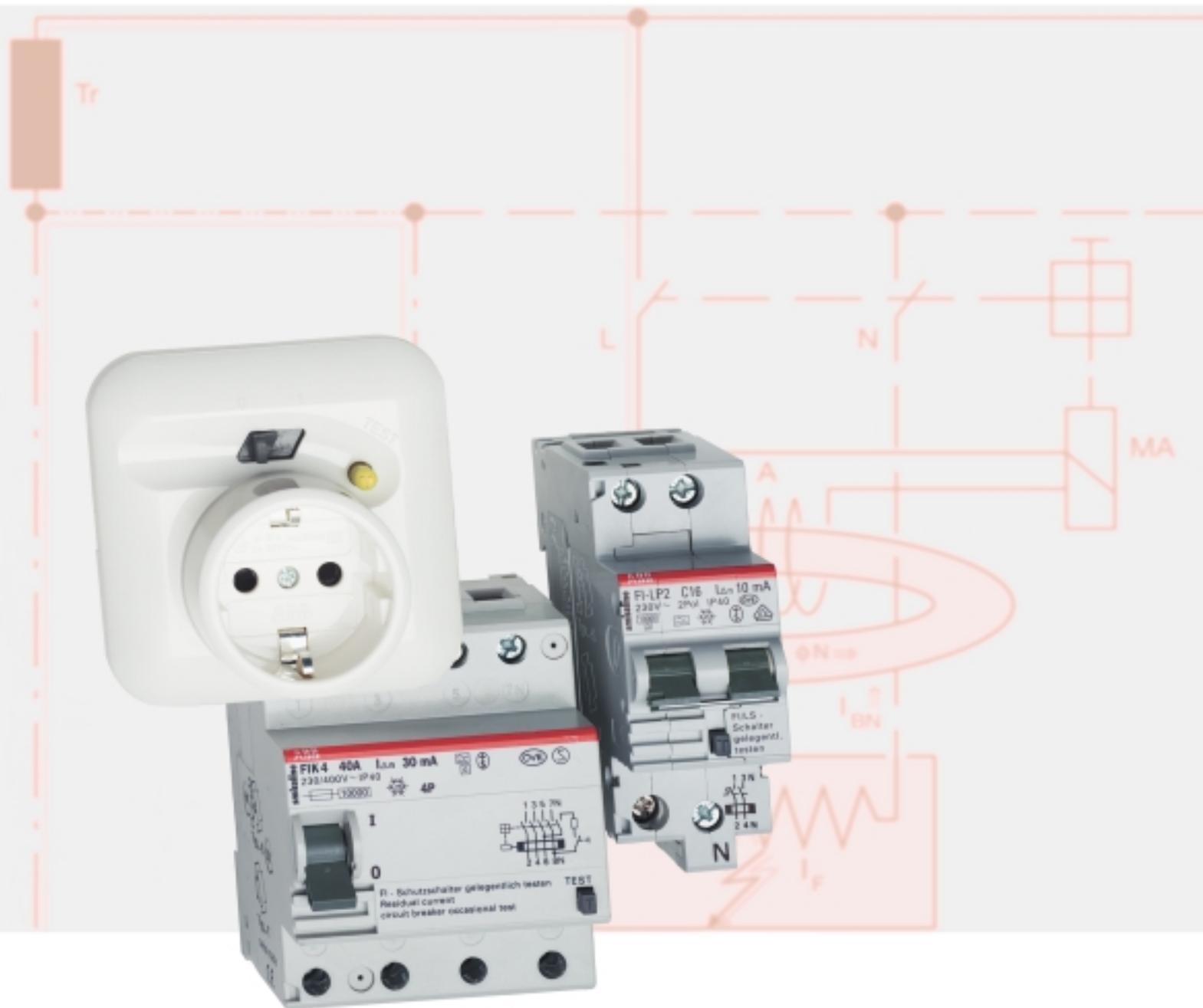


20103/C



Fehlerstromschutzschaltung Funktion und Anwendung

Inhaltsverzeichnis

1. Das Gefahrenpotential der elektrischen Energie

- 1.1 Verteilnetze
- 1.2 Gefahrensituationen
 - 1.1.1 Gefahrensituationen für Menschen
 - a. Indirekte Berührung
 - b. Direkte Berührung
 - 1.2.2 Körperwiderstände, Körperströme
 - 1.2.3 Wirkung des elektrischen Stromes auf den Menschen
 - 1.2.4 Wirkung des elektrischen Stromes auf Sachen

2. Schutz gegen die Gefahren der elektrischen Energie

- 2.1 Schutz durch Isolation
- 2.2 Schutz durch Kleinspannung
- 2.3 Schutz durch Fehlerstromschutzschaltung
 - 2.3.1 Funktion der Fehlerstromschutzschaltung

3. Aufbau der Fehlerstromschutzeinrichtungen

- 3.1 Allgemeines
- 3.2 Summenstromwandler
- 3.3 Schaltschloss
- 3.4 Magnetauslöser
- 3.5 Prüfstromkreis
- 3.6 Kontaktsystem
 - 3.6.1 Allpolige Abschaltung
 - 3.6.2 Elektrische Eigenschaften
- 3.7 Abschaltzeiten
 - 3.7.1 Unverzögerte Fehlerstromschutzschalter (Typ FI)
 - 3.7.2 Kurzverzögerte Fehlerstromschutzschalter (Typ FIK)
 - 3.7.3 Selektive Fehlerstromschutzschalter (Typ FIS)

4. Einflüsse auf die Funktion der Fehlerstromschutzeinrichtungen

- 4.1 Temperatur
- 4.2 Gleichströme
- 4.3 Pulsierende Gleichfehlerströme
- 4.4 Frequenz

5. Auslösebedingungen

6. Aufschriften

7. Produkte für den Fehlerstromschutz

1. Das Gefahrenpotential der elektrischen Energie

Wie alle anderen Energieformen kann auch die Elektrizität gefährlich werden. Durch Fehler in der Installation oder an elektrischen Geräten können Gebäude in Brand gesetzt, Menschen und Tiere verletzt, im Extremfall sogar getötet werden. Gefährdet sind nicht nur Laien, denen oft fehlendes Fachwissen zum Verhängnis wird, sondern auch Fachleute, wenn sie – meist unter Zeitdruck – Sicherheitsvorschriften missachten.

1.1 Verteilnetze

Dass «Strom» gefährlich ist, wenn man zwei Leiter gleichzeitig berührt, ist bekannt. Man wird sich deshalb kaum mutwillig dieser Gefahr aussetzen. Weit weniger bekannt aber ist, weshalb auch eine Gefahr besteht, wenn man nur einen Leiter berührt. Die Ursache liegt darin, dass praktisch alle Verteilnetze geerdet sind und dass somit bei Berührung durch den Körper ein Stromkreis geschlossen wird. Glücklicherweise können die Risiken, die durch die Erdung der Netze gegeben sind, mit Hilfe der Fehlerstromschutzschaltung zum grossen Teil eliminiert werden. Die Bilder 1 bis 4 zeigen Beispiele von geerdeten Netzen.

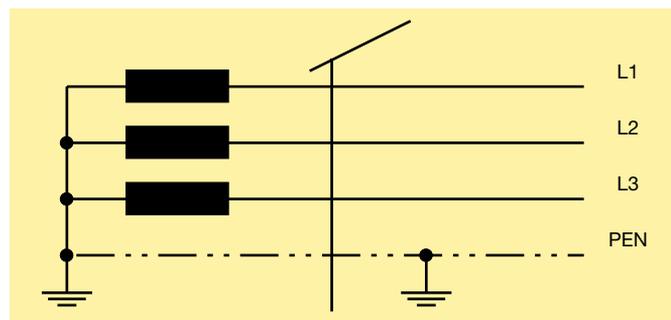


Abbildung 2: TN-C-Netz

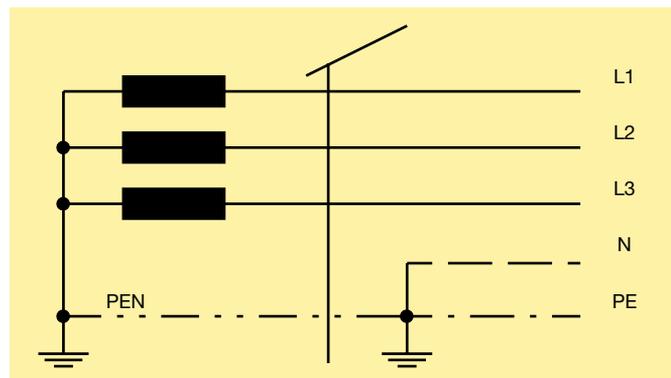


Abbildung 2: TN-S-Netz

Die Bilder 1 bis 3 zeigen die Sekundärwicklungen eines Netztransformators für das in Europa am weitesten verbreitete Drehstromnetz 400/230 V. Die Wicklungsenden bilden einen Sternpunkt, der aus Sicherheitsgründen mit der Erde verbunden wird.

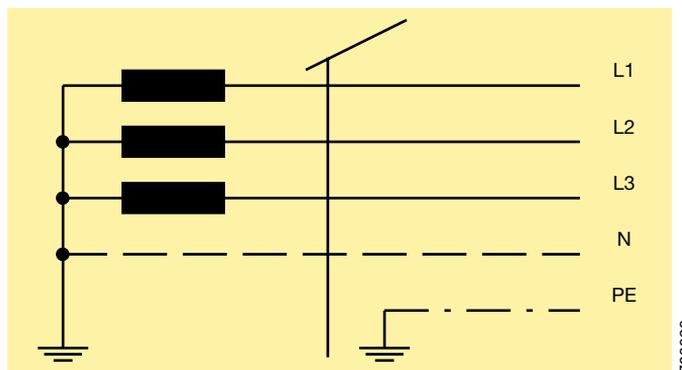


Abbildung 3: TT-Netz

An der gleichen Erde angeschlossen sind im TN-Netz der PEN-Leiter, im TT-Netz der Neutraleiter. Die anderen Wicklungsenden speisen die Polleiter L1, L2 und L3, die auch als Aussenleiter oder Phasen bezeichnet werden. Ihre Spannung gegen Erde beträgt 230 V. Sowohl beim TN-C- wie auch beim TN-S-Netz wird der PEN-Leiter am Hausanschlusspunkt geerdet. Beim TN-S-Netz wird der PEN-Leiter am Hausanschlusspunkt in PE-Leiter und den Neutraleiter aufgeteilt. Da im Gegensatz zum TN-Netz beim TT-Netz kein Schutzleiter vom Netztransformator zum Hausanschluss geführt wird, muss für den PE-Leiter ein separater Erder erstellt werden.

