



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 146438

(13) U

(51) МПК

H01M 10/48 (2006.01)

G01R 31/36 (2020.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

|  |   |
|--|---|
| (21) Номер заявки: <b>u 2020 04701</b>   | (72) Винахідник(и):<br><b>Дзензерський Віктор Олександрович (UA),<br/>Житник Микола Явтухович (UA),<br/>Левченко Руслана Юріївна (UA),<br/>Плаксин Сергій Вікторович (UA),<br/>Остаповська Світлана Янівна (UA)</b> |
| (22) Дата подання заявки: <b>24.07.2020</b>                                    |   |
| (24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>25.02.2021</b> |   |
| (46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>24.02.2021, Бюл.№ 8</b> | (73) Володілець (володільці):<br><b>ІНСТИТУТ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ І<br/>ТЕХНОЛОГІЙ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ<br/>НАУК УКРАЇНИ "ТРАНСМАГ",<br/>вул. Писаржевського, 5, м. Дніпропетровськ,<br/>49005 (UA)</b>             |

**(54) СПОСІБ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ПОТОЧНОГО СТАНУ ЗАРЯДЖЕНОСТІ АКУМУЛЯТОРА****(57) Реферат:**

Спосіб автоматизованого контролю поточного стану зарядженості акумулятора включає подачу на акумулятор одиночного, прямокутної форми, зарядного імпульсу постійного струму, встановлюють амплітуду імпульсу рівного  $0,1C_{20}$  А, тривалість імпульсу  $t \geq t_{пп}$ , тривалість переднього фронту імпульсу  $\tau_{фп} \leq \tau_{зпеш}$ , тривалість заднього фронту імпульсу  $\tau_{фз} \leq \tau_{п}$ , 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. Потенціограму, зняту в аналоговій формі у вигляді кривої сигналу відгуку акумулятора на тестовий зарядний імпульс постійного струму, перетворюють в цифрову форму, виділяють із шуму криву сигналу відгуку та за допомогою математичних методів обробки сигналів визначають на ній координати інформаційних точок, якими розділяють криву сигналу відгуку на відрізки, що відображають відповідні стадії протікання електрохімічного процесу в акумуляторі. Послідовно виконують наступні дії: визначають величину площі  $S$  фігури, яка обмежена кривою спаду напруги на акумуляторі після вимикання тестового імпульсу та прямою на рівні величини напруги розімкненого кола акумулятора протягом часу, рівного 15 с від моменту вимкнення тестового імпульсу, та пропорційна величині накопиченої в акумуляторі енергії. Визначають поточний стан зарядженості акумулятора із виразу  $SoC_{(t)} = k * S_{(t)}$ , де  $k$  - коефіцієнт пропорційності, величина якого залежить від типу електрохімічної системи та для свинцево-кислотних акумуляторів рівна 10. Автоматизований контроль поточного стану зарядженості акумулятора здійснюють шляхом періодичного подання на нього тестових імпульсів, зняття сигналів відгуку на тестові імпульси та визначення із сигналів відгуку поточних значень величини площі  $S$  з послідовним визначенням із виразу  $SoC_{(t)} = k * S_{(t)}$  поточних значень стану зарядженості акумулятора.

UA 146438 U

UA 146438 U

Корисна модель належить до електротехніки, зокрема до хімічних джерел струму та може бути використана для контролю енергетичного стану акумуляторів, наприклад, свинцево-кислотних та літій-іонних.

Впродовж терміну експлуатації значення параметрів акумулятора знижуються і акумулятор поступово втрачає електричну ємність, яка є його основним енергетичним параметром. Для збереження енергетичних показників акумулятора необхідно контролювати поточний стан його зарядженості, щоб підтримувати її на максимально можливому рівні. Особливо важливо досягти максимального рівня зарядженості в процесі заряджання акумулятора для запобігання сульфатації активних мас електродів внаслідок систематичного недозаряджання акумулятора при неконтрольованому процесі його заряджання.

