

Разработка и модельное исследование контура системы контроля заряда модульного зарядного устройства для реконфигурируемого аккумуляторного блока

Полицинский А.С. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., доцент Поляков Н.А. (Университет ИТМО)

Введение.

Развитие электротранспорта и увеличивающийся спрос на аккумуляторные батареи (АКБ) вызывают рост интереса к исследованиям, связанным с увеличением срока службы аккумуляторных элементов. В классических топологиях аккумуляторных батарей известны недостатки, которые снижают устойчивость к аварийным ситуациям и срок службы, в частности: дисбаланс напряжений в процессе заряда, перегрев, неоднородная деградация отдельных элементов [1]. Одним из перспективных направлений развития в данной области является усовершенствование структуры батареи, за счет внедрения переключателей между соединениями ячеек. Такая структура получила название реконфигурируемая аккумуляторная батарея (РАКБ). Она позволяет в режиме реального времени изменять параметры аккумуляторного блока и сделать из пассивного двухполюсного источника энергии динамическую управляемую систему, расширив область безопасной работы одного аккумуляторного блока за счет возможности изоляции локальных неисправностей, путем отключения их из общей сборки [2]. В [3] показан алгоритм управления для быстрой зарядки, который переключает элементы с параллельного подключения в последовательное, за счет чего снижается ток зарядки и потери энергии на преобразователях. В [4] продемонстрирован адаптивный алгоритм, рассчитывающий наиболее эффективную конфигурацию РАКБ в зависимости от текущих режимов работы, в результате чего удалось значительно увеличить время работы и срок службы РАКБ, по сравнению с эквивалентной классической топологией АКБ.

Выбор типов и размеров переключателей и других элементов схемы зависит от номинальных значений протекающего через них тока и падения напряжения на них, а также от их производных, из-за чего следует уделять больше внимания кратковременным скачкам тока/напряжения и превышению ими допустимых значений.

Основная часть.

Для исследования нагрузок на силовую энергоподсистему рассматривалась система: DC-DC преобразователь – РАКБ. В качестве силового преобразователя была выбрана модель двунаправленного повышающего/понижающего DC-DC преобразователя, с двумя режимами работы: постоянный ток и постоянное напряжение [5]. Для анализа переходных процессов и работы системы управления необходимо получать значения напряжения и токов каждой ячейки отдельно, для чего была рассчитана и смоделирована схема мониторинга, состоящая из каскадов дифференциальных усилителей, датчиков напряжения и тока и масштабирующих усилителей, для преобразования входных значения под диапазон АЦП контроллера. Сама модель РАКБ состоит из трех литий-ионных ячеек, ёмкостью 5,1 А·ч, и 12 переключателей, обеспечивающих требуемые конфигурации РАКБ. Разработанная модель управления позволяет переключать конфигурации в режиме реального времени, а также отрабатывает возникновение аварийных случаев, когда необходимо исключить дефектный элемент из сборки.

Результаты.

В ходе работы получена имитационная модель реконфигурируемой аккумуляторной батареи с двунаправленным DC-DC преобразователем. При помощи созданной модели можно исследовать влияние электромагнитных нагрузок на силовое оборудование и

активные переключатели в реконфигурируемой аккумуляторной батарее во время переходных процессов при коммутации ячеек, что позволяет провести анализ при подборе компонентов при проектировании аккумуляторного блока. В ходе моделирования удалось выявить нежелательные скачки токов и напряжений, оказывающие негативное влияние как на сами ячейки, так и силовую часть системы.

Список использованных источников:

1. R. R. Kumar, C. Bharatiraja, K. Udhayakumar, S. Devakirubakaran, K. S. Sekar and L. Mihet-Popa, "Advances in Batteries, Battery Modeling, Battery Management System, Battery Thermal Management, SOC, SOH, and Charge/Discharge Characteristics in EV Applications," in *IEEE Access*, vol. 11, pp. 105761-105809, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3318121.
2. S. Ci, N. Lin and D. Wu, "Reconfigurable Battery Techniques and Systems: A Survey," in *IEEE Access*, vol. 4, pp. 1175-1189, 2016, doi: 10.1109/ACCESS.2016.2545338.
3. A. Lamprecht, S. Narayanaswamy and S. Steinhorst, "Improving fast charging efficiency of reconfigurable battery packs," 2018 Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE), Dresden, Germany, 2018, pp. 585-588, doi: 10.23919/DATE.2018.8342075.
4. F. Yang, F. Gao, B. Liu and S. Ci, "An Adaptive Control Framework for Dynamically Reconfigurable Battery Systems Based on Deep Reinforcement Learning," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 69, no. 12, pp. 12980-12987, Dec. 2022, doi: 10.1109/TIE.2022.3142406.
5. M.Srilakshmi, T.V.S.L.Satyavani, K.U.Gokul, A.Srinivas Kumar, K.Venkateswara Rao, K.V.Ramesh Studies on charge and discharge characteristics of lithium ion polymer batteries // *chemical technology*. - 2014. - №9 Issue 4. - С. 121-127.

Полицинский А.С. (автор)

Подпись

Поляков Н.А. (научный руководитель)

Подпись