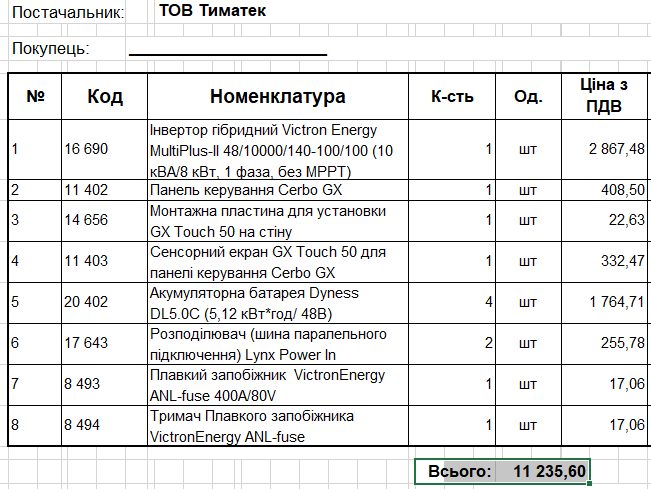
1. **Опис системи**

****

**Резервна система безперебійного живлення** – це комплекс, що забезпечує автономне електропостачання квартири або офісу при зникненні мережевої напруги. В основі системи – **гібридний інвертор Victron Energy MultiPlus-II 48/10000/140-100/100** (10 кВА/8 кВт) з підключеним блоком акумуляторів. Інвертор MultiPlus-II є багатофункціональним пристроєм, що поєднує в собі **інвертор (перетворювач постійного струму батарей в змінний 230 В)**, **зарядний пристрій для батарей** та **автоматичний перемикач живлення**​. В нормальному режимі він пропускає живлення від мережі до споживачів і одночасно заряджає батареї. При зникненні зовнішньої мережі інвертор менше ніж за 20 мс переключає навантаження на живлення від батарей (функція **UPS**)​, тому навіть чутливе обладнання продовжить працювати без перерви. Після відновлення електропостачання MultiPlus-II автоматично переходить назад на мережу​, заряджаючи акумулятори для наступного циклу.

**Принцип роботи системи:** коли є зовнішня мережа (або генератор), інвертор працює в режимі зарядного пристрою – підтримує батареї зарядженими та живить навантаження від мережі через вбудований трансферний перемикач. При аварійному відключенні електроенергії MultiPlus-II миттєво переходить у режим інвертора, черпаючи енергію з акумуляторів і перетворюючи її в змінний струм для живлення підключених приладів. Повернення до мережі відбувається автоматично, як тільки напруга в мережі відновиться. Така схема забезпечує **безперебійне живлення** важливих споживачів (освітлення, комп’ютери, мережеве обладнання тощо) у квартирі чи офісі. Система працює **тихо** (немає шуму генератора) і без шкідливих викидів, її можна використовувати всередині приміщення. Завдяки **адаптивній технології заряду** батарей інвертор оптимізує заряд залежно від типу акумуляторів, що подовжує їхній ресурс​Технологія **PowerAssist** (в інверторах Victron) дозволяє при необхідності підсилити потужність мережі за рахунок батарей – інвертор додає енергію з АКБ, якщо споживання перевищує доступну від мережі, щоб уникнути перевантаження вводу​

Це особливо корисно при просіданні напруги або обмеженій потужності зовнішнього джерела.

**Основні переваги системи:** вона забезпечує **автономність роботи** критичних приладів на годинники чи навіть дні (залежно від ємності батарей), захищає техніку від стрибків і провалів напруги, а також дозволяє гнучко масштабувати резерв по потребі. Інвертор видає **чисту синусоїду 230 В 50 Гц**, придатну для будь-яких споживачів, і має великий запас потужності для пускових струмів (пікова потужність 10 кВА). Система легко інтегрується до існуючої електромережі будинку як джерело безперебійного живлення змінного струму​. Також можливий моніторинг і керування всіма компонентами в режимі реального часу – для цього використовується спеціальний контролер Victron Cerbo GX та сенсорний дисплей, що входять до складу системи (докладніше – у наступних розділах). У підсумку, резервна система на базі MultiPlus-II і LiFePO4 батарей забезпечує **надійне і безшумне резервне живлення** з автоматичним перемиканням, довгим терміном служби та можливістю віддаленого контролю.

**2. Технічні характеристики компонентів**

Нижче перелічено основні компоненти системи із коротким описом їх функцій та характеристик:

* **Інвертор гібридний Victron Energy MultiPlus-II 48/10000/140-100/100 (10 кВА / 8 кВт, 1 фаза, без MPPT).** Це “серце” системи – потужний інвертор/зарядний пристрій для 48 В батарей. Номінальна вихідна потужність – 8000 Вт (пікова 10000 ВА) чистої синусоїди на виході​. Працює як **інвертор** (перетворює 48 В постійного струму від АКБ у 230 В змінного), та як **зарядний пристрій** (до 140 А струму заряду на 48 В батарею). Оснащений вбудованим **автоматичним трансферним перемикачем** 100 А для швидкого переключення між джерелами AC (мережа ↔ батарея)​. Підтримує технології **PowerControl/PowerAssist** для обмеження вхідного струму та підсилення потужності, а також має другий резервний вихід (50 А) для несуттєвих навантажень​

