

DER FI-SCHALTER, UNSER VERKANNTES GENIE



NEUE FUNKTIONSMERKMALE UND EINSATZGEBIETE

INHALTSVERZEICHNIS

■ EDITORIAL	Seite 3
■ VORWORT	Seite 4
■ ZUM GELEIT	Seite 5
■ GESCHICHTE DES DIFFERENZSTROMSCHUTZSCHALTERS	Seite 6
■ PRAKTISCHE ANWENDUNG	Seite 6
■ INDUSTRIELLE SERIENPRODUKTION	Seite 7
■ NORMUNG DER FI-SCHALTER (RCDs)	Seite 7
■ WIRKUNGSWEISE DES FI-SCHALTERS	Seite 8
■ BAUFORMEN, AUFBAU DES FI-SCHALTERS	Seite 8
■ DIE WIRKUNGEN ELEKTRISCHER STRÖME AUF DEN MENSCHLICHEN KÖRPER	Seite 9
■ GERÄTENORM IEC/EN 61008	Seite 10
■ GERÄTENORM ÖVE/ÖNORM E 8601, TYP G	Seite 11
EN 61008-1 TABELLE DER TYPPRÜFUNGEN	Seite 11
■ BEDRUCKUNG NACH IEC/EN 61008	Seite 12
■ ANWENDUNG DES FEHLERSTROMSCHUTZSCHALTERS	Seite 12
FEHLERSCHUTZ (SCHUTZMASSNAHME)	Seite 12
BRANDSCHUTZ DURCH FEHLERSTROMSCHUTZSCHALTER	Seite 12
ZUSATZSCHUTZ DURCH FEHLERSTROMSCHUTZSCHALTER	Seite 13
FI-AUSFÜHRUNG, TYPE G	Seite 15
FI-AUSFÜHRUNG, TYPE S	Seite 15
AUSLÖSEKENNLINIEN	Seite 16
ERFASSUNG DES FEHLERSTROMES	Seite 16
■ FORMEN DER FEHLERSTRÖME	Seite 17
■ EINSATZBEREICHE DES FI-SCHALTERS	Seite 19
■ KURZSCHLUSS- UND ÜBERLASTSCHUTZ	Seite 19
■ AUSWAHLKRITERIEN FÜR DEN FI-SCHALTERS TYP A	Seite 20
■ FEHLAUSLÖSUNGEN VON FI-SCHALTERN	Seite 21
■ AUSWAHLKRITERIEN FÜR DEN FI-SCHALTER TYP B, SCHRACK TYPE FID/B	Seite 23
■ ZUSATZFUNKTIONEN DES FI-SCHALTERS	Seite 25
■ ZUSAMMENFASSUNG	Seite 26
■ ZUKUNFTSPERSPEKTIVEN DER FEHLERSTROMEINRICHTUNGEN	Seite 26
■ QUELLENHINWEISE	Seite 27

„Erfahrung nennt man die Summe aller unserer Irrtümer.“

Thomas Alva Edison
11.2.1847 - 18.10.1931
US-amerikanischer Erfinder

Fehlerstrom-Schutzschalter, Fehlerstrom-Schutzeinrichtung, Differenzstromschutzschalter, FI-Schutzschalter, umgangssprachlich FI-Schalter, natürlich auch die Kurzbezeichnung „der FI“ und in ländlichen Regionen auch noch fälschlicherweise „Trennwart“ (war ursprünglich die umgangssprachliche Bezeichnung für einen Fehlerstrom-Schutzschalter) - all dies sind Namen für den Schutzschalter der die Sicherheitsanforderungen zum Schutz gegen den elektrischen Schlag seit mehr als 50 Jahren geprägt hat. Diese markante Bedeutung wird der Fehlerstrom-Schutzschalter aber auch in den nächsten Jahrzehnten nicht verlieren. Natürlich muss und wird er sich den neuen technischen Herausforderungen, die das elektronische Zeitalter stellt, anpassen und sich entsprechend weiterentwickeln.

Seit den 50-er Jahren des vorigen Jahrhunderts ist der FI-Schalter neben den Sicherungsautomaten ein Kernprodukt der Firma SCHRACK. Dies, aber auch neue Funktionsmerkmale, angepasst an die neuen Technologien, erweiterte Einsatzgebiete zur besseren Betriebssicherheit und selbstverständlich auch die Notwendigkeit bekannte Vorschriften immer wieder aufzufrischen, sind wichtige Merkmale die uns veranlasst haben, den FI-Schalter als Thema für die SCHRACK INFO-TAGE 2007 auszuwählen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Mag. Ing. Gerald Junker für seine praxisorientierten Normeninterpretationen und Herrn Ing. Hubert Bachl vom CTI-Wien (Gesellschaft zur Prüfung elektrotechnischer Industrieprodukte) für die speziellen Erläuterungen zum IEC-Report und der einschlägigen Standards.

Wir hoffen, dass diese Broschüre Ihnen die Anwendung der Normen erleichtert, auf bisher offene Fragen Antwort gibt und Ihnen auch neue Perspektiven eröffnet.

Als zuverlässiger Partner für Daten- und Energietechnik freuen wir uns schon auf Ihre „Fragen aus der Praxis“, denen wir uns gerne stellen. Nehmen Sie uns beim Wort.

Ihr

Ewald Leyrer
Produktmanager der
SCHRACK TECHNIK GMBH



VORWORT



Prof. Ing. Dr. Phil. Gottfried Biegelmeier

Österreichischer Physiker
Staatlich bef. und beeid. Ingenieurkonsulent für Elektrotechnik
Gründer der gemeinnützigen Privatstiftung Elektroschutz (ESF)

Entscheidende Fortschritte in der Technik erfolgen nie von heute auf morgen, sondern sind das Produkt der Bemühungen vieler Menschen, die als Erfinder, Techniker, aber auch als Unternehmer neue Wege erschließen, um das Leben der Menschen leichter und oft auch sicherer zu gestalten.

In Österreich haben es Pioniere der Technik nie leicht gehabt. Madersperger, der Erfinder der Nähmaschine und Mitterhofer, der Erfinder der Schreibmaschine, starben elend und verlassen im Armenhaus und sogar einer der größten Physiker aller Zeiten, Ludwig Boltzmann, wählte krank und durch Intrigen zermürbt mit 62 Jahren den Freitod.

Inzwischen ist es besser geworden und so ist der FI-Schalter, dessen Entwicklung ich seit einem halben Jahrhundert miterlebt und wohl auch entscheidend mitgestaltet habe, ein Zeugnis geworden für die Fähigkeit österreichischer Ingenieure und Unternehmen, maßgeblich die Sicherheit der Elektrizitätsanwendung zu verbessern. Beginnend mit der Firma SCHRACK in Wien in den frühen 50iger Jahren des vorigen Jahrhunderts und der Firma Felten & Guillaume Carlswerk AG in Schrems, NÖ, hat die österreichische Technik die Bauformen der FI-Schalter und deren Anwendung entscheidend gefördert. Mein Hauptbeitrag war die Erfindung des FI-Schalters mit Energiespeicherauslösung und im Laufe der Jahre sind dann noch 23 Patente über Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen dazugekommen.

Auch in den internationalen Gremien waren österreichische Unternehmen führend und mussten sich oft in schweren Kämpfen gegen die ausländische Konkurrenz durchsetzen.

Gerade in den letzten Jahren ist es in unserem Land gelungen, die durch die Nullungsverordnung erreichte Vereinheitlichung der Schutzmaßnahmen durch automatisches Ausschalten durch die neue Idee eines Haupt-FI-Schalters mit $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$ für den Brand- und Back-up-Schutz und die bewährten 30 mA FI-Schalter oder LS/FI-Schalter entscheidend zu verbessern.

Und so kann ich nach einem langen Berufsleben mit Zuversicht sagen, dass eine neue FI-Technik, kombiniert mit der Nullung, in den kommenden Jahrzehnten den Elektroschutz entscheidend verbessern wird.

Ihr

Prof. Dr. Gottfried Biegelmeier



Dipl.-Ing. Michael Hirsch

Geschäftsführer der DIPL.-ING. MICHAEL HIRSCH GMBH
Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger für Elektrotechnik, Trainer, Messgeräthändler
Mitarbeiter des Fachunterausschusses (FUA) E 7, Leiter Arbeitsgruppe „Prüfen“ von FUA-E 7

Fehlerstromschutzschalter haben in Österreich auch durch die Umstellung der Verteilnetze auf TN-Systeme nichts von ihrer Bedeutung eingebüßt. Sie zählen immer noch zu den wichtigsten Komponenten der modernen Schutztechnik. Die Palette der Einsatzgebiete reicht vom Fehlerschutz (Fehlerstromschutzschaltung im TT-System, Nullung mit Fehlerstromschutzschalter im TN-System, wenn es sich mit der Ausschaltbedingung mit Überstromschutzorgan nicht ausgeht) über den Zusatzschutz bis zum Brandschutz. Durch die in weiten Teilen Österreichs bereits ausgeführte Umstellung auf Nullung, ist die Notwendigkeit Fehlerstromschutzschalter zwingend in Anlagen einbauen zu müssen, nicht verändert worden. Durch verstärkt auftretende Ableitströme und der Tatsache, dass Fehlerströme neben 50-Hz-Sinusschwingungen auch Signale höherer Frequenzen, und Gleichstromanteile enthalten, ist die Wahl des geeigneten Fehlerstromschutzschalters von außerordentlicher Wichtigkeit.

Die Empfehlung der Hersteller von Verbrauchsmitteln, speziell der Weißwaren-Welt (bezüglich der auftretenden, nicht sinusförmig verlaufenden Ableit- und Fehlerströme), nimmt das Problem des über das gesamte Frequenzspektrum unbekanntes Kurzschlussstromes bei der Schutzmaßnahme Nullung aufs Korn. Dazu ist die Historie der Entwicklung der Schutzmaßnahmen im deutschsprachigen Raum zu betrachten. In Deutschland war und ist die Schutzmaßnahme Nullung die Schutzmaßnahme schlecht hin. Durch die in weiten Teilen bereits seit Jahrzehnten vorhandenen TN-Systeme und des Fehlens einer österreichischen Spezialität, dem Zusatzschutz, war der Fehlerstromschutzschalter immer von geringerer Bedeutung, als in Österreich. Viele Anlagen in Deutschland sind ohne Fehlerstromschutzschalter ausgestattet. Aufgrund der bestehenden Forderung zur Ausführung des Zusatzschutzes mit Fehlerstromschutzeinrichtungen ist in Österreich auch bei Anwendung der Schutzmaßnahme Nullung ein Fehlerstromschutzschalter zwingend erforderlich. Derzeit ist in Österreich die Ausstattung von elektrischen Anlagen mit pulsstromsensitiven Fehlerstromschutzschaltern verbindlich nicht vorgesehen. Lediglich über Regelungen aus dem Stand der Technik ist die Ausstattung von elektrischen Anlagen mit pulsstromsensitiven Fehlerstromschutzschaltern ableitbar. Diese Vorgangsweise erscheint dem zuständigen Fachunterausschuss E 7 zu ungenau. Es existieren Bestrebungen dies zu verändern. SCHRACK TECHNIK GMBH ist auf diese zu erwartenden Anforderungen der Errichtungsbestimmung bestens mit einer umfangreichen Palette von Fehlerstromschutzschaltern vorbereitet.

Die langjährige Praxis der SCHRACK TECHNIK GMBH, ihre Kunden und Anwender ihrer Produkte umfassend über Eigenschaften und Hintergründe zu informieren, wird einmal mehr erfolgreich fortgesetzt. Ich wünsche den SCHRACK INFO-TAGEN 2007 viel Erfolg!

Ihr

Dipl.-Ing. Michael Hirsch

FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER

GESCHICHTE DES DIFFERENZSTROMSCHUTZSCHALTERS

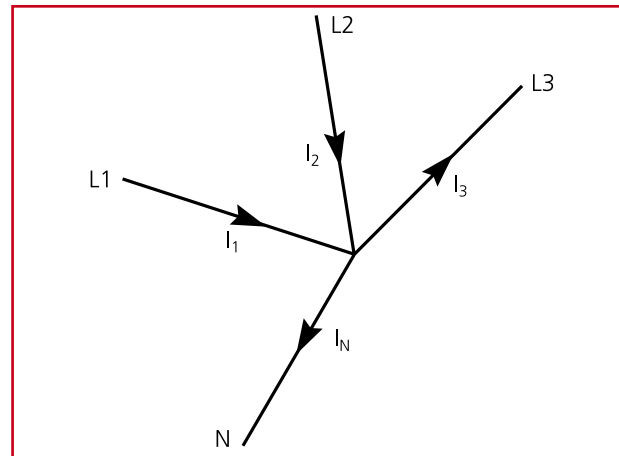
Die physikalischen Grundlagen basieren auf den Forschungen von Gustav Robert Kirchhoff (* 12. März 1824 in Königsberg/Preußen; † 17. Oktober 1887 in Berlin). Ein deutscher Physiker, der sich insbesondere um die Erforschung der Elektrizität verdient gemacht hat. Seine Regeln sind auch als 1. und 2. Kirchhoffsches Gesetz bekannt.

