

Prinzip und Anwendung der Kaskadenschaltung

Die Kaskadenschaltung nutzt das Strombegrenzungsvermögen verschiedenener Leistungsschalter optimal aus und ermöglicht abgangsseitig die Installation von weniger leistungsfähigen Schaltern. Damit ergeben sich preisgünstigere Lösungen, die allerdings in bestimmten Fällen durch Einschränkungen bei der Selektivität erkauft werden.

1 Grundlagen

Man spricht von einer Kaskadenschaltung oder einem Backup-Schutz, wenn zwei Schaltgeräte in Reihe sich an der Abschaltung eines Kurzschlusses beteiligen. Dabei ist es möglich, dass der Abgangsschalter für sich alleine nicht das erforderliche Schaltvermögen besitzt, um den an seinem Einbauort auftretenden unbeeinflussten Kurzschlussstrom einwandfrei abzuschalten. Der Einspeiseschalter muss dann den Kurzschlussstrom so frühzeitig und so stark begrenzen, dass das Bemessungs-Grenzkurzschlussausschaltvermögen I_{CU} des Abgangsschalters nicht erreicht wird. Damit ist sichergestellt, dass die im Abgangsschalter freiwerdende Energie nicht zur Beschädigung der Schaltelektroden führt.

EN 60497-2, Anhang A „Koordination von Kurzschlusschutzgeräten im selben Stromkreis unter Kurzschlussbedingungen“ beschreibt unter anderem ausführlich die Funktionsweise der Kaskadenschaltung. Der Absatz A.3.2 definiert den Übernahmestrom für eine ordentliche Zusammenarbeit der beiden Schutzgeräte.

Die Kaskadenschaltung bietet die Möglichkeit, Schaltgeräte mit einem „normalen“ Schaltvermögen einzubauen, obwohl eigentlich ein größeres an der Einbaustelle erforderlich wäre. Da Betriebsmittel mit einem größeren Schaltvermögen in der Regel teurer sind, können somit die Kosten insgesamt gesenkt werden.

2 Auslegung und Auswahl

Auslegung und Auswahl der Schaltgeräte sind allerdings wegen der Koordination nicht mehr ganz so einfach. Der Einspeiseschalter muss bei der Abschaltung des Kurzschlusses zumindest einen Teil der Abschaltenergie übernehmen (Bilder 1 und 2). Es sind daher insgesamt immer mindestens zwei Geräte an der Abschaltung beteiligt (EN 60947-2, Anhang A6). Voraussetzung ist, dass das vorgeschaltete Gerät ausreichend schnell seine Kontakte öffnet, um die strombegrenzende Wirkung zu erzielen. Es bleibt offen, ob der Einspeiseschalter nach dieser Strombegrenzung seine Kontakte endgültig öffnet und eine definitive

Abschaltung vollzieht. Denn möglich ist auch, dass er seine Kontakte nach der Kurzschlussstrom-Unterbrechung durch den Abgangsschalter erneut schließt und die Versorgung bis zum Abgangsschalter wiederherstellt.

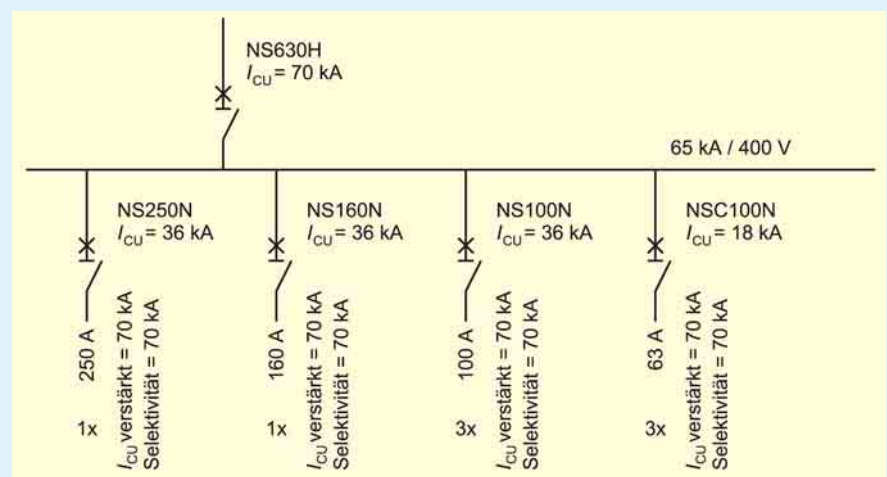
Der Einspeiseschalter muss in einer solchen Koordination gute strombegrenzende Eigenschaften haben. Solche Geräte gibt es seit vielen Jahrzehnten bei zahlreichen Herstellern in den unterschiedlichsten Ausführungen. Sie bestehen im Wesentlichen aus leichten Kontaktsätzen, die sehr schnell durch den Kurzschlussstrom aufgedrückt werden. Die Auslegung der Kontaktsätze und der Lichtbogenlöschkammern zielt bewusst auf eine maximale Strombegrenzung (Bild 3).

