

КАВУН ІВАН

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
<https://orcid.org/0009-0004-0785-4970>
email: kavun.ivanm@gmail.com

ЗАМУЛКО АНАТОЛІЙ

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
<https://orcid.org/0000-0001-8018-6332>
email: zai_71@ukr.net

ЦИФРОВІЗАЦІЯ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

Розглянуто місце цифровізації в сучасних електроенергетичних системах, основні етапи та завдання щодо впровадження цифровізаційних процесів в електроенергетиці. Визначено роль та місце smart систем, а також їхній вплив на роботу та розвиток системи електропостачання в цілому. Наведено основні методи проведення аналізу стану системи, за якими проводилося дослідження, а також в результаті запропоновано поетапне впровадження систем цифровізації відповідно до стратегії розвитку та відновлення електромереж. Проведено аналіз розривів та відхилень між галузями інформаційно-комунікаційних технологій та електроенергетики, порівняно напрями розвитку електроенергетики між Україною, Європою та США, а також розглянуто шляхи щодо зменшення розривів між галузями та окреслено напрями розвитку.

Ключові слова: цифровізація, управління, цифровізаційні процеси, інтелектуальні мережі, моніторинг, цифрова інфраструктура.

KAVUN IVAN**ZAMULKO ANATOLIY**

National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

DIGITALIZATION IN ELECTRIC POWER SYSTEMS

The article considers the place of digitalization in modern power systems, the main stages and tasks for the implementation of digitalization processes in the power industry. The role and place of smart systems are determined, as well as their impact on the operation and development of the power supply system as a whole. The main methods for analyzing the state of the system, according to which the research was conducted, are presented, and as a result, a phased implementation of digitalization systems is proposed in accordance with the strategy for the development and restoration of power networks. An analysis of the gaps and deviations between the information and communication technologies and power industries is carried out, the directions of development of the power industry between Ukraine, Europe and the USA are compared, and ways to reduce the gaps between the industries are considered and development directions are outlined. The process of digitalization in the electric power industry is at the development stage, as an integral part of the management process, it ensures the formation of a strategy for the development of the industry. The problem of increasing energy efficiency and energy security, including through digitalization processes, in modern power systems is currently relevant, given the need for rapid action on the part of dispatching, real-time control, development and restoration of power networks, monitoring the state of the power system and new capabilities of digital infrastructure in general. The main goal of the study is to analyze the current state of digitalization in the power system in order to formulate proposals for the implementation of strategies for developing the level of digitalization at power enterprises. The study also aims to assess the advantages and challenges that arise during the implementation of digital technologies in power systems, as well as the prospects for their development in the future.

Keywords: digitalization, management, digitalization processes, intelligent networks, monitoring, digital infrastructure.

Стаття надійшла до редакції / Received 11.04.2025

Прийнята до друку / Accepted 26.04.2025

Вступ

Актуальність. Рівень цифровізації в сучасному світі стрімко зростає. На сьогоднішній час найбільш розвиненою сферою в даному напрямі є інформаційно-комунікаційні системи, в яких рівень цифровізації відіграє першочергову роль. Однак цифровізація процесів необхідна також і іншим галузям таким як економіка, транспортна інфраструктура, енергетика, промисловість та ін. Процес розвитку інтелектуальних мереж в електроенергетиці знаходиться на початковій стадії. Проблема підвищення енергоефективності та енергетичної безпеки, в тому числі за рахунок цифровізаційних процесів, в сучасних електроенергетичних систем являється актуальною в теперішній час враховуючи необхідність швидких дій з боку диспетчеризації, керування в режимі реального часу, розвитком та відновленням електричних мереж, моніторингу стану енергосистеми та нових можливостей цифрової інфраструктури в цілому [1-5].

Головною метою дослідження є аналіз поточного стану цифровізації в енергосистемі для формування пропозицій щодо можливостей впровадження стратегій розвитку рівня цифровізації на електроенергетичних підприємствах. Дослідження також має на меті оцінку переваг та викликів, які виникають під час впровадження цифрових технологій в електроенергетичні системи, а також перспективи їхнього розвитку в майбутньому.

