

Постол Ю.О., к.т.н., доц., **Петренко К.Г.**, ст. викл.
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИКИ: НОВИЙ ЕТАП ТРАНСФОРМАЦІЇ

***Анотація.** У статті досліджено децентралізацію енергетики як ключовий етап сучасної трансформації енергетичних систем із фокусом на ролі закладів вищої освіти (ЗВО). Проаналізовано глобальні тенденції розвитку розподіленої генерації, цифровізації та мікромереж. Обґрунтовано, що саме ЗВО формують кадровий, науковий та інноваційний потенціал, необхідний для переходу до поліцентричної енергетичної моделі. Запропоновано методичні підходи до модернізації освітніх програм та розвитку інноваційної інфраструктури ЗВО.*

***Ключові слова:** децентралізація енергетики, ЗВО, розподілена генерація, мікромережі, енергетична освіта, цифровізація, енергетична безпека.*

Постановка проблеми. Сучасна енергетична система України перебуває у фазі глибокої трансформації, що зумовлена одночасним впливом глобальних тенденцій переходу до відновлюваних джерел енергії та внутрішніх викликів, пов'язаних із масштабним руйнуванням критичної інфраструктури. Події останніх років наочно продемонстрували вразливість традиційної централізованої моделі енергопостачання, яка не забезпечує належного рівня стійкості, гнучкості та здатності до оперативної адаптації в умовах кризових ситуацій. У таких обставинах особливої актуальності набуває перехід до децентралізованих, адаптивних та стійких енергетичних рішень.

Розвиток розподіленої генерації, мікромереж, локальних систем накопичення енергії та цифрових платформ управління формує основу нової архітектури енергосистеми, здатної забезпечити автономність, надійність і ефективність енергопостачання на різних рівнях – від окремих об'єктів до цілих територіальних громад. Саме ці технологічні напрями стають ключовими передумовами зміцнення енергетичної безпеки держави та підвищення її резильєнтності.

Водночас ефективність переходу до децентралізованої моделі значною мірою залежить від наявності кваліфікованих фахівців, здатних працювати з новими технологіями, моделювати складні енергетичні системи, впроваджувати інноваційні рішення та забезпечувати стійкість енергетичних об'єктів на рівні громад, регіонів і держави. У цьому контексті заклади вищої освіти відіграють ключову роль, оскільки саме вони формують кадровий, науковий та інноваційний потенціал енергетичної галузі.

Проблема ускладнюється тим, що значна частина освітніх програм з енергетики історично орієнтована на централізовану модель енергосистеми та не повною мірою враховує сучасні тенденції децентралізації, цифровізації та розвитку відновлюваних джерел енергії. Це призводить до розриву між потребами ринку праці та змістом підготовки майбутніх фахівців, що стримує впровадження інноваційних енергетичних рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика децентралізації енергетики, розвитку розподіленої генерації та мікромереж активно досліджується у працях зарубіжних і вітчизняних учених. У міжнародних дослідженнях значну увагу приділено питанням інтеграції відновлюваних джерел енергії в енергосистеми, розвитку Smart Grid-технологій [1–3], підвищення стійкості енергетичної інфраструктури та формування нових моделей енергетичних ринків. Окремий напрям становлять роботи, присвячені енергетичній безпеці та резильєнтності енергосистем в умовах кризових та надзвичайних ситуацій.

В українському науковому просторі зростає кількість публікацій, у яких розглядаються питання розвитку відновлюваної енергетики, модернізації електромереж, формування локальних енергетичних систем та енергетичної автономії громад [4–8]. Досліджуються правові, економічні та технічні аспекти впровадження розподіленої генерації, а також інструменти державної політики у сфері енергетичного переходу. Окремі автори аналізують виклики, пов'язані з руйнуванням критичної інфраструктури, та обґрунтовують необхідність переходу до децентралізованих моделей енергопостачання [7–9].

Разом із тим, попри наявність значної кількості праць, недостатньо дослідженим залишається питання ролі закладів вищої освіти у процесі децентралізації енергетики. Лише поодинокі публікації торкаються проблеми модернізації освітніх програм з урахуванням тенденцій децентралізації, цифровізації та розвитку ВДЕ, а також участі університетів у практичній реалізації енергетичних проєктів на рівні громад і регіонів. Практично відсутні комплексні дослідження, у яких децентралізація

енергетики розглядалася б одночасно як технологічний, безпековий та освітній феномен. Це зумовлює необхідність подальшого наукового опрацювання зазначеної проблематики, зокрема в частині обґрунтування місця і ролі ЗВО у формуванні кадрового та інноваційного потенціалу для нової, децентралізованої архітектури енергосистеми.