Das erste Kirchhoffsche Gesetz lautet:

„Bei einem Knotenpunkt ist die Summe aller zufließenden Ströme gleich der Summe aller abfließenden Ströme“
oder mit anderen Worten

„Die Summe der Ströme an einem Knoten ist gleich Null“

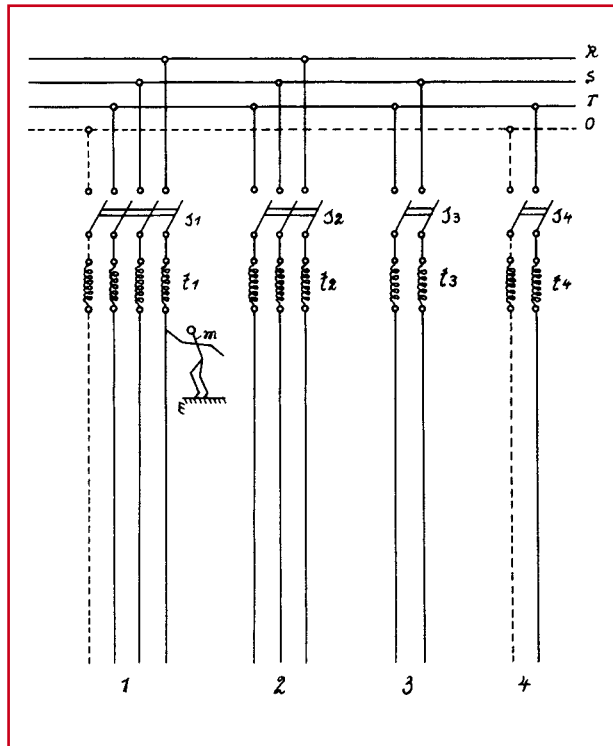
$$I_1 + I_2 + I_3 + I_N = 0$$



Unabhängig von Frequenz und Kurvenform gilt dies auch für Drehstrom und ist die theoretische Basis für den FI-Schalter. Die „Erfassung“ eines eventuellen Differenzstromes (ist gleich Fehlerstrom) erfolgt beim „Knoten“ Summenstromwandler oder wie er auch bezeichnet wird Differenzstromwandler.

PRAKTISCHE ANWENDUNG

Das Prinzip des Differentialschutzes mit Erfassung des Fehlerstromes durch einen Ringstromwandler war in der Hochspannungstechnik bereits seit längerem bekannt, als es auch für die Schutzschaltung in Niederspannungsanlagen vorgeschlagen wurde. Interessanterweise war es sofort für den Schutz beim direkten Berühren aktiver Teile gedacht. In nebenstehender Abbildung aus der Patentschrift PS-D 552 678 aus dem Jahre 1928 ist dies ersichtlich.



Erste Darstellung des Prinzips des Schutzes beim direkten Berühren aktiver Teile einer Niederspannungsanlage in einer deutschen Patentschrift aus dem Jahre 1928.

In den folgenden Jahren wurde kaum an der Weiterentwicklung gearbeitet. Die Schalter- und Magnettechnik war nicht ausgereift und die Schwächen der Fehlerstromschutzschaltung wurden noch nicht voll erkannt. Erst 1937 wurde ein Handmuster mit einem Summenstromwandler und einem polarisierten Relais mit einer Auslösestromstärke von 10 mA gebaut. In einer Firmenschrift der Schutzapparategesellschaft Paris & CO ist zu lesen, dass sogar ein Versuch mit einem Menschen durchgeführt wurde. Dieser stand auf angefeuchtetem Betonfußboden und berührte, offenbar mit den Fingerspitzen, einen unter Spannung stehenden Phasenleiter. Der elektrische Schlag war so stark, dass der Versuch nicht wiederholt wurde, obwohl das Handmuster ausgelöst hatte.

FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER

Während dieser Zeit gab es auch einen Vorläufer bzw. ein „Konkurrenzprodukt“ zum FI-Schalter: den Fehlerspannungs- oder FU-Schalter (nicht zu verwechseln mit dem heutigen FI-U-Schalter für den Einsatz bei Frequenzumrichtern). Der FU-Schalter basierte auf dem Prinzip der Fehlerspannungserfassung und löste ab einer bestimmten Ansprechspannung einer Spule aus. Allerdings benötigte man dazu einen Hilfsleiter, der sehr oft nicht oder falsch angeschlossen wurde (im Spannungstrichter des Haupterders). Dadurch waren die Betriebserfahrungen des FU-Schalters sehr schlecht und er wurde nicht mehr eingesetzt und sogar verboten.

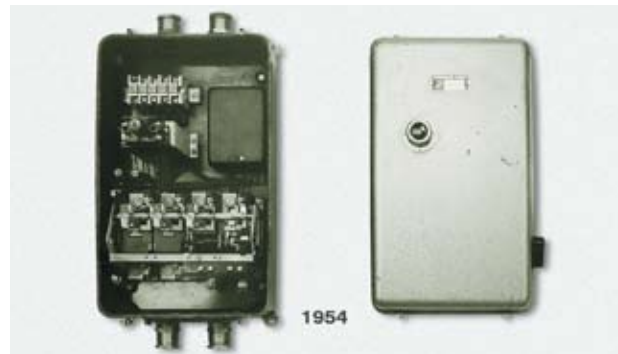
In anderen Ländern war der FI-Schutzschalter zu dieser Zeit noch kaum bekannt. In Frankreich wurde das Prinzip des Differentialschutzes nur angewendet, um Stromdiebstahl gegen Erde zu verhindern. Erst gegen Ende der 50-er Jahre setzte eine rege Entwicklung ein.

In Deutschland arbeitete man intensiv an einem Schalter mit einem Haltemagnetauslöser, in Frankreich hatte die Industrie électrique de la Seine bereits einen brauchbaren Permanentmagnetauslöser hergestellt. In Schrems (Niederösterreich) gelang ein absoluter Durchbruch im Bereich der Technik, mit der von Prof. Dr. Biegelmeier entwickelten Energiespeicherschaltung.

INDUSTRIELLE SERIENPRODUKTION

Die Geschichte des FI-Schutzes in Österreich ist eng mit dem Namen SCHRACK verbunden. Bereits 1954 fertigte SCHRACK die ersten Fehlerstromschutzschalter in Serie und gehört damit zu den Pionieren der Schutzschalterproduktion in Österreich und Europa. Die Schutzziele haben sich allerdings seither verändert. Zum ursprünglich angestrebten Brandschutz, der auch heute noch aktuell ist und durch den FI-Schutzschalter realisiert wird (auch in genullten Netzen), kam der indirekte Berührungsschutz.

Durch den technischen Fortschritt bei der Herstellung der FI-Schutzschalter und durch die Erkenntnisse aus den Selbstversuchen von Prof. Dr. Biegelmeier wurde auch der Einsatz des FI-Schalters für den direkten Berührungsschutz möglich.



NORMUNG DER FI-SCHALTER (RCDs)

SCHRACK hat nicht nur die internationalen Entwicklungen stets aufmerksam beobachtet, sondern auch aktiv mit Spezialisten, wie Dr. Zandra und Ing. Prade, in nationalen und internationalen Gremien mitgearbeitet, um die Schutzschaltertechnik an die aktuellen Funktions- und Sicherheitserfordernisse anzupassen.



Erste Sitzung des TC 227 der CEE in Mailand 1964 unter dem Vorsitz Österreichs

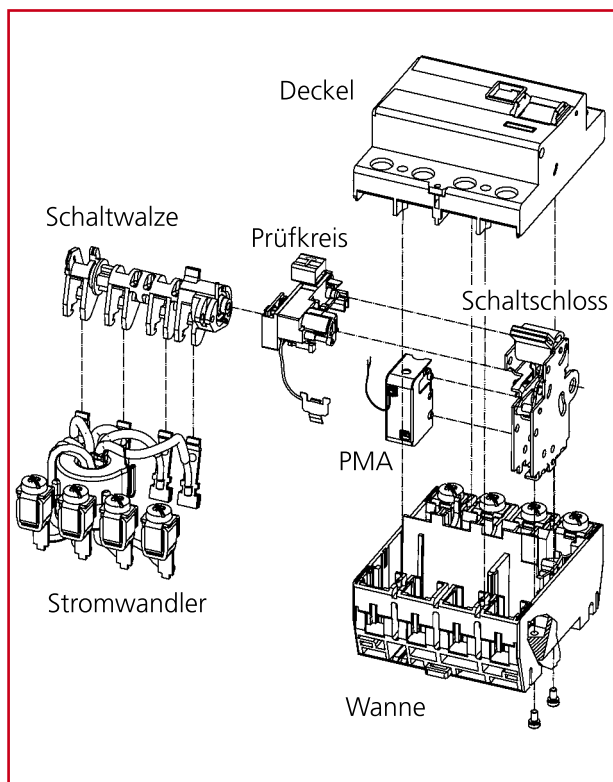
Meilensteine der Normung des FI-Schalters:

- 1959 Nationale Norm ÖVE S50 (nicht mehr gültig)
- 1959/60 VDE-Kommission 0664 mit u.a. Dr. Zandra
- 1962 Plenarversammlung der CEE in Helsinki mit österreichischem Vorsitz, Wahl von Prof. Dr. Biegelmeier als Vorsitzenden des TC 227 (FI-Schalter)
- 1964 Erste Sitzung des TC 227 der CEE, mit Biegelmeier, Prade (Schrack), Pollak

Die daraus entstandenen gültigen Gerätenormen sind: IEC/EN 61008, IEC/EN 61009.

FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER

WIRKUNGSWEISE DES FI-SCHALTERS



Hauptbaugruppen des FI-Schalters

Wie eingangs erwähnt, basiert die Wirkungsweise des Fehlerstrom-Schutzschalters auf dem 1. Kirchhoffschen Gesetz. Der FI-Schalter vergleicht die Summe der zu- und der abfließenden Ströme. Ist die Differenz Null, ist kein Fehler vorhanden und es findet keine Auslösung statt. Entsteht jedoch ein Differenzstrom z.B. durch einen Isolationsfehler, das heißt der „zurückfließende Strom ist ungleich (kleiner) als der „hinfließende“, dann ist die Ursache ein Fehlerstrom $I_{\Delta n}$, der sich seinen Weg über die Erde zurück zum Sternpunkt des Trafos sucht und es erfolgt die Auslösung.

Wenn nun durch einen Fehlerstrom ($I_1 \neq I_2$) in die Sekundärwicklung des Summenstromwandlers ein Signal induziert wird, kommt es zur Erregung des Permanentmagnetauslösers (PMA). Dieser setzt das elektrische Signal in eine mechanische Bewegung um. D.h. der Stößel des PMA wirkt auf das mechanisch, durch Federkraft vorgespannte Schaltschloss. Dieses bewegt die Schaltwalze wodurch die Kontakte geöffnet werden. Der FI-Schalter hat ausgelöst.

BAUFORMEN, AUFBAU DES FI-SCHALTERS

Natürlich haben sich in den letzten 50 Jahren die Bauweise und auch die Größe der FI-Schalter stark verändert. Bereits im Jahre 1967 brachte SCHRACK erstmals in Österreich einen FI-Schalter mit einem, für damalige Verhältnisse revolutionären Kappenmaß von 45 mm, auf den Markt (siehe Abb. 1).

Ich war in dieser Zeit Verkäufer im Außendienst und erinnere mich noch genau, wie damals die Firma F & G, Marktführer auf diesem Segment, mit ihren größeren FI-Schaltern in 80 mm Bauweise, gegen die Kleinheit mit Wärmeabfuhrproblemen, Lebensdauer, Anschlussraum u.v.a.m. argumentierte. Wie wir heute wissen, hat sich die 45 mm Bauform durchgesetzt und F & G ist nur mehr (leider) ein Markenname im Baumarkt. In den nachfolgenden Abbildungen 2 und 3 können Sie die FI-Schalter von damals und heute vergleichen.



Abb. 1: FI-Schalter mit Kappenmaß von 45 mm (1967)



Abb. 2: Innen- & Außenansicht FI-Schalter Type BD (ca. 1964)

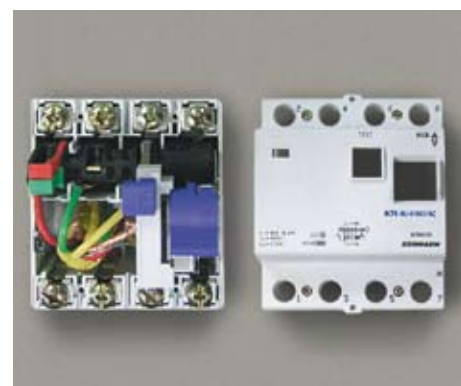
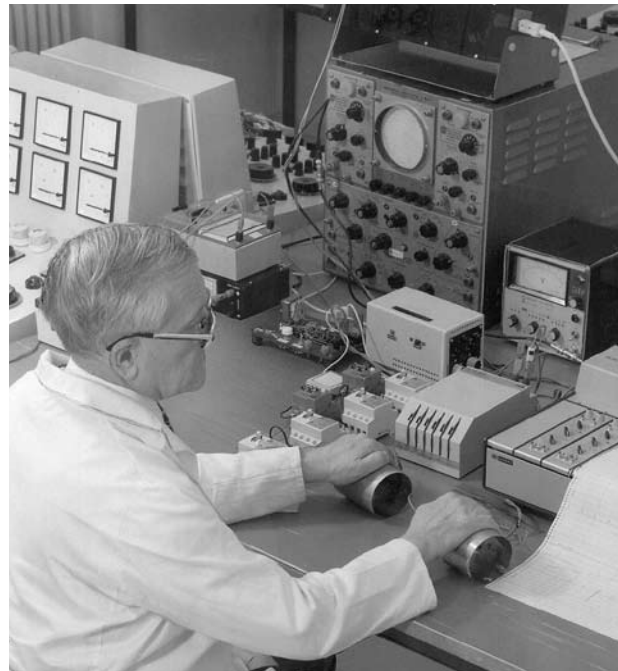


Abb. 3: Innen- & Außenansicht eines aktuellen FI-Schalters Type BC (2006)

■ DIE WIRKUNGEN ELEKTRISCHER STRÖME AUF DEN MENSCHLICHEN KÖRPER

In diesem Abschnitt können wir nur die wichtigsten Erkenntnisse über die Wirkung der elektrischen Ströme auf den Menschen aufzeigen. Prof. Dr. G. Biegelmeier hat erheblich durch viele Selbstversuche zu diesem Thema beigetragen. Seine Abhandlungen führten letztendlich zur Überarbeitung der entsprechenden IEC Dokumente.

