



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **86409** (13) **C2**
(51) МПК (2009)
G01R 31/36
G01R 27/26
H01M 10/48 (2009.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЄМНОСТІ ХІМІЧНИХ ДЖЕРЕЛ СТРУМУ

1

(21) а200611285
(22) 26.10.2006
(24) 27.04.2009
(46) 27.04.2009, Бюл.№ 8, 2009 р.
(72) КОСЮК ВІКТОР ІВАНОВИЧ, UA, ШИРОКОВ
ІГОР БОРИСОВИЧ, UA
(73) КОСЮК ВІКТОР ІВАНОВИЧ, UA
(56) UA 20359 C2, 15.03.2004
SU 708440, 05.01.1980
SU 1619360 A1, 07.01.1991
RU 2172044 C2, 10.08.1991
RU 2214025 C2, 10.10.2003
RU 2248073 C9, 20.06.2004
EP 0346970 B1, 29.09.1993
US 5294889, 15.03.1994
US 6094052, 25.07.2000
(57) Пристрій для вимірювання електричної ємності хімічних джерел струму (ХДС), який містить вимірюване ХДС 1, один полюс якого (мінус) з'єднаний із загальною шиною пристрою, ключ 2 на замикання ланцюга, вхід якого з'єднаний із другим полюсом (плюс) вимірюваного ХДС, конденсатор 3 відомої ємності, одна пластина якого з'єднана із загальною шиною, а друга - з виходом ключа 2, ключ на замикання 4, приєднаний паралельно конденсатору 3, аналоговий запам'ятовувальний пристрій (АЗП) 5, вхід якого з'єднаний із входом ключа 2, компаратор 6, перший вхід якого з'єднаний з виходом ключа 2, дільник напруги 7 з коефіцієнтом розподілу $k = 0,95$, вхід якого з'єднаний з виходом АЗП 5, а вихід - із другим входом компаратора 6, аналого-цифровий перетворювач (АЦП)

2

8, вхід якого з'єднаний з виходом АЗП 5, мікроконтролер (МК) 9, перший вхід якого з'єднаний з виходом компаратора 6, другий вхід з'єднаний з виходом АЦП 8, а перший і другий виходи якого з'єднані, відповідно, із входами керування ключів 2 і 4, блок індикації 10, вхід якого з'єднаний із третім виходом МК 9, ключ запуску початку виміру 11, вхід якого з'єднаний із четвертим виходом МК 9, а вихід - із загальною шиною пристрою, уведений цифро-аналоговий перетворювач 12, вхід якого з'єднаний з п'ятим виходом МК 9, а вихід - з опорним входом АЦП 8, а алгоритм обробки сигналу в МК 9 відповідає наступній формулі:

$$Q_{\text{ХДС}} = C \cdot U_{\text{ХДС}} / [(t_{\text{зар}} - t_{\text{ком}}) \cdot 2k],$$

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

C - ємність конденсатора, що заряджає, Ф;

$U_{\text{ХДС}}$ - напруга на вимірюваному джерелі струму, В;

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

$t_{\text{ком}}$ - час компенсації збільшення часу заряду конденсатора за рахунок кінцевого значення опорів проводів, що підводять, і вхідного комутатора, с;

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

Винахід ставиться до області електровимірювальної техніки й призначений для виміру залишкової електричної ємності хімічних джерел струму (ХДС) як у стаціонарних, так і в польових умовах.

Відомий пристрій для виміру електричної ємності ХДС, описане в патенті України № 70359 (БИ №10, 2004р.). У відомому пристрої реалізованому по алгоритму, представленою наступною формулою:

$$Q_{\text{эл}} = C \cdot U_{\text{ХИТ}} / (2t_{\text{зар}} \cdot k), \quad (1)$$

де, $Q_{\text{эл}}$ - електрична ємність вимірюваного джерела струму, А*г;

C - ємність конденсатора, що заряджає, Ф;

$U_{\text{ХДС}}$ - напруга на вимірюваному джерелі струму, В;

