

ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В НАЦІОНАЛЬНІЙ ЕКОНОМІЦІ ТА ПІДПРИЄМНИЦТВІ

УКД 8543 70 90 00

JEL Classification Code O33

Бахмачук С.В.

ст. викладач кафедри економіки і підприємництва

КПІ ім. Ігоря Сікорського

Бахмачук П.С.

магістрант ФЕА КПІ ім. Ігоря Сікорського

ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВУ З ТЕПЛОАКУМУЛЯЦІЄЮ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПОДОЛАННЯ «ЗЕЛЕНО-ВУГІЛЬНОГО ПАРАДОКСУ»

Сучасна електроенергетична система – це сукупність електростанцій-генераторів та споживачів, з'єднаних між собою мережами і пов'язаних загальним режимом роботи. В Україні створені економічні стимули для побудови електростанцій, що використовують екологічні відновлювальні джерела енергії. В даній статті проаналізовано висновки досліджень, оприлюднених оператором електроенергетичної системи України щодо небезпек, які можуть виникнути найближчим часом при приєднаннях їх до електричних мереж та збільшенні генерації з сонця і вітру, а також сценарії їх подолання. Такі проблеми обумовлені дефіцитом потужності, яка здатна балансувати систематичні коливання виробітку ними електричної енергії. Один з сценаріїв названий «зелено-вугільним парадоксом». Авторами запропоновано і обґрунтовано своє енергоефективне рішення, яке, використовуючи світовий досвід застосування споживачів-регуляторів, доповнює сценарій, що вважається найбільш прийнятним. Таке рішення паралельно вирішує проблеми теплопостачання, екології, регулювання частоти, резервування потужності та органічно вписується в реформу ринку електричної енергії України, яка зараз проводиться. Показані вигоди майбутніх учасників енергоринку, які впровадять такі технології.

Ключові слова: ринок електричної енергії; балансування; зелено-вугільний парадокс; споживач-регулятор; теплоаккумуляція; система керованого електроіндукційного нагріву.

Постановка проблеми. Добові графіки споживання і генерації електроенергії Об'єднаної Енергосистеми (ОЕС) України є дуже нерівномірними. До того ж в ній існує дефіцит так званих «маневрених» (пікових і напівпікових) генеруючих потужностей, що не дозволяє навантажувати дешеві з точки зору собівартості електроенергії «базові» блоки атомних електростанцій (АЕС) (яким технологічно складно,

небезпечно та економічно недоцільно змінювати виробіток в часі). На жаль наявні 9% маневреної генерації не є ефективними як з економічної, так і з технологічної точок зору.

Донедавна дефіцит робочих високоманеврових генеруючих потужностей в ОЕС України оцінювався обсягом 2500 МВт. Нові блоки Дністровської гідроакумулюючої електростанції (ГАЕС) та спорудження Канівської ГАЕС дозволять суттєво зменшити зазначений дефіцит. Проте за Енергетичною стратегією до 2035 р.[1], в структурі генеруючих потужностей ОЕС України зростатиме частка важкопрогнозованих вітрових (ВЕС) і сонячних електростанцій (СЕС). В Україні економічні стимули для будівництва домашніх і промислових ВЕС і СЕС одні з найпривабливіших у світі, що забезпечило їх бурхливе будівництво і проектування.

Але, крім позитиву, «зелена» генерація вимагатиме додаткових:

- капіталовкладень на їх приєднання та розбудову електричних мереж;
- резервних потужностей на завантаження і розвантаження;
- послуг з регулювання потужності і частоти, особливо «швидкого» первинного;
- швидкодійних автоматизованих систем управління;
- підвищення точності підтримки частоти електричного струму.

Затрати на ці заходи зараз лягають не на забудовників таких станцій, а на енергосистему, що призводить до збільшення тарифів для кінцевих споживачів. І якщо зараз частка електрики з вітру і сонця порівняно невелика – трохи більше ніж 1%, то грошей такі станції отримують близько 7% від загального обсягу виручки. Собівартість їх будівництва весь час знижується – наприклад, 1 Вт СЕС «під ключ» зменшився за 8 років втричі – до 1,3 євро. Це та гарантії закупівлі всього виробітку й високий рівень «зелених» тарифів законодавчо прописані до 2030 року стимулює інвесторів їх будувати все більше.

