



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2002116319/09, 17.06.2002  
(24) Дата начала действия патента: 17.06.2002  
(43) Дата публикации заявки: 27.01.2004  
(45) Опубликовано: 10.02.2005 Бюл. № 4  
(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1607045 A, 15.11.1990. EP 0355461 A2, 28.02.1990. DE 3832839 A1, 29.03.1990. JP 2151783 A, 11.06.1990.

Адрес для переписки:  
654007, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул.  
Кирова, 42, СибГИУ, патентный отдел

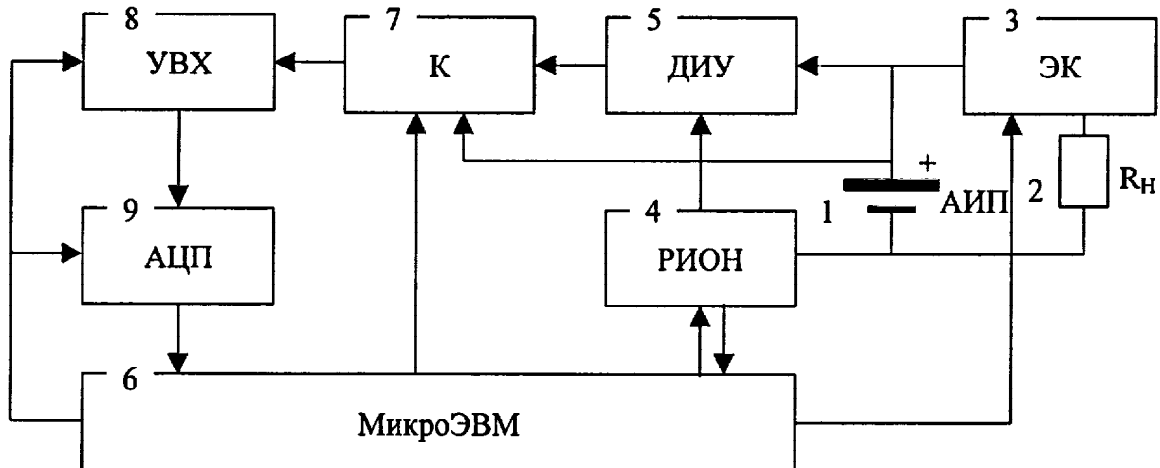
(72) Автор(ы):  
Пугачев Е.В. (RU),  
Тимофеев А.С. (RU),  
Вавиловский В.И. (RU),  
Бич Т.А. (RU),  
Мельчуков С.А. (RU)  
(73) Патентообладатель(ли):  
Сибирский государственный индустриальный  
университет (RU)

## (54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АККУМУЛЯТОРОВ ДЛЯ КОМПЛЕКТОВКИ ИХ В БАТАРЕИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники, в частности к устройствам определения параметров аккумулятора. Техническим результатом изобретения является получение данных об электрических параметрах аккумуляторов для объективной оценки их технического состояния. Согласно изобретению устройство для осуществления способа определения электрических параметров АИП содержит микроЭВМ, подключенную к

регулируемому источнику опорного напряжения, к входу дифференциального усилителя и положительному выводу аккумулятора, положительный вывод аккумулятора через электронный ключ подключен к нагрузочному резистору, один из выходов микроЭВМ подключен к управляющему входу электронного ключа, и дополнительно введены устройство временного хранения аналогового сигнала и аналоговый цифровой преобразователь. 5 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2002116319/09, 17.06.2002

(24) Effective date for property rights: 17.06.2002

(43) Application published: 27.01.2004

(45) Date of publication: 10.02.2005 Bull. 4

Mail address:  
654007, Kemerovskaja obl., g. Novokuznetsk, ul.  
Kirova, 42, SibGIU, patentnyj otdel

(72) Inventor(s):  
**Pugachev E.V. (RU),**  
**Timofeev A.S. (RU),**  
**Vavilovskij V.I. (RU),**  
**Bich T.A. (RU),**  
**Mel'chukov S.A. (RU)**

(73) Proprietor(s):  
**Sibirskij gosudarstvennyj industrial'nyj**  
**universitet (RU)**

(54) **METHOD AND DEVICE FOR EVALUATING ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF ACCUMULATOR CELLS FOR ASSEMBLING THEM IN STORAGE BATTERIES**

(57) Abstract:

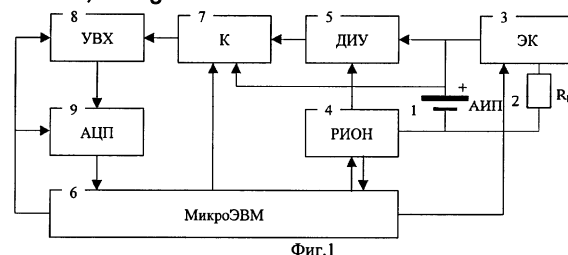
**FIELD:** electrical engineering; evaluating power characteristics of accumulator cells.

