

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

А.С. Мартьянов

Все больше и больше внимания уделяется вопросам эффективного хранения и использования электрической энергии. Одним из важных направлений в развитии энергосберегающих технологий является задача эффективной зарядки аккумуляторных батарей. Для исследования различных способов и режимов зарядки в среде Matlab/Simulink была разработана универсальная модель системы зарядки аккумуляторных батарей, включающая контроллер заряда, созданный на основе блока S-Function. Такой блок позволяет облегчить исследование различных алгоритмов заряда аккумуляторных батарей с использованием управляющих программ, написанных на языке высокого уровня, что обеспечивает удобный инструментарий как в исследовательских работах, так и при решении прикладных задач.

Ключевые слова: MATLAB, Simulink, S-Function, имитационное моделирование, системы управления.

На сегодняшний день существует множество различных способов и режимов зарядки аккумуляторных батарей (АКБ), при этом выделяют три основных способа: зарядка постоянным током, постоянным напряжением и комбинированный, когда в процессе зарядки изменяется и ток, и напряжение [1].

При режиме постоянного тока на всем протяжении заряда поддерживается заданная величина. Преимуществом такого способа зарядки является относительно малая продолжительность заряда, однако в данном случае происходит ускоренное «старение» АКБ из-за высоких токовых нагрузок на последней стадии зарядки и, следовательно, снижается срок службы АКБ. Если же процесс зарядки производить при постоянном напряжении, то на последней стадии процесс существенно замедляется и растет время зарядки АКБ. И, наконец, третий – комбинированный режим, сочетающий два выше указанных в одном. Сначала идет заряд при стабилизации тока, а заканчивается при стабилизации напряжения. Это самый оптимальный, но самый сложный в плане реализации схемы способ [2].

Все зарядные устройства должны обеспечивать наиболее оптимальный режим заряда от начала до конца процесса зарядки. Таким образом, ЗУ обеспечивают и автоматически изменяют величины напряжения и тока в зависимости от стадии самого процесса зарядки. Можно утверждать, что большинство всех современных зарядных устройств работает по комбинированному методу, что позволяет заряжать аккумуляторы с различной скоростью [3].

Однако следует заметить, что при увеличении зарядного тока повышается не только скорость заряда, но и скорость старения АКБ. Поскольку все аккумуляторы это химические гальванические источники тока, то скорость их заряда ограничена скоростью протекания химических реакций, которая напрямую связана физическим перемещением в электролите ионов и катионов и обеспечивается естественной конвекцией, диффузией и кулоновскими силами. При превышении скорости заряда увеличиваются побочные и вредные реакции, которые разрушают электролит, нарушают структуру катода и анода, изменяя их эффективную площадь, что приводит к уменьшению емкости или полному уничтожению аккумулятора. Отсюда можно сделать вывод, что при низких температурах заряжать батарею надо как можно медленнее. Данное противоречие может быть разрешено решением задачи создания оптимального алгоритма зарядки.

Для исследования различных алгоритмов заряда аккумуляторных была разработана компьютерная модель системы заряда аккумуляторной батареи в среде Matlab/Simulink [4], основанной на модели ячейки АКБ [5].

Блок-схема системы заряда одной ячейки аккумуляторной батареи представлена на рис. 1.

