

Resonanzkreis-Transformatoren mit 96% Wirkungsgrad

Resonanztransformatoren vereinfachen das Entwickeln von LLC-Konvertern. Kundenspezifische Designs werden durch Simulationen und analytische Verlustberechnungen optimiert.

VALENTINO RADAELLI *

Bei der Projektierung magnetischer Komponenten arbeitet Hersteller ITACOIL eng mit den Elektronikentwicklern zusammen, um beim Design von Schaltnetzteilen mit LLC-Resonanz optimale Ergebnisse zu erzielen.

Die Notwendigkeit hochleistungsfähiger Versorgungen etwa auf dem Gebiet der LED-Beleuchtung sowie die stark wachsende Nachfrage nach einer bestmöglichen Energieeffizienz hinsichtlich Betriebswirtschaftlichkeit und auch einiger vor kurzem verabschiedeter Normen hat in den letzten Jahren zu einer Neubewertung der LLC-Resonanz-Topologie (SRC) geführt. Die auf dem Markt für Schaltnetzteile wichtigsten Hersteller aktiver Komponenten bieten in ihren Katalogen leistungsfähige Chips an, die mit einem besonders verringerten Komplexitätsgrad des Stromkreises, die Realisierung einer Energieversorgung mit einer Leistungsfähigkeit von 90 bis 95% ermöglichen (wobei diese mittels synchroner Gleichrichter anstatt Ausgangsdioden weiter optimiert werden

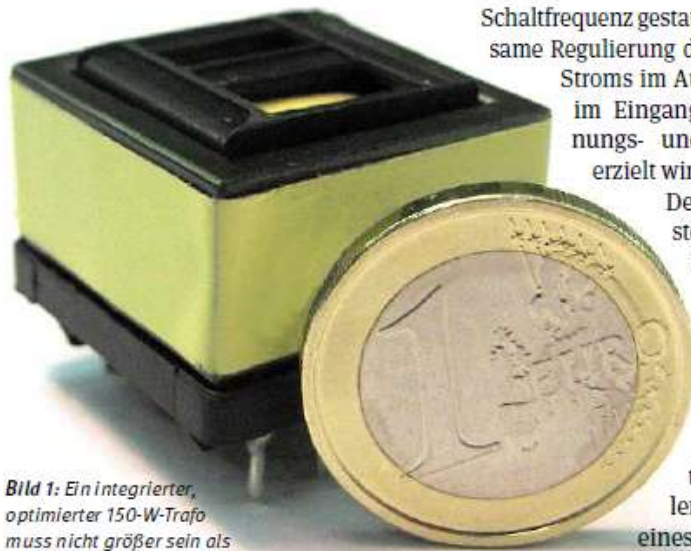


Bild 1: Ein integrierter, optimierter 150-W-Trafo muss nicht größer sein als 28 mm x 29 mm x 23 mm

kann) – und die gegenüber anderen Topologien mittels Zero Voltage Switching und Hochfrequenzstromarten (hauptsächlich sinusförmiger Natur) eine Reduzierung der EMI/EMC-Probleme ermöglichen.

Der Betriebsgrundsatz basiert auf der charakteristischen Kurve des Resonanz-Tanks (Bild 2), der eine Änderung des Ertrags mittels einer relativ geringen Variation der

Schaltfrequenz gestattet, wodurch eine wirksame Regulierung der Spannung oder des Stroms im Ausgang gegenüber den im Eingang vorliegenden Spannungs- und Lastschwankungen erzielt wird.

Der Resonanz-Tank besteht aus zwei induktiven Elementen und einem Kapazitätselement (LLC); obwohl die Verwendung von drei separaten Elementen, d.h. einer diskreten Induktivität, eines konventionellen Transformators und eines Kapazitätselements, technisch möglich ist, würde dies hinsichtlich Kosten, Umfang und Energieeffizienz zu keinen erwähnenswerten Resultaten führen.

Viel zweckmäßiger ist dagegen, die Verwendung eines integrierten Transformators, der dank seiner besonderen Eigenschaften in der Lage ist, die Resonanz-Induktivität zu implementieren, wie nachfolgend ersichtlich ist.

