

УДК 621.316.925

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОДОГРЕВ АККУМУЛЯТОРОВ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

Бухтояров И.В., Бухтояров В.Ф.

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет

(национальный исследовательский университет)», Челябинск, e-mail: biv-orlan74@mail.ru

Предлагаемое устройство относится к области электротехники и может быть использовано в цепях внутреннего подогрева аккумуляторной батареи в зимнее время. Отмечена необходимость подогрева аккумуляторов, установленных на транспортных средствах, в зимнее время при низких температурах окружающего воздуха. Разработанное устройство для автоматического подогрева аккумуляторной батареи в зимнее время отличается от известных повышенной экономичностью и надежностью функционирования. Отмеченный результат достигается применением управляемого индуктивного накопителя, работающего поочередно в режимах накопления и рекуперации электроэнергии. Устройство для автоматического подогрева аккумуляторной батареи содержит блок переключения, блок управления переключением, индуктивный накопитель энергии, подключенный к выходу блока переключения, реле тока, подключенное своим выходом к управляющему входу блока управления переключением, выполненного в виде широтноимпульсного контроллера с двумя выходами, каждый из которых через две пары согласующих элементов подключен к двум соответствующим входам блока переключения, содержащего две пары замыкающих ключей, одна из которых установлена в цепи прямого подключения индуктивного накопителя энергии к положительному зажиму аккумуляторной батареи, а другая пара замыкающих ключей установлена в цепи инверсного подключения индуктивного накопителя энергии к отрицательному зажиму через реле тока, а каждая пара упомянутых выше цепей прямого и инверсного подключения индуктивного накопителя энергии соединена между собой параллельно и подключена к соответствующему зажиму аккумуляторной батареи.

Ключевые слова: автоматический подогрев, аккумуляторная батарея, индуктивный накопитель, устройство, схема

AUTOMATIC BATTERY HEATING IN WINTER

Bukhtoyarov I.V., Bukhtoyarov V.F.

South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, e-mail: biv-orlan74@mail.ru

The proposed device belongs to the field of electrical engineering and can be used in the internal heating circuits of the battery in the winter. It is noted that it is necessary to heat the batteries installed on vehicles in winter at low ambient temperatures. The developed device for automatic heating of the battery in the winter differs from the known ones in increased efficiency and reliability of operation. This result is achieved by using a controlled inductive storage device that operates alternately in the modes of accumulation and recovery of electricity. The device for automatic battery heating contains a switching unit, a switching control unit, an inductive energy storage connected to the output of the switching unit, a current relay connected by its output to the control input of the switching control unit, made in the form of a pulse width controller with two outputs, each of which is connected through two pairs of matching elements to two corresponding inputs of the switching unit containing two pairs of closing keys, one of which has a circuit for direct connection of the inductive energy to the positive battery clip and another pair of locking keys mounted in the circuit inverse connection of the inductive energy to the negative terminal of the battery through said relay current to each pair of the above-mentioned circuits of direct and inverse connection of the inductive energy storage are connected in parallel and connected to the appropriate battery clip.

Keywords: automatic heating, battery, inductive storage, device, circuit

В зимнее время при низких температурах запуск двигателя автомобиля или другого транспортного средства связан, как известно, с повышенным потреблением электроэнергии от аккумулятора и не всегда бывает успешным без предварительного подогрева аккумулятора. В зимнее время при низких температурах возможно также замерзание электролита и разрушение аккумулятора. Кроме того, при низких температурах наблюдается увеличение внутреннего сопротивления аккумуляторов (батарей) и снижение их емкости.

Для обеспечения нормальной работы аккумуляторов, установленных на транспортных средствах (автомобилях, тракторах, вагонах и т.д.), в зимнее время при низких температурах окружающего воздуха

необходимо их утеплять или подогревать, используя различные способы и средства.

