

# ОБЗОР СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ РЕАЛИЗАЦИЙ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Яскевич Д. Н., Довнар А. Д., Курулёв А. П.

Кафедра теоретических основ электротехники, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: andrevdovnar@gmail.com

В работе приведён краткий обзор основных функциональных блоков систем управления литий-ионных аккумуляторных батарей. Предложена классификация этих систем по схемотехнической реализации функциональных блоков и алгоритм выбора подходящей реализации для практического применения.

## Введение

Аккумуляторные батареи (АКБ) применяются в широком спектре устройств от носимой электроники до электротранспорта. На сегодняшний день более широкое применение получили литий-ионные АКБ, т.к. они обладают наилучшими показателями по отношению запасаемой энергии к массе (плотности энергии), количеству циклов перезаряда и отсутствию эффекта памяти в сравнении с другими типами АКБ. Однако высокая плотность энергии в литий-ионных АКБ приводит к необходимости использовать их в определённых диапазонах токов заряда/разряда, температур и напряжений, задаваемых производителем. Несоблюдение этих режимов работы приводит к ускоренной деградации аккумуляторов, их выходу из строя, а порой и к воспламенению.

## I. Системы управления АКБ

Для контроля за напряжениями ячеек, их балансировкой, током и температурой батареи используют системы управления аккумуляторных батарей (далее в тексте называемые BMS, от английского Battery management system) [1]. Существуют различные схемотехнические реализации BMS. Однако все они имеют схожую структуру, обобщённую на рис.1.

Структурная схема состоит из:

1. блока мониторинга и балансировки – измеряет напряжения параллельных групп ячеек, отвечает за их балансировку;
2. блока измерения тока – измеряет ток заряда/разряда батареи;
3. логического исполнительного блока – получает информацию о напряжении ячеек, токе и температуре батареи и в случае несоответствия параметров заданному режиму работы, подаёт команду об отключении на блок коммутации;
4. блока коммутации – по команде отключает батарею от нагрузки или зарядного устройства, исключая возможность эксплуатации батареи вне заданного режима работы.

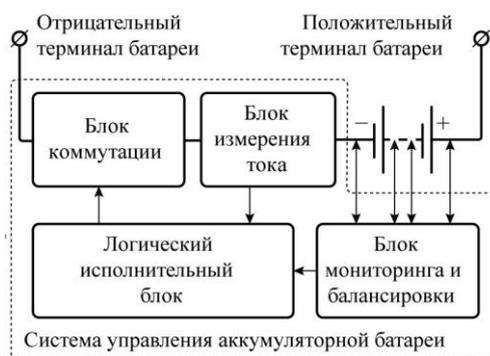


Рис. 1 – Обобщённая структурная схема BMS

По схемотехнической реализации BMS можно разделить на аналоговые (в документации на ИС приводится название Battery Secondary Protector) и цифровые. Цифровые в свою очередь можно поделить на централизованные (обычно называемые Battery Monitor или Fuel Gauge) и модульные, состоящие из ведущего модуля (Master) и нескольких ведомых измерительных модулей (Slave) [2].

## II. Аналоговая BMS

Структурная схема аналоговой BMS приведена на рис. 2. Блок коммутации реализуют на МОП-транзисторах. Ток измеряется по падению напряжения на токоизмерительном резисторе.

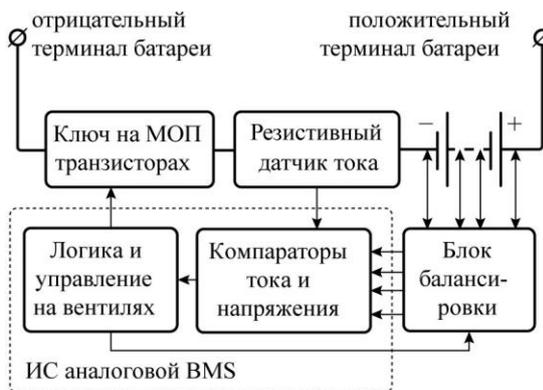


Рис. 2 – Структурная схема аналоговой BMS

Напряжения ячеек и токоизмерительного резистора поступают на входные компараторы интегральной схемы (ИС), настроенные на нужный диапазон безопасных значений – они выполняют функцию каскада мониторинга. При выходе из этого диапазона компаратор сигнализирует об ошибке в логический блок, реализованный на вентилях, который подаёт команду на закрывание ключей или в случае расхождения напряжений соседних ячеек, фиксируемого другими компараторами, включает балансировку. Такой относительно простой элементной базой обусловлена низкая цена аналоговых BMS, однако эта реализация не позволяет обмениваться данными с другими системами, что ограничивает функционал только контролем параметров и балансировкой. Примеры ИС, используемых в аналоговых BMS: HY2113, BQ2970, R5640G, BQ29209-Q1.

