

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Яронова Н.В, Аметова А.А.

Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Узбекистан)

Аннотация: В работе представлен сравнительный анализ аккумуляторов для устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. Аккумуляторные батареи используются в качестве резервных источников питания и должны постоянно содержаться в исправном состоянии. Принцип работы гелевых и свинцово-кислотных аккумуляторов одинаков, однако за счет гелевого электролита гелевые аккумуляторы имеют ряд преимуществ. Переход на гелевые аккумуляторы повысит надежность и качество системы электроснабжения средств автоматики и телемеханики. В работе была рассчитана емкость аккумулятора на 110 стрелок для гелевых и свинцовых аккумуляторов.

Ключевые слова: бесперебойное питание, электроприёмники, кислотно-свинцовые аккумуляторы, гелевые аккумуляторы, электропитание устройств автоматики и телемеханики, ёмкость аккумуляторной батареи, электрическая централизация.

АВТОМАТИКА ВА ТЕЛЕМЕХАНИКА ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ УЗЛУКСИЗ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ УЧУН АККУМУЛЯТОР БАТАРЕЯЛАРНИНГ ҚИЁСИЙ ТАҲЛИЛИ

Яронова Н.В, Аметова А.А.

Тошкент давлат транспорт университети (Тошкент, Ўзбекистон)

Аннотация: Мақолада темир йўл автоматики ва телемеханика қурилмалари учун батареяларнинг қиёсий таҳлили келтирилган. Батареялар захира қувват манбалари сифатида ишлатилади ва ҳар доим яхши ҳолатда сақланиши керак. ГелЛИ ва қўрғошин кислотали батареяларнинг ишлаш принципи бир хил, аммо гел электролитлари туфайли гел батареялари бир қатор афзалликларга эга. Гел батареяларига ўтиш автоматики ва телемеханика воситалари электр таъминоти тизимининг ишончилиги ва сифатини оширади. Мақолада гел ва қўрғошин батареялари учун 110 стрелка учун батарея қуввати ҳисоблаб чиқилган.

Калит сўзлар: узлуксиз электр таъминоти, электрқабулқилгич, кислота-қўрғошин батареялар, гел батареялар, автоматики ва телемеханика қурилмалар электр таъминоти, аккумулятор батарея сифими, электр марказлаштири.

COMPARATIVE ANALYSIS OF BATTERIES FOR UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY OF AUTOMATION AND TELEMCHANICS DEVICES

Yaronova N.V., Ametova A.A.

Tashkent State Transport University (Tashkent, Uzbekistan)

Annotation: The paper presents a comparative analysis of batteries for railway automation and telemechanics devices. Batteries are used as backup power sources and must be kept in good condition at all times. The principle of operation of gel and lead-acid batteries is the same, however, due to the gel electrolyte, gel batteries have a number of advantages. Switching to gel batteries will increase the reliability and quality of the power supply system for automation and telemechanics. In the work, the battery capacity for 110 arrows for gel and lead batteries was calculated.

uninterruptible power supply, electric receivers, acid-lead batteries, gel batteries, power supply of automation and telemechanics devices, battery capacity, electrical centralization

Keywords: uninterruptible power supply, electric receivers, acid-lead batteries, gel batteries, power supply of automation and telemechanics devices, battery capacity, electrical centralization

Введение. Согласно [1] все потребители электроэнергии делятся на три категории в зависимости от требований к электроснабжению. К I категории относятся потребители, отключение электроэнергии которых может привести к возникновению аварийной ситуации, нарушению технических процессов, создать опасность для жизни людей и нанести значительный экономический ущерб. К электроприемникам II категории относятся компрессорные станции пневмоочистки стрелок электрической централизации (ЭЦ), воздуходувные станции пневмопочтовых ящиков, пункты списывания вагонов на сортировочных станциях. К источникам питания III категории относятся: освещение помещений всех служебных и технических зданий (оборудование сигнализации централизации и блокировки, узлы связи и механизированные горки).

Электропитание потребителей I и II категорий должно осуществляться от двух независимых источников. Прерывание электроснабжения допускается только на время автоматического перехода с основной электросети на резервную, которое не должно превышать 1,3 с.

