

УДК 004.031.6

## РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ БЕСПРОВОДНОГО СПОСОБА ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРА В МОБИЛЬНОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

А.Н. Акользин

В статье рассматривается задача разработки беспроводного способа заряда аккумулятора в мобильной диагностической системе. Описаны особенности и перспективы использования беспроводного способа заряда аккумулятора. Представлена структура технического решения, а также разработана принципиальная схема устройства.

**Ключевые слова:** диагностическая система, беспроводная зарядка, микросхема заряда.

### Актуальность

При эксплуатации мобильных и портативных систем возникает необходимость заряда аккумуляторов, а это постоянная зависимость от электрической сети, которая необходима для заряда батареи.

Другой проблемой является наличие проводного и разъемного соединения зарядного устройства с мобильным устройством, а с этим связаны проблемы с потерей в проводах и привязка к определенному месту, где есть электрическая сеть. Разъемные соединения также являются причиной частых поломок, а соединительные проводники оказываются недостаточно устойчивы к многочисленным переключением и изломам.

Логичным выходом из сложившейся ситуации является использование технических решений основанных на беспроводных способах передачи энергии. Данное направление электроники активно развивается, тем самым в настоящее время на рынке присутствуют некоторые технические решения.

Достаточно актуальным является применение подобного способа зарядки в мобильной диагностической системе, так как в состав её модулей входит Li-ion аккумулятор, и желательно обеспечить беспроводной способ заряда аккумулятора, без каких либо разъемных и проводных соединений [1].

### Структура технического решения беспроводного способа заряда

При более детальном рассмотрении технологических решений от разных производителей, можно разделить общую структуру беспроводного зарядного устройства на несколько составляющих частей, таких как передатчик в его составе блок питания передатчика, контроллер передатчика, силовая часть катушки передатчика, катушка передатчика. Приемник в его составе катушка приемника, выпрямитель, стабилизатор напряже-

ния, контроллер зарядного устройства, силовая часть зарядного устройства.

Рассмотрим более подробно каждый из элементов разработанной структурной схемы представлено на рисунке 1.

Блок питания передатчика представляет собой источник постоянного напряжения 12В, работающий от сети переменного напряжения 220В.

Контроллер передатчика предназначен для создания в катушке передатчика переменного напряжения определенной частоты и амплитуды. Контроллер следит за уровнем напряжения и тока в катушке передатчика. Контроллер определяет, в каком режиме необходимо работать устройству, в режиме ожидания или в режиме заряда.

Силовая часть катушки передатчика построена на мощных полевых транзисторах и необходима для подачи напряжения на катушку передатчика.

Схема контроля напряжения и тока необходима для того, чтобы контроллер отслеживал и корректировал напряжение и потребляемый ток, в катушке передатчика, такая же схема дублируется в приемнике для контроля тока и напряжения заряда аккумулятора.

Катушка передатчика и катушка приемника представляют собой медный провод, намотанный в катушку без сердечника. Катушки различаются друг от друга только количеством витком медного провода и толщиной сечения этого провода.

Выпрямитель построен на выпрямительных диодах и фильтрах для получения постоянного напряжения с катушки приемника.

Стабилизатор напряжения необходим для стабилизации полученного выпрямленного напряжения, без помех и пульсаций.

Контроллер зарядного устройства управляет зарядом подключенного аккумулятора по заданному заранее алгоритму, после за-

## РАЗДЕЛ 5. ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И КОМПОНЕНТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

ряда аккумулятора до номинального напряжения заряд прекращается. Также контроллер следит за температурным режимом аккумулятора.