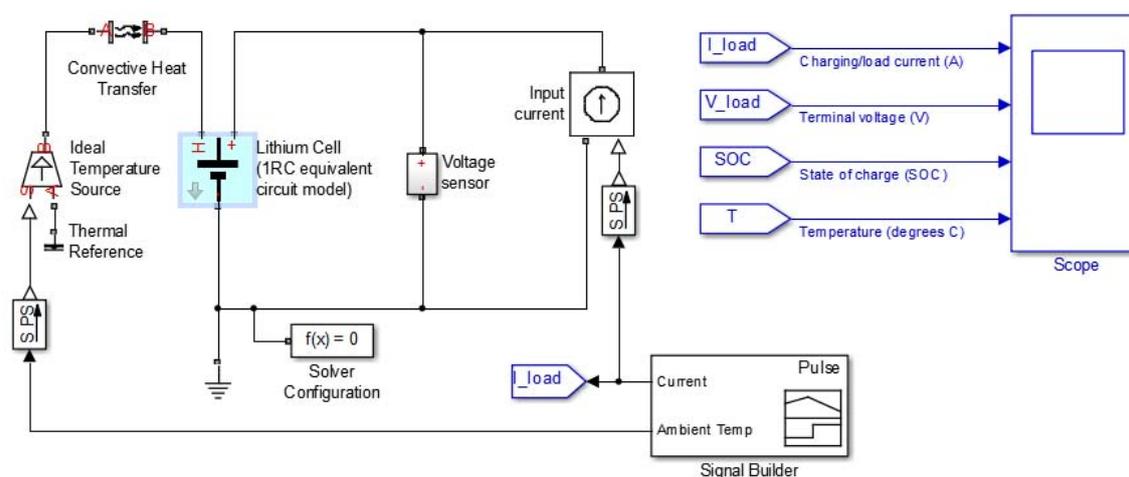


Рис. 1. Блок-схема модели заряда ячейки батареи

Краткое описание схемы: модель АКБ подключена к управляемому источнику тока и температуры окружающей среды. В электрическую цепь включены датчики тока и заряда напряжения клеммах АКБ, а также датчик состояния заряда (SOC) и температуры АКБ.

Для проверки работоспособности модель подвергалась тестовым воздействиям зарядного тока и температуры окружающей среды, показанным на рис. 2.

