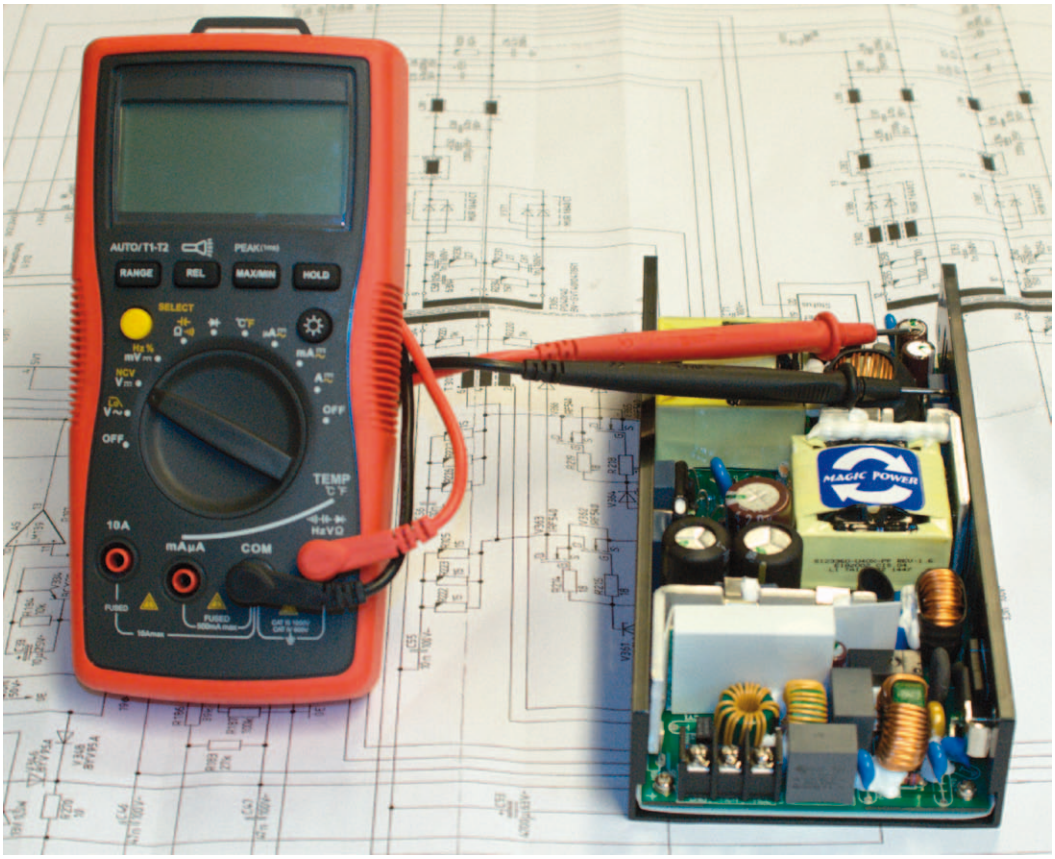
Herstellertipps für die optimale Netzteilauswahl



Warum funktioniert manches Design-In von Stromversorgungen auf Anhieb, und warum sind andere zäh und mühsam? Ein Blick hinter die Kulissen eines Netzteilherstellers gibt Antworten. Welche Praxistipps lassen sich hieraus für den Entwickler ableiten?

Die Stromversorgung ist oftmals das Stiefkind in einer Systementwicklung. Irrtümlich wird oft angenommen, dass das Netzteil „nur" Spannungen sicher auf ein (in der Regel niedrigeres) Niveau herunter setzt. Erst wenn der Entwickler die Laborstromversorgung am Arbeitsplatz ausschaltet und sich um das Seriennetzteil kümmert, wird die Komplexität des Themas deutlich. Aber dann ist es oft zu spät, wodurch Verzögerungen und vermeidbare Kosten entstehen. Ein Netzteil befindet sich in einem Konglomerat aus technischen, kaufmännischen und normativen Anforderungen. In diesem Artikel soll überwiegend auf die technischen Details eingegangen werden.

Kurz gefasst

Die Komplexität bei der Auswahl eines passenden Netzteils wird oft unterschätzt. Dies kann zu Verzögerungen bei der Ausbietung und zu zusätzlichen Kosten führen. Wie man das optimale Netzteil findet und was dabei zu beachten ist, beschreibt der folgende Artikel.

Randbedingungen während des Design-Ins von Schaltnetzteilen

Aus Sicht des Entwicklers sind die wichtigsten Parameter Ausgangsspannung(en) und Leistung, Eingangsspannung, Zulassungen und die Baugröße. Selbst bei diesen fünf Parametern ist eine genauere Definition unabdingbar:

Versorgungsspannung

Die Versorgungsspannung eines Netzteils definiert sich über den Nennwert der Eingangsspannung, z. B. 100 - 240 V_{AC}, und den Arbeitsbereich. Dieser wird i.d.R. mit Toleranzen von ±10 % ausgewiesen, so dass sich ein Eingangsspannungsbereich von 90 - 264 V_{AC} ergibt. Ähnliches gilt für die Betriebsfrequenz mit 50 - 60 Hz als Nennwert und analog 47 - 63 Hz als Arbeitsbereich.