Приєднавшись до Енергетичного Співтовариства ЄС, Україна взяла зобов'язання в сфері енергетики:

- створення стратегічних запасів енергоносіїв, резервів, джерел регулювання;
- збільшити використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ),
- лібералізувати ринки електроенергії та газу і зменшення його споживання.

Таким чином, ОЕС України в найближчому майбутньому потребуватиме:

- ущільнення графіку електричних навантажень в ОЕС України та/або введення великих обсягів маневрених потужностей,
- збільшення можливості швидкодіючого регулювання частоти і потужності,
- підвищення точності підтримки частоти електричного струму.

Світовий досвід доводить, що заміщення відносно невеликого обсягу генерації може приносити великий ефект для енергоринку в цілому [2]. Альтернативою завантаженню дорогих потужностей є управління навантаженням на стороні споживачів (Demand Response). Серед технологій споживачів-регуляторів поширений електронагрів з термоакумуляцією.

В царині теплопостачання, незважаючи на заходи з заміщення коштовного викопного палива все ще спалюються великі їх обсяги. Потреби України у тепловій енергії приблизно вдвічі перевищують потреби у електричній. Наприклад, відпуск тепла українським споживачам у 2015 році, оцінений в [3], (табл. 4-6) в 237 млрд. кВт×год/рік, споживання електроенергії в Україні в тому році – 118,7 млрд. кВт×год/рік [4].

ТЕЦ, котельні, тепломережі, тепlopункти більше ніж на 80% виробили свій ресурс, а третина встановлених побутових котлів мають ККД не вище 50%. Тому показники собівартості одиниці тепла, доставленого до українського споживача, у 2-3 рази вище середньоєвропейських.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями ринків теплової й електричної енергії та комплексних підходів до їх вирішення з застосуванням управління на стороні споживачів і елементами Smart Grid займаються такі науковці як J. Kultan, А.О. Квицинський, П.Д. Лежнюк, О.В. Згуровець, Є.А. Ленчевський, В.О. Дерій, В.Д., Білодід, М.М. Кулик.

ДП «НЕК «Укренерго»- енергетична компанія з функціями Системного Оператора ОЕС України [4], недавно презентувала результати дослідження щодо залучення сонячних та вітрових електростанцій до покриття навантаження ОЕС України [5] в розрізі проблеми, які при цьому виникають, та шляхи їх подолання.

Мета. Проаналізувати результати цих досліджень, оцінити їх економічно та запропонувати альтернативний підхід до вирішення піднятих проблем.

Виклад основного матеріалу. Відповідно до результатів досліджень, презентованих ДП «НЕК «Укренерго», максимальний рівень потужності СЕС та ВЕС, яку може прийняти ОЕС України без серйозних відхилень в роботі складає **3000 МВт**: 1500 кВт ВЕС і 1500 кВт СЕС, що відповідає річному виробництву ВЕС – 4,8 млрд. кВт×год і СЕС – 1,9 млрд. кВт×год. Вони замінюватимуть відповідний виробіток електроенергії теплових електростанцій (ТЕС) і АЕС. При цьому система збалансована. Балансування ОЕС України забезпечується ГЕС/ГАЕС та маневреними ТЕС. Слід зауважити, що тестові розрахунки авторів за умовами чинних Правил енергоринку [6], показали, що якби такі обсяги ВДЕ мали б місце в енергобалансі вже сьогодні, при незмінності інших тарифів і умов, оптова ринкова ціна електричної енергії, яка на 2018 рік прогнозується 1562 грн. за 1 МВт×год (без ПДВ) [7], була б на 260 грн./МВт×год вище. А річні витрати на електроенергію українських споживачів і імпортерів електрики збільшились би мінімум на 34 млрд. грн.

Слід зауважити, що вже приєднано та видано технічних умов (дозволів) на приєднання ВДЕ до мереж загальною потужністю на 7500 МВт. Незважаючи на те, що термін дії деяких дозволів вже минув, а деякі проекти не будуть реалізовані, перспектива розростання, і в майбутньому це суттєво впливатиме на собівартість електроенергії та пов'язаних з нею послуг. Зазначимо, що обов'язок отримання таких дозволів стосуються тільки промислових електростанцій. Домашні СЕС і ВЕС (потужністю до 30 кВт) приєднують до мереж без них і оцінити їх перспективи складно.

