

1 Allgemeines über Fehlerstromschutzschalter

Fehlerstromschutzeinrichtungen (FI-Schutzgeräte) werden in der Fachliteratur generell als RCD (Tabelle 1) bezeichnet. Unterschieden wird gemäss internationaler Übereinkunft zwischen einem Fehlerstromschutzschalter mit integriertem Überstromschutz (RCBO) und einem Fehlerstromschutzschalter ohne integrierten Überstromschutz (RCCB).

Tabelle I

RCD-Terminologie

RCD	Residual current operated device	FI-Schutzeinrichtung
RCCB	Residual current operated circuit-breaker	FI-Schutzschalter
RCBO	Residual current operated circuit-breaker with overcurrent protection	FI-Schutzschalter mit integrierter Überstromauslösung (FI/LS)
RCU	Residual current unit	FI-Auslöser (FI-Block)
CBR	Circuit-breaker residual current operated device	Leistungsschalter mit FI
SRCD	Socket outlet RCD	Steckdose mit FI
PRCD	Portable RCD	Ortsveränderlicher FI
RCM	Residual current monitor	Differenzstrom-Überwachungsgerät

RCCB's müssen mittels dauerhafter Beschriftung eindeutig identifizierbar sein. Im Beispiel (Abb. 1-1) handelt es sich um einen RCD Typ A (pulsstromsensitiv).



Abb. 1-1

FI-Schutzschalter (Kopp)

Neben der Firmen- und Typenkennzeichnung müssen auf dem RCD folgende Aufschriften enthalten sein:

- Bemessungsspannung mit dem Zeichen der Spannungsart
- Bemessungsstrom
- Bemessungsfehlerstrom
- Bemessungsschaltvermögen
- Kennzeichen für Typ S, wenn der RCD selektiv arbeitet
- Schutzgrad, wenn dieser von IP20 abweicht
- Kennzeichen für Verwendungsart bei spannungsabhängigen Typen
- Auslösecharakteristik (AC, A oder B oder Bildzeichen)
- Umgebungstemperatur, wenn diese von der normalen Betriebstemperatur abweicht

2 RCD-Einteilung nach Fehlerstromart

Gegenwärtig befinden sich vier wesentliche Typen von Fehlerstromschutzeinrichtungen (A, B, B+ und F) im Handel, die sich durch die Signalform des auslösenden Fehlerstrom voneinander unterscheiden.

2.1 Typ AC wechselstromsensitiv

Erfasst werden nur sinusförmige Fehlerströme. Bei Überlagerung mit Gleichstrom kommt es infolge der magnetischen Sättigung im Kern des Stromwandlers zu keiner Auslösung. Diese Typen sind veraltet und in Europa seit 1985 nicht mehr zugelassen.

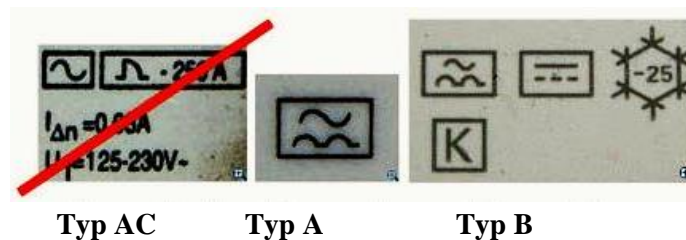


Abb. 2-1
Symbole für RCD-Typen

2.2 Typ A pulsstromsensitiv

Erfasst werden sowohl rein sinusförmige Wechselströme als auch pulsierende Gleichfehlerströme. Die zusätzliche Empfindlichkeit wird durch spezielle Magnetwerkstoffe für die eingesetzten Ringbandkerne erreicht. Pulsstromsensitive RCD's arbeiten netzspannungsunabhängig.

2.3 Typ B allstromsensitiv

Erfasst werden ausser sinusförmigen Wechselströmen und pulsierenden Gleichströmen auch geglättete Gleichströme. Dazu enthalten diese Geräte einen zweiten Summenstromwandler und eine Elektronikeinheit. Die Überwachung auf Gleichfehlerströme erfordert eine Stromversorgung und ist somit netzspannungsabhängig. Der wechsel- bzw. pulsstromsensitive Geräteteil ist davon nicht betroffen und somit netzspannungsunabhängig.

