



CH 684504 A5



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 684504 A5

(51) Int. Cl.⁵: G 01 R 15/02
G 01 R 19/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 233/92

(22) Anmeldungsdatum: 28.01.1992

(30) Priorität(en): 29.01.1991 JP 3-9201

(24) Patent erteilt: 30.09.1994

(45) Patentschrift
veröffentlicht: 30.09.1994

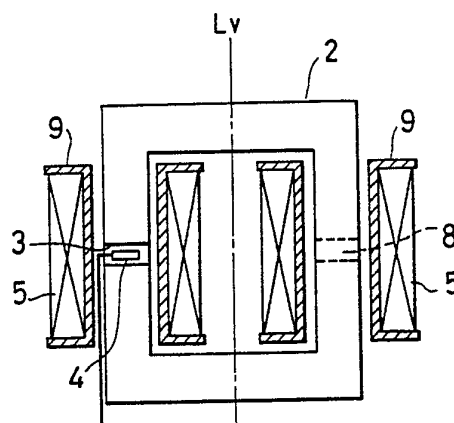
(73) Inhaber:
Asahi Kasei Electronics Co., Ltd, Tokyo (JP)

(72) Erfinder:
Naoi, Toshio, Machida-shi/Tokyo (JP)
Tajika, Katsuhiko, Nobeoka-shi/Miyazaki (JP)

(74) Vertreter:
Bovard AG, Bern 25

(54) Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes.

(57) Die Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes weist Hohlstellen (3 und 8) in einem schleifenförmigen Kern (2), eine Primärwicklung (1) und eine Sekundärwicklung (5) um den schleifenförmigen Kern (2) auf. Die Hohlstellen (3 und 8) weisen ununterbrochene Teile (7) im schleifenförmigen Kern (2) auf. Ein magneto-elektrischer Transducer (4) wie ein Halleffekt-Element ist in mindestens eine der Hohlstellen (3 und 8) eingefügt. Die Hohlstellen (3 und 8) und die Sekundärwicklungen (5) weisen die gleiche Dimension wie auch die gleiche Form auf und sind symmetrisch angeordnet, um die Dämpfungsschwingung und das Übertragungsrauschen des Sekundärstromes I_2 zu reduzieren. Der ununterbrochene Teil (7) verhindert einen Anstieg des magnetischen Widerstandes des Kernes (2). Die Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes weist gute Hochfrequenz-Ansprechenschaften auf und weist einen rechteckwellenförmig gepulsten grossen Strom mit grosser Geschwindigkeit und guter Wiedergabetreue nach.



CH 684504 A5

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes unter Verwendung eines magnetoelektrischen Transducers und im speziellen auf eine magnetisch kompensierte Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes unter Verwendung eines magneto-

elektrischen Transducers, wie z.B. ein Halleffekt-Element.
Ein Funktionsprinzip einer Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes des Typs einer magnetischen Waage unter Verwendung eines magnetoelektrischen Transducers, wie z.B. ein Halleffekt-Element, wird in bezug auf die Fig. 1 erläutert. Gemäss Fig. 1 wird ein magnetischer Fluss in einem schleifenförmigen Kern 2 durch einen Primärstrom I_1 erzeugt, welcher durch eine Primärwicklung oder einen Leiter 1 fliesst. Eine magnetische Flussdichte in einer Hohlstelle 3 wird durch einen magnetoelektrischen Transducer 4, wie z.B. ein Halleffekt-Element gemessen. Eine Ausgangsgrösse vom Transducer 4 wird einem Verstärker 6 zugeführt, welcher als Stromzuführungsquelle zu einer Sekundärwicklung 5 wirkt. D.h. ein Sekundärstrom I_2 wird von einer Stromzuführungsquelle 6 zur Sekundärwicklung 5 zugeführt, welche um den schleifenförmigen Kern 2 gewunden ist, so dass die magnetische Flussdichte im Kern 2 ausgeglichen wird, um eine magnetisch kompensierte Bedingung zu erzeugen. Unter der magnetisch kompensierten Bedingung kann der Primärstrom I_1 gemessen werden, indem der Sekundärstrom I_2 durch ein Amperemeter 12 gemessen wird, welches im Weg zwischen dem Verstärker 6 und der Sekundärwicklung 5 angeordnet ist, basierend auf einem Gesetz gleicher Amperewindungen, wo eine Grösse einer magnetischen Spannung auf einer Primärseite gleich derjenigen auf einer Sekundärseite bei einer magnetischen kompensierten Bedingung ist.