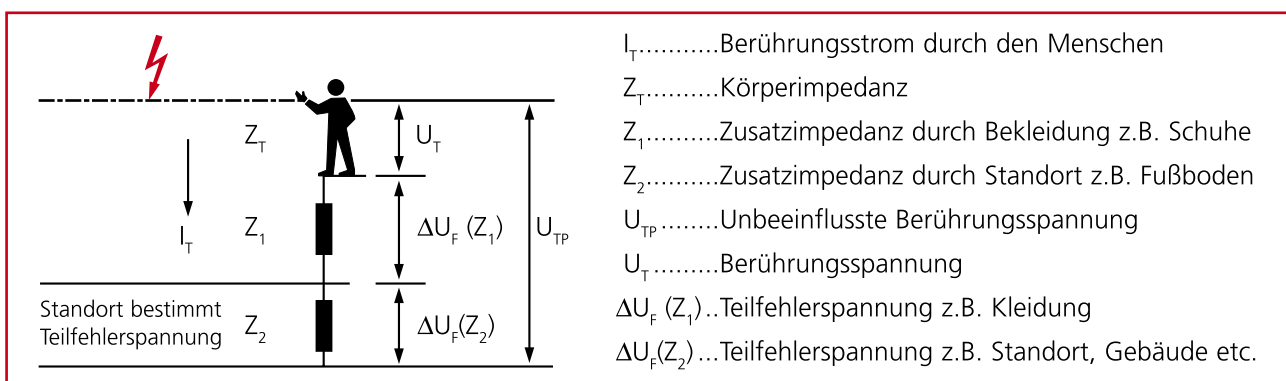
Die Wirkungen elektrischer Ströme auf den menschlichen Körper sind nicht nur für den Arzt von Interesse, sondern auch für Elektrotechniker, um daraus sicherheitstechnische Normen und Anwendungen abzuleiten. Vor allem die Kenntnis des Widerstandes des menschlichen Körpers ist wichtig, um Berührungsspannungen und Körperströme ableiten zu können. Aus dem Strom der durch den Körper fließt und dem Körperwiderstand, der eine spannungsabhängige Impedanz bildet, kann die Spannung am Körper (Berührungsspannung) berechnet werden. Diese bildet allerdings meistens nur einen Teil der Fehlerspannung.



Prof. Dr. G. Biegelmeier im Selbstversuch zur Ermittlung der Körperimpedanzen des Menschen mit quer-, längsdurchströmungen und Berührungsspannungen bis 200 V

Berührungsspannung (V)	Impedanz Hand-Rumpf (Ohm)	Impedanz Rumpf-Fuß (Ohm)	Impedanz Hände-Füße (Ohm)	Berührungstrom ca. (mA)	Wirkung der Elektrizierung für Durchströmungsdauern $t = 10 \text{ ms} \dots 30 \text{ ms}$
100	4000	565	2300	40	Kurze schlagartige Empfindung
200	1250	405	830	240	Schwere Elektrizierung Anheben des Körpers, schlagartige Verkrampfung der Arme

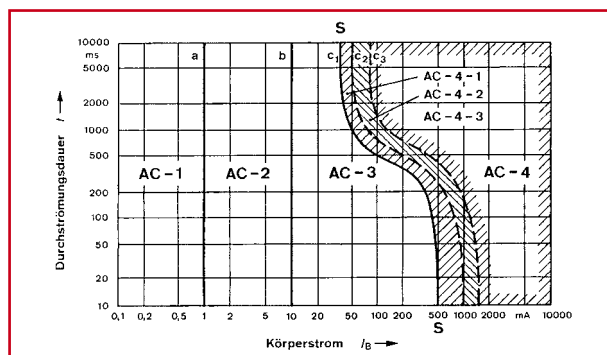
Mittelwerte (50%-Werte) der Körperimpedanzen für einen Stromweg Hände-Beine (Berührungsflächen bei jeder Hand 1000 mm², volle Fußflächen, Abminderungsfaktor 0,8) Berührungsströme und Wirkungen der Elektrizierung.



Die meisten Erkenntnisse beziehen sich auf eine Frequenz von 50/60 Hz. Auf die detaillierten bzw. allgemeinen Wirkungen des elektrischen Stromes auf den Menschen, vor allem bei Gleichstrom und bei höheren Frequenzen soll hier nicht eingegangen werden. Es gibt darüber spezielle Publikationen, den IEC Report 60479 u.a.m. Außerdem ist die Wirkung von Strömen mit Frequenzen >100 Hz auf den Menschen zurzeit, insbesondere hinsichtlich einer thermischen und elektrochemischen Schädigung, noch nicht vollständig erforscht, so dass diesbezügliche Aussagen nicht mit Sicherheit getroffen werden können.

FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER

Der tödliche Ausgang von Elektrounfällen wird vor allem durch Herzkammerflimmern verursacht. Das durch elektrische Reize verursachte Flimmern bewirkt das Auflösen der synchronen Tätigkeit der Herzkammerwände, einzelne Muskelpartien kontrahieren unkoordiniert und der Blutkreislauf bricht zusammen. Das **HERZKAMMERFLIMMERN IN ABHÄNGIGKEIT VON STROMSTÄRKE UND DURCHFLUSSDAUER** zeigt nebenstehende Grafik. Durch die Auslösekurve eines FI-Schalters mit $I_{\Delta n}$ 30 mA ist mit größtmöglicher Sicherheit ein Auslösen vor Eintritt in den Flimmerschwellenbereich bei einem gesunden Menschen anzunehmen.



Herzkammerflimmern, Strom/Zeit-Zonen aus IEC 479-1, 3. Ausgabe, 1994
 Kurve C_2 5% Wahrscheinlichkeit von Herzkammerflimmern
 Kurve C_3 50% Wahrscheinlichkeit von Herzkammerflimmern
 Kurve C_1 1% Wahrscheinlichkeit von Herzkammerflimmern

GERÄTENORM IEC/EN 61008

Diese Norm beschreibt den **Fehlerstrom-/Differenzstrom-Schutzschalter** ohne eingebautem Überstromschutz (RCCBs) für Hausinstallationen und für ähnliche Anwendungen. Die Abkürzung **RCCB** kommt aus dem Englischen und bedeutet: **R**esidual **C**urrent operated **C**ircuit **B**reaker. Die Fehlerstrom-/Differenzstrom-Schutzschalter mit eingebautem Überstromschutz (LS-FI-Schalter) werden in der Gerätenorm IEC/EN 61009 näher beschrieben.

Nachstehende Anwendungsbereiche werden in der Norm erklärt...

- Zum Schutz gegen gefährliche Körperströme
- Zum Schutz von Personen bei indirektem Berühren
- Zum zusätzlichen Schutz bei Versagen der Schutzmaßnahme ($I_{\Delta n} < 30$ mA)

... aber zum größten Teil finden sich in der IEC/EN 61009 Begriffsdefinitionen, Klassifikationen, Charakteristische Eigenschaften, Normbeschriftungen, Anforderungen an die Konstruktion, Normbedingungen für den Betrieb und Prüfungen. So werden z. B. Norm- und Vorzugswerte u.a. für den Nennstrom, Fehlerstrom und Frequenz angegeben:

- I_n 10 - 13 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 63 - 80 - 100 - 125 A
- $I_{\Delta n}$ 0,01 - 0,03 - 0,1 - 0,3 - 0,5 A
- $I_{\Delta no} = 0,5 I_{\Delta}$ (Nichtauslösefehlerstrom)
- Vorzugswert der Bemessungsfrequenz ist 50 Hz
- Umgebungstemperatur -5°C bis +40°C / ~~25~~ -25°C bis +40°C

Ebenso sind die Normwerte der Abschalt- und Nichtauslösezeiten reglementiert und in nachfolgender Tabelle ersichtlich:

Typ	I_n	$I_{\Delta n}$	Normwerte der Abschaltzeit (s) und der Nichtauslösezeit (s) bei einem Fehlerstrom (I_{Δ}) gleich:			
			$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	
allgemein	jeder Wert	jeder Wert	0,30	0,15	0,04	Höchstzulässige Abschaltzeiten
S	≥25	>0,030	0,50	0,20	0,15	Höchstzulässige Abschaltzeiten
			0,13	0,06	0,05	Kürzeste Nichtauslösezeiten

FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER

GERÄTENORM ÖVE/ÖNORM E 8601, TYP G

Ein österreichisches Spezifikum stellt der G-Schalter dar, der durch die höhere Stoßstromfestigkeit und Kurzzeitverzögerung Fehlauflösungen minimiert und ebenfalls der Grundnorm IEC/EN 61008 entspricht. In Deutschland werden ähnliche Schalter als K-Schalter (kurzzeitverzögert) angeboten, die aber nicht einer Reglementation wie die G-Schalter unterworfen sind.

			Normwerte der Nichtauslösezeiten in s bei Fehlerströmen $I_{\Delta n}$ gleich:			
Typ	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	
G	jeder Wert	jeder Wert	0,01	0,01	0,05	Kürzeste Nichtauslösezeiten

Bei der Zertifizierung von FI-Schutzschaltgeräten sind, wie schon erwähnt, auch Typprüfungen durchzuführen. Eine Aufstellung gibt die folgende Liste wieder.

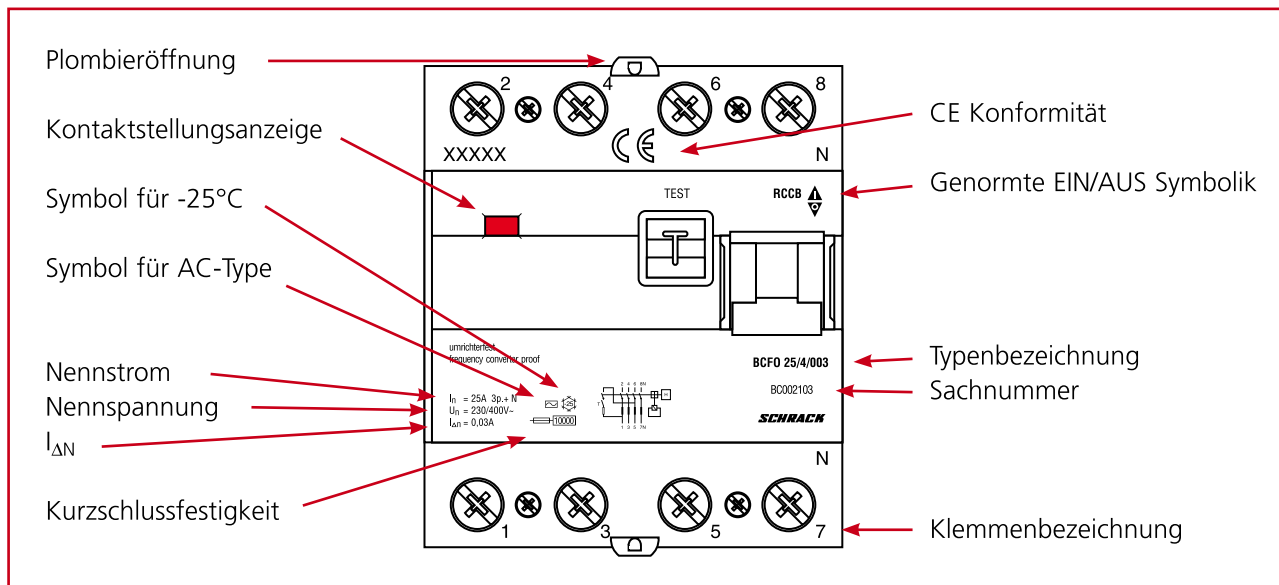
EN 61008-1:2004 TABELLE 7 - AUFSTELLUNG DER TYPPRÜFUNGEN

Prüfung	Abschnitt
• Unverwischbarkeit der Aufschriften	9.3
• Zuverlässigkeit von Schrauben, Strom führenden Teilen und Verbindungen	9.4
• Zuverlässigkeit von Klemmen zum Anschluss von äußeren Leitern	9.5
• Schutz gegen elektrischen Schlag	9.6
• Dielektrische Eigenschaften und Trennfähigkeit	9.7
• Erwärmung	9.8
• Auslösecharakteristik	9.9
• Mechanische und elektrische Lebensdauer	9.10
• Verhalten des RCCB unter Kurzschlussbedingungen	9.11
• Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Erschütterung und gegen Stoß	9.12
• Widerstandsfähigkeit gegen Hitze	9.13
• Widerstandsfähigkeit gegen übermäßige Hitze und gegen Feuer	9.14
• Freiauslösung	9.15
• Funktion der Prüfeinrichtung bei den Grenzwerten der Bemessungsspannung	9.16
• Verhalten des RCCB bei Ausfall der Netzspannung für nach 4.1.2.1 eingeteilte RCCBs	9.17
• Grenzwerte des Nichtauslösestroms unter Überstrombedingungen	9.18
• Widerstand gegen ungewolltes Auslösen infolge von Stoßspannungen	9.19
• Widerstandsfähigkeit der Isolierung gegen eine Stoßspannung	9.20
• Verhalten der RCCBs bei Auftreten eines Erdfehlerstroms mit einer Gleichstromkomponente	9.21
• Zuverlässigkeit	9.22
• Alterung elektronischer Bauteile	9.23
• Verhalten bei niedrigen Umgebungstemperaturen von RCCBs, die für den Gebrauch im Bereich von -25 °C bis +40 °C klassifiziert sind	9.21

FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER

■ BEDRUCKUNG NACH IEC/EN 61008

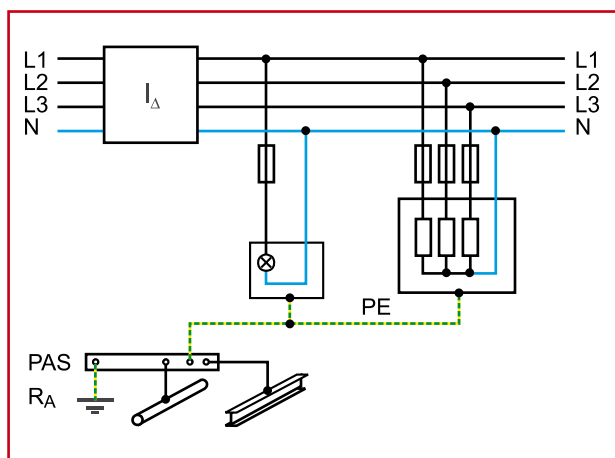
Jeder RCCB muss dauerhaft mit der Normbeschriftung versehen werden. Ein Beispiel dafür ist auf dem Frontaufdruck eines SCHRACK FI-Schalters der Serie BCF0 ersichtlich:



■ ANWENDUNG DES FEHLERSTROMSCHUTZSCHALTERS

■ FEHLERSCHUTZ (SCHUTZMASSNAHME)

Eine Maßnahme des Fehlerschutzes kann die Fehlerstromschutzschaltung sein. In der ÖVE/ÖNORM E 8001-1 Abschnitt 12 wird die Anwendung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen diesbezüglich geregelt. Vor allem in noch vorhandenen TT-Netzen oder wenn die Nullungsbedingungen nicht eingehalten werden können, wird



Fehlerstrom-Schutzschaltung als Fehlerschutz gemäß 3.8.13

man darauf zurückgreifen. Unter anderem ist auch der Abschnitt 12.2.1.1 zu beachten:

Alle zu schützenden Anlagenteile müssen mit einem geeigneten Erder verbunden sein. Für den Erdungswiderstand R_A gilt:

$$R_A \leq \frac{65 \text{ V}}{I_{\Delta n}} \quad \text{und} \quad R_A \leq 100 \Omega$$

je nachdem, welcher Wert kleiner ist.

