

Костинчук О.В.

Національний університет «Одеська політехніка»

Зима І.В.

Національний університет «Одеська політехніка»

ВЛАСТИВОСТІ АВТОНОМНОГО ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ ПОТУЖНІСТЮ

У статті розглянуто організування систем резервного електропостачання у будинку або квартирі та вирішення проблем, пов'язаних з обмеженим постачанням.

Автономні джерела живлення набувають все більшого значення в сучасному світі. Зі зростанням попиту на енергію та необхідністю пошуку сталих рішень, характеристики автономних джерел живлення стали предметом зацікавленості в керуванні електроенергією. Однією з ключових властивостей автономних джерел живлення є їх здатність генерувати енергію самостійно. На відміну від традиційних джерел живлення, які залежать від зовнішнього постачання, автономні джерела живлення можуть генерувати енергію з відновлюваних джерел, таких як сонячна, вітрова або гідроенергія.

Надійність є важливою властивістю автономних джерел живлення. У критично важливих додатках, де безперебійне електропостачання має важливе значення, автономні джерела живлення є надійним рішенням. Ці джерела живлення можуть бути оснащені системами резервного копіювання або накопичувачами енергії для забезпечення безперервного електроживлення навіть у разі збою або тимчасового переривання основного джерела живлення.

Проблема керування сегментами електромереж полягає в ефективному поділі та оптимізації енергоспоживання між захищеним і незахищеним сегментами. Дублювання електророзподілу для різних сегментів створює надмірність і може призвести до неефективного використання ресурсів. Треба визначити критерії під'єднання обладнання до захищеного сегмента на основі життєво важливих потреб і комфортних умов, щоб мінімізувати втрати енергії.

Важливо надати пріоритет енергозбереженню для галузей і секторів та знайти інноваційні рішення для вирішення проблем, пов'язаних з обмеженим постачанням.

Властивості автономних джерел живлення роблять їх привабливим об'єктом керування електроживленням. Здатність генерувати енергію незалежно, масштабованість, ефективність і надійність роблять їх придатними для широкого спектру застосувань. Оскільки попит на стійкі та надійні енергетичні рішення продовжує зростати, важливість ефективного управління автономними джерелами живлення стає все більш очевидною. Розуміючи і використовуючи властивості автономних джерел енергії, ми можемо забезпечити більш стійке і ефективне майбутнє для виробництва електроенергії та керування нею.

Ключові слова: автономні джерела живлення, безперебійне живлення, оптимізація енергоспоживання, відновлювальні джерела, система керування.

Постановка проблеми. Автономні джерела живлення набувають все більшого значення в сучасному світі. Зі зростанням попиту на енергію та необхідністю пошуку сталих рішень, характеристики автономних джерел живлення стали предметом зацікавленості в керуванні електроенергією. У цьому есе досліджуються властивості автономних джерел живлення як об'єкта управління електропостачанням.

Однією з ключових властивостей автономних джерел живлення є їх здатність генерувати енергію самостійно. На відміну від традиційних джерел живлення, які залежать від зовнішнього постачання, автономні джерела живлення

можуть генерувати енергію з відновлюваних джерел, таких як сонячна, вітрова або гідроенергія. Така незалежність забезпечує більшу гнучкість в управлінні енергоспоживанням, оскільки наявність енергії не залежить від зовнішніх факторів.

Ще однією важливою властивістю автономних джерел живлення є їх масштабованість. Ці джерела живлення можуть бути спроектовані таким чином, щоб задовольнити специфічні вимоги до потужності системи або пристрою. Незалежно від того, чи це невелике застосування, чи велика електромережа, автономні джерела живлення можуть бути адаптовані для забезпечення необхідної вихідної потужності. Масштабованість робить їх

придатними для широкого спектру застосувань, від віддалених від електромережі місць до міських умов.

Ефективність – ще одна важлива властивість автономних джерел живлення. Зважаючи на зростаючу увагу до сталого розвитку та енергозбереження, важливо максимізувати ефективність виробництва електроенергії. Автономні джерела живлення призначені для перетворення доступної енергії в корисну з мінімальними втратами. Така ефективність не тільки забезпечує оптимальну вихідну потужність, але й зменшує вплив виробництва електроенергії на навколишнє середовище.

