

ПОНЯТТЯ СИСТЕМИ ГАРАНТУВАННЯ ПОХОДЖЕННЯ ТА ЇХ ІНТЕГРАЦІЯ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ З ВДЕ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

20 січня 2022 року Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України оприлюднило для громадського ознайомлення проект Національного плану дій з розвитку відновлюваної енергетики до 2030 року (НПД). Враховуючи існуючі виклики, з якими стикається сектор відновлюваної енергетики, проект Національного плану дій з відновлюваної енергетики акцентує увагу на запровадженні механізму видачі гарантій походження (ГП) електроенергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії. Електроенергія українським споживачам постачається через мережі з різних джерел і різних виробників, включаючи атомні станції, вугільну генерацію та виробників електроенергії з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Таким чином, немає способу визначити джерело походження спожитої електроенергії. З цієї причини запровадження системи відстеження, такої як схема гарантій походження, є одним із рішень цієї проблеми. Дана робота розглядає складові схеми ГП, а також метод розрахунку частки потужності та електроенергії, виробленої з ВДЕ

Ключові слова: відновлювальна енергетика, гарантії походження, ГП, ВДЕ.

Abstract

On January 20, 2022, the State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine published the draft National Renewable Energy Action Plan until 2030 (NREP) for public review. Taking into account the existing challenges faced by the renewable energy sector, the draft National Renewable Energy Action Plan focuses on the introduction of a mechanism for issuing guarantees of origin (GO) for electricity generated from renewable energy sources. Electricity is supplied to Ukrainian consumers through grids from different sources and different producers, including nuclear power plants, coal-fired generation, and renewable energy producers (RES). Thus, there is no way to determine the source of the electricity consumed. For this reason, the introduction of a traceability system, such as a Guarantee of Origin scheme, is one solution to this problem. This paper discusses the components of a GO scheme, as well as the method for calculating the share of capacity and electricity generated from renewable sources

Keywords: renewable energy, guarantees of origin, GO, RES.

Гарантії походження (ГП) — це комерційні енергетичні сертифікати, визначені директивами 2009/28/EU та 2018/2001/EU Європейського Союзу (1). Вони служать для інформування кінцевих споживачів про джерела енергії, які використовуються для їх електропостачання та розширення можливості кінцевих споживачів брати участь у переході на стійку енергію. Очікується, що вони також заохотять нові інвестиції у виробництво електроенергії з відновлюваних джерел.

Мета системи ГП - відстежувати атрибути певної мегават-години енергії від її генерації/виробництва до споживання. Таким чином, система дозволяє кінцевим споживачам знати походження енергії, що постачається їм. У свою чергу, це дає можливість кінцевим споживачам обирати споживання/використання енергії з відновлюваних джерел. Для цього виробники або генератори енергії подають запит на видачу на кожну МВт-год виробленої/генерованої ними енергії. Потім цими ГП можна торгувати, поки вони не будуть

анульовані кінцевим споживачем/для кінцевого споживача. Таке анулювання дозволяє кінцевому споживачеві заявити, що він використав цю одиницю енергії. Основна мета ГП - полегшити вибір споживача, що опосередковано може діяти як ринковий стимул для виробництва енергії з відновлюваних джерел. Розділення електроенергії та торгівлі призвело до процвітання ринку, який, однак, характеризувався непрозорістю та оманливою поведінкою (4).

Система гарантування походження складається з певних базових компонентів, які стосуються перевірки базової інформації, точного генерування даних, безпечної та електронної передачі сертифікатів походження, а також використання сертифікатів походження для анулювання та розкриття інформації. Ці базові компоненти забезпечують точне відстеження атрибутів та уникнення подвійного розкриття, коли одна і та ж одиниця (відновлюваної) енергії розкривається більше одного разу. На Рисунку 1 показано, як ці базові компоненти пов'язані з життєвим циклом ГП (5).