Da entweder ein Gleich- oder ein Wechselstrom durch diese Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes des Typs der magnetischen Waage in kontaktlosem Zustand und mit grosser Genauigkeit gemessen werden kann, wurde sie oftmals als Inverter-Steuersystem verwendet. Jedoch hat eine herkömmliche Vorrichtung den Nachteil, dass Hochfrequenzeigenschaften schlecht sind. Das bedeutet, dass sich die Messgenauigkeit bei hohen Frequenzen verschlechtert.

Speziell bei einem neueren Inverter-Steuersystem ist es erforderlich, eine Schaltgeschwindigkeit zu erhöhen, so dass eine Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes eines Gleichstrom/Wechselstrom-Typs mit guten Hochfrequenzeigenschaften notwendig ist. Wenn beispielsweise eine Rechteckwelle in Pulsbreiten-Modulationssteuerung (PWM) gemessen wird, tritt eine Ansprechverzögerung des Sekundärstromes I_2 , wie in Fig. 2 gezeigt auf, und die elektrische Strommess-Genauigkeit wird infolge der Wellenformverzerrung oder eines Spitzenwertfehlers verschlechtert. Dies wird verursacht durch die verschlechterten Hochfrequenzeigenschaften einer Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes, was zur Folge hat, dass hohe harmonische Teilschwingungen, welche in der Rechteckschwingung des Primärstromes I_1 enthalten sind, vom Sekundärstrom I_2 verschwinden.

Die oben erwähnte Ansprechverzögerung wurde untersucht und es wurde gefunden, dass das Ansprechen verzögert wird infolge eines erhöhten Verlustes an magnetischer Flussdichte, welcher durch einen erhöhten magnetischen Widerstand durch die Hohlstelle 3 des schlaufenförmigen Kerns 2 erzeugt wird. Aufgrund der obenerwähnten Tatsachen wurde die vorliegende Erfindung gemacht.

Bisher wurden verschiedene Vorschläge zur Verbesserung einer Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes gemacht. Aufgrund dieser Vorschläge konnte keine Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes mit genügender Wirksamkeit entwickelt werden.

Beispielsweise zeigen Fig. 3 bis 5 eine Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes, in welcher die magnetoelektrischen Transducer 4 entsprechend in den Spalten 3 angeordnet sind, welche verteilt im schlaufenförmigen Kern 2 vorhanden sind. Die Sekundärwicklungen 5 in Spulen 9 sind so angeordnet, dass sie diese Hohlstellen 3 umgeben. Diese Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes kann die Messgenauigkeit im Falle eines Gleichstromes oder eines Wechselstromes mit niedriger Frequenz verbessern und im speziellen einen Fehler verhindern, der von einer Änderung in der Form oder einer Stelle (z.B. eine Spitze oder eine Ecke innerhalb des schleifenförmigen Kerns oder ähnlichem) der Primärwicklung herrührt. Jedoch ist diese Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes nicht wirksam um die Hochfrequenzeigenschaften zu verbessern.

In einer Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes, wie in den Fig. 6 bis 8 gezeigt, wo der magnetoelektrische Transducer 4 in der Hohlstelle 3 eingebettet ist, der in einem Teil des Kerns 2 angeordnet ist, in einer Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes, welche Magnetkupplung zwischen der Primärwicklung und einem Kern ohne Spalt verwendet oder in einer Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes, wie in Fig. 9 gezeigt, wo ein Joch oder ein Schild 13 innerhalb der Sekundärwicklung 5 in der Spule 9 angeordnet ist, wird die Ansprechverzögerung verbessert.

