DOI: 10.17117/na.2015.10.03.211

Поступила (Received): 29.10.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.10.03.211.pdf>

**Савченко А.В., Темирёв А.А., Темирёв А.П.,
Кудрицкий А.А.**

**Совершенствование системы контроля
параметров аккумуляторов и диагностирования
аккумуляторных батарей**

**Savchenko A.V., Temirev A.A., Temirev A.P., Kudritsky A.A.
Enhancement of control system of battery parameters and
diagnostics of accumulator batteries**

*Приведены основные результаты
концептуального развития программно-
аппаратного обеспечения системы контроля
параметров аккумуляторов и диагностирования
аккумуляторных батарей (СКД АБ) в составе
судовой электроэнергетической системы (СЭС)
дизель-электрической подводной лодки (ДЭПЛ)*

Ключевые слова: система контроля параметров
аккумуляторов, диагностирование
аккумуляторных батарей, судовая
электроэнергетическая система, дизель-
электрическая подводная лодка, компьютерная
обучающая программа (КОП), тренажёр, СКД АБ

*Main results of hardware and software conceptual
evolution of control system of battery parameters
and diagnostics of accumulator batteries (SCD AB)
integrated into power system (PS) of a diesel-electric
submarine (DES) are given in the article*

Key words: control system of battery parameters,
diagnostics of accumulator batteries, ship electrical
power system, diesel-electric submarine, computer
training program (CTP), simulator, SCD AB

Савченко Александр Владимирович

Кандидат технических наук, доцент
Южно-Российский государственный
политехнический университет им. М.И. Платова
Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения,
132

Savchenko Aleksandr Vladimirovich

Candidate of Engineering Sciences, Associate
Professor
South-Russian state polytechnic university named
M.I. Platov
Rostov region, Novocherkassk, Prosveshcheniya st.,
132

Темирёв Алексей Алексеевич

Директор
ИРИС
Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Дубовского, 15

Temirev Alexey Alexeevich

Director
IRIS
Rostov region, Novocherkassk, Dubovskogo st., 15

Темирёв Алексей Петрович

Доктор технических наук, директор
Малое инновационное предприятие «Мехатроника»
Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Атаманская,
61

Temirev Alexey Petrovich

Doctor of Engineering Sciences, Director
Small innovative company "Mechatronics"
Rostov region, Novocherkassk, Atamanskaya st., 61

Кудрицкий Андрей Андреевич

Студент

*Южно-Российский государственный
политехнический университет им. М.И. Платова
Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения,
132***Kudritsky Andrey Andreevich**

Student

*South-Russian state polytechnic university named
M.I. Platov
Rostov region, Novocherkassk, Prosveshcheniya st.,
132*

Аккумуляторная батарея (АБ) была и остается основным химическим источником питания дизель-электрической подводной лодки, чем обусловлена необходимость в периодических проверках ее состояния. Повышение эксплуатационных требований к современным корабельным аккумуляторным батареям, в том числе требований к качеству контроля их состояния, определило необходимость создания и впоследствии дальнейшего развития автоматизированной системы контроля и диагностики аккумуляторных батарей. Кроме этого, снижение трудоемкости при эксплуатации АБ и сокращение численности экипажа корабля представляются также важными задачами, которые были решены, в том числе, и за счет создания средств автоматизированной эксплуатации АБ.

На современном этапе постановка задачи автоматизации контроля параметров и диагностики корабельных аккумуляторных батарей была сформулирована специалистами «Первого центрального научно-исследовательского института министерства обороны РФ» и «Центрального конструкторского бюро морской техники «Рубин». Большой вклад в решение указанной проблемы как научно-технического направления внесли ЗАО «Электротяга» и ФГБОУ ВПО «ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова».