Інвертор забезпечує роботу в режимі ДБЖ (UPS) з часом перемикання <20 мс​, що захищає обладнання від перебоїв. Працює на **системній напрузі 48 В**, має широкий діапазон вхідної напруги батарей ~38–66 В (для літієвих АКБ) і високий ККД. MultiPlus-II має можливість паралельної роботи (до 6 шт.) та трифазної конфігурації при потребі збільшення потужності​

*Основні особливості:* чиста синусоїда, адаптивний алгоритм зарядження батарей, вбудований захист від перевантажень, короткого замикання, перегріву, а також різноманітні інтерфейси зв’язку (VE.Bus порт для підключення до системи моніторингу Cerbo GX тощо).

* **Панель керування Victron Cerbo GX**. Це *системний контролер* (комунікаційний центр) для моніторингу і керування всіма пристроями Victron у системі. Cerbo GX об’єднує інвертор, зарядні пристрої, контролери та батареї в єдину смарт-систему​, забезпечуючи їх узгоджену роботу. Сам по собі Cerbo GX – невеликий комп’ютер з двоядерним процесором, який збирає дані про стан батарей (SOC, напруга), навантаження, параметри мережі тощо, і дозволяє зручно ними керувати. Панель має безліч інтерфейсів: 2 порти VE.Bus (для інвертора), порти VE.Direct і VE.Can для підключення інших пристроїв (наприклад, MPPT-контролерів або сумісних акумуляторів), входи для датчиків, виходи реле та ін.​

Cerbo GX не має власного екрану – управління відбувається або через мобільний додаток (Bluetooth, WiFi), або віддалено через інтернет (портал VRM), або за допомогою зовнішнього дисплея GX Touch​

В нашій системі Cerbo GX виконує роль “мозку”: відображає всю інформацію (режим роботи інвертора, рівень заряду АКБ, споживану/віддану потужність і т.д.), дозволяє змінювати налаштування інвертора та батарей, вести **дистанційний моніторинг**. Контролер підтримує Ethernet та вбудований WiFi/Bluetooth – тож після підключення до інтернету з’являється можливість віддаленого доступу і оповіщень (наприклад, повідомлення про відключення мережі або низький заряд батареї)​

. *Ключова функція:* об’єднання всіх компонентів системи в єдине ціле та спрощення їх налаштування і контролю.

* \*\*Сенсорний екран Victron **GX Touch 50** + **монтажна пластина для настінного встановлення**. GX Touch 50 – це *додатковий дисплей* діагоналлю 5 дюймів, призначений для роботи з контролером Cerbo GX​

Він дозволяє користувачу в реальному часі переглядати стан системи і змінювати налаштування через зручний інтерфейс. GX Touch має роздільність 800x480, корпус тонкий і водозахищений (стандарт IP65)​

Підключається одним кабелем до Cerbo GX, не потребує окремого живлення (кабель забезпечує і дані, і живлення)​

У комплекті використовується **настінне кріплення GX Touch Wall Mount**, що дає змогу легко закріпити екран на стіні або панелі без складних вирізів – достатньо прикрутити монтажну пластину кількома гвинтами​

Пластина спеціально підігнана під габарити дисплея GX Touch 50 для естетичної установки, ховає кабель та забезпечує надійне тримання. З GX Touch користувач отримує наочний контроль – на екрані відображаються рівень заряду батарей, потужність навантаження, стан мережі, історія подій тощо, і все це оновлюється в реальному часі. *Особливості:* проста установка (монітор кріпиться болтами через пластину, без свердління великих отворів) та інтуїтивне сенсорне керування системою​

* **Акумуляторні батареї Dyness DL5.0C (LiFePO₄, 5,12 кВт·год, 48 В) – 4 шт.** Накопичувач енергії, що забезпечує живлення навантаження при відсутності зовнішньої мережі. Один модуль DL5.0C має ємність 100 А·год (5,12 кВт·год при 51,2 В номінальної напруги)​

. В нашій конфігурації використовується 4 такі модулі, зібрані паралельно у батарейний банк загальною ємністю ~20,5 кВт·год. Це сучасні **літій-залізо-фосфатні (LiFePO₄)** акумулятори із тривалим ресурсом: **понад 6000 циклів** заряд-розряд до 90% глибини розряду​, що відповідає ~15 рокам експлуатації (виробник надає гарантію 10 років)​

. Батареї Dyness вирізняються модульною конструкцією – їх легко масштабувати, підключаючи паралельно до 50 модулів (максимальна сумарна ємність до 256 кВт·год)​

Кожен блок DL5.0C обладнаний вбудованою системою управління батареєю (**BMS**), яка контролює напругу і струм осередків, балансування, температуру та інші параметри для безпечної роботи​

BMS захищає батареї від перевантаження, перенапруги, глибокого розряду та перегріву. Також підтримується зв’язок по CAN/RS485 з зовнішніми пристроями – зокрема, інтеграція з гібридними інверторами (Dyness заявляє сумісність з багатьма брендами)​.