Відомий спосіб визначення рівня зарядженості акумулятора (RU, патент 2110119, H01M 10/48, G01R 31/36, 1998 р.), який полягає в тому, що вимірюють рівноважному електрорушійну силу акумулятора на двох електродах, які додатково вводять в електроліт, в електроліт також вводять датчик температури, вимірюють температуру електроліту, запам'ятовують об'єм електроліту, номінальну ємність акумулятора, рівноважному електрорушійну силу повністю зарядженого акумулятора, з урахуванням яких обчислюють рівень зарядженості акумулятора та корегують результат обчислення по температурі електроліту.

Недоліком способу є необхідність застосування таких додаткових засобів, як електроди, датчики температури, вимірювачі об'єму електроліту, та математична складність обчислення кінцевого результату.

Відомий спосіб вимірювання електричної ємності хімічних джерел струму (RU, патент 2172044 H01M 10/48, G01R 31/36, G01R 27/26, 2001), який полягає в тому, що в процесі розряджання джерела струму на конденсаторне навантаження вимірюють час заряджання конденсатора та розраховують електричну ємність хімічного джерела струму за формулою

$$Q_{\text{еп}} = C \cdot U / (2t_{\text{зар}} \cdot k),$$

де  $Q_{\text{еп}}$  - електрична ємність вимірюваного джерела струму, А-год.;

$C$  - ємність конденсатора, Ф;

$U$  - напруга на вимірюваному джерелі струму, В;

$t_{\text{зар}}$  - час заряджання конденсатора від вимірюваного джерела струму, с;

$k$  - коефіцієнт, що враховує конструктивні та технологічні особливості вимірюваного хімічного джерела струму.

Недоліком способу є необхідність застосування додаткового конденсатора та виконання операції розряджання на нього вимірюваного джерела струму, яка потребує відключення акумулятора від зарядного пристрою в процесі його заряджання, а також від мережі споживачів, що неприпустимо при визначенні рівня зарядженості акумулятора при використанні його в якості резервного джерела енергії в автономних електростанціях. При розрахунку ємності акумулятора необхідно враховувати коефіцієнт  $k$ , значення якого необхідно визначати індивідуально для кожного вимірюваного хімічного джерела струму. Спільним недоліком вказаних вище способів є те, що вони не дозволяють автоматизувати контроль рівня зарядженості акумулятора в процесі його експлуатації безпосередньо в мережі споживачів, що обмежує їх практичне застосування.

Як найближчий аналог вибраний спосіб автоматизованого контролю енергетичного стану акумулятора, який включає подачу на акумулятор одиночного, прямокутної форми, зарядного імпульсу постійного струму, встановлюють амплітуду імпульсу рівного  $0,1 \cdot C_{20}$  А, тривалість імпульсу  $t \geq t_{\text{пп}}$ , тривалість переднього фронту імпульсу  $\tau_{\text{фп}} \ll \tau_{\text{зпеш}}$ , тривалість заднього фронту імпульсу  $\tau_{\text{фз}} \ll \tau_{\text{п}}$ , де  $C_{20}$  - ємність акумулятора при 20-годинному розряді;  $\tau_{\text{пп}}$  - час перехідних процесів в акумуляторі,  $\tau_{\text{зпеш}}$  - час зарядження подвійного електричного шару на межі електрод-електроліт,  $\tau_{\text{п}}$  - 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, потенціограму, зняту в аналоговій формі у вигляді кривої сигналу відгуку акумулятора на тестовий зарядний імпульс постійного струму, перетворюють в цифрову форму, виділяють із шуму криву сигналу відгуку та за допомогою математичних методів обробки сигналів визначають на ній координати інформаційних точок, якими розділяють криву сигналу відгуку на відрізки, що відображають відповідні стадії протікання електрохімічного процесу в акумуляторі та які використовують у якості інформаційних показників для автоматизованого