Изначально в системе контроля параметров аккумуляторной батареи, разработанной специалистами ЮРГТУ (НПИ), предполагалось применение только комбинированного параметрического метода контроля состояния аккумуляторов. Но испытания опытного образца (рис. 1) этой системы в составе реальной батареи выявили ряд недостатков такого подхода:

- используемый в системе датчик температуры требовал обслуживания и обладал высокой инерционностью измерений;
- на измерения датчика уровня оказывало существенное влияние изменения плотности и кипение электролита, при этом сам датчик не был приспособлен к работе с агрессивными средами;
- примененный косвенный способ определения плотности электролита, предполагал наличие в агрессивной среде параметрически идентичных друг другу датчиков плотности электролита, серийное изготовление которых технологически было затруднено. Кроме этого неоднородность и загрязнение электролита вносили существенные погрешности в показания рефрактометрического датчика плотности. Опытный образец системы не отвечал требованиям проектанта корабля. В связи с этим перед разработчиком была поставлена задача изменения состава первичных преобразователей системы и создания новых методов автоматизированного контроля параметров аккумуляторных батарей. Для решения этой задачи потребовалась разработка компьютерной модели (КМ) аккумуляторной батареи в составе новой системы контроля и диагностики (рис. 2).

Рис. 1. Структурная схема опытного образца СКД АБ

Структура программного обеспечения

ПО для каждого уровня: головная программа и четыре подпрограммы

- контроля параметров аккумулятора в режиме заряда (ППЗ);
- контроля напряжения разомкнутой цепи (ППНРЦ);
- контроля параметров аккумулятора в режиме разряда (ППР);
- статистики.

ПОДПРОГРАММА ЗАРЯДА В БОИ

1. передача № заряда в УКПА, запуск таймера и передача времени в УКПА
2. Замер и передача в УКПА тока группы.
3. Замер напряжений заряда
4. Контроль изоляции полюс-полюс, полюс - корпус в группе.
5. Контроль температуры электролита, расчет и передача в УКПА усредненного значения температуры.
6. Транзит данных о соответствии напряжений заряда зарядной характеристике из УКПА в ЭВМ верхнего уровня.
7. Транзит данных по уровню электролита из УКПА в ЭВМ.
8. Транзит данных по соответствию температуры электролита и напряжения аккумулятора пороговым значениям (из УКПА в ЭВМ).
9. Проверка постоянства напряжения и тока заряда в течение двух часов, определение окончания режима заряда (если постоянно не выполняется ПП выполняется заново с п.3).
10. Расчет суммарной, остаточной, полученной и прогнозируемой емкостей (в случае выполнения вышеуказанного соответствия в п.10).
11. Передачу значений емкости в УКПА.
12. Передачу времени заряда в УКПА и остановку таймера.

Рис. 2. Компьютерная модель аккумуляторной батареи в составе СКД АБ

Выполненный обзор существующих моделей выявил необходимость исследования свинцово-кислотной аккумуляторной батареи с целью создания ее компьютерной модели, лишенной указанных недостатков.

Существующая операция ручного измерения плотности электролита для каждого аккумулятора являлась очень громоздкой из-за большого числа необходимых измерений, а выборочный контроль резко понижал точность диагно-

стики состояния батареи в целом. Вместо этого в системе было предложено использовать разработанную КМ аккумуляторной батареи. Основу ее математического описания составляют уравнения для плотности электролита, емкости, остаточного ресурса и сопротивления изоляции АБ. Особенностью математического описания предложенной модели, является наличие варьируемых параметров, позволяющих учитывать влияние предшествующих режимов работы и процесса старения на состояние батареи, а также выполнять мониторинг в режиме реального времени с заданной точностью. При этом исключается необходимость в применении метода разомкнутой цепи.

Таким образом, вместо периодических измерений плотности электролита, определяются другие параметры, которые поддаются измерению и представлению в цифровом виде, такие как ток, напряжение, время, температура, уровень электролита, а с помощью модели определяются остальные параметры. Компьютерная модель основывается на принципах физико-математического моделирования аккумуляторных батарей с применением программных средств статистической обработки данных. Ее база данных содержит предысторию параметров каждого аккумулятора, которая учитывается при оценке остаточного ресурса АБ.

Совместное применение теоретических функций, описывающих взаимосвязь основных параметров АБ, и функций, полученных в результате аппроксимации экспериментальных данных, позволяет проводить автоматическую корректировку компьютерной модели в режиме реального времени, тем самым, реализуя самонастройку системы. Смысл предлагаемой самонастройки заключается в изменении параметров КМ. Эти параметры представлены в виде матрицы коэффициентов K . Определение их значений осуществляется программным анализатором посредством компьютерного моделирования реальной АБ.