$I_{\Delta n}$... Nennwert des Auslösefehlerstromes (Nennfehlerstrom) der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung

■ BRANDSCHUTZ DURCH FEHLERSTROMSCHUTZSCHALTER

Manchmal wird der FI-Schutzschalter auch als Brandschutzschalter bezeichnet. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in TN-Netzen bei der Schutzmaßnahme Nullung sehr oft der FI-Schalter zusätzlich als Brandschutz eingebaut wurde. Aus gleichem Grund ist er in der Landwirtschaft zwingend vorgeschrieben.

FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER

Die Brandgefahr entsteht einerseits durch „Lichtbogenfehler“ und andererseits durch „Widerstandsfehler“. Mit Lichtbogenbildung muss in der Praxis gerechnet werden, sei es durch Überspannungen, Wackelkontakte, nicht richtig angezogene Klemmen oder mechanische Schäden. In Abhängigkeit vom Werkstoff und der treibenden Spannung kann man die Grenzströme abschätzen, wo kein Lichtbogen mehr entstehen kann. Bei der Zündung durch ohmsche Widerstandserwärmung werden allgemein Grenzleistungen von 60 W für die Praxis als niedrig genug erachtet.

Daraus folgt, dass nur FI-Schalter mit $I_{\Delta n} < 300 \text{ mA}$ für den Brandschutz sinnvoll sind.

■ ZUSATZSCHUTZ DURCH FEHLERSTROMSCHUTZSCHALTER MIT $I_{\Delta n} < 30 \text{ mA}$

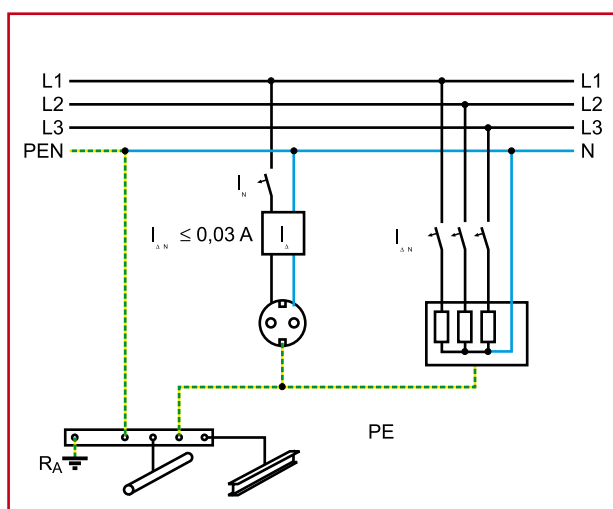
In der ÖVE/ÖNORM E 8001-1 Abschnitt 6 wird der Zusatzschutz geregelt:

6.1.1 Stromkreise mit Steckvorrichtungen bis 25 A Nennstrom sind bei Anwendung der Maßnahmen des Fehlerschutzes Schutzerdung, Nullung oder Fehlerstrom-Schutzschaltung durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom $I_{\Delta n} < 0,03 \text{ A}$ zu schützen.

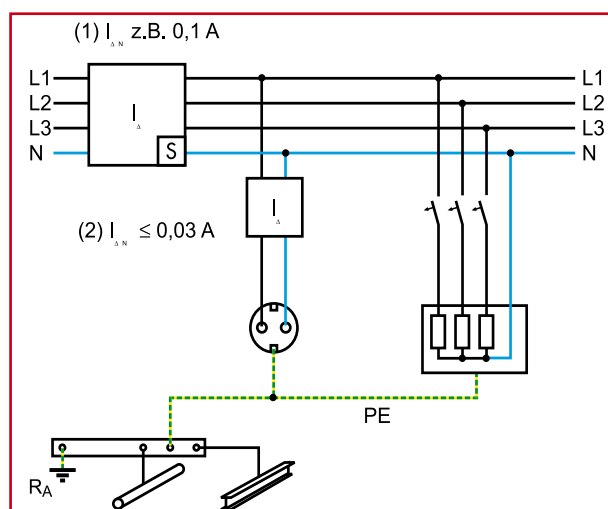
12.2.5 Eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen darf nicht gleichzeitig für Fehler- und Zusatzschutz verwendet werden.

Sind keine zu großen Ableitströme zu erwarten, wird für Steckvorrichtungen über 25 A der Zusatzschutz empfohlen. Dies gilt bei der Anwendung des Fehlerschutzes Nullung, Schutzerdung und Fehlerstrom-Schutzschaltung für alle Arten von Verbraucheranlagen. Der Nennfehlerstrom muss 0,03 A betragen. Fehlerstromschutzeinrichtungen, deren Erfassung und Ausschaltung von der Netzspannung abhängig sind, dürfen verwendet werden. Um Fehlauflösungen zu vermeiden, setzt man FI-Schutzschalter mit ausreichender Stoßstromfestigkeit (z.B. Bauart G) ein.

Wenn die Fehlerstrom-Schutzschaltung als Fehlerschutz verwendet wird, darf der Zusatzschutz nur mit einer zweiten Fehlerstromeinrichtung realisiert werden. Das bedeutet zwei FI-Schalter in Serie, die auch zueinander selektiv sein müssen. Der Zusatzschutz durch Potentialausgleich (Abschnitt 15) wirkt ergänzend und kann die Fehlerstromeinrichtung ($I_{\Delta n} < 0,03 \text{ A}$) nicht ersetzen.



Zusatzschutz bei Nullung durch Fehlerstromschutz-Einrichtung mit einem Nennfehlerstrom $I_{\Delta n} \leq 0,03 \text{ A}$

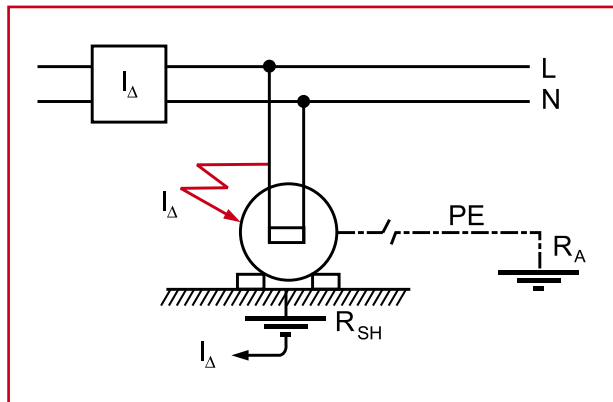


Zusatzschutz durch eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mit einem Nennfehlerstrom $I_{\Delta n} \leq 0,03 \text{ A}$

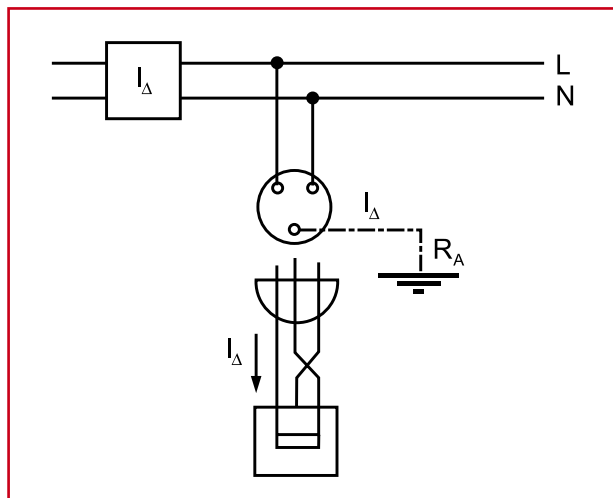
FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER

Praxis -Beispiele

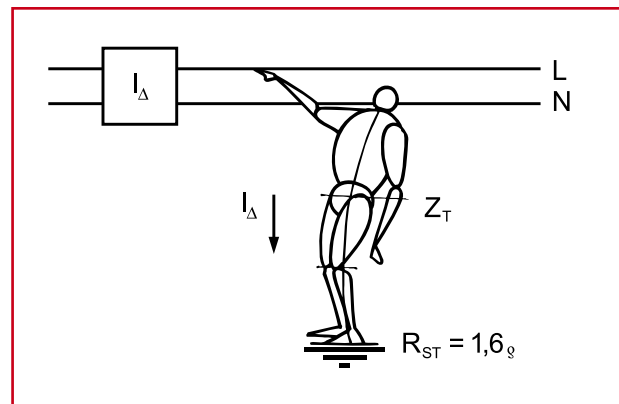
Zum besseren Verständnis finden Sie hier einige Beispiele aus der Praxis für den FI-Schalter als Zusatzschutz bei Nicht-Wirksamwerden des Fehlerschutzes:



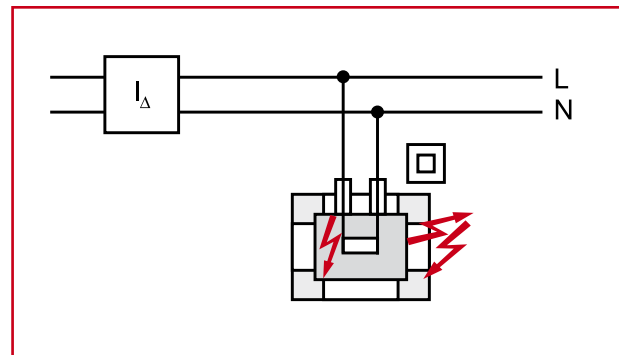
Schutz bei Schutzleiterunterbrechungen



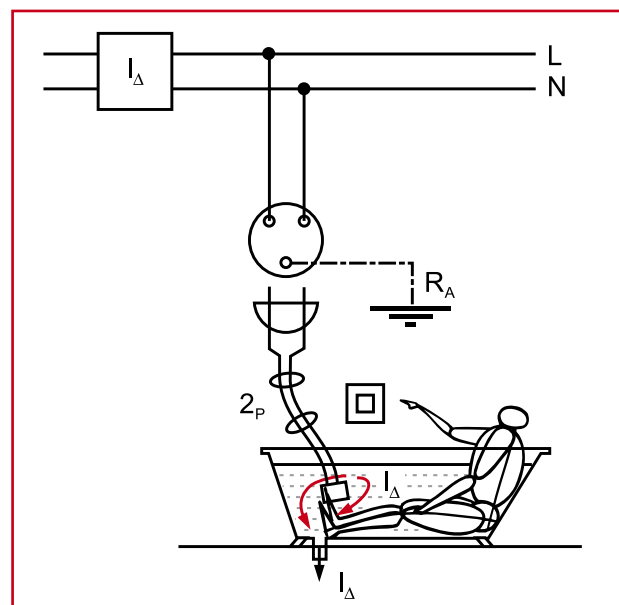
Schutz bei Schutzleiterverwechslungen



Schutz beim Berühren aktiver Teile und Erde



Schutz bei Isolationsfehlern in schutzisolierten Geräten



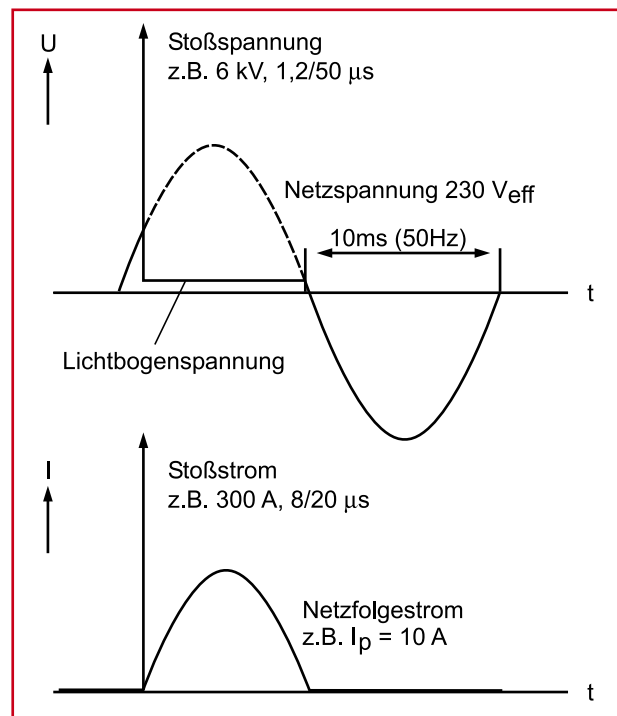
Schutz in der Badewanne

FI-AUSFÜHRUNG, TYPE **G**

In der ÖVE/ÖNORM E 8001-1 Abschnitt 12 wird die Anwendung der FI-Schutzeinrichtung geregelt.

12.1.6 Werden Anlagen, durch deren unbeabsichtigtes Ausschalten mittelbare Personen- oder Sachschäden entstehen können (z. B. Tiefkühltruhen, Intensivtierhaltung, Computer), durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen geschützt, muss deren Auslösezeit mindestens 10 ms betragen (z.B. Fehlerstrom-Schutzschalter der Bauart S oder Bauart G).

In der Praxis werden vorwiegend FI-Schalter Typ G verwendet. Wie bereits beim Abschnitt Normen erwähnt, minimiert der G-Schalter durch die Kurzzeitverzögerung und höhere Stoßstromfestigkeit (3000 A, 8/20 μ s) Fehlauflösungen. Transiente Überspannungen bei Gewitter führen zu Netzfolgeströmen die maximal 10 ms andauern und bei jedem Nulldurchgang gelöscht werden. Bei „normalen“ bedingt stoßstromfesten FI-Schaltern führt dies zur Fehlauflösung. „G“-FI verzögern eine eventuelle Auslösung um **mindestens 10 ms**. Ist die „Störung“ in der Zwischenzeit abgeklungen, findet keine Fehlauflösung statt (siehe Grafik).