Anwendungen:

Baustellenverteiler, CEE-Steckdosenkombinationen, Aufzüge, Krananlagen, Röntgengeräte, Lüftungs- und Klimaanlage, Heizungsanlagen, Pumpensteuerungen, Photovoltaik- und Biogasanlagen, Landwirtschaftliche und feuergefährdete Betriebsstätten.

Der Einsatz von Fehlerstromschutzeinrichtungen Typ B ist insbesondere bei Wechselrichtern und Frequenzumrichtern, welche im Bereich des Zwischenkreises mit Gleichrichtern arbeiten, sinnvoll. Konventionelle RCD's vom Typ A würden bei einem Erdschluss hinter der Gleichrichterbrücke durch den dann vorhandenen Gleichfehlerstrom vormagnetisiert und damit funktionsunfähig. Nach NIN 2010 (Abs. 5.3.1.3.2) ist in solchen Fällen die Verwendung von allstromsensitiven RCD's erforderlich.

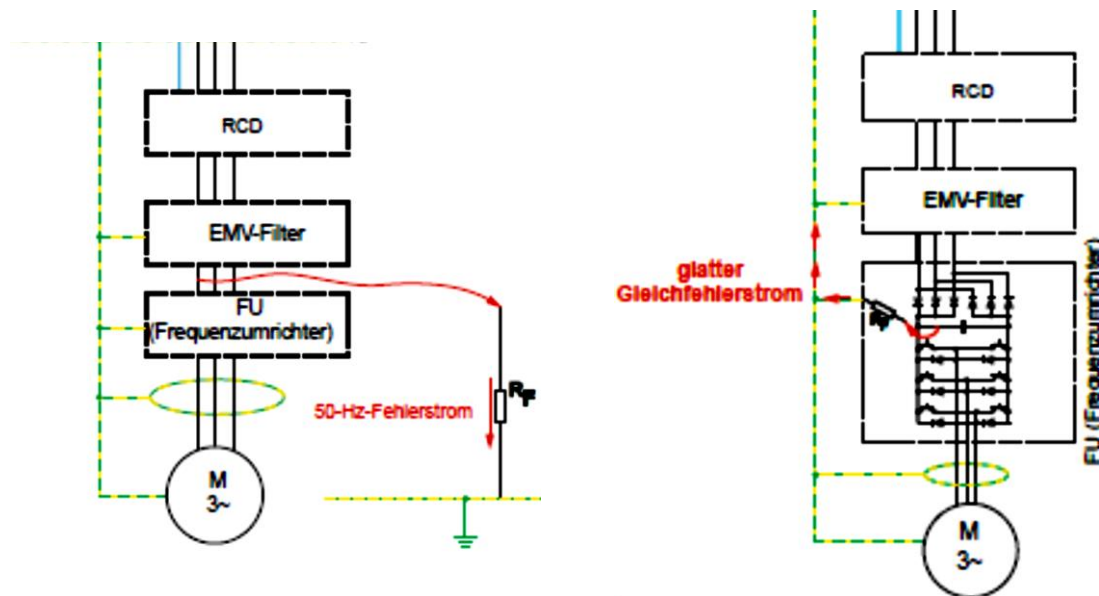


Abb. 2-2

Frequenzumrichter mit allstromsensitiver FI-Schutzeinrichtung

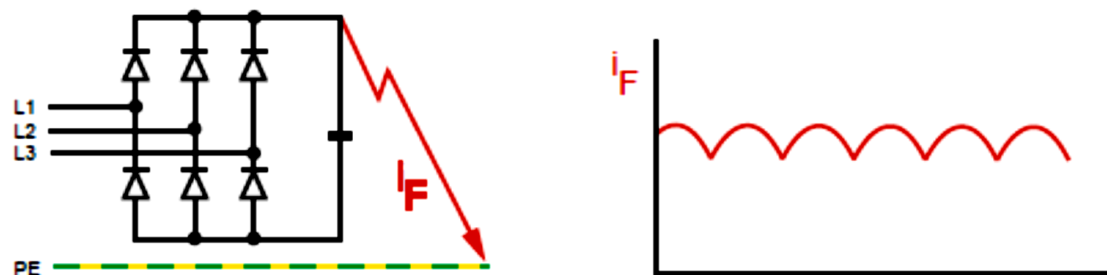


Abb. 2-3

Fehlerstrom aus einer sechspulsigen Gleichrichterbrücke

► Typ B+ allstromsensitiv mit erhöhten Anforderungen

FI-Schutzeinrichtungen vom Typ B+ wurden 2009 normativ eingeführt. Bei der Kennzeichnung kommt das kHz-Zeichen hinzu. Gemäss Definition müssen Fehlerströme im Bereich zwischen 1 und 20 kHz spätestens bei 420 mA zu einer Abschaltung führen. Dabei ist es unerheblich, ob der Bemessungsdifferenzstrom 30, 100 oder 300 mA beträgt.

► Typ F (mischfrequenzsensitiv ohne Gleichfehlerstrom)

Erfasst werden ausser sinusförmigen Wechselströmen und pulsierenden Gleichströmen auch Fehlerströme, die aus einem Frequenzgemisch bis 1 kHz bestehen. Damit sind auch oberwellenbehaftete Fehlerströme bei nichtlinearen Verbrauchern beherrschbar. Statische Gleichstromanteile bis 10 mA beeinflussen die Auslöseeigenschaften nicht unzulässig. Diese Geräte besitzen eine kurzzeitverzögerte Auslösung und eine erhöhte Stoßstromfestigkeit.

