УДК 621.316

О. Є. Рубаненко
О. О. Рубаненко
О. В. Лізанець

СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ ПАНЕЛІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Обґрунтовано необхідність дослідження параметрів фотоелектричних модулів та можливостей мікропроцесорної техніки для цього.

Ключові слова:

відновлювальні джерела, фотоелектричні станції, фотоелектричні модулі, фізичне моделювання, Arduino.

Abstract

The necessity of studying the parameters of photovoltaic modules and the possibilities of microprocessor technology for this purpose is substantiated.

Keywords:

renewable sources, photovoltaic stations, photovoltaic modules, physical modeling, Arduino.

Вступ

В наш час попит на енергію не зменшується, а її вартість зростає. Це вимагає пошуку оптимальних методів виробництва, транспортування, розподілу та споживання електроенергії [1]. Наприклад, шляхом максимального наближення розподілених по великій території споживачів, джерел електроенергії, які використовують джерела відновлювальної первинної енергії, а саме: сонце, воду, вітер і т.п. З метою оптимального керування режимами розподільних електричних мереж виправданим є дерегулювання потужними електричними станціями за рахунок зростання ролі розподілених джерел електроенергії в процесі керування режимами. Це виправдано в розподільних електричних мережах з кількома відновлюваними джерелами електроенергії, які можуть забезпечити поряд розташоване навантаження. За останнє десятиліття відбулося значне зростання кількості сучасної мікропроцесорної техніки, електроніки та цифрових технологій керування електроенергетичним обладнанням, оскільки навіть в віддалених сільських районах побудовані та експлуатуються фотоелектричні станції, малі гідроелектричні станції, берегові та інші вітрогенератори [2] і т.п . Наразі схема електричних розподільних мереж стала складнішою в експлуатації, а алгоритми та методи надійного та оптимального керування режимами змінюються через модернізацію інфраструктури електропостачання та електроспоживання району.

Система керування запланованими режимами районних електричних мереж інколи експлуатується з меншими запасами, з меншим резервом. Це може бути викликане внутрішніми пошкодженнями, несправним електроенергетичним обладнанням та коливаннями потужності, а також може бути пов’язане з коливаннями частоти, напруги та з нестабільністю генерування та споживання [3]. У літературі доступні різноманітні методики, які використовуються для аналізу порушень запланованих режимів, методики запобігання аварійним режимам, запобігання непостачання електроенергії споживачам і т.п.

Інтеграція відновлюваних джерел в системи електропостачання є багатоаспектною задачею, заснованою на використанні результатів математичного та комп’ютерного моделювання нормальних, аварійних та післяаварійних режимів, фізичного моделювання обладнання розподілених джерел електроенергії, наприклад з метою вивчення впливу пошкоджень їх деталей та вузлів, наприклад, на показники якості електричної енергії.

В наш час відновлювальні джерела енергії встановлюються в розподільній електричній системі на різних рівнях електропостачання та передавання електроенергії між підстанцією та споживачами З причини пошкоджень електрообладнання можуть бути перебої в постачанні електроенергії [4], які ненавмисно викликають «острівування». Нерегульований «острів» і його поведінка є не передбачуваними і можуть призвести до коливань частоти, напруги та до понад-нормованого

відхилення інших параметрів якості електроенергії [5]. Погіршуються умови безпечної життєдіяльності [3]. Пошкодження обладнання розподільних електричних мереж та ВДЕ призводить до недовипуску електроенергії споживачам та до порушення технологічних процесів на підприємствах споживачів. Під час експлуатації інколи виникають ситуації, коли система електропостачання «островів» оперативно знеструмлюється починаючи з місць приєднання «островів» до об'єднаної електроенергетичної системи [5]. Це відбувається за результатами вимірювання параметрів режиму локальних електроенергетичних систем або за результатами математичного моделювання процесів в ЛЕС коли, наприклад, поточні рівні вузлових напруг не дозволять використовувати «острівну» електричну мережу, або не дозволяють отримувати електричну енергію від теплових електричних станцій, які традиційно використовують викопне паливо.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

З метою досліджень процесів в ЛЕС з ВДЕ використовуються сучасні фізичні моделі. Відомо те, що модельований об'єкт це системне утворення, яке у спрощеному вигляді відображає, репрезентує свій оригінал [6]. Існують математичні та фізичні моделі фотоелектричних станцій (ФЕС). Модель ФЕС у певному розумінні репрезентує (відтворює, відображає) деякий оригінал, наприклад ФЕС.