Für Betriebsmittel mit eventuellen Gleichstromanteilen im Fehlerfalle (Elektronik, Waschmaschinen) kommen auch pulsstromsensitive FI-Schalter Typ GA zur Anwendung.

FI-AUSFÜHRUNG, TYPE **S**

In der ÖVE/ÖNORM E 8001-1 Abschnitt 12 wird die Anwendung der FI-Schutzeinrichtung geregelt.

12.1.5 Bei Serienschaltung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen, z.B. für den Fehlerschutz und den Zusatzschutz, sind folgende Bedingungen einzuhalten:

- (1) Die Auslösekennlinien von zwei in Serie geschalteten Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen müssen so aufeinander abgestimmt sein, dass ein Fehler in einem durch diese Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen geschützten Anlagenteil nicht zum Auslösen jener Fehlerstrom-Schutzeinrichtung führt, die netzseitig vorgeschaltet ist.
- (2) Bei zwei in Serie geschalteten Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ist dies sichergestellt, wenn eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung der Bauart stoßstromfest-selektiv (S) einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung üblicher Bauart oder der Bauart G vorgeschaltet ist und der Nennwert des Auslösefehlerstromes $I_{\Delta n1}$ der vorgeschalteten Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mindestens dreimal so groß ist, wie der Nennwert des Auslösefehlerstromes $I_{\Delta n2}$ der nachgeschalteten Fehlerstrom-Schutzeinrichtung.

12.2.2.5 Für Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen der Bauart S oder mit einstellbarer Ausschaltzeit gemäß 12.2.2.4 muss der Nennfehlerstrom $I_{\Delta n} \geq 0,1$ A sein.

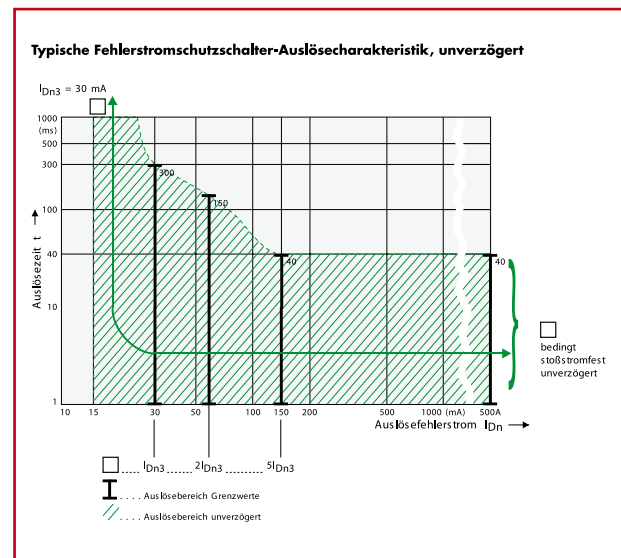
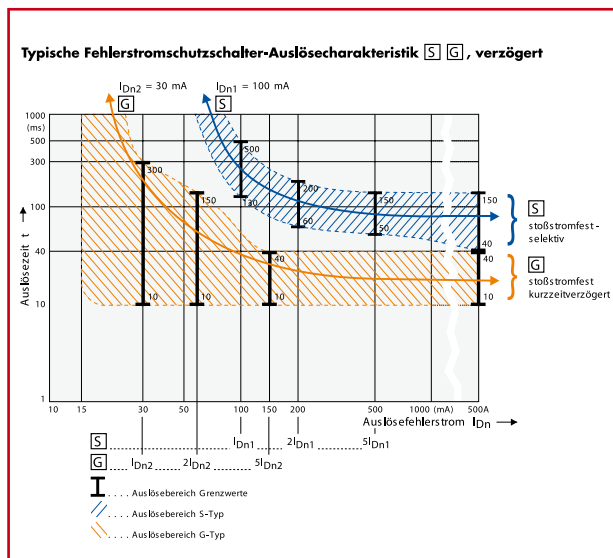
Diese Selektivitätsbedingungen bedeuten in der Praxis, dass der vorgeschaltete FI-Schalter immer ein S-Typ sein muss, um zu einem nachgeschalteten G oder unverzögerten Typ selektiv sein zu können. Der Nennfehlerstrom

FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER

des vorgeschalteten FI-Schalters muss mindestens der 3-fache $I_{\Delta n}$ des nachgeschalteten FI-Schalters sein, z.B.: 100 mA sind zu 30 mA selektiv. „S“-FI haben eine Auslöseverzögerung von mindestens 40 ms und eine Stoßstromfestigkeit von mindestens 5 kA (8/20 μ s) und bieten daher höchste Sicherheit gegen Fehlauflösungen.

AUSLÖSEKENNLINIEN

Die Auslösekenlinien und deren Grenzwerte der Auslösezeiten nach IEC/EN 61008 sind in den nächsten Bildern ersichtlich. Zu beachten sind die unterschiedlichen Auslösezeiten bei den verschiedenen Vielfachen des Nennfehlerstromes ($1 \times I_{\Delta n}$, $3 \times I_{\Delta n}$, $5 \times I_{\Delta n}$). Je größer der Fehlerstrom desto rascher die Auslösung. Dies ist besonders bei der Überprüfung zu beachten.



ERFASSUNG DES FEHLERSTROMES

In der ÖVE/ÖNORM E 8001-1 Abschnitt 6 und 12 wird die Erfassung des Fehlerstromes geregelt.

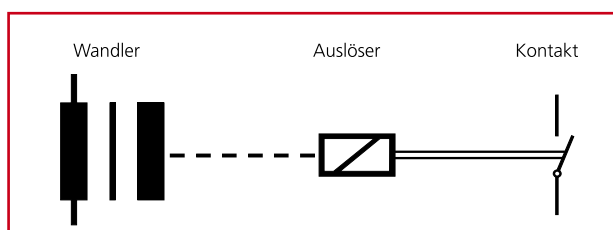
12.2.2.3 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen, deren Funktion von der Netzspannung abhängt, dürfen bei Ausfall der Netzspannung nicht ausschalten. Die Erfassung des Fehlerstromes muss durch Bauteile erfolgen, deren Funktion vom Vorhandensein der Netzspannung unabhängig ist.

6.1.2 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen für den Zusatzschutz ...

... die Funktion der Bauteile für die Erfassung und Ausschaltung darf von der Netzspannung **abhängen**.

Netzspannungsunabhängig

Bei netzspannungsunabhängigen FI-Schaltern wird der Fehlerstrom durch Bauteile erfasst, deren Funktion vom Vorhandensein der Netzspannung unabhängig ist. Ebenso erfolgt die Betätigung der Schalteinrichtung unabhängig davon, ob die Netzspannung am Schaltgerät anliegt oder nicht (Permanentmagnetauslöser).

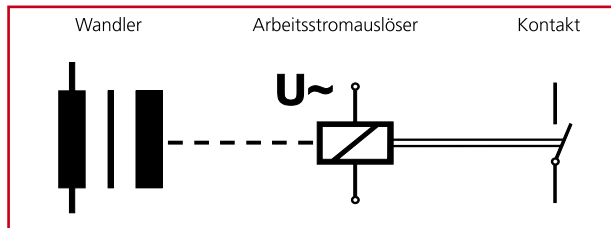


- Netzspannungsunabhängig: Weder zur Erfassung noch zur Auslösung wird die Netzspannung benötigt.
- Empfohlenes Prüfintervall: monatlich

FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER

Bedingt Netzspannungsabhängig

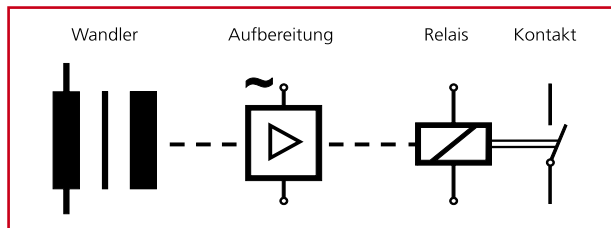
Auch bei diesen Geräten erfolgt die Erfassung des Fehlerstromes durch Bauteile, deren Funktion vom Vorhandensein der Netzspannung unabhängig ist. Die Energie für die Betätigung der Schalteinrichtung wird jedoch vom speisenden Netz bezogen. Anstatt des PMA wird ein hochwertiges Industrierelais eingesetzt (staub- und feuchtigkeitsundurchlässig). So wird verhindert, dass Fremdkörper eindringen können, die eine Auslösung blockieren würden. Durch die Spannungsversorgung können zusätzlich noch höhere Auslösekräfte aufgebracht werden. Der Vorteil ist eine höhere Zuverlässigkeit und das empfohlene monatliche Prüfintervall (Prüf-Test-Servicetaste) kann auf 1 x jährlich reduziert werden (SCHRACK Typ FI-H).



- **Bedingt Netzspannungsabhängig**
Erfassung ist spannungsunabhängig, zur Auslösung wird die Netzspannung benötigt.
- Höhere Zuverlässigkeit
- **Empfohlenes Prüfintervall: jährlich**

Netzspannungsabhängig

Bei netzspannungsabhängigen FI-Schaltern, auch DI-Schalter genannt, erfolgt die Signalaufbereitung und die Betätigung der Schalteinrichtung durch Bauteile, deren Funktion vom Vorhandensein der Netzspannung abhängig ist. Dieser Schalter darf nur für den Zusatzschutz und nicht für den Fehlerschutz eingesetzt werden.



- **Netzspannungsabhängig**
Zur Erfassung und Auslösung wird die Netzspannung benötigt.
- **Nur für den Zusatzschutz geeignet**

FORMEN DER FEHLERSTRÖME

Die Kurvenform der Fehlerströme, die sich aus der Form des Laststromes ergibt, der wieder von der Art des Verbrauchers abhängig ist (ohmsche Verbraucher, Leistungselektronik, getaktete Netzteile), bestimmen die Sensitivität und die Anwendung der FI-Schutzschalter. In der IEC/EN 61008 ist der Typ AC und A wie folgt definiert.

Fehlerstrom-Schutzschalter des Typ AC



RCCB, bei dem die Auslösung bei sinusförmigen Wechselfehlerströmen, die plötzlich oder langsam ansteigend auftreten, sichergestellt ist.

Fehlerstrom-Schutzschalter des Typ A

RCCB, bei dem die Auslösung bei sinusförmigen Wechselfehlerströmen und pulsierenden Gleichfehlerströmen, die plötzlich oder langsam ansteigend auftreten, sichergestellt ist.

Man spricht hier von „wechselstromsensitiven AC“  Fehlerstromschutzschaltern, wie sie auch in Österreich standardmäßig eingesetzt werden, bzw. von „pulsstromsensitiven A“  Fehlerstrom-Schutzschaltern.

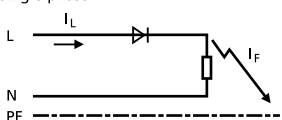
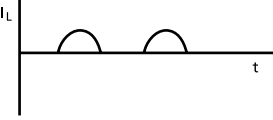
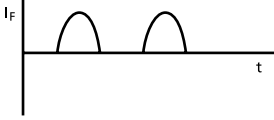
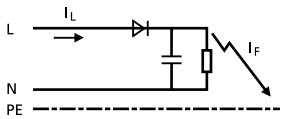


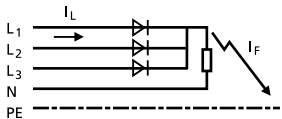
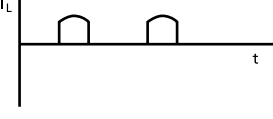

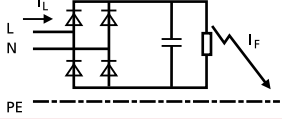
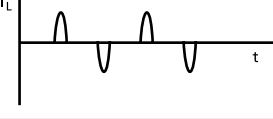

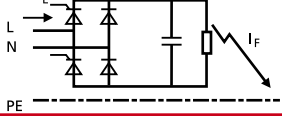
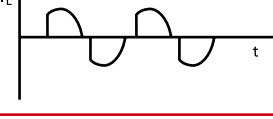

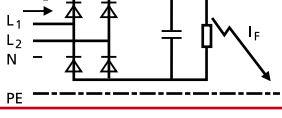
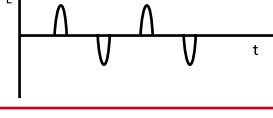

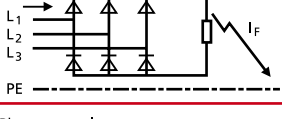
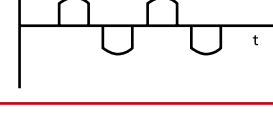

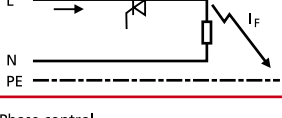


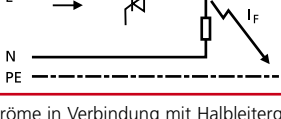


Fehlerstrom-Schutzschalter des Typ B

Diese sind allstromsensitive FI-Schutzschalter   zur Erfassung von Fehlerströmen, die vom Typ A nicht mehr wahrgenommen werden. Sie bestehen aus einem netzspannungsunabhängigen Teil zur Erfassung von

FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER

sinusförmigen Wechsel- und pulsierenden Gleichfehlerströmen mit der Grundfrequenz 50 Hz sowie einem netzspannungsabhängigen Teil zur Erfassung von Fehlerströmen im pulsierendem Gleichstrombereich.
 (SCHRACK Type FID-B hat einen Frequenzbereich 0 Hz bis 1 MHz bzw. 100 kHz beim Typ FID-BS.)
 Die Geräte sind für den Einsatz in ein- und mehrphasigen Wechselstromnetzen (z.B. bei Frequenzumrichtern) vorgesehen. Sie sind **nicht** zum Einsatz in **Gleichstromnetzen** bestimmt.

