

АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ ДЛЯ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО ПОСТОЯННОГО ТОКА ПОДСТАНЦИЙ ЕНЭС

В статье рассматриваются характеристики различных типов аккумуляторных батарей в зависимости от типов используемых положительных электродов и вида электролита. Показано влияние различных внешних факторов на емкость и срок службы аккумуляторных батарей. Приведены практические рекомендации по эксплуатации АБ.

ГУСЕВ Ю.П., заведующий кафедрой «Электрические станции» ГОУВПО «МЭИ (ТУ)»

Аккумуляторные батареи (АБ) в системах оперативного постоянного тока (СОПТ) подстанций являются резервным источником постоянного тока. АБ предназначены для питания электроприемников постоянного тока при отсутствии питания от зарядного устройства и, при необходимости, для покрытия импульсов тока нагрузки, превышающих возможности зарядного устройства. При потере источников переменного тока или при отказах зарядных устройств АБ обеспечивают электропитание устройств релейной защиты и автоматики, средств дистанционного управления и контроля основным электрооборудованием, электропитание светильников аварийного освещения.

ТИПЫ АККУМУЛЯТОРОВ

В большинстве стран, включая Россию, на электростанциях и подстанциях преимущественно используют стационарные свинцово-кислотные аккумуляторы.

Согласно классификации МЭК [1], стационарные свинцово-кислотные аккумуляторы подразделяются на открытые и закрытые:

- аккумулятор открытого типа – аккумулятор, в котором газы, выделяющиеся в процессе заряда, могут свободно выходить наружу. Доливка электролита в такой аккумулятор возможна;
- аккумулятор закрытого типа – аккумулятор, который закрыт в обыч-

ных условиях, но имеет устройство, позволяющее выделяться газу, когда внутреннее давление превышает определенное значение. Обычно доливка электролита в такой аккумулятор невозможна.

В России, в действующем государственном стандарте ГОСТ 26881-86 [2], даются несовпадающие с МЭК определения. Аккумуляторами открытого исполнения считаются ремонтпригодные аккумуляторы, выпускаемые в виде комплекта деталей (электродные пластины, баки, сепараторы), а аккумуляторы с несъемными крышками (неремонтпригодные), называются аккумуляторами закрытого исполнения. В технической литературе и в нормативных документах иногда путают термины, аккумулятор открытого типа называют аккумулятором закрытого типа, подразумевая закрытое исполнение по ГОСТ 26881-86. В технической литературе на русском языке аккумуляторы закрытого типа (по МЭК) часто называют герметизированными, а на английском языке эти аккумуляторы называются Valve Regulated Lead Acid (VRLA) – свинцово-кислотные с регулирующим клапаном. Клапан открывается при повышении давления внутри корпуса до 100–200 мБар.

По типу используемых положительных электродов аккумуляторы подразделяются на:

- аккумуляторы с поверхностными электродами (электродами Плантэ),

технология изготовления таких аккумуляторов, по международной классификации, называется GroE;

- аккумуляторы с плоскими намазными электродами, технология OP;
- аккумуляторы с решетчатыми намазными электродами, технология OGi;
- аккумуляторы с панцирными (трубчатыми) электродами, технология OPzS.

Технология изготовления отрицательных электродов мало влияет на характеристики аккумуляторов и обычно соответствует технологии OP или OGi.

По типу электролита аккумуляторы подразделяются на:

- аккумуляторы с жидким электролитом, классическая технология;
- аккумуляторы с загущенным желеобразным (гелевым) электролитом, технология GEL;
- аккумуляторы с абсорбированным электролитом, технология AGM.

Технология GroE предусматривает формовку электродов путем многократных циклов заряда-разряда, в результате чего поверхность электродов становится пористой. В XIX веке формовка продолжалась от тысяч часов до нескольких лет. В XX веке формовку научились осуществлять электрохимическим способом за десятки часов. Нанесение на плоский или решетчатый электрод предварительно измельченного свинца, свинцовой пасты, позволяет отказаться от формовки, т.к. пастированный электрод изначально обладает необходимой пористостью.

