(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 517672 A1 2017-03-15**

(12) Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 415/2015
(22) Anmeldetag: 29.06.2015
(43) Veröffentlicht am: 15.03.2017

(51) Int. Cl.: ***G01R 15/18*** (2006.01)
G01R 19/00 (2006.01)
G01R 19/28 (2006.01)
H02P 21/14 (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 9914605 A1
WO 2007075617 A2
US 2008136399 A1
GB 2501693 A
EP 2846163 A1
EP 1443332 A1

(71) Patentanmelder:
SCHRÖDL MANFRED DR.
7223 SIEGGRABEN (AT)

(72) Erfinder:
Schrödl Manfred Dr.
7223 Sieggraben (AT)

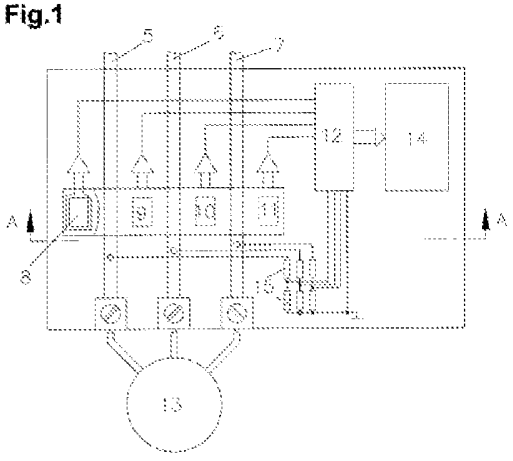
(74) Vertreter:
GRASCHITZ ROLAND DR.
7000 EISENSTADT (AT)

AT 517672 A1 2017-03-15

(54) Schaltungsanordnung zur Erfassung von mindestens einem Stromanstieg

(57) Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung und ein Verfahren zur Erfassung von mindestens einem Stromanstieg in mindestens einem auf einer Leiterplatte angeordneten Leiter (5, 6, 7). Ein einfacher magnetischer Kreis (1) ist, unter Verwendung von magnetisch leitfähigen, vorzugsweise geometrisch einfach geformten, Elementen, vorgesehen, der die zu messenden elektrischen Leiter (5, 6, 7) einschließt. Der magnetische Kreis (1) nutzt die Leiterplatte als Spalt (4). Ferner ist mindestens eine geprintet ausgeführte Messspule (8, 9, 10, 11) im Bereich des magnetischen Kreises (1) angeordnet. Die Messspule (8, 9, 10, 11) erfasst den Flussanstieg des zu messenden Stromanstieges im Leiter (5, 6, 7) als Spulenspannung. Weiters ist eine messtechnische Auswerteschaltung (12) vorgesehen, die mit der Messspule (8, 9, 10, 11) verbunden ist.

Fig.1



004691

../24.6.15

Zusammenfassung:

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung und ein Verfahren zur Erfassung von mindestens einem Stromanstieg in mindestens einem auf einer Leiterplatte angeordneten Leiter (5, 6, 7). Ein einfacher magnetischer Kreis (1) ist, unter Verwendung von magnetisch leitfähigen, vorzugsweise geometrisch einfach geformten, Elementen, vorgesehen, der die zu messenden elektrischen Leiter (5, 6, 7) einschließt. Der magnetische Kreis (1) nutzt die Leiterplatte als Spalt (4). Ferner ist mindestens eine geprintet ausgeführte Messspule (8, 9, 10, 11) im Bereich des magnetischen Kreises (1) angeordnet. Die Messspule (8, 9, 10, 11) erfasst den Flussanstieg des zu messenden Stromanstieges im Leiter (5, 6, 7) als Spulenspannung. Weiters ist eine messtechnische Auswerteschaltung (12) vorgesehen, die mit der Messspule (8, 9, 10, 11) verbunden ist.

Fig. 1

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Erfassung von mindestens einem Stromanstieg in mindestens einem auf einer Leiterplatte angeordneten Leiter.

In elektrischen Kreisen, vorzugsweise in elektrischen Antriebssystemen und Leistungselektronik-Systemen werden häufig elektrische Ströme und gegebenenfalls auch Stromanstiege zur Regelung elektromagnetischer bzw. elektromechanischer Zustände erfasst. Dabei werden elektrische Stromverläufe, also Ströme und/oder deren zeitliche, vorzugsweise erste, Ableitungen, über Sensoren in informationstechnisch einfach verarbeitbare Signale, vorzugsweise Spannungen, umgewandelt. Als bewährte Beispiele solcher Sensoren seien nachstehende Lösungen aufgezeigt:

Messung von Strömen über ohm´sche Shunts:
Dabei wird der zu messende Strom über einen möglichst ideal linearen ohm´schen Widerstand geführt, an dem der zu messende Strom einen Spannungsabfall hervorruft, der dann streng proportional zum zu messenden Strom ist. Der Widerstandswert ist dabei als Kompromiss zwischen Messsignalamplitude und Verlustleistung zu wählen. Speziell ausgeführte niederinduktive Widerstände mit 4 Anschlüssen, davon zwei Messanschlüsse sowie außerhalb davon liegende zwei Energieanschlüsse, sind in Literatur und Anwendung bekannt (Isabellenhütte). Der Nachteil von ohm´schen Shunts zur Strommessung ist eine potenzialbehaftete Erfassung der Messgröße und ein kleines Nutzsignal, wodurch entsprechende Verstärkerschaltungen nachgeschaltet werden müssen.

Messung von Strömen über Transfo-Shunts:
Den Nachteil der potenzialbehafteten Stromerfassung über ohm´sche Shunts vermeiden so genannte Transfo-Shunts (LEM), die den Strom über das Magnetfeld, das einen stromführenden Leiter umgibt, erfassen. Dabei wird um den Strom führenden Leiter ein magnetisch gut leitender Ring vorgesehen, dessen zum zu messenden Strom proportionales Magnetfeld über ein

magnetfeldempfindliches Bauelement, wie etwa eine Feldplatte oder ein Hall-Element, erfasst wird. Zu diesem Zweck wird der magnetisch leitfähige Ring mit einem Spalt ausgeführt, in dem das magnetfeldempfindliche Bauelement angeordnet ist und an dessen Klemme ein monoton mit dem Magnetfeld zusammenhängender Spannungswert erzeugt wird. Dieser Wert kann nun entweder direkt („nicht kompensierender Wandler" /Honeywell/) oder indirekt ausgewertet werden. Bei der indirekten Methode wird nun mittels einer, vorzugsweise mit hoher Windungszahl ausgeführten, Sekundärspule die Durchflutung entgegen der vom zu messenden Strom hervorgerufenen Durchflutung eingeprägt und diese mit einem Regelkreis so geregelt, dass nun im magnetisch leitfähigen Ring die Flussdichte Null auftritt. Dann ist der Strom der Sekundärspule über die Windungszahlenverhältnisse von ursprünglicher Windungszahl der zu messenden Spule zur Sekundärspule proportional und wird über einen nachfolgenden Messverstärker in eine stromproportionale Messgröße umgewandelt. Häufig wird die Spule mit der Windungszahl 1 ausgeführt, also beispielsweise nur durch den magnetisch leitfähigen Ring gesteckt. Diese gesamte genannte Anordnung ist in dem Bauelement „Transfo-Shunt" integriert, wodurch dieses Strommessverfahren sehr teuer ist.

