

УДК629.1.04

UDC629.1.04

**ПУСКО-ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО  
АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ****BATTERY STARTER CHARGER**

*М. М. Филь, М. А. Сычева,  
И. В. Орхименко, Н. В. Руденко*

*M. M. Fil, M.A. Sycheva,  
I. V. Okhrimenko, N.V. Rudenko*

Донской государственной технической  
университет, Ростов-на-Дону, Российская  
Федерация

Don State Technical University, Rostov-on-Don,  
Russian Federation

[igor.oxr@mail.ru](mailto:igor.oxr@mail.ru)  
[rnv.2017@mail.ru](mailto:rnv.2017@mail.ru)  
[m.r.fillipok@gmail.com](mailto:m.r.fillipok@gmail.com)  
[sycheva1412@gmail.com](mailto:sycheva1412@gmail.com)

[igor.oxr@mail.ru](mailto:igor.oxr@mail.ru)  
[rnv.2017@mail.ru](mailto:rnv.2017@mail.ru)  
[m.r.fillipok@gmail.com](mailto:m.r.fillipok@gmail.com)  
[sycheva1412@gmail.com](mailto:sycheva1412@gmail.com)

Рассмотрен пуско–заряд аккумуляторных батарей, определены его недостатки. Составлена блок схема оптимального заряда аккумуляторных батарей, конфигурация микроконтроллера.

The article considers battery starter charger and specifies its disadvantages. A block diagram of the preferable battery charge and the configuration of the microcontroller is constructed.

**Ключевые слова:** аккумуляторная батарея, пуско–заряд, сульфатация.

**Keywords:** battery, starter charger, sulfatation.

**Введение.** Качество и срок эксплуатации аккумуляторной батареи (АКБ) зависит от своевременности и полноты работ при ее обслуживании. Известно, что зарядка большими токами снижает срок службы, уменьшает емкость аккумулятора; зарядка же малыми токами вреда не приносит, но занимает много времени [1]. Заряжая кислотные аккумуляторы, особое внимание следует уделить одновременности окончания зарядки. Заряд аккумуляторов более чем 10–20% увеличивает толщину активного слоя на положительных пластинах и ускоряет их разрушение.

Систематический разряд батареи способствует развитию сульфатации [2]. Как показывает практика, сульфатация одна из наиболее частых неисправностей батареи. Этот дефект возникает в результате неправильного ухода за батареей, приводит к образованию крупных, трудно растворимых при зарядке кристаллов сернистого свинца на пластинах. Причин сульфатации аккумуляторов несколько. Во-первых, глубокий разряд ниже 1,7 В на элемент недопустим. Крайне нежелательно, длительное нахождение батареи в разряженном состоянии (поэтому очень важен своевременный подзаряд, допускать разряд ниже 70% нежелательно).

Губительны для аккумуляторов и систематический недозаряд и низкий уровень электролита вместо дистиллированной воды. Недопустима также заливка загрязненного электролита. Наиболее эффективный способ борьбы с сульфатацией — поочередный заряд–разряд аккумулятора или пропускание через него асимметричного зарядного тока, у которого отношение зарядной и разрядной составляющих равно 1:10, а длительностей импульсов -1:2...3 [3]. Причем второй способ позволяет не только восстанавливать работоспособность засульфатированных АКБ, но и проводить профилактическую обработку исправных.

**Цель работы.** Разработать пуско–зарядное устройство (ПЗУ), которое имеет возможность регулировки тока заряда и разряда, а также длительность тока разряда (соотношение тока заряда–разряда).

В предложенной конструкции предусмотрено автоматическое отключение по окончании заряда. Устройство снабжено аналоговым вольтметром с растянутой шкалой на 10–20 В и цифровым измерительным прибором (вольтметром и амперметром). Имеется защита от короткого замыкания и от переплюсовки. В устройстве введены такие важные функции, как возможность запуска двигателя и режим непрерывного заряда. Устройство работает только при присоединении его выходных зажимов к АКБ с соблюдением полярности.

Блок–схема ПЗУ представлена на рисунке 1.