В середине прошлого века были разработаны новые эффективные технологии производства пастированных электродов. Конструкцию и технологию производства стационарных аккумуляторов стали адаптировать к особенностям эксплуатации аккумуляторов в разных областях применения. Появились разновидности аккумуляторов для транспорта, для телекоммуникаций, для энергетики. Для электростанций и подстанций производители предлагают аккумуляторы, адаптированные к интенсивным режимам разряда, способные выдерживать многократные толчки нагрузки, короткие замыкания, обеспечивающие минимальные отклонения и провалы напряжения в процессе разряда. Таким требованиям наилучшим образом отвечают аккумуляторы с поверхностными электродами, изготовленными по технологии GroE. Для электростанций и подстанций делают аккумуляторы с более толстыми электродами, с увеличенным сечением токопроводящих элементов.

На электростанциях и подстанциях России к моменту открытия западноевропейских рынков использовались в основном аккумуляторы отечественного производства – СК и югославского производства – СН.

Аккумуляторы СК являются ремонтпригодными аккумуляторами, изношенные положительные пластины и сепараторы в процессе эксплуатации можно заменять на новые, срок службы таких аккумуляторов мог значительно превышать нормативные 25 лет. Стекланые корпуса аккумуляторов СК могли служить практически неограниченное время, при условии, если им удавалось избежать повреждений из-за случайных ударов. Толстые электроды из свинца могли выдерживать тяжелые условия эксплуатации, при необходимости можно было с помощью специальных «лечебных» циклов заряд-разряд восстановить емкость глубоко засульфатированных электродов. Толщина электродов напрямую связана со сроком службы аккумулятора, т.к. неизбежная коррозия «съедает» 0,03 мм электрода за год.

Существенным недостатком аккумуляторов СК является необходимость частой доливки воды, ис-

паряющейся из открытого сосуда. Отсутствие крышки способствовало попаданию в электролит аккумулятора посторонних веществ из окружающей среды. Электролит периодически приходилось обновлять. При ускоренных зарядах в аккумуляторном помещении мог накапливаться водород, что обуславливало необходимость интенсивной принудительной вентиляции.

Аккумуляторы СН изготавливались с положительными электродами типа OGi, имели крышку с пробкой для доливки электролита. Срок службы этих аккумуляторов оказался намного меньше, чем у аккумуляторов СК. Через 8 лет эксплуатации их емкость уменьшалась более чем на 20 % и их приходилось сдавать на утилизацию. Неразборная конструкция аккумуляторов СН не допускала их ремонт.

Примерно в 1988 году в России появились дилеры с аккумуляторными зарубежными производителями. Новые, ранее не известные российскому потребителю торговые марки и дефицит достоверной технической информации явились причиной неоптимальных закупок зарубежных аккумуляторов. Отечественный покупатель сравнивал предложения по аккумуляторам в основном по емкости и по цене. Ограничения по условиям эксплуатации, особенности разрядных характеристик, внутреннее сопротивление аккумуляторов, как правило, не принимались во внимание. На электростанциях и подстанциях появились относительно дешевые аккумуляторы с электродами OPzS и аккумуляторы с гелевым электролитом, удешевляющие строительную часть за счет уменьшения площади аккумуляторного помещения и за счет отказа от принудительной вентиляции. Позже выяснилось, что при одинаковой емкости внутреннее сопротивление аккумуляторов OPzS в 1,5–2 раза больше, чем у аккумуляторов СК, замена старой изношенной АБ на новую OPzS не только не улучшает работу тяжелых приводов, таких, например, как ШПЭ-44 или ШПЭ-46, но и делает их неработоспособными. При замене батареи СК на OPzS следовало бы увеличить емкость, чтобы компенсировать уве-

Рубрика ОПЕРАТИВНЫЙ ТОК

Ведущий рубрики



Гусев Юрий Павлович

Заведующий кафедрой «Электрические станции» ГОУВПО «МЭИ (ТУ)», профессор

В 1974 году окончил Электроэнергетический факультет МЭИ по специальности «Электрические станции». В 1984 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. Лауреат премии Президента РФ в области образования.