Формулювання цілей статті. Метою статті є обґрунтування децентралізації енергетики як ключового напрямку трансформації енергосистеми України та визначення ролі закладів вищої освіти у підготовці фахівців для нової енергетичної моделі. У межах цієї мети передбачається проаналізувати сучасні підходи до децентралізації енергетики, оцінити особливості українського контексту, визначити значення ЗВО у формуванні кадрового потенціалу галузі, обґрунтувати необхідність модернізації освітніх програм відповідно до тенденцій розвитку ВДЕ та цифрових технологій, а також запропонувати рекомендації щодо інтеграції децентралізованих енергетичних рішень у діяльність університетів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Трансформація енергетичної системи України в умовах сучасних викликів потребує комплексного, міждисциплінарного підходу, що охоплює технологічні, організаційні, економічні та освітні аспекти. Децентралізація енергетики розглядається як ключовий напрям модернізації, здатний забезпечити підвищення стійкості, автономності та ефективності енергопостачання. У цьому контексті важливо проаналізувати основні складові децентралізованої моделі, визначити їхню роль у формуванні нової архітектури енергосистеми та окреслити місце закладів вищої освіти у цьому процесі.

Одним із базових елементів децентралізованої енергетики є розподілена генерація, що передбачає виробництво електроенергії безпосередньо на місці споживання або поблизу нього. До таких джерел належать сонячні та вітрові електростанції, біоенергетичні установки, когенераційні системи та інші локальні об'єкти. Розподілена генерація дозволяє зменшити навантаження на магістральні мережі, підвищити надійність енергопостачання та забезпечити енергетичну автономію окремих об'єктів, підприємств і територіальних громад. У світовій практиці вона є основою для формування енергетичних кластерів, кооперативів та локальних енергетичних ринків, що сприяють розвитку місцевої економіки та залученню інвестицій.

Другим важливим компонентом є мікромережі, які являють собою локальні енергетичні системи, здатні працювати як у складі загальної

енергосистеми, так і в автономному режимі. Мікромережі забезпечують гнучкість, можливість балансування навантажень, інтеграцію накопичувачів енергії та підвищення стійкості до аварійних ситуацій. Для України, де критична інфраструктура зазнала значних пошкоджень, розвиток мікромереж є стратегічно важливим напрямом підвищення енергетичної безпеки. Вони дозволяють забезпечити безперебійне живлення об'єктів критичної інфраструктури – лікарень, водоканалів, навчальних закладів, адміністративних будівель – навіть у разі масштабних відключень.

Третім ключовим елементом є цифровізація енергетичних процесів, що включає впровадження Smart Grid-технологій, систем моніторингу, автоматизованого управління, прогнозування та оптимізації енергоспоживання. Цифрові платформи дозволяють ефективно керувати розподіленими ресурсами, забезпечувати прозорість енергетичних процесів, зменшувати втрати та підвищувати ефективність роботи енергетичних об'єктів. Використання штучного інтелекту, інтернету речей (IoT), SCADA-систем та цифрових двійників відкриває нові можливості для моделювання, аналізу та оптимізації енергетичних систем різного масштабу.

У цьому контексті особливої ваги набуває роль закладів вищої освіти, які забезпечують підготовку фахівців, здатних працювати з новими технологіями, моделювати складні енергетичні системи та впроваджувати інноваційні рішення. Сучасні освітні програми мають бути орієнтовані на формування компетентностей у сфері відновлюваної енергетики, мікромереж, систем накопичення, цифрових платформ управління та енергетичного менеджменту. Важливим є також розвиток лабораторної бази, створення демонстраційних енергетичних систем, впровадження дуальної освіти та активна участь студентів у реальних проєктах.

ЗВО відіграють ключову роль і в науково-дослідній діяльності. Університетські наукові групи можуть проводити моделювання мікромереж, дослідження ефективності різних типів накопичувачів, аналіз роботи цифрових платформ управління, розробку алгоритмів оптимізації енергоспоживання. Важливим напрямом є також дослідження енергетичної стійкості громад, оцінка ризиків та розробка стратегій підвищення резильєнтності локальних енергетичних систем.



Практична участь ТДАТУ у фахових енергетичних заходах підтверджує його здатність не лише реагувати на зміни в галузі, а й активно впливати на процеси енергетичної трансформації. Зокрема, представники факультету енергетики і комп'ютерних технологій взяли участь у форумі «Децентралізація енергетики: новий етап трансформації», що відбувся в межах міжнародної виставки GREEN:EXPO. Під час форуму було представлено сучасні технології розподіленої генерації, інтелектуальних мереж, систем накопичення енергії та цифрових рішень для управління енергетичними процесами. Участь у заході дозволила ознайомитися з найновішими тенденціями галузі, встановити професійні контакти, а також отримати практичні рекомендації щодо оновлення освітніх програм і розвитку наукових досліджень.

