



БУСТЕР

**СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ И ПРЕДИКТИВНОГО АНАЛИЗА
СОСТОЯНИЯ СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИАЛЬНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
РАЗРЯДНОГО ПРОЦЕССА**

(РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ)

2024 г.

БАТАРЕИ АВАРИЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ:

- **Предотвращение отключения электротехнического оборудования (ЭТО) при обесточивании первичной системы электроснабжения.**
- **Обеспечение работоспособности оборудования до восстановления первичной системы электроснабжения.**

**Параметры режима разряда АКБ
при обесточивании объекта задаются
Разработчиком Объекта
и отличаются от стандартных режимов
разряда.**

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АКБ:

Системы мониторинга используют исключительно **экспериментально–аналитические методы неразрушающего контроля.**

Различные системы в различной степени обеспечивают задачу безопасной эксплуатации АКБ без вывода батареи из эксплуатации.

Ключевые отличия Систем:

Модель процесса:

Т.е. представление объекта, процесса или явления в какой-либо форме (в математической, физической, символической, графической, дескриптивной и т.п.), предназначенное для рассмотрения определённых аспектов изучаемого объекта и позволяющее получить ответы на изучаемые вопросы.

Интерпретатор измеренных параметров

в терминах технического состояния для экспертной оценки и принятия решения о состоянии объекта и дальнейшем управлении, т.е. совокупность технических средств и программ обработки, которые выполняют интерпретацию результатов измерений в соответствии с принятой Моделью.

ПРЕДИКТИВНЫЙ АНАЛИЗ АКБ

*(Совокупность методов анализа статистической базы данных с их интерпретацией для **определения и прогнозирования** работоспособности АКБ в режиме разряда при обесточивании оборудования Объекта)*

Модель разрядной характеристики АКБ

построена на физико-математической зависимости числа активных атомов на поверхности электрода энергия которых равна или более энергии активации ($Q[\text{Кл}] = f(j; \varphi; \eta)$) от:

- плотности тока обмена (j , А/см²) на поверхности электрода в равновесном состоянии электрохимической системы (покое или режиме постоянного заряда при постоянном напряжении);
- равновесного потенциала (φ , В) на поверхности раздела электрод – электролит;
- величины перенапряжения (η , В), отклика на выводах батареи на тестовый сигнал разряда постоянным током (уравнение Батлера-Фольмера).

Интерпретатор

компьютерная программа «Система оперативной диагностики и мониторинга эксплуатационных параметров свинцовых АКБ».

СИСТЕМА ПРЕДИКТИВНОГО АНАЛИЗА НА БАЗЕ МЕТОДА ОПЕРАТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ДОЛЖНА ОБЕСПЕЧИВАТЬ:

- а) **мониторинг** параметров АКБ с целью получения совокупности измеренных значений контролируемых параметров на неразрывно примыкающих друг к другу интервалах времени, в течение которых состояние АКБ существенно не изменяется.
- б) **оценку технического состояния** АКБ по критериям нахождения контролируемых параметров в заданных границах;
- в) **определение и прогнозирование** момента перехода аккумулятора или батареи в предкритическое и предельное (критическое) состояние.
- г) **информирование** оперативного персонала для экспертной оценки и принятия решения о состоянии батареи и возможности её дальнейшей эксплуатации.

РАСЧЁТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ БАТАРЕИ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ:

для номинального режима разряда –

из числа активных атомов на поверхности электрода численным методом путём моделирования разрядного процесса АКБ по параметрам,

заданным изготовителем батарей;

