

Характер процессов переключения  $X_{ij}(t)$ ,  $a_j(t)$  и  $Y_j(t)$ , а также надежного оператора  $G(x, a)$  зависит от свойств конкретных элементов конвейера и режимов их эксплуатации. Временной график работы элемента, представленный в виде последовательности импульсов единичной высоты, является одним из входных процессов в надежной модели данного элемента. Однако это имеет место, если расходование ресурса рассматриваемого элемента определяется не календарным временем его эксплуатации, а чистым временем его работы или смежного оборудования. Если условно считать замену невосстанавливаемого элемента ленточного конвейера разновидностью восстановительной операции, то применительно ко многим элементам деление на восстанавливаемые и невосстанавливаемые не имеет практического значения. Но наличие или отсутствие резервных элементов влияет на выходной процесс  $Y(t)$  и порядок восстановления: предупредительное или аварийное, планируемое или нет, который не может не повлиять на процесс в блоке элемента  $a_j(t)$ . Планово-предупредительные обслуживающие воздействия являются одним из входных процессов в надежной схеме элемента.

Существенным эксплуатационным свойством, присутствующим в определенной степени большинству элементов ленточных конвейеров, является наличие резерва времени между отказом элемента и отказом конвейера из-за отказа этого элемента. В этом случае отказ элемента в течение определенного периода времени является неисправностью конвейера в целом, но не его отказом. Резерв времени может быть ограничен фиксированным значением либо может позволять отложить устранение отказа элемента до ближайшего простоя конвейера по организационным причинам или до ближайшей ремонтной смены, либо даже до ближайшего планового технического обслуживания или ремонта данного элемента конвейера [2].

**Заключение.** Используя структурную модель надежности отдельного выбранного элемента ленточного конвейера, мы имеем возможность отслеживать процессы, происходящие во время работы, анализировать их воздействие на другие элементы и, соответственно, конвейер в целом. При этом есть смысл при усовершенствовании конструкций элементов ленточного конвейера стремиться к максимально возможному обеспечению резерва времени при отказе отдельного элемента, чтобы тем самым с минимальными затратами повысить надежность всей системы в целом.

#### Список цитируемых источников

1. Галкин, В. И. Методы расчета и оценки показателей надежности ленточных конвейеров горных предприятий : дис. ... д-ра техн. наук / В. И. Галкин. — М., 2000. — 454 л.
2. Захаров, Ю. Н. Ленточные конвейеры горной промышленности: исследования и проектирование : монография / Ю. Н. Захаров. — Гродно : ГГАУ, 2013. — 417 с.

УДК 621.316.728

**В. П. Василевич**, кандидат технических наук, профессор, **Е. К. Дятлов**, **В. З. Нгуен**

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АККУМУЛЯТОРНО-ЕМКОСТНОГО НАКОПЛЕНИЯ В ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

**Введение.** Использование как фотоэнергетики, так и альтернативной энергетики является одним из инновационных направлений энергетики. Планируется, что к 2040 году солнечные и ветряные генераторы будут составлять около 40 % всех электростанций мира [1]. На сегодня стоит вопрос о разработке как мобильных решений (управление дроном), так и масштабных солнечных электростанций.

Фотоэлектрическая система состоит из нескольких устройств: солнечная панель, регулятор отбора мощности, аккумулятор и инвертор. Каждое из этих устройств представляет отдельную систему передачи и преобразования электроэнергии, которые соединены между собой. В данной работе описывается аккумулятор, основанный на литий-ионной батарее и суперконденсаторе (ионисторе), а также на алгоритме аккумуляторно-емкостного накопления.

**Основная часть.** В области фотоэлектрических систем одним из основных вопросов является способ аккумуляции энергии. Одним из популярных методов аккумуляции является использование литий-ионных и литий-полевых аккумуляторов.

Современные литий-ионные аккумуляторы имеют при себе высокие удельные характеристики: 100—180 Втч / кг и 250—400 Втч / л [2]. Их номинальное напряжение — 3,7 вольта, а максимальное — 4,2 вольта. Производители данных аккумуляторов могут выпускать решения до сотен ампер-часов, а их рабочие температуры находятся в интервале от  $-40$  °С, до  $+60$  °С. Саморазряд данных батарей составляет 4—6 % за первый месяц, затем намного меньше: за год использования аккумуляторы теряют 10—20 % запасенной емкости, а их ресурс составляет приблизительно 1 000 циклов.

