

“Phase Shift Correction”: Der Schlüssel bei der Vermessung von Leistungselektronik auf GaN- oder SiC-Basis

Das Verbessern der Leistungseffizienz von elektrischen Antriebssystemen oder DC-DC-Schaltnetzteilen führt zu einer kontinuierlichen Erhöhung der Schaltfrequenzen in den Invertern. Gleichzeitig führt das induktive Verhalten der Stromsensorik immer zu einer Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung bei der Vermessung von hochfrequenter AC-Leistung. Das Vernachlässigen dieser Tatsache kann einen sichtbaren Effekt auf die Messergebnisse haben.

Die gute Nachricht ist, dass man das Thema Phasenverschiebung weitgehend vernachlässigen kann, wenn sich die Frequenzen bei Schaltelementen unter 10kHz bewegen. Die schlechte Nachricht ist, dass bei der Leistungsanalyse neben der Grundfrequenz auch die Harmonischen berücksichtigt werden müssen, denn hochfrequente Schaltelemente erzeugen Harmonische höherer Ordnung. Es reicht also nicht aus, nur die Grundfrequenz zu betrachten.

Nehmen wir als Beispiel eine Schalteinheit auf Basis eines SiC-MOSFETs mit einer Schaltfrequenz von 20kHz. Natürlich gibt es Anwendungen auf SiC-Basis, bei denen mit weit höheren Schaltfrequenzen gearbeitet wird – aber Ziel der Übung ist der Beleg, dass die Phasenverschiebung selbst bei Schaltfrequenzen von 20kHz Auswirkungen auf das Messergebnis hat.

In aktuellen Leistungsanalysatoren werden regelmäßig bis zu 100 Harmonische bei Messungen einbezogen. Selbstverständlich ist der Einfluß beispielsweise der 99. Harmonischen auf das Messergebnis nicht dramatisch – aber wir vermessen dadurch Leistung im MHz-Bereich, bei denen das Thema Phasenverschiebung durchaus relevant ist.

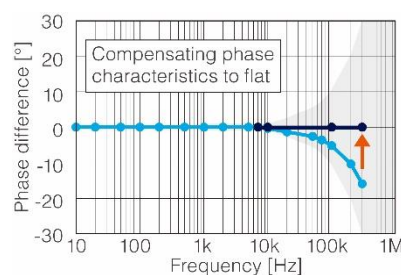


Figure 1: Phasenfehler mit und ohne Korrektur

Bei der hochgenauen Vermessung von Leistungsanwendungen wird üblicherweise mit Stromsensorik zur Erfassung der Ströme gearbeitet. Ein Grund liegt darin, dass Shunt-Eingänge, über die manche Analysatoren verfügen, bei hohen Strömen und höheren Frequenzen nicht die notwendige Genauigkeit liefern und für hohe Ströme oft auch nicht dimensioniert sind.

Allerdings produziert jeder Stromsensor prinzipbedingt und herstellerunabhängig mit steigender Frequenz einen wachsenden Phasenfehler, was auf die induktive Charakteristik des magnetischen Kerns und dessen Verschaltung zurückzuführen ist. Zusätzlich sorgen die unterschiedlichen Designs der verschiedenen Sensoren dafür, dass dieser Fehler bei jedem Sensormodell unterschiedlich hoch ausfällt.

HIOKI ist der einzige Anbieter von Lösungen für die Leistungsanalyse, der eine echte Korrekturmöglichkeit des Phasenfehlers als Funktion

anbietet. Möglich wird dies, da nur HIOKI sowohl die Leistungsanalysatoren als auch die passende Sensorik selbst entwickelt und herstellt. Die Analysatoren erkennen deshalb die Sensorik und beziehen deren bekannte Charakteristik in die Messungen mit ein.



Abbildung 2: HIOKI PW6001 Leistungsanalysator

Sowohl der HIOKI Leistungsanalysator PW6001 als auch der PW3390 können die Sensor-typischen Phasenfehler berücksichtigen und bei der Messung korrigieren. Die Genauigkeit der Messung in hohen Frequenzbereichen wird auf diese Weise entsprechend erhöht.

Zur Verdeutlichung des Effekts soll folgende Vergleichsmessung beitragen, bei der die gleiche Messung jeweils mit und ohne der Korrekturfunktion des Phasenfehlers durchgeführt wurde. Grundlage der Messung ist ein weit verbreiteter Inverter-Aufbau mit einer DC-Phase am Eingang und drei AC-Phasen am Ausgang. Der Inverter basiert dabei auf dem erwähnten SiC-MOSFET-Schaltelement mit

einer Grundfrequenz von 20kHz.

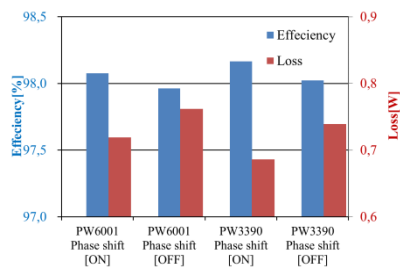


Abbildung 3: Vergleich von Invertereffizienz und Verlustleistung

Betrachtet man die gemessene Inverter-Effizienz und die Verlustleistung am Inverter in Abbildung 3, so erkennt man schnell den positiven Einfluss der Phasenkorrektur-Funktion auf die Messergebnisse: Die gemessene Verlustleistung ist kleiner und die gemessene Effizienz des Inverters ist größer.

Selbst bei diesen niedrigen Frequenzen erhöht sich also die gemessene Ausgangsleistung des Inverters um einen Wert zwischen 0.1% und 0.15%. Das klingt auf den ersten Blick nicht dramatisch – aber jeder Ingenieur, der sich mit der Optimierung von Invertern befasst, weiß, dass dies ein signifikanter Unterschied ist. Man kann sich leicht vorstellen, wie groß die Unterschiede sind, wenn Inverter mit höheren Schaltfrequenzen vermessen werden.

Details zum Thema:

<http://bit.ly/PhaseShiftError>

Kontakt:

HIOKI Europe GmbH
Rudolf-Diesel-Strasse 5
65760 Eschborn
Germany
hioki@hioki.eu

©2019 HIOKI Europe GmbH



CalPlus GmbH
Zentrale Berlin
Heerstraße 32 • 14052 Berlin
Tel.: 030 214982-0 • Fax: 030 214982-50
office@calplus.de • www.calplus.de