Derating

Je nach Netzteil, Kühlungssituation (aktiv oder lüfterlos), Temperatur und Leistung muss im unteren Eingangsspannungsbereich die Dauerleistung reduziert werden. Solch ein Eingangsspannungs-Derating ist im Datenblatt ausgewiesen und kann z. B. wie in Bild 2 gezeigt aussehen.

Ist gewährleistet, dass die Kunden die Geräte nur in Europa betreiben, könnte man obiges Netzteil fast zu 100 % belasten. Ist jedoch von einem weltweiten Betrieb auch in den USA oder in Japan auszugehen, kann das Netzteil nur maximal 70 % der möglichen Leistung bereitstellen.

Ausgangsleistung

Bei der Kenngröße Ausgangsleistung ist zwischen Dauer- und Spitzen-/Peakleistung zu unterscheiden. Die Angabe der Peakleistung ist dann von Interesse, wenn seitens der Anwendung hohe Anlaufströme wie z. B. von Motoren gefordert werden. Neben dem reinen Wert der Peakleistung müssen zusätzlich die Dauer und die Wiederholfrequenz (duty cycle) berücksichtigt werden.

Netzteile mit Mehrfachspannungen

Bei Netzteilen mit Mehrfachspannungen wird oftmals eine entsprechende Nominalleistung pro Ausgang definiert. Die Summenleistung der Ausgänge ergibt dann i.d.R. die Nominalleistung des Netzteils. Typischerweise lässt sich jeder Ausgang auch dauerhaft höher belasten. Dieser oft als Maximalleistung definierte Wert erlaubt eine Verschiebung der Leistung zwischen den einzelnen Ausgängen, sofern sich die Summenleistung innerhalb der Netzteilspezifikation bewegt. Das nachfolgende Beispiel bezieht sich auf das MPI-815H, ein Multispannungsgerät mit 5 Spannungen und nominal 150 W Ausgangsleistung (siehe Tabelle 1):

Spannungstoleranzen

Bei der Netzteilauswahl müssen je nach Anwendung auch Spannungstoleranzen berücksichtigt werden. Diese lassen sich in folgende Gruppen einteilen:

a) Initiale Einstellung ab Werk:

Das ist die Genauigkeit, mit welcher der Hersteller die Ausgangs-

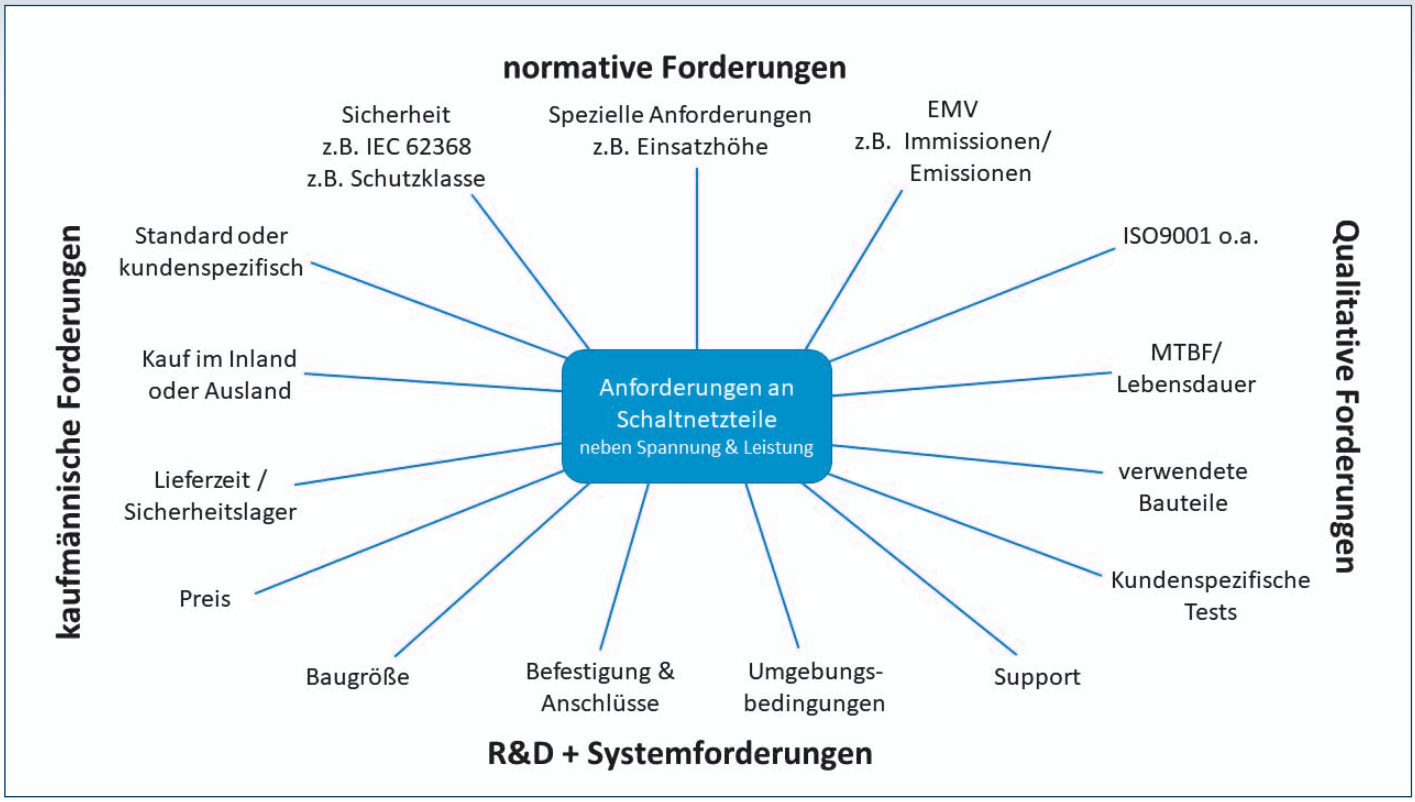


Bild 1 zeigt die Randbedingungen für die Auswahl einer Stromversorgung.

Ausgangsspannung	Nominallast	Maximallast	Differenz in %
5 V	55 W	70 W	+27 %
12 V	60 W	120 W	+100 %
-12 V	6 W	12 W	+100 %
3,3 V	25 W	40 W	+60 %
5 Vstby	4 W	8 W	+ 88 %
Summe	150 W	250 W*	+ 66 %
* Die maximal mögliche Summenleistung beträgt 150 W			

Tabelle 1: Verhältnis Nominalleistung zu Maximalleistung am Beispiel des MPI-815H

spannung ab Werk einstellt. Das zugrundeliegende Setting, z. B. Last, Temperatur, Eingangsspannung, ist im Datenblatt vorgegeben. Dies ist gleichzeitig der Bezugswert zusätzlicher Toleranzen, die sich z. B. aus den Toleranzen der Bauteile ergeben. Der Wert liegt in der Regel bei ±1 - 2 % bezogen auf die Sollspannung.

b) Netztoleranz:

Wie verändert sich die Ausgangsspannung bei konstanter Last, wenn sich die Eingangsspannung ändert? Meist ist der Wert vernachlässigbar klein und liegt deutlich unter der typischen ±1 % Angabe des Datenblattes.

c) Lasttoleranz bei Einfachspannungen:

Hier gibt es massive Unterschiede zwischen verschiedenen Netzteiltypen. Generell wird die Lasttoleranz basierend auf einem Ausgangswert (i.d.R 60 % der Nennleistung, siehe auch Punkt a) und zwei Lastpunkten (100 % und 20 % der Nominallast) vermessen.

- Bei einem open frame Netzteil mit nur einer Ausgangsspannung sind die Unterschiede zwischen 20 % und 100 % Last sehr gering. Das Netzteil misst direkt an den Ausgangsklemmen die Ist-Spannung und führt sie einem Vergleicher zu, welcher die Primärseite nachregelt.
- Bei einem Tisch- oder Steckernetzteil ist das prinzipiell identisch, jedoch erweitert um das Ausgangskabel, an dessen Ende gemessen wird. Der Wert der Ausgangsspannung spielt hierbei eine bedeutende Rolle. Man kann sich leicht vorstellen, dass bei einem 5-V-Adapter im Vergleich zu einem 48-V-Adapter bei identischer Leistung deutlich mehr Strom fließt. Aus diesem Grund und aufgrund des Wirkungsgrades werden bei kleinen Spannungen höhere Leitungsquerschnitte eingesetzt. Doch selbst bei verdoppeltem Querschnitt ergeben sich deutliche Unterschiede in der Lastregelung, weswegen zusätzlich kürzere Ausgangskabel verwendet werden.

Ein Rechenbeispiel zeigt Tabelle 2.

d) Lasttoleranz bei Multispannungsgeräten

Werden Netzteile mit mehreren Ausgangsspannungen eingesetzt, richtet sich die Lasttoleranz in erster Linie nach dem technischen Aufbau. Bei Netzteilen mit kleinerer Leistung gibt es einen Hauptausgang, der in seinen Toleranzen einem Netzteil mit Einfachausgang entspricht. Die Nebenspannungen nutzen den Regelkreis des Hauptausganges indirekt mit. Dies hat zur Folge, dass oftmals ein kleiner Mindeststrom auf dem Hauptausgang fließen muss und die Nebenstrecken eine erhöhte Lasttoleranz von ca. + -3 bis 7 % aufweisen. Ein Unterschreiten des Mindeststromes führt in aller Regel nicht zum Defekt des Netzteils, kann aber zu erhöhten Toleranzen der Nebenspannungen führen. Bessere Toleranzen werden bei komplett geregelten Multispannungsnetzteilen mit größeren Ausgangsleistungen erreicht. Je nach Design bestehen diese Geräte aus einem starken Hauptausgang und zusätzlichen Nebenausgängen, welche mittels DC/DC-Wandlern aus dem Hauptausgang gespeist werden. Alternativ besteht auch die Möglichkeit, durch Mehrfachabgriffe am Übertrager jedem Zusatz-

Tischnetzteil	Ausgangskabel	Ausgangsspannung 0 % Last	Ausgangsspannung 60 % Last	Ausgangsspannung 100 % Last
5 V/50 W	1,8 m 1 mm²	+7,71 %	0 %	-5,14 %
48 V/50 W	1,8 m 0,5 mm²	+0,17 %	0 %	-0,11 %