визначення із кривої сигналу відгуку падіння напруги  $U_{a1}$  на внутрішньому активному опорі акумулятора в момент подання тестового імпульсу, напруги електрохімічної поляризації  $U_{ex}$ , кута нахилу  $\alpha$  відрізка  $U_{ex}$  до осі часу, величина якого характеризує інтенсивність споживання акумулятором зарядного струму, напруги концентраційної поляризації  $U_k$ , величина якої відображає інтенсивність процесу масо- та електропереносу зарядів в об'ємі протікання електрохімічної реакції, падіння напруги на внутрішньому активному опорі  $U_{a2}$  в момент зняття імпульсу, кут нахилу  $\beta$  відрізка напруги деполяризації  $U_{an}$  до осі часу, величина якого характеризує інтенсивність процесу саморозряду акумулятора після зняття тестового імпульсу та за отриманими значеннями інформаційних показників оцінюють стан акумулятора, при цьому акумулятор вважається працездатним при наступних значеннях показників, які приймаються за нормовані:  $U_{a1} \leq 0,1V$ ;  $tg\alpha \geq 3,5$ ;  $U_k \leq 1,5V$ ;  $tg\beta \geq 0,4$ , а контроль поточного стану акумулятора здійснюють шляхом періодичної подачі на нього тестових імпульсів та зняття сигналів відгуку з послідовним порівнянням одержаних значень інформаційних показників з нормованими, із кривої сигналу відгуку визначають показники  $U_{pk}$  - напругу розімкненого кола та  $\Delta U_n$  - напругу поляризації, підставляють їх значення у вираз  $U(t) = U_{pk} + U_{a1} + \Delta U_n \cdot (1 - e^{-t/\tau})$ , із якого визначають постійну часу  $\tau$  електрохімічного процесу, встановлюють функціональну залежність постійної часу від часу  $\tau(t) = \frac{\tau(t_0)}{\ln \left( 1 - \frac{\Delta U_n(t)}{\Delta U_n(t_0)} \right)}$  з використанням виразу

перетворюють її у лінійну форму шляхом інтегрування наведеного виразу та визначають кут нахилу  $\theta$  прямої проінтегрованої функціональної залежності  $\tau(t)$  до осі часу, величина якого відповідає енергетичному стану акумулятора у наступних відношеннях:  $15^\circ < \theta < 30^\circ$ ,  $90\% < \Theta < 100\%$ ; для  $30^\circ < \theta < 45^\circ$ ,  $80\% < \Theta < 90\%$ ; для  $45^\circ < \theta < 60^\circ$ ,  $70\% < \Theta < 80\%$ ; для  $60^\circ < \theta < 75^\circ$ ,  $\Theta < 60\%$ , які корелюють із значеннями розрядних ємностей.

Недоліком способу є проведення великої кількості математичних операцій при обробці форми сигналу відгуку, необхідних для визначення інформаційних показників енергетичного стану акумулятора.

Разом з тим відомо, що важливим показником, який в достатній мірі характеризує енергетичний стан акумулятора та останнім часом широко використовується у якості інформаційного параметра в системах контролю акумулятора, є стан його зарядженості (наприклад, стаття "Battery Monitoring and Electrical Energy Management Precondition for future vehicle electric power systems". Journal of Power Sources. V. 116 (2003). P. 79-98).

Термін "Стан повної зарядженості" регламентується як інформативний показник стану акумулятора в нормативних документах (Межгосударственный стандарт ГОСТ 15596-82. Источники тока химические. Термины и определения. П. 112а. Состояние полной заряженности - состояние аккумулятора или аккумуляторной батареи, когда при заряде происходит дальнейшее превращение электрической энергии в химическую). В технічних літературних джерелах стан зарядженості має умовне позначення SoC (state of charge), (наприклад, стаття "An improved Battery characterization Method using a Two-pulse load Test". IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 23, No. 2, p. 708-713. June 2008).

Поточний стан зарядженості акумулятора обчислюється у відсотках від стану повної зарядженості та визначається із виразу  $SoC(t) = SoC(t_0) - \frac{1}{ANC_{t_0}} \int_{t_0}^t i(\tau) d\tau$ , який встановлює зв'язок

між станом зарядженості акумулятора та його ємністю, де  $SoC(t_0)$  - значення стану повної зарядженості акумулятора, %;  $SoC(t)$  - поточне значення стану зарядженості, %;  $C_0$  - ємність повністю зарядженого акумулятора, А\*год.;  $i$  ( $\tau$ ) струм розряду акумулятора, А.

