



DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-9

УДК 621.355

С. В. Попов¹, к.т.н., доцент

ORCID: 0000-0003-2381-152X

Ю. В. Левченко¹, к.т.н., доцент

ORCID: 0000-0001-7087-3681

О. В. Петраш¹, к.т.н., доцент

ORCID: 0000-0001-8151-6460

К. С. Попов², здобувач

ORCID: 0009-0000-3131-0528

¹Полтавський державний аграрний університет²Ліцей №17 «Інтелект» Полтавської міської ради

e-mail: stanislav.popov@pdau.edu.ua, тел.: +380686423390

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ІМПУЛЬСНОГО ЗАРЯДНОГО ПРИСТРОЮ

Анотація. На даний час широкого застосування для відновлення заряду акумуляторних батарей набули імпульсні інтелектуальні пристрої. На ринку представлена чимала їх кількість. Проведено огляд технічних характеристик найбільш поширених моделей. За результатами аналізу обрано одну найбільш оптимальну із точки зору універсальності та зручності під час користування. Проведено серію експериментів із визначення функціональності, ефективності роботи на режимах, що запропоновані виробником.

Ключові слова: батарея акумуляторна, заряджання, пристрій інтелектуальний імпульсний, напруга, сила струму, режим роботи, тестування, мультиметр, осцилограф.

Постановка проблеми. У наш час важко уявити життя без акумуляторних батарей (АКБ). Вони застосовуються у джерелах безперебійного живлення комп'ютерної техніки та систем опалення, сигналізаціях, засобах зв'язку, освітленні, транспортних засобах, літальних апаратах, іграшках та ін. Основна проблема полягає у тому, що з часом АКБ втрачають свої властивості. Виникає необхідність у відновленні величини заряду до початкового рівня або наближенні до цієї величини. Саме для цього застосовуються зарядні пристрої трансформаторного або імпульсного типу. Перші поступово полишають ринок, поступаючись більш сучасним та безпечним інтелектуальним імпульсним моделям [1, 2].

Аналіз останніх досліджень. Принцип дії інтелектуального зарядного пристрою полягає у тому, що за рахунок використання вбудованого мікропроцесору відбувається самостійне (без періодичного втручання людини у налаштування) відновлення рівня електричного заряду АКБ на підставі підбору робочих параметрів (сила струму, напруга) за результатами діагностики [3].



У роботі [4] розглянуто питання існуючих способів заряджання кислотних акумуляторних батарей. Були описані способи заряджання. Наведено переваги та недоліки технологій. За результатами дослідження було рекомендовано 3-стадійний метод відновлення АКБ, що складався із десульфатації, основною та зрівняльного заряджання.

Автор [5] пропонує конструкцію зарядного пристрою на базі Arduino Uno R3 із мікроконтролером ATmega328, що забезпечує підвищену ефективність із використанням унікальних алгоритмів заряджання акумуляторних батарей. Мікроконтролер містить захисне обладнання від перенапруги та перевантаження за струмом.

Багатофункціональний зарядний пристрій для акумуляторних батарей пропонується у роботі [6]. Завдяки вбудованому мікропроцесору пристрій має цифрове керування, що підвищує надійність системи. Користувач має можливість здійснювати регулювання робочого циклу, а також частоту зарядного імпульсу, керуючи сигналом широтно-імпульсної модуляції.

У статті [7] приділено увагу швидкому заряджанню акумуляторів великої ємності. Зазначається, що імпульсне заряджання є ефективним при швидкому заряджанні. Пропонується м'який імпульсний механізм, що робить процес заряджання більш ефективним.

Дослідження процесу заряджання акумуляторної батареї транспортного засобу висвітлюється у роботі [8]. Розроблена модель, що характеризує процес як для заряджання постійним струмом, так і імпульсним.

Проблема повільного заряджання та передчасного зниження терміну служби акумуляторів розглядається авторами статті [9]. Пропонується до використання метод швидкого імпульсного заряджання, який захистить акумулятор від зносу та забезпечить стабільність під час його експлуатації. Для симуляції використовується програмне забезпечення Ansys та Matlab/Simulink.

Чималий інтерес викликає робота [10]. У ній пропонується ідея використання зарядних пристроїв для мобільних телефонів, що працюють від монет у місцях громадського користування (залізничні вокзали, автобусні зупинки, лікарні, торговельні центри). Після розпізнавання монети живлення подається через адаптер.