для аварийного режима разряда –

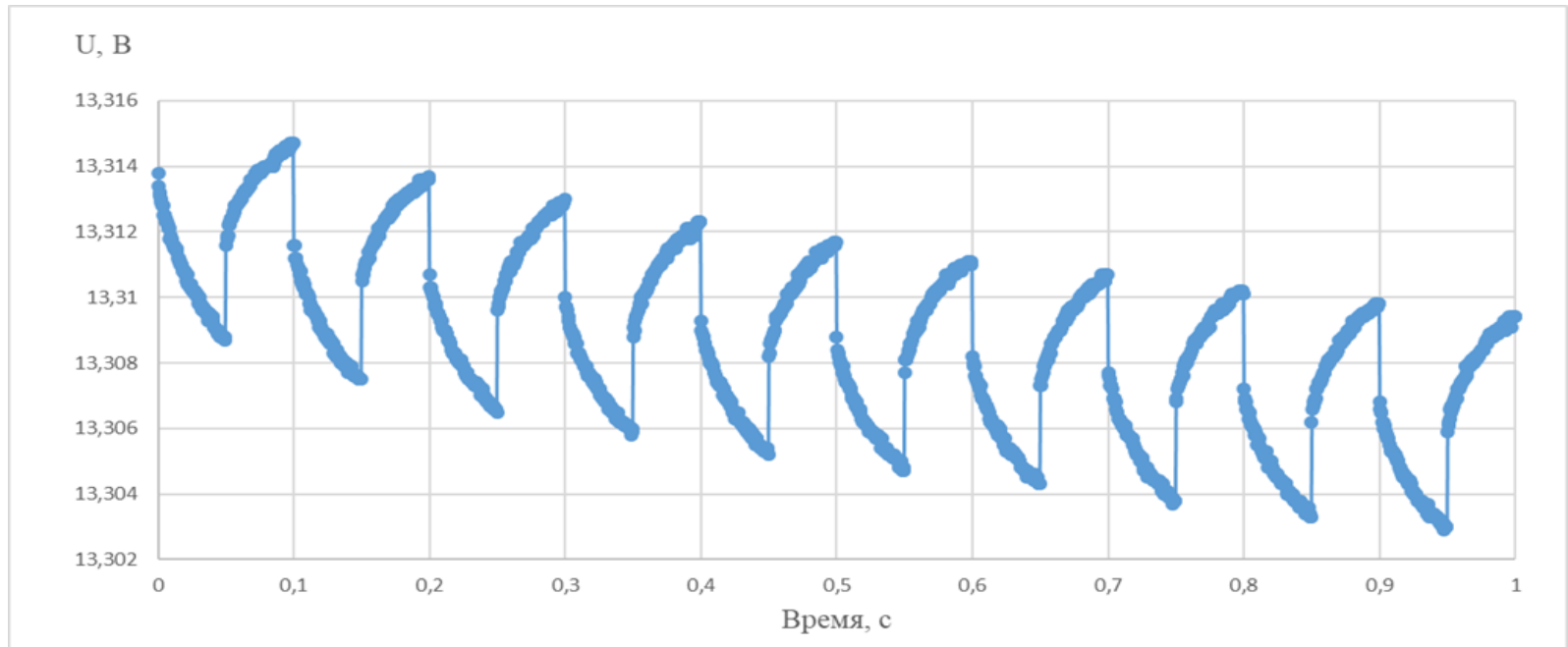
из числа активных атомов на поверхности электрода численным методом путём моделирования аварийного разряда АКБ по параметрам,

заданным разработчиком объекта.

