

Netzgeräte – Wohin führt die Zukunft

Die Evolution des Netzgerätes vom 50 Hz Trafo zum Hochfrequenz Schaltnetzteil wurde über die letzten 40 Jahre im Wesentlichen durch die Entwicklung immer schneller Halbleiterschalter getrieben. Die Entwicklung ging von den relativ langsam schaltenden Thyristoren zu bipolaren Transistoren, erst mit kleiner Sperrspannung und später auch mit hohen Sperrspannungen. Damit waren Schaltfrequenzen bis in den Bereich von 60kHz gut realisierbar. Die Feldeffekt Transistoren waren in den 80iger Jahren technisch ausgereift und mit einem guten Preis/Leistungsverhältnis am Markt verfügbar. Die Schaltfrequenzen konnten damit noch einmal auf einige hundert kHz erhöht werden. Natürlich ist die ständige Erhöhung der Schaltfrequenz bei Netzgeräten kein Selbstzweck, sondern führt wegen der physikalischen Eigenschaften des Magnetismus, zu immer kleineren Transformatoren und dadurch wesentlich kleineren Bauformen der Netzgeräte. Transformatoren werden benötigt, um zum Einen eine Isolierung von der gefährlichen Netzspannung zu erreichen und zum Anderen die Höhe der Ausgangsspannung an den Verbraucher anzupassen. Mit höherer Schaltfrequenz steigen jedoch die Schaltverluste, was einer Verkleinerung der Bauform entgegensteht, wenn nicht zusätzliche Kühlmethoden eingesetzt werden. Aus diesem Grunde werden heute komplexere Schaltungs-Topologien verwendet, bei denen die Schaltelemente entweder im spannungs- oder stromfreien Zustand ein- und ausgeschaltet werden. Falls dies aus schaltungstechnischen Gründen nicht möglich ist, werden heute auch sehr schnell schaltende Galliumarsenid oder Gallium Carbid Schaltelemente für Dioden und Transistoren eingesetzt. Diese Komponenten sind im Vergleich zur MOSFET Technologie noch relativ teuer, die Preise entwickeln sich aber langsam nach unten und eignen sich damit auch immer mehr zur industriellen Verwendung. Die mit einer weiteren Erhöhung der Schaltfrequenz verbundenen Entwicklungen und Herausforderungen sollen im Folgenden näher erläutert werden.

Einfluss der Schaltfrequenz auf die Größe der Transformatoren

In den siebziger Jahren waren noch Netzgeräte mit 50Hz Trafos im Einsatz und dementsprechend groß und schwer. Ein 250 Watt Netzteil wog circa 10 Kg und war größer als ein Schuhkarton. In jedem Netzgerät ist der Transformator immer noch eine wesentliche Komponente und hat deshalb großen Einfluss auf die Größe eines Netzgeräts. Die übertragbare Energie in einem Transformator hängt im Wesentlichen von der Kühlung, vom Volumen des Trafokerns und der Wicklung sowie der Änderungsgeschwindigkeit des magnetischen Feldes, und damit von der Übertragungsfrequenz ab. Wenn man die übertragbare Leistung eines Trafos also erhöhen oder einen Trafo bei gleicher Leistung kleiner machen will, muss man die Übertragungsfrequenz erhöhen. Lässt man Isolationsanforderungen außer Acht, ist die übertragbare Leistung eines Transformators in erster Näherung umgekehrt proportional zur Quadratwurzel der Übertragungsfrequenz. Aus diesem Grunde wird bei heutigen Netzgeräten die 50Hz Netzspannung zuerst gleichgerichtet und aus der Gleichspannung mit elektronischen Schaltern eine Wechselspannung erzeugt. Beträgt die Frequenz dieser Wechselspannung zum Beispiel 50kHz, ist der notwendige Transformator circa 30 mal kleiner als bei 50Hz, was sich natürlich auch auf Volumen und Gewicht des Netzgeräts auswirkt.

Bei Frequenzen von 500kHz lässt sich ein Transformator weiter auf ein Drittel der Größe reduzieren. Bei einer weiteren Frequenzerhöhung kann also nur noch eine moderate Reduktion der Größe der Transformatoren erreicht werden.

Einfluss der Schaltfrequenz auf die Größe der Puffer- und Filterkondensatoren

Kondensatoren werden in innerhalb von Netzgeräten eingesetzt um während der Stromflusspausen Spannungen zu puffern, Restwelligkeiten von Strömen und Spannungen zu glätten oder hochfrequente Störungen zu filtern. Auch die Größe dieser Kondensatoren kann linear mit der Frequenz reduziert werden was wiederum zu geringerem Volumen bei Netzgeräten führt. Ausgeschlossen davon sind jedoch Pufferkondensatoren am Eingang eines Netzgeräts, mit oder ohne Power Factor Correctur, weil diese mit gleichgerichteter Netzspannung, also mit 100Hz, betrieben werden müssen. Dies ist auch der Grund, dass Netzgeräte nicht beliebig verkleinert werden können, es sei denn, es wird auf Pufferzeiten verzichtet.

