

на умови пуску асинхронного генератора. Зменшення величини ємності фільтра кола постійного струму інвертора призводить до полегшення пуску асинхронного генератора.

За результатами дослідження чітко видно, забезпечення надійного пуску асинхронного генератора з інверторним збудженням можна досягти корегуванням величини ємності фільтру, проте чіткої залежності встановити не вдалося. Пошук такої залежності потребує додаткового дослідження.

#### **Список використаних джерел**

1. Марков, В. С. Огляд та аналіз сучасних гіпотез порушення автономних асинхронних генераторів. Інтегровані технології та енергозбереження. 2017. № 1. С. 73–94. (CrossRef)
2. Muljadi, E., Sallan, J., Sanz, M., and Butterfield, C.P., Investigation of self-excited induction generators for wind turbine applications, IEEE Proc., 1, 509–515, 1999
3. Ekanayake, J. B., Induction generators for small hydro schemes, Power Eng. J., 61–67, April 2002.
4. F. A. Farret, B. Palle and M.G. Simoes, “Full expandable model of parallel self-excited induction generators,” IEE Proc.-Electr. Power Appl., Vol. 152, No. 1, January 2005.

**УДК 621.3**

### **ВПЛИВ ЄМНОСТІ АКУМУЛЯТОРА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ**

**Коваль Вадим Петрович,**

кандидат технічних наук, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

*E-mail: koval\_vp@ukr.net*

Руйнування енергосистеми України, підвищення цін на електроенергію та недостатня кількість електроенергії на деяких ділянках електромережі стали суттєвими аргументами пошуку резервних джерел живлення. Саме тому розподілені фотоелектричні системи набувають усе ширшого застосування як для промислового так і для житлового сектору. Фотоелектричні станції, які функціонували до війни лише для продажу електроенергії в мережу відступають на задній план. Усе частіше будуються фотоелектричні станції, які генерують електроенергію для власних потреб. У зв'язку із нерівномірністю поступлення сонячної енергії та споживання електроенергії обов'язково використовувати акумулятори електроенергії. Незважаючи на велику кількість досліджень, присвячених проектуванню ємності та стратегіям управління системою акумуляування за різних умов роботи [1], мало хто з них приділяє увагу впливу ємності акумулятора на ефективність роботи фотоелектричної станції в реальних умовах експлуатації.

Для досліджень побудовано фотоелектричну станцію на основі гібридного інвертора MUST PV18-5248 PRO потужністю 2320 Вт (рис.1).

В її склад входять 8 фотоелектричних панелей потужністю по 290 Вт, гібридний інвертор, захисна апаратура від короткого замикання, перенавантаження, ураження блискавкою та Li-ion акумуляторна батарея напругою 48 В із системою керування акумуляторною батареєю (BMS).

Використаний гібридний інвертор MUST PV18-5248 PRO – це пристрій який функціонує із трьома джерелами енергії: мережа, сонце і акумуляторна батарея. При наявності будь-якого з них живить споживача електроенергією. При цьому має функцію підмішування. Вона полягає в подачі електроенергії від декількох джерел одночасно, змінюючи відсотковий вміст кожного в залежності від заданої програми. Наприклад, запрограмовано жити споживача спочатку від фотоелектричних панелей, потім від акумулятора, а при недостатній кількості електроенергії від першого і другого – від мережі. У цьому випадку, якщо енергії

сонця не достатньо живлення споживача буде здійснюватися з двох чи навіть трьох джерел одночасно. Тоді з фотоелектричних панелей відбирається максимум, решту із акумуляторної батареї, а піки (при вмиканні двигунів, компресорів і т.д) з мережі. Ще однією важливою функцією обраного інвертора є дистанційне керування та система моніторингу, яка дозволяє отримати звіти про потоки енергії і фотоелектричній станції.



а) зовнішній вигляд



б) фотоелектричні панелі на даху будинку



в) блок захисту електростанції

Рисунок 1 – Експериментальна фотоелектрична станція на основі гібридного інвертора MUST PV18-5248 PRO

Для експериментів взято Li-ion акумуляторну батарею 12S2p ємністю 125 А·год (5,55 кВт·год) (див рис. 1). Акумуляторна батарея повинна забезпечити живлення будинку у темну пору доби, а сонячна енергія у день. Саме тому її ємність обрана як половина тієї, що споживає будинок за добу.