Stromanstiegsmessung über Rogowski-Spulen:
Dabei wird die magnetische Feldänderung in einer toroidförmigen Luftspule erfasst und die dadurch induzierte Spannung der Toroidspule gemessen, die proportional zur Stromänderung des umschlossenen Leiters ist. Damit ist eine komplizierte geometrische Anordnung zur Erfassung des Stromanstiegs nötig.

Grundsätzlich kann Stromanstiegsinformation für regelungstechnische Aufgaben in verschiedener Weise genützt werden: Beispielsweise kann durch Erfassen von Stromanstiegen in Verbindung mit weiteren elektrischen Messungen, beispielsweise Spannungsmessungen und Strommessungen, am beteiligten elektromagnetischen, beispielsweise eines elektromagnetischen Netzwerkes, oder elektromechanischen System, beispielsweise einer elektrischen Maschine, unter Verwendung der Netzwerk- oder Systemparameter, wie Widerstände, Induktivitäten, Kapazitäten, Spannungsquellen etc., System- und Eingangsgrößen

über die entsprechenden Differenzial-Gleichungen berechnet werden. Damit kann man beispielsweise den Strom, dessen Anstieg gemessen wurde, indirekt erfassen. Falls die Messungen redundant sind, also mehr Größen erfasst werden als zu einer eindeutigen Bestimmung nötig sind, können damit Messgrößen oder Parameter verifiziert bzw. redundant und gegebenenfalls unabhängig erfasst werden und damit eine erhöhte Sicherheitsstufe realisiert werden. Weiters kann eine Stromanstiegsmessung direkt etwa zur Induktivitätsbestimmung einer Schaltung oder zur magnetischen Sättigungsauswertung, etwa im Zuge des INFORM®-Verfahrens zur indirekten Rotorflusspositionsbestimmung an elektrischen Maschinen herangezogen werden. Diese Verfahren sind in der EP 1 051 801, der EP 1 746 718 und der EP 2 026 461 beschrieben.

Die zum Stand der Technik aufgezeigten Schaltungsanordnungen zur Strommessung bzw. zur Stromanstiegsmessung haben den Nachteil, dass sie entweder sehr aufwändig oder ungenau sind.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, eine Schaltungsanordnung für elektronische Schaltungen auf Leiterplatten, die beispielsweise aus FR4-Werkstoffen, Keramikträgern oder flexiblen Folien etc. hergestellt sind, zu schaffen, die einerseits die obigen Nachteile vermeidet und die anderseits wirtschaftlich sind und qualitativ hochwertige Signale liefern.

Die Aufgabe wird durch die Erfindung gelöst.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung ist dadurch gekennzeichnet, dass ein einfacher magnetischer Kreis, unter Verwendung von magnetisch leitfähigen, vorzugsweise geometrisch einfach geformten, Elementen, vorgesehen ist, der die zu messenden elektrischen Leiter einschließt, wobei der magnetische Kreis die Leiterplatte als Spalt nutzt und dass mindestens eine, vorzugsweise eine, aus mindestens einem Layer, geprintet ausgeführte, Messspule im Bereich des magnetischen Kreises angeordnet ist, wobei die Messspule den Flussanstieg des zu messenden Stromanstieges im Leiter als Spulenspannung erfasst und dass eine messtechnische Auswerteschaltung vorgesehen ist, die mit der Messspule

verbunden ist. Mit der Erfindung ist es erstmals möglich, durch einfache und kostengünstige magnetisch leitfähige Elemente unter Verwendung der Leiterplatte einen einfachen magnetischen Kreis zu schaffen, wobei die Leiterplatte die Funktion eines definierten Spaltes im magnetischen Kreis darstellt. Dabei werden, wie bisher, die elektronischen Schaltungen auf Leiterplatten, wie oben beschrieben, aufgebaut und die zu messenden Ströme über Leiterbahnen aus elektrisch gut, aber magnetisch schlecht leitendem Material geführt. Dieser Faktor der Wirtschaftlichkeit bleibt somit erhalten.

Durch die Realisierung der Spule im Spalt, der der Leiterplatte entspricht, wird die Spule vom, durch den Strom bzw. durch das Stromsystem hervorgerufenen, Magnetfeld durchsetzt. Damit ist die Klemmenspannung dieser Spule oder Spulen in einfachem Zusammenhang mit dem Stromanstieg bzw. den Stromanstiegen der beteiligten Leiter. An diese Spulen kann in einfacher Weise eine Signalaufbereitung, beispielsweise über eine Verstärkerschaltung, angeschlossen sein. Somit ist ein weiterer Vorteil der Erfindung darin zu sehen, dass keine komplizierte Auswerte-Hardware und teure Messverstärker benötigt werden und durch entsprechend hohe Windungszahlen der vorzugsweise geprinteten Spulen exakte Messsignale gegeben sind.

Gemäß einem besonderen Merkmal der Erfindung weisen die magnetisch leitfähigen Elemente beispielsweise die Form dünner Quader auf, die an der Ober- und Unterseite der Leiterplatte, vorzugsweise senkrecht auf den zu messenden stromführenden Leiter, angeordnet sind und die, feste oder flexible, Leiterplatte bildet den definierten Spalt im magnetischen Kreis und im bzw. am Spalt ist mindestens eine Messspule, realisiert auf mindestens einem Layer der Leiterplatte, vorgesehen. Mit einer derartigen Ausbildung verbinden sich im Zuge der Erfindung tadellose Qualität mit hoher Zuverlässigkeit, Raffinesse mit absoluter Perfektion und konsequente Funktionalität mit Innovation.

Nach einem weiteren ganz besonderen Merkmal der Erfindung ist der einfache magnetische Kreis bei einem dreisträngigen Stromsystem aus magnetisch leitfähigen Elementen gemeinsam mit dem Spalt der Leiterplatte und den zu

messenden stromführenden Leitern gebildet, der in den Messspulen bei Stromänderungen Spannungen erzeugt, wobei die Spannungen in der Auswerteschaltung zur Bestimmung der Stromanstiege in den stromführenden Leitern heranziehbar sind. Es ist möglich, n+1 Spulen bei n im magnetischen Kreis beteiligten Leitern auszuführen. Dadurch besteht die Möglichkeit, nicht nur alle beteiligten Stromanstiege zu erfassen, sondern auch noch ein allfälliges externes, den Magnetkreis durchsetzendes, Fremdfeld zu berechnen oder zu kompensieren.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist im Bereich des Magnetfeldes des einfachen magnetischen Kreises mindestens ein magnetfeldsensitives Bauelement, vorzugsweise als Hall-Element realisiert, vorgesehen, das eine stromproportionale Größe als Ausgangsgröße der Auswerteschaltung zur Verfügung stellt. Damit steht neben dem Stromanstieg auch ein qualitativ hochwertiges direktes stromproportionales Signal zur Verfügung.

