

## ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО НА СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЯХ ДЛЯ ЗАРЯДКИ АВТОНОМНЫХ ПРИБОРОВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

*И. С. ДЕМИДОВИЧ, О. В. ЧЕРНЫШОВ, В. В. ЗМИЕВСКИЙ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Выполнение работ по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на транспорте неразрывно связано с применением современных технических средств, зачастую работающих от аккумуляторных источников питания. Вдали от населенных пунктов возникает проблема электроснабжения, в том числе и для заряда аккумуляторов различных автономных приборов, применяемых как при строительстве и восстановлении транспортных объектов, так и подразделениями при расположении на месте. Это различные измерительные приборы, радиостанции, тепловизоры, приборы ночного видения, ноутбуки, БЛА, фонари, различные инструменты и др. Как правило, в полевых условиях в качестве источников питания применяют дизельные либо бензиновые генераторные установки. Они применяются в основном для питания механизированного инструмента и для освещения. Однако генераторы имеют ряд особенностей и недостатков: шумность, достаточно высокая стоимость получаемой электроэнергии, необходимость технического обслуживания двигателя, потребление топлива при работе без нагрузки [1].

Для решения задачи заряда различных аккумуляторов в полевых условиях целесообразно использовать зарядное устройство, вырабатывающее электроэнергию с помощью фотоэлектрических элементов – солнечных батарей. В простейшем варианте такое устройство может быть собрано из одной солнечной панели и комбинированного преобразователя постоянного напряжения (DC-DC-преобразователь), способного как повышать, так и понижать напряжение, с настройкой напряжения и силы тока на выходе из него (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема простого зарядного устройства:  
1 – солнечная панель; 2 – DC-DC-преобразователь напряжения

Принцип работы такого устройства заключается в следующем. Солнечная панель вырабатывает номинальное напряжение 18 В, данное напряжение сразу попадает на преобразователь, настройками которого (путем вращения размещенных на плате преобразователя потенциометров) выставляется требуемый режим заряда аккумулятора – напряжение и ограничение силы зарядного тока. Такой преобразователь обеспечивает зарядку по закону  $CC - CV$  (constant current – constant voltage – сначала постоянным током, в конце постоянным напряжением). Например, для зарядки любого устройства, работающего на одном литий-ионном аккумуляторе, необходимо выставить значение напряжения 4,2 В, что соответствует напряжению полного заряда литий-ионной аккумуляторной ячейки, и силу тока в зависимости от емкости аккумулятора  $C$ , как правило,  $C = 0,5 \dots 1 \text{ А} \cdot \text{ч}$ , т. е. при емкости 2 А·ч сила зарядного тока выставляется 1–2 А.

Однако такой вариант устройства имеет недостатки – при уменьшении освещенности солнечной панели значительно снижается вырабатываемая ею электрическая мощность, что неизбежно приводит к снижению силы зарядного тока. Другая проблема – при высокой освещенности солнечной панели, но низком выставленном значении силы зарядного тока и напряжения (например, при за-

рядке маломощных приборов), не будет реализовываться вся мощность солнечной панели. Следовательно, эффективность такого устройства будет сильно зависеть от погодных условий.

Для решения вышеперечисленных проблем в состав устройства может быть введен промежуточный накопитель энергии (собственный аккумуляторный источник питания) и контроллер солнечной панели (рисунок 2).



Рисунок 2 – Схема зарядного устройства с промежуточным накопителем:

1 – солнечная панель; 2 – контроллер солнечной панели; 3 – промежуточный накопитель; 4 – DC-DC-преобразователь напряжения

Принцип работы данного варианта устройства отличается тем, что вся энергия, вырабатываемая солнечной панелью, накапливается в промежуточном накопителе, в качестве которого может быть использована как свинцово-кислотная аккумуляторная батарея (далее – АКБ), так и АКБ на базе литиевых аккумуляторных ячеек. Солнечный контроллер, в свою очередь, ограничивает выходное напряжение солнечной панели на уровне, необходимом промежуточному накопителю. На преобразователь напряжения энергия подается уже от промежуточного накопителя, что обеспечивает стабильность зарядного тока, а также дает ряд других преимуществ, например есть возможность заряжать различные устройства в ночное время, пока не разрядится промежуточный накопитель.

#### Промежуточный накопитель

В качестве промежуточного накопителя могут быть применены как свинцово-кислотные, так и литиевые АКБ, номинальное напряжение которых будет близко к 12 В. Несомненно, предпочтительнее использовать литиевые АКБ, так как они по своим характеристикам значительно превосходят все другие типы.

Аккумуляторный источник питания (промежуточный накопитель) представляет собой корпус, в котором размещена АКБ, собранная из отдельных аккумуляторов (ячеек). Ячейки при объединении в батарею могут соединяться последовательно (для увеличения номинального напряжения) и параллельно (для увеличения емкости). Также в корпусе могут быть размещены выключатель, подающий питание на выходные клеммы, индикатор заряда или вольтметр и устройство контроля и защиты АКБ – BMS-контроллер (BMS – battery monitoring system), в функции которого входят:

- защита от перегрузки по току;
- защита от короткого замыкания;
- защита от перезаряда (превышения максимального напряжения);
- защита от переразряда (падения выходного напряжения ниже минимального);
- балансировка последовательно соединенных ячеек (как правило, при заряде батареи).