Таким чином, визначення поточного стану зарядженості акумулятора дозволяє здійснювати контроль його енергетичного стану більш простим методом із збереженням достовірності значення енергетичного показника.

Задачею пропонованої корисної моделі є автоматизація контролю рівня зарядженості акумулятора у складі автономної системи електропостачання споживачів без порушення штатного режиму роботи системи шляхом визначення із сигналу відгуку акумулятора на тестовий імпульс постійного струму площі фігури, яка обмежена кривою спаду напруги на

аккумуляторі після вимикання тестового імпульсу та прямою на рівні величини напруги розімкненого кола аккумулятора протягом часу, рівного 15 с від моменту вимкнення тестового імпульсу, та пропорційна величині накопиченої в аккумуляторі енергії.

- Поставлена задача вирішується тим, що в способі автоматизованого контролю стану зарядженості аккумулятора, який включає подачу на аккумулятор одиночного, прямокутної форми, зарядного імпульсу постійного струму, встановлюють амплітуду імпульсу рівного  $0,1 \cdot C_{20}$  А, тривалість імпульсу  $t \geq t_{np}$ , тривалість переднього фронту імпульсу  $\tau_{фп} \ll \tau_{зпеш}$ , тривалість заднього фронту імпульсу  $\tau_{фз} \ll \tau_{п}$ , де  $C_{20}$  - ємність аккумулятора при 20-годинному розряді;  $\tau_{np}$  - час перехідних процесів в аккумуляторі,  $\tau_{зпеш}$  - час зарядження подвійного електричного шару на межі електрод-електроліт,  $\tau_{п}$  - час розряду псевдоємності електрохімічної системи аккумулятора, знімають часову залежність у вигляді потенціограми, яка відображає реакцію аккумулятора на вимірювальний імпульс, і за формою потенціограми визначають величину напруги розімкненого ланцюга, густину електроліту, внутрішній опір і залишкову ємність аккумулятора, потенціограму, зняту в аналоговій формі у вигляді кривої сигналу відгуку аккумулятора на тестовий зарядний імпульс постійного струму, перетворюють в цифрову форму, виділяють із шуму криву сигналу відгуку та за допомогою математичних методів обробки сигналів визначають на ній координати інформаційних точок, якими розділяють криву сигналу відгуку на відрізки, що відображають відповідні стадії протікання електрохімічного процесу в аккумуляторі та які використовують як інформаційні показники для автоматизованого визначення із кривої сигналу відгуку падіння напруги  $U_{a1}$  на внутрішньому активному опорі аккумулятора в момент подання тестового імпульсу, напруги електрохімічної поляризації  $U_{ex}$ , кута нахилу  $\alpha$  відрізка  $U_{ex}$  до осі часу, величина якого характеризує інтенсивність споживання аккумулятором зарядного струму, напруги концентраційної поляризації  $U_k$ , величина якої відображає інтенсивність процесу масо- та електропереносу зарядів в об'ємі протікання електрохімічної реакції, падіння напруги на внутрішньому активному опорі  $U_{a2}$  в момент зняття імпульсу, кут нахилу  $\beta$  відрізка напруги деполяризації  $U_{en}$  до осі часу, величина якого характеризує інтенсивність процесу саморозряду аккумулятора після зняття тестового імпульсу та за отриманими значеннями інформаційних показників оцінюють стан аккумулятора, при цьому аккумулятор вважається працездатним при наступних значеннях показників, які приймаються за нормовані:  $U_{a1} \leq 0,1B$ ;  $tg\alpha \geq 3,5$ ;  $U_k \leq 1,5B$ ;  $tg\beta \geq 0,4$ , а контроль поточного стану аккумулятора здійснюють шляхом періодичної подачі на нього тестових імпульсів та зняття сигналів відгуку з послідовним порівнянням одержаних значень інформаційних показників з нормованими, із кривої сигналу відгуку визначають показники  $U_{pk}$  - напругу розімкненого кола та  $\Delta U_n$  - напругу поляризації, підставляють їх значення у вираз  $U(t) = U_{pk} + U_{a1} + \Delta U_n \cdot (1 - e^{-t/\tau})$ , із якого визначають постійну часу  $\tau$  електрохімічного процесу, встановлюють функціональну залежність постійної часу від часу  $\tau(t) = \frac{\tau(t)}{\ln \left( 1 - \frac{\Delta U_n(t)}{\Delta U_n} \right)}$  з використанням виразу