Es ist jedoch auch Aufgabe der Erfindung ein Verfahren zur Erfassung von mindestens einem Stromanstieg in mindestens einem auf einer Leiterplatte angeordneten Leiter, basierend auf der oben beschriebenen Schaltungsanordnung, zu schaffen.

Auch diese Aufgabe wird durch die Erfindung gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass der einfache magnetische Kreis bei Stromänderungen im Leiter Spannungen in den Messspulen erzeugt, die in einer Auswerteschaltung zur Bestimmung der Stromanstiege in den stromführenden Leitern verwendet werden. Dadurch kann der Stromanstieg eines Einzelleiters in einfacher und genauer Weise erfasst werden.

Natürlich können die Stromanstiege eines ein- oder mehrsträngigen, insbesondere dreisträngigen, Stromsystems erfasst werden. Mit diesem Verfahren kann der Stromanstieg nicht nur in einem Einzelleiter sondern auch in einem Dreileiter-Drehstromsystem wirtschaftlich erfasst werden.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung wird der mindestens eine Stromanstieg unter Verwendung der mathematischen Beschreibung des angeschlossenen elektromagnetischen Systems zur Bestimmung des Stromes verwendet.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung wird neben mindestens einer Messung des Stromanstiegs mindestens eine weitere elektrische Größe, vorzugsweise mindestens eine Spannung des Systems „Umrichter – elektromagnetischer Wandler", erfasst.

Gemäß einer besonderen Weiterbildung der Erfindung werden bei der Auswertung der Messspulen die magnetischen Fremdfelder in der Auswertung auf mathematischem Wege eliminiert.

Nach einer weiteren besonderen Ausgestaltung der Erfindung werden die über die Messspulen erfassten Stromanstiege zusätzlich zu Strommessungen zwecks Erfassung einer von den Strommessungen unabhängigen zweiten Informationsquelle über den aktuellen Stromzustand im Sinne einer Strommessungsüberwachung verwendet.

Gemäß einem besonderen Merkmal der Erfindung werden die ermittelten Stromanstiege für ein Verfahren zur sensorlosen Drehwinkelerfassung einer über einen Stromrichter gespeisten synchron mit dem Drehfeld laufenden Maschine (gemäß dem INFORM®-Verfahren) zur Bestimmung der Rotor- bzw. Rotorflussposition von Drehstrommaschinen herangezogen.

Nach einem weiteren besonderen Merkmal der Erfindung werden die ermittelten Stromanstiege gemäß dem auf Magnetlager angepassten Verfahren zur sensorlosen Drehwinkelerfassung einer über einen Stromrichter gespeisten synchron mit dem Drehfeld laufenden Maschine (INFORM®-Verfahren) zur Bestimmung von Positionsabweichungen des bewegten Teiles eines Magnetlagers gegenüber Referenzpositionen, vorzugsweise in mindestens 2 Raumrichtungen, herangezogen.

004691

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung wird durch Parallel- bzw. Antiparallelführung mindestens zweier stromführender Leiterbahnen innerhalb des einfachen magnetischen Kreises eine magnetische Addition bzw. Subtraktion der eingeschlossenen Durchflutungen durchgeführt und dadurch wird in den Messspulen aufgrund der Summation bzw. Subtraktion der entsprechenden Teilfelder eine direkte Summation bzw. Subtraktion der beteiligten Stromanstiege erreicht.

Nach einem weiteren besonderen Merkmal der Erfindung liefern die Messspulen ein Signal zur Fehlerstromüberwachung, vorzugsweise Erdschlussüberwachung.

Gemäß einer besonderen Weiterbildung der Erfindung werden die zur Bestimmung der Stromanstiege in den stromführenden Leitern verwendeten Spannungen in weiterer Folge in der übergeordneten Steuerung zu höheren Aufgaben, wie etwa Positionsbestimmung, Strom- und Drehzahlregelung und ähnliche herangezogen, wobei optionale weitere Messungen, wie etwa Spannungsmessungen zur genaueren Bestimmung des Zustandes des elektromagnetischen Systems, vorzugsweise einer elektrischen Maschine, der Auswerteschaltung zugeführt werden.

Nach einem weiteren besonderen Merkmal der Erfindung sind die zwei Strom führenden Leiter des Zwischenkreises, der durch die Zwischenkreiskapazität gestützt wird, innerhalb des einfachen magnetischen Kreises im Spalt mit den Messspulen derart geführt, dass die beiden Durchflutungen subtrahiert werden und somit in den Messspulen zwei gegengleiche Spannungen induziert werden, die sich nur durch allfällige externe Störfeldänderungen unterscheiden, welche bei Differenzbildung der Spannungen der Messspulen störfeldbefreit sind und daher die Differenz im Regulärbetrieb $\Delta U = 0$ Volt ist und dadurch bei merkbarer Abweichung der Spannung ΔU von Null eine Fehlerstrom- bzw. Erdschlusserkennung realisiert wird.

Die Erfindung wird an Hand von Ausführungsbeispielen, die in den Zeichnungen dargestellt sind, näher erläutert.

Es zeigen:
Fig. 1 eine Prinzipskizze für eine Erfassung eines Stromanstieges in einem dreisträngigen Stromsystem und
Fig. 2 eine Draufsicht auf den Schnitt A-A in Fig. 1 sowie
Fig. 3 eine Prinzipskizze für die Erfassung eines Stromanstieges von zwei Strom führenden Leitern eines Zwischenkreises und
Fig. 4 eine Draufsicht auf die Fig. 3.

Gemäß der Fig. 1 und 2 ist der einfache magnetische Kreis 1 bei einem dreisträngigen Stromsystem aus magnetisch leitfähigen Elementen 2, 3 gemeinsam mit dem Spalt 4, der Leiterplatte, und den zu messenden stromführenden Leitern 5, 6, 7 gebildet. In den Messspulen 8, 9, 10, 11 werden bei Stromänderungen Spannungen erzeugt, wobei die Spannungen in der Auswerteschaltung 12 zur Bestimmung der Stromanstiege in den stromführenden Leitern 5, 6, 7 heranziehbar sind.

Der Vollständigkeit wird an Hand der Fig. 1 und 2 auch eine Erfassung des Stromanstieges für einen Leiter 5 dargelegt. Bei einer Schaltungsanordnung zur Erfassung von mindestens einem Stromanstieg in nur einem auf einer Leiterplatte angeordneten Leiter 5 ist der einfache magnetische Kreis 1 vorgesehen, der den zu messenden elektrischen Leiter 5 einschließt. Der magnetische Kreis 1 nutzt die Leiterplatte als Spalt 4. Mindestens eine, vorzugsweise eine geprintet ausgeführte, Messspule 8, gegebenenfalls mit einem Layerwechsel wegen der Kreuzung, ist im Bereich des magnetischen Kreises 1 angeordnet. Die Messspule 8 erfasst gemeinsam mit der Messspule 9 den Flussanstieg des zu messenden Stromanstieges unter Verwendung des bekannten Durchflutungssatzes im Leiter 5 als Spulenspannung und ist mit der messtechnischen Auswerteschaltung 12 verbunden.

