



УКРАЇНА

(19) UA (11) 59019 (13) A

(51) 7 H01M4/22, H01M10/50

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДВидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ПРИСКОРЕНОГО БАТАРЕЙНОГО ФОРМУВАННЯ АКУМУЛЯТОРІВ ПІДВИЩЕНИМ СТРУМОМ

1

2

(21) 2002129779

(22) 06.12.2002

(24) 15.08.2003

(46) 15.08.2003, Бюл. № 8, 2003 р.

(72) Дзензерський Віктор Олександрович, Скосар Юрій Іванович, Бурилов Сергій Володимирович, Скосар Вячеслав Юрійович, Буряк Олександр Панасович

(73) Дзензерський Віктор Олександрович, Скосар Юрій Іванович, Бурилов Сергій Володимирович, Скосар Вячеслав Юрійович

(57) Спосіб прискореного батарейного формування акумуляторів підвищеним струмом, що полягає в тому, що акумуляторні батареї заливують електролітом, збирають у групи, встановлюють у резервуари, заповнювані рідиною для охолодження, і після відстоювання проводять багатоетапне формування постійним і/чи імпульсним струмом, який відрізняється тим, що обробку здійснюють у п'ять етапів, причому на першому етапі через батареї протягом 10-60 хв пропускають постійний формувальний струм величиною 0,002-0,03Сн, напрямом якого зустрічний нормальному, на дру-

гому етапі напрямок струму змінюють на нормальний і протягом 10-60 хв струм утримують у межах 0,002-0,03Сн, на третьому етапі протягом 0,3-1,5 год проводять формування імпульсним знакозмінним струмом із тривалістю зарядних імпульсів 100-300 с і тривалістю розрядних імпульсів 10-20 с, причому амплітуду зарядних імпульсів збільшують до 0,3-0,7Сн, на четвертому етапі формування проводять протягом 1-3 год імпульсним знакозмінним струмом з тією ж тривалістю зарядних і розрядних імпульсів, з постійною амплітудою зарядних імпульсів, що лежить у межах 0,3-0,7Сн, на п'ятому етапі формування проводять імпульсним знакозмінним струмом з тією ж тривалістю зарядних і розрядних імпульсів, причому амплітуду зарядних імпульсів зменшують до 0,15-0,4Сн, а оперативне керування тривалістю третього-п'ятого етапів формування здійснюють шляхом використання як тестових розрядних імпульсів, створюваних за рахунок розряду акумуляторів на еталонному опорі, і порівнюючи їхню амплітуду з експериментальними нормованими амплітудами для кожного етапу.

Винахід відноситься до електротехніки, до тієї її частини, що стосується хімічних джерел струму, зокрема, способів батарейного формування свинцево-кислотних акумуляторних батарей.

Тип формування акумуляторних батарей (АБ), що модернізується, відноситься до розряду прискорених, заснованих на використанні струму великої густини. Особливості поводження хімічної системи, узяті для потенціалоутворення, на різних стадіях формування обмежують максимальний рівень застосовуваного струму обробки. Під час формування АБ поступово знижується її сприйнятливості до зарядного струму, що розвивається як наслідок ряду протидіючих процесів. До таких процесів відносяться формування електростатичних об'ємних зарядів, утворення на електродах малорозчинного нейтрального сульфату свинцю ($PbSO_4$) та електроліз води. Усі ці реакції і процеси призводять до формування газових та

електричних плівкових шарів і зон, що блокують і гальмують плин основних реакцій. Наслідком побічних реакцій є газова, концентраційна й електрична поляризація, що призводить до подальшого надлишкового підвищення напруги. Збідніння електроліту в приелектродних шарах і в порах самих електродів діючими компонентами призводить до пасивації електродів, що виявляє себе в додатковому підвищенні проти-ЕРС АБ на величину ЕРС поляризації. При цьому росте напруга на полюсних виводах, що складається з власної ЕРС, ЕРС поляризації і спадання напруги від струму великої густини, що протікає.

Протидіючі процеси ніякими засобами не можуть бути усунуті цілком. Може бути тільки змінена їхня інтенсивність та частка у загальному балансі електрохімічних перетворень у перерахуванні на енергетичний еквівалент.