Надійність також є важливою властивістю автономних джерел живлення. У критично важливих додатках, де безперебійне електропостачання має важливе значення, автономні джерела живлення є надійним рішенням. Ці джерела живлення можуть бути оснащені системами резервного копіювання або накопичувачами енергії для забезпечення безперервного електроживлення навіть у разі збою або тимчасового переривання основного джерела живлення.

Проблема керування сегментами електромереж полягає в ефективному поділі та оптимізації енергоспоживання між захищеним і незахищеним сегментами. Дублювання електророзподілу для різних сегментів створює надмірність і може призвести до неефективного використання ресурсів. Треба визначити критерії під'єднання обладнання до захищеного сегмента на основі життєво важливих потреб і комфортних умов, щоб мінімізувати втрати енергії. Підключення до захищеного сегмента основного обладнання для життєзабезпечення будинку, стаціонарного освітлення, певних розеток і малоспоживаючих пристроїв розглядають як розв'язання цієї проблеми. Але потрібно враховувати особливості під'єднання різних типів обладнання, як наприклад, низьковольтні світлодіодні джерела світла, для оптимального використання енергії та запобігання втратам потужності. Варіанти автономного або захищеного сегмента, що перемикається, варто розглядати, виходячи із середнього енергоспоживання, щоб забезпечити найефективніше керування електроживленням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Система безперебійного резервного електропостачання для будинку стане в пригоді в таких випадках:

- на дачі або у квартирі часто відключають електрику;
- на потужність, що підключається, встановлено ліміт, а виділеної не вистачає;
- в електромережі періодично виникає перенапруження;
- подається електроенергія низької якості.

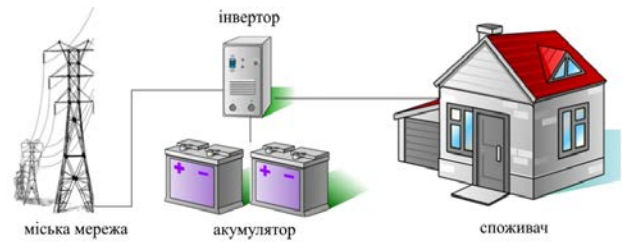


Рис. 1. Система безперебійного резервного електропостачання для будинку

У такий комплект безперебійного живлення входять інвертор (джерело безперебійного живлення – ДБЖ) і комплект акумуляторних батарей (КАБ) для безперебійного електропостачання. У звичайному режимі навантаження в системі ДБЖ + КАБ за допомогою безперебійника здійснюється заряджання батареї з метою підтримання її номінальної ємності. У разі перевищення параметрами зовнішньої мережі критичних значень або відключення електроенергії система резервного живлення для будинку дає змогу всім електроприладам, під'єднаним до неї, автоматично перейти на живлення від акумулятора через інвертор.

Резервування енергії в домашніх умовах можна забезпечити шляхом використання спеціального призначеного для цього обладнання.

Для забезпечення електрикою замського будинку може слугувати кілька джерел:

- центральна електрична мережа;
- паливні електростанції;
- відновлювальні джерела.

Центральне забезпечення електрикою досить дороге задоволення і не завжди застосовується в замських будинках.

Паливні електростанції вважаються автономним забезпеченням електроенергії, оскільки працюють на основі палива. Вони мають один великий недолік, який ґрунтується на тому, що паливні генератори не можуть забезпечувати цілодобове безперебійне забезпечення електроенергії всього будинку. Також генератор під час своєї роботи видає досить неприємні звуки. Таке джерело електроенергії дешеве, але постійною необхідно треба купувати паливо.