Bekannt sind auch Begrenzer-Blöcke, die einem Schaltgerät vor- oder nachgeschaltet werden können. Sie bestehen aus einem zusätzlichen Kontaktsatz, der durch den Kurz-

schlussstrom sehr schnell geöffnet wird und so mit seinem Lichtbogen die Strombegrenzung bewirkt. Weil sie kein Schaltschloss haben, schließen diese zusätzlichen Kontaktsätze immer automatisch nach Abklingen des Kurzschlussstromes. Andere Ausführungen haben einen zusätzlichen Kontaktsatz, der ebenfalls durch den Kurzschlussstrom aufgeschleudert wird und so ausreichend schnell den Lichtbogen als strombegrenzendes Element einbringt. Für beide Varianten gilt, dass es sie nur für Nennströme bis ca. 1.000 A gibt. Der Grund hierfür liegt in dem Gewicht der Kontaktsätze: Bei größeren Nennströmen bedarf es immer größerer Kräfte, um eine ausreichend schnelle Öffnung sicherzustellen. Schalter mit größeren Nennströmen bieten im Allgemeinen nicht mehr die zum Schutz der Abgangsschalter ausreichende Strombegrenzung.

3 Selektivität

Eine Kaskadenschaltung kann die Wirtschaftlichkeit einer Anlage deutlich verbessern. Der vorgelagerte Schalter sollte vorzugsweise ein etwas größerer Gruppenschalter sein und dient zur Einspeisung mehrerer Abgangsschalter. Diese können als Standard-Schalter ausgewählt werden, da sie kein hohes Schaltvermögen aufweisen müssen.



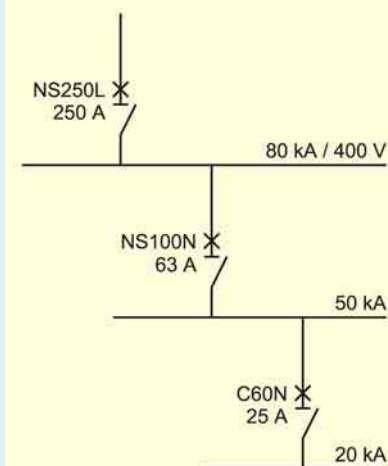
1 Beispiel einer Kaskadenschaltung

Eine Unterverteilung 400 V / 50 kA wird versorgt mit 630 A über einen Einspeiseschalter vom Typ NS630H mit $I_{CU} = 70$ kA. Ohne Kaskadenschaltung werden Abgangsschalter ausgewählt mit jeweils 50 kA Schaltvermögen. Das ergibt:

1 x NS630H STR23SE	($I_{CU} = 70$ kA)	
1 x NS250SX TM250D	($I_{CU} = 50$ kA)	voll selektiv
1 x NS160SX TM160D	($I_{CU} = 50$ kA)	voll selektiv
3 x NS100SX TM100D	($I_{CU} = 50$ kA)	voll selektiv
3 x NS100SX TM63D	($I_{CU} = 50$ kA)	voll selektiv

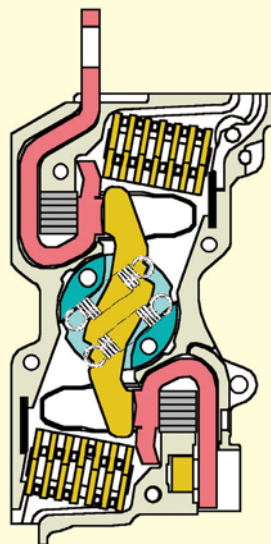
Wird die Kaskadenschaltung eingesetzt, sieht die Geräteauswahl wie folgt aus:

1 x NS630H STR23SE	($I_{CU} = 70$ kA)	
1 x NS250N TM250D	($I_{CU} = 36$ kA)	voll selektiv
1 x NS160N TM160D	($I_{CU} = 36$ kA)	voll selektiv
3 x NS100N TN100D	($I_{CU} = 36$ kA)	voll selektiv
3 x NSC100N TM63D	($I_{CU} = 18$ kA)	voll selektiv



② Kaskade über mehrere Ebenen

Quellen: Schneider Electric



③ Kontaktpol in strombegrenzender Auslegung

Der Hauptgrund, weshalb die Kaskadenschaltung trotz ihrer Wirtschaftlichkeit nicht häufiger eingesetzt wird, liegt wohl in der Funktionsweise selbst begründet. Um den gewünschten Schutz zu erreichen, muss der vorgeschaltete Schalter gleichzeitig ansprechen. Das führt in der Regel zur Abschaltung auch dieses vorgeschalteten Schalters, wodurch natürlich mehr als nur der vom Fehler betroffene Abgang spannungslos wird. So verliert man in der Regel in einer Kaskadenschaltung die vielfach geforderte Selektivität.

Manchmal wird dieser Nachteil überschätzt, dann nämlich, wenn die nach Schaltvermögen ausgewählten Geräten sowieso nur eine sehr begrenzte Selektivität aufweisen. Dies ist sehr häufig der Fall bei Kompaktschaltern bis 630 A, bei denen eine Zeitverzögerung wegen der Bauart nicht uneingeschränkt genutzt werden kann. In diesen Fällen ist der zusätzliche „Verzicht“ auf Selektivität recht gering.

Wird jedoch der vorgeschaltete strombegrenzende Schalter so ausgelegt, dass sein Schaltschloss nicht innerhalb der ersten 20 ms entklinkt, kann man den Backup-Schutz nutzen, ohne die Selektivität zu verlieren. Diese Möglichkeit gibt es bei Schaltern, die eine steuerbare Kurzzeitverzögerung haben. Sie können das Schaltschloss verzögert oder unverzüglich entklinken, je nachdem, wie groß die im Lichtbogen freiwerdende Energie ist (EN 60947-2, Anhang A 6.4). Diese Möglichkeit lässt sich bis an die (meist hohe) Grenze nutzen, an der der Einspeiseschalter quasi zum Selbstschutz komplett abschalten muss.

Weil das zu schützende Abgangsgerät durch das Öffnen der Kontakte und das Zünden des Lichtbogens ebenfalls stark zur Begrenzung des Kurzschlussstromes beiträgt, bieten sich

Möglichkeiten, das Entklinken des vorgeschalteten Geräts komplett zu vermeiden.

Damit eine Abschaltung erfolgt, muss dem Auslösesystem eine ausreichende Energiemenge zugeführt werden (EN 60947-2, Anhang A). Wird dieses Energieniveau nicht erreicht, kommt es nicht zum Entklinken des Schaltschlusses. Die Kontakte schließen erneut nach Abklingen des Stromes. Ist die Energiemenge größer, erfolgt eine vollständige Entklinkung und die Kontakte bleiben geöffnet. Der Schalter muss also selektiv auf die im Kontaktsatz freiwerdende Lichtbogenenergie reagieren.

Dieses Prinzip wird in Leistungsschaltern genutzt, die eine Energieselektivität beherrschen. Gerade diese ermöglicht die Nutzung der Kaskade ohne Einschränkungen, da sie nicht mehr zwangsläufig mit dem Verlust der Selektivität einhergeht. Hier sind Wirtschaftlichkeit und Betriebskontinuität idealerweise kombiniert.

Die Auswahl der Schaltgeräte wird mit Tabellen der Hersteller erleichtert oder überhaupt erst möglich. In ihnen sind alle Kombinationen von Einspeise-/Abgangsschaltern gelistet – mit Angabe des maximal erreichbaren Schaltvermögens und des hierbei erzielten Selektivitätsniveaus. Auf jedem Fall ist die erreichbare Selektivität um ein Vielfaches höher als bei normalen Kompaktschaltern untereinander. Vielfach wird sogar die volle Selektivität bis hin zum maximalen Schaltvermögen erreicht.

Literatur

- [1] DIN EN 60947-2, Anhang A.
- [2] Energetische Selektivität in Niederspannungsnetzen. Technisches Heft Nr 167. Ratingen: Schneider Electric GmbH.
- [3] Technisches Handbuch ZXTPLANUNGNS. Ratingen: Schneider Electric GmbH.