Die Abbildung 4 zeigt die Sekundärwicklungen eines Netztransformators des in Industriebetrieben immer noch verwendeten 3x500-V-Drehstromnetzes. Auch in diesem wird der Sternpunkt, an dem der PE-Schutzleiter angeschlossen ist, geerdet. Das 3x500-V-Drehstromnetz kennt aber weder einen PEN- noch einen Neutraleiter. Die Spannung gegen Erde beträgt

$$U_{L-PE} = 500V / \sqrt{3} = 290V$$

Gleich aufgebaut ist das 3x690-V-Industrienetz, das sich aber nicht durchsetzen konnte. Bei diesem Netz beträgt die Spannung gegen Erde

$$U_{L-PE} = 690V / \sqrt{3} = 400V$$

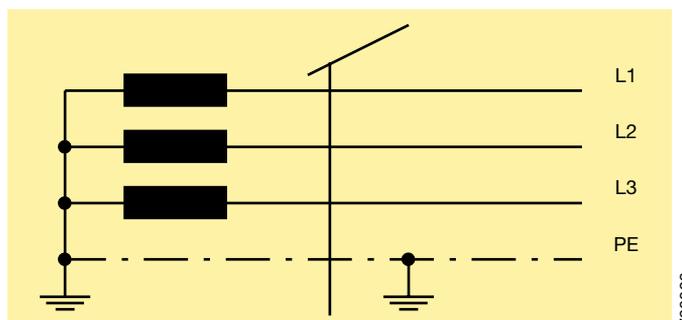


Abbildung 4: 3x500V Netz

1. Das Gefahrenpotential der elektrischen Energie

1.2 Gefahrensituationen

Gemäss den internationalen Normen darf beim Auftreten eines ersten Fehlers, zum Beispiel beim Versagen der Isolation in einem Elektrogerät, keine Gefahr entstehen. Deshalb müssen berührbare Metallteile mit dem Schutzleiter, das heisst mit der Erde verbunden sein. Die Abbildung 5 zeigt das Schema für einen einpoligen Verbraucher.

Tritt im Innern des Gerätes V ein Isolationsdefekt auf,

fliesst ein Fehlerstrom I_F auf das geerdete Gehäuse des Gerätes V. Der in der Zuleitung zum Verbraucher V fließende Betriebsstrom I_B ist für den Verlauf des Fehlerstromes I_F nicht relevant. Der Fehlerstrom I_F teilt sich beim Erdungspunkt auf. Der Teilstrom $I_{F'}$ fliesst über den PEN-Leiter, der Teilstrom $I_{F''}$ über die Erde zum Transformator zurück. Bei einem niederohmigen Erdschluss im Gerät V ist der Fehlerstrom I_F so gross, dass das vorgeschaltete Überstromschutzorgan S das defekte Gerät V in kurzer Zeit abschaltet.

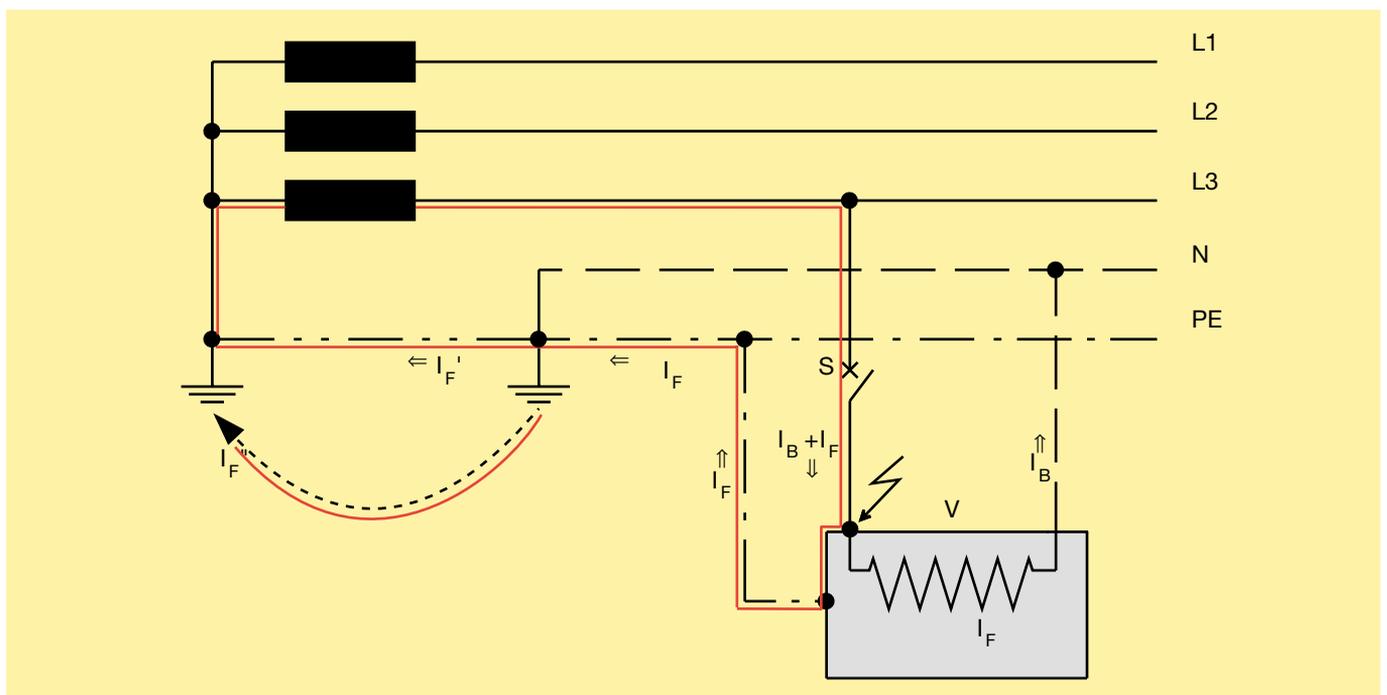


Abbildung 5: TN-S Netz mit defektem Verbraucher

1.2.1 Gefahrensituationen für Menschen

Grundsätzlich ergibt sich eine gefährliche Situation, wenn ein Mensch (oder ein Tier) infolge eines Defekts an einem Elektrogerät, einer defekten Isolation oder aus Unachtsamkeit und Leichtsinn unter Spannung gerät. Durch seinen Körper fliesst ein Strom, dessen Gefährlichkeit von der Intensität (Stromstärke) und der Dauer abhängt. Die Normen unterscheiden zwischen indirekter und direkter Berührung.

a. Indirekte Berührung

Berührt ein mit der Erde verbundener Mensch ein defektes mit geerdetem Metallgehäuse versehenes Elektrogerät (Abbildung 6), so spricht man von indirekter Berührung.

1. Das Gefahrenpotential der elektrischen Energie

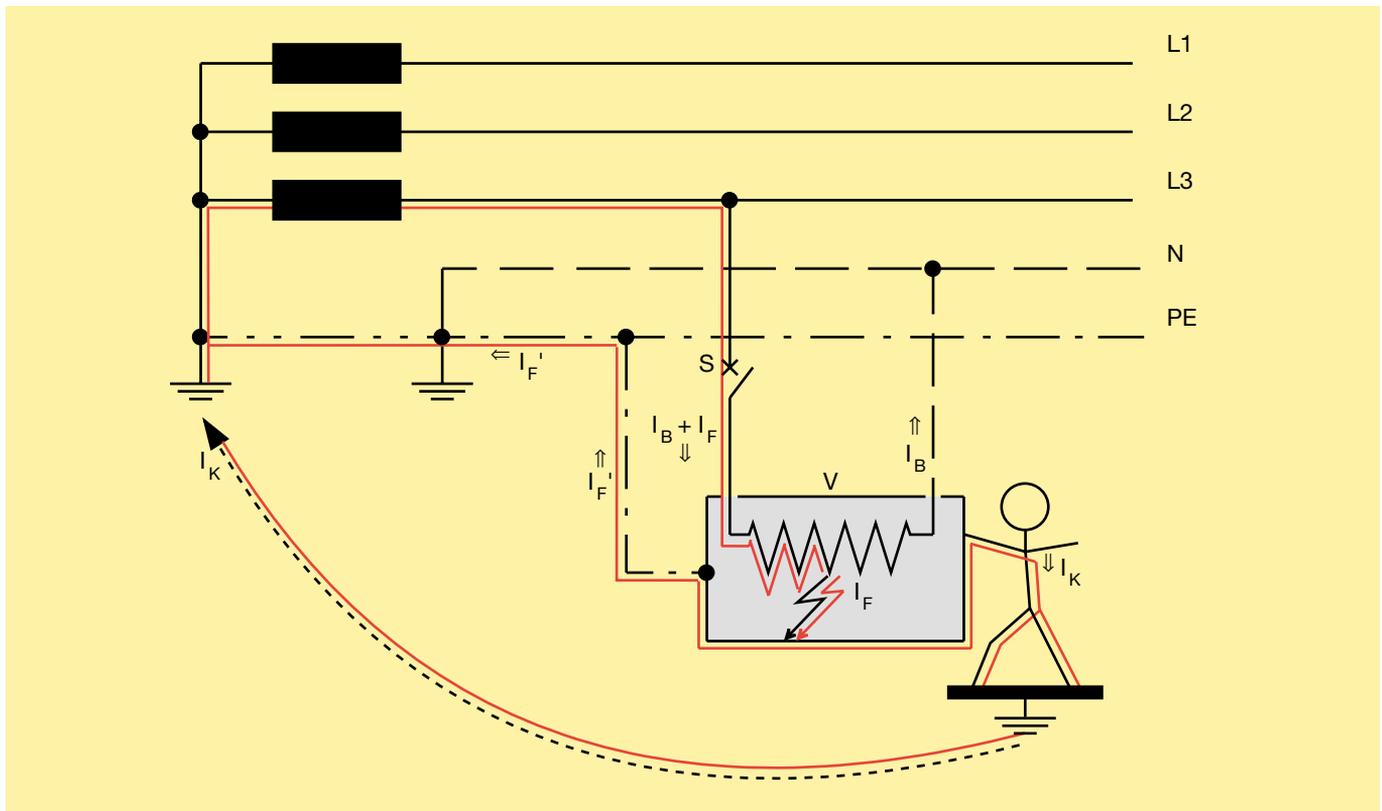


Abbildung 6: Indirekte Berührung im TN-S Netz

Bei einem Isolationsdefekt im Gerät V ist der Fehlerstrom I_F wegen der inneren Impedanz des Geräts relativ klein, so dass das unter 1.2 erwähnte Überschutzorgan S nicht oder erst nach einer gewissen Zeit abschaltet. Der Fehlerstrom I_F teilt sich auf. Der Teilstrom $I_{F'}$ fließt über den Schutzleiter PE, den PEN-Leiter und die Erde zum Sternpunkt des Transformators, während der Teilstrom I_K über den Menschen und die Erde zum Transformator zurück fließt. Die Aufteilung von I_F in die Teilströme $I_{F'}$ und I_K geschieht umgekehrt proportional zu den Widerständen, welche die Ströme durchfließen. Bei einem einwandfrei geerdeten Gerät beträgt der Erdungswiderstand nur wenige Ohm. Der Widerstandswert eines menschlichen Körpers hingegen liegt bei mindestens 1000 Ohm. Deshalb ist der Körperstrom I_K kaum höher als 0,2% des Fehlerstromes I_F . Bei einem Fehlerstrom I_F von beispielsweise 10 A beträgt der über den Menschen fließende Strom I_K etwa 20 mA. Dieser Strom wird zwar deutlich und sehr unangenehm wahrgenommen; es besteht aber weder Lebens- noch Verletzungsgefahr. Eine möglichst niederohmige Erdverbindung ist daher die erste Sicherheitsmassnahme.

Vor allem bei transportablen Elektrogeräten besteht das Risiko, dass der Schutzleiter unterbrochen wird.