Як бачимо, багато уваги науковців прикуто до проблематики відновлення акумуляторних батарей, розробці імпульсних пристроїв для їх заряджання із підвищенням рівня ефективності та надійності.

Розглянемо найбільш поширені моделі пристроїв, що представлені на ринку України у ціновому діапазоні від 500 до 1000 грн.



Foxsur FBC122410E являє собою імпульсний зарядний пристрій (рисунок 1, а). Він призначений для заряджання акумуляторних батарей як 12 В, так і 24 В, а саме: гелеві, АГМ, свинцево-кислотні. Місткість батарей може знаходитись у діапазоні від 6 до 180 А/год. Даній моделі зарядного призначений режим, пов'язаний із десульфатацією. Окрім того, вбудований мікропроцесор здатен захистити акумуляторну батарею від перезаряджання. У зв'язку із цим усувається необхідність постійного спостереження за процесом заряджання.

Пристрій має автоматичну функцію пам'яті. Вона полягає у запам'ятовуванні останнього обраного режиму та його продовженні у разі відсутності централізованого електропостачання, а потім його відновленні. Також відслідковується температура навколишнього середовища, а потім самостійно обирається зимовий чи літній режим роботи. Це впливає на вольтаж заряджання (збільшення або зменшення на 0,3 В відповідно).

Пристрій має наступні види захисту від: перенапруги; перезаряджання; перегріву; короткого замикання; зворотної полярності; надструму; слабкого струму. Процес заряджання складається із 7 ступенів: десульфатація; м'який старт заряджання; «об'ємне» заряджання; поглинаюче заряджання; тест акумулятора; відновлювальне заряджання; плаваючий заряд та підтримка заряду.

Bodasan Anhtczух ZYX-J10 являє собою інтелектуальний пристрій заряджання автомобільних акумуляторів (рисунок 1, б). Працює в автоматичному режимі. Застосовується для заряджання більшості акумуляторів від 4 А·год. до 100 А·год., а саме: АГМ; гелеві; свинцево-кислотні; кальцієві; глибокого циклу; необслуговувані. Наявна функція відновлення заряджених акумуляторів.

Пристрій характеризується 3 етапами заряджання: постійним струмом; постійною напругою; плаваючий режим. Має також функцію літнього та зимового режимів. Види захистів, що доступні, від: перенапруги; перегрівання; перезаряду; короткого замикання; зворотної полярності; надлишкового струму; слабкого струму. Вбудована функція тестер-вольтметра дає можливість визначити величину напруги при з'єднанні із АКБ у непід'єднаному стані до мережі 220 В.

Suoer SON-1206D – автоматичний імпульсний зарядний пристрій (рисунок 1, в) для автомобільних АКБ до 100 А·год. Для керування процесом використовується мікроконтролер MCU. При наборі батареєю повної ємності відбувається автоматичне вимикання. Має захист від: короткого замикання; перенапруги; зворотної полярності. Заряджає свинцеві та гелеві батареї із використанням 3 фаз заряджання (широко-імпульсна модуляція). Коли напруга на батареї

досягає певного значення, то відбувається поступове зниження зарядного струму. Це перешкоджає перегріванню, спучуванню, закипанню АКБ. Існує більш потужніша модель *Suoer SON-1210D+* із струмом заряджання у 10 А.



Рис. 1. Інтелектуальні зарядні пристрої виробництва КНР:
а – *Foxsur FBC122410E*; б – *Bodasan Anhteczyh ZYX-J10*;
в – *Suoer SON-1206D*

Серед вітчизняної продукції слід відзначити інтелектуальні зарядні пристрої *Дніпро А* та *Дніпро Б*, що розраховані для заряджання батарей ємністю 4...60 А·год. та 32...90 А·год. відповідно (рисунок 2). Мають інтелектуальну систему діагностики, функцію пам'яті та відновлення акумулятора із мікропроцесорним керуванням.



Рис. 2. Інтелектуальні зарядні пристрої вітчизняного виробника:
а – *Дніпро А*; б – *Дніпро Б*

Особливість полягає у застосуванні високотехнологічних складових у мінімальному корпусі, а також підвищена міцність та простота експлуатації. Використовуються для заряджання усіх кислотних батарей, AGM та гелевих.

Технічна характеристика інтелектуальних зарядних пристроїв, що розглядалися вище, із вартістю у діапазоні 500...1000 грн. наведена у таблиці 1.



