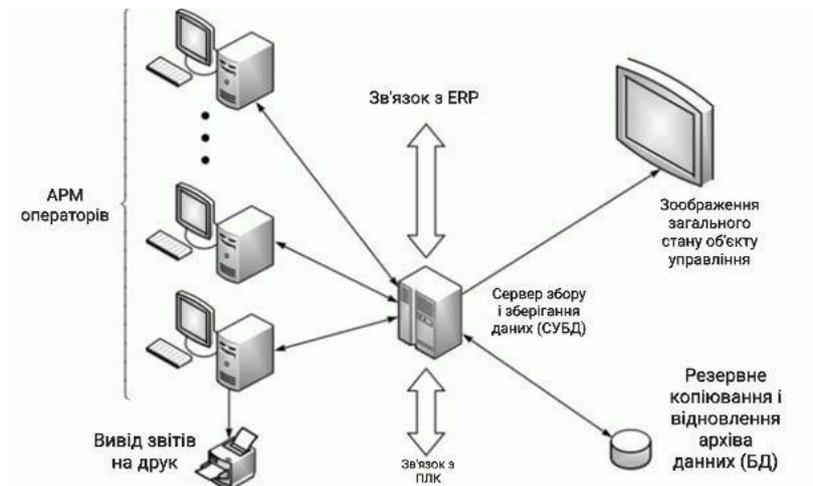


Рис. 3. Структура технічного забезпечення системи SCADA

Впровадження та модернізація систем керування електростанціями в Україні здійснюється провідними міжнародними та вітчизняними компаніями:

Міжнародні компанії:

- АВВ – постачальник систем SCADA, релейного захисту та автоматики, цифрових підстанцій. Обладнання АВВ встановлене на підстанціях НЕК "Укренерго".

- Siemens – партнер "Укренерго" у проєкті модернізації системи диспетчерського керування, постачальник систем автоматизації SIMATIC, систем релейного захисту SIPROTEC.

- Schneider Electric – світовий лідер у галузі систем керування енергоспоживанням та промислової автоматизації. Постачає ПЛК серій Modicon, SCADA-системи, системи керування двигунами, релейний захист серії Sepam.

Українські компанії:

- МПП "АНІГЕР" – розробник та постачальник систем АСУ ТП на базі MicroSCADA для підстанцій високої напруги, систем збору даних від мікропроцесорних пристроїв релейного захисту.

- ТОВ "СВ АЛЬТЕРА" – постачальник SCADA-систем zenon, систем промислової автоматизації для енергетичних об'єктів.

- ТОВ "РЕЛСіС" – розробник систем АСУ ТП, SCADA-систем для підстанцій та енергетичних об'єктів, виробник мікропроцесорних пристроїв релейного захисту та автоматики.

- ТОВ " ЮГОВ-Проект" – компанія, що спеціалізується на впровадженні систем АСУ ТП та АСДУ для енергетичних та промислових підприємств.

Типові терміни експлуатації компонентів систем керування:

- Мікропроцесорні контролери (ПЛК) – моральне старіння настає через 10-15 років, фізичний термін служби може становити 20-25 років при належних умовах експлуатації.

- Серверне обладнання та робочі станції – моральне старіння через 5-7 років, рекомендована заміна кожні 7-10 років.

- SCADA-програмне забезпечення – оновлення версій кожні 3-5 років, повна зміна платформи через 10-15 років у зв'язку з припиненням

технічної підтримки.

- Мережеве обладнання (комутатори, маршрутизатори) – термін експлуатації 7-10 років з урахуванням морального старіння та вимог кібербезпеки.

- Датчики та первинні перетворювачі – термін служби 10-20 років залежно від типу та умов експлуатації.

Модернізація систем керування енергосистемою України зумовлена необхідністю суттєвого приросту генерації з відновлюваних джерел енергії та впровадженням технологій Smart Grid. Проєкт, що реалізується "Укренерго" спільно з Siemens, передбачає модернізацію системи верхнього та підстанційного рівнів, що забезпечить якісно новий рівень диспетчерського управління об'єднаною енергосистемою України.

Ключовим викликом для енергетики України є необхідність масштабної модернізації обладнання електростанцій. За оцінками експертів, понад 70% основного обладнання ТЕС та близько 40% обладнання АЕС потребують заміни або капітального ремонту. Перспективними напрямками є: впровадження сучасних парових турбін з підвищеним ККД (до 45% замість нинішніх 29-31%); заміна застарілих котлоагрегатів на високоефективні з системами очищення димових газів; модернізація генераторів з впровадженням систем водневого охолодження; реконструкція гідроагрегатів з підвищенням їх потужності та ККД.

