

Für jedes Kühlkonzept die richtige Lösung

Bevor mit dem Entwurf eines Gehäuses für ein neues elektronisches oder elektrisches System begonnen wird, sind einige wichtige Punkte zu definieren.

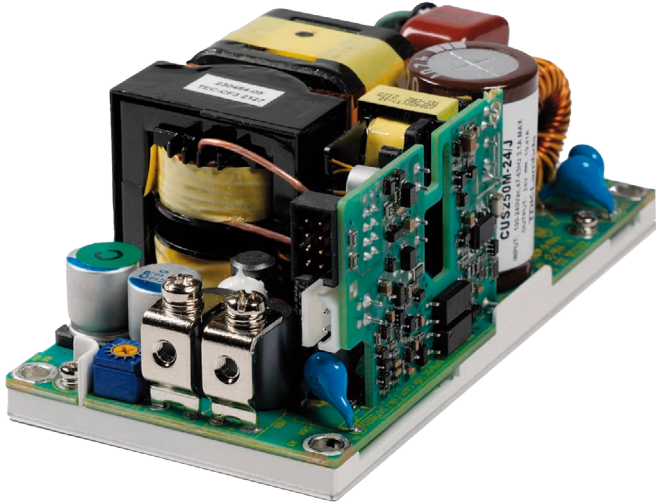


Bild 1: TDK-Lambda 250 W Open-Frame-Netzteil CUS250M



Bild 2: TDK-Lambda 250 W geschlossenes CUS250M-Netzteil

Die Gestaltung und die mechanischen Abmessungen werden sehr häufig unter Marketinggesichtspunkten festgelegt. Dabei stehen zumeist optische Aspekte im Fokus. Bei der technischen Umsetzung muss sich in einer 3D-Modellierung dann zeigen, ob alle erforderlichen Komponenten in der gewünschten Form untergebracht werden können oder ob in Bezug auf Funktionalität und Betriebssicherheit gewisse Kompromisse erforderlich sind.

Kühlung

Ein enorm wichtiger Punkt stellt in diesem Zusammenhang die Kühlung dar. Bei einem medizinischen Gerät zum Einsatz in unmittelbarer Patientennähe sollen in aller Regel jegliche Betriebsgeräusche auf ein Minimum begrenzt werden. Damit scheidet eine aktive Kühlung mittels integrierter Lüfter häufig aus. Auch in Büro- und Laborumgebungen sind Einschränkungen hinsichtlich Größe, Lage und Anzahl von Gehäuseöffnungen zur Kühlung allgegenwärtig. Beim Einsatz in schmutzigen Umgebungen können sonst

eindringender Staub, Feuchtigkeit oder andere potentiell leitfähige oder entflammbare Verunreinigungen zu Schäden führen.

Bei Systemen zum Einbau in Schaltschränken oder offenen Geräteträgern, wie sie typischerweise in ATE-Systemen, Telekommunikationsanlagen oder Servern zum Einsatz kommen, erfolgt die Kühlung in der Regel durch einen definierten Luftstrom. Sind die Systeme für Bediener oder Techniker zugänglich, erfolgt die Lüftung immer von der Frontseite zur Rückseite. Ansonsten würde dem Bediener vor dem Schaltschrank die heiße Abluft unangenehm direkt ins Gesicht blasen.

Thermische Simulation

Sobald die Platzierung der wichtigsten Komponenten definiert ist, sollte eine computergestützte thermische Simulation erfolgen. So lässt sich feststellen, ob es an einzelnen Komponenten zu problematischen Temperaturerhöhungen kommen kann, welche die Funktion oder die Lebensdauer des Gerätes beeinträchtigen könnten. Die thermische Simulation liefert dann Daten zum erforderlichen Luftvolumen oder zur benötigten Geschwindigkeit des Luftstroms, welche dann

Basis für die Auswahl eines integrierten oder externen Lüfters sind.

Netzteile

Wird das Endgerät aus dem öffentlichen Stromnetz gespeist, sind in der Regel mindestens ein – häufig auch mehrere – AC/DC-Netzteile erforderlich. Die Auswahl geeigneter Netzteile erfolgt in vielen Unternehmen durch Elektro- oder Maschinenbauingenieure in der Entwicklungsabteilung.

Im folgenden Beispiel nehmen wir an, dass ein Standard-Netzteil mit einer Ausgangsleistung von 250 W erforderlich ist. In die-

sem Leistungsbereich gibt es eine Fülle unterschiedlicher Bauformen und Kühlungsarten.

