3. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії : навч. посіб. Київ : НТУУ «КПІ», 2012. 495 с.

4. Khezri R., Mahmoudi A., Whaley D. Optimal sizing and comparative analysis of rooftop PV and battery for grid-connected households with all-electric and gas-electricity utility. Energy. 2022. Vol. 251. 123876. DOI: https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123876.

5. Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку установок зберігання енергії : Закон України від 15.02.2022 № 2046-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2046-20 (дата звернення: 29.09.2026).

Abstract. *The possibility of autonomous supply of essential process loads of an agricultural enterprise from a solar plant with battery storage is investigated. Two ways of integrating the battery into the plant circuit are compared, a design relationship for preliminary determination of battery energy capacity is derived, and a numerical estimate for a farm in the Mykolaiv region is performed.*

Keywords: *solar plant, battery storage, autonomous power supply, essential loads, agricultural enterprise.*

Науковий керівник:

Кондратьєва А.А.

Асистентка кафедри агроінженерії

Миколаївський національний аграрний університет

УДК 621.311.1:620.91:631.371

МІКРОМЕРЕЖІ (MICROGRID) ДЛЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ СІЛЬСЬКИХ ГРОМАД

Володимир ПОПОВ, Ігор ГЛАЗУНОВ

Здобувачі вищої освіти спеціальності G3 «Електрична інженерія»

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація: *Розглянуто побудову локальної мікромережі для живлення об’єктів критичної інфраструктури сільської громади від сонячних станцій та*

акумуляторного накопичувача в період відсутності зовнішнього електропостачання. Визначено склад обладнання, запропоновано ранжування споживачів за трьома рівнями пріоритету та оцінено вплив черговості їх відключення на тривалість автономного режиму.

Ключові слова: *мікромережа, критична інфраструктура, острівний режим, накопичувач енергії, енергостійкість громади, розподілена генерація.*

Електропостачання сільських населених пунктів здійснюється переважно протяжними лініями 10 кВ, відновлення яких після пошкоджень потребує значного часу. Між тим від наявності напруги залежить робота ключових об’єктів громади: водопостачання й водовідведення, амбулаторії, школи з укриттям, засобів зв’язку та органу місцевого самоврядування [4]. Забезпечення цих об’єктів власним джерелом дозволяє громаді зберігати життєздатність у разі тривалої аварії в енергосистемі, тому локальні мікромережі розглядаються як один із основних інструментів підвищення енергостійкості [1, 2].

Мета роботи – визначити склад мікромережі для об’єктів критичної інфраструктури громади та сформулювати правила розподілу енергії в автономному режимі.

Мікромережа (microgrid) являє собою локальну електричну систему з власними джерелами, накопичувачами та споживачами, яка в нормальному режимі синхронізована з мережею оператора системи розподілу, а в аварійному – від’єднується від неї та працює самостійно [1, 2]. До складу мікромережі громади запропоновано включити: сонячні станції на дахах та прилеглих територіях об’єктів; акумуляторну систему накопичення енергії (СНЕ) з гібридними інверторами, здатними після від’єднання від мережі формувати напругу й частоту; дизельний або біогазовий агрегат для тривалих знеструмлень у період низької інсоляції; автоматичний комутаційний апарат у точці приєднання; систему керування енергією (EMS). У разі нового будівництва батарею раціонально підключати з боку постійного струму за реверсивною схемою, сумісною з автономною роботою [3]. Оперативний

розподіл потоків потужності може виконувати регулятор на основі нечіткої логіки, який обирає джерело живлення та контролює якість напруги [1].

