

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50725/2018
(22) Anmeldetag: 24.08.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.05.2019

(51) Int. Cl.: **H01H 83/04** (2006.01)
H01H 83/14 (2006.01)
H02H 3/33 (2006.01)

(30) Priorität:
29.09.2017 DE 102017217411.0 beansprucht.

(71) Patentanmelder:
Siemens Aktiengesellschaft
80333 München (DE)

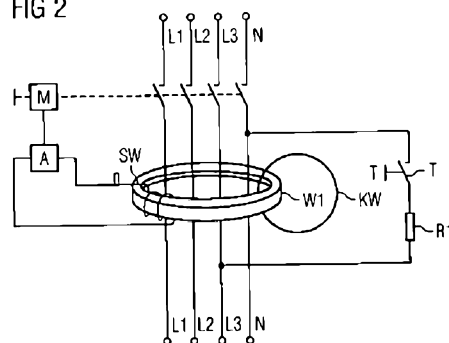
(74) Vertreter:
Kliment & Henhapel Patentanwälte OG
1010 Wien (AT)

(54) **Fehlerstromschutzschalter**

(57) Die Erfindung betrifft einen Fehlerstromschutzschalter für einen Niederspannungsstromkreis mit mindestens zwei Leitern, aufweisend:

- eine Mechanik mit Kontakten zur Unterbrechung und Schließung des Stromkreises,
- einen mit der Mechanik verbundenen Haltemagnet-Auslöser, zum Öffnen der Kontakte,
- einen Summenstromwandler, der einen durch die Leiter des Stromkreises gebildeten Primärkreis und eine Sekundärwicklung aufweist, zur Ermittlung eines Differenzstromes des elektrischen Stromkreises,
- einen Auslösekreis, der den Summenstromwandler und den Haltemagnet-Auslöser miteinander verbindet, und die derart ausgestaltet sind, dass bei Überschreitung eines Differenzstromgrenzwertes der Haltemagnet-Auslöser aktiviert wird, so dass der elektrische Stromkreis unterbrochen wird. Der Summenstromwandler weist eine Kurzschlusswindung auf.

FIG 2



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Fehlerstromschutzschalter für einen Niederspannungsstromkreis mit mindestens zwei Leitern, aufweisend:

- eine Mechanik mit Kontakten zur Unterbrechung und Schließung des Stromkreises,
- einen mit der Mechanik verbundenen Haltemagnet-Auslöser, zum Öffnen der Kontakte,
- einen Summenstromwandler, der einen durch die Leiter des Stromkreises gebildeten Primärkreis und eine Sekundärwicklung aufweist, zur Ermittlung eines Differenzstromes des elektrischen Stromkreises,
- einen Auslösekreis, der den Summenstromwandler und den Haltemagnet-Auslöser miteinander verbindet, und die derart ausgestaltet sind, dass bei Überschreitung eines Differenzstromgrenzwertes der Haltemagnet-Auslöser aktiviert wird, so dass der elektrische Stromkreis unterbrochen wird. Der Summenstromwandler weist eine Kurzschlusswindung auf.

Figur 2

Beschreibung

Fehlerstromschutzschalter

5

Die Erfindung betrifft einen Fehlerstromschutzschalter für einen Niederspannungsstromkreis nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

10 Fehlerstromschutzschalter für elektrische Stromkreise, insbesondere für Niederspannungsstromkreise bzw. -anlagen, sind allgemein bekannt. Fehlerstromschutzschalter werden auch als Residual Current Devices bezeichnet, kurz RCD.

15 Mit Niederspannung sind Spannungen bis 1000 Volt Wechselspannung oder/und 1500 Volt Gleichspannung gemeint. Mit Niederspannung sind insbesondere Spannungen gemeint, die größer als die Kleinspannung, mit Werten von 25 Volt oder 50 Volt Wechselspannung sowie 60 Volt oder 120 Volt Gleichspannung sind.

20

Mit Stromkreisen, insbesondere für Niederspannung, sind Stromkreise für Ströme bis zu 6300 Ampere gemeint, spezieller Ströme bis zu 1600 Ampere, 1200 Ampere, 630 Ampere, 125 Ampere oder 63 Ampere. Mit den genannten Stromwerten sind insbesondere Nenn- oder/und Abschaltströme gemeint, d.h. der Strom der im Normalfall maximal über den Stromkreis geführt wird bzw. bei denen der elektrische Stromkreis üblicherweise unterbrochen wird, beispielsweise durch eine Schutzeinrichtung, wie einem Leitungsschutzschalter oder einem Leistungsschalter.

30

Fehlerstromschutzschalter werden insbesondere für Nennstrombereiche / Ströme bis zu 16, 25, 40, 63, 80 oder 125 Ampere eingesetzt.