Open-Frame Modelle

bestehen ausschließlich aus einer bestückten Leiterplatte ohne weitere Mechanik. Zum Anschluss der Netzspannung und des DC-Ausgangs kommen entweder Steckverbinder oder Schraubklemmen zum Einsatz. Die Montage im Endgerät erfolgt über vier Löcher in den Ecken der Leiterplatte mittels Distanzbolzen und Schrauben (Bild 1).

Die offene Konstruktion lässt die Wärme ungehindert abstrahlen und

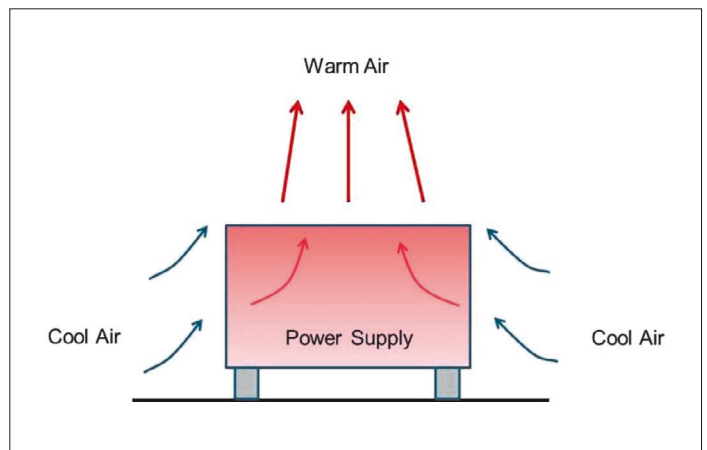


Bild 3: Natürliche Zirkulation um ein konvektionsgekühltes Netzgerät

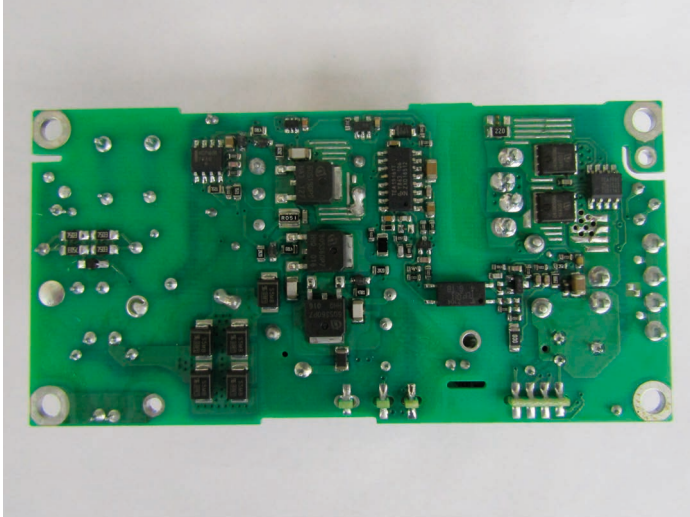


Bild 4: SMD-Komponenten auf der Unterseite des CUS250M

ist die kostengünstigste Lösung, allerdings muss ein Berührungsschutz für Bediener und Servicepersonal zu stromführenden Bauteilen mit gefährlichem Spannungspotential im Endgerät gewährleistet werden. Eine zusätzliche Schirmung zur Einhaltung der Grenzwerte für leitungsgebundene und abgestrahlte EMV-Störungen kann erforderlich sein.

Geschlossene Modelle

Stromversorgungen in geschlossener Bauweise (Bild 2) sind teilweise oder vollständig von einem Metallgehäuse umgeben. Die Abdeckung eines geschlossenen Netzteils schränkt die natürliche Konvektion etwas ein. Gleichzeitig bietet das Gehäuse den großen Vorteil, dass wärmeerzeugende Leistungshalbleiter wie die Schalt-MOSFETs oder Ausgangsdioden (oder FET) durch Kontaktkühlung über die große Ge-

häuseoberfläche ihre Verlustwärme viel effektiver abführen können. Weiter ist das Thema Berührungsschutz bereits direkt durch das Netzteil gewährleistet und auch die Einhaltung der Grenzwerte für Funkentstörung ist bei einem Netzteil im geschlossenen Gehäuse einfacher sicherzustellen. Die zusätzliche Mechanik macht die geschlossenen Netzteile im Vergleich mit reinen Open-Frame Geräten etwas teurer.