В результаті дана система успішно працювала впродовж року. На рис. 2 наведено графіки генерації та енергоспоживання отримані експериментальним шляхом для деяких днів року.

Проаналізувавши отримані результати зроблено наступні висновки:

в сонячні дні у світлу пору доби електроенергії, генерованої фотоелектричною станцією було достатньо для живлення будинку;

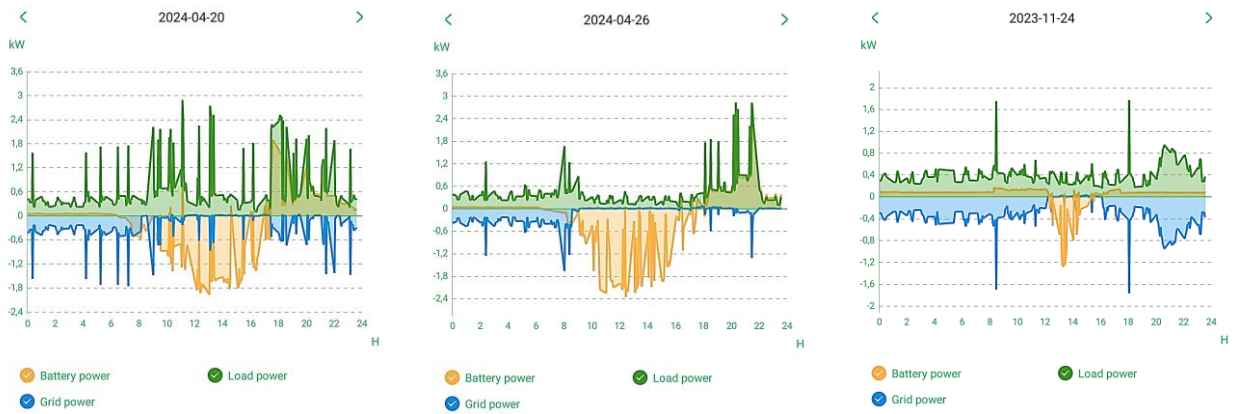
у вечірній час, при живленні від акумуляторної батареї ємністю 125 А·год (5,55 кВт·год), накопиченої електроенергії було достатньо лише до 21...23 години (залежно від пори року);

розряджена акумуляторна батарея заряджалася наступного дня до полудня (недостатня ємність), а після цього надлишки електроенергії, які не споживалися втрачалися;

впродовж трьох зимових місяців, коли сонячних днів було дуже мало і переважала хмарна погода генерація становила від 7 % встановленої потужності;

попередньо зроблене припущення, що ємність акумулятора повинна бути такою, щоб забезпечити половину добового навантаження була помилковою. Слід враховувати, що у вечірній час в приватному будинку споживання є найбільшим. Крім того система не розряджає акумулятор до «0», а з метою забезпечення тривалої роботи розряджає його до 20 %.

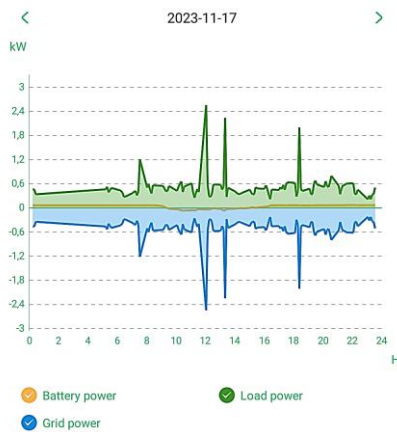
Наступним етапом експериментів стала розробка та виготовлення акумуляторної батареї ємністю 426 А·год (20,49 кВт·год). Її зовнішній вигляд представлений на рис. 3, а.



