

УДК 621.317.7:621.3.083

М.В. Южанин, В.И. Туев, А.В. Денисенко, М.М. Гаммершмидт

Усовершенствованное решение по техническому обслуживанию аккумуляторных батарей, входящих в состав силовых систем гарантированного электропитания

Описано усовершенствованное техническое решение, предназначенное для проведения технического обслуживания групп аккумуляторных батарей, входящих в состав систем гарантированного электропитания и позволяющее контролировать напряжение аккумуляторов, их ёмкость и внутреннее сопротивление

Ключевые слова: аккумулятор, ёмкость, внутреннее сопротивление, аппаратно-программный комплекс, синхронное детектирование.

doi: 10.21293/1818-0442-2017-20-1-126-130

Для эффективной эксплуатации и управления технологическими процессами промышленных объектов, территориально распределённых на территории Российской Федерации, например таких, как магистральные нефтепроводы, необходима надёжная и качественная технологическая связь. Технологические сети связи представляют собой сложные многоуровневые системы, эффективность и качество эксплуатации которых зависят от надёжности функционирования всех составляющих элементов системы.

Под надёжностью сети связи понимают её свойство сохранять способность выполнять требуемые функции в условиях воздействия внутренних дестабилизирующих факторов, т.е. сохранять во времени и в установленных пределах значения всех параметров сети [1].

Одним из основных элементов системы технологической связи является система электроснабжения. Именно она является важнейшим звеном при рассмотрении вопросов надёжности и определяет временные рамки бесперебойной работы оборудования связи во время аварийных отключений.

Правила устройства электроустановок относят оборудование связи по степени надёжности электроснабжения к электроприемникам особой группы первой категории [2]. Перерывы в электроснабжении оборудования связи не допускаются.

Для обеспечения бесперебойного электроснабжения оборудования связи применяются системы гарантированного электропитания (СГЭП), в состав которых входят герметичные свинцово-кислотные аккумуляторные батареи.

Ёмкость аккумуляторных батарей выбирается в соответствии с требованиями руководящих документов к времени автономной работы оборудования связи при полном отключении внешнего и резервного электроснабжения.

При эксплуатации в любом аккумуляторе происходят процессы деградации, т.е. ухудшения его электрических параметров – ёмкости. Производители аккумуляторных батарей информируют о том, что расчетный срок эксплуатации герметичных свинцово-кислотных аккумуляторов составляет 12–15 лет, при этом ухудшение его основной характеристики –

ёмкости – не должно превысить 20% от исходного значения [3].

Целью технического обслуживания аккумуляторных батарей является поддержание заявленной ёмкости и выявление аккумуляторов, в которых процесс деградации происходит ускоренно, для их своевременной замены.

Мероприятия по техническому обслуживанию аккумуляторов, включают в себя следующее:

- контроль значения напряжения подзаряда группы аккумуляторов и значения температуры в шкафу (в помещении), где они установлены. Эти значения физических величин должны находиться в определённой зависимости;

- контроль индивидуальных значений напряжения аккумуляторов, собранных в последовательную группу;

- контроль значения остаточной ёмкости группы аккумуляторов путем фиксирования времени полного разряда на определённое значение электрической нагрузки.

Поддержание определённой зависимости значений напряжения подзаряда группы аккумуляторов к соответствующим значениям температуры в шкафу (в помещении), которая определена эксплуатационной документацией производителя аккумуляторов, обеспечивает долговечность использования этих батарей. Отклонение параметров от установленных значений ведет к ускоренной деградации аккумулятора, т.е. существенному сокращению её ёмкости.

Контроль напряжений на аккумуляторах, работающих в группах с последовательной схемой включения, выполняется один раз в квартал и позволяет своевременно выявить наиболее быстро деградирующий аккумулятор, заменить или провести по нему восстановительные мероприятия.