Tabelle 2: Selbst bei verdoppeltem Querschnitt ergeben sich deutliche Unterschiede in der Lastregelung

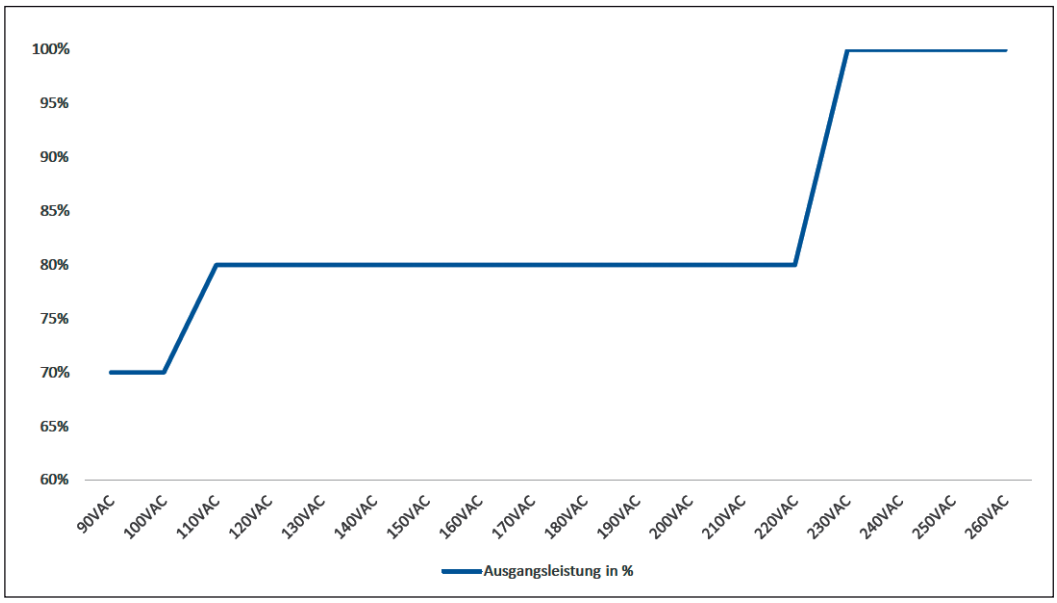


Bild 2: Eingangsspannungs-Derating

ausgang einen DC/DC-Wandler zur Regelung nachzuschalten. Mit beiden Topologien werden typischerweise Toleranzwerte von ±1 - 2 % erreicht.

Restwelligkeit

Die Kenngröße Restwelligkeit ergibt sich größtenteils aus der primären Taktung des Schaltreglers und aus der Netzfrequenz. Soll die Restwelligkeit (auch Ripple) vermessen werden, ist die Beschaltung der Leitungen an der Last mit einem kleinen Elektrolytkondensator parallel zu einem Keramik- oder Folienkondensator zu empfehlen. Andernfalls ergeben sich durch Streuung und Kopplung in die hochohmige Prüfspitze falsche Werte, die deutlich oberhalb der real existierenden Restwelligkeit liegen (Bild 3 und 4).

Umgebungstemperatur/ Betriebstemperatur

Ein sehr wichtiger, aber oftmals stiefmütterlich behandelter Punkt des Design-Ins sind die Umgebungstemperatur/Betriebstemperatur und die Kühlungsbedingungen. Speziell bei Anwendungen mit Konvektionskühlung und höheren Temperaturen ist dies wohl der Parameter mit dem größten Einfluss auf die Auswahl der Stromversorgung. Während aktiv gekühlte Netzteile noch relativ einfach zu parametrisieren sind, müssen bei konvektionsgekühlten Systemen folgende Bedingungen beachtet werden:

- Umgebungstemperatur
- Einbaulage
- Ausgangsleistung
- Kühlungsbedingungen

Basis ist hierbei die Deratingkurve der Temperatur aus dem Datenblatt des Netzteils. Sie basiert auf einem Faktor, welcher in %/°K ab einer bestimmten Starttemperatur zu berücksichtigen ist. Bei manchen Herstellern wird der Wert auch nur in Textform angegeben. Bis zu diesem Punkt hat die Betriebstemperatur keinen Einfluss auf die Leistungsabgabe des Netzteils. Ein markttypischer Wert sind -2,5 %/°K ab 40 °C oder 50 °C aufwärts.

Im folgenden Beispiel soll eine Dauerleistung von 45 W bei 70 °C im lüfterlosen Betrieb gewährleistet werden. Es stehen drei verschiedene Netzteile zur Auswahl:

a) 90-W-Netzteil mit -2,5 %/°K ab 50 °C

b) 60-W-Netzteil mit -2,5 %/°K ab 50 °C

c) MPE-S065 60-W-Netzteil mit -0,75 %/°K ab 50 °C

Diese im Datenblatt auf den ersten Blick sehr ähnlichen Deratingfaktoren führen in der Praxis jedoch zu deutlichen Unterschieden. Die geforderte Leistung von 45 W@70 °C wird mit dem 90-W-Netzteil a) gerade so erreicht, während das 60-W-Netzteil b) nur mit 30 W bei 70 °C belastet werden darf. Das MPE-S065, obwohl nominal nur 60 W stark, kann hier permanent mit 51 W bei 70 °C belastet werden und hat damit sogar noch Reserven zu den geforderten 45 W (siehe Bild 5).

