



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **696 778 A5**

(19)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(51) Int. Cl.: **G01R 31/02** (2006.01)
G01R 1/067 (2006.01)
G01M 19/00 (2006.01)
G01N 27/83 (2006.01)

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Gesuchsnummer: 01749/03

(22) Anmeldedatum: 14.10.2003

(30) Priorität: 15.10.2002 US 10/270326

(24) Patent erteilt: 30.11.2007

(45) Patentschrift veröffentlicht: 30.11.2007

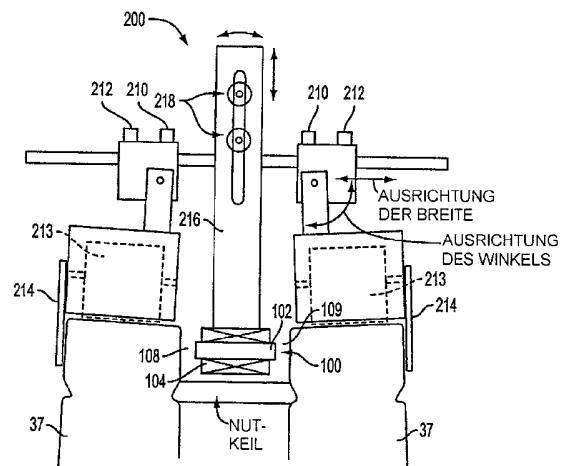
(73) Inhaber:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, NY 12345 (US)

(72) Erfinder:
Gerald Burt Kliman, Schenectady, NY 12309 (US)
Sang-Bin Lee, Schenectady, NY 12309 (US)
Manoj Ramprasad Shah, Latham, NY 12110 (US)
Timothy Gerard Richter, Wynatskill, NY 12198 (US)

(74) Vertreter:
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4
8008 Zürich (CH)

(54) **Sonde.**

(57) Eine Sonde (100) enthält mindestens einen Kern (102) und mindestens eine Abtastspule (104), die mit dem Kern (102) verbunden wird. Die Enden des Kerns werden in einer kontaktfreien mit Abstand angeordneten Beziehung zwischen gegenüberliegenden Oberflächen von benachbarten Blechzähnen (37) eines Ständers angeordnet. Die Luftspalte (108, 109) werden zwischen den Enden des Sondenkerns (102) und den gegenüberliegenden Oberflächen aufrechterhalten. Die Summe der zwei Luftspalte (108, 109) ist konstant. Die Sonde (100) wird auf einer Wagenanordnung (200) abgestützt und längs der Zähne (37) bewegt. Schwankungen des Streuflusses, die mit dem Ständer erzeugt werden, der mit einer Erregerwicklung erregt wird, um einen Fluss zu erzeugen, welcher einige Prozent seines normalen Erregungsniveaus beträgt, werden überwacht.



Beschreibung

Allgemeiner Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft im Allgemeinen die Diagnose und die Überwachung des Betriebs einer elektrischen Vorrichtung. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Sonde und ein Verfahren nach den Patentansprüchen 1 und 5, welche die Erkennung von Fehlern/Defekten in einer elektrischen Vorrichtung wie zum Beispiel Ständerblechpaketen von Grossgeneratoren erleichtern und welche erfordern, dass der Ständer für Erkennungszwecke nur bis auf ein niedriges Niveau zu erregen ist.

[0002] Auf dem Gebiet der Erzeugung von Elektrizität in einem kommerziellen Massstab ist es wichtig, dass die Elemente des Stromerzeugungssystems, die den Teil einer 50- bis 1000-MVA-Stromerzeugungsanordnung bilden, zum Beispiel während ihrer erwarteten Lebensdauer voll funktionsfähig bleiben, so dass unerwartete Ausfallzeiten und/oder Totalausfälle vermieden werden können. Um solche Probleme zu vermeiden ist es wichtig, dass die Elemente wie zum Beispiel die grossen Ständer, die einen Teil der oben erwähnten Erzeugungssysteme bilden, sorgfältig inspiziert und geprüft werden, entweder während der regelmässigen periodischen Wartung oder vor der Auslieferung und der Installation in einer Stromerzeugungsanlage.

[0003] Das Ständerblechpaket 30 von elektrischen Maschinen (wie zum Beispiel in Fig. 1 dargestellt) nutzt dünne isolierte Stahlbleche 32, um den Wirbelstromfluss für den Betrieb mit höherem Wirkungsgrad zu verringern. Die Bleche werden, wie in Fig. 2 und 3 gezeigt ist, durch Anordnen einer Schwalbenschwanznut 34 der Bleche in dem Schwalbenschwanz einer Keilleiste 36 vertikal geschichtet, welche an dem Gehäuse befestigt wird. Um die Bleche zusammenzuhalten und die Vibration der Bleche zu verhindern, wird das Blechpaket axial mit einer Kraft von ungefähr 300 bis 350 psi geklemmt.

[0004] Das Kurzschliessen der Bleche 32 kann durch Fertigungsdefekte, durch Beschädigung während der Montage/Inspektion/Rückwicklung, durch Berührung Ständer-Läufer, durch Vibration von losen Spulennutkeilen/Blechen, durch magnetisches Fremdmaterial usw. verursacht werden. Wenn die Bleche 32 aus irgendeinem Grund kurzgeschlossen werden, wird ein grösserer Wirbelstrom in dem Fehlerstromkreis induziert, der aus der Keilleiste mit defekten Blechen besteht (siehe Fig. 2). Die typischen Orte von Defekten sind in Fig. 3 gezeigt. Der Fehlerwirbelstrom erhöht sich mit der Anzahl der kurzgeschlossenen Bleche und der Leitfähigkeit zwischen den Blechen und der Kurzschlussleiste/Keilleiste. Der Fehlerstrom erhöht die Verlustleistung in dem Ständerblechpaket und verursacht die örtliche Erwärmung. Die heissen Stellen können sich zu schwerwiegenderer örtlicher Erwärmung entwickeln und schliesslich das Brennen oder das Schmelzen der Bleche hervorrufen. Als eine Folge können die Statorstab-Isolation und die Wicklungen ebenfalls beschädigt werden, indem der Erdstromfluss durch das Ständerblechpaket bewirkt wird. Daher sollten Defekte zwischen den Blechen des Blechpaketes erkannt und repariert werden, um weiteren Schaden zu verhindern und um die Zuverlässigkeit des Generatorbetriebs zu verbessern.

[0005] Um Defekte in der Konstruktion des Ständerblechpaketes zu erkennen, wurden verschiedene Prüfungen entwickelt. Der sogenannte «Ringtest» beruht auf der Erkennung der Wirbelstromerwärmung, die durch Kurzschlussströme hervorgerufen wird. Das Generatorblechpaket ist mit einer Anzahl der Windungen (in der Regel kleiner als (10) des Kabels gewickelt, um toroidförmige Erregerwicklungen 31 auf die Art zu bilden, die in Fig. 1 schematisch dargestellt ist. Der Strompegel in den Wicklungen wird so gewählt, dass der Fluss, der in dem Blechpaket erregt wird, den normalen Arbeitspegeln nahe ist (ungefähr 1 bis 1,5 Tesla). Die Anforderung der Erregung liegt auf dem Niveau von mehreren MVA, da mehrere Hundert Ampere und Volt in der Spule benötigt werden, um den gewünschten Fluss zu erreichen. Das Blechpaket 30 wird auf diese Weise mehrere Stunden betrieben. Wärmebildkameras werden anschliessend verwendet, um die «heissen Stellen» auf der inneren Ständeroberfläche zu ermitteln. Diese heissen Stellen weisen auf den Ort der Kurzschlüsse zwischen den Blechen hin.

[0006] Jedoch sind die Kurzschlüsse, die sich unter der Oberfläche der Ständerzähne 37 und der Nuten befinden, schwer festzustellen, da die Thermodiffusion den Anstieg der Oberflächentemperatur bewirkt, um zu diffundieren/sich auszubreiten. Wegen der hohen Leistungspegel, die in dem Ringtest verwendet werden, kann das Personal die Bohrung des Ständerblechpaketes während der Prüfung nicht betreten. Ausserdem müssen die Kabel, die in dem Test verwendet werden, entsprechend für den MVA-Pegel bemessen sein, was zu langen Einbau- und Ausbaueiten führt.

[0007] Mit dieser Art der Prüfung ist der verwendete hohe Fluss eine interessante Ursache, weil: Die hohen Ströme (Hunderte von Ampere und mehrere kV), die benötigt werden, erfordern eine Prüfversorgung, die zu mehreren MVA fähig ist. Die hohen Strom- und Spannungspegel erfordern Sorgfalt bei der Auswahl und Installation der Erregerwicklung auf dem Generatorblechpaket und verdeckten Bauteilen des Blechpaketes. Weil die Erwärmungsprüfung an einem Blechpaket durchgeführt wird, dem das normale Kühlsystem entzogen wurde, kann übermässige Erwärmung zur Beschädigung des Blechpaketes führen. Die hohen Strom- und Spannungspegel beeinflussen die Bediener Sicherheit und, wie oben erwähnt, darf das Personal das Innere des Blechpaketes nicht betreten, wenn ein Ringtest durchgeführt wird.

[0008] Um die oben erwähnten Nachteile zu überwinden, auf die man bei dem Ringtest stossen kann, wurde der bekannte sogenannte «EL CID»-Test (Electromagnetic Core Imperfection Detection/Defekterkennung im elektromagnetischen Blechpaket) entwickelt.

[0009] Dieser Test beruht auf der Erkennung des Magnetfeldes, das durch Kurzschlussströme hervorgerufen wird, die auf Grund von Kurzschlüssen zwischen den Blechen fließen. Das Generatorblechpaket wird wie in dem Ringtest mit einer Anzahl von Windungen in der Art eines Toroids gewickelt. Der Strompegel in den Wicklungen wird so ausgewählt, dass das Blechpaket bei ungefähr 4% des normalen Arbeitsflusses arbeitet. Dies entspricht einem elektrischen Feld von ungefähr 5 Volt/Meter, das längs der Blechpaketoberfläche induziert wird. Der Strombedarf liegt im Bereich von 10 bis 30 Ampere, so dass eine ziemlich einfache Stromversorgung von mehreren kVA verwendet werden kann. Ein magnetisches Potentiometer, das als eine Chattock-Spule nach ihrem Erfinder bezeichnet wird, wird verwendet, um die Magnetfelder zu erfassen, die zwischen zwei benachbarten Zähnen durch die Kurzschlussströme erzeugt werden, die in den Isolationsdefekten zwischen den Blechen induziert werden.