Um sich eine Vorstellung über die Vorteile eines integrierten 150-W Transformators mit



* Valentino Radaelli
... Ist Technical Manager bei ITACOIL srl in Caponago/Italien.

optimaler Abmessung zu machen, ist zu bedenken, dass derselbe einen Raumbedarf von unter 28 mm x 29 mm x 23 mm benötigt und demzufolge wettbewerbsfähigere Kosten gegenüber Lösungen mit diskreter Induktivität ermöglicht. Daraus geht klar hervor, dass die Verwendung einer solchen Lösung allein auf die Schwierigkeiten bei der Projektierung eines kohärenten Tanks zurückzuführen ist.

Der Resonanztrafo nutzt dispergierende Induktivität

Die eigens entwickelten Transformatoren, so genannte integrierte Resonanztransformatoren, basieren auf der Ausnutzung der dispergierenden Induktivität, die im Allgemeinen einen unerwünschten parasitären Effekt aufweist. Der Transformator ersetzt die diskrete Induktivität, wobei in diesem Falle zwei der drei Elemente des Resonanz-Tanks in einer einzigen magnetischen Komponente integriert werden.

Zusätzlich zu den Vorteilen in Bezug auf Kosten und Raumbedarf ist hervorzuheben, dass der magnetische Fluss der dispergierenden Induktivität sich vornehmlich in der Luft entwickelt, wobei jedes mit der Kernsättigung im Zusammenhang stehende Problem beseitigt wird, während dies hingegen beim Einsatz diskreter Induktivitäten stets berücksichtigt werden muss.

Um optimale Resultate zu erzielen, müssen sowohl die Struktur als auch alle das Projekt betreffenden Details mit der erforderlichen Fachkenntnis gehandhabt werden, um einen zweckmäßigen Wert der dispergierenden Induktivität unter Beachtung aller anderen Projektparameter sowie unter minimalen Verlustbedingungen zu erreichen.

Während man sich in anderen Situationen auf empirische Erfahrungen und einfache Berechnungsmethoden stützt, wobei dies zu mehr oder weniger akzeptablen oder sogar ungenauen Näherungswerten in vielen Las-

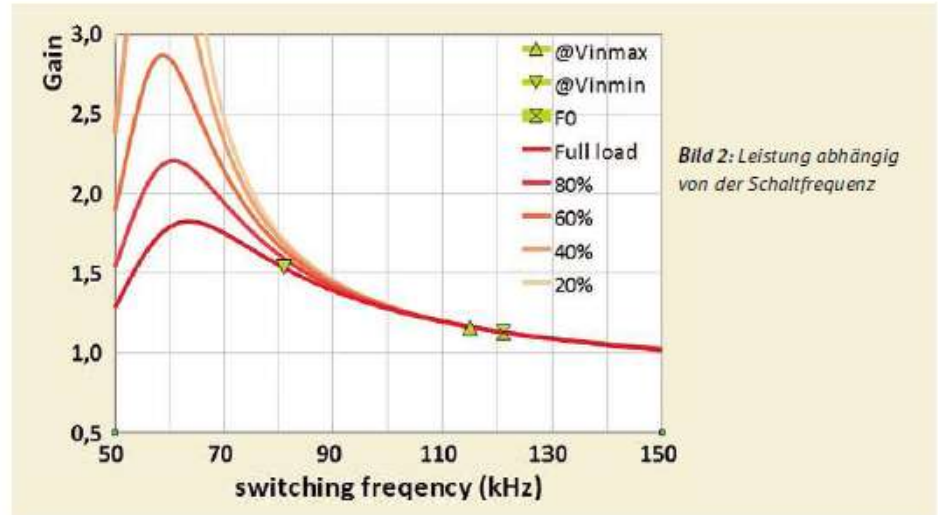


Bild 2: Leistung abhängig von der Schaltfrequenz

tenheften führt, ist darauf hinzuweisen, dass bei hoch leistungsfähigen Anwendungen manchmal sogar der Verlust eines Bruchteils eines Watts eine sichtbare Wirkung auf die allgemeine Leistungsfähigkeit der Versorgungsvorrichtung hat und demzufolge das Risiko besteht, die während der Planung des Konverters mit Umsicht getroffenen Wahlen zu beeinträchtigen.

Um die beste Leistungsfähigkeit der magnetischen Komponenten zu erhalten, müssen einige vereinfachte Projektmethoden überwunden werden, wie beispielsweise die gleichmäßige Unterteilung der Target-Verluste im Kern und im Kupfer. Die einschlägige Literatur und die auf diesem Gebiet gesammelten Erfahrungen lehren, dass der Punkt der besten Effizienz mittels einer genauen Definition der Verluste in Abhängigkeit vom Induktionswert zu bestimmen ist (Bild 3).