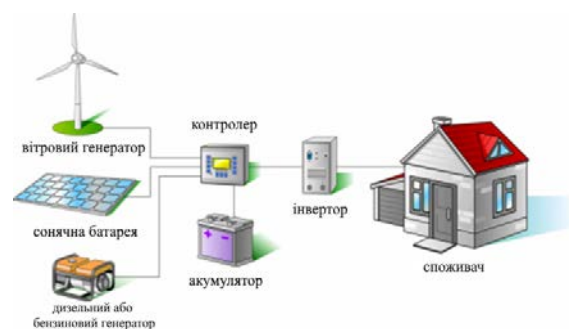


Рис. 2. Схема роботи паливної електростанції для приватного будинку

Генератори можуть подавати електричний струм, незалежно від погодних умов і стану центральних електричних мереж. Такий метод забезпечення електрикою дачного будиночка вважається економічно вигідним, оскільки генератор працює не постійно. Але є такий тип генераторів, які здатні виробляти електроенергію постійно, вони вимагають значних фінансових витрат.

Відновлюваними джерелами подачі електроенергії можуть бути вітер або сонце. Природні джерела енергії вважаються екологічно чистими і з кожним роком набирають все більшої популярності.

Відновлювальні джерела електричної енергії не потребують палива і зайвих витрат, оскільки їхня вартість залежить від цінової політики такої системи електрозабезпечення, екологічно чисті джерела енергії вважаються економічно вигідними.



Рис. 3. Сонячні батареї, розташовані на даху будинку

Сонячна електростанція як резервне джерело електропостачання дає змогу перетворити сонячну енергію в електричну. Час її автономної роботи не обмежений, «паливо» є доступним і безкоштовним, а використання не має негативного впливу на природу і дає змогу впливати на ціну електроенергії. Але, як і у випадку з газовим генератором, при малому споживанні електрики економія незначна. До того ж, вартість такої резервної електростанції порівняно висока, а якщо виникає необхідність переїзду, це створює незручності.

Вироблення електрики в таких системах залежить від кількості сонячної енергії, що надходить на спеціальний фотоелектричний модуль. А сонячна енергія в кожному регіоні може бути різною. Тому варто заздалегідь перед вкладенням у сонячні батареї оцінити кількість сонячної енергії, що надходить у певному місці, і скласти креслення розташування панелей. Це можна зробити на основі досліджень різноманітних метеостанцій або гідрометеослужб.

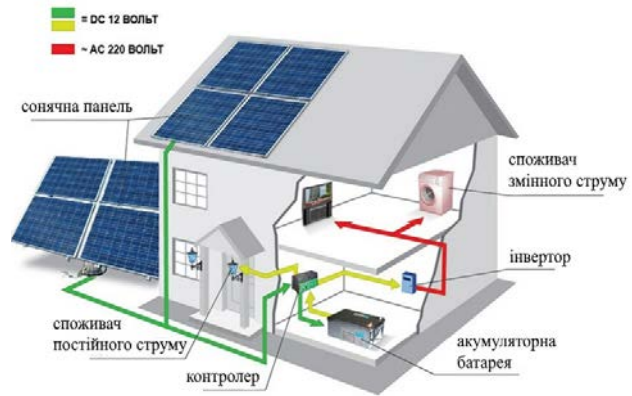


Рис. 4. Схема підключення системи автономного електропостачання невеликого дачного будинку

Метою статті є організувати систему резервного електропостачання у своєму будинку або квартирі останніми подіями з аварійними вимиками електромереж на території України.

Важливо надати пріоритет енергозбереженню для галузей і секторів та знайти інноваційні рішення для вирішення проблем, пов'язаних з обмеженим постачанням.

Виклад основного матеріалу. У сучасному світі безперебійне електроживлення має вирішальне значення для безперебійного функціонування різних галузей і секторів. Будь то лікарня, центр обробки даних або виробничий підрозділ, надійне джерело живлення має важливе значення для забезпечення безперебійної роботи.

Автономний захищений сегмент живиться інвертором, який не має функції заряджання акумуляторів від мережі. Це повністю самостійна електромережа, яка не має нічого спільного з будинковою електромережею, що живиться від громадських джерел електроенергії. Утім заземлення, якщо воно є, повинно бути спільним для всього електрообладнання.