[0010] Die Chattock-Spule (ebenfalls bekannt als Maxwell-Schnecke oder magnetisches Potentiometer) wird verwendet, um die Phasenverschiebungskomponente des Magnetfeldes zu erfassen, die durch irgendwelche zwischen den Blechen induzierte Ströme erzeugt wird. Die Spannungen der Chattock-Spule, die denen äquivalent sind, die durch einen 100 mA oder grösseren Prüfstrom erzeugt werden, werden als der Indikator für einen schwerwiegenden Kurzschluss zwischen den Blechen für das 4% Flusserregungsniveau verwendet.

[0011] Die Chattock-Spule 38 erstreckt sich in der Regel über die Breite von zwei benachbarten Zähnen 37 auf die in Fig. 4 und 5 gezeigte Art und wird entweder längs der Oberfläche des Ständers von Hand oder durch einen Roboterwagen bewegt. Weil die Kurzschlussstromstrecke einen grossen Widerstand hat, befindet sich der durch den Kurzschluss erzeugte Magnetfluss in Phasenverschiebung um 90 Grad mit dem Erregerfluss. Das Signal von der Chattock-Spule wird mit einem Referenzsignal kombiniert, das aus dem Erregerstrom abgeleitet wird, so dass phasenempfindliche Erkennungsverfahren verwendet werden können, um das Störungssignal aus dem Untergrundrauschen zu extrahieren.

[0012] Ein völlig digitales EL CID-System wurde entwickelt. Dieses System zeigt verbesserte Rauschunterdrückung gegenüber früheren ähnlichen Anordnungen. Nichtsdestoweniger gibt es eine Anzahl von Anomalien und Verzerrungen, welche bei der Durchführung des EL CID-Tests entstehen können, und diese müssen unter Verwendung des Wissens und der Erfahrung der Konstruktion des Blechpaketes interpretiert werden.

[0013] Der EL CID-Test umfasst die Erregung des Blechpaketes auf eine Weise, die der des Ringtests ähnlich ist, aber viel niedrigere Spannungs- und Strompegel verwendet. Ein Fluss von 4 bis 5% ist normal. Der EL CID-Testablauf weist die folgenden Charakteristika auf. Der für diesen Fluss erforderliche Strom kann von einem Regeltransformator erhalten werden, der von einer standardmässigen elektrischen Steckdose gespeist wird. Die aus diesem niedrigen Fluss induzierte Spannung wird bei ungefähr 5 Volt/Meter gehalten, so dass das Personal das Blechpaket während des EL CID-Tests betreten kann, um Beobachtungen zu machen. Die bei diesem Fluss induzierten Ströme sind niedrig genug, um keine übermässige Erwärmung hervorzurufen, so dass die zusätzliche Schädigung des Blechpaketes auf Grund der Prüfung nicht von Belang ist.

[0014] Der EL CID-Test ist besser geeignet, um Defekte zwischen den Blechen festzustellen, die sich unter der Oberfläche befinden. Dies ist ein bedeutsamer Vorteil gegenüber dem Ringtest, der auf der Thermodiffusion von der inneren heissen Stelle beruht, um die Erkennung bereitzustellen. Jedoch ist dieser Test so, dass der Signalpegel in der Spule zu hohen Rauschpegeln führt, insbesondere bei der Abtastung in dem Bereich der Endstufen.

[0015] Ein anderer Typ von Sensoranordnung wird in dem Urheberschein Nr. RU 2 082 274 C1 der UdSSR offenbart. Diese Anordnung ist auf die Verbesserung der Empfindlichkeit des Verfahrens und die Verbesserung der Auswertung und Zuverlässigkeit der Ergebnisse gerichtet. Wie in Fig. 6 und 7 dargestellt ist, besteht sie aus einer Magnetisierungswicklung 40, einer Vorrichtung 42 zur Regelung des Stromes in der Wicklung und zwei Sensoren 44, 46. Jeder dieser zwei Sensoren 44, 46 umfasst, wie in Fig. 6 gezeigt ist, eine Spule 48, die auf einem dünnen Plattenkern 50 aus ferromagnetischem Material mit hoher magnetischer Permeabilität gewickelt wurde. Die Sensoren 44, 46 weisen die gleiche Konstruktion auf, jedoch wird einer als eine Referenzsonde verwendet und der andere wird als eine Abtastsonde verwendet.

[0016] Die Ausgänge der zwei Sensoren 44, 46 werden an die unabhängigen Eingänge einer Phasenschiebervorrichtung 52 angeschlossen, welche wie ein Phasenmonitor wirkt und in welcher der Phasenunterschied zwischen den Spannungen der zwei Sensoreinheiten wie ein Störungsmelder verwendet wird. Die Ausgänge der Phasenschiebervorrichtung werden auf einen Personalcomputer (PC) oder Vorrichtung ähnlichen Typs über einen A/D-Wandler 54 geführt.

[0017] Die zwei Sensoren 44, 46 können auf einer dreieckigen Wagenanordnung 56 abgestützt werden, wie in Fig. 8 gezeigt ist, und folglich durch das Innere des Stators unter der Kontrolle einer Lageregelvorrichtung 58 bewegt werden, wie in RU 2 082 274 C1 gezeigt ist.

[0018] Diese Anordnung leidet jedoch unter mehreren Nachteilen. Sie ist empfindlich gegenüber der Spaltschwankung auf Grund der Sondenlage. Die Grösse und die Phase des gemessenen Signals ist sehr empfindlich gegenüber dem Spalt zwischen den Blechen und der Sonde. (Die Spaltschwankung ist eine natürliche Einschränkung auf Grund der Oberflächenrauheit der Bleche.) Das heisst:

Grösse von $V_{\text{sense}} \propto 1/\text{Spalt}$;

Phase von $V_{\text{sense}} \propto \tan^{-1}(\text{konstant}/\text{Spalt})$

[0019] Ausserdem ist es schwierig in dem Bereich der Endstufen (siehe Fig. 12 zum Beispiel) eines Ständerblechpaketes abzutasten und zu diagnostizieren, da der Ort es erschwert abzutasten, während ein konstanter Spalt in dem Bereich der Endstufen aufrechterhalten wird.

[0020] Ferner ist es schwierig, wenn nicht unmöglich, einen universellen Sondenaufbau zu konstruieren. Da die Zähne nach innen in das Innere von der inneren zylindrischen Oberfläche des Stators ragen, sind sie um einen vorbestimmten Betrag zueinander geneigt. Folglich müssen die Elemente 50 des flachen ferromagnetischen Kerns leicht angewinkelt sein und eine sehr flache V-Form aufweisen, damit jedes Ende der Anordnung von RU 2 082 274 C1 oben auf einem Zahn eben sitzt. Mit der Änderung des Durchmessers eines Ständerblechpaketes ändert sich der Winkel und der Abstand zwischen den Zähnen und es ist notwendig, dass sich sowohl die Länge als auch der Winkel der flachen V-Form ändert. Eine Änderung der Anzahl der Zähne führt ebenfalls zu einer Änderung des Winkels, der zwischen den oberen Enden von zwei benachbarten Zähnen definiert ist, und verursacht das gleiche Problem.

Kurzdarstellung der Erfindung

[0021] Ein erster Gesichtspunkt der Erfindung liegt in einer Sonde zur Erkennung von Abnormitäten in einer elektrischen Vorrichtung, die eine Konstruktion aufweist, durch welche der Streufluss hindurchgeht, die umfasst: eine Abtastspule; und einen Sondenkern, der mit der Abtastspule angeordnet wird und so gestaltet wird, dass die Abschnitte des ersten und des zweiten Abtastendes des Kerns in einer mit Abstand angeordneten kontaktfreien Beziehung zwischen gegenüberliegenden benachbarten Oberflächen der Abschnitte der elektrischen Vorrichtung abgestützt werden, um den ersten und den zweiten Luftspalt zwischen dem ersten und dem zweiten Abtastendabschnitt des Kerns und den jeweiligen benachbarten Oberflächen zu bilden.

[0022] Ein zweiter Gesichtspunkt der Erfindung liegt in einem Verfahren zur Erkennung von Defekten in einer elektrischen Vorrichtung, das die Schritte umfasst: Abstützung einer Sonde, die einen massiven Kern und eine Spule aufweist, die mit dem Kern angeordnet wird, so dass die Abtastabschnitte des Kerns in einer kontaktfreien mit Abstand angeordneten Beziehung zwischen benachbarten Oberflächen der Elemente aufrechterhalten werden, welche einen Teil der Vorrichtung bilden, durch welchen der Streufluss hindurchgeht; Erregung der Vorrichtung bis auf ein vorbestimmtes Niveau, welches kleiner als ein normales Betriebsniveau ist und folglich einen Streufluss erzeugt; Erkennung unter Verwendung der Sonde eines Streuflusses, welcher zwischen den gegenüberliegenden Oberflächen auftritt; Bewegung der Sonde in eine neue Position bezüglich der gegenüberliegenden Oberflächen und Erkennung eines Streuflusses in der neuen Position; und Überwachung der Schwankung des Ausgangssignals der Sonde und Erkennung eines Defektes als Antwort auf den Nachweis eines abnormalen Streuflusses.

[0023] Die Erfindung kann auch Verwendung finden in einer Vorrichtung zur Erkennung von Defekten in einer elektrischen Vorrichtung, die umfasst: Mittel zur Abstützung einer Sonde, welche einen massiven Kern und eine Spule aufweist, die mit dem Kern angeordnet wird, so dass die Abschnitte des Abtastendes des Kerns in einer kontaktfreien mit Abstand angeordneten Beziehung zwischen gegenüberliegenden Oberflächen von Elementen aufrechterhalten werden, welche den Teil der Vorrichtung bilden, durch welchen der Streufluss hindurchgeht; Mittel zum Hervorrufen der Erregung der Vorrichtung bis auf ein vorbestimmtes Niveau, welches kleiner als ein normales Betriebsniveau ist; Mittel, die auf die Sonde reagieren, zur Erkennung eines Streuflusses, welcher zwischen den gegenüberliegenden Oberflächen auftritt; Mittel zur Bewegung der Sonde an einen neuen Ort bezüglich der gegenüberliegenden Oberflächen und zur Erkennung des Streuflusses an dem neuen Ort; und Mittel zur Überwachung der Schwankung des Ausgangssignals der Sonde und zur Bestimmung des Vorhandenseins und des Ortes eines Defektes als Antwort auf den Nachweis einer abnormalen Schwankung des Streuflusses.

