

Винахід відноситься до електротехніки, до хімічних джерел струму, а саме до свинцево-кислотних акумуляторних батарей, і може бути застосовано для контролю технічного стану та якості акумуляторних батарей за величиною середньодобового саморозряду.

Величина саморозряду акумуляторної батареї є строго нормованою експлуатаційною характеристикою. Але звичайні методи визначення цієї характеристики грубі та незручні, оскільки вони або передбачають проведення спеціальних тривалих процедур - розряду та заряду акумуляторної батареї, які впливають на вимірювані величини, або нехтують реальним взаємозв'язком параметрів акумулятора. Для того, щоб спосіб визначення саморозряду був зручним і в той же час достатньо точним, він повинен дозволити визначити величину саморозряду за станом акумулятора після простою, не вносячи додаткових змін та враховуючи реальну, теоретично обґрунтовану залежність між його параметрами.

Величина саморозряду визначається ступенем розрядженості або зарядженості акумулятора після перебування впродовж певного часу в стані бездіяльності, про яку можна судити за напругою розімкненого кола. Відомий спосіб визначення ступеню зарядженості акумулятора за ЕРС спокою [Пшисуха А.М., Пшисуха О.А., Автомобильный аккумулятор - „Харків“, 1999, с.68-71], при якому за вимірюваною величиною ЕРС спокою знаходять на графіку відповідне значення ступеня зарядженості. Недоліком цього способу є використання лінійної залежності між ЕРС спокою та ступенем зарядженості акумулятора, яка не відповідає реальним закономірностям протікання електрохімічних процесів. До того ж даний спосіб призначений для визначення ступеню зарядженості акумулятора, що розряджався при замкненому колі, і не враховує специфіку саморозряду.

Відомий спосіб визначення ступеню зарядженості акумулятора [Патент Російської Федерації №2110119; заявл. 22.09.05, опубл. 27.04.98; МПК⁷: H01M10/48, G01R31/36], що полягає у вимірюванні рівноважної ЕРС та послідовному розрахунку ступеню зарядженості з урахуванням залежності рівноважної ЕРС від температури електроліту та конструктивних параметрів. При цьому рівноважну ЕРС вимірюють на двох електродах, що додатково вводять в електроліт. Окрім цього, в електроліт також вводять датчик температури, вимірюють температуру електроліту і в залежності від її величини корегують значення рівноважної ЕРС. Ступінь зарядженості акумулятора S розраховують за формулою:

$$S = \frac{0,45V[E_{\text{и}} + K(t_{\text{н}} - t_{\text{и}})] - 0,38V + Q_{\text{НОМ}}V + C_{\text{НОМ}}}{0,45VE_3 - 0,83V - Q_{\text{НОМ}}V + C_{\text{НОМ}}},$$

де V - об'єм електроліту акумулятора, $E_{\text{и}}$ - виміряна рівноважна електрорушійна сила акумулятора, K - температурний коефіцієнт вимірювання рівноважної електрорушійної сили акумулятора, $t_{\text{н}}$ - нормальна температура електроліту, $t_{\text{и}}$ - виміряна температура електроліту, $Q_{\text{НОМ}}$ - еквівалентна кількість електрики одиниці об'єму електроліту номінальної густини, $C_{\text{НОМ}}$ - номінальна ємність акумулятора, E_3 - рівноважна електрорушійна сила повністю зарядженого акумулятора. Даний спосіб придатний тільки для визначення ступеню зарядженості акумулятора, що розряджався на зовнішнє навантаження, і не враховує закономірностей протікання процесів саморозряду. До того ж цей спосіб складний та незручний для широкого використання.

Найбільш близьким за технічною сутністю та результату, що досягається, є спосіб визначення саморозряду [ГОСТ В 22759-84, с.20; ГОСТ 26881-86, с.17-18], який полягає у вимірюванні ємності батареї до та після періоду бездіяльності. Для цього акумуляторну батарею двічі піддають розряду з послідовним відновленням ємності при заряді. Різниця визначених таким чином ємностей розглядається як втрата ємності при саморозряді. Величину середньодобового саморозряду обчислюють за формулою:

$$S = \frac{C_1 - C_2}{n \cdot C_1} \cdot 100,$$

де C_1 - ємність, отримана на контрольному розряді, проведеному перед установленням на саморозряд; C_2 - ємність, отримана при розряді після закінчення строку бездіяльності; n - число днів бездіяльності акумуляторів. Недоліком цього способу є велика тривалість вимірювальних процедур, пов'язана з необхідністю розряду батареї в номінальному режимі. При цьому батарея двічі піддається шкідливому впливу глибокого розряду. До того ж, після кожного розрядно-зарядного циклу ємність акумулятора може змінюватися або за рахунок розроблення пор, або в результаті опливання активної маси та сульфатації. Додавання цієї зміни ємності до ефекту саморозряду призводить до виникнення великої похибки при визначенні даним способом величини саморозряду нових батарей або величини саморозряду батарей наприкінці строку служби.

В основу винаходу, що пропонується, поставлено задачу вдосконалити спосіб визначення величини саморозряду свинцево-кислотної акумуляторної батареї, який дозволяє визначити величину саморозряду безпосередньо за зміною стану акумулятора, не впливаючи на вимірювані параметри та враховуючи закономірності протікання процесів саморозряду. Це призводить до підвищення точності визначення величини саморозряду та прискоренню вимірювальної процедури, а також до простоти та зручності самого способу.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі визначення величини саморозряду свинцево-кислотної акумуляторної батареї за зміною її стану без впливу на вимірювані параметри, згідно з винаходом, спочатку вимірюють напругу на клеммах зарядженої батареї при розімкненому колі, потім батарею зберігають в стані бездіяльності, по закінченню якої знову вимірюють напругу на клеммах батареї при розімкненому колі, після цього здійснюють підзарядку батареї і розряджають її в номінальному режимі, потім вимірюють напругу на клеммах розрядженої батареї при розімкненому колі, після чого визначають величину саморозряду за формулою:

$$S = k \cdot \frac{n c - \varepsilon_p}{\varepsilon_3 - \varepsilon_p} \cdot \frac{\varepsilon_3 - \varepsilon}{n c' - \varepsilon} \cdot \frac{100\%}{t},$$

де S - середньодобовий саморозряд, що виражається у відсотках від номінальної ємності за добу; ε_3 , ε_p та ε - напруга на клеммах зарядженої батареї, розрядженої батареї та батареї, що знаходилася в стані бездіяльності відповідно, яка вимірюється при розімкненому колі; n - кількість елементів батареї; t - тривалість зберігання батареї в стані бездіяльності; c' і k - сталі, значення яких залежать від співвідношення інтенсивностей реакцій саморозряду на позитивних та негативних електродах і можуть знаходитися в діапазонах $c=2,58 \div 2,67V$, $k=0,90 \div 1,64$; $c=2,755V$.

Формула для розрахунку величини саморозряду акумуляторної батареї, яка лежить в основі винаходу, що пропонується, виведена з урахуванням реальних закономірностей саморозряду. Вона містить лише два вимірюваних параметра - тривалість бездіяльності батареї та напругу розімкненого кола, яка характеризує стан батареї у певний момент часу. При визначенні саморозряду способом, що пропонується, величина ємності батареї не має значення.

Сталі c' і k залежать від співвідношення реакцій саморозряду на негативних та позитивних електродах. Відношення інтенсивностей реакцій саморозряду негативних та позитивних електродів p може бути різним ($1 < p < \infty$) в залежності від складу електродних пластин, температури та концентрації електроліту. Стала c' безпосередньо залежить також і від температури електроліту, але в значно меншому степені. Тією ж мірою залежить від температури і стала c , значення якої (2,755V) наведено для кімнатної температури. Значення сталих k і c' визначаються виразами

$$k = \frac{2p}{1 + \mu^{-1}p}; \quad c' = \frac{1+p}{1 + \mu^{-1}p} (c - \varepsilon_0) + \varepsilon_0,$$

де $\mu=0,817$ і $\varepsilon_0=1,849V$. Зазвичай реакції саморозряду негативних електродів протікають набагато інтенсивніше і значення сталої c' зміщене до нижньої границі діапазону, а значення сталої k - до верхньої границі.

Спосіб визначення саморозряду, що пропонується, може застосовуватись незалежно від величини напруги на клеммах батареї при розімкненому колі в зарядженому та розрядженому станах. Напруга, що створюється зарядженою акумуляторною батареєю при розімкненому колі, може трохи відрізнятися від стандартного значення. Окрім цього, у різних батарей напруга розімкненого кола в розрядженому стані через конструктивні відмінності теж може бути різною. Напруга розімкненого кола зарядженої або розрядженої батареї може до того ж змінюватися з часом через вплив процесів зношування, розроблення пор та незворотної втрати води (для VRLA акумуляторів). При визначенні величини саморозряду способом, що пропонується, ці відхилення граничних значень напруги, яка визначається при розімкненому колі, можуть бути легко враховані вимірюванням величин ε_3 та ε_p .

Спосіб, що пропонується, особливо простий при визначенні саморозряду акумуляторних батарей, конструктивними відмінностями яких можна знехтувати, в період стабільності електротехнічних характеристик. В цьому випадку можна вважати, що $\varepsilon_3=2,11 \cdot nV$ і $\varepsilon_p=1,94 \cdot nV$. В результаті для визначення величини саморозряду достатньо виміряти лише напругу розімкненого кола в кінці періоду бездіяльності батареї та тривалість бездіяльності.

Якщо після періоду бездіяльності напруга розімкненого кола знижується не більше, ніж на $0,008 \cdot nV$ ($\varepsilon_3 \leq 0,008 \cdot nV$), то для розрахунку величини саморозряду можна використовувати наближену формулу

$$S = k \cdot \frac{n c - \varepsilon_p}{n c' - \varepsilon_3} \cdot \frac{\varepsilon_3 - \varepsilon}{\varepsilon_3 - \varepsilon_p} \cdot \frac{100\%}{t}$$

що впливає з наведеної загальної формули, коли зміна напруги розімкненого кола достатньо мала.

За наявними у авторів відомостями передбачувані істотні ознаки, що характеризують сутність винаходу, не відомі з рівня техніки, отже, винахід відповідає критерію «новизна».

Сутність винаходу, що заявляється, не впливає для фахівця явно з відомого рівня техніки. Сукупність ознак, що характеризують відомий спосіб визначення саморозряду, не забезпечує досягнення нових властивостей і тільки наявність відмітних ознак дозволяє отримати новий технічний результат. Отже, винахід, що пропонується, відповідає критерію «винахідницький рівень».

Спосіб визначення саморозряду, що пропонується, простий у застосуванні і може бути легко реалізований за допомогою достатньо чутливого вольтметра.

Визначення саморозряду акумуляторної батареї відповідно до способу, що пропонується, виконується наступним чином. Заряджена акумуляторна батарея, що містить 6 елементів, зберігається у стані бездіяльності впродовж 28 діб при температурі електроліту $25^\circ C$. В кінці періоду бездіяльності вимірюють напругу на клеммах батареї при розімкненому колі ε . Напругу розімкненого кола для батареї в зарядженому та розрядженому стані приймають рівною $\varepsilon_3=12,66V$ та $\varepsilon_p=11,64V$ відповідно. Нехтуючи реакціями саморозряду позитивних електродів вважають, що $c'=2,589V$, а $k=1,634$. Величину саморозряду обчислюють за формулою

$$S = 7,83 \cdot \frac{12,660 - \varepsilon}{15,534 - \varepsilon} \cdot \frac{100}{28} (\% / \text{доба})$$

де напруга ε виражається у вольтах, а саморозряд S - у відсотках від номінальної ємності за добу. Якщо

$\varepsilon > 12,61\text{В}$, величину саморозряду обчислюють або за формулою, наведеною вище, або за наближеною формулою

$$S = 2,72 \cdot (12,660 - \varepsilon) \cdot \frac{100}{28} (\% / \text{доба})$$

На графіку зображено залежність середньодобового саморозряду акумуляторної батареї, визначеного пропонованим способом, від напруги розімкненого кола після 28 діб бездіяльності.

Спосіб, що пропонується, зручний тим, що дозволяє визначити величину саморозряду за напругою розімкненого кола, яка вимірюється легко і швидко. Визначення ємності в цьому випадку не потрібне. При визначенні величини саморозряду пропонованим способом акумуляторну батарею розряджають не більше одного разу, але всі вимірювання проводяться в межах одного розрядно-зарядного циклу, що виключає вплив структурних змін в активній масі на вимірювану напругу розімкненого кола. До того ж, спосіб, що пропонується, передбачає можливість визначення величини саморозряду без проведення розряду акумуляторної батареї, якщо впливом конструктивних відмінностей можна знехтувати. В цьому випадку саморозряд визначається найбільш просто - за напругою розімкненого кола в кінці періоду бездіяльності, що дозволяє суттєво прискорити вимірювальну процедуру та уникнути впливу процесів зношування, пов'язаних з розрядом та зарядом акумулятора. Пропонований спосіб враховує реальні закономірності процесів саморозряду, що дозволяє визначити величину саморозряду з високою точністю.