Тобто, процес формування може бути тільки

(13) A

(11) 59019

(19) UA

оптимізований, а не приведений до ідеальної форми. Оптимізація процесу формування тільки за рахунок вдало підбраної жорсткої програми підводу східчастого формувального струму у наступний час практично вичерпала свої можливості. З метою мінімізації темпу побічних реакцій проводяться пошуки універсальних активних факторів як засіб прямого впливу на поляризаційні утворення. До факторів, на які однаково реагують усі види поляризуючих процесів, є вплив на формовану систему імпульсним зарядним струмом та короткочасними форсованими деполяризуючими імпульсами розрядного струму.

Достаток та неоднозначність причин, що призводять систему до поляризації, не дозволяють встановити коректний теоретичний орієнтир для вибору тривалості й амплітуди деполяризуючих імпульсів. Існує три підходи до рішення режимних питань використання надкоротких (порядку мс), резонансних (десять-сотні мс) і довгих (порядку секунд) імпульсів.

Крім цього деполяризуючі імпульси по способам їхнього одержання підрозділяються на два типи: реверсні та розрядні. Перші з них - це вимушені імпульси, сформовані за рахунок зміни режиму роботи джерела енергії. Другі - це імпульси, створені за рахунок короткочасного замикання зовнішнього ланцюга АБ на опір. Перші можуть бути в основному технологічними, другі ж (при достатній тривалості) дають також інформацію про поточний стан хімічної системи.

Від вибору типу і точного параметричного оформлення застосовуваних деполяризуючих імпульсів залежить ефективність процесу формування АБ (енерговитрати, швидкість обробки, якість виробів). На практиці використовують усі типи імпульсних впливів. Вибір залежить тільки від переслідуваних цілей чи від технологічних переваг.

Деполяризуючі імпульси струму подають або по заздалегідь складеній тимчасовій програмі, або у функції стану АБ, що заряджаються (напруга, швидкість газовиділення, нагрів, тиск газів, густина електроліту та ін.). Протокол формування, що претендує на облік усіх особливостей процесу, розділяє його на кілька етапів, оскільки не може бути заданий узагальнений режим для всього часу обробки. Для оптимізації режиму кожного етапу, для максимально точної прив'язки зовнішніх впливів до параметрів процесів, що протікають на даній стадії, необхідна точна інформація про поточний стан хімічної системи. Звичайно інформацію одержують в опорі на динаміку виділеного параметра процесу (ємність, активний опір, ЕРС поляризації і т.д.). Але інформативними є не тільки прямі виміри інтенсивностей параметрів, але і непрямі тести за допомогою імпульсів реверсного чи розрядного струму. Зворотні (відносно зарядного струму) імпульси різних типів з різним ступенем повноти зв'язані зі станом пасти активного шару. Прив'язка до найбільш інформативного типу імпульсів може постачати операторів об'єктивними і своєчасними орієнтирами, що послужать сигналом до обґрунтованої зміни режиму обробки і моніторингу, до переходу від етапу до етапу. Тому вибір типу імпульсів (по способу

одержання, тривалості й амплітуди) являє собою проблему, ув'язану із загальною проблемою оптимізації формування.

Огляд патентної літератури за даними проблемами містить безліч рекомендацій зі збільшення ефективності формування і заряду АБ. Майже усі вони стосуються методів зменшення інтенсивності поляризуючих реакцій і руйнування небажаної рівноваги системи із шарами, що блокують, а також способів одержання оперативної інформації про стан активного шару електродів. Підкреслимо ще раз згадані проблеми багаторазово ускладнюються і стають центральними саме при прискорених технологіях формування з великою густиною струмів обробки.