Для выполнения этих функций BMS-контроллер измеряет силу тока на выходе АКБ, а также напряжение как всей АКБ, так и отдельных ячеек. Применение такого устройства значительно повышает надежность и безопасность аккумуляторного источника питания. Аккумуляторные ячейки целесообразно применять литиевые, а именно литий-железофосфатные, обладающие рядом преимуществ перед другими. Литий-железо-фосфатный аккумулятор ( $\text{LiFePO}_4$ , LFP) – тип электрического аккумулятора, являющийся видом литий-ионного аккумулятора, в котором используется соединение  $\text{LiFePO}_4$  в качестве катода. Литий-железо-фосфатные аккумуляторы имеют ряд существенных отличий от классических литий-ионных. Наиболее важные отличия состоят в том, что  $\text{LiFePO}_4$  обеспечивает более длительный срок службы, чем другие литий-ионные технологии (количество циклов заряда-разряда до потери 20 % емкости от 1500 до 7000), а также значительно безопаснее, так как при нарушении целостности корпуса не самовоспламеняется, как большинство литий-ионных [2].

Для компактности и удобства применения промежуточный накопитель, солнечный контроллер и преобразователь напряжения могут быть размещены в едином корпусе. Кроме того, при достаточно высокой емкости накопителя целесообразно предусмотреть и альтернативные способы его заряда, например от сети 220 В или автомобильной бортовой сети, что расширяет область его применения.

Универсальное зарядное устройство на солнечных панелях может найти широкое применение в полевых условиях для зарядки различных устройств и приборов. Вариант устройства с промежуточным накопителем предпочтительнее, так как позволяет более полно реализовать мощность солнечной панели и обеспечивает стабильную силу зарядного тока. Возможность заряжать аккумуляторы по закону  $CC - CV$  (сначала постоянным током, в конце постоянным напряжением) и регулировка напряжения в широком диапазоне делает такое устройство совместимым практически со всеми видами аккумуляторов.

#### Список литературы

1 Демидович, И. С. Применение аккумуляторных источников питания при строительстве / И. С. Демидович, Ю. А. Коновалов, В. А. Савин // Строительство и восстановление искусственных сооружений : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 21–22 мая 2020 г. В 2 ч. Ч. 1 / под общ. ред. А. А. Поддубного. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 121–123.

2 Демидович, И. С. Автономное освещение площадок производства работ при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на транспорте / И. С. Демидович, В. В. Петрусевич // Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию БелИИЖТа – БелГУТа. – Гомель : БелГУТ, 2023. – С. 347–349.

УДК 693.23

### МЕТОД СНИЖЕНИЯ ДЕМАСКИРУЮЩИХ ПРИЗНАКОВ ОПОР КРАТКОСРОЧНЫХ МОСТОВ ПРИ ИХ СООРУЖЕНИИ В УСЛОВИЯХ АКТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОТИВНИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБЫЧНЫХ БОЕПРИПАСОВ

*Р. Ю. ДОЛОМАНЮК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Эффективность воздействия высокоточного оружия на объекты транспортной инфраструктуры не уступает применению ядерных боеприпасов и достигается за счет многократного использования обычных боеприпасов по периодичности, определяемой данными разведки объектов транспорта. Критерием эффективности многократного применения высокоточного оружия является продолжительность цикла разведки – срок обновления информации. Продолжительность цикла разведки зависит от местоположения объекта, условий наблюдения, выбора средств разведки. Для безопасного пропуска подвижного состава по восстановленному железнодорожному мосту время на восстановление и пропуск подвижного состава должны быть меньше продолжительности цикла разведки. Для исключения или существенного затруднения получения информации разработано множество способов. Их применение обеспечивает увеличение времени разведки объекта, что увеличивает время на восстановление и на пропуск подвижного состава. Другим направлением снижения эффективности применения противником высокоточного оружия является увеличение времени на пропуск подвижного состава за счет снижения времени на восстановление объекта. Оптимизация времени на восстановление моста может быть проведена за счет увеличения производственных возможностей мостовых подразделений, с применением новых технологических и технических решений. Наиболее трудоемкими работами по сооружению железнодорожных мостов являются работы по сооружению фундаментов опор, причем трудоемкость у опор в русловой части водной преграды в разы выше трудоемкости опор в пойменной части. Сооружение фундаментов опор практически не демаскирует восстанавливаемый мост, поэтому время ведения восстановительных работ предлагается разделить на два этапа: подготовительный период сооружения фундаментов опор моста и основной – окончательное сооружение опор и установка пролетных строений [1]. В подготовительный период сооружения моста, помимо работ по сооружению фундаментов опор, необходимо выполнить их маскировку. Конструктивно технологические решения при организации функционирования района мостовых переправ должны обеспечивать минимум неизбежных потерь сил и