

Gefahren des elektrischen Stromes

Wirkungen des elektrischen Stromes auf den Menschen

- 1 ... 3 mA sind spürbar, jedoch keine Gefahr
- 8 ... 15 mA beginnen sich die Muskeln zu verkrampfen
- 10 ... 20 mA Loslassgrenze
- 30 ... 40 mA Muskelkrampf, Atembeschwerden, Veränderung des Blutdruckes
→ Erstickungstod
- 80 ... 100 mA Herzkammerflimmern ⇒ Blut kann nicht mehr zirkulieren ⇒ Tod

z.B. die 0,5 A -Rasiersteckdosensicherung kann bei direkter Berührung eines spannungsführenden Teiles den Menschen

$$I_F = \frac{230V}{2000\Omega} = 115\text{ mA} < 0,5A$$

Branderzeugung durch den elektrischen Strom

Durch einen Isolationsdefekt kann ein Fehlerstrom zur Erde abfließen. Bei einem satten Erdschluss muss die Vorsicherung auslösen, dann wird ein Brand verhindert. Die meisten Erdschlüsse sind jedoch widerstandsbehaftet. Der Fehlerstrom kann z.B. über feuchtes Holz zur Erde abfließen. Es entsteht ein Kriechweg, der den Strom entsprechend seinem Widerstand begrenzt. Die Vorsicherung unterbricht den Stromkreis nicht, sodass die Stromwärme über kurz oder lang zum Brand führt.

Ursachen der Elektrounfälle

Abnutzung und Alterung der Isolation, Laieninstallation, technische Unkenntnis und Unachtsamkeit, Verwenden von Steckdosen ohne Sperreinrichtung,

Bei diesen Ursachen können Fehlerströme entstehen, die Menschen Tiere und Sachen gefährden.

Schutzorgane

Ueberstromschutz

Schmelzsicherungen

Die Schmelzsicherung enthält einen Leiter mit kleinem Querschnitt, der bei ZU grossem Strom durchschmilzt. Der Stromkreis wird unterbrochen. Dadurch werden Leitungen und ev. Geräte vor unzulässiger Erwärmung (Brand, Zerstörung) geschützt.

Damit der Schutz vor Kurzschluss und Ueberlastung gewährleistet ist, dürfen Sicherungen weder geflickt noch überbrückt werden!

Leitungsschutzschalter (Sicherungsautomaten)

Der Leitungsschutzschalter hat dieselbe Aufgabe wie die Schmelzsicherung. Bei Ueberlastung löst ein thermischer Auslöser (Bimetall), bei Kurzschluss ein magnetischer Auslöser aus.

Der Leitungsschutzschalter hat den Vorteil, dass er nach dem Abschalten wieder betriebsbereit ist.

Fehlerstromschutz (Isolationsüberwachung)

Fehlerstromschutzschalter

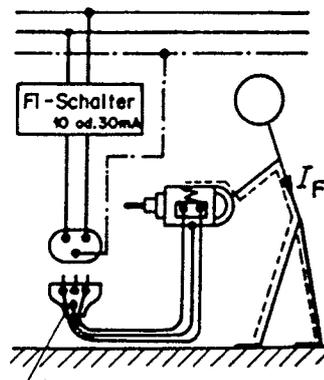
Der Fehlerstromschutzschalter (FI-Schalter)

löst aus, wenn die Stromdifferenz (Fehlerstrom) zwischen Hin- und Rückleiter zu gross wird.

Auslöseempfindlichkeiten: z.B. 10 mA

30 mA

300 mA



Schutzleiter-
unterbruch

Der Fehlerstromschutzschalter überwacht somit die Isolation einer elektrischen Anlage und schaltet beim Auftreten entsprechende Fehlerströme die Anlage ab. Dadurch gewährleistet er einen sicheren Personenschutz sowie einen zuverlässigen Brandschutz.

--	--	--	--

Fehlerstromschutzschaltung

Vorschriften

Entsprechende Vorschriften über die Fehlerstromschutzschaltung und Fehlerstromschutzschalter werden durch die Hausinstallationsvorschriften geregelt.

Aufgaben der Fehlerstromschutzschaltung

Die FI-Schaltung überwacht die Isolation einer elektrischen Anlage und schaltet beim Auftreten entsprechender Fehlerströme die Anlage aus. Sie gewährleistet dadurch einen sicheren Personenschutz sowie einen zuverlässigen Brandschutz.

