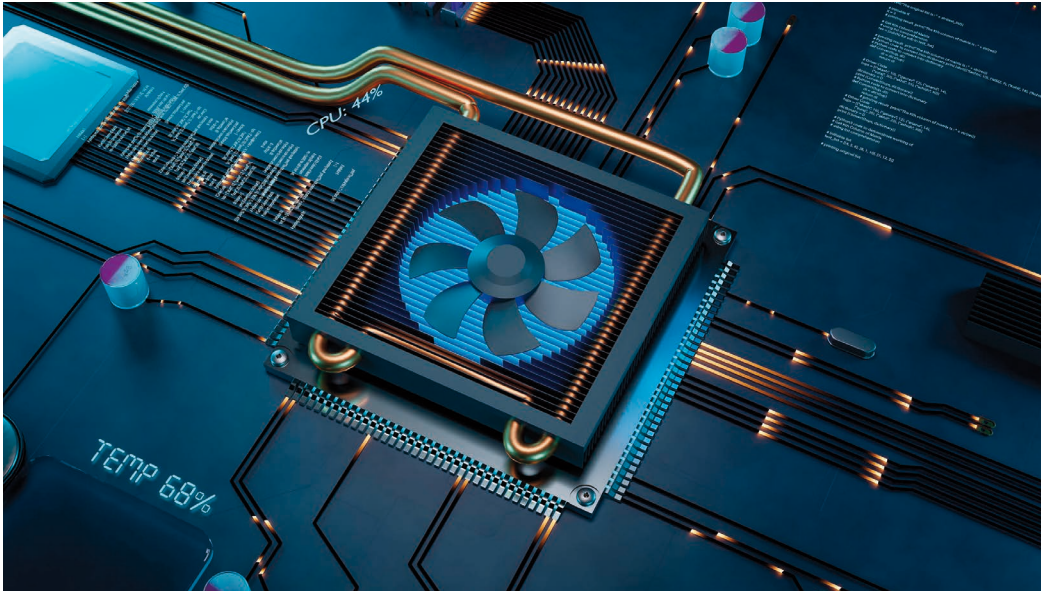


Kühlung von Stromversorgungen

Jedes Grad zählt



Das Einhalten der maximal zulässigen Temperaturen schützt Stromversorgungen vor Überhitzung, Abschaltung oder Ausfall. Für eine möglichst lange Betriebserwartung von elektronischen Komponenten, vor allem der verbauten Elektrolytkondensatoren, ist es zudem ratsam, die Betriebstemperaturen deutlich unterhalb der Maximaltemperaturen zu halten.

Basierend auf der Arrhenius-Gleichung zeigt sich, dass eine Temperaturerhöhung um 10 °C die Ausfallwahrscheinlichkeit verdoppelt bzw. die Betriebserwartung halbiert. Sind anwendungsbezogen hohe Umgebungstemperaturen unumgänglich, und das Netzteil kommt in den Bereich des Deratings, muss eine entsprechende Leistungsreduzierung berücksichtigt werden. Die Stromversorgungen stellen neben den inzwischen kompakteren Bauformen auch

einen immer höheren Funktionsumfang zur Verfügung. Für eine hohe Betriebserwartung investieren die Hersteller daher viel Zeit, um ein gutes thermisches Design sowie eine geeignete und effektive Wärmeabfuhr zu erreichen.

Konvektionskühlung vs. forcierte Kühlung

Grundsätzlich werden Stromversorgungen entweder über die reine Konvektionskühlung oder über die forcierte Kühlung mittels Lüfter oder Kontakt- bzw. Wasserkühlung gekühlt. Je nach Kühlverfahren ist ggfs. eine vom Hersteller

vorgegebene Einbaulage zu beachten. Wird diese ignoriert, kann das trotz scheinbar ausreichender Umgebungstemperaturen zu einer unzureichenden Wärmeabfuhr führen.