Einfluss von Betriebstemperatur und Kühlung auf die Baugröße des Netzgeräts

Es wird oft verkannt, dass die maximal übertragbare Leistung eines Netzgeräts hauptsächlich von den maximal zulässigen Betriebstemperaturen der Komponenten im Netzgerät und deren Kühlung abhängt, falls die Leistungsabgabe nicht durch eine Strom- oder Leistungsbegrenzung limitiert ist. Herstellerseitig werden oft ambitionierte Angaben gemacht, was beim Anwender dann Probleme bereiten kann, wenn die vorgesehene Kühlung nicht gegeben ist. Besser ist es deshalb den Wirkungsgrad oder aber die Verlustleistungsangaben des Herstellers zur Auswahl des Netzgeräts heranzuziehen. Wenn ein Hersteller wesentlich höhere Betriebstemperaturen an den Komponenten zulässt als ein anderer, etwas konservativerer, ist zwar die angegebene Nennleistung des Netzgeräts wesentlich höher, die Betriebszuverlässigkeit bei Dauerbetrieb jedoch wesentlich niedriger. Allgemein kann festgestellt werden, dass Netzgeräte heute bereits schaltungstechnisch so minimiert sind, dass weitere Volumenreduzierungen nur durch zusätzliche aktive Kühlung mit Kühlkörpern oder zusätzlicher Luftkühlung zu erreichen sind. Zusätzliche Kühlung kostet jedoch Aufwand, und insbesondere die Luftkühlung ist in Anwendungen wegen unerwünschter Geräusche und auch wegen den möglichen Verunreinigungen problematisch.

Einfluss des Wirkungsgrads auf die Baugröße von Schaltnetzteilen

Wie bereits beschrieben, sind weitere drastische Volumenreduzierungen bei Schaltnetzteilen durch Erhöhung der Schaltfrequenz bereits weitgehend ausgereizt. Sehr

viel mehr Erfolg versprechender sind Anstrengungen, den Wirkungsgrad weiter zu erhöhen um damit die Eigenerwärmung zu reduzieren, damit die übertragene Leistung erhöht werden kann.

In den 80iger Jahren, der Anfangszeit der Schaltnetzteile, hatten industriell genutzte Netzgeräte Wirkungsgrade im 70% Bereich was sich bis in die 90er Jahren auf deutlich über 80% verbesserte. In den letzten zehn Jahren sind Netzgeräte im 90% Bereich zum Stand der Technik geworden.

Maßnahmen zur weiteren Erhöhung des Wirkungsgrades bei Netzgeräten

Die in Netzgeräten eingesetzten Transformatoren werden heutzutage meistens mit resonant schaltenden FET's mit der Eingangsspannung versorgt. Diese sind preiswert und durch das Ein- und Ausschalten im Nullspannungs- oder im Nullstromzeitpunkt sehr verlustarm und für Netzteile für circa 800 Watt gut geeignet und ausreichend. Bei Netzgeräten über 100 Watt werden heute eingangsseitig regelmäßig Hochsetzsteller eingesetzt, womit ein wesentlich höherer Power Factor (über 95%) erreicht wird, als dies nur einem Gleichrichter der Fall ist. In diesem Schaltungsteil muss eine zusätzlich Induktivität eingebaut werden. Damit diese möglichst klein gehalten werden kann, ist es nicht ohne weiteres möglich den zugehörigen Hochfrequenzleistungsschalter im strom- oder spannungslosen Zustand ein bzw. aus zu schalten. Hier bieten sich neuartige sehr schnell schaltende Halbleiterschalter-Leistungsschalter an. Insbesondere sind hier Halbleiter auf Galliumarsenid (GaAs) oder Silicon Carbide (SiC) Basis. Die Transitfrequenz dieser Schaltelemente ist rund zehnmal höher als die herkömmlicher Silikonhalbleiter. Damit verbunden sind wesentlich schnellere Transitvorgänge (Schaltvorgänge) beim Ein- und Ausschalten. Diese Schaltelemente sind noch sehr teuer im Vergleich zu Silikon MOS FETs, jedoch entwickeln sich die Preise nach unten und bestimmen damit die weitere Preis- und Leistungsentwicklung der Schaltnetzteile wesentlich.

Heutige Netzgeräte Topologien

Damit ein hoher Power Factor des Netzstroms am Eingang des Netzgeräts entsprechend den zulässigen Grenzwerten erreicht werden kann, sind heutige Netzgeräte mit Leistungen über 100Watt meist zweistufig ausgeführt. Ein Wandler erzeugt eine vorgeregelt Gleichspannung die so geregelt wird, dass der Eingangsstrom dieses Wandlers nahezu sinusförmig ist. Ein zweiter Wandler, meist als Resonanzwandler ausgeführt, transformiert die Spannung auf ein tieferes Niveau und trennt die Eingangsspannung vom Ausgang.