Существует множество разных способов, средств и устройств подогрева и утепления аккумулятора. К их числу можно отнести [1–4]:

– утепление аккумулятора укрывным теплоизоляционным материалом. Способ применяется, как правило, при частом использовании автомобиля. При длительной стоянке автомобиля способ неэффективен;

– размещение аккумулятора в утепленном контейнере с двойными стенками, пространство между которыми заполняется теплоизоляционным материалом (войлоком, поролоном, пенопластом и др.). При таком способе утепления аккумулятор сохраняет работоспособность после стоянки авто-

мобиля на открытой площадке в течение 10–12 ч (при температуре окружающего воздуха до минус 50 °С). Эффективность утепления аккумулятора тем выше, чем больше толщина теплоизолирующего материала. Однако обеспечить нормальную работу аккумулятора этим способом в условиях низких температур при наружной стоянке автомобиля в течение длительного времени без подогрева аккумулятора затруднительно. Кроме того, в указанных условиях возможно замерзание электролита в аккумуляторе (при недостаточной плотности), разрушение его элементов и в конечном счете выход аккумулятора из работы. При замерзании электролита внутреннее сопротивление аккумулятора значительно увеличивается, а его напряжение уменьшается. Вследствие этого получить от такого аккумулятора ток, необходимый для обеспечения нормального пуска двигателя, становится практически невозможно;

– утепление подкапотного пространства автомобиля (моторного отделения), включающего аккумулятор и двигатель с радиатором и другими элементами двигателя (масляный фильтр, патрубки радиатора). Такое утепление позволяет предохранять двигатель и радиатор от охлаждения и таким образом поддерживать аккумулятор в теплом состоянии. Этот способ, будучи более эффективным по сравнению с предыдущим, является в то же самое время более дорогим. Требуются затраты на приобретение специального теплоизоляционного материала. Можно, конечно, утеплять и недорогим подручным материалом, например картоном;

– нагрев охлаждающей жидкостью, проходящей через трубы, охватывающие аккумулятор и подключенные к системе охлаждения двигателя. Нагрев аккумулятора осуществляется при работающем двигателе. Этот способ находит ограниченное применение, так как связан с дополнительными затратами на прокладку трубопроводов, их обслуживание и создает трудности со снятием и установкой аккумуляторных батарей. Возможен также перегрев аккумулятора и его повреждение, например в случае закипания электролита;

– нагрев с помощью электрических нагревателей, выполненных в виде нихромовой проволоки или нити, охватывающей аккумулятор по контуру и запитанной от своего аккумулятора или другого источника. Электрические нагревательные элементы могут размещаться также внутри каждого аккумулятора и к нему подключаться. Этот способ является энергозатратным. На-

пример, при использовании электрических нагревательных элементов, размещенных внутри каждого аккумулятора и подключенных к выводам своего аккумулятора, расход электроэнергии может составлять порядка 8–10% по отношению к мощности аккумуляторов в батарее [5]. Кроме того, при использовании этого способа требуется значительное время на подогрев.

Следует отметить устройства для утепления аккумуляторов заводского исполнения. Например, устройство, выполненное в виде теплоизолирующего чехла, снабженного нагревательными пластинами, запитанными от основного или дополнительного аккумулятора. Известно устройство, выпускаемое в виде терм кейса, внутри которого установлены нагревательные элементы и в который помещается аккумулятор [1]. При использовании данного устройства остывание аккумулятора происходит в течение длительного времени.

Таким образом, каждый из известных способов и устройств утепления и подогрева аккумуляторов имеет как положительные, так и отрицательные показатели. Общим недостатком всех способов и устройств является ограниченная область их применения и зависимость эффективности от температурных и временных параметров. Любой из них будет относительно эффективен при условии, если аккумулятор будет находиться при минусовой температуре незначительное время. Наилучшие показатели имеют способы, обеспечивающие подогрев аккумуляторов, но их реализация связана со значительными энергетическими и материальными затратами.

С учетом вышесказанного целью исследования является разработка недорогих и эффективных устройств, обеспечивающих подогрев аккумуляторов при низких температурах и длительном их нахождении на открытом воздухе, что является актуальной задачей.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлось устройство для автоматического подогрева аккумулятора (аккумуляторной батареи) в зимнее время при низких отрицательных температурах.