Zuverlässigkeit im Feld

Die langfristige Zuverlässigkeit eines AC/DC-Netzteils hängt stark von der Umgebungstemperatur und einer effizienten Kühlung ab. In nahezu allen Stromversorgungen kommen Elektrolytkondensatoren sowohl zur Energiespeicherung als auch zur Filterung zum Einsatz, deren Lebensdauer sich proportional zur Temperatur verringert.

Als typischer Richtwert geht man von einer Halbierung der Lebensdauer je 10 °C Temperaturanstieg aus. Das bedeutet bei einem Anstieg der Betriebstemperatur von 20 °C auf 40 °C reduziert sich die Lebenserwartung der Kondensatoren um 75%!

Der Zwischenkreiskondensator (Bulk-Kondensator) speichert Energie um kurzzeitige Einbrüche oder einen kompletten Ausfall der Netz-Eingangsspannung zu überbrücken, so dass es zu keinen Beeinträchtigungen der DC-Ausgangsspannung kommt. Im Ausgangsfilter des Netzteils werden Kondensatoren eingesetzt um die Restwelligkeit zu reduzieren und Spannungsschwankungen bei abrupten Lastsprüngen zu begrenzen. Weitere Elektrolytkondensatoren kommen in der internen Hilfsversorgung für die Regelung zum Einsatz. Verschlechtern sich nur von einem dieser Kondensatoren die technischen Eigenschaften, hat das unmittelbar negative Auswirkungen auf die Performance und die Lebensdauer des Netzteils.

Kühlung eines Netzteils

Es gibt verschiedene Methoden zur Kühlung eines Netzteils, um einen zuverlässigen Betrieb zu gewährleisten. Dazu gehören Konvektionskühlung, Zwangsbelüftung durch einen Luftstrom und Kontaktkühlung. Diese können auch kombiniert werden, um die internen Bauteiltemperaturen im Netzteil zu senken. Bis vor kurzem waren die meisten Open-Frame-Netzteile üblicherweise für Konvektionskühlung oder bei höherer Ausgangsleistung auf



Bild 5: CUS250M/F mit integriertem Lüfter

forcierte Kühlung mit Luftstrom ausgelegt. Aktuell haben die Hersteller von Netzteilen nun mit neuen Designs weitere Bauformen und Optionen entwickelt, um dem Anwender maximale Flexibilität für die Bewältigung seiner thermischen Herausforderungen zu bieten.

Bei der Konvektionskühlung ist kein technisch erzeugter Luftstrom vorhanden, sondern es muss ausreichend Freiraum um das Netzteil vorhanden sein um eine natürliche Luftzirkulation zu ermöglichen (Bild 3). Wird dieser Luftstrom von üblicherweise gerade einmal 0,3 m/s durch die Einbausituation oder ein Gehäuse direkt um das Netzteil eingeschränkt, führt dies zu erhöhten Bauteiltemperaturen.

Zwangsbelüftung

Bei der Zwangsbelüftung wird im Endgerät mit einem Lüfter ein forcierter Luftstrom erzeugt und gezielt über die Netzteilkomponenten mit der größten Verlustwärme geleitet. Neben dem Luftvolumen ist die Richtung des Luftstroms von großer Bedeutung. Der Netzteilhersteller sollte daher immer die bevor-