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

k - коефіцієнт, що враховує конструктивні й технологічні особливості вимірюваного хімічного джерела струму, і утримуюче вимірюване хімічне

C2
(13)

86409
(11)

UA
(19)

джерело струму 1, один полюс якого (мінус) з'єднаний із загальною шиною пристрою, ключ 2 на замикання ланцюга, ключ 3 на розмикання ланцюга, причому ключі 2 і 3 працюють синхронно, входи яких з'єднані із другим полюсом (позитивним) вимірюваний ХДС, конденсатор 4 відомі ємності, одна пластина якого з'єднана із загальною шиною, а друга - з виходом ключа 2, ключ на замикання 5, що працює синхронно із ключами 2 і 3, вхід якого з'єднаний із входами ключів 2 і 3, аналоговий запам'ятовувальний пристрій (АЗП) 6 (перший піковий детектор 6), вхід якого з'єднаний з виходом ключа 5, дільник 7 напруги з коефіцієнтом розподілу $k_7=0,95$ і дільник 8 напруги з коефіцієнтом розподілу $k_8=0,5$, входи яких з'єднані з виходом АЗП 6, компаратор 9, входи якого з'єднані, відповідно, через каскади, що погодять, 10 і 11 з виходом ключа 2 і дільника 7, що чекає генератор пилоподібного лінійно-наростаючої напруги (ГПН) 12, вхід якого з'єднаний з виходом ключа 3, кероване АЗП 13 (складається із ключа на розмикання й піковий детектор), вхід якого з'єднаний з виходом ГПН 12, а керуючий вхід - з виходом компаратора 9, підсилювач із регульованим коефіцієнтом підсилення 14, вхід якого з'єднаний з виходом дільника 8, аналоговий дільник напруг 15, входи якого з'єднані, відповідно, з виходами керованого АЗП 13 і підсилювача 14, перемикач 16, індикатор 17, причому перший контакт перемикача з'єднаний з виходом аналогового дільника 15, другий контакт - з виходом АЗП 6, а третій - із входом індикатора 17, формувач сигналу скидання 18, ключ 19 і ключ 20 скидання конденсатора 4, причому вхід формувача 18 з'єднаний з виходом ключа 19, вхід якого

з'єднаний із загальною шиною пристрою, вихід формувача 18 з'єднаний із входами скидання АЗП 6, керованого АЗП 13, індикатора 17 і ключа 20, вхід якого з'єднаний із загальною шиною пристрою, а вихід - з виходом ключа 2, конденсатор 21, висновки якого з'єднані паралельно з контактами ключа 3, резистор 22, один висновок якого з'єднаний з вихідним контактом ключа 3, а другий висновок - із загальною шиною пристрою. Однак, зазначене пристрій виміру електричної ємності ХДС має недолік, що полягає в тім, що, процес виміру не автоматизований, що збільшує час виміру й робить процес виміру не оперативним. Крім того, при вимірі ємності ХДС, що мають $Q > 10 \text{ А}^* \text{ч}$, пристрій має додаткову погрішність виміру, що визначається кінцевим сумарним значенням опорів кінців, що підводять, і комутуючого пристрою, а також сумірністю цього опору із внутрішнім опором ХДС. Так, наприклад, якщо прохідний опір комутатора буде дорівнює $R_{\text{ком}} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}$ (IRFC3603), а опору кінців, що підводять, $R_{k1} = R_{k2} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}$ і $C = 5000 \text{ мкф}$, те постійна часу заряду конденсатора $\tau_{\text{зар}}$ збільшиться на додаткову постійну часу рівну:

$$\tau_{\text{доп}} = [(1 + 0,5 + 0,5) \cdot 10^{-3} \cdot 5000 \cdot 10^{-6}] = 10 \text{ мкс.}$$

Теоретичний час заряду конденсатора $\tau_{\text{ар}}$, розраховане по формулі (1) для негерметичних кислотних акумуляторів ($k=2$) залежно від ємності $Q_{\text{ХДС}}$ буде мати значення, представлені в таблиці 1. Збільшення цього часу за рахунок додаткового опору кінців, що підводять, і прохідного опору комутатора на 30 мкс. (вимір виробляється на рівні $3\tau_{\text{зар}} - \tau_{\text{зар}}$) дає додаткову погрішність виміру $\tau_{\text{зар}}$ наведену також у таблиці 1.