В работе были использованы методы научно-технического и патентного обзора информации, анализа и синтеза технической информации и экспериментальные методы.

В результате проведенных исследований синтезировано новое устройство для автоматического подогрева аккумуляторных батарей (УАПБ) в зимнее время [6], блок-схема которого показана на рис. 1.

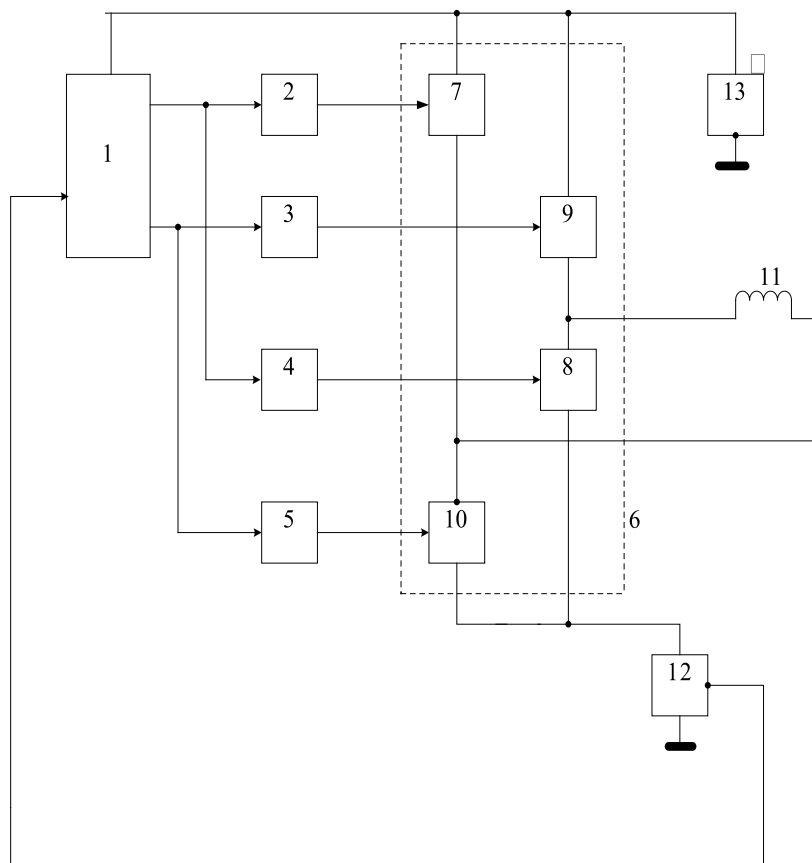


Рис. 1. Блок-схема устройства для автоматического подогрева аккумуляторной батареи в зимнее время

УАПАБ состоит из блока управления переключением 1 с двумя выходами, первый выход которого подключен к согласующим элементам 2 и 4, а второй – к согласующим элементам 3 и 5, блока переключения 6, содержащего попарно работающие ключи 7, 8 и 9, 10, образующие соответственно цепи прямого и инверсного подключения индуктивного накопителя энергии 11, запитанного от аккумуляторной батареи 13, реле тока 12, один вход которого подключен к минусовому зажиму аккумуляторной батареи 13, а второй – к общей точке цепей прямого и инверсного подключения индуктивного накопителя энергии 11, при этом выход реле тока 12 соединен с управляющим входом блока управления переключением 1. Блок управления переключением 1 выполнен в виде ШИМ (широтно-импульсная модуляция) – контроллера типа TL494, а согласующие элементы 2-5 выполнены в виде двух драйверов типа IR2111, которые управляют ключами 7-10, выполненными на полевых транзисторах типа IRF2807, имеющих малое сопротивление в открытом состоянии.

Благодаря этому в них в открытом состоянии теряется малая мощность и отпадает необходимость в применении радиатора.