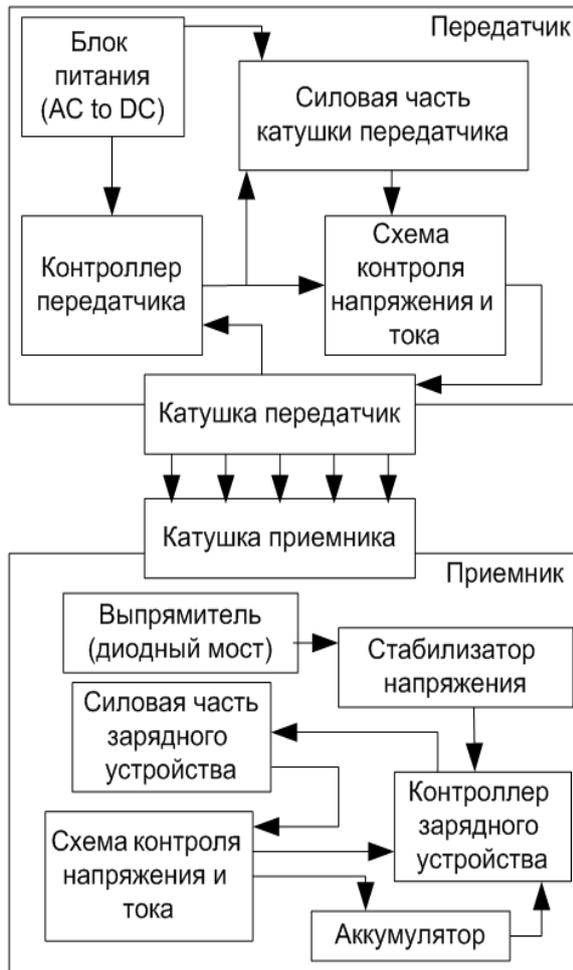


Рисунок 1 - Структура устройства.

### Разработка принципиальной схемы беспроводного способа заряда

Для разработки принципиальной схемы устройства, рассмотрим технологические решения для каждого компонента элемента разработанной структурной схемы.

Как видно из структурной схемы управление передатчиком и управление приемником осуществляют контроллеры, в которые заранее записаны алгоритмы управления. Основная задача устройства осуществлять передачу энергии в приемник, как только последний будет расположен над передатчиком, в остальное время передатчик переходит в режим ожидания, для экономии энергии. Приемник в свою очередь должен начать процесс зарядки аккумулятора, как только на него начнется передаваться энергия, после

зарядки аккумулятора оповестить об окончании процесса зарядки.

Силовая часть присутствует как в передатчике, так и в приемнике, она построена на мощных полевых транзисторах.

Рассмотрим подробно силовую часть катушки передатчика.

Для работы устройства необходимо создавать в катушке передатчика переменное напряжение различной частоты. Напрямую управляющие выводы контроллера нельзя соединять с катушкой, так как по техническим характеристикам максимальный выходной ток контроллера 20 мА. Для этого воспользуемся силовой частью построенной на мощных полевых транзисторах.

Проанализировав литературные источники по импульсным преобразователям [3], для реализации переменного напряжения выберем за основу мостовую схему включения транзисторов, как показано на рисунке 2, так как она проста в работе и настройке.

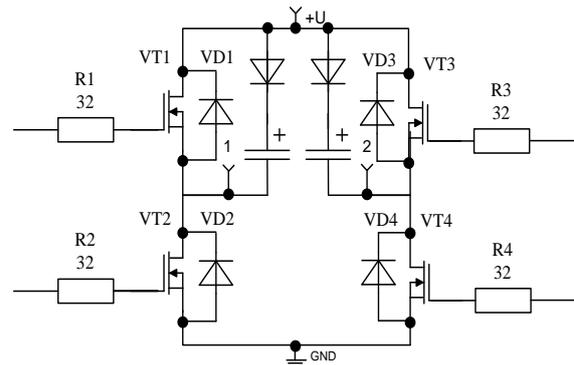


Рисунок 2 – Силовая часть передатчика.

Данное технологическое решение работает следующим образом: все четыре транзистора работают попарно, с необходимой частотой по очереди открывается левая диагональ транзисторы VT1 и VT4, затем правая диагональ транзисторы VT3 – VT2. Таким образом, на контактах 1 и 2 будет образовываться переменное напряжение необходимой частоты. Основным недостатком данного решения, является электрический пробой транзисторов, при неправильном управлении, а именно между переключением диагоналей необходимо время на полное закрытие транзисторов, если этого не сделать может произойти пробой пары транзисторов VT1 и VT2 или VT3 и VT4.

Чтобы не произошло пробоя, воспользуемся широтно-импульсным контроллером. Микросхема UC3825 представляет собой схему широтно-импульсного контроллера с обратной связью по току и напряжению для

## РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ БЕСПРОВОДНОГО СПОСОБА ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРА В МОБИЛЬНОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

управления полумостовым каскадом на n-канальных МОП транзисторах.

Микросхема специально разработана для долговременной работы с минимальным количеством внешних дискретных компонентов, контроллер отличается точным управлением рабочего цикла, температурной компенсацией и имеет невысокую стоимость.