Таблиця 1

Зведені технічні характеристики автоматичних інтелектуальних імпульсних зарядних пристроїв

№ з.п.	Параметр, розмірність	Foxsur FBC122410E	Bodasan Anhtczyx ZYX-J10	Suoer SON-1206D	Дніпро А	Дніпро Б
1.	Напруга вхідного змінного струму, В	100...240		150...250	110...250	
2.	Частота вхідного змінного струму, Гц	50...60		47...63	50...60	
3.	Вихідна напруга, В	12; 24		12		
4.	Вихідна сила струму, А	10; 5	5	6	2,6	6,5
5.	Напруга вихідна без навантаження, В	13,8				
6.	Вхідна потужність із навантаженням, Вт	Max 140	Max 75	н.д.		
7.	Функція «тестер-вольтметр»	+				
8.	Охолодження вентилятором	+			-	+
9.	Габаритні розміри, мм	175×90×67	150×85×60	168×78×62	125×80×40	150×105×60
10.	Маса, кг	0,6	0,38	0,32	0,2	0,4

Як бачимо, найбільш потужною та універсальною у застосуванні є модель *Foxsur FBC122410E*. Сфера її застосування поширюється на акумуляторні батареї не тільки 12 В, але й 24 В. Останні широко застосовується у вантажних транспортних засобах, під'ємних платформах, навантажувачах, штабелерах, прибиральній техніці, тракторах, а також електричному транспорті. Будемо використовувати саме цю модель у подальших експериментальних дослідженнях.

Формулювання мети статті. Мета роботи полягає у проведенні серії експериментальних досліджень, пов'язаних із дослідженням експлуатаційних характеристик інтелектуального зарядного пристрою *Foxsur FBC122410E* для відновлення заряду (заряджання) акумуляторних батарей різної місткості.



Основна частина. На основі проведеного аналізу джерел інформації були визначені види експериментів, зазначені у таблиці 2.

Таблиця 2

Види експериментів заряджання акумуляторних батарей пристроєм Foxsur FBC122410E

Режим роботи	CAR/AGM*		MOTO		REPAIR	
АКБ, А·год.	60	7,2	60	7,2	60	7,2
Застосування	+	-	-	+	+	+

* – заряджання відбувалося за інтервалу $+10^{\circ}\text{C} \dots +28^{\circ}\text{C}$, тому режими є подібними (температурна корекція відсутня).

У якості засобів вимірювання було використано графічний мультиметр-осцилограф ККМ828, звичайний універсальний мультиметр DT-830B, а також безпосередньо інформаційний дисплей зарядного пристрою Foxsur FBC122410E. Заряджання підлягали попередньо розряджені до 12 В звичайні необслуговувані акумуляторні батареї, що раніше досліджувалися авторами у роботі [1], а саме: свинцево-кальцієва (60 А·год., таблиця 3); свинцево-кислотна батарея (7,2 А·год., таблиця 4).

Таблиця 3

Технічна характеристика акумуляторної батареї SADA OPTIMA [1]

№ з.п.	Найменування характеристики	Значення
1	Тип акумулятора	Свинцево-кальцієвий, не підлягає обслуговуванню
2	Напруга, В:	12, постійна
	- заряд при постійному значенні напруги, В	13,9-14,4
3	Ємність, А·год.	60
4	Максимальна сила струму при заряді, А	6
5	Сумісність	Транспортні засоби
6	Габаритні розміри, мм	242×190×175
7	Маса, кг	16,5

У таблиці 5 та на рисунку 3 представлено результати експериментів заряджання АКБ 60 А·год. у режимі CAR.



Таблиця 4

Технічна характеристика акумуляторної батареї
GREAT POWER [1]

№ з.п.	Найменування характеристики	Значення
1	Тип акумулятора	Свинцево-кислотний, не підлягає обслуговуванню
2	Напруга, В:	12, постійна
	- на клеммах без навантаження, В	13,5...13,8
	- циклічного режиму, В	14,4...15,0
3	Ємність, А·год	7,2
4	Максимальна сила струму при заряді, А	2,1
5	Сумісність	Джерела безперебійного живлення
6	Габаритні розміри, мм	151×65×95
7	Маса, кг	2,3

