

УДК 621.311
Дьяченко В.В.¹, Толстов Д.В.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Ез-111м НУ «Запорізька політехніка»

ПРО ГЕНЕРАЦІЮ ВОДНЮ НА АЕС

У зв'язку із тим, що блоки АЕС України на теперішній час працюють у базовому режимі, у часи мінімального споживання у енергосистемі (нічні часи), а також у часи максимальної генерації електроенергії ВДЕ та через зобов'язання по виконанню ПСО компанія має обсяги непроданої електроенергії. Так як зараз модель єдиного пулу уже не працює, то за цю електроенергію компанія отримує кошти від НЕК Укренерго по ціні позитивного небалансу. У таблиці 1 наведений приклад цін небалансів за 18.01.2022 [1].

18.01.2022 був вітряний день - генерація електроенергії ВДЕ у деякі часи складала 1800 МВт/год (див рис. 1)–енергосистема працювала у профіциті, генеруючі компанії отримали за позитивний небаланс 0,01 грн/МВт·год. З огляду на те що така ціна на електроенергію не відшкодовує собівартості, необхідно вжити заходів щодо покращення ситуації.

Згідно «A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe», що була прийнята в Євросоюзі у 2020 на території Євросоюзу працюватимуть електролізери сумарною потужністю 40 ГВт для виробництва «зеленого» водню, а ще 40 ГВт вироблятимуть електролізери у сусідніх країнах для експорту водню до ЄС. Згідно цього документа країни Євросоюзу планують до 2030 року знизити ціну на водень, що виробляється за допомогою зеленої енергетики до 1,5-2 євро/кг. Також у зв'язку із високою вартістю електроенергії, що генерується ВДЕ, планується прирівняти електроенергію, що виробляється на АЕС до зеленої електроенергії [2].

Таблиця 1 – Ціни на небаланси в торгівельній зоні об'єднаної енергосистеми України на прикладі за 18.01.2022.

Час	Фактична ціна небалансу, грн/МВт·год	Ціна РДН, грн/МВт·год	Ціна платежу за позитивний небаланс, грн/МВт·год
00:00-01:00	150,41	1 880,00	142,89
01:00-2:00	0,01	1 340,00	0,01
02:00-03:00	0,01	1 020,00	0,01
03:00-04:00	0,03	800,00	0,03
04:00-05:00	0,09	1 013,13	0,09
11:00-12:00	19,99	3 000,00	18,99
12:00-13:00	0,01	2 943,83	0,01
13:00-14:00	0,01	3 040,00	0,01

14:00-15:00	506,39	3 040,00	481,07
22:00-23:00	527,21	2 721,00	500,85
23:00-00:00	524,46	1 994,26	498,24

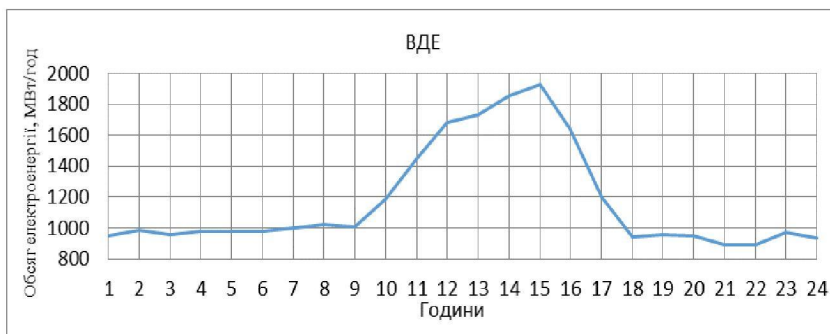


Рисунок 1 – Генерація електроенергії ВДЕ 18.01.2022

У зв'язку із цим для дослідження було розглянуто можливість використання електроенергії у профіциті часи на генерацію водню.

На цей час у світі існує декілька шляхів для отримання водню за допомогою електролізу.

Лужний електроліз - процес проходження електричного струму через розчин електроліту (20-30% розчин КОН або NaOH) від аноду до катода, внаслідок чого на них відповідно утворюються гази водень та кисень. Особливість процесу лужного електролізу - можливість роботи в широких межах навантаження (починаючи з 20% від номінальної потужності). Основними виробниками є: Stuart IMET, The Electrolyser Corporation Ltd, Norsk Hydro, DeNora та ін.

Alkaline and Proton PEM Electrolysers 3880 компанії Nelhydrogen компанії споживає близько 15 МВт електричної потужності, при цьому генерує 3880 м³/ч водню. З огляду на те, що на ЗАЕС встановлено два електролізера СЕУ- 20 лужного типу, персонал має навички експлуатації таких електролізерів, та розроблена технічна документація- встановлення електролізеру даного типу вважаємо доцільним.