перетворюють її у лінійну форму шляхом інтегрування наведеного виразу та визначають кут нахилу  $\theta$  прямої проінтегрованої функціональної залежності  $\tau(t)$  до осі часу, величина якого

- відповідає енергетичному стану аккумулятора у наступних відношеннях:  $15^\circ < \theta < 30^\circ$ ,  $90\% < \theta < 100\%$ ; для  $30^\circ < \theta < 45^\circ$ ,  $80\% < \theta < 90\%$ ; для  $45^\circ < \theta < 60^\circ$ ,  $70\% < \theta < 80\%$ ; для  $60^\circ < \theta < 75^\circ$ ,  $\theta < 60\%$ , які корелюють із значеннями розрядних ємностей, згідно з корисною моделлю послідовно виконують наступні дії: визначають величину площі  $S$  фігури, яка обмежена кривою спаду напруги на аккумуляторі після вимикання тестового імпульсу та прямою на рівні величини напруги розімкненого кола аккумулятора протягом часу, рівного 15 с від моменту вимкнення тестового імпульсу, та пропорційна величині накопиченої в аккумуляторі енергії, визначають поточний стан зарядженості аккумулятора із виразу  $SoC(t) = k \cdot S(t)$ , де  $k$  - коефіцієнт пропорційності, величина якого залежить від типу електрохімічної системи та для свинцево-кислотних аккумуляторів рівна 10, а автоматизований контроль поточного стану зарядженості аккумулятора здійснюють шляхом періодичного подання на нього тестових імпульсів, зняття сигналів відгуку на тестові імпульси та визначення із сигналу відгуку поточних значень величини

площі  $S$  з послідовним визначенням із виразу  $SoC_{(t)} = k \cdot S_{(t)}$  поточних значень стану зарядженості акумулятора.

Суть способу автоматизованого контролю поточного стану зарядженості акумулятора пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 зображений у графічній формі загальний вигляд сигналу відгуку свинцево-кислотного акумулятора на тестовий імпульс та відмічені інформаційні параметри, необхідні для визначення стану зарядженості акумулятора згідно корисної моделі, а саме:  $U_{pk}$  - напруга розімкненого кола, час  $t$  спаду напруги після вимикання тестового імпульсу та площа  $S$  фігури, яка обмежена кривою спаду напруги на акумуляторі після вимикання тестового імпульсу та прямою на рівні величини напруги розімкненого кола акумулятора протягом часу, рівного 15 с від моменту вимкнення тестового імпульсу, на фіг. 2 наведено експериментально одержану послідовність сигналів відгуку акумуляторної батареї типу 6СТ-75 на тестовий імпульс струму, а на фіг. 3 наведено графік експериментально одержаних значень площі  $S$  цієї батареї з інтервалом 15 хвилин.

Спосіб реалізують таким чином. На акумулятор подають сформований з вищезазначеними параметрами зарядний тестовий імпульс постійного струму та реєструють в аналоговій формі сигнал відгуку акумулятора на тестовий імпульс з послідовним перетворенням її у цифрову форму. За результатами аналого-цифрового перетворення визначають значення необхідних параметрів, таких, як  $U_{pk}$  - напруга розімкненого кола, час  $t$  спаду напруги після вимикання тестового імпульсу та площа  $S$  фігури, яка обмежена кривою спаду напруги на акумуляторі після вимикання тестового імпульсу та прямою на рівні величини напруги розімкненого кола акумулятора протягом часу, рівного 15 с від моменту вимкнення тестового імпульсу, підставляють одержані значення площі  $S$  у вираз  $SoC_{(t)} = k \cdot S_{(t)}$ , де  $k = 10$ , та одержують значення стану зарядженості акумулятора, виражені у відсотках від значення стану повної зарядженості.

