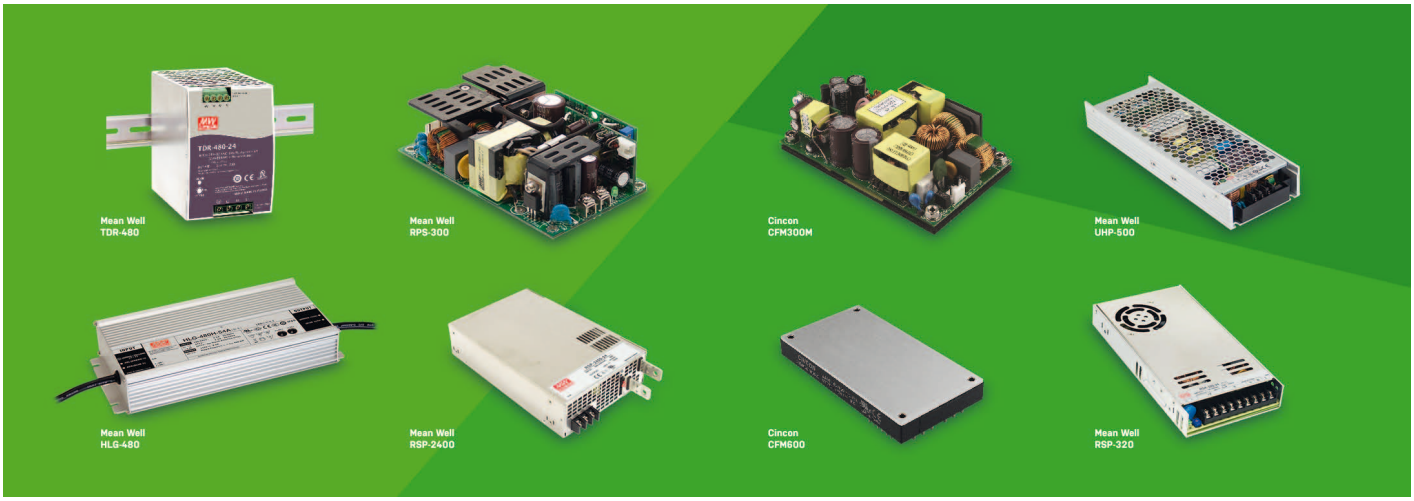
Was kalt ist, lebt länger

Der Einfluss der Betriebstemperatur auf die Lebensdauer und Zuverlässigkeit von Schaltnetzteilen



Die Frage, ob Trafonetzteil oder Schaltnetzteil, stellt sich heute nicht mehr. Neben überlegenen technischen Eigenschaften punkten Schaltnetzteile mit niedrigen Kosten, geringem Gewicht und wenig Platzbedarf. Auch sind bestimmte Forderungen wie PFC (Power Factor Correction = Leistungsfaktor >0,9 und sinusförmiger Netzstrom) sinnvoll nur mit Schaltnetzteilen einzuhalten. Die Frage bleibt, was sind die größten Einflüsse auf Lebensdauer und Zuverlässigkeit eines Schaltnetzteils?

Wesentliche technische Vorteile guter Schaltnetzteile

- Geregelte Ausgangsspannung ohne zusätzlich nachgeschalteten Regler
- Hoher Wirkungsgrad, geringe Verluste sind unabhängig von der Eingangsspannung
- Weitbereichseingang (z. B. 95 - 264 V) mit geringem Aufwand möglich
- Hohe kurzzeitige Überlastbarkeit

Wo Licht ist, da ist auch Schatten. Nachteilig sind Hf-Störungen auf den Zuleitungen, sowie abgestrahlte Störungen, eine eventuell geringere Lebensdauer und Zuverlässigkeit gegenüber herkömmlichen Stromversorgungen auf Grund der Mehrzahl an benötigten Bauteilen.

Betriebstemperatur ist ein wesentlicher Einfluss

Den größten exponentiellen Einfluss auf Lebensdauer und Zuverlässigkeit hat die innere Betriebstemperatur: Die Lebensdauer halbiert sich jeweils pro 9 °C Temperaturanstieg. Aus Jahrzehnten bei niedrigen Temperaturen können bei hohen Temperaturen rasch wenige Jahre oder sogar Monate werden. Jedes Grad weniger zählt! Zwar kann man durch den Einsatz hochentwickelter Bauteile eine längere Lebensdauer bei hohen Temperaturen erzielen, jedoch ist beim Einsatz solcher Spezialbauteile der Kosten-Nutzen-Faktor abzuwägen. Vielfältig schließt sich der Einsatz für Standardanwendungen aus Kostengründen aus.