[0024] Die Erfindung kann auch Verwendung finden in einer Vorrichtung zur Erkennung von Defekten in einer elektrischen Vorrichtung, die umfasst: eine einzelne Sonde, die einen Kern aus einem Material, aufweist, das eine hohe Anfangspermeabilität und hohe Widerstandseigenschaften aufweist, und eine Spule, die mit dem Kern angeordnet wird, wobei die Sonde angepasst wird, um abgestützt zu werden, so dass alle Abtastabschnitte des Kerns in einer kontaktfreien mit Abstand angeordneten Beziehung zwischen den vorbestimmten gegenüberliegenden Oberflächen der elektrischen Vorrichtung aufrechterhalten werden und so dass die Abtastabschnitte des Kerns dem Streufluss ausgesetzt werden, welcher durch die elektrische Vorrichtung erzeugt wird und welcher zwischen den gegenüberliegenden Oberflächen und durch die Luftspalte hindurchgeht, welche zwischen den gegenüberliegenden Oberflächen und den Abtastabschnitten des Kerns definiert sind; eine Erregerwicklung, welche abnehmbar mit der elektrischen Vorrichtung angeordnet wird und betriebsfähig mit einer Quelle der Erregerspannung zum Hervorrufen eines Flusses in einem elektrischen Stromkreis in der elektrischen Vorrichtung verbunden wird; und ein Datenerfassungssystem, das betriebsfähig mit der Erregerwicklung und der Sensorspule zur Überwachung des Ausgangssignals des Sensors und zur Erkennung von Defekten in der elektrischen Vorrichtung verbunden wird, welche eine Änderung des Streuflusses verursacht.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0025]

- Fig. 1 ist die schematische perspektivische Ansicht eines Ständerblechpaketes so wie das, auf welches die Ausführungsformen der Sensoranordnung anwendbar sind.
- Fig. 2 und 3 sind entsprechend die Seitenansicht und die Vorderansicht von Ständerblechen, die die Art darstellen, auf welche das Ständerblechpaket aus einer Vielzahl von dünnen isolierten Stahlblechen aufgebaut ist, welche mit dem Gehäuse des Ständers mittels Schwalbenschwanznuten und Keilleisten verbunden werden.
- Fig. 4 ist eine schematische Vorderansicht von zwei Ständerzähnen, welche unter Verwendung einer Sensoranordnung des Typs EL CID geprüft werden und welche den Streufluss darstellt, der erzeugt wird, wenn kein mit den Zähnen zusammenhängender Defekt vorhanden ist.
- Fig. 5 ist eine schematische Vorderansicht von zwei Ständerzähnen, welche unter Verwendung der Sensoranordnung des Typs EL CID geprüft werden und welche den Streufluss darstellt, der erzeugt wird, wenn ein mit den Zähnen zusammenhängender Defekt vorhanden ist.
- Fig. 6 ist eine perspektivische Ansicht, die die Sensoranordnung des Standes der Technik von RU 2 082 274 C1 zeigt, auf die in den Absätzen am Anfang dieser Beschreibung Bezug genommen wurde.
- Fig. 7 ist eine schematische Ansicht, die die Art zeigt, auf welche die zwei Sensoren, die mit der Anordnung von RU 2 082 274 C1 verwendet werden, in einem Ständerblechpaket zusammen mit dem mit der Prüfprozedur verbundenen Schaltungsaufbau eingesetzt werden.
- Fig. 8 ist eine Wagenanordnung des Standes der Technik, welche in Verbindung mit den Sensoren verwendet wird und welche in RU 2 082 274 C1 offenbart wird.
- Fig. 9 ist eine schematische Vorderansicht, die den Einsatz einer Sonde oder Sensors gemäss einer Ausführungsform der Erfindung zeigt und den Streufluss darstellt, welcher in der Abwesenheit eines Defektes eintritt.
- Fig. 10 ist eine schematische Vorderansicht, die der in Fig. 9 gezeigten ähnlich ist, welche aber die Situation darstellt, wobei ein Defekt aufgetreten ist und sich der Streufluss entsprechend verändert hat.
- Fig. 11 ist eine schematische Vorderansicht, die ein Beispiel einer Wagenanordnung zeigt, welche verwendet werden kann, um die Sonde abzustützen und in Übereinstimmung mit den bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zu bewegen.
- Fig. 12 ist eine schematische Ansicht, die den Sensor zeigt, der durch einen Ständer zu dem Bereich der Endstufen bewegt wird, in dem sich der Durchmesser der Zähne verringert.
- Fig. 13 ist ein Schaubild, das ein Beispiel einer Schaltungsanordnung zeigt, welche in Verbindung mit der Anordnung Sensor/Sonde verwendet werden kann, um die Schwankung des Streuflusses zu erkennen.
- Fig. 14 und 15 sind schematische Darstellungen von Ständern, welche veranschaulichen, wie die Erregerspule bezüglich der Sensorposition angeordnet werden kann, um Einstreuungen während der Prüfung des Ständers zu verringern.
- Fig. 16 ist ein Beispiel eines Zeigerdiagrammes, das Kennlinien zeigt, welche mit einem fehlerfreien oder gesunden Blechpaketsystem erhalten werden.
- Fig. 17 ist ein zusammengesetztes schematisches Schaubild, das die Sensorposition und die Signale darstellt, welche mit einer gesunden Blechanordnung erhalten werden.
- Fig. 18 ist ein Beispiel eines Zeigerdiagrammes, welches erzeugt wird, wenn ein Fehlerzustand unter dem Nutkeil erkannt wird.
- Fig. 19 ist ein zusammengesetztes schematisches Schaubild, das die Sensorposition und die Signale darstellt, welche erhalten werden, wenn ein Fehlerzustand unter dem Nutkeil erkannt wird.
- Fig. 20 ist ein Beispiel eines Zeigerdiagrammes, welches erzeugt wird, wenn ein Oberflächen-Fehlerzustand erkannt wird; und

Fig. 21 ist ein zusammengesetztes schematisches Schaubild, das die Sensorposition und die Signale darstellt, welche in Anwesenheit eines Oberflächen-Fehlerzustandes erhalten werden.

Fig. 22 und 23 sind entsprechend Draufsichten und Vorderansichten, die eine alternative Ausführungsform einer Wagenanordnung zeigen, welche verwendet werden kann, um die Sonde gemäss den bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung abzustützen und zu bewegen.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0026] Kurz gesagt, umfasst eine offenbarte Ausführungsform der Erfindung eine Sonde, welche einen Kern und eine Abtastspule enthält, die den Kern umgibt. Der Kern wird in einer kontaktfreien mit Abstand angeordneten Beziehung zwischen den gegenüberliegenden Oberflächen der Vorrichtung angeordnet. Diese Oberflächen können die Seitenwände von benachbarten Blechzähnen eines Ständers sein. Kleine Luftspalte werden vorsichtig zwischen den Enden des Kerns und den gegenüberliegenden Oberflächen aufrechterhalten. Die Einflüsse der Sondenposition werden möglichst gering gehalten, da der Restspalt konstant ist. Die Sonde wird auf einer Wagenanordnung abgestützt und längs zwischen den Zähnen bewegt. Veränderungen des Streuflusses, die mit dem Ständer erzeugt werden, der mit einer Erregerwicklung bis auf einige Prozent des normalen Erregungsniveaus erregt wird, werden überwacht.

[0027] Fig. 9 bis 13 zeigen eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung. In dieser Anordnung besteht der Sensor oder die Sonde 100 aus einem ferromagnetischen Abtastkern 102, der durch eine Abtastspule 104 angeordnet wird. Die Abtastspule 104 ist mit einer Schaltungsanordnung 106 der Art verbunden, die in Fig. 13 schematisch dargestellt ist. Der Abtastkern 102 wird bezüglich der geschichteten Zähne 37 so angeordnet, dass die Luftspalte 108, 109 (am besten in Fig. 11 zu sehen) zwischen den gegenüberliegenden Oberflächen der benachbarten Zähne, zwischen denen die Sonde 100 angeordnet wird, und den jeweiligen Enden des Abtastkerns 102 definiert werden.

[0028] Diese Sondenanordnung stellt verbesserte Vielseitigkeit und Zuverlässigkeit bereit, mit der Defekte erkannt werden können, verringert die Abtastzeit und ist leicht zu handhaben. Das Grundprinzip der schwachen Erregung des Ständerblechpaketes ist dem des oben erwähnten EL CID ähnlich, aber es wird eine Eisenkernsonde zum Abtasten der Signale in dem Bereich der Nutkeil-Vertiefung verwendet.

[0029] Die Verwendung einer Sonde, die einen Kern aufweist, der aus einem magnetischen Material gebildet wird, führt zu einem signifikanten Anstieg des Signalpegels, da die Sonde einen geringen magnetischen Reluktanzweg für den Fluss bereitstellt. Die gemessene Sondenspannung ist 2 bis 3 Grössenordnungen höher als die einer Luftkernsonde, wie zum Beispiel einer Chattock-Spule, auf Grund der hohen Flusskonzentration in der Sonde, die zu einem verbesserten Signal-Rausch-Verhältnis der Spannungsmessung führt. Die Sonde wird in dem Bereich der Nutkeilvertiefung mit einem Gesamtluftspalt von bis zu 200 mil auf jeder Seite der Sonde angeordnet.

[0030] Die Aufrechterhaltung dieser Luftspalte ist wichtig, um die Einstreuungen möglichst gering zu halten, die in das Ausgangssignal der Sonde hineingetragen werden.

Erregersystem

[0031] Das Ständerblechpaket 30 ist, wie in Fig. 13 gezeigt, betriebsfähig mit einem Erregersystem 190 verbunden. Dieses Erregersystem 190 stellt einen zirkulierenden Magnetfluss in dem Joch des Ständerblechpaketes für die Fehlerstromerregung bereit. Das Erregersystem umfasst einen einphasigen Variac 191 und eine Erregerwicklung (31). Ein Erregersystem, das einen einphasigen Variac für 120/240 V, eine Erregerwicklung umfasst, kann verwendet werden. Alternativ kann ein einphasiger Variac und ein Kabel mit mindestens 20 A Stromleitfähigkeit ebenfalls verwendet werden, um den Kern zu erregen.