Элементная база УАПАБ была выбрана не случайно. Микросхема ШИМ-контроллера TL494 выпускается уже несколько десятилетий и стала классикой. На ее базе было создано множество подобных ШИМ-контроллеров, расширяющих функционал этой микросхемы. Эта микросхема в тестовом устройстве используется как двухтактный ШИМ-контроллер, на выходе которого формируются два сигнала управления транзисторами в противофазе, позволяющие регулировать ширину импульса и, как следствие, регулировать ток, протекающий через дроссель. Вместе с тем данная микросхема имеет малый выходной ток, недостаточный для открывания полевых транзисторов, а также малое количество выходов – у нее всего два выхода. Для управления четырьмя транзисторами пришлось установить два драйвера IR2111, специально разработанных для управления двумя полевыми транзисторами, образующих полумост.

Накопитель энергии 11 выполнен в виде дросселя с обмоткой, намотанной на альсиферовом кольце.

Внешний вид элементов УАПБА приведен на рис. 2.

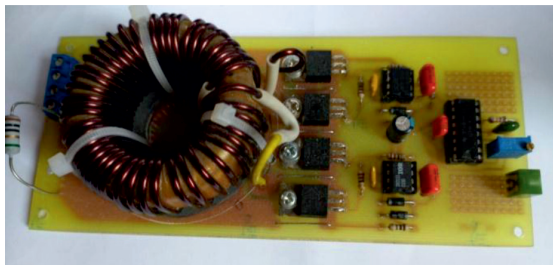


Рис. 2. Общий вид элементов УАПБА

УАПБА работает следующим образом.

При включении его в работу на выходе блока управления 1 и соответственно на выходах согласующих элементов 2–5 появляются управляющие сигналы заданной длительности, поступающие на управляющие входы замыкающих ключей 7–10, работающих попарно: сначала замыкаются ключи 7 и 8, установленные в цепи прямого подключения индуктивного накопителя энергии 11, а затем, после размыкания ключей 7 и 8, замыкаются ключи 9 и 10, установленные в цепи инверсного подключения индуктивного накопителя энергии 11. При замыкании ключей 7 и 8 на вход индуктивного накопителя энергии 11 подается кратковременно напряжение аккумуляторной батареи 13, длительность подачи которого определяется длительностью замыкания ключей, и через накопитель 11 начинает протекать ток, изменяющийся от нуля до максимального значения в момент размыкания ключей 7 и 8. При достижении значения на выходе реле тока 12, работающего в пороговом режиме, появляется сигнал, поступающий на вход блока управления переключением 1. В результате этого происходит размыкание ключей 7 и 8 и замыкание ключей 9 и 10 и начинается процесс разряда (возврата) накопленной в накопителе 11 энергии на аккумуляторную батарею 13. После перехода (разряда) энергии из накопителя 11 в аккумуляторную батарею 13 начинается вновь процесс накопления энергии в накопителе 11. Накопление энергии заканчивается после размыкания ключей 9 и 10. Каждая пара ключей не только рекуперировывает энергию, но и накапливает ее в следующей последовательности: цикл накопления энергии через ключи 7 и 8; цикл рекуперации энергии через ключи

9 и 10; цикл накопления энергии через ключи 9 и 10; цикл рекуперации через ключи 7 и 8 и т.д. Осциллограмма работы УАПБА представлена на рис. 3.

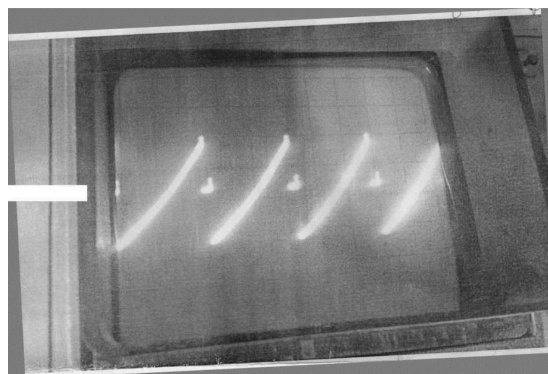


Рис. 3. Зависимость токов заряда-разряда аккумуляторной батареи от времени

Индуктивный накопитель 11 в заряженном состоянии потребляет от аккумуляторной батареи мощность, компенсирующую потери в активном сопротивлении индуктивного накопителя.

