

Selektivität zwischen Motorschutzschalter und LS-Schalter

DIN EN IEC 60947-4-1 (VDE 0660-102)

PROBLEM

Auf einer Sammelschiene ist ein Motorschutzschalter $I_n = 63\text{ A}$ aufgesteckt. Nach dem Motorschutzschalter folgen mehrere Beleuchtungsstromkreise, die jeweils mit einem B10-LS-Schalter abgesichert sind. Meine Frage: Besteht bei einem Kurzschluss in einem der Endstromkreise Selektivität? Da es mit zwei LS-Schaltern nicht möglich ist, ist die Frage, ob es mit einem MSS und einem LSS möglich ist. *D. F., Rheinland-Pfalz*

ANTWORT

Beschriebener Sachverhalt

Die geschilderte Anlage ist zur Veranschaulichung im **Bild 1** dargelegt. Ein Motorschutzschalter dessen Bemessungsstrom 63A beträgt, ist den zum Schutz der Beleuchtungsstromkreise als Endstromkreise verwendeten Leitungsschutzschaltern mit dem Bemessungsstrom von 10A und der Auslösecharakteristik B vorgeordnet. Der Anschlusspunkt ist eine Sammelschiene. Weitere Daten der Reihenschaltung dieser zwei unterschiedlichen Überstromschutzeinrichtungen bzw. der elektrischen Eigenschaften des Netzes an der Sammelschiene liegen nicht vor.

Zutreffende Vorschrift

Anforderungen an Motorschutzschalter (MPSD – motor protection switching device) legt die DIN EN IEC 60947-4-1 (VDE 0660-102) »Niederspannungsschaltgeräte – Teil 4-1: Schütze und Motorstarter – Elektromechanische Schütze und Motorstarter« fest. Motorschutzschalter (MPSDs) als Motorstarter mit integriertem elektromechanischem oder elektronischem Kurzschlusschutz sind schon lange auf dem Markt verfügbar. Ein moderner Motorschutzschalter erfüllt alle Anforderungen an einen Motorstarter und die charakteristischen Anforderungen an einen Leistungsschalter zum Motorschutz und hat die Aufgabe,

- den Motor zu starten,
- den Motoranlaufstrom zu beherrschen bzw. den Motoranlauf zu ermöglichen,
- den (ungestörten) Motorbetrieb zu gewährleisten,
- den Motor und seine Zuleitung (den Motorstromkreis) gegen Überlastung und bei Kurzschluss zu schützen,
- bei Ausfall einer Phase den Motorstromkreis abzuschalten, um die drohende Überlastung der anderen zwei Phasen zu verhindern und dadurch die Phasenausfallempfindlichkeit zu garantieren sowie

- den Motor von der Stromversorgung ordnungsgemäß abzuschalten.

Die Motorschutzschalter können sich auch für den Anlagenschutz eignen. Für den Schutz gegen Überlastung ist der Motorschutzschalter mit einem einstellbaren stromabhängig verzögerten thermischen Überlastauslöser und zum Kurzschlusschutz mit einem unverzögerten werksseitig fest eingestellten Kurzschlussauslöser ausgestattet.

Planungsmerkmale des MPSD

Einige Daten, die einen modernen Motorschutzschalter charakterisieren:

- Bemessungsstrom I_c [A],
- Einstellbereich des Überlastauslösers I_r [A],
- Bemessungsbetriebsspannung U_c [V],
- Bemessungsgrenzkurzschlussausschaltvermögen I_{cu} [A],
- Bemessungsstromkurzschlussausschaltvermögen I_{cs} [A],
- Bemessungseinstellwert des unverzögerten Kurzschlussauslösers I_1 [A],
- Auslöseklasse (z. B. Class 10 oder 20),
- Bemessungsleistungsabgabe bzw. Verlustleistung [W].