Виклад основного матеріалу

Цифровізація в першу чергу це складний процес переходу до нового етапу розвитку технологій, які є невід'ємною частиною науково-технічного прогресу, і які впроваджуються в поточні процеси роботи в усіх сферах діяльності людини для підвищення ефективності, продуктивності, можливості аналізу, моніторингу, управління та ін [6-8]. Процес цифровізації в електроенергетиці знаходиться на етапі розвитку як складова частина процесу управління забезпечує формування стратегії розвитку галузі.

Цифровізація в електроенергетиці має забезпечувати: по-перше, як елемент керування, є основною складовою підвищення функціональності системи, надійності та швидкодії; по-друге, як елемент моніторингу - безперервний аналіз стану системи, моніторингу основних показників, збір даних для аналітичних досліджень та прогнозування; по-третє, як цифрова інфраструктура, підвищити рівень функціонування, та оптимізацію роботи об'єднаної електроенергетичної системи.

Для початку окреслимо загальні обсяги цифровізації в Україні.

Загалом налічується:

- Близько 200 об'єктів генерації електроенергії (включаючи АЕС, ТЕС, ТЕЦ, ГАЕС, ВДЕ та ін.)
- Загальна довжина ліній 0,4 – 10 кВ близько 40 тис км, 35-110 кВ близько 1 млн км
- Близько 250 підстанцій та близько 450 од. трансформаторів
- Налічується близько 300 активних постачальників електроенергії
- Налічується близько 1,2 млн споживачів

Однак з вищенаведеного переліку, 10% трансформаторів перевантажені, 29% трансформаторів зношені, з 250 підстанцій 54% є дистанційно керованих з яких, близько 20% працюють на застарілих системах керування. З 1,2 млн споживачів тільки 15% забезпечені smart metering лічильниками.

Як бачимо, енергетика в Україні є досить розгалуженою та різноманітною включаючи в себе різні об'єкти генерації: АЕС, ТЕС, ГЕС, ГАЕС до яких приєднуються СЕС та ВЕС, величезну кількість підстанцій, об'єктів розподілу та передачі з них менше половини забезпечені системами керування та сучасними засобами збору, передачі та обробки інформації. Отже, цифровізація конче необхідна для забезпечення більш ефективного та надійного постачання електроенергії і повинна охопити всі вищенаведені об'єкти генерації, розподілу, передачі та споживання електроенергії та забезпечення достатнього рівня цифровізації кожної ланки цих об'єктів та на кожному рівні для підвищення надійності, стійкості та гнучкості енергосистеми в цілому.

Стан цифровізації в електроенергетиці

Цифровізація електроенергетичних систем є важливим кроком у розвитку електроенергетичної інфраструктури України. Оскільки енергетичний сектор є однією з ключових складових національної економіки, цифрові технології в електроенергетиці можуть значно підвищити ефективність управління ресурсами, стабільність енергопостачання та зменшити залежність від традиційних джерел енергії. Проте процес цифровізації в Україні має свої специфічні риси, що зумовлені економічними, політичними та технічними умовами. Незважаючи на всю складність ситуації в Україні потрохи розвивається цифровізація в електроенергетичній сфері: зокрема державне підприємство "НЕК Укренерго" запустило кілька проектів по модернізації електричних мереж з використанням автоматизованих систем диспетчерського управління та обміну даними в реальному часі. Це дозволяє підвищити ефективність роботи електричних мереж, прогнозувати попит та оптимізувати розподіл енергії [9]. В Україні впроваджуються smart-лічильники, які дозволяють проводити автоматизований облік споживаної електроенергії, і система моніторингу споживання. Це дає змогу знижувати витрати на обслуговування, зменшувати кількість людських помилок і підвищувати прозорість процесу обліку енергоспоживання [10].

Для більш наглядного сприйняття порівняємо впровадження проектів цифровізації з провідними країнами Європи та США наведено в таблиці 1.