Для определения реальной электрической ёмкости группы аккумуляторов, расчёта фактического значения времени резервирования питания оборудования связи, а также для выявления быстро деградирующих аккумуляторов – один раз в два года осуществляется проверка остаточной ёмкости. Данная операция проводится путем разряда полностью за-

ряженной группы последовательно собранных аккумуляторов постоянным стабилизированным током и отсчётом времени разряда до допустимо минимального напряжения, установленного нормативной документацией. По результатам испытаний рассчитывается величина остаточной ёмкости группы аккумуляторов, которая является определяющим параметром при расчёте времени резервирования электропитания оборудования связи, а также показателем выполнения эксплуатационных требований аккумуляторных батарей.

Перечисленные выше мероприятия по техническому обслуживанию аккумуляторных батарей обязательны для выполнения в ходе эксплуатации аккумуляторов в составе СГЭП. Но некоторые из них обладают недостатками. В частности, при определении остаточной электрической ёмкости группы аккумуляторов либо единичного аккумулятора требуются значительные трудозатраты, а также затраты времени. Это обусловлено требованием подбора величины электрической нагрузки, на которую будет происходить разряд аккумулятора или группы аккумуляторов, равный одной десятой величине номинальной ёмкости разряжаемой батареи. Время, затрачиваемое на полный разряд, должно составлять порядка десяти часов при 100% ёмкости аккумулятора. Соответственно, для выполнения цикла разряд-заряд одного аккумулятора или группы аккумуляторов должно затрачиваться порядка двадцати часов. Кроме того, отметим, что выполнение указанной операции один раз в два года несёт в себе риски, связанные с «поздним» выявлением быстро деградирующих аккумуляторов, которые обусловлены несоблюдением, например, температурных требований содержания аккумуляторов или иной неправильно организованной эксплуатацией. Соответственно корректирующие действия по выявлению и устранению причины быстрой деградации будут предприняты с запозданием, что может повлечь за собой раннюю внеплановую замену аккумуляторов.

Известен иной способ определения состояния аккумулятора, свободный от названных выше недостатков. Этот способ рекомендован стандартами [4, 5]. Суть его сводится к измерению ещё одного важного параметра аккумулятора – внутреннего сопротивления. Этот параметр является не менее важным показателем состояния аккумулятора, чем его ёмкость, поскольку он несёт в себе много информации. По измеренному значению внутреннего сопротивления можно точно оценить степень деградации аккумулятора. Величина полного внутреннего сопротивления аккумулятора представляет собой сумму активной и реактивной составляющих, в частности, величины омического сопротивления аккумулятора, активного сопротивления электрохимической реакции и ёмкости двойного электрического слоя на границе раздела электрода с электролитом аккумулятора. Регулярное, например ежеквартальное, измерение внутреннего сопротивления обеспечивает возможность оценивать состояние аккумулятора и вы-

полнять прогнозирование срока выработки ресурса аккумулятора для планирования его замены.

При соблюдении условий эксплуатации аккумуляторов, которые устанавливает производитель [3], за один год значение сопротивления аккумулятора не должно возрастать более чем на единицы процентов. Если скорость увеличения сопротивления элементов превышает прогнозируемую, то анализируются условия эксплуатации аккумулятора, такие как нагрузка, напряжение подзаряда, соблюдение температурного режима и др.

В итоге, обобщив опыт эксплуатации аккумуляторных батарей, для снижения операционных расходов и повышения качества технического обслуживания было принято решение о необходимости создания технического решения для автоматизации процесса техобслуживания аккумуляторов в составе СГЭП. Такое решение должно включать в себя все перечисленные выше мероприятия по техническому обслуживанию аккумуляторов, в том числе и измерению внутреннего сопротивления аккумулятора.

Предлагаемое решение

В ходе решение обозначенной задачи был спроектирован и реализован аппаратно-программный комплекс (АПК) тестирования аккумуляторных батарей. Это техническое решение было защищено патентом на полезную модель № 130088 от 10.07.2013 г. [6].