Рис. 5. Схема електропостачання з автономним захищеним сегментом на сонячній батареї

У такому способі жодні катаклізми в громадській незахищеній мережі не вплинуть на функціонування автономної. Мінусом є те, що через велику нерівномірність надходження дарової енергії режим енергокористування, що забезпечується автономною мережею, весь час змінюється,

і для ефективного використання безоплатної енергії автономної мережі треба час від часу перемикаєти споживачів із захищеного сегмента в автономний і назад.

У разі аварії на громадській електромережі за необхідності ніщо не заважає відключити вхідний автомат і живити незахищений сегмент внутрішньої мережі від аварійного генератора. Якщо десь знадобиться лише невелика потужність, але підключатися до автономного сегмента там незручно, можна з'єднати обидва сегменти тимчасовою перемичкою, живлячи незахищений сегмент від автономного, однак у разі недотримання правильної послідовності дій це може бути дуже небезпечно як для людей, так і для обладнання. Спочатку треба відключити від захищеного сегмента всіх потужних споживачів, а сам цей сегмент відключити від загальної мережі. Потім під'єднати перемичку, що являє собою дріт достатнього перерізу і довжини з вилами на обох кінцях, спочатку в розетку знеструмленого (незахищеного) сегмента, і тільки потім у розетку автономного сегмента. Під час відновлення зовнішнього електропостачання послідовність дій строго зворотна.

Якщо інвертор підтримує режим заряджання акумуляторів від зовнішньої мережі, то, як правило, він дає змогу легко організувати захищений сегмент, що перемикається, який може жити від зовнішньої мережі, але коли напруга в ній зникає, автоматично переходить на автономне енергопостачання, по суті будучи різновидом звичайного джерела безперебійного живлення (UPS). Перемикання займає частки секунди, тому лампочки можуть злегка блимнути, але блоки живлення телевізорів, комп'ютерів та інших побутових пристроїв, як правило, мають таку малу затримку без збоїв у роботі.

Система, що використовує такий інвертор, може працювати як у повністю автономному режимі, так і використовувати в захищеному сегменті мережі всі переваги, які надають громадська мережа або аварійний генератор, насамперед можливість тривалого під'єднання досить потужних пристроїв без побоювання швидкого розрядження акумуляторів.



Рис. 6. Схема електропостачання з захищеним сегментом з перемиканням (ЗП – вбудований в інвертор зарядний пристрій)

Один із недоліків такої системи полягає в тому, що поки є зовнішня напруга, захищений сегмент житиметься від зовнішньої мережі, навіть якщо для його поточного навантаження вистачає автономної енергії. Інший недолік полягає в можливості проникнення в захищений сегмент стрибків напруги із зовнішньої мережі (наприклад, під час влучання блискавки), які можуть пошкодити сам інвертор або під'єднані до захищеного сегмента пристрої. І те, і інше посилюється тим, що захищений сегмент зазвичай підключається до зовнішньої мережі безпосередньо, через реле.

Сегмент, що заряджається, аналогічний автономному, за винятком того, що низьковольтна частина пов'язана з незахищеним сегментом через зарядний пристрій, який забезпечує заряджання акумуляторів за наявності напруги в суспільній мережі, де можна використовувати блок заряджання. Зазначу, що автомобільні зарядні пристрої зазвичай занадто слабкі і розраховані строго на 12 В, але існують спеціальні зарядні пристрої для систем автономного електропостачання. Як варіант, можна спробувати взяти зарядний блок з інвертора з функцією зарядки акумуляторів.



Рис. 7. Схема електропостачання із захищеним сегментом, що заряджається

Перевагою такого рішення є забезпечення роботи захищеного сегмента навіть за нестачі дармової енергії за рахунок підживлення від захищеного. Крім того, таке «непряме» підживлення забезпечує набагато кращий захист від позаштатних ситуацій у громадській мережі, оскільки підживлення здійснюється не прямою комутацією через реле, а через низьковольтний сегмент із потужними акумуляторами, які здатні якщо не поглинути, то помітно згладити вельми сильні короточасні викиди напруги, а якщо перевантаження буде надто тривалим, воно або «виб'є» захисний автомат, або, у найгіршому разі, випалить зарядний пристрій, – в обох варіантах захищений сегмент перейде в автономний режим, причому за звичайного ж зникнення напруги в громадській мережі зарядний пристрій просто припиняє свою роботу, і захищений сегмент переходить в автономний режим із живленням тільки від акумуляторів і дармової енергії без жодних

стрибків і «моргань», навіть найкороточасніших. Нарешті, сучасні зарядні пристрої зазвичай автоматично припиняють заряджання в разі досягнення акумуляторами певного рівня заряду і відновлюють його лише в разі їхнього розрядження до заданого порогу, а тому в разі наявності достатнього надходження дарової енергії та невеликої її витрати енергія з громадської мережі в захищеному сегменті використовуватися не буде.