Таблиця 1

$Q_{\text{ХДС}} \text{ А}^* \text{ч}$	7	20	44	60	80	100
$\tau_{\text{зар}}, \text{ МКС}$	2143	750	341	250	188	150
$\tau_{\text{зар}}, \%$	1,4	3,8	8,1	10,7	14	16,6

Крім того, аналогова обробка сигналів у відомому пристрої також збільшує погрішність виміру за рахунок дрейфів нулів аналогових мікросхем і ускладнює процес регулювання пристрою.

Найбільш близьким по технічній сутності до пропонованого винаходу є пристрій для виміру електричної ємності ХДС, описане в патенті Росії №2248073 (БИ №14, 2005р.). У відомому пристрої реалізованому також по алгоритму (1) і утримує вимірюване ХДС 1, один полюс якого (мінус) з'єднаний із загальною шиною пристрою, і утримує вимірюване хімічне джерело струму ХДС 1, один полюс якого (мінус) з'єднаний із загальною шиною пристрою, ключ 2 на замикання ланцюга, вхід якого з'єднаний із другим полюсом (позитивним) вимірюваний ХДС, конденсатор 3 відомі ємності, одна пластина якого з'єднана із загальною шиною, а друга - з виходом ключа 2, ключ на замикання 4, вхід якого з'єднаний з позитивним полюсом досліджуваній ХДС, ключ 5 розряду конденсатора 3, вхід якого з'єднаний з першою пластиною конденсатора 3, а вихід - із загальною шиною пристрою, перемикач 6 перший вхід якого з'єднаний з виходом ключа 2, а другий вхід - з виходом ключа 4, аналого-цифровий перетворювач (АЦП) 7, вхід

якого з'єднаний з виходом перемикача 6, мікроконтролер, що містить мікропроцесор (МП) 8 із блоком пам'яті програм (БПП) 9 і блоком пам'яті даних (БПД) 10, генератор тактових імпульсів (ГПІ) 11, таймер 12 і порт вводу-висновку (ПВВ) 13 з'єднані відповідно, причому вхідна шина МП 8 з'єднана з вихідною шиною АЦП 7, перший вихід ГПІ 11 з'єднаний із входом запуску АЦП 7, а другий - із другим входом БПП 9, шина вхід-вихід таймера 12 з'єднана з відповідною шиною МП 8, вхідна шина ПВВ 13 з'єднана з вихідною шиною МП 8, блок індикації 14, вхідна шина якого з'єднана з першою вихідною шиною ПВВ 13, входи керування ключами 2,3,5 і перемикачі 6 з'єднані з відповідними виходами ПВВ 13, ключ 15 запуску початку виміру, вхід якого через ПВВ 13 з'єднаний із входом запуску МП 8, а вихід - с загальною шиною пристрою, перемикач 16 виду виміру, два виходи якого з'єднані з відповідними входами керування ПВВ 13.

У зазначеному пристрої виміру електричної ємності ХДС сигнали обробляються цифровим способом і тому виключені погрішності властивим аналоговим засобам обробки сигналів (дрейф нульового рівня, напруга зсуву т.д.). Однак, цей пристрій має недоліки, що полягає в тім, що, при-

стрій має додаткову погрішність виміру, що визначається кінцевим сумарним значенням опорів кінців, що підводять, і комутуючого пристрою, а також сумірністю опору із внутрішнім опором ХДС, як і попередній пристрій [описане в патенті Росії №2214025, БИ №28, 2003р.]. Крім того, відомий пристрій має більшу погрішність виміру при вимір ХДС великої ємності ($Q > 200 \text{ А*г}$), коли час заряду конденсатора стає дуже малим. Наприклад, при $C_4 = 5000 \text{ мкф}$, $U = 2 \text{ В}$ і $Q = 2000 \text{ А*г}$, час заряду складе близько 12мс. Що значно менше, ніж швидкодія широко розповсюджених типів АЦП - 100мс [7]. Збільшення значення ємності конденсатора приведе до збільшення ваго-габаритних характеристик пристрою або, якщо застосовувати електролітичні конденсатори великої ємності, до зміни параметрів у перебігу часу.