35 Fehlerstromschutzschalter ermitteln die Stromsumme in einem elektrischen Stromkreis, die im Normalfall null ist, und unterbrechen bei Überschreiten eines Differenzstromwertes, d.h. einer Stromsumme von ungleich null, die einen bestimmten

(Differenz-)Stromwert respektive Fehlerstromwert übersteigt, den elektrischen Stromkreis.

Fast alle bisherigen Fehlerstromschutzschalter weisen einen
 5 Summenstromwandler auf, dessen Primärwicklung durch die Leiter des Stromkreises gebildet wird und dessen Sekundärwicklung die Stromsumme abgibt, welche direkt oder indirekt zur Unterbrechung des elektrischen Stromkreises verwendet wird.

10 Hierzu sind zwei oder mehr Leiter, meist Hin- und Rückleiter bzw. Außen- und Neutraleiter in einem Einphasenwechselstrom-Netz, alle drei Außenleiter oder alle drei Außenleiter und der Neutraleiter bei einem Dreiphasenwechselstromnetz, durch einen, meist einen ringförmigen Kern aus ferromagnetischen
 15 Material aufweisenden, Stromwandler geführt. Gewandelt wird nur der Differenzstrom, d.h. ein von Hin- und Rückstrom abweichender Strom, aus den Leitern. Üblicherweise ist die Stromsumme in einem elektrischen Stromkreis gleich null. So können Fehlerströme erkannt werden.

20

Fließt beispielsweise energiesenkenseitig bzw. verbraucherseitig ein Strom gegen Erde ab, so wird in diesem Zusammenhang von einem Fehlerstrom gesprochen. Ein Fehlerfall liegt beispielsweise dann vor, wenn eine elektrische Verbindung von
 25 einem Phasenleiter des elektrischen Stromkreises zur Erde existiert. Beispielsweise, wenn eine Person den Phasenleiter berührt. Dann fließt ein Teil des elektrischen Stromes nicht wie üblich über den Neutraleiter bzw. Nullleiter zurück, sondern über die Person und die Erde. Dieser Fehlerstrom kann
 30 nun mit Hilfe des Summenstromwandlers erfasst werden, da die betragsmäßig erfasste Summe aus zufließenden und zurückfließenden Strom ungleich Null ist. Über ein Relais bzw. einen Haltemagnet-Auslöser, beispielsweise mit verbundener Mechanik, wird eine Unterbrechung des Stromkreises, z.B. mindestens einer, eines Teils oder aller Leitungen bewirkt. Fehlerstromschutzschalter zur Erfassung von Wechselfehlerströmen
 35 sind allgemein aus der Druckschrift DE 44 32 643 A1 bekannt.

Ein Fehlerstromschutzschalter besteht im Wesentlichen aus den Funktionsgruppen Summenstromwandler, Auslösereis, Haltemagnet-Auslöser, Mechanik und Kontakte.

- 5 Die Hauptfunktion von Fehlerstromschutzschaltern ist Personen vor elektrischen Strömen (elektrischer Schlag) zu schützen, sowie Anlagen, Maschinen oder Gebäude vor Brand durch elektrische Isolationsfehler.
- 10 Wenn der Fehlerstromschutzschalter bzw. dessen Summenstromwandler so ausgebildet ist, dass die sekundärseitige Energie zur Betätigung einer Auslöseeinheit bzw. einer Unterbrechungseinheit bzw. eines Auslösers ausreicht, dann nennt man derartige Fehlerstromschutzschalter netzspannungsunabhängig;
- 15 andernfalls netzspannungsabhängig.

- Fehlerstromschutzschalter gibt es in unterschiedlichen Typen, die durch Buchstaben bzw. Buchstabenkombinationen bezeichnet werden, wie AC, A, F, G, K, S, B, B+. Jeder Typ erfasst eine
- 20 bestimmte Art von Fehlerströmen. Aktuell sind Fehlerstromschutzschalter 2-polig für Phasen- und Neutraleiter (L+N), 3-polig für drei Phasenleiter (L1, L2, L3) und 4-polig für drei Phasenleiter und Neutraleiter (L1, L2, L3, N) bekannt.
 - 25 Beispielsweise erfassen Typ AC nur rein sinusförmige Fehlerströme. Typ A erfasst sowohl rein sinusförmige Wechselströme als auch pulsierende Gleichfehlerströme. Typ F sind mischfrequenzsensitive Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen. Sie erfassen alle Fehlerstromarten wie Typ A, darüber hinaus sind sie zur
 - 30 Erfassung von Fehlerströmen, die aus einem Frequenzgemisch von Frequenzen bis 1 kHz bestehen, geeignet. Typ K beinhaltet die Charakteristik des Typs A, allerdings ist er in seinem Abschaltverhalten kurzzeitverzögert. Typ S sind selektive Fehlerstromschutzschalter, die im Bemessungsdifferenzstrom
 - 35 als auch in der Auslösezeit gestaffelt werden können.