Як видно з таблиці 1 в країнах Європи та США впроваджуються проекти цифровізації в галузь енергетику: розвиток smart-grid систем, інтеграція з джерелами ВДЕ - застосування штучного інтелекту (AI) для моніторингу та прогнозування виробництва з ВДЕ, а також цифрові системи з керування електричними потоками, як більш складної форми управління в енергосистемі, для зменшення навантаження на лінії електропередач, а також зменшення втрат в мережі. При цьому залучаються значні обсяги інвестування в розробку інновацій нових технологій та модернізацію існуючої електричної мережі.

Підвищення рівня цифровізації потребує суттєвих інвестицій в енергосистему. За даними Укрінвест [11] до 2035 року Україна планує інвестувати в галузь електроенергетики 383 млрд доларів США, в порівнянні з ЄС інвестиції в рік складають 396 млрд доларів США [12]. Крім того, на шляху впровадження цифровізації в енергосистему виникають наступні завдання такі як: істотна модернізація та трансформація енергосистеми, впровадження нових технологій та методів, підготовка висококваліфікованого персоналу, залучення додаткових інвестицій, підготовка законодавчої бази та ін.

Таблиця 1

Стан цифровізації в Україні, Європі та США

Україна	Європа	США
Проект "Розумні лічильники" - В Україні активно розвивається впровадження розумних лічильників електричної енергії (smart meters).	Проект "Horizon 2020" — Digitalization of Energy Systems - є одним із основних інструментів ЄС для фінансування досліджень та інновацій в галузі енергетики, включаючи цифровізацію енергетичних систем	Проект Smart Grid Investment Grant (SGIG). Stimulus Act (Закону про економічне стимулювання) для модернізації енергетичних мереж в США.
Автоматизація управління SCADA	Проект "EPLAN" (Electric Power Laboratory Network) - рієнтований на розвиток цифрових інструментів для управління електричними мережами	Проект "Pacific Gas and Electric (PG&E) – Advanced Metering Infrastructure (AMI)" впровадила в Каліфорнії інтелектуальні лічильники .
Проект "Міжнародне партнерство для відновлювальної енергетики" (IRENA)	Інтеграція з ВДЕ (Німеччина, Енергетичний перехід - Energiewende), Фінляндія та Швеція використовують AI для прогнозування виробництва енергії з ВДЕ	Інтеграція відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) і цифрові технології - Проект "SunShot" (США): Це ініціатива Міністерства енергетики США, спрямована на зниження вартості сонячної енергії
Проект "Цифрова трансформація енергетичних компаній" Укренерго реалізує внутрішні програми цифрової трансформації	Проект "Smart Cities" у Великобританії (Smart City Challenge)	Проект "Transactive Energy" цифрова система для керування енергетичними потоками.
Впровадження системи "розумне місто" (інтелектуальне освітлення, моніторинг споживання, мобільні додатки для моніторингу та інформування громадян)	Проект "European Energy Exchange (EEX)" - це європейська біржа енергетичних товарів, яка пропонує цифрові платформи для торгівлі електроенергією, газом та вуглецевими одиницями.	Проект "Grid Modernization Initiative" Це частина національної стратегії модернізації енергетичних мереж США, спрямованої на створення більш гнучких, надійних та сталих електричних мереж.

Для подальшого аналізу сформуємо ряд критеріїв, за якими будемо порівнювати (за допомогою GAP аналізу) розриви між галузі електроенергетики та галузі інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Галузь ІКТ обираємо як приклад так як це передова галузь в застосуванні нових технологій, а також опираючись на існуючі технології ІКТ імплементувати їх в галузь електроенергетики, з урахуванням всіх особливостей, вимог та стандартів галузі електроенергетики, забезпечивши при цьому надійність, гнучкість, стійкість, безпеку та ефективність енергосистеми. Отже, наступний перелік критеріїв такий: мета, інструменти, інфраструктура, економічний аспект, безпека, вплив інновацій та вплив в загальному. Відповідно до цих критеріїв сформовано таблицю порівняння рівня цифровізації в електроенергетиці з ІКТ за допомогою методу GAP аналізу дивитися таблицю 2.

