

УДК 621.311.001.57

Ігор Буратинський, доктор філософії (PhD), <https://orcid.org/0000-0003-2928-9621>
Інститут загальної енергетики НАН України, вул. Антоновича, 172, м. Київ, 03150, Україна;
ДУ «Центр оцінювання діяльності наукових установ та наукового забезпечення розвитку
регіонів України НАН України», вул. Володимирська, 54, м. Київ, 01601, Україна
email: buratynskiy@ienergy.kiev.ua

АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ПОТОКАМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

Ключові слова: розподілена генерація, сонячна електростанція, вітрова електростанція, резервна електростанція, установка зберігання енергії.

Мета роботи. Відповідно до положень пункту 1.4 глави 1 розділу I Кодексу системи передачі (КСП) [1] ізольований (острівний) режим роботи – це незалежна робота всієї або частини енергосистеми, що ізольована внаслідок від'єднання від об'єднаної енергосистеми (ОЕС), та має принаймні одну генеруючу одиницю, установку зберігання енергії (УЗЕ) або систему постійного струму високої напруги, що видає потужність в електричну мережу цієї енергосистеми та регулює частоту та напругу.

Відповідно до положень (пунктів 2.2 глави 2 розділу III та 6.2 глави 6 розділу III) КСП обов'язкова участь у острівному режимі висувається лише до генеруючих одиниць та УЗЕ типу C і D, тобто із встановленою потужністю вище 20 МВт. Разом з тим, відповідно до положень статті першої Закону України «Про ринок електричної енергії» [2] до розподіленої генерації відносяться електростанції зі встановленою потужністю 20 МВт та менше, що приєднуються до мережі системи розподілу.

При виникненні надзвичайної ситуації в ОЕС електростанції розподіленої генерації (одинична встановлена потужність яких не перевищує 20 МВт), що знаходяться в електроенергетичному вузлі, не забезпечать автономну роботу даного електроенергетичного вузла в ізольованому (острівному) режимі роботи, оскільки у них стандартно не передбачений функціонал з автономної підтримки частоти та напруги. Таким чином, постає актуальним питання пошуку методів автоматичного керування потоками електричної енергії в електроенергетичному вузлі із розподіленою генерацією, що забезпечуватиме безперебійне постачання електричної енергії споживачам.

Метою даної роботи є формування режимів функціонування електроенергетичного вузла, до складу якого входять сонячна електростанція (СЕС), вітрова електростанція (ВЕС), резервна електростанція (РЕС), УЗЕ, споживачі електричної енергії та наявний зв'язок з ОЕС, та розробка методу автоматичного керування потоками електричної енергії розподіленої генерації для забезпечення безперебійного постачання електричної енергії споживачам.

Результати роботи. Дослідження проводилось для умовного електроенергетичного вузла, що наведений на рисунку, до складу якого входить СЕС, ВЕС, РЕС, УЗЕ, споживачі та наявний окремий зв'язок з ОЕС. Окремі об'єкти електрично з'єднуються на збірних шинах підстанції (ПС).

На рисунку наведено інтелектуальні лічильники електроенергії (*Л*), що підключаються через вимірювальні понижувальні трансформатори струму (*ТС*). Двонаправлені інтелектуальні лічильники електроенергії забезпечують можливість, в режимі реального часу, вимірювати поточне значення потужності із фіксацією напрямку потоку електричної енергії. Лічильники об'єднуються в автоматизовану систему комерційного обліку електроенергії (*АСКОВЕ*).

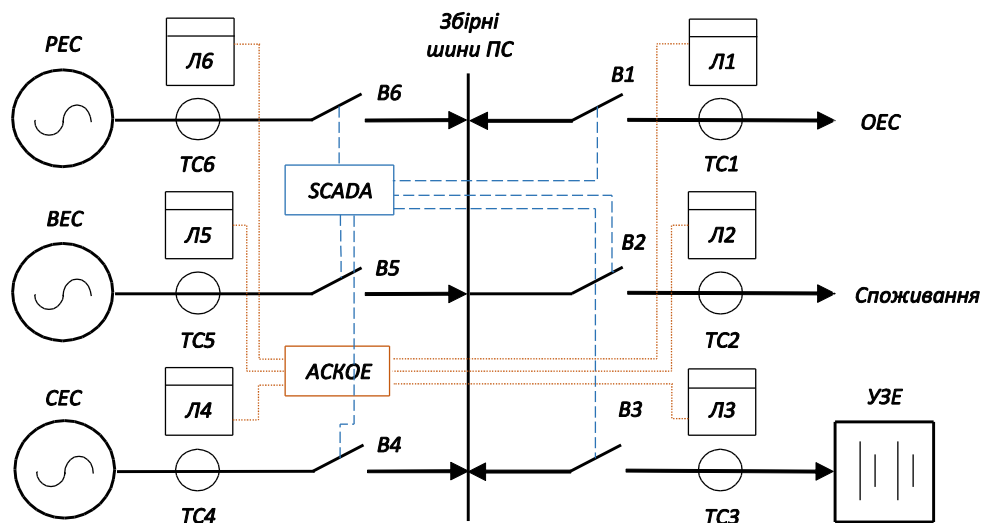


Рисунок. Електрична схема досліджуваного електроенергетичного вузла

На лініях до окремих елементів електроенергетичного вузла встановлюються вимикачі (*B*), які отримують команди через автоматизовану систему управління потоками електроенергії (*SCADA*). Запропонована електрична схема дозволяє здійснювати автоматичне керування потоками електричної енергії шляхом надання відповідних команд на вимикачі, перемикання яких забезпечує зміну режимів роботи досліджуваного електроенергетичного вузла.