В указанном техническом решении решён вопрос подключения АПК в состав СГЭП. Он монтируется в разрыв цепи «группа аккумуляторов» – «общая шина питания», что влечёт минимальные изменения конструкции СГЭП, не влияющие на работу системы электропитания оборудования в целом.

Аппаратно-программный комплекс состоит из двух основных блоков:

- блока коммутации;
- блока измерительного устройства.

Блок коммутации подробно отображён на общей функциональной схеме СГЭП с интегрированным комплексным устройством проведения технического обслуживания аккумуляторов. Схема приведена на рис. 1.

Задачи, которые выполняет блок коммутации, заключаются в выводе из работы СГЭП группы аккумуляторов, для которой будут выполняться операции по техническому обслуживанию и коммутации каждого аккумулятора группы к соответствующему каналному модулю блока измерительного устройства. Схема блока измерительного устройства АПК приведена на рис. 2.

Блок измерительного устройства АПК представляет собой систему с входящими в её состав четырьмя каналными модулями и модулем управления. Каждый каналный модуль может работать с одним аккумулятором и выполнять функции технического обслуживания (измерение ёмкости, напряжения, внутреннего сопротивления). Модуль управления измерительного устройства координирует работу модулей управления с блоком коммутации,

кроме того выполняет функции сбора данных измерений и обмена ими, а также командами управления, с автоматизированным рабочим местом оператора через интерфейс Ethernet.

Последовательность действий, которые может выполнять АПК, работающий в составе СГЭП, может быть различной. Мероприятия по техническому обслуживанию одной группы аккумуляторных батарей могут выполняться в следующем порядке:

- 1) измерение температуры и напряжения аккумуляторов в группе;
- 2) измерение внутреннего сопротивления каждого аккумулятора;
- 3) измерение емкости каждого аккумулятора в группе.

Каждое из указанных мероприятий может также выполняться АПК и по отдельности.