1. Предварительная статическая обработка данных:

- расчет средних значений, дисперсий и стандартных отклонений для каждого замера;
- проверка стационарности случайного процесса по критерию однородности выборочных дисперсий;
- выделение резко выделяющихся значений (выбросов) и условий, при которых наблюдались выбросы;

Изменения тока I и напряжения U на 120 элементах в процессе разряда и заряда батареи на протяжении 59 ч.

Влияние на $\Delta U = U - U_{\text{ср}}$ индивидуальных особенностей элементов и случайных факторов

Рис. 3. Структурная схема опытного образца СКД АБ

Проведенные исследования выявили основные аспекты автоматизированного контроля состояния аккумуляторных батарей. При мониторинге состояния целесообразно учитывать параметрические особенности не только контрольных элементов батареи, но и уникальность каждого аккумулятора, регистрируя при этом полную хронологию их состояния (рис. 3).

Поэтому основу системы составляет накопление и анализ значительных объемов данных. Манипулирование этими данными и их анализ в силу непредсказуемости режимов работы батареи, представляют собой сложную задачу. Для ее решения в СКД АБ был предложен математический аппарат обработки данных, который входит в состав компьютерной модели АБ.

В его основе лежит функция разложения напряжения каждого элемента на простые составляющие (рис. 4). Статистический анализ их значений позволяет определять тенденции изменения свойств каждого аккумулятора и прогнозировать их состояние.

Рис. 4. Статистический анализ значений напряжения каждого элемента АБ

Применение компьютерного подхода в моделировании состояний аккумуляторной батареи предопределил необходимость создание новых методов автоматизированного контроля ее параметров. В связи с этим был разработан и внедрён в СКД АБ уточненный метод определения текущей и остаточной емкости аккумуляторной батареи.

Этот метод регламентирует совокупность действий для каждой i -й итерации при определении остаточного ресурса и позволяет учитывать нелинейный характер зависимости запасенной емкости от параметров текущего и предше-

ствующего режимов работы батареи (рис. 5). Достоверность данных о текущей емкости имеет важное значение при применении алгоритмов автокоррекции в СКД АБ и влияет на точность определения плотности электролита.

Методика приближенной оценки плотности при разряде АБ

$d_0 = (E - 0,84)k(t)$
 d_0 — начальная плотность электролита;
 E — ЭДС аккумулятора;
 $k(t)$ — температурный коэффициент

$$k(t) = \frac{k^{30}(t)}{K^{15}(t)}$$

Текущая плотность электролита свинцово-кислотного аккумулятора
 $d_t = kC_t + d_0$
 C_t — текущая емкость электролита; K — крутизна характеристики

Методика идентификации плотности электролита в процессе заряда аккумуляторов

$2PbSO_4 + 2H_2O = PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4$ — зарядная реакция
 $H_2O = H_2 + 1/2O_2$ — разложение воды

Зависимость эффективности использования тока от степени заряженности аккумулятора

$$d\rho = d\rho_{AM} + d\rho_{H_2SO_4}$$

$$d\rho = \frac{M_K - M_{H_2O}}{F} \cdot \Theta \cdot \frac{1}{V_0 + k \cdot Q_3} \cdot dQ_3 + \frac{M_{H_2O}}{F} \cdot (1 - \Theta) \cdot \frac{1}{V_0 + k \cdot Q_3} \cdot dQ_3$$

M_K — молекулярный вес кислоты;
 M_{H_2O} — молекулярный вес воды; F — число Фарадея;
 V_0 — начальный объем кислоты; k — изменение объема кислоты на 1 А*ч; Q_3 — зарядная емкость; Θ — доля тока идущая на заряд активных масс

$$d\rho = \frac{0,67 \cdot dQ_3}{V_0 + Q_3}$$

$$\rho = 0,67 \cdot \ln|V_0 + Q_3| + C$$

Для первых трех ступеней заряда

$$\rho = \rho_{нач} + 2,99 \cdot \ln|V_0 + Q_3|$$

Для IV ступени вводится в расчет коэффициент $k=0,68$

$$\rho = \rho(III) + \frac{1}{k} \cdot 2,99 \cdot \ln|V_0 + Q_3|$$

Рис. 5. Методика приближенной оценки плотности при разряде АБ и Методика идентификации плотности электролита в процессе заряда аккумуляторов

В виду отличительных особенностей зарядной и разрядной реакций, в СКД АБ был разработан адаптированный метод определения плотности электролита для процесса заряда. Так, в его основе заложено применение в КМ адаптивной матрицы коэффициентов, участвующей в расчётах после завершения III ступени при переходе на IV ступень.