Die Auslösekennlinie des Überlast- bzw. des Kurzschlussauslösers ist auf die elektrischen Eigenschaften des Motors abgestimmt und ausgelegt. Der Überlastschutz des Motors wird in der Regel dadurch realisiert, indem der Überlastauslöser auf den Bemessungsstrom des Motors eingestellt wird. Abhängig von dem Motorhersteller kann der unverzögerte Kurzschlussauslöser werksseitig auf z. B. das 12- bzw. 13-fache (oder ähnlich) des Bemessungsstromes des Motorschutzschalters eingestellt werden.

Manche Motorschutzschalter können auch besonders hohe Kurzschlussbelastungen beherrschen (sehr hohe Kurzschlussströme führen und ausschalten) und benötigen keinen Backup-Schutz durch eine vorgeschaltete Schmelzsicherung oder einen geeigneten vorgeordneten Leistungsschalter. Für die Selektivitätsbetrachtungen wird dieser Motorschutzschalter herangezogen und diskutiert.

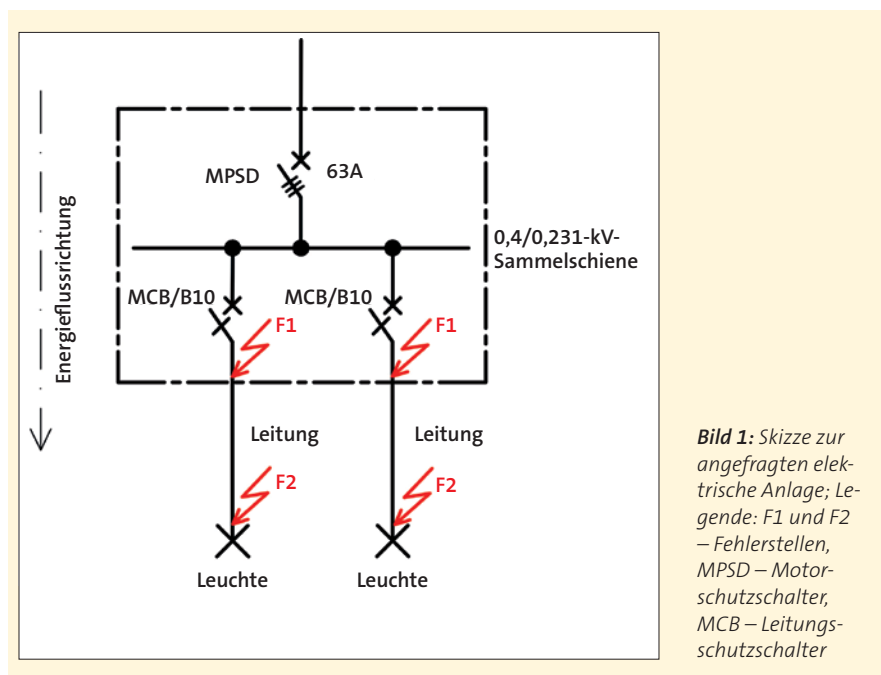


Bild 1: Skizze zur angefragten elektrischen Anlage; Legende: F1 und F2 – Fehlerstellen, MPSD – Motorschutzschalter, MCB – Leitungsschutzschalter

Quelle: D. Sofic (alle Bilder)

