

УДК 621.355

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕЗЕРВНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ АВТОНОМНОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ДЛИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Е.А.Нижниковский, В.А.Шимченко, В.В.Кузовов

*Межведомственный научный Совет по комплексным проблемам
физики, химии и биологии при Президиуме РАН, Москва, Россия*

Поступила в редакцию 20.04.2000 г.

Рассмотрены проблемы обеспечения надежного бесперебойного электропитания радиоэлектронной аппаратуры, использующей основным питанием силовую сеть. В качестве резервного питания предложена батарея герметичных никель-кадмиевых аккумуляторов, имеющих длительный срок службы. Разработана схема зарядного устройства, обеспечивающего постоянную готовность батареи к работе. Изготовлены и испытаны макеты устройства.

The problems of providing the reliable uninterrupted power supply of radio-electronic equipment using the *ac* power supply source as the primary power supply are examined. Hermetic NiCd accumulator battery with a long operating time is suggested as a standby power supply. The charging device scheme is developed providing the battery permanent readiness for operation. The device models have been manufactured and tested.

Резервные источники питания (РИП) все чаще применяются в системах электропитания радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), питание которой не должно прерываться ни при каких, даже аварийных, отключениях основного источника питания (ПЗУ, ОЗУ и др.).

В качестве резервного источника питания, как правило, используются различного типа батареи, выполненные на основе химических первичных или вторичных источников тока.

РИП на базе первичных (неперезаряжаемых) источников тока обеспечивают надежную работу аппаратуры и отличаются предельной простотой схемотехнических решений. Однако при достаточно длительном сроке службы питаемой радиоаппаратуры требуется довольно большая емкость РИП. При наличии габаритных ограничений наиболее оптимальным является использование литиевых ХИТ, обладающих самыми высокими показателями удельной энергии (до 1100 Вт/дм³) и сроком службы до 10 лет. Однако при построении РИП на основе первичных элементов его емкость должна быть выбрана так, чтобы она могла обеспечить весь срок службы изделия. При этом объем батареи оказывается весьма значительным, а ситуация усугубляется тем, что реально длительность и частота отключений первичной сети достоверно неизвестны и приходится рассчитывать на самые неблагоприятные условия. Очевидно, что в определенных условиях габариты такого РИП могут быть неприемлемыми для практического использования.

Указанных недостатков лишены РИП на основе вторичных химических источников тока (аккумуляторов). Их емкость и соответственно габариты могут быть значительно меньше аналогичных параметров батарей на основе

первичных ХИТ. При этом емкость аккумуляторных РИП должна быть достаточной для обеспечения питания РЭА на время 1-2 аварийных отключений сети.

Длительная надежная работа аккумуляторного РИП может быть обеспечена лишь с помощью оптимально построенного зарядного устройства. Существуют ряд методов заряда [4] и варианты зарядных устройств для разных типов аккумуляторов и батарей. Чаще всего контроль степени заряженности в них осуществляется либо по конечному зарядному напряжению, либо по времени заряда, в том числе с учетом ранее израсходованной емкости [1]. Устройства первого типа успешно используются для обеспечения работоспособности свинцовых аккумуляторов, а приборы второго типа более приемлемы для заряда никель-кадмиевых герметичных аккумуляторов, имеющих очень пологую зарядную характеристику.

Современные герметичные никель-кадмиевые аккумуляторы используют в своей конструкции принцип рекомбинации газообразных продуктов заряда, что препятствует некоррелированному подъему внутреннего давления при длительном перезаряде. На многие типы цилиндрических и дисковых аккумуляторов буферные режимы эксплуатации отработаны и внесены в технические условия. Изучен также принцип длительного компенсационного подзаряда, основой которого является использование малых токов (0,001-0,05 C_н) для поддержания в постоянной готовности (заряженности) резервных аккумуляторных батарей [2]. Такие токи безопасны, не требуют контроля зарядного напряжения или внутреннего давления и не снижают ресурс аккумуляторов. Они компенсируют довольно значительный саморазряд (до 30% в месяц) и посте-

ленно восполняют емкость, израсходованную при разряде на нагрузку. Такой метод широко практикуется в случаях, когда батарея за весь срок службы должна сработать не более 1-2 раз (например, в системах охранной сигнализации важных объектов). По данным ведущей зарубежной фирмы "SAFT" (Франция) герметичные аккумуляторы в таких условиях отработывают около 10 лет. Такой же ресурс обеспечивают отечественные аналоги: НКГЦ-1, НКГЦ-3, НКГЦ-5, а также их модификации: НКГЦ-1, 3-П; НКГЦ-3, 5-П; НКГЦ-6-П [2,3].