**SUBSTANCE:** automatic parameter measuring device implementing proposed method has microcomputer connected to regulated reference-voltage supply, to differential amplifier input, and to positive accumulator cell positive lead; the latter is connected through electronic switch to loading resistor; one of microcomputer outputs is connected to control input of electronic switch; newly introduced in device are time-bounded analog signal storage device and analog-to-digital

converter.

**EFFECT:** enhanced reliability of data obtained for unbiased evaluation of electrical characteristics of cell.

1 cl, 5 dwg



Изобретение относится к области электротехники, в частности к способу определения электрических параметров аккумуляторных источников питания (АИП) и к устройствам его осуществления, которые могут быть использованы при диагностировании АИП, необходимого для оценки их технического состояния, по результатам которого можно  
5 принимать решения об их восстановлении или списании.

Известен способ контроля состояния аккумуляторной батареи (АБ) в режиме импульсного разряда путем измерения текущих значений электрических параметров батареи: напряжения, тока, внутреннего сопротивления батареи и ЭДС, и по их приведенным значениям определяются эксплуатационные характеристики (см. А.с.  
10 1061198 СССР, Н 01 М 10/48, 1983).

Недостатком указанного способа является невозможность надежного определения работоспособности отдельных аккумуляторов, так как указанные параметры определяются для батареи в целом. Работоспособность батареи определяется идентичностью характеристик каждого аккумулятора этой батареи.

Функциональные возможности устройства для осуществления этого способа не позволяют иметь достаточную информацию о переходном процессе для полного определения характеристик АБ. Кроме того, переходные процессы отдельных аккумуляторов этой батареи различны как по длительности их протекания, так и по величине напряжения (см. А.с. 2101806 РФ, Н 01 М 10/48, 1998).

Известно также устройство для определения емкости аккумуляторной батареи в режиме импульсного разряда, которое позволяет определить емкость АБ путем измерения разности двух значений напряжений батареи, нагруженной импульсом стабилизированного тока, первое из которых измеряется в момент окончания переходного процесса при разряде, второе - в момент окончания подачи разрядного импульса.

Наиболее близким к предлагаемому является способ определения электрических параметров аккумуляторных источников питания, с помощью которого в фиксированные моменты времени  $0$ ,  $t_1$  и  $t_2=2t_1$ , соответствующие начальному участку кривой переходного процесса, измеряют падения напряжения на источнике при полной компенсации его ЭДС и его разряда на известное образцовое разрядное сопротивление. Полученная информация  
30 обрабатывается математическими методами, согласно которым рассчитываются эмпирические параметры: омическое сопротивление  $R_0$ ; сопротивление поляризации  $K_{\Pi}$ ; емкость поляризации  $C_{\Pi}$  (Тимофеев А.С. Разработка способа и технических средств диагностики герметичных аккумуляторов шахтного назначения по энергетическим характеристикам: Дисс... канд. техн. наук: 05.09.03. - Защищена 29.06.1999; Утв. 10.12.1999;  
35 012509. - Новокузнецк, 1999. - 148 с. - Библиогр.: с.46-51).

Недостаток этого способа: невозможность определения фактической разрядной емкости из-за неполноты информации, полученной этим способом.

Наиболее близким к заявляемому является устройство для осуществления этого способа, содержащее: аккумуляторный источник питания (АИП), нагрузочный резистор  $R_{\text{Н}}$ ,  
40 электронный ключ (ЭК), регулируемый источник опорного напряжения (РИОН), дифференциальный измерительный усилитель (ДИУ), микроЭВМ. При этом ЭК входом подключен к общей точке соединений положительного выхода АИП и первого входа ДИУ, выходом подключен через нагрузочный резистор к отрицательному выходу АИП, а управляющим входом связан с микроЭВМ; РИОН входом и выходом связан с микроЭВМ,  
45 вторым выходом - с входом ДИУ, а общий выход подключен к общей точке АИП и нагрузочного резистора; выход ДИУ подключен ко входу микроЭВМ (см. А.с. 1775755 СССР, Н 01 М 10/48, 1992).

К недостаткам устройства следует отнести наличие завышенной аппаратурной погрешности при измерении переходного процесса.