Anwendungen:

Waschmaschinen, Geschirrspüler, Heizungspumpen, Wärmepumpen, Inverter, Schweißgeräte usw.

Tabelle II

Fehlerstrombeispiele für Phasenanschnitt- und Gleichrichterschaltungen

B	A	AC	Schaltung	Laststrom	Fehlerstrom
			1 		
			2 		
			3 		
			4 		
			5 		
			6 		
			7 		
			8 		
			9 		
			10 		

3 RCD-Einteilung nach Auslöseverzögerung

FI-Schutzeinrichtungen werden auch nach ihrer Reaktionszeit im Fehlerfall unterschieden. Es gibt RCD's in unverzögerten, kurzzeitverzögerten und verzögerten (selektiven) Ausführungen.

► Typ G kurzzeitverzögert

Ein österreichisches Spezifikum ist der Schutzschalter Typ G, bei dem eine integrierte Kurzzeitverzögerung eine unerwünschte Auslösung bei kurzzeitig auftretenden Überspannungen oder bei Stoßströmen bis 3 kA verhindert.

In Deutschland wird dieser RCD-Typ mit K bezeichnet.

► Typ K superresistent

Bei elektrischen Verbrauchern, die beim Einschalten kurzzeitig hohe Ableitströme verursachen (z.B. Frequenzumrichter und Entstörkondensatoren) kann es zum unerwünschten Auslösen einer FI-Schutzeinrichtung kommen. Für derartige Anwendungen werden kurzzeitverzögerte FI-Schutzschalter Typ K mit 10 ms Verzugszeit eingesetzt. Superresistente RCD's weisen eine erhöhte Stoßstromfestigkeit von min. 3 kA auf.

► Typ S selektiv

Um bei einer Reihenschaltung von FI-Schutzeinrichtungen die erwünschte Selektivität zu erreichen, müssen die eingesetzten Geräte sowohl in der Auslösezeit als auch im Fehlerstrombereich entsprechend bemessen sein.