Worst case Bedingungen

Egal ob Derating der Eingangsspannung oder der Temperatur, das Netzteil führt die Rücknahme der Leistung nicht selbst durch. Es wird sogar eine gewisse Zeit unter diesen Bedingungen arbeiten, jedoch wird die Lebensdauer dadurch sehr stark eingeschränkt. Der zuständige Entwickler sollte daher prüfen, ob das ausgewählte Netzteil auch unter worst case Bedingungen sicher zu betreiben ist.

Es ist naheliegend, dass ein konvektionsgekühltes Netzteil, welches noch dazu über Kopf eingebaut ist, unter anderen Temperaturbedingungen arbeiten muss als ein Netzteil, bei dem die Bauelemente nach oben zeigen. Um den Einfluss unterschiedlicher Einbaulagen zu erfassen, gibt es prinzipiell drei Möglichkeiten:

a) Der Hersteller hat für bestimmte Bauteile Temperaturlimits vorgeben.

b) Der Hersteller bietet eine Applikationsnachstellung an, mit der er die Einsatzbedingungen des Kunden (wie z. B. Temperatur-, Einbau- und Lastbild) nachbildet. Er kann so mittels Messungen eine genaue Aus-

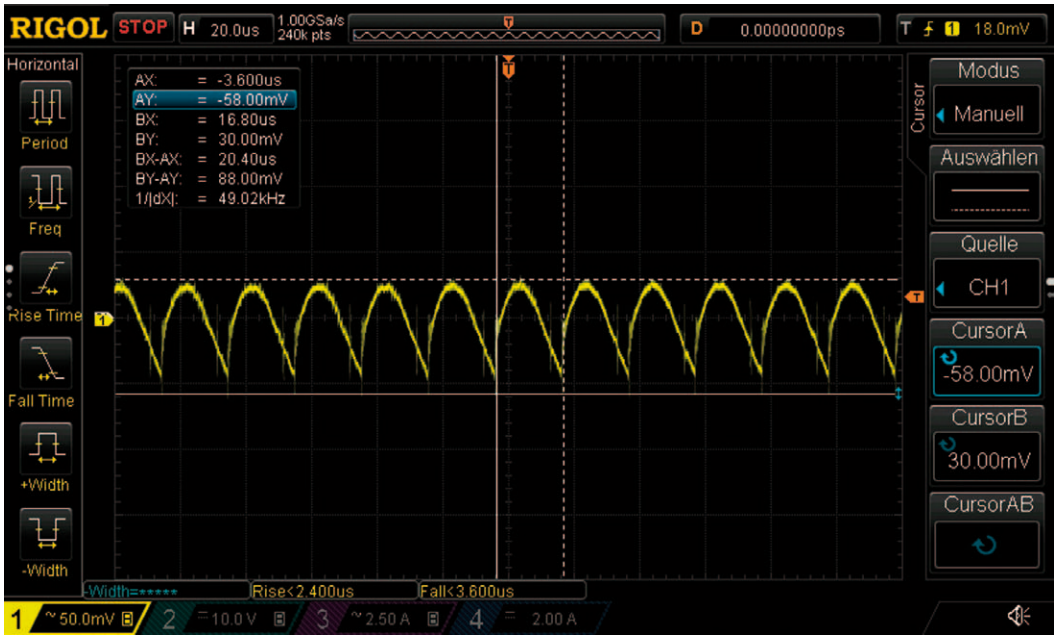


Bild 3: Messung 1: Ripplemessung ohne Abschlusskondensatoren (88 mV peak-peak)

sage treffen, ob das Netzteil unter diesen Bedingungen einzusetzen ist.

c) Der Hersteller hat bereits verschiedene Einbaubedingungen in seinem Datenblatt erfasst.

Sowohl eine abweichende Einbaulage als auch eventuell eine Abdeckung, die die freie Konvektion behindert, müssen zwingend berücksichtigt werden. Schnell entstehen dadurch Abweichungen von 10 - 20 % gegenüber der normalen Einbaulage. Besonders in solchen speziellen Einsatzsituationen ist der sicherste Weg zum optimal passenden Netzteil eine Applikationsnachstellung zusammen mit dem Hersteller.

Zulassungen

Auch die Zulassungen sind ein wichtiges Thema, dem man sich früh genug widmen sollte. Ist das Netzteil nach den aktuellen Normen und Richtlinien geprüft? Ist absehbar, dass in Zukunft neue Normen gelten werden? So gilt z. B. ab nächstem Jahr die EN/IEC 62368, welche zumindest in Teilen der Welt die EN/IEC 60950 ersetzen wird. Oder gibt es im Einsatzbereich spezielle Faktoren zu beachten. Beispielsweise wird im Medizinbereich unterschieden, wer mit dem Gerät in Berührung kommt. Arbeitet ausschließlich das Bedienpersonal am Endgerät, ist "nur" MOOP zu beachten. In diesem Fall könnte unter Berücksichtigung weiterer Parameter ggf. ein oft günstigeres 60950-Netzteil eingesetzt werden. Oder kommt das Endgerät direkt am Patienten oder in seiner unmittelbaren Nähe zum Einsatz, dann muss MOPP erfüllt werden. Dies bedeutet die Einhaltung der Grenzwerte verschiedener Ableitströme. Sie sind für Normalbedingungen (NC) oder für den ersten Fehlerfall (SFC) definiert , wenn z. B. der Schutzerder aufgetrennt ist. Dagegen darf bei einem Homecaregerät keine Schutzerde zum Einsatz kommen, da hier nur Schutzklasse II erlaubt ist. Diese Thematik ist sehr komplex und wird deshalb hier nur übersichtsweise dargestellt.