Des Weiteren gibt es Fehlerstromschutzschalter für verschiedene Differenzstromgrenzwerte bzw. Fehlerströme. Für den Per-

sonenschutz ist ein Wert von 30 mA üblich, für den Brandschutz ein Wert von 300 mA. Für andere bzw. spezielle Anwendungen sind 100 mA, 500 mA, 1 Ampere oder andere Werte üblich.

5

Möchte ein Anbieter von Fehlerstromschutzschaltern eine große Palette an Fehlerstromschutzschaltertypen und Fehlerströmen anbieten, ist eine große Anzahl an Fehlerstromschutzschaltern erforderlich. Oft ist die nachgefragte Stückzahl nach bestimmten Fehlerströmen aber sehr gering. Der Aufwand eine entsprechende Fehlerstromschutzschaltertype für einen speziellen Fehlerstrom bereit zu stellen, steht oft nicht im Verhältnis zum Aufwand. In der Regel muss für einen anderen Fehlerstrom die Windungszahl der Sekundärwicklung geändert werden, was zu erhöhtem Wickelaufwand führt. Insbesondere muss die Windungszahl erhöht werden, was oft nicht möglich ist bzw. zu Platzproblemen führt. Eigene Typen für bestimmte Fehlerströme sind aber auf Grund der geringen Stückzahl oft nicht rentabel. Alternativ können so genannte Bürden-
 10 Widerstände im Sekundärkreis bzw. Auslösekreis vorgesehen werden, die allerdings häufig platzintensiv sind, so dass diese Lösung oft nicht praktikabel ist, zumal diese auch zu erhöhtem Aufwand führt.s

25 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Fehlerstromschutzschalter der eingangs genannten Art zu verbessern, insbesondere für einen Fehlerstromschutzschaltertyp auf einfache Art und Weise eine größere Anzahl an Fehlerströmen zu ermöglichen.

30

Diese Aufgabe wird durch einen Fehlerstromschutzschalter mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Erfindungsgemäß ist ein Fehlerstromschutzschalter für einen
 35 Niederspannungsstromkreis mit mindestens zwei Leitern vorgesehen, aufweisend:

- eine Mechanik mit Kontakten zur Unterbrechung und Schließung des Stromkreises,

- einen mit der Mechanik verbundenen Haltemagnet-Auslöser, zum Öffnen der Kontakte,
 - einen Summenstromwandler, der einen durch die Leiter des Stromkreises gebildeten Primärkreis und eine Sekundärwicklung aufweist, zur Ermittlung eines Differenzstromes des elektrischen Stromkreises,
 - einen Auslösekreis, der den Summenstromwandler und den Haltemagnet-Auslöser miteinander verbindet, und die derart ausgestaltet sind, dass bei Überschreitung eines Differenzstromgrenzwertes der Haltemagnet-Auslöser aktiviert wird, so dass der elektrische Stromkreis unterbrochen wird.
 Erfindungsgemäß weist der Summenstromwandler eine Kurzschlusswindung auf.

In dieser Kurzschlusswindung (bzw. kurzgeschlossenen Windung) fließt ein Teil des Fehlerstromes, welcher für den Haltemagnet „zu viel“ vorhanden ist. Ist der Fehlerstromschutzschalter z.B. auf 30 mA ($I_{dn}=30\text{mA}$) ausgelegt, soll der Fehlerstromschutzschalter allerdings erst bei Fehlerströmen von 300 mA abschalten, so kann durch eine entsprechend dimensionierte einfache Kurzschlusswindung ein Teil des Fehlerstromes der Sekundärwicklung entzogen werden, im Beispiel nimmt die Kurzschlusswindung 270 mA Fehlerstrom ($300\text{mA}-30\text{mA}=270\text{mA}$) auf (wobei Hysterese-Verluste zur Vereinfachung vernachlässigt sind).

Durch eine einfache Kurzschlusswindung am Summenstromwandler kann somit vorteilhaft ein anderer Fehlerstrom bereitgestellt werden, ohne den Rest des Fehlerstromschutzschalters zu verändern.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Kurzschlusswindung mehrere Windungen auf.

Dies hat den besonderen Vorteil, dass ein größerer Bereich für die Einstellung des veränderten Fehlerstromes zur Verfügung steht.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist der Summenstromwandler einen geschlossen Kern mit einer Öffnung auf,

- 5 - durch die die Leiter geführt sind,
- durch die die Windungen der Sekundärwicklung geführt sind,
- durch die die Kurzschlusswindung geführt ist.