Відомі способи формування великими струмами (Патент №5307000 США, H02J7/10 Podrazhansky Y., Popp Ph.W. Опубл. 04.1994), у яких заряд ведеться імпульсним струмом з постійною амплітудою, а для деполяризації використовуються надкороткі реверсні імпульси, що посилюються в паузах між зарядними імпульсами. Вони знімають ЕРС поляризації, не зменшуючи основного запасеного заряду. Розряд, виконаний імпульсами нефарадеевського струму, забирає тільки електростатичний об'ємний заряд, гальмуючи поляризацію, але не руйнує сам газовий шар. Крім того, амплітуда імпульсів довільна, підбрана за рахунок параметрів джерела енергопостачання і підходить тільки для одержання даних про ступінь поляризації електродів. Такі імпульси мають переважно технологічний ефект і не можуть бути використані для одержання достовірних даних про стан глибоких зон активної маси електродів.

Відомі також способи формування імпульсним струмом з постійною згладженою амплітудою з використанням для деполяризації імпульсів резонансної частоти (А с СРСР №851569, H01M10/44. Спосіб заряду акумуляторної батареї. В.Н.Філатов. Опубл. 30.07.81, бюл. №28 чи А с СРСР №841073, H01M10/44. Спосіб формування і заряду акумуляторної батареї. В.Н.Філатов. Опубл. 23.06.81, бюл. №23). Вони мають тривалість, пов'язану із частотними характеристиками АБ, і обґрунтовані методом редукції складної системи до рівня простого двохполюсного електротехнічного пристрою. Подібне спрощення має під собою ґрунт, але не включає в коло факторів, що детермінують, центральні процеси електрохімічні реакції фазових перетворень, що мають специфічні характеристики. Імпульси цього типу можуть давати інформацію про хімічну систему, але тільки, якщо це розрядні імпульси, а не реверсні.

Найбільш близьким технічним рішенням, обраним як прототип, є спосіб прискореного батарейного формування свинцево-кислотних акумуляторних батарей підвищеним струмом (Патент 40509А Україна, МПК¹ H01M4/22. Спосіб батарейного формування з водяним охолодженням свинцево-кислотних акумуляторних батарей. В.О.Дзєнзерський та інші. Опубл. 16.07.2001, бюл. №6), що здійснюється при водяному охолодженні акумуляторів і полягає в тому, що акумуляторні батареї заливують електролітом, збирають у групи, встановлюють у резервуари, що заповню-

ють рідиною для охолодження, і після відстоювання формують постійним і/чи імпульсним струмом. Підведення струму проводять у чотири етапи. На першому етапі спочатку через батареї протягом 5-20хв пропускають струм, що не перевищує 0,02 від номінальної ємності C_n акумуляторної батареї, а потім протягом 0,3-1,5год величину струму підвищують до 0,3-0,7 C_n . На другому етапі через батареї протягом 0,5-3год пропускають струм величиною 0,3-0,7 C_n . На третьому етапі протягом 0,5-2год величину струму знижують до 0,1-0,2 C_n . На останньому, четвертому етапі протягом 5-10год проводять деформування струмом, величина якого не виходить за межі інтервалу 0,1-0,2 C_n .

До недоліків даного способу формування можна віднести те, що обробку проводять переважно імпульсним струмом, особливо на ділянках подачі максимального струму, використовуючи для деполяризації тільки паузи між імпульсами, реалізуючи тільки ефекти пульсації основного струму. Під час пауз надлишковий потенціал дійсно знижується і відбувається часткова депресія загального опору, але цього недостатньо для вільного маніпулювання величиною струму і не дозволяє достатньо скоротити час обробки. Формування йде «наосліп», без оперативної інформації про стан активного шару електродів на кожному етапі, жорстко по програмі, створеної на основі експериментальної статистики, і тому не дозволяє скоротити тривалість етапів, у залежності від попередньо досягнутого ступеня сформованості електродів.