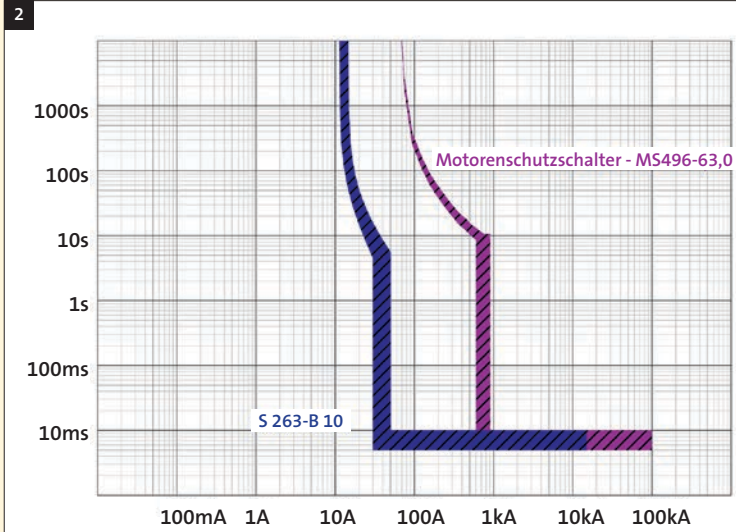
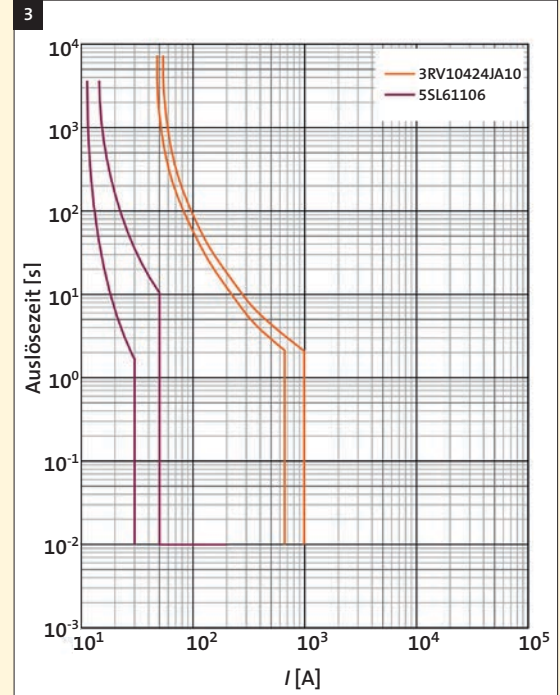


Bild 2: MPSD vor MBC, erstellt mit der Software ABB Curves

Bild 3: MPSD vor MBC, erstellt mit der Software Simaris Curves



Selektivität in Reihe liegender Überstrom-Schutzeinrichtungen

Selektivität ist gemäß der DIN VDE 0100-530 zwischen zwei oder mehreren in Reihe geschalteten Überstromschutzeinrichtungen dann gegeben, wenn diese so koordiniert sind, dass beim Auftreten eines durch einen Fehler hervorgerufenen Überstromes (Überlast- bzw. Kurzschlussstrom) nur die der Fehlerstelle unmittelbar vorgeschaltete Überstromschutzeinrichtung abschaltet.

Man kann Selektivität durch die Staffelung der unverzögerten Kurzschlussauslöser (sogenannte Stromselektivität), durch die Staffelung der einstellbaren Verzögerungs- bzw. Auslösezeiten (sogenannte Zeitselektivität) sowie durch die Kombination dieser beiden Verfahren (der Strom- sowie Zeitselektivität) realisieren.

Selektivitätsverhältnisse können durch die Betrachtung des spezifischen Ausschalt- bzw. Durchlassintegrals sowie des Durchlassstromes der nachgeschalteten Überstromschutzeinrichtung und des spezifischen Schmelz- bzw. Ansprechintegrals sowie der Amplitude (Achtung, nicht des Effektivwertes (des zeitlichen quadratischen Mittelwertes)) des Auslösestromes der vorgeordneten Überstromschutzeinrichtung beurteilt werden. Man unterscheidet dabei:

- **totale (absolute) Selektivität** der zwei in Reihe geschalteten Überstromschutzeinrichtungen, bei der die nachgeordnete Überstromschutzeinrichtung den Schutz bis zu ihrem Bemessungskurzschlussaus-

schaltvermögen übernimmt, ohne dass die vorgeordnete Überstromschutzeinrichtung auslöst,

- **volle Selektivität** der zwei in Reihe geschalteten Überstromschutzeinrichtungen, bei der die nachgeschaltete Überstromschutzeinrichtung den Schutz bis zu dem an ihrem Einbauort maximalen zu erwartenden Kurzschlussstrom übernimmt, ohne dass die vorgeschaltete Überstromschutzeinrichtung auslöst und
- **Teilselektivität** der zwei in Reihe geschalteten Überstromschutzeinrichtungen, bei der die nachgeordnete Überstromschutzeinrichtung den Schutz bis zu einem Kurzschlussstrom, der kleiner als der an ihrem Einbauort maximale zu erwartende Kurzschlussstrom ist, übernimmt, ohne dass die vorgeordnete Überstromschutzeinrichtung auslöst.