Основою запропонованого підходу є ранжування споживачів. До I рівня пріоритету віднесено об’єкти життєзабезпечення (насосну станцію водогону, амбулаторію, вузол зв’язку, укриття), до II – соціальні та адміністративні (школу, сільську раду, ЦНАП), до III – решту навантаження. При зниженні рівня заряду батареї до 50 % EMS відключає споживачів III рівня, до 30 % – II рівня; резервний агрегат вмикається лише за рівня заряду нижче 20 % і відсутності сонячної генерації. Тривалість живлення навантаження від батареї оцінюємо за виразом

$$t = E_{bat} \cdot DoD \cdot \eta / P_l, \quad (1)$$

де E_{bat} – номінальна енергоємність батареї, кВт·год; DoD – допустима глибина розряду; η – сумарний ККД перетворення енергії; P_l – потужність навантаження, кВт.

Для оцінки прийнято: потужність споживачів I рівня – 30 кВт, II рівня – 20 кВт, енергоємність батареї – 200 кВт·год, DoD = 0,9, η = 0,92. За живлення обох рівнів запасу енергії достатньо приблизно на 3,3 год, а за живлення лише I рівня – на 5,5 год. Таким чином, пріоритетне відключення подовжує автономну роботу критичних споживачів у 1,7 раза без збільшення ємності батареї. У світлий час доби сонячна генерація покриває навантаження й заряджає батарею, що скорочує тривалість роботи резервного агрегату та витрату палива.

Мікромережа із сонячними станціями та акумуляторним накопичувачем дає змогу зберегти функціонування водопостачання, медичного пункту, школи та зв’язку в громаді незалежно від стану зовнішньої мережі. Запропоновані склад обладнання та порядок ранжування споживачів можуть бути використані під час розроблення місцевих планів енергостійкості й проєктів відновлення енергетичної інфраструктури.

Висновок: Визначено склад мікромережі для об’єктів критичної інфраструктури громади та сформульовано правила розподілу енергії в автономному режимі.. Локальна мікромережа із сонячними станціями,

акумуляторним накопичувачем і резервним агрегатом дозволяє зберегти роботу водопостачання, медичного пункту, школи та зв'язку в сільській громаді незалежно від стану зовнішньої мережі. Ранжування споживачів за трьома рівнями пріоритету з поетапним відключенням менш важливого навантаження подовжує автономне живлення критичних об'єктів у 1,7 раза: з 3,3 до 5,5 год для батареї 200 кВт·год, без збільшення її ємності. Запропоновані склад обладнання та порядок відключення споживачів можна використати під час розроблення місцевих планів енергостійкості й проєктів відновлення енергетичної інфраструктури громад.

Список використаних джерел

1. Дубовик В., Босак А., Городецький В., Зайченко С., Шовкалюк М. Використання мікромереж з відновлюваними джерелами та накопичувачами електроенергії. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2026. № 2. С. 40–53. DOI: https://doi.org/10.20535/1813-5420.2.2026.354238.

2. Hotra O., Kulyk M., Babak V., Kovtun S., Zgurovets O., Mroczka J., Kisała P. Organisation of the Structure and Functioning of Self-Sufficient Distributed Power Generation. Energies. 2024. Vol. 17, Iss. 1. 27. DOI: https://doi.org/10.3390/en17010027.

3. Гавриленко Я., Дерій В. Енергетичні комплекси на основі сонячних електростанцій та акумуляторних систем зберігання енергії. Системні дослідження в енергетиці. 2025. № 3(83). С. 17–30. DOI: https://doi.org/10.15407/srenergy2025.03.017.

4. Деякі питання об'єктів критичної інфраструктури : постанова Кабінету Міністрів України від 09.10.2020 № 1109. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1109-2020-п (дата звернення: 29.09.2026).

Abstract. *The construction of a local microgrid supplying critical infrastructure facilities of a rural community from solar plants and battery storage during external supply outages is considered. The equipment composition is determined, ranking of consumers by three priority levels is proposed, and the effect of the disconnection sequence on autonomous operation time is evaluated.*

Keywords: *microgrid, critical infrastructure, island mode, energy storage, community energy resilience, distributed generation.*

Науковий керівник:

Кондратьєва А.А.

Асистентка кафедри агроінженерії

Миколаївський національний аграрний університет