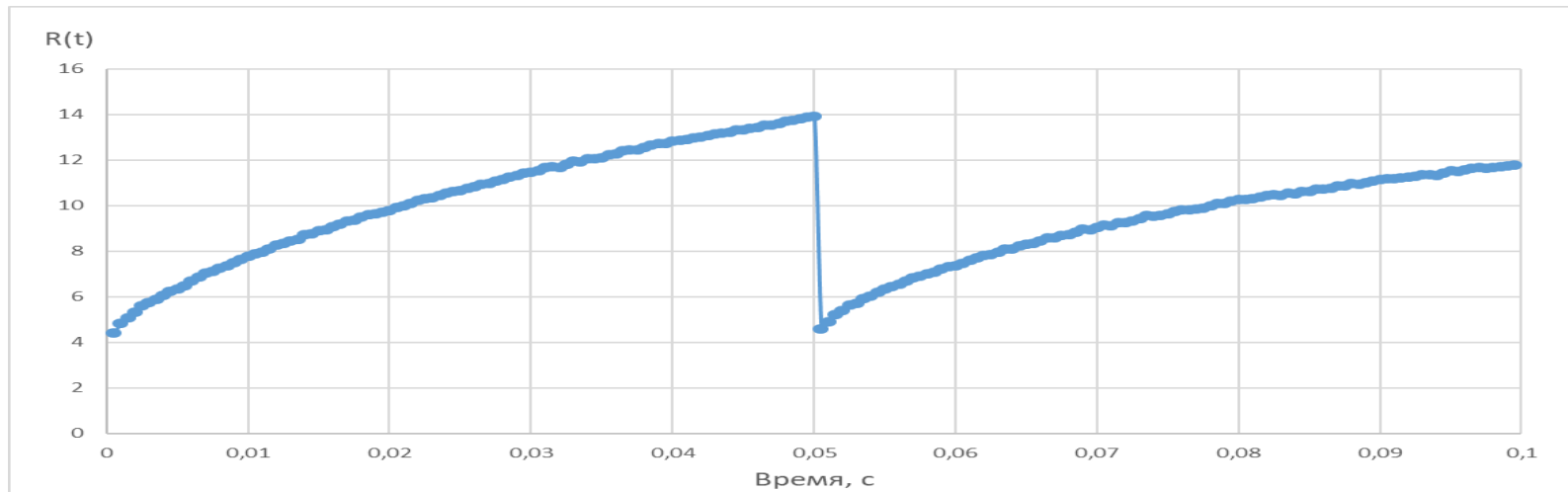
Толчковый ток – разряд фиксированной амплитудой постоянного тока в заданном интервале времени (1-3 с) и диапазона напряжения;

Продолжительность разряда – разряд от 30 мин до 3-х часов при заданной амплитуде постоянного тока разряда в заданном диапазоне напряжения.

**ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ АКБ ПРОВОДИТСЯ
ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ.**



