

Polyswitch - Reversible Sicherungs- elemente auf Polymer-Basis

Bei Überstrom oder Kurzschluß verhalten sich diese in einer Vielzahl von Formen und Abmessungen lieferbaren Bauelemente wie rückstellbare Sicherungen. Dieser Artikel beschreibt Aufbau, Funktionsweise und Einsatzmöglichkeiten.

Allgemeines

In nahezu sämtlichen Bereichen der Elektrotechnik und Elektronik sind Sicherungselemente zu finden, die Geräte und Komponenten vor Überstrom und Kurzschluß schützen. In den meisten Fällen sind entsprechende Schutzelemente sogar zwingend vorgeschrieben.

Ungeschützte Komponenten, wie z. B. Transformatoren, Motoren oder Leistungsstufen, können im Fehlerfall durch Überhitzung in Brand geraten oder andere schwerwiegende Folgen nach sich ziehen. Sogar die Gefährdung von Menschenleben

ist durch ungesicherte Komponenten nicht ausgeschlossen.

Je nach Anwendung werden an Sicherungen unterschiedliche Forderungen gestellt, die jedoch nicht in idealer Weise zu erfüllen sind.

Zunächst muß jedes Sicherungselement ohne anzusprechen einen bestimmten Dauerstrom verkraften und bei Überschreiten des Grenzwertes auslösen.

An die Ansprechgeschwindigkeit werden hierbei je nach Anwendungsgebiet sehr unterschiedliche Anforderungen gestellt. Während z. B. Halbleiter-Bauelemente nach Überschreiten der zulässigen Stromgrenze schnell zerstört werden, weisen

Transformatoren einen hohen Einschaltstrom auf, der nicht zum Auslösen des Sicherungselements führen darf. Daher werden Sicherungen mit unterschiedlichem Ansprechverhalten (Geschwindigkeit) gefertigt, die von träge über mittelträge und flink bis hin zu superflink reichen.

Im Bereich der Gerätetechnik werden meistens als billigste Alternative Glas-Schmelzsicherungen eingesetzt. Dies trifft nicht nur für netzbetriebene Geräte, sondern aufgrund der immer höheren Energiedichte bei Akkus zunehmend auch für mobile, netzspannungsunabhängige Anwendungen zu, wo im Fehlerfall ohne Absicherung extrem hohe Ströme oder sogar das

Platzen von Akkus die Folge sein können.

Schmelzsicherungen funktionieren nur ein einziges Mal und müssen daher nach dem Ansprechen von einem Fachmann ausgetauscht werden.

Sind Sicherungen von außen zugänglich, besteht wiederum die Gefahr, daß Anwender im Fehlerfall einen falschen Wert einsetzen und damit die Schutzfunktion nicht mehr besteht.

Selbstrückstellende Sicherung aus leitfähigem Kunststoff

Eine völlig neue Generation von Sicherungselementen stellen die Polyswitch von Raychem dar. Diese PTC-Bauelemente (Kaltleiter) auf Polymer-Basis sind speziell für den Einsatz als Sicherungselement konzipiert und in einer Vielzahl von Ausführungen erhältlich. Je nach Anwendungsprofil sind Polyswitch-Bauelemente als bedrahtete Bauteile, in Chipform, in „normaler“ SMD-Ausführung oder in extrem flacher Ausführung, z. B. für den Einsatz in Akkupacks zu haben.

Diese speziellen Kaltleiter schützen unterschiedlichste elektronische Schaltungen und Geräte sicher vor Überstrom oder Kurzschluß, ohne daß nach dem Ansprechen das Sicherungselement auszutauschen ist. Dadurch kann auf den Einbau von Halterungen grundsätzlich verzichtet werden, was wiederum bei mobilen Geräten mit häufig engen Platzverhältnissen erhebliche Vorteile bietet.