EMV

Ähnlich differenziert wie bei den Safety-Normen stellt sich die Situation bzgl. EMV dar. Welcher Produktstandard muss herangezogen werden? 55011, 55032 oder 60601-1-2?

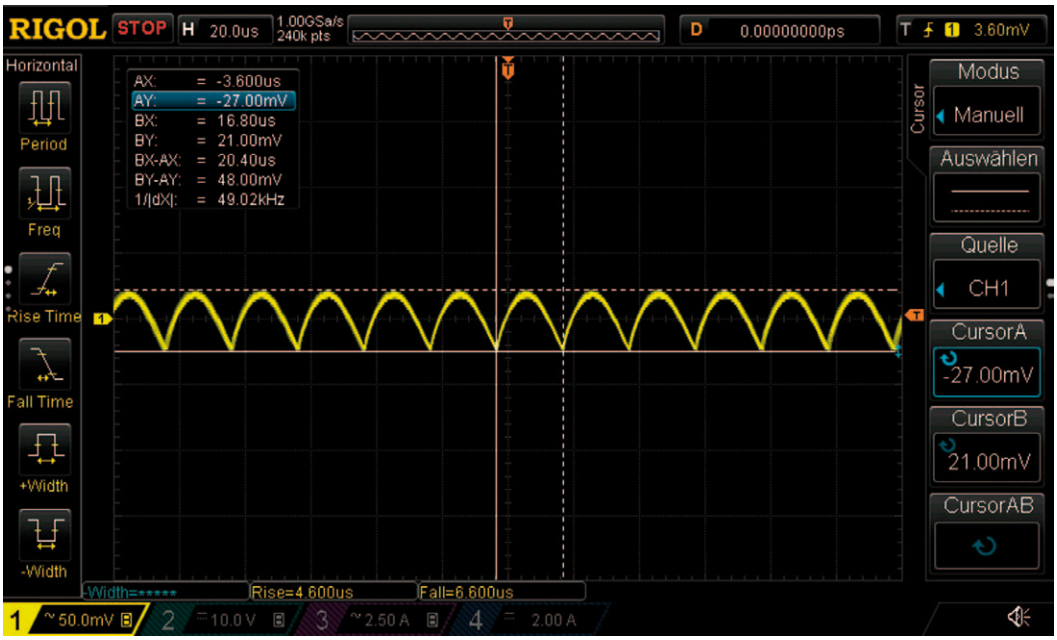


Bild 4: Messung 2: Ripplemessung mit Abschlusskondensatoren (48 mV peak-peak)

Welche Emissionslimits muss ich erfüllen? A oder B? Welcher Schärfegrad muss bei den Immissionen berücksichtigt werden?

Viele Stromversorgungen erfüllen bei den Emissionen im Bereich der leitungsgeführten Störspannung den strengsten Level B (häusliches Umfeld bzw. nahezu alle Medizinanwendungen). Dagegen halten sie im Bereich Abstrahlung nur die Klasse A (industrielles Umfeld) ein. Ist jedoch für die Applikation Klasse B gefordert, sind Nachbesserungen mit Filter, Ferriten o. ä. notwendig. Das kostet Platz, Zeit, Geld.

Metall- oder Kunststoffgehäuse

Natürlich prüfen alle Netzteilhersteller ihre Geräte auf die Einhaltung der entsprechenden Limits. Doch oftmals werden bei den Tests die Netzteile inkl. der Lastwiderstände in ein Metallgehäuse eingebaut. Dies führt zu anderen, grundlegend niedrigeren Emissionspegeln als bei einer realen Einbausituation in ein Kunststoffgehäuse. Folgendes Beispiel zeigt die Vergleichsmessung eines Schutzklasse I Schaltnetzteils in einem geerdeten Metallgehäuse gegenüber dem Aufbau ohne Gehäuse. Im Peakdurchlauf ergeben sich Differenzen von 20 dB, welche der Anwender mit viel Aufwand und Kosten im Zuge seiner Entwicklung eliminieren muss. Zudem muss man berücksichtigen, dass ein Teil der Störungen des Netzteils nur auf der Primärseite zu beseitigen ist. Diese Maßnahmen bedeuten wiederum zusätzlichen Prüfaufwand in der Sicherheitsprüfung, was bereits im Vorfeld vermieden werden kann. Deshalb wird dem Entwickler empfohlen, sein EMV-Konzept frühzeitig mit dem Hersteller des Schaltnetzteils abzustimmen. Bild 6 und 7 zeigen den Unterschied zwischen