Generell kann im Bereich des Magnetfeldes des einfachen magnetischen Kreises 1 mindestens ein magnetfeldsensitives Bauelement, vorzugsweise als Hall-Element realisiert, vorgesehen sein, das eine stromproportionale Größe als Ausgangsgröße der Auswerteschaltung 12 zur Verfügung stellt.

Der einfache magnetische Kreis 1 wird unter Verwendung von magnetisch leitfähigen, vorzugsweise geometrisch einfach geformten, Elementen gebildet. Die magnetisch leitfähigen Elemente weisen beispielsweise die Form dünner Quader auf, die an der Ober- und Unterseite der Leiterplatte, vorzugsweise senkrecht auf den zu messenden stromführenden Leiter 5, 6, 7 angeordnet sind. Die, feste oder flexible, Leiterplatte bildet den definierten Spalt 2 im magnetischen Kreis 1 und im bzw. am Spalt 4 ist mindestens eine Messspule 8, 9, 10 vorgesehen, die auf mindestens einem Layer der Leiterplatte realisiert ist. Wie ja an sich bekannt, kann die Leiterplatte aus mehreren Layern bestehen.

Nachstehend wird ein Beispiel einer Einzelleiter-Stromanstiegsmessung erklärt: Wird der Stromanstieg eines einzelnen Leiters 5 erfasst, so kann links und rechts neben dem Leiter eine gleichartige Messspule 8, 9 vorzugsweise geprintet, ein- oder mehrlagig, ausgeführt werden. Über diese beiden Messspulen 8, 9 wird nun an Ober- und Unterseite je ein magnetisch leitfähiger, vorzugsweise wirbelstrom-unterdrückender Streifen, beispielsweise aus Ferrit, aufgebracht. Die Dicke des Streifens ist vorzugsweise so zu wählen, dass bei größter auftretender Stromstärke die Flussdichte im Streifen unterhalb der Sättigungsflussdichte bleibt. Dies kann aus dem bekannten Durchflutungssatz, angewendet auf den magnetischen Kreis 1, unter Voraussetzung eines bekannten Spalts 4, berechnet werden. Beide Messspulen 8, 9 messen daher aufgrund des Stromanstiegs des eingeschlossenen Leiters 5 zwei gegengleiche Spannungswerte, die in der Auswerteschaltung 12 oder einfach durch Antiserienschaltung der beiden Messspulen 8, 9 betragsmäßig zusammengezählt werden. Ein allfälliges Fremdfeld erzeugt in beiden Messspulen 8, 9 praktisch gleiche Spannungen und wird durch die Antiserienschaltung bzw. Subtraktion der Signale messtechnisch kompensiert und stört das Messergebnis nicht. Falls störende Fremdfelder ausgeschlossen werden können, genügt im Prinzip nur eine einzige Messspule 8.

Ergänzend dazu wird ein Beispiel für eine Dreileiter-Stromanstiegsmessung erklärt:
Als Beispiel zur Erfassung von mehr als einem Stromanstieg wird ein auf der Leiterplatte geprintetes Dreileiter-Drehstromsystem betrachtet. Die drei Leiter 5, 6, 7 seien in einem Abstand voneinander entfernt angeordnet, so dass innerhalb des Abstandes eine Messspule 8, 9, 10, 11 wie erwähnt angeordnet werden kann. Weiters sind sie im Bereich der Stromanstiegserfassung geometrisch vorzugsweise parallel ausgeführt. Es sind insgesamt vier Messspulen möglich: Je eine links und rechts des Leitersystems sowie zwei zwischen den drei Leitern 5, 6, 7. Damit können vier Messungen zur Bestimmung von drei Stromanstiegen sowie des Fremdfeldes durchgeführt werden. Für den Sonderfall, dass die Summe der drei Ströme, und damit auch der drei Stromanstiege, Null ist, beispielsweise die drei Leiter 5, 6, 7 sind an die drei Klemmen einer in Stern oder Dreieck geschalteten Drehstrommaschine 13 angeklemmt, ist eine Information redundant. Die zwischen den zwei äußeren Messspulen 8, 11 eingeschlossenen Durchflutungen sind dann Null. Können auch Fremdfelder vernachlässigt werden, genügen sogar zwei Messspulen. Natürlich kann die redundante Information zur gegenseitigen Überprüfung der Messungen, zum Erkennen eines Kurzschlusses gegenüber Gehäuse ähnlich einem Fehlerstromschutzschalter bzw. zum Aufbau von sicheren Systemen verwendet werden.

Die zur Bestimmung der Stromanstiege in den stromführenden Leitern 5, 6, 7 verwendeten Spannungen werden in weiterer Folge in der übergeordneten Steuerung 14 zu höheren Aufgaben, wie etwa Positionsbestimmung, Strom- und Drehzahlregelung und ähnliche herangezogen. Optionale weitere Messungen, wie etwa Spannungsmessungen 15 können zur genaueren Bestimmung des Zustandes des elektromagnetischen Systems, vorzugsweise der Drehstrommaschine 13, der Auswerteschaltung 12 zugeführt werden.

Weiters kann der Stromanstieg unter Verwendung der mathematischen Beschreibung des angeschlossenen elektromagnetischen Systems zur Bestimmung des Stromes verwendet werden. Ferner kann neben einer Messung

des Stromanstiegs mindestens eine weitere elektrische Größe, vorzugsweise mindestens eine Spannung des Systems „Umrichter – elektromagnetischer Wandler", erfasst werden. Bei der Auswertung der Messspulen 8, 9, 10, 11 können die magnetischen Fremdfelder in der Auswertung auf mathematischem Wege eliminiert werden.

Die über die Messspulen 8, 9, 10, 11 erfassten Stromanstiege können zusätzlich zu Strommessungen zwecks Erfassung einer von den Strommessungen unabhängigen zweiten Informationsquelle über den aktuellen Stromzustand im Sinne einer Strommessungsüberwachung verwendet werden.

Ein gravierender Vorteil ist, dass die ermittelten Stromanstiege für ein Verfahren zur sensorlosen Drehwinkelerfassung einer über einen Stromrichter gespeisten synchron mit dem Drehfeld laufenden Maschine (gemäß dem INFORM®-Verfahren) zur Bestimmung der Rotor- bzw. Rotorflussposition von Drehstrommaschinen herangezogen werden können. Darüber hinaus können die ermittelten Stromanstiege gemäß dem auf Magnetlager angepassten Verfahren zur sensorlosen Drehwinkelerfassung einer über einen Stromrichter gespeisten synchron mit dem Drehfeld laufenden Maschine (INFORM®-Verfahren) zur Bestimmung von Positionsabweichungen des bewegten Teiles eines Magnetlagers gegenüber Referenzpositionen, vorzugsweise in mindestens zwei Raumrichtungen, herangezogen werden.