Die weitere Entwicklung

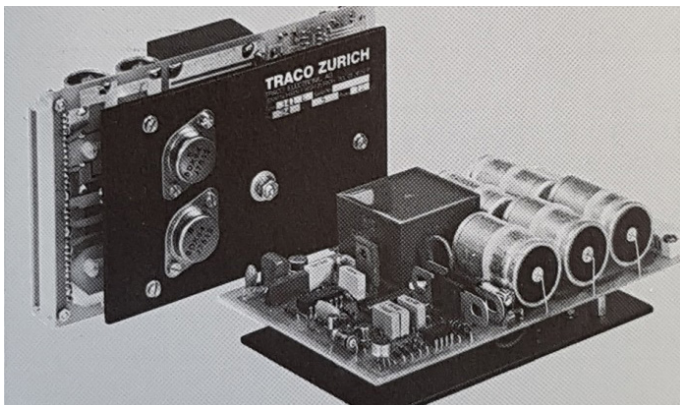
Netzgeräte werden auch weiterhin in moderat kleiner werden und die Leistungsdichte wird weiter steigen, aber nicht mehr in dem Masse, wie dies in den letzten 10 bis 20 Jahren der Fall war.

Der begrenzende Faktor wird, mehr als dies in der Vergangenheit der Fall war, die als Abwärme abzuführende Verlustleistung, die bei weiterer Verkleinerung immer schwieriger abzuführen ist.

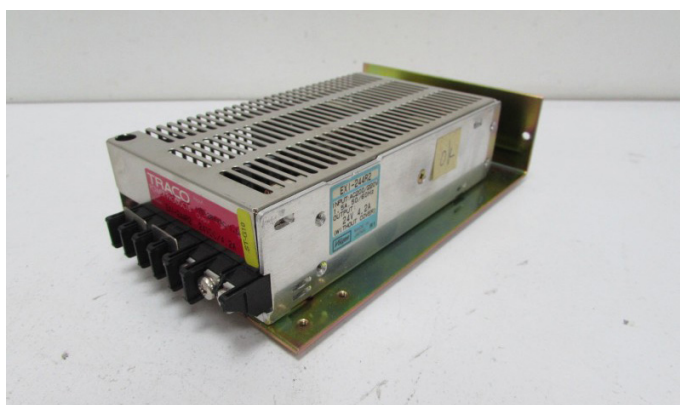
Empfehlung

Der Anwender ist gut beraten, die Leistungsdaten von Netzgeräten, insbesondere die Verlustleistungsangaben mit dem angegebenen Bauvolumen in Beziehung zu setzen und vergleicht.

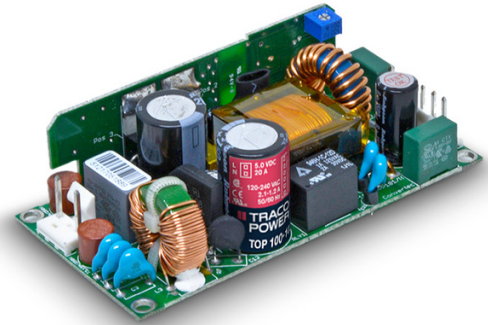
Deutliche Unterschiede sollten im Sinne einer zuverlässigen Anwendung immer abgeklärt und hinterfragt werden. Small is beautiful gilt nur, wenn auch die im Betrieb entstehende Verlustleistung entsprechend klein ist!



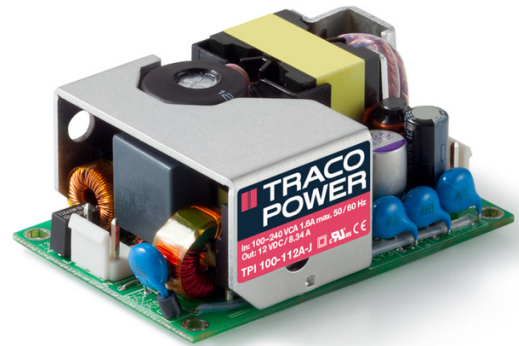
AC/DC Schaltnetzteil auf Europakarte aus dem Jahre 1977
80 Watt (Format 160x100mm, Abbildung ohne Netztransformator)



AC/DC-Schaltnetzteil im Metallgehäuse aus dem Jahre 1990
100 Watt (160x93mm)



AC/DC-Schaltnetzteil open frame aus dem Jahre 2005
100 Watt (101x51mm)



AC/DC-Schaltnetzteil open frame aus dem Jahre 2015
100 Watt (76x51mm)

Autor
Datum

Dr. Werner Wölfle
Dezember 2017

Kontakt/ Rückfragen

Yves Elsasser
Traco Electronic AG
Sihlbruggstrasse 111
6340 Baar
Switzerland

Tel: +41 43 311 45 11
E-mail: ye@traco.ch
Fax: +41 43 311 45 45
Web: <http://www.tracopower.com>