Кроме этого в процессе эксплуатации к архитектуре программно-аппаратного обеспечения СКД АБ (рис. 1) был предъявлен ряд дополнительных требований, обусловленных особенностями интеграции в КСУ ТС. Согласно принципу сетевого взаимодействия абонентов корабельной информационной сети, система контроля и диагностики должна осуществлять мониторинг и прогноз состояния батареи в режиме реального времени, а ее программное обеспечение должно быть сформировано на базе ОСРВ QNX 4.25. Этим определена необходимость поддержки многоуровневого доступа к распределенным данным на основе унифицированных протоколов информационного обмена согласно требованиям ГОСТ. В интерфейсной части система контроля и диагностики также должна отвечать следующим требованиям: динамическая вариация формы представления данных, гибкое разграничение прав доступа и непрерывная поддержка актуальности и целостности данных. В части архитектуры система должна обеспечивать открытость, расширяемость, гибкую адаптацию к состояниям диагностируемого объекта.

Согласно вышесказанному, аппаратное обеспечение системы контроля и диагностики аккумуляторных батарей представляет собой трёхуровневую микропроцессорную архитектуру построения:

- 1) верхний уровень представлен промышленной ЭВМ типа PC7;
- 2) средний уровень – подсистемой контроля тока и напряжения группы батарей;
- 3) нижний уровень – устройствами контроля параметров аккумулятора (напряжения, температуры, уровня электролита).

На верхнем уровне независимо от наличия питания системы осуществляется хранение исполняемой программы ЭВМ, исходных данных, вариантов планов заряда и переходных напряжений для различных режимов работы аккумуляторной батареи и пр.

Разработанное программное обеспечение СКД АБ (рис. 2) также как и аппаратное имеет трёхуровневую архитектуру построения. В его состав по каждому уровню входят одна головная программа и четыре подпрограммы (ПП) режимов работы аккумуляторной батареи. В качестве интегрированной среды реализации, в соответствии с решаемыми задачами, осуществлен выбор CASE-и RAD-технологий (технологий быстрой разработки приложений).

Таким образом, СКД АБ интегрированная в состав КСУ ТС, регистрирует в режиме реального времени широкий ряд характеристик по каждому аккумулятору. Комплексное полномасштабный (сто процентный) контроль параметров обеспечивает высокую достоверность информации о состояниях аккумуляторной батареи в процессе ее эксплуатации, а универсальность и, как следствие, широкая область применения позволяют применять СКД АБ как в обслуживаемых, так и необслуживаемых аккумуляторных батареях.

Окно имитации режимов СКД АБ

Рис. 6. КОП СКД АБ

Высокие требования к надежности бортовой системы питания определяют необходимость в отлаженных действиях оператора ЭВМ при подготовке и применении СКД АБ по прямому назначению и в нештатных ситуациях. Решить поставленную задачу, призваны были компьютерная обучающая программа (КОП) и тренажер системы контроля и диагностики аккумуляторных батарей (рис. 6), созданные по заданиям Московского «Центра тренажеростроения и подготовки персонала» и Санкт-петербургского бюро машиностроения «МАЛАХИТ».

Разработанная КОП обеспечивает предтренажерную подготовку специалистов экипажа дизель-электрической подводной лодки по теме «Устройство СКД АБ». В свою очередь, впоследствии созданный тренажер системы контроля и диагностики представляет целый комплекс программно-аппаратных средств имитации АБ, позволяющий более эффективно (по сравнению с КОП) прививать обучаемому навыки по обслуживанию аккумуляторных батарей с применением СКД АБ.

Для успешной реализации этих интерактивных программно-аппаратных средств обучения была разработана методика имитационного моделирования режимов работы АБ. Эта методика позволила выполнить с достаточной достоверностью моделирование значений контролируемых параметров в соответствии с их изменениями, происходящими в реальных аккумуляторах для режимов заряда, разряда и хранения АБ. При этом учитывались факторы влияния работы системы механического перемешивания электролита и системы водяного охлаждения, введенный инструктором коэффициент ускорения процессов заряда и разряда аккумуляторной батареи, а также наличие нештатных ситуаций.

