

УДК 656.25: 621.355

Т. Н. СЕРДЮК – к. т. н., доцент, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, serducheck-t@rambler.ru
А. Р. ОЛЕЙНИК – студент группы 937, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, allazltv@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ АККУМУЛЯТОРОВ НА ПОСТАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ, ПЕРЕЕЗДАХ И БАТАРЕЙНЫХ ШКАФАХ ВХОДНЫХ СВЕТОФОРОВ

Постановка проблемы

Безопасное функционирование устройств железнодорожной автоматики требует устойчивости и надежности систем их электропитания. Качественное электропитание – это обеспечение потребителей электрической энергией с нормативными параметрами показателей качества электрической энергии.

Надежная и бесперебойная работа систем и устройств автоматики и связи в значительной степени определяет безопасность движения поездов. Поэтому к ней предъявляются значительные требования в отношении надежности устройств и систем электропитания этой аппаратуры. И недаром устройства железнодорожной автоматики и связи относятся к электропотребителям особо важной первой категории, которые питаются как постоянным, так и переменным током при заданных напряжениях и токах. Аккумуляторные батареи выполняют роль резервных источников и обеспечивают полную непрерывность в электропитании устройств автоматики [1-8].

Для электропитания устройств железнодорожной автоматики в основном применяют свинцовые аккумуляторы. Они имеют высокий коэффициент полезного действия (КПД) и незначительное снижение напряжения при разряде.

По сравнению со свинцовыми аккумуляторами никель-железные и никель-кадмиевые аккумуляторы имеют меньший КПД и изменение напряжения при разряде более существенное, но обладают более

высокой механической прочностью. Поэтому их обычно применяют в качестве переносных или временных источников электропитания различной аппаратуры. Щелочные аккумуляторы имеют высокие удельные характеристики, стабильное напряжение при разряде и могут отдавать большой ток при кратковременном разряде [1, 2, 7].

К недостаткам применяемых аккумуляторных батарей следует отнести следующее:

- низкая плотность энергии в аккумуляторе, что определяет значительный вес батареи;
- проблема толерантности батарей к глубокому разряду – при разряде свыше 80 % резко снижается продолжительность их жизни;
- высокие требования к техническому обслуживанию – требуется постоянный контроль уровня электролита (раз в неделю), зарядка в специальном хорошо проветриваемом помещении, строгое соблюдение требований по охране труда, спецодежда;
- при заряде теряется до 30 % затраченной электроэнергии;
- нельзя оставлять сильно разряженную батарею на морозе;
- при больших токах разряда стоит проблема неполной одномоментной отдачи заряда батареями.

Таким образом, задача модернизации системы резервного электроснабжения устройств автоматики и связи, а именно,

анализ возможности применения современных типов аккумуляторных батарей является актуальной.

Цель работы

Целью научно-исследовательской работы является сравнительная оценка традиционных и современных типов аккумуляторных батарей (литий-ионных), а также анализ возможности применения последних в качестве резервного источника электропитания устройств автоматики и связи.

Сравнительный анализ современных типов аккумуляторных батарей

В связи с непрерывным научно-техническим развитием на смену традиционным типам батарей приходят литий-ионные. При примерно одинаковом весе одного элемента они имеют большую емкость, чем другие аккумуляторы и дают более высокое напряжение на одном элементе. Следовательно, там, где прежде требовались батареи из двух-трех и более элементов, теперь можно использовать только один.

Рассмотрим преимущества и недостатки современных аккумуляторных батарей. Они характеризуются не только плотностью энергии, но также сроком службы, требованиями по установке, степени саморазряда и эксплуатационными расходами.

Литий-ионные аккумуляторные батареи (Li-Ion) наилучшим образом подходят для тех приложений, в которых необходима высокая ёмкость батарей и одновременно предъявляются жесткие требования к их массе и габаритам. Они обладают очень высокой энергетической плотностью и малым весом – наиболее важными достоинствами любых аккумуляторных батарей. Однако при этом требуют строгого соблюдения правил эксплуатации и техники безопасности. Применяются в ноутбуках и мобильных телефонах.

Структура литий-ионного аккумулятора представлена на рис. 1.