Метою пропонованого винаходу є зменшення погрішності, скорочення часу виміру електричної ємності ХДС і спрощення конструкції пристрою.

Поставлена мета досягається тим, що в пристрої утримуюче вимірюване хімічне джерело струму 1, один полюс якого (мінус) з'єднаний із загальною шиною пристрою, ключ 2 на замикання ланцюга вхід якого з'єднаний із другим полюсом (позитивним) вимірюваний ХДС, конденсатор 3 відомі ємності, одна пластина якого з'єднана із загальною шиною, а друга - з виходом ключа 2, ключ на замикання 4, з'єднаний паралельно конденсатору 3, аналоговий запам'ятовувальний пристрій (АЗП) 5, вхід якого з'єднаний із входом ключа 2, компаратор 6, перший вхід якого з'єднаний з виходом ключа 2, дільник напруги 7 з коефіцієнтом розподілу $k=0,95$, вхід якого з'єднаний з виходом АЗП 5, а вихід - із другим входом компаратора 6, АЦП 8, вхід якого з'єднаний з виходом АЗП 5, мікроконтролер (МК) 9, перший вхід якого з'єднаний з виходом компаратора 6, другий вхід з'єднаний з виходом АЦП 8, а перший і другий виходи якого з'єднані, відповідно, із входами керування ключів 2 і 4, блок індикації 10, вхід якого з'єднаний із третім виходом МК9, ключ запуску початку виміру 11, вхід якого з'єднаний із четвертим виходом МК 9, а вихід - із загальною шиною пристрою, уведений цифро-аналоговий перетворювач 12, вхід якого з'єднаний з п'ятим виходом МК 9, а вихід - з опорним входом АЦП 8, алгоритм обробки сигналу в МК 9 представлений наступною формулою:

$$Q_{\text{ХДС}} = C \cdot U_{\text{ХДС}} / [(t_{\text{зар}} - t_{\text{ком}}) \cdot 2k] \quad (2)$$

де, $Q_{\text{ХДС}}$ - електрична ємність вимірюваного джерела струму, А*г;

C - ємність конденсатора, що заряджає, Ф;

$U_{\text{ХДС}}$ - напруга на вимірюваному джерелі струму, В;

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

$t_{\text{ком}}$ - час компенсації збільшення часу заряду конденсатора за рахунок кінцевого значення опорів проводів, що підводять, і вхідного комутатора;

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

На Фіг.1 зображена електрична схема для виміру електричної ємності хімічного джерела струму.

Схема включає вимірюване хімічне джерело струму 1, ключ 2 на замикання ланцюга, конденсатор 3 відомі ємності, ключ 4 скидання заряду конденсатора 3, АЗП 5, компаратор 6, дільник напруги 7 з коефіцієнтом $k=0,95$, АЦП 8, мікроконтролер 9, блок індикації 10, ключ запуску 11, ЦАП 12. Причому, опір сполучних проводів, ключа 2 у замкнутому стані й струмознімачів повинні бути мінімально можливим (приблизно, на порядок менше внутрішнього опору вимірюваного джерела струму).