> ***Kurz gefasst***
>
> *Schaltnetzteile sind wichtige Komponenten, die zuverlässig und lange einwandfrei und möglichst ohne Wartung funktionieren sollen. Dieser Artikel beschreibt, was dabei zu beachten ist.*

Einbausituation

Die professionelle Entwicklung eines Schaltnetzteiles vorausgesetzt, bestimmt zunächst der Hersteller die erforderlichen Einbau- und Kühlverhältnisse. Betreibt jedoch der Anwender die Applikation in einer thermisch kritischen Situation, z. B. durch unzureichende Lüftung oder Wärmeabfuhr, behindert er so die Kühlung der Einheit. Dies führt zur Überhitzung und damit zur Lebensdauerreduktion oder gar zum Ausfall. Zwar enthalten alle guten Schaltnetzteile einen Übertemperatursensor, der bei Überschreiten seiner Ansprechtemperatur abschaltet, jedoch verhindert dies nicht einen langen Betrieb gerade unterhalb der Abschaltschwelle, dadurch reduziert sich die Lebensdauer drastisch.

Maximal zulässige Betriebstemperaturen

Für alle Bauelemente werden maximal zulässige Betriebstemperaturen angegeben, dies bedeutet jedoch nur, dass die Funktion bei der Maximaltemperatur garantiert wird. Allerdings hat dies erheblichen Einfluss auf die Lebensdauer, die stets dem „Halbierung-pro-9-Grad-Gesetz“ unterliegt. Für Automobilapplikationen gibt es zum Beispiel Bauteile für Betriebstemperaturen bis weit über 100 °C, jedoch darf man nicht übersehen, dass ein Auto nur eine Lebensdauer von einigen tausend aktiven Stunden hat, während derer

Autor:
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Bergstein, Produktmanager
EMTRON electronic GmbH
www.emtron.de

Bild 1: Mean Well TDR-480

Bild 2: Mean Well HLG-480

die Maximaltemperaturen auch nur zeitweise auftreten.

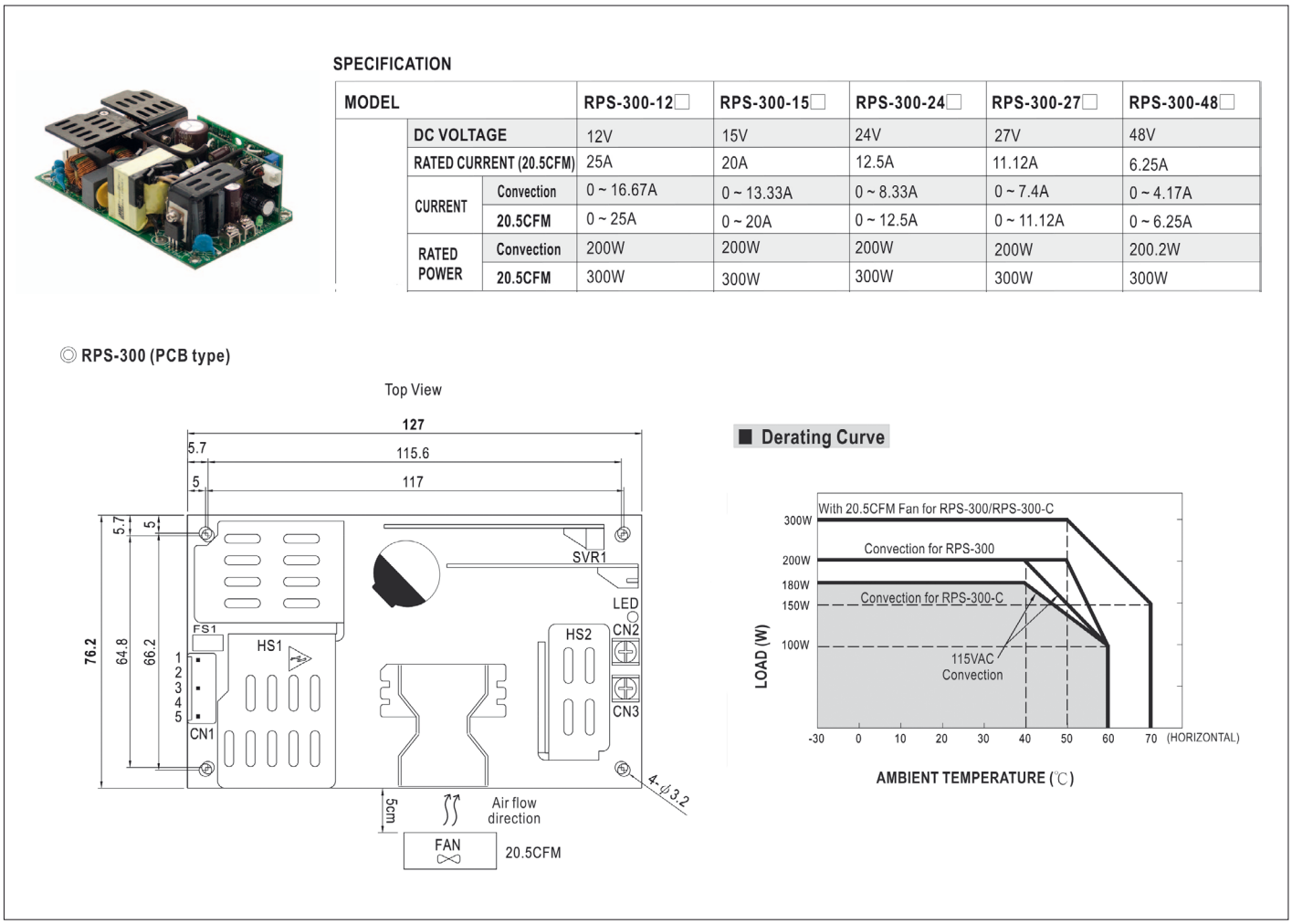
Hoher Wirkungsgrad für eine hohe Lebensdauer?

