

LEISTUNGSFAKTORKORREKTUR VERSTEHEN UND WIRKUNGSGRAD ERHÖHEN

Effiziente Stromversorgung

Durch die hohen Kosten der Energieverschwendung wird der Wirkungsgrad von Stromerzeugung immer wichtiger. Deshalb haben Regierungen und Industrieverbände Standards festgelegt, die einzuhalten sind, bevor ein Produkt auf den Markt kommt. Kosten- oder umweltbewusste Kunden verlassen sich bei ihren Kaufentscheidungen auf diese Standards, um sicherzugehen, dass sie effiziente Produkte erwerben. Ein wichtiger Bereich, der dabei angesprochen werden muss, ist die Leistungsfaktorkorrektur (LFK) einschließlich EMV-Filter.

TEXT: Joel Turchi, ON Semiconductor BILDER: ON Semiconductor; iStock, Enis Aksoy

Für jede strombezogene Anwendung ist der Wirkungsgrad (die Effizienz) schon immer ein Thema und ein Parameter, den die Hersteller in ihren Spezifikationen angeben. In der Vergangenheit wurde dabei jedoch immer der bestmögliche Wert angegeben – bei einem einzigen Punkt: meist bei 75 Prozent Volllast. Folglich konzentrierten sich die Hersteller genau auf diese Auslastung, um die wahrgenommene Effizienz ihrer Produkte zu verbessern. In der Praxis arbeiten Geräte jedoch nur einen Bruchteil der Zeit mit dieser Auslastung. In realen Anwendungen, insbesondere bei dynamischen Lasten, bedeutet dies, dass der tatsächliche Wirkungsgrad weit unter den Erwartungen liegt.

Um dieses Problem zu lösen, berücksichtigen moderne Energiestandards die Leistungsfähigkeit über die gesamte Wirkungsgradkurve und nicht nur am besten Punkt. Entwickler überlegen deshalb, wie sich entscheidende Komponenten in Leistungswandlern so ausgelegt lassen, dass sie bei niedriger und mittlerer Last eine höhere Leistungsfähigkeit erbringen. Einer der entscheidenden Bestandteile solcher Netteilschaltungen ist die Leistungsfaktorkorrektur-/LFK-Stufe und der EMV-Filter, die zusammen bis zu acht Prozent der Ausgangsleistung verbrauchen können.

Technische Details der Leistungsfaktorkorrektur

Die von den Versorgungsunternehmen gelieferte Spannung ist immer sinusförmig, aber die Wellenform und Phase des Netzstroms hängen von der zu versorgenden Last ab. Für die einfachste ohmsche Last ist der Laststrom ebenfalls sinusförmig und in Phase, wodurch sich die Leistung leicht berechnen lässt.

Befindet sich in der Last eine Blindkomponente (Induktivität oder Kondensator), bleibt der Laststrom sinusförmig, ist jedoch in Bezug auf die Spannung phasenverschoben. In diesem Fall wird die Wirkleistung (auch als reale oder mittlere Leistung bezeichnet) wie zuvor berechnet – jedoch mit dem Kosinus des Phasenwinkels (Verschiebungsfaktor) multipliziert. Je größer die Blindlast, desto geringer wird die Wirkleistung. Nichtlineare Lasten wie die Eingangsstufe eines Schaltnetzteils mit Brückengleichrichter und Eingangskondensator erschweren die Sache. Hier besteht der Strom aus einer Reihe von Einschaltimpulsen und die Leistung wird mittels Fourier-Transformation berechnet.

Die Mittelung des Produkts zweier Sinuskurven erfordert eine komplexe Berechnung und liefert nur dann ein

Ergebnis ungleich Null, wenn die beiden Wellenformen die gleiche Frequenz aufweisen. Daraus lässt sich jedoch ableiten, dass nur die Grundkomponente Wirkleistung liefert und die Oberwellen (Harmonischen) nur nutzlose Kreisströme erzeugen. Ähnlich wie der Verschiebungsfaktor modelliert ein Verzerrungsfaktor die Auswirkung einer verzerrten (nicht sinusförmigen) Wellenform auf die Wirkleistung und definiert die Wirkleistung als Produkt aus Effektivspannung, Effektivstrom und beiden Faktoren. Weitere Analysen führen dann zum Klirrfaktor (THD; Total Harmonic Distortion).