Все указанные научные результаты успешно апробированы при стендовых испытаниях в ЗАО «Электротяга» и имеют следующие реализации:

1. СКД АБ внедрена и эксплуатируется на отечественных и иностранных дизель-электрических подводных лодках, что подтверждено положительными отзывами (а также актом внедрения ФГУП «Адмиралтейские верфи», 2006 г.).

2. Разработана и реализована компьютерная обучающая программа «Устройство, принцип работы и управление СКД АБ» (ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала», Москва, 2004-2006 г.).

3. Выполнен технический проект и реализован тренажер «СКД АБ» (ОАО «СПМБМ «МАЛАХИТ», СПб., 2006 г.).

4. Создан универсальный аппаратно-программный комплекс, предназначенный для проведения испытаний различных модификаций СКД АБ, в том числе основных ее блоков, что подтверждено актом внедрения ЗАО «ИРИС», г. Новочеркасск, 2005-2006 гг.

В практическом отношении с применением автоматизированной системы контроля и диагностики впервые стало возможным определение и прогноз технического состояния АБ в режиме реального времени за счет централизованного сбора, обработки и хранения информации о каждом ее элементе за весь период эксплуатации. Внедрение этой системы позволило сократить трудоемкость процесса обслуживания аккумуляторных батарей и повысить живу-

честь ДЭПЛ в целом, за счет оперативного предоставления рекомендации по принятию решений командующему составу.

Список используемых источников:

1. Остапенко Е.И., Темирёв А.П., Савченко А.В., Фёдоров А.Е., Шишкин Д.Ю. Автоматизированная система контроля и диагностирования аккумуляторных батарей (СКДАБ) // Силовая электроника в бортовых системах электроснабжения и электроприводах. Ростов н/Д: Ирис, 2003. С. 84-86.
2. Ляпидов К.С., Темиров А.П., Савченко А.В., Скачков Ю.В., Фёдоров А.Е., Кротенко А.В., Пжилуский А.А. Концепция построения системы контроля и диагностирования аккумуляторных батарей // Силовая электроника корабельных электротехнических комплексов. Новочеркасск: Изв. вузов. Электромеханика, ЮРГТУ, 2007. С. 215-220.
3. Савченко А.В. Разработка корабельной автоматизированной системы контроля и диагностики аккумуляторных батарей дизель-электрических подводных лодок. Дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2007. 180 с.
4. Ляпидов К.С., Савченко А.В., Федоров А.Е. Корабельная автоматизированная система контроля и диагностирования аккумуляторных батарей. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2006. 137 с.
5. Ляпидов К.С., Скачков Ю.В., Савченко А.В., Фёдоров А.Е., Киселев В.И., Пжилуский А.А. Математический аппарат статистической обработки данных СКД АБ // Силовая электроника корабельных электротехнических комплексов. Новочеркасск: Темп, 2006. С. 160-164.
6. Ляпидов К.С., Скачков Ю.В., Савченко А.В., Федоров А.Е., Кротенко А.В., Матвеев И.Н., Пжилуский А.А. Контроль основных параметров аккумуляторных батарей // Силовая электроника корабельных электротехнических комплексов. Новочеркасск: Изв. вузов. Электромеханика, 2007. С. 221-225.
7. Савченко А.В., Чигарев А.В., Ляпидов К.С., Лозицкий О.Е., Луговец В.А., Матекин П.С., Осадчий А.С. Измерительный преобразователь тока // Силовая электроника корабельных электротехнических комплексов. Новочеркасск: Изв. вузов. Электромеханика, 2006. С. 154-160.
8. Савченко А.В., Скачков Ю.В., Темиров А.П., Никифоров Б.В., Каменев Ю.Б., Юрин А.В., Чигарев А.В., Анисимов А.В., Федоров А.Е. Автоматизированная система контроля и диагностики аккумуляторных батарей. Производственно-конструкторское предприятие «ИРИС». Пат. 2283504 Рос. Федерация, МПК 7 G 05 B 23/02, H 01 M 10/48. № 2005119944 (022574), заявл. 28.06.2005; опубл. 10.09.2006, Бюл. № 25.
9. Савченко А.В., Положенцев А.А. Совершенствование средств и способов автоматизированного контроля и диагностики автономных источников постоянного тока // Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2009. С. 39-41.
10. Каменев Ю.Б., Савченко А.В., Ляпидов К.С., Федоров А.Е., Скачков Ю.В., Кротенко А.В., Пжилуский А.А. Методика приближённой оценки плотности электролита в процессе заряда аккумуляторов с применением системы СКД АБ. // Силовая электроника корабельных электротехнических комплексов. Новочеркасск: Изв. вузов. Электромеханика, 2006. С. 242-246.
11. Савченко А.В., Киселев В.И., Сыроежко Д.В. Статистическая обработка результатов испытаний СКД АБ // Интеллектуальные электромеханические системы и комплексы специального назначения. Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2014. С. 11-12
12. Ляпидов К.С., Скачков Ю.В., Савченко А.В., Федоров А.Е., Кротенко А.В., Пжилуский А.А. Алгоритмизация работы и программное обеспечение системы контроля и диагностирования аккумуляторных батарей (СКДАБ) // Силовая электроника корабельных электротехнических комплексов. Новочеркасск: Изв. вузов. Электромеханика, 2006. С. 148-153.
13. Темиров А.П., Савченко А.В., Анисимов А.В., Ляпидов К.С., Федоров А.Е., Матвиенко И.Н., Горобец А.В. Электроэнергетическая система перспективных дизель-электрических подводных лодок с мониторингом состояния аккумуляторных батарей. ИРИС. Пат. 2377157 Рос. Федерация, МПК B63H23/24 (2006.01). №2008112979/11, заявл. 04.04.2008, опубл. 27.12.2009, Бюл. № 36.
14. Темиров А.П., Темиров А.А., Савченко А.В., Цветков А.А., Киселев В.И., Кротенко А.В. Комплект технических средств автоматизированного контроля и диагностики аккумуляторных батарей корабельного базирования. ИРИС. Пат. на пром. образец №92147 Рос. Федерация, МКПО 14-02; 10-02. №2014500362, заявл. 31.01.2014, опубл. 16.04.2015
15. Савченко А.В., Темиров А.П., Лозицкий О.Е., Федоров А.Е. Информационно-управляющая программа для системы контроля и диагностики аккумуляторных батарей (ИУП для СКД АБ). Свидетельство об офиц. регистрации программы для ЭВМ № 2005611704 РФ. Федер. служба по интелект. собственности, патентам и товарным знакам. № 2005611578; заявл. 28.06.2005; зарег. 11.07.2005.