Welche Möglichkeiten hat nun ein Hersteller, um eine hohe Lebensdauer und Zuverlässigkeit zu erreichen? An erster Stelle steht der Wirkungsgrad, je höher dieser ist, umso geringer werden die Verluste und somit die Eigenerwärmung ausfallen. Dies bedingt einen gewissen Mehraufwand, der sich berechtigt im Preis niederschlagen kann. Die kritischsten Bauteile in jedem üblichen Schaltnetzteil sind die Elektrolytkondensatoren, kurz Elkos genannt, da sie eine Elektrolyt-Flüssigkeit enthalten, die im Überhitzungsfall, mehr oder weniger rasch durch die Dichtung entweicht. Elkos gehören zu den wichtigsten und größten Bauteilen des Netzteils, die Versuchung ist groß, hieran zu sparen, das heißt, sie zu überlasten oder unerfahrene und dadurch niedrigpreisige Lieferanten zu wählen. Es gilt also sicherzustellen, dass nur hochwertige Kondensatoren namhafter Marken verbaut werden.

Die Herstellung dieser Bauteile erfordert jahrzehntelange Erfahrung. Das macht die Zahl kompetenter Hersteller überschaubar und erhöht deren Preise marginal. Auch der Wunsch nach geringen Abmessungen und insbesondere niedriger Bauhöhe, begrenzt das verfügbare Volumen für Elkos. Niedrige, breite Elkos haben eine geringere Lebensdauer, da sie eine größere Dichtfläche und kürzere Wege für das Verdunsten des Elektrolyten haben. SMD-Elkos werden beim Reflowlöten extremen Temperaturen ausgesetzt und verlieren dadurch Lebenszeit. Gegen Ende der Elko-Lebensdauer werden sie exponentiell immer heißer, in der Regel „schlagen sie dann durch“ und blasen dabei das Elektrolyt über Sicherheitsdichtungen in die Umgebung.

