

УДК 621.311.4.031

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.3/34>

Сінчук О.М.

Криворізький національний університет

Бойко С.М.

Криворізький національний університет

Жуков О.А.

Вінницький національний технічний університет

Риков Г.Ю.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

Іванченко Л.В.

Кременчуцький льотний коледж

Харківського національного університету внутрішніх справ

КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ІЗ ДЖЕРЕЛАМИ РОЗОСЕРЕДЖЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В УМОВАХ ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Державна політика в електроенергетиці, окрім іншого, сприяє розширенню «географії» виробництва електричної енергії на базі альтернативних відновлюваних джерел енергії та розвитку розподіленої генерації й обладнання для акумулювання енергії, мінімізації витрат на постачання електричної енергії, забезпечення умов та застосування заходів для розвитку енергоефективності в електроенергетиці та мінімізації негативного впливу на навколишнє природне середовище. Відповідно до даних державної статистики регіони України, у яких розвивається гірничорудна промисловість, є одними з найбільших споживачів паливно-енергетичних ресурсів серед регіонів України, мають граничні величини споживання електричної потужності. Незважаючи на тенденцію до зменшення, яка спостерігається останніми роками, частка споживання промисловістю України електричної енергії становить 42% від загальнодержавного обсягу електроспоживання. Особливістю вітчизняної промисловості є наявність у ній енергоємних підприємств, зокрема гірничовидобувної галузі, які споживають близько половини електричної енергії всіх галузей промисловості. Тільки в Дніпропетровській області, що є найбільш енергоємною серед інших, енергоємність підприємства гірничовидобувної галузі становить майже 30% від усіх вітчизняних енергоємних підприємств. Аналіз досягнень сучасної енергетики показує, що децентралізовані енергосистеми з використанням джерел розосередженої генерації можуть бути надзвичайно прибутковою сферою для капіталовкладень, якщо є можливість розміщувати джерела генерації енергії поблизу споживачів. Результати аналізу технічного потенціалу впровадження водної енергетики засвідчили доцільність запровадження водневої економіки, широкі можливості для цього, а також вигоду від інфраструктури, з'єднаної з ЄС. Актуальними питаннями є розробка законодавства та стандартів із виробництва, транспортування, зберігання та використання водню, реалізація пілотного проекту з виробництва «зеленого» водню, розвиток інфраструктури транспортування водню. У статті проведена оцінка базуютьовального потенціалу та комплексного використання власних енергоресурсів джерел розосередженої генерації в умовах гірничорудних підприємств. Запропоновано під час упровадження джерел розосередженої генерації використовувати комплексний підхід із застосуванням технологій водневої енергетики, що забезпечить підвищення ефективності їх використання та інтеграцію в стратегію сучасної енергетики.

Ключові слова: розосереджена генерація, енергетичне обладнання, воднева енергетика, електропостачання гірничорудних підприємств, енергетичний баланс підприємства.

Постановка проблеми. Згідно з даними енергокомпанії, уряди країн та всіх жителів планети сприяти виробництву 75% світової електричної енергії з відновлюваних джерел вже до 2030 року. дорожньої карти з декарбонізації світової економіки міжнародне енергетичне агентство закликає

Відповідно до Закону України «Про ринок електричної енергії» державна політика в електроенергетиці, окрім іншого, сприяє розширенню «географії» виробництва електричної енергії на базі альтернативних відновлюваних джерел енергії та розвитку розподіленої генерації і обладнання для акумулювання енергії, мінімізації витрат на постачання електричної енергії, забезпечення умов та застосування заходів для розвитку енергоефективності в електроенергетиці, мінімізації негативного впливу на навколишнє природне середовище. Технологічне об'єднання енергії відновлювальних джерел енергії і енергії вуглеводневого палива в одній системі має суттєві техніко-економічні переваги [1].

