

Auswahlkriterien für LS-Schalter und Leistungsschalter

M. Fischer, Heidelberg

Im Beitrag werden allgemeingültige, einfache Regeln für die Bemessung von Leitungsschutzschalter und Leistungsschalter zusammengestellt. Sie gestatten dem Praktiker eine schnelle und sichere Auswahl der entsprechenden Betriebsmittel.

Die Aufgabe der Leitungsschutzschalter nach DIN VDE 0641 [1] und der Leistungsschalter nach DIN VDE 0660 Teil 101 [2] besteht im Schutz gegen

- zu hohe Erwärmung elektrischer Betriebsmittel (Kabel, Leitungen, Geräte u. a.) bei Überstrom durch Überlast, Kurzschluß oder Erdschluß bei Zuordnung nach DIN VDE 0100 Teil 430 [3]
- gefährliche Körperströme bei zu hoher Berührungsspannung durch Isolationsfehler bei Zuordnung nach DIN VDE 0100 Teil 410 [4]
- Brand und Zerstörung empfindlicher Bauelemente in Steuerstromkreisen.

Dazu stehen LS-Schalter mit den Auslösecharakteristiken B, C, D nach DIN VDE 0641 und Z, K nach DIN VDE 0660 für unterschiedliche Anwendungen im Installationsbereich und für Steuerungen zur Verfügung.

1 Auswahl des Bemessungsstroms

Der Überstromschutz ist abzustimmen auf den Strombelastbarkeitswert der Leitung oder den Bemessungswert eines Bauteils; je nachdem, welcher der niedrigere Wert ist [5]. Außerdem ist der Bemessungswert der Überstromschutzvorrichtung so niedrig wie möglich auszuwählen [5].

Den Bemessungsstrom so niedrig wie möglich auszuwählen heißt, zuvor die Funktionsweise des Schutzschalters näher zu betrachten.

Die LS-Schalter haben zwei verschiedene, auf ein Schaltwerk wirkende Auslöser (Bild 1), den

- verzögert arbeitenden thermischen Auslöser für den Überlastschutz – Abschaltzeiten im Sekunden- bis Stundenbereich und
- elektromagnetischen Schnellauslöser mit Schlaganker für den Kurzschlußschutz – Abschaltzeiten im Millisekundenbereich.

Um den Bemessungsstrom so niedrig wie möglich auszuwählen, sind zu berücksichtigen:

Autor

Dipl.-Ing. Manfred Fischer ist Mitarbeiter der ABB Stotz-Kontakt GmbH, Heidelberg.

1. Einfluß der Umgebungstemperatur¹⁾

Der Nichtauslösestrom I_h (2 h) für Leistungsschalter beträgt $1,05 \times I_n$ bei z. B. einer Umgebungstemperatur 20°C (Bild 1). Bei höheren Umgebungstemperaturen wird der verzögerte Auslöser pro 10 K ca. 5 % früher auslösen. Wird im Schaltschrank im allgemeinen von einer Umgebungstemperatur $\vartheta_u = 40^\circ\text{C}$ ausgegangen, so ergibt sich eine Beeinflussung von 10 %. Daraus resultiert:

Der maximale Betriebsstrom darf nicht größer als $0,9 \times I_n$ sein.

2. Gegenseitige Beeinflussung durch die Verlustleistung (Bild 2)

Bei einer Reihe 1poliger Sicherungsautomaten mit hoher Auslastung und hohem Gleichzeitigkeitsfaktor ergibt sich:

Der maximale Betriebsstrom darf nicht größer als $0,75 \times I_n$ sein.

Aus 1. und 2. ergibt sich somit folgende allgemeine Berechnungsgleichung:

$$I_{Bmax} \leq 0,9 \times 0,75 \times I_n = 2/3 \times I_n \quad 2)$$

Beispiel: Ermittelt wurde ein Betriebsstrom $I_B = 4 \text{ A}$; wie groß ist der kleinste mögliche Bemessungsstrom?

