

Акумуляторна система

Акумуляторна система використовує хімічні реакції для зберігання електроенергії для подальшого використання, чи то від генератора, чи то від електромережі. З технічної точки зору, сама електроенергія не може бути збережена, але її відносний енергетичний еквівалент зберігається як потенційна енергія за допомогою хімічної реакції і може бути перетворена в електроенергію пізніше. Хімічні батареї працюють, заряджаючи розчин, який зберігає заряд достатньо довго, щоб його можна було знову розрядити і розподілити пізніше.

Структура системи

Батареї є кінцевими носіями зберігання і працюють відносно простими способами.

Батареї можуть приймати і віддавати тільки постійний струм, в той час як більшість великих електроприладів і джерел живлення використовують змінний струм. Для цього батареї потребують зовнішніх пристроїв, які перетворюють струм залежно від використання та потреб.

- Для отримання змінного струму акумулятору потрібен трансформатор або спеціалізований зарядний пристрій.
- Для подачі змінного струму акумулятору знадобиться зовнішній інвертор.

Ці 2 пристрої часто об'єднують в інвертор-зарядний пристрій, який можна використовувати в якості посередника між акумулятором і замкнутим контуром.

Оскільки кожна батарея має обмежену ємність, джерела живлення від акумулятора вимагають спеціального обладнання для моніторингу та контролю потоку електроенергії, що надходить в батарею, яке називається контролером заряду. Контролер заряду постійно контролює стан заряду акумулятора, визначаючи, наскільки він «повний», і автоматично припиняє заряджання, коли акумулятор повністю розряджений. Батареї дуже енергоємні і можуть бути надзвичайно небезпечними, якщо їх перезарядити! Перезаряджений акумулятор може іскрити, спричинити пожежу і навіть вибухнути, можливо, викидаючи при цьому небезпечні хімічні речовини. Не слід намагатися виконувати резервне живлення акумулятора без належного контролера заряду.

Подібно до генераторної установки, резервне живлення від акумулятора також повинно мати всі доступні засоби захисту, включаючи вимикачі, запобіжники та кабель заземлення.

Таким чином, акумуляторна система зазвичай включає:

- Один або кілька акумуляторів.
- Інверторний зарядний пристрій.
- Контролер заряду.
- Кабельні та захисні пристрої, такі як запобіжники та заземлення.

Акумулятори

Акумулятор - це запам'ятовуючий пристрій, здатний накопичувати хімічну енергію і перетворювати її в електричну за допомогою електрохімічної реакції. Існує багато різних типів хімічних речовин, які використовуються, наприклад, нікель-кадмієві акумулятори, які використовуються для живлення невеликих портативних пристроїв, або літій-іонні (Li-

он) акумулятори, які використовуються для великих портативних пристроїв. Найбільш перевіреним типом хімії і найдовше використовуваним є свинцево-кислотний акумулятор.

Види

Акумулятори виготовляються з декількох матеріалів і мають різні форми, які підходять для різних цілей. У цьому посібнику мова піде про найпоширеніші акумулятори, які використовуються в якості резервного джерела живлення. Два основних види можна підсумувати наступним чином:

1. Залиті акумулятори.
2. Свинцево-кислотні акумулятори з клапанним регулюванням.

Залиті акумулятори:

Акумулятори з заливними елементами - найпоширеніший тип звичайних акумуляторів, що використовуються в автомобілях з двигуном внутрішнього згоряння. Акумулятори з залитими елементами називають кількома термінами:

- Залитий акумулятор.
- Вологий акумулятор.
- Заливний свинцево-кислотний акумулятор.
- Свинцево-кислотна акумуляторна батарея, що підлягає відновленню.

Ці батареї містять комбінацію рідкого електроліту, який вільно переміщується у відсіку для елементів. Користувачі мають доступ до окремих елементів і можуть додавати дистильовану воду (або кислоту), коли батарея розряджається. Основною характеристикою цього типу акумуляторів є їхня низька вартість, що робить їх доступними майже в усьому світі і широко використовуваними в країнах з низьким рівнем доходу або в країнах, що розвиваються. Поводитися з залитими батареями досить просто, і їх можна заряджати простим нерегульованим зарядним пристроєм. Однак ці батареї потребують періодичного огляду та обслуговування, а екстремальні кліматичні умови можуть мати більший вплив на термін служби батареї через те, що розчин електроліту всередині батареї має здатність випаровуватися або замерзати.