В умовах необхідності забезпечення надійності електропостачання споживачам та досягнення найбільшої економічної ефективності функціонування об'єктів розподіленої генерації в ринкових умовах можна виділити такі основні режими роботи: «нормальний» при зв'язку з ОЕС та «ізований» без зв'язку з ОЕС. У «нормальному» режимі можна виокремити наступні підрежими:

а) достатній рівень генерації *BEC* та *CEC*. У даному режимі роботи *CEC* та *BEC* працюють на максимально можливій потужності. *УЗЕ* працює в режимі надання допоміжних послуг з регулювання частоти та активної потужності в енергосистемі. *PEC* відімкнена або, у випадку отримання диспетчерської команди на завантаження, запускається та здійснює відпуск електроенергії в ОЕС.

б) недостатній рівень генерації *BEC* та *CEC*. У випадку недостатніх обсягів генерації на *BEC* та *CEC* для покриття потреб місцевих споживачів здійснюється відбір електроенергії з ОЕС, або, якщо це економічно доцільно (після проведення розрахунків та порівняння собівартості виробництва електроенергії з ціною купівлі електричної енергії на ринку), запускається *PEC*.

У «нормальному» режимі забезпечення балансу між обсягами виробництва електричної енергії та споживання із урахуванням втрат у лініях електропередачі та підтримка частоти та напруги на належному рівні здійснюється через зв'язок з ОЕС.

У «ізованому» режимі можна виокремити наступні підрежими:

а) достатній рівень генерації *BEC* та *CEC*. У даному режимі роботи при наявності надлишкової генерації на *CEC* та *BEC* здійснюється заряджання *УЗЕ*, при цьому, якщо акумуляторні батареї вже заповнені повністю, відбувається обмеження генеруючих потужностей (*CEC* або *BEC*). *PEC* вмикається лише за необхідності, наприклад, коли потужності *УЗЕ* недостатньо для компенсації коливань потужності на *BEC* та *CEC*, що пов'язані із стохастичністю погодних умов.

б) недостатній рівень генерації *BEC* та *CEC*. У даному режимі роботи електроенергія, якої не вистачає для покриття потреб локальних споживачів, виробляється на *PEC*. *УЗЕ* застосовується для компенсації коливань потужності на *BEC* та *CEC*, регулювання частоти та напруги в локальному електроенергетичному

вузлі.

На СЕС та ВЕС встановлюються мережеві перетворювальні інвертори, здатні працювати лише за наявності відповідного рівня напруги в електроенергетичному вузлі. РЕС та УЗЕ встановлюються із можливістю забезпечення роботи в ізолюваному режимі, тобто із характеристиками, що притаманні електроустановкам типу С та D згідно з класифікацією КСП. При переході в ізолюваний режим електроенергетичного вузла миттєву підтримку потужності (резерв підтримки частоти) здійснює УЗЕ. РЕС як основна електростанція, що відповідає вимогам до вторинного регулювання частоти та активної потужності в енергосистемі, забезпечує відновлення частоти із здатністю виходу на номінальну потужність за час, що не перевищує 15 хвилин з моменту отримання відповідної команди.

Висновки. Побудова наведеного електроенергетичного вузла, до складу якого входить СЕС, ВЕС, РЕС, УЗЕ, локальні споживачі та наявний зв'язок з ОЕС, із наявністю автоматизованої системи обліку електричної енергії дозволяє здійснювати керування потоками електричної енергії шляхом видачі відповідних команд на комутуюче обладнання для забезпечення безперебійного електропостачання споживачам. Важливим є те, що у складі електростанцій розподіленої генерації має бути визначена основна електростанція, що здатна працювати в ізолюваному (острівному) режимі роботи.

Економічна ефективність функціонування об'єктів розподіленої генерації в ринкових умовах досягається шляхом прийняття відповідних рішень щодо доцільності здійснювати відбір електричної енергії з енергосистеми, які базуються на основі розрахунків та порівняння собівартості виробництва електричної енергії на власних генеруючих установках із цінами купівлі електричної енергії на ринку. Крім того, для отримання додаткового доходу, при наявності профіциту потужності в локальному електроенергетичному вузлі, доцільно здійснювати продаж та, відповідно, відпуск виробленої електроенергії в енергосистему та надавати допоміжні послуги на ринку.

Посилання

1. Про затвердження Кодексу системи передачі: Постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 309. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0309874-18#Text> (дата звернення: 11.05.2024).
2. Про ринок електричної енергії: Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (дата звернення: 11.05.2024).

AUTOMATIC CONTROL OF ELECTRICAL ENERGY FLOWS OF DISTRIBUTED GENERATION

Ihor Buratynskyi, PhD (Engin.), <https://orcid.org/0000-0003-2928-9621>

General Energy Institute of NAS of Ukraine, 172, Antonovycha St., Kyiv, 03150, Ukraine;

State Institution "Center for evaluation of activity of research institutions and scientific support of regional development of Ukraine of NAS of Ukraine", 54, Volodymyrska St., Kyiv, 01030, Ukraine

e-mail: buratynskyi@ienenergy.kiev.ua

Abstract. *The uninterrupted supply of electricity to consumers and the economic efficiency of the operation of an electric power node with a solar, wind, and reserve power plant, an energy storage system, consumers, and a connection to the power system are achieved by making appropriate decisions about the feasibility of selecting electricity from the power system, which are based on calculations and cost comparison production of electricity with prices of purchase of electricity on the market.*

Keywords: distributed generation, solar power plant, wind power plant, reserve power plant, energy storage system.