Задать вопрос ведущему рубрики

вы можете через редакцию по e-mail:
vopros@energyexpert.ru
или через форум Интернет-портала
«Энергоэксперт-online»:

www.energyexpert.ru

Прямая ссылка:
<http://energyexpert.ru/forum/viewforum.php?f=11>

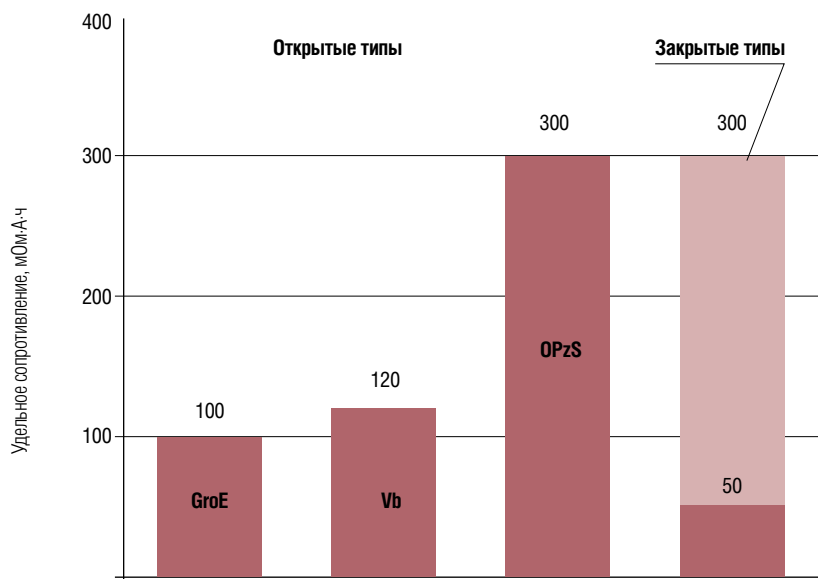


Рис. 1. Удельное внутреннее сопротивление аккумуляторов

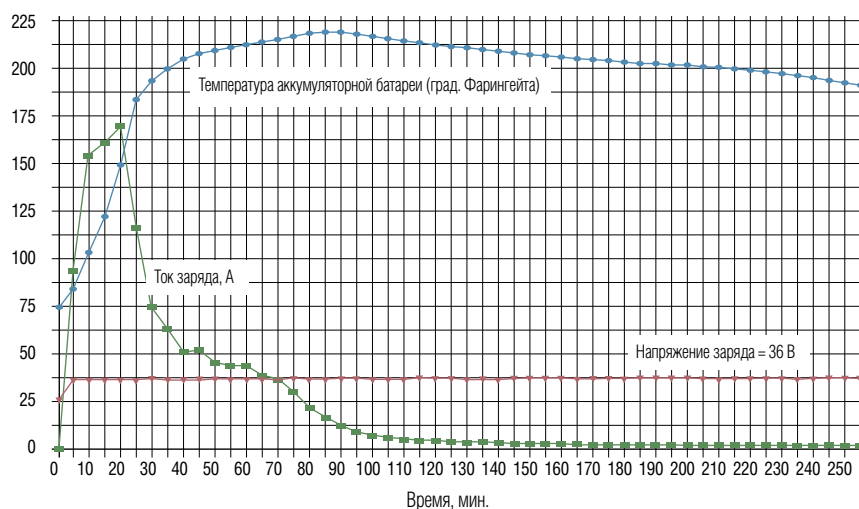


Рис. 2. Диаграмма теплового разгона аккумулятора закрытого типа, приведенная в IEC 952-1:1988