Dies hat den besonderen Vorteil, dass ein besonders kompaktes Design ermöglicht wird und zudem ein geschlossenes Feld des
10 Kernes vorliegt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist der Summenstromwandler einen Kern aus ferromagnetischem Material auf.

15 Dies hat den besonderen Vorteil, dass ein besonders effizienter Summenstromwandler ermöglicht wird, der die Permeabilität eines derartigen Materials ausnutzt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung besteht
20 die Kurzschlusswindung aus einem elektrisch leitfähigen Draht mit einem bestimmten Widerstand.

Erfindungsgemäß wurde herausgefunden, dass die Kurzschlusswicklung durch Ihren Widerstand definierbar ist. Durch einen bestimmten Widerstand kann vorteilhaft ein bestimmter Fehlerstrom bzw. eine bestimmte Fehlerstromänderung eingestellt
25 werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der bestimmte Widerstand der Kurzschlusswindung bei vorgegebener
30 Leitfähigkeit und vorgegebenen Querschnitt des Drahtes durch eine bestimmte Länge der Kurzschlusswindung definiert.

Erfindungsgemäß wurde herausgefunden, dass die Kurzschlusswicklung insbesondere besonders vorteilhaft, bei vorgegeben Leitermaterial bzw. spezifischer Widerstand des Materials so-
35 wie Querschnitt, durch die Länge definiert bzw. eingestellt werden kann. Dies hat den weiteren besonderen Vorteil, dass eine besonders einfache Einstellung und Realisierung der Kurzschlusswindung möglich ist.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist ein Prüfstromkreis mit einem ersten Widerstand und einer Prüftaste zur Prüfung der Funktionsfähigkeit vorgesehen.

- 5 Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine Funktionsprüfung des modifizierten Fehlerstromwertes gegeben ist.

Erfindungsgemäß wird ferner eine Kurzschlusswindung für einen Fehlerstromschutzschalter, insbesondere für einen Summenstromwandler, beansprucht.

Alle Ausgestaltungen, sowohl in abhängiger Form rückbezogen auf den Patentanspruch 1, als auch rückbezogen lediglich auf einzelne Merkmale oder Merkmalskombinationen von Patentansprüchen, bewirken eine Verbesserung eines Fehlerstromschutzschalters zur einfachen Änderung des Fehlerstromwertes.

Die beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden.

Dabei zeigt die Zeichnung:

25

Figur 1 eine erste Darstellung eines Fehlerstromschutzschalters,

Figur 2 eine zweite Darstellung eines Fehlerstromschutzschalters,

30

Figur 3 ein Ersatzschaltbild eines Stromkreises.

Figur 1 zeigt eine Prinzipdarstellung eines 4-poligen Fehlerstromschutzschalters FI, aufweisend:

35

- mehrere Eingangsanschlüsse 1, 3, 5, NE, für einen energiequellenseitigen Anschluss des Fehlerstromschutzschalters an

eine Energiequelle, beispielsweise einen Niederspannungsstromkreis bzw. ein Niederspannungsnetz;

- mehrere Ausgangsanschlüsse 2, 4, 6, NA für einen energienkenseitigen Anschluss des Fehlerstromschutzschalters an
5 eine Energiesenke, beispielsweise einen Verbraucher;

- mehrere Leiter L1, L2, L3, N eines zu schützenden Niederspannungsstromkreises, beispielsweise eines Dreiphasenwechselstromkreises bzw. -netzes, wobei ein erster Leiter L1 zwischen erstem Eingangsanschluss 1 und ersten Ausgangsanschluss
10 2 geschaltet ist, ebenso ein zweiter Leiter L2 zwischen zweitem Eingangsanschluss 3 und zweitem Ausgangsanschluss 4, dito ein dritter Leiter L3 zwischen drittem Eingangsanschluss 5 und drittem Ausgangsanschluss 6 geschaltet ist, ein vierter Leiter N, z.B. Neutraleiter, zwischen vierten Eingangsanschluss NE und vierten Ausgangsanschluss NA geschaltet ist;
15

- wobei z.B. die ersten bis dritten Leiter L1, L2, L3 Phasenleiter und der vierte Leiter N ein Neutraleiter bzw. Nullleiter des beispielsweise Dreiphasenwechselstromkreises sind;

- mehrere, z.B. erste bis vierte Kontakte K1, K2, K3, KN mit denen die ersten bis vierten Leiter L1, L2, L3, N elektrisch
20 geöffnet oder geschlossen werden können, wobei ein Kontakt einem Leiter zugeordnet ist;

- eine mit den Kontakten K1, K2, K3, KN verbundene Mechanik M, zum Öffnen und Schließen der Kontakte K1, K2, K3, KN;