Es sind bei dem Nachweisen der Selektivität zwei Bereiche getrennt voneinander zu betrachten. Dies ist zum einen der Bereich der Selektivität in der zeitverzögerten Überstromschutzauslösung und zum anderen der Bereich der Selektivität in der unverzögerten Überstromschutzauslösung.

Die genannte DIN EN IEC 60947-4-1 (VDE 0660-102) beschreibt die Selektivitätsverhältnisse zwischen einem Motorschutzschalter und einem Leistungsschalter sowie einem Motorschutzschalter und einer Schmelzsicherung, wenn diese in Reihe geschaltet sind. Es gilt allerdings, dass der Motorschutzschalter sowohl dem Leistungs-

schalter als auch der Schmelzsicherung nachgeordnet ist. Entsprechende Aussagen zu den Selektivitätsverhältnissen zwischen einem Motorschutzschalter und einem Leitungsschutzschalter enthält die DIN EN IEC 60947-4-1 (VDE 0660-102) nicht.

Selektivitätsverhältnisse bei vorgeschaltetem Motorschutzschalter

Kommen wir nun zur näherungsweisen Bestimmung der Selektivitätsverhältnisse des vorgeschalteten 63-A-Motorschutzschalters und des nachgeordneten 10A/B-Leitungsschutzschalters. Es gilt hierbei die o.g. Teilselektivität, für die der sogenannte Selektivitätsgrenzwert spezifisch ist. Die Selektivitätsgrenze ist der Effektivwert des netzfrequenten Anteils bzw. der Wechselstromkomponente des Kurzschlussstromes, bis zu dem Selektivität gewährleistet ist. Bei der Selektivitätsbetrachtung sind die Fertigungstoleranzen (der Toleranzbereich bzw. das Streuband) der Auslösekennlinie (Zeit-Strom-Kennlinie) des Motorschutzschalters sowie des Leitungsschutzschalters zu berücksichtigen. Zur Visualisierung werden die genannten Auslösekennlinien in dem Zeit-Strom-Diagramm mit dem unbeeinflussten Strom als Abszisse (X-Achse) und der Auslösezeit als Ordinate (Y-Achse) in dem doppeltlogarithmischen Maßstab dargestellt (Bilder 2 und 3).

Die Selektivitätsgrenze ist de facto der untere Wert des Streubandes des unverzögerten Kurzschlussauslösers des Motorschutzschalters. Konkret bedeutet das Folgendes:

- Bemessungswert des Motorschutzschalters: $I_e = 63 \text{ A}$,
- Einstellwert des Überlastauslösers: $I_r = 63 \text{ A}$.

Beispielsweise gelten z. B. bei einem relevanten Motorschutzschalter-Hersteller:

- werksseitig fest eingestellter Kurzschlussauslöser: $I_i = 13 \cdot 63 \text{ A} = 819 \text{ A}$,
- Berechnung des gesuchten Selektivitätsgrenzwerts unter Berücksichtigung des Toleranzbandes: $I_s = 0,8 \cdot 13 \cdot 63 \text{ A} = 655,2 \text{ A}$.

Demzufolge wird der nachgeordnete 10A/B-Leitungsschutzschalter bis zu dem Wert des Fehlerstromes von 655,2 A allein auslösen. Aber welche Bedeutung hat dies für die Praxis?