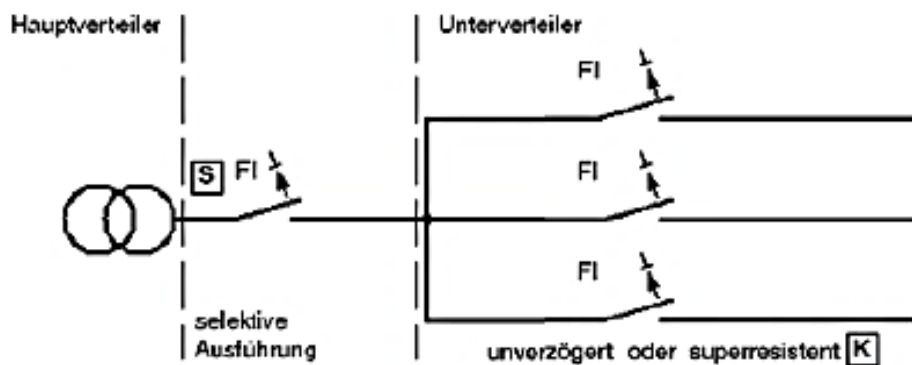


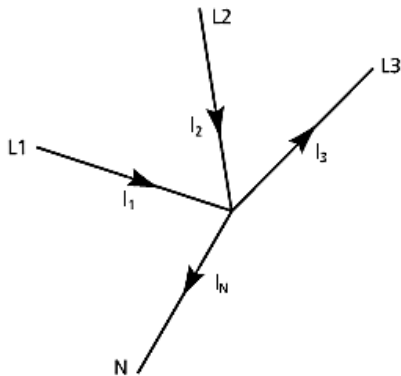
Abb. 3-1

FI-Schutzeinrichtungen mit gestaffelter Abschaltung

Selektive FI-Schutzschalter Typ S mit 40 ms Verzugszeit besitzen eine erhöhte Stoßstromfestigkeit von min. 5 kA. Der vorgeschalteten RCD ist immer ein S-Typ mit einem $I_{\Delta N}$ von min. $3 \times I_{\Delta N}$ des nachgeschalteten Schutzgerätes.

4 Messprinzip von Fehlerstromschutzeinrichtungen

Bekanntlich ist nach dem 1. Kirchhoff'schen Gesetz die Summe aller Ströme in einem Knotenpunkt gleich Null (zu- und abliessende Ströme sind gleich gross). FI-Schutzeinrichtungen machen von dieser physikalischen Gesetzmässigkeit Gebrauch. Ist die resultierende Stromsumme Null, erfolgt keine Auslösung. Bei einer Differenz dagegen spricht die Schutzeinrichtung an. Ein über den Schutzleiter oder die Erde abfliessender Fehlerstrom $I_{\Delta N}$ induziert im Summenstromwandler einen magnetischen Fluss, der eine Abschaltung des defekten Anlageteils resp. Betriebsmittels zur Folge hat.



Knotenpunktsatz

$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0$$

Abb. 4-1

Ströme in einem Knotenpunkt

Fehlerhafte Isolationen von elektrischen Betriebsmitteln und/oder unterbrochene oder fehlende Schutzleiter führen oft zu gefährlichen Konstellationen. Für Personen wirkt sich eine Berührungsspannung von über 50 Volt A.C. meist fatal aus.