а) «сонячної» електроенергії достатньо тільки в день

б) «сонячної» електроенергії достатньо до опівночі

в) генерування «сонячної» електроенергії 24.11.2023



г) робота електростанції у хмарну погоду

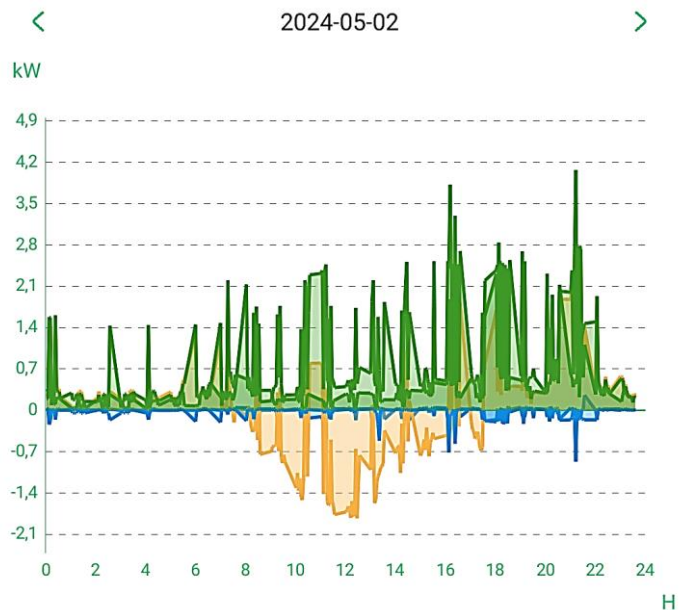


д) вікно моніторингу миттєвих даних енергетичних потоків

Рисунок 2 – Screenshots із системи моніторингу роботи фотоелектричної системи



а) акумуляторна батарея ємністю 426 А·год (20,49 кВт·год)



б) генерація повністю покриває потреби в електроенергії

Рисунок 3 – Акумуляторна батарея ємністю 426 А·год (а) і результат її використання (б)

В результаті експлуатації впродовж 10 днів фотоелектрична система показала відмінний результат із ефективності роботи. Оскільки уся електроенергія вироблена панелями або споживалась навантаженням, або накопичувалася в акумуляторній батареї (рис. 3,б). Саме тому ємність акумуляторної батареї повинна бути не меншою ніж добове електроспоживання.

#### **Список використаних джерел**

1. Герега С. Збільшення ефективності використання сонячних панелей / Степан Герега, Вадим Коваль, Ярослав Філюк // Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування, 8-9 червня 2017 року. – Т. : ТНТУ, 2017. – С. 202.

**УДК 628.98**

### **СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ РОЗУМНИХ МІСТ**

**Козак Катерина Миколаївна,**  
кандидат технічних наук, доцент  
**Тарасенко Микола Григорович,**  
доктор технічних наук, професор  
**Теравський Петро Анатолієвич,**  
студент-магістр

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
*E-mail: kozakateryna@gmail.com*

У мінливому ландшафті розвитку міст інтеграція інтелектуальних технологій у системи вуличного освітлення стала центральною точкою для підвищення функціональності та ефективності міської інфраструктури. Даний аналіз заглиблюється в трансформаційну роль розумного освітлення в рамках розумних міст, підкреслюючи, як ці системи не тільки освітлюють міське середовище, але й роблять значний внесок у енергозбереження, підвищену безпеку та покращене міське управління.

Статистичні дані, надані джерелами [1, 2], висвітлюють критичний аспект міського енергоспоживання, де приголомшливі 60% електроенергії, призначеної для міських потреб, споживається вуличним освітленням. Це підкріплює нагальну потребу в оптимізованих рішеннях освітлення, які б відповідали високому попиту на енергію, особливо під час роботи вночі. Розумні системи освітлення, які замінюють традиційні лампи розжарювання та люмінесцентні лампи, з'являються як рішення для значного зменшення споживання енергії вже давно. У сучасних системах розумного освітлення використовуються передові технології керування, які включають як дротові, так і бездротові мережі, завдяки чому можна регулювати освітлення на основі даних про навколишнє середовище та інфраструктуру в реальному часі. Ця здатність динамічно контролювати інтенсивність світловипромінювання не тільки зменшує непотрібне споживання електроенергії, але й подовжує термін служби освітлювальних пристроїв, таким чином забезпечуючи подвійну вигоду – зниження витрат на експлуатацію та обслуговування.

В основі переходу до розумних систем вуличного освітлення лежить парадигма Інтернету речей (IoT), яка запроваджує більш взаємопов'язаний і керований даними підхід до міського управління. Відповідно до [3], IoT включає різноманітні пристрої, вбудовані в датчики та комунікаційні технології, такі як WiFi, GSM та ZigBee, які полегшують обмін даними через Інтернет. Це підключення має вирішальне значення для впровадження інтелектуальних систем освітлення, оскільки воно дозволяє дистанційно керувати та оптимізувати освітлення на основі вичерпних міських даних. Наприклад, датчики можуть