

AUF EINEN BLICK
 In diesem Beitrag wird der in der täglichen Praxis im TN-S-System immer noch oft anzutreffende Einsatz eines vierpoligen FI-Schutzschalters ohne eingebaute Überstromschutzeinrichtung zur Absicherung einer Gruppe von Steckdosenwechselstromkreisen betrachtet.

FI-Schutzschalter ohne Überstromschutz (RCCB)

Praxiserfahrungen und Gründe für den Einsatz von FI-Schutzschaltern

Impedanzbehaftete Erdkurzschlüsse bzw. impedanzbehaftete Körperschlüsse, die aufgrund von Isolationsfehlern mit Bildung von Lichtbögen entstehen können, sind unvollkommen. Solche Fehler rufen kleine Stromflüsse hervor, die weit unter dem Ansprechen der Überstromschutzeinrichtungen (Schmelzsicherungen, Leitungsschutzschalter) liegen und somit lange Zeit fließen können. Derartige Körperschlüsse gefährden den Personenschutz. Die an der Fehlerstelle freigesetzte Wärme eines solchen Erdkurzschlusses kann einen Brand hervorrufen.

Da die FI-Schutzschalter auch sehr kleine Erdkurzschluss- bzw. Körperschlussströme sicher detektieren und allpolig abschalten, eignen sie sich hervorragend für den Personen- und Brandschutz. FI-Schutzschalter können allerdings durch Überlastung oder Kurzschluss beschädigt oder zerstört werden. Defekte in FI-Schutzschaltern beeinträchtigen deren Funktion, und müssen deswegen vermieden werden.

Funktionserläuterung eines FI-Schutzschalters

Zur Veranschaulichung des Schutzes durch einen vierpoligen FI-Schutzschalters soll hier einmal dessen Aufbau und Wirkungsweise in einem TN-S-System betrachtet werden (Bild 1).

Alle aktiven Leiter (L1, L2, L3 und N), die vom Netz zum zu schützenden Betriebsmittel führen, sind durch einen Ringkernwandler (Summenstromwandler) geführt. Diese Leiter stellen die Primärwicklung des Wandlers dar. Wenn kein Fehler vorliegt (Erdkurzschluss bzw. Körperschluss), ist nach Kirchhoff die geometrische bzw. vektorielle Summe der zu- und abfließenden Ströme null. Dann ist ebenso die geometrische bzw. vektorielle Summe aller magnetischen Flüsse im Wandlerkern (W) null. Bei einem Erdkurzschluss bzw. Körperschluss hinter dem FI-Schutzschalter im TN-S-System wird dieses Gleichgewicht gestört, weil dann ein Fehlerstrom über den Schutzleiter und das Erdreich zum geerdeten Sternpunkt

des speisenden Transformators fließt. Dadurch ist der resultierende magnetische Fluss im Wandlerkern nicht mehr null. Dieser nicht stationäre magnetische Fluss im Wandlerkern induziert in der Sekundärwicklung (WS) des Wandlers eine Spannung. Da diese Wicklung geschlossen ist, fließt auch ein Strom. Auf diese Weise wird die Spule des Auslösers (A) angeregt und das Schloss (S) betätigt. Der FI-Schutzschalter schaltet allpolig ab.

FI-Schutzschalter nicht vor Überlast geschützt

Auf Grund dieser Wirkungsweise kann der FI-Schutzschalter im fehlerfreien Zustand des zu schützenden Betriebsmittels einen Überlastbetrieb

gar nicht registrieren. Auch wenn der Betriebsstrom seinen Bemessungsstrom deutlich bzw. mehrfach überschreitet und dadurch seine Kontakte beschädigt werden, merkt der FI-Schutzschalter die vorhandene Überlastung nicht.

Die Überlastung stört nämlich das genannte elektromagnetische Gleichgewicht nicht. In den Herstellerkatalogen [1] findet man bei den technischen Daten etwa folgende Angabe: »... der maximal mögliche Betriebsstrom darf den Bemessungsstrom des FI-Schutzschalters nicht überschreiten«. Der FI-Schutzschalter muss gegen Überlast geschützt werden. Dies lässt sich entweder durch eine beschränkte Anzahl an nachgeschalteten Leitungsschutzschaltern oder durch eine geeignete Überstromschutzeinrichtung realisieren.