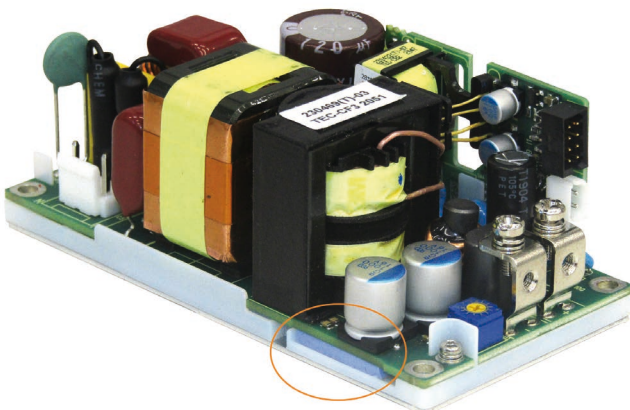


Bild 6: „Gap-Pad“ zwischen Leiterplatte und Gehäuse



Bild 7: CUS250M/U mit U-Profil

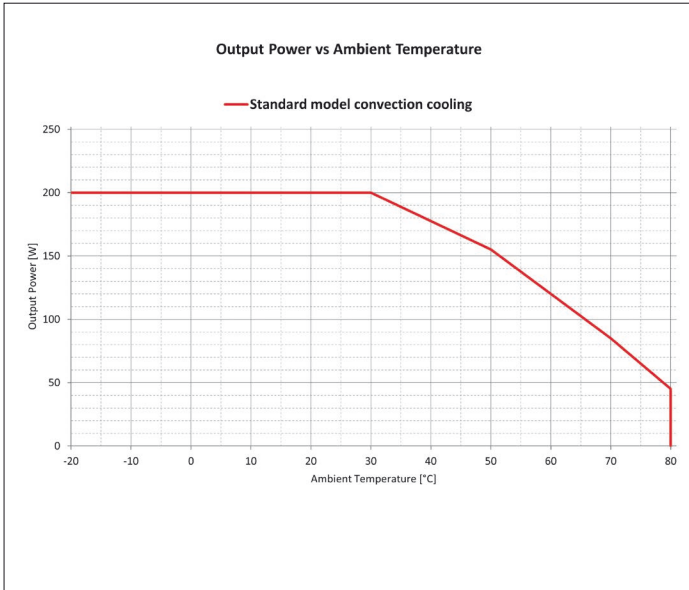


Bild 8a: Ausgangsleistung vs. Umgebungstemperatur (Konvektionskühlung)

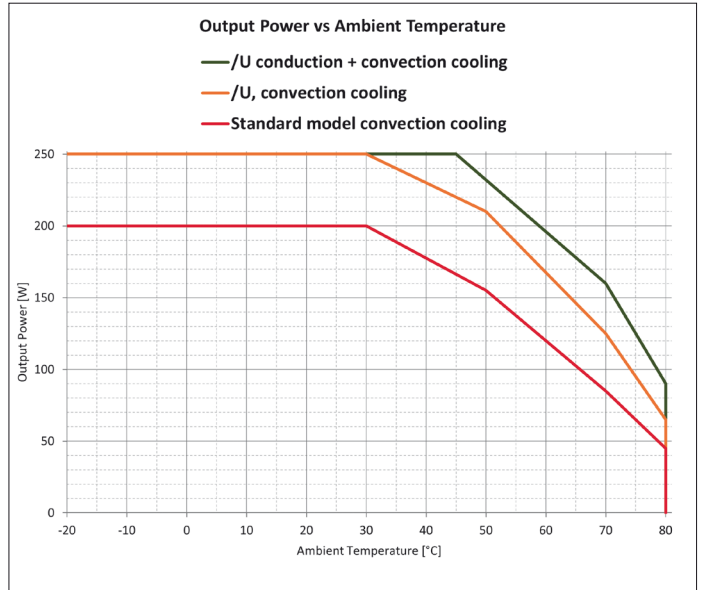


Bild 8b: Ausgangsleistung im Vergleich zur Umgebungstemperatur (Konvektions- und Kontaktkühlung)

zugte Richtung und das Mindestvolumen/die Mindestgeschwindigkeit des Luftstroms sowie die maximal zulässigen Temperaturen der thermisch kritischen Bauteile angeben.

Bei dem in Bild 1 gezeigten Open-Frame-Netzteil fällt auf, dass keine Leistungshalbleiter auf Kühlkörpern montiert sind. Dies ist zum Teil auf den hohen Wirkungsgrad des Gerätes von bis zu 94 % zurückzuführen, im Wesentlichen aber in der Anordnung aller Halbleiter in SMD-Ausführung auf der Unterseite der Leiterplatte begründet. Dieses Design ermöglicht eine ungehinderte Luftzirkulation auf der Oberseite der Leiterplatte und eine optimale Wärmekopplung zwischen den Halbleitern und den darunter liegenden Kupferbahnen der Leiterplatte (Bild 4).

Integrierter Lüfter

Wenn keine weiteren Komponenten im Gesamtgerät einen forcierten Luftstrom erfordern, bietet sich der Einsatz eines Netzteils mit integriertem Lüfter an (Bild 5). Hier wurde der Lüfter vom Netzteilhersteller so ausgelegt, dass bei korrektem Einbau des Netzteils dieses sicher innerhalb der Spezifikationen arbeitet. Dies vereinfacht die Konstruktion des Gesamtsystems sowohl aus mechanischer als auch aus thermischer Sicht. Die Größe des vom Netzteilhersteller eingesetzten Lüfters bestimmt maßgeblich den hörbaren Geräuschpegel. Ein großer Lüfter kann das gleiche Luft-

volumen mit einer viel geringeren Drehzahl erzeugen als ein kleinerer Lüfter. Daher hat ein Netzteil mit einem größeren Lüfter in der Regel ein angenehmeres hörbares Geräusch, erfordert gleichzeitig aber auch mehr Einbauraum.

