

УДК 621.311:621.355

Андрій Прус, здобувач третього (освітньо-наукового)
рівня вищої освіти,
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МОБІЛЬНИХ АКУМУЛЯТОРНИХ СИСТЕМ ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ

Анотація. Узагальнено сучасні характеристики мобільних акумуляторних систем зберігання енергії (МАСЗЕ). Розглянуто варіант, за якого МАСЗЕ на базі вантажівки або причепа заряджається від сонячної електростанції, транспортується до об'єкта та підключається до нього замість дизель-генератора. Обґрунтовано, що така модель дає змогу зменшити залежність від паливної логістики, підвищити гнучкість використання сонячної електроенергії, але потребує ретельного планування ємності батареї, потужності інвертора, режимів заряджання, маршруту транспортування та умов підключення.

Ключові слова: мобільні акумуляторні системи зберігання енергії, електропостачання, мікромережі.

Abstract. The current characteristics of mobile battery energy storage systems (MBESS) are summarized. A variant is considered in which a truck- or trailer-based MAES is charged from a solar power plant, transported to the facility, and connected to it instead of a diesel generator. It is substantiated that such a model enables reducing dependence on fuel logistics and increasing the flexibility of using solar electricity, but it requires careful planning of battery capacity, inverter power, charging modes, transportation routes, and connection conditions.

Keywords: mobile battery energy storage systems, electricity supply, microgrids.

Мобільна акумуляторна система зберігання енергії (МАСЗЕ), що у міжнародній термінології відповідає поняттю *Mobile Battery Energy Storage Systems* (MBESS) – це система накопичення енергії, яка складається з батарейного блоку, силової електроніки, системи керування зарядом і розрядом, засобів захисту, комунікаційного обладнання та транспортної платформи. На відміну від стаціонарної АСЗЕ, яка встановлюється в одному вузлі мережі, МАСЗЕ може переміщуватися між об'єктами, підстанціями, мікромережами, зарядними

станціями або тимчасовими споживачами. Її головна перевага полягає у гнучкості: енергія накопичується там, де вона доступна або дешевша, і використовується там, де виникає потреба в електроживленні [1].

МАСЗЕ використовується, перш за все, для підвищення стійкості розподільчих мереж, тобто як ресурс підтримки електропостачання після аварій, стихійних лих, пошкодження ліній або дефіциту генерації. МАСЗЕ може бути завчасно розміщена або швидко переміщена до точки критичної потреби, що дає змогу швидше відновити живлення пріоритетних споживачів.

По-друге, МАСЗЕ частково розв'язує проблеми мінливості виробітку СЕС і ВЕС, локальних перевантажень мережі, заряджаючись від джерела надлишкової генерації [2].

По-третє, якщо для стаціонарної системи потрібно визначати місце встановлення і режими заряджання/розряджання, то для мобільної мають бути додатково враховані маршрут, час переміщення, доступність місця підключення, тривалість роботи на об'єкті, транспортні витрати та деградація батареї. Тому моделі МАСЗЕ поєднують електроенергетичну й транспортну складові і вимагають вирішення багатокритеріальних оптимізаційних задач.

Порівняння мобільних і стаціонарних систем накопичення показує, що жоден варіант не є найкращим. Стаціонарна АСЗЕ доцільна при постійній, локальній і прогнозованій потребі в накопиченні. Вона простіша в експлуатації, не потребує транспортування, має стабільну схему підключення та легше інтегрується в релейний захист. Але її слабким місцем є просторове обмеження, адже система, встановлена в одному вузлі, не може безпосередньо обслуговувати інший об'єкт.

МАСЗЕ доцільна, коли попит на електроживлення є змінним, тимчасовим або просторово розосередженим, наприклад, як у мережі магазинів однієї спеціалізації, розосереджених по місту. Одна мобільна система може почергово обслуговувати кілька об'єктів, заряджатися в місці надлишкової генерації та розряджатися там, де виник дефіцит. Це особливо важливо для аварійного

електропостачання, тимчасових виробничих і наукових об'єктів, мікромереж, зарядної інфраструктури електромобілів та критичної інфраструктури. Водночас МАСЗЕ потребує транспортної платформи, регламентів переміщення, універсальних точок підключення та врахування логістичних витрат.

У дослідженнях МАСЗЕ дедалі частіше розглядають у взаємодії з динамічною реконфігурацією мережі, керуванням напругою, мікромережами, електромобілями та алгоритмами штучного інтелекту. Це свідчить про перехід від сприйняття мобільної батареї як резервного джерела до її розуміння як інструменту гнучкості розумної мережі (*smart grid*) [3].

Важливим технічним аспектом є вплив мобільної АСЗЕ на захист і режими роботи розподільчих мереж. Дослідження впливу мобільної АСЗЕ на роботу запобіжників і реклоузерів у реальній розподільчій мережі показало, що переміщення накопичувача між точками підключення може змінювати потоки потужності, струми короткого замикання та умови селективності [4]. Тому впровадження МАСЗЕ потребує не лише економічного обґрунтування, а й технічної перевірки схем підключення, захисту та експлуатаційних процедур.

Окремої уваги потребує порівняння МАСЗЕ із дизель-генератором, який традиційно застосовується для аварійного або тимчасового живлення, оскільки має просту конструкцію, доступний на ринку та може працювати тривалий час за умови постачання пального. Проте його робота пов'язана з витратами на пальне, сервіс, доставку і зберігання пального, шумом, викидами шкідливих речовин та залежністю від паливної логістики.