Таким образом, подогрев аккумуляторной батареи 13 происходит как во время заряда накопителя 11, так и во время его разряда на батарею 13.

Упрощение схемы устройства, уменьшение его стоимости, повышение экономичности и надежности функционирования достигаются выполнением блока управления переключением в виде ШИМ-контроллера, управляемого реле тока, работающим в пороговом режиме, а блока переключения – в виде двух пар управляемых замыкающих ключей, работающих попарно и образующих соответственно цепи прямого и инверсного подключения индуктивного накопителя энергии 11 к аккумуляторной батарее 13, подключенные через упомянутое реле тока к минусовому зажиму аккумуляторной батареи, при этом каждая пара упомянутых выше цепей прямого и инверсного подключения индуктивного накопителя энергии соединена между собой параллельно и подключена к соответствующему зажиму аккумуляторной батареи.

Устройство осуществлено на основе серийно выпускаемых элементов и узлов (контроллер, полупроводниковые ключи, драйверы и т.п.).

Результаты исследования и их обсуждение

Технический результат предлагаемого решения состоит в упрощении схемы устройства для автоматического подогрева

аккумуляторной батареи в зимнее время и повышении надежности функционирования, а также в снижении расхода активной мощности аккумуляторной батареи на подогрев из-за отсутствия в схеме устройства демпфирующего элемента (резистора).

Испытание экспериментального образца УАПАБ в лабораторных условиях подтвердило его работоспособность и правильность выбранного алгоритма функционирования. Задачей дальнейших исследований является обоснование оптимальных параметров процесса заряда-разряда индуктивного накопителя энергии и выбор конструктивных параметров элементов устройства в зависимости от мощности (емкости) аккумуляторных батарей, применяемых на транспортных средствах, и диапазона изменения температур в зимнее время.

Выводы

1. Выполнен анализ (обзор) известных способов и устройств для утепления и подогрева аккумуляторов (аккумуляторных батарей) в зимнее время при низких температурах.

2. Предложен способ для подогрева аккумуляторных батарей, основанный на автоматическом заряде и разряде индуктив-

ного накопителя энергии, запитанного от самой аккумуляторной батареи.

3. Разработан экспериментальный образец устройства для подогрева аккумулятора, изготовленный на базе серийных элементов, проведены его испытания в лабораторных условиях, подтвердившие работоспособность и правильность функционирования.

Список литературы

1. Утепление и подогрев аккумулятора или что делать, если замерз аккумулятор [Электронный ресурс]. URL: <https://www.drive2.ru/l/2862528> (дата обращения: 22.06.2020).

2. Как утеплить аккумулятор на зиму своими руками? [Электронный ресурс]. URL: <https://akbzona.ru/stati/uteplitel-dlya-akkumulyator> (дата обращения: 22.06.2020).

3. Эксплуатация автомобильного аккумулятора: работоспособность, неисправности и уход. [Электронный ресурс]. URL: <https://avtonov.info/ekspluatacija-avtomobilnogo-akkumuljatora> (дата обращения: 22.06.2020).

4. Особенности зимней эксплуатации АКБ. [Электронный ресурс]. URL: <https://220volt.com.ua/news/useful/akkumulyatornie-batarei/osobennosti-zimnej-ekspluatatsii-akb.html> (дата обращения: 22.06.2020).

5. Аккумуляторная батарея с автоматическим внутренним подогревом // Патент России № 2398315. Патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Транспорт», опубл. 27.08.2010 г.

6. Бухтояров И.В., Бухтояров В.Ф. Устройство для автоматического подогрева аккумуляторной батареи в зимнее время // Патент РФ № 2672948. Патентообладатели Бухтояров И.В., Бухтояров В.Ф. 2018. Бюл. № 31.