Задачей данного изобретения является получение данных об электрических параметрах аккумуляторов, комплектуемых в батарею: коэффициента отдачи по емкости  $K_Q$ ; коэффициента отдачи АИП по энергии  $K_W$ ; динамического коэффициента полезного действия  $K_A$  для объективной оценки их технического состояния.

Поставленная задача достигается тем, что необходимые данные определяются при повышенной точности измерения кривой переходного процесса АИП (см. А.с. 1061198 СССР, Н 01 М 10/48, 1983).

На фиг.1 показана функциональная схема устройства для определения электрических параметров аккумуляторов для комплектовки их в батареи, на фиг.2 - зависимость разрядной емкости  $Q_p$  от омического сопротивления  $R_o$ , на фиг.3 - зависимость КПД аккумулятора  $K_d$  от разрядной емкости  $Q_p$ , на фиг.4 - зависимость КПД аккумулятора  $K_d$  от активного сопротивления  $R_o$ , на фиг.5 - алгоритм определения разрядной емкости и комплектации аккумуляторов в батареи.

На фиг.1 изображено устройство, содержащее аккумуляторный источник питания 1 (АИП), нагрузочный резистор 2  $R_n$ , электронный ключ 3 (ЭК), регулируемый источник опорного напряжения 4 (РИОН), дифференциальный измерительный усилитель 5 (ДИУ), микроЭВМ 6, при этом ЭК 3 входом подключен к общей точке соединений положительного вывода АИП 1 и первого входа ДИУ 5, выходом через нагрузочный резистор 2 подключен к общей точке, управляющим входом связан с микроЭВМ 6, РИОН 4 входом и выходом связан с микроЭВМ 6, вторым выходом - с входом ДИУ 5, а общий вывод подключен к общей точке АИП 1 и нагрузочного резистора 2, выход ДИУ 5 подключен ко входу микроЭВМ 6, дополнительно между выходом ДИУ 5 и микроЭВМ 6 включены последовательно соединенные коммутатор напряжения 7 (К), устройство временного хранения 8 (УВХ) аналогового сигнала и аналого-цифровой преобразователь 9 (АЦП) с меньшим временем выборки сигнала переходного процесса и увеличенной разрядностью.

Предлагаемый способ определения электрических параметров аккумуляторов для комплектации в батарею реализуется следующим образом. Функционирование системы начинается с момента включения в сеть и завершения инициализации микроЭВМ 6, запуска программного обеспечения, согласно которому микроЭВМ 6 подает команду коммутатору напряжения 7 для подключения положительного выхода аккумулятора на вход УВХ 8 (фиг.1). Работает устройство в два этапа.

Первый этап. С целью повышения точности измерения параметров переходного процесса осуществляется самонастройка устройства на индивидуальные электрические характеристики аккумулятора путем автоматической компенсации его ЭДС, что сопровождается выполнением следующих операций:

1. Измеряют напряжение на положительном выводе аккумулятора 1. Это происходит следующим образом. МикроЭВМ 6 по сигнальному проводу подает команду на управляющий вход коммутатора напряжения 7 для подключения напряжения аккумулятора 1 ко входу АЦП 9 через УВХ 8 аналогового сигнала. От микроЭВМ 6 поступает команда на УВХ 8, необходимая для запоминания напряжения аккумулятора 1 на время работы АЦП 9. Этот же сигнал поступает на запуск АЦП 9. По окончании преобразования АЦП 9 на его выходе устанавливается цифровой эквивалент напряжения аккумулятора 1.

2. Полученный цифровой эквивалент поступает в микроЭВМ 6 и через ее выход передается на вход РИОН 4. Вследствие преобразования цифрового кода в РИОН 4 на выходе из АИП устанавливается напряжение, равное напряжению аккумулятора 1.

3. Это равенство проверяется измерением на выходе ДИУ 5 разности напряжений, подаваемых на его входы от аккумулятора 1 и от РИОН 4. При равенстве этих напряжений на выходе ДИУ 5 устанавливается ноль напряжения. Командой от микроЭВМ 6 коммутатор напряжения 7 подключает выход ДИУ 5 ко входу УВХ 8 и АЦП 9 для его преобразования, что подтверждается нулевым значением цифрового кода. Неравенство напряжений аккумулятора 1 и выхода РИОН 4 определяется наличием напряжения на выходе ДИУ 5, что устраняется корректировкой цифрового кода, подаваемого от микроЭВМ 6 на вход РИОН 4. На этом первый этап работы прекращается.

