



NTC- und PTC-Thermistoren

April 2012

Überströme sicher begrenzen

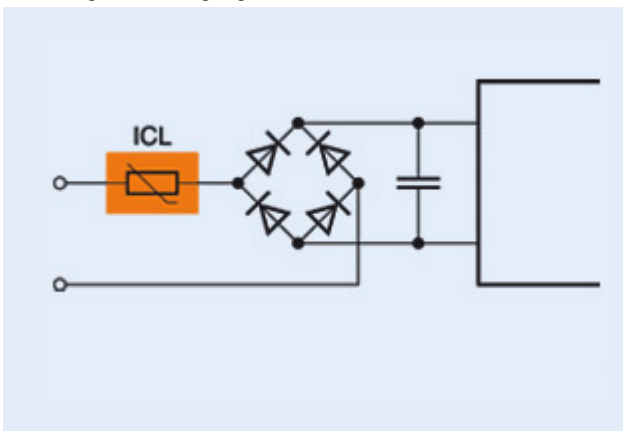
Zum Schutz der Netzeingänge von Stromversorgungen vor zu hohen Einschalt- und Überströmen ist eine breite Palette keramischer EPCOS NTC- und PTC-Thermistoren verfügbar. Die Bauelemente zeichnen sich durch hohe Zuverlässigkeit und geringen Designaufwand aus.

In Stromversorgungen werden nach der Gleichrichtung hochkapazitive Kondensatoren zur Glättung und Stabilisierung der Gleichspannung verwendet. Sind sie im Einschaltmoment entladen, stellen sie für den

Gleichrichter wie für das Netz einen Kurzschluss dar. Die dabei auftretenden extrem hohen Ströme können zur Zerstörung des Gleichrichters führen oder lösen die Netzsicherung aus. Auch bei induktiven Lasten wie zum Beispiel größeren Transformatoren oder Motoren können extrem hohe Einschaltströme auftreten.

Als kostengünstige und sehr zuverlässige Gegenmaßnahme bieten sich hier EPCOS NTC- oder PTC-Thermistoren an. Besonders bei Stromversorgungen in der Leistungsklasse bis 100 W werden EPCOS NTC-Thermistoren in ihrer Funktion als Einschaltstrombegrenzer (ICL, Inrush Current Limiter) verwendet. Abbildung 1 zeigt das vereinfachte Schaltbild eines Netzeingangs mit ICL.

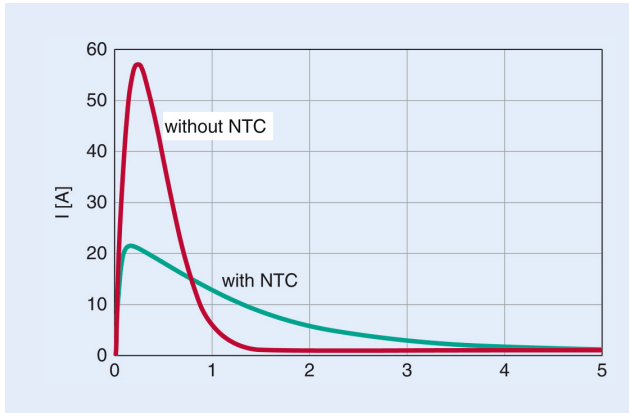
Abbildung 1: Netzeingang mit ICL



Der EPCOS ICL begrenzt im Einschaltmoment den Strom und verhindert ein Auslösen der Sicherung oder die Zerstörung des Gleichrichters.

Keramische, NTC-basierte ICLs weisen die typische Charakteristik eines Heißeleiters auf und sind somit temperaturabhängige Widerstände. Mit steigender Temperatur nimmt ihr Widerstand ab. Im Einschaltmoment bei 25 °C sind sie relativ hochohmig (1 Ω bis 120 Ω, je nach Typ) wodurch nur ein geringer Strom durch die Last fließt. Durch den Stromfluss erwärmt sich der ICL zunehmend – dadurch steigt der Strom weiter, bis er seinen durch Last definierten Nominalwert erreicht. Durch dieses Verhalten wird ein sanftes und ungefährliches Anfahren der Last erzielt (Abbildung 2). Der ICL erwärmt sich in dieser Phase in der Regel um 10 K bis 30 K bezogen auf die Umgebungstemperatur.

Abbildung 2: Stromverlauf als Funktion der Zeit



Es ist zu erkennen, dass durch den Einsatz eines EPCOS ICLs der Einschaltstrom deutlich begrenzt wird (grün).