Messung der Oberflächentemperatur

Beim Vergleichstest von Schaltnetzteilen gehört die Messung der Oberflächentemperatur aller Elkos am Dach zu den ersten und wichtigsten Maßnahmen. Wenn man sehr gründlich sein will, beschafft man sich die technischen Daten



SPECIFICATION

MODEL			RPS-300-12□	RPS-300-15□	RPS-300-24□	RPS-300-27□	RPS-300-48□
	DC VOLTAGE		12V	15V	24V	27V	48V
	RATED CURRENT (20.5CFM)		25A	20A	12.5A	11.12A	6.25A
	CURRENT	Convection	0 ~ 16.67A	0 ~ 13.33A	0 ~ 8.33A	0 ~ 7.4A	0 ~ 4.17A
		20.5CFM	0 ~ 25A	0 ~ 20A	0 ~ 12.5A	0 ~ 11.12A	0 ~ 6.25A
	RATED POWER	Convection	200W	200W	200W	200W	200.2W
		20.5CFM	300W	300W	300W	300W	300W

◎ RPS-300 (PCB type)

Bild 3: Mean Well RPS-300 und Ausschnitt Datenblatt mit den Angaben erforderlicher Entwärmungs-Luftstrom 20,5 CFM oder Derating bei reiner Konvektion

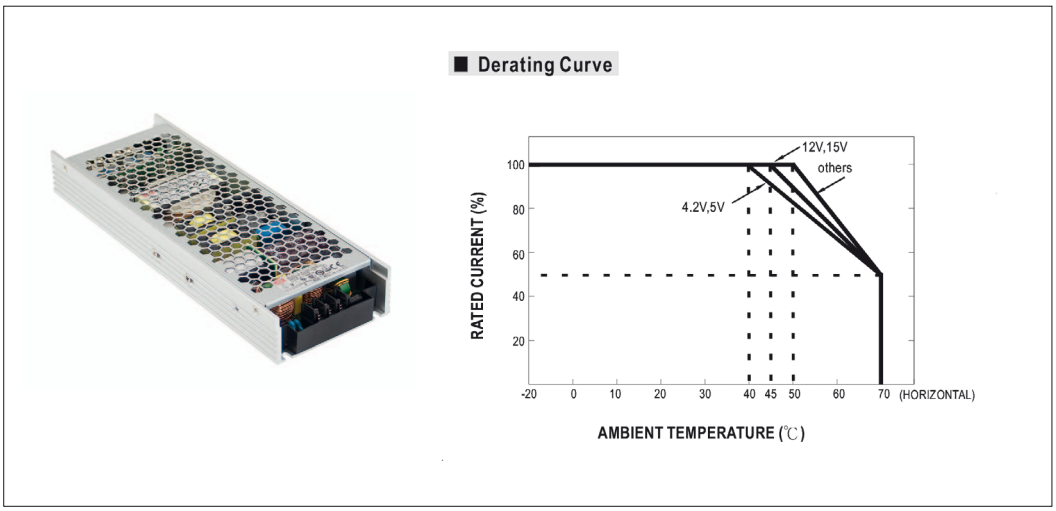


Bild 4: Mean Well UHP-500 mit den Angaben zum Derating in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur Beispiel Modell 12 V Einsatz Derating bei 45 °C und Ende bei 70 °C bei einer maximalen Leistung von 50 %.

Bild 5: Mean Well RSP-320

des Elkoherstellers, denen man die Lebensdauer über der Temperatur entnimmt. Vielfach stellen die Netzteil-Hersteller auch technische Reports, mit Angaben der Bauteiltemperaturen, zur Verfügung.

Temperaturgrenzen beachten

Es gelten aber für alle Bauteile eines Schaltnetzteiles Temperaturgrenzen, besonders auch für alle Isoliermaterialien. Die Isolationseigenschaften der üblichen PE-Folien nehmen mit steigender Temperatur merklich und bei hohen Frequenzen drastisch ab. Nach den Elkos sind Kunststoff-Folienkondensatoren bei Temperaturen über 100 °C gefährdet. Die Leistungsferrite der induktiven Bauteile zeigen bei über 100 °C rasch ansteigende Verluste, die zur Sättigung mit anschließender Zerstörung aktiver Bauteile führen können.

Der übliche Einsatz von SMD-Bauteilen verschlechtert die thermische Situation, weil auf die Platine gelötete Leistungsdioden und -transistoren die benachbarten Elkos aufheizen. Auch die üblichen Platinenmaterialien verursachen bei hohen Frequenzen Verluste.

Preis contra Qualität

Im Hinblick auf etwaig auftretende thermische Belastungen innerhalb der Lebenszeit ist ein anfänglich teureres Schaltnetzteil im Einsatz meist günstiger, da die verbauten höherwertigen, temperaturfesten Komponenten die Gesamtlebens- bzw. Servicefreie-Zeit der Applikation deutlich erhöhen. Darüber hinaus ist selbstverständlich jeder Anwender von Schaltnetzteilen gut beraten, für optimale Kühlung zu sorgen.