Im Gegensatz zu anderen passiven Bauteilen ist die Entwicklung des Kaltleiters (PTC-Widerstand) als Schutz- und Heizelement noch relativ jung. Herkömmliche Kaltleiter werden aus polykristalliner Keramik auf der Basis von Barium-Titanat gefertigt. Diese Keramik-PTCs haben jedoch im Kaltzustand einen höheren Widerstand als die neuen Polyswitch-Schutzelemente mit elektrisch leitfähigem Kunststoff als Basismaterial.

Infolgedessen setzen Polyswitch-Bauelemente bei gleichem Strom weniger Leistung in Wärme um als Keramik-PTCs. Das wiederum führt zu kleineren Bauformen mit geringerer thermischer Trägheit, so daß Polyswitch-Elemente bei Überstrom

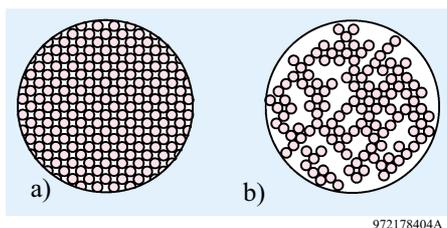


Bild 1:
a) Kristallstruktur im leitfähigen Kaltzustand
b) Kristallstruktur im hochohmigen Heißzustand

Bild 2: Widerstands-Temperatur-Kennlinie eines Polyswitch

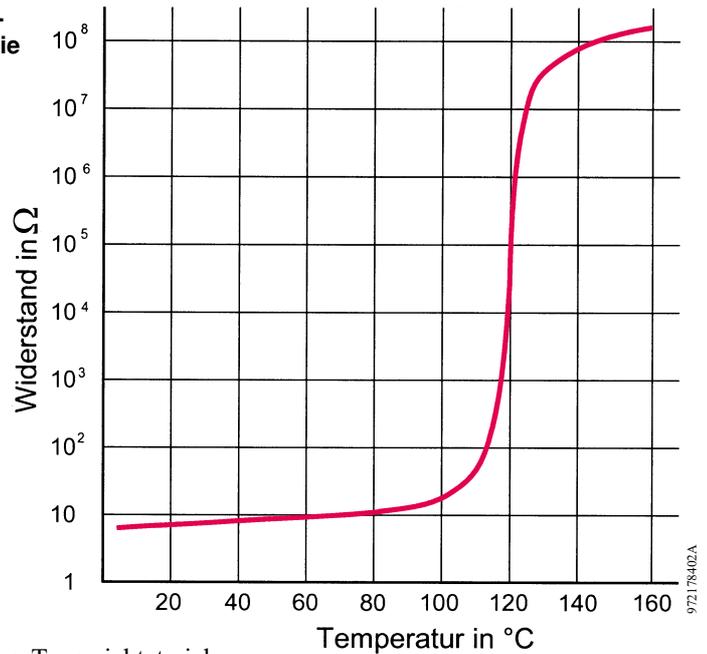
oder Kurzschluß schneller reagieren. Je nach Strombereich erstreckt sich der Basiswiderstand von PTC-Widerständen auf Polymer-Basis von 0,005 Ω bis 5 Ω.

Im Fehlerfall, d. h. beim hochohmigen Polyswitch, ist zu bedenken, daß nahezu die gesamte Betriebsspannung am Sicherungselement abfällt. Die Auswahl des Typs richtet sich somit auch nach dem maximal möglichen Spannungsabfall am PTC. Je nach Typ sind Spannungsabfälle bis hin zu 600 Volt zulässig.

Ein weiteres wichtiges Auswahlkriterium für das Schutzelement ist die Umgebungstemperatur im Gerät, da die Kenndaten eines PTCs stark temperaturabhängig sind. Bei einer Umgebungstemperatur von 20°C ist ein erheblich höherer Strom erforderlich, um die Umkippschwelle zu erreichen als bei einer Geräte-Innentemperatur von 60°C. Üblicherweise werden Polyswitch-Elemente daher bei 20°C und 60°C Umgebungstemperatur spezifiziert.

