

Überstromschutz bei Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)

DIN VDE 0100-430

FRAGESTELLUNG

Bezüglich des Kurzschluss- und Überlastschutzes von RCDs habe ich folgende Fragestellungen:

1) Kurzschlusschutz

(Kurzschlussfestigkeit) der RCD

Am Einbauort der RCD (40A/0,03A 4-polig) wurde ein I_{k3max} von ca. 21 kA ermittelt. Nun haben die meisten auf dem Markt verfügbaren RCDs eine max. Kurzschlussfestigkeit von 10 kA in Verbindung mit einer Vorsicherung 100A gG. Folglich übersteigt der I_{k3max} am Einbauort die Kurzschlussfestigkeit der RCD. Die Hersteller liefern sehr unterschiedliche Aussagen, z. B.

- Einbau nicht möglich,
- alles kein Problem (Einbau möglich, RCD ist immer geschützt),
- Einbau möglich, wenn die Vorsicherung entsprechend reduziert wird (Durchlassenergie geringer) usw.

Nur ein Hersteller gab im Katalog eine Tabelle an, aus der ersichtlich ist, dass die RCD (40A/0,03, 10kA bei 100-A-gG-Vorsicherung) mit einer Vorsicherung von gG 63A bis zu 25kA bei Kurzschluss geschützt ist.

Lässt sich durch die Reduzierung der Vorsicherung die Kurzschlussfestigkeit der RCD auch dann gewährleisten, wenn der max. Kurzschlussstrom am Einbauort die Herstellerwerte übersteigt? Wenn ja, wie kann ich selbst die Größe der Vorsicherung ermitteln?

2) Überlastschutz der RCD

Nach DIN VDE0100-520, Beiblatt 2, Abs.3.2, sind u. a. auch RCDs gegen Überlast zu schützen. Dementsprechend darf der Bemessungsstrom (Nennstrom) der Überstromschutzeinrichtung nicht größer sein als derjenige der RCD. Auch hier lieferten meine Rückfragen bei den Herstellern sehr unterschiedliche Aussagen. Man nannte mir Werte für gG-Sicherungen von 25A bis 40A für den Schutz einer RCD 40A/...mA bei Überlast.

Kann der Nennstrom der Sicherung für den Schutz der RCD bei Überlast entsprechend der VDE0100-520, Beiblatt 2, ausgewählt werden oder sind die Herstellerangaben relevant?

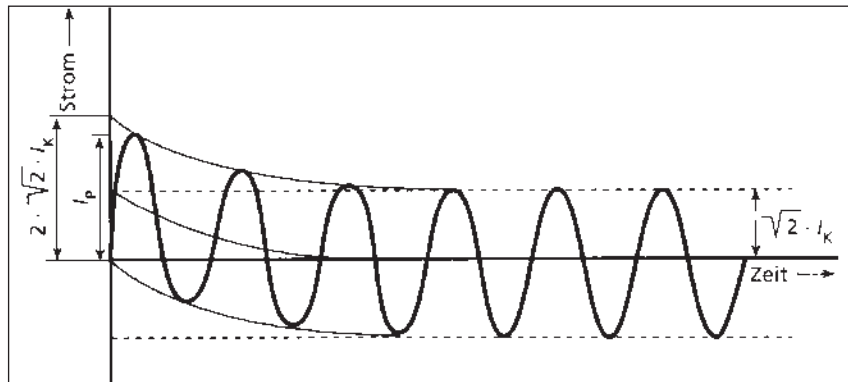


Bild: Kurzschlussstromverlauf bei generatorfernen Kurzschlüssen

3) Schutz der RCD durch strombegrenzende Leistungsschalter VDE0660 Teil 101 (sicherungslose Bauweise)

Zum Schutz der RCD bei Kurzschluss- und Überlast durch Strom begrenzende Leistungsschalter konnten die RCD-Hersteller keine Aussage treffen. Lediglich für eine Kombination von Hauptsicherungsautomat und RCD des gleichen Herstellers gibt es Tabellen. Jedoch setzt man z. B. in Industriebetrieben eher Leistungsschalter nach VDE0660 Teil 101 zum Aufbau von sicherungslosen Verteilungen ein.

Kann ich den Leistungsschalter anhand der Kennlinien für die Durchlassenergie bzw. den Durchlassstrom zum Schutz der RCD bei Kurzschluss ermitteln? Wie muss der Leistungsschalter für den Schutz der RCD bei Überlast eingestellt sein – etwa auf RCD-Nennstrom?