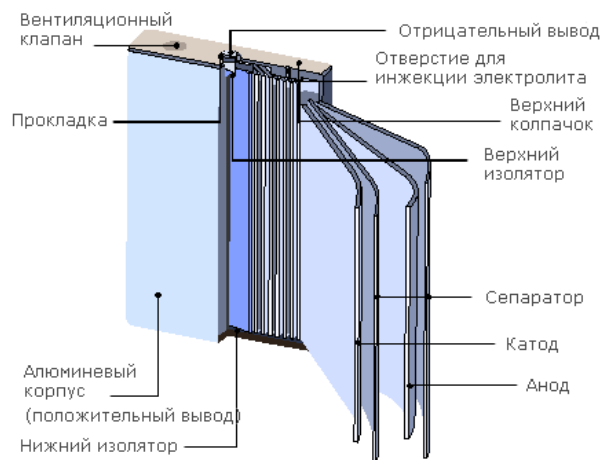


Рис. 1. Устройство литий-ионного аккумулятора

Литий-полимерные аккумуляторные батареи (Li-Pol) представляют более дешевую версию литий-ионных батарей: принцип их действия основан на тех же процессах. Они могут иметь тонкий корпус и чаще всего применяются в мобильных телефонах.

В литиевых батареях в качестве анода используется металлический литий – один из химически активных металлов, самый легкий, с наибольшим электрохимическим потенциалом, обеспечивающий самую высокую плотность энергии. Благодаря этому теоретическая удельная емкость аккумуляторных батарей на основе лития максимальна, а источники тока на основе лития обладают высоким разрядным напряжением.

Сегодня под названием «литиевые батареи» объединены источники с различной химической начинкой:

- литий-тионилхлоридные (LiSOCl_2);
- литий-серные (LiSO_2);
- литий-никелевые (LiNiO_2);
- литий-марганцевые (LiMnO_2) [8, 9].

Самым изученным и технологически отработанным типом литиевых аккумуляторных батарей являются элементы на основе лития и оксидов марганца (LiMnO_2 и LiMn_2O_4), поэтому они из всей группы самые доступные по цене. Их емкость ниже,

чем у материалов на основе кобальта, но они дешевле и не требуют применения сложных микросхем для управления процессами заряда-разряда. LiNiO_2 имеет более высокую емкость, но требуют более сложной и опасной технологии изготовления. Так, для повышения безопасности в аккумуляторах большой емкости начали использовать смешанные оксиды кобальта и никеля (20...30 % никеля). Батареи LiSOCl_2 характеризуются самым высоким выходным напряжением (3,6 В), малыми токами саморазряда и применяются в широком диапазоне температур (от -55 до $+85$ °С).

Следует заметить, что литиевые батареи имеют строгие ограничения на высокую температуру. При значительных токах разряда на внутреннем сопротивлении батареи выделяется тепло, в ряде случаев превышающее допустимый уровень. Поэтому в конструкцию элемента вводят предохранитель-ограничитель тока (терморезистор), не допускающий токовых перегрузок. Однако, существуют специальные серии LiSOCl_2 -элементов, способных выдавать повышенные токи разряда и нормально работать при высокой температуре. Достичь этого удалось благодаря специальной конструкции цилиндрического корпуса, препятствующей проникновению влажных паров снаружи, но не мешающей выходу газов [8].

Примерно такие же ограничения имеет и серия батарей на основе LiSO_2 , которые тоже критичны к высоким температурам и не допускают разряда большими токами, но имеют рабочее напряжение (3,0 В).

Несмотря на то, что новые электродные материалы обладают в несколько раз меньшей, по сравнению с чистым литием, удельной электрической энергией, аккумуляторы на их основе получают более безопасными для человека при условии соблюдения некоторых мер предосторожности в процессе заряда-разряда. При этом удельные зарядно-разрядные характеристики литий-ионных аккумуляторов на основе оксидов превышают аналогичные показатели традиционных аккумуляторов по

крайней мере вдвое, они хорошо работают на больших токах, что необходимо для резервного питания устройств железнодорожной автоматики и связи, и имеют низкий саморазряд (для современных батарей – всего около 2...5 % в месяц).

К преимуществам Li-Ion аккумуляторов можно отнести следующие:

- высокий уровень удельной емкости и плотности разрядного тока;
- высокое напряжение разряда 3...4 В;
- минимальный саморазряд (для некоторых типов литий-ионных батарей при 20 °С – не более 3 % в год);
- отсутствие «эффекта памяти» (не требует полного разряда перед зарядом);
- большое количество циклов заряд-разряд (гарантируется свыше 800 циклов);
- минимальные габариты и вес;
- простота в обслуживании, безопасность.