Однако компенсационный метод подзаряда может быть использован лишь в случае редких отключений основной сети, так как заряд батареи в этих условиях протекает очень медленно. Если же по условиям эксплуатации аппаратуры возможно регулярное отключение сети через короткие промежутки времени (например, ежедневно на ночь), такой метод не может гарантировать постоянную готовность РИП. Проведение заряда более высокими значениями тока обеспечило бы быструю компенсацию энергетических потерь, однако такой режим сопряжен с регулярными перезарядками аккумуляторов значительными токами, что отрицательно сказывается на ресурсе РИП. В этом случае более целесообразно применение двухступенчатого заряда. Вначале разряженная батарея заряжается до емкости порядка 40-60% от C_H относительно большим током (0,1-0,3 C_H), а затем следует дозаряд током 0,001-0,02 C_H . Данный метод исключает регулярные перезаряды аккумуляторов большими токами и обеспечивает быстрое восстановление работоспособности батареи. Таким образом она включается на нагрузку, будучи гарантированно заряженной не менее чем на 40%. В результате реализации этого весьма мобильного метода подзаряда обеспечивается высокая надежность и долговечность аккумуляторных блоков питания.

При аппаратурной реализации описанного метода наиболее сложным является выбор критерия для перехода от первого (большого) зарядного тока ко второму (малому). Возможен контроль по времени заряда, но он достаточно сложен для реализации и к тому же не точен из-за неопределенности начального состояния заряженности батареи, которое зависит не только от времени и тока разряда на нагрузку, но и от времени и температуры последующего хранения вследствие наличия саморазряда.

В рассматриваемом ниже зарядном устройстве критерием перехода от быстрого заряда к медленному выбрано значение зарядного напряжения, при котором степень заряженности аккумуляторной батареи составляет примерно 40-60%. Для НКГЦ-аккумуляторов эта величина составляет 1,35-1,40 В и может уточняться эмпирическим путем для каждой конкретной батареи. При заряде НКГЦ-аккумулятора происходит повышение напряжения на его клеммах [4]:

$$U = U_0 + I \cdot (r_1 + r_2) \cdot \Theta^{-\frac{1}{2}} = R(\Theta), \quad (1)$$

где U_0 – напряжение разомкнутой цепи незаряженного аккумулятора; I – зарядный ток; r – кинетические факторы, зависящие от свойств электродов; Θ – степень заряженности; R – внутреннее сопротивление.

По мере заряда напряжение разомкнутой цепи на аккумуляторе возрастает, а внутреннее сопротивление остается практически неизменным. Благодаря этому становится возможным по достижении напряжения 1,35-1,40 В перейти из режима стабилизации тока на режим стабилизации напряжения. Ток заряда при этом начинает постепенно падать.

Базовой предпосылкой при создании зарядного устройства являлось то, что батарея, работающая в резервном варианте, выполнит свою задачу, если будет заряженной на 40-60% и более. Поэтому устройство должно отслеживать, чтобы степень заряженности не опускалась ниже этого уровня. После аварийного отключения заряд батареи до 40-60% C_H должен осуществляться ускоренным образом, а последующее увеличение емкости может происходить медленно, безопасным для аккумуляторов током.

На рис.1 приведен один из возможных вариантов блок-схемы зарядного устройства, работающего в двухступенчатом режиме.

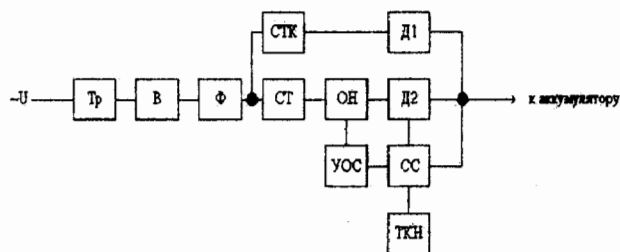


Рис. 1. Блок-схема зарядного устройства

В состав устройства входят следующие функциональные узлы: сетевой трансформатор Тр; выпрямитель В и фильтр Ф выпрямленного напряжения; стабилизатор зарядного тока СТ и стабилизатор тока компенсационного подзаряда СТК; ограничитель напряжения на аккумуляторе ОН в режиме заряда большим током от СТ; усилитель обратной связи УОС; схема сравнения СС со схемой температурной компенсации ТКН стабилизатора напряжения; развязывающие диоды Д1, Д2.