Im besonderen Fall der integrierten Transformatoren besteht eine Reihe von Auflagen, die bei der Entwicklung des elektronischen Projekts eine enge Zusammenarbeit mit dem Hersteller von magnetischen Komponenten

vorschreiben. Die Festlegung von optimalen Parametern für einen Resonanz-Tank darf nicht ohne Berücksichtigung der Vorschriften in Bezug auf die strukturellen Elemente eines jeden Transformators erfolgen, wobei die Kurve, die das Verhältnis zwischen Induktivität und dispergierende Induktivität beschreibt, eine besondere Beachtung erfordert (Bild 4). In Ermanglung eines derartigen Dialogs ist man bestenfalls gezwungen, mit einem ungeeigneten Induktionswert zu arbeiten, mit dem Resultat einer äußerst schlechten Leistung sowohl in Bezug auf die Energie als auch in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit.

Der kritischste Punkt bei der Projektierung der genannten Transformatoren ist die realistische Berechnung der Verluste in den Wicklungen, wobei ohne eine derartige Berechnung jede Projektoptimierung unmachbar wird. In der Berechnung ist nicht nur der Skin-Effekt zu berücksichtigen - eine bekannte und relativ leicht kontrollierbare Erscheinung - sondern auch die Wirbelstrom-Verluste infolge des sogenannten Proximity-Effekts. Im Falle von Wicklungen mit

Litz-Draht, deren Einsatz aufgrund der üblicherweise genutzten Arbeitsfrequenzen (min. 100 KHz) unvermeidbar ist, sind diese Berechnungen von beachtlicher Komplexität.

Diese Aspekte, zusammen mit anderen weniger wichtigen Faktoren, zeigen, dass man viele Transformatoren antrifft, die von den idealen Bedingungen für eine hohe Leistungsfähigkeit sowohl unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit und der Dimensionierung als auch der Energie weit entfernt sind.

Die PFC-Induktivität ist für den Entwickler Pflicht

Das Vorhandensein einer aktiven PFC im Eingang eines Hochleistungsschaltnetzteils ist fast als Pflicht zu betrachten. Aber auch bezüglich dieser Komponenten und vor allem bezüglich einiger der am meisten verwendeten Typologien, gibt es auf Projektebene kritische Punkte.

Die am meisten verwendete PFC-Typologie für Leistungen bis 200 oder 300 W ist der sogenannte Transition Mode (auch Critical mode oder Boundary mode bezeichnet), bei der die herkömmlichen Methoden der Berechnung der Verluste im Kern aufgrund der Komplexität der Stromwellenform nicht anwendbar sind.

Dies ist darin begründet, dass der Strom auch bei gleichbleibenden Bedingungen eine ganz besondere Wellenform aufweist, die im Wesentlichen dreieckig ist, deren Amplitude und Frequenz in Abhängigkeit des Momentanwertes der Netzspannung laufenden Schwankungen unterliegen (Bild 5).

Diese Tatsache führt zu einer Erhöhung möglicher Fehler bei der Berechnung der Verluste, sodass die Verwendung von entwickelten Berechnungsmethoden unerlässlich ist. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass die von den Herstellern magnetischer Kerne veröffentlichten Verlustkurven sich auf sinusförmige Wellen sowie

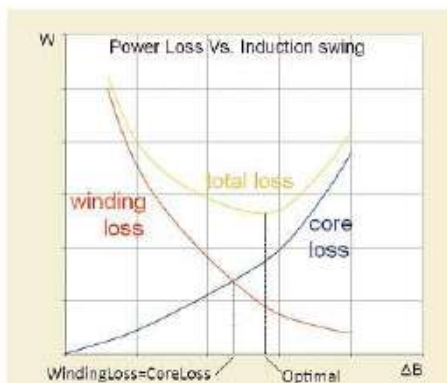


Bild 3: Beispiel von Verlusten in einer magnetischen Komponente in Abhängigkeit des Induktivitätswertes

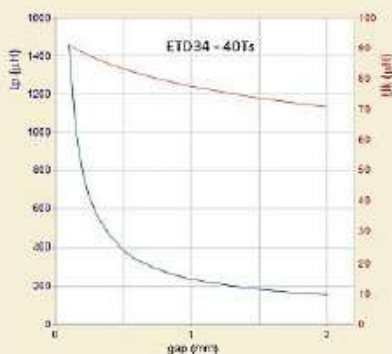


Bild 4: Beziehung zwischen Primärinduktivität und Streuinduktivität

auf spezifische Frequenzen und Temperaturen beziehen: ein Konzept, das demzufolge nicht immer anwendbar ist.