Doch kommen wir nun zur Funktionsweise. Wie bereits erwähnt, bestehen Polyswitch-Sicherungselemente aus elektrisch leitfähigem Kunststoff (Polymer), der stark temperaturabhängig ist. Abbildung 1 a zeigt dazu die Kristallstruktur im leitfähigen Kaltzustand und Abbildung 1 b im hochohmigen Heißzustand.

Wie zu sehen ist, besteht im Kaltzustand



eine dichte Kristallstruktur bei der die Kohlenstoffatome viele leitende Ketten mit niedrigem Widerstand bilden. Im Heißzustand hingegen hat der Kunststoff eine amorphe Struktur mit unterbrochenen Kohlenstoffketten. Der Widerstand des Materials ist damit recht hochohmig, wobei das Verhalten von der Mischung des Polymers bestimmt wird.

Bei normalem Stromfluß innerhalb der zulässigen Grenzen wird am geringen Innenwiderstand eine kleine Leistung in Wärme umgesetzt, so daß es zu keiner nennenswerten Änderung der Leitfähigkeit kommt. Am Bauelement stellt sich eine relativ konstante, niedrige Temperatur ein (thermisches Gleichgewicht). Abbildung 2 zeigt dazu die typische Widerstands-Temperatur-Kennlinie eines Polyswitch.

Bei Überstrom oder Kurzschluß erhalten wir einen höheren Spannungsabfall am Innenwiderstand, und die Temperatur steigt kontinuierlich an. Sobald nun die Umkippschwelle, die bei ca. 100°C bis 120°C liegt,