Однако существуют и минусы у данных устройств. Во-первых, присутствует необходимость защиты по току и напряжению. В частности, необходимо исключить возможность короткого замыкания выводов аккумулятора, подачи напряжения обратной полярности, перезаряда [3]. Во-вторых, литий-ионные аккумуляторы имеют свойство нагреваться в зависимости от тока заряда/разряда. При слишком высоком токе эти устройства могут перегреться, вспыхнуть и взорваться, что является опасностью для конечного потребителя. Поэтому существует вопрос об использовании данных аккумуляторов при высоких токах, например, при начальном запуске двигателя.

Для решения данной проблемы планируется использовать суперконденсаторы. Суперконденсатор (ионистор) представляет собой две обкладки из активированного угля, залитые электролитом. Между ними расположена мембрана, которая пропускает электролит, но препятствует физическому перемещению частиц активированного угля между обкладками. В качестве высокодисперсного материала в суперконденсаторах безальтернативно используется активированный уголь с размерами частиц 1—50 мкм, размерами активных пор 0,7—16 нм и удельной поверхностью до 2 500 м<sup>2</sup>/г. Кроме этих уникальных свойств, которые позволяют накапливать большое количество энергии в суперконденсаторах, активированный уголь еще и очень дешев, что практически лишает его всяких конкурентов.

Современные суперконденсаторы должны обладать высоким ресурсом: порядка 700 000 циклов заряда/разряда, что соответствует от 5 до 20 лет работы в зависимости от степени нагрузки; малой себестоимостью при расчете на один цикл использования как энергии; возможностью работать в критических условиях (высокая амплитуда токов, перепады напряжения, экстремальные температурные условия); экологичностью. Максимальная емкость отдельного суперконденсатора, достигнутая на момент написания статьи, составляет 10 000 Ф. У массово выпускаемых суперконденсаторов она не превышает 3 000 Ф. Максимально допустимое напряжение между обкладками не превышает 10 В. Для серийно выпускаемых суперконденсаторов этот показатель, как правило, находится в пределах 2,3—5,5 В. Суперконденсаторы способны выдержать сотни тысяч циклов заряда/разряда, превосходя по этому параметру аккумуляторы примерно в 100 раз [4].

Но и у данных устройств также есть недостатки. В первую очередь суперконденсаторы имеют высокий ток утечки, следовательно, и больший саморазряд [5]. Во-вторых, их стоимость намного выше стоимости аккумуляторных батарей, а величина запасаемой энергии заметно ниже, чем у аккумуляторов [4]. Поэтому невозможно сказать, что мы можем использовать суперконденсаторы как альтернативу аккумуляторным батареям.

Авторами данной работы предлагается использовать аккумуляторно-емкостную систему накопления заряда, состоящую из литий-ионной (или литий-полимерной) аккумуляторной батареи, а также суперконденсатора.

На рисунке 1 представлена структурная схема модуля аккумуляторно-емкостного накопления энергии.

В качестве контроллеров токов было решено использовать цифровой токовый монитор INA260 производства “Texas Instruments”. Максимальный ток данного изделия — до 15 ампер, интервал напряжения — от 0 до 36 вольт. Также данное устройство можно запрограммировать на перевод напряжения на другую шину в зависимости от условий тока.

В качестве основного контроллера решено использовать микроконтроллер STM32F072RBT6, так как он прост в программировании, дешев и популярен на рынке.

Алгоритм работы следующий:

1) питание поступает на контроллер тока заряда. Напряжение до 5 вольт и сила тока до 1 ампера поступает на контроллер АКБ, а также на суперконденсатор. Контроллер тока присылает микроконтроллеру характеристики тока в реальном времени. Если характеристики тока превышают 5 вольт или 1 ампер, то микроконтроллер переключает контроллер тока заряда. Затем контроллер тока перестает подавать основной ток на контроллер заряда, а передает его на DC/DC-преобразователь, который уже затем передает ток 5 вольт 1 ампер на аккумуляторную батарею. В обоих режимах контроллер тока заряда передает энергию на суперконденсатор;