Так, у ВНТУ створений лабораторний стенд для дослідження параметрів фотоелектричної панелі (рис. 1).

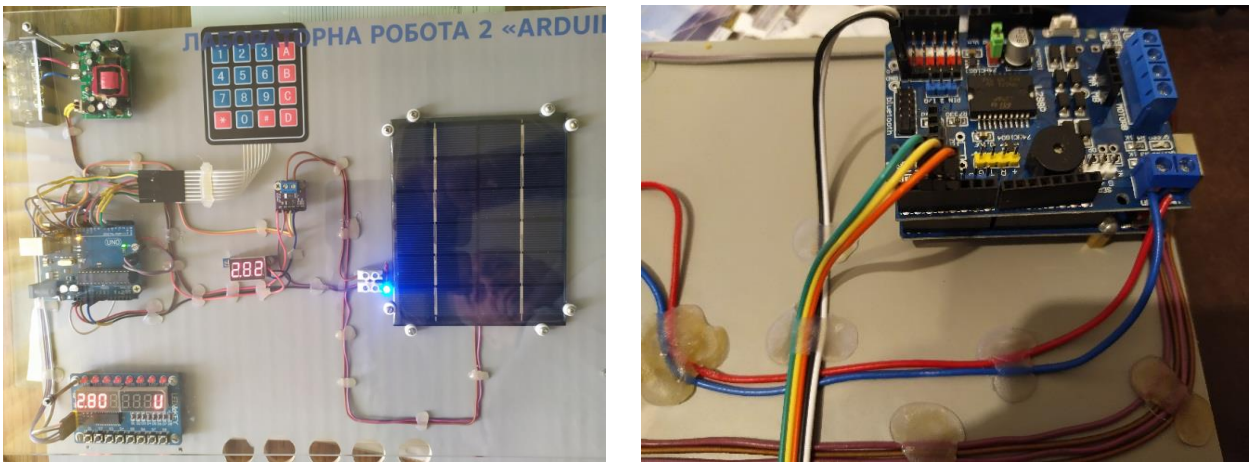

Рис. 1. Зовнішній вигляд створеного стенду

В цьому стенді використовуються: цифровий вимірювач струму та напруги CJMCU-219 на мікросхемі INA219 з шиною I2C [7]. Мікросхема INA219 вимірює параметри протікання струму в будь-якому напрямку з автоматичним перемиканням полярності вимірювання. Застосувати модуль можна в системах, які контролюють процес заряду/розряду акумуляторних батарей, джерелах живлення з контролем напруги і споживаного навантаженням струму. Можливості зміни I2C адреси вимірювача дозволяють підключити на одну шину до 4-х таких пристроїв. Для збільшення точності вимірювань передбачений регістр калібрування.

Також застосовується модуль індикації та управління на мікросхемі TM1638. Індикаторний клавіатурний модуль на мікросхемі TM1638 призначений для введення-виведення інформації з мікроконтролера. Плата відображає інформацію на 8-ми семисегментних індикаторах, 8-ми світлодіодах і дозволяє вводити інформацію з 8 кнопок. Для управління використовується послідовний інтерфейс. Управління індикаторами і визначення натискання кнопок виконує мікросхема TM1638 китайської фірми Titan Micro Electronics. TM1638 приймає від МК і передає дані по унікальному послідовному інтерфейсу з трьох сигналів, близькому до інтерфейсу SPI. Відмінність від SPI полягає в об'єднанні в одну лінію двох ліній прийому і передачі. Назви сигналів відмінні від прийнятих в SPI, але вони добре розпізнаються [8].