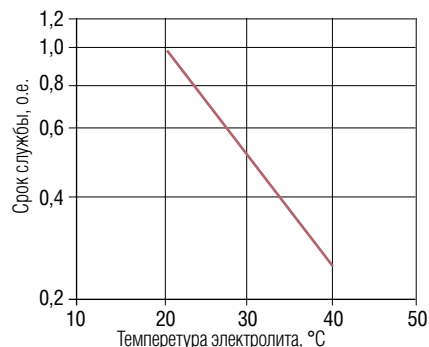


Рис. 3. Зависимость срока службы аккумулятора от температуры электролита

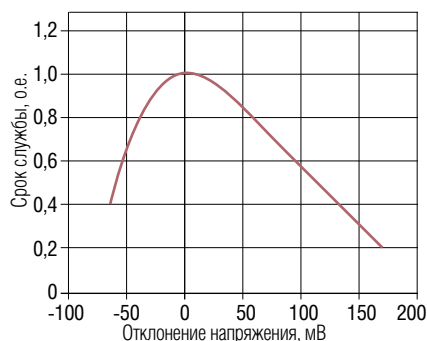


Рис. 4. Зависимость срока службы аккумулятора от напряжения поддерживающего заряда

личение сопротивления АБ. Но тогда «дешевая» АБ OPzS становится дороже «дорогой» GroE, рис. 1.

Опыт эксплуатации опроверг декларации продавцов, оказалось, что срок службы АБ OPzS в 2–3 раза меньше, чем у GroE. Если при выборе АБ учесть затраты на замену АБ, учесть сложность работ по замене АБ на действующей подстанции, то окажется выгодным приобретать более дорогую АБ GroE с нормативным сроком службы 25 лет.

Опыт эксплуатации АБ с гелевым электролитом и с адсорбированным электролитом выявил наличие у них существенных недостатков: низкую надежность и риск теплового разгона. О тепловом разгоне АБ закрытых типов, технологии GEL и AGM, в Европе было известно давно. В стандарте МЭК 1988 года (IEC 952-1:1988) приводится диаграмма результатов испытаний, сопровождавшихся тепловым разгоном аккумулятора, рис. 2. Тепловой разгон герметизированных аккумуляторов возникает спонтанно, в процессе поддерживающего заряда. Температура аккумуляторов начинает лавинообразно расти, пластмассовые корпуса аккумуляторов размягчаются и разбухают. Если при этом зарядные устройства вовремя не отключить, а на подстанциях без дежурного технического персонала это сделать некому, то может возникнуть взрыв и пожар. О таких случаях сообщалось на конференциях специалистов.

СРОК СЛУЖБЫ АККУМУЛЯТОРОВ

В идеале срок службы аккумуляторных батарей должен быть таким же, как и у первичного электротехнического оборудования, т.е. у трансформаторов, выключателей и т.п. Тогда замену выработавших ресурс по сроку службы аккумуляторов можно приурочивать к замене основного оборудования подстанций. Современные трансформаторы и выключатели могут без ремонта работать 30 и более лет. Аккумуляторы в зависимости от типа и условий эксплуатации могут служить от 5 до 25 лет. Максимальный срок службы, 20–25 лет, декларируется для аккумуляторов открытого типа с жидким электролитом и положительными



Рис. 5. Разрушение корпусов и крышек аккумуляторов из-за «роста» электродов

пластинами, изготовленными по технологии GroE. Примерно таким же ресурсом по сроку службы, подтвержденным опытом эксплуатации, обладают аккумуляторы серии Varta bloc, положи-

тельная пластина у которых выполнена по запатентованной фирмой VARTA технологии.

Фактический срок службы зависит от условий эксплуатации. Наиболее

значительно на срок службы аккумуляторов влияют: температура окружающей среды (электролита), рис. 3, напряжение поддерживающего заряда, рис. 4, пульсации тока в режиме поддерживающего заряда, соблюдение правил ввода АБ в эксплуатацию.