При збільшенні загальної потужності ВДЕ більше, ніж на 3000 МВт (в презентації названо «точка перелому»), НЕК «Укренерго» пропонує 3 сценарії:

1) **Вимушене обмеження «зеленої» генерації.** Наприклад, обмеження відпуску вже працюючим станціям при 30% відхиленні від їхнього прогнозного. Обсяг такого обмеження в 2025 році оцінюється на рівні 7,2 млрд кВт×год/рік, що відповідає збиткам не менше 40 млрд грн. на рік таких виробників в чинних цінах. Обмеження побудованих станцій і тих, на які отримані технічні умови, суперечать чинному законодавству, і щоб не викликати судових позовів, вони можуть бути застосовані тільки після його зміни до нових «гравців». Один зі способів обмеження – введення аукціонів в «зеленій» енергетиці. Сутність їх у тому, що держава буде пропонувати інвесторам ділянки під будівництво станцій із зазначенням їх потужності, а інвестори будуть конкурувати за ділянки, пропонуючи найдешевшу електроенергію. Система аукціонів діє в багатьох цивілізованих країнах і дозволяє домогтися істотного зниження цін на «зелену» енергетику.

2) **В межах наявних потужностей традиційної генерації ОЕС** України додаткове резервування і балансування можливе **тільки вугільними блоками.** Наприклад, для підключення 7500 МВт СЕС і ВЕС, на які вже видано дозволи, такої теплової генерації знадобиться на загальну потужність 2800 МВт, яка для забезпечення «гарячого» резерву має працювати недовантаженою (рис.1). Базове завантаження атомних станцій потрібно буде знижувати на величину до 6000 МВт (зупиняти 6 блоків). Якщо це станеться, то Україну очікує явище, назване в НЕК «Укренерго» **«зелено-вугільний парадокс».** В такому випадку розвиток «зеленої» енергетики, спочатку задуманий з метою поліпшення екології, навпаки, призведе до збільшення викидів від вугільних ТЕС. Крім того, споживачів чекає суттєве підвищення тарифів на електроенергію – на 630 грн. за 1 МВт×год від поточної ціни (58%) [4], адже вже зараз електроенергія, вироблена на ТЕС, в 3-4 рази дорожча, ніж вироблена на атомних станціях. А загальновідомо, що у недовантажених потужностей собівартість виробництва значно вища.

3) Сценарій, який ДП «НЕК «Укренерго» вважає найбільш прийнятним: **будівництво нових високоманеврових балансуєчих потужностей** (рис. 2).

