

## **БАЗОВЫЙ МОДУЛЬ УСТРОЙСТВА ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА**

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко» Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь

Описана принципиальная электрическая схема, базового модуля -устройства зарядки энергоносителей электротранспорта. В основе работы базового модуля использован принцип широтно- импульсной модуляции для регулировки выходного тока устройства электропитания. Изложены особенности разработки высоковольтных модулей питания мощностью в десятки киловатт. Представлены технические характеристики и функциональные особенности базового модуля мощностью 20 кВт для зарядки суперконденсаторов и супераккумуляторов. Базовый модуль может работать как в режиме стабилизатора и регулятора тока в нагрузке, так и в режиме стабилизатора и регулятора напряжения.

Базовый модуль является основной силовой ячейкой импульсного зарядного устройства. Это источник вторичного электропитания типа DC - DC для преобразования постоянного напряжения одной величины в постоянное напряжение другой величины. Работа такого источника основана на принципе широтно-импульсной модуляции для регулировки выходного тока. При этом регулирующим элементом является периодически замыкаемый и размыкаемый силовой электронный ключ.

Управление выходными параметрами осуществляется регулировкой ширины импульсов проходного транзистора. Транзистор находится только в двух состояниях - отсечки или открытым, практически не потребляя энергии.

При создании импульсного высоковольтного источника зарядки энергоносителей для предотвращения пробоя силовых транзисторов необходимо определить зависимость напряжения на силовых элементах от скорости нарастания тока и оптимизировать режимы работы этих элементов; определить зависимость температуры силовых элементов от скорости нарастания тока и других электрических режимов. Необходимо также оптимизировать режимы работы силовых элементов электрической схемы для повышения КПД и надежности источников зарядки, исследовать пути снижения массогабаритных характеристик источников разной мощности.

Нами использована схема импульсного источника чопперного типа, по которой постоянное питающее напряжение от первичного источника напряжения подаётся на регулирующийся элемент- силовой транзистор. Последовательно с регулирующим элементом соединён рекуперирующий дроссель - интегратор, который, в свою очередь, вторым концом соединён с конденсатором выходного фильтра и нагрузкой.

При открытом силовом транзисторе в течение некоторого времени, задаваемого устройством управления, энергия от входного источника постоянного тока поступает в рекуперирующий дроссель, в котором накапливается избыточная энергия. Этот дроссель накапливает энергию, подаваемую с ключа, и отдаёт её в нагрузку, когда ключ разомкнут.

При закрытом силовом транзисторе в течение второго отрезка времени, также определяемым устройством управления, накопленная в дросселе энергия через рекуперирующий диод, подключенный к первому концу дросселя и выходу регулирующего элемента, т.е. к эмиттеру силового транзистора, передаётся в нагрузку. В результате на выходе получается усреднённое значение напряжения.

Таким образом, в импульсном стабилизаторе регулирующийся элемент преобразует (модулирует) входное постоянное напряжение в серию последовательных импульсов определённой длительности и частоты, а сглаживающий фильтр, состоящий из рекуперирующего дросселя диода и выходного конденсатора демодулирует их опять в постоянное выходное напряжение.

Импульсный режим работы позволяет значительно уменьшить мощность потерь в регулирующем элементе и тем самым повысить КПД источника питания, уменьшить его массу

и габариты. В этом состоит решающее преимущество импульсных стабилизаторов перед непрерывными стабилизаторами компенсационного типа. КПД импульсных источников питания достигает 95 – 97 %, что недостижимо другими типами преобразователей электроэнергии, особенно для мощностей в десятки киловатт.

Разработанный базовый модуль состоит из следующих блоков.

1. Входной сглаживающий фильтр выпрямленного напряжения первичного источника обеспечивает мобильный модуль электрической энергией.

2. Сильноточный электронный ключ предназначен для преобразования напряжения первичного источника питания в напряжение высокой частоты. Изменением скважности импульсов сильноточного ключа, управляемого блоком управления, регулируется выходной ток в нагрузке.

Электронный ключ состоит из задающего слаботочного генератора электрических сигналов на базе микроконтроллера TL-494 и усилителя мощности, собранного на нескольких IGBT транзисторе типа GPS40B120UD и разработанный мощный скоростной драйвер с фронтами до 50 нс.

3. Система управления организует и контролирует работу всех составных узлов источника питания. Основа системы управления – микроконтроллер TL-494.

4. Рекуператор – это фиксирующий диод и дроссель с конденсатором выходного фильтра. При открытом силовом транзисторе дроссель накапливает избыточную энергию. Когда ключ разомкнут, фиксирующий диод отдаёт эту энергию в нагрузку. Используются сильноточные ультрабыстрые диоды типа 100 EPF12.

5. Система датчиков для контроля за выходными параметрами и внутренним состоянием источника являются основными элементами управления электрической схемы. Она контролирует выходные параметры каждого базового модуля системы зарядки и в случае аварии автоматически выключают его из комплекса модульных блоков.

