

# МЕТОД ЭФФЕКТИВНОГО ЗАРЯДА НИКЕЛЬ-МЕТАЛЛГИДРИДНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

*Рассматривается метод  $\Delta V$  заряда никель-металлгидридных аккумуляторов и его реализация.*

## ВВЕДЕНИЕ

Никель-металлгидридные (NiMH) аккумуляторы широко используются в различных областях — от портативной электроники до гибридного транспорта — благодаря своей экологической безопасности, высокой удельной энергии и стойкости к циклическому износу. Однако одним из ключевых факторов, влияющих на срок службы и эффективность этих элементов, остаётся корректный выбор режима зарядки. Неправильный алгоритм зарядки может привести к деградации активных материалов, снижению ёмкости и, в конечном итоге, к преждевременному выходу аккумулятора из строя.

## I. ПРОБЛЕМАТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИКЕЛЬ-МЕТАЛЛГИДРИДНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Никель-металлгидридные аккумуляторы имеют определённые трудности использования, требующие соблюдения следующих правил для долговечного и безопасного использования:

- Заряжать батарею до полной ёмкости;
- Ограничивать степень перезаряда;
- Избегать высоких температур и чрезмерных температурных колебаний.

Заряд аккумулятора тесно связан с температурой и давлением. Во время заряда положительный электрод достигает полного заряда раньше отрицательного, что может вызвать побочную реакцию гидролиза воды, выделяющую кислород (см. рис. 1). Повышение температуры во время заряда обусловлено экзотермической реакцией рекомбинации кислорода, предотвращающей повышение давления за счет его реакции с водородом.

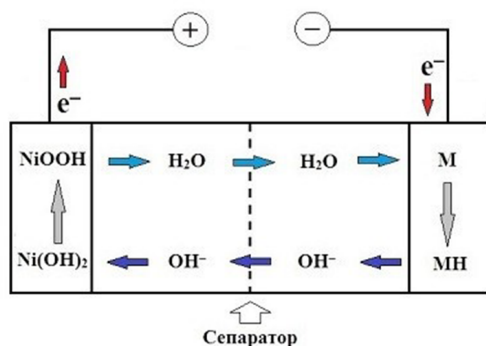


Рис. 1 – Внутреннее устройство никель - металлгидридного аккумулятора

Наиболее распространенным методом зарядки для никель-металлгидридного аккумулятора является заряд постоянным током с ограничением тока.

Это необходимо для предотвращения чрезмерного повышения температуры и давления внутри элемента, а также превышения скорости реакции кислородного восстановления (см. рис. 2).

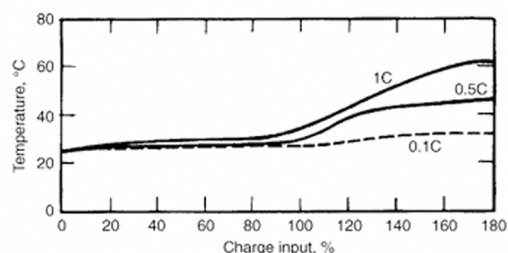


Рис. 2 – График зависимости температуры аккумулятора от величины тока заряда

Характерной особенностью NiMH-аккумуляторов является активное выделение кислорода на положительном электроде при достижении уровня заряда 75–80%. Это сопровождается резким повышением температуры, что приводит к падению напряжения при переходе элемента в стадию перезаряда. Таким образом, напряжение перестает быть линейным индикатором степени заряда, что затрудняет точное определение момента достижения полной ёмкости. (см.рис.3.)

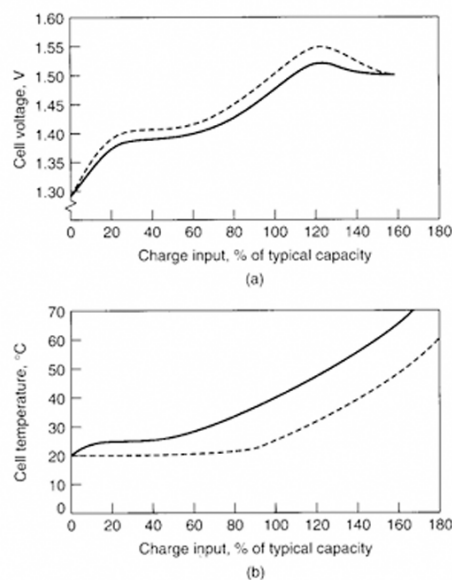


Рис. 3 – Графики напряжения и температуры заряда никель-металлгидридных аккумуляторов

Для решения указанных проблем и более точного контроля процесса зарядки предлагается использовать метод определения момента окончания

заряда на основе критерия отрицательного перепада напряжения ( $V$ ).