$$I_n = 3/2 \times 4 \text{ A} = 6 \text{ A}$$

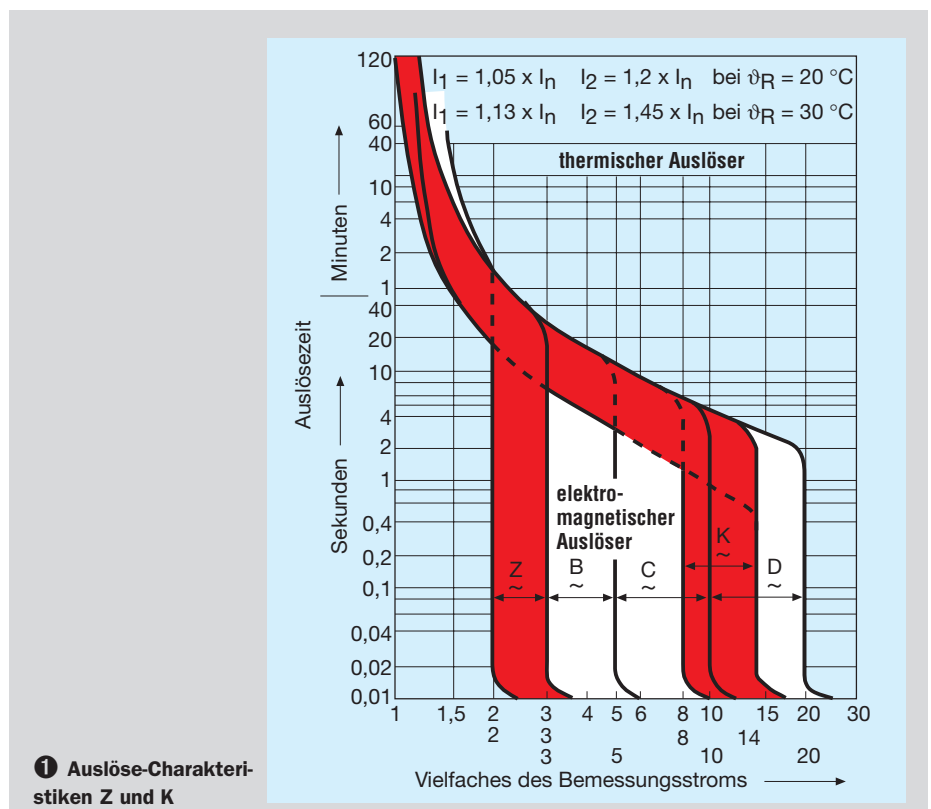
Damit sind die gängigen Einflußfaktoren berücksichtigt: Umgebungstemperatur 40°C und die gegenseitige Beeinflussung.

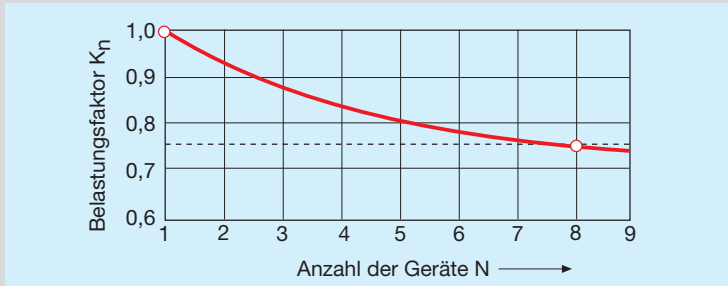
2 Schutz empfindlicher Bauelemente und Brandschutz in Steuerstromkreisen DC 24 V

In weiten Bereichen der Installationstechnik, Gebäudesystemtechnik und im Steuerungsbau muß neben dem Überstromschutz von Leitungen [1] im Sinne der Norm ein möglichst ausreichender Schutz empfindlicher Bauelemente wie Kontakte, konfektionierte Leitungen von Sensoren/Endschaltern usw. erreicht werden. Deshalb ist bei der Auswahl der LS-Schalter-Charakteristik folgendes sicherzustellen (Bild 3):