4) Schaltvermögen (I_{sn}) und Fehlerstromschaltvermögen ($I_{\Delta sn}$)

Hier geben die einzelnen Hersteller z. B. 500A oder 10·In vor. Gerade im TN-S-System können die Fehlerströme bei einem Erdschluss des zu schützenden Geräts/der zu schützenden Anlage die Werte der Hersteller – z. B. 500A – überschritten werden.

Ist für diesen Fall eine Koordination der Vorsicherung bzw. der nachgeschalteten Sicherungen (LS-Schalter, gG-Sicherungen usw.) mit der RCD erforderlich? Muss der LS-Schalter oder die gG-Sicherung ab 500A (oder 10· I_{sn}) schneller auslösen als die RCD?

R. B., Bayern

ANTWORT

Zu Frage 1

Bei der Frage 1 geht es um den Kurzschlusschutz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs). Ganz allgemein müssen Sie bei Kurzschlussströmen mindestens zwischen dem kleinsten und größten Kurzschlussstrom unterscheiden. Da es hier jedoch um die Kurzschlussfestigkeit gehen soll, gehe ich vom größten Kurzschlussstrom aus. Soll der Kurzschlussstrom durch eine vorgeschaltete Überstromschutzeinrichtung beherrscht werden, muss man hier eine weitere Unterscheidung vornehmen.

Richtige Unterscheidungen

Es können Kurzschlüsse vorkommen, die von der Überstromschutzeinrichtung lediglich zeitlich begrenzt werden. Das bedeutet, dass der erste höchstmögliche Stromscheitelwert, der während der ersten Halbwelle des Kurzschlussstroms auftritt (Bild 1), voll in die Anlage weitergegeben wird. Diesen Stromscheitelwert nennt man den Stoßkurzschlussstrom I_S (häufig auch mit I_p angegeben). Dieser Scheitelwert bestimmt die maximalen elektrodynamischen Kräfte, die im Kurzschlussfall auf alle beteiligten elektrischen Betriebsmittel wirken. Er ist daher eine wichtige Größe bei der Betrachtung des Kurzschlusschutzes.

Ist der Kurzschlussstrom jedoch derart groß, dass die Überstromschutzeinrichtung ihn innerhalb der ersten Netzhalbperiode abschaltet – vorausgesetzt, die Überstromschutzeinrichtung ist dazu

in der Lage –, wird der maximale Stromscheitelwert gar nicht erst erreicht. Es ergibt sich stattdessen nur noch ein so genannter Durchlassstrom I_D als Spitzenwert bzw. maximaler Scheitelwert des Kurzschlussstroms. Der Wert für I_D liegt dabei stets mehr oder weniger deutlich unterhalb des Stromscheitelwerts I_S .

In diesem Fall wirkt die Überstromschutzeinrichtung also Strom begrenzend. Ich muss betonen, dass es sich bei beiden Werten, I_S bzw. I_D , um Augenblickswerte (Scheitelwerte) handelt, nicht um Effektivwerte. Das wird häufig übersehen und führt dann zu Verständnisproblemen. Dazu kommt, dass sich während maximal fünf Netzperioden (das sind bei einer 50-Hz-Wechselspannung 100 ms) gar kein konstanter Strom, also auch kein konstanter Effektivwert des Stroms, angeben lässt. Während dieser Zeit setzt sich der Kurzschlussstrom aus einem abklingenden Gleichstromglied und dem überlagerten, netzfrequenten Wechselstrom zusammen (Bild). Der Effektivwert hat hier in jedem Augenblick einen anderen Wert. Aus diesem Grund gibt man bei Strömen, die innerhalb von 100 ms abgeschaltet werden, nicht mehr einen bestimmten Strom, sondern einen Energiewert an. Dies ist der so genannte $I^2 \cdot t$ -Wert.

Schmelzsicherung begrenzt Energiemenge
Interessant ist noch, dass dieser $I^2 \cdot t$ -Wert bei Schmelzsicherungen ab der Größe des Kurzschlussstroms, welcher eine Abschaltung deutlich unter 100 ms bewirkt, konstant bleibt. Das bedeutet, dass eine Schmelzsicherung ab dieser Größe des Kurzschlussstroms beim Abschalten des Kurzschlussstroms stets die gleiche Energiemenge in die nachgeschaltete Anlage hindurchlässt. Überschlägig kann man sagen, dass die durchgelassene Energie ($I^2 \cdot t$ -Wert) beim Abschalten dann konstant bleibt, wenn der Kurzschlussstrom ungefähr 20 Mal höher liegt als der Nennstrom der Schmelzsicherung. Für eine 63-A-Sicherung würde dieser $I^2 \cdot t$ -Wert also spätestens ab Kurzschlussströmen über 1200 A konstant bleiben (bei einer 100-A-Sicherung wären es 2000 A).