Разрядные характеристики литий-ионных аккумуляторов приведены на рис. 2, 3 при разных токах разряда $0,2C_n$, C_n , $2C_n$ (где C_n – номинальная емкость аккумуляторной батареи) и температуре окружающей среды $-30...+50$ °С. Исследования показали, что при увеличении температуры окружающей среды напряжение разряда является более стабильным и составляет 3,7...3,9 В, понижением температуры способствует резкому снижению напряжения разряда до 3,5...3,1 В [8, 9].

Зависимость ресурса от глубины разряда литий-ионных аккумуляторов приведена на рис. 4. При выполнении полного цикла заряд-разряд срок службы таких аккумуляторов является минимальным (800 циклов), при работе же в буферном режиме, что характерно для устройств железнодорожной автоматики и связи, срок службы значительно повышается: в зависимости от глубины разряда 50...10 % – в 2...5 раз.

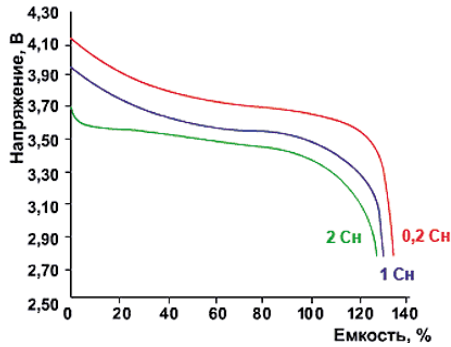


Рис. 2. Разрядные характеристики Li-Ion-аккумуляторов при различных токах разряда при температуре окружающей среды 15-25 °C

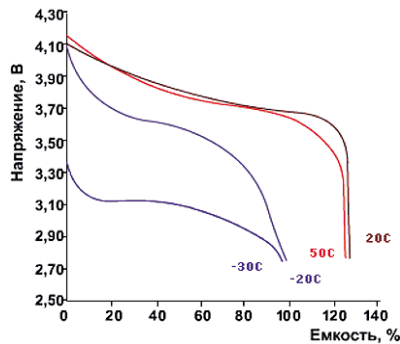


Рис. 3. Разрядные характеристики Li-Ion-аккумуляторов при токе разряда $0,2C_n$ при различных температурах окружающей среды

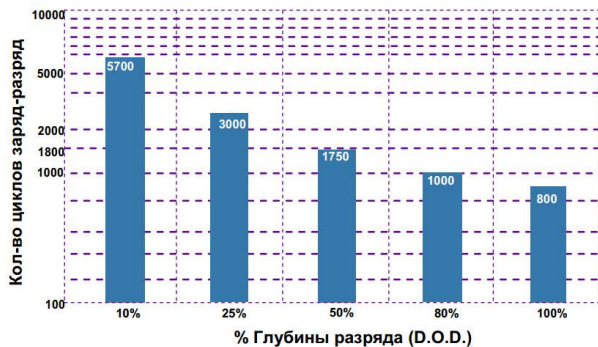


Рис. 4. Зависимость ресурса от глубины разряда литий-ионных аккумуляторов

Все это накладывает определенные ограничения на использование данного типа батарей в качестве резервного источника электроэнергии на перегонах и для входных светофоров станций.

В последнее время наметился переход от литий-ионных к литий-полимерным аккумуляторам (Lithium-Polymer battery), а современные образцы представляют собой

нечто среднее между литий-ионным и литий-полимерными аккумуляторами.

Основное отличие литий-полимерных (Li-Pol, Li-Polymer) аккумуляторов от литий-ионных состоит в типе применяемого электролита, которым является, как правило, сухой твердый полимерный электролит (или электролит в виде полимерного геля) похожий на пластиковую пленку. Он не проводит электрический ток, но допускает обмен ионами. Конструкция таких элементов более проста и безопасна. Полимерный электролит заменяет традиционный пористый сепаратор, пропитанный электролитом. Технология изготовления литий-полимерных аккумуляторов проще и позволяет минимизировать размеры аккумуляторов (до 1 мм толщиной) и увеличить количество циклов заряд-разряд до 1000, но пока, к сожалению, сухие полимерные электролиты обладают недостаточной электропроводностью даже при комнатной температуре из-за большого внутреннего сопротивления. Это не позволяет поддерживать ток, необходимый для работы современных средств связи. Хотя нагрев элемента таких батарей до 60 °C и выше и увеличивает проводимость до требуемых значений, таким образом снижая их внутреннее сопротивление [7].

Сейчас литий-полимерные аккумуляторные батареи успешно применяются в источниках резервного питания в странах с жарким климатом. Чаще всего они заменяют свинцово-кислотные батареи (типа VRLA), критические к высоким температурам внешней среды.