Ці батареї зазвичай виготовляються з двома клемами і 6 кришками, що забезпечують доступ до кожного відсіку або комірки на 2 В, що в сумі дає 12 В. Для цього типу акумуляторів типовий діапазон напруги поглинання становить від 14,4 до 14,9 вольт, а типовий діапазон плаваючої напруги - від 13,1 до 13,4 вольт.

Автомобільні або вантажні акумулятори не підходять для того, щоб бути постійною системою для зберігання енергії. Автомобільні акумулятори призначені для забезпечення високого струму протягом коротких періодів часу, зокрема для запуску двигуна внутрішнього згоряння. Існують свинцево-кислотні акумулятори, які нещодавно були спеціально розроблені для зберігання енергії.

Свинцево-кислотні акумулятори з клапанним регулюванням (VRLA):

Свинцево-кислотні акумулятори з клапанним регулюванням (VRLA) - це термін, який може відноситися до ряду різних марок і конструкцій, але всі вони мають одну і ту ж властивість - вони герметичні. Акумулятори VRLA іноді називають герметичними або герметичними свинцево-кислотними акумуляторами. Закритий характер батарей робить їх транспортування простішим і менш небезпечним, і за певних обставин їх можна навіть перевозити літаками. Однак герметичність зменшує термін їхньої служби, оскільки їх не

можна перезаряджати - в середньому термін їхньої служби становить 5 років при 20°C.

Акумулятори VRLA зазвичай дорожчі і потребують повністю регульованого зарядного пристрою, що робить їх менш поширеними в усьому світі. У цих акумуляторах все ще може використовуватися свинцева кислота як хімічний розчин, але вони можуть використовувати різьбові штифти замість камер і клем.

Назва акумулятора походить від клапанного регулюючого механізму, який забезпечує безпечний вихід газів водню і кисню під час зарядки. Існують і більш досконалі конструкції, серед яких:

**Акумулятори
з
поглинальним
скломатом
(AGM)**

Конструкція AGM дозволяє розміщувати електроліт в безпосередній близькості від активного матеріалу пластини. Це підвищує ефективність як розряду, так і підзарядки.

Оскільки всередині немає рідини, ці акумулятори працюють краще, ніж залиті, у випадках, коли обслуговування важко виконувати, однак вони чутливі до надмірного або недостатнього заряду, що впливає на їхній термін служби та продуктивність. Акумулятори AGM працюють найбільш надійно, коли їх використання обмежується розрядом не більше 50% ємності акумулятора.

AGM-батареї - це тип акумуляторів, який зазвичай обирають для автономних систем електропостачання.

**Гелеві
аккумулятори**

Гелеві акумулятори мають водно-кислотний елемент у формі гелю. Електроліт в гелевих акумуляторах має добавку кремнезему, яка змушує його схоплюватися або застигати. Напруга перезарядки цього типу акумуляторів нижча, ніж у інших типів свинцево-кислотних акумуляторів, а гелеві елементи, ймовірно, є найбільш чутливими елементами з точки зору побічних реакцій на перенапругу під час заряджання.

Гелеві батареї найкраще використовувати в системах з дуже глибоким циклом і вони можуть працювати трохи довше в спекотну погоду. На жаль, повна глибока розрядка незворотно руйнує акумулятор. Якщо для гелевого акумулятора використовується неправильний зарядний пристрій, його погана робота і передчасний вихід з ладу неминучі.

Примітка: Дуже часто люди використовують термін «гелевий акумулятор» для позначення герметичних акумуляторів, що не потребують обслуговування, так само, як і назву бренду для позначення цілої категорії товарів. Будьте дуже уважні при виборі зарядного пристрою - найчастіше, коли хтось говорить про гелевий акумулятор, він насправді має на увазі герметичний акумулятор VRLA або AGM, що не потребує обслуговування. Гелеві батареї не такі поширені, як AGM, і їх важко знайти в гуманітарних ситуаціях.

Тип акумулятора	Діапазон напруги поглинання	Діапазон плаваючої напруги
Залиті батареї	14.4 to 14.9 вольт	13.1 to 13.4 вольт.

Тип акумулятора	Діапазон напруги поглинання	Діапазон плаваючої напруги
Акумулятори VRLA	14.2 to 14.5 вольт	13.2 to 13.5 вольт.
Акумулятори VRLA	14.4 to 15.0 вольт	13.2 to 13.8 вольт.
ГЕЛЕВІ акумулятори	14.0 to 14.2 вольт	13.1 to 13.3 вольт.