Водночас стратегія розвитку енергетики України, як і стратегія її енергетичної безпеки в комплексі, передбачає зменшення енергоємності ВВП. «Дорожня карта» цього спрямування лежить через шлях рішень зменшення енергоємності продукції, котра виробляється підприємствами енергоємних галузей промисловості. Саме цими видами підприємств споживається більше 20% від загального обсягу споживання державою. Одним із локальних і досить ефективних напрямів може стати впровадження потенціалу власних енергоресурсів цих видів підприємств. Вагомим складником енергоємних підприємств є підприємства металургійної галузі та гірничорудної як її сировинного складника.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження питань формування електроенергетичних систем із джерелами розосередженої генерації знайшли відображення в роботах багатьох учених: Д. де Рензо, Я.І. Шефтера, Є.Р. Абрамовського, О.В. Кириленка, С.О. Кудрі, Н.М. Мхітаряна, Г.І. Денисенка, П.Ф. Васька, В.М. Головка, П.П. Пекура, О.С. Яндульського, В.В. Павловського, А.К. Шидловського, А.Ф. Жаркіна, В.Ф. Сивокобилєнка, С.П. Денисюка, С.В. Дубовського, В.А. Попова, П.Д. Лежнюка, О.М. Сінчука, В.В. Кирика, М.В. Приймака та ін. [1–11].

Постановка завдання. Метою статті є оцінка базуєтворювального потенціалу та комплексного використання власних енергоресурсів джерел розосередженої генерації в умовах гірничорудних підприємств.

Виклад основного матеріалу дослідження. Гірничорудна промисловість – наразі базова у формуванні надходжень до валютних запасів держави, володіє значним (притаманним саме їй) енергетичним потенціалом, котрий логічно та необхідно використовувати у формуванні влас-

них автономних джерел живлення, які повинні не тільки компенсувати частку енергії від централізованих структур живлення, а й забезпечити значну безпечну життєдіяльність цих стратегічно важливих видів підприємств. Сучасні гірничорудні підприємства у сфері енергоспоживання характеризуються тим, що майже 90% становить електроенергетика. До того ж, як свідчать дослідження, логічний вихід із такої ситуації (шляхом зменшення обсягів споживання електричної енергії) не є реальним для його реалізації, оскільки технологія видобутку корисних копалин взагалі і залізорудної сировини зокрема передбачає постійне збільшення глибини видобутку, що тягне за собою проблему збільшення рівнів споживання електроенергії і нівелює локальні спроби зменшення обсягів споживання, оскільки тривіальні технічно-технологічні заходи щодо цього процесу мають вкрай обмежену ефективність [2].

Аналіз досягнень сучасної енергетики показує, що децентралізовані енергосистеми з використанням джерел розосередженої генерації можуть бути надзвичайно прибутковою сферою для капіталовкладень, якщо є можливість розміщувати джерела генерації енергії поблизу споживачів. Загалом, витрати на передання енергії сягають 30% від вартості її вироблення [3].

Відповідно до даних державної статистики регіони України, у яких розвивається гірничорудна промисловість, є одними з найбільших споживачів паливно-енергетичних ресурсів серед регіонів України, мають граничні величини споживання електричної потужності, а саме: Дніпропетровська область – 2 800–3 000 МВт у місяць, Запорізька – 1 000–1 100 МВт у місяць, Полтавська – 710–750 МВт у місяць [4].

Тому питання сталого розвитку енергетики є вкрай важливим.

Проведений аналіз енергоспоживання суб'єктами гірничорудних підприємств за видами технології видобутку-переробки корисних копалин демонструє, що оплата енергетичних ресурсів за рік становить 48% (електроенергія, паливо, природний газ), із яких найбільш значущою є електроенергія [4].

Виходячи з цього, можна зробити висновок, що визначальним складником енергоспоживання гірничорудних підприємств є саме споживання електричної енергії.