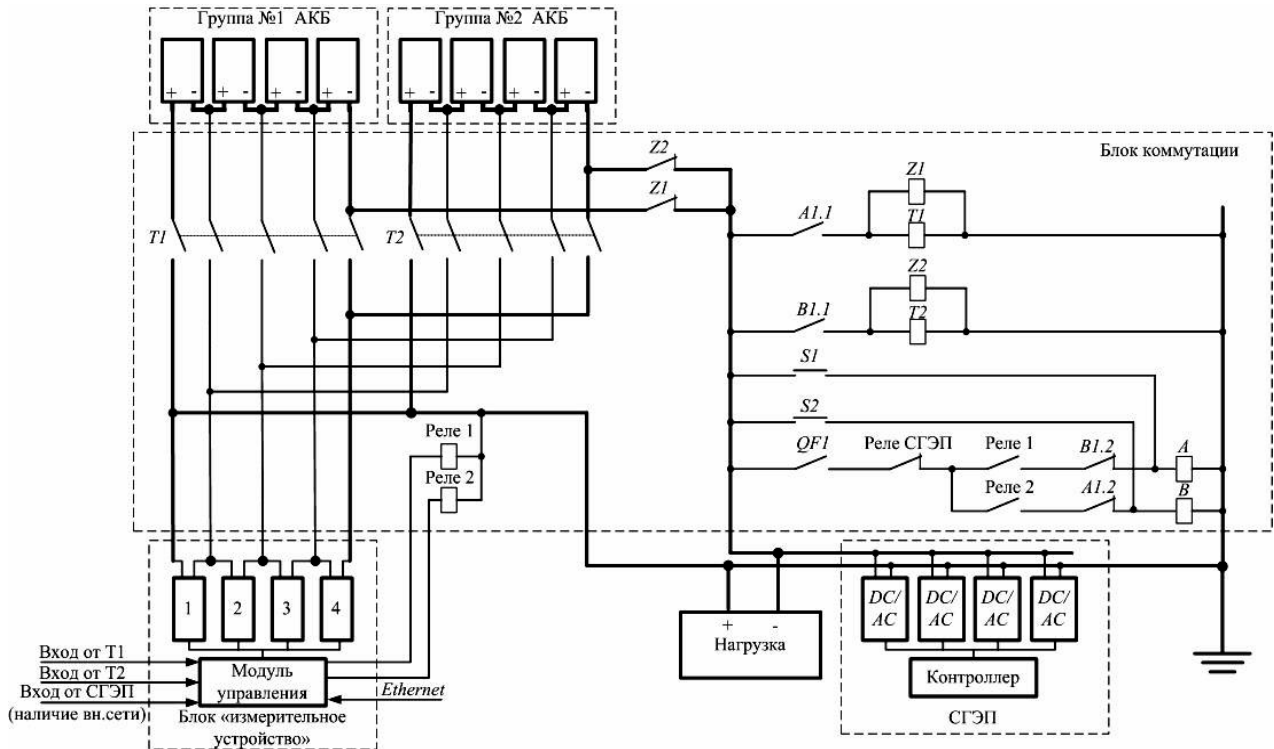


Рис. 1. Функциональная схема СГЭП с интегрированным комплексным устройством проведения технического обслуживания аккумуляторов