25 - einen mit der Mechanik M verbundenen Haltemagnet-Auslöser A, der im Wesentlichen eine Öffnung der Kontakte K1, K2, K3, KN bewirkt;

- einen Summenstromwandler W1, dessen Primärseite durch die Leiter L1, L2, L3, N gebildet ist, wobei die Leiter durch den
30 Summenstromwandler W1 hindurchgeführt sind, im Beispiel der Summenstromwandler als geschlossener Kern mit einer Öffnung ausgestaltet ist, beispielsweise als Ringkern, z.B. aus ferromagnetischen Material, ausgeführt ist, und der eine Sekundärwicklung SW aufweist, die beispielsweise mehrere Windungen
35 n aufweist;

- eine erste Verbindung V1 zwischen ersten Anschluss der Sekundärwicklung SWA1 und ersten Anschluss AA1 des Haltemagnet-Auslösers A;

- eine zweite Verbindung V2 zwischen zweiten Anschluss der Sekundärwicklung SWA2 und zweiten Anschluss AA2 des Haltemagnet-Auslösers A.

- 5 Der Summenstromwandler kann in einer Ausgestaltung eine Prüfwicklung PW aufweisen. Beispielsweise analog zu der Sekundärwicklung SW.

Die Sekundärwicklung SW ist mit dem Haltemagnet-Auslöser A verbunden, so dass ein in der Sekundärwicklung SW induzierter Fehlerstrom, der beispielsweise einen Differenzstromgrenzwert bzw. Fehlerstromwert überschreitet, eine Auslösung des Haltemagnet-Auslösers A bewirkt, beispielsweise in dem der Haltemagnet bestromt wird, beispielsweise wie ein Relais, so dass eine Auslösung, d.h. eine Unterbrechung mindestens eines, eines Teils oder aller Kontakte bewirkt wird, so dass der elektrische Stromkreis unterbrochen wird. Die Unterbrechung kann durch eine Mechanik M unterstützt sein, wie dargestellt.

20

Der Auslösekreis, insbesondere die Verbindung Sekundärwicklung / Haltemagnet-Auslöser, kann weitere Elemente aufweisen, wie z.B. eine Speicherschaltung.

- 25 Im Beispiel gemäß Figur 1 ist ein Prüfstromkreis, aufweisend eine Serienschaltung einer Taste T und eines Widerstandes R1, eingezeichnet. Der Prüfstromkreis ist vor dem Summenstromwandler mit einem Leiter, im Beispiel viertem Leiter N, und nach dem Summenstromwandler mit einem anderen Leiter, im Beispiel drittem Leiter L3, verbunden; wobei der Prüfstromkreis am Summenstromwandler vorbei geführt ist. Mit dem Prüfstromkreis kann eine Funktionsprüfung des Summenstromwandlers bzw. Fehlerstromschutzschalters FI durchgeführt werden, in dem durch Drücken der Taste T ein künstlicher Fehlerstrom erzeugt wird (Stromsumme der Leiter durch den Summenstromwandler ungleich Null).
- 35

Figur 2 zeigt eine Anordnung gemäß Figur 1, mit dem Unterschied, dass der Summenstromwandler eine erfindungsgemäße Kurzschlusswicklung KW aufweist.

- 5 Die Kurzschlusswindung kann als eine kurzgeschlossene Windung ausgeführt sein, sie kann aber auch mehrere Windungen umfassen, so dass eine Drahtlänge mehrere Windungen aufweist, wobei der Drahtanfang mit dem Drahtende verbunden ist. Ebenso können mehrere parallele Kurzschlusswindungen vorgesehen sein.
- 10

Im Folgenden soll die Erfindung näher erläutert werden.

- In der Kurzschlusswindung fließt ein Teil des Fehlerstromes, welcher für den Haltemagneten nicht zur Verfügung steht bzw. „zu viel“ vorhanden ist.
- 15

- Ist z.B. Fehlerstromschutzschalter bzw. der Summenstromwandler nebst Haltemagnet-Auslöser, beispielsweise speziell ein Bandkern, auf 30 mA Fehlerstrom ausgelegt ($I_{dn}=30\text{mA}$), kann durch eine geeignet dimensionierte Kurzschlusswindung eine Auslösung erst bei einem höheren Fehlerstrom dimensioniert werden.
- 20

- Soll der Fehlerstromschutzschalter z.B. bei 300 mA auslösen, müssen 270 mA durch die Kurzschlusswicklung aufgenommen werden ($300\text{mA}-30\text{mA}=270\text{mA}$). Hystereseverluste etc. werden zur Vereinfachung nicht mit betrachtet bzw. vernachlässigt.
- 25

- Der erforderliche Widerstand wird erfindungsgemäß durch das Leitermaterial, insbesondere die spezifische Leitfähigkeit, den Querschnitt und die Länge eingestellt.
- 30

- Die Berechnung der Kurzschlusswindung kann wie folgt erfolgen. Die Schaltung des Summenstromwandlers und des Haltemagneten / Haltemagnet-Auslösers ist, insbesondere bei Wechselspannungstypen, wie folgt.
- 35

In Figur 3 ist ein Ersatzschaltbild eines Stromkreises des Auslösekreises dargestellt.

