

Direkte Regelung der Netz- und Lastgrößen eines Matrixumrichters mit optimalen netz- und lastseitigen Filtern

DFG - HO 1483/59-1, 2010 -2013

Aktive Dämpfung filterbedingter eingangsseitiger Oberschwingungen am Matrixumrichter als Antriebsumrichter für direkte und PWM-basierte Regelverfahren

DFG - HO 1483/59-2, 2013 - 2015

Zusammenfassung:

Im DFG-Projekt HO 1483/59 wurden erfolgreich Untersuchungen der netzseitigen Oberschwingungen bei Anwendung von direkten und PWM-basierten Ansteuerungsverfahren durchgeführt. Die Versuchsaufbauten mussten selbst hergestellt und in Betrieb genommen werden. Dies führte zu einer zeitlichen Verzögerung, ermöglichte jedoch eine gezielte Anpassung von Kommutierung und Regelung eines Antriebs mit direktem Matrixumrichter.

Das selbst definierte 2/3-Schritt-Kommutierungsverfahren ermöglicht eine zu jedem Zeitpunkt sichere Ansteuerung der Leistungshalbleiter und wurde umfangreich untersucht sowie publiziert. Basierend darauf wurde zuerst erprobt, ob sich eine eingangsseitige Ladungssteuerung zur Reduzierung der Oberschwingungen am direkten Matrixumrichter eignet. Diese konnte zwar stabil am passiv gedämpften eingangsseitigen LC-Filter betrieben werden, zeigte jedoch keine nennenswerten Verbesserungen. Die Ladungssteuerung berücksichtigte dabei nur die ausgangsseitige Wirkleistung am Umrichter, nicht aber die Last und ihre Spezifika.

Im Fortsetzungsantrag wurde sich zum Ziel gesetzt, die Oberschwingungen des Netzstromes unter Berücksichtigung der angeschlossenen Last zu reduzieren und dabei auf den Dämpfungswiderstand des Filters zu verzichten. Dieser Widerstand dämpft zwar die Resonanzerscheinungen im LC-Filter, reduziert jedoch auch die Dämpfung im Schaltfrequenzbereich. Die erfolgversprechendste Methode betrachtet die maschinenseitige Streuinduktivität als Energiespeicher. Basierend auf der Momentanleistungstheorie kann somit gezielt Energie zwischen dieser Streuinduktivität und dem Filterkondensator ausgetauscht werden, was zur Stabilisierung des eingangsseitigen LC-Filters führt.

Basierend auf dieser Idee konnten angepasste Regelverfahren mit aktiver Stabilisierung des Eingangsfilters sowohl für die direkte Drehmomentregelung als auch die PWM-basierte feldorientierte Regelung eines Antriebs mit Matrixumrichter hergeleitet, erfolgreich unter realen Netzbedingungen getestet und publiziert werden. Dabei zeigte sich, dass die neu definierte direkte Spannungs- und Drehmomentregelung aufgrund der Nichtanwendung von Nullraumzeigern zwar einen stabilen Betrieb des Antriebs erlaubt, jedoch zu einer Erhöhung des Oberschwingungsgehalts im Netzstrom führt. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf, um auch Nullraumzeiger in diese Regelungsstrategie mit einzubinden. Die Implementierung mit feldorientierter Regelung hingegen zeigt vielversprechende Ergebnisse. Es konnte nachgewiesen werden, dass auch bei Eliminierung des passiven Dämpfungswiderstandes ein geregelter Betrieb des Antriebs mit gleichbleibendem und sogar partiell geringerem Oberschwingungsgehalt möglich ist. Dabei wurde deutlich, dass die Kommutierung und die durch sie entstehende Spannungsabweichung einen großen Einfluss vor allem bei kleinen Netzströmen aufweisen. Die Anwendung eines 1-Schritt-Kommutierungsverfahrens würde den Oberschwingungsgehalt weiter reduzieren. Zuletzt konnte erfolgreich nachgewiesen

werden, dass die Anwendung der aktiven Stabilisierung zu keiner relevanten Verlusterhöhung im Umrichter oder der Asynchronmaschine führt.

Im Rahmen des Projektes wurden 5 Publikationen auf den IEEE-APEC Konferenzen 2012 und 2016 sowie bei der EPE-Europe 2010, 2015 und 2016 platziert. Der wissenschaftliche Nachwuchs ist in 7 wissenschaftlichen Arbeiten und weiteren IAESTE-Projekten gefördert worden.

Eine mögliche Anwendung der Verfahren mit Herstellern von direkten Matrixumrichtern wie Yaskawa und Danfoss wurde nicht evaluiert. Die Anwendung der Idee, den lastseitigen Energiespeicher zur Reduzierung des netzseitigen Oberschwingungsgehalts einzusetzen, wäre jedoch auch für einen Zwischenkreisumrichter möglich.