## II. МЕТОД DELTA $V$

При использовании этой методики напряжение во время заряда контролируется, и заряд прекращается, когда напряжение начинает снижаться. Этот подход можно использовать и с никель-металлгидридными батареями, но, пик на металлгидридных элементах не так заметен и может отсутствовать при токах заряда ниже  $0,3C$  (где  $C$  – ёмкость аккумулятора), особенно при повышенных температурах. Сигнал напряжения должен быть достаточно чувствительным, чтобы прекратить заряд при падении напряжения, но не настолько чувствительным, чтобы преждевременно прекратить заряд из-за шума или других нормальных колебаний напряжения. Для никель-металлгидридных аккумуляторов обычно используется падение напряжения  $10\text{ мВ}$  на элемент.

Простейшим способом реализации такого метода зарядки NiMH аккумуляторов является следующее исполнение (см. рис. 4):

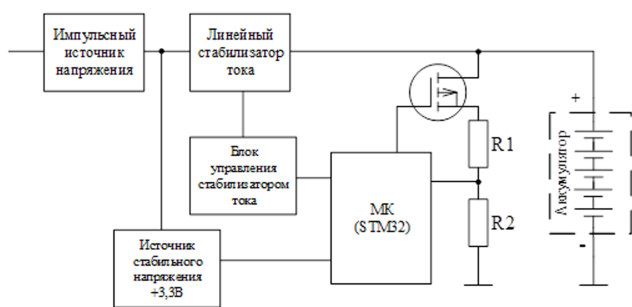


Рис. 4 – Функциональная схема метода заряда дельта  $V$

Функциональная схема разрабатываемого устройства включает в себя следующие ключевые блоки: аккумулятор, делитель напряжения, блок управления на базе микроконтроллера STM32, источник стабильного напряжения на  $3,3\text{В}$  для питания микроконтроллера, импульсный источник напряжения, импульсный стабилизатор тока, MOSFET транзистор.

Напряжение с делителя считывается раз в  $\Delta t$  (Используя встроенный в STM32 16 битный таймер 1) на вход 12 битного АЦП STM32 он же пин

ADC максимальное напряжение которого не должно превышать  $3,3 - 3,6\text{В}$ .

Далее микроконтроллер считывает значение АЦП входа и сравнивает его с предыдущим. Если это напряжение изменяется на  $10\text{--}15\text{мВ}$  на элемент, то с выхода пина GPIO микроконтроллера STM32 отправляется управляющий сигнал на отключение заряда аккумулятора. Транзистор MOSFET выступает в роли ключа отключения детекции напряжения с аккумулятора, чтобы исключить саморазряд через делитель напряжения.

Однако для эффективного и безопасного заряда нужно использовать несколько методов, особенно для контроля высокоскоростного заряда. Управление зарядом с помощью термоотсечки может сократить срок службы, поскольку во время заряда батарея обычно нагревается до высоких температур. Этот метод полезен в качестве резервного средства контроля на случай превышения максимальной температуры во время заряда.

Для реализации термоотсечки нужно в нашу схему добавить термодатчик. Термодатчик подключаем ко второму входу 12 битного ADC микроконтроллера STM32. При превышении установленной температуры происходит отправка управляющего сигнала с выхода GPIO микроконтроллера STM32 для прекращения заряда аккумулятора.

## III. Выводы

Разработанный метод зарядки с использованием критерия  $\Delta V$  и термоотсечки представляет собой эффективное решение для улучшения процесса зарядки никель-металлгидридных аккумуляторов, обеспечивая оптимальное использование и продление их срока службы. Этот метод способствует повышению эффективности и безопасности использования аккумуляторов, делая их более надёжными и долговечными и предоставляя значительные преимущества для конечных пользователей и промышленности в целом.

1. Linden, D. Handbook of batteries. - 3rd ed. / D. Linden, T. b.Reddy // McGraw-Hill – 1995. – P. 841-912.
2. Zhang, L. Y. Rare Earth-Based Metal Hydrides and NiMH Rechargeable Batteries / L. Y. Zhang // Journal of Alloys and Compounds – Feb 1997.

*Смирнов Павел Олегович*, студент кафедры теоретических основ электротехники БГУИР, pasha.smirnoff,2004@gmail.com.

*Сохин Андрей Андреевич*, студент кафедры теоретических основ электротехники БГУИР, soxapro228@gmail.com.

*Научный руководитель: Журавлёв Вадим Игоревич*, заведующий кафедрой теоретических основ электротехники БГУИР, кандидат технических наук, доцент, vadzh@bsuir.by.