Таблиця 2

Порівняння рівня цифровізації в електроенергетиці з ІКТ

Критерій	Цифровізація в енергетиці	Цифровізація в ІКТ	GAP аналіз
Мета	Покращення ефективності в-цтва, розподілу, споживання	Створення нових технологій для обробки, передачі, та збереження інф.	Суттєві, ІКТ створює нові технології, енергетика наздоганяє в впровадженні
Інструменти	Інтелектуальні лічильники, SCADA комплекси, smart grid	Хмарні обчислення, штучний інтелект, аналітика, блокчейн, 5G та 6G зв'язок	Розриви є в можливостях технологій
Інфраструктура	Розгалужена, об'єднана в систему, гнучка, потребує надійності та стабільності	Адаптивна до змін, безпроводні технології зв'язку, потребує надійності та стабільності	Суттєві, в енергетиці має бути забезпечений баланс, нові технології мають пройти випробування, ІКТ більш адаптивна до змін
Економічний аспект	Зниження втрат на виробництво передачу та розподіл, інтеграція з новими видами енергії (нетрадиційними)	Нові бізнес моделі та інвестиції, покращення управлінських процесів	Розриви незначні, однак, галузь ІКТ приносить більше коштів економіці ніж енергетика
Безпека	Один з ключових параметрів при інтеграції цифровізації в систему	Є основною проблемою у кібербезпеці	Обидві галузі потребують кіберзахисту
Вплив інновацій	Інновації втілюються поступово	Двигун прогресу	Суттєві, ІКТ генерує технології, в енергетику їх втілюють значно пізніше
Вплив в загальному	Зменшення викидів CO2 в повітря, завдяки оптимізації енергосистеми	Суттєвий вплив на суспільство, доступ до технологій дозволяє людству вчитися, працювати, отримувати різноманітні послуги	Суттєві, так як це різні галузі

Як бачимо з таблиці 2 цифровізація в ІКТ та електроенергетиці мають схожі цілі, цифровізація в електроенергетиці запозичує значну кількість технологій з ІКТ сфери, однак в електроенергетиці основний ухил йде на надійність, тоді як в ІКТ на розвиток нових технологій. GAP аналіз показує що є суттєві розриви в таких критеріях як мета, інфраструктура, вплив інновацій та загальний вплив. Це пояснюється особливостями конкретної галузі, наприклад, нові технології та технологічні процеси швидше та легше впровадити в галузі інформаційних систем, цим показником сприяє не тільки інфраструктура, а й наявність високотехнологічного, а головне сучасно обладнання та залученість висококваліфікованих фахівців у галузі. Однак, в електроенергетиці ці ж технології будуть впровадженні з плином часу, пройшовши перевірку, випробування та налаштування, забезпечивши при цьому надійність та стабільність роботи енергосистеми, як ключових показників. Також серед критеріїв можемо виокремити і такі, де розриви несуттєві – інструменти та безпека, наприклад. Наявність незначних розривів показує спільні точки дотику, де перетинаються технології, та дозволяє застосовувати спільні рішення, підходи для забезпечення виконання визначених критеріїв.

Для наступної оцінки підходів до цифровізації перейдемо до такого поняття як класифікація. Класифікація – це система угруповання об'єктів дослідження або спостереження відповідно до їх загальних ознак. Відповідно до таких ознак сформуємо ряд критеріїв: локальний рівень, глобальний рівень, автоматизація та управління, інтернет речей (IoT), метод впровадження, за якими будемо проводити GAP аналіз для виявлення проблем та постановкою шлях їх вирішення та або оптимізації. Відповідно до обраних критеріїв результати наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Класифікація підходів до цифровізації