Конструкция стационарных аккумуляторов оптимизирована для работы в помещениях с температурой 20 °С. Увеличение температуры на каждые 10 °С приводит к сокращению срока службы в 2 раза. При температуре окружающей среды или, точнее говоря, при температуре электролита 40 °С срок службы аккумуляторов будет в 4 раза меньше, чем при температуре 20 °С. Желательно аккумуляторные помещения размещать на северной стороне зданий, зимой не допускать избыточного обогрева. При температурах меньше 20 °С срок службы аккумуляторов не увеличивается, но и не уменьшается, если аккумуляторы не подвергать интенсивным разрядам. При снижении температуры уменьшается емкость аккумуляторов, рис. 5, увеличивается их внутреннее сопротивление.

ПРОИЗВОДСТВО, ПОСТАВКА, ИСПЫТАНИЯ ИЗОЛЯТОРОВ И ЛИНЕЙНОЙ АРМАТУРЫ ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ



РОССИЯ, 620144, ЕКАТЕРИНБУРГ,
УЛ. ХОХРЯКОВА, 98, ТЕЛ: +7 (343) 216-35-84,
E-MAIL: GIG@GIG-GROUP.COM



WWW.AIZ.RU
WWW.GIG-GROUP.COM
WWW.ENERGYGLASS.COM.UA

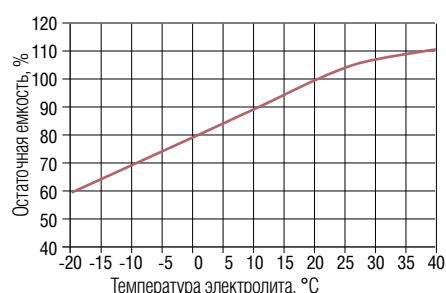


Рис. 6. Зависимость емкости аккумулятора от температуры

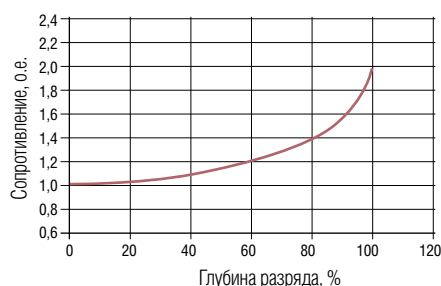


Рис. 7. Изменение внутреннего сопротивления аккумулятора при разряде

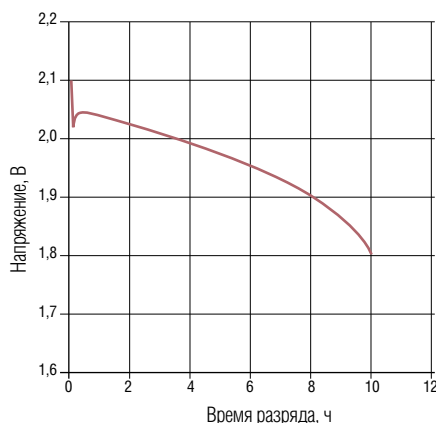


Рис. 8. Провал напряжения аккумулятора в начале разряда

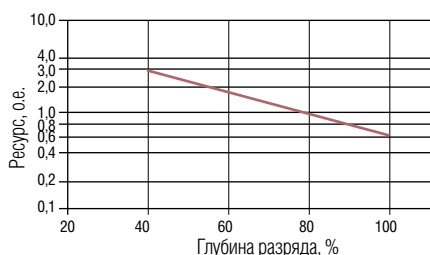


Рис. 9. Зависимость ресурса аккумулятора по количеству циклов заряда-разряда от глубины разряда

Напряжение поддерживающего заряда влияет на скорость химических реакций в аккумуляторе. Повышенное напряжение приводит к ускоренной коррозии решеток электродов, наоборот, слишком низкое напряжение приводит к недозаряду и необратимой сульфитации активного

вещества. Для борьбы с коррозией и необратимой сульфитацией применяется корректировка напряжения поддерживающего заряда по температуре корпуса аккумуляторов. Для этого используются специальные датчики в виде кабеля, прокладываемого по крышкам аккумуляторов. Сопротивление кабеля меняется в зависимости от температуры АБ и учитывается регулятором зарядного устройства. Недостатком термокомпенсированных режимов заряда является риск повреждения АБ из-за отказа датчика температуры, например, из-за обрыва. В современных системах термокомпенсации обязательно предусматривается контроль исправности датчиков температуры.