До досліджень, спрямованих на вдосконалення традиційного процесу електролізу води та підвищення його економічності, можна віднести розробку електролізерів з твердо-полімерним електролітом (ТПЕ). ТПЕ електролізери в 5-7 разів дорожчі за водно-лужні з аналогічними характеристиками, але при цьому екологічно чисті, мають значно менші

масогабаритні характеристики та енерговитрати, підвищений рівень безпеки, можливість роботи в нестационарних режимах, просте обслуговування. Важливою особливістю систем електролізу води з ТПЕ є те, що чистота виробленого водню (а також кисню) відповідає якості газів, необхідних для використання в паливних елементах з ТПЕ, котрі сьогодні починають впроваджуватися на транспорті та в децентралізованій енергетиці (наприклад, чистота водню, отриманого електролізом з ТПЕ, становить щонайменше 99,98%). Але й самі електролізні системи на основі ТПЕ пред'являють жорсткі вимоги до чистоти води, що подається.

На сьогоднішній день основними виробниками електролізерів з ТПЕ є: США Hamilton Sundstrand, Proton Energy Systems Inc (електролізери, що працюють під тиском до 28 атм, продуктивністю водню до 26 м³/ч з можливою комбінацією електролізерів в енергоустановку продуктивністю 260 м³/год), Membrel process, David Systems and Technology, Iwani; в Німеччині H-tec (електролізери потужністю до 10 кВт).

Незважаючи на великий обсяг досліджень і розробок у галузі електротролізерів з ТПЕ, висока вартість мембрани (близько 200 дол. на 1 м³/ч водню при 1 А/см²), електрокаталізатор із застосуванням дорогоцінних металів (Pt, Ir, Ru), високі вимоги до чистоти води та конструкційних матеріалів (в основному, Ti) призводять до відносно високої вартості такого типу електролізерів. З іншого боку, вартість виробленого методом електролізу водню зазвичай приблизно 70 % складається з вартості електрики, тому зниження енергоспоживання електролізерів з ТПЕ дозволяє мати високі капітальні витрати. Оцінка, зроблена виходячи з одного і того ж терміну роботи (близько 5 років), показує, що ціна водню, виробленого шляхом електролізу з ТПЕ навіть менше, ніж вартість водню, виробленого методом лужного розчину.

HyLYZER® 4000-30 від компанії CUMMINS генерує 4000 м³/ч при цьому споживає 20 МВт/ч електроенергії [3]. PEM Electrolyser M5000 компанії Nelhydrogen компанії споживає близько 22 МВт електричної потужності, при цьому генерує 5000 м³/ч водню [4].

На ЗАЕС для живлення власних потреб станції використовуються трансформатори власних потреб ТРДНС-63000/35, у кількості дві одиниці на блок, що беруть живлення після генератора блоку. Також реалізована схема резервного живлення. Основне живлення магістралі резервного живлення 6 кВ передбачається від трьох груп резервних трансформаторів.

З огляду вибору живлення СГВ пропонуємо розглянути можливість живлення: через трансформатори, що живляться від лінії ЗАЕС- ЗаТЕС 330кВ; від магістралі резервного живлення та/ або ТВП енергоблоків.

У першому варіанті потужність СГВ буде обмежена потужністю встановлених трансформаторів, встановлення трансформаторів збільшить

капітальні затрати, у другому випадку не треба встановлювати нові трансформатори, але при цьому включення в схему власних потреб станції додаткового потужного споживача знижує надійність схеми. Також можливо знадобиться модернізація магістралі резервного живлення, щоб магістраль могла жити усіх споживачів, або виконувала швидке відключення СГВ та живлення потреб блоків при знеструмленні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Офіційний сайт НЕК Укренерго. Оперативні ціни небалансів https://ua.energy/uchasnikam_rinku/rezultaty-balansuyuchogo-ryнку-2/#1590479495816-2c212666-d2fa
2. BBC EU plans to label gas and nuclear energy 'green' prompt row <https://www.bbc.com/news/world-europe-59850093>
3. Бюллетень 5676523/ Выпущен в Великобритании, июнь 2021 г. Cummins Inc. <https://www.cummins.com/sites/default/files/2021-10/cummins-hydrogen-generation-brochure-russia-2021.pdf>
4. Офіційний сайт компанії NEL [https://nelhydrogen.com/product/m-series-](https://nelhydrogen.com/product/m-series-3)

3