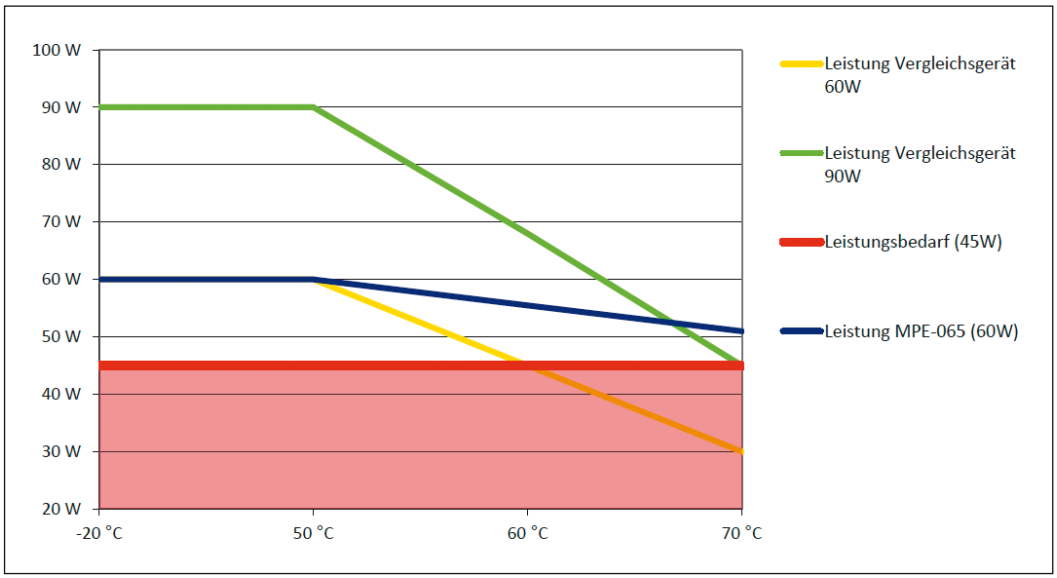


Bild 5: Temperaturderating [HS1] Unser Netzteil mit grüner Kurve, [HS2] Beschriftung blaue Kurve: MPE-S065

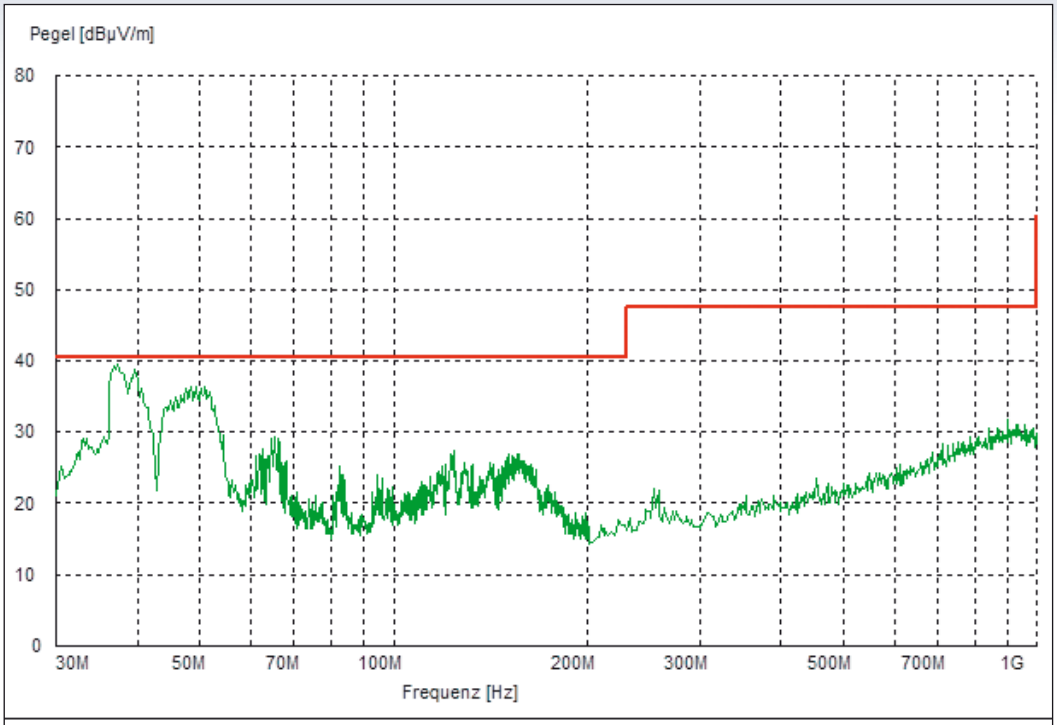


Bild 6: Schaltnetzteil in geerdetem Metallgehäuse (Peaksweep)

der Stromversorgung mit und ohne Metallgehäuse.