На втором этапе функционирования устройства от микроЭВМ 6 поступает команда на подключение аккумулятора 1 к нагрузочному прецизионному резистору 2  $R_n$  через электронный ключ 3 на время, необходимое для измерения переходного процесса.

В результате протекания тока в аккумуляторе 1 начинает протекать переходный

процесс, который определяется снижением напряжения на его выходах, в то время как напряжение на выходе РИОН 4 остается неизменным. Это означает, что в ДИУ 5 формируется сигнал переходного процесса, пропорциональный снижению напряжения на аккумуляторе 1, который с помощью АЦП 9 преобразуется дискретно в цифровой код (аналогично работе первого этапа) и сохраняется в виде базы данных в памяти микроЭВМ 6.

Предлагаемый способ определения электрических параметров автономных источников тока базируется на ранее разработанной модели эквивалентной системы "АИП-нагрузка" и модели расчета электрических параметров, таких как: омическое сопротивление аккумулятора  $r_o$ ; сопротивление поляризации аккумулятора  $r_n$  и емкость поляризации аккумулятора  $C_n$ . В отличие от прототипа, заявленный способ основан на определении:

- динамического коэффициента отдачи по емкости  $K_Q$ ;
- динамического коэффициента отдачи по энергии  $K_W$ ;
- коэффициента полезного действия  $K_A$ .

В качестве энергетических параметров АИП приняты: коэффициент отдачи по емкости  $K_Q$ , коэффициент отдачи по энергии  $K_W$  и коэффициент полезного действия  $K_A$ . Известно, что коэффициент отдачи АИП по емкости  $K_Q$  равен отношению разрядной емкости  $Q_p$  к зарядной  $Q_3$ :  $K_Q = Q_p / Q_3$ .

В свою очередь разрядная и зарядная емкости АИП соответственно выразятся:

$$Q_p = \int_0^{t_p} \frac{E_a - \Delta U_a(t)}{R_H} dt, \quad Q_3 = I_3 t_3,$$

где  $I_3$  - стабилизированный ток заряда АИП, А;  $t_3$  - время заряда АИП, с;  $t_p$  - время разряда АИП, с;  $\Delta U_a(t)$  - падение напряжения на АИП при его разряде на  $R_H$ , В;  $E_a$  - ЭДС (напряжение разомкнутой цепи) АИП, В.

Тогда динамический коэффициент отдачи по емкости будет равен:

$$K_Q = \frac{\int_0^{t_p} (E_a - \Delta U_a) dt}{R_H \cdot I_3 \cdot t_3},$$

где  $\Delta U_a$  - падение напряжения на АИП при разряде на  $R_H$  и полной компенсации его ЭДС, В,  $\Delta U_a = \Delta U_0 + \Delta U_{уст} [1 - \exp(-\frac{t_1}{T})]$ ;  $\Delta U_0$  - падение напряжения на АИП в момент

0 с, В;  $\Delta U_{уст} = \frac{U_1 - U_0}{1 - \exp(-\frac{t_1}{T})}$  - установившееся значение падения напряжения на АИП, В;

$T = \frac{t_1}{\ln \frac{U_1 - U_0}{U_2 - U_1}}$  - постоянная времени разряда АИП при условии  $t_1 = 2t_2$ , с;  $U_1, U_0$  - падение

напряжения на АИП в момент времени  $t_1$  и  $t_2$ , В.

Тогда при условии равенства  $t_3 = t_p$  получим:

$$K_Q = \frac{E_a - (U_0 + \Delta U_{уст}) + \frac{\Delta U_{уст} \cdot T \cdot [1 - \exp(-\frac{t_1}{T})]}{t_1}}{I_3 \cdot R_H}.$$

Коэффициент отдачи АИП по энергии равен:

$$K_W = \frac{W_p}{W_3} = \frac{Q_p \cdot U_p}{Q_3 \cdot U_3},$$

где  $W_p, W_3$  - электроэнергии АИП разряда и заряда соответственно, Дж;

$U_p, U_3$  - напряжения соответственно разряда и заряда АИП, В.

Энергия заряда и разряда АИП определяется соответственно

уравнениями:  $W_3 = I_3 \cdot U_3 \cdot t_3$ ,  $W_P = Q_P \cdot U_P = \int_0^{t_p} \frac{[E_a - \Delta U_a(t)]^2}{R_H} dt$ .