Существенное влияние на срок службы аккумуляторов оказывают пульсации тока поддерживающего заряда. При наличии в токе заряда переменной составляющей электроды подвергаются дополнительному нагреву, особенно в местах соприкосновения пасты с удерживающей ее решеткой. Процесс окисления электродов ускоряется, срок службы аккумуляторов уменьшается. При максимально допустимом среднеквадратичном значении переменной составляющей тока 5 А на 100 А·ч емкости аккумулятора температура электродов увеличивается примерно на 6 °С.

Крайне нежелательным является знакопеременный характер тока поддерживающего заряда. Один ампер-час электричества обеспечивается переносом с одного электрода на другой 8,32 Г активного вещества. Осаждение ионов активного вещества из раствора, под действием силы тяжести, происходит интенсивнее на нижней части электрода. В результате многократных изменений направления тока верхняя часть электродов аккумулятора становится тоньше, а нижняя – толще. Учитывая соотношение объемов единицы массы свинца и сульфата свинца 1 : 2,64 происходит увеличение внутреннего давления сепараторов на относительно мягкие решетки электродов происходит их «рост» и выдавливание вверх. Следствием «роста» электродов является разрушение корпуса и крышки аккумулятора, рис. 6.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ

При выборе и эксплуатации аккумуляторов необходимо учитывать ряд факторов, существенно влияющих на их основные характеристики: емкость, напряжение и внутреннее сопротивление.

Емкость и внутреннее сопротивление аккумулятора существенно зависят от температуры электролита, рис. 6 и 7. В зимнее время, при потере сетевых источников переменного тока, отключается и обогрев аккумуляторных помещений, т.к. он осуществляется электронагревателями. Одновременно уменьшается емкость АБ и увеличивается ее внутреннее сопротивление, в результате в конце разряда АБ напряжение на ряде электроприемников может оказаться ниже допустимых пределов, особенно при импульсном характере тока нагрузки.

Ограниченная подвижность ионов и конечная скорость выравнивания плотности электролита в порах и на поверхности электродов обуславливают появление эффекта «мешка», рис. 8. Проявление этого эффекта заключается в кратковременном провале напряжения при резком изменении тока аккумулятора. Степень проявления этого эффекта у разных типов аккумуляторов разная. Для СОПТ эффект «мешка» может иметь критическое значение, т.к. при толчковом характере нагрузки провалы напряжения на клеммах электроприемников будут зависеть не только от падения напряжения на внутреннем сопротивлении аккумулятора, но и от эффекта «мешка».

Эффект «мешка» негативно влияет на стабильность напряжения и должен учитываться при расчете отклонений напряжения на клеммах электроприемников.

Для оценки технического состояния аккумуляторов в России часто используются контрольные разряды. Кроме контрольных разрядов Правила технической эксплуатации предписывают проведение на регулярной основе уравнивающих зарядов. И то и другое ускоряет износ аккумуляторов, рис. 9, поэтому за рубежом контрольные разряды и уравнивающие заряды проводятся только по необходимости или не проводятся в течение всего срока службы аккумуляторов. Для диагно-

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией

. Другие номера журнала на сайте редакции:

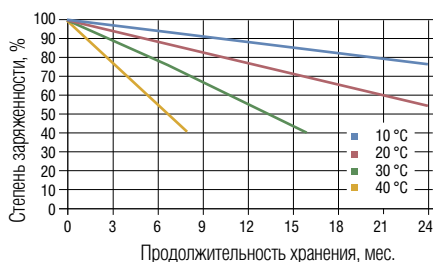


Рис. 10. Зависимость остаточного заряда аккумулятора от продолжительности хранения

стических исследований АБ можно использовать замеры напряжений и внутренних сопротивлений аккумуляторов, а для восстановления отстающих элементов АБ следует применять специальные зарядные устройства, способные работать индивидуально с каждым аккумулятором.