Auf der linken Seite LS der Figur 3, die die Seite der Sekundärwicklung SW des Summenstromwandlers darstellt, ist eine erste Serienschaltung einer Spannungsquelle U_i ; einer Induktivität L_p , der Induktivität der Sekundärwicklung SW; und eines Widerstandes R_{cu} , dem Leitungswiderstand, dargestellt.

Diese erste Serienschaltung ist mit einer zweiten Serienschaltung, die auf der rechten Seite RS der Figur 3 dargestellt ist, verbunden.

Die zweite Serienschaltung weist einen Widerstand R_s und eine Induktivität L_s des Haltemagnet-Auslösers auf.

Die Verhältnisse sind wie folgt.

$$N_p I_{res} = N_p I_p + N_{KS} I_{KS} + N_s I_{HM}$$

$$I_{KS} = \frac{N_p I_{res} - N_p I_p - N_s I_{HM}}{N_{KS}}$$

wobei:

N_p = Primärwindungszahl

N_{KS} = Kurzschlusswindungszahl

N_s = Sekundärwindungszahl

I_{res} = resultierender Strom = Primärstrom des Basis – Auslösekreises (z. B. 22,5mA)

I_p = Primärstrom des abgeleiteten Auslösekreises (z. B. 225mA)

I_{KS} = Strom in der Kurzschlusschleife

I_{HM} = Haltemagnetstrom

Wird zur Vereinfachung die Phasenverschiebung vernachlässigt, welche durch die Wandler und Haltemagnet-Induktivitäten entstehen (genaue Betrachtung mittels Simulation möglich), entsteht folgender Ausdruck:

$$I_{KS} = \frac{N_p I_p - N_s I_{HM} - N_p I_{res}}{N_{KS}}$$

Die induzierte Spannung in der Kurzschlusschleife berechnet sich folgendermaßen:

$$U_{KS} = I_{res} * \omega * \frac{A_{Fe}}{l_{Fe}} * \mu * N_p * N_{KS}$$

5 wobei:

U_{KS} = induzierte Kurzschlusschleifenspannung

ω = Kreisfrequenz des Fehlerstroms

A_{Fe} = magn. Wirksame Querschnittsfläche des Bandkerns

l_{Fe} = Eisenweglänge des Bandkerns

μ = Permeabilität

Der ohmsche Widerstand, welche die Kurzschlusschleife besitzen sollte, berechnet sich wie folgt:

$$\Rightarrow R_{KS} = \frac{U_{KS}}{I_{KS}}$$

$$\Rightarrow R_{KS} = \rho \frac{l}{A}$$

wobei:

15

R_{KS} = ohmscher Widerstand der KS – Schleife

ρ = spez. Widerstand

l = Länge der Kurzschlusschleife

A = elektr. leitende Querschnittsfläche der KS – Schleife

Der Parameter A kann z.B. festgelegt werden und somit berechnet sich die Länge folgendermaßen:

$$\Rightarrow l = \frac{A U_{KS}}{\rho I_{KS}}$$

20

$$\Rightarrow l = \frac{A I_{res} * \omega * \frac{A_{Fe}}{l_{Fe}} * \mu * N_p * N_{KS}}{\rho I_{KS}}$$

Beispiel:

Aus einem 30mA Fehlerstromschutzschalter soll ein 300mA Fehlerstromschutzschalter erzeugt werden. Primärstrom des Basis-
 5 Auslösekreises: 22,5 mA, abgeleiteter Strom des Auslösekreises: 225 mA. Die Kurzschlusswindung bzw. -schleife soll aus Kupfer sein, elektrische Leitfähigkeit bzw. spezifischer Widerstand ρ für Kupfer, mit $A=0,4\text{mm}^2$. Es ergibt sich:

$$I_{KS} = \frac{N_p I_p - N_s I_{HM} - N_p I_{res}}{N_{KS}}$$

$$I_{KS} = \frac{2 * 225\text{mA} - 5 * 4,3\text{mA} - 2 * 22,5\text{mA}}{1} = 384\text{mA}$$

$$\Rightarrow l = \frac{A I_{res} * \omega * \frac{A_{Fe}}{l_{Fe}} * \mu * N_p * N_{KS}}{\rho}$$

