

Dreiphasige Power Factor Correction (PFC)

Diese Arbeit beschreibt die Analyse und Konstruktion eines dreiphasigen PFC mit einer Übertragungsleistung von 6 kW.

Diplomand



Raphael Baumeler

Ausgangslage: Um die elektrische Energieversorgung zuverlässig betreiben zu können, müssen Hochspannungskabelanlagen regelmässig direkt beim Kunden geprüft werden. Die Firma b2 electronics GmbH entwickelt Prüfgeräte zur Prüfung solcher Hochspannungskabelanlagen. Diese Geräte fungieren als Hochspannungsquelle und beziehen ihre elektrische Energie über einen dreiphasigen PFC-Gleichrichter aus dem Versorgungsnetz.

Ziel der Arbeit: In dieser Arbeit wird ein robuster dreiphasiger PFC für den Einsatz in Kabelprüfgeräten entwickelt. Dabei ist die maximale Leistungsaufnahme auf 6 kW festgelegt, während die Zwischenkreisspannung 800 V beträgt. Unter diesen Voraussetzungen bieten sich unterschiedliche Schaltungstopologien an. Im Rahmen dieser Arbeit werden die beiden Topologien Six-Switch Rectifier (6SW) und Vienna Rectifier (VR) miteinander verglichen und auf Basis des Pflichtenhefts von b2 bewertet. Wichtige Kriterien an den PFC sind:

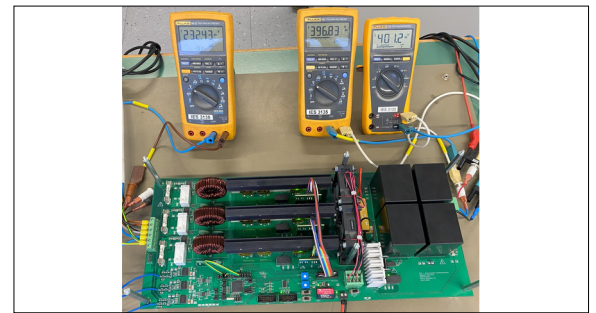
- Kurzzeitiger Phasenausfall von einer Phase
- Zuverlässige Versorgung variabler Lasten (Leerlauf bis Vollast) mit Lastsprüngen von 10 auf 100 %
- Regelung der Zwischenkreisspannung auf 800 V mit einem maximalen Spannungsripple von 5% pkpk

Ergebnis: Der Vergleich zwischen VR und 6SW zeigt, dass der VR für die Anwendung von b2 besser geeignet ist. Ausschlaggebend hierfür ist insbesondere die höhere Robustheit des VR, da Phasenausfälle möglich sind, bei Steuerfehlern keine Brückenkurzschlüsse auftreten können und das Common-Mode-Noise geringer ist.

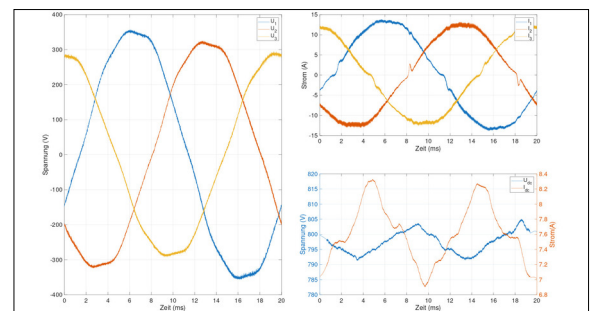
Die entwickelte Hardware zeichnet sich durch einen integrierten Mikrocontroller von Texas Instruments, senkrecht steckbare Gate-Treiber, zwei Stromsensoren mit unterschiedlichen Bandbreiten sowie einen mechanisch einfachen Aufbau aus. Dadurch lassen sich beispielsweise die Kühlkörper unkompliziert montieren und demontieren. Die zugehörige Software für den VR wird mit dem PLECS Coder generiert. Der eingesetzte Mikrocontroller kann für Hardware-in-the-Loop-Simulationen mit der RT Box von plexim verwendet werden. Dadurch ist es möglich, die Software parallel zur Fertigung des PCBs zu entwickeln. Fehler können frühzeitig erkannt und behoben werden, ohne die Hardware zu gefährden. Dieses Entwicklungsverfahren hat sich bewährt, da die Software zügig fertiggestellt werden konnte und keine hardwareseitigen Defekte infolge von Softwarefehlern auftraten. Ausführliche Messungen am Ende dieses Berichts bestätigen die Robustheit des VR. So erreicht und hält dieser die geforderten 800 V mit einem Spannungsripple von weniger als 5% pkpk unter Belastungen von 0.6-6 kW. Auch mit

Netzasymmetrien, höheren Harmonischen und mit 50 oder 60 Hz funktioniert der VR zuverlässig. Die maximale steady-state temperatur bei Nennlast beträgt 51.6 °C, der THDi liegt unter 3 % und der Wirkungsgrad ist grösser als 97 %. Der Regelalgorithmus ist in der Lage, Phasenausfälle zu verarbeiten, sodass der PFC auch bei einem Phasenausfall unterbrechungsfrei weiterarbeitet. Beim anschliessenden Wiedereinschalten der Phase treten jedoch erhöhte Stromspitzen auf, die bei einer Last von mehr als 1.2 kW zu einer Abschaltung des VR führen.

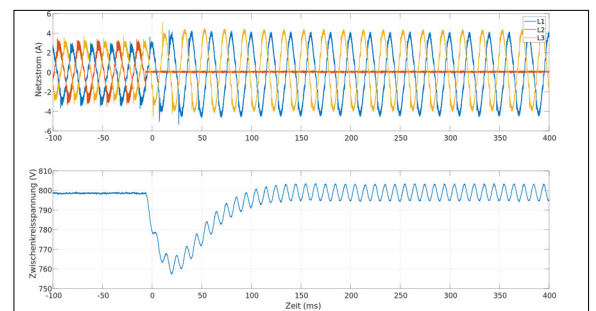
Entwickelte Hardware Eigene Darstellung



Zeitsignale von Netz- und Zwischenkreissgrössen mit Asymmetrie und höheren Harmonischen bei 50 Hz und 6 kW Eigene Darstellung



Ausfall Phase L2 mit einer Ausgangsleistung von 1.2 kW Eigene Darstellung



Referent Simon Nigsch

Korreferent
CEO Ralf Negele, Negal Engineering AG, 9015 St.Gallen

Themengebiet Energy and Environment

Projektpartner
b2 electronics GmbH, 6833 Klaus, Österreich