Вычисляя интеграл при условии  $t_3 = t_p$ , получим:

$$W_P = \frac{1}{R_H} \left\{ (E_a - \Delta U_{уст})^2 t + 2 \Delta U_{уст} \cdot T \cdot [1 - \exp(-\frac{t_1}{T})] \times \right. \\ \left. \times [E_a - (\Delta U_0 + \Delta U^2_{уст})] + \Delta U^2_{уст} \cdot \frac{T}{t} \cdot [1 - \exp(-\frac{2t_1}{T})] \right\}.$$

После преобразований динамический коэффициент отдачи АИП по энергии будет равен:

$$K_W = \frac{[E_a - (U_0 + \Delta U_{уст})]^2 \cdot t_1 + 2 \Delta U_{уст} \cdot T \cdot [1 - \exp(-\frac{t_1}{T})] \cdot [E_a - (U_0 + \Delta U_{уст})]}{R_H \cdot I_3 \cdot U_3 \cdot t_3} + \\ + \frac{\Delta U_{уст}^2 \cdot \frac{T}{2} [1 - \exp(-\frac{2t_1}{T})]}{R_H \cdot I_3 \cdot U_3 \cdot t_3}.$$

Обозначив  $[E_a - (U_0 + \Delta U_{уст})] = A$ , выражение для  $K_W$  переписывается

$$K_W = \frac{A^2 \cdot t_1 + 2A \cdot \Delta U_{уст} \cdot T \cdot [1 - \exp(-\frac{t_1}{T})] + \Delta U_{уст}^2 \cdot \frac{T}{2} [1 - \exp(-\frac{2t_1}{T})]}{R_H \cdot I_3 \cdot U_3 \cdot t_3}.$$

Динамический коэффициент полезного действия  $K_A$  при соблюдении равенства  $t_3 = t_p$  выражается отношением полезной энергии разряда, отдаваемой АИП на активную нагрузку,

$$W_P = \int_0^{t_p} U_H(t) \cdot i_H(t) dt$$

$$W_a = \int_0^{t_3} E_a \cdot i_3(t) dt, \quad K_A = \frac{W_P}{W_a} = \frac{\int_0^{t_p} U_H(t) \cdot i_H(t) dt}{\int_0^{t_3} E_a \cdot i_3(t) dt}.$$

Учитывая потери энергии в АПИ при его разряде  $\Delta W_A$ , коэффициент полезного действия можно записать в виде:

$$K_A = \frac{W_A - \Delta W_A}{W_A}.$$

Выражение для  $K_W$  переписывается:

$$K_W = \frac{[E_a - (\Delta U_0 + \Delta U_{уст})]^2 \cdot t_1 + 2 \Delta U_{уст} \cdot T \cdot [1 - \exp(-\frac{t_1}{T})]}{E_a \{ [E_a - (\Delta U_0 + \Delta U_{уст})] + \Delta U_{уст} \cdot T \cdot [1 - \exp(-\frac{t_1}{T})] \}} \times \\ \times \frac{[E_a - (\Delta U_0 + \Delta U_{уст})] + \Delta U_{уст}^2 \cdot \frac{T}{2} [1 - \exp(-\frac{2t_1}{T})]}{E_a \{ [E_a - (\Delta U_0 + \Delta U_{уст})] + \Delta U_{уст} \cdot T \cdot [1 - \exp(-\frac{t_1}{T})] \}}$$

или

$$K_W = \frac{A^2 \cdot t_1 + 2A \cdot \Delta U_{уст} \cdot T [1 - \exp(-\frac{t_1}{T})] + \Delta U_{уст}^2 \cdot \frac{T}{2} [1 - \exp(-\frac{2t_1}{T})]}{E_a \{ A + \Delta U_{уст} \cdot T \cdot [1 - \exp(-\frac{t_1}{T})] \}}$$

Коэффициент полезного действия можно представить выражением:

$$K_A = \frac{K_W \cdot K_3}{K_D \cdot K_a}.$$

Таким образом, динамический коэффициент полезного действия АИП определяется через динамические коэффициенты отдачи по энергии и по емкости.

Разработанная методика определения электрических и энергетических параметров апробирована в лабораторных и в производственных условиях на герметичных аккумуляторах различного технического состояния типа НКГК-11 Д. Результаты апробирования подтвердили корректность предлагаемой методики, которые рекомендуются к использованию в автоматизированной системе экспресс-диагностики технического состояния аккумуляторов на различных этапах их жизненного цикла.

Этот параметр следует называть динамическим, поскольку он получен с использованием кривой переходного процесса аккумулятора при подключении его на разряд к активному сопротивлению.

Статистический анализ базы данных электрических параметров, полученных на 160 аккумуляторах различного технического состояния, показал тесную корреляцию  $R_{\text{O}}$ ,  $Q_{\text{P}}$ ,  $K_{\text{A}}$ . Их эмпирические зависимости представлены на фиг.2, 3, 4.