Майбутнє енергетики пов'язане з цифровою трансформацією всіх процесів керування. Перспективні напрямки включають:

- Цифрові двійники електростанцій – віртуальні моделі реального обладнання для прогнозування поведінки, оптимізації режимів та планування ремонтів;

- Штучний інтелект та машинне навчання – системи прогнозування відмов обладнання, оптимізації навантаження, автоматичного виявлення аномалій;

- Інтернет речей (IoT) – масове впровадження інтелектуальних

датчиків для моніторингу стану обладнання в режимі реального часу;

- Хмарні технології – централізоване зберігання та аналіз великих обсягів даних, віддалений доступ до систем моніторингу;
- Кібербезпека – посилення захисту критичної енергетичної інфраструктури від кіберзагроз відповідно до міжнародних стандартів IEC 62351, NERC CIP.

На рисунку 4 показано, як проходить масове виробництво в умовах невеликої партійності.

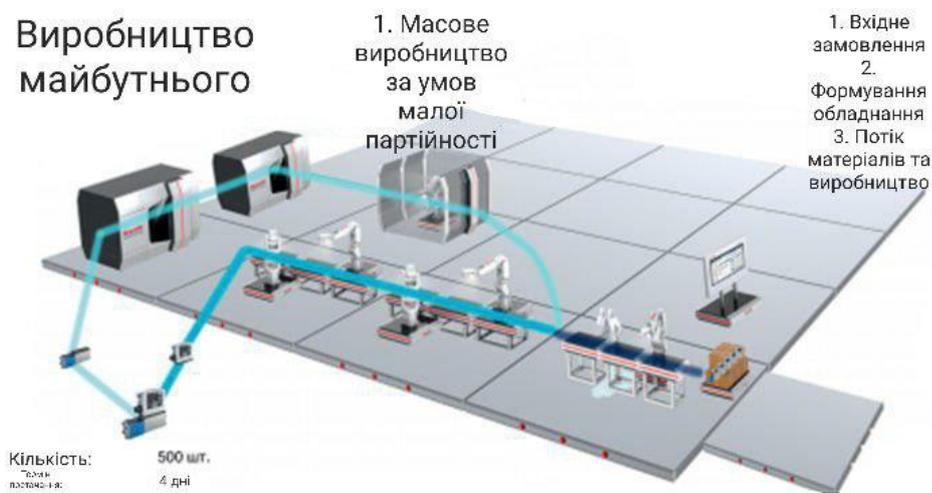


Рис. 4. Масове виробництво в умовах невеликої партійності

Зростання частки ВДЕ в енергобалансі вимагає розвитку систем керування, здатних ефективно управляти нестабільною генерацією. Перспективні рішення:

- Системи накопичення енергії (батареї, гідроакумулюючі, водневі) для балансування нерівномірності виробництва та споживання.
- Віртуальні електростанції – агреговані системи керування розподіленими джерелами генерації.
- Smart Grid технології – інтелектуальні мережі з можливістю двостороннього обміну даними та автоматичного управління потоками енергії.

Сучасні вимоги до екологічності виробництва електроенергії стимулюють впровадження: систем моніторингу та контролю викидів парникових газів;

технологій вловлювання та утилізації CO₂; систем оптимізації витрат палива та зменшення технологічних втрат; модернізації систем очищення стічних вод та димових газів.

Для забезпечення технологічної незалежності перспективним є розвиток вітчизняного виробництва енергетичного обладнання та систем керування: розширення можливостей АТ «Українські енергетичні машини» щодо виробництва сучасних турбін; локалізація виробництва ПЛК та систем SCADA; розвиток компетенцій українських ІТ-компаній у сфері промислової автоматизації; підготовка кваліфікованих кадрів для експлуатації сучасних систем керування.

Проведений аналіз показує, що електроенергетична галузь України стикається з серйозними викликами, пов'язаними зі старінням обладнання електростанцій та необхідністю модернізації систем керування

Сучасні системи автоматизованого керування на базі SCADA-платформ, програмованих логічних контролерів та розподілених систем управління є обов'язковою умовою забезпечення надійної та ефективної експлуатації електростанцій. Провідні міжнародні компанії (ABB, Siemens, Schneider Electric) разом з українськими інтеграторами (МПП "АНІГЕР", ТОВ "РЕЛСiС") забезпечують впровадження сучасних рішень автоматизації.

Перспективи розвитку галузі пов'язані з масштабною цифровізацією, впровадженням технологій Industry 4.0, інтеграцією відновлюваних джерел енергії та посиленням кібербезпеки енергетичної інфраструктури. Реалізація цих напрямків дозволить забезпечити надійне електропостачання, підвищити ефективність виробництва електроенергії.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Електроенергетика України // Вікіпедія. – 2024. – URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Електроенергетика_України (дата звернення: 27.10.2025).
2. Україна: електроенергетика // Велика українська енциклопедія. –

2024. – URL: https://vue.gov.ua/Україна:_електроенергетика (дата звернення: 27.10.2025).

3. Енергоатом // Вікіпедія. – 2025. – URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Енергоатом> (дата звернення: 27.10.2025).

4. Енергетика і електростанції України // ТДАТУ. – URL: https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_1/page3.html (дата звернення: 27.10.2025).