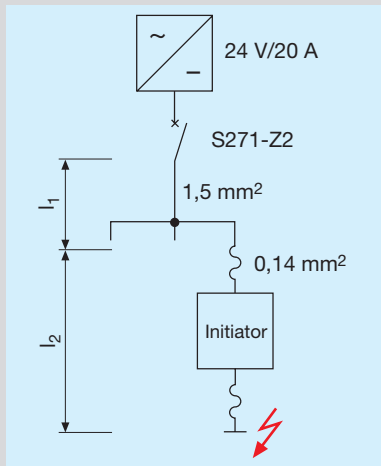
- Bei Überstrom muß der unverzögerte Auslöser im Millisekunden-Bereich die Abschaltung bewirken. Hiermit wird der Stromwärmewert I^2t , der das Bauteil belastet, so klein wie möglich gehalten.
- Damit der unverzögerte Auslöser innerhalb des Toleranzbandes sicher anspricht, dürfen im Hinblick auf den Schleifenwiderstand in dem Beispiel

- 1) Bei normalerweise nicht temperaturkompensierten Thermobimetallen.
- 2) Dieses ist ein Reduktionsfaktor, wie er bei der Ermittlung des Strombelastbarkeitswerts I_c bei Kabeln und Leitungen in ähnlicher Form zu finden ist.





2 Gegenseitige thermische Beeinflussung von LS-Schaltern bei gleichzeitiger, gleichmäßiger Belastung

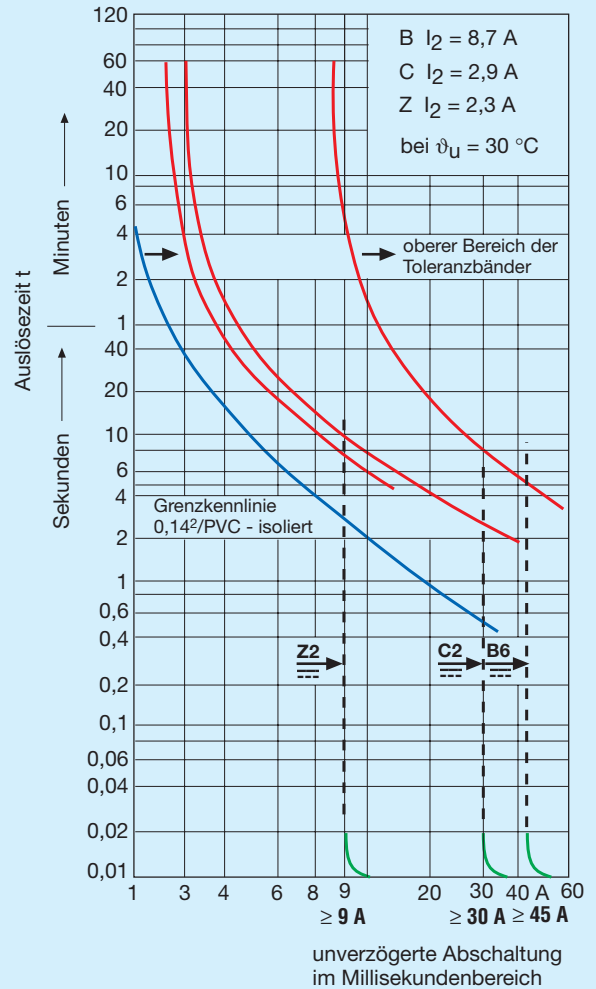


4 Überstromschutz einer 0,14 mm² PVC-isolierten Leitung
 $l_1 = 20 \text{ m}$, $A_1 = 1,5 \text{ mm}^2$
 $l_2 = 4 \text{ m}$, $A_2 = 0,14 \text{ mm}^2$

3 Auslösecharakteristiken Z2, C2, B6 und die Grenzkennlinie für eine PVC-isolierte Leitung

Blaue Linie: Grenzbelastungskennlinie einer PVC-isolierten Cu-Leitung mit 0,14 mm²
 Rote Linie: oberes Toleranzband vom verzögerten Auslöser (Thermobimetall)
 Die Darstellung zeigt, daß ein empfindliches Bauteil, wie hier beispielhaft dargestellt, mit dem verzögerten Auslöser im **Überstrombereich** nicht schutzbar ist.