Изменение напряжения на выводах АКБ 6СТ55 на тестовый сигнал Системы

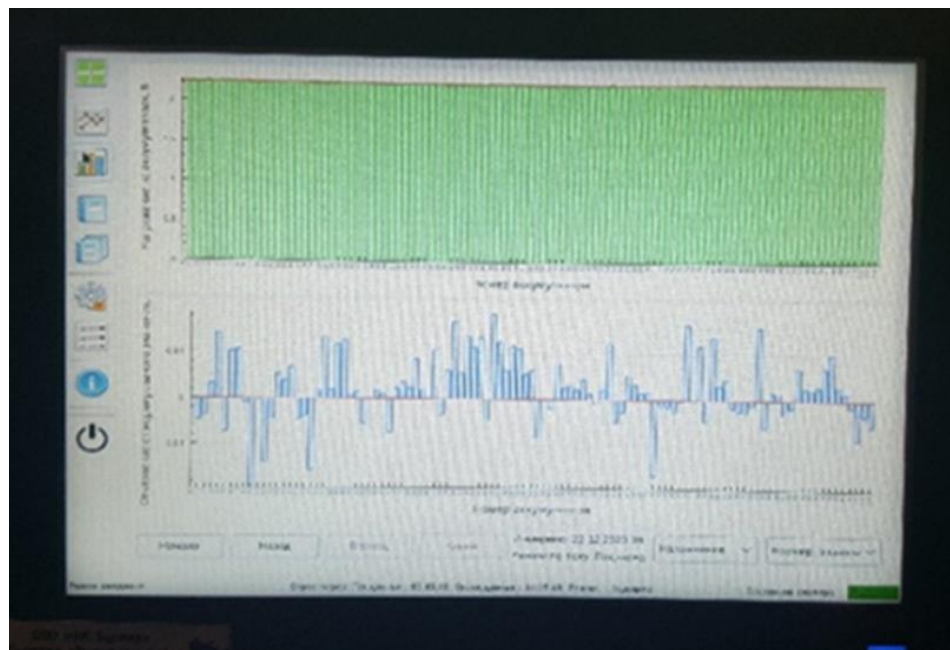


Изменение сопротивления аккумулятора на тестовый сигнал

Таблица 1. Результаты расчёта

R(t)				
Время	0,0005 с	0,05 с	0,0505 с	0,1 с
R _{изм}	4,41 мОм	13,9 мОм	4,59 мОм	11,84 мОм

СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ



ОСОБЕННОСТИ ОПЕРАТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ:

- значение напряжения заряда

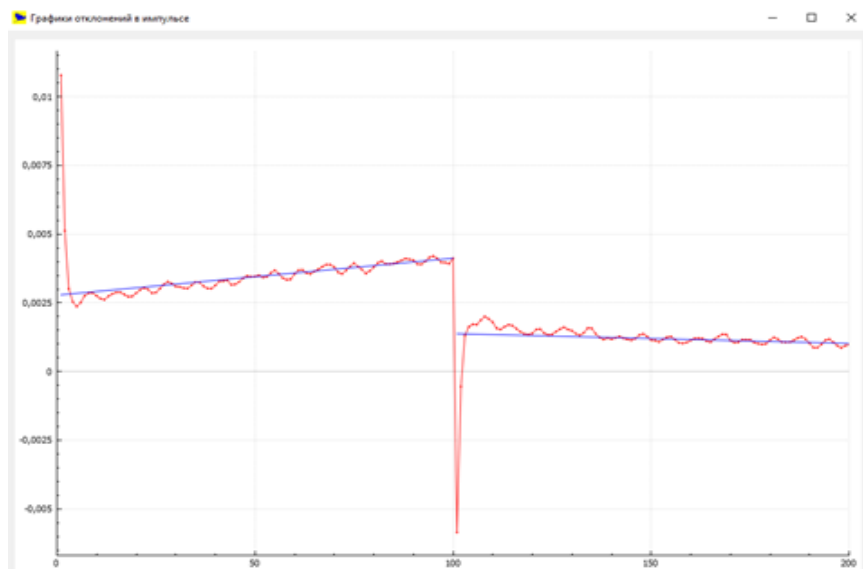
при постоянном напряжении ($2,23 \pm 1 \%$) В или ($2,25 \pm 1 \%$) В;

- уровень нестабильности напряжения

в режиме непрерывного заряда при постоянном напряжении;

- уровень электрических помех

зарядного Щита.



Изменение напряжения на выводах аккумулятора как функция отклика

Параметры Модели $Q_{\text{дос.}} = 9159559 \text{ Кл}$ $\eta_{\text{max}} = 0,0042 \text{ В}$ $I_0 = 13,3 \text{ А}$ $\Delta\varphi = (-) 0,396 \text{ В}$	Номинальные $T_{\text{изм}} = 24,625 \text{ }^\circ\text{C}$ $U_{\text{изм}} = 2,227 \text{ В}$ $C_{\text{раз}} = 1079,32 \text{ Ач}$ $R_{\text{изм}} = 0,2250 \text{ мОм}$
Параметры аварийного режима разряда $I_{\text{Тол.}}^{\text{AP}} = 1956 \text{ А}$ Условия, $I_{\text{Тол.}} = 1000 \text{ А}$, при $t_{\text{раз}} = 3 \text{ с}$, $U_{\text{к}} = 1,70 \text{ В}$ $t_{\text{раз}}^{\text{AP}} = 42 \text{ мин}$ Условия $t_{\text{раз}}^{\text{AP}} = 30 \text{ мин}$ при: $I_{\text{р}} = 578 \text{ А}$, $U_{\text{к}} = 1,75 \text{ В}$	