Durch Parallel- bzw. Antiparallelführung mindestens zweier stromführender Leiterbahnen innerhalb des einfachen magnetischen Kreises 1 kann eine magnetische Addition bzw. Subtraktion der beiden Durchflutungen durchgeführt werden und dadurch wird in den Messspulen 8, 9, 10, 11 aufgrund der Summation bzw. Subtraktion der entsprechenden Teilfelder eine direkte Summation bzw. Subtraktion der beteiligten Stromanstiege erreicht. So ist es möglich, dass die Messspulen 8, 9, 10, 11 ein Signal zur Fehlerstromüberwachung, vorzugsweise Erdschlussüberwachung, liefern.

004691

Gemäß der Fig. 3 und Fig. 4 wird die Erfassung eines Stromanstieges von zwei Strom führenden Leitern eines Zwischenkreises dargelegt. Der Aufbau entspricht prinzipiell dem Aufbau der Schaltungsanordnung gemäß den Fig. 1 und Fig. 2. Die zwei Strom (Izk+ und Izk-)- führenden Leiter 5, 6 des Zwischenkreises, der durch die Zwischenkreiskapazität 16 (Czk) gestützt wird, sind innerhalb des einfachen magnetischen Kreises 1 im Leiterplattenspalt 4 mit den Messspulen 8,10 derart geführt, dass die beiden Durchflutungen (Izk+ und Izk-) subtrahiert werden und somit in den Messspulen 8, 10 zwei gegengleiche Spannungen induziert werden, die sich nur durch allfällige externe Störfeldänderungen unterscheiden, welche bei Differenzbildung der Spannungen der Messspulen 8, 10 störfeldbefreit sind und daher die Differenz im Regulär-Betrieb $\Delta U = 0$ Volt ist und dadurch bei merkbarer Abweichung der Spannung ΔU von Null eine Fehlerstrom- bzw. Erdschlusserkennung realisiert wird.

Patentansprüche:

1. Schaltungsanordnung zur Erfassung von mindestens einem Stromanstieg in mindestens einem auf einer Leiterplatte angeordneten Leiter, dadurch gekennzeichnet, dass ein einfacher magnetischer Kreis (1), unter Verwendung von magnetisch leitfähigen, vorzugsweise geometrisch einfach geformten, Elementen, vorgesehen ist, der die zu messenden elektrischen Leiter (5, 6, 7) einschließt, wobei der magnetische Kreis (1) die Leiterplatte als Spalt (4) nutzt und dass mindestens eine, vorzugsweise eine, aus mindestens einem Layer, geprintet ausgeführte, Messspule (8, 9, 10, 11) im Bereich des magnetischen Kreises (1) angeordnet ist, wobei die Messspule (8, 9, 10, 11) den Flussanstieg des zu messenden Stromanstieges im Leiter (5, 6, 7) als Spulenspannung erfasst und dass eine messtechnische Auswerteschaltung (12) vorgesehen ist, die mit der Messspule (8, 9, 10, 11) verbunden ist.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die magnetisch leitfähigen Elemente beispielsweise die Form dünner Quader aufweisen, die an der Ober- und Unterseite der Leiterplatte, vorzugsweise senkrecht auf den zu messenden stromführenden Leiter (5, 6, 7), angeordnet sind und die, feste oder flexible, Leiterplatte den definierten Spalt (4) im magnetischen Kreis (1) bildet und dass im bzw. am Spalt (4) mindestens eine Messspule (8, 9, 10, 11), realisiert auf mindestens einem Layer der Leiterplatte, vorgesehen ist.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der einfache magnetische Kreis (1) bei einem dreisträngigen Stromsystem aus magnetisch leitfähigen Elementen gemeinsam mit dem Spalt (4) der Leiterplatte und den zu messenden stromführenden Leitern (5, 6, 7) gebildet ist, der in den Messspulen (8, 9, 10, 11) bei Stromänderungen Spannungen erzeugt, wobei die Spannungen in der Auswerteschaltung (12)

zur Bestimmung der Stromanstiege in den stromführenden Leitern (5, 6, 7) heranziehbar sind.

4. Schaltungsanordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich des Magnetfeldes des einfachen magnetischen Kreises (1) mindestens ein magnetfeldsensitives Bauelement, vorzugsweise als Hall-Element realisiert, vorgesehen ist, das eine stromproportionale Größe als Ausgangsgröße der Auswerteschaltung (12) zur Verfügung stellt.

5. Verfahren zur Erfassung von mindestens einem Stromanstieg in mindestens einem auf einer Leiterplatte angeordneten Leiter nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der einfache magnetische Kreis (1) bei Stromänderungen im Leiter (5, 6, 7) Spannungen in den Messspulen (8, 9, 10, 11) erzeugt, die in einer Auswerteschaltung (12) zur Bestimmung der Stromanstiege in den stromführenden Leitern (5, 6, 7) verwendet werden

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Stromanstieg unter Verwendung der mathematischen Beschreibung des angeschlossenen elektromagnetischen Systems zur Bestimmung des Stromes verwendet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass neben mindestens einer Messung des Stromanstiegs mindestens eine weitere elektrische Größe, vorzugsweise mindestens eine Spannung des Systems „Umrichter – elektromagnetischer Wandler", erfasst wird.

8. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Auswertung der Messspulen die magnetischen Fremdfelder in der Auswertung auf mathematischem Wege eliminiert werden.

004691

9. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die über die Messspulen (8, 9, 10, 11) erfassten Stromanstiege zusätzlich zu Strommessungen zwecks Erfassung einer von den Strommessungen unabhängigen zweiten Informationsquelle über den aktuellen Stromzustand im Sinne einer Strommessungsüberwachung verwendet werden.

10. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelten Stromanstiege für ein Verfahren zur sensorlosen Drehwinkelerfassung einer über einen Stromrichter gespeisten synchron mit dem Drehfeld laufenden Maschine (gemäß dem INFORM®-Verfahren) zur Bestimmung der Rotor- bzw. Rotorflussposition von Drehstrommaschinen (13) herangezogen werden.

11. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelten Stromanstiege gemäß dem auf Magnetlager angepassten Verfahren zur sensorlosen Drehwinkelerfassung einer über einen Stromrichter gespeisten synchron mit dem Drehfeld laufenden Maschine (INFORM®-Verfahren) zur Bestimmung von Positionsabweichungen des bewegten Teiles eines Magnetlagers gegenüber Referenzpositionen, vorzugsweise in mindestens zwei Raumrichtungen, herangezogen werden.

12. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass durch Parallel- bzw. Antiparallelführung mindestens zweier stromführender Leiterbahnen innerhalb des einfachen magnetischen Kreises (1) eine magnetische Addition bzw. Subtraktion der eingeschlossenen Durchflutungen durchgeführt wird und dadurch in den Messspulen (8, 9, 10, 11) aufgrund der Summation bzw. Subtraktion der entsprechenden Teilfelder eine direkte Summation bzw. Subtraktion der beteiligten Stromanstiege erreicht wird.