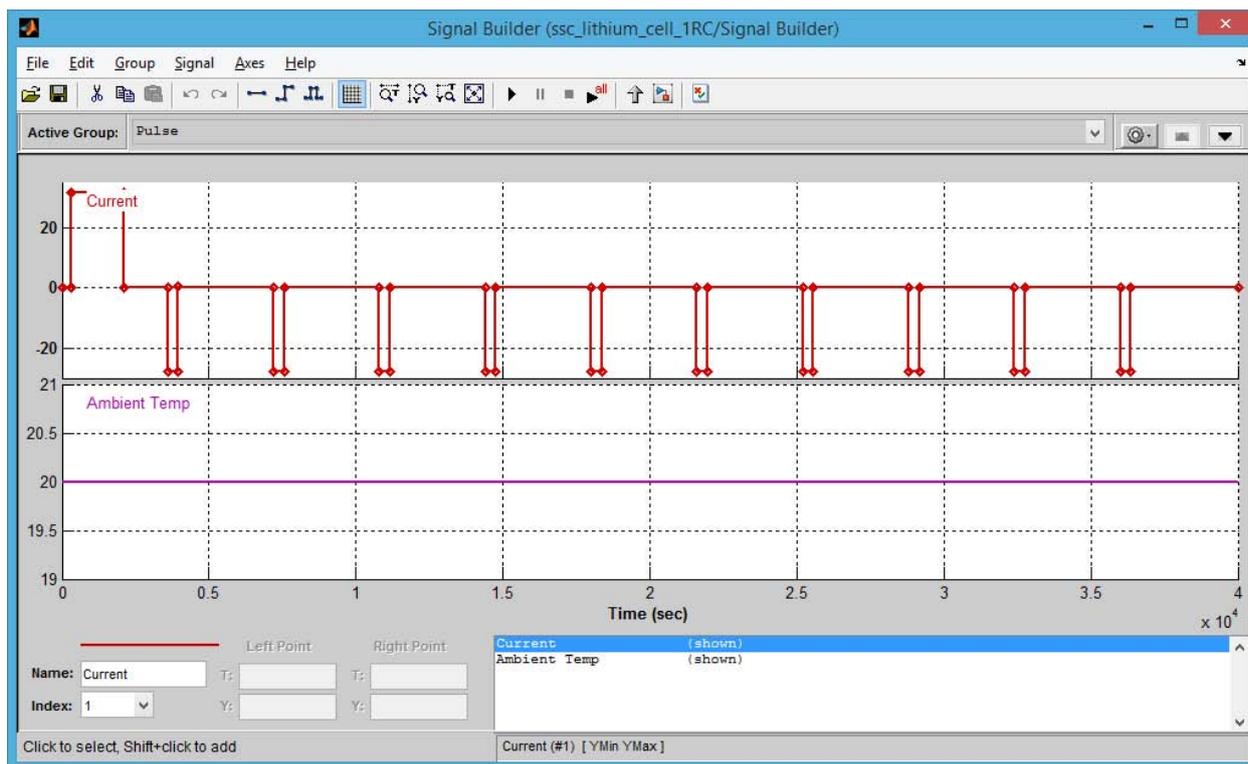


Рис. 2. Диаграмма зарядного тока АКБ блока Signal Builder

Результаты моделирования тестового воздействия представлены на рис. 3.

Из графиков видно, что модель правильно отражает основные процессы заряда/разряда, происходящие в АКБ:

- при возникновении зарядного тока напряжение на выводах АКБ постепенно нарастает, степень заряда (SOC) увеличивается, температура ее повышается;
- при достижении степени заряда SOC=1 ток заряда прекращается, напряжение на выводах АКБ чуть снижается, стабилизируясь на определенном уровне, температура начинает снижаться;
- при возникновении разрядного тока напряжение на выводах АКБ снижается, степень заряда (SOC) снижается, температура АКБ повышается;
- при отключении разрядного тока температура АКБ стремится к температуре окружающей среды.

Для исследования смешанных режимов зарядки АКБ была разработана компьютерная модель системы зарядки АКБ, содержащая две ячейки с независимой зарядкой. Компьютерная модель в среде Matlab/Simulink показана на рис. 4.

Источником тока для этих ячеек выступила модель зарядного устройства, построенная на основе блока S-Function[6]. Этот блок связан с программой, написанной на языке высокого уровня и описывающей работу этого блока. В программе обычно задаются такие параметры, как число входов и выходов этого устройства, параметры инициализации блока, а

также взаимосвязь между входами и выходами. Описание работы этого блока может быть выполнено на языке С, что позволяет потом с легкостью перенести эту программу на целевое устройство. Для исследования процессов заряда, разряда и переноса заряда модель зарядного устройства была разработана для работы с двумя ячейками, блок-схема модели представлена на рис. 5