Критерій	Цифровізація в енергетиці	Цифровізація в ІКТ	GAP розриви
Локальний рівень	Модернізація окремих елементів системи	Впровадження нових дата центрів, віртуальних робочих місць, та ін.	Суттєві, в енергетиці йде модернізація елементів системи на відміну від ІКТ, де модернізація відбувається глобально
Глобальний рівень	Інтеграція ВДЕ та smartgrid в ОЕС	Хмарні платформи, 6G Інтернет, покращення міжнародного зв'язку	Суттєві, так як присутні різні напрями розвитку спричинені особливостями галузей
Автоматизація та управління	Технології SCADA та АСУ ТП	Хмарні обчислювальні платформи, ШІ, автоматизовані фінансові процеси	Посередній, так як обидві галузі втілюють технології в залежності від потреб, однак галузь ІКТ попереду
Інтернет речей IoT	Застосування "інтелектуальних лічильників", використання різноманітних датчиків для моніторингу	Підключення пристроїв до інтернету для автоматичного збору даних, технології розумних міст, розумних будинків	Суттєві, варто врахувати % охоплення впровадження технологій
Метод впровадження	Поетапне впровадження цифрових рішень від нижнього до верхнього рівня енергосистеми	Розробка нових додатків, програм, комплексів	Малий, так як нові технології імплементуються в обох галузях на різних рівнях

З таблиці 3 видно, що галузь електроенергетики та галузь інформаційних технологій впроваджують нові рішення, однак електроенергетика суттєво відстає в етапах впровадження нових технологій на локальному та глобальному рівнях, крім того часткове впровадження розумних мереж, інтелектуальних лічильників та засобів моніторингу на локальних рівнях не дає значного результату та видимого покращення ситуації. Зважаючи на зростаючі потреби в енергії, зміни клімату та геополітичні виклики, електроенергетика потребує термінових реформ і модернізації для забезпечення енергетичної безпеки та сталого розвитку. У цьому контексті існує низка проблем, які потребують уваги і вирішення на різних рівнях – від державної політики до впровадження нових технологій.

Серед основних проблем можемо сформулювати наступні: суттєве зношення існуючого обладнання, аналогові сигнали на нижніх рівнях системи, комунікація та передача даних, інтеграція ВДЕ, впровадження нових технологій, потреба у висококваліфікованому персоналі, законодавча база з боку держави, відновлення під час війни та кіберзахист. Всі ці проблеми потрібно вирішувати спираючись на досвід Європейських країн та США з врахуванням особливостей поточного стану системи, стану обладнання тощо.

Одним з основних напрямів розвитку електроенергетики в Європі [13-14] є впровадження ВДЕ в об'єднану електроенергетичну систему застосовуючи при цьому джерела моніторингу, в тому числі з застосуванням технологій штучного інтелекту. Ще одним перспективним напрямом є цифровізація всі рівнів системи починаючи від цифрових пристроїв видачі та збору сигналів на підстанція – закінчуючи розумними лічильниками та керування енергоспоживанням з телефону. США активно розвиває проєкт "Transactive Energy" цифрова система для керування електричними потоками [15-16], що дозволяє застосовувати програмні комплекси для оперативного керування, моніторингу, що в свою чергу зменшує час реакції та виключає людський фактор. Україна також робить кроки в розвитку електроенергетики – відповідно до розпорядження № 908 від 14 жовтня 2022 р "Про схвалення Концепції впровадження "розумних мереж" в Україні до 2035 року" [17] Україна почала рухатися в напрямку цифровізації енергетичного сектору. Однак, поточне розпорядження не є вичерпним у створенні потужної електроенергетичної стабільності та незалежності, потрібно змінювати підходи та методи розвитку, насамперед починаючи відновлення та модернізацію з нижнього рівня і поступово рухаючись нагору відповідно до структури, при цьому має бути комплексне оновлення обладнання на всіх рівнях для повноцінного функціонування системи. Варто звернути увагу, на стратегію декарбонізації європейських країн, що особливо вартує уваги, враховуючи прагнення України в членство Європейського союзу, а також повоєнне відновлення. ВДЕ в цьому плані досить перспективний напрям, адже дозволяє виробляти електроенергію без викидів CO₂, будується та вводиться в експлуатацію в короткі терміни, при використанні комплексно декількох джерел нетрадиційного енергії дає стабільний графік потужності, яку додатково можна забезпечити використовуючи накопичувачі.