Industrie-, Krankenhaus- und Verwaltungsnetze in der Praxis

Die Selektivitätsverhältnisse werden maßgebend von den Impedanz-/Admittanzverhältnissen im Mit-, Gegen- und Nullsystem bzw. den maximalen Kurzschlussbelastungen an den Fehlerstellen des Netzes bestimmt. Außerdem natürlich auch von den elektrischen Auslöseeigenschaften der eingesetzten Überstromschutzeinrichtungen im Überlast- sowie Kurzschlussbereich.

In Industrie-, Krankenhaus- oder Verwaltungsnetzen kann Selektivität für den geschilderten Praxisfall, nur bei einem Kurzschluss am Ende einer (langen) Leitung des Endstromkreises (Fehlerstelle F2 im Bild 1) erfüllt sein. Dabei müssen die große Kurzschlussimpedanz im Nullsystem bzw. die

kleine Kurzschlussadmittanz im Nullsystem die Kurzschlussbelastungen sehr stark dämpfen, so dass die maximalen einpoligen Kurzschlussströme die Selektivitätsgrenze nicht überschreiten.

Bei einem Kurzschluss an der Fehlerstelle F1 im Bild 1 in Industrie-, Krankenhaus- oder Verwaltungsnetzen ist in der Regel davon auszugehen, dass die dortigen Kurzschlussbelastungen die Selektivitätsgrenze bei weitem überschreiten und dabei keine Selektivität besteht. Man kann jedoch volle Selektivität erreichen, wenn man anstatt des Motorschutzschalters einen kompakten bzw. kurzschlussstrombegrenzenden Leistungsschalter mit dem LSI-Überstromauslöser einsetzt. Der Bemessungsstrom dieses Leistungsschalters muss dann allerdings mehr als 63 A betragen und es müssen dabei auch passende Impedanz-/Admittanzverhältnisse im Mit-, Gegen- und Nullsystem an der Fehlerstelle vorherrschen.

Für die Beurteilung der Selektivität reicht dann nicht mehr die mit dem Toleranzband versehene Zeit-Strom-Auslösekennlinie dieses Leistungsschalters aus. Hier sind andere Betrachtungsweisen nötig. Man darf dann nicht vergessen, dass der nachgeschaltete Leitungsschutzschalter sowohl den thermischen als auch dynamischen bzw. mechanischen Kurzschlussbelastungen an seinem Einbauort beherrschen und den Kurzschluss problemlos klären bzw. abschalten muss, wenn man Selektivität erreichen will.

Es soll die Grenze für den Einsatz des nachgeschalteten Leitungsschutzschalters, die von den Impedanz-/Admittanzverhältnissen des Netzes im Mit-, Gegen- und Nullsystem und seinem Bemessungskurzschlussausschaltvermögen abhängig ist, berücksichtigt werden. Dies ist nicht nur wegen der nicht mehr zu erreichenden Selektivität notwendig, sondern auch wegen des notwendigen Backup-Schutzes des Leitungsschutzschalters und des Kurzschlusschutzes der Leitung des Endstromkreises.

Fazit

Die eingangs gestellte Frage bezog sich darauf, ob mit einem Motorschutzschalter, Selektivität zum nachgeschalteten Leitungsschutzschalter erreicht werden kann. Hierauf kann man mit ja antworten, wenn der Fehler am Ende der (langen) Leitung des Endstromkreises auftritt bzw. an dieser Fehlerstelle – wie im beschriebenen Sinne – günstige Impedanz-/Admittanzverhältnisse vorherrschen.

Wenn man aber sowohl bei Kurzschlüssen an der Fehlerstelle F2 als auch an der Fehlerstelle F1 im Bild 1 bzw. volle Selektivität gewährleisten will, empfiehlt es sich, bei der Planung und Errichtung der elektrischen Anlagen, die Reihenschaltung aus einem Motorschutzschalter und einem nachgeordneten Leitungsschutzschalter unbedingt zu vermeiden.

Dragan Sofic