Das Gerät funktioniert wahrscheinlich noch einwandfrei; deshalb wird dieser Fehler selten bemerkt. Tritt dazu noch ein Isolationsdefekt auf, fließt bei einer Berührung des nun nicht mehr geerdeten Metallgehäuses des Elektrogerätes der gesamte Fehlerstrom über den Menschen. Aufgrund der vom Strom verursachten Verkrampfung kann das Gerät oft nicht mehr losgelassen werden; ein schwerer, vielleicht sogar tödlicher Unfall kann die Folge sein. Eine derartige Gefahrensituation kann durch den Einsatz eines Fehlerstromschutzschalters von 10 mA oder 30 mA Nennauslösestrom ausgeschlossen werden.

b. Direkte Berührung

Von einer direkten Berührung spricht man dann, wenn ein Mensch ein nichtisoliertes spannungführendes Teil berührt. Der Körperstrom I_K ist dann bestimmt durch die Spannung gegen Erde sowie den Widerstand, über den der Strom zum Sternpunkt des Transformators fließt. Der Körperstrom ist meistens derart hoch, dass für den Betroffenen akute Lebensgefahr besteht. In diesem Fall ist der Einsatz eines Fehlerstromschutzschalters mit 10 mA oder 30 mA Nennauslösestrom die einzige zuverlässige Massnahme, die einen eventuell tödlichen Unfall verhindert.

1. Das Gefahrenpotential der elektrischen Energie

1.2.2 Körperwiderstände, Körperströme

Sowohl bei der direkten als auch bei der indirekten Berührung hängt der Betrag des Körperstroms I_K von der Grösse der Spannung eines Polleiters gegen Erde sowie vom Betrag der zwischen Polleiter und Transformatorsternpunkt gemessenen Impedanz ab.

Begrenzend auf die Grösse des Körperstroms I_K wirken folgende Widerstände:

- Leiterwiderstand
- Restwiderstand der defekten Isolation
- Körperwiderstand
- Übergangswiderstand zur Erde
- Erdwiderstand

Den grössten Wert besitzt der Körperwiderstand, so dass die übrigen Widerstände meist vernachlässigt werden, ausser in jenen Fällen, bei denen der Übergangswiderstand zur Erde zu berücksichtigen ist. Genaue Werte für den Körperwiderstand können nicht angegeben werden; zu viele Parameter haben einen Einfluss. Neben situationsbedingten Eigenschaften

wie Grösse der Berührungsfläche, trockene oder feuchte Haut haben auch die Beschaffenheit der Haut und die Berührungsspannung einen Einfluss. Der Widerstand der Haut nimmt mit steigender Spannung ab. Bei 50% der Bevölkerung ist der Körperwiderstand bei einer grossflächigen Hand-Hand-Berührung und einer Spannung von 25 V nicht grösser als 3250 Ω . Bei einer Spannung von 230 V beträgt der Körperwiderstand unter den gleichen Berührungsbedingungen nur noch 1350 Ω . Messungen zeigen, dass ein Körperwiderstand von 1000 Ω kaum unterschritten wird. Eine Ausnahme von dieser Aussage betrifft die Situation, in der sich eine badende Person befindet. Bei dieser grossflächigen Berührung der Haut mit dem leitenden Medium beträgt der Körperwiderstand nur einige hundert Ohm. In Tabelle 7 sind für verschiedene Berührungssituationen die entsprechenden Körperwiderstände und die bei einer Berührungsspannung von 230 V fliessenden Körperströme zusammengestellt.

Art der Berührung	Körperwiderstand bei 230 V	Körperstrom bei einer Spannung von 230 V
Grossflächig und nass	400 ... 500	460 mA ... 575 mA
Hand – Hand	1500 ... 2000	115 mA ... 155 mA
Hand – nackte Füsse	1200 ... 1500	155 mA ... 190 mA
Hand – Füsse mit trockenen Lederschuhen	5000 ... 15000	15 mA ... 46 mA

Tabelle 7

1.2.3 Wirkung des elektrischen Stromes auf den Menschen

Bei vielen Stromunfällen ist das Herz betroffen. (Hand-Hand Berührung, Hand-Fuss Berührung, Badewannenunfälle). Ein durch den Körper fliessender Wechselstrom kann ein meist tödliches Herzkammerflimmern auslösen. An Hunden, Schafen und Schweinen wurden umfassende Versuche zur Ermittlung der Flimmerschwelle durchgeführt und aufgrund von Erkenntnissen der Humanmedizin auf das menschliche Herz umgerechnet. Die IEC hat auf dieser Basis eine Sicherheitskurve für Wechselströme von 50/60 Hz festgelegt. Die Abbildung 8 zeigt den Gefahrenverlauf für Körperströme in Abhängigkeit von der Einwirkungsdauer.

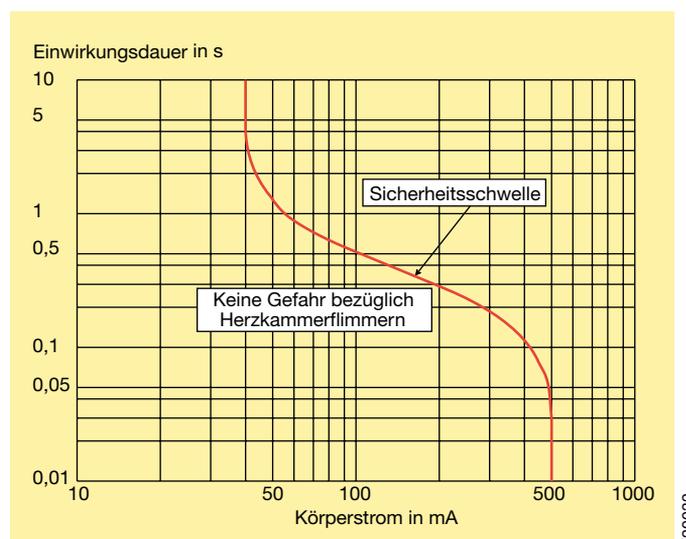


Abbildung 8: Gefahrenverlauf für Körperströme

1. Das Gefahrenpotential der elektrischen Energie

Glücklicherweise führt bei weitem nicht jeder Kontakt mit Elektrizität zu einer Verletzung oder gar zum Tod. Wird nämlich ein spannungsführender Gegenstand nur berührt und nicht umklammert, so kann sich der Gefährdete dank der Muskelreaktion meistens vom Gegenstand lösen. Trotzdem sind die meisten Begegnungen mit der elektrischen Energie bei einer Spannung von mehr als etwa 100 V sehr unangenehm oder sogar schmerzhaft. Tabelle 9 zeigt die Wirkung von Körperströmen unterhalb der Sicherheitskurve des Herzkammerflimmerns.

1.2.4 Wirkung des elektrischen Stromes auf Sachen

In Presseberichten über Brände, welche auf Einwir-

kung der Elektrizität zurückzuführen sind, ist meist von Kurzschlüssen die Rede. Dabei sind es sehr oft nicht Kurzschlüsse, sondern Kriechströme, welche den Brand entfachten. Wenn über feuchtes brennbares Material – zum Beispiel über Holz – ein Strom fließt, verkohlt dieses Material. Sein Widerstand sinkt, der Strom steigt an, und nach einer gewissen Zeit vermag die im Material umgesetzte Energie, das Material zu entzünden. Versuche haben gezeigt, dass zur Entzündung von Holz eine Stromstärke von 500 mA genügt. Eine akute Brandgefahr besteht zum Beispiel dann, wenn in einer Scheune ein auf einer Holzwand montiertes Kabel eine Beschädigung aufweist und infolge eines undichten Scheunendaches Wasser auf die defekte Stelle gelangt.

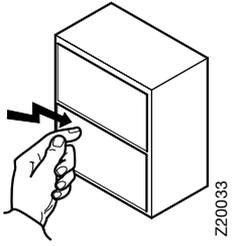
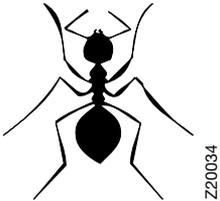
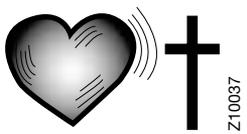
Körperstrom	Empfindung	Wirkung
0,5 mA  Z20033	nicht spürbar, Ausnahme: Fingerspitzen, Zunge, Stromfluss über Wunden	ungefährlich
3 mA  Z20034	fühlt sich wie «Ameisenlaufen»	ungefährlich
15 mA  Z20035	Loslassgrenze: ein umfasster Gegenstand kann nicht mehr losgelassen werden	unangenehm, aber ungefährlich
40 mA  Z20036	Verkrampfung der Zwerchfellmuskulatur	Erstickungsgefahr bei einer Einwirkungsdauer von einigen Minuten
80 mA  Z10037	Herzkammerflimmern	tödlich

Tabelle 9

2. Schutz gegen die Gefahren der elektrischen Energie

Einen absoluten Schutz gegen die Gefahren der elektrischen Energie gibt es nicht. Die Unfallstatistiken zeigen aber, dass die Technik die Risiken, welche von der elektrischen Energie ausgehen, im Griff hat. Als Schutzmassnahmen stehen vor allem die Isolation, die Anwendung von Kleinspannung und die Fehlerstromschutzschaltung zur Verfügung.

2.1 Schutz durch Isolation

Die wohl wichtigste Schutzmassnahme ist eine einwandfreie Isolation. Handgeführte Elektrogeräte werden heute oft mit einer Schutzisolation oder doppelten Isolation gebaut (Schutzklasse II). Wenn an einer elektrischen Anlage gearbeitet wird, müssen benachbarte spannungführende Teile sorgfältig abgedeckt werden. Der zeitliche Aufwand für diese Vorsichtsmassnahme ist immer gerechtfertigt, denn damit können viele oft tragisch ausgehende Unfälle vermieden werden. Auch ein isolierter Standort, zum Beispiel durch einwandfreie Gummistiefel, stellt einen guten Unfallschutz dar. Allerdings besteht auch mit Gummistiefeln kein Schutz, wenn mit der einen Hand ein spannungführendes Teil und mit einem anderen Körperteil ein geerdetes Teil berührt wird.

2.2 Schutz durch Kleinspannung

Bei einer Berührung von leitenden Teilen verschiedenen Potentials ist der Körperstrom durch die anliegende Spannung und den Körperwiderstand gegeben. Bei einer Spannung von 230 V wird mit einem Körperwiderstand von 1000 Ω gerechnet. Bei einer Spannung von 50 V ist der Körperwiderstand etwa das Doppelte, also 2000 Ω . Lebensgefahr besteht erst bei Körperströmen von mehr als 40 mA. Daraus ergibt sich eine zulässige ungefährliche Berührungsspannung von 2000 Ω x 40 mA = 80 V. Wechselspannungen von 50 V und kleiner gelten als Kleinspannung und werden zum Beispiel für Unterwasserbeleuchtungen und die vielen über steckbare Transformatoren betriebenen elektronischen Geräte eingesetzt. Bei Spannungen unter 25 V müssen spannungführende Teile nicht mehr abgedeckt werden. Anwendungsbeispiele sind elektrische Spielzeugeisenbahnen und Niedervolt-Halogenlampen.

2.3 Schutz durch Fehlerstromschutzschaltung

Etwa 75% der Elektrounfälle oder der elektrisch gezündeten Brände sind auf einen Stromfluss gegen Erde zurückzuführen. Die zur Erde fliessenden Ströme werden von der Fehlerstromschutzschaltung erkannt, und die Zuleitung wird abgeschaltet. Ist der Nennauslösestrom der Fehlerstromschutzschaltung richtig ausgewählt, können diese Unfälle und Brandfälle verhindert werden. Die Fehlerstromschutzschaltung bietet aber keine Schutzmöglichkeit, wenn kein Strom auf die Erde abfliesst. Zurzeit gibt es leider kein Gerät, das zu erkennen vermag, ob ein Mensch oder eine elektrische Zahnbürste zwischen einem Pol- und dem Neutralleiter «angeschlossen» ist. Auch bei Wechselspannungen von mehr als 500 V gegen Erde bietet der Fehlerstromschutzschalter bei Direktberührung keinen Schutz, da der dabei auftretende hohe Fehlerstrom trotz schnellem Abschalten Herzkammerflimmern auslösen kann.