Таблиця 5

Результати експериментальних досліджень заряджання АКБ
60 А·год. у режимі CAR

№ з.п.	Час, t, хв.	Напруга, U, В	Струм, I, А	№ з.п.	Час, t, хв.	Напруга, U, В	Струм, I, А
1	4,9	13	3,0	17	66,3	14,3	5,4
2	5	13	3,6	18	68	14,3	5,2
3	5,5	13,1	3,6	19	69,9	14,3	5,1
4	12,3	13,2	3,6	20	72,3	14,3	4,8
5	14,6	13,2	3,6	21	73,8	14,3	4,6
6	14,9	13,4	7,0	22	74,6	14,4	3,9
7	15,2	13,5	7,0	23	76,2	14,4	3,9
8	17,2	13,6	7,0	24	76,5	14,4	3,8
9	17,6	13,6	7,0	25	79,2	14,4	3,6
10	20,2	13,7	7,0	26	81,8	14,5	3,4
11	29,9	13,7	7,0	27	95,2	14,5	2,6
12	52,4	14,3	7,0	28	95,5	14,6	2,0
13	62,9	14,3	5,8	29	101,7	14,6	1,8
14	64,2	14,3	5,6	30	135,8	14,6	1,0
15	64,7	14,3	5,5	31	136,7	14,6	0,9
16	65,4	14,3	5,5	32	155,6	14,6	0,7

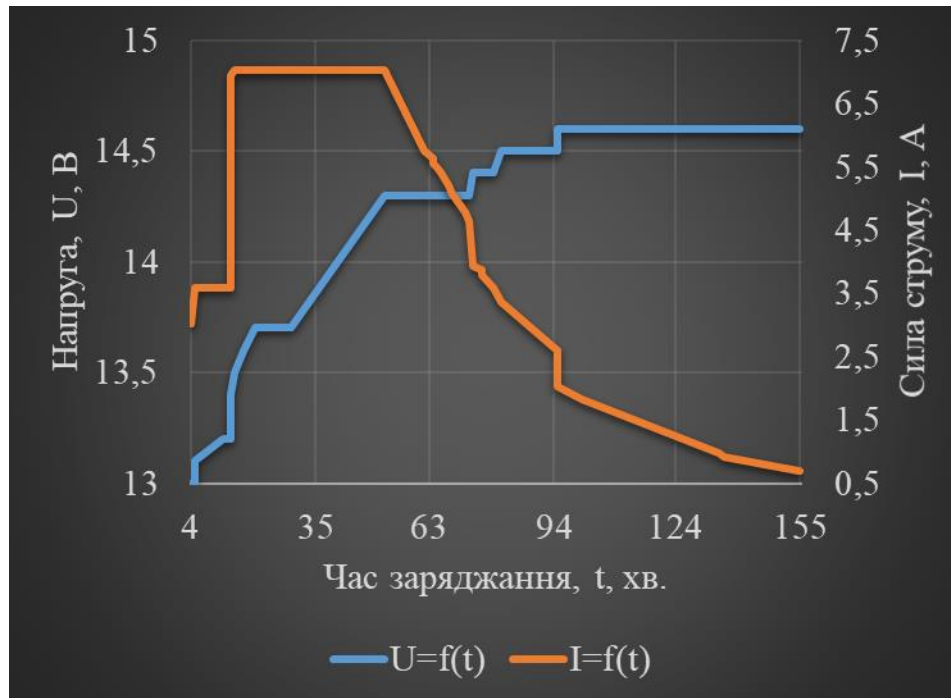


Рис. 3. Діаграми залежності напруги, U , В, та сили струму, I , А, від тривалості процесу заряджання АКБ 60 А·год. (CAR)

Режим заряджання CAR (АКБ 60 А·год.) після попереднього тестування (визначення полярності, технічного стану) починається із режиму десульфатації струмом ($I = 1,5 \dots 3,6$ А), що триває близько 5 хв. Далі струм набуває сталого значення (початковий заряд), що дорівнює майже половині основного заряду (3,6 А) протягом 10 хв. Значення напруги при цьому зростає від 13,0 В до 13,2 В. Наступним етапом є основний заряд струмом 7,0 А тривалістю 40 хв. При цьому напруга поступово збільшується із 13,4 до 14,3 В. Потім струм починає зменшуватися, а значення напруги підвищилося до 14,6 В. Закінчується процес заряджання при силі струму 0,7 А та напрузі 14,6 В. Наступним етапом є тестування АКБ (тривалість 10 хв.). Далі вмикається режим зберігання. Значення на клеммах АКБ після її відстоювання становило 12,8 В. Загальна тривалість циклу заряджання 2,6 години (без тестування). Простежувалося підвищення температури АКБ із 20°C до 23°C (7,0 А) із її поступовим охолодженням до початкового значення на кінці заряджання.