У варіанті, коли мобільна АСЗЕ на базі вантажівки або причепа заряджається від сонячної електростанції, накопичує енергію, переміщується до об'єкта та підключається замість дизель-генератора, вона виконує роль мобільного носія відновлюваної електроенергії, причому без спалювання пального. Така модель важлива для об'єктів, де необхідне швидке розгортання і використання власної сонячної генерації.

Порівняно з дизель-генератором МАСЗЕ має кілька переваг. Під час роботи вона не створює локальних викидів шкідливих речовин, що важливо для освітніх, медичних, наукових, житлових і природоохоронних територій. Вона працює значно тихіше та краще пристосована до змінного або малого навантаження. Натомість дизель-генератор при тривалій роботі на низькому навантаженні може втрачати ефективність і потребувати додаткового обслуговування, зокрема через проблему мокрого коксування [5].

Важливою перевагою МАСЗЕ є зменшення залежності від паливної логістики. Для дизель-генератора потрібно регулярно забезпечувати доставку, зберігання, облік і безпечне використання пального, що у воєнних, кризових або віддалених умовах може бути критичним обмеженням. МАСЗЕ теж потребує логістики, але вона пов'язана переважно з переміщенням уже зарядженої системи та організацією повторного заряджання. За даними U.S. Energy Information Administration, при спалюванні дизельного пального утворюється близько 2,69 кг CO₂ на літр [6], тому заміщення дизельної генерації енергією від СЕС має прямий екологічний ефект.

Разом із тим дизель-генератор зберігає переваги у випадках довготривалого автономного живлення за наявності запасу пального. Якщо об'єкт потребує безперервної роботи протягом багатьох діб, а можливості перезарядити МАСЗЕ немає, генератор може бути більш доцільним. Крім того, його початкова вартість часто нижча за вартість великої мобільної акумуляторної системи. Тому МАСЗЕ не слід розглядати як універсальну заміну дизель-генератору; її практичне значення залежить від тривалості живлення, потужності об'єкта, відстані транспортування, вартості пального, наявності СЕС і графіка заряджання.

Найбільш доцільною МАСЗЕ є для об'єктів із прогнозованою потребою в електроенергії протягом кількох годин або обмеженого періоду: насосних станцій, об'єктів зв'язку, будівельних майданчиків, адміністративних і соціальних об'єктів. Якщо СЕС виробляє надлишкову електроенергію вдень, то МАСЗЕ може

накопичувати її та використовувати ввечері, у періоди пікового навантаження або під час аварійного відключення.

Таким чином, для України впровадження МАСЗЕ є актуальним у контексті підвищення енергетичної стійкості, зокрема, в умовах руйнування енергетичної інфраструктури, а саме систем передачі та розподілення електроенергії й пов'язаних з цим планових/непланових відключень електроенергії а також розвитку розподіленої генерації. Основні переваги цих пристроїв – це мобільність, компактність та потужність, що розрахована на потреби кожного окремого споживача.

Практичне застосування МАСЗЕ потребує ґрунтовної оцінки профілю навантаження, тривалості автономної роботи, потужності інвертора, ємності акумулятора, режиму заряджання від СЕС, часу транспортування, умов підключення та вимог електробезпеки. Для довготривалих або непередбачуваних режимів доцільною може бути комбінована схема, у якій МАСЗЕ забезпечує основне коротко- чи середньотривале живлення, а дизель-генератор залишається резервом.

Список використаних джерел

1. Lu Z., Xu X., Yan Z., Han D., Xia S. Mobile Energy-Storage Technology in Power Grid: A Review of Models and Applications. *Sustainability*. 2024. Vol. 16, No. 16. Article 6857. <https://doi.org/10.3390/su16166857>
2. He G., Michalek J., Kar S., Chen Q., Zhang D., Whitacre J. F. Utility-Scale Portable Energy Storage Systems. *Joule*. 2021. Vol. 5, No. 2. P. 379–392. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2020.12.005>
3. Marksan P., Buayai K., Boonchuay C., Boonchuay C. Multi-Objective Optimization of Mobile Battery Energy Storage and Dynamic Feeder Reconfiguration for Enhanced Voltage Profiles in Active Distribution Systems. *Energies*. 2025. Vol. 18, No. 20. Article 5515. <https://doi.org/10.3390/en18205515>
4. Momesso A. E. C., Barra P. H. A., Barbalho P. I. N., Asada E. N., Vieira J. C. M., Coury D. V. An Impact Assessment of a Transportable AC3E on the Protection of Conventional Distribution Systems. *Energies*. 2024. Vol. 17, No. 16. Article 4196. <https://doi.org/10.3390/en17164196>

5. Booth S., Reilly J., Butt R., Wasco M., Monohan R. Microgrids for Energy Resilience: A Guide to Conceptual Design and Lessons from Defense Projects. *National Renewable Energy Laboratory*. 2019. NREL/TP-7A40-72586.
6. U.S. Energy Information Administration. Carbon Dioxide Emissions Coefficients by Fuel. URL: https://www.eia.gov/environment/emissions/co2_vol_mass.php (дата звернення 15.05.2026)
7. Савченко Н. П., Трет'як А. В. Перспективи впровадження мобільних автономних систем електропостачання в умовах енергетичної кризи. *Débats scientifiques et orientations prospectives du développement scientifique*, 11.11.2022, Paris. <https://doi.org/10.36074/logos-11.11.2022.17>
8. Дьяченко О. С. Роль батарейних систем накопичення енергії (BESS) у підвищенні стійкості та енергетичної незалежності енергосистеми України. *Відновлювана енергетика*. 2025. № 4(83). С. 98–111. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2025.4\(83\).98-111](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2025.4(83).98-111)