2.3.1 Funktion der Fehlerstromschutzschaltung

Das Prinzip der Fehlerstromschutzschaltung beruht auf dem Vergleich der Ströme, die vom Netz zu einem Energieverbraucher zu- und von diesem ins Netz zurückfliessen. Die Abbildung 10 zeigt die Situation anhand eines einpoligen Verbrauchers.

2. Schutz gegen die Gefahren der elektrischen Energie

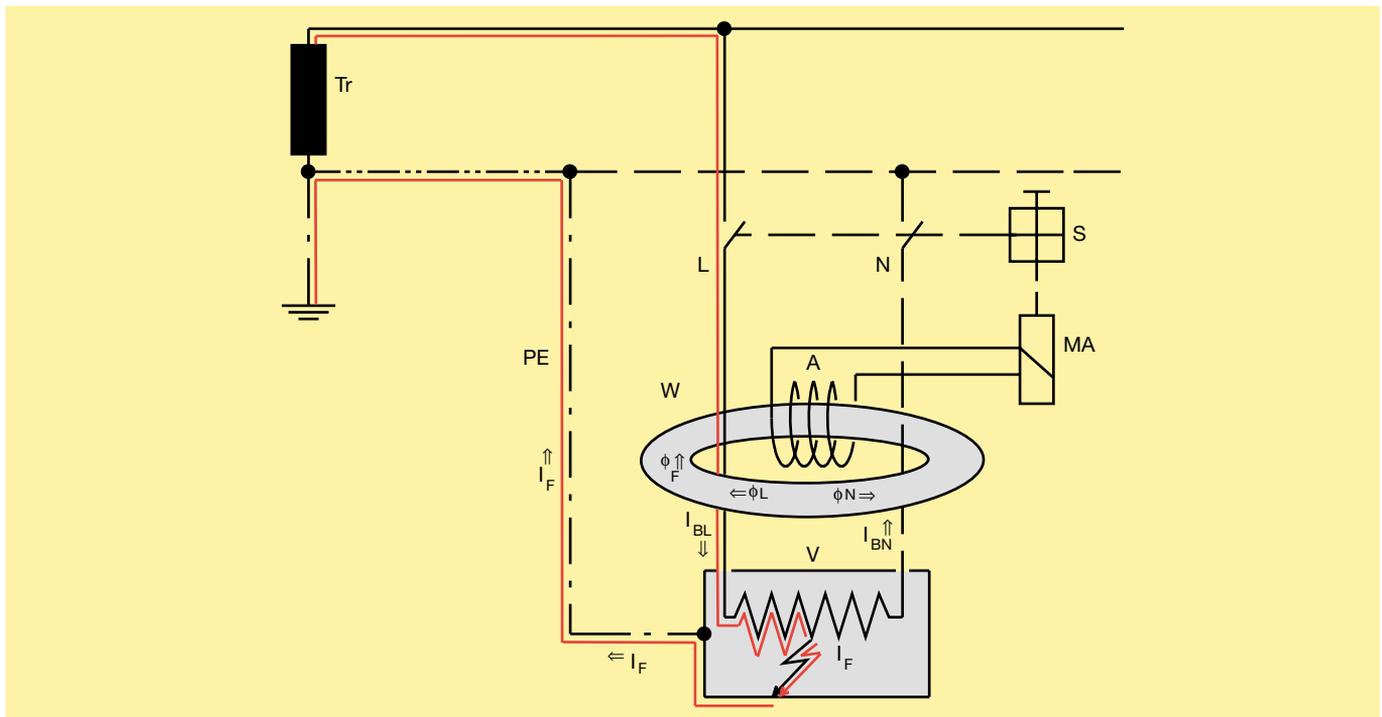


Abbildung 10: Funktion der Fehlerstromschutzschaltung

Für Drehstromsysteme mit oder ohne Neutralleiter ist die Funktion grundsätzlich die gleiche. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist die Stromquelle nur einpolig gezeichnet.

Sowohl der oder die Polleiter als auch der Neutralleiter sind durch den ringförmigen, aus weichmagnetischem Material bestehenden Summenstromwandler W geführt. Von der Stromquelle Tr fließt über den Polleiter L der Betriebsstrom I_{BL} zum Verbraucher V und von diesem über den Neutralleiter N (Strom I_{BN}) zurück zur Stromquelle. Die gleich grossen, aber in entgegengesetzter Richtung fließenden Ströme I_{BL} und I_{BN} erzeugen die gleich grossen entgegengesetzt gerichteten Magnetflüsse (oder richtiger Magnetwechselflüsse) Φ_L und Φ_N . Diese addieren sich im Summenstromwandler W zu null.

Entsteht im Innern des Verbrauchers V ein Isolationsdefekt, fließt zusätzlich ein Fehlerstrom I_F über die Fehlerstelle auf das Gehäuse des Verbrauchers und von dort über den Schutzleiter PE zur Stromquelle Tr zurück. Berührt ein mit der Erde verbundener Mensch das Elektrogerät, fließt der Strom, oder ein Teil desselben, über den Menschen und die Erde zur Stromquelle zurück. Der Fehlerstrom I_F erzeugt im Summenstromwandler W den Magnetfluss Φ_F .

Auf dem Summenstromwandler W ist eine Sekundärwicklung A aufgebracht. Der Magnetwechselfluss Φ_F induziert in dieser eine Spannung, welche ein elektromechanisches Auslöserrelais MA mit sehr geringer Ansprechleistung aktiviert. Dieses wiederum bewirkt über das Schaltschloss S und die Kontakte die Abschaltung des defekten Verbrauchers.

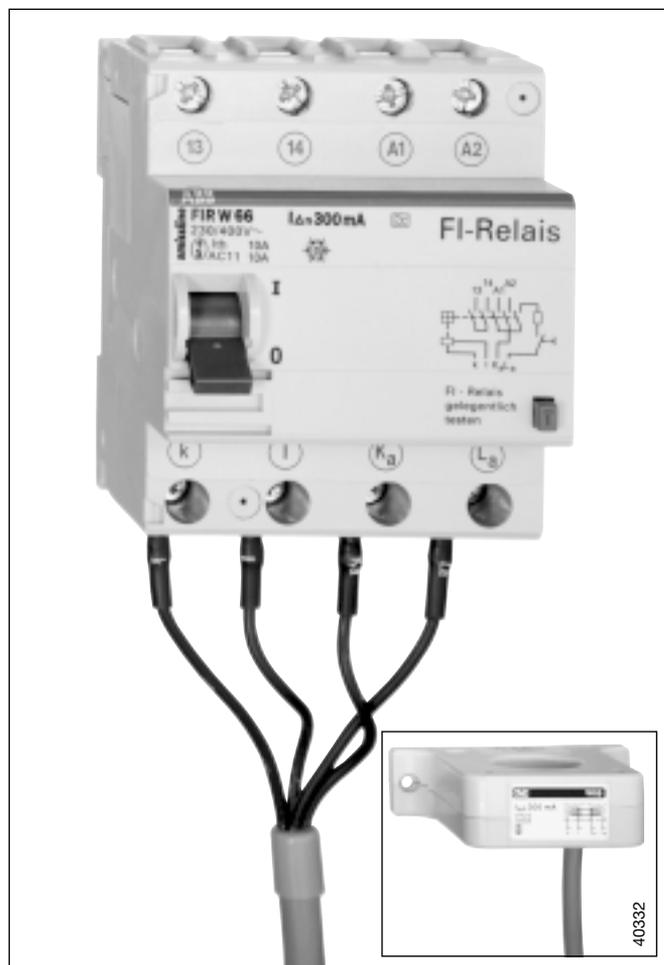
3. Aufbau der Fehlerstromschutzeinrichtungen

3.1 Allgemeines

Fehlerstromschutzeinrichtungen bestehen aus Summenstromwandler, Auslöserelais und Schaltschloss mit dem Kontaktsystem. Zusätzlich wird von den Normen ein Prüfstromkreis gefordert. Dieser hat aber keinen Einfluss auf die Funktion. Bei Fehlerstromschutzschaltern sind alle Teilsysteme in einem Gehäuse vereint. Sie sind für Nennströme bis 125 A erhältlich. Die Nennauslöseströme, das heisst die Fehlerströme, bei denen die Schalter ansprechen müssen, betragen 10 mA, 30 mA und 300 mA.



Fehlerstromschutzschalter



FI-Relais mit Summenstromwandler

Für Nennströme über 125 A werden die Fehlerstromschutzeinrichtungen meistens aus einzelnen Komponenten aufgebaut wie:

- Summenstromwandler
- Fehlerstromrelais mit Auslöserelais, Hilfskontaktsystem und Prüfkreis
- Schaltelement mit Nullspannungsauslösung und genügendem Schaltvermögen

Beim Fließen eines Fehlerstromes unterbricht das Fehlerstromrelais einen Hilfsstromkreis und über eine Nullspannungsauslösung wird das Schaltelement ausgeschaltet. Als Schaltelement kann ein Leistungsschalter, ein Lastschalter oder ein Schütz verwendet werden. Wird ein Schütz als Schaltgerät verwendet, muss durch eine Abdeckung verhindert werden, dass Eingriffe in die Funktion, zum Beispiel die Blockierung der Abschaltung, nicht möglich sind.

3.2 Summenstromwandler

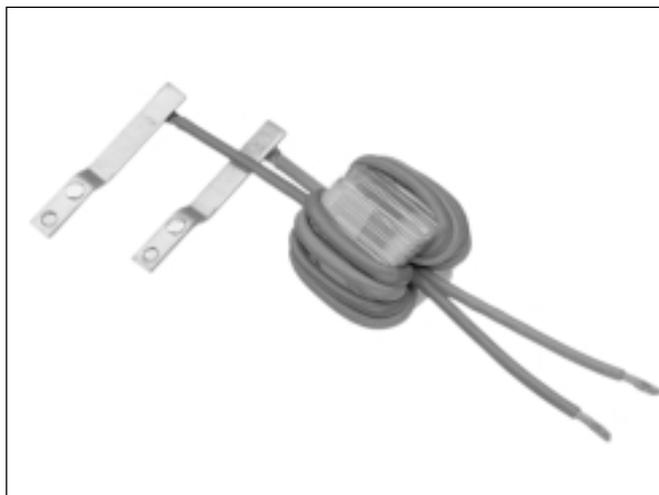
Der Kern des Summenstromwandlers besteht aus einem ringförmig gewickelten Band aus einer hochwertigen weichmagnetischen Legierung. Die zur Verfügung stehenden magnetischen Feldstärken sind besonders bei Fehlerstromschutzschaltern mit 10 mA und 30 mA Nennauslösestrom sehr gering. Trotzdem muss beim Fließen eines Fehlerstromes der Magnetfluss im Kern des Summenstromwandlers genügend gross sein, um in der Sekundärwicklung genügend Energie zu induzieren. Um die Durchflutung und damit die Feldstärke im Kern zu erhöhen, werden bei diesen Schaltern die Pol- und der Neutraleiter in mehreren Windungen um den Kern gewickelt. Aus Dimensions- und thermischen Gründen ist aber die Anzahl der Windungen beschränkt.