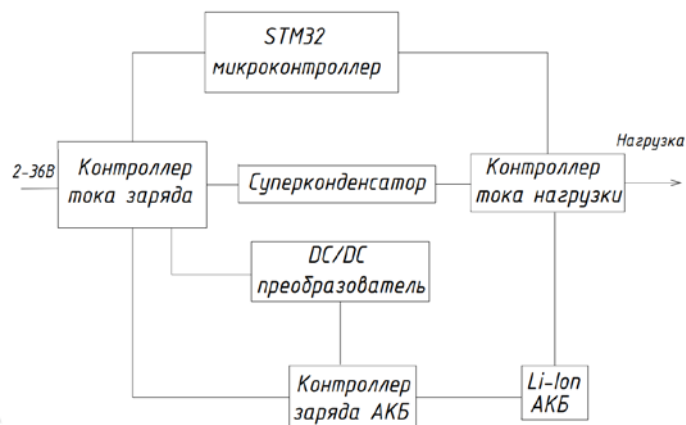


Рисунок 1 — Структурная схема модуля аккумуляторно-емкостного накопления энергии

2) в первом режиме нагрузки питание потребителю идет через контроллер тока нагрузки с использованием литий-ионной батареи. Опять же, микроконтроллер фиксирует характеристики тока нагрузки в реальном времени. При превышении тока в 3,7 вольта и/или 1 ампер микроконтроллер приводит контроллер тока нагрузки в режим повышенного тока, в котором питание идет от суперконденсатора. При возвращении тока к состоянию первого режима микроконтроллер переводит ток контроллера нагрузки на потребление из аккумулятора.

Из плюсов стоит выделить возможность использовать повышенные токи заряда и токи разряда, это поможет запускать изделия с высоким потреблением тока. Также данная система передает статистику в реальном времени, и в ней присутствует несколько видов контроля тока и зарядки устройств.

В качестве недостатков можно выделить стоимость данной системы, потребление контроллеров, а также недолгую работу при повышенных нагрузках.

**Заключение.** Использование аккумуляторно-емкостного накопления является актуальной темой фотоэлектроники, потому что оно позволяет запускать приборы, при включении которых требуется большие токи (например, пусковые двигатели). Для разработки спроектированы структурная и принципиальная схемы данного модуля, в дальнейшем будут проведены экспериментальные исследования при зарядке и разрядке.

#### Список цитируемых источников

1. Solar Power Will Kill Coal Faster Than You Think [Electronic resource]. — Access mode: <https://about.bnef.com/blog/solar-power-will-kill-coal-sooner-than-you-think/>. — Access date: 12.10.2018.
2. Литий-ионные (Li-ion) аккумуляторы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.powerinfo.ru/accumulator-liion.php>. — Дата доступа: 12.10.2018.
3. Никитин, А. Интегральные схемы управления зарядом аккумуляторов производства Maxim / А. Никитин // Новости электроники. — 2009. — № 15.
4. Суперконденсатор в качестве накопителя энергии фотоэлектрического преобразователя [Электронный ресурс] / В. П. Василевич [и др.]. — Режим доступа: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/10813>. — Дата доступа: 12.10.2018.
5. Ионистор [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://vicgain.sdot.ru/ionistor/ionist1.htm>. — Дата доступа: 12.10.2018.

УДК 622.23.05

И. С. Лайша<sup>1</sup>, Н. В. Чичкан<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент, Л. Л. Сотник<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Закрытое акционерное общество «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», Солигорск

<sup>2,3</sup>Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

## ИЗУЧЕНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РАЗРАБОТКИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

**Введение.** Физико-механические свойства материала режущего элемента породоразрушающего инструмента во многом определяют эффективность его применения. Поэтому наиболее приоритетным направлением исследований в вопросах повышения прочности и износостойкости является поиск новых материалов для режущей вставки.

На сегодня особую популярность получили твердосплавные режущие инструменты. Однако учитывая их высокую стоимость, а также хрупкость, целесообразно рассмотреть возможность замены твердосплавного режущего инструмента на режущий инструмент из быстрорежущей стали.

**Основная часть.** Основные операции при добыче руды или при проведении горных выработок: разрушение горной породы, ее отделение от массива и транспортирование [1].

На эффективность проведения горных работ непосредственно влияют физико-механические свойства самих горных пород, такие как плотность, пористость, теплопроводность, электропроводность и др. Из механических свойств наибольшее влияние оказывают прочность, твердость, упругость, пластичность, абразивность.

Большинство проходческих комбайнов для добычи калийной руды, обладающей низкой крепостью и малой абразивностью, оснащаются инструментом режущего типа. К нему относятся буровые коронки, а также стержневые радиальные или тангенциальные резы.

В последние годы преимущественное большинство производителей породоразрушающего инструмента перешли от изготовления цельных инструментов к выпуску серий режущих блоков, включающих в себя резец, резцедержатель, средства крепления резца в резцедержателе, средства установки и извлечения резцов из резцедержателя и оросители. Разновидностей средств крепления довольно много. Наиболее распространенными являются наружное крепление пружинным кольцом, внутренние длинные разрезные втулки, внутренние или наружные разрезные элементы, вставляемые в канавки на хвостовике, внутренние пружинящие проволочные крепления и т. д. Для снижения температуры в зоне контакта резца с горной породой режущие блоки оснащаются оросителями [2].

У резцедержателей режущих блоков размеры гнезда под посадку резца и его длина стандартизированы. Все остальные геометрические параметры являются предметом конструирования. По исполнению резцедержатели под-