В качестве датчиков тока для регулировки выходных параметров применены датчики Холла типа SRN-161, SRN 661 или LP 30. Такой выбор типа датчиков позволил изолировать выходные цепи источника питания от самой схемы управления источником питания.

Во время импульсного переключения тока в десятки ампер с фронтами 50-100 нс на переходах «сток- исток» силовых транзисторов возникают импульсы перенапряжения в несколько сотен вольт, что может вызвать их разрушение.

Поэтому был разработан комплекс активных и пассивных демпфирующих устройств и RCL фильтров. В результате превышение напряжения составило всего 50 – 100 В.

Разработаны, изготовлены и исследованы мобильные базовые модули постоянного тока мощностью 10 и 20 кВт, которые предназначены для зарядки энергоносителей электротранспорта во время движения.

Для примера приведены технические характеристики мобильного базового модуля системы зарядки мощностью 20 кВт:

Максимальная электрическая мощность, кВт.....	20
Пределы плавной регулировки тока нагрузки, А.....	0 – 32
Напряжение нагрузки, В.....	до 780
Напряжение питающей сети постоянного тока, В.....	до 800
Режим работы.....	продолжительный
Охлаждение устройства.....	естественное воздушное
Габаритные размеры, мм.....	210 x 110 x 290
Максимальный вес, кг.....	6

В процессе разработки проведены комплексные испытания мобильных модулей для зарядки энергоносителей электротранспорта. Испытания показали пригодность созданных устройств для зарядки суперконденсаторов и супераккумуляторов троллейбусов «со свободным ходом» и электробусов.

### Секция 3. Прикладные проблемы радиофизики

Функциональные особенности разработанных базовых модулей мобильных зарядных устройств заключаются в следующем.

Базовые модули источников питания обеспечивают питание нагрузки стабилизированным по амплитуде постоянным током или напряжением с автоматическим контролем и поддержанием заданной величины в нагрузке при колебаниях входного напряжения в пределах 20 % как в сторону увеличения, так и в сторону снижения, работу источника зарядки в режиме регулировки тока при зарядке энергоносителей электротранспорта с предварительно заданной скоростью нарастания и спада тока зарядки.

В отличие от других типов зарядных устройств большой мощности, разработанный базовый модуль может работать в импульсном режиме, при котором ток или напряжение в нагрузке изменяется во времени по сложному, заранее заданному закону изменения амплитуды, требуемым технологическим процессом.

Особым достоинством разработанных базовых модулей является наличие в их цикле работы режима «мягкого пуска» зарядки и «мягкого выключения» после полного заряда суперконденсаторов и аккумуляторов.

Такой режим необходим для предотвращения «жесткого» режима заряда энергоносителей и их разрушения; а также выхода из строя всей системы зарядки.

Режим «мягкого пуска» обязателен для работы зарядного устройства. Электрическая ёмкость энергоносителей электротранспорта составляет 14 и более фарад. В начальный период зарядки, когда конденсаторы и аккумуляторы разряжены, их электрическое сопротивление низкое. Поэтому в это время ток заряда должен быть ограничен.

Система управления базового модуля обеспечивает контроль амплитуды, длительности и формы тока заряда, контроль и защиту устройства от аварии.

При работе базового модуля зарядки необходимо строгое выполнение очередности включения и отключения входящих в источник отдельных блоков; Это связано с коммутацией большой электроэнергии и нарушение порядка очередности включения может вызвать аварийную ситуацию на электроподстанции и остановку движения троллейбусов на маршруте.

Схема управления базового модуля позволяет параллельное соединение входов и выходов базовых модулей для суммирования электрической мощности всей системы электропитания.

Преимущество разработанных мобильных базовых модулей системы электропитания в том, что они обладают более высокой надежностью и экономичностью работы по сравнению с серийными источниками зарядки энергоносителей, они имеют меньшие масса - габаритные характеристики и стоимость при тех же мощностях.

Повышение надежности в сравнении с серийными инверторными типами зарядных устройств достигнуто тем, что, в электронной схеме исключены ВЧ- преобразователи и трансформаторы, которые сложны в изготовлении и являются наиболее ненадежными элементами вторичных источников питания.

Принципиальная электрическая схема разработанных источников в сравнении с серийными инверторными устройствами, поставляемыми в Республику Беларусь, например, КНР содержит значительно меньше электронных компонентов, особенно меньше силовых транзисторов (в четыре раза), которые являются наиболее тепло- и электронагруженными элементами устройства.

Повышение экономичности достигнуто применением широтно- импульсного метода управления током, исключением поглощающих энергию б дросселей. Поэтому КПД разработанных модулей составляет 93 -95% в зависимости от режимов работы устройства.

Разработанная система зарядки универсальна и может применяться как для мобильных устройств, размещаемых в самом транспортном средстве, так и в стационарных станциях на пунктах зарядки энергоносителей электротранспорта.