Недоліком порівняно з сегментом, що перемикається, є, по-перше, постійна робота інвертора на навантаження. По-друге, хоча миттєва споживана потужність обмежена лише потужністю інвертора (короткочасний дефіцит потужності заповняють акумулятори), у довготривалому режимі середня споживана потужність не повинна перевищувати суми потужностей зарядного пристрою і мінімального потоку дарової енергії. При цьому якщо потік дарової енергії тривалий час буде мінімальним (похмурі короткі дні або штиль), а споживання в захищеному сегменті виявиться досить великим, акумулятори також довгий час можуть залишатися неповністю зарядженими, оскільки енергія від зарядного пристрою буде витрачатися не стільки на їхній заряд, скільки на поточне споживання. Це не надто корисно для акумуляторів, але абсолютно не смертельно для них. Зрештою настане період, коли потік дарової енергії посилиться і акумулятори зарядяться до кінця.

Але слід зауважити, що в такій конфігурації заряджання акумуляторів здійснюється одразу двома зарядними пристроями – контролером первинного джерела (вітрогенератора або сонячних панелей) і мережевим зарядним пристроєм. При цьому обидва ці пристрої, як правило, автономні і нічого не «знають» один про одного. У результаті параметри зарядки можуть істотно відрізнятися від оптимальних, що негативно позначиться як на обсязі запасеної енергії, так і на терміні служби акумуляторів. Забезпечення оптимальних параметрів заряджання в такій конфігурації

є окремим непростим завданням, як, зрештою, і в разі будь-яких систем, у яких кілька зарядних пристроїв працюють на один банк акумуляторів. Проте в більшості випадків і контролери, і зарядні пристрої під час своєї роботи орієнтуються на поточну напругу на блоці акумуляторів, а вона єдина для всіх зарядних пристроїв, скільки б їх не було, тож надто серйозне узгодженість режимів мало ймовірна. Крім того, виробники найбільш просунутих і дорогих систем обладнання для автономного електропостачання пропонують рішення з урахуванням таких колізій. На жаль, загально визнаних стандартів інформаційної взаємодії зарядних пристроїв і контролерів поки що немає, і повністю узгоджена робота можлива лише в разі використання обладнання однієї й тієї самої фірми. Слід зауважити, що для сонячних батарей останнім часом стали з'являтися комбіновані блоки, що з'єднують у собі контролер заряду, інвертор і мережевий зарядний пристрій, де користувачеві залишається лише вибрати пріоритети джерел живлення, але потужність таких комбінованих пристроїв зазвичай не дуже велика.

Висновки. У даному дослідженні розглянуто пріоритет енергозбереженню для галузей і секторів та інноваційні рішення для вирішення проблем резервного електропостачання у своєму будинку або квартирі, пов'язаних з обмеженим постачанням. Отже, властивості автономних джерел живлення роблять їх привабливим об'єктом керування електроживленням. Здатність генерувати енергію незалежно, масштабованість, ефективність і надійність роблять їх придатними для широкого спектру застосувань. Оскільки попит на стійкі та надійні енергетичні рішення продовжує зростати, важливість ефективного управління автономними джерелами живлення стає все більш очевидною. Розуміючи і використовуючи властивості автономних джерел енергії, ми можемо забезпечити більш стійке і ефективно майбутнє для виробництва електроенергії та керування нею.