Zum Überlastschutz eines vierpoligen FI-Schutzschalters, der zur Gruppen-FI-Schutzschaltung verwendet wird, greift man in der Praxis gern zu Schmelzsicherungen der Betriebsklasse gG (früher gL). Diese sind für den Kabel- bzw. Leitungsüberlastschutz ausgelegt. Sie eignen sich aber weniger für den Überlastschutz eines FI-Schutzschalters.

Analyse bei vorgeschalteter Schmelzsicherung

Um das zu verdeutlichen, wird die am Anfang des Beitrags erwähnte FI-Gruppen-schaltung (Bild 2) analysiert. Da soll eine 63 A/gG-Schmelzsicherung einen vierpoligen FI-Schutzschalter mit dem



Quelle: Gewiss

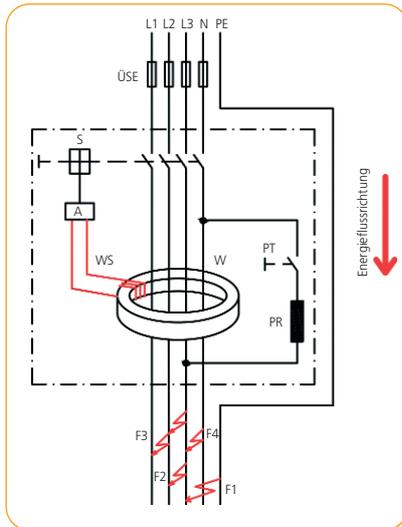


Bild 1: Aufbau eines vierpoligen FI-Schutzschalters ohne eingebauten Überstromschutz (RCCB), mit: S – Schaltschloss; A – Auslöser; PR – Prüf Widerstand; PT – Prüftaste; W – Summenstromwandler (Ringkernwandler); WS – Sekundärwicklung des Ringkernwandlers; F1 – Kurzschluss zwischen L3 und PE; F2 – Kurzschluss zwischen L2 und L3; F3 – Kurzschluss zwischen L1, L2 und L3; F4 – Kurzschluss zwischen L3 und N; ÜSE – Überstromschutz einrichtung

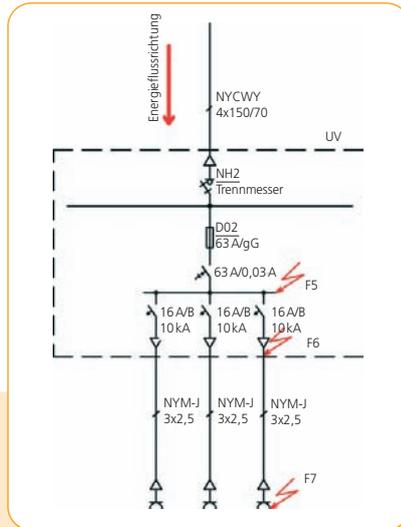


Bild 2: Vierpoliger FI-Schutzschalter 63 A/30 mA ohne eingebauten Überstromschutz (RCCB) zur Absicherung einer Gruppe von Steckdosenwechselstromkreisen; abgesichert mit einer 63 A/gG-Schmelzsicherung; einpolige Darstellung

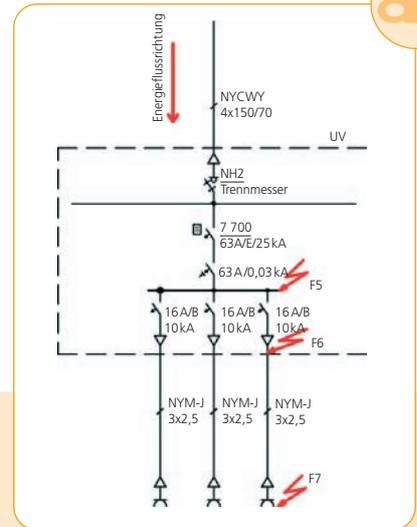


Bild 3: Vierpolige FI-Schutzschalter 63 A/30 mA ohne eingebauten Überstromschutz (RCCB) zur Absicherung einer Gruppe von Steckdosenwechselstromkreisen; abgesichert mit einem selektiven Hauptleitungsschutzschalter 63 A/E/25 kA; einpolige Darstellung, mit: F5 ... F7 – vollständige Kurzschlüsse

Bemessungsstrom von $I_n = 63 \text{ A}$ und dem Bemessungsfehlerstrom $I_{\Delta} = 30 \text{ mA}$ gegen Überlastung schützen.