Der Leistungsfaktor eines Systems ist einfach das Produkt der Verschiebungs- und Verzerrungsfaktoren – und daher ist die Wirkleistung das Produkt aus Effektivspannung, Effektivstrom und Leistungsfaktor.

Ansätze zur Korrektur des Leistungsfaktors

Der wesentliche Standard bezüglich des Leistungsfaktors ist die EN 61000-3-2 – diese Norm wurde mit dem Ziel geschrieben, den Klirrfaktor des



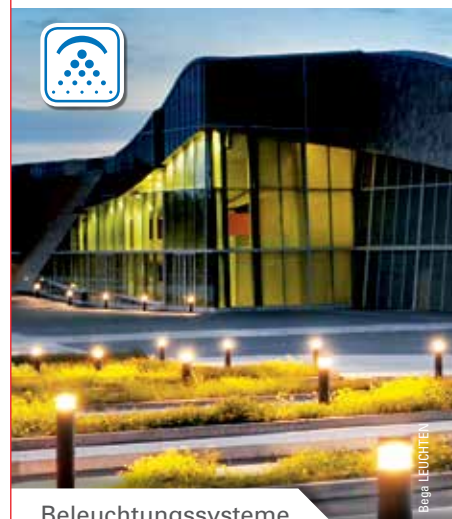
Dabei wird ein LFK-Vorregler zwischen dem Brückengleichrichter und dem Stützkondensator im Eingangskreis hinzugefügt, um eine konstante Spannung zu liefern und sicherzustellen, dass der entnommene Strom sinusförmig ist. Dieser Ansatz hat neben dem deutlich besseren Leistungsfaktor viele weitere Vorteile. Die Ausgangsspannung der LFK-Stufe beträgt recht gut geregelte 400 V, was den nachgeschalteten Wandler einfacher und kostengünstiger macht. Außerdem reduziert der

nicht pulsierende Strom die Anforderungen an die EMV-Filterung und spart so Platz und Kosten.

Diese Art von LFK-Vorwandler kann jedoch nicht zu 100 % effizient sein und trägt daher zu Systemverlusten bei. In jedem Stromversorgungssystem treten zwei wesentliche Verlustarten auf: Schaltungs- und Leitungsverluste. Leitungsverluste sind dabei die Summe zweier Arten von Verlusten: Solche, die proportional zur Leistung des Systems

Stroms, der aus dem Netz geliefert wird, zu minimieren. Dafür wird die maximale Größe aller Harmonischen vom 2. bis zum 40. Grad definiert. Die Anforderungen an die LFK werden auch in anderen Dokumenten wie der Energy Star Spezifikation behandelt. Deshalb hat diese Technik in so vielen Anwendungen Einzug gefunden.

Um diesen Standards gerecht zu werden, ist die bei weitem häufigste (und effektivste) Art der LFK die aktive Variante.