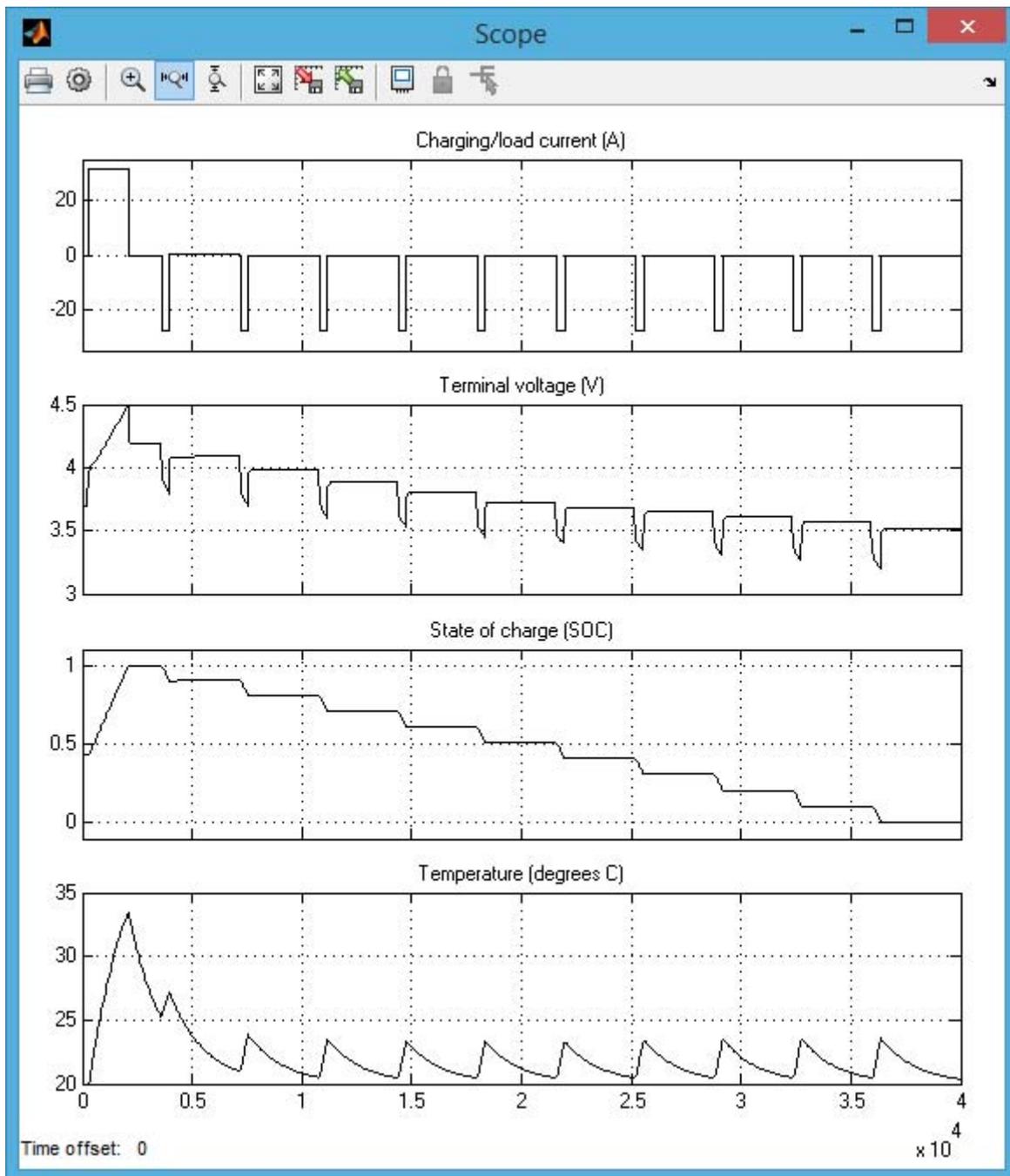


Рис. 3. Результат моделирования тестового воздействия зарядного тока АКБ

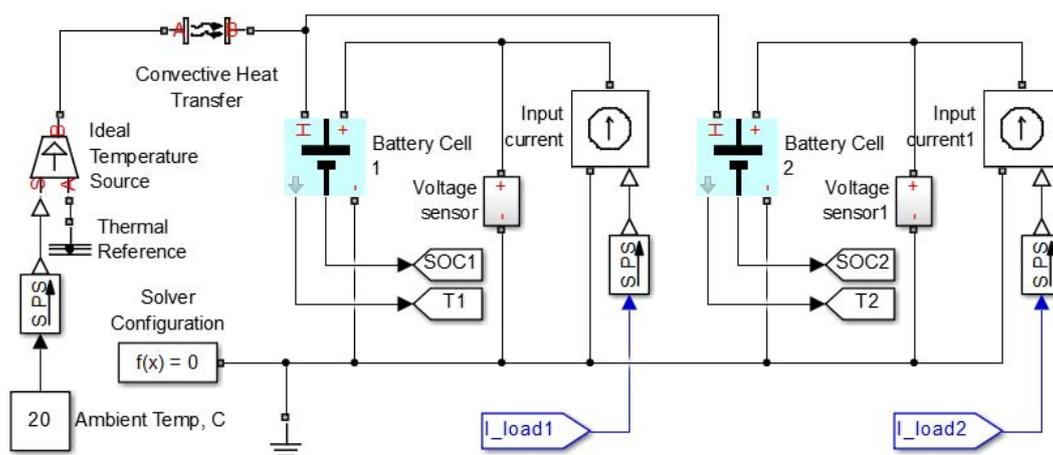


Рис. 4. Компьютерная модель в среде Matlab/Simulink

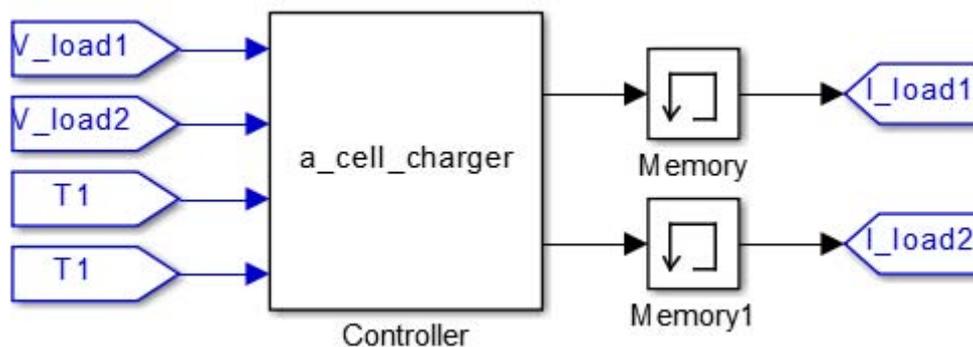


Рис. 5. Блок-схема модели для работы с двумя ячейками в среде Matlab/Simulink

Входными информационными сигналами являются сигналы с датчиков напряжения каждой ячейки и сигналы с датчиков температуры каждой ячейки, а выходными – команды на установку заданного значения тока заряда для каждой ячейки. В качестве измерительного и регистрирующего оборудования была использована модель многоканального осциллографа.

В качестве примера приведен результат заряда двух ячеек с различными начальными условиями. Результат моделирования приведен на рис. 6.