Bei Leistungs- oder Leitungsschutzschaltern trifft dies nicht zu. Hier steigt der $I^2 \cdot t$ -Wert mit zunehmendem Kurzschlussstrom. Aus diesem Grund muss der Planer diese Angaben den Herstellerkennlinien entnehmen, die für den jeweiligen Typ in grafischer Form (ggf. auch in Tabellen) für den zu erwartenden Kurzschlussstrom angegeben werden.

Bei Grafiken wird auf der X-Achse in der Regel der zu erwartende Kurzschlussstrom angegeben und auf der Y-Achse kann man je nach Kurvenverlauf den jeweiligen $I^2 \cdot t$ -Wert ablesen. Allerdings gilt für beide vorgenannten Arten von Überstromschutzeinrichtung, dass mit zunehmendem Kurzschlussstrom der durchgelassene Stromscheitelwert I_S oder I_D größer wird.

Kurzschlussfall beachten

Für die Beanspruchung im Kurzschlussfall ist im Extremfall auch die so genannte Strom-Anstiegsgeschwindigkeit (dI/dt) von Bedeutung. Bei höheren Kurzschlussströmen fällt diese in der Regel höher aus als bei niedrigen. Auch das ist bei der Betrachtung bezüglich des Schutzes von RCDs zu beachten. Wird die RCD in einer elektrischen Anlage an einer Stelle eingesetzt, an der der zu erwartende Kurzschlussstrom höher ausfällt als der auf dem Typenschild angegebene Kurzschlussstrom, so stimmt natürlich nichts mehr. Handelt es sich bei der vorgeschalteten Überstromschutzeinrichtung um eine Schmelzsicherung, so wird zwar der Energiewert ($I^2 \cdot t$) bei höheren Kurzschlussströmen konstant bleiben, aber für den Durchlassstrom I_D trifft dies nicht zu.

Auch die Stromanstiegsgeschwindigkeit wird höher liegen und somit stimmen die Parameter nicht mehr, die der Hersteller bei der Prüfung seines Produkts vorausgesetzt hat. Für vorgeschaltete Leistungsschutzschalter (siehe Antwort zur Frage 3) trifft dies erst recht zu. Wählt man aus Sicherheitsgründen eine Überstromschutzeinrichtung mit einer kleineren Nennstromstärke aus, so wird der Energiewert und der Scheitelwert (I_S) zwar reduziert, nicht jedoch die Stromanstiegsgeschwindigkeit.

Im Grunde genommen bleibt dem Planer nichts weiter übrig, als für diesen konkreten Anwendungsfall unter Angabe der genauen Werte (zu erwartender Kurzschlussstrom, Nennstrom und Art der vorgeschalteten Überstromschutzeinrichtung) beim Hersteller nachzufragen, ob ein sicherer Schutz der RCD noch gewährleistet ist. Dabei kann es nicht ausreichen, Telefonauskünfte von irgendwelchen Gesprächspartnern beim Hersteller einzuholen, da erfahrungsgemäß diese Problematik nicht allen Mitarbeitern des entsprechenden Unternehmens bekannt sein dürfte. Die Anfrage sollte also in jedem Fall schriftlich erfolgen – eventuell unterstützt durch Telefonate mit fachkundigen Mitarbeitern des Herstellers.

Zu Frage 2

Dass Hersteller vorschlagen, ihre RCD mit einem Nennstrom von 40 A durch Überstromschutzeinrichtungen mit einem Nennstrom von 25 A zu schützen, finde ich äußerst seltsam. Wenn für ein Betriebsmittel ein Nennstrom angegeben wird, muss es unter allen Umständen diese Nennstromstärke auf Dauer führen können. Es macht keinen Sinn, eine Nennstromstärke anzugeben, wenn gleichzeitig eine Vorsicherung mit einem viel kleineren Nennstrom verlangt wird.

Wahrscheinlich kam es bei Ihrer Anfrage an den Hersteller zu einem Missverständnis, da bei einer Absicherung von 25 A eine nachgeschaltete RCD mit einem Nennstrom von 40 A niemals bis zur Nennstromstärke belastet werden kann (zumindest nicht für längere Zeit). In der Regel muss man davon ausgehen, dass der Nennstrom der vorgeschalteten Überstromschutzeinrichtung so groß sein darf wie der Nennstrom der RCD.