Spezielle Anforderungen

10. Stellt die Anwendung weitere spezielle Anforderungen an das Netzteil? Benötigt sie z. B. bestimmte Signale wie ON/OFF oder Power-Fail? Ist eine Schnittstelle zum Auslesen der Netzteilparameter notwendig? Ist ein kleiner Einschaltstrom auf der Netzseite gewünscht? Soll das Netzteil eine lange Überbrückungsdauer bei Netzausfall gewährleisten? Soll die Platine gegen Betauung mit conformal coating geschützt sein? und so weiter und so weiter…. Die Bandbreite an möglichen Forderungen ist nahezu unbegrenzt. Ab einer bestimmten Menge spezieller Forderungen lohnt es sich, über eine Modifikation und/oder eine kundenspezifische Lösung nachzudenken. Die Vorteile einer kundenspezifischen Lösung liegen auf der Hand:

- Der Kunde erhält exakt genau das passende Netzteil. Nicht mehr und nicht weniger als das, was er braucht
- Der Serienpreis ist oftmals günstiger als der eines Standardgerätes
- Der Kunde kann seine Wünsche frei definieren
- Das Netzteil kann im Zuge der entwicklungsbegleitenden EMV-Messungen an das Gesamtsystem angepasst werden oder sogar gemeinsam mit der Applikation abgenommen werden.

Natürlich entstehen bei einer solchen Lösung Initialkosten:

- Entwicklungskosten
- Werkzeugkosten (falls notwendig)
- Zulassungskosten

Speziell die Zulassungskosten sind ein Detail, das viele Kunden im ersten Schritt von einer angepassten Lösung zurückschrecken lässt. Aber je nach Absatzmarkt variieren die erforderlichen Zulassungen. Während bei Medizinanwendungen i.d.R. die komplette Bandbreite an Zulassungen wie UL/CB/EN 60601 gefordert ist, reicht bei Industrieanwendungen oftmals ein qualifiziertes CE-Zeichen mit einem LVD-Test nach IEC60950 oder 62368 (erstellt von einem zugelassenen Testhaus) aus. Teilweise besteht sogar die Möglichkeit, dass das Netzteil im Zuge der Abnahme des Gesamtsystems durch den Kunden mit geprüft wird. Der Kunde, sein Prüfhaus und der Netzteilhersteller erarbeiten in diesem Fall ein entsprechendes Konzept.

Fazit

Die richtige Auswahl eines Netzteils ist nicht so trivial, wie es auf den ersten Schritt erscheint. Es ist wesentlich vielschichtiger, als nur die richtige Spannung am Labornetzteil einzustellen. Mit der entsprechenden fachlichen Unterstützung kann der Entwickler viel Zeit, Aufwand und damit auch Kosten einsparen. Und der Lohn für eine optimal ausgewählte Stromversorgung ist ein Gewinn an Effizienz, Zuverlässigkeit, Lebensdauer und Materialkosten über den gesamten Lebenszyklus der Anwendung hinweg. ◄

AutorInnen:
Dipl. Ing. Heidrun Seelen, Vertriebsleitung,
MBA Frank Cubasch, Geschäftsführer
Magic Power Technology GmbH
www.mgpower.de

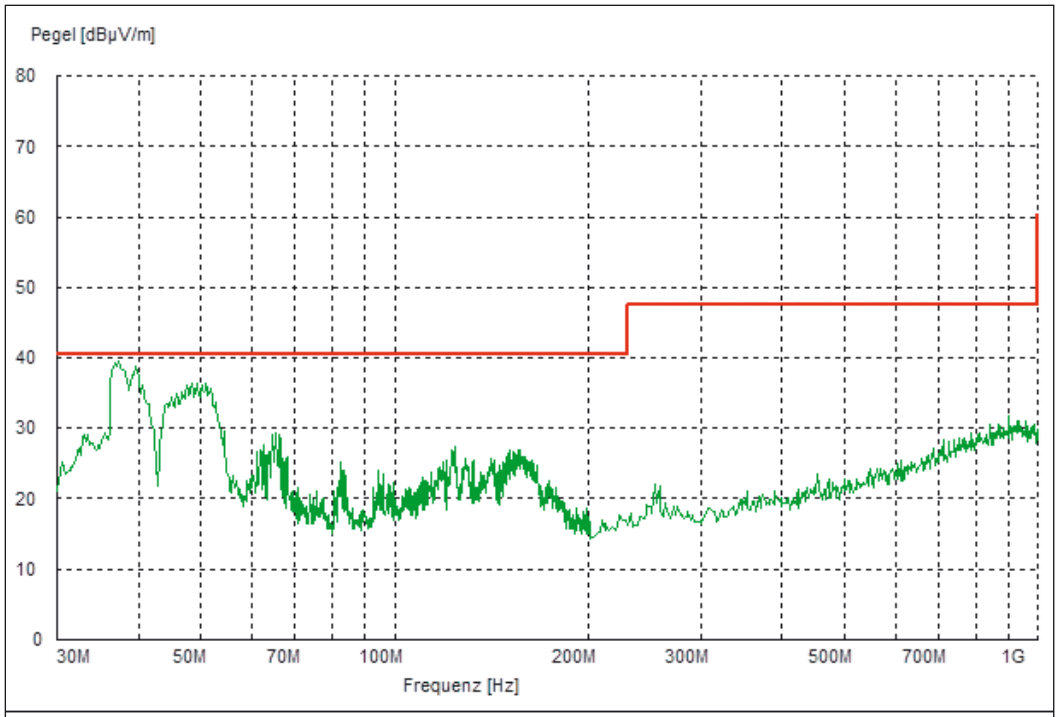


Bild 7: Schaltnetzteil ohne Metallgehäuse (Peaksweep)