Главной особенностью является возможность синхронизации с любым микроконтроллером, для реализации необходимой частоты на выходном каскаде. Также с помощью дискретных компонентов задается минимальное «мертвое время», за которое силовые транзисторы полностью закрываются, тем самым полностью исключен выход из строя по этой причине.

Так как микросхема предназначена для управления полумостовым каскадом, то для применения в нашей схеме, воспользуемся двумя дополнительными полумостовыми драйверами, которые вместе будут управлять мостовой схемой транзисторов. Микросхема IR2110 – представляет собой драйвер для МОП – транзисторов с независимыми выходными каналами нижнего и верхнего уровней.

МОП – транзисторы и защитные диоды, используемые в изготовлении драйвера катушки передатчика, были выбраны по параметрам с запасом в 10 раз в большую сторону, чтобы исключить выход из строя схемы и уменьшить нагрев устройства во время работы.

Работа любого бесконтактного зарядного устройства основана на явлении электромагнитной индукции. Электромагнитная индукция – явление возникновения электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, проходящего через него. Основное устройство использующее, в своей работе электромагнитную индукцию является трансформатор. Таким образом, в составе каждого беспроводного зарядного устройства присутствуют две катушки, катушка приемника и катушка передатчика, которые выполняют функцию трансформатора.

Катушка передатчика и катушка приемника представляют собой медный провод, намотанный в катушку без сердечника. Катушки различаются друг от друга только количеством витком медного провода и толщиной сечения этого провода. Так как изготавливать катушку без сердечника, технологически сложно, было принято решение изготовить макет платы печатного трансформатора, представленного на рисунке 3.

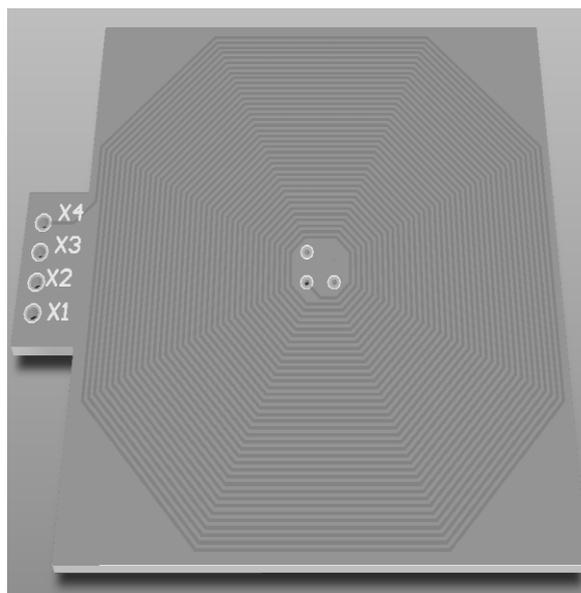


Рисунок 3 – Плата печатного трансформатора

Во время работы устройства, с катушки трансформатора приемника поступает переменное напряжение. Для работы схемы заряда необходимо постоянное напряжение. Стандартное решение для данной задачи, использование выпрямительных диодов подходящих по входному напряжению и току, но у диодов есть один недостаток, у них прямое падение напряжения от 0.5 до 2 В. Если использовать диодный мост, построенный на диодах Шотки, так как данный вид диодов имеет максимально низкий уровень падения напряжения, падение напряжение в таком случае на диодном мосте будет равно 1 В. Чтобы его уменьшить воспользуемся технологическим решением от фирмы ON Semiconductor. Микросхема NMLU1210 – это мостовой выпрямитель с низким прямым падением напряжения, 0.45 В при нагрузке 3 А, также корпус рассчитан на применение в мобильной электронике и в беспроводных зарядных устройствах [2]. Далее выпрямленное напряжение необходимо привести к уровню 5В, для питания микросхемы заряда, воспользуемся микросхемой LD1117 для стабилизации выходного напряжения на уровне 5В.

Из-за специфичности устройства, появляется необходимость определения, когда приемник будет находиться над передатчиком, чтобы начать процесс передачи энергии от передатчика приемнику, а также об окончании заряда для отключения передачи энергии. Для решения данных задач воспользуемся датчиком тока в силовой цепи катушки передатчика, так как в режиме ожидания ток, проходящий через катушку, будет минимальный. Как только приемник появится над пере-

## РАЗДЕЛ 5. ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И КОМПОНЕНТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

датчиком, то ток в катушке возрастет до номинального, и контроллер запустит процесс передачи энергии, также и после окончания процесса зарядки ток в катушке снизится до номинального и контроллер прекратит процесс передачи энергии.