EPCOS ICLs weisen im leitenden Zustand nur noch geringe Widerstandswerte auf. Dadurch ist auch ihre Verlustleistung – zumindest bei Geräten der unteren und mittleren Leistungsklasse – entsprechend gering und der Gesamtwirkungsgrad des Geräts wird vernachlässigbar beeinflusst. Bei größeren Stromversorgungen besteht die Möglichkeit, den ICL, nachdem der Nennstrom des Geräts erreicht ist, mit einem Relais zu überbrücken.

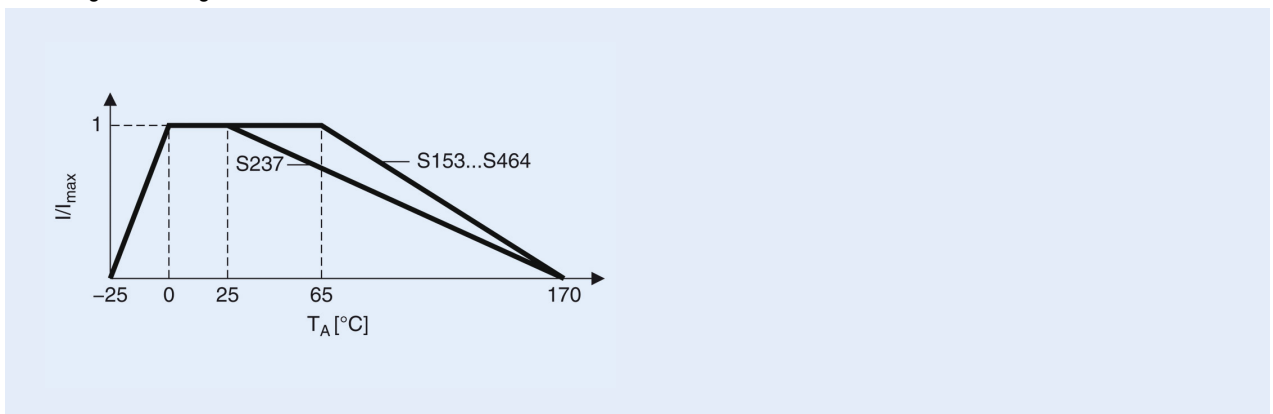
Auswahlkriterien für ICLs

Zur Auswahl des richtigen ICLs sind folgende Angaben entscheidend:

- Die Lastkapazität, welche die Mindestgröße des ICLs bestimmt
- Der maximale Dauerstrom sowie die maximale Umgebungstemperatur (soweit der ICL nach der Einschaltphase nicht überbrückt wird)
- Die geforderte Reduzierung des Einschaltstroms bezogen auf 25 °C Umgebungstemperatur

Bei der Bestimmung des Bauelements ist entscheidend, dass der maximale Dauerstrom in keinem Fall den zulässigen Höchststrom des ICLs (I_{\max}) überschreitet. Abbildung 3 zeigt das Derating-Verhalten der EPCOS ICLs bezogen auf den Strom und die Temperatur.

Abbildung 3: Derating-Verhalten von EPCOS ICLs



Products & Technologies

Mit folgenden Gleichungen können für die ICLs S153 bis S464 sowie für den Typ S237 die Maximalströme in Abhängigkeit von der Temperatur berechnet werden:

$$I_{\max(65...170\text{ °C})}(\text{S153...S464}) = (-0,0095 \times T_A + 1,62) \times I_{\max(0...65\text{ °C})}$$

$$I_{\max(25...170\text{ °C})}(\text{S237}) = (-0,0069 \times T_A + 1,17) \times I_{\max(0...25\text{ °C})}$$

NTC-ICLs zum Schutz induktiver Lasten

Sehr hohe Einschaltströme, mit den erwähnten negativen Folgen, treten auch bei induktiven Lasten auf. Dazu zählen leistungsstarke Transformatoren oder Motoren mit schwer anlaufenden Lasten wie etwa Kompressoren, Pumpen größere Staubsauger und Antriebe von Förderbändern. Am Beispiel eines Transformators wird gezeigt, wie ein NTC-ICL für diese Applikation berechnet werden kann:

Leistung: 1,0 kVA

Gemessener Einschaltstrom: 350 A

Spannung und Toleranz: 110 V AC, $\pm 10\%$ (99 V AC bis 121 V AC)

Frequenz: 60 Hz

Wirkungsgrad (η): 70 %

Der maximale Dauerstrom ergibt sich aus der Leistung, dem Wirkungsgrad und der geringsten Versorgungsspannung:

$$I = \frac{\text{kVA}}{\eta \times U_{\min}} = \frac{1000}{0,7 \times 99} = 14,4 \text{ A}$$