Материалы и методы. На рисунке 1 представлена принципиальная схема системы электроснабжения устройств железнодорожной автоматики и телемеханики на станции до 110 стрелок.

Для устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) должен постоянно быть в готовом состоянии источник аварийного питания от аккумуляторной батареи, который должен обеспечивать бесперебойную работу устройств в аварийной ситуации. Для обеспечения длительной работы устройств ЖАТ на батареях при отключении питания от основного источника емкость аккумулятора должна быть не менее 72 А·ч. [2]

Потребителями гарантированного аккумуляторного питания являются [3]:

1) релейная аппаратура ЭЦ (расход тока I_a в расчете на одну стрелку составляет 0,262 А);

2) приборы питающий установки – реле, блоки, сигнализаторы заземлений и др. (потребляемый приборами ток I_{pn} не зависит от числа стрелок и в целом на пост ЭЦ составляет 0,432 А;

3) контрольные лампочки на табло и панелях питания – контроля фидеров, работы преобразователя и т. п. (потребляемый лампочками ток $I_{лн}$ в расчете на пост ЭЦ равен 0,175 А;

4) контрольные лампочки повторителей входных светофоров на табло (потребляемый ток $I_{лс}$ в расчете на один подход может быть принят равным 0,090 А).

Разрядный ток батареи в режиме основного резервирования, А, вычисляется по формуле:

$$I_{\text{бo}} = I_a n_c + I_{\text{лс}} n_{\text{вх}} + I_{\text{pn}} + I_{\text{лн}} + I_n, \quad (1)$$

где n_c - количество стрелок ЭЦ. В данной работе проводим расчет на 110 стрелок;

$n_{\text{вх}}$ - количество подходов на станцию. В данной работе выполним расчет для 3-х подходов к станции:

$$I_{\text{бo}} = 0,262 * 110 + 0,09 * 3 + 0,432 + 0,175 + 7,89 = 37,587 \text{ А}$$

Расчетное время t_{po} (2 ч) основного резервирования выбрано с учетом времени устранения возможной неисправности дизель-генераторного агрегата (ДГА).

Если неисправность ДГА не будет устранена в течение двух часов, батарея перейдет из основного резервного режима в дополнительный. Это достигается отключением релейных устройств ЭЦ от аккумуляторной батареи (удалением предохранителей на шкафах).