Aktive Kühlung

Die häufigste Kühlmethode bei Stromversorgungen ist die aktive Kühlung über einen integrierten Lüfter, da einfach, effektiv und kostengünstig umzusetzen. Der Lüfter ist seitens der Hersteller ausreichend dimensioniert und entsprechend positioniert. Dennoch ist auf die maximal zulässige Umgebungstemperatur sowie auf eine ungehinderte Luft-

zirkulation durch die freien Lüftungsöffnungen zu achten. Neben einer unvermeidlichen Geräuschentwicklung bringt der Lüfter den Nachteil mit, dass Dreck, Staub und sogar Feuchtigkeit durch den Luftstrom in das Gerät gezogen werden können. Auch Ablagerungen an den Lüftungsöffnungen oder an verwendeten Gittern oder Filtern können den Luftstrom vermindern. Ein Ansprechen der Temperaturüberwachung oder gar der „Hitzetod“ des Gerätes drohen. Bei extrem starker Verschmutzung kann der Lüfter blockieren – in der Regel erkennt das die Sensorik und führt zur Abschaltung. Staubablagerungen auf den Bauteilen im Inneren des Netzteils können zu einer unzureichenden Wärmeabfuhr führen und Feuchtigkeit aufnehmen. Luft- und Kriechstrecken werden so nicht ausreichend eingehalten, die Spannungsfestigkeit sinkt, und eine Funkenbildung sowie eine Schädigung des Produkts ist nicht auszuschließen.

Lüfter dimensionieren, um die Betriebstemperatur einzuhalten

Ist eine Stromversorgung bzw. die gesamte Anwendung von einem Gehäuse umgeben, steigt durch die Abwärme der Geräte die Temperatur im Gehäuse ggf. über die in der technischen Dokumentation angegebene zulässige

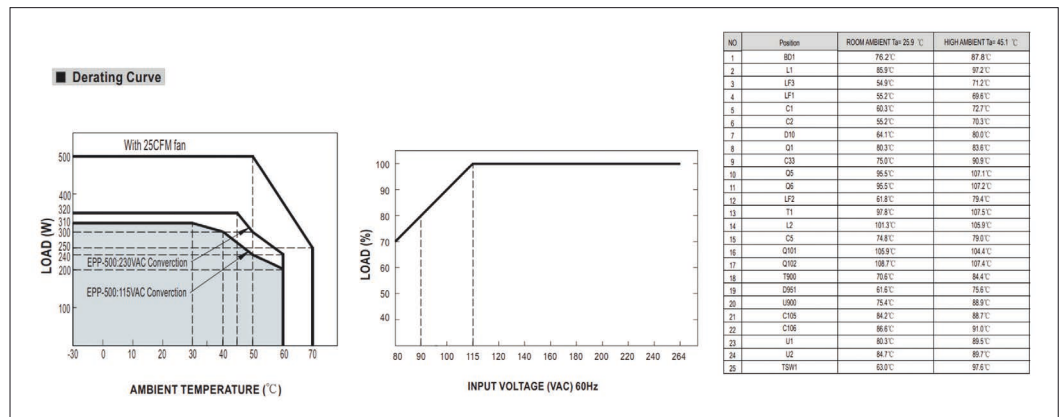


Bild 1: Zu berücksichtigende Deratingkurve in Abhängigkeit zur Umgebungstemperatur der EPP-500 Serie von MEAN WELL links, Eingangsspannungsderating Mitte, und Auszug des Testreports mit der Liste der in Bezug auf die Temperatur kritischen und zu überprüfenden Komponenten bei abweichender Montageposition bzw. alternativem Kühlkonzept. © MEAN WELL

Autor:
Frank Stocker
Schukat electronic Vertriebs
GmbH
info@schukat.com
www.schukat.com