В підсумку, ключовими напрямками розвитку електроенергетики України є:

- розвиток ВДЕ галузі:
 - Побудова нових СЕС, ВЕС;
 - Встановлення накопичувачів електроенергії;

- системи моніторингу та керування;
- інтеграція з об'єднаною мережею;
- забезпечення надійного та швидкісного зв'язку з підстанціями та диспетчерськими пунктами, в майбутньому цифровими підстанціями;
- розвиток системи передачі та розподілу:
 - Встановлення нових комірок з автоматичними вимикачами обладнаними цифровими датчиками положення, можливістю дистанційного керування, отримання вимірювань напруги, струмів тощо;
 - Встановлення на підстанція систем керування, збору, обробки та передачі даних на верхній рівень (в майбутньому на цифрові підстанції);
 - Заміна застарілого та пошкодженого обладнання, яке не може бути інтегровано в сучасну цифрову електричну систему;
 - Побудова нових ліній електропередач, за замкненою схемою, як один з етапів повоєнного відновлення;
- розвиток систем моніторингу та споживання електричної енергії:
 - Встановлення лічильників, які здатні самостійно знімати показники електроенергії, з можливістю обробки величин для прогнозування графіків попиту на електроенергію;
 - Розробка додатків для можливості моніторингу та керування енергоспоживанням з телефону;
 - Заохочення від держави приватних домогосподарств до встановлення СЕС з системами накопичення для електроенергетичної незалежності та зменшення навантаження на мережу;
- розбудова мережі зарядних станцій для електромобілів:
 - Як стратегія декарбонізації;
 - Впровадження технологій vehicle to load – з можливістю приймати потужність від електромобілів в пікові та напів-пікові години;
 - Сприятиме збільшенню кількості електромобілів взамін на авто з двигунами внутрішнього згорання.

Висновки

Для забезпечення розвитку галузі електроенергетики цифровізація енергосистеми є важливим пріоритетом. Розвиток цифрової індустрії в електроенергетиці дозволить підвищити надійність та гнучкість системи, а також привести показники SIADI та SAIFI до європейських показників. Крім того, цифровізація є важливим кроком, як етап модернізації та відновлення енергомережі, так і інструментом нових технологій, які підвищують якість генерації, розподілу та передачі електроенергії.

За результатами дослідження було встановлено, що електроенергетика України налічує величезну кількість об'єктів генерації, розподілу та передачі, з яких менше 38% мають дистанційну систему керування і відповідно ще нижчий рівень цифровізації цих об'єктів. Крім того безпосередній облік в споживачів влаштований на застарілому обладнанні – аналогові лічильники (тільки 15% споживачів забезпечено цифровими лічильниками), які мають достатньо високу похибку вимірювань в порівнянні з цифровими, а також відсутністю дистанційної передачі параметрів для моніторингу споживання та формування графіків на добу наперед. Поточний стан енергосистеми в Україні є задовільним, однак він не відповідає вимогам сьогодення.

За результатами аналізу міжнародної практики, а також загальних підходів можна сказати, що електроенергетика може використовувати надбання ІКТ галузі, які були проаналізовані в поточному дослідженні. Однак, оскільки ці дві галузі досить різні, необхідно опираючись на існуючі технології ІКТ імплементувати їх в галузь електроенергетики, з урахуванням всіх особливостей, вимог та стандартів галузі електроенергетики, забезпечивши при цьому надійність, гнучкість, стійкість, безпеку та ефективність енергосистеми.

В роботі проведено аналіз розривів між галуззю інформаційно-комунікаційних технологій та галуззю електроенергетики, також було проведено порівняння напрямів розвитку електроенергетики в Україні, Європі та США. Таким чином, за результатами дослідження було встановлено, що цифровізація є важливим кроком в етапі розвитку електроенергетики, інтеграція цифрових технологій не тільки дасть змогу підвищити стан системи в цілому, а й покращити інфраструктуру всередині електроенергетичного сектору, модернізувати обладнання та підходи в моніторингу управлінні та обробці даних, а також підвищити економіку країни. Відповідно до вищенаведеного вважаю, що процес цифровізації необхідно розпочинати починаючи з нижнього рівня об'єктів – підстанцій і поступово підніматися наверх, а з точки зору об'єктів генерації варто розпочати з таких об'єктів як СЕС та ВЕС, оскільки вони будуються з нуля і на етапі проектування потрібно закласти вимоги щодо рівня цифровізації цих об'єктів, а також враховуючи мінливість генерації ВДЕ варто встановлювати системи моніторингу підвищуючи рівень цифровізації системи. Вказані об'єкти будуть розглядатися як один з напрямів подальшого науково дослідження.