**Номінальна напруга** одного блоку – 51,2 В (робочий діапазон 44,8–57,6 В), максимальний безперервний струм розряду – 100 А (що відповідає 5 кВт на модуль, 1C), короткочасно до 150 А. Наш акумуляторний банк із 4 модулів може віддавати до ~20 кВт потужності при повній зарядженості, що перевищує можливості інвертора (8 кВт), тому батарея працює з запасом по струму, підвищуючи надійність. LiFePO₄ батареї мають суттєві переваги: відсутність “ефекту пам’яті”, високу щільність енергії, швидке заряджання, широкий діапазон робочих температур (-20…+50 °C)​, і головне – безпеку (хімія LFP є негорючою і термічно стабільною). Кожен модуль важить ~54 кг, виконаний у міцному настінному корпусі (можливий як настінний монтаж, так і установка у стійку)​.

У системі 4 батареї з’єднуються паралельно, щоб збільшити загальну ємність, – така конфігурація дозволена виробником і **підтримує балансування між модулями**, забезпечуючи рівномірний розряд/заряд. *Переваги АКБ Dyness DL5.0C:* довговічність (≥6000 циклів), **висока потужність** (можливий 1C розряд – тобто весь запас за 1 годину), модульність і простота нарощування ємності​

гнучкі методи монтажу (можна закріпити на стіні або ставити батареї стопкою), а також інтегрована BMS із багаторівневим захистом​

* **Розподільча шина Lynx Power In (шина паралельного підключення) – 2 шт.** Це спеціальні модулі від Victron Energy для **з’єднання декількох акумуляторних батарей паралельно** у високострумову систему. Lynx Power In являє собою збірну шину постійного струму з інтегрованими шинами **«плюс» і «мінус»** у захищеному корпусі​.

В кожному модулі передбачено 4 точки підключення (клеми) для батарей або інших DC-компонентів, розраховані на струм до 1000 А. Таким чином, один Lynx Power In дозволяє об’єднати до чотирьох акумуляторних модулів у паралель\*\* (або, наприклад, три батареї + вихід на інвертор). У нашій системі використовується 2 блоки Lynx Power In: вони з’єднуються між собою, утворюючи єдину шину, і надають достатньо точок підключення для 4 АКБ та кабелів до інвертора. Простіше кажучи, Lynx Power In – це **масивна точка збору** всіх плюсів і мінусів батарей, що забезпечує надійний контакт і рівномірний розподіл струму. Шина модульна, з можливістю розширення і стиковки з іншими елементами **Lynx DC** системи (наприклад, Lynx Distributor з запобіжниками, Lynx Shunt з вимірювачем струму і т.д.). Використання готового рішення від Victron підвищує безпеку і акуратність монтажу: усі батарейні підключення зводяться в одному місці, мінімізуючи кількість окремих проводів. *Характеристики:* номінальна напруга до 60 В DC, струм до 1000 А, сумісність з клемами M8/M10 (залежно від моделі)​.

Корпус забезпечує захист від випадкових дотиків та механічних пошкоджень клем. У системі Lynx Power In встановлюються поруч з батареями: один модуль збирає **позитивні** клеми всіх 4 АКБ, другий – **негативні** (або обидва модулі використовуються в парі для плюс/мінус, оскільки кожен містить обидві шини). Це спрощує обслуговування – є одна загальна точка “+” і одна “-” для підключення до інвертора і захисту.

* **Плавкий запобіжник Victron Energy ANL Fuse 400A/80V + тримач запобіжника.** Даний елемент забезпечує **захист постійного струму** між батарейним блоком і інвертором. Запобіжник типу ANL на 400 А розрахований на максимальні струми системи (короткочасно інвертор може споживати великий струм при пускових навантаженнях або короткому замиканні). Номінал 400 А при 80 В покритий з запасом, щоб витримувати робочі струми ~150–200 А і спрацьовувати лише при аномальних перевантаженнях. Запобіжник встановлюється у спеціальному **тримачі ANL-fuse holder**, який кріпиться поблизу акумуляторів на шині Lynx або кабелі. У разі виникнення короткого замикання в ланцюзі акумулятор–інвертор, цей запобіжник швидко перегорить і розірве коло, запобігаючи пошкодженню батарей, інвертора чи проводки. Такий захист є обов’язковим елементом високострумових DC систем. Конкретно Victron ANL 400A – це *високоякісний латунний плавкий вставний запобіжник* у прозорому корпусі, сумісний з тримачем Victron ANL. Тримач має клеми для підключення товстих кабелів (під болт M8) і місце для встановлення запобіжника. Він ізольований та може кріпитися на стінку чи монтажну панель. **Функція:** у випадку, наприклад, виходу з ладу інвертора або випадкового короткого замикання кабелів, запобіжник захистить від пожежі та руйнування батарей, обмеживши струм аварії. Після спрацьовування запобіжника його потрібно замінити на новий такого ж номіналу. 400 А обрано виходячи з потужності системи: 8 кВт при 48 В – це ~167 А струму, з урахуванням піків ~300+ А, тому 400 А запобіжник є оптимальним балансом між захистом і неспрацюванням на нормальних пікових режимах.