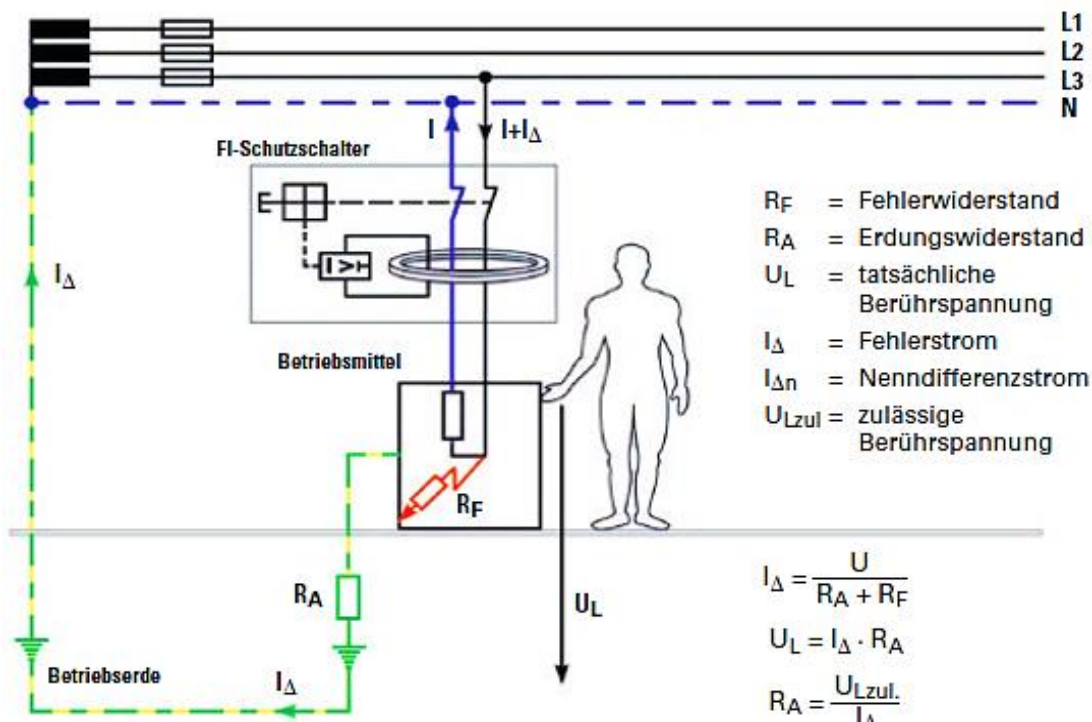


Abb. 4-2

Messprinzip eines FI-Schutzschalters

Um den Personen- und Brandschutz zu gewährleisten, werden seit den 1970er Jahren erfolgreich Fehlerstromschutzeinrichtungen eingesetzt.

a) Durch den Einsatz hochempfindlicher RCD's mit einem Bemessungsfehlerstrom von 30 mA wird bereits ein wirksamer Personenschutz erzielt.

b) Durch den Einsatz von RCD's mit einem Bemessungsfehlerstrom von 300 mA wird ein wirksamer Brandschutz erzielt.

5 Zusatzschutz bei Nullung

Nach NIN 2015 sind in genullten Netzen (Abb. 5-1) FI-Schutzvorrichtungen für sämtliche Steckdosen in Wohnungen vorgeschrieben.

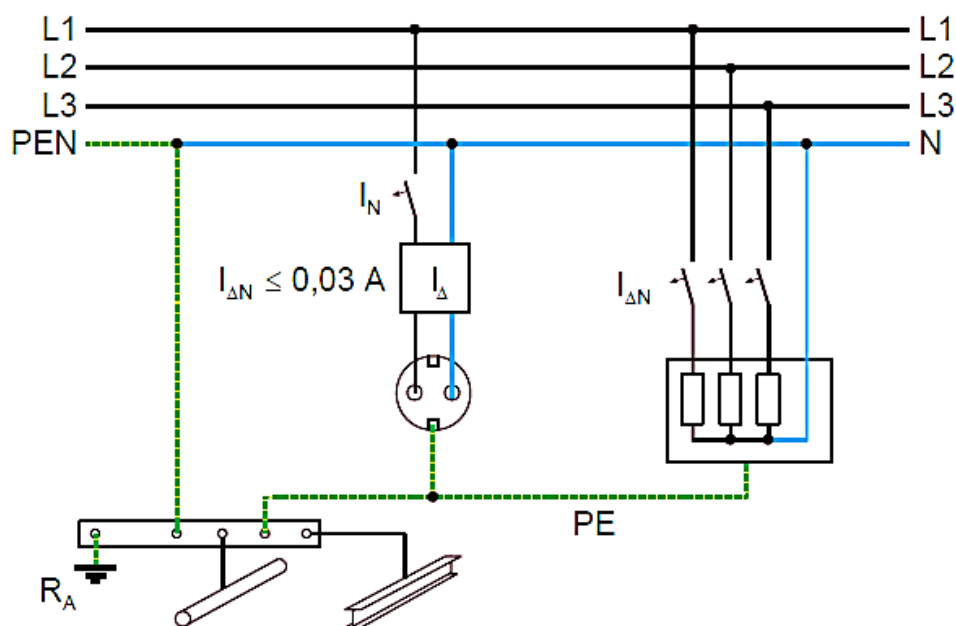


Abb. 5-1

Zusätzlicher Personenschutz durch FI-Schutzeinrichtung in genullten Netzen

5 RCD-Prüfung

► Funktionsprüfung

FI-Schutzschalter müssen bei Betätigung der Prüftaste auslösen.

► Auslösefunktion

Mittels eines geeigneten NIV-Prüfgerätes ist die Auslösung zu überprüfen.

6 Literatur

- H.R. Ris, Elektrische Installationen und Apparate (Electrosuisse)

- Diverse Fachartikel von Siemens, ABB, Schrack, Doepke u.a.m.