3. Aufbau der Fehlerstromschutzeinrichtungen



Kern eines Summenstromwandlers mit unterer Hälfte der Schutzhülle

40080



Bewickelter Summenstromwandler
Die Sekundärwicklung besteht aus mehreren Windungen mit kleinem Querschnitt

40081

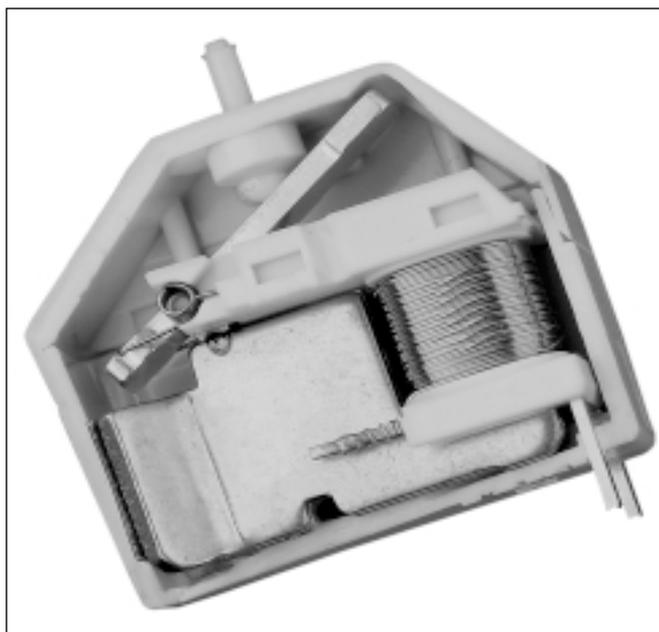
3.3 Schaltschloss

Das Schaltschloss muss mit einer Freiauslösung versehen sein. Beim Einschalten auf einen anstehenden Fehler muss der Schalter auch dann ausschalten können, wenn der Schalthebel in der EIN-Stellung festgehalten wird.

3.4 Magnetauslöser

Die von der Auslösewicklung des Summenstromwandlers abgegebene Energie reicht nicht aus, um den Anker eines Relais anzuziehen und über das Schaltschloss einen Fehlerstromschutzschalter auszuschalten. Diese Schwierigkeit bewältigt das Haltemagnetprinzip.

Beim ABB CMC Carl Maier AG Magnetauslöser werden zur Auslösung des Fehlerstromschutzschalters die in einer Feder und einem Permanentmagneten gespeicherten Energien herangezogen. Die Abbildung 11 zeigt das Funktionsprinzip.



Magnetauslöser

40115

3. Aufbau der Fehlerstromschutzeinrichtungen

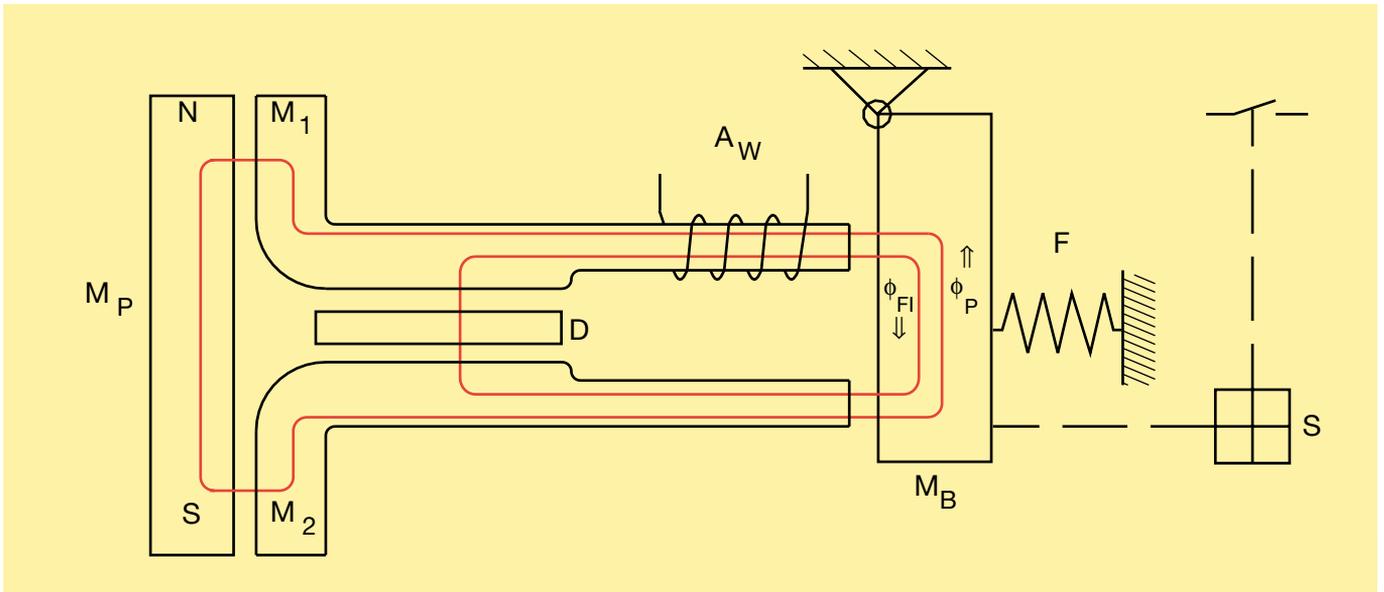


Abbildung 11: Funktion des Magnetauslösers

Z20038

Der Magnetauslöser MA besteht aus dem Permanentmagneten M_P , den beiden aus weichmagnetischem Material bestehenden Schenkeln M_1 und M_2 sowie dem Anker M_B . Auf dem Schenkel M_1 sitzt die Auslösewicklung A_W . Die Zugfeder F übt eine öffnende Kraft auf den Anker M_B aus. In der Ruhelage des Systems besteht die folgende Situation:

Der vom Permanentmagneten M_P erzeugte Fluss Φ_P verläuft über die Schenkel M_1 , den Anker M_B und den Schenkel M_2 zurück zu M_P . Die vom Fluss Φ_P erzeugte, auf den Anker M_B wirkende Anziehungskraft ist grösser als die Kraft der Feder F . Der Anker M_B liegt an den Schenkeln M_1 und M_2 .

Fliesst ein Fehlerstrom, wird in der Sekundärwicklung des Summenstromwandlers eine Wechselspannung induziert. Durch die Auslösewicklung A_W fließt ein Strom, welcher im Magnetauslöser M_A den Magnetfluss Φ_{FI} erzeugt. Je nach der Richtung (positive oder negative Halbwelle) der induzierten Spannung ist in der ersten oder in der zweiten Halbwelle des Fehlerstromes der Magnetfluss Φ_{FI} dem Magnetfluss Φ_P entgegengerichtet. Der Magnetfluss an den Polflächen wird geschwächt, sodass die Kraft der Zugfeder F den Anker M_B wegzuziehen vermag. Die Energie der Feder F entriegelt die Verklammerung des Schaltschlusses S , und die Kontakte des Fehlerstromschutzschalters öffnen sich. Schon während der Abschaltung drückt das Schaltschloss den Anker M_B wieder an die Schenkel M_1 und M_2 ; und der Fehlerstromschutzschalter ist für ein manuelles Einschalten bereit.

Der Luftspalt D zwischen den Schenkeln M_1 und M_2 steuert das Magnetfeld Φ_P . Ohne ihn würde sich der ganze vom Permanentmagneten erzeugte Magnetfluss Φ_P über die Schenkel M_1 und M_2 schliessen, und der Anker M_B würde nicht angezogen. Der Magnetfluss Φ_{FI} fließt über den durch den Luftspalt D , die Schenkel M_1 und M_2 sowie den Anker M_B gebildeten Kreis. Er fließt jedoch nicht über den Permanentmagneten M_P , da dieser einen zu hohen magnetischen Widerstand aufweist.

Die Herausforderung bei der Konstruktion des Magnetauslösers besteht in der richtigen Auswahl des weichmagnetischen Materials und der Dimensionierung der beschriebenen Teile. An die Fabrikation werden hohe Anforderungen gestellt. Die Montage erfolgt in Räumen mit hoher Reinheit. Die Auflageflächen des Ankers und der Schenkel müssen eine vorzügliche Oberflächengüte aufweisen. Die Firma ABB CMC Carl Maier AG hat in der Entwicklung und Herstellung von robusten Magnetauslösern mit niedriger Auslöseleistung eine mehr als 35jährige Erfahrung. In Fehlerstromschutzschalter des ABB-Konzerns sowie auch in Fehlerstromschutzschaltern anderer Hersteller werden Magnetauslöser von ABB CMC Carl Maier AG eingesetzt.

3. Aufbau der Fehlerstromschutzeinrichtungen

3.5 Prüfstromkreis

Fehlerstromschutzeinrichtungen müssen aufgrund der Normen eine Prüfvorrichtung besitzen. Diese ermöglicht auch einem Laien, das Funktionieren der Fehlerstromschutzschaltung zu testen. Der dazu nötige Prüfstromkreis ist in Abbildung 12 dargestellt.

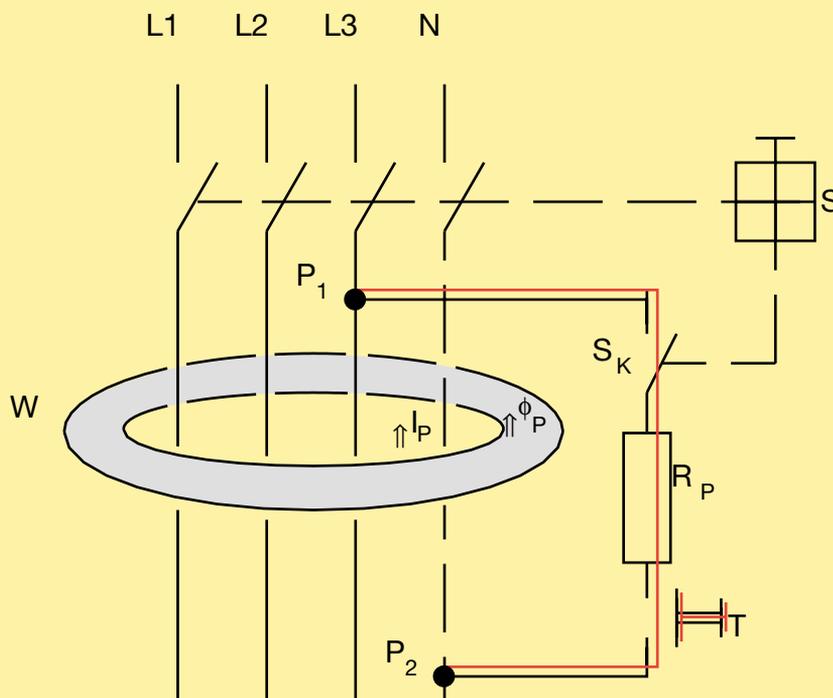


Abbildung 12: Prüfstromkreis in der Fehlerstromschutzeinrichtung

Der Prüfstromkreis enthält den mit dem Schaltschloss S mechanisch gekuppelten Kontakt S_K , die Prüftaste T und den Prüf Widerstand R_P . Bei geschlossenem Fehlerstromschutzschalter ist auch der Kontakt S_K geschlossen.