Література

1. Цифрові технології в інноваційній трансформації економіки України : колективна монографія / Єгоров І.Ю., Никифорок О.І. та ін. ; за ред.: чл.-кор. НАН України Єгорова І.Ю., д.е.н. Никифорок О.І., к.е.н. Ліра В.Е. ; НАН України, ДУ “Ін-т. екон. та прогноз. НАН України”. – Електрон. ресурс. – К., 2020. – 308 с.
2. Гончарук І.В. Енергетична незалежність як суспільно економічне явище. Економічна наука. [Електронний ресурс] / І.В. Гончарук // Економічна наука – Режим доступу : www.economy.in.ua – (Дата звернення 12.08.2020). – Назва з екрана.
3. Digitalisation [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://www.iea.org/energy-system/decarbonisation-enablers/digitalisation>. – Назва з екрана.
4. Swiatowiec-Szczepańska, J.; Stępień, B. Drivers of Digitalization in the Energy Sector—The Managerial Perspective from the Catching Up Economy. *Energies* 2022, 15, 1437. <https://doi.org/10.3390/en15041437>
5. Digital Transformation in Energy Market: Current Analysis and Forecast (2024-2032) [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://univdatos.com/reports/digital-transformation-in-energy-market>. – Назва з екрана.
6. Кубишина Н. С. Впровадження інноваційних розробок в енергозбереженні як засіб підтримання енергетичної безпеки України / Н. С. Кубишина, О. Ю. Цапук // Lviv Polytechnic National University Institutional Repository – Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua>, 2012. – С. 429–433.
7. Інновації в енергозбереженні як засіб підтримання енергетичної безпеки держави / М. А. Юдін // Економічні інновації: 36. наук. пр. – Одеса: ІПРЕД НАН України, 2010. – Вип. 41. – С. 302–310.
8. Джеджула В. В. Інновації в системі управління енергозбереженням промислових підприємств / В. В. Джеджула, І. Ю. Спіфанова // Економіка і суспільство. – 2017. – № 9. – С. 401–404.
9. Ukrenerg digital solution [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://uds.energy/projects>. – Назва з екрана.
10. Технології Smart Grid стануть основою відновлення енергосистеми, — ДТЕК Мережі [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://grids.dtek.com/media-center/press/tehnologii-smart-grid-stanut-osnovoyu-vidnovlennya-energosistemi--dtek-merez/>. – Назва з екрана.
11. Ukraine Invest [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://ukraineinvest.gov.ua/industries/energy/>. – Назва з екрана.
12. Energy transition in the EU [Електронний ресурс] – Режим доступу : [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/754623/EPRS_BRI\(2023\)754623_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/754623/EPRS_BRI(2023)754623_EN.pdf). – Назва з екрана.
13. Renewable Energy Prospects for the European Union [Електронний ресурс] – Режим доступу : https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Feb/IRENA_REmap_EU_2018.pdf. – Назва з екрана.
14. Non paper on complementary economic modelling undertaken by DG ENER analysing the impacts of overall renewable energy target of 45% to 56% in the context of discussions in the European Parliament on the revision of the Renewable Energy Directive [Електронний ресурс] – Режим доступу : https://energy.ec.europa.eu/document/download/45f86d2d-bc71-48a3-a2c0-36fa7ae74008_en?filename=2022_06_20%20RED%20non-paper%20additional%20modelling.pdf. – Назва з екрана.
15. ELECTRICITY INFRASTRUCTURE [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://www.pnnl.gov/sites/default/files/media/file/Electricity%20Infrastructure%20Brochure.pdf>. – Назва з екрана.
16. US DEPARTMENT OF ENERGY [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-06/CX-025928.pdf>. – Назва з екрана.
17. Про схвалення Концепції впровадження “розумних мереж” в Україні до 2035 року. [Електронний ресурс] // Розпорядження кабінету міністрів України від 14 жовтня 2022 р. № 908-р. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>