Seriöse SNT-Anbieter geben eine Kurve für die Belastbarkeit in Abhängigkeit von der Temperatur eines definierten Testpunktes am Gehäuse an. Der beste Rat lautet, ein Schaltnetzteil mit einer höheren spezifizierten Leistung als der benötigten Dauerleistung zu wählen, und nicht mehr als 75 % der Nennleistung kurzzeitig zu nutzen.

Unterschiedliche Kühlkonzepte

Applikationsseitig sind unterschiedliche Kühlkonzepte erforderlich. Hauptsächlich sind hier die physikalischen Entwärmungskonzepte durch Konvektion mit freier- oder Ventilator-Lüftung oder durch Wärmeableitung sog. Kontaktkühlung vielfach über eine Grundfläche, z. B. die Oberseite oder das s.g. Baseplate-Cooling, zu unterscheiden.

Konvektion

In Anwendungen, z. B. in Schaltschränken mit ausreichend freien Lufträumen, kommt klassisch die Konvektionskühlung zum Einsatz. Wichtig ist jedoch bei der Montage auf die Einbaulage und Mindestabstände um das Netzteil zu achten, damit die erforderliche Konvektion und so der Wärmeabtransport stattfinden kann. Die Angaben hierzu findet man in den Datenblättern und in der Installationsanleitung.

Ein weiterer großer Einsatzbereich für konvektionsgekühlte Schaltnetzteile ist die moderne LED-Beleuchtung. Eine Zwangslüftung mit Ventilator wäre vielfach alleine wegen des akustischen Lüftergeräusches unangebracht. Die Gehäuseformen weisen hierbei vielfach entsprechend integrierte Kühlkörper auf. Zusätzlich sind die Bauteile im Innenraum oft voll vergossen. Dies gewährlei-