[0032] Ein Softwareprogramm, das in einem Personalcomputer (PC) ausgeführt wird, welcher einen Teil der Schaltungsanordnung 106 bildet, berechnet und zeigt die Anzahl der Windungen der Erregerwicklung (2 bis 7) und die Erregerspannung an, die einen wünschenswerten Magnetfluss in dem Kern erzeugen. Um eine Beispielprüfung durchzuführen, kann der Erregerfluss zum Beispiel bis ungefähr 0,075 T (3 bis 4% des Nennflusses) geregelt werden und die Erregerfrequenz kann bis ungefähr 50/60 Hz geregelt werden. Diese Ausführungsform der Erfindung ist jedoch nicht auf diese Parameter beschränkt und verschiedene andere können verwendet werden, ohne von dem Anwendungsbereich der Erfindung abzuweichen.

[0033] In Übereinstimmung mit dieser Ausführungsform der Erfindung basiert die Berechnung der Erregerspannung und der Anzahl der Windungen auf den Abmessungen des Ständerblechpaketes des Generators. Die Parameter zur Berechnung der Spannung und der Anzahl der Windungen, von denen Beispiele unten aufgeführt werden, sind die, die zur Berechnung der wirksamen Fläche für den zirkulierenden Fluss erforderlich sind.

- 1) Innendurchmesser/Radius (ID/IR (Zoll))
- 2) Aussendurchmesser/Radius (OD/OR (Zoll))
- 3) Zahnlänge (TL (Zoll))
- 4) Kernlänge (CL (Zoll))

[0034] Alle Parameter können aus den Konstruktionsblättern des Generators erhalten oder leicht gemessen werden. Die wirksame Kernlänge kann mit ungefähr 10 bis 90% der Kernlänge angenommen werden, sofern nicht anderweitig spezifiziert ist, da der Abstandsblock im Innern und die Isolation berücksichtigt werden müssen.

[0035] Bei der Prüfung unter realen Bedingungen wurde beobachtet, dass die Abtastung in einer Nut in der Nähe der Erregerwicklung 31 oder wenn innere Beleuchtung verwendet wird, die Einstreuungen die Signale verzerren, die von der Sonde auf Grund der Interferenz erhalten werden. Folglich wird empfohlen, dass die gesamte Beleuchtung (oder der ähnliche Typ von elektrischen Ausrüstungen) entfernt werden sollte und dass die Erregerwicklung 31 auf die gegenüberliegende Seite des Ständerblechpaketes 30 von der Seite bewegt werden sollte, die mindestens einmal während der Abtastung abgetastet wird, wie in Fig. 14 und 15 gezeigt ist, um von der Sonde entfernt zu sein und folglich genaue Messungen zu erleichtern.

Wagensystem für die Sonde

[0036] Um die Abtastung zu erleichtern, wird die Sonde auf einem Wagensystem abgestützt. Ein Beispiel eines Wagensystems ist in Fig. 11 gezeigt. In dieser Anordnung ist der Wagen 200 ausgelegt, um die Sonde in der richtigen Position bei der Abtastung in der axialen Richtung aufzuhängen. Die richtige Positionierung und Ausrichtung von 1) des Laufwagens (welcher einen Teil des Wagensystems bildet) zu den Generatorzähnen und 2) der Sonde zu dem Laufwagen ist wichtig, um genaue Messungen zu erhalten.

[0037] Das Auswählen der richtigen Sondenbreite ist ein Kompromiss zwischen dem Signalpegel und der leichten Abtastung. Die Vergrößerung der Sondenbreite (bzw. die Verringerung der Luftspalte) erhöht den Signalpegel, erhöht aber ebenfalls das Risiko der Berührung zwischen dem Sondenkern 102 und den Zähnen, zwischen welchen er angeordnet wird. Die Berührung führt natürlich dazu, dass das Signal verrauscht. Die Sondenbreite, welche experimentell erhalten wurde, um gute Signalmessung und leichte Abtastung (keine Berührung) sicherzustellen, beträgt ungefähr die Nutbreite minus 150 bis 200 mil. Wenn zum Beispiel die Nutdicke 1,286'' beträgt, dann würde eine entsprechend bemessene Sonde irgendwo zwischen 1,10'' bis 1,15'' breit sein.

[0038] Die Breite und der Winkel der Laufwagenräder 213 kann, wie in Fig. 11 gezeigt ist, durch Drehen der entsprechenden Stellschrauben 210, 212 so eingestellt werden, dass die Führungsplatten 214 des Laufwagens satt an den Aussen-seiten der Zähne 37 anliegen, zwischen denen die Sonde aufgehängt wird, um das Kippen des Laufwagens zu verhindern. Die Sonde 100 sollte sicher an dem Verlängerungsstück 216 der Sonde befestigt werden, um das Kippen zu vermeiden und zu vermeiden, dass die Messdaten widersprüchlich werden.

[0039] Sobald die Sonde 100 an der Sondenverlängerung 216 befestigt ist, sollte die Sonde 100 in dem Bereich der Nutkeilvertiefung, wie in Fig. 11 gezeigt ist, durch Einstellung der zwei Stellschrauben 218 für die Sondenlage angeordnet werden. Es ist wünschenswert, dass die Stahlteile der Sonde 100 in der Mitte der Nut und etwas über dem Nutkeil angeordnet werden.

Datenerfassungssystem

[0040] Die zwei Messungen, die in Übereinstimmung mit dieser Ausführungsform der Erfindung durchgeführt werden, sind die Sondenspannung und der Erregerstrom. Diese Parameter können unter Verwendung handelsüblicher Geräte gemessen werden, wie zum Beispiel eines tragbaren Datenerfassungssystems Wavebook™ 516, das von IOTECH™ vertrieben wird.

[0041] Das Softwareprogramm steuert die Einstellungen des Datenerfassungssystems und verarbeitet, zeigt an und speichert ebenfalls die aus der Abtastung jeder Nut erfassten Daten. Die Software besteht aus einem Bildschirm der Parametereingabe und einem Hauptprogrammbildschirm. Der Bildschirm der Parametereingabe registriert die Details, die die Prüfinformationen und die Generatorabmessungen betreffen. Die Anzahl der Windungen der Erregerwicklung und die Erregerspannung werden berechnet und auf der Basis der Generatorabmessungen angezeigt. Der Hauptprogrammbildschirm zeigt die gemessenen und verarbeiteten Signale an.

Auswertung der Ergebnisse

[0042] Ein Zeigerdiagramm wird verwendet, um den Zustand des Systems für Defekte zwischen den Blechen des Blechpaketes anzuzeigen. Ein Beispiel solch eines Zeigerdiagrammes ist in Fig. 16 gezeigt. In diesem System stellen V_o , I_o und Φ_o entsprechend die Erregerspannung, den Strom und den Fluss dar und V_s , V_{so} sind die gemessene Sondenspannung und die Sondenspannung auf Grund der Erregung.

[0043] Für richtig konstruierte defektfreie (gesunde) Blechpakete ohne Defekte sind V_s und V_{so} gleich, wie in Fig. 16 dargestellt ist.

[0044] Die Software zeigt die Grösse der gemessenen Sondenspannung als quadratischen Mittelwert V_s und den Phasenwinkel zwischen der Sondenspannung und der Ableitung des Erregerstroms θ . Beide Signale werden auf der Basis der gemessenen Sondenspannung und des Stroms berechnet und beide Signale werden berücksichtigt, um das Vorhandensein, die Grösse und den Ort des Defektes zu bestimmen. Für gesunde Blechpakete sind die idealen gemessenen Signale und die Flussverteilung in Fig. 17 gezeigt. Die Absenkungen des Spannungswertes werden durch die Abstandsblöcke im

Innern verursacht. Die Grösse der Spannung ist konstant, ausser wenn die Abstandsblöcke im Innern durchlaufen werden, und der Winkel ist während der Abtastung konstant. Die Absenkungen an dem Abstandsblock im Innern können berechnet werden, um die ungefähre Lage des Defektes zu beurteilen, wenn ein verdächtiges Signal gefunden wird.

[0045] Wenn ein Defekt innerhalb der Nut vorhanden ist, ändert sich die Flussverteilung, da die in dem Defekt induzierte Spannung V_f einen Fehlerstromfluss I_f verursacht, der eine zusätzliche Defektflusskomponente θ_f induziert, welche den Fluss beim Durchgang durch die Sonde ändert. Das Zeigerdiagramm bei einem Fehlerzustand unter dem Nutkeil ist in Fig. 18 gezeigt, wobei V_{sf} die gemessene Sondenspannungskomponente auf Grund des Defektes ist und V_s die gemessene Sondenspannung ist.

[0046] Die gemessene Sondenspannung kann als eine Zeigersumme der Spannungskomponente angenommen werden, die auf Grund des Erregerflusses und des Fehlerflusses induziert wird, wie in Fig. 18 gezeigt ist, welcher aus einem Defekt unter dem Nutkeil resultiert. Die typische Wellenform und die Flussverteilung unter diesem Fehlerzustand sind wie in Fig. 19 gezeigt. In Fig. 19 ist ersichtlich, dass die Änderung der Grösse (d.h. die Zunahme) der Sondenspannung unter diesem Fehlerzustand beachtlich ist, aber die Änderung des Winkels ist sehr gering. Die Fehler Spuren sind ähnlich, wenn die Defekte zwischen dem Schwalbenschwanz des Nutkeils und dem Zahnfuss sind.

[0047] Das Zeigerdiagramm unter einem Oberflächen-Fehlerzustand (Defekt auf einer Zahnspitze) ist in Fig. 20 gezeigt. Der Hauptunterschied zwischen einem Oberflächendefekt und einem Defekt unter dem Nutkeil ist, dass der Fehlerfluss in der Sonde dem Erregerfluss entgegenwirkt, wie in Fig. 21 gezeigt ist. Als eine Folge verringert sich die Grösse der Sondenspannung und der Winkel ändert sich signifikant.

[0048] Wie aus den obigen Beispielen zu erkennen ist, kann das Vorhandensein eines Defektes durch eine Abweichung von einer gesunden Fehler Spur bestimmt werden. Der Ort des Defektes kann auf der Basis der Spuren der Grösse und des Winkels bestimmt werden. Es wurde beobachtet, dass sowohl die Grössen als auch die Winkeländerung mit der Schwere von Defekten zunimmt.