Для контроля тока воспользуемся резистивным элементом, включенным в цепь катушки. Так как, при прохождении тока по резистивному элементу, на нем будет падение напряжения, вследствие чего он будет греться, тем самым расходуя энергию. Для уменьшения потерь резистивный элемент выбирается маленького номинала порядка 0.01 – 0.001, и так как падение напряжение низкое для его увеличения применяется операционный усилитель с коэффициентом усиления порядка 50-100 раз.

Для реализации основной задачи разрабатываемого устройства, заряда аккумулятора воспользуемся готовым схемным решением, а именно выберем контроллер заряда аккумуляторов BQ2409 от Texas Instruments [3].

Данная серия устройств с высокой степенью интеграции предназначена для Li-ion и Li-Pol зарядных устройств, которые ориентированы на портативные приложения, в которых ограничено место под электронику. Устройство может работать либо от порта USB или сетевого адаптера.

Микросхема имеет один выходной транзистор, который заряжает аккумулятор. Микросхема предназначена для заряда односекционных аккумуляторов, так как не имеет возможности контролировать напряжение и ток в отдельных секциях. На всех этапах заряда, внутренний контроллер управления контролирует температуру аккумулятора и уменьшает ток заряда, если температура превышает дополнительный порог. С помощью дополнительных резисторов можно настроить микросхему на определенный ток заряда аккумулятора.

Также для проверки работоспособности микросхемы был изготовлен макет зарядного устройства. В ходе экспериментов были использованы все режимы работы микросхемы. Для разрабатываемого устройства будет использоваться режим с ограничением тока заряда на уровне 0.5 А. Для исключения выхода из строя используемых аккумуляторов.

### Выводы

В ходе проделанной работы описанной выше, были изготовлены и проверены в действии несколько макетов устройства беспроводного способа заряда. После проведенных

испытаний и корректировки принципиальной схемы, был получен готовый образец устройства, для использования в диагностической системе. Технические параметры устройства:

- напряжение на выходе 5 В.;
- ток на выходе до 500 мА.;
- напряжение на передатчике 12 В.;
- ток потребления передатчика до 500 мА.;

При проведении испытаний макета выяснилось что, у данного вида технического решения есть недостатки:

- большой размер, из-за больших компонентов используемых в схеме, из-за специфики микросхем заряда аккумуляторов (доп. комплектация);
- большие потери из-за не идеальности компонентов;
- малая выходная мощность, из-за различного воздушного зазора между катушками, необходимо точно контролировать частоту резонанса между катушками, что влечет за собой точное позиционирование катушек.

Результаты исследований, изложенные в данной статье, получены при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках реализации проекта "Создание высокотехнологичного производства по изготовлению мобильного многофункционального аппаратно-программного комплекса длительного кардиомониторирования и эргометрии" по постановлению правительства №218 от 09.04.2010 г. Исследования проводились во ФГАОУ ВПО ЮФУ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев, А.О. Критерии выбора архитектуры беспроводной сети мобильных диагностических систем [Текст] / А.О. Беляев // Ползуновский вестник. - 2013 - № 2 - С. 114 - 116.
2. NMLU1210: Power MOSFET 20V 3.2A 26 mOhm Dual N-Channel Full Bridge Rectifier. [Электронный ресурс] / Full Bridge Rectifier Inc. - Режим доступа: URL: <http://www.onsemi.ru.com/PowerSolutions/product.do?id=NMLU1210>. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
3. BQ24090 1 A, Single-Input, Single-Cell Li-Ion and Li-Pol Battery Charger (Rev. E) [Электронный ресурс] / Texas Instruments Incorporated. - Режим доступа: URL: <http://www.ti.com/product/bq24090>. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
4. Семенов, Ю.Н. Силовая электроника: от простого к сложному. [Текст] / Ю.Н. Семенов. - М.: СОЛОН-Пресс, 2005. - 416 с.: ил.

*инженер, Акользин А.Н., тел. 8 (8634) 311-143, [anton.akolzin@rambler.ru](mailto:anton.akolzin@rambler.ru) - Научно-технический центр "Техноцентр" ФГАОУ ВПО Южный федеральный университет.*