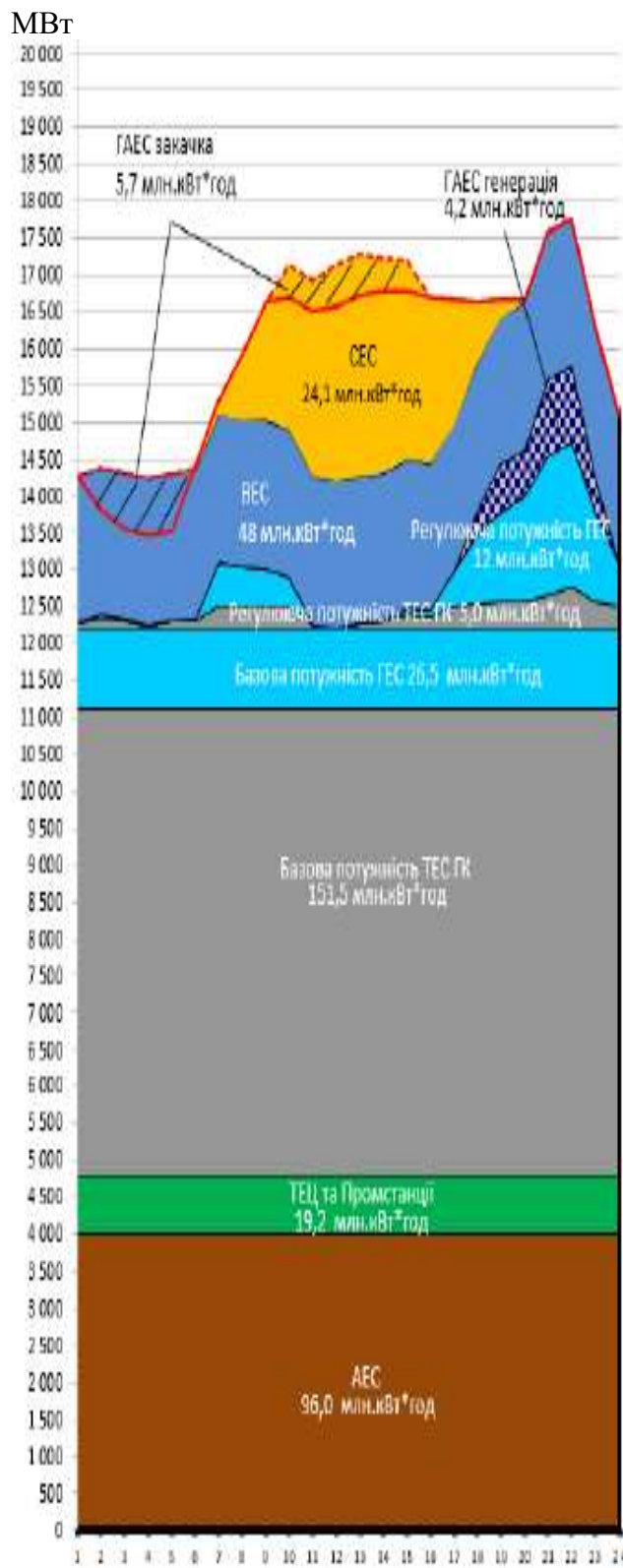


Рисунок 1 – Графік покриття робочого дня травня 2025 року (СЕС-3300 МВт, ВЕС-4200 МВт) за сценарієм №2: резерв на ТЕС.