**3. Варіанти підключення**

Система може працювати як в режимі резервного живлення з підключенням до центральної мережі (для квартири або офісу з наявним електропостачанням), так і в повністю автономному режимі (наприклад, для віддаленого об’єкта без мережі, або при тривалих відключеннях). Розглянемо обидва варіанти схем підключення та роботи:

**Мережевий режим (резерв для існуючої мережі).** В цьому варіанті інвертор MultiPlus-II підключається *послідовно* між ввідним автоматом і групою критичних навантажень. Загальна схема така: **публічна мережа 230 В** → **вхід AC-in інвертора** → **інвертор MultiPlus-II** → **вихід AC-out інвертора** → **розподільчий щит навантажень**. До розподільчого щитка під’єднуються ті групи проводки, які потребують резервного живлення (освітлення, розетки для ІТ-обладнання, опалювальний котел, холодильник тощо). Вторинний вихід інвертора (AC out-2, 50 А) за бажанням може бути використаний для менш важливих споживачів – він знеструмлюється при роботі від батарей, відключаючи зайве навантаження​

. У нормальному стані мережева напруга просто проходить через інвертор на навантаження (тобто MultiPlus-II працює як автоматичний електронний вимикач АВР). Одночасно він спрямовує частину енергії на заряд батарей (в користувацьких налаштуваннях задається максимальний струм заряду, графік зарядження тощо). **При відключенні електрики:** інвертор миттєво переключається у режим інвертування, живлячи щиток навантажень від батарей. Для зовнішнього спостерігача перехід непомітний – світло не блимає, комп’ютери не перезавантажуються​

. Усі прилади продовжують отримувати 230 В, але вже з акумуляторного резерву. Коли центральна мережа з’являється, MultiPlus синхронізується з нею і переключає навантаження назад на живлення від зовнішньої мережі, одночасно дозаряджаючи батареї до 100%. Таким чином, реалізовано класичну систему **UPS для дому/офісу** з тривалим часом резерву. Якщо потужності інвертора 8 кВт недостатньо для деяких дуже потужних приладів (електроплит, бойлерів), їх можна залишити на прямому живленні від мережі (оминути інвертор) – тоді вони не працюватимуть під час відключень, але й не перевантажуватимуть систему резерву. За потреби MultiPlus-II може обмежувати споживання мережевого струму і “підмішувати” дефіцитну потужність з батарей (функція PowerAssist)​

– це актуально, якщо ваш ввід обмежений по струму, або працює малопотужний генератор. У мережевому режимі можлива також інтеграція сонячних панелей: хоч інвертор MultiPlus-II не має власного MPPT, до системи можна додати зовнішній сонячний зарядний пристрій (контролер) Victron, підключивши його до Cerbo GX і батарей. Це дозволить заряджати АКБ від Сонця та зменшити споживання з мережі. Система сумісна і з генератором – замість (або паралельно) централізованої мережі до входу AC-in можна підключити резервний генератор. Інвертор автоматично буде перемикатися на генератор при його запуску, а також може керувати його запуском/зупинкою через програмоване реле Cerbo GX залежно від заряду батарей​

.

*Типова схема підключення інвертора MultiPlus для резервного живлення будинку: вхід* ***AC-in*** *під’єднано до мережі (через ввідний автомат), вихід* ***AC-out*** *живить групу критичних навантажень (окремий автоматичний вимикач на щиті). Акумуляторна батарея 48 В підключена до DC-входу інвертора через запобіжник і шину розподілу Lynx. Мережева напруга при наявності подається прямо на навантаження і заряджає батареї, а при відключенні – інвертор черпає енергію з батарей, підтримуючи живлення.*​

​

У наведеній схемі **Cerbo GX** підключається до інвертора через порт VE.Bus (спеціальний кабель зв’язку), а також моніторить BMS батарей (якщо є сумісність по CAN) та інші датчики. Сенсорний дисплей GX Touch встановлюється в зручному місці на стіні – наприклад, біля електричного щитка – і з’єднується з Cerbo кабелем. Це дозволяє завжди бачити статус системи і за необхідності перемикати режими (можна, скажімо, тимчасово вимкнути заряд від мережі, якщо це **енергонакопичувальна система** і ви хочете економити електрику від мережі). Важливо, що MultiPlus-II може працювати і як **онлайн-UPS**, і як **економайзер**: є режими “Search Mode” та “AES” для зменшення власного споживання, коли навантаження відсутнє​

. Ці режими доцільні в автономній роботі, щоб не розряджати батареї даремно.