Рисунок 1 – Головні компоненти ГП

Кожен постачальник електроенергії зобов'язаний розкривати своїм клієнтам інформацію про енергетичне походження проданої електроенергії. Цей процес називається "Розкриття інформації", є метою ГП. ГП використовуються постачальниками енергії, а в деяких країнах і споживачами для самостійного "озеленення" "звичайної" енергії, що постачається їм постачальником або безпосередньо купується, наприклад, на енергетичній біржі. Продаж енергії з відновлюваних джерел має супроводжуватися повним анулюванням енергії (виняток становлять лише схеми державної підтримки та залишкові частки відновлюваних джерел енергії в залишковому балансі).

Необхідно розглянути методи для визначення в енергетичному балансі країни частки потужності та електроенергії, що генеруються з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). В умовах ринкової економіки також виникає потреба у визначенні кількості електроенергії, що

споживається окремими споживачами. Це дозволить вирішувати перспективні завдання, такі як формування кооперативів для енергозабезпечення селищних громад та інших груп на основі ВДЕ.

З різних причин сьогодні актуальним є питання потенційного формування локальних електроенергетичних систем на основі ВДЕ з можливістю їх переходу на автономний режим в штатному, аварійному та воєнному станах. Для цього необхідна гарантія походження електроенергії.

Існуючі підходи до організації роботи національних електронних реєстрів гарантії походження не враховують топологію мережі та місце виробництва електроенергії. Реєстри ґрунтуються на принципах відокремлення фізичних процесів від комерційних. Це робить актуальним доповнення існуючої структури організації гарантії походження (ГП) з урахуванням фізичних процесів у системах передачі та розподілу електроенергії. Це потребує розробки відповідного математичного апарату.

Запропоновано метод визначення частки перетікань потужності від сукупності ВДЕ до певних вузлів навантаження, що приєднані до електричної мережі. Суть методу полягає в тому, що значення повної потужності на початку і в кінці кожної вітки схеми визначається за формулою:

$$\dot{S}_g = \sqrt{3} \dot{U}_g M \hat{I}_g, \quad (1)$$

де U_g – діагональна матриця напруги у вузлах, включаючи і балансувальні; M - матриця з'єднань віток у вузлах, включаючи і балансувальні; \hat{I}_g – діагональна матриця струмів у вітках схеми.

Перепишемо (1) через задаючі струми у вузлах \dot{J} :

$$\dot{S}_g = \sqrt{3} \dot{U}_g M C J_g, \quad (2)$$

де $C = z_g^{-1} M_l (M z_g^{-1} M_l)^{-1}$ – матриця струморозподілу задаючих струмів по вітках схеми, де z_g - діагональна матриця комплексних опорів віток схеми електричної мережі.

З урахуванням що:

$$J_g = \frac{1}{\sqrt{3}} \dot{U}_g \dot{S}, \quad (3)$$

значення потужностей у вітках схеми через потужності у вузлах \dot{S} запишуться як

$$\dot{S}_g = \dot{U}_g M C \dot{U}_g^{-1} \dot{S}, \quad (4)$$

Введемо позначення:

$$\dot{A} = \dot{U}_g M C \dot{U}_g^{-1}, \quad (5)$$

де \dot{A} – матриця розподілу потужності вузлів по вітках електричної схеми.

Вираз (4) тоді перепишеться:

$$\dot{S}_e = \dot{A} \dot{S}. \quad (6)$$

Для визначення перетікань від ВДЕ у вітках схеми можна скористатися виразом (6):

$$\dot{S}_{e\text{ВДЕ}} = \dot{A} \dot{S}_{\text{ВДЕ}}. \quad (7)$$

де $\dot{S}_{e\text{ВДЕ}}$ – вектор перетікань потужності у вітках схеми, викликаних потужністю вузлів з ВДЕ;
 $\dot{S}_{\text{ВДЕ}}$ – вектор потужностей вузлів схеми, що відповідають вузлам схеми з ВДЕ.