В основу винаходу поставлена задача скорочення тривалості формування, економії електроенергії, підвищення електричних характеристик і продовження терміну служби акумуляторних батарей за рахунок оптимізації процесу формування активної речовини позитивних та негативних електродів великими струмами шляхом додання нових діючих факторів, а також на основі можливості оперативного керування тривалістю всіх етапів формування, з використанням інформації про стан активного шару, одержуваної за допомогою цих факторів.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі прискореного батарейного формування акумуляторів підвищеним струмом, що полягає в тому, що акумуляторні батареї заливують електролітом, збирають у групи, встановлюють у резервуари, заповнювані рідиною для охолодження, і після відстоювання проводять багатоетапне формування постійним і/чи імпульсним струмом, згідно з винаходом, обробку здійснюють у п'ять етапів, причому на першому етапі через батареї протягом 10-60хв пропускають постійний формувальний струм величиною 0,002-0,03 C_n , напрямок якого зустрічний нормальному, на другому етапі напрямок струму змінюють на нормальний і протягом 10-60хв струм утримують у межах 0,002-0,03 C_n , на третьому етапі протягом 0,3-1,5год проводять формування імпульсним знакозмінним струмом із тривалістю зарядних імпульсів 100-300с і тривалістю розрядних імпульсів 10-20с, причому амплітуду зарядних імпульсів збільшують до 0,3-0,7 C_n , на четвертому етапі формування проводять протягом

1-3год імпульсним знакозмінним струмом з тією ж тривалістю зарядних і розрядних імпульсів, з постійною амплітудою зарядних імпульсів, що лежить у межах 0,3-0,7 C_n , на п'ятому етапі формування проводять імпульсним знакозмінним струмом з тією ж тривалістю зарядних і розрядних імпульсів, причому амплітуду зарядних імпульсів зменшують до 0,15-0,4 C_n , а оперативне керування тривалістю третього-п'ятого етапів формування здійснюють шляхом використання у ролі тестових розрядних імпульсів, створюваних за рахунок розряду акумуляторів на еталонною опорі, і порівнюючи їхню амплітуду з експериментальними нормованими амплітудами для кожного етапу.

Зробимо докладні коментарі до ходу й обставин кожного циклу окремо, для з'ясування змісту застосованих технологічних нововведень.

До початку формування при нульовому струмі АБ заливують електролітом і витримують для просочення пластин електролітом протягом часу, що встановлюється в технологічній документації і звичайно знаходиться в межах 2-4год. Тривалість просочення істотно впливає на подальший хід обробки, оскільки вона супроводжується реакціями утворення вихідних сульфатів. При цьому спостерігається пікове підвищення температури електроліту в початковій фазі процесу. За час просочення температура (за рахунок зовнішнього охолодження) встигає упасти нижче критичної (60°C).

На першому етапі формування через АБ пропускають постійний формувальний струм величиною 0,002-0,03 C_n , напрямок якого зустрічний нормальному. Тривалість обробки складає 10-60хв. Додаткова обробка позитивного електрода струмом зворотної полярності призводить до того, що у пасті частково утворюються свинець і великокристалічний сульфат свинцю, а це забезпечує підвищення механічної міцності пасту при наступному формуванні й у процесі експлуатації. У результаті збільшується термін служби акумуляторів. Зменшення тривалості першого етапу нижче 10хв чи величини струму нижче 0,002 C_n робить таку обробку неефективною. Збільшення тривалості першого етапу вище 60хв веде до зайвого збільшення енерговитрат і подовження процесу формування, не підвищуючи міцності позитивної активної маси. Струм, що перевищує значення 0,03 C_n створює небезпеку газової поляризації і погіршує сприйнятливість АБ до струму.

На другому етапі проводять підготовку системи до прийому струму, для чого напрямок струму змінюють на нормальне. Протягом 10-60хв струм утримують у межах 0,002-0,03 C_n . Якщо тривалість другого етапу менше 10хв чи величина струму перевищує значення 0,03 C_n , може різко зрости напруга на АБ на другому чи на наступному етапі, унаслідок чого стає можливою газова поляризація. За таких умов на поверхні електродів формуються бар'єрні газонасичені прошарки, що ускладнюють подальше формування АБ, зменшуючи їх сприйнятливість до струму. Затягування часу другого етапу (більш 60хв) і зниження величини струму менше 0,002 C_n недоцільно, тому що це призводить до невиправданого подовження процесу формування.