Експериментальна перевірка способу проведена на серії свинцево-кислотних акумуляторних батарей. Як приклад на фіг. 2 наведено експериментально одержану послідовність сигналів відгуку акумуляторної батареї 6СТ-75 АЗ на тестовий імпульс струму в процесі його заряджання. З міркувань зменшення насиченості фігури 2 малоінформативними проміжними сигналами відгуку на фігурі наведено сигнали згідно із нумерацією: 1 - сигнал відгуку на початку заряджання, 2 - проміжний сигнал відгуку, 3 - сигнал відгуку в кінці заряджання. Такий набір сигналів відгуку в достатній мірі відображає динаміку стану зарядженості акумуляторної батареї в процесі її заряджання.

Підставляють одержані із фігури 3 значення площі  $S$  у вираз  $SoC_{(t)} = k \cdot S_{(t)}$ , де  $k = 10$ , та одержують значення стану зарядженості акумулятора, виражені у відсотках від значення стану повної зарядженості. У наведеному прикладі початковий стан зарядженості акумуляторної батареї 6СТ-75 на початок її заряджання дорівнював 55 % від стану повної зарядженості (лінія 1 на фіг.2), а на кінець процесу заряджання стан зарядженості батареї дорівнював 85 % від стану повної зарядженості (лінія 3 на фіг.2), тобто батарея потребує подальшого продовження процесу заряджання до досягання стану повної зарядженості. Таким чином, пропонується спосіб дозволяє визначити енергетичний стан акумулятора. Крім того, значення стану зарядженості можуть бути використані як додатковий критерій закінчення процесу заряджання акумулятора, про що свідчать експериментальні результати у наведеному вище прикладі.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб автоматизованого контролю поточного стану зарядженості акумулятора, який включає подачу на акумулятор одиночного, прямокутної форми, зарядного імпульсу постійного струму, встановлюють амплітуду імпульсу рівного  $0,1C_{20}$  А, тривалість імпульсу  $t \geq t_{np}$ , тривалість переднього фронту імпульсу  $\tau_{фп} \ll \tau_{зпеш}$ , тривалість заднього фронту імпульсу  $\tau_{фз} \ll \tau_{п}$ , де  $C_{20}$  - ємність акумулятора при 20-годинному розряді;  $\tau_{np}$  - час перехідних процесів в акумуляторі,  $\tau_{зпеш}$  - час зарядження подвійного електричного шару на межі електрод-електроліт,  $\tau_{п}$  - 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, потенціограму, зняту в аналоговій формі у вигляді кривої сигналу відгуку акумулятора на тестовий зарядний імпульс постійного струму, перетворюють в цифрову форму, виділяють із шуму криву сигналу