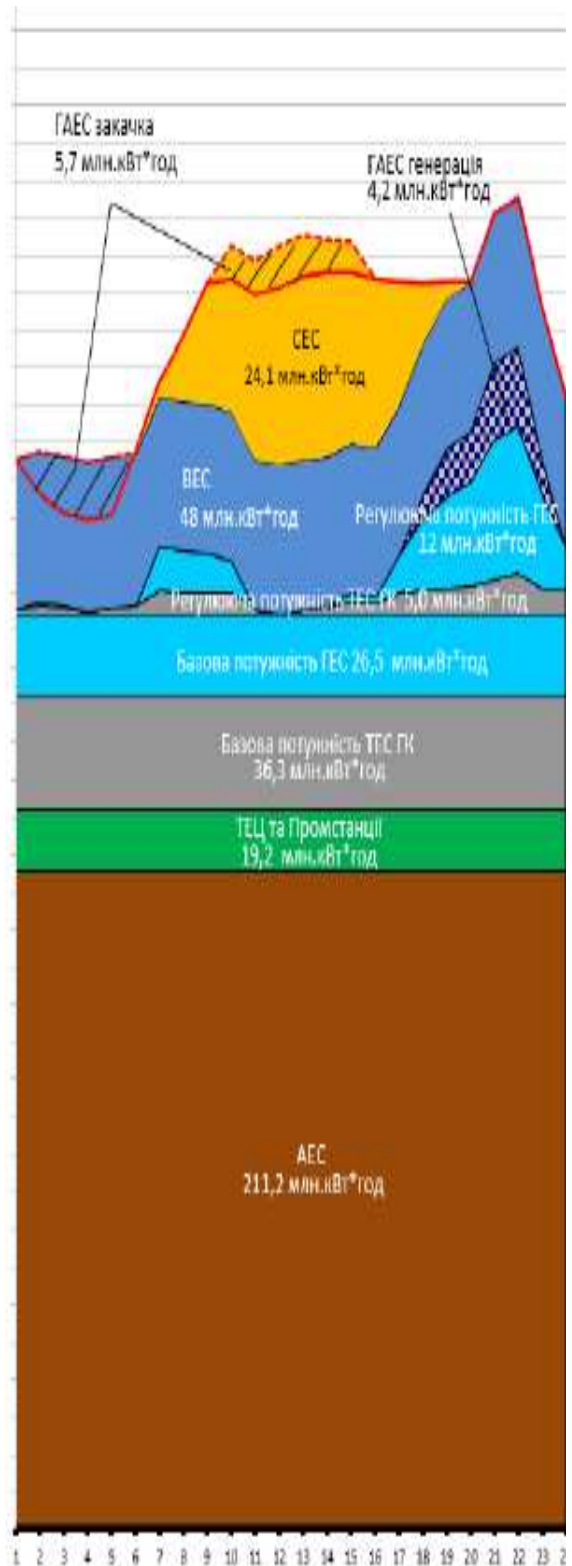


Рисунок 2 – Графік покриття робочого дня травня 2025 року (СЕС-1500 МВт, ВЕС-1500 МВт) за сценарієм №3: швидкодіючої генерації -2500 МВт.

Для приєднання 7500 МВт задекларованих потужностей «зеленої» енергетики, потрібно буде побудувати додатково ще від 2000 до 3000 МВт потужностей, що балансуватимуть. В дослідженні НЕК «Укренерго», крім ГАЕС, на 2025 рік розглядається: 2000 МВт газопоршневих установок (ГПУ) і 500 МВт акумуляторів, загальні капіталовкладення в які оцінюються в 55 млрд. грн. (або 22 тис.грн./кВт) [5]. Підвищення тарифів на електроенергію прогнозується на 532 грн. за 1 МВт×год від поточної ціни (48,7%).

Одним з перспективних напрямків вирішення проблеми «зеленовугільного парадокса» в Україні авторами пропонується масштабне **впровадження розосереджених керованих Систем теплоакумуляційного електроіндукційного нагріву** (опалення, гаряче водопостачання, охолодження, тепло для промисловості, тощо) з автодиспетчеризацією [7], які здатні також вирішити задачі тепlopостачання в побуті та промисловості, регулювання частоти та резервування потужності в ОЕС України [8]. Це не заперечення, а логічне доповнення створенню високоманеврових балансуєчих потужностей генерації за 3-ім сценарієм, які мають високу собівартість, впливають на довкілля.

Системи електроіндукційного нагріву значно довговічніші ГПУ і акумуляторів, потребують вдвічі менше капіталовкладень на одиницю балансуєчої потужності та дозволяють вирішити інші проблеми енергетики:

- зменшення використання природного газу та іншого викопного палива для цих цілей;
- вирівнювання добового графіка покриття ОЕС України, що дозволить більше залучити базові потужності АЕС;
- полегшення виконання умов синхронізації української електроенергетичної системи з європейською ENTSO-E щодо резервування, регулювання, балансування, збільшенню частки ВДЕ.

З 2017 році в Україні почався перехід до нової моделі енергетичного ринку. Цей перехід необхідний для адаптації української енергетики до вимог ЄС і уніфікації особливостей роботи на українському і європейському енергоринках. Закон України «Про ринок електричної енергії» [9] повністю змінює принципи роботи виробників, споживачів, постачальників електричної енергії. Нові умови функціонування енергетичного ринку дають можливість споживачам-регуляторам закуповувати електричну енергію безпосередньо у виробників за двосторонніми довгостроковими договорами рівномірним графіком (що забезпечує найменшу ціну за 1 кВт×годину) та брати участь у ринках «на добу наперед», внутрішньодобовому, балансуєчому, допоміжних послуг (первинне і вторинне регулювання, резервування, балансування), отримуючи за це додатковий прибуток.

Прогнозне підвищення тарифів на електроенергію у споживачів для такого Сценарію (як це зроблено в [5] для вищезазначених Сценаріїв №1-3)

важко коректно оцінити без інформації щодо застосованих в розрахунках математичних моделей і тарифів. Проте можна точно стверджувати, що воно буде, як мінімум, в 2 рази меншим, ніж за Сценарієм №3. До того ж, наприклад, собівартість 1 Гкал тепла, при купівлі електроенергії у АЕС за чинним тарифом з урахуванням: ККД при виробництві й теплоаккумуляції, тарифів на передачу, вартості втрат тощо не перевищить 1000 грн. в цінах сьогоднішнього дня. Слід зауважити, що тарифи на тепло, що постачається централізовано, в багатьох населених пунктах вже перевищили 2000 грн./Гкал, собівартість вироблення тепла на сучасних котлах: з природного газу – не менше 1800 грн./Гкал, з вугілля, дров, пелет, агровідходів, інших біопалив – не менше 1000 грн./Гкал, якщо враховувати вартість транспортування, логістики, зарплати вантажників, грубників, сажотрусів. Ціна біопалив, особливо паливних дров, продовжує стрімко зростати, що викликано значним попитом в усіх регіонах України, як і вирубка лісу в Україні, що досягає масштабів екологічного лиха [10].