[0049] Als eine Alternative zu der offenbarten Anordnung des Sondenlaufwagens ist es möglich, einen Laufwagen oder ähnlichen Typ von kleinem Roboterfahrzeug anzuordnen, der oben auf dem Nutkeil auf die Art läuft, die in Fig. 22 und 23 schematisch dargestellt ist. Der Laufwagen oder das Fahrzeug 200S in diesem Fall wird auf Rollen 223 gelagert und ebenfalls mit seitlichen Rollen 224 bereitgestellt, die längs der Innenflächen der Zähne 37 rollen, zwischen denen die Sonde 100 angeordnet wird und die justiert werden können, um sich einer Änderung des Abstandes dazwischen anzupassen. Die seitlichen Rollen 224 können gefedert sein, um die automatische Nachstellung für unterschiedlich entfernte Zähne zu ermöglichen. Die Länge des Sondenkerns kann verstellbar gemacht werden.

[0050] Diese Laufwagenanordnung kann völlig robotisiert gemacht werden und mit ihrer eigenen unabhängigen Stromquelle (z.B. Batterien) und mit einem Messwertgeber bereitgestellt werden, um die erfassten Flussdaten an eine entfernte Station zu übertragen. Durch Übertragung in einem geeigneten Frequenzbereich können die Daten an die entfernte Station übertragen werden, ohne durch Einstreuungen oder dergleichen beeinflusst zu werden.

[0051] Die Sonde ist nicht auf Konstruktionen beschränkt, welche völlig durch die Seitenwände der Zähne 37 geschlossen sind. Die Spule 104 und andere Teile der Sonde 100 können wie gewünscht gestaltet und über dem Niveau der Zähne angeordnet werden, während geeignete Verlängerungen des Kerns 102 in den Raum hineinragen, der zwischen den Seitenwänden der Zähne definiert wird, und folglich die Luftspalte 108 und 109 bilden.

[0052] Der Sondenkern 102, welcher massiv ist im Unterschied zu einem Luftkern, so wie er in der Sensoranordnung des EL CID verwendet wird, ist vorzugsweise aus einem Material hergestellt, mit dem sich leicht arbeiten lässt, d.h. weder zu hart, zu weich noch schwer zu formen ist, und welches eine hohe Anfangspermeabilität unter niedrigem Fluss neben hohen Widerstandseigenschaften zeigt. Der Kern 102 kann aus einem Verbundwerkstoff, einem geeigneten Einzelwerkstoff wie zum Beispiel einem Metall hergestellt sein oder aus Blechen, welche zusammen befestigt werden. Zum Beispiel kann ein passender Stahl verwendet werden und Platten dieses Werkstofftyps (oder eine Mischung von Platten aus verschiedenen Materialien) können zusammen verbunden werden, um sowohl die gewünschte Form und Haltbarkeit als auch die oben erwähnte hohe Anfangspermeabilität unter geringem Fluss und hohen Widerstandseigenschaften zu erreichen. Der Kern kann in jeder geeigneten Konfiguration gestaltet werden und ist nicht auf die veranschaulichte Form beschränkt, welche der Einfachheit der Anschauung halber im Wesentlichen zylindrisch dargestellt wurde.

[0053] Die Sonde ist nicht auf die Verwendung eines einzelnen Kerns oder einer einzelnen Spule beschränkt und es können mehrere Kerne und Spulen verwendet werden. Alle Kerne brauchen nicht durch eine Spule hindurchgehen und die Anordnung, welche die erforderliche Empfindlichkeit des Flusses in den Luftspalten 108 und 109 ermöglicht, liegt innerhalb des Anwendungsbereiches der Erfindung. Die Spule der eigentlichen Sonde braucht nicht zwischen den Zähnen angeordnet werden und der Kern kann gestaltet werden, um die Abtastabschnitte davon in den Raum zwischen benachbarten Zähnen zu verlängern und den notwendigen Erfassungsabschnitt – die Luftspaltbeziehung – aufzubauen.

[0054] Es sollte erwähnt werden, dass die Luftspalte 108 und 109 nicht gleich sein müssen und dass ein begrenzter Wert der Bewegung der Sonde bezüglich der Seiten der Zähne 37 demzufolge möglich ist. Vorausgesetzt, dass die Summe der Luftspalte 108 und 109 konstant bleibt und kein direkter Kontakt zwischen den Enden des Kerns und den Zähnen eintritt, sind genaue Ergebnisse der Flusserkennung möglich.

[0055] Man wird erkennen, dass die Erfindung mit Bezug auf nur eine begrenzte Anzahl von Ausführungsformen beschrieben wurde. Die Erfindung ist jedoch nur durch die beigefügten Ansprüche beschränkt und kann jede Anzahl von Variationen und Modifikationen ohne Abweichung von dem durch die Ansprüche definierten Schutzbereich umfassen.

Patentansprüche

1. Sonde (100) zur Erkennung von Abnormitäten in einer elektrischen Vorrichtung, die eine Konstruktion aufweist, durch welche ein Streufluss hindurchgeht, umfassend: eine Abtastspule (104); und einen Sondenkern (102), der mit der Abtastspule (104) angeordnet ist und so gestaltet ist, dass ein erster und ein zweiter Abschnitt des Abtastendes des Kerns (102) in einer mit Abstand angeordneten kontaktfreien Beziehung zwischen gegenüberliegenden benachbarten Oberflächen der Abschnitte der elektrischen Vorrichtung abgestützt sind, um einen ersten und einen zweiten Luftspalt (108, 109) zwischen dem ersten und dem zweiten Abschnitt des Abtastendes des Kerns (102) und den entsprechenden Oberflächen, die daran angrenzen, zu bilden.
2. Sonde (100) nach Anspruch 1, wobei: eine Summe des ersten und des zweiten Luftspaltes (108, 109) konstant ist; der Kern (102) eine Vielzahl von geblechten Schichten eines Materials umfasst; und die elektrische Vorrichtung ein Ständerblechpaket (30) eines elektrischen Generators/Motors ist.
3. Sonde (100) nach Anspruch 1, wobei die Abtastspule (104) und der Sondenkern (102) auf einem Wagen (200) angeordnet sind, so dass die Sonde angepasst ist, um sich längs einer Oberfläche der Vorrichtung zu bewegen, und der Wagen die Sonde in einer Position hält, in welcher die Abschnitte des Abtastendes des Kerns (102) in der mit Abstand angeordneten kontaktfreien Beziehung zwischen den gegenüberliegenden benachbarten Oberflächen der elektrischen Vorrichtung aufrechterhalten sind.
4. Sonde (100) nach Anspruch 3, wobei die gegenüberliegenden Seiten von benachbarten Zähnen (37) die gegenüberliegenden benachbarten Oberflächen der Abschnitte der elektrischen Vorrichtung sind und wobei der Wagen (200) Führungselemente (214, 224) aufweist, welche angepasst sind, um die gegenüberliegenden Seiten von benachbarten Zähnen (37) zu berühren.
5. Verfahren der Erkennung von Defekten in einer elektrischen Vorrichtung mit einer Sonde nach Patentanspruch 1, umfassend die Schritte: Abstützung einer Sonde (100), die einen massiven Sondenkern (102) und eine Spule (104) aufweist, die mit dem Sondenkern (102) angeordnet wird, so dass Abtastabschnitte des Sondenkerns in einer kontaktfreien mit Abstand angeordneten Beziehung zwischen benachbarten Oberflächen von Elementen (37) aufrechterhalten werden, welche einen Teil der Vorrichtung (30) bilden und durch welche der Streufluss hindurchgeht; Hervorrufen der Erregung der Vorrichtung bis auf ein vorbestimmtes Niveau, welches kleiner als ein normales Betriebsniveau ist und somit Erzeugen des Streuflusses; Erkennung des Streuflusses, welcher unter Verwendung der Sonde zwischen gegenüberliegenden Oberflächen der Elemente (37) auftritt; Bewegung der Sonde (100) in eine neue Position bezüglich der gegenüberliegenden Oberflächen der Elemente (37) und Erkennung des Streuflusses in der neuen Position; und Überwachung der Schwankung des Ausgangssignals der Sonde und Erkennung eines Defektes als Antwort auf die Erkennung eines abnormalen Streuflusses.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei: der Schritt der Erregung durch Anordnung einer Erregerwicklung (31) auf einem vorbestimmten Abschnitt der elektrischen Vorrichtung (30) und durch Induzieren eines Flusses in einem Stromkreis, der durch eine Konstruktion der Vorrichtung definiert wird, durchgeführt wird; und der Schritt der Bewegung der Sonde (100) durch Abstützung der Sonde auf einem Wagen (200) und Bewegung der Sonde in eine neue Position durch Bewegen des Wagens längs einer Oberfläche der Elemente, die einen Teil der Vorrichtung bildet, durchgeführt wird.