Ємність

Ємність визначається як загальна кількість енергії, яку акумулятор може зберігати та відтворювати у вигляді електроенергії. Ємність акумулятора зазвичай описується в кратних і порядкових значеннях ватт-годин (Вт * год) – від 1 Вт * год до 1 кВт * год (1000 Вт * год). Ватт-година визначається як електрична енергія, необхідна для подачі одного вата електроенергії протягом однієї безперервної години. Наприклад, стандартна лампа розжарювання потужністю 60 Вт потребуватиме 60 Вт/год накопиченої енергії для роботи протягом однієї години. Легко зрозуміти, чому правильна оцінка потреб споживання важлива для розробки резервних систем акумуляторів, особливо для елементів безпеки або критично важливих елементів.

Мабуть, найважливішою специфікацією акумулятора є його потужність, розрахована в ампер-годинах (А · год). Визначення Вт-год проводиться, коли А-год поєднуються з напругою акумулятора - найчастіше 12 вольт.

Energy (Wh) = voltage (V) × capacity (Ah)

Ємність акумулятора залежить від:

- **Тривалості розряду:** Зазвичай виробник вказує ємність на 20 годин, позначаючи її як C20. Для акумулятора C20 одна і та ж батарея зможе віддати більше енергії за 20 годин, ніж за 10.
- **Температури:** Ємність може збільшуватися або зменшуватися залежно від зовнішньої температури. Показники визначено за температури 20°C.

Також майте на увазі, що циклічний розряд акумулятора на повну ємність може призвести до його пошкодження, якщо робити це неодноразово. Щоб збільшити термін служби акумулятора, в ньому завжди має залишатися трохи енергії перед підзарядкою. З цієї причини зазвичай використовується лише 50% потужності. Як наслідок, енергію, яку батарея дійсно може видати, краще вимірювати, дивлячись на половину її повної ємності.

Energy = 0.5 × voltage × capacity

Акумулятор ємністю 100Аг містить 1200 Вт-год:

$$100 \times 12 = 1,200\text{Wh}$$

Приклад:

Для збільшення терміну служби можна використовувати лише 600 Вт-год. Як довго прослужить лампочка потужністю 40 Вт при безперервному використанні?:

$$600\text{Втгод.} / 40\text{Вт} = 15 \text{ год.ours}$$

Лампочка потужністю 40 Вт може працювати протягом **15 годин** до того, як акумулятор потрібно буде підзарядити.

Як правило, чим більший акумулятор і чим вища його ємність, тим більше зростає ефективність, а ціна за ват-годину знижується. Рекомендується використовувати акумулятор з найбільшою доступною ємністю, а потім відпрацьовувати кратні кількості акумулятора цього типу, щоб досягти загальних потреб у зберіганні енергії. Постійне додавання менших акумуляторів з меншою ємністю призведе до збільшення витрат і виникнення проблем у майбутньому.

Плаваючий термін служби

Плаваючий термін служби — це очікуваний термін служби акумулятора, якщо він постійно заряджається і ніколи не розряджається. Коли акумулятор встановлюється в електричну систему, яка постійно отримує заряд, це називається «плаваючим зарядом». Якщо живлення відключається і перемикається на батареї з плаваючим зарядом, час автономної роботи вказує, як довго ці батареї можуть працювати. Термін служби зменшується з ростом температури, а плаваючий термін служби зазвичай розрахований на 20°C. Як правило, термін служби зменшується приблизно вдвічі на кожне підвищення середньої температури на 10°C.

Акумулятор з номінальним плаваючим терміном служби 10 років при температурі 20°C. Як довго він прослужить, якщо середня температура становить 30°C?

Приклад: $10 / 2 = 5$ Років

Він прослужить **5 років** якщо середня температура в акумуляторній становитиме 30°C і тільки **2.5 роки** якщо середня температура в акумуляторній досягатиме 40°C.

Циклічний термін служби

Крім часу автономної роботи, "ресурс циклу" - це кількість циклів, які батарея може витримати протягом свого терміну служби. Цикл заряду акумулятора - це час, протягом якого акумулятор повністю заряджається, а потім повністю розряджається, що становить один повний «цикл». Зазвичай ця інформація міститься в технічних характеристиках, і рекомендується купувати акумулятори з ресурсом циклу більше 400 циклів.