Список літератури:

1. Z. Zhang, K. Sato, Y. Nagasaki, M. Tsuda, D. Miyagi, T. Komagome, K. Tsukada, T. Hamajima, Y. Ishii, D. Yonekura, Continuous operation in an electric and hydrogen hybrid energy storage system for renewable power generation and autonomous emergency power supply, *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 44, Issue 41, 2019, Pages 23384-23395, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.07.028>....
2. Автономне живлення у квартирі: 3 поширені способи, <https://www.megatrade.ua/news/reviews/avtonomne-zhivlennya-u-kvartiri-3-poshirenikh-sposobi/>
3. Kah Poh Lee, Chern Wei Chng, Dong Ling Tong, Kwan Lee Tseu, Optimizing Energy Consumption on Smart Home Task Scheduling using Particle Swarm Optimization, *Procedia Computer Science*, Volume 220, ISSN 1877-0509, 2023, Pages 195-201, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.03.027>.
4. Pedro C. Bolsi, Edemar O. Prado, Antonio Cezar C. Lima, Hamiltom C. Sartori, José Renes Pinheiro, Battery autonomy estimation method applied to lead-acid batteries in uninterruptible power supplies, *Journal of Energy Storage*, ISSN 2352-152X, Volume 58, 106421, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.106421>

5. Muhammad Aamir, Kafeel Ahmed Kalwar, Saad Mekhilef, Review: Uninterruptible Power Supply (UPS) system, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, ISSN 1364-0321, Volume 58, 2016, Pages 1395-1410, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.335>

6. Yanquan Zhang, Ruidong Chang, Jian Zuo, Veronika Shabunko, Xian Zheng, Regional disparity of residential solar panel diffusion in Australia: The roles of socio-economic factors, *Renewable Energy*, ISSN 0960-1481, Volume 206, 2023, Pages 808-819, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.02.111>

7. Vasundhara Gaur, Corey Lang, House of the rising sun: The effect of utility-scale solar arrays on housing prices, *Energy Economics*, ISSN 0140-9883, 106699, Volume 122, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106699>

8. Sakhile Twala, Xianming Ye, Xiaohua Xia, Lijun Zhang, Optimal integration of solar home systems and appliance scheduling for residential homes under severe national load shedding, *Journal of Automation and Intelligence*, ISSN 2949-8554, Volume 2, Issue 4, 2023, Pages 227-238, <https://doi.org/10.1016/j.jai.2023.12.001>

Kostynchuk O.V., Zyma I.V. PROPERTIES OF AN AUTONOMOUS POWER SUPPLY AS A POWER CONTROL OBJECT

The article explores the organisation of backup power supply systems in a house or apartment and the solution of problems associated with limited supply.

Off-grid power supplies are becoming increasingly important in the modern world. With the growing demand for energy and the need to find sustainable solutions, the characteristics of stand-alone power supplies have become a subject of interest in the power management industry. One of the key features of stand-alone power supplies is their ability to generate energy independently. Unlike traditional power supplies that depend on an external supply, stand-alone power supplies can generate energy from renewable sources such as solar, wind or hydroelectric power.

Reliability is an important feature of off-grid power supplies. In mission-critical applications where uninterrupted power supply is essential, off-grid power supplies are a reliable solution. These power supplies can be equipped with backup systems or energy storage to ensure continuous power supply even in the event of a failure or temporary interruption of the main power supply.

The challenge of managing power grid segments is to effectively separate and optimise power consumption between protected and unprotected segments. Duplication of power distribution for different segments creates redundancy and can lead to inefficient use of resources. Criteria for connecting equipment to the protected segment should be defined based on vital needs and comfort conditions to minimise energy losses.

It is important to prioritise energy conservation for industries and sectors and find innovative solutions to address supply constraints.

The properties of stand-alone power sources make them an attractive target for power management. Their ability to generate power independently, scalability, efficiency and reliability make them suitable for a wide range of applications. As the demand for sustainable and reliable energy solutions continues to grow, the importance of efficiently managing off-grid power supplies is becoming increasingly apparent. By understanding and harnessing the properties of off-grid power sources, we can ensure a more sustainable and efficient future for electricity generation and management.

Key words: *autonomous power supplies, uninterrupted power supply, optimisation of energy consumption, renewable energy sources, control system.*