Beim Drücken der Prüftaste T fließt der vom Polleiter kommende Prüfstrom I_P über den Prüf Widerstand R_P (ausserhalb des Summenstromwandlers W) und den Neutralleiter (innerhalb des Summenstromwandlers W) ins Netz zurück. Der Prüfstrom I_P erzeugt im Summenstromwandler W den Magnetfluss Φ_P . Dieser hat die gleiche Wirkung wie ein Fehlerstrom; der Fehlerstromschutzschalter schaltet ab.

Der Prüf Widerstand R_P ist so ausgelegt, dass der Prüfstrom I_P auch bei Netzunterspannung noch genügend gross ist, um eine Auslösung zu bewirken. An sich hat aber die Höhe der Netzspannung keinen Einfluss auf die Funktion des Fehlerstromschutzschalters, ausser dass bei zu tiefer Spannung das Betätigen der Prüftaste nicht zu einer Auslösung führt.

Falls der Fehlerstromschutzschalter von unten eingespeist wird, verhindert der Kontakt S_K eine thermische Überlastung des Prüfstromkreises. Eine solche könnte auftreten, wenn die Prüftaste zu lange gedrückt wird.

3.6 Kontaktsystem

3.6.1 Allpolige Abschaltung

Fehlerstromschutzschalter, die in Netzen mit Neutralleiter eingesetzt werden, müssen allpolig schalten. Mit dieser Forderung wird verhindert, dass bei einem netzseitigen Neutralleiterunterbruch der Neutralleiter über einen eingeschalteten Verbraucher unter Spannung gerät. Die Situation ist in Abbildung 13 dargestellt.

3. Aufbau der Fehlerstromschutzeinrichtungen

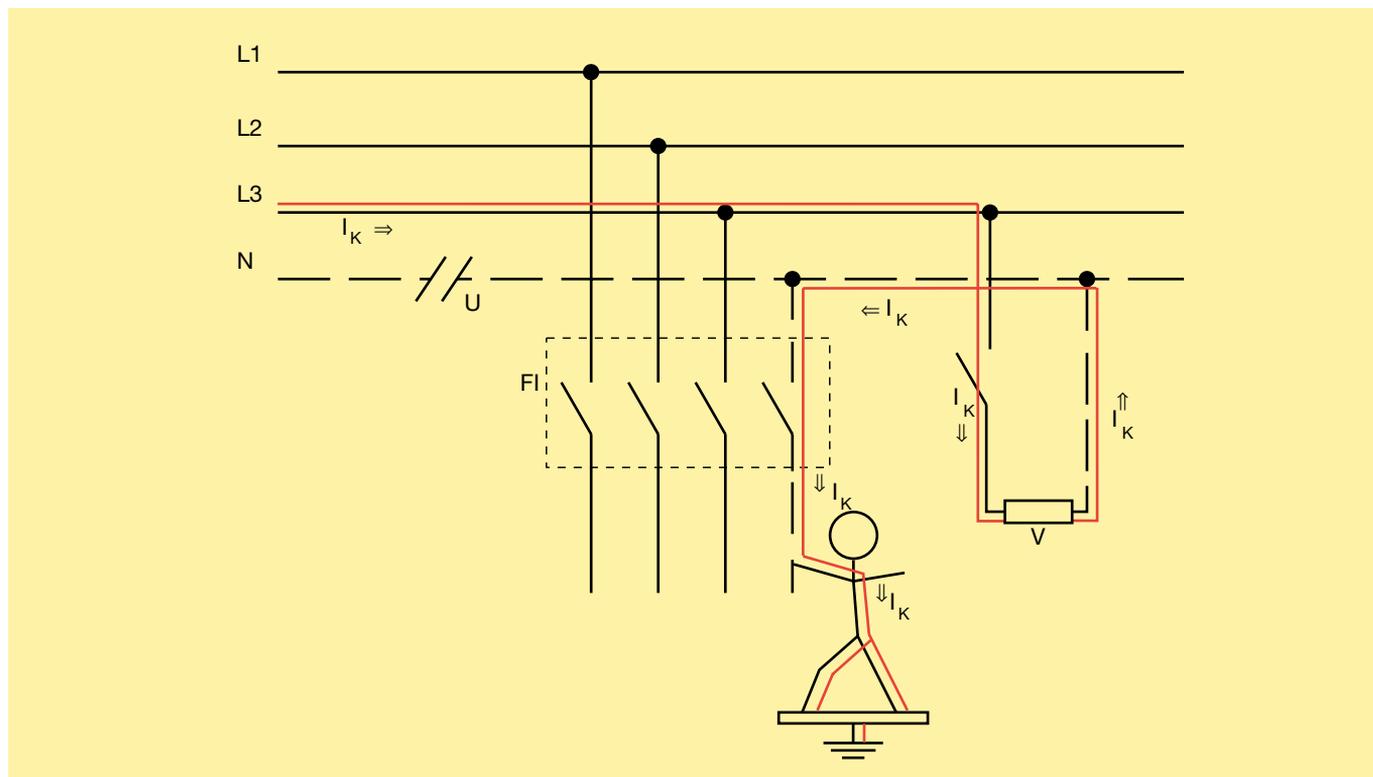


Abbildung 13: Fehlerstromschutzschalter mit allpoliger Abschaltung

Besteht bei U ein Neutralleiterunterbruch, gerät der Neutralleiter über den Verbraucher V unter Spannung, wenn dieser eingeschaltet ist. Berührt ein Mensch, der zum Beispiel durch seinen Standort mit der Erde verbunden ist, den Neutralleiter, wird er vom Strom I_K durchflossen. Erfolgt die Berührung, wie im Schema dargestellt, auf der Abgangsseite des Fehlerstromschutzschalters FI, schaltet der Fehlerstromschutzschalter ab. Wenn der Nennauslösestrom max. 30 mA beträgt, besteht in dieser Situation keine Gefahr. Der Fehlerstromschutzschalter kann aber nur schützen, wenn der Neutralleiter mitgeschaltet wird. Die Forderung nach dem geschalteten Neutralleiter ist vor allem dann zu beachten, wenn eine Fehlerstromschutzeinrichtung aus einzelnen Komponenten, das heisst einem Summenstromwandler, einem Fehlerstromrelais und einem Schaltelement, aufgebaut ist. Dieses muss auch den Neutralleiter schalten, sofern die angeschlossene Leitung einen Neutralleiter führt.

3.6.2 Elektrische Eigenschaften

Ein Fehlerstromschutzschalter muss seinen Nennstrom dauernd führen können. Ausserdem muss er Überlastströme, zum Beispiel Anlaufströme von Motoren, so lange führen können, bis sie von der dazu bestimmten Überstromschutzeinrichtung abgeschaltet werden. Im weiteren muss der Fehlerstromschutzschalter ein durch die Normen bestimmtes minimales Schalt- und Kurzschlusschaltvermögen besitzen. Die Tabelle 14 enthält eine Zusammenstellung der geforderten Werte.

3. Aufbau der Fehlerstromschutzeinrichtungen

	Minimalwerte
Nennschaltvermögen	10 x Nennstrom, mindestens 500 A
Nennfehlerschaltvermögen	10 x Nennstrom, mindestens 500 A
Nennkurzschlussstrom	3000 A
Nennfehlerkurzschlussstrom	3000 A
Nichtauslöse-Überstrom	6 x Nennstrom

Tabelle 14

Bei einer Fehlerstromschutzeinrichtung, die aus getrenntem Summenstromwandler, Fehlerstromrelais und Schaltelement besteht, ist folgendes zu beachten: Wird als Schaltteil ein Leistungsschalter eingesetzt, muss dessen Kurzschlusschaltvermögen I_{CU} mindestens so gross wie der Kurzschlussstrom an der Einbaustelle sein. Bei der Verwendung eines Lastschalters oder eines Schützes als Schaltelement ist die Koordination zwischen Lastschalter bzw. Schütz und dem vorgeschalteten Überstromschutzorgan zu beachten. Die Kontakte dieser Geräte dürfen im Kurzschlussfall nicht verschweissen.

3.7 Abschaltzeiten

Die Abschaltzeiten der Fehlerstromschutzschalter sind abhängig von der Höhe des Fehlerstromes und von der Ausführung des Fehlerstromschutzschalters. Die Normen enthalten Abschaltzeiten für unverzögerte und selektive (verzögerte) Fehlerstromschutzschalter.

3.7.1 Unverzögerte Fehlerstromschutzschalter (Typ FI)

Unverzögerte Fehlerstromschutzschalter werden mit Nennauslöseströmen $I_{\Delta n}$ von 10 mA, 30 mA und 300 mA eingesetzt. Dank der unverzögerten Abschaltung und den tiefen Nennauslöseströmen sind Fehlerstromschutzschalter mit 10 mA und 30 mA Nennauslösestrom in der Lage, einen Personenschutz bei Direktberührungen zu gewährleisten. Die Tabellen 19 bis 21 enthalten die von den Normen geforderten Auslösezeiten.

Ein 30-mA-Fehlerstromschutzschalter muss gemäss diesen Tabellen bei einem Fehlerstrom von 60 mA innerhalb von 150 ms abschalten, während die Abschaltzeit bei einem Fehlerstrom von 250 mA nicht länger als 40 ms sein darf. Die Prüfung mit einem Fehlerstrom von 500 A wird verlangt, um festzustellen, ob die durch grosse Ströme verursachten magnetischen Felder keinen negativen Einfluss auf die Auslösung haben.

3.7.2 Kurzverzögerte Fehlerstromschutzschalter (Typ FIK)

In den Normen sind für die unverzögerten Fehlerstromschutzschalter keine minimalen Abschaltzeiten festgelegt. Auf den ersten Blick scheint aus Gründen des Personenschutzes eine möglichst schnelle Abschaltung wünschenswert. Da aber, wie im Kapitel 3.4. beschrieben, die Auslösung des Fehlerstromschutzschalters schon in der ersten Halbwelle des Fehlerstroms, das heisst nach wenigen Millisekunden, erfolgen kann, treten im Betrieb gelegentlich unerwünschte Auslösungen infolge kapazitiver Ableitströme auf.

Sind in einer Installation zwischen einem oder mehreren Polleitern und der Erde Kapazitäten vorhanden, laden sich diese beim Einschalten der Anlage auf. Diese Ladestromstösse werden vom Fehlerstromschutzschalter als Strom gegen Erde, das heisst als Fehlerstrom erkannt. Als Kapazitäten gegen Erde sind Störschutzkondensatoren oder die Kapazitäten langer Leitungen zu erwähnen. Die Dauer der Ladestromstösse liegt zwar im Bereich von weniger als einer Millisekunde, aber die Energie dieser Ladestromstösse kann genügen, um einen unverzögerten Fehlerstromschutzschalter zur Auslösung zu bringen.

Die Elimination dieser Fehlauflösungen ist bei der Verwendung des von ABB CMC Carl Maier AG entwickelten kurzverzögerten Fehlerstromschutzschalters möglich. Diese Ausführung ist mit dem Typennamen FIK ... bezeichnet und wird für die Nennauslöseströme $I_{\Delta n}$ gleich 10 mA und 30 mA angeboten. Wie den in den Tabellen 19 und 20 angegebenen Auslösezeiten zu entnehmen ist, sind die maximal zulässigen Abschaltzeiten eingehalten, wie sie durch die Normen für unverzögerte Fehlerstromschutzschalter gegeben sind, aber dank der Verzögerung werden unerwünschte, durch kapazitive Ladevorgänge verursachte Abschaltungen unterdrückt.

Wie die Abbildung 15 zeigt, ist die Verzögerung durch den Einbau einer elektronischen Speicherschaltung SP zwischen der Sekundärwicklung A und dem Magnetauslöser MA realisiert.

3. Aufbau der Fehlerstromschutzeinrichtungen

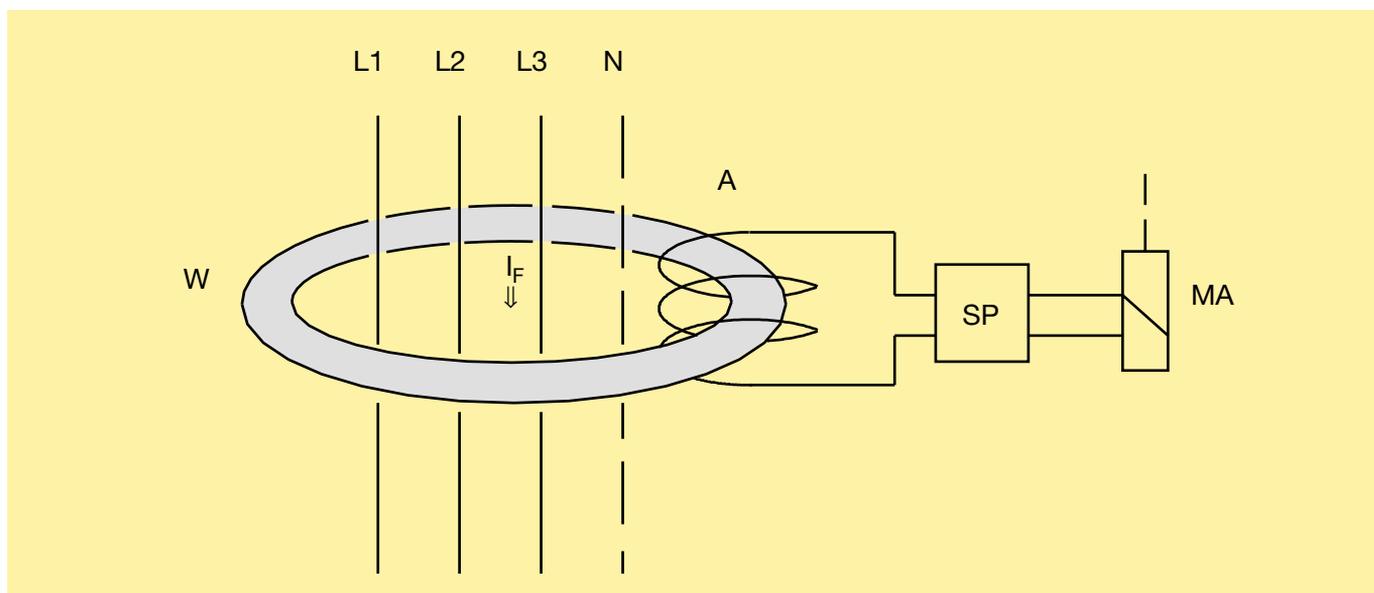


Abbildung 15: Speicherschaltung SP für kurzzeitverzögerte Fehlerstromschutzschalter

Die Speicherschaltung kumuliert die durch den Summenstromwandler fließende Energie des Fehlerstromes. Beim Überschreiten einer bestimmten Grenze wird – frühestens nach 10 ms – die Abschaltung eingeleitet. Eine Gefahr, dass die elektronischen Bauteile durch Netzüberspannungen beschädigt werden, besteht nicht, da die Elektronik nicht mit dem Netz verbunden ist. Die Verwendung des kurzverzögerten Fehlerstromschutzschalters ist überall zu empfehlen. Dadurch können unerwünschte Auslösungen vermieden werden, ohne dass der Personenschutz beeinträchtigt wird. Eine selektive Staffelung von zwei Fehlerstromschutzschaltern (siehe nächstes Kapitel) ist aber mit dem kurzverzögerten Fehlerstromschutzschalter nicht möglich.

3.7.3 Selektive Fehlerstromschutzschalter (Typ FIS)

Oft werden in Installationen ein 300 mA-Fehlerstromschutzschalter als Brandschutz eingebaut. Zum Personenschutz – zum Beispiel in Steckdosenstromkreisen – werden Fehlerstromschutzschalter mit einem Nennauslösestrom von 10 mA nachgeschaltet. Tritt an einer Steckdose ein Fehlerstrom von über 300 mA auf, schaltet möglicherweise nicht nur der 10 mA-Fehlerstromschutzschalter, sondern auch der vorgeschaltete 300 mA-Fehlerstromschutzschalter aus; die Anlage oder zumindest ein grosser Teil davon wird spannungslos. Dies kann vermieden werden, wenn für den 300 mA-Fehlerstromschutzschalter die selektive Ausführung gewählt wird. Diese trägt auf dem Typenschild in einem Quadrat den Buchstaben S. Selektive Fehlerstromschutzschalter arbeiten zu nachgeschalteten Fehlerstromschutzschaltern mit tieferen Nennaus-

löseströmen selektiv. Die Tabellen 19 bis 21 enthalten die von den Normen festgelegten Verzögerungs- und Abschaltzeiten. Selektive Fehlerstromschutzschalter sind nur für Nennauslöseströme $I_{\Delta n}$ von 300 mA genormt.

Es empfiehlt sich, für die 300 mA-Fehlerstromschutzschalter grundsätzlich den Typ S zu wählen; dies auch dann, wenn keine anderen Fehlerstromschutzschalter nachgeschaltet sind. Bei einer späteren Erweiterung der Anlage oder dem nachträglichen Einbau von Fehlerstromschutzschaltern entstehen damit keine Selektivitätsprobleme.

4. Einflüsse auf die Funktion der Fehlerstromschutzeinrichtungen

Die minimalen Anforderungen an Fehlerstromschutzschalter sind Umgebungstemperaturen von -5 °C bis $+40\text{ °C}$ und Eignung für Wechselfehlerströme. Treffen für einen vorgesehenen Einsatzort diese Bedingungen nicht zu, müssen Fehlerstromschutzeinrichtungen mit zusätzlichen Eigenschaften eingesetzt werden.

4.1 Temperatur

Die Auslöseströme der Fehlerstromschutzschalter sind temperaturabhängig. Mit abnehmender Temperatur steigt der Auslösestrom I_{Δ} an. Ausserdem können bei sehr tiefen Temperaturen mechanische Probleme durch Vereisung auftreten. ABB CMC Carl Maier AG bietet Fehlerstromschutzschalter an, welche für Temperaturen bis -25 °C eingesetzt werden können. Die Normen lassen bei -25 °C einen um 25% erhöhten Auslösestrom zu, ein 30 mA-Fehlerstromschutzschalter muss bei einer Umgebungstemperatur von -25 °C erst bei einem Fehlerstrom von 37,5 mA abschalten. Der Personen-schutz ist dennoch gewährleistet. Der Einsatz solcher Schalter empfiehlt sich vor allem auf Baustellen, wo im Winter gelegentlich recht tiefe Temperaturen auftreten können. Werden Fehlerstromschutzschalter bei Umgebungstemperaturen von mehr als $+40\text{ °C}$ eingesetzt, muss der Betriebsstrom reduziert werden. Es besteht sonst die Gefahr, dass die Klemmentemperatur zu gross wird, wodurch die Isolation der angeschlossenen Leiter gefährdet werden könnte. Als Faustformel gilt:

pro 10 °C erhöhter Umgebungstemperatur ist der Betriebsstrom um 15% zu reduzieren. Ein Fehlerstromschutzschalter, dessen Nennstrom 63 A beträgt, darf bei einer Umgebungstemperatur von 50 °C nur noch mit einem Dauerstrom von $0,85 \times 63\text{ A} = 54\text{ A}$ belastet werden.

4.2 Gleichströme

Fehlerstromschutzschalter können aufgrund ihres Aufbaus keine reinen Gleichfehlerströme erfassen. Sie können auch keine hohen Gleichströme schalten und sind damit für den Einsatz in Gleichstromnetzen ungeeignet. Fliesst aus irgendwelchen Gründen in einem der Leiter eines Wechselstromnetzes ein Gleichstrom oder ist dem Wechselstrom ein Gleichstrom überlagert, so wird ein in diesem Netz eingebauter Fehlerstromschutzschalter durch die Vormagnetisierung des Summenstromwandlers unempfindlich. Eventuell löst der Fehlerstromschutzschalter noch aus, aber erst bei einem Wechselfehlerstrom, der um einiges höher als der Gleichstromwert ist. Beschädigt wird der Fehlerstromschutzschalter durch solche Ereignisse nicht.

4.3 Pulsierende Gleichfehlerströme

In Wechselstromnetzen werden gelegentlich Verbraucher eingesetzt, bei denen zwischen einem Pol- und dem Neutralleiter ein Gleichrichter geschaltet ist.

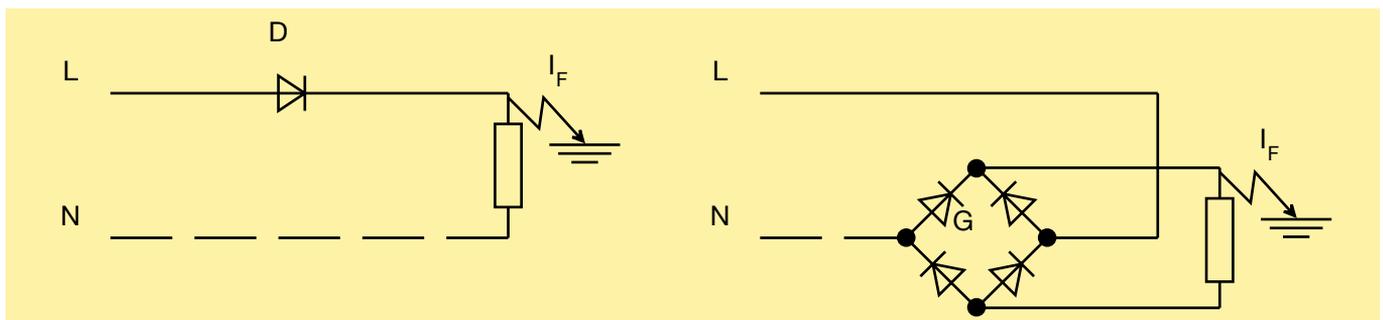


Abbildung 16: Verbraucher mit Gleichrichter im Wechselstromnetz

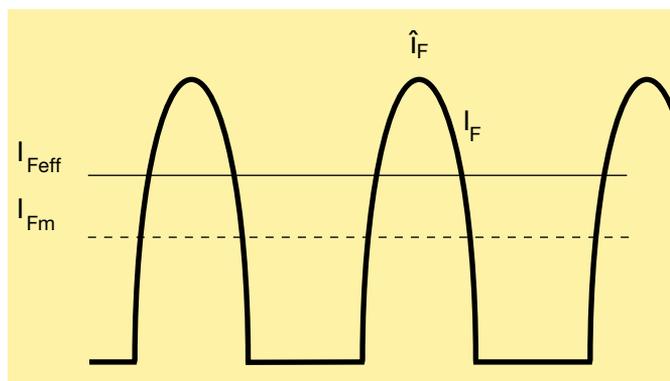


Abbildung 17: Pulsierender Gleichfehlerstrom

Es kann sich dabei um Einweggleichrichter oder um Gleichrichter in Brückenschaltung (Grätzigleichrichter) handeln.