Grüne Linie: unverzügter Auslöser (elektromagnetischer Auslöser), der innerhalb 5 ms bis 10 ms, je nach Zeitkonstante, den **Kurzschlußstrom abschaltet**



folgende maximalen Leitungslängen verlegt werden:

Leiter 0,14 mm², Cu, PVC-isoliert

Charakteristik / I_n	max. Länge 2adrig
B 6A	1,1 m
(kleinste mögliche Stromstärke)	
C 2A	0,2 m
Z 2A	4,3 m

Leiter 1,5 mm², Cu, PVC-isoliert

Charakteristik / I_n	max. Länge 2adrig
B 6A	12,1 m
(kleinste mögliche Stromstärke)	
C 2A	2,4 m
Z 2A	46,3 m

Beispiel: Zu ermitteln ist, ob der Sicherungsautomat (Bild 4) im Millisekundenbereich abschaltet. Gegeben sind:

- Netzgerät 24 V/ 20 A (nicht getaktet) - Innenwiderstand ist vernachlässigbar
- Cu-Leitungen ($\kappa = 56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$)
 Leitung 1
 $R_{l1}(20^\circ\text{C}) = 20 \text{ m} / (\kappa \cdot 1,5 \text{ mm}^2) = 0,24 \Omega$
 Leitung 2

$$R_{l2}(20^\circ\text{C}) = 4 \text{ m} / (\kappa \cdot 0,14 \text{ mm}^2) = 0,51 \Omega$$

Innenwiderstand des LS-Schalters

$$R_i(20^\circ\text{C}) = 0,62 \Omega$$

• Berechnung des Kurzschlußstroms:

$$I_k(80^\circ\text{C}) = \frac{U_n \cdot 2/3}{R_{l1}(20^\circ\text{C}) + R_{l2}(20^\circ\text{C}) + R_i(20^\circ\text{C})}$$

$$I_k(80^\circ\text{C}) = \frac{24 \text{ V} \cdot 2/3}{0,24 \Omega + 0,51 \Omega + 0,62 \Omega} = 11,7 \text{ A}$$

U_n Bemessungsspannung

Der Faktor 2/3 resultiert aus zwei Teilen:

- Im Kurzschlußfall wird eine Kupfertemperatur von 80 °C unterstellt (DIN VDE 0102). Damit erhöht sich der Cu-Widerstand um den Faktor 1,24, und hierdurch verringert sich der Kurzschlußstrom

$$I_k(80^\circ\text{C}) = I_k(20^\circ\text{C}) / 1,24$$

- Außerdem vermindert sich der Kurzschlußstrom durch die nicht erfaßten Impedanzen (DIN VDE 0100 Teil 610) um den Faktor 0,8. Daraus ergibt sich der allgemein anwendbare Faktor

$$I_k(80^\circ\text{C}) = (I_k(20^\circ\text{C}) / 1,24) \times 0,8 \approx 2/3.$$

R_i Innenwiderstand vom Sicherungsautomaten (kann bedingt durch die indirekte Beheizung des Thermobimetalls sehr hoch sein)

R_{Cu} Kupferwiderstand bei 20 °C.

Innerhalb des Toleranzbandes spricht nach Bild 3 nur der unverzügter Auslöser vom Typ S 271-Z2 bei $4,5 \times I_n$ an, d. h. bei 9 A. Somit ist sichergestellt, daß bei einem I_k von 11,7 A der unverzügter Auslöser im Millisekundenbereich abschaltet und damit auch die 0,14 mm² PVC-isolierte Leitung schützt.

Nachweis des Brandschutzes. Der maximale Kurzschlußstrom am Netzgerät beträgt ca. 500 A. Bei Spannungen \leq DC 60 V läßt der S 271-Z2 im Kurzschlußfall ca. 20 A²s als Stromwärmewert durch. Die 0,14 mm² PVC-isolierte Leitung kann max. 260 A²s vertragen. Also ist im gegebenen Fall Brandschutz gegeben.

Literatur

- [1] DIN VDE 0641:1992-08 Leitungsschutzschalter für den Haushalt und ähnliche Anwendungen.
- [2] DIN VDE 0660 Teil 101:1997-02 Niederspannungsschaltgeräte; Leistungsschalter.
- [3] DIN VDE 0100 Teil 430:1991-11 Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; Schutzmaßnahmen; Schutz von Kabeln und Leitungen bei Überstrom.
- [4] DIN VDE 0100 Teil 410:1997-01 -; -; Schutz gegen elektrischen Schlag.
- [5] EN 60204-1:1998-11 Sicherheit von Maschinen; Elektrische Ausrüstung von Maschinen; Allgemeine Anforderungen. ■