

Selektivität von Leitungsschutzschaltern

DIN VDE 0100-530

PROBLEM

In einem Einfamilienhaus gibt es außen eine Pumpe für Oberflächenwasser. Zu der Stelle führt eine Leitung mit $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$, welche leider nur mit sehr hohem Aufwand ersetzt werden könnte. Außen am Pumpenschacht wurde eine kleine Verteilung mit drei FI/LS B10 A montiert. Ein FI/LS ist für die Pumpe, ein FI/LS für einen Schwimmer/Hupe und ein FI/LS für ein WLAN-fähiges Alarmsystem vorgesehen. Die Betriebssicherheit der Pumpe soll naturgemäß hoch sein. Zu diesem Zweck wurde die Zuleitung zu dem Verteiler in der Unterleitung mit einem LS C16 A abgesichert (ohne FI davor). Das Ziel des ausführenden E-Handwerkers war es, eine Selektivität zu schaffen. Wenn also der Schwimmer oder die Pumpe einen satten Kurzschluss verursacht, soll nur der LS B10 A auslösen, nicht der LS C16 A. Die Versorgung der anderen Stromkreise soll somit weiter sichergestellt sein. Nun habe ich mir die Auslösekurven der B10A/C16A angesehen und festgestellt, dass dies nicht der Fall ist. Vermutlich würden beide auslösen. Das Problem wird jetzt verschärft, weil an der Verteilung außen noch ein weiterer FI/LS B10 A für Außenbeleuchtung installiert werden soll.

Welche Lösungsmöglichkeit gibt es, um die Selektivität zu verbessern? Würde ein Austausch des LS C16 A in der Unterleitung durch eine Neozed-D01-16A-Sicherung eine Lösung darstellen?

M.L., Schleswig-Holstein

ANTWORT

LS-Schalter mit einer vorgeschalteten Schmelzsicherung?

Das Thema Selektivität von hintereinander geschalteten Überstrom-Schutzeinrichtungen ist komplexer als man gemeinhin annimmt. In Bezug auf LS-Schalter müssen diesbezüglich drei Bereiche betrachtet werden (Bild 1):

a) Den Bereich des Überlastschutzes, bei dem in der Regel mit Hilfe eines Bimetalls nach einer gewissen Zeit eine Abschaltung hervorgerufen wird, wenn der Betriebsstrom über dem Nennstrom liegt. Dieser Bereich endet bei der Höhe des Überstroms, ab der die Schnellauslösung einsetzt.

b) Der Bereich des Kurzschlusschutzes, bei dem ein magnetischer Schnellauslöser für eine sehr schnelle Auslösung sorgt, wenn der Überstrom ein bestimmtes Vielfaches des Nennstroms erreicht. Beim LS-Schalter, Typ B geschieht dies beim 5-fachen Nennstrom und beim Typ C beim 10-fachen Nennstrom.

c) Der Bereich der Ströme über dem zuvor erwähnten Vielfachen des Nennstroms. Die Schnellauslösezeit ist beinah die kleinste Zeit, in der der LS-Schalter reagieren (auslösen) kann. Auch wenn der Überstrom noch so hoch ausfällt, die Auslösezeit des LS-Schalters ist endlich. Der Schalter kann aus rein physikalischen Gründen kaum schneller reagieren. Das bedeutet, dass die Strom-Zeit-Kennlinie bei höheren Überströmen fast waagerecht verläuft (Bild 1). Bei einer Schmelzsicherung tritt dieser Effekt nicht auf. Hier gilt vielmehr der Grundsatz: Je höher der Strom, umso schneller erfolgt die Abschaltung. Mit anderen Worten: Ganz gleich, welchen Nennstrom eine Schmelzsicherung aufweist, ab irgendeiner Stromhöhe (im Bild 1 ist dies I_B) wird sie schneller abschalten als irgendein nachgeschalteter LS-Schalter. Auf der X-Achse kann der Überstrom (I) abgelesen werden und auf der Y-Achse die Auslösezeit. I_B entspricht der »Selektivitätsgrenze«. Bis zu diesem Strom ($I \leq I_B$) spricht der LS-Schalter früher an als die Schmelzsicherung und ab einem Überstrom $I > I_B$ ist die Schmelzsicherung schneller.

Wenn also ein LS-Schalter mit einer vorgeschalteten Schmelzsicherung selektiv schalten muss, gelingt das nur bis zu einer bestimmten Höhe des Überstroms, der im Bild 1 mit I_B angegeben wird. Bei höheren Überströmen ist Selektivität nicht mehr gewährleistet. Den Strom I_B müsste durch Vergleich der Strom-Zeit-Kennlinien ermittelt oder beim Hersteller erfragt werden. Allerdings ist der besagte Vergleich der Kennlinien kaum möglich, weil übliche Strom-Zeit-Kennlinien in der Regel nur Abschaltzeiten über 0,1 s darstellen. In der entsprechenden Norm DIN VDE 0100-530 wird im Abschnitt 536.4.1.3.1 hierzu Folgendes gesagt: »Im Allgemeinen geben Hersteller Selektivitätstabellen an zur Ermittlung der Kurzschlussselektivität.« Fest steht zumindest: Liegt der zu erwartende