У таблиці 6 та на рисунку 4 представлено результати експериментів заряджання АКБ 7,2 А·год. у режимі МОТО.

Режим заряджання МОТО (АКБ 7,2 А·год.) після попереднього тестування охарактеризувався відсутністю процесу десульфатації. Струм набуває сталого значення у 1,5 А і тримається незмінним майже 100 хв. (основний заряд). Значення напруги при цьому зростає від 13,5 В до 14,6 В.

Таблиця 6

Результати експериментальних досліджень заряджання АКБ
7,2 А·год. у режимі МОТО

№ з.п.	Час, t, хв.	Напруга, U, В	Струм, I, А	№ з.п.	Час, t, хв.	Напруга, U, В	Струм, I, А
1	1,7	13,5	1,5	16	78,2	14,1	1,5
2	2,2	13,5	1,5	17	82,8	14,2	1,5
3	3,5	13,5	1,5	18	86,8	14,3	1,5
4	5,7	13,4	1,5	19	90,8	14,4	1,5
5	6,9	13,4	1,5	20	96	14,5	1,5
6	8,7	13,4	1,5	21	98,2	14,6	1,5
7	24,1	13,5	1,5	22	100,7	14,6	1,4
8	25,3	13,5	1,5	23	106,7	14,6	1,3
9	32,4	13,5	1,5	24	111,2	14,6	1,2
10	32,7	13,5	1,5	25	117,5	14,6	1,1
11	37,1	13,6	1,5	26	123	14,6	1,0
12	47,1	13,7	1,5	27	129	14,6	1,0
13	56,8	13,8	1,5	28	134,7	14,6	0,9
14	65,2	13,9	1,5	29	144,1	14,6	0,8
15	70,7	14,0	1,5	30	148,5	14,6	0,7

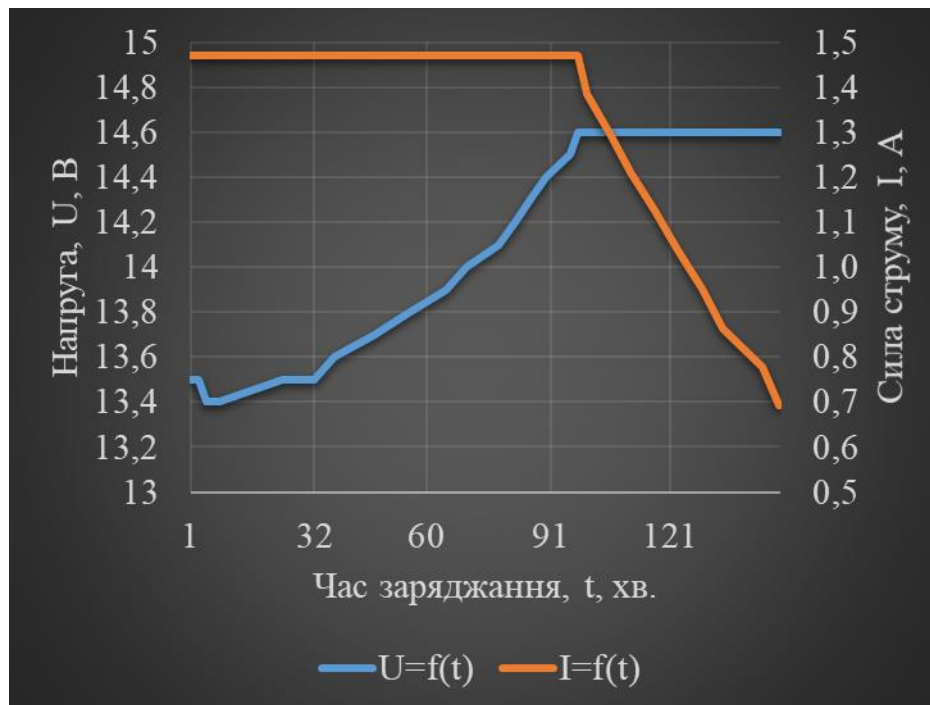


Рис. 4. Діаграми залежності напруги, U, В, та сили струму, I, А, від тривалості процесу заряджання АКБ 7,2 А·год. (МОТО)