**Автономний режим (офлайн система живлення).** В цьому випадку відсутнє постійне зовнішнє джерело змінного струму – система використовує енергію, накопичену в акумуляторах, і може поповнювати її від альтернативних джерел (генератор, сонячні панелі). Схема підключення подібна, але вхід **AC-in** інвертора або не використовується взагалі, або під’єднується до резервного генератора. **Інвертор MultiPlus-II в автономному режимі стає головним джерелом змінної напруги** для об’єкту: його вихід AC-out підключається до будинкової мережі (можливо, до повного щитка, якщо інших джерел немає). Батареї постійно видають енергію на інвертор, який генерує 230 В/50 Гц для всіх приладів. Коли батареям потрібно підзарядитись, можна запустити генератор – MultiPlus-II автоматично синхронізується з генератором та перемкне навантаження на нього, одночасно заряджаючи АКБ потужним вбудованим зарядним пристроєм (до 140 А). По суті, система працює як домашня міні-електростанція: вдень може заряджатися від сонця (якщо додано сонячні панелі і MPPT), вночі живити будинок від акумуляторів, а в разі затяжної негоди чи вичерпання заряду – вмикається генератор для підзарядки. MultiPlus-II підтримує *інтелектуальне управління генератором* – через Cerbo GX можна налаштувати автоматичний старт генератора за критичного розряду батарей або за перевищення навантаження​

. В автономному режимі особливо корисна функція **PowerAssist**: інвертор здатен синхронізуватися з малопотужним генератором і “додати” йому потужності з батарей для покриття пікового навантаження​

. Наприклад, якщо генератор 5 кВт, а ввімкнувся двигун насоса 7 кВт, то Victron підмішає 2 кВт від батарей, щоб двигун успішно стартував.

При побудові автономної системи важливо коректно налаштувати параметри зарядного пристрою під тип батарей (на Cerbo GX задаються максимальна напруга зарядження, плаваючий заряд, пороги BMS тощо). Також автономні системи часто використовують **режим енергозбереження**: MultiPlus може переходити в сплячий режим, коли споживання мінімальне, періодично “прокидаючись” для перевірки навантаження​

. Це знижує самоспоживання батарей приблизно на 70% у режимі пошуку навантаження.

У підсумку, **схема автономної роботи** виглядає так: **АКБ 48 В** → **інвертор MultiPlus-II (DC→AC)** → **внутрішня мережа будинку**. За наявності **генератора**: **генератор 230 В** → **вхід AC-in інвертора** (використовується періодично для підзарядки). За наявності **сонячних панелей**: сонячний контролер підключений до батарей, генерує DC для зарядки. Cerbo GX координує всю цю роботу, показує власнику скільки енергії згенеровано, скільки спожито і який залишок заряду.

**Безпека та зауваження до схем:** В обох варіантах *не можна* напряму з’єднувати вхід і вихід інвертора – тобто не припустимо, щоб мережа і вихід інвертора були з’єднані разом постійно. MultiPlus має чіткий розподіл: коли він працює від мережі, внутрішнє реле з’єднує AC-in з AC-out; коли мережі немає – реле розмикає і інвертор формує власну синусоїду на AC-out. Якщо ж об’єднати ці кола помилково, можливий **зворотній потік** енергії чи пошкодження. Тому монтаж потрібно виконувати згідно інструкцій Victron або залучити кваліфікованого електрика. В мережевому режимі важливо, щоб на час роботи від батарей будинкова мережа була фізично від’єднана від зовнішньої – це забезпечується тим самим вбудованим перемикачем інвертора (він діє як АВР). В автономному режимі, якщо планується під’єднуватися до тимчасового зовнішнього джерела (генератора чи відновленої мережі), також треба передбачити захист від паралельної роботи (вбудований функціонал MultiPlus це покриває).

**4. Розрахунок часу автономної роботи**

**Час роботи від батарей** залежить від ємності акумуляторів та потужності навантаження. Для оцінки використовують співвідношення: *T = W\_bat / P\_load*, де W\_bat – загальна корисна енергоємність батарей (в ват-годинах), а P\_load – сумарна споживана потужність навантажень (у ватах). У нашій системі встановлено 4 батареї по 5,12 кВт·год, що дає ~20,5 кВт·год загальної ємності. З міркувань довговічності зазвичай не рекомендується повністю розряджати LiFePO₄ до 0%, оптимально враховувати 80–90% ємності як робочу. Отже, доступна енергія складе приблизно 16–18 кВт·год.

Як приклад, якщо критичні споживачі квартири споживають **1 кВт** потужності в середньому (це може відповідати роботі декількох ламп, холодильника, котла і інтернет-обладнання), то 20,5 кВт·год батарей вистачить приблизно на *20 годин* автономної роботи (20500 Вт·год / 1000 Вт ≈ 20,5 год). На практиці, з урахуванням втрат інвертора та неповного розряду, можна розраховувати на ~18 годин безперервної роботи. Якщо навантаження вище, час пропорційно зменшується. Наприклад, при споживанні **2 кВт** (кілька комп’ютерів, кондиціонер або мікрохвильовка періодично) – батарей вистачить приблизно на *10 годин*. При навантаженні **5 кВт** (це вже близько до максимальної потужності більшості квартир) – час роботи ~4 години. А при повному завантаженні інвертора **8 кВт** – акумулятор вичерпається приблизно за *2–2,5 години*. Звичайно, в реальних умовах споживання не є стабільним: більшість систем працюють довше, оскільки пікові навантаження (чайник, насос) чергуються з низьким споживанням, і середня потужність менша від максимуму.