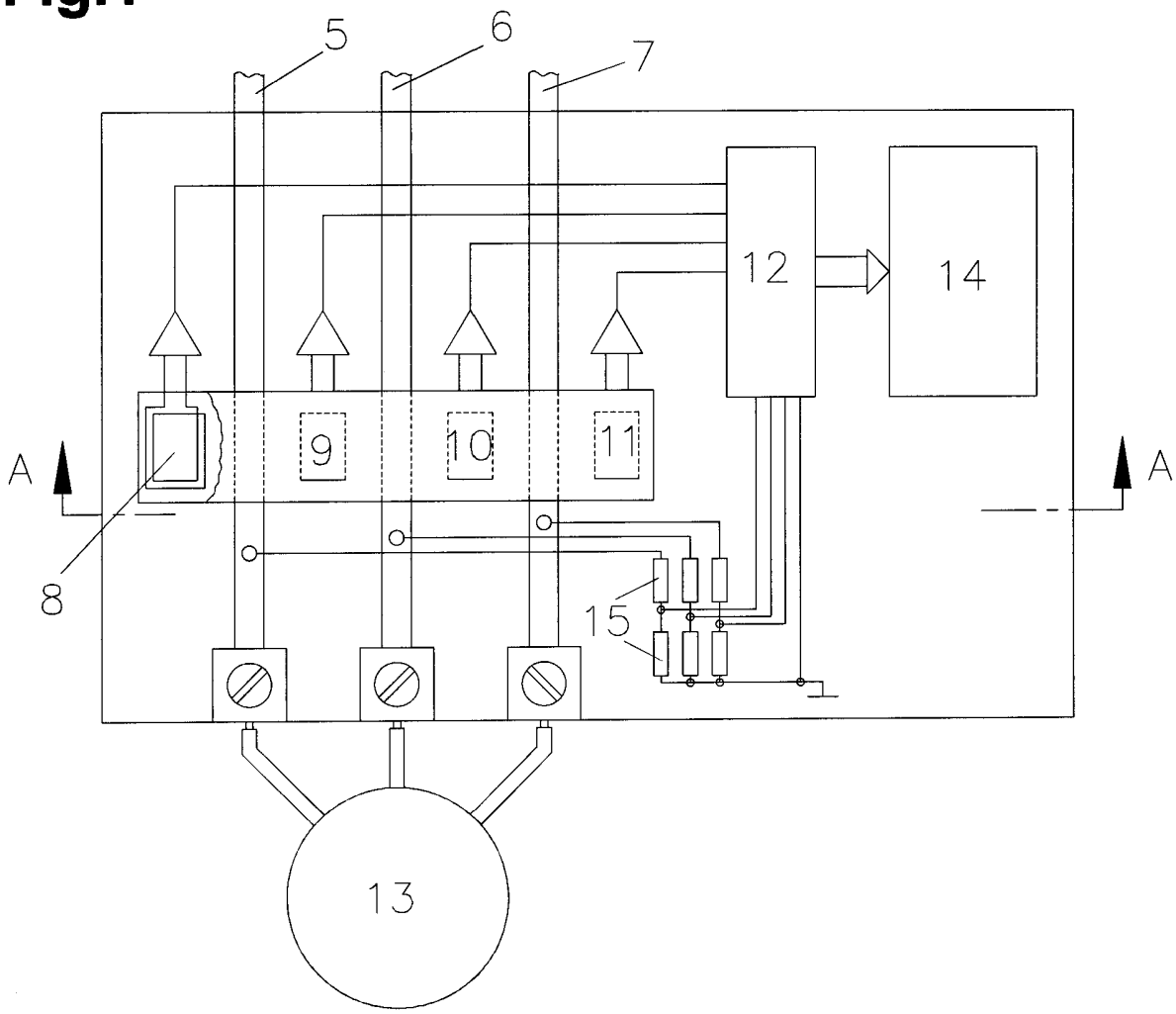
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Messspulen (8, 9, 10, 11) ein Signal zur Fehlerstromüberwachung, vorzugsweise Erdschlussüberwachung, liefern.

14. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Bestimmung der Stromanstiege in den stromführenden Leitern (5, 6, 7) verwendeten Spannungen in weiterer Folge in der übergeordneten Steuerung (14) zu höheren Aufgaben, wie etwa Positionsbestimmung, Strom- und Drehzahlregelung und ähnliche herangezogen werden, wobei optionale weitere Messungen, wie etwa Spannungsmessungen (15) zur genaueren Bestimmung des Zustandes des elektromagnetischen Systems, vorzugsweise einer elektrischen Maschine, der Auswerteschaltung (12) zugeführt werden.

15. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Strom (Izk+ und Izk-)- führenden Leiter des Zwischenkreises eines Umrichters, der gegebenenfalls durch die Zwischenkreiskapazität Czk (16) oder einer Drossel gestützt wird, innerhalb des einfachen magnetischen Kreises (1) im Spalt (4) mit den Messspulen (8, 10) derart geführt sind, dass die beiden Durchflutungen (Izk+ und Izk-) subtrahiert werden und somit in den Messspulen (8, 10) zwei gegengleiche Spannungen induziert werden, die sich nur durch allfällige externe Störfeldänderungen unterscheiden, welche bei Differenzbildung der Spannungen der Messspulen (8, 10) störfeldbefreit sind und daher die Differenz im Regulärbetrieb $\Delta U = 0$ Volt ist und dadurch bei merkbarer Abweichung der Spannung ΔU von Null eine Fehlerstrom- bzw. Erdschlusserkennung realisiert wird.