Характеристики, показанные на фиг.2-4, отражают техническое состояние аккумулятора и являются основополагающими при их комплектации в батареи. На этой основе разработан алгоритм определения разрядной емкости и комплектации аккумуляторов в батареи, показанный на фиг.5.

Заявленный способ определения электрических параметров АИП позволяет рассчитывать их фактическую разрядную емкость с точностью до  $\pm 0,25 \text{ А} \cdot \text{ч}$ , которая удовлетворяет техническим нормам эксплуатации.

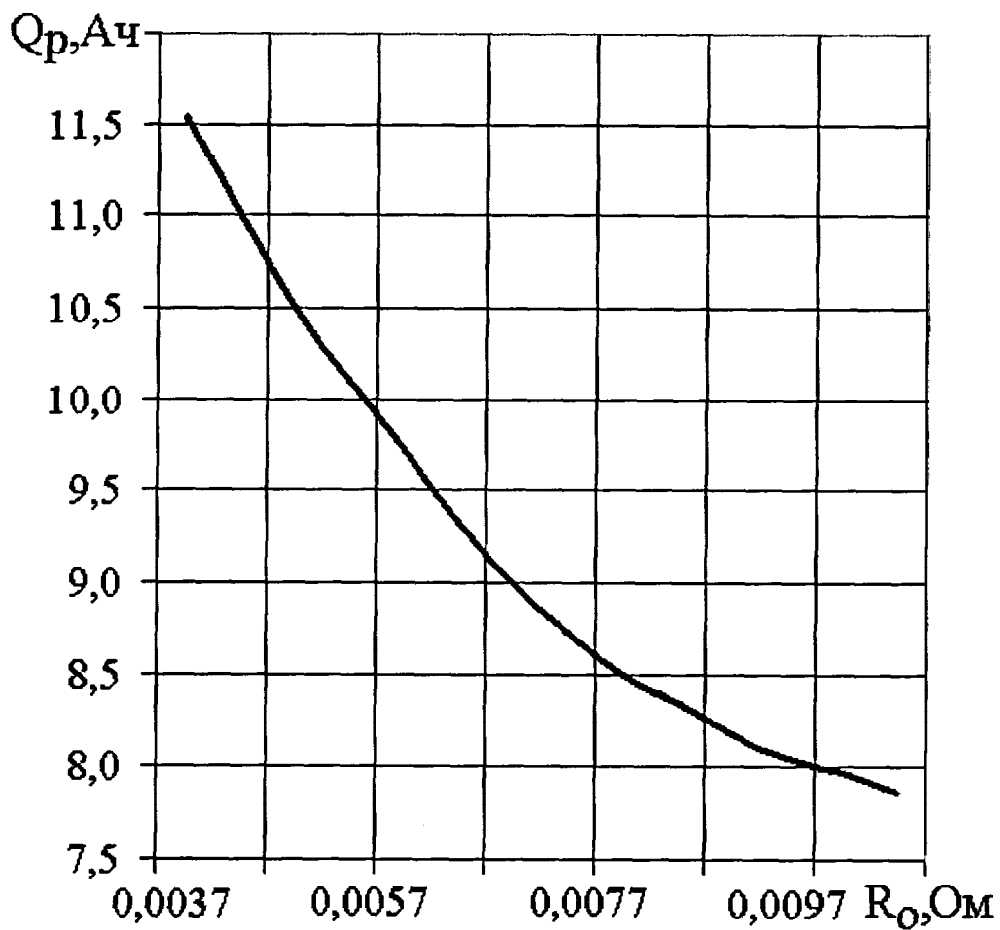
#### Формула изобретения

Устройство для определения электрических параметров аккумуляторов, содержащее микроЭВМ, подключенную входом и выходом к регулируемому источнику опорного напряжения, другой выход которого подключен к одному из входов дифференциального измерительного усилителя (ДИУ), другой вход ДИУ подключен к положительному выводу аккумулятора, выход ДИУ подключен к коммутатору напряжения, положительный вывод аккумулятора подключен к входам электронного ключа и коммутатора напряжения, выход электронного ключа к нагрузочному резистору  $R_{\text{H}}$ , который связан отрицательным выводом аккумулятора с входом регулируемого источника опорного напряжения, один из выходов микроЭВМ подключен к коммутатору напряжения, другой к управляющему входу электронного ключа, к одному из входов подключен аналоговый цифровой преобразователь, отличающееся тем, что дополнительно введено устройство временного хранения аналогового сигнала, которое подключено входом к коммутатору напряжения, а выходом к аналоговому цифровому преобразователю, один из выходов микроЭВМ подключен к управляющим входам устройства временного хранения и аналогового цифрового преобразователя.