Entsprechend den konventionellen Zeiten und Strömen (aus der DIN VDE 0636), welche das Verhalten von Schmelzsicherungen bei Überlast bestimmen, darf eine Schmelzsicherung mit einem Bemessungsstrom von 63 A und der Betriebsklasse gG einen Belastungsstrom von 78,75 A ($= I_{nfr}$, Nichtauslösestrom) innerhalb 1 h nicht unterbrechen. Diese Schmelzsicherung muss aber bei einem Belastungsstrom von 100,8 A ($= I_{fr}$, Auslösestrom) innerhalb 1 h sicher ansprechen. Die beiden konventionellen Ströme der Schmelzsicherung überschreiten hierbei deutlich den Bemessungsstrom des FI-Schutzschalters von 63 A. Wird zum Überlastschutz des gleichen FI-Schutzschalters ein vorgeschalteter selektiver Hauptleitungsschutzschalter mit dem Bemessungsstrom von 63 A, der Auslösecharakteristik E und dem Bemessungsschaltstrom von 25 kA (Bild 3) eingesetzt, sieht die Sache anders aus.

Entsprechend den Prüfzeiten und Prüfströmen (aus der DIN VDE 0645),

die das Verhalten von selektiven Hauptleitungsschutzschaltern bei Überlast bestimmen, darf ein selektiver Hauptleitungsschutzschalter mit dem Bemessungsstrom von 66,15 A innerhalb 2 h nicht unterbrechen. Dieser Schalter muss aber bei einem Belastungsstrom von 75,6 A innerhalb 2 h sicher ansprechen.

Auswertung des zuvor ermittelten Ergebnisses

Im Vergleich zur Schmelzsicherung des gleichen Bemessungsstromes stellt man fest, dass auch die beiden konventionellen Ströme des selektiven Hauptleitungsschutzschalters den Bemessungsstrom des FI-Schutzschalters übersteigen – wenn auch deutlich weniger.

In der Tabelle sind die Prüfströme und die Prüfzeiten der 63 A/gG- und 50 A/gG-Schmelzsicherungen, des 63 A/B-Leitungsschutzschalters sowie der selektiven Hauptleitungsschutzschalter 63 A/E und 50 A/E aufgelistet.

Wenn man die Tabellenwerte (fett hervorgehobene Zeilen) miteinander

vergleicht, stellt man fest, dass bei allen drei Überstromschutz einrichtungen (Schmelzsicherung, Leitungsschutzschalter sowie selektiver Leitungsschutzschalter) mit dem gleichen Bemessungsstrom wie der Bemessungsstrom des FI-Schutzschalters eine Überlastung des FI-Schutzschalters möglich ist. Der selektive Hauptleitungsschutzschalter zeigt hierbei die besten Eigenschaften hinsichtlich des Überlastschutzes.

Kurzschlusschutz eines FI-Schutzschalters

Wegen der oben beschriebenen Wirkungsweise des FI-Schutzschalters ist dieser in der Lage, nur einen Kurzschluss zwischen einem Außenleiter und dem Schutzleiter (Fehler F1 im Bild 1) zu erkennen. Nicht aber zwei- und dreipolige bzw. Kurzschlüsse zwischen einem Außenleiter und dem Neutralleiter (Fehler F2, F3 und F4 im Bild 1).

Bei vollkommenen Kurzschlüssen zwischen einem Außenleiter und dem Schutzleiter, die er zwar erkennt,

übersteigen sehr oft die Kurzschlussbelastungen sein Bemessungsfehler-schaltvermögen $I_{\Delta m}$ bzw. seine Fehlerstromkurzschlussfestigkeit.

In diesen Fällen aber auch bei Kurzschlüssen, die er gar nicht erkennt, muss der FI-Schutzschalter – ohne Schaden zu nehmen – diese Fehlerkurzschlussströme einschalten und führen, so lange bis eine geeignete ihm vorgeordnete Überstromschutzeinrichtung die Kurzschlussbahn unterbricht.

Diese Überstromschutzeinrichtung muss allerdings garantieren, dass der bedingte Bemessungsfehlerkurzschlussstrom $I_{\Delta c}$ bzw. der bedingte Bemessungskurzschlussstrom I_{nc} dieses FI-Schutzschalters auf keinen Fall überschritten werden.