Allerdings liegt das Problem auf einer ganz anderen Ebene. Nach DIN VDE 0100-430 sind zwei Gleichungen beim Überlastschutz von Kabeln und Leitungen zu berücksichtigen:

$$(1) I_b \leq I_n \leq I_Z$$

Dabei gilt:

I_b – Betriebsstrom

I_n – Nennstrom der Überstromschutz-einrichtung

I_Z – Strombelastbarkeit der Kabel und Leitungen.

$$(2) I_2 \leq 1,45 \cdot I_n$$

Dabei gilt:

I_2 – großer Prüfstrom der Überstrom-schutz-einrichtung

I_n – Nennstrom der Überstromschutz-einrichtung.

Folgende Überlegung verbirgt sich hinter der zweiten Gleichung: Da der große Prüfstrom der Strom ist, bei dem die Überstromschutz-einrichtung in einer vorgegebenen Zeit (bis zu 63 A beträgt die Zeit 1 h) sicher abschaltet, müssen die Kabel und Leitungen für diese Zeit den 1,45-fachen Nennstrom der Überstrom-schutz-einrichtung führen können. Kleinere Überströme müssen daher sicher vermieden werden, da diese über eine nicht mehr definierte Zeit fließen werden und somit die Kabel und Leitungen zerstören oder vorschädigen können.

Diese Überlegung bezieht sich jedoch auf die angeschlossenen Kabel und Leitungen. Für RCDs existiert keine derartige Festlegung. Das bedeutet, dass Sie bei einer RCD stets darauf achten müssen, dass niemals höhere Ströme als der

Nennstrom über längere Zeit vorkommen. Dies lässt sich dadurch gewährleisten, wenn man an der RCD lediglich ein Verbrauchsmittel anschließt, das keine höheren Ströme als den Nennstrom verursachen kann. Überwacht die RCD jedoch mehrere Stromkreise, so muss unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit der angeschlossenen Verbrauchsmittel sichergestellt sein, dass die RCD nicht durch höhere Ströme als den Nennstrom belastet wird.

Zu Frage 3

In Bezug auf diese Frage verweise ich auf die Antwort zu Frage 1. Der Nennstrom des Leistungsschalters darf nicht größer als der Nennstrom sein, für den die RCD ausgelegt ist. Ist dies nicht möglich, muss die RCD eine zusätzliche, eigene Versicherung erhalten oder die angeschlossenen Stromkreise lassen eine Überlastung

gar nicht erst zu. Der zweitgenannte Fall würde zutreffen, wenn

- lediglich ein separater Stromkreis durch die RCD überwacht wird und durch diesen nur ein Verbrauchsmittel versorgt wird, das keine höheren Ströme hervorrufen kann oder
 - bei mehreren angeschlossenen Stromkreisen sich durch die richtige Einschätzung der Gleichzeitigkeit der angeschlossenen Verbrauchsmittel eine Überlastung ebenfalls ausschließen lässt.
- Zusätzlich müssen selbstverständlich die Daten bezüglich des $I^2 \cdot t$ -Wertes sowie des Durchlassstroms I_D mit den entsprechenden Werten der Schmelzsicherung übereinstimmen, die auf dem Typenschild der RCD als maximale Vorsicherung angegeben wird. Hier muss der Planer also die Herstellerangaben bezüglich dieser Werte berücksichtigen. Bei selektiven Hauptleitungsschutzschaltern (SH-Schalter) ist dies bei entsprechender Auswahl der Nennstromstärke in der

Regel der Fall. Einige Hersteller geben für ihre Produkte in den technischen Beschreibungen auch hierzu Hilfen, indem Sie dort die möglichen Überstromschutzeinrichtungen auflisten und jeweils dazu alle notwendigen Planungsdaten angeben.

Zu Frage 4

Im Grunde ist der Fehlerstrom bei einem Körperschluss im TN-System ein einpoliger Kurzschluss. Die Angabe der maximalen Vorsicherung auf dem Typenschild der RCD gilt auch für den Schutz bei einem einpoligen Kurzschluss. Das bedeutet, dass bei Berücksichtigung der Herstellerangaben bezüglich der maximalen Vorsicherung sowie des maximalen Kurzschlussstroms keine weitere Überlegungen zur Koordinierung mit vor- oder nachgeschalteten Schaltorganen vorgenommen werden müssen.

H. Schmolke