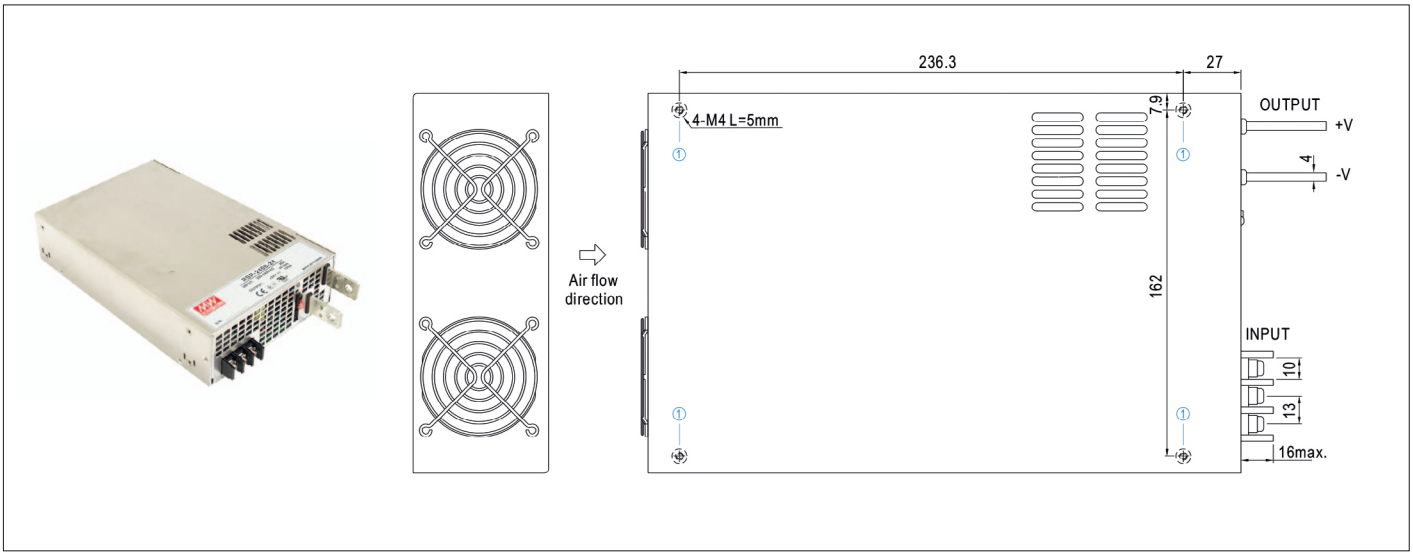


Bild 6: Mean Well RSP-2400

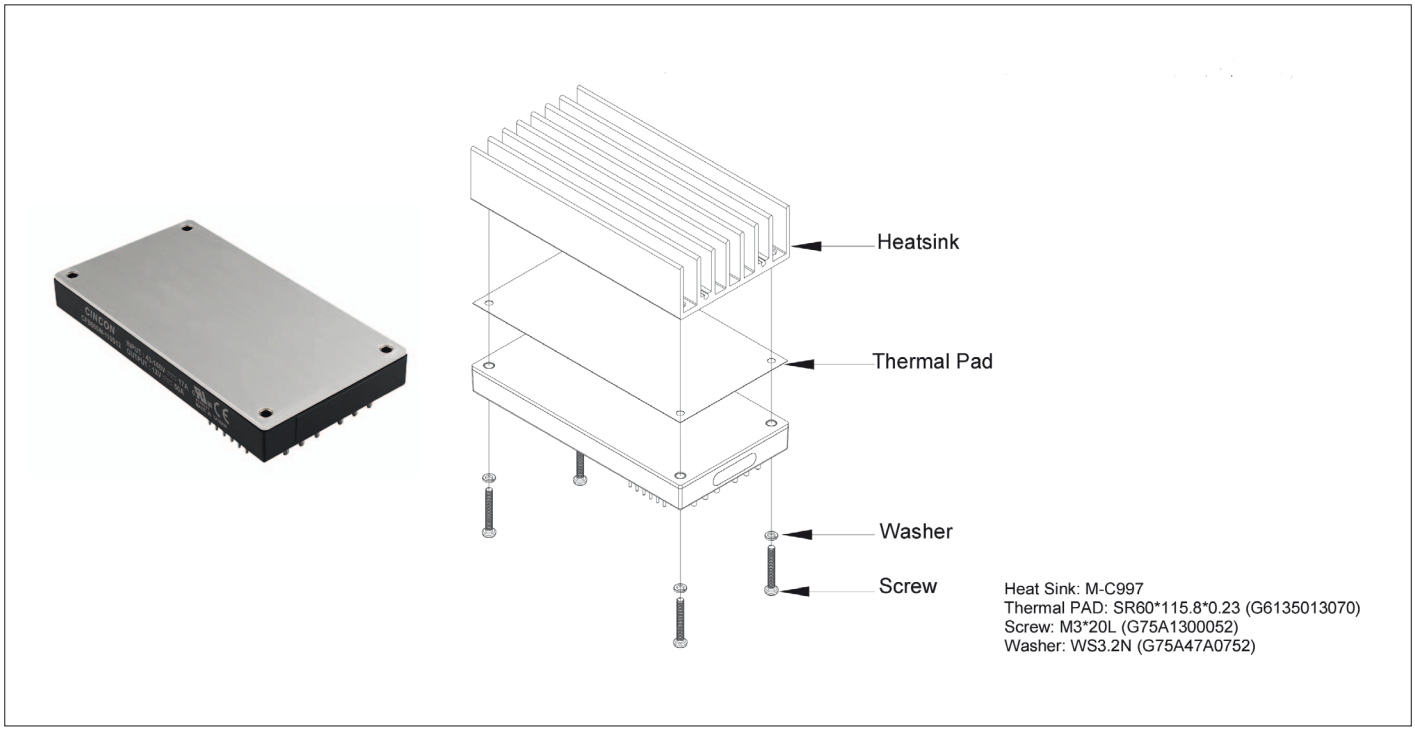


Bild 7: Cincon CFB600 und angebotene Kühlkörper

stet zum einen eine hohe Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit und Staub, zum anderen, und nicht minder wichtig, gewährleisten die modernen Vergussmassen einen optimierten Wärmetransport an die umgebende Gehäusewand.