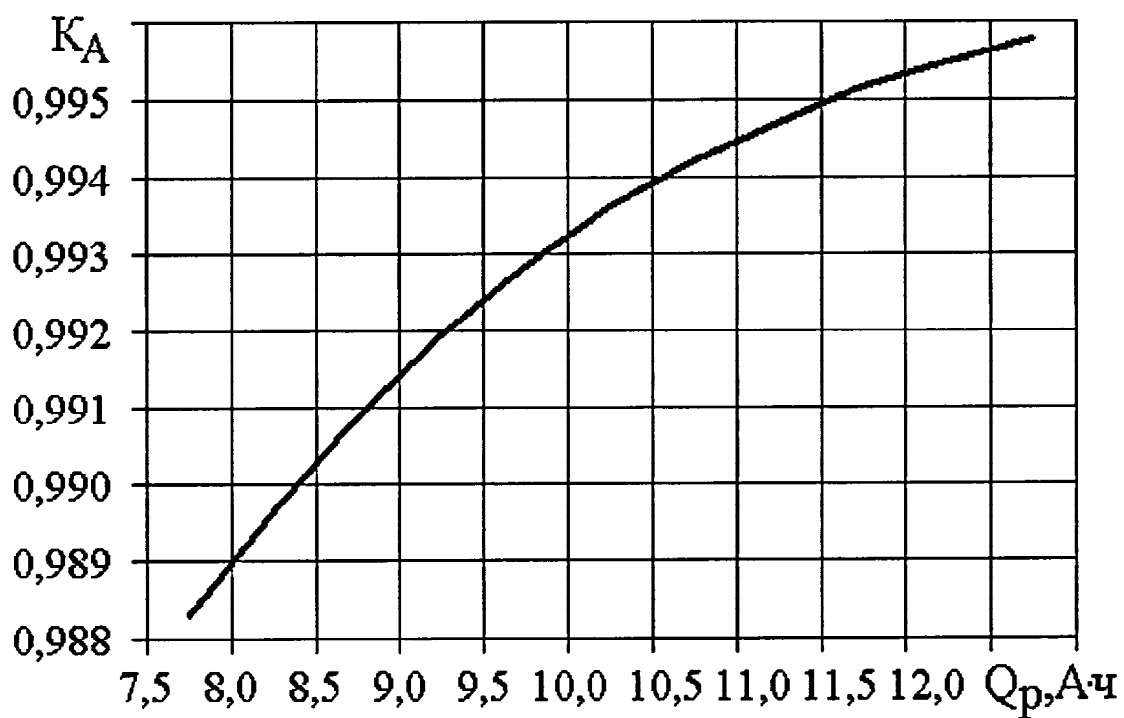
40

45

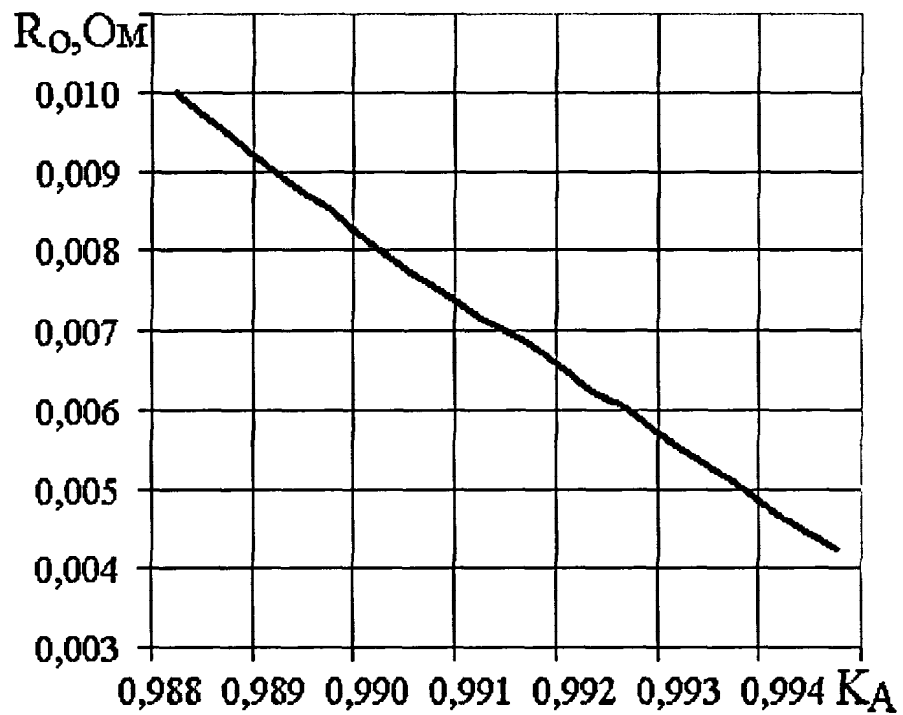
50