На третьому етапі протягом 0,3-1,5 год проводять формування імпульсним знакозмінним струмом, збільшуючи амплітуду імпульсів за час етапу до $0,3-0,7C_n$. Тривалість імпульсів зарядного струму встановлюють у межах 100-300с. Імпульси зарядного струму чергують з імпульсами розрядного тривалістю 10-20с. Підвищення амплітуди зарядних імпульсів до $0,3-0,7C_n$ не може бути проведене швидше, ніж за 0,3 год, тому що це може привести до утворення на поверхні електродів бар'єрних газонасичених прошарків, що ускладнюють подальше формування АБ. Третій етап недоцільно збільшувати за 1,5-годинну позначку. Тривалості зарядних і розрядних імпульсів взаємозалежні. Збільшення тривалості зарядних імпульсів вище 300с і зменшення тривалості розрядних нижче 10с помітно зменшує деполяризуючий ефект імпульсного струму, приводячи до росту поляризації і збільшення газовиділення. Зменшення тривалості зарядних імпульсів менш 100с і збільшення тривалості розрядних більш 20с призводить до зменшення середньої величини формуючого струму, що подовжує процес формування. Крім того, ці загальні висновки доповнюються наступними важливими конкретними особливостями.

Розряди АБ проводять на постійному безіндуктивному еталонному опорі, величину якого підбирають так, щоб амплітуда розрядних імпульсів (при їхній тривалості 10-20с) зростала наприкінці процесу формування (п'ятого етапу обробки) і досягала величини в межах $0,3-0,7C_n$. Дотримання умов, що утримують амплітуду імпульсів розрядного струму в межах $0,3-0,7C_n$, забезпечує сумірність величин зарядного і розрядного струмів протягом усього процесу формування, отже, дозволяє визначати їх з однаковою точністю. Розрядні імпульси дають можливість одержати інформацію про ефективність формування. Інформативність цієї процедури стосується реакцій перетворення електродної пасти в PbO_2 на позитивному електроді й у Pb - на негативному, і заснована на тім, що величина струму на навантаженні пропорційна масам продуктів виходу зазначених реакцій. Тому розрядні імпульси більш інформативні ніж реверсні. Надкороткі (порядку мс) розрядні імпульси не виводять хімічну систему електродів з поточного рівноважного стану, оскільки їхня дія стосується тільки поверхневих шарів.

Періодично скидвана ЕРС поляризації неінформативна, тому що кожним наступним імпульсом ми стираємо попередню інформацію про зміни. Застосовувані нами імпульси великої тривалості (10-20с) діють на всю активну масу, втягуючи в процес найглибші шари, закриті пасивними зонами. Це відбувається тому, що тривалість таких довгих розрядних імпульсів перевершує тривалості перехідних процесів, що збуджуються в системі у зв'язку з докорінною зміною електричної ситуації. Наслідки такого переключення, під час якого електрохімічні процеси змінюють свою спрямованість, руйнуються зв'язки між фазами і т.п., істотно глибше. При цьому термодинамічна рівновага поляризуючих станів порушується не механічними чи електричними ударами (як це

відбувається при надкоротких імпульсах), а докорінною зміною умов, що спричинили їх формування. Кисень виділяється на позитивному, а водень - на негативному електроді й утримуються на них у формі газонасичених шарів. Імпульсна зміна знака потенціалів і режиму (від накопичення струму до його віддачі) кардинально порушує сформовану рівновагу. Це веде до ефективного руйнування поляризуючих шарів. За час дії довгого імпульсу встигає пройти масоперенос, поступово вирівнюючи густину та склад електроліту у порах пасти. Таким чином, довгі розрядні імпульси роблять деполяризуючу дію. Причому ця дія ефективна стосовно трьох видів поляризації: газової, концентраційної та електростатичної. І хоча для одержання даних за допомогою часткового розряду АБ ми вимушені жертвувати частиною накопиченої енергії, усе-таки вірогідність зведення того коштує. Такий тест має всі ознаки «проби», що несе на собі сліди якості процесу, а не артефакту (тобто події, що не має сутнісного зв'язку з процесом, а лише супутньої йому). Довгі розрядні імпульси, зроблені в паузах між формуючими, не корелюють з частотними характеристиками АБ, вірніше, не залежні від них (як це має місце при резонансних імпульсах, порядку десятків-сотень мс). Тому вони вільні від впливу таких ефектів періодичних процесів, як резонанс, інтерференція й ін., що спотворюють результати.