Zur dynamischen Kurzschlussfestigkeit

Die Hersteller von FI-Schutzschaltern sind nach der DIN VDE 0664 Teil 10 verpflichtet, die thermische sowie die dynamische Kurzschlussfestigkeit des FI-Schutzschalters (RCCB) anzugeben. Fehlen diese Angaben, dann gelten die Kleinstwerte nach der Tabelle 15 aus der DIN VDE 0664-10.

In ihren Katalogen geben die Hersteller den Effektivwert der Wechselstromkomponente des unbeeinflussten Kurzschlussstromes an, bis zu dem der FI-Schutzschalter beim Einsatz einer bestimmten Überstromschutzeinrichtung, bei Kurzschluss geschützt ist.

Es empfiehlt sich, diesen Wert mit dem aus der Kurzschlussstromberechnung ermittelten zu vergleichen. So lässt sich sicherstellen, dass die Kurzschlussfestigkeit des FI-Schutzschalters gewährleistet ist.

Auswirkung auf die Selektivität bei vollkommenen Kurzschlüssen im Verbrauchernetz

Heutzutage legt man immer mehr Wert darauf, dass Kurzschlüsse im Verbrauchernetz selektiv abgeschaltet werden. So sollen vollkommene Kurzschlüsse an den Fehlerstellen F6 und F7 (Bilder 2 und 3) durch den Leitungsschutzschalter und nicht durch die Schmelzsicherung bzw. den selektiven Leitungsschutzschalter abgeschaltet werden. Neben dem ausreichenden Bemessungsausschaltvermögen des Leitungsschutzschalters ist auch selektives Verhalten unter Kurzschlussbedingungen zwischen ihm und der vorgeordneten Schmelzsicherung bzw. des selektiven Hauptschutzschalter erforderlich.

Betrachtung für Schmelzsicherungen und LS-Schalter

Schmelzsicherungen und Leitungsschutzschalter weisen – bedingt durch den unterschiedlichen Aufbau und die verschiedene Wirkungsweise – auch unterschiedliche Auslösecharakteristika auf. Die Selektivität zueinander ist erfüllt, wenn die spezifische Durchlassenergie des nachgeschalteten Leitungsschutzschalters kleiner ist als die spezifische Schmelzenergie der vorgeordneten Schmelzsicherung, bzw. wenn das Durchlassintegral des Leitungsschutzschalters kleiner ist als das Schmelzintegral der Schmelzsicherung:

$$\int_0^{t_s} I^2 dt < \int_0^{t_c} I^2 dt, \text{ mit:}$$

- $\int_0^{t_s} I^2 dt$ – spezifische Durchlassenergie des Leitungsschutzschalters,

- $\int_0^{t_c} I^2 dt$ – spezifische Schmelzenergie der Schmelzsicherung,
- t_a – die Ausschaltzeit des Leitungsschutzschalters,
- t_s – die Schmelzzeit der Schmelzsicherung.

Die Selektivität zueinander hängt de facto also von der Kurzschlussbelastung ab.

Bei der FI-Gruppenschaltung gemäß Bild 2 handelt es sich um eine Reihenschaltung einer 63 A/gG-Schmelzsicherung, eines vierpoligen 63 A/30 mA FI-Schutzschalters sowie dann noch eines 16 A/B/10 kA-Leitungsschutzschalters. Hier liegt die sogenannte Selektivitätsgrenze bei dem Effektivwert der Wechselstromkomponente des Kurzschlussstromes von 2900 A. Wir stellten aber oben schon fest, dass der Überlastschutz des FI-Schutzschalters dabei nicht gegeben ist. Daher setzt man hierzu eine 50 A/gG-Schmelzsicherung ein. Somit liegt die Selektivitätsgrenze dann bei 2000 A.

Bei der Reihenschaltung von einer 35 A/gG-Schmelzsicherung, einem 40 A/0,03 A-FI-Schutzschalter sowie einem 16 A/B/10 kA-Leitungsschutzschalter verringert sich dieses selektive Verhalten auf den Effektivwert der Wechselstromkomponente des Kurzschlussstromes von 1300 A.

Verwendung eines selektiven Hauptleitungsschutzschalters

Ist zum Schutz des 63 A/0,03 A-FI-Schutzschalters ein selektiver Hauptleitungsschutzschalter 63 A/E/25 kA vorhanden (Bild 3), herrscht Selektivität zwischen diesem und den nachgeschalteten Leitungsschutzschaltern bis zum Bemessungsausschaltvermögen der Leitungsschutzschalter.