Окремо виникає задача щодо гарантованого походження електроенергії від ВДЕ для конкретного споживача. В цьому випадку вираз (5) для визначення потоку потужності від ВДЕ до i -го вузла спрощується:

$$\dot{A}_i = (\dot{U}_i M_i) C_{i\text{ВДЕ}} \dot{U}_{e\text{ВДЕ}}^{-1}, \quad (8)$$

де $\dot{U}_{e\text{ВДЕ}}^{-1}$ – діагональна матриця напруги у вузлах з ВДЕ; $C_{i\text{ВДЕ}}$ – i -й рядок матриці коефіцієнтів розподілу струмів по вітках схеми електричної мережі, який відповідає вузлам з ВДЕ:

$$C_{i\text{ВДЕ}} = z_e^{-1} M_{i\text{ВДЕ}} Y_{\text{ВДЕ}}^{-1}, \quad (9)$$

$M_{i\text{ВДЕ}}$, $Y_{\text{ВДЕ}}^{-1}$ – фрагменти транспонованої матриці з'єднань та матриці вузлових провідностей схеми електричної мережі, які відповідають вузлам з ВДЕ.

Коефіцієнти розподілу потужності вузлів у вітках електричної схеми \dot{A} і у вузлах \dot{A}_i залежать від параметрів схеми, які за певних допущень вважаються постійними, а також від значень напруги у вузлах, які обумовлені навантаженням і генеруванням у вузлах схеми. Напряга у вузлах для визначення коефіцієнтів матриць \dot{A} і \dot{A}_i в залежності від необхідної точності може прийматися за результатами розрахунків усталеного режиму, за даними АСКОЕ або як середні значення напруги у вузлах за певний період (2, 3).

ВИСНОВОК:

Система гарантування походження - це механізм, який використовується в Європейському Союзі для відстеження та сертифікації енергії з відновлюваних джерел. Її мета - інформувати споживачів про походження енергії, яку вони використовують, та стимулювати інвестиції у виробництво енергії з відновлюваних джерел.

Система ГП має ряд переваг, включаючи:

- Підвищення прозорості;
- Стимулювання інвестицій;
- Сприяння досягненню цілей з відновлюваних джерел енергії;

Однак система ГП також має деякі недоліки, включаючи:

- Складність;
- Вартість;
- Можливість шахрайства;

Незважаючи на ці недоліки, система ГП є цінним інструментом для сприяння розвитку відновлюваних джерел енергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. DIRECTIVE 2018/2001/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2019 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2009/28/EC , 2001/77/EC and 2003/30/EC
2. Гарантійне походження електроенергії в локальній електроенергетичній системі з відновлюваними джерелами енергії. П.Д. Лежнюк, В.О. Комар, І.О. Гунько, К.О. Повстянко ISSN 1813-5420 Енергетика: економіка, технології, екологія. 2024.No 1
3. Lezhniuk, P., Kulyk, V., Malogulko, Y., Burykin, O., Sytnyk, A. Method of estimating the share of electricity consumption of a given consumer, which is provided from renewable energy sources. 2022 IEEE 8th International Conference on Energy Smart Systems, ESS 2022. Proceedings. pp. 85–88.
4. Is guarantee of origin really an effective energy policy tool in Europe? A critical approach Society and Economy 41 (2019) 4, pp. 487–507DOI: 10.1556/204.2019.41.4.6 ÁKOS HAMBURGER
5. The European Market for Guarantees of Origin for Green Electricity: A Scenario-Based Evaluation of Trading under Uncertainty. Alexander Wimmers, Reinhard Madlener, Energies 2024, 17, 104

Лежнюк Петро Дем'янович – докт. техн. наук, проф., професор кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, email : lezhpd@gmail.com

Повстянко Катерина Олександрівна – аспірантка, кафедра ЕСС, ВНТУ, Вінниця, e-mail: ekaterina.povstyanko@gmail.com

Lezhniuk Petro Demyanovich – Dr. tech. Sciences, Prof., Prof. of the Department of Power Plants and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsya, email : lezhpd@gmail.com

Povstianko Kateryna Oleksandrivna - – graduate student, Department of Department of Power Plants and Systems, VNTU, Vinnytsia, e-mail: ekaterina.povstyanko@gmail.com