Незважаючи на тенденцію до зменшення, яка спостерігається останніми роками, частка споживання промисловістю України електричної енергії становить 42% від загальнодержавного обсягу

електроспоживання. Особливістю вітчизняної промисловості є наявність у ній енергоємних підприємств, зокрема гірничовидобувної галузі, які споживають близько половини електричної енергії всіх галузей промисловості. Тільки у Дніпропетровській області, що є найбільш енергоємною серед інших, енергоємність підприємств гірничовидобувної галузі становить майже 30% від усіх вітчизняних енергоємних підприємств, що перебувають на контролі «Держенергонагляду» [5].

Так, за даними Міністерства енергетики України, в січні-серпні 2020 року обсяг виробництва електроенергії енергогенерувальними підприємствами, які входять до об'єднаної енергетичної системи України, досяг 96 337,5 млн кВт·год, що на 6 759,0 млн кВт·год (на 6,6%) менше порівняно з відповідним періодом 2019 року. При цьому за 8 місяців 2020 року виробництво електроенергії ВДЕ (ВЕС, СЕС, біомаса) на 117,1% більше, ніж за відповідний період минулого року [6].

За даними Міністерства енергетики України, за січень-серпень 2020 року спостерігалось зменшення споживання, що на 4,5% менше, ніж за відповідний період минулого року. Споживання електроенергії зменшили промислові споживачі (на 4,9%), зокрема металургійна (на 7,0%), харчова та переробна (на 3,3%) промисловості [6].

Станом на 1 серпня 2019 року на території Дніпропетровської області побудовані 6 біогазових комплексів (у т.ч. на біогазі з полігонів ТПВ), 3 із яких отримали «зелений тариф», 12 – експлуатують наземні та дахові сонячні електростанції.

Споживання великої кількості паливно-енергетичних ресурсів та висока частка викопного палива в енергетичному балансі області (разом із застарілими і неефективними системами очищення димових газів) призводять до високих рівнів забруднення атмосферного повітря у промислових зонах.

Дніпропетровська область має одні з найбільших в Україні показники викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення. Найбільше викидів утворюється у Кривому Розі, Зеленодольську, Кам'янському та Дніпрі, де розташовані найбільші енергетичні та металургійні підприємства. Основними забруднювальними речовинами є оксид вуглецю, метан, діоксид сірки та діоксид азоту.

Одними з найбільших забруднювачів атмосферного повітря в області є саме підприємства енергетичного комплексу, як-от теплові електростанції та ТЕЦ. Ураховуючи це, в межах модернізації енергогенерувальних потужностей, крім

підвищення енергоефективності та зниження питомого споживання палива на виробництво електроенергії, актуальним є встановлення сучасних систем очищення димових газів, які дозволять суттєво скоротити викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря [6].

Частка відновлюваних джерел енергії у загальній встановленій потужності електрогенерувального обладнання, розташованого на території області, не перевищує 1%. Водночас є великий потенціал для будівництва нових об'єктів [7].

Активний розвиток виробництва енергії з відновлюваних джерел дозволить додатково зменшити викиди забруднювальних речовин та парникових газів, а також посилити енергетичну безпеку регіону.

Таким чином, для сфери виробництва електричної енергії пріоритетами є підвищення ефективності виробництва, диверсифікація палива (використання вугілля газової групи та біомаси), а також зниження викидів забруднювальних речовин за рахунок установаження систем очищення димових газів та розвитку відновлюваних джерел енергії.

Ефективне споживання енергетичних ресурсів та використання енергії відновлюваних джерел сприятиме не тільки сталому енергозабезпеченню, а й поліпшенню стану довкілля і зменшенню ризиків для здоров'я населення.

Станом на 01.07.2019 р. частка сумарної потужності теплогенерувального обладнання на альтернативних видах палива в області становить 17% відсотків до загальної потужності теплогенерувального обладнання регіону [8].

Метою розвитку сучасної енергетики є пошук надійного та якісного (але при цьому дешевого та екологічно чистого) джерела енергії [9]. Як наслідок, під час вибору джерела енергії оптимальним рішенням за багатьма критеріями (енергетичними, економічними, екологічними, соціальними) усе частіше стають відновлювальні джерела енергії.

В Україні альтернативна енергетика цілком може забезпечити значну частку енергоспоживання [2].