Сравнивая характеристики пяти основных типов аккумуляторных батарей (табл. 1) можно сделать вывод, что:

- внутреннее сопротивление батареи зависит от внутреннего сопротивления каждого ее элемента, типа схемы защиты и количества элементов в батарее. Схема защиты литий-ионных и литий-полимерных батарей увеличивает их внутреннее сопротивление в среднем на 100 мОм (0,1 Ом);

Таблиця 1

Сравнительная характеристика аккумуляторных батарей

Характеристики	Типы аккумуляторных батарей				
	Никель-кадмиевые	Никель-марганцевые	Кислотные (свинцовые)	Li-Ion	Li-Pol
Энергетическая плотность, Вт/кг	45...80	60...120	30...50	110...160	100...130
Внутреннее сопротивление, мОм	100...200 (батарея на 6 В)	200...300 (батарея на 6 В)	менее 100 (батарея на 12 В)	150...250 (батарея на 7,2 В)	200...300 (батарея на 7,2 В)
Число циклов заряд-разряд до снижения емкости на 80 %	1500	300...500	200...300	500...1000	500...1000
Время быстрого заряда, ч	1	2...4	8...16	2...4	2...4
Допустимый перезаряд	средний	низкий	высокий	очень низкий	низкий
Саморазряд за месяц при комнатной температуре, %	20	30	5	10	10
Напряжение на элементе, В	1,25	1,25	2	3,6	3,6
Ток нагрузки относительно емкости (C):					
– пиковый	20C	5C	5C	2C	2C
– наиболее приемлемый	1C	до 0,5C	0,2C	до 1C	до 1C
Диапазон рабочих температур, °C	-40...+60	-20...+60	-20...+60	-20...+60	0...+60
Периодичность обслуживания	Через 30...60 дн.	Через 60...90 дн.	Через 3...6 мес.	не регламентир.	не регламентир.
Начало производства, г.	1950	1990	1970	1991	1999

- срок службы аккумуляторной батареи зависит от регулярности ее обслуживания. Полный периодический разряд может привести к его уменьшению почти в три раза за короткий срок;
- срок службы зависит также и от степени разряда – при частичных разрядах он больше, чем при полных;
- наибольший ток разряда никель-кадмиевых и никель-металлгидридных батарей допустим сразу же после заряда, затем его значение уменьшается. Никель-кадмиевые батареи теряют 10 % своей емкости в течение первых 24 ч после заряда, затем снижение емкости составляет около 10 % каждые 30 дней. Саморазряд аккумулятора увеличивается с ростом температуры;
- схема или цепь защиты, устанавливаемая внутри литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторных батарей, потребляет около 3 % их энергии в месяц;
- самое низкое напряжение у щелочных аккумуляторов. Оно составляет

1,25 В в режиме холостого хода, а под нагрузкой 1,2 В;

- допускается заряд кислотных аккумуляторных батарей импульсами сильного тока.

Интересно, что никель-кадмиевые аккумуляторные батареи имеют наименьшее время заряда, допускают наибольший ток нагрузки и обладают наименьшим соотношением цена/срок службы, но в то же время они наиболее критичны к точному соблюдению требований по правильной эксплуатации.

Применение литий-ионных аккумуляторов на переездах и в батарейных шкафах входных светофоров

Каждая сигнальная установка автоблокировки на перегоне обеспечивается питанием от двух источников – основного и резервного. Различают две системы электропитания устройств автоблокировки – переменного тока и смешанную [3, 5 – 7]. При системе электропитания переменного тока, которая является основной для железных дорог, устройства автоблокировки получают основное и резервное питание от высоковольтных линий электроснабжения ВЛ СЦБ и ВЛ ПЭ 6 (10) кВ. При смешанной системе релейные схемы сигнальных установок автоблокировки получают питание от высоковольтных линий, а рельсовые цепи от местных аккумуляторных батарей, которые также являются резервным источником питания для релейных схем. Последняя система электропитания устарела и на вновь проектируемых участках устройства автоблокировки получают питания от кабельных высоковольтных линий основного и резервного электроснабжения.