На Рис.3 умовний графік споживання пропонованої Системи накладено на графік покриття умовної зимової доби, що запозичений з презентації [5].

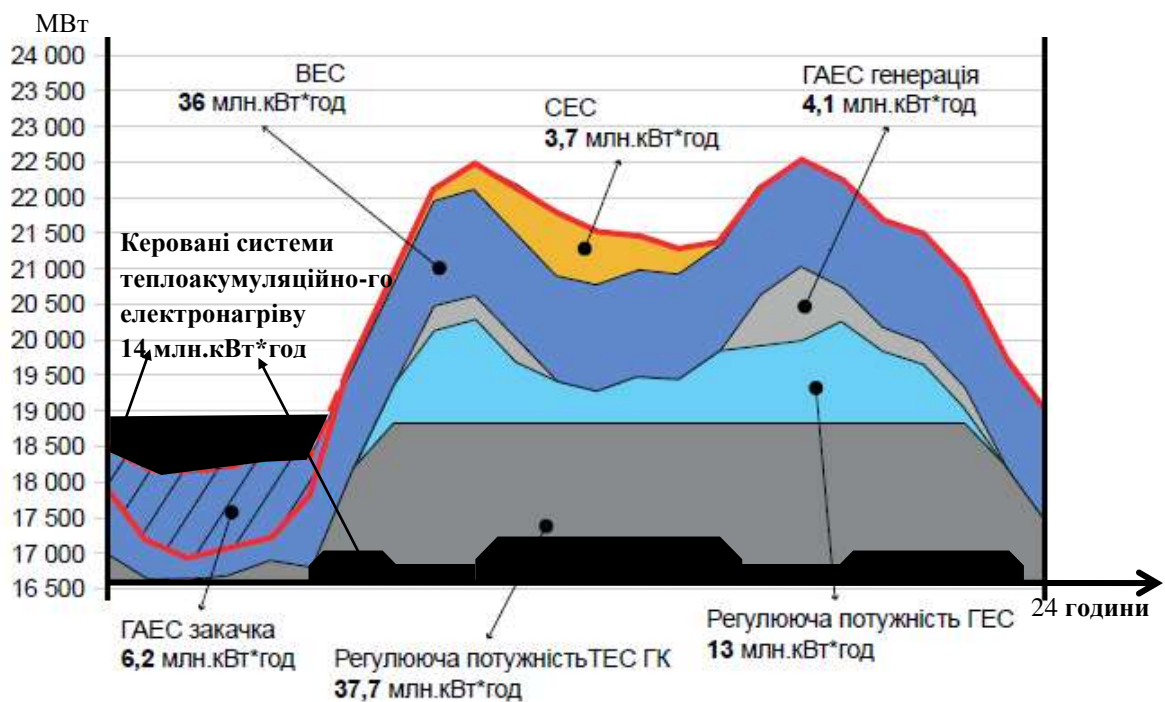


Рисунок 3 – Графік покриття робочого дня зими 2019 року (СЕС-1500 МВт, ВЕС-1500 МВт, споживачів-регуляторів -1000 МВт). Базові потужності: ГЕС=3,4 млн.кВт*год, ТЕС ГК=82,5 млн.кВт*год (в [5]=81,3 млн.кВт*год), ТЕЦ та Промстанцій= 55,2 млн.кВт*год, АЕС= 272 млн.кВт*год (в [5] =259,8 млн.кВт*год).