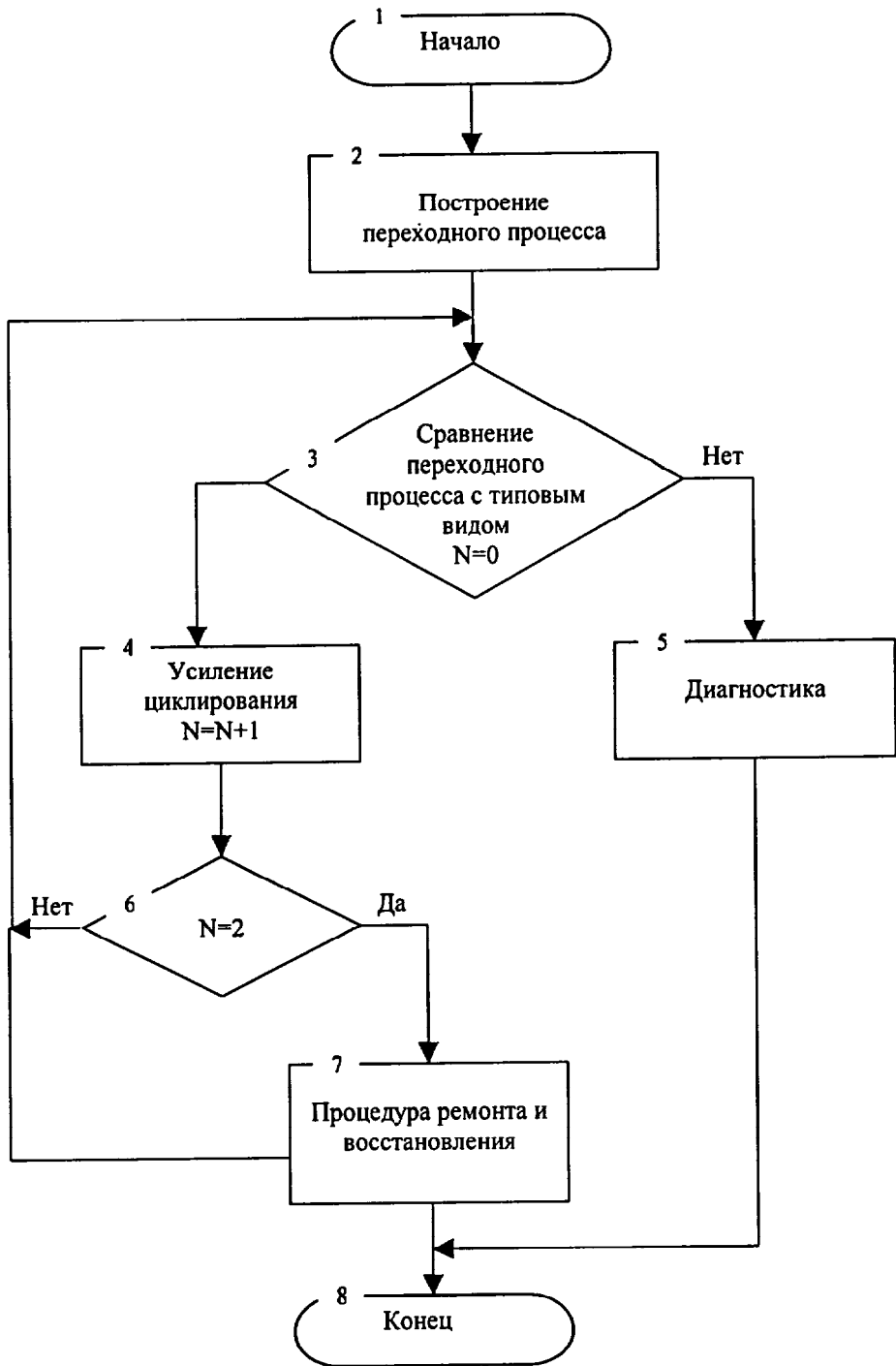
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5