16. Савченко А.В., Темирев А.П., Лозицкий О.Е., Федоров А.Е. Программа обработки информации для системы контроля и диагностики аккумуляторных батарей (ПОИ для СКД АБ). Свидетельство об офиц. регистрации программы для ЭВМ № 2005611706 РФ. Федер. служба по интеллект. собственности, патентам и товарным знакам. № 2005611580; заявл. 28.06.2005; зарег. 11.07.2005.
17. Савченко А.В., Темирев А.П., Лозицкий О.Е., Федоров А.Е. Программа контроля параметров аккумуляторов для системы контроля и диагностики аккумуляторных батарей (ПКПА для СКД АБ). Свидетельство об офиц. регистрации программы для ЭВМ № 2005611705 РФ. Федер. служба по интеллект. собственности, патентам и товарным знакам. № 2005611579; заявл. 28.06.2005; зарег. 11.07.2005.
18. Савченко А.В., Ляпидов К.С., Федоров А.Е., Васильев В.А., Юдин А.Н., Пжилуский А.А., Матвеев И.Н. Компьютерная обучающая программа системы контроля и диагностирования аккумуляторных батарей. Силовая электроника корабельных электротехнических комплексов. Новочеркасск: Изв. вузов. Электромеханика; ЮРГТУ, 2007. С. 246-249.
19. Савченко А.В., Сыроежко Д.В., Киселев В.И. Тренажер системы контроля и диагностирования аккумуляторных батарей // Интеллектуальные электромеханические системы и комплексы специального назначения. Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2014. С. 21-26

© 2015, Савченко А.В., Темирёв А.А., Темирёв А.П., Кудрицкий А.А.
 Совершенствование системы контроля параметров аккумуляторов и диагностирования аккумуляторных батарей

© 2015, Savchenko A.V., Temirev A.A., Temirev A.P., Kudritsky A.A.
 Enhancement of control system of battery parameters and diagnostics of accumulator batteries