### III. Цифровая централизованная BMS

Структурная схема цифровой централизованной BMS представлена на рис. 3. В отличие от аналоговой, где напряжения ячеек и ток сравнивались с внутренним опорным напряжением компаратором, цифровая реализация подразумевает аналого-цифровое преобразование этих параметров, а затем сравнение их численных значений с записанными в памяти диапазонами. Это позволяет программно настраивать рабочий диапазон токов и напряжений и использовать одну BMS для разных батарей. Измерения проводятся специализированными ИС мониторинга, например, STC3100, MAX17853, LTC2941, BQ27010. Результаты измерений поступают в микроконтроллер, который обрабатывает их, управляет ключами и балансировкой, отвечает за индикацию и связь, являясь ядром цифровой системы управления. Хранение данных в цифровом виде позволяет реализовать функции быстрой зарядки, расчёта процента заряда, индикации других параметров батареи и передачи этих данных другим системам. Однако, такие BMS как правило значительно дороже аналоговых из-за использования более сложных цифровых схем и микроконтроллера.

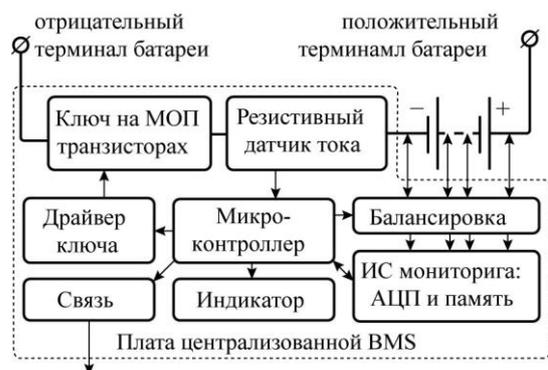


Рис. 3 – Структурная схема централизованной цифровой BMS

### IV. Цифровая модульная BMS

Как правило модульные цифровые BMS (рис.4) используются в самых больших батареях, например, в электротранспорте. Такие батареи зачастую разбивают на модули, соединённые последовательно. Тогда каждому модулю соответствует своя Slave BMS, полностью выполняющая роль блока мониторинга и балансировки (рис.1). Slave модули строятся на базе ИС мониторинга, схожих с приведёнными выше, однако не содержат МК. Примеры ИС bq76PL455A, BQ79606A-Q1, LTC6813-1. Батареи электротранспорта рассчитаны на большие токи, поэтому для коммутации используют контакторы (управляемые реле), а для измерения тока используют датчики Холла. Логический и исполнительный каскад представлен платой Master BMS, построенной на базе микроконтроллера, который получает информацию о параметрах батареи, обрабатывает её, отображает пользователю и управляет ключами. Платы модульных BMS достаточно сложны и обычно разрабатываются производителями отдельно для конкретных применений и имеют наибольшую стоимость из всех перечисленных топологий.

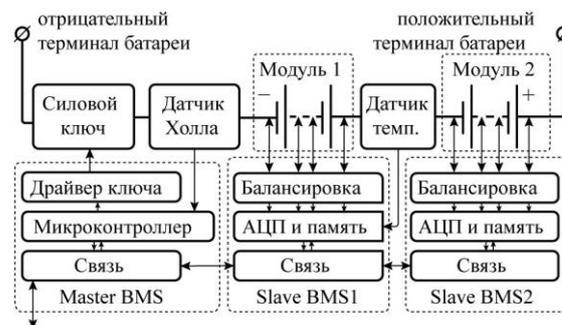


Рис. 4 – Структурная схема модульной цифровой BMS

Для выбора схемотехнической реализации BMS предлагается следующий алгоритм:

- определить конфигурацию батареи – количество ячеек, соединённых последовательно и параллельно;
- решить, будет ли использоваться модульная конструкция АКБ;
  - да: применяется цифровая модульная реализация BMS;
  - нет: решить, необходимы ли функции расчёта и индикации параметров:
    - \* да: применяется цифровая централизованная реализация BMS;
    - \* нет: применяется аналоговая реализация BMS.

1. M. Lelie, T. Braun, Battery Management System Hardware Concepts – 2018 MDPI, Basel, Switzerland.
2. Зайцев А.С., Смирнов А.А., Бутарович Д.О. – Обзор топологий современных систем управления зарядом накопителей энергии для электрических транспортных средств. Журнал автомобильных инженеров №2(109) 2018. ISSN 20739133