Усі перелічені доводи дають можливість розробити тип і точне параметричне оформлення для деполяризуючих імпульсів.

На четвертому етапі протягом 1-3 год проводять формування імпульсним знакозмінним струмом, не змінюючи його характеру. Тривалість зарядних і розрядних імпульсів залишають такою ж, амплітуду зарядних імпульсів утримують постійною в межах $0,3-0,7C_n$, тому що інтенсивність реакцій (у тому числі і поляризуючих) збільшується. Амплітуда імпульсів розрядного струму сама зростає за час етапу. Якщо амплітуда зарядного струму перевищує $0,7C_n$, по-перше, створюється небезпека погіршення процесу формування, причиною якого є підвищення напруги на АБ, що робить сприятливим проходження сторонніх реакцій з газовиділенням і утворенням бар'єрних прошарків на поверхні електродів. По-друге, при амплітуді зарядного струму вище $0,7C_n$, значно підвищується температура електроліту, що може перевищити максимально припустиму ($60^\circ C$).

Якщо амплітуда зарядного струму менше, ніж $0,3C_n$, по-перше, на позитивному електроді замість енергоємної модифікації β - PbO_2 формується малоактивна модифікація α - PbO_2 , що призводить до втрати ємності АБ. По-друге, різко підвищується час, необхідний для формування АБ, що також негативно впливає на економічні показники процесу. Якщо тривалість другого етапу менше 1 год, то не забезпечується в повному обсязі підведення основного формуючого заряду, а якщо тривалість етапу більше ніж 3 год, то процес формування має ті самі недоліки, що і при застосуванні амплітуди зарядного струму, що перевищує значення $0,7C_n$. Тривалості імпульсів зарядного та розрядного струмів обґрунтовані такими ж міркуваннями, що і

на попередньому етапі

На п'ятому етапі проводять формування імпульсним знакозмінним струмом, не змінюючи його характеру тривалість зарядних і розрядних імпульсів залишають такими ж, амплітуду зарядних зменшують до $0,15-0,4C_n$, у той час як амплітуда розрядних імпульсів зростає і досягає до кінця цього етапу обробки максимального значення в межах $0,3-0,7C_n$. На цьому етапі забезпечується остаточне деформування АБ. Унаслідок збільшення в пасті кількості малорозчинного нейтрального сульфату свинцю $PbSO_4$ відбувається різкий зріст опору АБ, що призводить до пропорційного зростання потенціалу, що у свою чергу стимулює електроліз води, тобто інтенсивне газовиділення. Поляризація помітно зростає і починає відігравати роль детермінатора формуючого струму. Тому подальшу обробку змушені вести при істотно зниженій амплітуді ($0,15-0,4C_n$) зарядних імпульсів, хоча характер струму обробки не змінюється в порівнянні з третім-четвертим етапами. Амплітуда зарядного струму, що перевищує $0,4C_n$, на п'ятому етапі приведе до посилення газовиділення і підвищення температури, що у свою чергу ускладнює процес формування і сприяє руйнуванню електродів. Якщо амплітуда зарядного струму менше, ніж $0,15C_n$, процес деформування іде дуже повільно, що значно подовжує формування.

Вибір тривалостей зарядних і розрядних імпульсів на п'ятому етапі обґрунтований тими ж міркуваннями, що і на попередніх третьому-четвертому етапах. Розрядні імпульси на цьому етапі мають повільно змінювану амплітуду, величина якої росте в міру поглиблення процесу формування і виходить наприкінці на граничне значення ($0,3-0,7C_n$). Причому амплітуда не задана програмою, а тільки нормована величиною навантаження (постійного безіндуктивного еталонного опору), на яку пасивно розряджають АБ.