Nachstehende Tabelle zeigt, welche Fehlerströme von welchem FI-Typ erkannt werden. FI-Schalter der Type AC identifizieren Fehlerströme wie in Bild 8 und 9 gezeigt, Type A erfasst 1, 4, 5, 8, und 9 und FI-Schalter der Type B 1 bis 9.

	Schaltung mit Fehlerstelle	Form des Laststromes	Form des Fehlerstromes
1	Single-phase 		
2	Single-phase with smoothing 		
3	Three-phase star 		
4	Two-pulse bridge 		
5	Two-pulse bridge, half-controlled 		
6	Two-pulse bridge between phases 		
7	Six-pulse bridge 		
8	Phase control 		
9	Phase control 		

Fehlerströme in Verbindung mit Halbleitergeräten (aus 64/1563/CD)

■ EINSATZBEREICHE DES FI-SCHALTERS

Der Fehlerstrom-Schutzschalter ist ein mechanisches Schutz-Schaltgerät, das dazu dient, selbsttätig den Stromkreis vom Netz zu trennen, wenn die Summe der zufließenden und abfließenden Ströme nicht gleich ist und einen definierten Wert ($I_{\Delta n}$) überschreitet. Die Freiauslösung gewährleistet dabei, dass der Schalter auch dann auslöst, wenn der Betätigungshebel in der EIN-Stellung blockiert oder vom Bedienenden festgehalten wird. Ebenso kann der FI-Schalter einen oder mehrere Stromkreise durch Handbetätigung mit dem Netz verbinden oder von diesem trennen.

Die verbindliche Vorschreibung des FI-Schalters als Fehlerschutz und Zusatzschutz ist in den Errichtungsvorschriften ÖVE/ÖNORM 8001-1 bzw. ÖVE EN 1 zu finden. Zusätzlich sind jedoch auch die entsprechenden speziellen Angaben in den weiteren Abschnitten einzuhalten, wie z.B. für „Landwirtschaftliche und gartenbauliche Anlagen“, „Baustellen und Provisorien“, „Campingplätze und Caravans“, „Marinas und Wassersportfahrzeuge“, „Fliegende Bauten“, „Baderäume, Schwimmbeckenanlagen, Saunaanlagen“, „Unterrichtsräume“ und „Medizinisch genutzte Räume“ (ÖVE EN 7, ÖVE/ÖNORM E 8007/A1+A2, ÖVE/ÖNORM E 8007 in Vorbereitung).



Auch bei Nichteinhaltung der Nullungsbedingung ist ein Fehlerschutz mittels FI-Schalter aufzubauen. Spezielle Anwendungen ergeben sich bei Anlagen mit Frequenzumrichtern, fallweise bei Beleuchtungsanlagen sowie EDV-, Kühl- und Tierhaltungsanlagen. Zu Beachten ist, dass eine Schutzmaßnahme bei der Ausgangsseite einer USV-Anlage und bei einer Notbeleuchtungsanlage (ÖVE/ÖNORM E 8002 - 1 bis 9), speziell im Not/Batteriebetrieb, vorzusehen ist. Dies kann nicht immer mit einem FI-Schalter realisiert werden. Weitere Details können wir hier aus Platzmangel leider nicht behandeln, wir stehen aber gerne für Anfragen über spezielle Anwendungen zur Verfügung.

■ KURZSCHLUSS- UND ÜBERLASTSCHUTZ

In der ÖVE/ÖNORM E 8001-1 Abschnitt 12.1.4 wird der Überlast- und Kurzschlusschutz geregelt.

12.1.4 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen sind gegen thermische Überlastung und gegen Kurzschluss zu schützen.

Die Angaben der Hersteller (insbesondere über die höchstzulässigen Vorsicherungsnennströme für den Kurzschluss- und den Überlastschutz) sind zu beachten.

Fehlt die Angabe des höchstzulässigen Nennstromes der Überlast-Schutzeinrichtung, dann gilt der Nennstrom der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung als deren dauernd zulässiger Überlaststrom. Es ist durch geeignete Überlast-Schutzeinrichtungen sicherzustellen, dass der Nennstrom der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung größer/gleich dem großen Prüfstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung ist.

Durch diese Festlegung wird der Anlagenplaner und auch der Errichter darauf hingewiesen, dass bei der Installation von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen die höchstzulässige Vorsicherung für den Überlastschutz und für den Kurzschlusschutz zu beachten sind. Diese Angaben sind im Regelfall in den technischen Unterlagen

FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER


des Herstellers bzw. in den Montageanweisungen enthalten. Durch geeignete Überlast-Schutzeinrichtungen in der Anlage ist sicherzustellen, dass der Nennstrom der FI-Schutzeinrichtung nicht über die konventionelle Ausschaltzeit der Überstrom-Schutzeinrichtung hinausgehend auf Dauer fließen kann. Für die Dimensionierung der vorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung gilt:

$$I_N \text{ (Fehlerstrom-Schutzeinrichtung)} \geq I_2 \text{ (Überstrom-Schutzeinrichtung)}$$

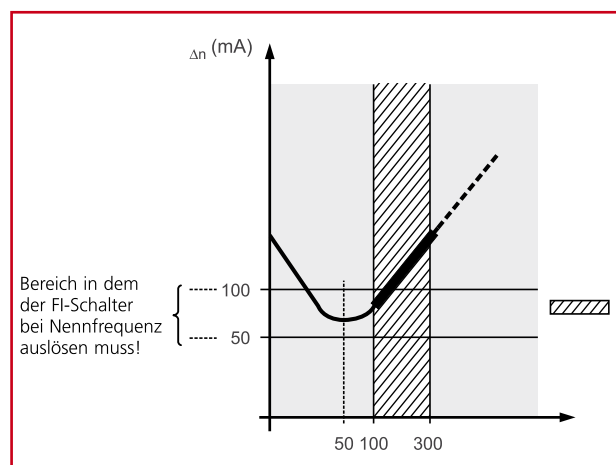
Dabei entspricht I_2 bei Schmelzsicherungen der Klasse gL dem konventionellen Auslösestrom I_f . Für Schmelzsicherungen der Nennstromstärken 25 A bis 400 A beträgt der Wert von $I_f = 1,6 I_N$ (Schmelzsicherung). Für Leitungsschutzschalter der Charakteristiken B und C beträgt $I_2 = 1,45 I_N$ (Leitungsschutzschalter).

In der neuen Schutzschaltertechnik wird darauf bereits Rücksicht genommen. Entweder konstruktiv durch Auslegung der FI-Schalter bezüglich Überlast nennstromgleich, d.h. auf den gleichen Nennstrom der maximalen thermischen Vorsicherung (Sicherung 40 A = FI-Schalter 40 A) oder durch integrierte Bauteile der FI-Schalter, die bei Erreichen seiner Grenztemperatur ausschalten (FI-H). Letzteres hat den zusätzlichen Vorteil, dass dabei auch die Umgebungstemperatur mit berücksichtigt wird (Wärmestau durch enges Aneinanderreihen von Bauteilen). Wenn jedoch durch die Art des Verbrauchers sichergestellt ist, dass keine thermische Überlastung eintreten kann, muss nur der maximale Kurzschlusschutz berücksichtigt werden, z.B. ein Boiler kann mit einem Nennstrom von 30 A ohne weiteres mit einem FI-Schalter 40 A und dessen Vorsicherung, die den Kurzschlusschutz übernimmt, abgesichert werden. Voraussetzung sind natürlich entsprechende Leitungsquerschnitte und keine zusätzlichen am FI-Schalter angeschlossenen Verbraucher.

■ AUSWAHLKRITERIEN FÜR DEN FI-SCHALTERS TYP A

Der Unterschied zum üblicherweise gebräuchlichen FI-Schalter Typ AC wurde bereits beschrieben. Dieser pulstromsensitive Typ A ist z.B. in Deutschland, Belgien und der Schweiz zwingend vorgeschrieben. In Österreich ist kein bestimmter Typ bezüglich der Charakteristik standardisiert. Im Allgemeinen wird man mit dem Typ AC das Auslangen finden. Unabhängig davon sind jedoch allfällige Betriebs/Installationsanweisungen der Hersteller elektrischer Betriebsmittel zu beachten. Ein Nichtbeachten dieser Anleitung erfolgt auf eigene Verantwortung. Mitunter verlangt der Hersteller den Einbau eines FI-Schalters vom Typ A oder sogar Typ B. Bei selektiven FI-Schaltern  sowie FI-Auslöserelais werden vorwiegend pulstromsensitive Ausführungen verwendet.

Spezielle Bauformen, z.B. für den Einsatz bei Frequenzumrichtern (FI-U), haben ebenfalls eine pulstromsensitive Auslösung. Es wird jedoch in für Frequenzumrichter typischen Frequenzbereichen die Empfindlichkeit herabgesetzt, um Fehlauflösungen zu vermeiden.



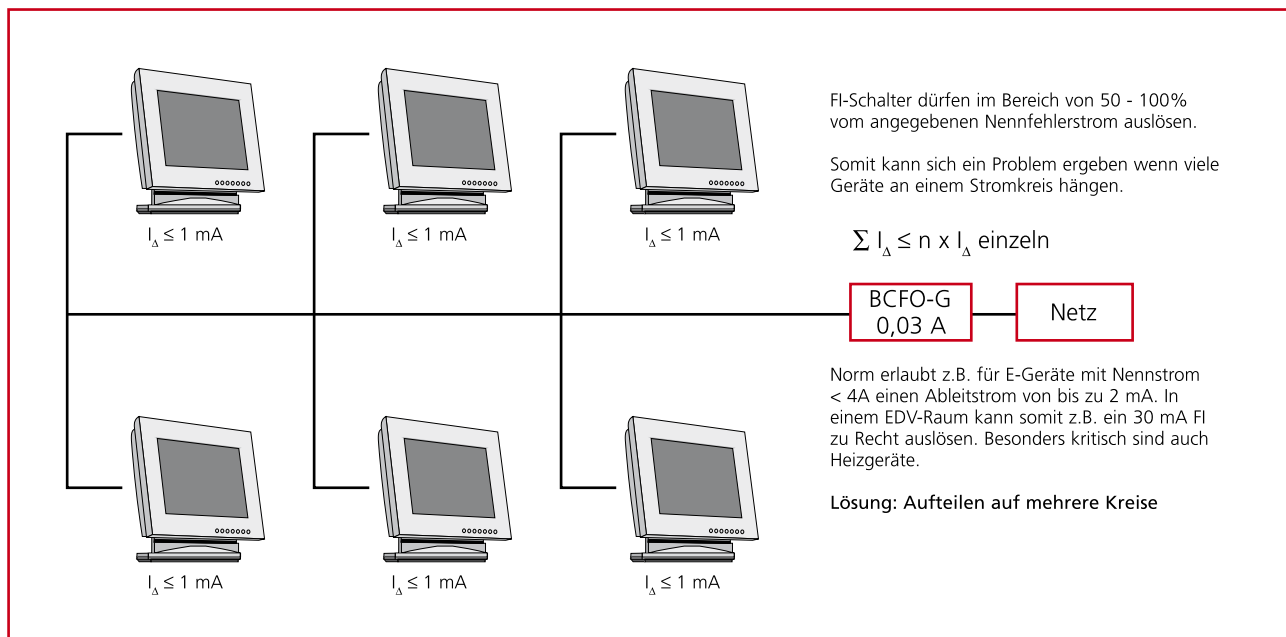
- Im Bereich ab 100 Hz, in dem vermehrt Probleme durch Umrichter auftreten, sind diese FI-Schalter wesentlich unempfindlicher.
- Keine unerwünschten Fehlauflösungen

FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER

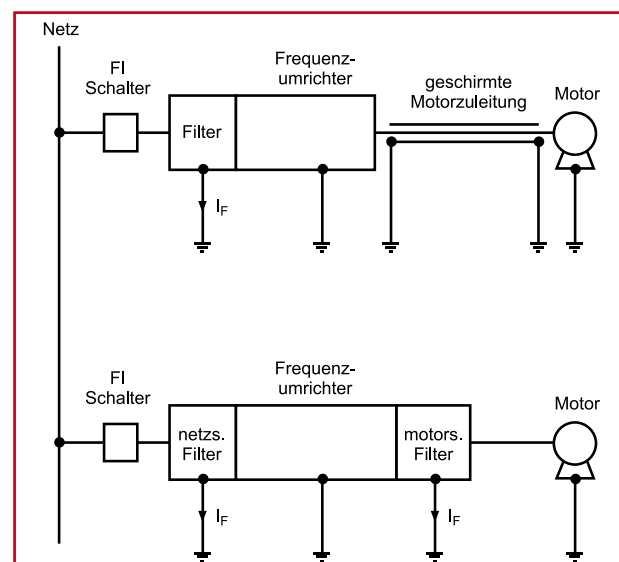
FEHLAUSLÖSUNGEN VON FI-SCHALTERN

Eine der häufigsten Ursachen von Fehlauslösungen sind Ableitströme von Entstörbauteilen. So werden u.a. Entstörkondensatoren aus Gründen der EMV in elektronische Geräte wie Netzteile, PCs, Regelgeräte, aber auch in Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen, Halogenleuchten, Quecksilberdampflampen u.a.m. eingebaut. Für solche Geräte, bis zu einem Nennstrom von 4 A, ist entsprechend der Norm ein Ableitstrom bis 2 mA gegen den PE (Erde) zulässig.

Wenn nun aus Gründen der Sparsamkeit zu viele Geräte an einem FI-Schalter angeschlossen sind, summieren sich die einzelnen Ableitströme zu einem Wert, bei dem bereits die Ansprechgrenze des FI-Schalters erreicht wird und die Abschaltung erfolgt. Wenn durch 10 bis 20 angeschlossene Geräte ein Ableitstrom von 20 mA hervorgerufen wird, kann dies zu einer Auslösung eines FI-Schalters mit $I_{\Delta n}$ 30 mA führen. Wie wir aus der Norm wissen, muss der Auslösebereich zwischen 15 mA und 30 mA liegen und der FI-Schalter kann natürlich nicht zwischen einem natürlichen Ableitstrom und einem „richtigen“ Fehlerstrom unterscheiden. Nachstehend dazu eine grafische Darstellung, wie solch eine Fehlauslösung vermieden werden kann.