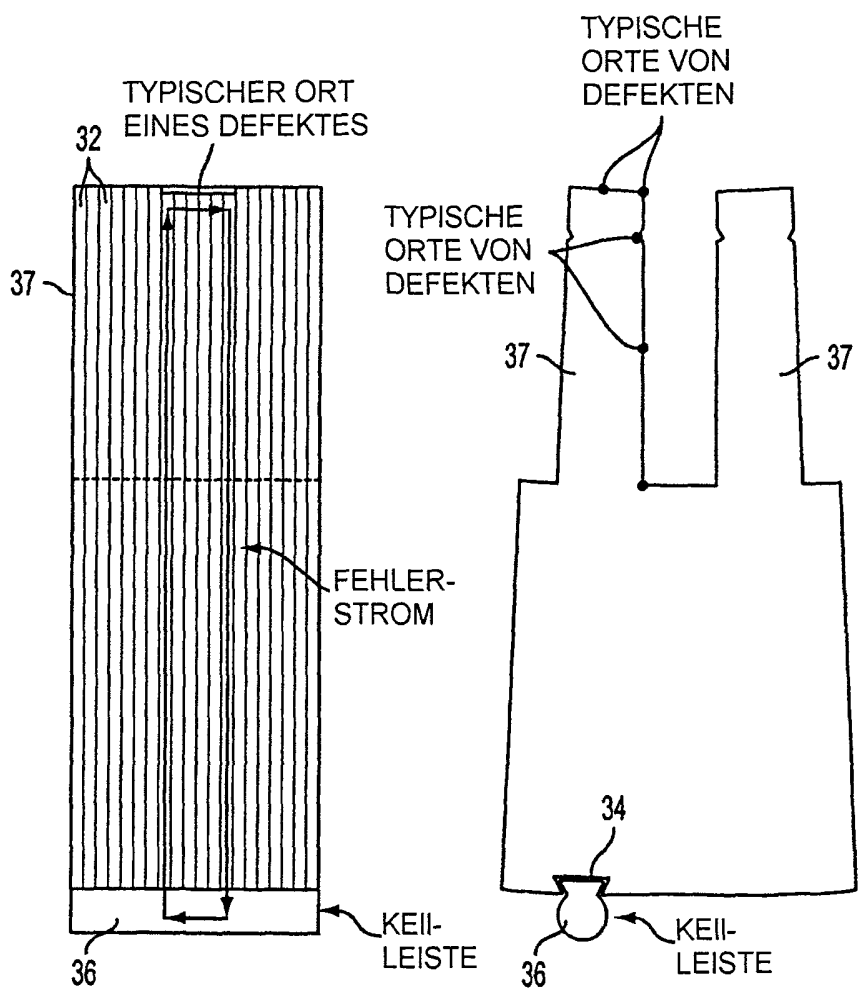


FIG. 2
(STAND DER TECHNIK)

FIG. 3
(STAND DER TECHNIK)

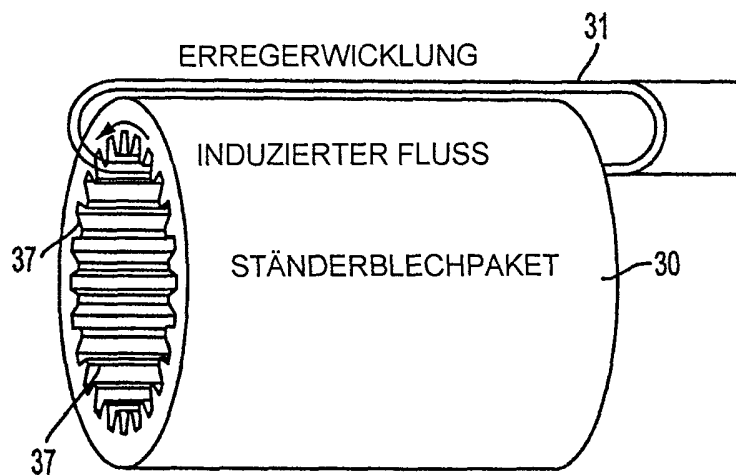


FIG. 1
(STAND DER TECHNIK)

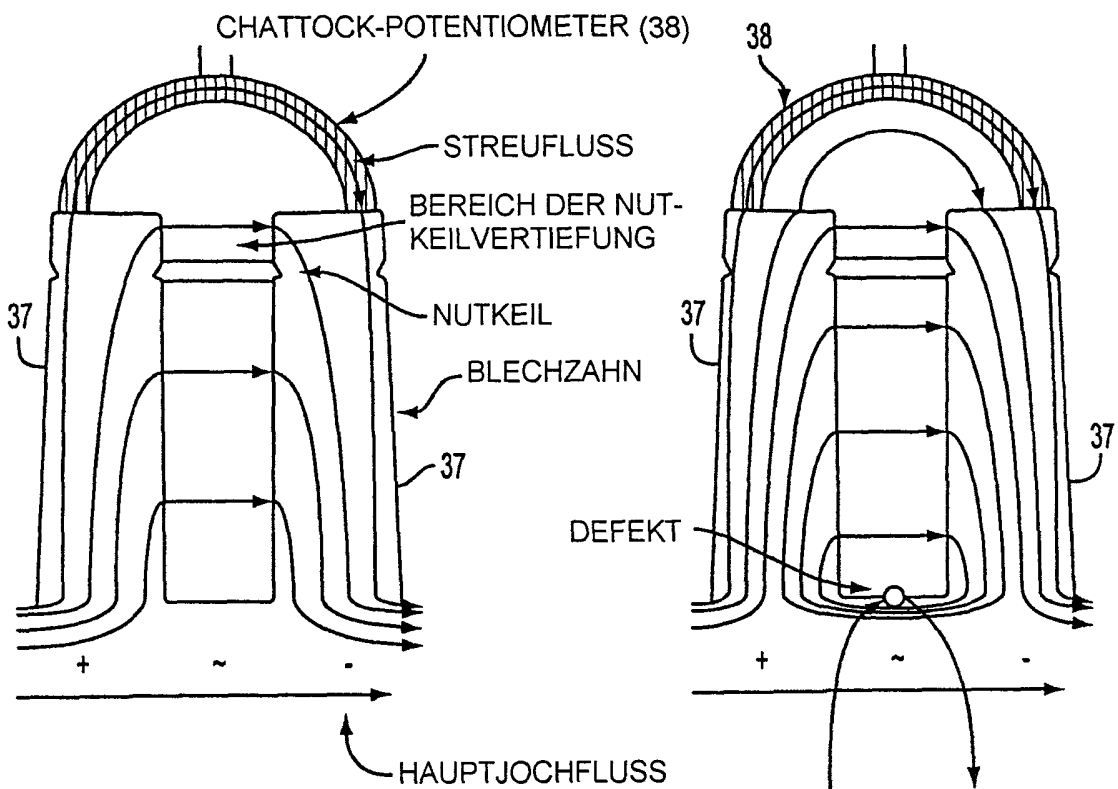


FIG. 4
(STAND DER TECHNIK)

FIG. 5
(STAND DER TECHNIK)

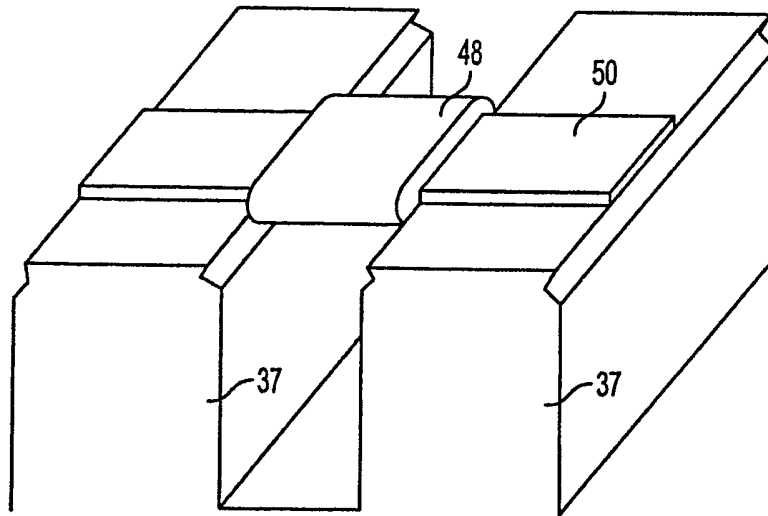


FIG. 6
(STAND DER TECHNIK)

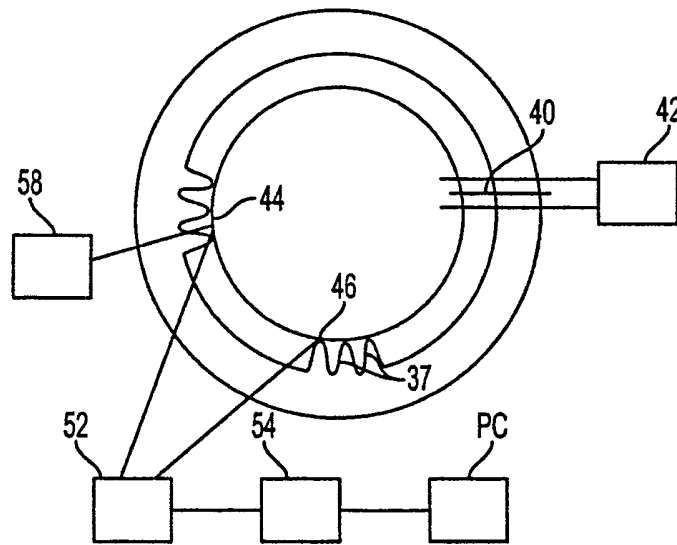


FIG. 7
(STAND DER TECHNIK)

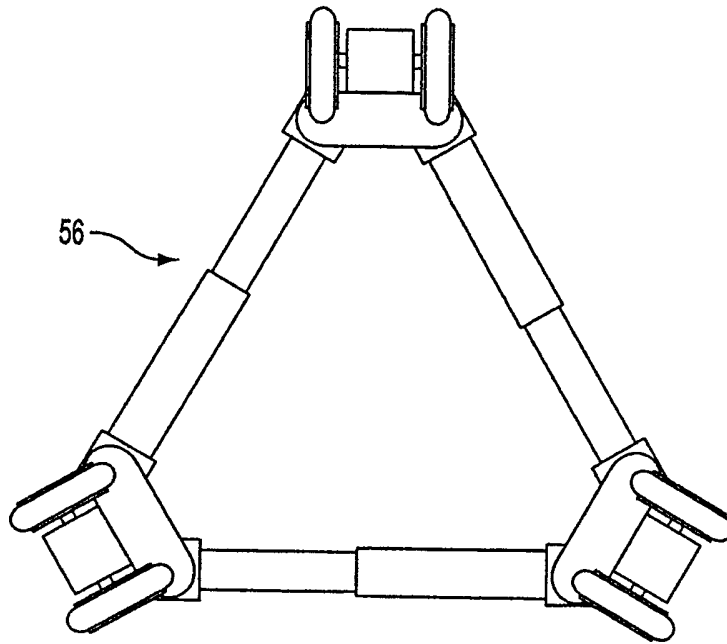


FIG. 8
(STAND DER TECHNIK)