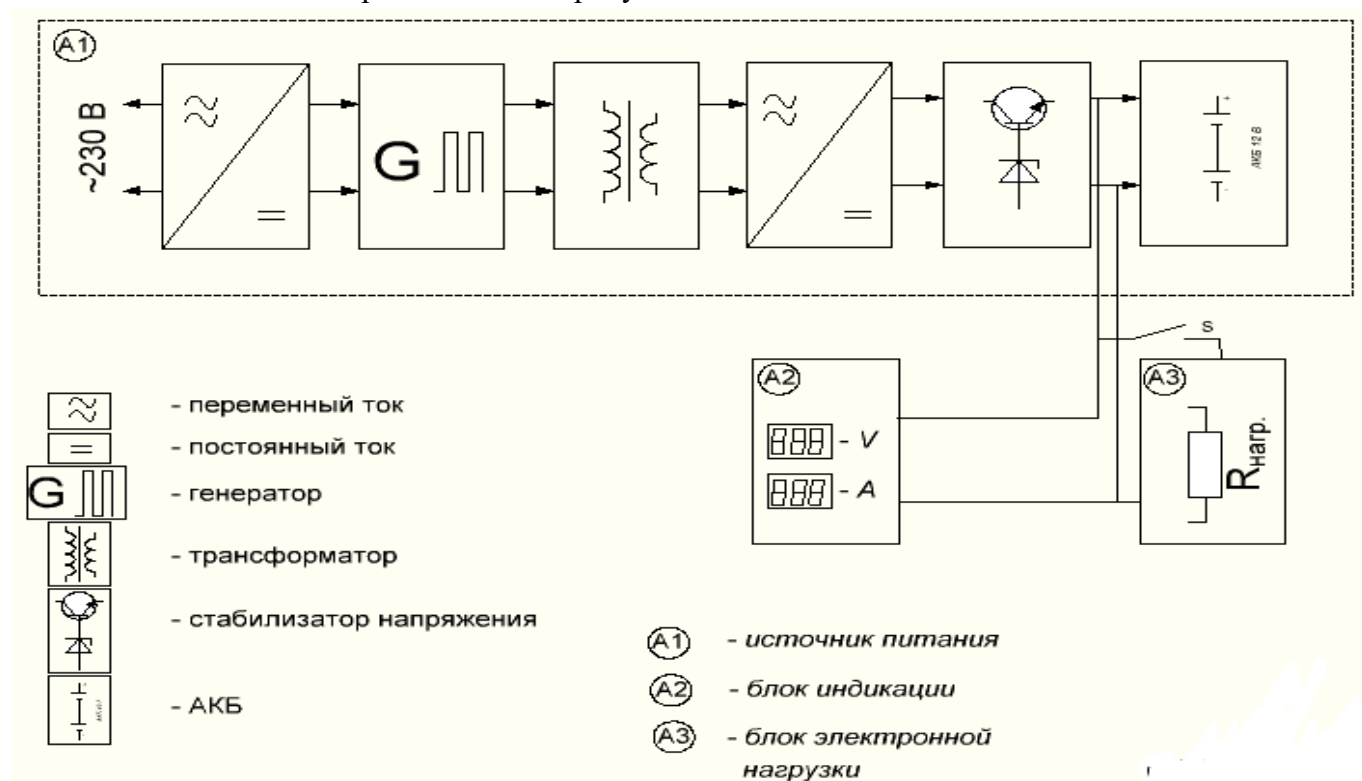


Рис. 1. Блок–схема ПЗУ

ПЗУ состоит из трех функциональных блоков: А1, А2, А3. В блок А1 входят сетевой помехоподавительный фильтр, выпрямитель сетевого напряжения, импульсный высокочастотный генератор с коммутирующим и силовым трансформаторами, выпрямитель импульсного напряжения, мощный стабилизатор выходного напряжения, устройство автоматического отключения ПЗУ по окончании зарядки, генератор импульсов и устройство нагрузки для асимметричного режима заряда АКБ, электронный ключ переключения ПЗУ в режим пуска двигателя автомобиля.

В блоке индикации А2 находится управляющий контроллер, жидко-кристаллический индикатор и датчик температуры АКБ.

Блок А3 содержит электронную нагрузку на мощных транзисторах и ключи питания вентиляторов охлаждения стабилизатора и преобразователя.

При настройке ПЗУ необходимо проверить работу основного источника питания. Для этого последовательно с входом ПЗУ подключить лампу накаливания на 230 В мощностью 40–60 Вт. Нагрузку к выходу источника не подключать. При включении зарядного устройства в сеть лампа должна вспыхнуть и погаснуть. Постоянное свечение лампы свидетельствует об ошибке монтажа или имеющихся в устройстве неисправных элементах.