Для отримання ефективного результату необхідно інтегрувати в енергетичну мережу розосередженої генерації комбінації енергетичних установок, які для роботи використовують різні нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії. Для електроенергетики така інтеграція (за умови наявності накопичувачів енергії та пристроїв силової електроніки) має забезпечити належну якість електроенергії, надійність, безперервність і безперебійність електропостачання [10]. Незважаючи на

величину інсоляції в місці, де встановлено фотоелектричну установку, або наявність вітру над місцевістю, де розташовано вітроенергетичний парк, або витрати води в річці, де працює гідроагрегат, споживачі завжди зможуть отримати необхідну кількість електроенергії відповідної якості.

Однак в Україні посилюється дисбаланс між потенціалом генерувальних підприємств і можливостями щодо розподілу і споживання електроенергії, що неминуче призводить до виникнення технічних обмежень як у генерації, так і в розподілі електроенергії.

Актуальність упровадження розосередженої генерації зумовлена необхідністю збільшення частки маневрових потужностей, зменшення втрат електроенергії та модернізації електричних мереж.

До основних питань упровадження концепції Smart Grid в Україні [5] можна уналежнити визначення основних напрямів розвитку генерації, передання і розподілу, збуту, споживання та інноваційного розвитку української електроенергетики, а саме:

- найбільшу частку генерувальних потужностей зосереджено в центральних регіонах країни, що призводить до ситуації, коли окремі регіони стають повністю енергозалежними. Наявність власного джерела енергії дозволить споживачеві ефективніше контролювати цей процес і отримувати більш дешевий продукт;

- раціональна повна або часткова перебудова розподільних мереж приводить до зниження найбільшого складника технологічних втрат;

- в Україні є промислова база, здатна до виробництва (чи його організації) устаткування майже всіх видів генерувальних потужностей, зокрема для малої енергетики;

- Україна має досить сприятливі умови для використання основних видів поновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палив, зокрема місцевих, що також належатимуть до малої енергетики.

Безумовно, Енергетична стратегія України до 2030 року [2] тримає курс на раціональну «мінімі-

зацію» енергетики. Так, нею передбачено суттєве збільшення частки використання поновлюваних джерел енергії та позабалансових енергетичних ресурсів до 57,73 млн т у.п. на рівні 2030 року (порівняно з 15,51 млн т у.п., використаними у 2005 році (збільшення у 3,72 раза)) [2].

Водночас відбувається збільшення виробництва електроенергії блоковими станціями промислової та комунальної енергетики до 9,85 млрд кВт/год. у 2010 р.; 10,8 – у 2015 р.; 11,4 – у 2020 р.; 13,5 млрд кВт/год – у 2030 р. [2].

Результати аналізу технічного потенціалу впровадження водної енергетики засвідчили доцільність запровадження водневої економіки, широкі можливості для цього, а також вигоду від інфраструктури, з'єднаної з ЄС. Відповідно до цілей Енергетичної стратегії України на період до 2035 року щодо встановлення потужностей ВЕС та СЕС середньорічне виробництво «зеленого» водню може становити 5,5 млрд м³ [11].

Залишаються актуальними питання розробки законодавства та стандартів із виробництва, транспортування, зберігання та використання водню, реалізація пілотного проекту з виробництва «зеленого» водню, розвиток інфраструктури транспортування водню.

Отож, перспективних напрямів для видобутку водню багато, а видобуток водню в Україні за допомогою розосередженої генерації, зокрема в умовах гірничорудних підприємств, не просто можливий, а корисний для енергосистеми й енергетичного майбутнього України.

Висновки. У статті проведена оцінка базового потенціалу та комплексного використання власних енергоресурсів джерел розосередженої генерації в умовах гірничорудних підприємств.

Запропоновано під час упровадження джерел розосередженої генерації використовувати комплексний підхід із застосуванням технологій водневої енергетики, що забезпечить підвищення ефективності їх використання та інтеграцію в стратегію сучасної енергетики.

