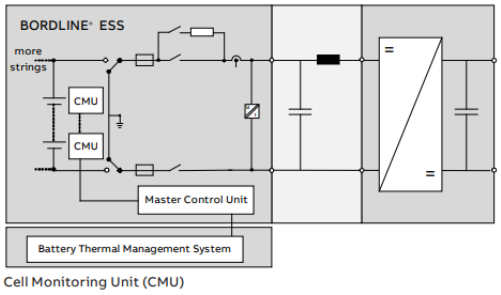
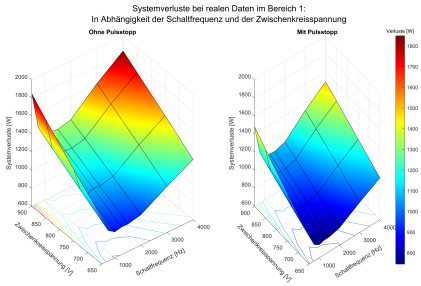
Effizienter Betrieb eines Batteriemoduls

Im Bus- und Bahnbereich werden Verbrennungsmotoren zunehmend durch Batterien ersetzt oder ergänzt. ABB Traction besitzt ein solches Batteriemodul. Für einen energieeffizienten Betrieb gilt es die Verluste, die beim Betrieb entstehen, auf ein Minimum zu reduzieren. Für die Verlustsimulationen sollen entsprechende Simulationsmodelle entworfen werden.



Blockschaltbild Batteriemodul



Systemverluste bei im Betrieb gemessenem Lastprofil

Ausgangslage

ABB Traktion entwickelt seit 2018 eigene Batteriemodule und besitzt seit 2019 eine teilautomatisierte Batterieproduktion für diverse Traktionsanwendungen. Damit können Fahrzeuge mit einer neuen leistungselektronischen Komponente ausgerüstet werden, es gilt diese in den Antriebsstrang einzubinden und zu optimieren. Eine mögliche Optimierung stellen das Lade- bzw. Entladeverfahren dieser Batterien dar. Eine Betriebsstrategie gilt als energieeffizient, wenn die während des Betriebs entstehenden Verluste minimal sind. Mit Hilfe von Simulationen soll das Batteriemodul bezüglich energieeffizienten Betriebs analysiert werden. Dafür soll ein Simulationsmodell für das gesamte System anhand des Blockschaltbildes des Batteriemodules in der Abb. 1 entwickelt werden, das es erlaubt dessen Verluste zu bestimmen.

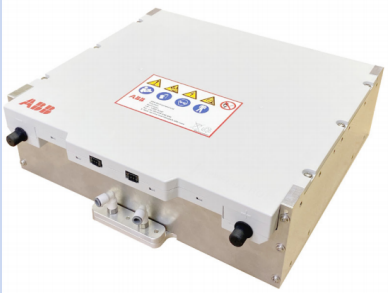
Simulationsmodelle

Verluste entstehen in der Batterie, dem Umrichter und der Drossel. Daher werden separate Simulationsmodelle für diese Komponenten entworfen, die es erlauben deren Verluste für unterschiedliche Arbeitspunkte zu simulieren. Zusammengefügt ermöglichen sie eine Systemsimulation. Die Simulationsmodelle werden in Matlab mit Hilfe von Simulink, PLECS und dem "MagneticsDesigner" erstellt.

Effiziente Strategien

Für die Systemoptimierungen werden im Betrieb gemessen Daten auf das Systemmodell appliziert. Dabei kam zum Vorschein, dass der Umrichter und die Drossel auch Verluste bei einem Strom von 0A verursachen. Durch Anwenden eines Pulsstopps am Umrichter fallen deren Systemverluste weg. Das bedeutet, dass der Umrichter bei einem Strom von 0A nicht mehr taktet. Dadurch steigt der Wirkungsgrad bei einer Schaltfrequenz von 1kHz und einer Zwischenkreisspannung von 750V von 91.1 % auf 92.6%, die Systemverluste werden dabei um 183W (17%) reduziert. In der Abb. 2 sind die Systemverluste für unterschiedliche Schaltfrequenzen und Zwischenkreisspannungen dargestellt. Darin ist ersichtlich, dass das System bei einer Schaltfrequenz von 1kHz am effizientesten ist. Ebenfalls lässt sich eine lineare Abhängigkeit zwischen den Systemverluste und der Zwischenkreisspannung erkennen. Je näher die Zwischenkreisspannung an der Batteriespannung ist, desto kleiner werden die Systemverluste. Der Ladezustand der Batterie und die Zelltemperatur haben keinen signifikanten Einfluss auf den Wirkungsgrad. Zugunsten der Lebensdauer der Zellen sollten daran keine Anpassungen vorgenommen werden.

Technische Daten ABB-Batteriemodul



- Zelltechnologie: Li-Ionen
- Nennspannung: 55V
- Konfiquration: 24S2P
- Kapazität: 2.6kWh
- C-Rate: 46A
  - avg. 4C (184A)
  - max. 8C für 30s (368A)
- Lebensauer: > 20'000 Zyklen

Arbeitsgruppe:
Reto Gärtner, Lukas Hunziker

Auftraggeber:
ABB Schweiz AG, Traction

Betreuer:
Stefan Wicki