Электропитание устройств автоматической переездной сигнализации (АПС) и схем входных светофоров на станцию осуществляется по схеме электропитания устройств автоблокировки с обязательным третьим источником, которым является аккумуляторная батарея. Аккумуляторные

батареи размещаются в батарейных шкафах или ящиках. В течение длительного времени на железных дорогах в системах автоматики используются кислотные (свинцовые) автоблокировочные аккумуляторные батареи АБН-72 и АБН-80 с электродами намазного типа. Сейчас, аккумуляторы типа АБН нашли применение и на постах ЭЦ в виду экономического кризиса. К достоинствам таких аккумуляторов относятся: значительная емкость, способность отдавать большие токи при разряде, высокий КПД – 65 % (при работе в буферном режиме до 80...85 %), низкие потери энергии. Срок службы аккумуляторных батарей типа АБН около семи лет. Применение буферного режима работы аккумуляторов с постоянным или импульсным подзарядом позволяет его продлить до 10...12 лет.

Согласно технологии обслуживания состояние кислотных аккумуляторов необходимо проверять 1 раз в 4 недели на станциях и переездах, а на перегонах в 2 раза чаще.

Применение литий-ионных аккумуляторов с гель-полимерным электролитом исключает необходимость контроля уровня, температуры и плотности электролита, что является необходимым условием в технологии обслуживания свинцовых аккумуляторов типа АБН.

Литий-ионные аккумуляторы работают на принципе использования внутреннего кислородного контура. Кислород, образующийся при перезаряде на положительном электроде восстанавливается на отрицательном. Ток перезаряда выделяет в элементе только тепло, что не приводит к каким-либо химическим изменениям, например, к потере воды. Перспективными источниками тока соответствующими всем перечисленным требованиям стали герметизированные литий-полимерные аккумуляторные батареи с гелевым электролитом. Применение таких батарей существенно сокращает расходы на их эксплуатацию, они имеют длительный срок службы от 10 до 15 лет, в 2...3 раза превышающий срок

службы аккумуляторов АБН. Герметизированные аккумуляторы не выделяют в окружающий воздух продукты электрохимических реакций, поэтому для их установки не нужны специальные аккумуляторные помещения. Кроме того, такие аккумуляторные батареи более устойчиво работают в условиях низких температур. Низкие затраты на техническое обслуживание и возможность установки в непосредственной близости от работающего оборудования и персонала обусловили их широкое применение на сети Японских железных дорог [10, 11].

Для Российских железных дорог был разработан кислотно-свинцовый гелевый герметизированный аккумулятор типа 14V2SPzV 120, специально предназначенный для питания поездов, оборудованных шлагбаумами [12]. Такой аккумулятор может быть использован и для сигнальных установок автоблокировки. Он разработан в качестве альтернативы применяемым аккумуляторам АБН и состоит из семи последовательно соединенных двухвольтовых элементов, размещенных в едином корпусе. На постах электрической централизации герметизированные аккумуляторы так же могут располагаться в помещениях с обслуживающим персоналом. Поскольку при поддержании нормированных напряжений непрерывного подзаряда и окончания дозаряда практически не имеют газовыделения. Необслуживаемые аккумуляторы являются более экологически безопасными, при их использовании отсутствуют вредные выбросы в атмосферу за счет внутренней рекомбинации газов в батарее. Опыт использования «необслуживаемых» аккумуляторов позволил оценить их неоспоримые преимущества: высокую надежность, длительный срок службы, большую безопасность в процессе эксплуатации и работоспособность при использовании при низких и высоких температурах. Кроме того, при их использовании значительно сокращается время на обслуживание и уменьшается трудоемкость при монтаже, отпадает

необходимость в аккумуляторных помещениях и системе вентиляции, то есть облегчаются условия труда.

Авторами предлагается в качестве источника резервного электропитания использовать литиевые аккумуляторы закрытого типа LiNiMnCoO_2 (или сокращенно NMC) [13, 14], которые способны обеспечить требуемую емкость.

Одним из перспективных аналогов требуемой емкости для резервирования устройств железнодорожной автоматики и связи являются аккумуляторные батареи серии 167 с VOCS, выпускаемые Российской компанией АККУ-ФЕРТРИБ [14]. Их емкость составляет от 20, 25, 30, 60, 100 и 200 Ач, напряжение 12, 24, 36 или 48 В, с возможностью параллельной работы. Максимальный ток заряда 10...50 А, максимальный ток разряда 20...80 А при емкости аккумуляторов 20...200 Ач. Они снабжены электронным управлением токами заряда-разряда, устройствами контроля общего напряжения, контроля напряжения отдельных элементов, пассивного выравнивания элементов, контролем температуры элементов, интегрированным предохранителем. Корпус выполнен из полистирена, светлосерый, UL 94-V0. Масса от 3 до 45 кг.