Аккумуляторы, заправленные электролитом и полностью заряженные, могут храниться более года без существенного ухудшения своих свойств, рис. 10. В инструкциях поставщиков аккумуляторов, как правило, указывается предельный срок хранения 3 или 6 месяцев ори-

ентированный на наиболее неблагоприятную температуру хранения.

Разряженные аккумуляторы могут храниться без подключения к зарядному устройству не более 12–24 часов. Даже при таком сроке хранения существует риск необратимой сульфатации (пассивации поверхности) электродов, потери емкости и значительного увеличения внутреннего сопротивления аккумуляторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. МЭК 60050-486:1991 Международный электротехнический словарь. Часть 486: Аккумуляторы и батареи.
2. ГОСТ 26881-86 Аккумуляторы свинцовые стационарные. Общие технические условия.
3. ГОСТ Р МЭК 60896-1-95 Свинцово-кислотные стационарные батареи. Общие требования и методы испытаний. Часть 1. Открытые типы.
4. ГОСТ Р МЭК 60896-2-99 Свинцово-кислотные стационарные батареи. Общие требования и методы испытаний. Часть 2. Закрытые типы

5. Berndt D. Maintenance-free batteries: based on aqueous electrolyte lead-acid, nickel/cadmium, nickel/metal hydride: a handbook of battery technology. Printed in Great Britain by SRP Ltd., Exeter. 2003. 486 p.

6. Valve-Regulated Lead-Acid Batteries/ Edited by D.A.J. Rand, P.T. Moseley, J. Garche, C.D. Parker. Printed in Netherlands by ELSEVIER B. V. 2004. 576 p.

7. IEC 60952-01: 1993. Aircraft batteries. Part 1. General test requirements and performance levels.

8. Лаврус В.С. Батареи и аккумуляторы. Киев: Наука и техника, 1995. 48 с.

9. Гусев Ю.П., Поляков А.М. Электрофизические процессы в аккумуляторах электростанций при коротких замыканиях. – Известия РАН. Энергетика, 2001, № 4. с. 99–105.

10. Диагностика электроустановок оперативного постоянного тока на подстанциях ОАО «Мосэнерго» / В.В. Балашов, Ю.П. Гусев, А.М. Поляков, В. А. Фещенко // Электрические станции. 2000. № 8. С. 39–46.

Системы электропитания высшего класса

BENNING

World Class Power Solutions

Разработка, производство, поставка систем гарантированного электропитания

СОПТ «Тиросот» на базе:

тиристорных
выпрямителей
с конвекционным
охлаждением ↓



импульсных
высокочастотных
выпрямительных
модулей
с принудительным
охлаждением →

импульсных
высокочастотных
выпрямительных
модулей
с конвекционным
охлаждением ↓



■ Системы оперативного
постоянного тока
«Тиросот»

■ Промышленные
инверторы
и выпрямители

■ Источники
бесперебойного
питания

■ Щиты постоянного тока

■ Системы тестиро-
вания и трениров-
ки аккумулятор-
ных батарей ↓



ООО «Беннинг Пауэр Электроникс»

Москва – Новосибирск – Санкт-Петербург – Уфа

(495) 967-68-50

www.benning.ru

Заключение аттестационной комиссии ОАО «ФСК ЕЭС» № 47/020-2009 ■ Заклучение аттестационной комиссии ОАО «ФСК ЕЭС» № 47/019-2009 ■ Заклучение аттестационной комиссии ОАО «ФСК ЕЭС» № 47/018-2009 ■ Разработано в соответствии с рекомендациями ОАО «ФСК ЕЭС»