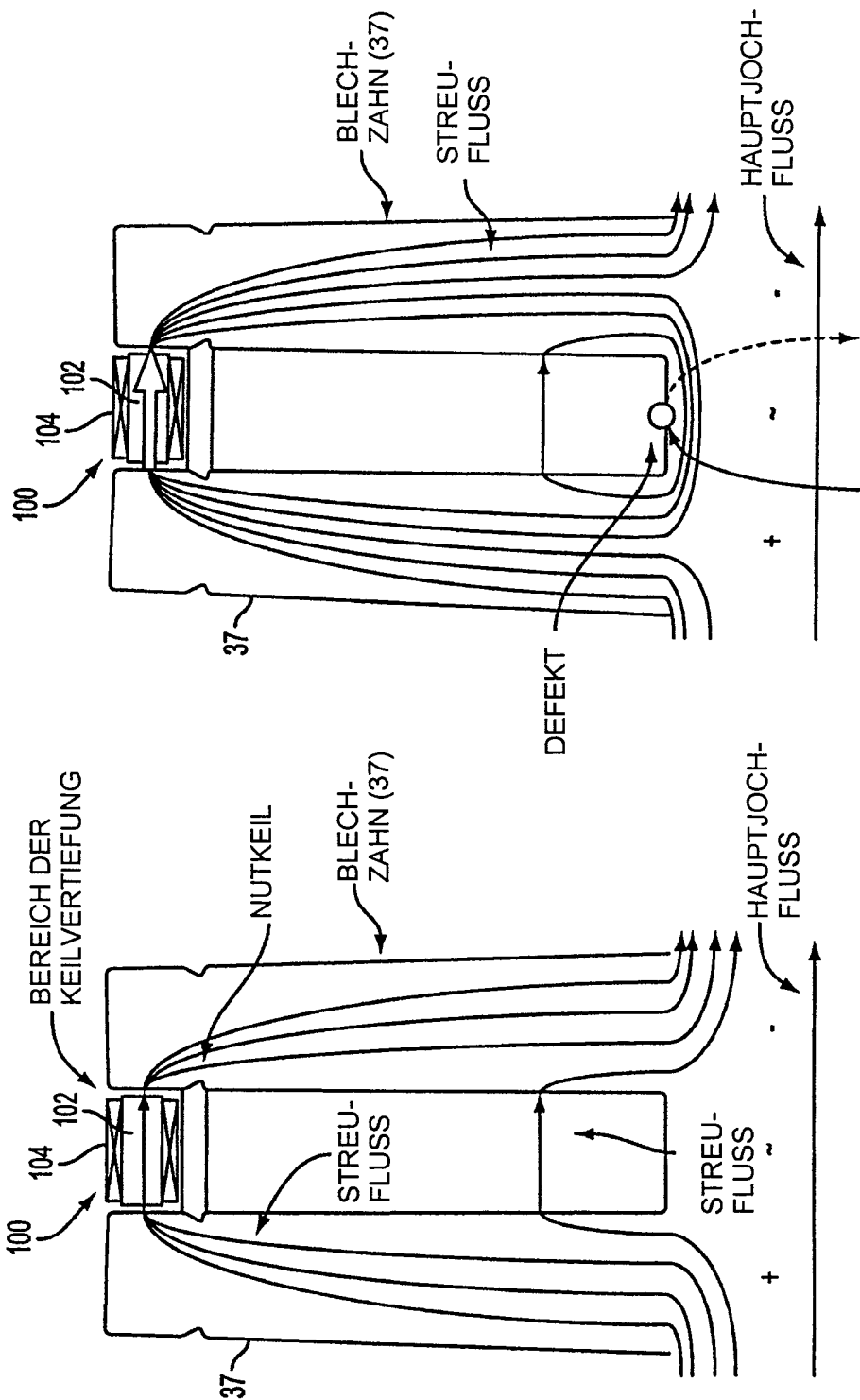


FIG. 10

FIG. 9

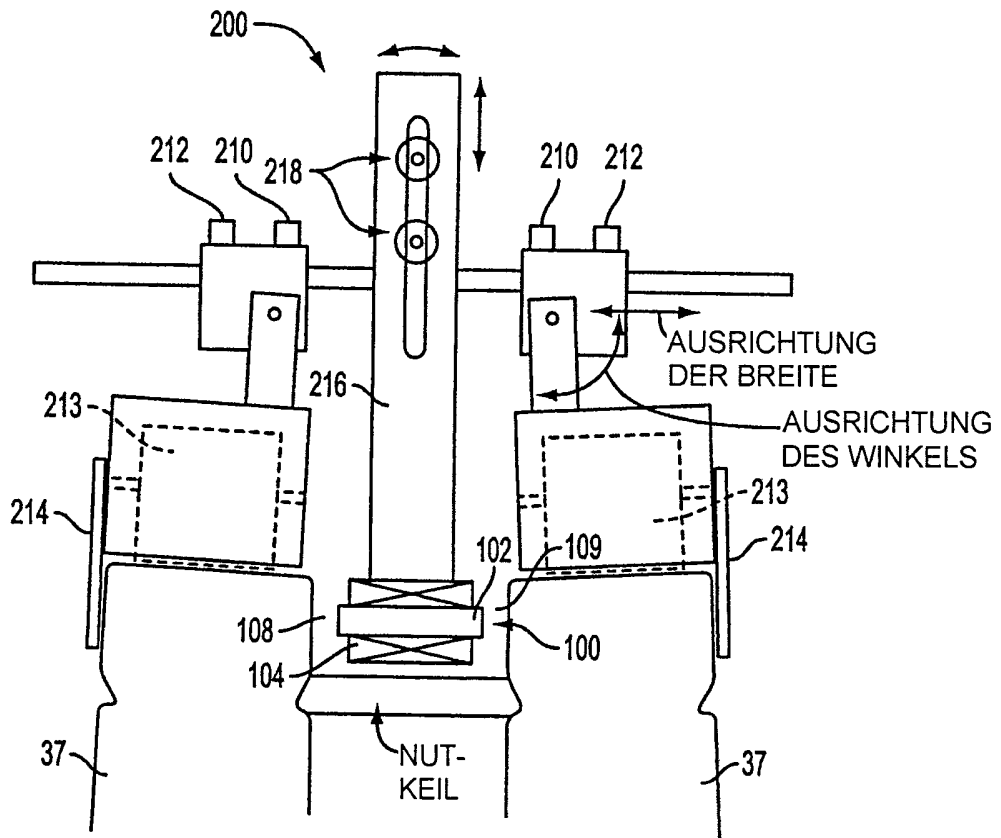


FIG. 11

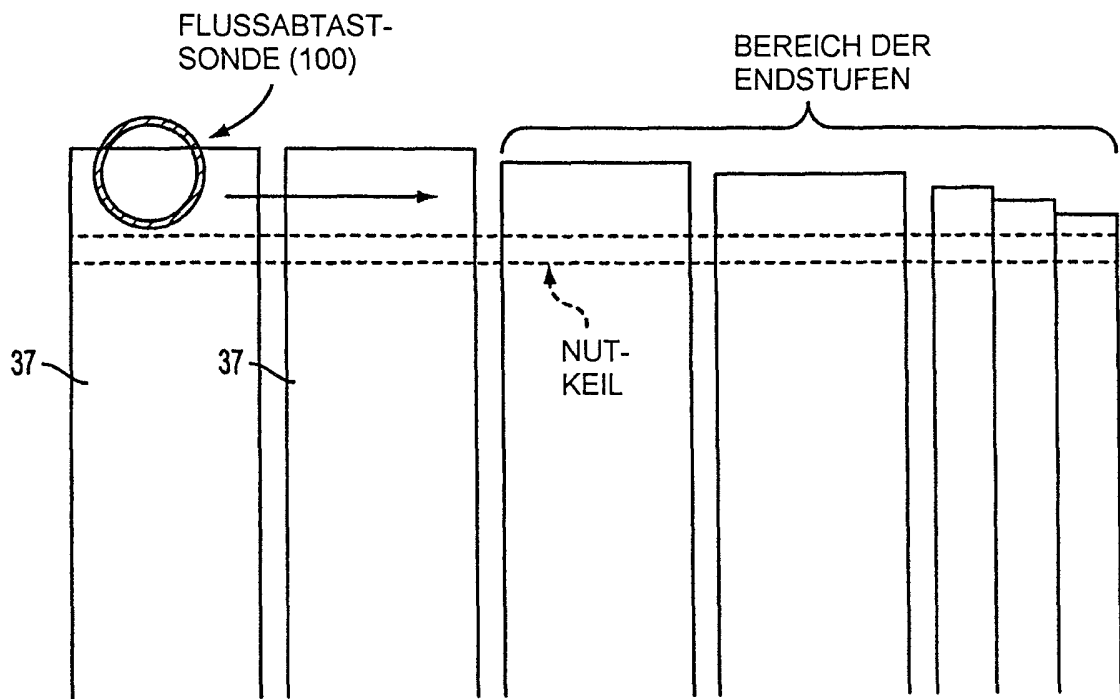


FIG. 12

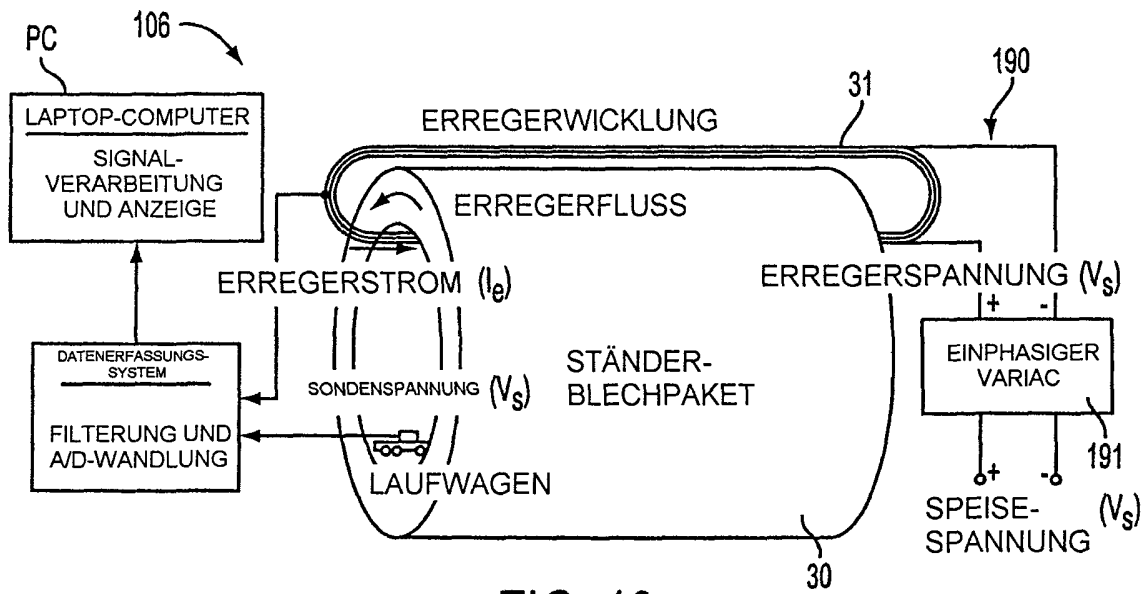


FIG. 13

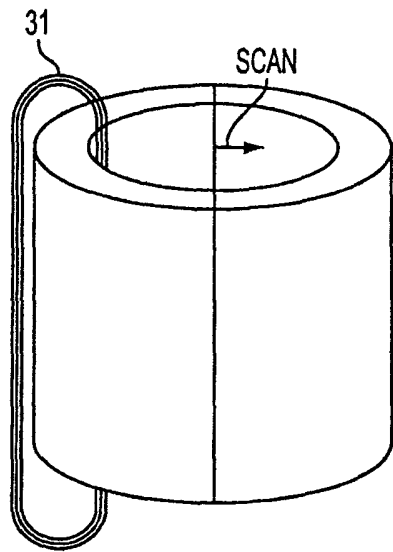


FIG. 14

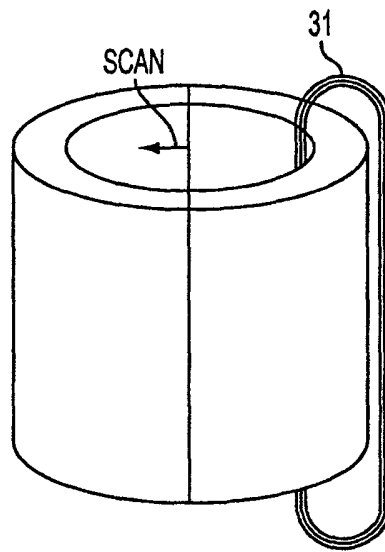


FIG. 15

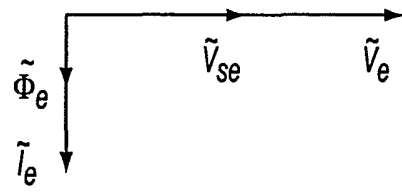