Fehlerströme entstehen durch:

- Isolationsdefekte
- Fehlanschlüsse
- Berühren unter Spannung stehender Leiter durch Menschen und Tiere

Verhütung der Elektrounfälle durch FI-Schalter

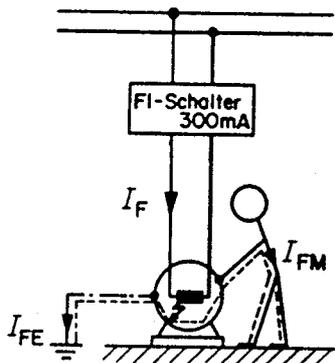
Der FI-Schalter darf bei Überlastungen oder unsymmetrischer Belastung nicht auslösen. Er ersetzt deshalb die Überstromunterbrecher wie Schmelzsicherungen, Leitungs- und Motorschutzschalter nicht!

Der FI-Schalter erfasst nicht nur Fehlerströme, die über den Schutzleiter zur Erde fließen, sondern alle Fehlerströme, die nach dem Schalter in der Verbraucheranlage fließen.

Schutzfunktionen der Fehlerstromschutzschaltung

Berührungsschutz

Wenn beim Berühren spannungsführender Teile ein Fehlerstrom gegen Erde fließt, _____ der FI-Schalter innerhalb 20 ... 30 ms _____, sodass Personen



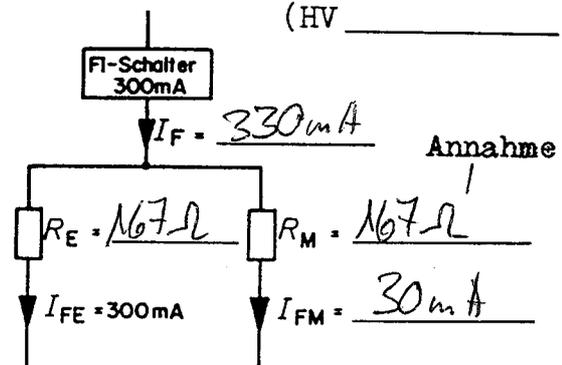
Bei fest installierten elektrischen Apparaten, die mit einem _____ geerdet sind, genügt eine Auslöseempfindlichkeit von _____ (sehr geringe Wahrscheinlichkeit eines Schutzleiterunterbruches).

Beispiel: max. Fehler- bzw. Berührungsspannung $U_F = 50$ V

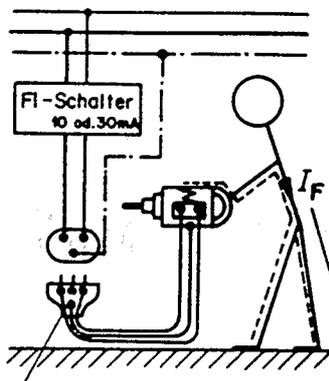
(HV _____)

$$*R_E = \frac{U_F}{I_{FE}} = \frac{50V}{300mA} = 167\Omega$$

$$I_{FM} = \frac{U_F}{R_M} = \frac{50V}{1670\Omega} = 30mA$$



* Ist $R_E < 167$ wird der Mensch besser geschützt
 $\Rightarrow R_E$ möglichst klein!



Schutzleiter-
unterbruch

Bei ortsveränderlichen elektrischen Apparaten oder bei nicht geerdeten Apparaten in leitender Umgebung, oder wenn die Gefahr besteht, dass spannungsführende Teile direkt berührt werden können, ist eine Auslöseempfindlichkeit von 30mA, besser noch von 10mA notwendig.

Der ganze Fehlerstrom fließt durch den menschlichen Körper

Bei intaktem Schutzleiter fließt immer nur ein Teilstrom über den Menschen zur Erde ab.

--	--	--	--

Abkürzungen:

- FI-Schaltung = _____
 FI-Schalter = _____
 FI-Relais = _____
 FI-Prüfer = _____
 I_F = _____

Gemäss der Begriffsbestimmung HV 9.34 ist der Fehlerstrom derjenige Strom, der bei einem Fehler auf einem anderen Weg als über die zum Betriebsstromkreis gehörenden Leiter zum Nullpunkt zurückfliesst.