Потім струм починає зменшуватися, а значення напруги продовжує залишатися на рівні 14,6 В (абсорбція). Закінчується



процес заряджання при силі струму 0,7 А. Наступним етапом є тестування АКБ (тривалість 10 хв.) та перехід у режим зберігання. Значення на клеммах АКБ після її відстоювання становило 13,0 В. Загальна тривалість циклу заряджання 2,5 години (без тестування). Відбулося нагрівання АКБ із 20°C до 22°C. Повернення температури до початкового значення наприкінці заряджання не спостерігалось. Це пояснюється меншими розмірами АКБ 7,2 А·год. у порівнянні із АКБ 60 А·год., а також силою струму, що була у 4,7 разу меншою, ніж значення у першому досліді.

Слід відзначити, існує відмінність показів сили струму на дисплеї зарядного пристрою з їх реальними значенням, що було враховано у досліді. Наприклад, сила струму за дисплеєм пристрою в 1,7 А насправді має значення 1,5 А (послідовне підключення мультиметру до електричного ланцюга).

Виробником зарядного пристрою Foxsur FBC122410E зазначено, що режим REPAIR є ремонтним із тривалістю до 16 годин. Його рекомендовано застосовувати для відновлення та зберігання старих акумуляторних батарей. Також для АКБ, що мають ємність до 20 А·год його рекомендовано для використання, оскільки саме імпульсне заряджання є найкращим варіантом у цьому випадкові. Таблиця 7 та рисунок 5 містять результати експериментів заряджання (частина циклу близько 2 год.) АКБ 60 А·год. та 7,2 А·год.

Таблиця 7

Результати експериментальних досліджень заряджання АКБ
60 А·год. у режимі REPAIR

№ з.п.	Час, t, хв.	Струм, I ₆₀ , А	Струм, I _{7,2} , А	№ з.п.	Час, t, хв.	Струм, I ₆₀ , А	Струм, I _{7,2} , А
1	3	3,68	2,35	14	63	0,5	0,21
2	3	0,6	0,33	15	73	3,4	1,50
3	13	3,59	2,29	16	73	0,44	0,21
4	13	0,6	0,31	17	83	3,4	1,4
5	23	3,57	2,24	18	83	0,44	0,21
6	23	0,6	0,31	19	93	3,4	1,20
7	33	3,55	2,1	20	93	0,4	0,21
8	33	0,5	0,27	21	103	3,4	1,10
9	43	3,55	1,91	22	103	0,4	0,15
10	43	0,5	0,26	23	113	3,4	0,90
11	53	3,45	1,80	24	113	0,4	0,13
12	53	0,5	0,26	25	123	3,3	0,87
13	63	3,4	1,60	26	123	0,4	0,12