SCHRÖDL Manfred, Dr.
vertreten durch
Rechtsanwalt Mag. Marius Baumann

Fig.1



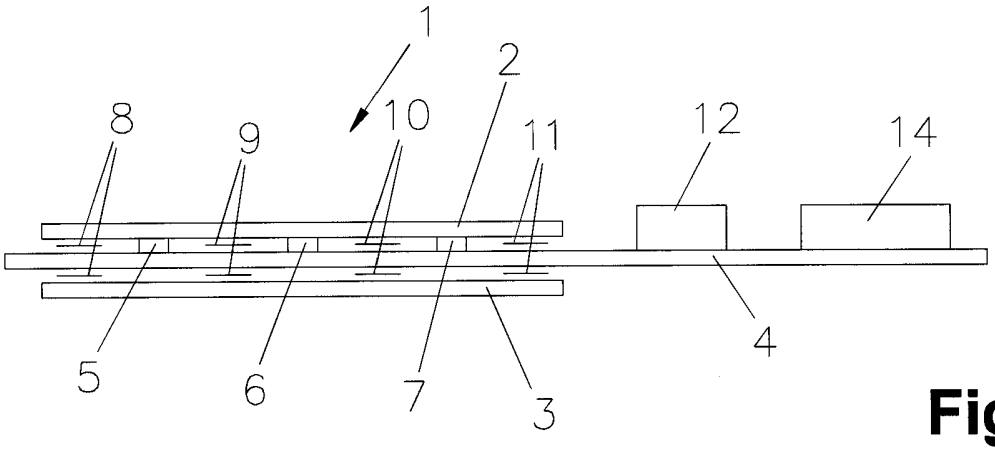
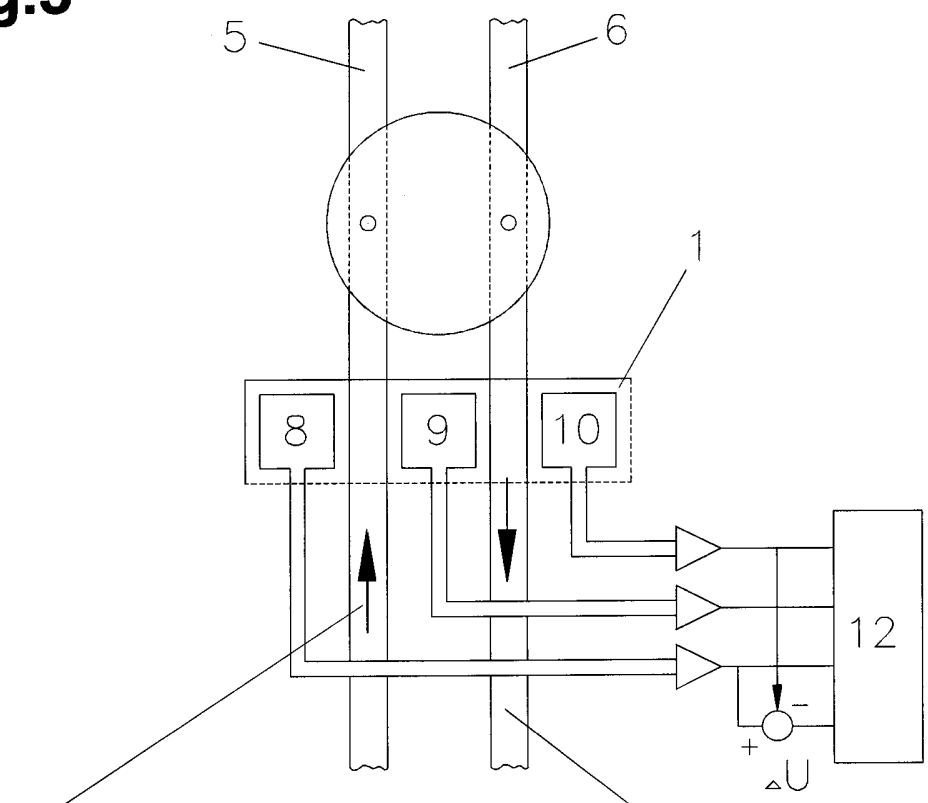


Fig.2

Fig.3



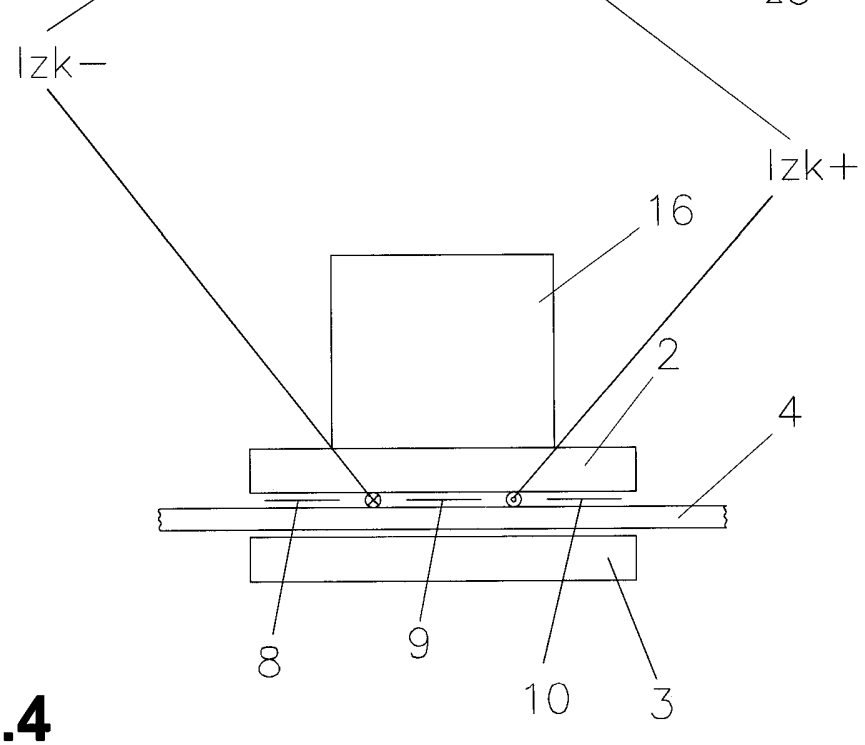


Fig.4

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
G01R 15/18 (2006.01); ***G01R 19/00*** (2006.01); ***G01R 19/28*** (2006.01); ***H02P 21/14*** (2016.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
G01R 15/181 (2013.01); ***G01R 15/18*** (2013.01); ***G01R 19/0092*** (2013.01); ***G01R 19/28*** (2013.01); ***H02P 21/14*** (2016.02)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
G01R, H02P

Konsultierte Online-Datenbank:
WPIAP, EPODOC, IEEEXplore, ScienceDirect

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **29.06.2015** eingereichten Ansprüchen **1-15** erstellt.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	WO 9914605 A1 (INSTITUTE OF QUANTUM ELECTRONICS) 25. März 1999 (25.03.1999) Fig. 1, 9; Zusammenfassung; Seite 11, Zeile 10 - Seite 12, Zeile 12.	1-15
X	WO 2007075617 A2 (SILICON LABORATORIES) 05. Juli 2007 (05.07.2007) Fig. 2, 5-7, 21-27; Zusammenfassung; Paragrafen 1003, 1072.	1-15
X	US 2008136399 A1 (ALFANO et al.) 12. Juni 2008 (12.06.2008) Fig. 2, 5-7, 21a-23, 31, 32; Zusammenfassung; Paragrafen 0075, 0076, 0087, 0088.	1-15
X	GB 2501693 A (GE AVIATION SYSTEMS) 06. November 2013 (06.11.2013) Fig. 1B; Zusammenfassung; Seite 4, Zeilen 19-29; Seite 7, Zeile 23 - Seite 8, Zeile 11.	1-15
X	EP 2846163 A1 (RENESAS ELECTRONICS) 11. März 2015 (11.03.2015) Fig. 8; Zusammenfassung; Paragrafen 0034-0036.	1-15
A	EP 1443332 A1 (ASAHI KASEI EMD) 04. August 2004 (04.08.2004) Fig. 9, 10, 16; Zusammenfassung.	1-15

Datum der Beendigung der Recherche:	Seite 1 von 1	Prüfer(in):
14.06.2016		MESA PASCASIO Johannes

*) **Kategorien** der angeführten Dokumente:

X Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.

Y Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

A Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.

P Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.

E Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**" hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).

& Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

Patentansprüche:

1. Schaltungsanordnung zur Erfassung von mindestens einem Stromanstieg in mindestens einem auf einer Leiterplatte angeordneten Leiter, dadurch gekennzeichnet, dass ein einfacher magnetischer Kreis (1), unter Verwendung von magnetisch leitfähigen, vorzugsweise geometrisch einfach geformten, Elementen (2,3), die an der Ober- und Unterseite der Leiterplatte (4) angeordnet sind, vorgesehen ist, der die zu messenden elektrischen Leiter (5, 6, 7) einschließt, wobei der magnetische Kreis (1) die Leiterplatte als Spalt (4) nutzt und dass mindestens eine, vorzugsweise eine, aus mindestens einem Layer, geprintet ausgeführte, Messspule (8, 9, 10, 11) im Bereich des magnetischen Kreises (1) angeordnet ist, wobei die Messspule (8, 9, 10, 11) den Flussanstieg des zu messenden Stromanstieges im Leiter (5, 6, 7) als Spulenspannung erfasst und dass eine messtechnische Auswerteschaltung (12) vorgesehen ist, die mit der Messspule (8, 9, 10, 11) verbunden ist.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die magnetisch leitfähigen Elemente beispielsweise die Form dünner Quader aufweisen, die an der Ober- und Unterseite der Leiterplatte, vorzugsweise senkrecht auf den zu messenden stromführenden Leiter (5, 6, 7), angeordnet sind und die, feste oder flexible, Leiterplatte den definierten Spalt (4) im magnetischen Kreis (1) bildet und dass im bzw. am Spalt (4) mindestens eine Messspule (8, 9, 10, 11), realisiert auf mindestens einem Layer der Leiterplatte, vorgesehen ist.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der einfache magnetische Kreis (1) bei einem dreisträngigen Stromsystem aus magnetisch leitfähigen Elementen gemeinsam mit dem Spalt (4) der Leiterplatte und den zu messenden stromführenden Leitern (5, 6, 7) gebildet ist, der in den Messspulen (8, 9, 10, 11) bei Stromänderungen Spannungen erzeugt, wobei die Spannungen in der Auswerteschaltung (12)

zur Bestimmung der Stromanstiege in den stromführenden Leitern (5, 6, 7) heranziehbar sind.

4. Schaltungsanordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich des Magnetfeldes des einfachen magnetischen Kreises (1) mindestens ein magnetfeldsensitives Bauelement, vorzugsweise als Hall-Element realisiert, vorgesehen ist, das eine stromproportionale Größe als Ausgangsgröße der Auswerteschaltung (12) zur Verfügung stellt.

5. Verfahren zur Erfassung von mindestens einem Stromanstieg in mindestens einem auf einer Leiterplatte angeordneten Leiter nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der einfache magnetische Kreis (1) bei Stromänderungen im Leiter (5, 6, 7) Spannungen in den Messspulen (8, 9, 10, 11) erzeugt, die in einer Auswerteschaltung (12) zur Bestimmung der Stromanstiege in den stromführenden Leitern (5, 6, 7) verwendet werden

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Stromanstieg unter Verwendung der mathematischen Beschreibung des angeschlossenen elektromagnetischen Systems zur Bestimmung des Stromes verwendet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass neben mindestens einer Messung des Stromanstiegs mindestens eine weitere elektrische Größe, vorzugsweise mindestens eine Spannung des Systems „Umrichter – elektromagnetischer Wandler", erfasst wird.

8. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Auswertung der Messspulen die magnetischen Fremdfelder in der Auswertung auf mathematischem Wege eliminiert werden.

9. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die über die Messspulen (8, 9, 10, 11) erfassten Stromanstiege zusätzlich zu Strommessungen zwecks Erfassung einer von den Strommessungen unabhängigen zweiten Informationsquelle über den aktuellen Stromzustand im Sinne einer Strommessungsüberwachung verwendet werden.

10. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelten Stromanstiege für ein Verfahren zur sensorlosen Drehwinkelerfassung einer über einen Stromrichter gespeisten synchron mit dem Drehfeld laufenden Maschine (gemäß dem INFORM®-Verfahren) zur Bestimmung der Rotor- bzw. Rotorflussposition von Drehstrommaschinen (13) herangezogen werden.

11. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelten Stromanstiege gemäß dem auf Magnetlager angepassten Verfahren zur sensorlosen Drehwinkelerfassung einer über einen Stromrichter gespeisten synchron mit dem Drehfeld laufenden Maschine (INFORM®-Verfahren) zur Bestimmung von Positionsabweichungen des bewegten Teiles eines Magnetlagers gegenüber Referenzpositionen, vorzugsweise in mindestens zwei Raumrichtungen, herangezogen werden.

12. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass durch Parallel- bzw. Antiparallelführung mindestens zweier stromführender Leiterbahnen innerhalb des einfachen magnetischen Kreises (1) eine magnetische Addition bzw. Subtraktion der eingeschlossenen Durchflutungen durchgeführt wird und dadurch in den Messspulen (8, 9, 10, 11) aufgrund der Summation bzw. Subtraktion der entsprechenden Teilfelder eine direkte Summation bzw. Subtraktion der beteiligten Stromanstiege erreicht wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Messspulen (8, 9, 10, 11) ein Signal zur Fehlerstromüberwachung, vorzugsweise Erdschlussüberwachung, liefern.

14. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Bestimmung der Stromanstiege in den stromführenden Leitern (5, 6, 7) verwendeten Spannungen in weiterer Folge in der übergeordneten Steuerung (14) zu höheren Aufgaben, wie etwa Positionsbestimmung, Strom- und Drehzahlregelung und ähnliche herangezogen werden, wobei optionale weitere Messungen, wie etwa Spannungsmessungen (15) zur genaueren Bestimmung des Zustandes des elektromagnetischen Systems, vorzugsweise einer elektrischen Maschine, der Auswerteschaltung (12) zugeführt werden.

15. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Strom (Izk+ und Izk-)- führenden Leiter des Zwischenkreises eines Umrichters, der gegebenenfalls durch die Zwischenkreiskapazität Czk (16) oder einer Drossel gestützt wird, innerhalb des einfachen magnetischen Kreises (1) im Spalt (4) mit den Messspulen (8, 10) derart geführt sind, dass die beiden Durchflutungen (Izk+ und Izk-) subtrahiert werden und somit in den Messspulen (8, 10) zwei gegengleiche Spannungen induziert werden, die sich nur durch allfällige externe Störfeldänderungen unterscheiden, welche bei Differenzbildung der Spannungen der Messspulen (8, 10) störfeldbefreit sind und daher die Differenz im Regulärbetrieb $\Delta U = 0$ Volt ist und dadurch bei merkbarer Abweichung der Spannung ΔU von Null eine Fehlerstrom- bzw. Erdschlusserkennung realisiert wird.

SCHRÖDL Manfred, Dr.
vertreten durch
Rechtsanwalt Dr. Roland Graschitz

1504AT

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE