



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 112384

(13) C2

(51) МПК

H01M 10/48 (2006.01)

G01R 31/36 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2015 05908

(22) Дата подання заявки: 15.06.2015

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: 25.08.2016

(41) Публікація відомостей
про заявку: 10.12.2015, Бюл.№ 23

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: 25.08.2016, Бюл.№ 16

(72) Винахідник(и):
Дзензерський Віктор Олександрович
(UA),
Житник Микола Явтухович (UA),
Плаксін Сергій Вікторович (UA),
Лісунова Вікторія Вікторівна (UA),
Ширман Оксана Ігорівна (UA)

(73) Власник(и):
ІНСТИТУТ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ І
ТЕХНОЛОГІЙ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ
НАУК УКРАЇНИ "ТРАНСМАГ",
вул. Писаржевського, 5, м. Дніпропетровськ,
49005 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:
RU 2101806 C1, 10.01.1998
UA 78327 C2, 15.03.2007
UA 107021 C2, 10.11.2014
RU 2131158 C1, 27.05.1999
RU 2326475 C1, 10.06.2008
US 8868363 B2, 21.10.2014
US 7788052 B2, 31.08.2010
Безручко К.В., Давидов А.О. Метод
експресс-диагностики электрохимических
накопителей энергоустановок ракетно-
космических объектов // Космическая
техника. Ракетное вооружение. - 2012. -
Вып.1. - С. 140-148.

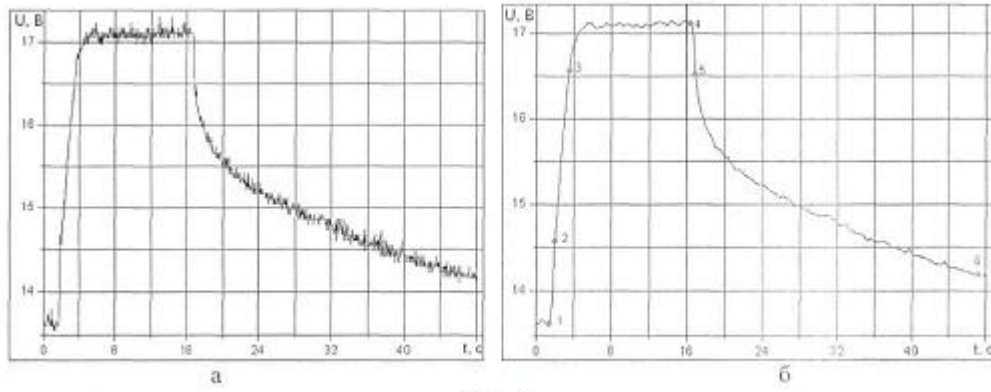
(54) СПОСІБ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ПОТОЧНОГО СТАНУ АКУМУЛЯТОРА

(57) Реферат:

Спосіб автоматизованого контролю поточного стану акумулятора, згідно з яким, на акумулятор подають одиночний, прямокутної форми, зарядний імпульс постійного струму, знімають часову залежність у вигляді потенціограми, яка відображає реакцію акумулятора на вимірюваний імпульс, і за формою потенціограми визначають величину напруги розімкненого ланцюга, густину електроліту, внутрішній опір і залишкову ємність акумулятора. Згідно з винаходом, потенціограму, зняту в аналоговій формі у вигляді кривої сигналу відгуку акумулятора на тестовий зарядний імпульс постійного струму, перетворюють у цифрову форму, виділяють із шуму криву сигналу відгуку, визначають на ній координати інформаційних точок, якими розділяють криву сигналу на відрізки, що відображають відповідні стадії протікання електрохімічного процесу в акумуляторі та які використовують як інформаційні показники, які порівнюють з нормованими.

Спосіб дозволяє автоматизувати контроль поточного стану акумулятора і здійснювати контроль та моніторинг акумулятора та батарей акумуляторів у складі автономних систем електропостачання без порушення штатного режиму їх експлуатації.

UA 112384 C2



Фиг. 2

Винахід належить до автоматизованих систем контролю стану та моніторингу акумуляторів, переважно свинцевих та літєвих, у складі автономних систем електропостачання.

Системи автономного електропостачання передбачають наявність у своєму складі резервних джерел електроенергії, за які використовуються здебільшого свинцеві та літєві акумулятори і які потребують контролю поточного технічного стану шляхом перевірки відповідності основних параметрів заданим значенням. При цьому слід звернути особливу увагу на те, що контроль стану акумулятора повинен виконуватися без відключення його від мережі споживача та без порушень штатного режиму функціонування системи, що є обов'язковою умовою експлуатації системи автономного електропостачання.

Як свідчать результати огляду джерел патентної та літературної інформації, останнім часом широкого використання набули імпульсні методи контролю стану хімічних джерел струму, які дозволяють визначати електричні параметри акумуляторів без застосування відповідних вимірювальних приладів шляхом аналізу форми сигналу відгуку акумулятора на поданий на нього імпульс струму або напруги і таким чином одержувати інформацію про значення параметрів у цифровій формі, що полегшує її обробку математичними методами та дозволяє автоматизувати контроль поточного стану акумулятора.

Відомий метод експрес-діагностики електрохімічних накопичувачів енергії (Безручко К.В., Давидов А.О. Метод экспресс-диагностики электрохимических накопителей энергоустановок ракетно-космических объектов // Космическая техника. Ракетное вооружение.-2012. - Вып.1.- С. 140-148), який передбачає подавання на електрохімічний накопичувач енергії тестового сигналу у вигляді серії послідовних прямокутних зарядно-розрядних імпульсів струму із зростаючою амплітудою, а відгук на тестовий сигнал відображається у вигляді фрагментів зарядних та розрядних характеристик, із яких з використанням математичної моделі визначаються параметри електрохімічного накопичувача.

Недоліком методу є велика кількість емпіричних коефіцієнтів, які входять у математичну модель та визначаються окремо для кожного типу накопичувача, що не дозволяє уніфікувати метод, а також висока вірогідність порушення штатного режиму роботи системи електропостачання внаслідок впливу на електрохімічний накопичувач серії зарядно-розрядних імпульсів струму із зростаючою амплітудою.

Відомий спосіб визначення електричних параметрів акумуляторних джерел живлення (патент РФ № 2101806, H01M10/48, G 01 R 31/36, надр. 10.01.1998 г., Бюл. № 1), згідно з якими на акумуляторне джерело струму подається розрядний імпульс струму, а для визначення його електричних параметрів використовується експериментальна крива перехідного процесу падіння напруги на акумуляторі при повній компенсації його ЕРС (електрорушійної сили) та розряді на зразковий розрядний резистор відомої величини. При цьому вимірювання падіння напруги на акумуляторі виконується у фіксовані моменти часу 0 , t_1 та $t_2 = 2t_1$, які відповідають початковій ділянці експериментальної кривої перехідного процесу, а розрахунок електричних параметрів акумулятора здійснюється за допомогою мікро-ЕОМ та програмного забезпечення, розробленого на базі запропонованого математичного апарата. При цьому математичні вирази, із яких обчислюють значення параметрів акумулятора, одержані з використанням електричної схеми заміщення акумулятора, а не з використанням експериментально одержаних із сигналу відгуку значень, що знижує точність визначення параметрів. Для здійснення вимірювань акумулятор підключають до зразкового розрядного резистора та за допомогою джерела опорної напруги проводять компенсацію його електрорушійної сили.

Недоліком способу є необхідність підключення акумулятора до розрядного резистора, тобто відключення його на період вимірювань від мережі споживача, що унеможливорює застосування способу для контролю поточного стану акумуляторного джерела струму в системах автономного електропостачання, а також здійснення вимірювань в фіксовані моменти часу на короткій ділянці експериментальної кривої, що обмежує об'єм інформації про поточний стан акумулятора, а разом з цим обмежує потенційні можливості імпульсних методів. Окрім цього, використання розрядного тестового імпульсу призводить до втрати частки енергії акумулятора та призводить до втрати інформації про перебіг електрохімічного процесу в акумуляторі.

Із електрохімії відомо, що джерелом енергії в акумуляторі є електрохімічні реакції, які в сукупності відображають електрохімічний процес, що включає ряд послідовних стадій. При цьому закономірна послідовність протікання стадій електрохімічного процесу просліджується при подаванні на акумулятор зарядного, а не розрядного імпульсу струму (Дома skin Б.Б., Петрий О.А. Введение в электрохимическую кинетику. М.: Высшая школа, 1983.-400 с), а реакція акумулятора на імпульс відображається у формі сигналу відгуку, що реєструється у вигляді часової залежності напруги $U(t)$ на його клеммах, яка і характеризує кінетику електрохімічного процесу та містить у собі інформацію про стан акумулятора. Обробка сигналу

відгуку відповідними математичними методами дозволяє визначати електричні параметри акумулятора.

Найближчим по технічній суті та по результату, що досягається, до винаходу, що заявляється, є спосіб контролю стану свинцевого акумулятора [патент України на винахід № 78327 МПК H01M 10/48, G01R 31/36. Надр. 15.03.2007. Бюл. №3].

Спосіб-прототип включає подачу на акумулятор одиночного прямокутної форми зарядного імпульсу постійного струму, встановлюють амплітуду імпульсу рівної $0,1C_{20}A$, тривалість імпульсу $t \geq \tau_{III}$, тривалість переднього фронту імпульсу $\tau_{\phi 3} \ll \tau_{II}$, де C_{20} - ємність акумулятора при 20-ти годинному розряді, τ_{III} - час перехідних процесів в акумуляторі, $\tau_{ЗПЕШ}$ - час зарядження подвійного електричного шару на межі електрод-електроліт, τ_{II} - час розряду псевдоємності електрохімічної системи акумулятора, знімають часову залежність у вигляді потенціограми, яка відображає реакцію акумулятора на вимірювальний імпульс, і за формою потенціограми визначають величину напруги розімкненого ланцюга, густину електроліту, внутрішній опір і залишкову ємність акумулятора. Недоліком способу є те, що для його реалізації потенціалограму реєструють в аналоговій формі без перетворення її в цифрову форму, що спонукає проводити аналіз форми потенціалограми для визначення параметрів акумулятора у ручному режимі внаслідок відсутності інформаційних показників, які б дозволяли визначати значення параметрів акумулятора за допомогою математичних методів обробки сигналів та автоматизувати контроль поточного стану акумулятора. Крім того, наявність шумів різної природи спотворює форму сигналу відгуку, що призводить до зниження точності визначення значень параметрів.

Задачею пропонованого винаходу є автоматизація контролю поточного стану акумулятора шляхом визначення його параметрів із кривої сигналу відгуку за допомогою математичних методів обробки сигналів. Поставлена задача вирішується тим, що в способі автоматизованого контролю поточного стану акумулятора, який включає подачу на акумулятор одиночного прямокутної форми зарядного імпульсу постійного струму, встановлюють амплітуду імпульсу, рівною $0,1C_{20}A$, тривалість імпульсу $t \geq \tau_{nn}$, тривалість переднього фронту імпульсу $\tau_{\phi 3} \ll \tau_n$, де C_{20} - ємність акумулятора при 20-ти годинному розряді, τ_{nn} - час перехідних процесів в акумуляторі, $\tau_{ЗПЕШ}$ - час зарядження подвійного електричного шару на межі електрод - електроліт, τ_n - час розряду псевдоємності електрохімічної системи акумулятора, знімають часову залежність у вигляді потенціограми, яка відображає реакцію акумулятора на вимірювальний імпульс, і за формою потенціограми визначають величину напруги розімкненого ланцюга, густину електроліту, внутрішній опір і залишкову ємність акумулятора, відповідно до винаходу потенціограму, зняту в аналоговій формі у вигляді кривої сигналу відгуку акумулятора на тестовий зарядний імпульс постійного струму, перетворюють в цифрову форму, виділяють із шумів, криву сигналу відгуку та визначають на кривій сигналу відгуку координати характеристичних точок, якими розділяють криву сигналу відгуку на відрізки, що відображають стадії протікання електрохімічного процесу в акумуляторі та які використовують як інформаційні показники для автоматизованого визначення із кривої сигналу відгуку падіння напруги на внутрішньому активному опорі акумулятора U_{a1} в момент подачі тестового імпульсу, яка пропорційна величині активного опору акумулятора, напруги електрохімічної поляризації U_{ex} , яка характеризує швидкість протікання електрохімічної реакції по перенесенню зарядів через межу розділу електроліт-електрод, крутизну електрохімічної поляризації $k_{ex} = \frac{U_{ex}}{t_{ex}}$, яка характеризує інтенсивність споживання зарядного струму, напруги концентраційної поляризації U_K , величина якої відображає інтенсивність процесу масо- та електропереносу в об'ємі протікання електрохімічних реакцій, падіння напруги на внутрішньому опорі U_{a2} в момент зняття тестового імпульсу, крутизну спаду напруги $k_{cn} = \frac{U_{cn}}{\tau_n}$, величина якої характеризує інтенсивність процесу саморозряду акумулятора після зняття тестового імпульсу, де $\tau_n = 2c$ фіксована величина, та по одержаних значеннях інформаційних показників оцінюють стан акумулятора, при цьому акумулятор вважається працездатним при наступних значеннях

показників, які приймають за нормовані: $U_{a1} \leq 0,1B$; $k_{ex} \geq 3,5$; $U_K \leq 1,5B$; $k_{cn} \geq 0,4$; $U_{a2} \leq U_{a1}$, а контроль поточного стану акумулятора здійснюють шляхом періодичного подання на нього тестового зарядного імпульсу постійного струму та зняття сигналу відгуку на тестовий зарядний імпульс постійного струму з подальшим порівнянням одержаних значень інформаційних показників з нормованими.

Спільними ознаками винаходу, що збігаються з ознаками прототипу, є те, що спосіб автоматизованого контролю поточного стану акумулятора включає подачу на акумулятор одиночного, прямокутної форми, зарядного імпульсу постійного струму, встановлюють амплітуду імпульсу рівної $0,1C_{20}$ А, тривалість імпульсу $t \geq \tau_{mn}$, тривалість переднього фронту імпульсу $\tau_{\phi 3} \ll \tau_n$, де C_{20} - ємність акумулятора при 20-ти годинному розряді, τ_{mn} - час перехідних процесів в акумуляторі, $\tau_{ПЕШ}$ - час зарядження подвійного електричного шару на межі електрод-електроліт, τ_n - час розряду псевдоємності електрохімічної системи акумулятора, знімають часову залежність у вигляді потенціограми, яка відображає реакцію акумулятора на вимірювальний імпульс, і за формою потенціограми визначають величину напруги розімкненого ланцюга, густину електроліту, внутрішній опір і залишкову ємність акумулятора.

Відмінними ознаками є те, що у пропонованому способі потенціограму, зняту в аналоговій формі у вигляді кривої сигналу відгуку акумулятора на тестовий зарядний імпульс постійного струму, перетворюють в цифрову форму, виділяють із шумів, криву сигналу відгуку та визначають на кривій сигналу відгуку координати характеристичних точок, якими розділяють криву сигналу відгуку на відрізки, що відображають стадії протікання електрохімічного процесу в акумуляторі та які використовують як інформаційні показники для автоматизованого визначення із кривої сигналу відгуку падіння напруги на внутрішньому активному опорі акумулятора U_{a1} в момент подачі тестового імпульсу, яка пропорційна величині активного опору акумулятора, напруги електрохімічної поляризації U_{ex} , яка характеризує швидкість протікання електрохімічної реакції по перенесенню зарядів через межу розділу електроліт-електрод, крутизну електрохімічної поляризації $k_{ex} = \frac{U_{ex}}{t_{ex}}$, яка характеризує інтенсивність споживання

зарядного струму, напруги концентраційної поляризації U_K , величина якої відображає інтенсивність процесу масо- та електропереносу в об'ємі протікання електрохімічних реакцій, падіння напруги на внутрішньому опорі U_{a2} в момент зняття тестового імпульсу, крутизну спаду

напруги $k_{cn} = \frac{U_{cn}}{\tau_n}$, величина якої характеризує інтенсивність процесу саморозряду

акумулятора після зняття тестового імпульсу, де $\tau_n = 2c$ фіксована величина, та по одержаних значеннях інформаційних показників оцінюють стан акумулятора, при цьому акумулятор вважається працездатним при наступних значеннях показників, які приймають за нормовані:

$U_{a1} \leq 0,1B$; $k_{ex} \geq 3,5$; $U_K \leq 1,5B$; $k_{cn} \geq 0,4$; $U_{a2} \leq U_{a1}$, а контроль поточного стану акумулятора здійснюють шляхом періодичного подання на нього тестового зарядного імпульсу постійного струму та зняття сигналу відгуку на тестовий зарядний імпульс постійного струму з подальшим порівнянням одержаних значень інформаційних показників з нормованими.

У результаті досліджень відомих у науці і техніці рішень сукупність істотних ознак, що цілком чи частково збігається із заявленою і дозволяє вирішити поставлену задачу, не була виявлена, отже винахід, що пропонується, відповідає критерію "новизна".

Суть заявленого винаходу не впливає для фахівця явним чином з відомого рівня техніки. Сукупність ознак, що характеризують відомий спосіб, не забезпечують отримання нових властивостей і тільки наявність істотних ознак, декларованих даним винаходом, дозволяє одержати новий технічний результат, отже, винахід, що пропонується, відповідає критерію "винахідницький рівень".

Суть способу автоматизованого контролю поточного стану акумулятора пояснюється кресленням, де на фіг. 1 зображений у графічній формі загальний вигляд знятого з акумулятора сигнал відгуку на тестовий зарядний імпульс струму з позначками U_{a1} , U_{ex} , U_K , U_{a2} , U_{cn} , t_{ex} ,

τ_n , що відображають відповідні стадії електрохімічного процесу і відповідно час протікання електрохімічної поляризації та спаду напруги після зняття імпульсу, а на фіг. 2 зображені сигнали відгуку без математичної обробки (а) і той самий сигнал відгуку, виділений із шумів та опрацьований математичними методами для визначення координат інформаційних точках 1-Н5, якими розділяють криву сигналу відгуку на відрізки (б).

Спосіб реалізують таким чином. На акумулятор подають сформований з вищезазначеними параметрами зарядний тестовий імпульс постійного струму. Під впливом зарядного імпульсу в акумуляторі протікає електрохімічний процес, який лежить в основі функціонування акумулятора та є джерелом енергії, що накопичується в акумуляторі під час його зарядження. При цьому електрохімічний процес проходить такий ряд закономірних послідовних стадій: падіння напруги на активному опорі в момент подачі імпульсу U_{a1} , поляризація U_n що складається із електрохімічної U_{ex} та концентраційної U_K складових, падіння напруги на активному опорі U_{a2} в момент зняття тестового імпульсу, спад напруги U_{cn} після зняття тестового імпульсу.

Перебіг електрохімічного процесу реєструють в аналоговій формі у вигляді кривої сигналу відгуку акумулятора на зарядний тестовий імпульс струму, що відображає функціональну залежність величини напруги на його клеммах від часу, з подальшим перетворенням її у цифрову форму за допомогою аналого-цифрового перетворювача. Результати аналого-цифрового перетворення обробляють спеціально розробленими методами математичної обробки сигналів, за допомогою яких на кривій сигналу відгуку визначають координати точок 1÷6, якими розділяють криву на відрізки, що відображають послідовні стадії протікання електрохімічного процесу в акумуляторі. Так, відрізок кривої, обмежений точками 1 та 2, відповідає величині надання напруги на активному опорі U_{a1} акумулятора в момент подання імпульсу, відрізок, обмежений точками 2 та 3, відображає величину напруги електрохімічної поляризації U_{ex} , відрізок в межах точок 3 та 4 відповідає величині напруги концентраційної поляризації U_K , відрізок, обмежений точками 4 та 5, відображає величину падіння напруги на активному опорі U_{a2} акумулятора в момент зняття імпульсу, відрізок, обмежений точками 5 та 6, відображає спад напруги на клеммах акумулятора після зняття тестового імпульсу. Додатково визначають такі інформаційні показники, як крутизна електрохімічної поляризації $k_{ex} = \frac{U_{ex}}{t_{ex}}$, яка характеризує швидкість електрохімічної реакції та відображає інтенсивність використання акумулятором зарядного струму, та крутизна спаду напруги $k_{cn} = \frac{U_{cn}}{\tau_n}$, яка відображає швидкість процесу саморозряду акумулятора після зняття тестового імпульсу струму, де $\tau_n = 2c$ - фіксована величина.

Одержані результати заносяться в пам'ять ПК, який за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення на основі математичних методів обробки сигналів визначає координати інформаційних точок 1÷6, що слугують інформаційними показниками для автоматизованого визначення стану акумулятора.

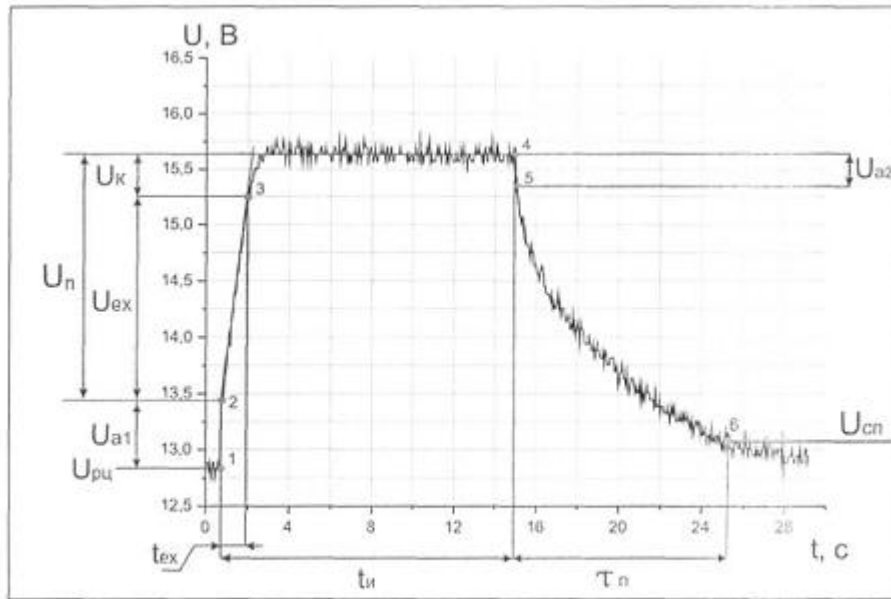
За аналізом результатів експериментальної перевірки способу на серії свинцево-кислотних акумуляторних батарей виробництва ПАТ "ВЕСТА-Дніпро" визначені наступні значення інформаційних показників, які відповідають стану працездатності акумуляторних батарей:

$$U_{a1} \leq 0,1B; k_{ex} \geq 3,5; U_K \leq 1,5B;$$

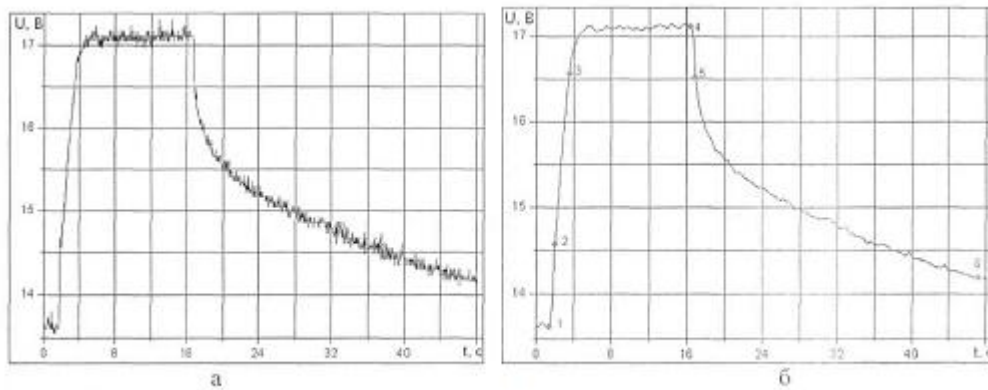
ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб автоматизованого контролю поточного стану акумулятора, який включає подачу на акумулятор одиночного, прямокутної форми, зарядного імпульсу постійного струму, встановлюють амплітуду імпульсу рівною $0,1 C_{20}$ А, тривалість імпульсу $t \geq \tau_{III}$, тривалість переднього фронту імпульсу $\tau_{\Phi I} \ll \tau_{ЗПЕШ}$, тривалість заднього фронту імпульсу $\tau_{\Phi 3} \ll \tau_{II}$, де

- C_{20} - ємність акумулятора при 20-годинному розряді; τ_{III} - час перехідних процесів в акумуляторі, $\tau_{ПЕШ}$ - час зарядження подвійного електричного шару на межі електрод-електроліт, τ_{II} - час розряду псевдоємності електрохімічної системи акумулятора, знімають часову залежність у вигляді потенціограми, яка відображає реакцію акумулятора на вимірювальний імпульс, і за формою потенціограми визначають величину напруги розімкненого ланцюга, густину електроліту, внутрішній опір і залишкову ємність акумулятора, який **відрізняється** тим, що потенціограму, зняту в аналоговій формі у вигляді кривої сигналу відгуку акумулятора на тестовий зарядний імпульс постійного струму, перетворюють в цифрову форму, виділяють із шумів криву сигналу відгуку та визначають на кривій сигналу відгуку координати характеристичних точок, якими розділяють криву сигналу відгуку на відрізки, що відображають стадії протікання електрохімічного процесу в акумуляторі та які використовують як інформаційні показники для автоматизованого визначення із кривої сигналу відгуку падіння напруги на внутрішньому активному опорі акумулятора U_{a1} в момент подачі тестового імпульсу, яка пропорційна величині активного опору акумулятора, напруги електрохімічної поляризації U_{ex} , яка характеризує швидкість протікання електрохімічної реакції по перенесенню зарядів через межу розділу електроліт-електрод, крутизну електрохімічної поляризації $k_{ex} = \frac{U_{ex}}{t_{ex}}$, яка характеризує інтенсивність споживання зарядного струму, напруги концентраційної поляризації U_K , величина якої відображає інтенсивність процесу масо- та електропереносу в об'ємі протікання електрохімічних реакцій, падіння напруги на внутрішньому опорі U_{a2} в момент зняття тестового імпульсу, крутизну спаду напруги $k_{cn} = \frac{U_{cn}}{\tau_n}$, величина якої характеризує інтенсивність процесу саморозряду акумулятора після зняття тестового імпульсу, де $\tau_n = 2c$ фіксована величина, та по одержаних значеннях інформаційних показників оцінюють стан акумулятора, порівнюючи одержані значення інформаційних показників з нормованими, при цьому акумулятор вважається працездатним при наступних значеннях показників, які приймають за нормовані: $U_{a1} \leq 0,1B$; $k_{ex} \geq 3,5$; $U_K \leq 1,5B$; $k_{cn} \geq 0,4$; $U_{a2} \leq U_{a1}$. $k_{cn} \geq 0,4$; $U_{a2} \leq U_{a1}$. Ці значення показників заносять у пам'ять ПК як нормовані.
- Автоматизований контроль поточного стану акумулятора здійснюють шляхом періодичного подання на нього тестового імпульсу зарядного струму та зняття сигналу відгуку з подальшою його обробкою за вищеописаною процедурою та порівняння одержаних значень інформаційних показників з нормованими.



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка О. Рябко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601