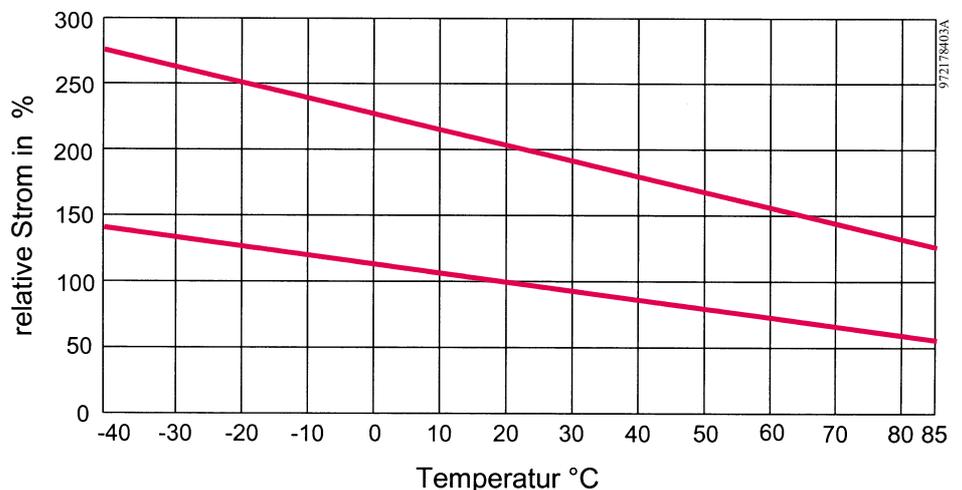
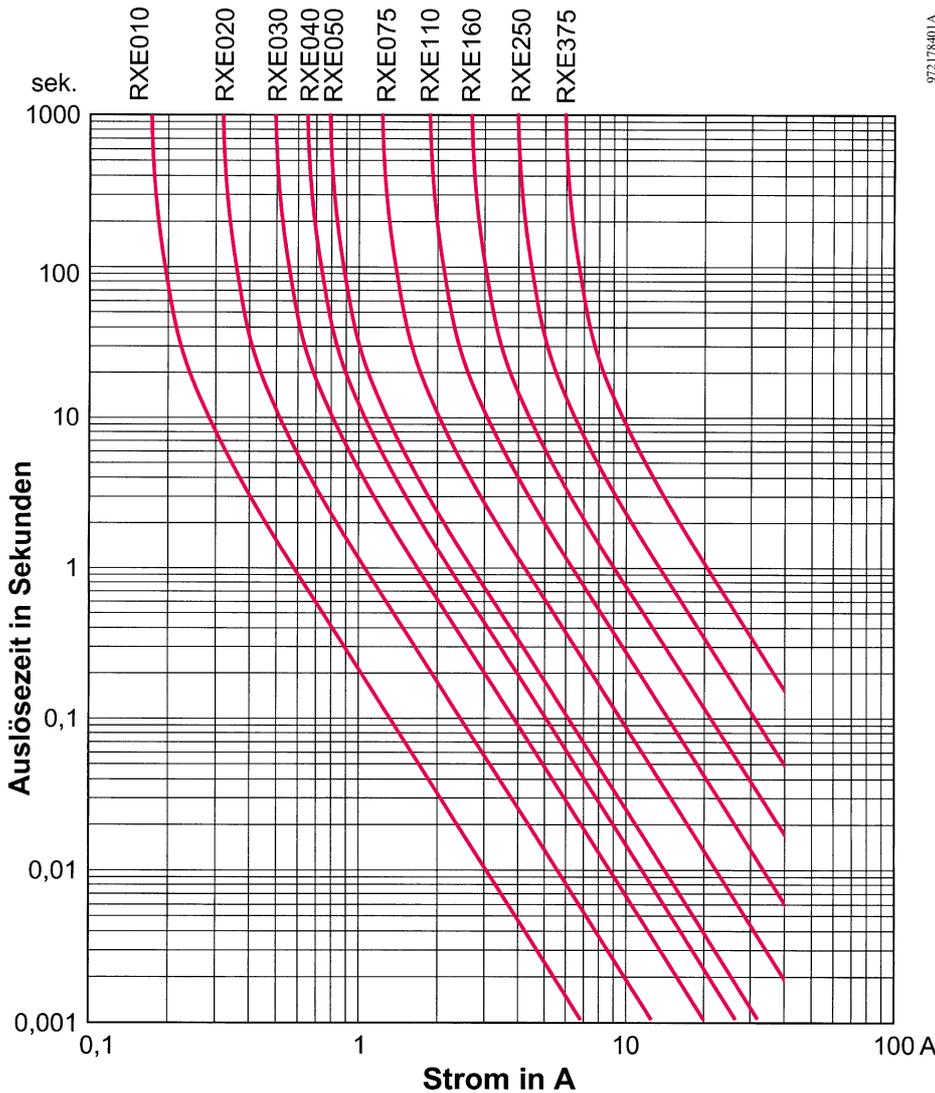


Bild 3: Relative Strombelastbarkeit eines Polyswitch in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur



972178401A

Bild 4: Auslösezeiten der in Tabelle 1 aufgeführten Polyswitch-Elemente in Abhängigkeit vom Strom.

erreicht wird, kommt es zum Auseinanderbrechen der leitfähigen Kohlenstoffketten im Material. Nun steigt der Widerstand nahezu sprunghaft von wenigen mΩ bis hin zu mehreren kΩ an, und der Strom sinkt auf einen sehr kleinen Wert.

Da nun nahezu die gesamte Spannung am PTC abfällt, reicht bereits der kleine Reststrom aus, um diesen unbegrenzt im hochohmigen Zustand zu halten. Die leitfähigen Ketten im Material werden erst wieder hergestellt, wenn der Fehler beseitigt ist.