В лабораторному стенді використаний контролер Arduino Uno Rev3 (ATmega16U2) [9]. Від попередніх версій цей контролер відрізняється мікросхемою USB-UART (ATMega16u2). Особливість

мікросхеми - висока швидкість передачі даних та відсутність потреби додаткової інсталяції драйверів. Вони встановлюються автоматично при інсталяції середовища розробки Arduino IDE. Також Uno має додаткові контакти SDA і SCL (I2C інтерфейс), виводи AREF джерела опорної напруги для АЦП контролера та IOREF - вихід напруги живлення портів введення-виведення (для автоматичного перемикання напруги периферії при використанні 5В і 3,3 контролерів). У всьому іншому це все той же контролер Arduino UNO на базі мікроконтролера Atmega328 з масою прикладів програм серед яких, і програма фізичної моделі ФЕС. Arduino - це відкрита платформа, яка дозволяє збирати різноманітні електронні пристрої. Для програмування використовується спрощена версія мови програмування C++. Розробку програмного забезпечення можна вести як з використанням безкоштовного середовища Arduino IDE, так і за допомогою інструментарію мови програмування C/C++.

В стенді застосовується високоефективне джерело екологічно-чистої і безкоштовної електричної енергії, а саме: фотоелектрична панель [10]. Вологозахищена конструкція панелі дозволяє використовувати її поза приміщеннями і в польових умовах.

Функціональні можливості стенда покращені наступним шляхом:

Напруга 12 В від фотоелектричної панелі (ФЕП), подається на акумуляторну батарею (12 В) для накопичення енергії через пристрій зарядки. Напруга цієї батареї постійно контролюється мікропроцесорним вольтметром та мікроконтролером. Оскільки напруга подається на один з входів мікроконтролера, то якщо ця напруга менше необхідної напруги 12 В, то мікроконтролер автоматично відключає живлення цієї акумуляторної батареї, надсилаючи сигнал відключення до схеми живлення електричних двигунів, розташованих на стенді. Навантаження, підключене через інвертор, відключається за допомогою герконового реле від першої акумуляторної батареї (АБ1) та підключається до другої АБ2 в схемі живлення двигунів. Таким чином обладнання стенду забезпечує безперебійне живлення електричних двигунів. У той же час для досягнення максимальної потужності від ФЕМ, включена система стеження за напругою, яка складається з LDR'S (світлозалежних датчиків, наприклад, до фоторезисторів). Фоторезистори підключені до мікроконтролера. Їх опір реагує на світло. Ці датчики та подають сигнал мікроконтролеру, який, у свою чергу, видає сигнал до схеми керування електродвигунами. Цей сигнал використовується в схемі керування електроприводом приводом (двигуном постійного струму) керування повертанням ФЕМ, для зміни його положення у напрямку розташування джерела світла.

У порівнянні з технічними характеристиками різних АБ. Використані у стенді Li-Ion елементи АБ здатні зберігати електроенергію. При тому напруга АБ знаходитиметься в межах від 3,6 до 3,85 В. У цих АБ літій-іонний елемент має більшу ємність для зберігання електроенергії.

Літій-іонні елементи можуть використовуватися для накопичувачів енергії в мережах, які мають велику щільність потужності. Ємність акумуляторної батареї залежить від матеріалів, з яких виготовлений акумулятор. Літій-іонний акумулятор має переваги з точки зору вартості та зручності експлуатації.

Висновки

Розроблений стенд дозволяє дослідити переваги технології Smart Grid в розподільних електричних мережах з ФЕС.

Властивості технології Smart Grid, які реалізовані в розробленому стенді, полягають у наступному: автоматична підзарядка акумуляторних батарей стенда при достатній інсоляції; автоматичне перемикання акумуляторних батарей з режиму заряду в режим розряду на навантаження, якщо напруга на навантаженні понаднормово зменшується; автоматичне відключення електродвигунів стенда, якщо згодом напруга двигунів понаднормово зменшується навидь при підключених акумуляторних батареях стенду.

В розробленому стенді шляхом інтеграції в реальному часі реалізовані імплікаційні функції оптимального керування апаратними компонентами стенду: реле, двигунами, фотоелектричним модулем, джерелом живлення і т.п.