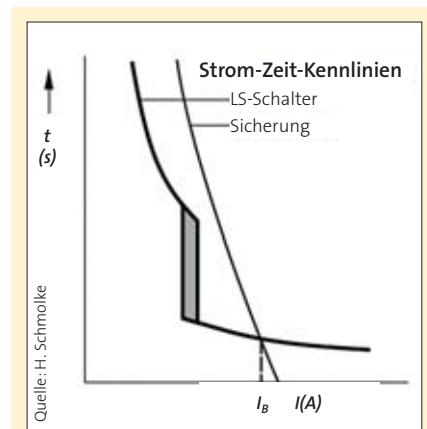


Bild 1: Darstellung der drei Bereiche innerhalb der Strom-Zeit-Kennlinie eines LS-Schalters im Vergleich mit der Strom-Zeit-Kennlinie einer in Reihe liegenden Schmelzsicherung

Kurzschlussstrom über I_B kann von Selektivität keine Rede sein.

Noch problematischer ist die Selektivität zwischen zwei LS-Schaltern. Hier müsste man zwischen der Selektivität im Überlastbereich und der im Kurzschlussbereich unterscheiden (Bild 2).

Selektivität im Überlastbereich

Im Überlastbereich muss durch Vergleich der Strom-Zeit-Kennlinien der LS-Schalter lediglich dafür gesorgt werden, dass die obere Kennlinie (Auslösekennlinie) des vorgeschalteten LS-Schalters nicht die untere Kennlinie (Nichtauslösekennlinie) des nachgeschalteten LS-Schalters berührt. Kennzeichnend für diese beiden Strom-Zeit-Kennlinien eines LS-Schalters sind der große Prüfstrom I_2 und der kleine Prüfstrom I_1 (siehe Bild 2). Bezüglich der Selektivität kann man hierzu ein Selektivitätsverhältnis angeben. Dieses Verhältnis ergibt sich bei hintereinander geschalteten Leitungsschutzschaltern aus dem Verhältnis großer Prüfstrom I_2 zu kleiner Prüfstrom I_1 :

$$\frac{I_2}{I_1}$$

Der kleine Prüfstrom I_1 ist dabei ein Strom, den der LS-Schalter über eine Stunde lang gerade noch führen muss, ohne auszulösen. Man findet ihn deshalb (wie im Bild 2 dargestellt) als einen Punkt auf der Nichtauslösekennlinie. Im Gegensatz dazu ist der große

Prüfstrom I_2 ein Strom, bei dem der LS-Schalter nach spätestens einer Stunde ausgelöst haben muss. Ihn findet man als einen Punkt auf der Auslösekennlinie. Bei üblichen LS-Schaltern vom Typ B oder C gilt Folgendes:

$$I_1 = 1,13 \cdot I_N$$

$$I_2 = 1,45 \cdot I_N$$

Für die B- und C-Charakteristik ergibt sich deshalb ein Selektivitätsverhältnis von

$$\frac{1,45}{1,13} = 1,28$$

Beispiel: Selektivität im Überlastbereich

Gesucht wird der Nennstrom eines LS-Schalters (I_{N2}), der sich im Überlastbereich selektiv zu einem nachgeschalteten LS-Schalter 10A Typ B ($I_{N1} = 10$ A) verhält:

$$\frac{1,45}{1,13} \geq \frac{I_{N2}}{I_{N1}}$$

Damit ergibt sich für I_{N2} : $I_{N2} \geq 1,28 \cdot I_{N1}$

Das bedeutet, dass der Nennstrom des vorgeschalteten LS-Schalters 1,28 mal größer sein muss als der Nennstrom des LS-Schalters 16 A Typ B:

$$I_{N2} \geq 1,28 \cdot 10 \text{ A} = 12,8 \text{ A}$$

Möglich wäre also ein LS-Schalter 13 A oder 16 A. Dies bezieht sich jedoch nur auf die Überlastselektivität. Da LS-Schalter ab einem vorgegebenen Vielfachen ihres Nennstroms in Schnellauslösezeit auslösen, muss über die Selektivität bei Kurzschluss zusätzlich nachgedacht werden.

Selektivität im Kurzschlussbereich

Selektivität zwischen zwei LS-Schaltern ist für den Kurzschlussfall nur sehr begrenzt erreichbar. Die magnetische Schnellauslösung des jeweiligen Schalters wirkt ab einem vorgegebenen Vielfachen des Nennstroms (beispielsweise das 3- bis 5-fache des Nennstroms bei LS-Schaltern, Typ B). Aus diesem Grund besteht nur Selektivität bis zu einer Höhe des Kurzschlussstroms unterhalb des Ansprechwerts des Elektromagnetauslösers des vorgeschalteten Leitungsschutzschalters.