У заявленому рішенні сполучена деполяризує для розрядних імпульсів струму з їх інформаційним навантаженням. Розрядні імпульси використовуються в ролі тестових. Інформацію про стан активного шару електродів одержують за допомогою розрядних імпульсів, починаючи з третього етапу і до кінця формування, виходячи з того, що величина струму на навантаженні пропорційна масам продуктів виходу основних реакцій формування. Тому амплітуда розрядних імпульсів, починаючи з третього етапу формування, у середньому зростає. Порівнюючи амплітуду розрядних імпульсів на цих етапах з експериментальними нормованими її значеннями для кінця кожного етапу формування, визначають момент переходу на наступний етап. Перехід на наступний етап здійснюють у момент, коли різниця амплітуди розрядного імпульсу й експериментально нормованого її значення стає або рівною нулю або менше нуля, але в межах програми формування, зазначеної у формулі винаходу. Особливо важливою є інформація, по якій визначають момент закінчення формування, оскільки у такий спосіб вдається уникнути перезаряду АБ, що призводить до значної перевитрати електроенергії і погіршення технічних характеристик АБ. Обробку припиняють

тоді, коли різниця амплітуди розрядного імпульсу й експериментально нормованого її значення для кінця обробки стає або рівною нулю або менше нуля.

Подачу формувального струму, у тому числі і операцію переходу на наступний етап формування і закінчення формування за критерієм порівняння амплітуд розрядних імпульсів неважко реалізувати, завдавши відповідну програму керуючій ЕОМ.

Нормовані значення амплітуд розрядних імпульсів одержують попередньо шляхом обробки експериментальної статистики для кожного типу акумуляторів і акумуляторних батарей.

Таким чином, спосіб прискореного формування акумуляторів підвищеним струмом, що заявляється, забезпечує оптимальний режим батарейного формування за короткий термін, зменшує поляризацію електродів у процесі формування та їх перезаряд, підвищує зміст енергоємної модифікації $\beta-Pb_2$ в активній масі позитивних електродів, а також підвищує міцність активної маси. Це дозволяє зменшити газовиділення і витрати електроенергії в процесі формування, поліпшити стартерні характеристики АБ під час холодного старту, подовжити термін служби батарей.

За наявними в авторів відомостями запропоновані істотні ознаки, що характеризують суть винаходу, не відомі в даному розділі техніки.

Запропоноване технічне рішення може бути використане на підприємствах з виробництва акумуляторних батарей, зокрема - свинцево-кислотних типів.

Критерій «промислове впровадження» підтверджується актуальністю способу і його практичною прив'язкою до реальних виробничих технологій.

На фіг 1 зображена схема токової програми формування у часовій розгортці.

Спосіб прискореного батарейного формування, що заявляється, здійснюється таким чином. Зібрані АБ після заливання в них електроліту збирають у групи і розміщують у резервуарах - формувальних ваннах. Ванни заповнюють водою до рівня електроліту в акумуляторах. Після відстоювання (О) протягом часу, зазначеного в технологічній документації, для просочення і релаксації температури (температура електроліту в початкових фазах просочення різко зростає) АБ у групах з'єднують в електричні ланцюги послідовно і кожну групу підключають до джерела струму. Джерело струму повинне забезпечувати генерування прямокутних регульованих зарядних імпульсів великої тривалості (до 300с) і регульованої амплітуди (до 60А), а також мати розрядний блок, постачений постійним безіндуктивним еталонним опором, нормованим за умовами проведення процесу і типорозміру оброблюваних виробів, що забезпечує прямокутні регульовані розрядні імпульси необхідної тривалості (у діапазоні 10-20с). Керування формуванням повинне бути автоматизоване і здійснюватися за допомогою ЕОМ, але допускати і ручний режим на всіх етапах. Стабілізація температури здійснюється за рахунок теплообміну через стінки корпусів АБ з водою, що циркулює у формувальних ваннах. Вододобіг повинний бути регульованим.