$$\Rightarrow l = \frac{(0,4\text{mm})^2 * \pi}{4 * 0,017 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}} \frac{22,5\text{mA} * 314\text{s}^{-1} * \frac{27,1\text{mm}^2}{37,9\text{mm}} * 0,75 \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} * 2 * 1}{384\text{mA}}$$

$$\Rightarrow l = 14,6\text{cm}$$

15 Die Kurzschlusswindung hat eine Länge von 14,6cm.

Das Anbringen einer Kurzschlusswindung ist gegenüber der Montage von Bürdenwiderständen am Haltemagnet, welche im Zehntel Ohm Bereich liegen würden, sehr viel günstiger. Präzise Bürdenwiderstände stehen im benötigten Wert oft nicht zur Verfügung bzw. sind sehr teuer (Strommess-Shuntwiderstände); bzw. besitzen eine große Bauform.

25 Mit der Erfindung können in vielen Produktreihen, insbesondere für Wechselspannungstypen (AC-Typen) beliebige, insbesondere höhere Fehlerströme eingeführt werden.

Technisch gesehen löst die Kurzschlusswindung sogar drei Probleme:

Der Summenstromwandler wird durch den erhöhten Sekundärstrom nicht in die Sättigung gebracht, d.h. der Arbeitspunkt bleibt
5 weiterhin im linearen Bereich.

Der Haltemagnet-Auslöser kann trotz höherem Nennfehlerstrom weiterhin im üblichen bzw. spezifizierten (Scheinleistungs-)Bereich betrieben werden.

Die Haltemagnetpins bleiben durch fehlende Bürdenwiderstände
10 frei, z.B. für eine Schutzdiode.

Obwohl die Erfindung im Detail durch das Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere
15 Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Fehlerstromschutzschalter (FI) für einen Niederspannungsstromkreis mit mindestens zwei Leitern, aufweisend:

- 5 - eine Mechanik (M) mit Kontakten zur Unterbrechung und Schließung des Stromkreises,
- einen mit der Mechanik (M) verbundenen Haltemagnet-Auslöser (A), zum Öffnen der Kontakte (K1, K2, K3, KN),
- einen Summenstromwandler (W1), der einen durch die Leiter
- 10 des Stromkreises gebildeten Primärkreis und eine Sekundärwicklung (SW) aufweist, zur Ermittlung eines Differenzstromes des elektrischen Stromkreises,
- einen Auslösekreis, der den Summenstromwandler (W1) und den Haltemagnet-Auslöser (A) miteinander verbindet, und die der-
- 15 art ausgestaltet sind, dass bei Überschreitung eines Differenzstromgrenzwertes der Haltemagnet-Auslöser (A) aktiviert wird, so dass der elektrische Stromkreis unterbrochen wird, dadurch gekennzeichnet,
- dass der Summenstromwandler (W1) eine Kurzschlusswindung (KW)
- 20 aufweist.

2. Fehlerstromschutzschalter (FI) nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kurzschlusswindung (KW) durch mehrere Windungen ge-

25 bildet ist.

3. Fehlerstromschutzschalter (FI) nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

30 dass der Summenstromwandler (W1) einen geschlossen Kern mit einer Öffnung aufweist,

- durch die die Leiter geführt sind,
- durch die die Windungen der Sekundärwicklung (SW) geführt sind,
- 35 - durch die die Kurzschlusswindung (KW) geführt ist.

4. Fehlerstromschutzschalter (FI) nach Patentanspruch 1, 2 oder 3,

dadurch gekennzeichnet,
dass der Summenstromwandler (W1) einen Kern aus ferromagnetischen Material aufweist.

- 5 5. Fehlerstromschutzschalter (FI) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kurzschlusswindung (KW) aus einem elektrisch leitfähigen Draht mit einem bestimmten Widerstand besteht.

10

6. Fehlerstromschutzschalter (FI) nach Patentanspruch 5, s
dadurch gekennzeichnet,
dass der bestimmte Widerstand der Kurzschlusswindung (KW) bei vorgegebener Leitfähigkeit und vorgegebenen Querschnitt des
15 Drahtes durch eine bestimmte Länge der Kurzschlusswindung (KW) definiert ist.

7. Fehlerstromschutzschalter (FI) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass ein Prüfstromkreis mit einem ersten Widerstand (R1) und einer Prüftaste (T) zur Prüfung der Funktionsfähigkeit vorgesehen ist.

- 25 8. Kurzschlusswindung (KW) für einen Fehlerstromschutzschalter, insbesondere für einen Summenstromwandler, nach einem der vorhergehenden Patentansprüche.