Wenn jedoch der Primärstrom beträchtlich und schnell ändert, tritt eine gedämpfte Schwingung (Nachschwingen) auf, so dass die Ausregelzeit erhöht wird und entsprechend eine Störung der Wellenform oder ein Spitzenwertfehler auftritt.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes des Typs einer magnetischen Waage zu schaffen, welche einen grossen rechteckförmig gepulsten Strom, der durch eine Primärwicklung fliesst, mit hoher Geschwindigkeit und mit guter Wiedergabetreue nachweisen kann.

Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zum Nachweis eines elek-

trischen Stromes des Typs einer magnetischen Waage zu schaffen, welcher auch einen grossen rechteckwellenförmig gepulsten Strom, der durch die Primärwicklung fliesst, mit hoher Geschwindigkeit und mit guter Wiedergabetreue nachweisen kann, selbst im Fall, wenn beispielsweise ein grosser Strom von 100 A oder mehr nachgewiesen wird.

5 Gemäss einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst eine Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes

- einen aus ferromagnetischem Material gebildeten schleifenförmigen Kern;
- eine in den schleifenförmigen Kern eingeführte Primärwicklung;
- eine Mehrzahl von Hohlstellen in der Form von im Kern geformten leeren Räumen, wobei die Hohlstellen symmetrisch angeordnet sind und der schleifenförmige Kern durch die Hohlstellen nicht unterbrochen wird;
- eine Mehrzahl von Sekundärwicklungen, wobei die Sekundärwicklungen symmetrisch um den schleifenförmigen Kern angeordnet sind; und
- mindestens ein magnetoelektrischer Transducer, welcher in mindestens einer der Hohlstellen zum Nachweis eines Magnetfeldes in dieser mindestens einen Hohlstelle angeordnet ist.

15 Der schleifenförmige Kern kann eine laminierte Struktur mit einer Mehrzahl von laminierten ferromagnetischen Materialschichten aufweisen.

Der schleifenförmige Kern kann eine kreisförmige Ringform aufweisen.

Der schleifenförmige Kern kann eine ovale Ringform aufweisen.

20 Der magnetoelektrische Transducer kann ein Halleffekt-Element sein.

Der magnetoelektrische Transducer kann ein Magnetoresistenz-Element sein.

Gemäss einem zweiten Aspekt der Erfindung umfasst die Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes

- einen aus ferromagnetischem Material gebildeten schleifenförmigen Kern mit mindestens zwei Schenkelpaaren, von denen jedes zwei gegenüberliegende Schenkel aufweist, so dass eine Primärwicklung in eine durch mindestens zwei Schenkel gebildete Schleife eingeführt ist;
- eine gerade Anzahl von Hohlstellen in der Form von nichtunterbrochenen Schlitten, wobei je zwei der Hohlstellen in zwei gegenüberliegenden Schenkeln in symmetrischer Beziehung zueinander angeordnet sind und der schleifenförmige Kern durch den nichtunterbrochenen Schlitz nicht unterbrochen ist;
- eine gerade Anzahl von Sekundärwicklungen, wobei je zwei der Sekundärwicklungen um zwei gegenüberliegende Schenkel in einer symmetrischen Beziehung zueinander gewunden sind; und
- mindestens ein magnetoelektrischer Transducer, welcher in mindestens einer der Hohlstellen zum Nachweis eines Magnetfeldes in mindestens einem Spalt angeordnet ist.

35 Der schleifenförmige Kern kann eine laminierte Struktur mit einer Mehrzahl von laminierten ferromagnetischen Materialschichten aufweisen.

Der schleifenförmige Kern kann eine Polygon-Schleife mit einer geraden Nummer von Ecken sein.

Der schleifenförmige Kern kann eine quadratische Schleife sein.

Die polygonförmige Schleife kann eine rechteckförmige Schleife sein.

Jeder der Schenkel kann eine Sekundärwicklung aufweisen.

40 Jeder der Schenkel kann mindestens zwei Sekundärwicklungen aufweisen.

Der magnetoelektrische Transducer kann ein Halleffekt-Element sein.

Der magnetoelektrische Transducer kann ein Magnetoresistenz-Element sein.

Die oben erwähnten und andere Gegenstände, Effekte, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen derselben in Verbindung mit der beiliegenden Zeichnung erläutert.

45 Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht eines Beispiels des Grundaufbaus einer herkömmlichen Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes;

Fig. 2 zeigt Eingangs- und Ausgangssignal-Wellenformen, welche durch eine Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes gemäss Fig. 1 erfasst werden;

50 Fig. 3 zeigt eine Vorderansicht eines anderen Beispiels eines Aufbaues des Standes der Technik oder ein vergleichendes Beispiel 1 zur vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 zeigt einen Querschnitt der linken Seite des vergleichenden Beispiels 1 gemäss Fig. 3;

Fig. 5 zeigt einen Querschnitt der rechten Seite des vergleichenden Beispiels 1 gemäss Fig. 3;

55 Fig. 6 zeigt eine Frontansicht eines weiteren Beispiels eines Aufbaues des Standes der Technik oder ein vergleichendes Beispiel 4 zur vorliegenden Erfindung;

Fig. 7 zeigt einen Querschnitt der linken Seite des vergleichenden Beispiels 4 gemäss Fig. 6;

Fig. 8 zeigt einen Querschnitt der rechten Seite eines vergleichenden Beispiels 4 gemäss Fig. 6;

Fig. 9 zeigt einen Querschnitt eines anderen Beispiels eines Aufbaues gemäss des Standes der Technik;

60 Fig. 10 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Ausführungsbeispiels eines schleifenförmigen Kernes, welcher in einer Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes gemäss der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 11 zeigt eine perspektivische Ansicht eines anderen Ausführungsbeispiels eines schleifenförmigen Kernes, welcher in einer Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes gemäss der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

- Fig. 12 zeigt eine Vorderansicht des Ausführungsbeispiels 1 der vorliegenden Erfindung;
 Fig. 13 zeigt einen Querschnitt der linken Seite des Ausführungsbeispiels 1 gemäss Fig. 12;
 Fig. 14 zeigt einen Querschnitt der rechten Seite des Ausführungsbeispiels 1 gemäss Fig. 12;
 Fig. 15 zeigt eine Vorderansicht des Ausführungsbeispiels 2 gemäss der vorliegenden Erfindung;
 5 Fig. 16 zeigt einen Querschnitt der linken Seite des Ausführungsbeispiels 2 gemäss Fig. 15;
 Fig. 17 zeigt einen Querschnitt der rechten Seite des Ausführungsbeispiels 2 gemäss Fig. 15;
 Fig. 18 zeigt eine Vorderansicht des Ausführungsbeispiels 3 der vorliegenden Erfindung;
 Fig. 19 zeigt einen Querschnitt der linken Seite des Ausführungsbeispiels 3 gemäss Fig. 18;
 Fig. 20 zeigt einen Querschnitt der rechten Seite des Ausführungsbeispiels 3 gemäss Fig. 18;
 10 Fig. 21 zeigt eine Vorderansicht eines anderen Ausführungsbeispiels eines Aufbaues gemäss dem Stand der Technik oder eines vergleichenden Beispiels 2 zur vorliegenden Erfindung;
 Fig. 22 zeigt einen Querschnitt der linken Seite des vergleichenden Beispiels gemäss Fig. 21;
 Fig. 23 zeigt einen Querschnitt der rechten Seite des vergleichenden Beispiels 2 gemäss Fig. 21;
 Fig. 24 zeigt eine Vorderansicht eines anderen Ausführungsbeispiels eines Aufbaues des Standes
 15 der Technik eines vergleichenden Beispiels 3 zur vorliegenden Erfindung;
 Fig. 25 zeigt einen Querschnitt der linken Seite des vergleichenden Beispiels 3 gemäss Fig. 24;
 Fig. 26 zeigt einen Querschnitt der rechten Seite des vergleichenden Beispiels 3 gemäss Fig. 24;
 Fig. 27 zeigt primäre und sekundäre elektrische Stromwellenformen des Ausführungsbeispiels 1 gemäss der vorliegenden Erfindung;
 20 Fig. 28 zeigt primäre und sekundäre elektrische Stromwellenformen des Ausführungsbeispiels 2 gemäss der vorliegenden Erfindung;
 Fig. 29 zeigt primäre und sekundäre elektrische Stromwellenformen des Ausführungsbeispiels 3 gemäss der vorliegenden Erfindung;
 Fig. 30 zeigt primäre und sekundäre elektrische Stromwellenformen des vergleichenden Beispiels 1
 25 zur vorliegenden Erfindung;
 Fig. 31 zeigt primäre und sekundäre elektrische Stromwellenformen des vergleichenden Beispiels 2 zur vorliegenden Erfindung;
 Fig. 32 zeigt primäre und sekundäre elektrische Stromwellenformen des vergleichenden Beispiels 3 zur vorliegenden Erfindung;
 30 Fig. 33 zeigt primäre und sekundäre elektrische Stromwellenformen des vergleichenden Beispiels 4 zur vorliegenden Erfindung;
 Fig. 34 zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel des schleifenförmigen Kernes gemäss der vorliegenden Erfindung;
 Fig. 35, 36, 37 und 38 zeigen vier Ausführungsbeispiele der vier Spalten gemäss der vorliegenden
 35 Erfindung; und
 Fig. 39 und 40 zeigen zwei Ausführungsbeispiele bei einer ringähnlichen Form des schleifenförmigen Kernes.