Zur Berechnung der maximal auftretenden Energie im Einschaltmoment müssen Blindwiderstand (Z) und Induktivität (L) des Transformators berechnet werden:

$$Z = \frac{121 \text{ V}}{350 \text{ A}} = 0,35 \Omega$$

$$L = \frac{Z}{2 \times \pi \times f} = \frac{0,35}{2 \times 3,142 \times 60} = 0,000928 \text{ H} = 0,928 \mu\text{H}$$

Daraus wiederum kann nach der Gleichung $E = 0,5 \times Z \times I^2$ die maximale Energie berechnet werden, die am NTC-ICL auftritt:

$$E = 0,5 \times 0,000928 \text{ H} \times 350 \text{ A}^2 = 56,8 \text{ J}$$

Der EPCOS ICL B57364S2109A002 erfüllt die geforderte Spezifikation: Er kann 70 J absorbieren und ist im Temperaturbereich zwischen 0 °C bis 65 °C für einen Dauerstrom von 16 A ausgelegt.

PTC-Thermistoren schützen vor Kurzschlüssen

Neben der Begrenzung von Einschaltströmen stellen zu hohe Dauerströme oder geräte-interne Kurzschlüsse eine Gefahr dar. In der Regel sind es defekte Zwischenkreiskondensatoren oder Leistungshalbleiter, von denen Risiken ausgehen. Um diese Gefahrenquellen zu eliminieren, bieten sich hierfür in Serie geschaltete EPCOS PTC-Thermistoren an (Abbildung 4). Im Gegensatz zu den NTC-ICLs weisen sie eine positive Temperaturcharakteristik auf. Das heißt, bei Raumtemperatur sind sie sehr niederohmig. Durch zu hohe Ströme erfolgt eine zunehmende Eigenerwärmung der PTC-ICLs – sie gehen in den hochohmigen Zustand über und begrenzen damit den Strom. Diese keramischen Bauelemente sind praktisch selbst rückstellende Sicherungen: Sobald der Überstrom abgeschaltet ist,

kühlen sie ab und gehen wieder in den leitenden, niederohmigen Zustand über.

Abbildung 4: EPCOS PTC-ICLs



Unterschiedliche Bauformen von EPCOS PTC-Thermistoren als ICLs für die Ladung von Kondensatoren.

Berechnung von PTC-ICLs

Das Produkt aus der Wärmekapazität eines PTC-ICLs und dem maximal zulässigen Temperaturanstieg, unterhalb dessen der PTC-ICL leitend bleibt, ergibt die maximale Energie, mit der das Bauelement beaufschlagt werden kann. Zur Berechnung dient folgende Formel:

$$E_{\text{PTC}} = C_{\text{th}} \times (T_{\text{ref}} - T_{\text{A,max}})$$

Bei sehr großen zu schützenden Lasten kann es erforderlich sein, dass die PTC-ICLs parallel und/oder in Serie geschaltet werden müssen. Die Anzahl der benötigten Bauelemente berechnet sich wie folgt:

$$N = \frac{C \times V^2}{2 \times C_{\text{th}} \times (T_{\text{ref}} - T_{\text{A,max}})}$$

Für beide Formeln gilt dabei:

C: Kapazität des Zwischenkreiskondensators in F

C_{th} : Wärmekapazität des PTC-Thermistors in J/K

E_{PTC} : Maximale Energiezufuhr des PTC-Thermistors in Ws, ohne dass er hochohmig wird

N: Anzahl der benötigten Bauelemente

$T_{\text{A,max}}$: Maximale Umgebungstemperatur des PTC-Thermistors in °C

T_{ref} : Referenztemperatur des PTC-Thermistors in °C

V: Spitzenwert der Ladespannung des Kondensators in V

Products & Technologies

Mit ihren steilen Kennlinien eignen sich EPCOS PTC-Thermistoren auch zur Grenztemperaturerfassung. Dazu werden sie in den SMD-Baugrößen 0805, 0603 sowie 0402 angeboten. Die Typen der Serie B59721A* in der Baugröße 0805 haben Ansprechtemperaturen von 70 °C bis 130 °C in Schritten von 10 K. Ihr Nennwiderstand beträgt 680 Ω. Bei den Serien B59641A* (0603) und B59421A* (0402) liegen die Ansprechtemperaturen zwischen 75 °C und 145 °C beziehungsweise 75 °C und 135 °C – ebenfalls in Schritten von 10 K. Bei diesen Bauelementen beträgt der Nennwiderstand 470 Ω. Bei allen Typen liegt die maximal zulässige Betriebsspannung bei 32 V DC.

Werden diese Bauelemente an Hotspots in Stromversorgungen platziert, können sie zum Beispiel zur Steuerung des Lüfters eingesetzt werden, um kritische Temperaturen zu vermeiden.