відгуку та за допомогою математичних методів обробки сигналів визначають на ній координати інформаційних точок, якими розділяють криву сигналу відгуку на відрізки, що відображають відповідні стадії протікання електрохімічного процесу в акумуляторі та використовують як інформаційні показники для автоматизованого визначення із кривої сигналу відгуку падіння напруги  $U_{a1}$  на внутрішньому активному опорі акумулятора в момент подання тестового імпульсу, напруги електрохімічної поляризації  $U_{ex}$ , кута нахилу  $\alpha$  відрізка  $U_{ex}$  до осі часу, величина якого характеризує інтенсивність споживання акумулятором зарядного струму, напруги концентраційної поляризації  $U_k$ , величина якої відображає інтенсивність процесу масо- та електропереносу зарядів в об'ємі протікання електрохімічної реакції, падіння напруги на внутрішньому активному опорі  $U_{a2}$  в момент зняття імпульсу, кут нахилу  $\beta$  відрізка напруги деполаризації  $U_{an}$  до осі часу, величина якого характеризує інтенсивність процесу саморозряду акумулятора після зняття тестового імпульсу та за отриманими значеннями інформаційних показників оцінюють стан акумулятора, при цьому акумулятор вважається працездатним при наступних значеннях показників, які приймаються за нормовані:  $U_{a1} \leq 0,1B$ ,  $\tan \alpha \geq 3,5$ ,  $U_k \leq 1,5B$ ,  $\tan \beta \geq 0,4$ , а контроль поточного стану акумулятора здійснюють шляхом періодичної подачі на нього тестових імпульсів та зняття сигналів відгуку з послідовним порівнянням одержаних значень інформаційних показників з нормованими, який **відрізняється** тим, що послідовно виконують наступні дії: визначають величину площі  $S$  фігури, яка обмежена кривою спаду напруги на акумуляторі після вимкнення тестового імпульсу та прямою на рівні величини напруги розімкненого кола акумулятора протягом часу, рівного 15 с від моменту вимкнення тестового імпульсу, та пропорційна величині накопиченої в акумуляторі енергії, визначають поточний стан зарядженості акумулятора із виразу  $SoC_{(t)} = k \cdot S_{(t)}$ , де  $k$  - коефіцієнт пропорційності, величина якого залежить від типу електрохімічної системи та для свинцево-кислотних акумуляторів рівна 10, а автоматизований контроль поточного стану зарядженості акумулятора здійснюють шляхом періодичного подання на нього тестових імпульсів, зняття сигналів відгуку на тестові імпульси та визначення із сигналів відгуку поточних значень величини площі  $S$  з послідовним визначенням із виразу  $SoC_{(t)} = k \cdot S_{(t)}$  поточних значень стану зарядженості акумулятора.