Корейская компания является мировым лидером в производстве литий-ионных аккумуляторных батарей. Производством выпускаются аккумуляторные батареи типа SLPB (Superior Lithium Polymer Battery) с номинальной емкостью 25...240 Ач, массой 0,6...4,8 кг, внутренним сопротивлением 1,2...0,5 Ом соответственно. Максимальные токи разряда $-2...5C$, $8C$, $12C$, где C – емкость, Ач [13].

В сравнении с приведенным выше российским аналогом серии 167 масса аккумуляторов SLPB значительно меньше (в 5 раз) при той же емкости.

Масса аккумуляторов типа АБН-72 старого образца 10 кг, при использовании в качестве резервного устройства напряжением 14 В (7 шт.) – 70 кг, а 28 В (14 шт.) – 140 кг, масса АБН-80 и АБН-72П составля-

ет 7 кг, а при описаних вище напруженнях 49 и 98 кг. Таким образом, применение аккумуляторов ООО «Акку-Фертриб» уменьшает массу габариты изделий в 4...5 раз, а аккумуляторов типа SLPB компании КОКАМ – в 10 раз. Причем данные аналоги представляют единый моноблок.

Оценочные характеристики аккумуляторов данного типа приведены в табл. 2.

Методика выбора аккумуляторных батарей

При выборе аккумуляторных батарей типа LiNiMnCoO₂ (NMC) с целью замены резервных источников тока постов ЕЦ, автоматической переездной сигнализации, входных светофоров учитывалось следую-

щее. Время основного резервирования – 2 ч, дополнительного – 10 ч [15 – 17].

Энергия, которую должна запасти аккумуляторная батарея при заряде:

$$E_{\max} = P_{\max} t_p = U I_{\max} t_p, \quad (1)$$

где P_{\max} – максимальная мощность, потребляемая электроустановкой; U , I_{\max} – напряжение и ток, потребляемый электроустановкой, предназначенной для резервирования; t_p – время резервирования.

Требуемая энергия батареи с учетом потерь электрической энергии:

$$E = E_{\max} / \eta, \quad (2)$$

где η – коэффициент полезного действия аккумулятора.

Таблица 2

Резервирование устройств переездной сигнализации, сигнальных точек входных светофоров. Оценочные характеристики

Критерий	Свинцовые (АБН)	Литий-ионные (LiNiMnCoO ₂)	Комментарии
Требуемая ёмкость (напряжение на 1 элементе) / количество аккумуляторов (номинальное напряжение резервной установки)	72 Ач (2 В) / 7 шт. (14 В) 72 Ач (2 В) / 14 шт. (28 В) 80 Ач (2 В) / 7 шт. (14 В) 80 Ач (2 В) / 14 шт. (28 В)	80 Ач (3,7 В) / 4 шт. (14,8 В) 100 Ач (4 В) / 7 шт. (28 В) 200 Ач (4 В) / 6 шт. (28 В) (пр-во КОКАМ, Корея) 60 Ач, 100 Ач, 200 Ач (12/24 В) (пр-во АККУ-ФЕРТРИБ, Россия)	Свинцовая аккумуляторная батарея (АБ) требует высокие токи разряда, которые могут поддерживать только единичные элементы по 2,14 В. При высоких токах разряда свинцовая АБ не отдаёт 100 % своей ёмкости. Рекомендуемые производителем токи разряда подтверждают, что минимальная ёмкость АБ должна быть 72 (80) А ч. Для литий-ионных аккумуляторов данных проблем нет, поэтому устанавливается 7 батарей на переездах и 4 в релейных шкафах входных светофоров.
Срок эксплуатации до замены	7...10 лет	25 лет	При больших токах разряда свинцовые АБ выходят из строя гораздо быстрее, чем литий-ионные. Потеря емкости заметна уже через несколько циклов заряд/разряда.
Обслуживание	За 20 лет требуется поменять АБ минимум 2 раза по 7(14) шт. АБ на точке	Не обслуживается	Литий-ионный аккумулятор работает в штатном режиме и прослужит заявленное время эксплуатации без замены.

Ёмкость аккумуляторной батареи

$$Q = \sum It = E/U, \quad (3)$$

где I – ток в режимах основного и дополнительного резервирования; t – время режима основного и дополнительного резервирования, U – напряжениерезервной установки (на посту ЭЦ $U = 24$ В; в устройствах автоматической переездной сигнализации и батарейных шкафах светодоров $U = 14$ В, $U = 28$ В).