Beispiel: Zwei LS-Schalter in Reihe

Ein LS-Schalter, Typ B, mit einem Nennstrom von 10 A ist mit einem LS-Schalter, Typ C, mit einem Nennstrom von 16 A in Reihe geschaltet. Zwischen diesen Schaltern herrscht in jedem Fall eine Selektivität bis zur Höhe des kleinsten Werts für die Schnellauslösung des vorgeschalteten LS-Schalters Typ C, also bis zu einem Strom (I): $I = 5 \cdot 16 \text{ A} = 80 \text{ A}$.

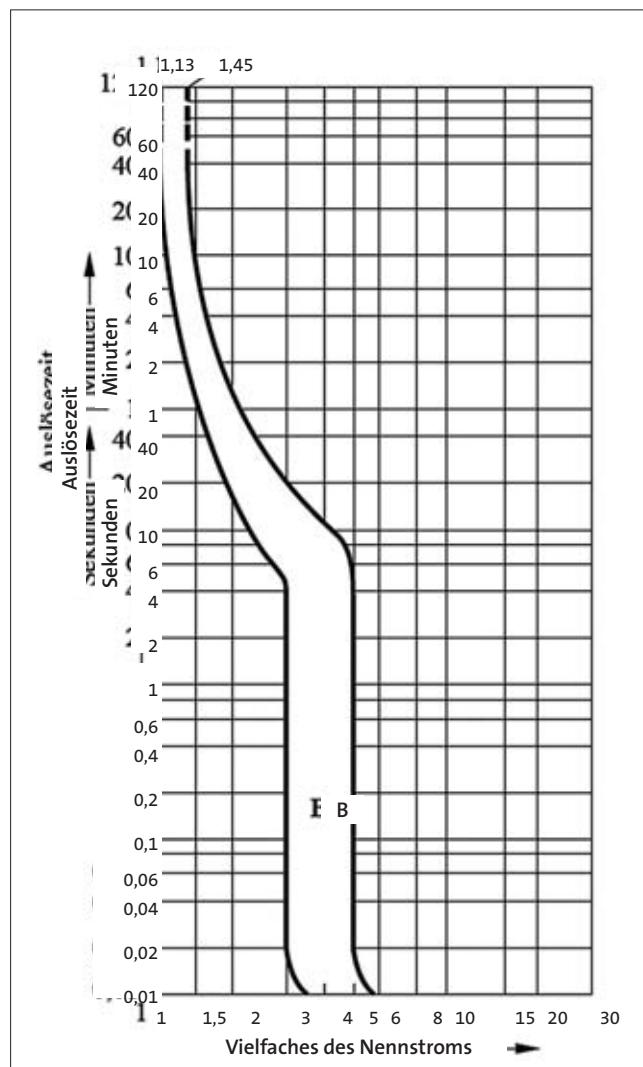


Bild 2: Strom-Zeit-Kennlinie zur Darstellung der Auslösecharakteristik eines LS-Schalters, Typ B. Die obere Linie ist die sogenannte Auslösekennlinie und die untere die Nicht-Auslösekennlinie.

Quelle: H. Schmolke

Ab einem Kurzschlussstrom von 80 A könnte der vorgeschaltete LS-Schalter Typ C 16 A unter Umständen schon zusammen mit dem nachgeschalteten LS-Schalter Typ B 10 A auslösen, und bei Kurzschlussströmen, die über dem größten Wert für die Schnellauslösung des vorgeschalteten LS-Schalters Typ C 16 A (in diesem Fall 160 A) liegen, werden mit hoher Wahrscheinlichkeit beide auslösen.

Genau genommen liegt die Selektivitätsgrenze je nach Schaltertyp, Hersteller und Nennstrom noch um mindestens 50 % höher. Die LS-Schalter aus dem vorherigen Beispiel werden wahrscheinlich eine Selektivitätsgrenze im Kurzschlussfall von über 240 A aufweisen, wenn beide LS-Schalter vom selben Hersteller gefertigt wurden. Dies liegt daran, dass der Schalter mit dem kleineren Nennstrom den Strom etwas früher als Kurzschlussstrom registriert und deshalb etwas früher abzuschalten beginnt. Dadurch verändert sich der Verlauf des Kurzschlussstroms.

Dieser Verlauf fällt für den Schalter mit dem höheren Nennstrom etwas flacher aus. Dadurch wird die Selektivitätsgrenze zusätzlich ein wenig angehoben.

Fazit

Eine Aussage über die Selektivität bei einem Kurzschluss kann nur getroffen werden, wenn die Höhe des Kurzschlussstroms relativ sicher bekannt ist. Eine andere Möglichkeit wäre, den LS-Schaltern, Typ B 10 A einen »Selektiven Haupt-Leitungsschutzschalter« (sogenannte SH-Schalter nach DIN VDE 0641-21) vorzuschalten. Diese Schutzschalter sind hochselektiv und werden üblicherweise im Hauptstromversorgungssystem nach VDE-AR-N 4100 und DIN 18015-1 als Hauptleitungsschutzschalter vorgesehen. Sie sind konstruktiv so ausgelegt, dass sie bis zum höchstmöglichen Kurzschlussstrom für nachgeschaltete Leitungsschutzschalter mit kleineren Nennströmen Selektivität bieten.

Herbert Schmolke