Таким чином, результати дослідження свідчать, що децентралізація енергетики є багатовимірним процесом, який потребує не лише технологічних інновацій, а й активної участі освітніх і наукових інституцій. Саме університети здатні забезпечити кадрову, наукову та методичну підтримку енергетичного переходу, сприяючи формуванню стійкої, сучасної та конкурентоспроможної енергетичної системи України.

Висновки. Проведене дослідження підтверджує, що децентралізація енергетики є одним із ключових напрямів трансформації енергосистеми України в умовах сучасних викликів. Перехід до розподіленої генерації, мікромереж, локальних систем накопичення енергії та цифрових платформ управління дозволяє підвищити стійкість, автономність і ефективність енергопостачання на різних рівнях – від окремих об'єктів до територіальних громад. Така модель забезпечує не лише технологічну гнучкість, а й сприяє зміцненню енергетичної безпеки держави.

Результати аналізу свідчать, що успішна реалізація децентралізованих енергетичних рішень неможлива без підготовки фахівців нового покоління, здатних працювати з сучасними технологіями, моделювати складні

енергетичні системи та впроваджувати інноваційні підходи. У цьому контексті заклади вищої освіти відіграють стратегічну роль, оскільки формують кадровий, науковий та інноваційний потенціал енергетичної галузі.

Особливе значення має практична інтеграція університетів у професійні енергетичні спільноти. Участь представників ТДАТУ у форумі «Децентралізація енергетики: новий етап трансформації» (GREEN:EXPO) засвідчила готовність університету долучатися до обговорення актуальних тенденцій, переймати передовий досвід та адаптувати освітні програми відповідно до потреб ринку. Отримані знання та професійні контакти сприятимуть удосконаленню навчального процесу, розвитку наукових досліджень і підвищенню якості підготовки фахівців.

Література

1. Smart Grid World Forum. *Smart Grid Technologies and Applications*. Berlin, 2022. 98 p.
2. U.S. Department of Energy. *The Role of Microgrids in Enhancing Grid Resilience*. Washington, 2021. 64 p.
3. European Commission. *Digitalisation of the Energy Sector*. Brussels, 2022. 76 p.
4. Буткевич О.В., Кудря С.О. Відновлювана енергетика в Україні: сучасний стан та перспективи розвитку. *Енергетика та електрифікація*. 2022. №3. С. 12–20.
5. Держенергоефективності України. Розвиток відновлюваної енергетики та енергоефективності в Україні. Київ, 2023. 48 с.
6. Абаджян Є.Б., Постол Ю.О., Гулевський В.Б. Необхідність розвитку ESG-стандартизації. Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості: збірник тез доповідей. Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів. Івано-Франківськ, 2023. С. 108–109.
7. Гулевський В.Б., Постол Ю.О., Ковальов О.О. Використання інформаційних технологій як ефективного засобу вивчення дисципліни «Основи проєктування систем електрифікації». *Удосконалення освітньо-виховного процесу в закладі вищої освіти* : збірник науково-методичних праць ТДАТУ. 2023. Вип. 26. С. 37–46.
8. Гелетуша Г.Г., Железна Т.А. Аналіз розвитку розподіленої генерації в Україні. *Біоенергетика*. 2021. №4. С. 5–14.
9. Міністерство енергетики України. *Концепція розвитку децентралізованої енергетики до 2035 року*. Київ, 2023. 32 с.

Postol Y., Petrenko K. Decentralization of energy: a new stage of transformation

Summary. The article examines energy decentralization as a key stage in the modern transformation of energy systems, with a particular focus on the role of higher education institutions (HEIs). Global trends in the development of distributed generation, digitalization, and microgrids are analyzed. It is substantiated that universities form the human, scientific, and innovation potential necessary for the transition to a polycentric energy model. Methodological approaches to modernizing educational programs and developing the innovation infrastructure of HEIs are proposed.

Keywords: energy decentralization, higher education institutions, distributed generation, microgrids, energy education, digitalization, energy security.

УДК 664.8/9.002.5:681.518.9

Самойчук К.О., д.тех.н., професор, **Дмитревський Д.В.,** к.тех.н, доцент
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ В ЛІНІЯХ ПЕРЕРОБКИ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Анотація. У статті запропоновано комплексну методику впровадження інтелектуальних систем керування в потоково-технологічні лінії переробки плодоовочевої продукції. Обґрунтовано застосування комп'ютерного зору для сортування сировини та нечіткої логіки для стабілізації нелінійних процесів. Описано трирівневу архітектуру інтеграції з існуючим обладнанням. Апробація методики підтвердила підвищення енергоефективності лінії та зниження втрат кондиційних плодів.

Ключові слова: плодоовочева продукція, переробне обладнання, інтелектуальні системи керування, комп'ютерний зір, нечітка логіка, потоково-технологічна лінія, автоматизація, енергоефективність.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку агропромислового комплексу України вимагає кардинальної модернізації переробної галузі,