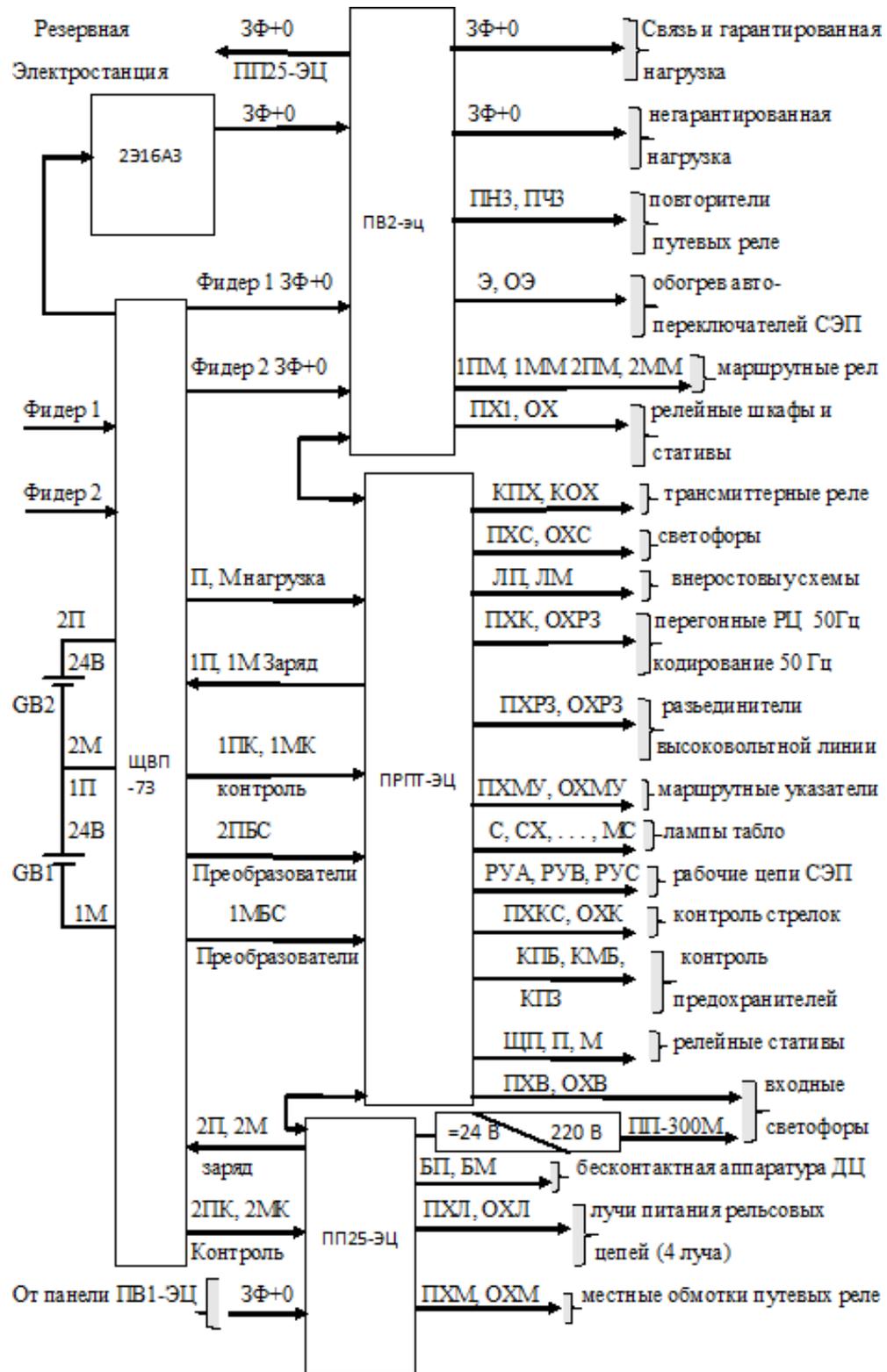


Рисунок 1. Структурная схема установки источника питания устройств железнодорожной автоматики и телемеханики для станций до 110 стрелочных переводов

Ток разряда батареи в дополнительном резервном режиме:

$$I_{бд} = I_{б0} - I_a n_c, \quad (2)$$

$$I_{бд} = 37,587 - 0,262 \cdot 110 = 8,767 \text{ А}$$

При установленной продолжительности местной аккумуляторной буферизации красного сигнала входного светофора до 12 ч. Продолжительность дополнительной работы $t_{рд}$ управляющей батареи 24 В принимается равной 10 часам.

В условиях рассматриваемого режима работы аккумулятора его реальная разрядная емкость $A \cdot ч$ составляет:

$$Q_{\phi} = I_{б0} t_{б0} + I_{бд} t_{рд}, \quad (3)$$

$$Q_{\phi} = 37,587 \cdot 12 + 8,767 \cdot 10 = 538,714 \text{ А} \cdot \text{час}$$

Гарантированная заводом-изготовителем емкость батареи определяется номинальным значением. Однако по мере увеличения интенсивности разряда и снижения температуры электролита емкость аккумуляторов снижается. Поэтому емкость, фактически необходимая батареям, пересчитывается на номинальные условия. Q_p :

$$Q_p = \frac{Q_{\phi}}{K_p [1 + K_t (t^{\circ} - 25^{\circ})]}, \quad (4)$$

где Q_p - расчетная номинальная емкость аккумулятора;

K_p - коэффициент снижения емкости аккумуляторов из-за старения (для сигнализаторов принимается равным 0,85);

K_t - температурный коэффициент емкости (для аккумуляторов 0,008);

t° - температура электролита при разряде аккумуляторной батареи (принимается равной температуре аккумуляторного отсека, которая составляет $+15^{\circ} \text{ C}$):

$$Q_p = \frac{538,714}{0,85 \cdot [1 + 0,008(15^{\circ} - 25^{\circ})]} = 586,83 \text{ А} \cdot \text{час}$$

Значение расчетного коэффициента интенсивности разряда следует определять по виду разряда батареи по току $I_{б0}$ как наиболее неблагоприятному для батареи ($I_{б0} > I_{бд}$).