FIG. 16

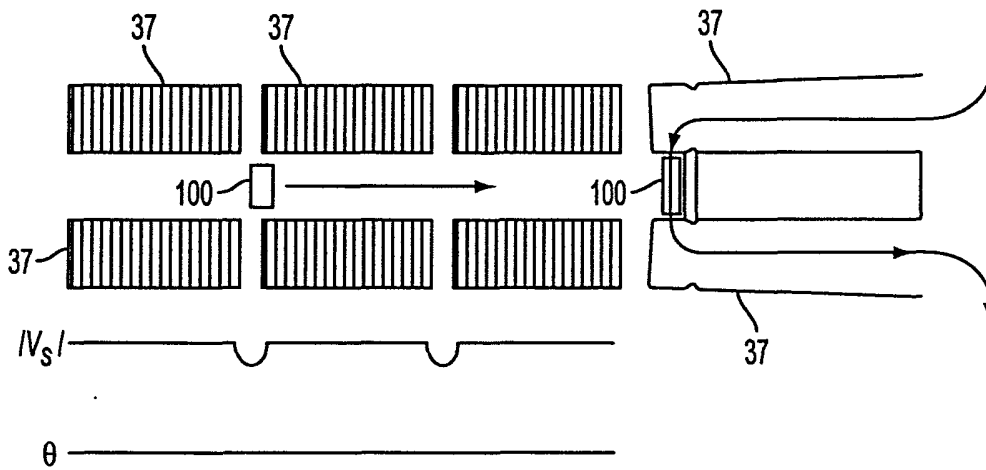


FIG. 17

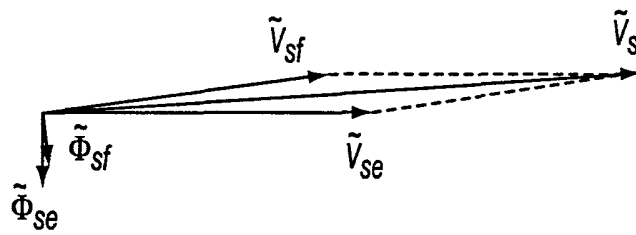


FIG. 18

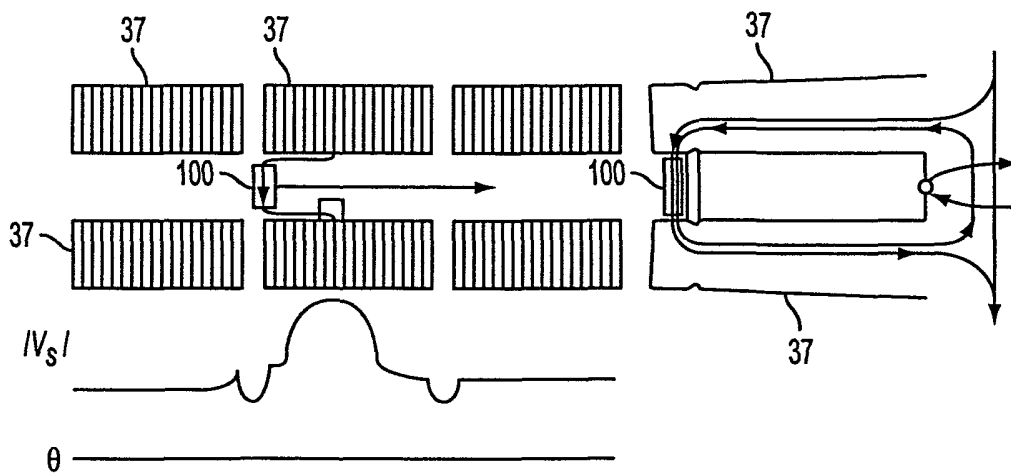


FIG. 19

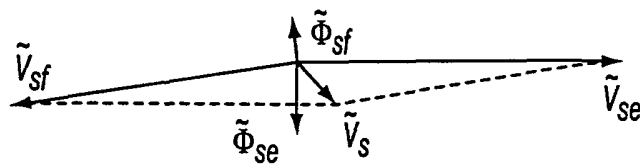


FIG. 20

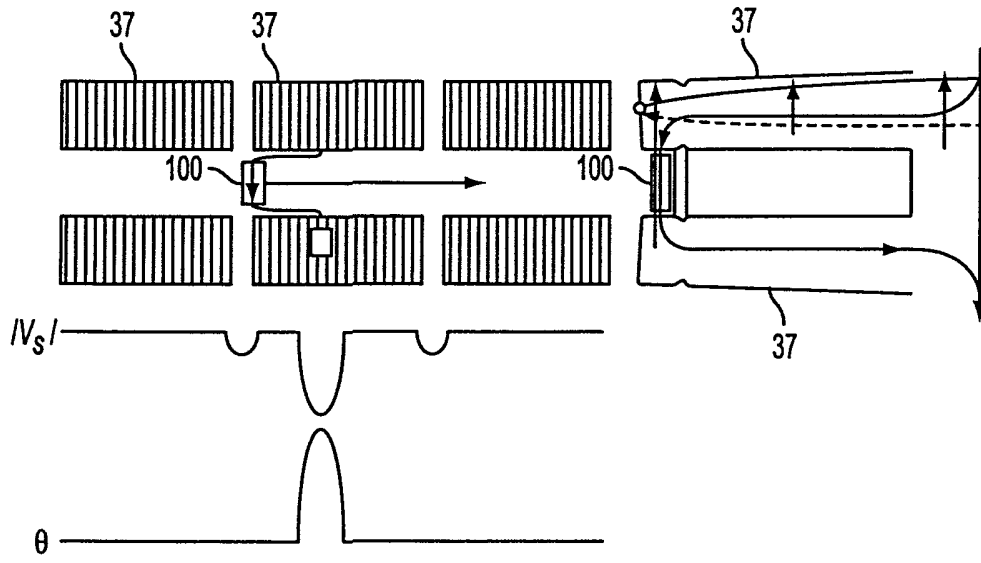


FIG. 21

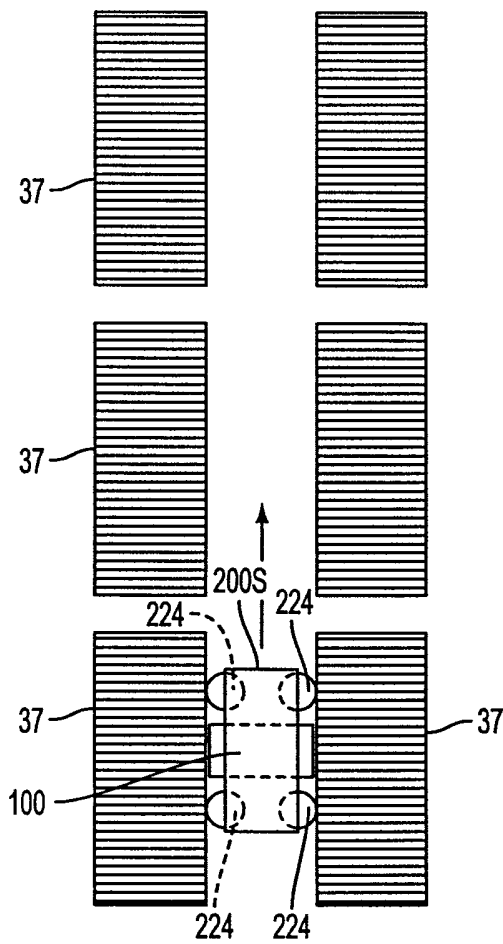


FIG. 22

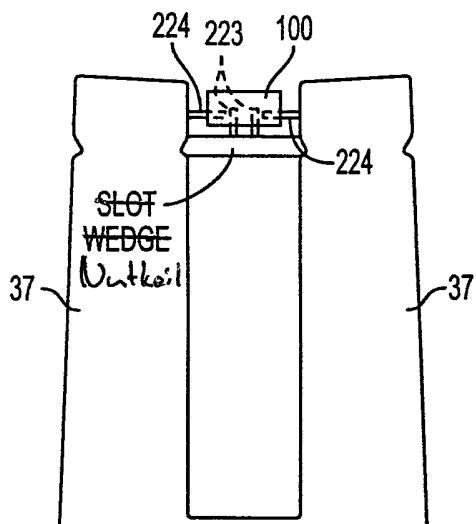


FIG. 23