Der FI-Schutzschalter mit eingebautem Überstromschutz (RCBO nach der DIN VDE 0664-20) als FI/LS-Kombination mit dem Bemessungsstrom von 63 A, dem Bemessungsfehlerstrom von 30 mA, der Auslösecharakteristik B und dem Bemessungsausschaltvermögen von z. B. 15 kA wäre für den Schutz der gleichen Gruppe der Steckdosenstromkreise aus Selektivitätsgründen weniger geeignet, weil das betrachtete selektive Verhalten nur bis zum Effektivwert der Wechselstromkomponente des Kurzschlussstromes von 315 A gegeben wäre.

Liegt die Unterverteilung in der elektrischen Nähe einer NSHV, die aus mehreren parallel geschalteten Trans-

PRÜFSTRÖME UND PRÜFZEITEN

Überstromschutzeinrichtung	I_r [A]	I_1 [A]	t_1 [h]	I_2 [A]	t_2 [h]
63 A/gG Schmelzsicherung	63	78,75	> 1	100,8	< 1
50 A/gG Schmelzsicherung	50	62,5	> 1	80	< 1
63 A/B Leitungsschutzschalter	63	71,19	> 1	91,35	< 1
63 A/E selektiver Haupt-LSS	63	66,15	> 2	75,6	< 2
50 A/E selektiver Haupt-LSS	50	52,5	> 2	60	< 2

Prüfströme und Prüfzeiten von Schmelzsicherungen, Leitungsschutzschaltern und selektiven Leitungsschutzschaltern, mit: I_r – Bemessungsstrom des Schutzorgans; I_1 – der Nichtauslösestrom (kleiner Prüfstrom) des Schutzorgans; t_1 – die zugehörige Prüfzeit des Schutzorgans; I_2 – der Auslösestrom (großer Prüfstrom) des Schutzorgans; t_2 – zugehörige Prüfzeit des Schutzorgans



MEHR INFOS

Buch zum Thema

Schau, H.; Halinka, A.; Winkler, W.:
Elektrische Schutzeinrichtungen in Industrienetzen
und -anlagen, 1. Aufl., 2008, 288 S., 39,80 €,
ISBN 978-3-8101-0255-3, Hüthig & Pflaum Verlag,
www.de-online.info/shop

Fachbeiträge zum Thema

- Schröder, B.: DKE zur offiziellen Bezeichnung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs), »de« 1-2/2003, S. 13
- Sofic, D.: Stromkreisnachrüstung an bestehenden Hauptverteilungen, »de« 15-16/2007, S. 32 ff.
- Sofic, D.: Gibt es bei Kurzschluss Kleinholz?, »de« 7/2008, S. 44 ff.

formatoren eingespeist wird – und deren Sammelschienensystem nicht aufgeteilt ist –, so muss der Kurzschlusschutz des FI-Schutzschalters sehr aufmerksam untersucht und festgelegt werden.

Fazit

Unser Praxisbeispiel zeigte: Eine Schmelzsicherung, deren Bemessungsstrom gleich dem Bemessungsstrom eines FI-Schutzschalters ist, kann nicht den Überlastschutz dieses Schalters erfüllen. Sie kann dagegen in vielen Fällen seinen Kurzschlusschutz sicherstellen.

Dort wo größere Kurzschlussbelastungen zu erwarten sind, muss eine Untersuchung bzw. Überprüfung angestellt werden.

Literatur

- [1] ABB Stotz: Technische Information Fehlerstromschutzschaltung
- [2] DIN VDE 0102 Kurzschlussströme in Drehstromnetzen
- [3] DIN VDE 0664-10 Fehlerstrom-/Differenzstrom-Schutzschalter ohne eingebauten Überstromschutz (RCCBs) für Hausinstallationen und für ähnliche Anwendungen
- [4] Balzer, Nelles, Tuttas: Kurzschlussberechnung nach VDE 0102
- [5] Kasikci, I.: Projektierung von Niederspannungs- und Sicherheitsanlagen
- [6] Kny, K.-H.: Kurzschlusschutz in Gebäuden
- [7] Pistora, G.: Berechnung von Kurzschluss-Strömen und Spannungsfällen
- [8] Seip, G.: Elektrische Installationstechnik
- [9] Siemens: Schalten, Schützen und Verteilen in Niederspannungsnetzen

Dragan Sofic,
EAB Rhein-Main GmbH,
Neu-Isenburg