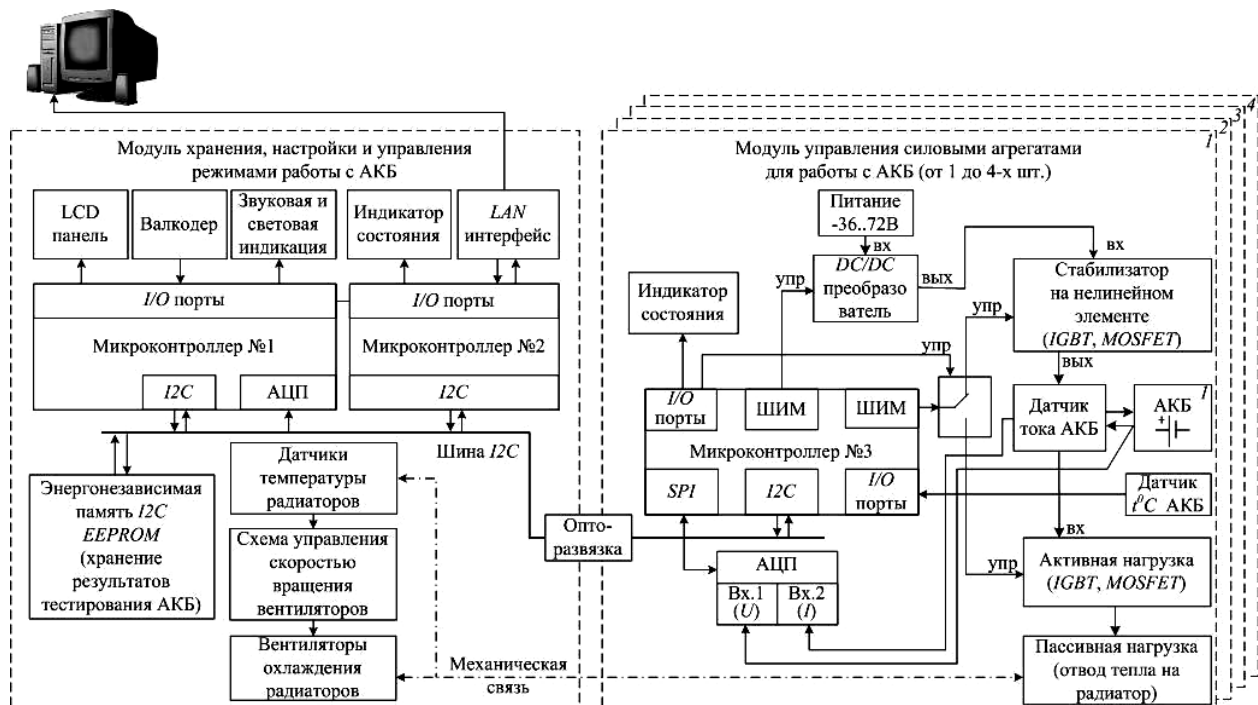


Рис. 2. Функциональная схема блока измерительного устройства АПК

Кратко опишем работу АПК. Оператор отправляет команду управления по сети Ethernet в модуль управления АПК для вывода из работы СГЭП интересующей группы аккумуляторов. АПК подключает каждый аккумулятор группы к соответствующему каналному модулю блока измерительного устройства следующим образом: модуль управления АПК подаёт напряжение на соответствующие цепи управления, и блок коммутации отключает группу аккумуляторов от общей шины питания СГЭП, силовые реле блока коммутации выполняют включение каждого аккумулятора группы на соответствующий каналный модуль измерительного устройства.

Далее каналные модули выполняют алгоритм измерения параметров аккумуляторов – измерения внутреннего сопротивления и остаточной емкости аккумуляторов, а в последующем выполняют заряд и выравнивание напряжения.

Способ измерения внутреннего сопротивления аккумулятора подробно описан в [7, 8]. Указанный способ строится на использовании метода амперметра-вольтметра с косвенным определением тока, основанного на применении синхронного детектирования. Преимуществом такого решения является определение всех составляющих комплексного значения внутреннего сопротивления аккумулятора.

Измерение остаточной емкости выполняется на основе требований, предъявляемых производителями аккумуляторов [3], и ГОСТа [4, 5]. Разряд каждого аккумулятора в группе выполняется независимо друг от друга в соответствующем каналном модуле на постоянную величину стабилизированного тока, в процессе разряда отслеживается текущее значение напряжения аккумулятора. При достижении конечного значения напряжения разряда аккумулятора каналный модуль прекращает разряд, фиксирует время окончания разряда. Измеренные значения времени, тока разряда и конечного значения напряжения аккумулятора передаются каналным модулем в модуль управления, где осуществляется расчёт остаточной емкости. Расчёт остаточной емкости выполняется с учётом температуры, при которой выполнялся разряд, что дает возможность прогнозировать величину емкости при различных значениях температуры.

После выполнения измерений и выравнивающего заряда аккумуляторов, каждый каналный модуль сообщает модулю управления (по внутренней шине) о готовности вернуть свой аккумулятор в работу СГЭП. Блок управления, дождавшись сообщения о готовности от всех 4 каналных модулей, подает сигналы на управляющие цепи блока коммутации, что влечёт за этим серию переключений остальных реле. В результате группа аккумуляторов коммутируется на общую шину питания СГЭП.

Заключение

Использование реализованного и внедрённого в эксплуатацию описанного технического решения позволяет:

- Выполнять измерения всех параметров (полное внутреннее сопротивление и ёмкость) каждого аккумулятора в последовательно собранной группе.
- Измерять значение внутреннего сопротивления каждого аккумулятора в собранной группе ежеквартально, что даёт возможность более оперативно оценивать текущее состояние аккумулятора и прогнозировать выработку ресурса аккумулятора в зависимости от условий эксплуатации (температура), под воздействием которых находится аккумулятор.
- Измерять емкость каждого аккумулятора из группы с учётом влияния температуры, что даст полную картину состояния группы. В этом состоит отличие от случая измерения емкости всей группы аккумуляторов, поскольку емкость группы определяется значением емкости худшего аккумулятора в группе.
- Выполнять выравнивающий заряд аккумуляторов в группе. После разряда аккумуляторов требуется зарядить каждый аккумулятор до минимального значения тока подзаряда и определённой величины напряжения, причём разница в значениях напряжений аккумуляторов, которые будут поставлены в группу, не должна превышать 0,2 В.
- Выполнять монтаж АПК в состав любой СГЭП, поскольку требует минимальных изменений конструкции. АПК монтируется в разрыв цепи «группа аккумуляторов» – «общая шина питания» СГЭП.