Тривалість циклу залежить від глибини розряду. Глибина розряду 50% є хорошим компромісом між надмірними інвестиціями та швидкою втратою якості.

Інші характеристики

Іншими характеристиками акумулятора є:

- **Швидкість саморозряду:** Швидкість саморозряду визначається як швидкість розсіювання електроенергії акумулятором, якщо він зберігається повним, але не використовується. Корисно лише в тому випадку, якщо батареї планується зберігати протягом тривалого часу. Швидкість саморозряду свинцево-кислотного акумулятора зазвичай не перевищує 5% на місяць.
- **Температура замерзання:** Акумуляторна батарея буде зруйнована, якщо її розчин електроліту замерзне. Температура замерзання залежить від конструкції, складу та рівня заряду акумулятора, і розряджений акумулятор замерзає легше. Однак температура замерзання батареї майже завжди нижча за температуру замерзання води.

Кількість необхідних акумуляторних батарей

Тип батареї, необхідної для установки, буде залежати від потреб в електроенергії, бюджету, країни, в якій працює система, і умов, в яких вона повинна працювати.

Після того, як модель акумуляторів визначена, необхідно розрахувати кількість необхідних акумуляторів. Це можна зробити за наступною формулою, завжди округляючи число в більшу сторону.

Number of batteries = (Energy consumption) / (max cycle depth × Battery voltage × Battery capacity)

Аналіз системи вказує на потребу в 12 880 Вт-год. Наявні акумулятори мають ємність 220Аг / 12В і вимагають 50% максимальної глибини розряду. Скільки батарей потрібно?

Приклад:

$$12880 / (50\% \times 12 \times 220) = 9.76$$

Потрібно 10 акумуляторів.

Зверніть увагу, що всі батареї, які використовуються в акумуляторній системі, повинні бути абсолютно однаковими:

- **Однакова ємність:** якщо потрібно 500Аг, не можна використовувати 2 x 200Аг + 1 x 100Аг. Для системи знадобиться 5 x 100Аг або (бажано) 3 x 200Аг.
- **Марка і модель:** Наскільки це можливо, батареї повинні бути однієї марки і моделі.
- **Вік:** Наскільки це можливо, всі батареї повинні мати однакову «історію». Наполегливо не рекомендується змішувати старі та нові акумулятори, навіть якщо вони однієї моделі.

Інверторний зарядний пристрій

Хоча важливо вибрати акумулятори, які мають правильну ємність і конструкцію, інверторно-зарядні пристрої можуть підвищити ефективність системи. Так само інверторний зарядний пристрій може пошкодити систему, якщо він неправильно встановлений, несправний або погано спроектований. Призначення інверторного зарядного пристрою - перетворення струму з змінного в постійний для заряджання акумуляторів, і з постійного в змінний для розряджання акумуляторів. Однак інверторні зарядні пристрої можуть робити набагато більше - вони можуть функціонувати як «мозок» електроустановки, координуючи потоки енергії між основним джерелом (генератором або мережею), акумуляторами та кінцевим користувачем. Належний інверторний зарядний пристрій може забезпечити набагато кращу якість обслуговування, ніж будь-які інші системи резервного живлення, зокрема:

- Потужність, доступна від інвертора, може в 4 рази перевищувати максимальну потужність основного джерела живлення.
- Increased generator lifespan.
- Регульована напруга і частота.
- Безперебійне живлення.

Інверторні зарядні пристрої слід купувати разом з:

- Контролерами акумуляторів.

- Датчиками температури.

Підключення акумуляторів за допомогою кабельних з'єднань

Кабелі, які з'єднують батареї між собою, відіграють важливу роль у продуктивності акумуляторної системи. Вибір правильного розміру (діаметра) і довжини кабелю важливий для загальної ефективності системи. Занадто малі або надмірно довгі кабелі призведуть до втрат потужності та підвищеного опору. При з'єднанні акумуляторів кабелі між кожним кумулятором повинні бути однакової довжини, щоб забезпечити однаковий опір кабелю, що дозволяє всім кумуляторним батареям в системі працювати однаково.