25 марта 2024

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

Программа калибровки v1.25.0 (EdaCore v1.13.0)

Файл ЭДА Расчет Протоколы Информация



- [] X

Параметры АКБ

Назначение: Стационарный

ρ, г/см³: 1.24 Н.у. применения

Тип АКБ: Vb2407 № АКБ: 12

U_н, В: 2 C_н, Ач: 700

D_н, %: 100 R_{ен} по ТУ, мОМ: 0.24

I_p(ном.), А: 70 I_p(AP), А: 577.57

U_{кон}(AP), В: 1.75

Обработка лога

Разброс: 100 Точка лога: 50

Калибровка

Точка R разряд: 100 Точка R пауза: 3

Значение R: 0.287

Расчетные коэффициенты

Зав номер: 300.004.1020.0001

α: 0.5 ΔR (провода), МОМ: 0

K_v: 2.45 K_R коррозии: 0

K_p (НРЦ): 0.84 ΔR_{коррозии}, МОМ: 0

K_Ш: 0.23 n_R: 1.9

K_p (плотн подзар): 0 a₁: 0.179

K_{T2}: 0.065 Толщина АМ: 0.16

Конечное напряжение

U_{кз}: 1.7 t: 5

U_{хп}: 1.2 t: 30

Зависящие от типа

	Стартер	AGM	GEL	Стац
K тип АКБ	0.07	0.021	0.053	0.34
K поляриз	0.88	0.222	0.83	0.58
Kс ресурс	0.4	0.4	0.4	0.8
K _г глуб.раз.	2.5	2.5	2.5	2.5
K _т t	1	1	1	1
C _н норм, Ач	70	70	70	70
K _{пред}	1	1	1	1
K _R	1	1	1	1
θ	0.6	0.6	0.6	0.6
П _о	0.5	0.5	0.5	0.5
a ΔU	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28
b ΔU	2.4	2.4	2.4	2.4
K _{констр}	0.00028	0.00028	0.00028	0.00028
K _т	5	0.7	4.5	1
K _{элх}	1	1	1	1
K _{шиф} C _{разр}	1	1	1	1
K _{глар}	0.85	0.85	0.85	0.85
K _{элх}	1	1	1	1
K _{шиф} C _{ар}	1	1	1	1
K _{глар}	1	1	1	0.85
K _{элх}	1	0.75	1	1
K _{шиф} ХП	1	1	1	1
K _{глар}	0.7	1	0.7	1
K _{элх}	1	1	1	1
K _{шиф} КЗ	1	1	1	1
K _{глар}	1	1	1	1

Параметры из лога теста

Параметры АКБ		Параметры теста	
U, В	2.22702	Частота имп, Гц	10
T _{акб} , °C	24.625	Кол-во импульсов	10
T _{средн} , °C	nan	Кол-во отсчётов	100
I ч/з АКБ, А	0.768873	I импульса, А	9.7773
		Валидные логи	10

Результаты расчетов

НРЦ, В	2.227	SOC, %	100
при T _{изм} , °C		при T _{прив} , °C	
Q _{дост} , Ач	983.80		957.24
C _{разр} , Ач	981.05		954.56
C _{ар} , Ач	404.62	Время разряда (мин)	42
C _{рез} , Ач	---		3404
R _{омг} , МОМ	0.225		1380.27
ρ, г/см ³	1.237		0.217
I _{ср} , А	1956	I _{пр} , А	1.240
I _{кз} пик, А	1956	I _{хп} (EN), А	8372
T _{зан} , °C	-40.9	I _{хп} (SAE / CCA), А	4878
D _н (C), %	100	D _{ндо} (C), %	5213
D _н (R), %	52	D _{ндо} (R), %	100