Если проверка прошла успешно, то необходимо отключить зарядное устройство от сети,

отключив лампу накаливания и проверить работу основного источника под нагрузкой. Для этого к выходным зажимам зарядного устройства необходимо подключить, например, автомобильную лампу накаливания на 12 В мощностью 20 Вт. Затем необходимо включить в сеть зарядное устройство и перевести в режим источника питания. После выбора этого режима источник должен включиться, и на его выходе появится начальное напряжение 5 В.

Если напряжение в норме, то разъем *A2* необходимо *XP1* подключить к программатору и загрузить коды из приложения *Zar\_Xmega* — *512.hex* в микроконтроллер *A2.DD1*. Конфигурацию микроконтроллера установить в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Конфигурация микроконтроллера

Разряды	Состояние	Значение
<i>BODACT</i> [1:0]	11	<i>BODdisabled</i>
<i>BODPD</i> [1:0]	11	
<i>BOOTRST</i>	1	<i>Applic. reset</i>
<i>WDPER</i> [3:0]	0000	8 мс при 3,3В
<i>WDWPER</i> [3:0]	0000	8 мс при 3,3 В
<i>BODLEVEL</i> [2:0]	1111	1,6 В
<i>JTAGUID</i> [7:0]	Любое состояние	
<i>SUT</i> [1:0]	11	0 мс
<i>JTAGEN</i>	1	Не запрогр.
<i>DVSDON</i>	1	Не запрогр.
<i>EESAVE</i>	0	Запрогр.
<i>RSTDISBL</i>	1	Не запрогр.
<i>WDLOCK</i>	1	Не запрогр.

Далее необходимо проверить и при необходимости скорректировать погрешность измерения напряжения с помощью АЦП микроконтроллера. Согласно схеме блока *A2*, измеряемое напряжение поступает на АЦП через резисторный делитель *A2.R5*, *A2.R6* [4,5,6,7]. Коэффициент передачи напряжения этим делителем равен:

$$K_U = \frac{A_2 \cdot R_6}{A_2 \cdot R_5 + A_2 \cdot R_6} \quad (1)$$

Поэтому при изменении напряжения  $U_{изм}$  напряжение на входе АЦП будет равно:

$$U_{АЦП} = \frac{U_{изм}}{K_U} \quad (2)$$

Сопротивление резисторов *A2.R5* и *A2.R6*, как и других, примененных в устройстве, может отличаться от номинала на  $\pm 5\%$ . Чтобы скомпенсировать это отличие, программа умножает результат работы АЦП на константу  $K_U$ , значение которой задают с учетом фактических значений сопротивления резисторов. В авторском варианте оно равно 19,272.

Для проверки необходимо измерить образцовым вольтметром точное значение выходного напряжения после того, как оно будет установлено системой стабилизации и сравнить его с выделенным на экране жидкокристаллического индикатора. Следует заметить, что выходное напряжение источника постоянно меняется в интервале примерно  $\pm 0,05$  В, поэтому следует брать

его усредненное значение. Если разница показаний вольтметра и ЖКИ превышает 0,1 В необходимо изменить соответствующим образом значение константы в строке программы *constku* = 19,272 и, повторно транслировать программу, загрузив ее новый вариант в микроконтроллер.

Пороги срабатывания отлаживаются в следующем порядке:

1. Установить переключатель SA3 в положение «Импульсн.».
2. Подключить к выходной клемме «+» цифровой вольтметр.
3. Включить питание ПЗУ.
4. Подать на клемму «+» напряжение от внешнего источника через диод.
5. Плавно изменяя напряжение источника и положение движка подстроечного резистора R29, установить порог отключения (по прекращению горения светодиода VD13 в питающем режиме) при напряжении на вольтметре  $14,3 \pm 0,1$  В с помощью резистора R16.

Для настройки одновибратора на транзисторах VT14, VT16, VT17, отвечающего за режим «Запуск», необходимо разорвать цепь в точке «а» подать напряжение 12 В на клемму «+», затем повернуть регулятор R9 «Ток заряда» против часовой стрелки до щелчка выключателя. Резким вращением аттенюатора блока питания уменьшить напряжение до 8–9 В и проверить включение реле K1 на 5–7 с. При необходимости подобрать R48, C14. Транзистор VT15 служит для отключения реле сразу после запуска двигателя.

Отдаваемый на нагрузку ток в режиме «Запуск» проверяем на нагрузке сопротивлением 0,15 Ом мощностью около 150 Вт, для чего временно отпаивают анод диода VD19 и на него подают напряжение около 10 В.