Kontaktkühlung

Ist die ideale Lösung für alle Anwendungen, bei denen nur geringe oder gar keine hörbaren Geräusche toleriert werden können und bei denen zusätzlich auch keine Ventilationsöffnungen oder gar Einbaulüfter akzeptiert werden. Solche Anforderungen findet man beispielsweise bei medizinischen Geräten, da die hochfrequenten Lüftergeräusche von Patienten als störend empfunden werden und ihre Genesung behindern können.

Auch für Anwendungen in komplett geschlossenen Gehäusen zur Aufstellung im Freien sind kontaktkühlte Netzteile die beste Wahl. Über die Kontaktfläche des Netzteils wird die Abwärme der Stromversorgung zuverlässig an das Outdoor-Gehäuse abgegeben, welches in der Regel mit Kühlrippen zur besseren Wärmeableitung an die Umgebung ausgestattet ist. Die Methode der Kontaktkühlung wird auch bei wasser- und peltiergekühlten Systemen eingesetzt.

Wie bereits erwähnt, sind die Leistungshalbleiter bei Geräten wie dem CUS250M alle in SMD-Technik auf der Unterseite ange-

ordnet. Eine Reihe von Anbietern stellt sogenannte „Gap-Pads“ mit hoher Wärmeleitfähigkeit und geringem Wärmewiderstand her. Mit diesen „Gap-Pads“ lassen sich verschieden hohe SMD-Bauteile thermisch optimal auf eine Metallplatte kontaktieren (Bild 6).

Zur Kontaktkühlung werden die Netzteile der Baureihe CUS250M optional mit einer Metall-Baseplate (Bild 6) oder einem U-Profil (Bild 7) angeboten.

Derating

Unabhängig davon welches Kühlungskonzept verfolgt wird, sollte jeder Entwickler sich eingehend mit den Derating-Kurven der zur Auswahl stehenden Stromversorgungen auseinandersetzen. Diese sind in der Regel bereits im Datenblatt, auf jeden Fall aber im Installationshandbuch oder den Anwendungshinweisen, zu finden. Bild 8a zeigt erneut am Beispiel des CUS250M, dass die nutzbare Ausgangsleistung bei Konvektionskühlung von 200 W bei 30 °C Umgebungstemperatur auf nur noch 160 W bei 50 °C zurückgeht.

Bei Einsatz der Geräteversion mit dem U-Profil (Bild 8b, orangefarbene Linie) kann das Netzteil die volle Nennleistung von 250 W bei 30 °C Umgebungstemperatur liefern. Das über Gap-Pads thermisch auf die Halbleiter gekoppelte U-Profil sorgt hier für eine bessere Wärmeabfuhr. Wird das U-Profil im Gesamtsystem so eingebaut, dass zu-

sätzlich auch Wärme per Konvektionskühlung an die umgebende Luft abgegeben werden kann, steht die volle Ausgangsleistung von 250 W sogar bis zu einer Umgebungstemperatur von 45 °C zur Verfügung. Bei 50 °C reduziert sich dieser Wert geringfügig auf 230 W.

Zur Sicherheit sollten die Temperaturen der kritischen Bauteile des Netzteils in der endgültigen Einbausituation final noch einmal nachgemessen werden.

Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Netzteile mit vielfältigen Kühlmöglichkeiten für alle Endgeräte-spezifischen Anforderungen die optimale Lösung anbieten können. Ein Open-Frame-Netzteil zur klassischen Konvektionskühlung stellt dabei die Basis für moderate Einsatzbedingungen dar. Mit mechanischen Varianten lässt sich das identische Grundgerät fit für harte Umgebungsbedingungen oder besondere Anforderungen bezüglich Kühlung machen. Die mechanischen Varianten reduzieren das Derating gegenüber der Open-Frame-Version ganz erheblich und erlauben so den Einsatz des Netzteils der gleichen Leistungsklasse. Ohne diese Varianten müsste sonst auf ein Open-Frame-Netzteil einer höheren Leistungsklasse zurückgegriffen werden, was dann mit einem erhöhten Platzbedarf und höheren Kosten einherginge. ◀