Особливу увагу також слід звернути на те, де проходять основні системні кабелі, які підключаються до акумуляторної батареї. Занадто часто системні кабелі, що живлять навантаження, підключаються до першої або «найлегшої» батареї, до якої можна дістатися, що призводить до погіршення продуктивності та скорочення терміну служби. Ці основні системні кабелі, які йдуть до розподільника постійного струму (навантажень), повинні бути з'єднані з усією батареєю акумуляторів. Це гарантує, що вся батарея заряджається і розряджається однаково, забезпечуючи оптимальну продуктивність. Основні кабелі системи та кабелі, що з'єднують батареї між собою, повинні бути достатнього розміру (діаметру), щоб витримувати загальний струм системи. Якщо є великий зарядний пристрій або інвертор, важливо переконатися, що кабелі здатні переносити потенційно великі струми, які генеруються або споживаються підключеним обладнанням, а також усіма іншими видами навантаження.

Встановлення акумуляторної системи

Акумуляторна кімната

Акумуляторна кімната має таке ж призначення, як і генераторна:

- Ізолюйте акумуляторну систему, щоб зменшити ризик нещасного випадку - наприклад, витоків кислоти або викиду шкідливих газів - і запобігти несанкціонованому доступу.
- Забезпечте хороші умови експлуатації: акумуляторна повинна захищати електроніку від води та пилу, а також бути добре вентильованою.

Акумулятори, що використовуються для резервного живлення та розподілу енергії, потребують певного місця для розташування, яке повинно бути добре сплановане. Зручно розташовувати акумуляторне приміщення поруч з основним джерелом живлення або розподільчим щитом, однак батареї не можна встановлювати в тому ж приміщенні, що і генератор. Високі або коливні температури значно впливають на термін служби та продуктивність батарей, тому рекомендується мати окреме добре вентильоване приміщення для акумуляторів з температурою, максимально наближеною до 20°C. Сухий і вентильований підвал або підземне приміщення - ідеальне місце для зберігання, за умови, що підземне сховище не буде затоплене або завалене.

За жодних обставин не можна розташовувати місця зберігання акумуляторів у житлових або робочих приміщеннях. Повністю заряджений акумулятор має високу енергоемність і може іскрити, виділяти дим, горіти або навіть вибухати. Несправний зарядний пристрій або перезаряджений акумулятор може мати ознаки несправності, включаючи здуття і задимлення. Однак перезаряджений акумулятор також може не мати жодних ознак і не

видавати жодних попереджень. Розрив акумулятора може призвести до розсіювання шрапнелі та викиду дуже токсичних хімічних речовин, а випари можуть бути надзвичайно шкідливими або навіть смертельними, якщо їх вдихнути. Якщо батарея виявляє будь-які ознаки деформації, пошкодження або перегріву, слід вимкнути всю систему, а батарею від'єднати, коли це буде безпечно. Не намагайтеся повторно використовувати пошкоджені батареї - їх слід утилізувати безпечно та відповідно до місцевих законів і правил.

Розміри установки

Щоб визначити розмір акумуляторної системи, потрібно буде визначити наступне:

- Максимальна потужність, яку інвертор повинен видавати на установку.
- Кількість енергії, яку необхідно зберігати в акумуляторі для забезпечення ваших потреб.
- У деяких випадках потужність, яку зарядний пристрій може подати на акумулятори.

Будь ласка, зверніться до розділу [енергоменеджмент](#) щодо розрахунку потужності та енергії, яку повинна видавати система.

Щоб вручну розрахувати максимальну потужність установки:

1. Перерахуйте всі електроприлади, що живляться від установки.
2. Знайдіть максимальну потужність кожного електроприладу. Для приладів з електродвигуном максимальна потужність приблизно втричі перевищує номінальну. Наприклад, водяному насосу потужністю 300 Вт знадобиться близько 1 кВт для запуску.
3. Додайте всю потужність разом.

Для того, щоб вручну розрахувати енергоспоживання установки:

1. Перерахуйте всі електроприлади, що живляться від установки, та їхню номінальну середню потужність.
2. Для кожного приладу визначте, як довго він має використовуватися. Передбачувану енергію, необхідну для кожного приладу, можна розрахувати за формулою: середня потужність × тривалість.
3. Додайте всі потреби в енергії разом.

Візьміть до уваги години, протягом яких система акумуляторів повинна постачати електроенергію, і плануйте відповідно до цього. Конфігурація акумуляторів буде різною, якщо система буде забезпечувати живлення тільки вночі або використовуватиметься як цілодобове резервне джерело живлення протягом усього дня. Якщо це можливо, заплануйте запуск генератора в години пікового споживання енергії, зменшивши кількість необхідних акумуляторів і знизивши повну вартість системи.