- I_{γ} = _____
 I_{FE} = _____
 I_{Δ} = _____
 $I_{\Delta N}$ = _____
 R_M = _____
 R_E = _____
 U_F = _____
 HV = _____
 B+E = _____

Brandschutz

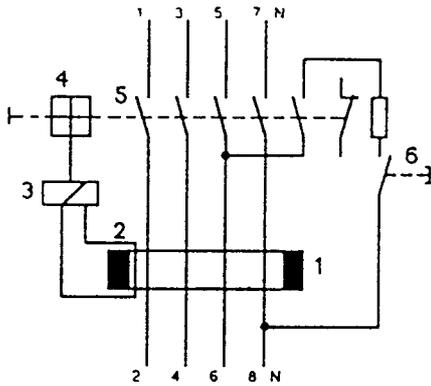
Der FI-Schalter von $I_{\Delta N} = 300 \text{ mA}$ verhindert, dass Erdströme einen

Erklärung: - Bei satten Kurz- und Erdschlüssen schalten die _____

- Versuche haben gezeigt, dass um einen Brand zu erzeugen, Ströme notwendig sind, die über längere Zeit 300 mA überschreiten. So geringe Ströme werden durch die Ueberstromunterbrecher nicht abgeschaltet.
- Der Auslösestrom des 300 mA - FI-Schalters liegt zwischen 150 und 300 mA. Der Schalter _____ beim Ueberschreiten des Auslösestromes innerhalb 20 ... 30 ms _____.

Fehlerstromschutzschalter

Funktion des FI-Schalters (HV _____)



Legende:

- 1 Summenstromwandler
- 2 Sekundärwicklung
- 3 Auslösespule
- 4 Auslösevorrichtung mit Freilauf
- 5 Schaltenschloss
- 6 Prüfkontakt

Der FI-Schalter _____ mit einer Messeinrichtung (_____)

In einer fehlerfreien Anlage ist im Summenstromwandler (1):

Summe des wegfließenden - Ströme = Summe zurückfließender Ströme

- Der magnetische Fluss hebt sich auf
- Der FI-Schalter löst nicht aus.

Fließt infolge eines Isolationsfehlers ein Fehlerstrom nicht mehr durch einen Pol- oder Neutralleiter, sondern über Erde zurück,

wird im Summenstromwandler (1) ein magnetischer Fluss erzeugt

- In der Sekundärwicklung (2) wird eine Spannung induziert
- In der Auslösespule (3) fließt ein Strom
- Ueberschreitet der Fehlerstrom den Auslösestrom des FI-Schalters, löst die Auslösevorrichtung (4) aus und betätigt die Kontakte (5). Auslösestrom $I_{\Delta} = (0,5 \dots 1) \text{ mal } I_{\Delta N}$

Die Funktion des Schalters wird durch das Betätigen des Prüfkontaktes (6) kontrolliert

- Es fließt ein Strom in der Grösse von ca. $I_{\Delta N} = \text{Auslösestrom/Nennstrom}$
- Der Schalter muss in weniger als 200 ms auslösen. Moderne FI-Schalter lösen in 20 .. 30 ms aus.

Der Schalter ist mit einem Freilauf (4) ausgerüstet, der das Auslösen des Schaltenschlosses trotz Festhalten des Betätigungsorganes ermöglicht

Der Neutralleiter der Anlage muss ebenfalls geschaltet werden, damit keine Fremdspannung in die abgeschaltete Anlage eingeschleppt werden kann

--	--	--	--

Praktische Erfahrungen und Konsequenzen

Die FI-Schalter müssen vor Feuchtigkeit geschützt werden. Bei Gefahr von Kondenswasserbildung ist für entsprechende Belüftung und Wasserablauf zu sorgen.

Berührungsschutz

B a u s t e l l e n

- Die Baustellen sind mit FI-Schaltern von 30 mA max. Auslöseempfindlichkeit auszurüsten.
- Je FI-Schalter sollen nicht mehr als 5 Steckdosen zu 16 A Nennstrom angeschlossen werden.
- Steckerkupplungen und Handwerkzeuge sind vor Wasser zu schützen.
- Baustellenverteiler sind so anzubringen, dass Regen auch beim Öffnen der Türe nicht eindringen kann.
- Die Baustelle Gotthardtunnel hat gezeigt, dass unter sehr harten Bedingungen hochempfindliche FI-Schalter mit Erfolg eingesetzt werden können.