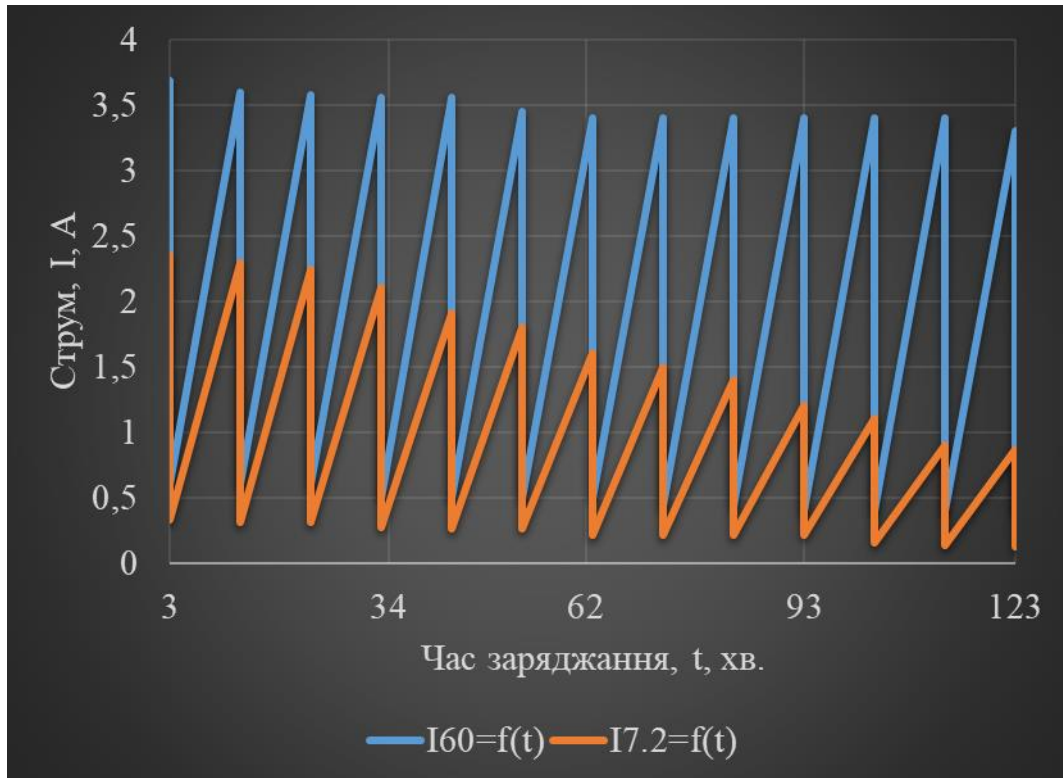


Рис. 5. Діаграма залежності сили струму, I, А, від тривалості процесу заряджання АКБ 60 А·год. та 7,2 А·год. (REPAIR)

Режим заряджання REPAIR дійсно здійснюється імпульсним струмом (підтверджується осцилографом) початкові значення якого відповідають інтервалу від 0,6 А до 3,7 А (АКБ 60 А·год.), а також від 0,3 А до 2,4 А (АКБ 7,2 А·год.). Як бачимо, відбувається самостійний вибір пристроєм цього діапазону на підставі аналізу стану та ємності батареї. Зі збільшенням часового проміжку заряджання/відновлення відбувається поступове зменшення величини імпульсного струму.

Висновки. Таким чином, за результатами проведеного аналізу та серії експериментальних досліджень можна зазначити наступне:

- на ринку України у ціновому діапазоні 500...1000 грн. представлена чимала кількість імпульсних інтелектуальних зарядних пристроїв для відновлення заряду різноманітних акумуляторних батарей. Переважають зразки закордонного виробництва, але зустрічаються й вітчизняні. Технічні характеристики найбільш поширених моделей були розглянуті. Відмінності полягають у силі струму, потужності, наборі режимів, а також кількості стадій заряджання. Визначено, на думку авторів, найбільш оптимальну модель (у даному ціновому сегменті) з точки зору універсальності, зручності застосування – Foxsur FBC122410E;

- серія проведених експериментальних досліджень із вивчення режимів роботи інтелектуального імпульсного пристрою Foxsur FBC122410E для заряджання акумуляторних батарей різної місткості



засвідчила, що загалом дана модель відповідає функціональному призначенню;

– у режимі CAR (АКБ 60 А·год): максимальне значення сили зарядного струму становить не 10 А, як заявляє виробник та відображує дисплей пристрою, а лише 7 А; на початку циклу після тестування починається режим десульфатації (5 хв.); заряджання половинчастим струмом (10 хв.); заряджання основним максимальним струмом (40 хв.); режим зменшення сили струму до 0,7 А та зростання напруги до 14,6 В (100 хв.); тестування (10 хв.); зберігання;

– у режимі MOTO (АКБ 7,2 А·год): максимальне значення сили зарядного струму становить не 1,7 А, як відображує дисплей пристрою, а лише 1,5 А; режим десульфатації відсутній; після тестування починається заряджання основним максимальним струмом (100 хв.) до 14,6 В; режим абсорбції або зменшення сили струму до 0,7 А при сталому значенні напруги (50 хв.); тестування (10 хв.); зберігання;

– у режимі REPAIR працює імпульсний струм, що зменшується з часом. Його величина визначається пристроєм на основі аналізу АКБ. Мінімальне значення у досліджах становило 0,3 А, а максимальне 3,7 А.

Перспективи подальших досліджень полягають у подальшому дослідженні режиму REPAIR, а саме: вивченні його повного циклу, що триває близько 16 год. на АКБ різного виду, стану та ємності.

Список використаних джерел

1. Попов С. В., Прілепо Н. В., Попов К. С. Відновлювальні джерела постійного струму для освітлення приміщень за умов віялових відключень енергопостачання та блекауту. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції*, м. Запоріжжя, ТДАТУ, 01-25 листопада 2022 р. Запоріжжя, 2022. С. 207.