Потужність зарядного пристрою визначатиме, скільки часу займе підзарядка. Потужний зарядний пристрій, який може швидко заряджати батареї, корисний, якщо основне джерело живлення дуже дороге – великий генератор з високим споживанням – або якщо електроенергія від основного джерела живлення доступна лише протягом короткого часу – громадська електромережа доступна лише кілька годин на день.

Щоб мати можливість заряджати батареї за фіксовану тривалість, слід використовувати формулу:

Power=Energy consumption / charge duration

Установка споживає приблизно 12 880 Вт·год енергії, і має досягти повного заряду за 6 годин. Якої потужності повинен бути зарядний пристрій?:

Приклад: $12,880 / 6 = 2,150\text{Вт}$

Потужність зарядного пристрою повинна бути не менше **2,150Вт**.

Потужність зарядного пристрою часто вказується в параметрах струму (Амперах), а не потужності (Вт). Щоб розрахувати струм заряду від потужності заряду, просто розділіть потужність заряду на напругу зарядного пристрою (зазвичай 12, 24 або 48 В).

- Якщо використовується зарядний пристрій на 12В, то струм заряду повинен бути: $2,150 / 12 = 180\text{А}$.
- Якщо використовується зарядний пристрій на 48В, то струм заряду повинен бути: $2,150 / 48 = 45\text{А}$.

Додаткові міркування:

- Мінімальна тривалість заряджання акумулятора - 4 години. Швидша зарядка може пошкодити батареї, а деякі батареї можуть мати обмеження, що перевищують 4 години.
- Навіть з потужним зарядним пристроєм заряджання може тривати довше через обмежену потужність, доступну від основного джерела живлення - з генератором на 5 кВт купувати зарядний пристрій на 10 кВт безглуздо.
- Для зарядних пристроїв з розширеними налаштуваннями алгоритм заряду може збільшувати тривалість заряду, щоб заощадити час роботи акумулятора. Деякі зарядні пристрої автоматично зменшують потужність заряду, коли заряд акумулятора наближається до 100%.

Підключення акумуляторів

Існує кілька способів з'єднання декількох батарей для досягнення правильної напруги або ємності батареї для конкретної установки постійного струму. З'єднання декількох акумуляторів разом у вигляді однієї великої батареї, а не окремих батарей, робить їх більш ефективними і забезпечує максимальний термін служби.

Послідовне з'єднання	Послідовне з'єднання батарей збільшить напругу, зберігаючи при цьому ємність в ампер-годинах незмінною. У цій конфігурації батареї з'єднуються послідовно, щоб отримати вищу напругу, наприклад, 24 або навіть 48 Вольт. Позитивний полюс кожної батареї з'єднаний з негативним полюсом наступної, при цьому негативний полюс першої батареї і позитивний полюс останньої батареї підключені до системи. Наприклад; 2 батареї 6В 150Аг, з'єднані послідовно, дадуть 12В, але лише 150Аг ємності. 2 батареї 12В 150Аг, з'єднані послідовно, дадуть 24В, але все одно лише 150Аг.
Паралельне з'єднання	Паралельне з'єднання акумуляторів призводить до подвоєння ємності, при цьому напруга залишається незмінною. Паралельне з'єднання передбачає з'єднання позитивних і негативних полюсів декількох батарей між собою. Потім до системи під'єднується позитивний полюс першої батареї та негативний полюс останньої батареї. Наприклад; 2 x 12В 150Аг батареї, з'єднані паралельно, дадуть тільки 12В, але збільшують ємність до 300Аг.
Послідовно/паралельне з'єднання	Послідовно-паралельне з'єднання поєднує в собі вищезгадані методи і використовується для батарей 2В, 6В або 12В для досягнення більш високої напруги і ємності системи. Паралельне з'єднання необхідне, якщо потрібна підвищена потужність. Потім батарею слід підключити до системи перехресно, використовуючи позитивний полюс першої та негативний полюс останньої батареї. Наприклад, 4 батареї 6В 150Аг, з'єднані послідовно/паралельно, дадуть 12В при 300Аг. 4 батареї 12В 150Аг можна з'єднати послідовно/паралельно, щоб отримати 24В ємністю 300Аг.