Tritt hinter dem Gleichrichter ein Isolationsfehler zwischen einem unter Spannung stehenden Leiter und der Erde auf, so fliesst ein Fehlerstrom I_F zur Erde. Der Fehlerstrom I_F ist ein pulsierender Gleichfehlerstrom (Abbildung 17).

4. Einflüsse auf die Funktion der Fehlerstromschutzeinrichtungen

Obwohl der Fehlerstrom nur seine Stärke, nicht aber seine Richtung wechselt, kann ein für diese Ströme ausgelegter Fehlerstromschutzschalter diesen dank einem im Auslösestromkreis eingebauten Kondensator erfassen (Abbildung 18).

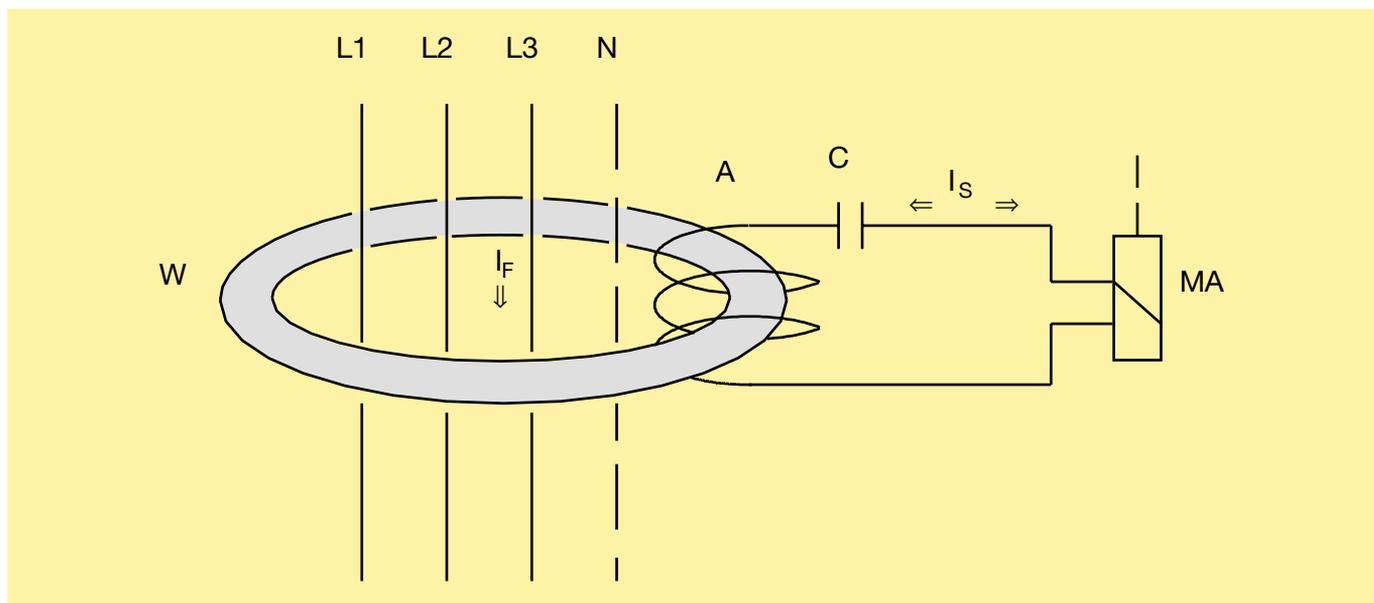


Abbildung 18: Schwingkreis bei pulsierenden Gleichfehlerströmen

Der im Auslösestromkreis (Sekundärkreis) eingebaute Kondensator C bildet zusammen mit den Induktivitäten der Wicklung A des Summenstromwandlers und des Auslösers MA einen auf die Netzfrequenz abgestimmten Schwingkreis. Ein durch einen Polleiter fließender Fehlerstromstoss I_F induziert in der Wicklung A einen Spannungstoss, der den Schwingkreis anregt. Es fließt im Schwingkreis ein Strom I_S , und spätestens in der zweiten Halbwelle des Stromes I_S schaltet der Fehlerstromschutzschalter ab. Die Auslösung ist aber nur dann sichergestellt, wenn der pulsierende Gleichfehlerstrom zwischen den Impulsen praktisch auf den Wert null zurückgeht.

Die Remanenz des Summenstromwandlermaterials erhöht bei pulsierenden Gleichfehlerströmen die Auslöseschwelle des Fehlerstromschutzschalters. Andererseits ist die Gefährdung bei pulsierenden Gleichfehlerströmen geringer als bei reinen Wechselfehlerströmen. Die Normen lassen deshalb höhere Auslöseströme zu (Tabellen 19 bis 21).

4.4 Frequenz

Die Fehlerstromschutzschalter sind standardmässig für eine Netzfrequenz von 50 Hz gebaut. Weil die Eigenfrequenz des Schwingkreises (Abbildung 18), bestehend aus der Sekundärwicklung A, der Auslösewicklung des Relais MA und dem Kondensator C, der Netzfrequenz entsprechen muss, ist der Auslösestrom frequenzabhängig. Bei Netzfrequenzen von weniger als 45 Hz oder mehr als 60 Hz entsprechen die Auslösefehlerströme nicht mehr den Normen. ABB CMC Carl Maier AG bietet speziell abgestimmte Fehlerstromschutzschalter für andere Frequenzen an, zum Beispiel für 16 2/3 Hz oder 400 Hz. Wenn in einer Installation zwei verschiedene Frequenzen auftreten können, müssen zwei für diese Frequenzen gebaute Fehlerstromschutzschalter in Serie geschaltet werden.

5. Auslösebedingungen

Die Tabellen 19 bis 21 enthalten für die Fehlerstromschutzschalter mit den Nennauslöseströmen $I_{\Delta n}$ 10 mA, 30 mA und 300 mA die von der Norm EN 61008-1 geforderten Auslösezeiten t_A in

Abhängigkeit der Fehlerströme I_F . Zu beachten ist, dass die Auslöseströme auch bei pulsierenden Gleichströmen als Effektivwert angegeben werden.

Nennauslösestrom $I_{\Delta n}$ des Fehlerstromschutzschalters: 10 mA					
Fehlerstrom I_F		Auslösezeit t_A Ausführung des Fehlerstromschutzschalters			
Wechselstrom	pulsierender Gleichstrom	unverzögert		kurzverzögert (Typ FIK)	
5 mA	3,5 mA	keine Auslösung		keine Auslösung	
10 mA	20 mA	t_A	≤ 300 ms	10 ms $\leq t_A$	≤ 300 ms
20 mA	40 mA	t_A	≤ 150 ms	10 ms $\leq t_A$	≤ 150 ms
250 mA	500 mA	t_A	≤ 40 ms	10 ms $\leq t_A$	≤ 40 ms
500 A	700 A Spitze	t_A	≤ 40 ms	10 ms $\leq t_A$	≤ 40 ms

Tabelle 19

Nennauslösestrom $I_{\Delta n}$ des Fehlerstromschutzschalters: 30 mA					
Fehlerstrom I_F		Auslösezeit t_A Ausführung des Fehlerstromschutzschalters			
Wechselstrom	pulsierender Gleichstrom	unverzögert		kurzverzögert (Typ FIK)	
15 mA	10,5 mA	keine Auslösung		keine Auslösung	
30 mA	42 mA	t_A	≤ 300 ms	10 ms $\leq t_A$	≤ 300 ms
60 mA	84 mA	t_A	≤ 150 ms	10 ms $\leq t_A$	≤ 150 ms
250 mA	350 mA	t_A	≤ 40 ms	10 ms $\leq t_A$	≤ 40 ms
500 A	700 A Spitze	t_A	≤ 40 ms	10 ms $\leq t_A$	≤ 40 ms

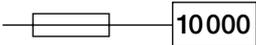
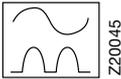
Tabelle 20

Nennauslösestrom $I_{\Delta n}$ des Fehlerstromschutzschalters: 300 mA					
Nennauslösestrom I_F		Auslösezeit t_A Ausführung des Fehlerstromschutzschalters			
Wechselstrom	pulsierender Gleichstrom	unverzögert		selektiv (Typ FIS)	
150 mA	105 mA	keine Auslösung		keine Auslösung	
300 mA	420 mA	t_A	≤ 300 ms	10 ms $\leq t_A$	≤ 500 ms
600 mA	840 mA	t_A	≤ 150 ms	10 ms $\leq t_A$	≤ 200 ms
1500 mA	2100 mA	t_A	≤ 40 ms	10 ms $\leq t_A$	≤ 150 ms
500 A	700 A Spitze	t_A	≤ 40 ms	10 ms $\leq t_A$	≤ 150 ms

Tabelle 21

6. Aufschriften

Neben den notwendigen Aufschriften wie Typenbezeichnung, Hersteller und Prüfzeichen sind die Fehlerstromschutzschalter mit den folgenden Angaben bezeichnet:

Aufschrift	Erläuterung
25A / 30 mA	Nennstrom $I_n = 25A$: der Fehlerstromschutzschalter kann diesen Strom dauernd führen. Nennauslösestrom $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$: der Fehlerstromschutzschalter muss bei diesem Wechselfehlerstrom abschalten.
IP 40	Fremdkörperschutz: Die erste Ziffer, 4, bedeutet, dass Fremdkörper mit einem Durchmesser von 1 mm nicht in den Schalter eindringen können. Die zweite Ziffer, 0, bedeutet, dass der Apparat nicht gegen Eindringen von Wasser geschützt ist.
	Nennkurzschlussstrom: Die Zahl im Rechteck gibt an, bis zu welchem Kurzschlussstrom die Kontakte des Fehlerstromschutzschalters nicht beschädigt werden. Ein den Angaben des Herstellers entsprechender Überstromunterbrecher muss vor- oder nachgeschaltet sein.
	Korrekte Auslösung beim Auftreten von Wechselfehlerströmen und pulsierenden Gleichfehlerströmen.
	Kurzverzögerter Fehlerstromschutzschalter: Fehlauslösungen durch kurzzeitig auf Erde fließende (kapazitive) Ströme treten nicht auf. ABB CMC Carl Maier AG Type FIK. (Kennzeichnung nach ÖVE)
	Selektiver (verzögerter) Fehlerstromschutzschalter. Der Typ S arbeitet selektiv zu nachgeschalteten unverzögerten oder kurzverzögerten Fehlerstromschutzschaltern.
	Der Fehlerstromschutzschalter kann bei Temperaturen bis zu -25 °C eingesetzt werden.

7. Produkte für den Fehlerstromschutz

SIDOS Sicherheits-Steckdosen



40006

Fest installierte Geräte

Steckerbild Schweiz



40004

Steckerbild Schuko



40638

Mobile Geräte

Steckerbilder Schuko oder Schweiz

smisline Fehlerstromschutzschalter



40272

4polige Fehlerstromschutzschalter



40075

2polige Fehlerstromschutzschalter



40076

Kombinierte Fehlerstrom-
Leitungsschutzschalter



40072

FI-Signalgeber



40331

Fehlerstromrelais mit Wandler



40332

Hochleistungsautomat Q/F500



40459

Hochleistungsautomat mit
Fehlerstromschutz



ABB CMC Carl Maier AG

Elektrische Schutzapparate im System

Fulachstrasse 150, Postfach

CH-8201 Schaffhausen / Schweiz

Telefon + 41 (0)52 633 81 11

Telefax + 41 (0)52 633 82 22