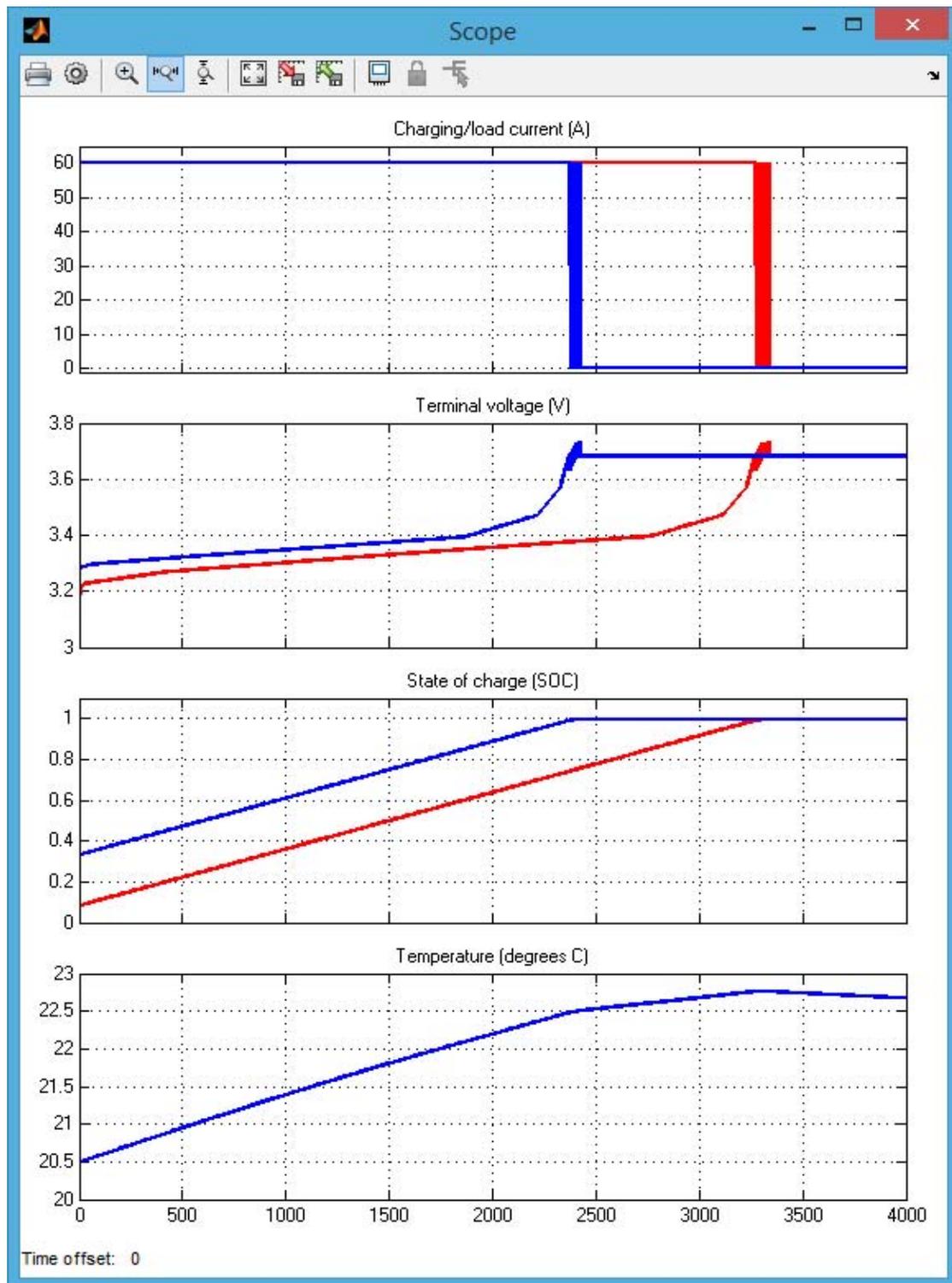


Рис. 6. Результат заряда двух ячеек с различными начальными условиями

Из результатов видно, что зарядное устройство обеспечивает независимое управление процессом заряда различных ячеек аккумуляторной батареи, что позволяет исследовать различные алгоритмы заряда не только единичных электрохимических элементов, но и сложных многоканальных систем зарядки АКБ.

В заключении можно отметить, что разработанные компьютерные модели могут быть использованы не только для того, чтобы облегчить исследование различных алгоритмов заряда аккумуляторных батарей с использованием управляющих программ, написанных на языке высокого уровня, но и обеспечивают удобный инструментарий при решении прикладных задач.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках комплексного проекта «Создание производства модельного ряда микротурбинных энергоустановок нового поколения» по договору № 02.G25.31.0078 от 23.05.2013 г. между Министерством образования и науки Российской Федерации и Открытым акционерным обществом «Специальное конструкторское бюро «Турбина» в кооперации с головным исполнителем НИОКТР – Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет).

Библиографический список

1. Мартьянов, А.С. Контроллер заряда ветроэнергетической установки / А.С. Мартьянов, Е.В. Соломин // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – 2010. – № 1(81). – С. 106–109.
2. Мартьянов, А.С. Разработка математической модели ветроэнергетической установки мощностью 3 кВт производства ООО «ГРЦ-Вертикаль в пакете Matlab / А.С. Мартьянов, Н.В. Пронин, Е.В. Соломин // Альтернативная энергетика и экология. – 2011. – № 5. – С. 41–44.
3. Контроллер заряда ветроэнергетической установки / А.С. Мартьянов, Е.В. Соломин // Альтернативная энергетика и экология. – 2010. – № 1(81). – С. 106–109.
4. Дьяконов, В.П. VisSim + Mathcad + MATLAB. Визуальное математическое моделирование / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 384 с.
5. T. Huria, M. Ceraolo, J. Gazzarri, R. Jackey, "High Fidelity Electrical Model with Thermal Dependence for Characterization and Simulation of High Power Lithium Battery Cells", 2012 IEEE Electric Vehicle Conference, Greenville (SC), March 04-08, 2012.
6. Мартьянов, А.С. Моделирование генератора ветроэнергетической установки / А.С. Мартьянов, И.М. Кирпичникова, Е.В. Соломин // Электротехника. – 2013. – Вып. 10. – С. 46–49.

[К содержанию](#)