Мати вищезгадану Систему у власності чи керуванні буде вигідно багатьом учасникам майбутнього енергоринку: і самому Системному оператору (ця функція за [9] має перейти до ДП НЕК «Укренерго»), і виробникам (особливо – НАЕК «Енергоатом», СЕС, ВЕС), і

Гарантованому покупцю (електроенергії у ВДЕ до 2030 року) і постачальникам електроенергії, і трейдерам (посередникам), і потужним корпоративним споживачам (залізниця, енергосервісні компанії, торгові мережі тощо). Наявність її у забудовників СЕС і ВЕС може стати додатковим «козирем» для підключення їх до мереж у разі конкуренції за це, а вже працюючим станціям – уникати передбачених [9] штрафних санкцій у разі помилок при прогнозуванні. При цьому *учасник ринку електроенергії стає також учасником ринку тепла* і може працювати на ньому з високою рентабельністю. Залишається шукати потенційних споживачів теплової енергії та її похідних, хоча б для створення пілотних проєктів, що визначають фактичну економічну ефективність таких Систем.

Особливу увагу, як споживачам-регуляторам, слід приділити електроустановкам для нагріву води в системах гарячого водопостачання (ГВП) з баками-акумуляторами (не під тиском), де вода нагрівається переважно в періоди дешевої електроенергії, а потім «віддається» споживачам. Рентабельність ГВП на сьогодні вища, ніж опалення, а потреба в гарячій воді – цілорічна (а значить і можливість роботи на сегментах нового енергоринку – теж).

Температурний режим (традиційно це «65°C-95°C») налаштовується таким чином, щоб у разі потреби за командою автодиспетчера електронагрівачі (деякі з встановлених в системі, але не всі) включилися, а баки «прийняли» вироблене тепло. З іншого боку інтелектуальна система керування має прогнозувати коли і наскільки температура води в баках має бути вище мінімальної, щоб довгий час не включатися, і запасу тепла в баках вистачило протягом довгого періоду без включення електронагрівачів при дорогій електроенергії чи її відсутності у разі аварії в електромережі.

Висновки. З усіх запропонованих НЕК «Укренерго» сценаріїв вирішення проблем при підключенні значних задекларованих обсягів «зеленої генерації», реалізація будь-якого призводить до зростання тарифів на електричну енергію. Найбільш прийнятний з них – будівництво нових високоманеврових балансуєчих потужностей генерації та акумуляторів електроенергії, пропонується доповнити залученням споживачів-регуляторів, а саме – впровадженням розосереджених керованих Систем електроіндукційного нагріву з акумуляцією тепла та автодиспетчеризацією. Питомі капіталовкладення в такі системи значно менші, як і відповідне зростання собівартості електроенергії у споживача у разі реалізації такої пропозиції.

Власники таких Систем зможуть успішно працювати на ринку тепла та брати участь у різних сегментах нової моделі ринку електричної енергії, отримуючи за це додаткові доходи, зіставні з витратами на закупівлю електроенергії. Державному регулятору пропонується створити економічні стимули забудовникам таких систем на кшталт тих, що є у «зеленої» генерації.

Список використаних джерел

1. Кабінет Міністрів України (від 18 серпня 2017 р. № 605-р) *Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність"*.
2. С. В. Бахмачук, Ю. С. Громадський, С. М. Савицький та Д. А. Гапон (2016) 'Керування графіком навантаження в електричних мережах споживачами-регуляторами', *ScienceRise*, (2(2)), pp. 50-57 [Online]. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/text_2016_2%282%29__11 (Accessed: 27 квітня 2018).
3. Білодід В. Д. (2016) 'Прогнозна структура теплозабезпечення України на період до 2040 року', *Проблеми загальної енергетики*, (1), pp. 24-33 [Online]. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/text_2016_2%282%29__11 (Accessed: 27 квітня 2018)
4. ДП "НЕК" Укренерго" (2018), Available at: <https://ua.energy/> (Accessed: 30 квітня 2018).
5. ДП "НЕК" Укренерго" (2018) *Залучення сонячних та вітрових електростанцій до покриття навантаження ОЕС України.*, Available at: <https://www.slideshare.net/Ukrenergo/ss-92759300> (Accessed: 30 квітня 2018).
6. НКРЕ (Постанова від 12. 1997 року № 1047а із змінами та доповненнями станом на 05.10.2017) *Правила Оптового ринку електричної енергії України. Додаток 2 до Договору між членами Оптового ринку електричної енергії України*, Available at: <http://www.er.gov.ua/doc.php?c=1285>:
7. НКРЕКП (Постанова 28.12.2017 № 1513) *Про затвердження прогнозованої оптової ринкової ціни на 2018 рік.*, Available at: <http://www.nerc.gov.ua/?id=30116>:
8. Т.Л. Кацадзе та П.С. Бахмачук (2017) 'Регулювання споживання електричної енергії установками з акумулюванням тепла', *Міжнародний науково-технічний журнал молодих вчених, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми електроенергетехніки та автоматики»*,(1) pp. 188-191 [Online]. Available at: <http://jour.fea.kpi.ua/article/view/130317/125965> (Accessed: 30 квітня 2018 р).
9. Верховна Рада України (2017) *Про ринок електричної енергії: Закон України від 13 квітня 2017р. № 2019-19*, Відомості Верховної Ради (ВВР) № 27-28:.
10. К. Гончарова (2017) ' "Чорні" схеми та екологічна катастрофа: Де в Україні знищують ліс у величезних масштабах', *STYLER*, [Online]. Available at: <https://styler.rbc.ua/ukr/zhizn/-chernye-shemy-ekologicheskaya-katastrofa-1506589212.html> (Accessed: 30 квітня 2018 р).

