

Li-Ion Battery Course

02 – Modelling of Li-Ion Battery cells

Änderungsnachweis

Autor: Rouven Christen
Erstellt am: 12.12.2024

Version **Änderungsgrund**
0 Dokumentenerstellung

Kurz-Z.
CHRO

Datum
12.12.24

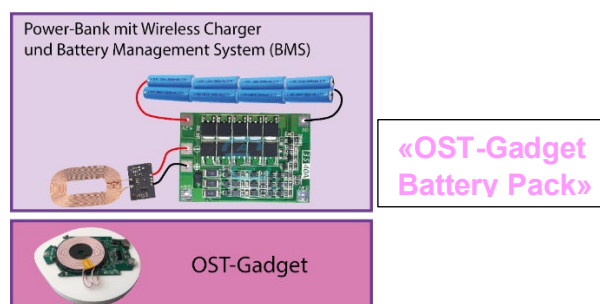
Kurzbeschreibung und Bezug zur IT-Bildungsoffensive

Um mechatronischen Geräte mobil zu betreiben, werden Batterien als Energiespeicher eingesetzt. Dabei sind die Anwendungsbereiche sehr vielfältig und umfassen unter anderen medizinischen Geräten, Powertools, Mobile Roboter, Drohen, E-Bikes bis hin zum E-Auto. Die Gemeinsamkeit der verschiedenen Branchen und deren Anwendungen ist die eingesetzte Batterietechnologie, die Li-Ionen Zelle.

Mit dem beantragten «Battery Course» soll den Studierenden ein Verständnis für die Funktionsweise und technologischen Limitierungen von Li-Ionen Batterien gegeben werden. Dazu sollen folgende Fragestellungen beleuchtet werden:

- Welche Batterie ist für eine Anwendung geeignet oder eben nicht geeignet und warum?
- Wie kann das Verhalten von Batterien modelliert werden, um eine Aussage über das Systemverhalten zu treffen?
- Was wird benötigt, um ein Batterie-Pack aufzubauen?
- Welche Vorschriften und Zertifizierungen sind einzuhalten, um ein Batteriebetriebenes Produkt auf den Markt zu bringen?
- Welche Faktoren beeinflussen die Lebensdauer einer Li-Ionen Batterie und wie gestaltet sich der gesamte Lebenszyklus aus (Herstellung bis Verwertung/Recycling)?

All diese Fragestellungen werden anhand einer konkreten Anwendung behandelt. Als Beispiel dient eine Power-Bank, welche über eine induktive Ladeschnittstelle mit dem OST-Gadget geladen werden kann. Zu diesem Zweck wird ein «OST-Gadget Battery Pack» aufgebaut, welches in den unterschiedlichen Modulen des «Battery Course» als Fallbeispiel herangezogen wird.



Rahmenbedingungen

Entwickelt für Studiengänge		Semester	Sprache der Materialien
Studiengang Mechatronik		4. oder 5. Semester	Englisch
Voraussetzungen			
Abschluss der Lerneinheiten		Li-Ion Battery Course Modul 01	
Grundlagen in		Mathematik, Python	
Umfang			
Lektionen à 45min (inkl. Übungen)		4 Lektionen	
Benötigte Vorarbeiten			
keine			
Benötigte Ressourcen (z.B. Software)			
<ul style="list-style-type: none"> Python Jupyter Notebook 			
Anforderungen an Verfügbarkeit von Anlagen und Support			
Smart Factory Rapperswil Lektionen à 45min	wird nicht benötigt	<input type="checkbox"/> Präsenz <input type="checkbox"/> online	
Hybride Lernfabrik Buchs Lektionen à 45min	wird nicht benötigt	<input type="checkbox"/> Präsenz <input type="checkbox"/> online	
Mindsphere Lektionen à 45min	wird nicht benötigt	Im Unterricht	
FESTO Lektionen à 45min	wird nicht benötigt	Im Unterricht	
SAP-Lektionen à 45min	wird nicht benötigt	Im Unterricht	

Lernziele

Nr.	Lernziel	Taxonomiestufe (K1-K6)
1	Students are familiar with different modeling approaches.	K2 Verstehen
2	Students get to know the electrical equivalent circuit model and can simulate the transient voltage curve on the cell terminals in response to a current load.	K3 Anwenden
3	The students know the major types of heat generation in Li-ion cells.	K3 Anwenden
4	Students are introduced to different methods for model parameterization.	K2 Verstehen
5	The students implement individual parts of a cell model in Python and compare the simulations with measurements.	K3 Anwenden

Detaillierte Beschreibung von Inhalt und Ablauf

Part 1 (ca. 60min)

Präsentation Theorie

1. Modelling Approaches (Slide 2-5)
 - Physical vs. Equivalent Circuit vs. Blackbox Models
2. Modelling the electrical behavior (Slide 6-9)
 - Low Level of detail model

Python exercise 1

Part 2 (ca. 60min)

Präsentation Theorie

- Modelling the electrical behavior
 - More detailed model (Slide 11-16)

Python exercise 2

Part 3 (ca. 60min)

Präsentation Theorie

- Modelling the thermal behavior
 - Heat generation in Li-Ion cells
 - Thermal equivalent circuit model

Python exercise 3

Lernmaterialien des Moduls

Vorlesungsmaterialien

- Powerpoint-Folien für Vorlesung (Theorie): *Battery Course 02 - Modelling.pptx*

Übungsmaterialien

- Ordnerstruktur mit Musterlösungen der Python Jupyter Notebooks für Exercise 1-3 für Dozierende

- **Kurs-Beschreibung**
- **Einleitung** Dieser Kurs bietet einen umfassenden Überblick über verschiedene Modellierungsansätze für Lithium-Ionen-Batterien, einschließlich physikalischer, äquivalenter Schaltungs- und Blackbox-Modelle. Die Teilnehmer lernen die wichtigen Aspekte der Modellierung elektrischer und thermischer Verhaltensweisen von Batterien kennen.
- **Modellierungsansätze** Die Modellierung umfasst die Analyse der Reaktionsmechanismen und die Simulation des makroskopischen Verhaltens der Batterie unter Verwendung von Differentialgleichungen. Ebenfalls werden lineare und nichtlineare Funktionen zur Beschreibung der Spannungsreaktion eingeführt.
- **Elektrisches Verhalten** Die elektrische Modellierung konzentriert sich auf das elektrische äquivalente Schaltungsmodell (EECM), das die transiente Spannungskurve an den Zellklemmen in Reaktion auf eine Strombelastung simuliert. Dies umfasst Experimente mit kontinuierlichem Strom und die Hybrid-Pulse-Power-Charakterisierung (HPPC).
- **Thermisches Verhalten** Die Teilnehmer untersuchen die Hauptarten der Wärmeerzeugung in Li-Ion-Zellen und die verschiedenen Methoden der Modellparametrisierung, einschließlich elektrochemischer Impedanzspektroskopie und experimenteller Ansätze zur Bestimmung der Wärmeabgabe.
- **Praktische Umsetzung** Im Kurs implementieren die Studierenden Teile eines Zellmodells in Python und vergleichen die Simulationsergebnisse mit realen Messungen. Dazu gehören Übungen zur Parametrisierung von detaillierten EECMs und zur Modellierung von Wärmeübertragungsverhalten in Batteriezellen.
- **Literatur und Ausblick** Es wird ein Ausblick auf die Modellierung von Batteriepacks gegeben und relevante Literatur für eine vertiefende Beschäftigung mit dem Thema vorgestellt. Der Kurs schließt mit einer Diskussion der fortgeschrittenen Modellierungstechniken und ihrer Anwendung in der Industrie.