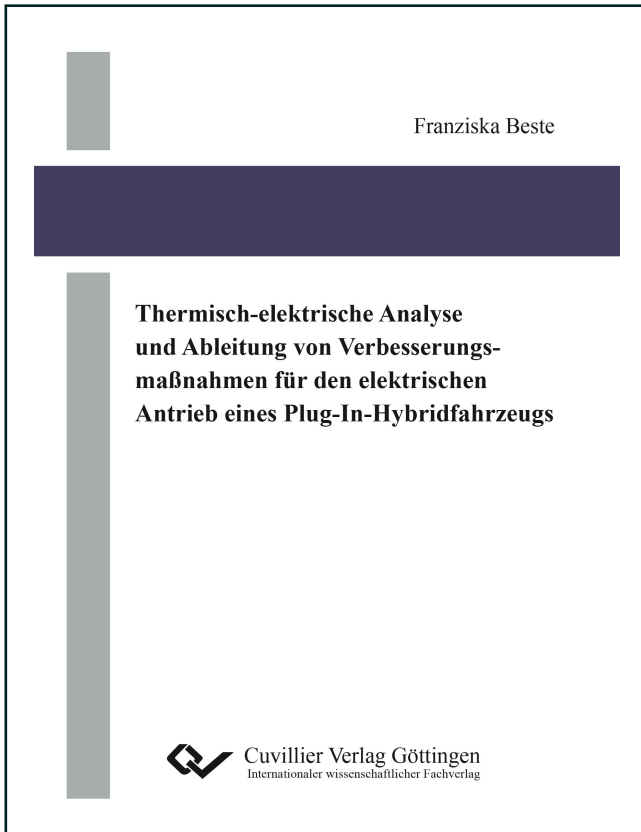




Franziska Beste (Autor)

Thermisch-elektrische Analyse und Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen für den elektrischen Antrieb eines Plug-In-Hybridfahrzeugs



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/7297>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Kurzfassung | i |
| Abstract | ii |
| 1 Einleitung und Zielsetzungen | 1 |
| 2 Erkenntnisstand für die alternativen Antriebe | 5 |
| 2.1 Systemarchitektur eines Plug-In-Hybridfahrzeugs | 5 |
| 2.2 Elektrische und mechanische Antriebsleistungen | 9 |
| 2.3 Permanent erregte Synchronmaschinen | 11 |
| 2.4 Leistungselektroniken | 12 |
| 2.5 Lithium-Ionen-Eisenphosphat-Batterien | 16 |
| 2.5.1 Auswirkungen des Niedertemperaturverhaltens | 18 |
| 2.5.2 Mechanismen des Hochtemperaturverhaltens | 18 |
| 2.5.3 Erfassung des Alterungszustands eines LiFePO ₄ Zellsystems | 20 |
| 2.6 Betrachtung weiterer Hochvoltkomponenten | 21 |
| 2.7 Stand der Technik zum Wärmemanagement der Hochvoltsysteme | 23 |
| 2.8 Anwendungen von Kühl- und Heizmethoden | 29 |
| 2.8.1 Wärmeübertragung in den eingesetzten Bauteilen | 30 |
| 2.8.2 Bedeutung der Kühlsystemauslegung | 32 |
| 3 Beitrag für das Wärmemanagement | 35 |
| 3.1 Einfluss der thermischen Konditionierung auf die Alterungsmechanismen | 37 |
| 3.2 Innovative Konzeption für verschiedene Komponenten | 38 |
| 3.3 Vorgehensweise | 40 |
| 3.4 Experimentelle Bedingungen und die betrachteten Fahrzyklen | 42 |
| 3.5 Thermische Initialisierung des Antriebsstranges und empirische Alterungsbestimmungen | 44 |
| 4 Erstellung eines Modells des Hochvoltsystems der thermisch-elektrischen Eigenschaften und der Alterung | 45 |
| 4.1 Anforderungen und Zweck der Modellierung | 45 |