Промежуточные результаты расчетов

U_{max}, В: 0.0042 I_о, А: 13.3

Δφ, В: -0.396 Q_{акт.масс}, Кл: 9159559

Ипред Q (1с): 49887.4 U_{компенс}: 2.227

Конечные значения при расчете в циклах

I _о Q	5.62757	R Q	0.171311	Ипред Q	8755.61
I _о Q AP	10.1643	R Q AP	0.107455	Ипред Q AP	28055.2
I _о ХП	12.7963	R ХП	0.0629565	Ипред ХП	45564.3
I _о КЗ	13.3252	R КЗ	0.060341	Ипред КЗ	49713.1

Основное окно программы

ПАРАМЕТРЫ АКБ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ СИСТЕМОЙ НА БАЗЕ РАЗРАБОТАННОЙ МОДЕЛИ

Наименование параметра, единицы измерения	Значение параметра	
	2 В	12 В
Метрологические, измеряемые параметры свинцово кислотных аккумуляторных батарей		
1 Диапазон измеряемого постоянного напряжения, В	1,5...3	1,0...15,5
2 Диапазон измерения тока подзаряда, А	0..3,0	0..3,0
3 Диапазон измерения внутреннего сопротивления, мОм	0.05...1	1...300
4 Диапазон измерения температуры электролита, °С	(-) 50...(+) 60	(-) 50...(+) 60
5 Абсолютная погрешность измерения температуры электролита, не более, °С	± 2,0	± 2,0
Расчётные эксплуатационные параметры свинцово кислотных аккумуляторных батарей по результатам измерений для контроля технического состояния аккумуляторных батарей		
6 Доступная ёмкость, А·ч	10...3500	5...300
7 Продолжительность разряда в аварийном режиме разряда, мин	1...180	1...180
8 Толчковый ток, ток КЗ,	1...50000	1...50000
9 Ток прокрутки, ток холодной прокрутки, А	-	1...3000
10 Плотности электролита, г/см ³	1,1...1,40	1,1...1,40
11 Степени заряженности, %	1...100	1...100
Прогнозируемы эксплуатационные параметры свинцово кислотных аккумуляторных батарей по результатам измерений для контроля продолжительности срока службы аккумуляторных батарей		
12 Остаточный срок службы, %	1...100	1...100
13 Нарботка до отказа, %	1...100	1...100

25 марта 2024

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕННЫХ РАСЧЁТНЫХ И ПРОГНОЗИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ.

Наименование параметра, единицы измерения	Значение параметра	
	2 В	12 В
Метрологические, измеряемые параметры		
1 Относительная погрешность измерения напряжения, не более, %	± 0,5	± 0,5
2 Относительная погрешность измерения постоянного тока тестового сигнала, не более, %	± 10	-
3 Относительная погрешность измерения внутреннего сопротивления, не более, %	± 5,0	± 2,0
4 Абсолютная погрешность измерения температуры электролита, не более, °С	± 2,0	± 2,0
Расчётные эксплуатационные параметры по результатам измерений для контроля технического состояния аккумуляторных батарей		
5 Приведённая погрешность расчёта доступной ёмкости к номинальной, не более, %	± 10,0	± 10,0
6 Приведённая погрешность расчёта продолжительности разряда в аварийном режиме разряда, %	± 10,0	± 10,0
7 Относительная погрешность расчёта тока прокрутки, холодной прокрутки, не более, %	± 5,0	± 5,0
8 Относительная погрешность расчёта средней плотности электролита в АКБ, не более, %	± 1,0	± 1,0
9 Относительная погрешность расчёта степени заряженности АКБ, не более, %	± 5,0	± 5,0
Прогнозируемые эксплуатационные параметры по результатам измерений для контроля продолжительности срока службы аккумуляторных батарей		
10 Относительная погрешность прогноза остаточного срока службы АКБ, %	10	10
11 Относительная погрешность прогноза наработки до отказа АКБ, %	10	10

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ

№ п/п	<i>Полное наименование</i>	Обозначение ТУ	Идентификационный номер
1	Система оперативной диагностики и мониторинга эксплуатационных параметров свинцовых аккумуляторов, батарей КПИМ-Pb-2В	БНТЦ.411185.001ТУ	БНТЦ.411185.001-XX.YY
2	Анализатор оперативной диагностики эксплуатационных параметров свинцовых аккумуляторов, батарей КПП-Pb-12В	БНТЦ.411185.004ТУ	БНТЦ.411185.004
3	Система оперативной диагностики эксплуатационных параметров свинцовых аккумуляторов, батарей КПИ-Pb-12В	БНТЦ.411185.005ТУ	БНТЦ.411185.005
4	Анализатор оперативной диагностики эксплуатационных параметров свинцовых аккумуляторов, батарей КПП-Pb-2В	БНТЦ.411185.006ТУ	БНТЦ.411185.006
5	Система оперативной диагностики эксплуатационных параметров свинцовых аккумуляторов, батарей КПИ-Pb-24В	БНТЦ.411185.007ТУ	БНТЦ.411185.007
6	Система оперативной диагностики и мониторинга эксплуатационных параметров свинцовых аккумуляторов, батарей КПИМ.АБ.ИБП-Pb-12В	БНТЦ.411185.008ТУ	БНТЦ.411185.008
7	Комплекс технических средств КПИМ-АКБ-Pb-110В-450Ач	БНТЦ.411185.003 ТУ	БНТЦ.411185.003
8	Анализатор свинцово-кислотных аккумуляторных батарей «Мониторинг-АКОМ»	БНТЦ.411185.010ТУ	БНТЦ.411185.010

ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

внесены в государственный Реестр программного обеспечения РФ.

Управляющая программа опроса ГТС

Отображение результатов опроса ГТС

Управляющая программа ГТС

Программа калибровки методики расчёта параметров АКБ

Программа калибровки ГТС



РАБОТЫ ПО ВНЕСЕНИЮ СИСТЕМЫ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕЕСТР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Планируемые сроки проведения испытаний средств измерений в целях утверждения типа:

- Анализаторы «ЭДА» типа: КПП-Rb-12В-300Ач, КПП-Rb-2В-1500Ач – II-IV квартал 2024 года;

- Система оперативной диагностики и мониторинга эксплуатационных параметров свинцовых аккумуляторов, батарей КПИМ-Rb-2В, Система «Мониторинг-1» – II-IV квартал 2025 года.

КРАТКИЙ ОБЗОР ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ОСУЩЕСТВЛЁННОЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕТОДА И СИСТЕМЫ

Участие в Международных и Российских конференциях в 2008 - 2021 годах:

- «Фундаментальные проблемы электрохимической энергетики»;
- LAVAT, РУСБАТ, МНТК;
- День передовых технологий и инноваций в системе МЧС РОССИИ 2014 г.



Публикации в журналах: «Электрохимическая энергетика», «Пожарная безопасность», «Вестник Санкт-Петербургского Университета ГПС МЧС РОССИИ», «Руководящие материалы по проектированию и эксплуатации электрических сетей (РУМ)».

25 марта 2024

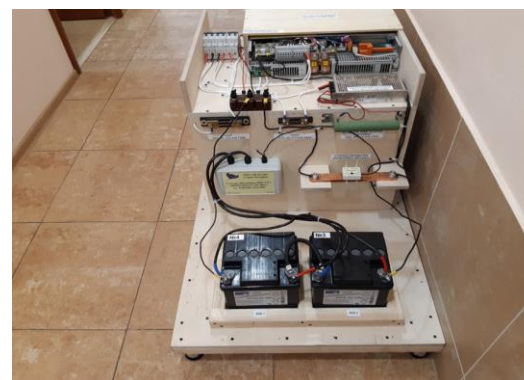
Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

ОПЫТНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗКПИМ-РВ-2В-1500Ач НА СМОЛЕНСКОЙ, КУРСКОЙ, КОЛЬСКОЙ АЭС



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЗКПИМ.ИБП-РВ-12В-300Ач.:

- АО «Концерн Росэнергоатом»
- Ростовская, Смоленская и Курская АЭС



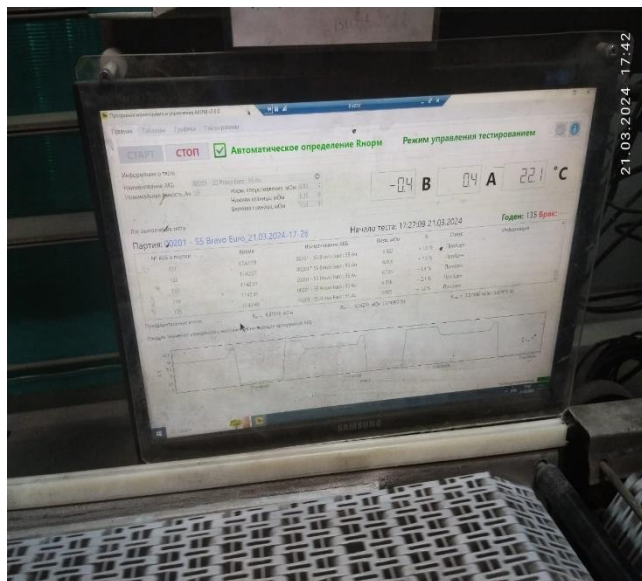
Цель испытаний – оценка способности Системы выявить неисправные аккумуляторные батареи.

**ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ 104КПИМ-РЬ-2В-1500Ач
в составе системы аварийного электропитания АБ-7 ПК ОРУ-330/500 (8)
на Смоленской АЭС.**



Результаты опытно-промышленной эксплуатации – положительные.

МОНТАЖ И ПУСКО-НАЛАДКА АНАЛИЗАТОРА «МОНИТОРИНГ-АКОМ» КПИМ-РВ-12В-300Ач В СУЩЕСТВУЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ НRD-ТЕСТЕРА



Финишная линия №1

ПОСТАВКА ПЕРЕНОСНЫХ ПРИБОРОВ «АНАЛИЗАТОР «ЭДА», КПП -РВ-12В-300АЧ

- АО «Транснефть»;
- «Курский аккумуляторный завод»;
- «Великолукский аккумуляторный завод»;
- АКОМ им. Н.М. Игнатьева;
- Сеть телерадиовещания РТРС;
- «Тихвинский аккумуляторный завод»



РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМЫ В РАМКАХ ОКАЗАНИЯ УСЛУГ

Обследование, оценка технического состояния, остаточного ресурса, обоснование возможности продления срока службы общеблочных АКБ системы безопасности 1-го и 2-го Энергоблока Смоленской АЭС;

Обследование, оценка технического состояния АКБ системы безопасности Ленинградской АЭС-2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мониторинг технического состояния батарей систем аварийного электроснабжения с использованием системы предиктивного анализа эксплуатационных параметров свинцовых АКБ **исключает отказ батареи при разряде в условиях обесточивания объекта**

СИСТЕМА НЕОБХОДИМА ТАМ, ГДЕ ВНЕЗАПНОЕ НЕЗАПЛАНИРОВАННОЕ ОБЕСТОЧИВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ВЕДЁТ К НЕВОСПОЛНИМЫМ ПОТЕРЯМ:

**зоны ограниченного доступа АЭС;
серверы МО и государственных структур;
операционные госпиталей и т.п.**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Контактная информация:

ООО «АК Бустер», г. Санкт-Петербург, ул. Даля 10:

- Телефон: +7 (812) 380-74-38, e-mail: ak@buster-spb.ru
- **Генеральный директор** – Бубнов Юрий Иванович
- **Заместитель Генерального директора по научной работе** – Алёшкин Андрей Александрович
- Телефон: +7 (911) 724-50-28, e-mail: aleshkin@buster-spb.ru