Литература

1. ГОСТ Р 53111–2008. Устойчивость функционирования сети связи общего пользования. Требования и методы проверки. – М.: Госстандарт России, 2009. – 19 с.
2. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.
3. Эксплуатационная документация. Стационарные свинцово-кислотные герметизированные необслуживаемые аккумуляторы. Технология dryfit: Sonnenschein A400/FT, A500, A600 OPzV, A700 (ODiV), PowerCycle. Технология AGM: Marathon (L/XL, M/M-FT), Sprinter (P/XP, XP-FT, S), Powerfit (S300) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.akku-vertrieb.ru/upload/iblock/76f/instr_dryfit_AGM_may-2016.pdf, свободный (дата обращения: 16.11.2016).
4. ГОСТ Р МЭК 61436–2004. Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной и другие не-кислотные электролиты. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.2a3a.ru/wp-content/uploads/2010/11/gost_61436-20041.pdf, свободный (дата обращения: 16.11.2016).
5. ГОСТ Р МЭК 60896-2–99. Свинцово-кислотные стационарные батареи. Общие требования и методы испытаний. – Ч. 2: Закрытые типы. – М.: Госстандарт России, 1999. – 19 с.
6. Пат. 130088 РФ, МПК G 01 R 31/36. Система гарантированного электропитания с аппаратно-программным комплексом для тестирования, тренировки и заряда аккумуляторных батарей / А.В. Денисенко, М.В. Южанин, А.В. Барсуков (РФ); заявитель и патентообладатель ОАО «АК «Транснефть», ОАО «Связьтранснефть». – № 2 013 102 109 / 28; заявл. 01.03.13; опубл. 10.07.13. Бюл. № 19. – 3 с.

7. Пат. 2449302 РФ, МПК G 01 R 31/36, G 01 R 27/02. Способ определения внутреннего сопротивления химических источников тока / И.В. Антонишен, А.О. Мисюнас, В.И. Туев, М.В. Южанин (РФ); заявитель и патентообладатель ТУСУР. – № 2 010 145 973 / 28; заявл. 10.11.10; опубл. 27.04.12. Бюл. № 12. – 10 с.

8. Южанин М.В. Способ измерения внутреннего сопротивления химических источников / И.В. Антонишен, В.И. Туев, М.В. Южанин // Доклады Том. гос. ун-та систем упр. и радиотехники. – 2010. – № 2 (22), ч. 2. – С. 183–186.

Южанин Максим Владимирович

Аспирант, инженер каф. радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга ТУСУРа;
инженер 1-й кат. службы развития сети
Сибирского производственно-технического управления
связи (Сибирское ПТУС), Томск,
филиала АО «Связьтранснефть», Москва
Тел.: +7-906-958-46-42
Эл. почта: myuzhanin@gmail.com

Туев Василий Иванович

Зав. каф. радиоэлектронных технологий
и экологического мониторинга ТУСУРа
Тел. +7 (382-2) 70-15-06
Эл. почта: vasilii.i.tuev@tusur.ru

Денисенко Александр Владимирович

Инженер электросвязи II кат. узла связи
Сибирского ПТУС
Тел.: 8-906-951-71-22
Эл. почта: denisenco@sibmail.com

Гаммершмидт Михаил Михайлович

Инженер-энергетик II кат. службы главного энергетика
Сибирского ПТУС
Тел.: 8-906-947-53-34
Эл. почта: gammikhail@yandex.ru

Yuzhanin M.V., Tuev V.I., Denisenco A.V.,
Gammershmidt M.M.

Hardware-software complex to test batteries

In the article are described the technical solution for maintenance of batteries groups that used in the uninterruptible power supply systems and allows to monitor the battery voltage, its capacity and internal resistance.

Keywords: Battery capacity, internal resistance, hardware-software complex, synchronous detection.