Зручність модульної системи в тому, що час резерву можна збільшити додаванням батарей. Наприклад, встановивши 8 модулів DL5.0C (вдвічі більше ємності – ~41 кВт·год), ви отримаєте близько 40 год автономної роботи при 1 кВт навантаженні або 20 год при 2 кВт і т.д. Допускається паралельно ставити до 50 модулів​

, тобто теоретично резерв можна масштабувати до кількох діб автономності для малого офісу чи будинку. Dyness спеціально передбачив таку можливість: *“аж до 50 акумуляторних батарей можна підключити паралельно. Таким чином ви зможете значно збільшити термін автономної роботи електроприладів у вашому будинку чи офісі.”*​

.

Також час роботи залежить від встановлених обмежень – можна налаштувати глибину розряду, після якої система відключить навантаження, щоб зберегти ресурс АКБ (наприклад, 20% запасу). Якщо критичне навантаження невелике (світло, інтернет), навіть одна батарея 5,12 кВт·год може забезпечити кілька годин резерву. Для типового ж дому 4 батареї, як у цій системі, здатні покрити нічний період або робочий день без електрики.

Розглянемо декілька сценаріїв для 4×5,12 кВт·год (≈20,5 кВт·год) батарей:

* **Навантаження ~500 Вт** (тільки освітлення LED, маршрутизатор, ноутбуки) – резерв до ~**40 годин** (понад 1,5 доби). Система фактично може пережити тривале відключення, якщо споживання економне.
* **Навантаження ~1,5 кВт** (холодильник, кілька комп’ютерів і освітлення) – ~**12–13 годин** роботи. Цього достатньо, щоб покрити нічний пік відключень або робочий день.
* **Навантаження 3 кВт** (невеликий обігрівач + базове навантаження) – ~**6–7 годин** автономності.
* **Навантаження 8 кВт** (максимум системи) – ~**2,5 год** роботи на повній потужності.

Як видно, результати масштабуються практично лінійно: збільшення споживання вдвічі зменшує час роботи вдвічі, і навпаки. Тому дуже важливо визначити **пріоритетні навантаження** – від яких приладів можна відмовитися під час тривалого блекауту, а які мають працювати постійно. Оптимально під час відключення електрики обмежити непотрібне споживання, щоб розтягнути час роботи системи. Наприклад, відключивши енергоємні прилади (електроплиту, бойлер) і залишивши тільки життєво необхідне, ви зменшите навантаження і пропорційно продовжите час резерву.

Варто зазначити, що наш інвертор MultiPlus-II здатний відключати “другорядні” навантаження автоматично: на його вихід 2 можна підключити ті споживачі, які не потрібні під час роботи від батарей (електричний бойлер, кондиціонер). Цей вихід знеструмиться коли мережа зникне​

, тим самим батарея не витрачатиметься на подібні прилади і час резерву для критичних навантажень збільшиться.

Резюмуючи: **4 батареї Dyness 5,12 кВт·год забезпечать 8 кВт навантаження протягом ~2–3 год, або менші споживання (1–2 кВт) протягом 10–20 год відповідно**. Якщо ж потрібен довший час роботи, можна збільшити кількість батарей – модульна архітектура дозволяє додати додаткові блоки паралельно​

. Наприклад, 8 батарей дадуть вже близько 40 кВт·год резерву, що вистачить на 24 год при 1,5 кВт середнього споживання. Кожен може підбирати конфігурацію під свої потреби, збалансовуючи бюджет системи і бажаний час автономності.

**5. Монтаж і налаштування**

**Монтаж системи** слід виконувати відповідно до технічних вимог Victron Energy та норм електробезпеки. Основні моменти встановлення такі:

* **Розміщення інвертора:** MultiPlus-II 10000 – досить громіздкий і важкий пристрій (вага близько 45 кг), тому його необхідно надійно закріпити на вертикальній поверхні (стіні) або спеціальній рамі. Вибирають місце з достатнім простором навколо для вентиляції – інвертор оснащений активним охолодженням (вентиляторами), він виділяє тепло при роботі на високому навантаженні. Бажано сухе приміщення з температурою від 0 до +40 °C (технічна комора, гараж, серверна тощо). Забезпечується доступ для обслуговування та підключення кабелів знизу (де розташовані клеми). Інвертор кріпиться на 4 анкери або болти; перед підключенням необхідно **знеструмити** всі лінії.
* **Акумуляторні модулі:** LiFePO₄ батареї Dyness DL5.0C можна встановлювати **вертикально на підлозі або закріпити на стіні** (передбачені монтажні кронштейни). 4 модулі по 54 кг кожен – це значне навантаження, тому якщо монтувати на стіну, вона має бути капітальна (бетон/цегла) і використовується штатний настінний комплект кріплень від виробника. Інший варіант – розмістити батареї в спеціальній **батарейній стійці** або шафі. Важливо залишити трохи простору між модулями для вентиляції (хоч вони гріються не сильно, але BMS і внутрішній опір можуть давати деяке тепло при великих струмах). Ступінь захисту батарей IP20 – тобто приміщення має бути сухим, без пилу і агресивних середовищ. Кожен модуль має вбудовані роз’єми “+” і “-” (болти під кабельні наконечники), а також порт комунікації (CAN/RS485) – їх з’єднують між собою шлейфом для синхронізації BMS. Для зручності обслуговування рекомендується встановити **роз’єднувач (автомат або потужний перемикач)** на кабелі від батарей до інвертора – це дозволить відключити батареї від системи при роботах.
* **Кабельне з’єднання і захист:** Високострумові лінії 48 В між батареями, шинами Lynx та інвертором потребують кабелів великого перерізу. При струмах 200–300 А зазвичай використовують мідні кабелі перетином 70–95 мм² (або навіть 120 мм² на коротких відрізках) для мінімізації падіння напруги і нагріву. Усі плюсові проводи від батарей сходяться на шині Lynx Power In (плюсовій), так само мінусові – на негативній шині Lynx. Від Lynx до інвертора тягнеться основний плюс і мінус кабель. В розрив позитивного дроту обов’язково встановлюється **плавкий запобіжник 400 А** в тримачі поблизу батарей (як уже описано вище). Місце встановлення запобіжника – якомога ближче до плюсової шини, щоб захистити від короткого замикання максимум довжини кабелю. Тримач ANL-фьюза кріплять на монтажну панель; переконуються, що він має надійний контакт і закритий кришкою. Всі кабельні з’єднання повинні бути опресовані якісними мідними наконечниками і міцно затягнуті на шпильках шин/інвертора. Після монтажу перевіряється затяжка через деякий час роботи (нагртів/охолодження можуть послабити кріплення).
* **Підключення AC сторони:** Вхід **AC-in** інвертора під’єднується до ввідного автоматичного вимикача, що приходить від мережі (або генератора). Тут бажано встановити **додатковий захист** – автоматичний вимикач або запобіжник на 32–63 А, відповідно до максимального струму, який може спожити зарядний пристрій (при 140 А заряду ~ 8 кВт, тобто ~35 А від мережі). Вихід **AC-out** інвертора йде на окрему групу автоматів, що живлять вибрані резервні лінії в будинку. Для безпеки і відповідності нормам, на виході інвертора встановлюється **ПЗВ (пристрій захисного відключення)** та автомати, аналогічно як на вводі. Нуль і фаза повинні бути правильно підключені (MultiPlus-II – однофазний, нейтраль комутується через внутрішнє реле). Заземлення: обов’язково заземлюють корпус інвертора і акумуляторний нуль на загальний контур будинку. При переході в автономний режим MultiPlus автоматично з’єднує нейтраль з землею (функція вбудованого автоматичного комутатора “ground relay”), роблячи локальну мережу TN-S безпечну для УЗО. Але при наявності зовнішньої землі це зв’язування координується – деталі в інструкції Victron. **Всі роботи на AC-боку краще доручити сертифікованому електрику**, оскільки помилки в підключенні можуть призвести до виходу з ладу обладнання або створення небезпечної ситуації.
* **Монтаж Cerbo GX і GX Touch:** Контролер Cerbo GX – компактний блок, який можна закріпити всередині електрощита або поруч з інвертором (він не боїться тепла і має широкий діапазон живлення 8–70 В​

). Його підключають до шини **VE.Bus** інвертора (кабель RJ45) для отримання даних і команд. Також підключають кабель живлення (від батарей 12 В або 48 В – Cerbo допускає напряму 48 В) з вбудованим запобіжником 1 A​

. Антени WiFi/Bluetooth виносять назовні (якщо потрібно дистанційне з’єднання). Датчики – можна під’єднати термодатчик до Cerbo для контролю температури батарей або навколишнього середовища. GX Touch 50 – плоский екран – монтується на стіні з використанням комплектної пластини: свердлять 3 отвори під гвинти, закріплюють пластину і на неї ставлять дисплей (фіксується засувками). Один кабель від дисплея заводиться до Cerbo (порт HDMI+USB спеціальний). Таким чином, усі дроти сховані, вигляд охайний​

. Необхідно передбачити відстань не більше 5 м між екраном і Cerbo (довжина стандартного кабелю). Після підключення екран автоматично вмикається і показує інтерфейс (може знадобитись оновлення прошивки Cerbo до останньої версії для сумісності з GX Touch).