2. Попов С. В., Левченко Ю. В., Басова Ю. О., Попов К. С. Визначення оптимальних робочих параметрів технологічного обладнання методом ортогонального планування експерименту. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2023. Вип. 2(139). С. 130–137.

3. Етапи роботи інтелектуального автомобільного зарядного пристрою. URL: <https://130.com.ua/uk/jetapy-raboty-intellektualnogo-zarjadnogo-ustrojstva> (дата звернення: 10.01.2024).

4. Сергієнко М. Є., Сергієнко О. М., Оверко Н. Є., Маренич О. М. Вплив способів заряду свинцево-кислотних акумуляторних батарей на їх стан. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування*. 2014. № 22(1065). С. 30–35.



5. Leily W. Johar. Desain Charger Control Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Dengan Pengaturan Duty Cycle PWM. *Journal of Electrical Power Control and Automation*. 2020. № 3(2). P. 49-52. <http://dx.doi.org/10.33087/jepca.v3i2.40>.

6. Wen Yeau Chang. Design and Implementation of the Multifunction Fast Charger for LiFePO Battery. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 577. P. 568-571. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.577.568>.

7. Sunil G. Abeyratne, Nirmana Perera, Hiranya Jayakody, Kosala Samarakoon, Rukshan Bulathge. Zero-current-switching pulse charger for high capacity batteries in renewable energy applications. *J. Natn. Sci. Foundation Sri Lanka*. 2016. № 44(3). P. 301–312. <http://dx.doi.org/10.4038/jnsfsr.v44i3.8011>.

8. Zhu Xuegui, Qin Yang, Su Xiangfeng, Zheng Ke, Fu Zhihong. Impact of electric vehicle charger on electric energy metering. *Electric Power Automation Equipment*. 2015. № 6. P. 52–57. <http://dx.doi.org/10.16081/j.issn.1006-6047.2015.06.008>.

9. Praveen Jugge, Vinay Kumar Awaar, Vyshnavi Ramineni, Saniya Mahawin, Minakshi Memoria and D. Srinivas. Development of Pulse Charger for Electric Vehicle Batteries. *15th International Conference on Materials Processing and Characterization (ICMPC)*. 2023. Vol. 430. 01001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343001001>.

10. Pradeep M., Sabarinathan S., Sakthibalan. S., Thamarai Kannan E., Chitra S. Coin-Based Mobile Phone Charger with High Security. *International Journal of Innovative Research in Engineering*. 2023. № 5. P. 16–20. <https://www.doi.org/10.59256/ijire.2023040348>.

Стаття надійшла до редакції 12.02.2024 р.



S. Popov¹, Levchenko¹ Yu., O. Petrash¹, K. Popov²

¹Poltava State Agrarian University, ²Lyceum 17 "Intellect" of the Poltava City Council

THE EXPERIMENTAL RESEARCH OF PULSE CHARGER MODES

Summary

Pulse intelligent chargers are widely used in technology. There are quite a few of them on the market. Transformer charging is gradually disappearing. They are outdated and dangerous. Requires constant monitoring during operation and adjustment. The intelligent charger uses a built-in microprocessor. It independently restores the electric charge of the battery, diagnoses, and selects the necessary operating parameters. Many scientists are concerned with the development of improved devices for charging with increased efficiency.

The authors of the article reviewed the most common models of intelligent pulse chargers in a certain price range. The most universal was chosen based on the analysis of technical characteristics. This is the Foxsur FBC122410E model.

For the selected Foxsur FBC122410E charger, experimental studies were conducted to study operating modes for accumulator batteries of different capacities. A multimeter and an oscilloscope were used. In CAR mode (battery 60 A·h): the maximum value of the charging current is not 10 A, but only 7 A; at the beginning of the cycle after testing, the desulfation mode begins; half-current charging; charging with the main maximum current; mode of decreasing current and increasing voltage; testing; storage. In MOTO mode (battery 7.2 A·h): the maximum value of the charging current is not 1.7 A, but only 1.5 A; there is no desulfation mode; after testing, charging with the main maximum current begins; the mode of absorption or reduction of the current strength at a constant value of the voltage; testing; storage. In the REPAIR mode, a pulsed current works that decreases with time. Its value is determined by the device based on the analysis of the battery.

Keywords: rechargeable battery, charging, intelligent pulse charger, voltage, current strength, operating mode, testing, multimeter, oscilloscope