

E-Maschinen-Emulator

Ein neuartiger Power-HIL Prüfstand zum Test von Antriebsumrichtern

Der Antriebsumrichter stellt eine Schlüsselkomponente im elektrischen Antriebsstrang eines Hybridfahrzeugs dar und sorgt für eine stabile und effiziente Drehmomentenausregelung. Als Testumgebungen für Antriebsumrichter gehören HiL-Systeme und Lastprüfstände zum Stand der Technik. Die gestiegenen Anforderungen bezüglich funktionaler Sicherheit erfordern eine hohe Testabdeckung bei gleichzeitig hohen Kostendrucks seitens der Automobilhersteller. Konventionelle Prüfstände, die zum Testen von Leistungsumrichtern vorhanden sind, erfüllen nicht immer die gewünschten Anforderungen. HiL Systeme haben sehr eingeschränkte Systemgrenzen, da der Leistungsteil des Umrichters nur simuliert wird. Zwar sind Lastprüfstände nahe am Zielsystem, allerdings sind diese teuer, wartungsaufwändig und haben eine begrenzte Drehzahldynamik. Eine alternative Testumgebung stellt ein sogenannter E-Maschinen-Emulator dar, bei dem die Leistungsflüsse einer permanentenregten Synchronmaschine physikalisch nachgebildet werden, wobei allerdings vollständig auf bewegliche, mechanische Teile verzichtet wird. Der Emulator besteht aus einem Umrichter, Kopplungsinduktivitäten, einer Spannungs- und Stromerfassung sowie einem echtzeitfähigen, frei parametrierbares E-Maschinenmodell. Durch Variation der Parametrierung können verschiedene E-Maschinen mit geringem Aufwand nachgebildet werden. Bisherige Veröffentlichungen verwendeten aufgrund der einfachen Implementierbarkeit nahezu ausschließlich ein einfaches, lineares E-Maschinenmodell, das auf konstanten Induktivitäten basiert. Für die Emulation von hoch ausgenutzten IPMSM, wie sie in der Automobilindustrie eingesetzt werden, ist dieser Ansatz allerdings nicht ausreichend. In dieser Arbeit wird daher ein echtzeitfähiges, nichtlineares Modell verwendet, das auch Sättigungseffekte und Harmonische abbilden kann. In diesen Vortrag wird die grundlegende Funktionsweise des E-Maschinen-Emulator erläutert und eine Gütebewertung im Vergleich zur realen Maschine dargelegt. Zusätzlich werden einige spezielle Anwendungen in der Entwicklung von elektrischen Antrieben vorgestellt, in denen ein E-Maschinen-Emulator wesentliche Vorteile gegenüber einem konventionellen Prüfstand hat.