FIG 1

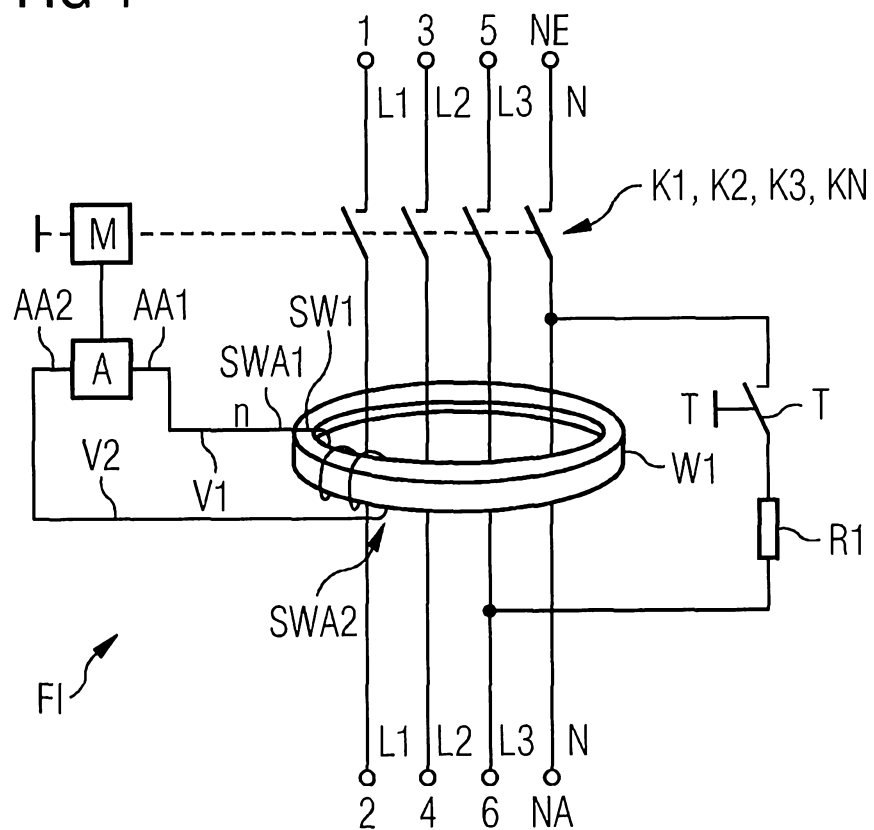


FIG 2

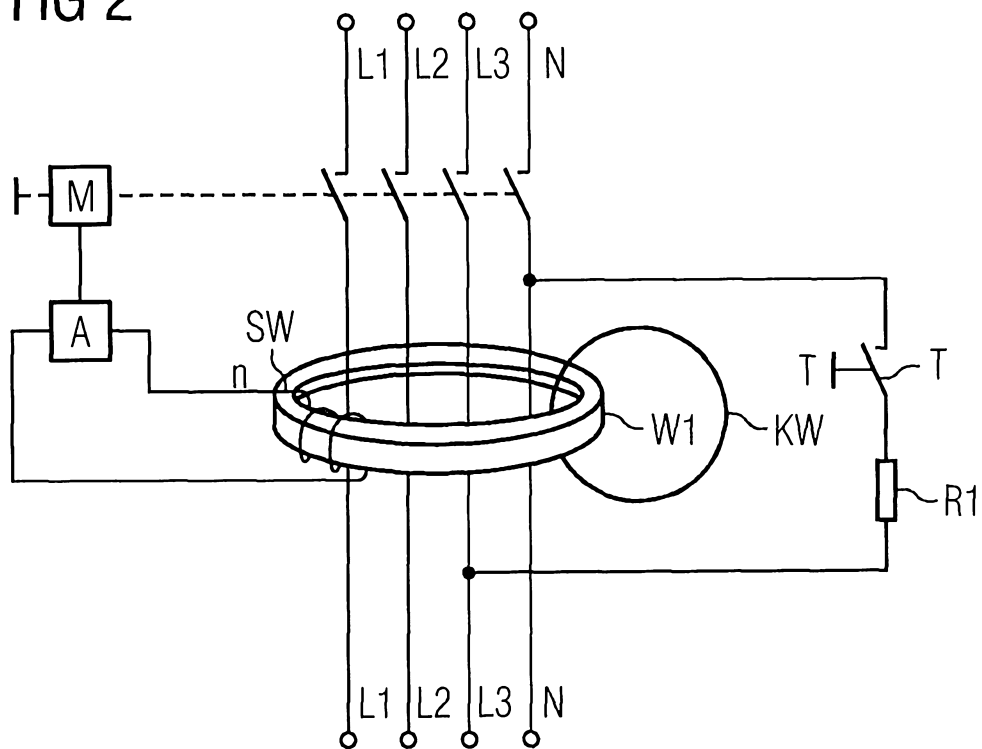


FIG 3

