

| Zusammenfassung der Dissertation:

**Online optimized system excitation and thermal model identification of
electric machines for automotive application**

von Emebet Gebeyehu Gedlu

Die Temperaturschätzung ist für den sicheren Betrieb moderner elektrischer Antriebe von entscheidender Bedeutung, doch eine direkte Messung ist aufgrund hoher Kosten, Wartungsprobleme und technischer Komplexitäten bei der Datenübertragung von beweglichen Teilen nicht praktikabel. Modellbasierte Schätzverfahren lösen diese Probleme durch die Analyse von Variablen wie Strom, Spannung und Drehzahl und zielen dabei auf Echtzeitgenauigkeit ab. Herkömmliche analytische Modelle haben jedoch aufgrund des nichtlinearen thermischen Verhaltens von Maschinen Schwierigkeiten, ein Gleichgewicht zwischen Recheneffizienz und Präzision herzustellen. Datengetriebene Modelle überwinden diese Einschränkungen mithilfe von Systemidentifikation und empirischen Datensätzen. Eine zentrale Herausforderung besteht darin, effiziente Experimente zu entwerfen, um vielfältige Datensätze zu generieren, da bestehende Offline-Ansätze heuristisch sind, was häufig zu verzerrten Daten führt und die Robustheit des Modells einschränkt.

Diese Arbeit daher untersucht eine echtzeitfähige Systemanregungsmethodik mit Regelkreis, die die Verteilung des Datensatzes unter Berücksichtigung der Maschinentemperatur optimiert. Ein model predictive control (MPC)-Algorithmus wird verwendet, um Anregungssignale auszuwählen, die die Datenverteilung optimieren und gleichzeitig Sicherheits einschränkungen erfüllen. Die Kostenfunktion für das Optimierungsproblem wird unter Verwendung der Jensen–Shannon divergence (JSD) -Methode formuliert, die die Abweichung zwischen der Referenzdatenverteilung und der Verteilung der erfassten Daten quantifiziert. Da MPC ein Systemmodell für Vorhersagen benötigt, wird ein state-space neural network (SSNN)-basiertes thermisches Modell mit Online-Training vorgeschlagen. Zu Beginn des Experiments, wenn die Datenmenge begrenzt und die Vorhersagen weniger genau sind, wird daher dem MPC eine Sicherheits- und Erkundungsschicht hinzugefügt.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass die vorgeschlagene Methodik die offline entworfene pseudorandom binary signal (APRBS)-Anregung hinsichtlich der Erforschung eines vielfältigeren Datensatzes übertrifft. Das optimierte Anregungsverfahren erzielte einen mittleren JSD-Wert von 0,0815 und übertraf damit den Wert des APRBS-Verfahrens von 0,5058 bei weitem. Die praktische Umsetzung bestätigt, dass die Simulationsergebnisse bis zum Ende des Experiments erreichbar sind. In den praktischen Versuchen traten Herausforderungen zutage, die in den Simulationen nicht berücksichtigt wurden, wie beispielsweise die Notwendigkeit von Remote-Edge-Computing zur Bewältigung rechenintensiver Daten und Optimierungsprozesse sowie die Auswirkungen von Ungenauigkeiten im Ausgangszustand, was zu einer geringfügig geringeren Genauigkeit als bei den simulierten Ergebnissen führte.