Des Weiteren ist zu bemerken, dass auch für diese Komponente die gleichen, oben zitierten Probleme bei der Berechnung der Verluste in den Wicklungen im Zusammenhang mit den integrierten Transformatoren bestehen; demzufolge kann eine optimale Projektierung nicht ohne Hilfe von besonderen technischen Ressourcen und Werkzeugen, die normalerweise in einem Team von

Elektronikentwicklern nicht vorhanden sind, realisiert werden.

Eine mögliche Lösung für beste Ergebnisse

Bei einer Gesamtbetrachtung der gesamten Lieferkette sollte den Lieferanten von magnetischen Komponenten die Pflicht einer genauen Projektkompetenz auferlegt werden, um im Rahmen einer erfolgreichen Zusammenarbeit sichtbare Größenvorteile zu generieren.

Die Investitionen, die darauf abzielen, die notwendigen spezifischen Kompetenzen zu generieren, hoch entwickelte Berechnungswerkzeuge zu implementieren sowie Matrizen für besondere Spulen und spezifische Zubehörteile herzustellen, die sowohl in Bezug auf Leistung als auch in Bezug auf die geltenden Sicherheitsvorschriften geeignet sind (Isolierung, Luft- und Kriechstrecken, die eventuelle Zulassungsprobleme auch in besonders anspruchsvollen Sektoren wie der Medizinelektronik ausschließen) können sich für potenzielle Lieferanten von magnetischen Komponenten tatsächlich als gut vertretbar erweisen.

Der italienische Hersteller Itacoil hat unter diesem Gesichtspunkt gehandelt und in den letzten Jahren eine Reihe von Investitionen getätigt, um seinen Kunden die Möglichkeit zu bieten, ihre Projekte mit einem Mindestaufwand bei der Planung zu realisieren. Tatsächlich wird mit einem bereits korrekt dimensionierten Resonanz-Tank, der alle notwendigen Eigenschaften und strukturellen Auflagen des integrierten Transformators berücksichtigt, das Projekt für diese Art von Konverter einfacher, auch für Konstrukteure, die sich zum ersten Mal mit dieser Topologie befassen.

Der Einsatz der in Katalog aufgenommenen integrierten Standard-Transformatoren ermöglicht es, einen Großteil der Anforderungen auf dem Gebiet der LED-Beleuchtung, Haushaltsgeräte, Domotik, Informationstechnologie sowie vieler anderer Gebiete auf einfache Art und Weise abzudecken. Zudem werden durch den hoch qualifizierten technischen Support und die schnelle Stichprobenentnahme auch im Falle von auf den Kunden zugeschnittenen Produkten gleich hohe Vorteile garantiert. // KU

Itacoil +39(0)2957 45131

InfoClick

■ Induktivitäten für aktive PFC & mehr

www.elektronikpraxis.de

InfoClick 2946608

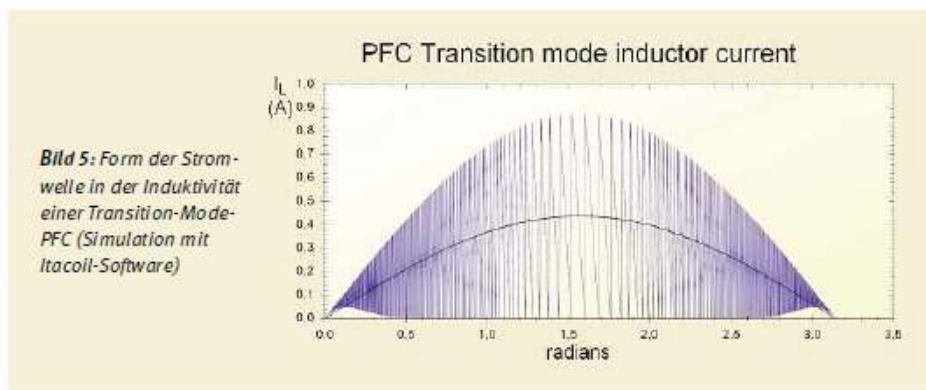


Bild 5: Form der Stromwelle in der Induktivität einer Transition-Mode-PFC (Simulation mit Itacoil-Software)