C a m p i n g p l ä t z e

- Auch in den Wohnwagen dürfen keine Neutraleiter - Schutzleiterverbindungen sein !
- Je 30 mA - FI-Schalter sollen max. 12 Steckdosen für Wohnwagen angeschlossen werden (besser weniger !).
- Je 10 mA - FI-Schalter sollen max. 4 Steckdosen angeschlossen werden.
- Steckerkupplungen sind vor Wasser zu schützen.

L a n d w i r t s c h a f t l i c h e B e t r i e b e

- Die FI-Schaltung muss nicht nur Menschen, sondern auch Tiere schützen. Für diese ist eine max. Fehlerspannung von 25 V zulässig !

--	--	--	--

I n d u s t r i e

- Starke magnetische Streufelder können die FI-Schalter und -Relais auslösen.

Solche Streufelder entstehen z.B.

- in der Nähe von hohen Strömen in Leitungen,
- in der Nähe des Luftspaltes von Transformatoren,
- in der Nähe eines anziehenden Schützes.

Gegenmassnahmen:

- Abschirmung mit einer Eisenplatte,
 - Abstand zur Störquelle um einige Zentimeter vergrössern.
-
-

H a u s i n s t a l l a t i o n e n

- Mit 10 mA - FI-Schalter kann bei Verwendung eines elektrischen Rasenmähers ohne Fehlauflösung nasses Gras geschnitten werden.
 - Der Sternpunkt von Störschutzkondensatoren darf nicht mit dem Schutzleiter verbunden werden. Er ist mit dem **Neutralleiter** zu verbinden.
 - Verseuchungen des Netzes mit niederfrequenten Schwingungen und Gleichströmen können auch die FI-Schaltung stören.
 - Bei nicht dauernd bewohnten Häusern ist bei Heizungen oder Tiefkühltruhen das Auslösen des FI-Schalters zu signalisieren oder diese Anlagen sind aus dem FI-Schutz herauszunehmen.
 - Kleinschwimmbäder soll man mit 10 mA - FI-Schalter schützen. Beim Nullungsschema **TN-C** soll der FI-Schalter wegen Potentialausgleich im Haus montiert werden (das unangenehme wenn auch nicht gefährliche Elektrisieren findet nicht mehr statt) !
 - Bei 10 mA - FI-Schutz können an Orten nach HV 43421.7 (z.B. Badezimmer) Steckdosen ohne Sperrkragen (d.h. Typ 12) verwendet werden (HV 43 421.8).
-
-

--	--	--	--

Brandschutz

Die praktische Erfahrung zeigt, dass der Brandschutz mit Fehlerstromschutzschaltern (bis $I_{\Delta N} = 300 \text{ mA}$) gut gelingt.

- Auch Auslösungen des FI-Schalters nach Blitzentladungen helfen mit, einen Brand zu verhindern.

(Diese Auslösungen kommen daher, weil Wanderwellen eine schwache Isolationsstelle in der Anlage durchschlagen. Dabei kommt es vor, dass der Lichtbogen über die ionisierte Luft von der Netzspannung her weiterbrennt und zum Brand führt.)

Einhalten der Nullungs- und Erdungsbedingungen

- Bei grossen Leistungen wurden gute Erfahrungen mit FI-Relais in Kombination von Leistungsschaltern mit Unterspannungsauslösung gemacht (Industrie, bei Skiliften und Bergbahnen, aber auch auf Baustellen).
- Auf Baustellen mit eigener Stromversorgung (Generatoren) für grössere Leistungen wurden auch schon Fehlerströme direkt im Schutzleiter überwacht.
- Viel Ärger kann vermieden werden, wenn Auslösungen in gewissen Anlagen signalisiert werden.



Vorname und Name: Klasse

1. Welche schädlichen Wirkungen ruft der elektrische Strom hervor, wenn er durch den menschlichen Körper fließt?

.....
.....
.....

2. Wovon hängt die Stärke des Stromes durch den menschlichen Körper ab?

.....
.....
.....

3. Welche Aufgaben haben Überstrom-Schutzeinrichtungen?

.....
.....
.....

4. Warum dürfen Schmelzeinsätze von Sicherungen nicht geflickt oder überbrückt werden?

.....
.....
.....

5. Beschreiben Sie den Aufbau und die Wirkungsweise eines Fehlerstrom-Schutzschalters.

.....
.....
.....

6. Nennen Sie wichtige Vorteile der FI-Schutzeinrichtung.

.....
.....
.....

7. In welchen Anlagen wird die FI-Schutzeinrichtung bevorzugt verwendet?

.....
.....
.....