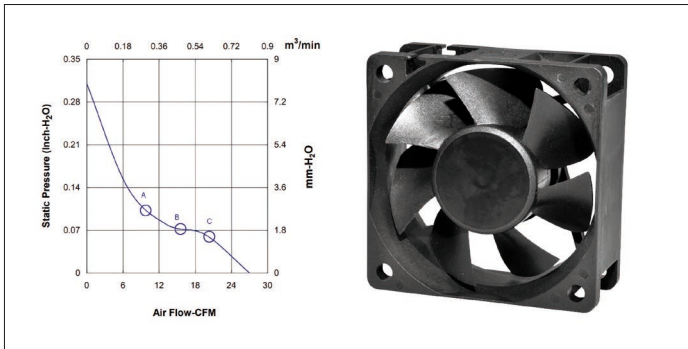


Bild 2: Rechts: Magnetisch gelagerter Lüfter Sunon MF60251VX1000UA99 mit einer Betriebserwartung von bis zu 70.000 Stunden. Links: Die Kennlinie des Sunon MF60251VX1000UA99 mit drei theoretischen und willkürlich gewählten Arbeitspunkten, bei einem fiktiven Systemwiderstand zur obigen Beispielrechnung (B) sowie höheren (A) und geringeren (C) Systemwiderstand. © Sunon

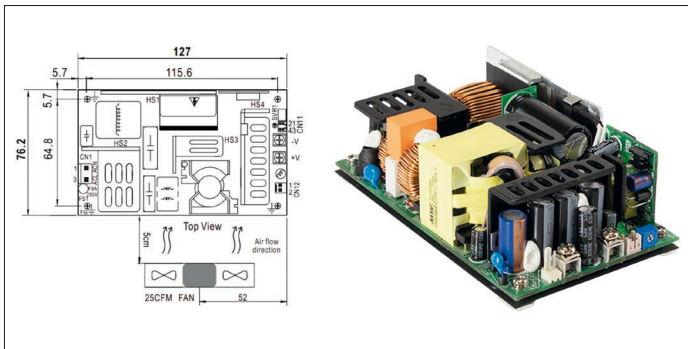


Bild 3: Abbildung und Maßzeichnung mit zu berücksichtigender Positionierung des Lüfters bei der Open Frame Netzteilserie EPP-500 des Herstellers MEAN WELL © MEAN WELL

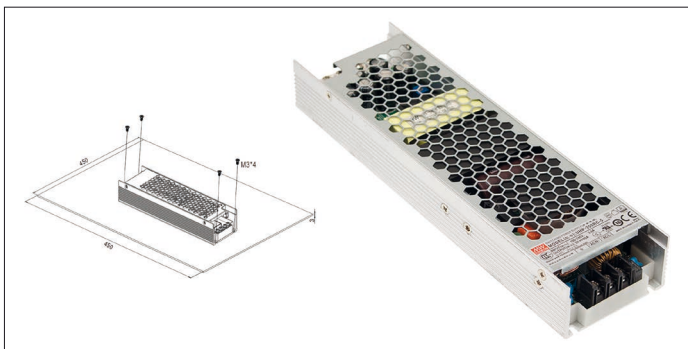


Bild 4: Montageskizze für eine Kontaktkühlung mit Metallplatte und Bild der MW UHP-350 Serie. © MEAN WELL

Betriebstemperatur. Dann muss eine Leistungsreduzierung (Temperaturderating) laut Datenblatt berücksichtigt oder im umgebenden Gehäuse für Kühlung, durch z. B. einen Lüfter gesorgt werden.

Der bei einer „Zwangsbelüftung“ benötigte Volumenstrom lässt sich theoretisch aus der gesamten in Wärme umgewandelten Energie innerhalb des Gehäuses sowie dem maximal zulässigen Tempe-

raturanstieg, unter Vernachlässigung weiterer Parameter wie der Betriebshöhe, einer Eigenkonvektion, der Positionierung des Lüfters und Positionierung temperaturkritischer Komponenten im Gehäuse, annäherungsweise herleiten.

Bei einer fiktiven Applikation, bei der einzig ein voll ausgelastetes 1500-Watt-Netzteil (angeschlossene Last außerhalb des Gehäuses) mit 92 % Wirkungsgrad von

einem Gehäuse umgeben wird, einer maximalen Zulufttemperatur von 35 °C und einer maximal zulässigen Betriebstemperatur von 50 °C im Gehäuse, ergibt sich rechnerisch ein Volumenstrom von 0,43 m³/Min.

$$Q = \frac{K \cdot P}{\Delta T \cdot 60 \text{ Min.}} = \frac{3 \cdot 130,43 \text{ Watt}}{15 \text{ K} \cdot 60} = 0,43 \text{ m}^3 / \text{Min.}$$