Свинцово-кислотные аккумуляторы имеют весьма существенный температурный коэффициент напряжения. Он равен, примерно, 4 мВ/°С на один аккумулятор (элемент аккумуляторной батареи). Для батареи последовательно соединенных аккумуляторов (общее напряжение — около 12 В), этот коэффициент равен 24 мВ/°С.

Следовательно, напряжение на выходах такой батареи существенно зависит от её температуры — на каждые 10°С температуры напряжение на выходах батареи изменяется на 0,24 В. При охлаждении батареи оно увеличивается, а при нагревании — уменьшается.

Этим объясняется наблюдаемый многим автомобильный эффект хронической недозарядки аккумуляторной батареи в зимнее время в ходе её эксплуатации на автомобиле, особенно при непродолжительных поездках. Причина в том, что регулятор напряжения генератора современного автомобиля обычно установлен на корпусе генератора, который быстро нагревается после пуска двигателя, а аккумуляторная батарея располагается вдали от источников тепла и, вдобавок, довольно массивна, поэтому прогревается очень медленно. В результате напряжение генератора оказывается недостаточным для создания требуемого тока зарядки батареи. Для полноценной зарядки аккумуляторной батареи зарядное устройство должно отслеживать её температуру, так как в процессе зарядки батарея нагревается. В описываемом устройстве температура батареи контролируется на всех этапах зарядки, для чего в нем имеется датчик температуры. По результатам измерения температуры автоматически производится необходимая коррекция режима зарядки. Впрочем, зарядное устройство может работать и без подключения датчика температуры. В этом случае температура батареи считается постоянной и равной 20 °С. Качество зарядки в этом случае не гарантируется.

В начале работы программа предлагает подключить АКБ к зажимам зарядного устройства, установить на ее корпусе датчик температуры и ввести значение емкости батареи, кратное 5А·ч.

После этого замеряется температура батареи. Если он не лежит в интервале  $-15 - +40^{\circ}\text{C}$ , зарядку производить нельзя, программа останавливается.

Если измеренная температура находится в допустимых пределах, то программа анализирует состояние батареи, измерив два ее параметра: ЭДС и внутреннее сопротивление. Значение ЭДС батареи соответствует о степени её заряженности, как показано в таблице 2.

Таблица 2

Степень заряженности АКБ

ЭДС, В	Заряженность, %
12,7	100
12,4	75
12,2	50
12,0	25
11,9	0

Внутреннее сопротивление батареи существенно зависит как от степени заряженности, так и от степени сульфатации ее пластин. Чем ниже заряженность и чем больше сульфатация, тем больше внутреннее сопротивление.

Если измерить ЭДС батареи несложно, то измерение её внутреннего сопротивления — непростая задача. Дело в том, что оно весьма мало — около 0,007 Ом исправной, полностью заряженной батареи емкостью 50–60 А·ч. Закона, по которому изменяется внутреннее сопротивление батареи в зависимости от её состояния, обнаружить в литературе не удалось, поэтому пришлось вывести приближенную зависимость.

Известно, что при нагрузке автомобильной аккумуляторной батареи стартерным током напряжение на её выводах не должно падать ниже 9,5 В. Следовательно предельное значение падения на внутреннем сопротивлении равно  $12,7 - 9,5 = 3,2$  В, в противном случае состояние батареи должно быть оценено как неудовлетворительное. Значение стартерного тока для батареи емкостью 50–60 А·ч лежит в пределах 140–160 А (в среднем 150 А). Исходя из этого, можно считать, что максимально допустимое внутреннее сопротивление такой батареи

$$R_{i\max} = \frac{3,2}{150} = 0,021 \quad (3)$$

Исходя из собственного предположения, что внутреннее сопротивление зависит от состояния аккумуляторной батареи линейно, в программе реализована его оценка (таблица 3).

Таблица 3

Состояние АКБ в зависимости от ее внутреннего сопротивления

Состояние батареи	$R_i$ , Ом
Отличное	$<0,007$
Хорошее	0,008 – 0,013
Удовлетворительное	0,014 – 0,02
Неудовлетворительное	$>0,02$

Следует отметить, что внутреннее сопротивление батареи измеряется прибором весьма приблизительно, ввиду малости измеряемых величин и существенного влияния на результат сопротивления подводящих проводов и особенно контактов. Доверять выводам программы о

состоянии батареи можно при её ёмкости не более 60 А·ч. У батареи большой емкости внутреннее сопротивление ниже, и результаты его измерения уходят за черту достоверности.