При расчетной мощности 586,83 А·час выберем аккумуляторную батарею СК-16 (таблица 3). Q_n составляет 586 А·час, что соответствует 10-часовому разряду. В этом режиме разряда напряжение на каждом аккумуляторе в конце разряда 1,85 В, для 13 аккумуляторов в конце режима аварийного разряда напряжение будет равно $13 \cdot 1,85 = 24,05 \text{ В}$

Для питания аппаратуры железнодорожной автоматики и телемеханики применяют в основном кислотные аккумуляторы, имеющие высокий коэффициент полезного действия (КПД) и незначительное падение напряжения при разряде. Щелочные батареи имеют меньший КПД и большее изменение напряжения при разряде, но обладают высокой механической прочностью. Используемые типы батарей показаны в таблице 1 [4-6].

Принцип действия аккумуляторов основан на поляризации свинцовых электродов. Под действием зарядного тока электролит (раствор серной кислоты) распадается на кислород и водород. Продукты разложения вступают в химическую реакцию со свинцовыми электродами: на положительном электроде образуется двуокись свинца, а на отрицательном — губчатый свинец. Это создает гальванический элемент с напряжением около 2 В.

Таблица 1

Применение аккумуляторов в устройствах СЦБ

Объект использования	Номинальное напряжение, В	Используемые аккумуляторные
1. Импульсные рельсовые Цепи	2	АБН-72, ССАП-76
2. Сигнальные установки автоблокировки и входных светофоров, одиночные	12,14 12 14	То же 5KPLP (KPL70P+ KP 70P)
3. То же сдвоенные	14+14	АБН-72, ССАП-76, (KPL70P+KP70P)
4. Переезды без Автошлагбаумов	14	АБН-72, ССАП-76, (5KPL70P+KPL70P)
5. Переезды с Автошлагбаумами	14+14	АБН-72, ССАП-76, (5KPL70P+KPL70P)
6. Посты ЭЦ с размещение аккумуляторов в аккумуляторном помещении с искусственно регулируемые климатическими условиями	24 (48)	СКЗ-СК12
7. Посты ЭЦ с размещением аккумуляторов вне помещения	24(48)	АБН-72, ССАП-76, ВМЩЦ-400

В течение длительного времени на железных дорогах в системах автоматики и телемеханики применяются переносные закрытые самоблокирующиеся аккумуляторы АБН-72 и АБН-80 с электродами намазочного типа с использованием кислого электролита. Гарантийный срок этих батарей небольшой: АБН-72 – 3 года с момента ввода в эксплуатацию, АБН-80 не менее 2-х лет. В целом батареи АБН служат всего четыре года. Технические характеристики свинцово-кислотных аккумуляторов АБН-72 и АБН-80 приведены в таблице 2.

Таблица 2

Технические характеристики свинцовых аккумуляторных батарей АБН-72 и АБН-80

Параметр	АБН-72			АБН-80		
	Режим разряда, ч	25	12	5	25	12
Ток разряда, А	2,9	5	10	3,2	5,5	11
Емкость, А·ч, не менее	72	60	50	80	66	55

Одним из недостатков этого типа аккумуляторов является необходимость проверки состояния кислотных аккумуляторов один раз в 4 недели на перекрестках и станциях и в два раза чаще при движении.

Стационарные свинцово-кислотные аккумуляторы типа СК применяются для кратковременного (0,25 - 1 ч) и длительного (2 - 10 ч) режимов разряда на напряжение 220 В или 24 В. Технические характеристики свинцово-кислотных аккумуляторов СКЗ-СК16 приведены в таблице 3 [7-11].

Они имеют закрытую конструкцию, относительно небольшой вес и габаритные размеры. Этот тип аккумуляторов более чувствителен к условиям глубокого разряда — срок службы аккумулятора значительно сократится, если будет потеряно более 80% энергии. С понижением температуры емкость также снижается до 30 % [12-15].