Число аккумуляторных батарей

$$N = U/U_6, \quad (4)$$

где U_6 – напряжение на выходе аккумуляторной батареи ($U_6 = 3,7$ В для литий-ионных АБ типа NMC, $U_6 = 2$ В для АБН-72, АБН-80, СК).

Максимальный разрядный ток электроустановок, предназначенных для резервирования

$$I_{\max} = Q/t. \quad (5)$$

Результаты расчетов по выбору литий-ионных батарей приведены в табл. 2.

Также при подборе аналогов литий-ионных батарей учитывалось, что ёмкость и максимальные токи разряда выбранных АБ не должны быть меньше существующих:

$$Q_{\text{АБН}} \leq Q_{\text{NMC}},$$

$$I_{p \max \text{ АБН}} \leq I_{p \max \text{ NMC}}. \quad (6)$$

Характеристики аккумуляторов АБН [18], типа NMC фирмы КОКАМ [13] и Akku-Vertrieb Ltd. [14] для разных режимов разряда приведены в табл. 3–5 соответственно.

Таблица 3

Характеристики свинцово-кислотных аккумуляторов в режиме «разряд»

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

Таблица 4

Характеристики NMC аккумуляторов фирмы КОКАМ в режиме «разряд»

Тип	Ёмкость, Ач	Внутреннее сопротивление, мОм	Вес, кг	Энергетическая плотность, Вт ч/кг	Вид разряда	
					непрерывный	импульсный
SLPB60460330H	70	0,6	1,74	149	3 C	5 C
SLPB120255255	75	0,6	1,58	175	8 C	15 C
SLPB70460330H	80	0,6	1,92	154	5 C	6 C
SLPB70460330	100	0,65	2,070	179	2 C	3 C
SLPB140460330	200	0,5	4,18	177	2 C	3 C
SLPB160460330	240	0,5	4,78	186	2 C	3 C

Таблица 5

Характеристики литиевых аккумуляторов LiCoMnNiO₂ серии 167 с VOCS в режимах заряда, разряда (Akku-Vertrieb Ltd.)

Тип	Ёмкость, Ач	Масса, кг	Напряжение, В	Максимальный ток, А	Максимальная импульсная нагрузка (1с), А	Максимальный ток заряда, А
167-0240600	60	16	24	60	180	30
167-0241000	100	25	24	80	250	50
167-0242000	200	45	24	80	250	50

Вывод

Главным преимуществом эксплуатации литиевых аккумуляторов является их неприхотливость и простота в обслуживании, так как они имеют низкий саморазряд и у них полностью отсутствует «эффект памяти». Однако при эксплуатации Li-Ion-аккумуляторов необходимо учитывать, что в них используется электролит в виде геля, и при неправильной эксплуатации таких аккумуляторов может произойти их возгорание или взрыв. Для обеспечения безопасной эксплуатации Li-Ion-аккумуляторов необходимо учитывать следующее: необходимо исключить возможность короткого замыкания; нельзя допускать перегрева аккумулятора; запрещается эксплуатировать Li-Ion-аккумулятор с поврежденным корпусом.

Применение современных образцов литий-ионных батарей в качестве резервных источников тока устройств железнодорожной автоматики и связи позволит сократить массу и габариты АБ до 5...10 раз, высвободить помещения, исключить вредные условия труда, возникающие при уходе за кислотными и щелочными аккумуляторами, продлить срок службы с 7...10 до 20...25 лет.

Таким образом, экономия денежных средств при эксплуатации литий-ионных аккумуляторов за 20 лет составит не менее 350 %, исходя из расчета первичных затрат, стоимости обслуживания, периодической замены и трехкратной утилизации свинцовых АБ.

Наиболее перспективным аналогом свинцово-кислотных батарей АБН являются аккумуляторы типа SLPB (Superior Lithium Polymer Battery) Корейской компании КОКАМ, которые имеют более широкий ряд номиналов емкостей (65, 70, 75, 80, 100, 200, 240 Ач) в отличие от российского аналога, выпускаемого ООО «АККУФЕРТРИБ».

Преимуществами для применения литийникельмарганцевокобальтовых батарей

перед железифосфатными литий-ионными аккумуляторами являются меньшие габариты и масса, возможность отдавать большие токи при разряде и обеспечение требуемой емкости.