Q = Volumenstrom in m³/Min.
 K = Korrekturfaktor (Applikationsabhängig)
 P = Verlustleistung der Stromversorgung in Watt
 ΔT = Differenz aus maximal zulässiger Temperatur im Gehäuse und maximaler Zulufttemperatur in °K

In der Praxis ist es nicht so einfach, einen geeigneten Lüfter zu bestimmen. Je nach Packungsdichte und Platzierung der Bauteile im Gehäuse, Strömungsgeschwindigkeit des Luftstroms, Größe der Ansaug-/Abluftöffnungen und dessen Lage sowie verwendeter Filter, muss der Lüfter einen bestimmten Systemwiderstand überwinden, welcher nicht immer einfach zu ermitteln ist. Der maximale Luftstrom und der maximale Druck, den der Lüfter erzeugen kann, stehen in einem direkten Verhältnis zueinander: Steigt der Druck, den der Lüfter zur Überwindung des Systemwiderstands aufbauen muss, sinkt der Volumenstrom. Beide Werte sind bei den Lüfterherstellern in der technischen Dokumentation zu finden. Ein möglicherweise ausreichender Lüfter mit dargestellter Druckluftkurve für die obige Beispielrechnung zeigt Bild 2.

Widerstand bestimmen

Zur Bestimmung des Widerstands gegen den Luftstrom kann man als ersten Anhaltspunkt annehmen, dass der tatsächliche Luftstrom etwa rund die Hälfte des maximalen Luftstroms des verwendeten Lüfters beträgt. Ausgehend von diesen Werten lässt sich empirisch durch Messen des Luftstroms oder der tatsächlichen Temperaturen an den kritischen Systemkomponenten der tatsächlich geeignete Lüfter bzw. Luftstrom feststellen. Je nach Komplexität der Anwendung kann auch eine thermische Simulation sinnvoll

sein, um den geeigneten Lüfter und dessen bestmögliche Positionierung zu ermitteln (Bild 3).

Passive Kühlung über thermisch optimierte Grundplatte

Eine elegante Lösung, um bei Stromversorgungen eine Kühlung über Lüfter zu vermeiden, bietet die Kontaktkühlung. Hier wird ein Großteil der entstehenden Abwärme auf die sogenannte Baseplate, eine thermisch optimierte Grundplatte, geführt. Die Abwärme im Gerät wird über einen Teilverguss mit einer wärmeleitfähigen Vergussmasse unter voller Ausnutzung der Fläche auf die Grundplatte geleitet. Zur Kontaktkühlung muss diese thermisch z. B. an eine metallische Gehäusewand gekoppelt sein. Bei den Netz-

teilen der MW UHP-350-Serie ist dies im Datenblatt (Bild 4) beispielhaft mit der Montage auf eine 3mm-starke Metallplatte mit 450x450 mm Grundfläche aufgezeigt. Alternativ kann eine äquivalente Metallplatte in anderer Bauform oder auch ein klassischer, im Gehäuse integrierter oder außerhalb angebrachter Kühlkörper mit identischer Wärmeableitfähigkeit zum Einsatz kommen. Die Kontaktkühlung kann einen großen Teil der Wärme ableiten, jedoch trägt die Luftkonvektion oftmals zu einem Teil dazu bei. Ein Referenzmesspunkt (T_{case}) am Gehäuse des Netzteils zeigt die Maximaltemperatur auf, die im Betrieb der jeweiligen Anwendung nicht überschritten werden darf. Durch den Einsatz derartiger kontaktgekühlter Netzteile können Lüftungsöffnungen ggf. gänzlich entfallen und mögliche Ausfälle durch Verschmutzung und in sensiblen Anwendungen Nachteile, wie der Geräusentwicklung durch einen Lüfter, vermieden werden.

Fazit

Die Temperatur ist der Faktor, den es durch ein gutes Wärmemanagement im Endsystem und der Auswahl einer möglichst effizienten Stromversorgung einzugrenzen gilt. Sind anwendungsbezogene hohe Umgebungstemperaturen unumgänglich und das Netzteil kommt in den Bereich des Deratings, muss entsprechend der worst case Umgebungstemperatur eine Leistungsreduzierung berücksichtigt werden. ◀