Далі починається власне формування. На першому етапі (I) через батареї протягом 10-60хв пропускають постійний формувальний струм величиною $0,002-0,03C_n$, напрямом якого зустрічний нормальному. На другому етапі (II) напрямом струму стрибком змінюють на нормальний і протягом 10-60хв його величину утримують у межах $0,002-0,03C_n$. На третьому етапі (III) протягом 0,3-1,5год проводять формування імпульсним знакозмінним струмом, причому імпульси зарядного струму тривалістю 100-300с чергують з імпульсами розрядного струму тривалістю 10-20с. Амплітуду імпульсів зарядного струму східчасто або плавно збільшують до $0,3-0,7C_n$. Амплітуда імпульсів розрядного струму спонтанно зростає за час етапу. Перехід на наступний етап здійснюють у момент, коли різниця амплітуди розрядного імпульсу й експериментально нормованого її значення I_3 для кінця третього етапу стає або рівною нулю, або менше нуля, але так, щоб тривалість третього етапу залишалася в межах 0,3-1,5год. Протягом всього етапу формування проводять постійний контроль температурного режиму і, у разі потреби, оперативну його корекцію. Корекція може бути виконана двома способами: зниженням амплітуди зарядного струму (у межах програми формування, зазначеної у формулі винаходу) і/чи шляхом збільшення витрати холодоагенту, застосовуваного для охолодження акумуляторних батарей.

На четвертому етапі (IV) протягом 1-3год проводять формування імпульсним знакозмінним струмом, залишаючи без зміни тривалості зарядних і розрядних імпульсів. Амплітуду імпульсів зарядного струму утримують постійною на рівні $0,3-0,7C_n$. Амплітуда імпульсів розрядного струму зростає за час етапу. Перехід на п'ятий етап здійснюють у момент, коли різниця амплітуди розрядного імпульсу й експериментально нормованого її значення I_4 для кінця четвертого етапу стає

або рівною або менше нуля, але так, щоб тривалість четвертого етапу залишалася в межах 1-3год. Протягом всього етапу формування проводять постійний контроль температурного режиму і, при необхідності, оперативну його корекцію, як описано вище.

На п'ятому етапі (V) тривалості зарядних і розрядних імпульсів залишають без зміни. Амплітуду зарядних імпульсів східчасто або плавно зменшують до $0,15-0,4C_n$, у той час як амплітуда розрядних імпульсів продовжує зростати і досягає до кінця цього етапу обробки максимального значення $0,3-0,7C_n$. Закінчення процесу формування здійснюють у момент, коли різниця амплітуди розрядного імпульсу й експериментально нормованого її значення I_k для кінця обробки стає або рівною нулю або менше нуля. Постійний контроль температурного режиму і, при необхідності, оперативна його корекція проводяться також протягом всього етапу.

Моніторинг за допомогою розрядних імпульсів подає точну інформацію про поточний стан хімічної системи і дає можливість вчасно закінчити формування. Амплітуду розрядних імпульсів варто вимірювати наприкінці розрядного імпульсу, наприклад в останні 2-3с розряду.

Заводські іспити заявленого способу прискореного батарейного формування дали наступну статистичну картину по основних корисних ефектах:

- 1) тривалість усього процесу формування скорочується в 1,5 рази (до 8-10 годин),
- 2) встановлена помітна економія електроенергії (до 20-25%), що обумовлено як скороченням часу обробки, так і зменшенням витрат на електроліз води і газовиділення,
- 3) підвищуються стартерні характеристики АБ під час холодного старту (тривалість розряду збільшується на 10-15%),
- 4) подовжується термін служби АБ.

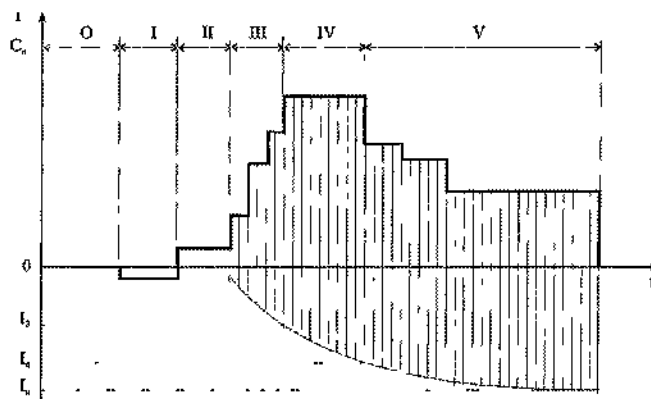


Fig 1