Список літератури:

1. World Energy Outlook. 2020, OECD/IEA, Paris.
2. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. // Сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua>.
3. Денисюк С.П., Дерев'янюк Д.Г., Колесник П.С. Оптимізація режимів електропостачання в локальних системах з розосередженою генерацією. *Збір. праць Ін-ту електродинаміки НАН України*. Спец. вип. 2011. С. 30–37.
4. Buchholz B., Styczynski Z. Smart Grids Fundamentals and Technologies in Electricity Networks, Springer 2014. 396 p.

5. Smart Power Grid. Talking about a Revolution. IEEE Emerging Technology portal, 2009.
6. Праховник А.В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергоснабжения. Киев : «Освіта України», 2007. 464 с.
7. Білолід В.Д., Таранець К.В. Мала енергетика та її значення в регіональних системах майбутнього. *Проблеми загальної енергетики*. 2008. № 18. С. 40–47.
8. Бойко С.М. Теоретичні засади формування електроенергетичних систем з джерелами розосередженої генерації гірничорудних підприємств. Монографія, під редакцією доктора техн. наук, професора О.М. Сінчука. Кременчук, 2020. 263с.
9. Sinchuk O. M., Boiko S. M., Karamanyts F. I., Kozakevych I. A., Baranovska M. L., and Yalova A. M. Aspects of the problem of applying distributed energy in iron ore enterprises electricity supply systems. Warsaw, Poland: ISENCT, 2018 120 p.
10. Реєстр альтернативних видів палива Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності). Київ, 2011. 42 с.
11. Кудря С.О., Морозов Ю.П., Кузнецов М.П. Дослідження ефективності комбінованого використання енергії вітру, сонця і теплоти землі для отримання водню при електролізі води. *Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях: тези доп. наукової звітної сесії НАН України*. Київ, 2013. С. 30.

Sinchuk O.M., Boiko S.M., Zhukov O.A., Rukov G.Yu., Ivanchenko L.V. COMPREHENSIVE USE OF ELECTRIC POWER SYSTEMS WITH SOURCES OF DISTRIBUTED GENERATION IN THE CONDITIONS OF MINING ENTERPRISES

State policy in the electricity sector, among other things, promotes the expansion of the “geography” of electricity production based on alternative renewable energy sources and the development of distributed generation and equipment for energy storage, minimizing electricity supply costs, providing conditions and implementing measures for energy efficiency in electricity and minimizing the negative impact on the environment. Meanwhile, according to state statistics, the regions of Ukraine in which the mining industry is developing are one of the largest consumers of fuel and energy resources among the regions of Ukraine, primarily have the limits of electricity consumption. Meanwhile, despite the declining trend observed in recent years, the share of Ukrainian electricity consumption is 42% of national electricity consumption. A feature of domestic industry is the presence of energy-intensive enterprises, including the mining industry, which consume about half of the electricity of all industries. Only in Dnipropetrovsk region, which is the most energy-intensive among others, the energy intensity of the mining industry, which is almost 30% of all domestic energy-intensive enterprises. Analysis of the achievements of modern energy shows that decentralized energy systems using distributed generation sources can be an extremely profitable area for investment, if it is possible to place energy sources near consumers. The results of the analysis of the technical potential of the introduction of hydropower have shown the feasibility of introducing a hydrogen economy, the wide opportunities for this, as well as the benefits of infrastructure connected to the EU. Meanwhile, the development of legislation and standards for the production, transportation, storage and use of hydrogen, the implementation of a pilot project for the production of “green” hydrogen, the development of hydrogen transportation infrastructure are relevant. The article evaluates the base-forming potential and integrated use of own energy resources of sources of dispersed generation in the conditions of mining enterprises. It is proposed to use a comprehensive approach with the use of hydrogen energy technologies in the introduction of distributed generation sources, which will increase the efficiency of their use and integration into the strategy of modern energy.

Key words: dispersed generation, power equipment, hydrogen energy, power supply of mining enterprises, energy balance of the enterprise.