Beleuchtungssysteme

Schaltnetzteile für LED-Beleuchtung

- maßgeschneidert
- intelligent
- effizient

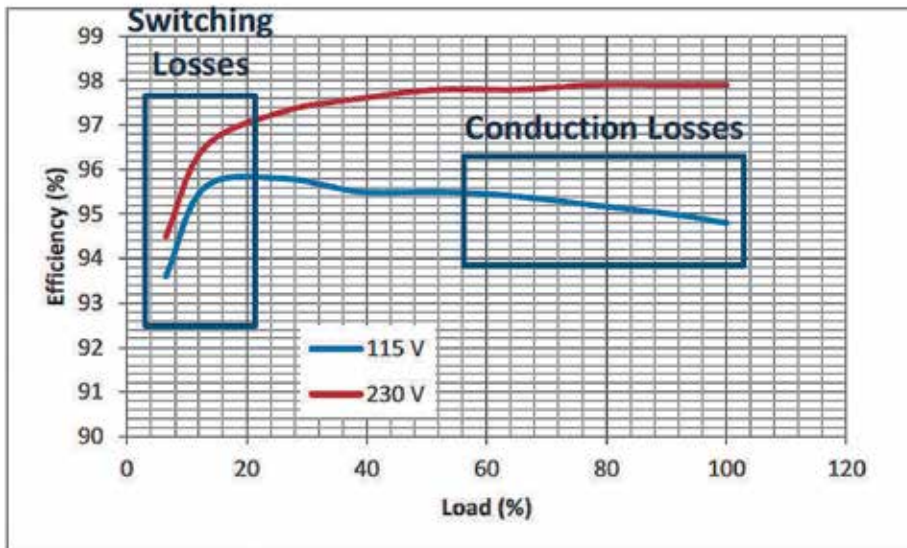


Customized Solutions
Made in Germany



Ihr Spezialist für die Entwicklung und Herstellung kundenspezifischer Schaltnetzteile und Stromversorgungslösungen.

inpotron Schaltnetzteile GmbH
Hebelsteinstr. 5, DE-78247 Hilzingen
Phone +49 7731 9757-0
E-Mail info@inpotron.com



Schalt- und Leitungsverluste tragen zu den Gesamtverlusten in einem Stromnetz bei.

sind – aufgrund von Faktoren wie der Durchlassspannung der Dioden in der Brücke – und solche, die proportional zum Quadrat der Systemleistung sind, die Widerstandsverluste umfassen, wie z. B. den Einschaltwiderstand von MOSFETs. Letztere haben tendenziell den größten Einfluss auf den Wirkungsgrad bei höheren Leistungen.

Schaltverluste sind hingegen zu einem großen Teil proportional zum Strom und damit zur übertragenen Leistung. Zum anderen sind sie konstant und hängen nicht mit der Systemleistung zusammen. Sie werden durch parasitäre Kapazitäten und Ladeströme verursacht und sind in der Regel proportional zur Schaltfrequenz eines Systems. Da Schaltungsentwickler die Betriebsfrequenzen in Schaltungen zur Stromversorgung immer weiter erhöhen, um die Systemgröße zu verringern, werden Schaltverluste auch zu einer immer größeren Herausforderung – insbesondere bei niedrigeren Leistungsniveaus, bei denen sie eine erhebliche Verringerung des Wirkungsgrads ausmachen können.

LFK-Regelkreise im Überblick

Es wurden verschiedene Regelverfahren für die Leistungsfaktorkorrektur entwickelt, um den Anforderungen der unterschiedlichen Systeme gerecht zu werden. Generell geht es darum, Schaltverluste bei geringen Lasten und Leitungsverluste bei höheren Lasten zu verringern. Es gibt drei grundlegende Regelverfahren. Der Continuous Conduction Mode (CCM) arbeitet mit einer festen Frequenz und begrenzt die Wellenlänge des Induktivitätsstroms, während gleichzeitig höhere Verluste zugelassen werden. Dieser Modus wird normalerweise für Systeme mit höherer Leistung (>300 W) verwendet.

Der Critical Conduction Mode (CrM) startet einen neuen Schaltzyklus, sobald der Induktivitätsstrom auf Null gefallen ist, somit ist keine Fast-Recovery-Diode erforderlich. Dies führt zu einer variablen Schaltfrequenz mit einer relativ großen Stromwellenlänge. Dieses einfache und kostengünstige Verfahren hat sich für Anwendungen mit geringem

Leistungsverbrauch bewährt, zum Beispiel für Beleuchtungen. Da immer häufiger MOSFETs mit niedrigem Durchlasswiderstand zum Einsatz kommen, kommt der CrM jetzt auch vermehrt in Anwendungen mit höherer Leistung zum Einsatz.

Der Frequency-Clamped Critical Conduction Mode (FCCrM) wurde vor einigen Jahren von ON Semiconductor eingeführt, um die beim CrM beobachtete Frequenzspreizung zu begrenzen. Unter geringer Last, wenn die Schaltfrequenz am höchsten ist, wird in den Discontinuous Conduction Mode (DCM) gewechselt, um die Schaltverluste deutlich zu verringern. Zusätzliche Schaltkreise kümmern sich um die für den DCM typischen Totzeiten und stellen so sicher, dass der Strom jederzeit die richtige Wellenform hat.

Der Markt bietet mittlerweile viele Komponenten wie LFK-Regler und Leistungsschalter, sowie Entwicklungsressourcen, mit denen sich eine effiziente Leistungsfaktorkorrektur realisieren lässt. □