Гелевые аккумуляторы очень популярны в наши дни. В отличие от привычных нам свинцово-кислотных аккумуляторов, в конструкции гелевого аккумулятора используется не жидкий электролит, а специальный гель. Гель образуется путем введения в жидкий электролит специального стабилизатора. Одним из преимуществ данного типа

аккумуляторов является возможность работы в течение длительного времени, длительный срок службы, возможность выполнения большого количества циклов заряда и разряда [6, 7, 9].

Таблица 3

Технические характеристики свинцовых аккумуляторных батарей СКЗ- СК12

Тип аккумулятора	Режим разряда, ч	Гарантированная емкость, А·ч	Сила тока при разряде, А	Максимальная сила тока при заряде, А
СК-1	3	27	9	9
СК-2	3	54	18	18
СК-3	3	81	27	27
СК-4	3	108	36	36
	5	120	24	36
	7,5	132	17,6	36
	10	144	14,4	36
СК-5	3	135	45	45
СК-6	3	162	54	54
	5	180	36	54
	7,5	198	26,4	54
	10	216	21,6	54
СК-8	3	216	72	72
	5	240	48	72
	7,5	264	35,2	72
	10	288	28,8	72
СК-10	0,25	80	320	90
	0,5	125	250	90
	1	185	185	90
	2	220	110	90
СК-12	0,25	96	384	108
	0,5	150	300	108
	1	222	222	108
	2	264	132	108
СК-16	3	432	144	144
	5	480	96	144
	7,5	528	70,4	144
	10	586	57,6	144

Результаты. В таблице 4 приведен сравнительный анализ свинцово-кислотных и гелевых аккумуляторов.

К преимуществам гелевых аккумуляторов относятся: отсутствие регулятора тока заряда, большое количество циклов заряда-разряда, допустимость длительного пребывания в разряженном состоянии, низкий саморазряд, возможность работы в любом положении. Гелевые аккумуляторы нуждаются только в защите от перезаряда и должны иметь ограничитель напряжения при зарядке, что обеспечивает их максимальный срок службы более 700 циклов заряд-разряд.

На основе расчетов необходимой ёмкости аккумуляторной батареи на участок с ЭЦ из 110 стрелок с ёмкостью 586,83 А·ч выбираем гелевую аккумуляторную батарею SMG 600 (6 OPzV 600), рассчитанную на 10-часовую разрядку до 1,8 В/элемент. Номинальное напряжение аккумулятора 2В, а для питания устройств автоматики и телемеханики необходимо 13 аккумуляторов. В ячейках SMG (OPzV) используются самые передовые технологии и тщательный контроль для обеспечения максимальной надежности и качества батареи. Процесс рекомбинации кислорода в элементах SMG (OPzV) происходит за счет

прогрессивного образования микрофракций в гелеобразной массе. Это обеспечивает переход диффундирующего кислорода от положительных пластин (где он фактически образуется) непосредственно к отрицательным пластинам, где он вступает в реакцию и рекомбинирует обратно в воду [10].

Таблица 4

Сравнительный анализ свинцово-кислотных и гелевых аккумуляторных батарей

Характеристики	Типы аккумуляторных батарей	
	Свинцово-кислотные	Гелевые
Энергетическая плотность, Вт/кг	150	180
Внутреннее сопротивление, мОм	менее 100 (батарея на 12 В)	менее 100 (батарея на 12 В)
Число циклов заряд/разряд до снижения емкости на 80 %	200... 300	700
Время быстрого заряда, ч	8...16	3,5
Допустимый перезаряд	Высокий	Низкий
Саморазряд за месяц при комнатной температуре, %	5	3
Напряжение на элементе, В	2	2
Ток нагрузки относительно емкости (С): - пиковый - наиболее приемлемый	5С до 0,2с	5С до 0,2с
Диапазон рабочих температур, °С	-20...60	-20...60
Обслуживание через	3...6 месяцев	не регламентировано
Начало производства	1970	2000

Вывод. Принцип работы гелевых и свинцово-кислотных аккумуляторов одинаков, однако за счет гелевого электролита гелевые аккумуляторы имеют ряд преимуществ. Они лучше выдерживают циклические режимы заряда-разряда. Кроме того, они лучше переносят сильные морозы. Снижение емкости при понижении температуры батареи меньше, чем у других типов батарей. Их использование в системах автономного электроснабжения устройств автоматики и телемеханики, когда аккумуляторы работают в циклических режимах (ежедневная зарядка-разрядка) и нет возможности поддерживать температуру аккумуляторов в оптимальных пределах, является экономически выгодным и простым в управлении решением.