Библиографический список

1. Хрусталеv, Д. А. Аккумуляторы [Текст] / Д. А. Хрусталеv. – М.: Изумруд, 2003. – 224 с.
2. Коровин, Н. В. Химические источники тока [Текст]: справочник / Н. В. Коровин, А. М. Скундин. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 740 с.
3. Михайлов, А. Ф. Электроснабжение устройств автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта [Текст] / А. Ф. Михайлов, Л. А. Частоедов. – М.: Транспорт, 1980. – 383 с.
4. Фельдман, А. Б. Электроснабжение устройств связи железнодорожного транспорта [Текст] / А. Б. Фельдман, Л. А. Частоедов. – М.: Транспорт, 1986, 256 с.
5. Коган, Д. А. Аппаратура электропитания железнодорожной автоматики [Текст] / Д. А. Коган, М. М. Молдавский – М.: – ЕКЦ.: Академкнига, 2003. – 438 с.
6. Электропитание устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / Вл. В. Сапожников, Н. П. Ковалев, В. А. Кононов, А. М. Костроминов // под ред. Вл. В. Сапожникова – М.: Маршрут, 2005. – 453 с.
7. Гаврилюк, В. І. Електроживлення систем автоматики, телемеханіки та зв'язку [Текст]: монографія / В. І. Гаврилюк, В. Г. Сиченко, Т. М. Сердюк. – Д.: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2016. – 193 с.
8. Татарников, О. Современные аккумуляторы [Электронный ресурс] / О. Татарников. – Режим доступа: <http://compress.ru/article.aspx?id=16846>

9. Вихарев, Л. И вновь о правильном питании, или некоторые особенности эксплуатации литиевых батарей [Электронный ресурс] / Л. Вихарев. Компоненты и технологии/ – 2006.. – №4. Режим доступа: http://www.kite.ru/articles/powersource/2006_4_160.php
10. Wayside and on-board storage can capture more regenerated energy [Электронный ресурс] / Railway Gazette. –20.07.2007. Режим доступа: <http://www.railwaygazette.com/news/single-view/view/wayside-and-on-board-storage-can-capture-more-regenerated-energy.html>
11. East Japan Railway Company, Ome Line Haijima substation Commencement of operation of a system using lithium-ion batteries for the storage of regenerative power (the wayside B-CHOP system) [Электронный ресурс] / Hitachi Railway Systems Website. – 20.02.2013. Режим доступа: <http://www.hitachi-rail.com/topics/2013/130220.html>
12. Бейбулатова, С. И. Необслуживаемые аккумуляторы для железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]/ С. И. Бейбулатова, Д. И. Селиверов // Молодой ученый. — 2012. — №3. — С. 29-31.
13. КОКАМ Li-ion/Polymer Cell: Superior Lithium Polymer Battery (SLPB) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kokam.com/wp-content/uploads/2016/03/SLPB-Cell-Brochure.pdf>
14. Промышленные аккумуляторы для всех областей применения. Литий-ионные аккумуляторы серии 167 с ВОС) [Электронный ресурс] / АККУ-ФЕРТРИБ. Режим доступа: <http://www.akku-vertrieb.ru/products/litium/battery/167/>
15. Інструкція з технічного обслуговування і ремонту пристроїв електропостачання систем сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) ЦЕ-0033 [Текст] : Затверджені Наказом Укрзалізниці від 09 лютого 2012 р. № 048-Ц. На заміну ЦЕ-0002. – Київ, 2012. – 53 с.
16. ЦШ - 0060: Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування [Текст] : Затв. Наказ № 090-ЦЗ від 07.10.2009. – Міністерство транспорту: Київ. – 2009.
17. Дмитриев, В. Р. Электропитающие устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст]: справочник / В. Р. Дмитриев, В. И. Смирнова. – Москва: Транспорт, 1983. – 248 с.
18. Аккумуляторы С, СК и СЗ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://lokom.ru/elektrosnabzhenie/akkumulyatory-s-sk-i-sz.html>

Ключові слова: акумулятор, електроживлення пристроїв залізничної автоматики та зв'язку, зарядний пристрій, експлуатація акумуляторів.

Ключевые слова: аккумулятор, электропитание устройств железнодорожной автоматики и связи, зарядное устройство, эксплуатация аккумуляторов.

Keywords: battery, power devices of railway automation and communication, charger, maintenance of battery.

Рецензенты:
проф., д.т.н., А. Б. Бойник,
проф., д.т.н., А. М. Муха.

Поступила в редколлегию 12.04.2016.

Принята к печати 23.05.2016.