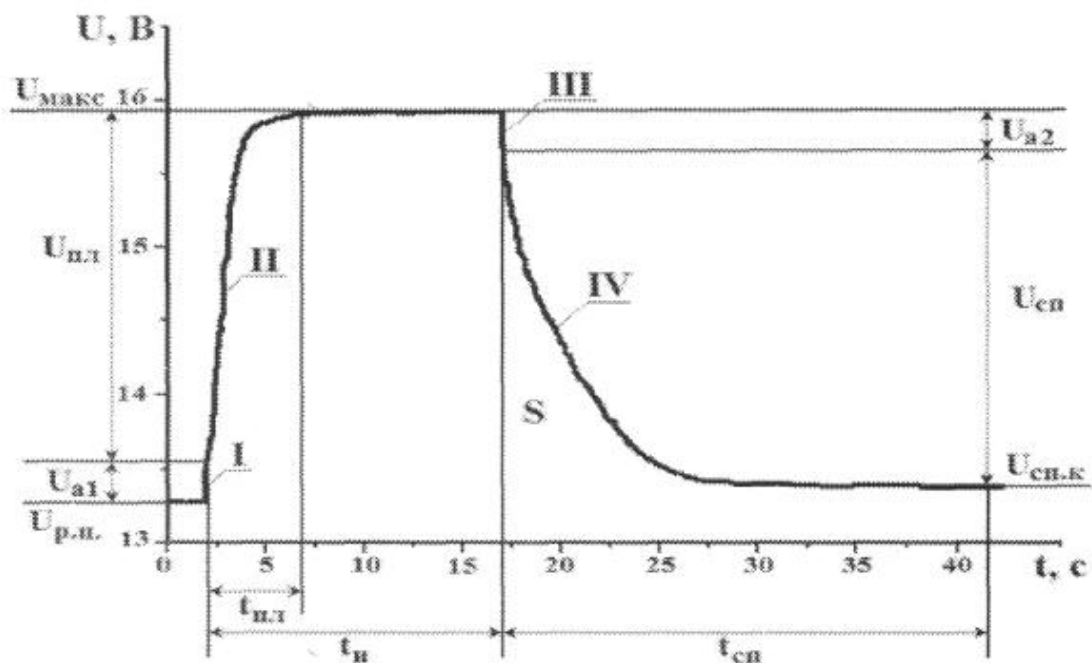
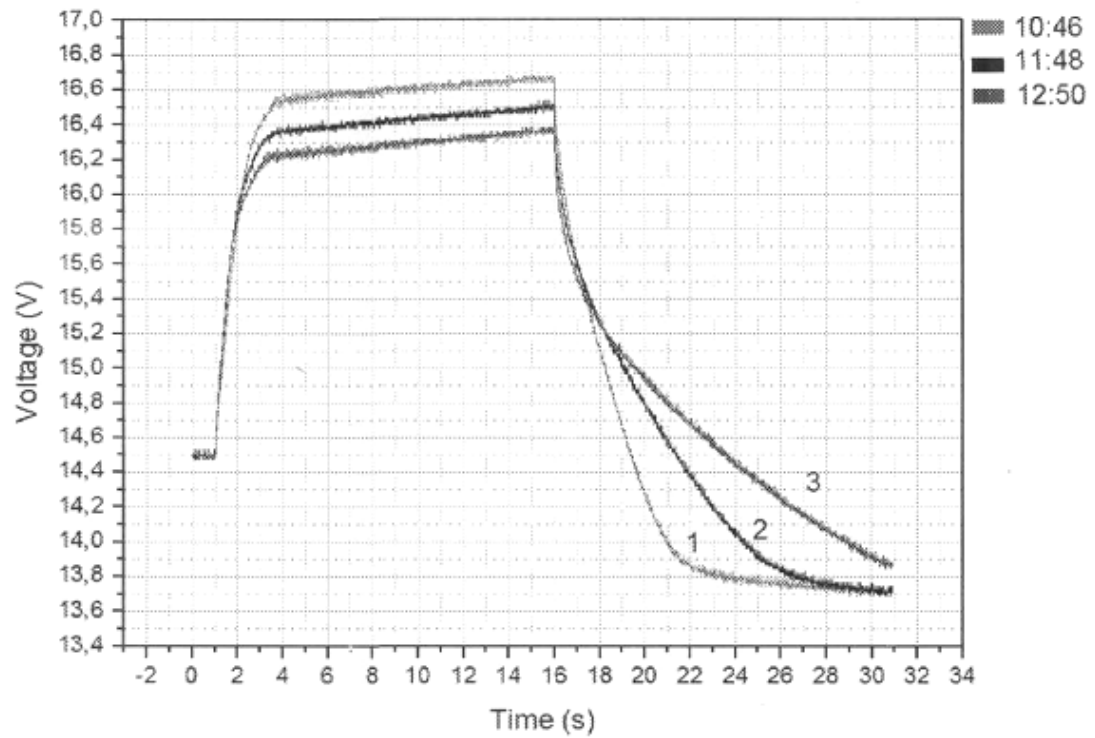
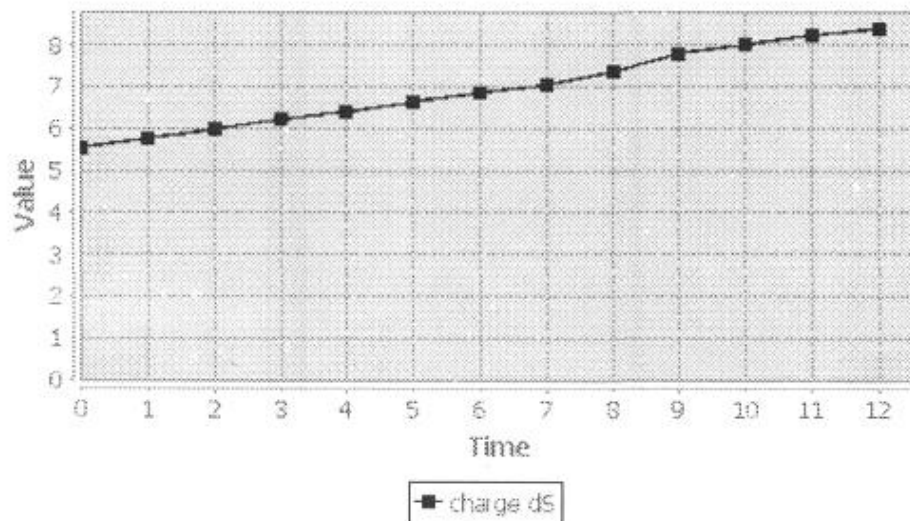


Fig. 1



Фиг. 2

### Площа під кривою спаду



Фиг. 3