References

1. Digital technologies in the innovative transformation of the economy of Ukraine: a collective monograph / Yegorov I.Yu., Nykyforuk O.I. and others; edited by: Corresponding Member of the NAS of Ukraine Yegorov I.Yu., Doctor of Economics Nykyforuk O.I., Candidate of Economics Lira V.E.; NAS of Ukraine, State Institution “Institute of Economics and Forecasting of the NAS of Ukraine”. – Electronic resource. – K., 2020. – 308 p.
2. Goncharuk I.V. Energy independence as a socio-economic phenomenon. Economic science. [Electronic resource] / I.V. Goncharuk // Economic science – Access mode: www.economy.in.ua – (Access date 12.08.2020). – Screen title.
3. Digitalisation [Electronic resource] – Access mode: <https://www.iea.org/energy-system/decarbonisation-enablers/digitalisation>. – Title from the screen.
4. Swiatowiec-Szczepańska, J.; Stępień, B. Drivers of Digitalization in the Energy Sector—The Managerial Perspective from the Catching Up Economy. *Energies* 2022, 15, 1437. <https://doi.org/10.3390/en15041437>

5. Digital Transformation in Energy Market: Current Analysis and Forecast (2024-2032) [Electronic resource] – Access mode: <https://univdatos.com/reports/digital-transformation-in-energy-market>. – Title from the screen.
6. Kubyshyna N. S. Implementation of innovative developments in energy saving as a means of maintaining energy security of Ukraine / N. S. Kubyshyna, O. Yu. Tsapuk // Lviv Polytechnic National University Institutional Repository – Access mode: <http://ena.lp.edu.ua>, 2012. – P. 429–433.
7. Innovations in energy saving as a means of maintaining the energy security of the state / M. A. Yudin // Economic innovations: Collection of scientific works – Odesa: IPREED NAS of Ukraine, 2010. – Issue 41. – P. 302–310.
8. Dzhezdzhula V. V. Innovations in the energy saving management system of industrial enterprises / V. V. Dzhezdzhula, I. Yu. Yepifanova // Economy and Society. – 2017. – No. 9. – P. 401–404.
9. Ukrenergo digital solution [Electronic resource] – Access mode: <https://uds.energy/projects>. – Screen title.
10. Smart Grid technologies will become the basis for the restoration of the energy system, — DTEK Networks [Electronic resource] – Access mode: <https://grids.dtek.com/media-center/press/tehnologii-smart-grid-stanut-osnovoyu-vidnovlennya-energosistemi--dtek-merez/>. – Screen title.
11. Ukraine Invest [Electronic resource] – Access mode: <https://ukraineinvest.gov.ua/industries/energy/>. – Screen title.
12. Energy transition in the EU [Electronic resource] – Access mode: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/754623/EPRS_BRI\(2023\)754623_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/754623/EPRS_BRI(2023)754623_EN.pdf). – Screen title.
13. Renewable Energy Prospects for the European Union [Electronic resource] – Access mode: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Feb/IRENA_REmap_EU_2018.pdf. – Title from the screen.
14. Non paper on complementary economic modelling undertaken by DG ENER analysing the impacts of overall renewable energy target of 45% to 56% in the context of discussions in the European Parliament on the revision of the Renewable Energy Directive [Electronic resource] – Access mode: https://energy.ec.europa.eu/document/download/45f86d2d-bc71-48a3-a2c0-36fa7ae74008_en?filename=2022_06_20%20RED%20non-paper%20additional%20modelling.pdf. – Title from the screen.
15. ELECTRICITY INFRASTRUCTURE [Electronic resource] – Access mode: <https://www.pnnl.gov/sites/default/files/media/file/Electricity%20Infrastructure%20Brochure.pdf>. – Screen title.
16. US DEPARTMENT OF ENERGY [Electronic resource] – Access mode: <https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-06/CX-025928.pdf>. – Screen title.
17. On approval of the Concept of implementation of “smart grids” in Ukraine by 2035. [Electronic resource] // Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated October 14, 2022 No. 908-p. – Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>