Розроблена для стенду система автоматичного керування найкраще підходить для керування електричними двигунами навантаження, підключеними до електромережі стенда, та системою живлення цього навантаження від мережі централізованого живлення чи від джерела локального електропостачання (акумуляторних батарей).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Lezhniuk P.D. Determination of Optimal Transformation Ratios of Power System Transformers in Conditions of Incomplete Information Regarding the Values of Diagnostic Parameters: monograph / P.D. Lezhniuk, O.E. Rubanenko, O.O. Rubanenko Editors: Constantin Volosenncu., Chapter 6. IntechOpen, London, UK. – **2020**, – P.P. 97 – 124
2. Rocabert Joan. Control of Power Converters in AC Microgrids [Електронний ресурс]/Joan Rocabert**,** A. Luna, Frede Blaabjerg, Pedro Rodriguez// IEEE Transactions on power electronics. – 2012. − Vol. 27. − No. 11. – P. 4734 −4748. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/254061229 (дата звернення: 01.06.2022). − Назва з екрана.
3. Komor Paul. Smart Grids and Renewables / Paul Komor, Anderson Hoke (University of Colorado), Ruud Kempener (IRENA) − Abu Dhabi. United Arab Emirates. International Renewable Energy Agency (IRENA), 2013. – 44 p
4. Abdulhakim Khalaf Alsaif .Challenges and Benefits of Integrating the Renewable Energy Technologies into the AC Power System Grid / Abdulhakim Khalaf Alsaif // American Journal of Engineering Research (AJER) – 2017. – Vol. 6, Issue 4. – P. 95 – 100. Режим доступу: https://www.ajer.org/papers/v6(04)/L060495100.pdf (дата звернення: 01.06.2022). − Назва з екрана.
5. Carreras B. A. Complex dynamics of blackouts in power transmission systems [Електронний ресурс] / B. A. Carreras, V. E. Lynch, I. Dobson, and D. E. Newman // Chaos. – 2004. − vol.14. P. 643–652. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/8268184_Complex_dynamics_of_blackouts_in_power_transmission_systems (дата звернення: 01.06.2022). − Назва з екрана.
6. Ратніков В. С. Основи філософії науки і філософії техніки: навчальний посібник / В. С. Ратніков. − Вінниця: ВНТУ, 2012. − 291 с.
7. Цифровий датчик струму і напруги CJMCU-219. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://arduino.ua/prod1661-cifrovoi-datchik-toka-i-napryajeniya-na-ina219-s-shinoi-i2c. (дата звернення: 01.06.2022). − Назва з екрана.
8. Індикаторний клавіатурний модуль на мікросхемі TM1638. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://arduino.ua/prod2010-modyl-indikacii-i-ypravleniya-na-tm1638. (дата звернення: 01.06.2022). − Назва з екрана.
9. Контролер Arduino Uno Rev3 (ATmega16U2). [Електронний ресурс] Режим доступу: http://arduino.ua/prod676-arduino-uno-rev3.
10. Фотоелектрична панель. Режим доступу: http://arduino.ua/prod1465-solar-panel-2w-6v. [Електронний ресурс] (дата звернення: 01.06.2022). − Назва з екрана.

Рубаненко Олександр Євгенійович канд. техн. наук, професор кафедри електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет.
Рубаненко Олена Олександрівна доктор техн. наук, доцент кафедри електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет.
Лізанець Олександр Васильович студент гр. 2ЕЕ-18б, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет**,** Вінниця sanya.lizanets@gmail.com

Rubanenko Oleksand Yvgenievich Cand. tech. Sciences, Professor of Power Plants and Systems, Vinnytsia National Technical University. email: rubanenkoae@ukr.net.
Rubanenko Olena Oleksandrivna Doctor of Technical Sciences Sciences, Associate Professor of Power Plants and Systems, Vinnytsia National Technical University.
Lizanets Oleksandr Vasyliovych student gr. 2EE-18b, Faculty of Power Engineering and Electromechanics. sanya.lizanets@gmail.com