После анализа степени заряженности и состояния АКБ выбирается соответствующий режим зарядки. В нормальном режиме на первом этапе батарея заряжается стабильным током 0,1 С. По мере зарядки её ЭДС растёт, а зарядный ток уменьшается. Этот этап продолжается до тех пор, пока зарядное напряжение не увеличится до 14,4 В.

После этого начинается второй этап — зарядка батареи при неизменном, равном 14,4 В, зарядном напряжении. Теперь зарядный ток постепенно падает. Критерий завершения зарядки — уменьшение зарядного тока до 0,01 С, либо постоянство его значения в течение часа.

Зарядка асимметричным током состоит из таких же этапов. Различие в том, что на первом этапе зарядка чередуется с разрядкой (отсюда название — асимметричный ток). Это позволяет устранить сульфатацию пластин аккумуляторов.

Контрольно — тренировочная циклическая зарядка–разрядка применяется для восстановления батарей, находящихся в плохом состоянии (частичная потеря ёмкости, существенная сульфатация пластин и, как следствие, высокое внутреннее сопротивление). Зарядить такие батареи в ранее рассмотренных режимах, как правило, невозможно. Суть тренировки состоит в неоднократном повторении циклов (зарядка — полная разрядка) аккумуляторной батареи. Она позволяет частично восстановить её свойства. Батарею заряжают током 0,05 С, в виду того, что зарядка малым током благоприятна для восстановления её свойств. Зарядка производится асимметричным током, только параметры его иные: 5 мин — зарядка, 1 мин — разрядка. Отображение текущей операции на индикаторе такое же, как и в режиме асимметричного тока.

После того как зарядное напряжение поднимется до 14,4 В, устройство переключается в режим разрядки батареи до напряжения 11,9 В тем же током (0,05 С). При этом программа фиксирует отданное АКБ количество электричества и по окончании разрядки подсчитывает её ёмкость в выполненном цикле.

Начиная со второго цикла, программа вычисляет прирост ёмкости по сравнению с предыдущим циклом. Если он более 5% (батарея восстанавливается очень медленно), дальнейшие действия зависят от абсолютного значения достигнутой ёмкости:

- если она более 80% номинальной, программа считает батарею восстановленной, прекращает тренировочный цикл и выполняет полную зарядку батареи в режиме асимметричного тока;
- если она не превышает 30% номинальной, программа считает такую батарею неисправной и прекращает работу;
- если она находится в интервале 30–80% номинальной, программа сообщает, что тренировка малоэффективна и предлагает пользователю принять окончательное решение: либо считать батарею неисправной, либо зарядить её и использовать с достигнутой ёмкостью.

Столь сложная логика принятия решений продиктована тем, что тренировка — очень длительный процесс. Одно повторение цикла может длиться более суток.

**Заключение.** Разработанное ПЗУ с данными характеристиками позволит продлить срок службы АКБ.

#### **Библиографический список:**

1. Акимов, С. В. Электрооборудование автомобилей. Учебник для ВУЗов / С. В. Акимов, Ю. П. Чижков — Москва: За рулем, 2001. — 384 с.



2. Мельников, А. Ф. Автомобильные приборы: Учебное пособие / А. Ф. Мельников. — Москва : Транспорт, 1985. — 132 с.
3. Веневцев, В. И. Эксплуатация и ремонт автотракторного электрооборудования / В. И. Веневцев, В. А. Набоких — Москва : Транспорт, 1992. — 144 с.
4. Гируцкий, О. И. Электронные системы управления агрегатами автомобиля / О. И. Гируцкий, Ю. К. Есеновский-Лашков., Д. Г. Поляк — Москва : Транспорт, 2000. — 213 с.
5. Акимов, О. А. Микропроцессоры для автомобилей и тракторо в: Учебное пособие / О. А. Акимов — Москва : Транспорт, 1986. — 194 с.
6. Коротков, В. И. Проектирование автотракторного электрооборудования: Методические указания к выполнению работы / В. И. Коротков, Р. А. Малеев, Л. С. Алешина. — Москва : Транспорт, 2000. — 66 с.
7. Фесенко, М. Н. Элементы электроники: Учебное пособие / М. Н. Мельников — Москва: Транспорт, 1981. — 86 с.