Tabelle 1: Technische Daten von Polyswitch-Elementen anhand einiger Beispiele

Polyswitch Typ	I _H	I _T	t (Sek)	P _d (W)	R min. (Ω)	R max. (Ω)	R1 max. (Ω)
RXE010	0.10	0.20	4.0	0.38	2.50	4.50	7.50
RXE020	0.20	0.40	2.2	0.41	1.83	2.84	4.40
RXE030	0.30	0.60	3.0	0.49	0.88	1.36	2.10
RXE040	0.40	0.80	3.8	0.56	0.55	0.86	1.29
RXE050	0.50	1.00	4.0	0.77	0.50	0.77	1.17
RXE075	0.75	1.50	6.3	0.92	0.25	0.40	0.60
RXE110	1.10	2.20	8.2	1.50	0.15	0.25	0.38
RXE160	1.60	3.20	11.4	1.90	0.09	0.14	0.22
RXE250	2.50	5.00	15.6	2.50	0.05	0.08	0.13
RXE375	3.75	7.50	24.0	3.20	0.03	0.05	0.08

I_H - Max. Haltestrom in A
 I_T - Min. Auslösestrom in A
 t - Ansprechzeit bei I = 5 x I_H
 P_d - Verlustleistung im Heiß-Zustand

R min. - minimaler Kaltwiderstand
 R max. - maximaler Kaltwiderstand
 R1 max. - Kaltwiderstand, 1 Std. nach einem Ansprech-Vorgang

Polyswitch-Sicherungselemente haben ein bistabiles Verhalten, d. h. es tritt sowohl im niederohmigen als auch hochohmigen Zustand ein Gleichgewicht ein.

Erst nach Behebung des Fehlers kehrt das Polyswitch-Element zum niedrigen Widerstandswert zurück.

Nach einem Ansprechvorgang wird der extrem niedrige Ursprungswiderstand jedoch nicht ganz erreicht. Der sich nun einstellende, geringfügig höhere Widerstandswert liegt aber immer noch deutlich unter dem Wert von PTCs auf Keramik-Basis.

Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, ist bei der Auswahl unbedingt die Umgebungstemperatur zu berücksichtigen. Die untere Kurve dieses Diagramms zeigt den Haltestrom, der fließen darf, ohne daß der Polyswitch auslöst, während die obere Kurve im Diagramm den zum Auslösen der Sicherung erforderlichen Minimalstrom repräsentiert. Der Strombereich zwischen beiden Linien ist aufgrund von Exemplarsteuerungen nicht genau definiert.

Die Auslösezeit des Bauelements im Fehlerfall ist, wie bei anderen Sicherungselementen auch, stark vom Überstrom abhängig. Ausgehend von 20°C Umgebungstemperatur sind in Abbildung 4 die überstromabhängigen Auslösezeiten der in Tabelle 1 aufgeführten Sicherungselemente in bedrahteter Bauform zu sehen.

Einsatzmöglichkeiten sind für PTCs auf Kunststoffbasis in nahezu sämtlichen Bereichen der Elektronik zu finden, wo Komponenten und Geräte vor Überstrom und Kurzschluß zu schützen sind.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Sicherungen sind Polyswitch-Kaltleiter auch in SMD-Technik für die Leiterplatten-Oberflächenmontage erhältlich. Der Platzbedarf ist dann nur 3,2 x 4,5 mm.

Andere Bauformen sind für den direkten Einbau in Akkupacks (z. B. im Modellbau) erhältlich.

Weitere Einsatzgebiete sind Computer, Schnittstellen und Gleichstrommotoren, wo das Schutzelement mit in die Wicklung eingebaut werden kann.

Da Polyswitch-Bauelemente nach Beseitigen der Ansprechursachen automatisch in den niederohmigen Zustand zurückkehren, gibt es durchaus Anwendungsfälle, in denen der Einsatz aus Sicherheitsgründen nicht gestattet ist. Die Einsatzgebiete für Polyswitch-Bauelemente sind dennoch riesig und in vielen Fällen besonders anwenderfreundlich, da ein Sicherungswechsel und selbst das Rückstellen einer Sicherung entfällt.