Бахмачук С.В.

ст. преподаватель КПИ им. И.Сикорского

Бахмачук П.С.

магистрант ФЭА, КПИ им. И.Сикорского

ДЕЦЕНТРАЛИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА С ТЕПЛОАККУМУЛЯЦИЕЙ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРЕОДОЛЕНИЯ «ЗЕЛЕНО-УГОЛЬНОГО ПАРАДОКСА»

Современная электроэнергетическая система – это совокупность электростанций генераторов и потребителей, соединенных между собой сетями и связанных общим режимом работы. В Украине созданы экономические стимулы для построения электростанций, использующих экологические ВИЭ. В данной статье проанализированы выводы исследований, обнародованных оператором электроэнергетической системы Украины относительно опасностей, которые могут возникнуть в ближайшее время при присоединениях ВИЭ к электрическим сетям и увеличении генерации солнца и ветра, а также сценарии их преодоления. Эти проблемы обусловлены дефицитом мощности, способной балансировать

систематические колебания выработки ими электроэнергии. Один из сценариев назван «зелено-угольным парадоксом». Авторами предложено и обосновано свое энергоэффективное решение, которое, используя мировой опыт применения потребителей-регуляторов, дополняет сценарий, считающийся наиболее приемлемым. Такое решение параллельно решает проблемы теплоснабжения, экологии, регулирования частоты, резервирование мощности и органично вписывается в реформу рынка электрической энергии Украины, которая сейчас проводится. Показаны выгоды будущих участников энергорынка, которые внедрят такие технологии.

Ключевые слова: рынок электрической энергии; балансировка; зелено-угольный парадокс; потребитель-регулятор, теплоаккумуляция, система управляемого электроиндукционного нагрева.

Bakhmachuk S.

Assistant Professor of the Department of Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Bakhmachuk P.

Master of Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

DECENTRALIZED ELECTROINDUSTRIAL HEATING SYSTEM WITH HEAT ACUMULATION AS TOOL TO OVERCOME «GREEN-COAL PARADOX»

Modern electric power system is a set of power stations-generators and consumers connected by networks and related by the general mode of operation. Ukraine has created economic incentives for the construction of power plants that use ecological renewable energy sources. This article analyzes the conclusions of the research published by the operator of the Ukrainian electricity system regarding the dangers that may arise in the near future when this sources will be conected to the electricity networks and increasing the generation from the sun and wind, as well as scenarios for overcoming them. Such problems are due to the lack of power, which is able to balance the systematic fluctuations in their production of electrical energy. One scenario is called a "green-coal paradox".

The authors propose and substantiate their energy-efficient solution, which based on the world-wide experience of using consumers-regulators, complements the scenario , considered as a most acceptable. This solution simultaneously solves the problems of heat supply, ecology, frequency regulation, reserve capacity and organically fits into the reform of the electricity market in Ukraine, which is currently in progress. Article shows the benefits of future energy market participants who will introduce such technologies.

Keywords: electricity market; balancing; green-coal paradox; consumer-regulator, heat accumulation, controlled electrical induction heating system.

Бахмачук С.В.

svbah@ua.fm

Бахмачук П.С

bp@k-r.com.ua