| | | |
|----------|--|------------|
| 4.2 | Struktur der Gesamtmodellierung | 47 |
| 4.2.1 | Definierte Annahmen der Modellierung | 49 |
| 4.3 | Modellierung einer Synchronmaschine | 51 |
| 4.3.1 | Thermisch-elektrisches Ersatzschaltbild von Rotor und Stator | 56 |
| 4.3.2 | Bedarfsgerechte Kühlung in der rein elektrischen Fahrt | 59 |
| 4.4 | Modellierung eines Drei-Phasen-Inverters | 60 |
| 4.4.1 | Thermisches Ersatzschaltbild des Halbleiteraufbaus | 63 |
| 4.4.2 | Lebensdauer- und Zuverlässigkeitsberechnung | 67 |
| 4.5 | Modellierung eines Lithium-Ionen-Batteriesystems | 78 |
| 4.5.1 | Thermisch-elektrisches Ersatzschaltbild des Zellsystems | 79 |
| 4.5.2 | Identifikation des Alterungszustands des Zellsystems | 82 |
| 4.5.3 | Auswirkungen des State of Health auf die elektrischen Zustände der Zellen | 83 |
| 4.5.4 | Auswirkungen der kalendarischen und zyklischen Alterung auf den Ka- pazitätsverlust | 86 |
| 4.6 | Modellierung eines Gleichspannungswandlers und des Niedervoltbordnetzes . . | 90 |
| 4.7 | Modellierung eines Ladegeräts | 91 |
| 4.8 | Wertebereiche und Einschränkungen | 92 |
| 5 | Entwurf und Aufbau eines Versuchsträgers | 94 |
| 5.1 | Anforderungen und Zweck der thermisch-elektrischen Messtechnik | 94 |
| 5.2 | Thermische Sensorik für die Bestimmung der Stellgrößen und Validierung der Modellierung | 97 |
| 5.2.1 | Bestimmung der thermischen Widerstände und der Wärmeübergänge in dem Stator | 98 |
| 5.2.2 | Bestimmung der thermischen Widerstände und der Wärmeübergänge in den Halbleiterbrücken | 100 |
| 5.2.3 | Bestimmung der thermischen Widerstände und der Wärmeübergänge in dem Zellsystem | 101 |
| 6 | Validierung der Modellierung und Analyse der ausgewählten Betriebszustände | 103 |
| 6.1 | Bewertung der Systemmodellierung und der Einfluss auf die Signalgenauigkeit | 103 |
| 6.1.1 | Validierung der Betriebsstrategie | 104 |
| 6.1.2 | Validierung der wesentlichen Hochvoltkomponenten | 105 |
| 6.2 | Ladevorgang und thermische Grenzwertbetrachtung des Energiespeichers . . . | 106 |
| 6.3 | Auswirkungen der transienten Zyklen auf die Zustände des Hochvoltsystems . | 108 |
| 7 | Realisierung und Bewertung der adaptiven thermischen Strategien | 111 |
| 7.1 | Zuverlässigkeitsanforderungen und die Berechnung der Lebensdauerzustände . | 112 |



| | | |
|----------|---|------------|
| 7.2 | Lebensdauerorientierte Konditionierung der Leistungselektronik | 114 |
| 7.2.1 | Resultate der Autobahnfahrt und Konsequenzen der Erhöhung der Kühl- wassertemperatur | 118 |
| 7.2.2 | Resultate im städtischen Verkehr und Auswirkung des Eingreifens . . . | 119 |
| 7.3 | Lebensdauerorientierte Konditionierung eines Energiespeichers | 121 |
| 7.3.1 | Resultate der Autobahnfahrt und Konsequenzen der Erhöhung der Kühl- wassertemperatur | 125 |
| 7.3.2 | Resultate in unkritischen Belastungsprofilen | 126 |
| 7.3.3 | Resultate im städtischen Verkehr und Auswirkung des Eingreifens . . . | 127 |
| 7.3.4 | Dimensionierung der Stellgrößen für den Energiespeicher | 129 |
| 7.4 | Vorteile der neuartigen Kühlalgorithmen | 131 |
| 8 | Zusammenfassung und Ausblick | 135 |
| | Literaturverzeichnis | 147 |
| | Nomenklatur | 148 |
| | Tabellenverzeichnis | 154 |
| | Abbildungsverzeichnis | 161 |
| A | Thermische Eigenschaften der Kühlmedien | 162 |
| B | Zyklen für die Zuverlässigkeitsbestimmung | 163 |