При подключении к зарядному устройству разряженного аккумулятора, напряжение на котором равно $U_{нач}$ (ниже, чем напряжение ограничителя напряжения ОН), ОН полностью отключен, и ток от выпрямителя задается стабилизатором зарядного тока СТ на уровне 0,3 C_H .

При достижении напряжением на аккумуляторе величины $U_{\text{перекл}}$ он переходит в режим стабилизации напряжения, а зарядный ток начинает уменьшаться (рис.2), так как при фиксировании напряжения во время его заряда увеличивается значение напряжения разомкнутой цепи до значений напряжения на его внутреннем сопротивлении. Через некоторое время основной зарядный ток достигает нулевого значения, и дальнейший подзаряд аккумулятора осуществляется от стабилизатора тока компенсационного подзаряда СТК. Он в этом случае отключен от аккумулятора обратным смещенным диодом Д2. Напряжение на аккумуляторе при этом продолжает несколько повышаться, и при достижении его номинальной емкости C_H оно достигает конечного значения $U_{\text{кон}}$, равного напряжению полностью заряженного аккумулятора. При подключении нагрузки по мере разряда аккумулятора напряжение на нем снижается. После включения основной сети процесс заряда повторяется.

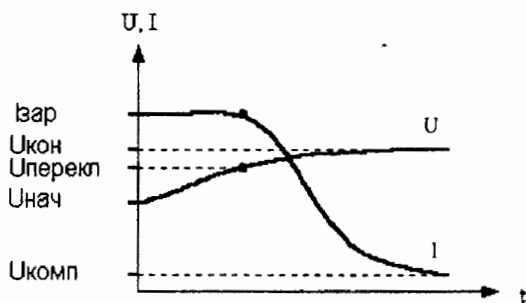


Рис. 2. Зависимости зарядного тока и напряжения от времени заряда

Заряд аккумуляторной батареи (АБ) при использовании известных контроллеров быстрого заряда (MAX713, MAX2003, ADP3811 и др. [5-7]) приводит к снижению надежности и сокращению срока службы АБ из-за неизбежного повышения температуры и давления в аккумуляторах в процессе заряда, так как

эти параметры являются основными для прекращения заряда.

Практические испытания зарядного устройства по способу, описанному выше, подтвердили, что ему не присущи недостатки контроллеров быстрого заряда (увеличение температуры, повышение давления вследствие газовыделения). Это позволяет обеспечить работоспособность системы в течение всего срока службы, установленного для данного типа аккумуляторных батарей.

Схему зарядного устройства возможно реализовать на базе интегральных микросхем стабилизаторов (например, 142ЕН) или специально разработанных устройств заряда.

Накопителями энергии могут быть использованы любые герметичные никель-кадмиевые аккумуляторы, допускающие работу в буферном режиме и имеющие достаточный для решения поставленных задач срок службы. Успешно испытаны батареи питания на основе цилиндрических аккумуляторов НКГЦ-1 и дисковых аккумуляторов Д-0,35. Предложенная схема обеспечивает высокую надежность аккумуляторов блока питания, так как циклирование их осуществляется не слишком часто и не на полную глубину. Такой режим гарантирует максимальный ресурс работы применяемых аккумуляторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конев Ю.И. Микроэлектронные электросистемы. Применения в радиоэлектронике. М.: Радио и связь, 1987. С.194.
2. Кромптон Т. Вторичные источники тока. М.: Мир, 1985. С.66.
3. Технические условия ИКШДЖ.563341.019ТУ. Л. / Всесоюз. науч.-исслед. аккумулятор. ин-т.
4. Теньковцев В.В., Центер Б.И. Основы теории и эксплуатации герметичных никель-кадмиевых аккумуляторов. Л.: Энергоатомиздат, 1985.
5. Каталог MAXIM NEW RELEASES. 1995. V.3.
6. Каталог MAXIM Rev. 1995. № 7.
7. Каталог ANALOG DEVICES "Power and thermal management components selection guide". 1998.