Auch bei der Verwendung von Frequenzumrichtern oder Schaltnetzteilen treten beim Zusammenwirken mit herkömmlichen Fehlerstromschutzschaltern oft Probleme auf. Durch schnelle Schaltvorgänge von hohen Spannungen werden hohe Störpegel verursacht, die sich einerseits über Leitungen und andererseits auch als Störstrahlung ausbreiten. Um diese EMV- Probleme zu eliminieren, wird ein Filter zwischen FI-Schalter und Frequenzumrichter geschaltet. Durch die darin enthaltenen Entstörkondensatoren ergeben sich Ableitströme mit höherer Frequenz als 50/60 Hz gegen Erde, die aufgrund der scheinbaren Fehlerströme ein unerwünschtes Fehlauslösen des FI-Schalters bewirken können.



FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER

Wie bereits im Abschnitt über den FI-Schalter Typ G erwähnt, können transiente Überspannungen bei Gewitter zu Netzfolgeströmen führen, die bei „normalen“ bedingt stoßstromfesten FI-Schaltern Fehlauslösungen verursachen. SCHRACK „normale“ bedingt stoßstromfeste FI-Schalter haben eine Stoßstromfestigkeit von typisch 250 A, wodurch bereits eine erhöhte Sicherheit erreicht wird. Um Fehlauslösungen durch transiente Überspannungen zu vermeiden, empfehlen wir den Einsatz von FI-Schaltern Typ G, vor allem bei Alarm-, Brandmeldeanlagen, Treppenlichtsteuerungen Heizungen und selbstverständlich für Anlagen durch deren unbeabsichtigtes Ausschalten mittelbare Personen- oder Sachschäden entstehen können. Ebenso können Schaltüberspannungen, hohe Einschaltströme die über den 10-fachen asymmetrischen Betriebsströmen liegen, fehlerhaftes Auslösen verursachen.

■ EINIGE PRAXISFÄLLE MIT MESSUNGEN

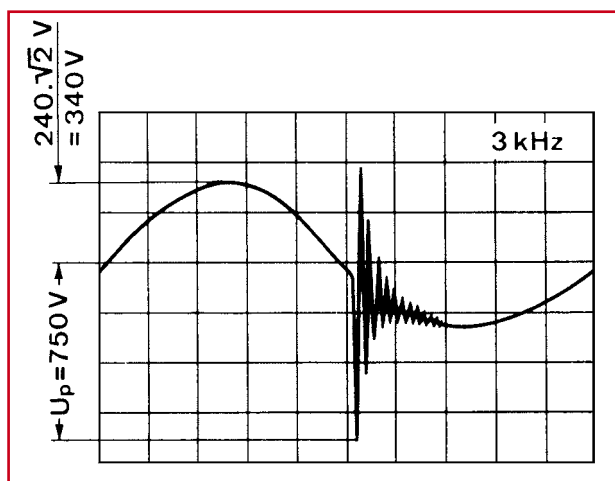


Abbildung 1: Einheit = 2 mS

Abbildung 2

zeigt die Fehlerströme beim Einschalten einer Leuchtstoffröhrengruppe mit sechs elektronischen Vorschaltgeräten. Man sieht, dass kurzzeitig Fehlerströme bis zu einigen Ampere durch den Schutzleiter fließen. Bei nicht darauf abgestimmten FI-Schaltern wird ein Auslösevorgang eingeleitet.

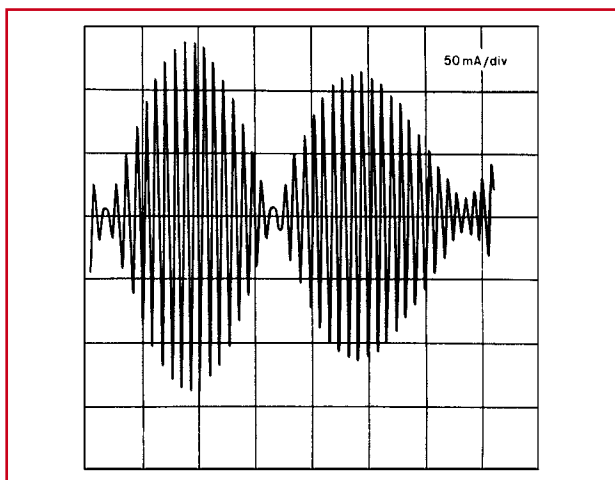


Abbildung 3: Einheit = 200 µs

Abbildung 1

zeigt eine Überspannung, verursacht durch das Schalten eines Pumpenmotors mit einem Luftschütz über ein 10 m Anspeisekabel. Die Schaltüberspannung von 750 V mit einer gedämpften Schwingung von 3 kHz brachte einen normalen 30-mA-Schalter über die Leitungskapazität eines 10 m Anspeisekabels zur Abschaltung.

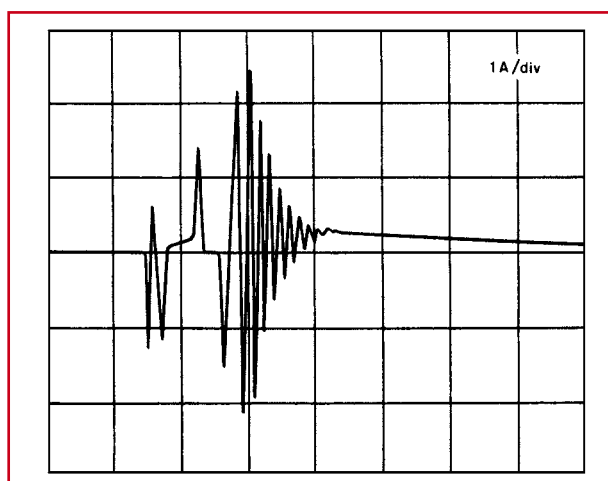


Abbildung 2: Einheit = 50 µs

Abbildung 3

zeigt durch Entstörglieder verursachte kapazitive Ableitströme bei elektronischen Vorschaltgeräten. Es fließen mittelfrequente kapazitive Ableitströme durch die Netzentstörglieder und die Kapazität der Anlage ständig gegen Erde. Hier sind es mehr als 50 mA mit einer Frequenz von ca. 30 kHz, die durch den Schutzleiter zur Erde abfließen.

FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER

Es wird oft die Tatsache vergessen, dass auch Installationsleitungen über ihren Isolationswiderstand Ableitströme zur Erde führen. Diese Leiter sind im Betrieb eine Kapazität zur Erde, die bei Wechselspannung einen geringeren Widerstand darstellt, als bei der Isolationsmessung mit Gleichstrom. Es werden daher Ableitströme über die Leiterkapazitäten wirksam, die bei einer Kabelkapazität von 0,1 $\mu\text{F}/\text{km}$ schon bei Längen von einigen 100 Metern 30 mA-FI-Schalter fehlauslösen. Ähnliches kann auch bei elektrischen Wärmegeräten nach längerem Gebrauch und Verschmutzung sowie durch Verschlechterung des Isolationswiderstandes passieren.

Nicht nur elektrische sondern auch mechanische Ereignisse können Fehlauslösungen verursachen. Einige Beispiele: Erschütterungen die das normierte Maß der Vibrations-Schockfestigkeit übersteigen, der benachbarte Einbau eines 100 A Schützes oder das Auslösen eines 1000 A Leistungsschalters auf der gleichen Tragschiene.

■ AUSWAHLKRITERIEN FÜR DEN FI-SCHALTER TYP B , SCHRACK TYPE FID/B

Es würde den festgelegten Informationsumfang sprengen, wollten wir in dieser Broschüre alle Anwendungen und Details des allstromsensitiven FI-Schalters Typ B, SCHRACK-Type FID/B anführen. Daher werden wir nur die markantesten Vorzüge und Eigenschaften stichwortartig anführen, um einen Gesamteindruck zu vermitteln. Weiterführende Informationen finden Sie in unserer Spezialbroschüre „Warum eigentlich Allstromsensitiv“, die wir Ihnen gerne zusenden.



■ ALLSTROMSENSITIVER SCHUTZ

Die Geräte der Baureihe FI-D/B sind allstromsensitive Fehlerstromschutzschalter für den Einsatz in 50 Hz Wechselstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln wie z.B. Frequenzumrichter, USV-Anlagen, Schaltnetzteile oder Hochfrequenzstromrichter.

■ FEHLERSTROMERKENNUNG BIS 1 MHZ

Viele Betriebsmittel der Leistungselektronik wie z.B. Wechselrichter und Frequenzumrichter geben ihre Ausgangsleistung mit einer bipolaren, pulsweitenmodulierten Spannung bei Schaltfrequenzen bis zu einigen 10 kHz ab. Daher können diese Betriebsmittel im Fehlerfall neben 50 Hz Wechsel- und Pulsleichfehlerströmen auch glatte Gleichfehlerströme und Wechselfehlerströme unterschiedlichster Frequenzen sowie Mischfrequenzen (z.B. bei Frequenzumrichtern, Schaltfrequenz und Ausgangsfrequenz) verursachen. Herkömmliche FI-Schutzschalter mit der Auslösecharakteristik A oder AC nach IEC 60755 können diese Fehlerströme nicht korrekt erfassen, damit ist keine ordnungsgemäße Auslösung gewährleistet. Außerdem kann die normale Auslösung eines FI-Schalters vom Typ A oder AC mit Fehlerströmen von 50 Hz durch einen gleichzeitig vorhandenen glatten Gleichfehlerstrom verhindert werden. Die Geräte der Baureihe FI-D/B erfassen alle Fehlerstromarten entsprechend der Auslösecharakteristik B der IEC-Publikation 60755, d.h. auch glatte Gleichfehlerströme. Darüber hinaus werden auch Wechselfehlerströme mit allen Frequenzen bis 1 MHz, auch in Form von Mischströmen, lückenlos erkannt.

■ SCHUTZ BEI INDIREKTEM BERÜHREN

Ein umfassender Schutz bei indirektem Berühren ist mit allen Schaltertypen der Baureihe FI-D/B auch dort zu verwirklichen, wo elektronische Betriebsmittel, wie Hochfrequenzstromrichter, Röntengeräte u.s.w., Fehlerströme hoher Frequenz verursachen können. Der lückenlose weite Auslösefrequenzbereich mit einer definierten oberen Auslösegrenze macht die Definition eines Erdungswiderstandes überhaupt erst sinnvoll möglich, denn hierzu muss der maximale Auslösestrom im Auslösefrequenzgang bekannt sein.

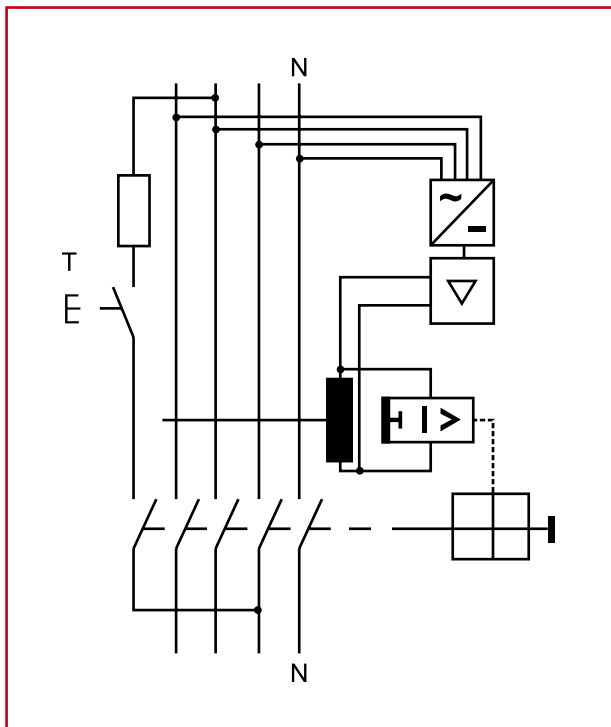
FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER

■ SCHUTZ OHNE UNERWÜNSCHTE ABSCHALTUNGEN

Alle Varianten des FI-D/B weisen eine erhöhte Stoßstromfestigkeit auf und besitzen diesbezüglich die Eigenschaft eines kurzverzögerten FI-Schutzschalters. Hierdurch werden unerwünschte Auslösungen durch kurzzeitige impulsförmige Ableitströme, die beispielsweise beim Einschalten von Frequenzumrichtern über die Entstörfiler abfließen weitestgehend verhindert.

■ SCHUTZ AUCH BEI FEHLERHAFTEM VERSORGNUNGSNETZ

Die allstromsensitive Schutzfunktion des FI-D/B ist bei Betrieb mit zwei oder mehr aktiven Leitern (auch ohne Neutralleiter) für Spannungen ab 30 V bis 400 V gewährleistet. Selbst für den Fall, dass die Spannung aller aktiven Leiter unter 30 V beträgt oder nur noch ein Leiter Spannung führt, ist der Schutzbereich eines herkömmlichen pulststromsensitiven FI-Schutzschalters durch eine netzspannungsunabhängige Auslösefunktion gegeben. Durch diese Funktion dürfen die FI-Schutzschalter der Baureihe FI-D/B auch bei Unterbrechung der Netzspannung eingeschaltet bleiben, so dass nach einem Netzspannungsausfall eine manuelle Wiedereinschaltung entfällt.