Ausreichend Kühlung

Bei Implementierung eines Schaltnetzteils in ein geschlossenes System stehen dort vielfach nur kleine Flächen für die Montage zur Verfügung. Zudem ist bei sehr kompakt gestalteten Hochleistungsnetzteilen die Luftzirkulation im Systemgehäuse oftmals nicht ausreichend, um die Verlustwärme abzuführen. Hier ist den Forderungen in den Datenblättern exakt Folge zu leisten. Entweder, man verzichtet bei erhöhten Umgebungstemperaturen auf einen Teil der Leistung, hier spricht man vom De-Rating, oder es kann auf eine Zwangs-Lüftung mittels Lüfter nicht verzichtet werden. Die erforderliche Menge an Luftzirkulation wird vielfach aus dem Englischen mit CFM (Kubik-Fuß pro Minute) angegeben. Im europäischen Sprachraum findet man häufiger die Angaben in m³/h. Eine Umrechnung ergibt sich aus 1 CFM = 1,699 m³/h

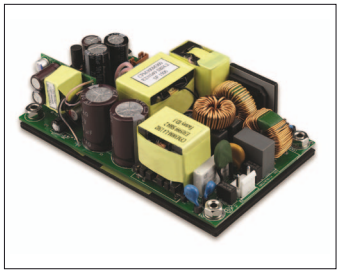


Bild 8: Cincon CFM300M. Unterhalb der Leiterplatte ist deutlich die wärmeübertragende Grundplatte (Baseplate, hier schwarz) zu erkennen.

Zwangslüftung

Für große Leistungsanforderungen, oder bei kompakter Bauweise, kann vielfach auf eine Zwangslüftung nicht verzichtet werden. Die Hersteller statten die Netzteilkomponenten dann sogleich mit entsprechenden Lüftereinheiten aus. Je nach Ausführung lassen sich die erforderlichen Luft-Volumen-Ströme durch verändern der Lüfterdrehzahl anpassen. Dies bedeutet bei kleiner Leistungsanforderung bzw. geringer Wärmeentwicklung drehen die Lüfter mit kleiner Drehzahl und somit mit verminderter Geräuschentwicklung. Steigt der Leistungsbedarf wird die Lüfterdrehzahl automatisch erhöht und gewährleistet so die optimale Entwärmung des Schaltnetzteils.

Manche Hersteller bieten hierbei noch Sonderfunktionen, wie beispielsweise die Umkehr der Strömungsrichtung an.

Kontaktkühlung

Falls der Einsatz eines Lüfters nicht möglich ist, oder es bei der Applikation, z. B. in einigen Fällen im Medizinbereich, keine störenden Lüftergeräusche geben darf, kommen andere Kühlkonzepte in Frage. Bei der Kontaktkühlung muss die Wärmeabfuhr über geeignete Kühlkörper beziehungsweise über eine Gehäusefläche oder die Grundplatte (Baseplate) sichergestellt werden. Darüber hinaus ist natürlich eine ausreichende Konvektion sicherzustellen. Ist keine Konvektion möglich sind auch bereits Systeme mit Heat-Pipe oder Flüssigkeits-Kreisläufen im Einsatz und ermöglichen so einen störungsfreien Betrieb ohne Leistungseinschränkungen.

Bei DC/DC-Wandlern im höheren Leistungsbereich ist oft die Gehäuseoberseite zum Anflanschen eines entsprechenden Kühlkörpers vorgesehen. Die erforderliche Größe des Kühlkörpers lässt sich aus den geforderten Leistungsbedingungen und den Herstellerangaben berechnen.

Baseplate-Cooling

Ein relativ modernes Konzept zur Kontaktkühlung besteht im so genannten Baseplate-Cooling. Hierbei wird über eine ausreichend große Kontaktfläche auf der Unterseite des Netzteils die Wärme übertragen. Konstruktionsbedingt werden hierbei spezielle Leiterplatten-Materialien und Geometrien verwendet, die einen Wärmetransport sicherstellen.

Das Netzteil kann hierbei z. B. direkt auf eine entsprechend ausgeführte Gehäusewand aufgeschraubt werden. Darüber hinaus besteht natürlich weiterhin die Möglichkeit, das Netzteil auf einen dafür ausgelegten Kühlkörper auf Basis Konvektion oder mit Flüssigkeitskreislauf zu montieren und so für die nötige Wärmeabfuhr zu sorgen.

Allerdings muss auf einen ausreichend kleinen Wärme-Übergangswiderstand zwischen dem wärmeableitenden Gehäuseteil oder der Grundplatte und dem Kühlkörper geachtet werden. Hilfsmittel hierfür sind beispielsweise die altbekannte Wärmeleitpaste oder speziell angebotene Wärmeleit-Pads.

Fazit

Applikationsabhängig ergeben sich die unterschiedlichsten Anforderungen an Schaltnetzteile. Nicht zuletzt ist bei der Auswahl auch besonderer Wert auf das Kühlkonzept zu legen. ◄