Запропонований пристрій працює в такий спосіб. Після приєднання вимірюваного ХДС 1 до пристрою короточасним натисканням ключа 11 запускається МК 9 і програма послідовності керування ключами 2 і 4. Напруга ХДС подається на вхід АЗП 5 і запам'ятовується. З виходу АЗП 5 напруга подається на вхід дільника напруги 7 і на вхід АЦП 8. Потім замикається ключ 2 і МК 9 починає відраховувати час заряду. Через ключ 2 заряджається конденсатор 3. У процесі наростання напруги заряду на конденсаторі від вимірюваного ХДС, ця напруга, що подається на перший вхід компаратора 6, рівняється з напругою запам'ятованою в АЗП 5 і подаваним через дільник 7 на другий вхід компаратора 6. При досягненні напругою заряду рівня 0,95 від $U_{\text{ХДС}}$ спрацьовує компаратор 6 і МК 9 зупиняється, фіксує час $t_{\text{зар}}$ заряду конденсатора 3. Т. к. у МК 9 уводиться фіксоване значення часу компенсації $t_{\text{ком}}$ за рахунок кінцевого опору проводів, що підводять, і прохідного опору ключа 2, то на виході ЦАП 12 формується аналоговий сигнал наступного виду:

$$U_{\text{ЦАП}} = k_{\text{ЦАП}} \cdot (t_{\text{зар}} - t_{\text{ком}}), \quad (3)$$

де $k_{\text{ЦАП}}$ - коефіцієнт перетворення ЦАП 12, [В/с]

Ця напруга подається на опорний вхід АЦП 8. При цьому результат перетворення $N_{\text{АЦП}}$ на виході АЦП 8 буде пов'язаний з величинами $U_{\text{ХДС}}$ і $U_{\text{ЦАП}}$ наступним співвідношенням:

$$N_{\text{АЦП}} = k_{\text{АЦП}} \cdot U_{\text{ХДС}} / U_{\text{ЦАП}}, \quad (4)$$

де $k_{\text{АЦП}}$ - коефіцієнт перетворення АЦП 8 або з обліком (3):

$$N_{\text{АЦП}} = k_1 \cdot U_{\text{ХДС}} / [(t_{\text{зар}} - t_{\text{ком}})] \quad (5)$$

де $k_1 = k_{\text{АЦП}} / k_{\text{ЦАП}}$

У блоці пам'яті програм МК 6 записана програма, що реалізує наступний алгоритм:

$$Q_{\text{ХДС}} = C \cdot k_1 \cdot N_{\text{АЦП}} / 2k, \quad (6)$$

або з обліком (5):

$$Q_{\text{ХДС}} = C \cdot U_{\text{ХДС}} / [(t_{\text{зар}} - t_{\text{ком}}) \cdot 2k] \quad (7)$$

де, C - чисельне значення ємності конденсатора 3, записане в пам'яті МК 9;

U - напруга на вимірюваному джерелі струму, В;

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

$t_{\text{ком}}$ - час компенсуюче збільшення часу заряду конденсатора за рахунок кінцевого значення опорів проводів, що підводять, і вхідного комутатора;

k - коефіцієнт, установлюваний для кожного типу ХДС і записаний у блоці пам'яті даних МК 9 як константа (для кислотний і лужних негерметичних ХДС $k=2$).

Значення $Q_{\text{ХДС}}$ обчислюється МК 9 і виводиться на блок індикації 10. Після індикації результатів обчислення $Q_{\text{ХДС}}$, МК 9 дає команду на включення ключа 4 і відбувається розряд конденсатора 3.

Таким чином, математична операція розподіл виконується безпосередньо на АЦП, що розвантажує мікроконтролер, зменшує погрішність виміру й збільшує швидкість виконання заданої програми. Введення в програму обробки часу компенсації виключає погрішність за рахунок кінцевого значення опорів проводів, що підводять, і вхідного комутатора.

2. Науково-технічна література

І технічна документація.

1. А.Е.Зорохович и др. "Устройства для заряда и разряда аккумуляторных батарей", М, "Энергия", 1975, 208с.

2. А.М.Вайлов и Ф.И.Эйгель "Автоматизация контроля и обслуживания аккумуляторных батарей", М, "Связь", 1975, с.4-87.

3. В.В.Романов, Ю.М.Хашев "Химические источники тока", М, "Советское радио", 1978, 264с.

4. В.С.Баготский, А.М.Скундин "Химические источники тока", М, "Энергоиздат", 1981, 360с.

5. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение. Б.Г.Федорков, В.А.Телец. М. «ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ», 1990, 320с.