Литература

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Республики Узбекистан, «Узгосжелдорнадзор», Ташкент, 2015 г.-103с.
2. В.В.Сапожников, Н.П. Ковалев, В. А. Кононов, А. М. Косфоминов, Б. С. Сергеев, Электропитание устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи, Учебник для вузов железнодорожного транспорта - М.:Маршрут, 2000-450 с.
3. Дмитриев В. Р., Смирнов В. И. Электропитающие устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: Справочник. М.: Транспорт, 1983.-284 с.

4. Тюрморезов В. Е. Источники электропитания устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи, 2-е изд. М.: Транспорт, 1978.-223 с.
5. Коган Д. А., Молдавский М. М., Аппаратура электропитания железнодорожной автоматики. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. — 438 с
6. Хрусталева Д. А., Аккумуляторы. Москва. Изумруд. 2003, - 224 с.
7. Кашкаров А., Аккумуляторы. Справочник. Москва, 2014, - 192с.
8. Бдюхин М.М., Бдюхина О.Е., Свинцовые аккумуляторы как резервные источники питания, Инновационные технологии в АПК, как фактор развития науки в современных условиях, Омск, 26 ноября 2020 года, стр. 55-61
9. Шлюпиков С.В., Особенности эксплуатации гелевых аккумуляторных батарей, Изво ООО «Центр социальных агроинновация СГАУ» 2018, -242-248с.
10. Техническая документация серия SMG (OPzV). URL: http://www.fiamm-spb.ru/attach_file/SMG_Manual.pdf
11. Ганова А.С., Сравнительный анализ гелевых и свинцово-кислотных аккумуляторных батарей при применении на электромобиле, Наука молодых - будущее России, сборник научных статей 5-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых : в 4 т.. Курск, 2020-68-71с.
12. Выбор и эксплуатация аккумуляторов для автономного и резервного электроснабжения. URL: www.invertor.ru/akb.htm
13. Tremblay O., Dessaint L.-A. Experimental Validation of a Battery Dynamic Model for EV Applications // World Electric Vehicle Journal. 2009. Vol. 3, iss. 2. P. 289-298.
14. Галушкин Д. Н., Галушкина Н. Н. Структурная модель щелочного аккумулятора. Релаксационная поляризация // Электрохимическая энергетика. 2005. Т. 6, № 1. С. 41-45.
15. Lazzari M, Soavi F, Mastragostino M. Dynamic pulse power and energy of ionic-liquid-based supercapacitor for HEV application. Journal of The Electrochemical Society. 2009;156: A661-A666. DOI: 10.1149/1.3139046

Сведения об авторах / Information about the authors / Муаллифлар хакида маълумот

Яронова Наталья Валерьевна – к.т.н., доцент, зав. каф., кафедра «Радиоэлектронные устройства и системы», Ташкентский государственный транспортный университет. E-mail: tatochka83@list.ru

Аметова Алие Айдеровна – докторант, кафедра «Радиоэлектронные устройства и системы», Ташкентский государственный транспортный университет. E-mail: aliewka4703@mail.ru

Yaronova Natalya Valerevna – PhD, Associate Professor, head of department of "Radioelectron devict and system", Tashkent State Transport University, Tashkent. E-mail: tatochka83@list.ru

Ametova Alie Ayderovna - basic doctoral student, Department of " Radioelectron devict and system" Tashkent State Transport University, Tashkent. E-mail: aliewka4703@mail.ru

Яронова Наталья Валерьевна – техника фанлари намзоди, доцент, Тошкент давлат транспорт университети “Радиоэлектрон курилмалар ва тизимлар” кафедраси кафедра мудири. E-mail: tatochka83@list.ru

Аметова Алие Айдеровна – Тошкент давлат транспорт университети “Радиоэлектрон курилмалар ва тизимлар” кафедраси таянч докторанти. E-mail: aliewka4703@mail.ru