* **Початкове налаштування:** Перед запуском системи перевіряють правильність усіх з’єднань, полярність, затяжку клем. Далі подають живлення від батарей на інвертор (вмикають батарейний автомат/рубильник) – MultiPlus-II повинен увімкнутися, індикатори загорітися. За допомогою **VictronConnect** (мобільного додатку по Bluetooth, якщо модуль встановлений, або через ПК з інтерфейсом MK3-USB) або через меню Cerbo GX проводять конфігурування інвертора: вибирають тип батарей *“Lithium (LiFePO4)”*, встановлюють максимальний струм заряду 140 А (або менше, якщо бажають щадити АКБ), напругу заряду по рекомендаціям Dyness (близько 56,5 В на етапі **absorption** і 55,2 В **float**, або згідно профілю BMS). Вмикають/вимикають функції **PowerAssist**, **UPS mode** (якщо потрібне ультра-швидке перемикання 4 мс)​

. Також конфігурують **другий вихід** (за замовченням він відключається разом із мережею – можна задати затримку або іншу логіку). Через Cerbo GX перевіряють зв’язок з BMS батарей: Dyness підтримує протокол CANbus, тому, ймовірно, Cerbo зможе отримувати дані SOC% напряму від батарей (можливо, через CAN-порт та інтерфейс **VE.Can**). Якщо інтеграція пройшла успішно, на екрані GX Touch буде відображатися відсоток заряду і статус АКБ. Інакше, можна встановити зовнішній **SmartShunt** від Victron для точного вимірювання заряду – його підключають між мінусовою шиною Lynx і акумуляторами, а дані надходять на Cerbo.

* **Тестування:** Після налаштування поступово ввімкніть навантаження і перевірте, чи система працює як очікується. У мережевому режимі – відключіть ввідний автомат і переконайтеся, що навантаження безперебійно перейшли на живлення від батарей. Перевірте час перемикання – як правило, MultiPlus забезпечує <20 мс, що достатньо для більшості пристроїв (комп’ютери мають блоки живлення, які тримають ~10–20 мс). Якщо є чутливі прилади, можна активувати режим UPS для ще швидшого перемикання (4–6 мс)​

. Перевірте роботу захистів: імітуйте перевантаження – інвертор має видати сигнал тривоги або відключити вихід при перевищенні 8 кВт тривалий час (понад 5 хв). Перевантаження >10 кВА викличе миттєве спрацювання захисту. Перевірте спрацьовування автоматів та УЗО на виході, натиснувши тест.

* **Віддалений моніторинг:** Підключіть Cerbo GX до інтернету (кабель LAN до роутера або через WiFi). Зареєструйте систему на безкоштовному порталі **VRM** Victron (Virtual Remote Management). Тепер ви зможете слідкувати за станом системи з будь-якої точки – переглядати історію, графіки виробітку, отримувати email/SMS оповіщення. Це особливо корисно для офісу – наприклад, отримати повідомлення при відключенні міського електропостачання. Cerbo GX також дозволяє здійснювати **віддалене керування** (Remote Console) – тобто ви можете через інтернет зайти в інтерфейс, ніби стоїте перед GX Touch, і змінити налаштування​

. Переконайтеся, що прошивки всіх компонентів оновлені до останніх версій (Victron періодично випускає оновлення, які можна встановити через інтернет на Cerbo GX).

**Вимоги до безпеки і експлуатації:** Система повинна експлуатуватися з дотриманням правил. Не перевищуйте допустимі навантаження інвертора – 8 кВт безперервно. Слідкуйте за температурою батарей: при екстремальному холоді літієві батареї не можна заряджати (BMS зазвичай блокує заряд нижче -10 °C). В приміщенні з батареями бажано підтримувати позитивну температуру для оптимальної роботи. Заборонено розміщувати акумулятори поблизу джерел вогню чи сильного тепла. Проводьте періодичну діагностику: хоча б раз на рік перевіряйте затяжку високострумових з’єднань, стан вентиляції інвертора (чи не забився пилом радіатор). Cerbo GX може бути налаштований відправляти сповіщення про необхідність обслуговування. Запобіжники і автомати – тримайте в запасі додатковий плавкий елемент 400 А, щоб швидко замінити у разі його спрацювання.

**Налаштування параметрів системи** здійснюється через меню Cerbo GX або програму VictronConnect. Тут виставляються профілі заряду батарей (в нашому випадку – літієвий з пласким зарядним графіком), граничні значення напруг (наприклад, BMS Dyness може через CANbus сигналізувати інвертору про 10% SOC, тоді MultiPlus відключить навантаження). Також програмуються сценарії реле – можна підключити сигналізацію, що при збої мережі спрацьовуватиме та надсилатиме повідомлення​

На завершення, переконавшись що система змонтована правильно і протестована в різних режимах, можна вводити її в експлуатацію. Користувачі отримують інструктаж: як правильно вимикати/вмикати систему (послідовність – спочатку навантаження, потім інвертор, потім батареї, і навпаки), як відслідковувати стан через дисплей GX Touch, що означають індикатори на інверторі та ін. В повсякденному використанні система працює автоматично і не потребує втручання – **інтелектуальна автоматика Cerbo GX** самостійно керує джерелами живлення. Залишається лише вчасно міняти налаштування якщо зміниться конфігурація (наприклад, додалися нові батареї чи сонячні панелі – тоді потрібно внести це в систему).

Слід зазначити, що дотримання правильної схемотехніки і налаштувань гарантує довгу і безпечну роботу системи. Компанія Victron Energy має детальні посібники (такі як “Wiring Unlimited”) і рекомендації, яких варто дотримуватись при монтажі. В результаті виходить професійна резервна система, яка **автоматично забезпечить ваш будинок або офіс електроенергією** у моменти, коли це найбільш потрібно, і зробить це безпечно та ефективно.​