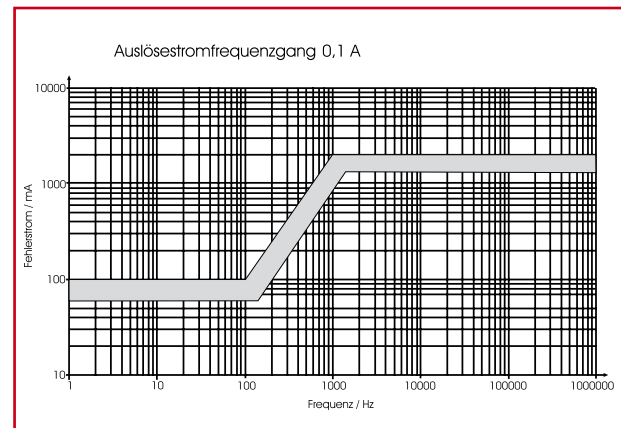
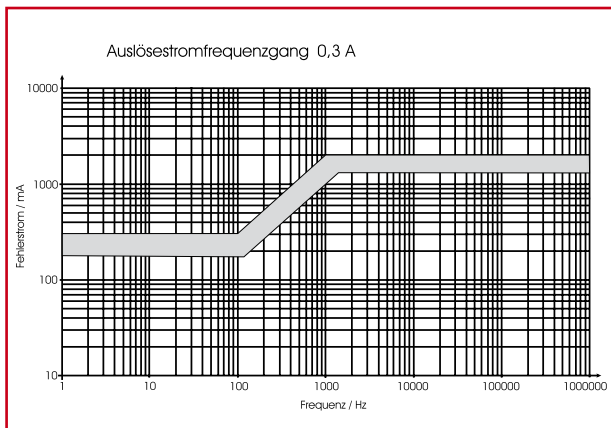
Funktionsschaltbild FI-D/B 40 - 80 A

■ SELEKTIVER SCHUTZ

Die Baureihe FI-D/B umfasst mehrere Varianten mit unterschiedlichen Bemessungsfehlerströmen sowie die ansprechverzögerten Ausführungen zur Realisierung eines selektiven Schutzes in Anlagen mit Haupt- und Unterverteilungen.

■ NORMGERECHTER SCHUTZ

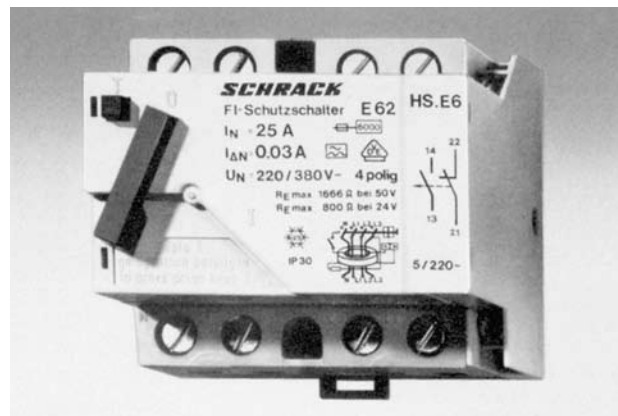
Alle FI-Schutzschalter der Baureihe FI-D/B erfüllen die Anforderungen des Normenentwurfs VDE 0664 Teil 100 für Geräte des Typ B. Sie sind daher gut geeignet, die Schutzmaßnahmen für Anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln zu realisieren, wie diese in der EN 50178/DIN VDE 0160 beschrieben ist.



FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER

ZUSATZFUNKTIONEN DES FI-SCHALTERS

Besonders in der industriellen Anwendung bestand immer schon der Wunsch den Schaltzustand des FI-Schalters zu signalisieren und in eine zentrale Warte zu melden. Die Lösungen, mittels zusätzlichem Relais am Ausgang des FI angeschaltet, waren technisch nicht ideal, so dass Lösungen mit integrierten Hilfsschaltern kreiert wurden.

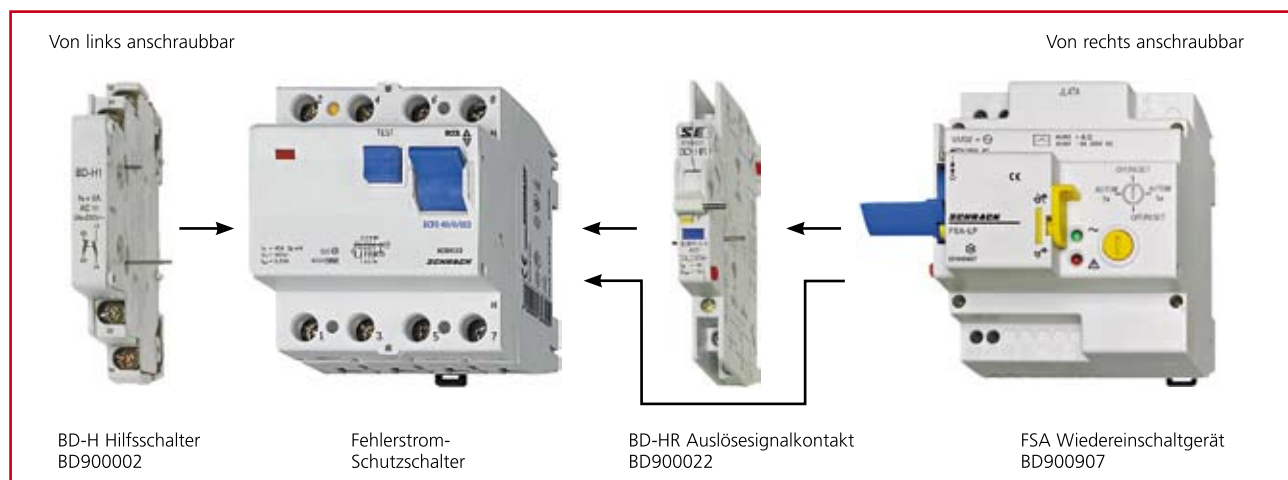


FI-Ausführung aus 1990 mit Hilfskontakt

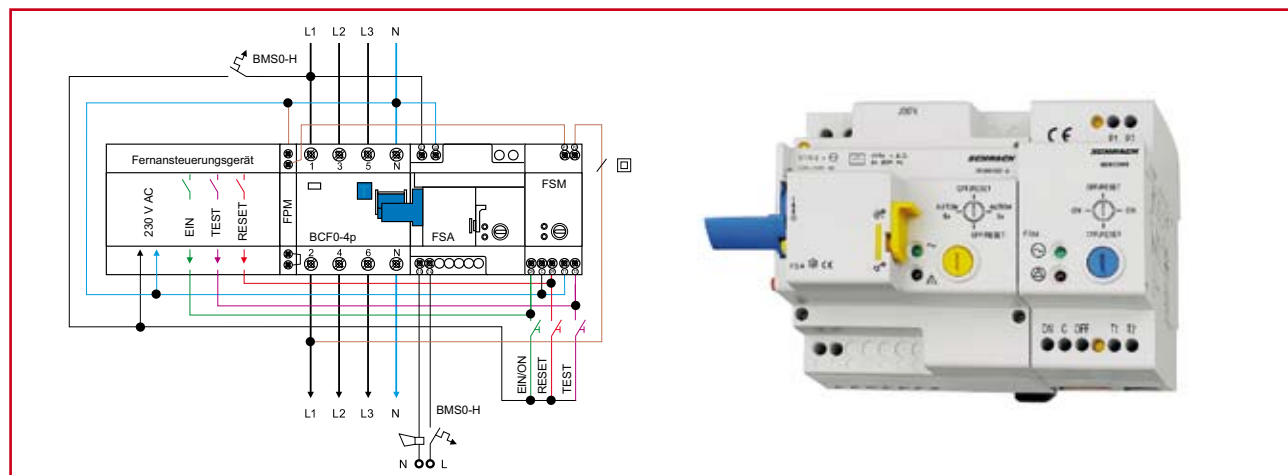
Entsprechend dem Fortschritt der Technik wurden vom Markt immer neue Anforderungen gestellt. So auch die Unterscheidung ob der FI-Schutzschalter durch einen Fehlerstrom ausgelöst wird oder durch mechanische Betätigung eine händische Ausschaltung erfolgt.

Ebenso wurde eine automatische bzw. gezielte Wiedereinschaltung bei Auslösen des FI-Schalters gefordert. Dies ist vor allem bei unbemannten Einrichtungen wie z.B. Gasregelstationen von Vorteil.

Kombinationsmöglichkeiten: Hilfsschalter, Auslösesignalkontakt, Wiedereinschaltgerät



Eine weitere Anwendung unter vielen ist die Ansteuerung und Abfrage mittels Communication-Center und Mobil-Telefon:

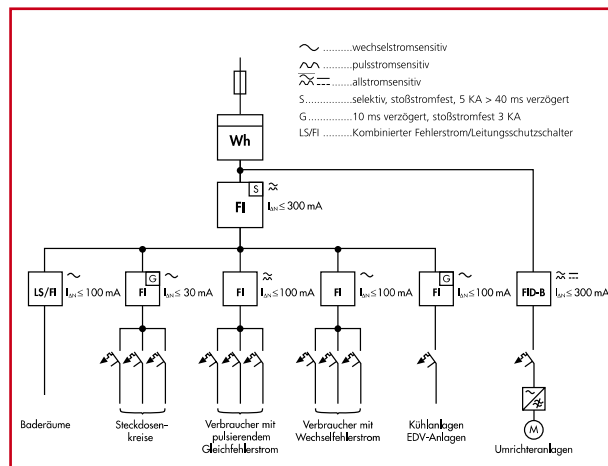


FEHLERSTROM - SCHUTZSCHALTER

ZUSAMMENFASSUNG

Im Folgenden sehen Sie die wichtigsten Produkt-features der Fehlerstrom-Schutzschalter auf einen Blick zusammengefasst, entsprechend dem heutigen Stand der Technik und den Anforderungen auf den nationalen und internationalen Märkten:

- Typenspektrum für jeden Anwendungsbereich **AC**, **A**, **B**
- Bemessungsströme 25 - 40 - 63 - 80 - 100 - 125 A (4 TE)
- Bauart **G**, **S**, und
Sonderausführungen: FI-U, FI-Relais
- Für Fehler-, Zusatz- und Brandschutz
- Echte Kontaktstellungsanzeige, zwangsgeführt
- Umfangreiches Zubehörprogramm: H, HR, FSA
- 35/50 mm² Anschlussklemme



FI-Schutzschalter-Typen und deren prinzipieller Einsatz in diesem Schaltplan

ZUKUNFTSPERSPEKTIVEN DER FEHLERSTROMEINRICHTUNGEN

Das digitale Zeitalter stoppt nicht vor den, noch vorwiegend elektromechanischen, Schaltgeräten. Auch in diesem Bereich wird durch die Digitaltechnik ein zusätzlicher „Komfort“ geschaffen werden: eine vorhersehbare Auslösung, LED-Anzeigen, Informationen über die Art der Auslösung, Weiterleitung der Informationen mittels Infrarot, SMS u.a.m., Reduzierung der Fehlauflösungen durch Unterscheidung und Erkennung von höherfrequenten Anteilen, integrierte Messgeräte etc. Der Innovation und dem Einfallsreichtum sind keine Grenzen gesetzt.

Wenn man nur jetzt schon absehen könnte, wann es diesen „Komfort-FI“ geben wird? Lassen Sie sich überraschen, vielleicht schon in einem Jahr, bei den nächsten SCHRACK INFO-TAGE 2008. Schauen Sie doch einfach vorbei!

„Wer aufhört, besser werden zu wollen, hört auf, gut zu sein.“

Marie von Ebner-Eschenbach
13.9.1830 - 12.3.1916
österreichische Schriftstellerin

QUELLENHINWEISE

Biegelmeier, Gottfried: Liber Amicorum - Liber Inimicis

Biegelmeier, Gottfried: Wirkungen des elektrischen Stroms auf Menschen und Nutztiere

Biegelmeier, Gottfried: Die Wirkungen des elektrischen Stromes auf den Menschen und der elektrische Widerstand des menschlichen Körpers

Biegelmeier, Kiefer, Krefter: Schutz in elektrischen Anlagen, Schutzeinrichtungen Band 5

Biegelmeier, Mörx: Schutz gegen gefährliche Körperströme und gegen Überspannungen

Graßmück, Alexander: Fehlerstromschutzschalter, Technische Produktinformation

ÖVE/ÖNORM E 8001-1

ÖVE EN 1

ÖVE/ÖNORM E8601

IEC/EN 61008

EN 50178

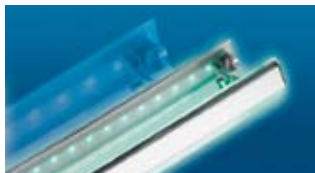
IEC 60479-1 – Risk limit of ventricular fibrillation

IEC 23E/604/DTR Guide on the correct use of RCDs

DAS UNTERNEHMEN

ZENTRALE

SCHRACK ENERGIETECHNIK GMBH
Seybelgasse 13, 1235 Wien
TEL. +43(0)1/866 85-0
FAX +43(0)1/866 85-1560
E-MAIL zentrale@schrack.com



ÖSTERREICHISCHE NIEDERLASSUNGEN

KÄRNTEN

Ledererstraße 3
9020 Klagenfurt
TEL. +43(0)463/333 40-0
FAX +43(0)463/333 40-15
E-MAIL klagenfurt@schrack.com

OBERÖSTERREICH

Franzosenhausweg 51b
4030 Linz
TEL. +43(0)732/376 699-0
FAX +43(0)732/376 699-20
E-MAIL linz@schrack.com

SALZBURG

Bachstraße 59-61
5023 Salzburg
TEL. +43(0)662/650 640-0
FAX +43(0)662/650 640-26
E-MAIL salzburg@schrack.com

STEIERMARK, BURGENLAND

Kärntnerstraße 341
8054 Graz
TEL. +43(0)316/283 434-0
FAX +43(0)316/283 434-64
E-MAIL graz@schrack.com

NETZWERKTECHNIK

Seybelgasse 13, 1235 Wien
TEL. +43(0)1/866 85-180
FAX +43(0)1/866 85-136
E-MAIL gs-it@schrack.com

TIROL

Richard Bergerstraße 12
6020 Innsbruck
TEL. +43(0)512/392 580-0
FAX +43(0)512/392 580-30
E-MAIL innsbruck@schrack.com

VORARLBERG

Wallenmahd 23
6850 Dornbirn
TEL. +43(0)5572/238 33-0
FAX +43(0)5572/238 33-14
E-MAIL dornbirn@schrack.com

WIEN, NIEDERÖSTERREICH, BURGENLAND

Seybelgasse 13
1235 Wien
TEL. +43(0)1/866 85-500
FAX +43(0)1/866 85-441
E-MAIL gs.wien@schrack.com

LICHTTECHNIK

Seybelgasse 13, 1235 Wien
TEL. +43(0)1/866 85-543
FAX +43(0)1/866 85-561
E-MAIL k.kulhanek@schrack.com