40 Bezüglich der vorliegenden Erfindung wurde erkannt, dass ein Verlust der magnetischen Flussdichte die Hochfrequenzeigenschaften verschlechtert und die Ansprechgeschwindigkeit erniedrigt. Angesichts dieser Tatsachen wurde versucht, den magnetischen Widerstand des schleifenförmigen Kernes zu erniedrigen. Da es jedoch notwendig ist, dass der schleifenförmige Kern einen Luftspalt aufweist, in welchen ein magnetoelektrischer Transducer, wie z.B. ein Halleffekt-Element eingeführt wird, wird der magnetische Widerstand unvermeidlich erhöht.

45 Eine Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes gemäss der vorliegenden Erfindung ist so aufgebaut, dass der magnetische Widerstand des schleifenförmigen Kernes, welcher einen geschlossenen magnetischen Kreis bildet, nicht erhöht wird, selbst wenn ein magnetoelektrischer Transducer in einen Teil oder eine Hohlstelle des schleifenförmigen Kernes eingeführt wird.

50 Verschieden von einer herkömmlichen Vorrichtung gemäss Fig. 8 sind in einer Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes entsprechend der vorliegenden Erfindung eine Mehrzahl von Hohlstellen 3 oder 8 vorgesehen, welche den schleifenförmigen Kern 2 nicht völlig unterbrechen und die Hohlstellen 3 und 8 sind als Schlitz ausgebildet, so dass kontinuierliche Teile 7 im schleifenförmigen Kern verbleiben. In dieser Ausführung wird eine Ansprechgeschwindigkeit, d.h. eine Zeitperiode, die benötigt wird, damit der Sekundärstrom I_2 90% eines vorbestimmten Wertes erreicht, gesenkt und
 55 Hochfrequenz-Ansprecheigenschaften verbessert werden. Bei dieser Ausführungsform mit einem Luftspalt in der Form eines nichtunterbrochenen Schlitzes treten eine Dämpfungsschwingung und ein Übertragungsspitzenrausch auf.

Entsprechend der vorliegenden Erfindung wurde, um das oben erwähnte Problem der Dämpfungsschwingung und des Übertragungsspitzenrauschens infolge der hohen Ansprechgeschwindigkeit zu vermeiden, aufgrund von Experimenten eine Lösung gefunden, welche nachstehend beschrieben wird.
 60 Wenn gemäss den Fig. 6 bis 8 eine Lage der Primärwicklung zwischen einer Stelle eines zentralen Teils des schleifenförmigen Kernes 2 und einer anderen Stelle als der zentrale Teil geändert wird, wurde festgestellt, dass eine Ausregelzeit einer Dämpfungsschwingung oder einer Zeitperiode, welche benötigt wird, damit der sekundäre elektrische Strom I_2 95% oder 105% eines vorbestimmten Wertes erreicht,
 65 entsprechend den oben erwähnten Stellen variiert wird. Als Resultat wurde festgestellt, dass die Dämpf-

fungsschwingung auftritt, wenn eine Verteilung einer effektiven magnetischen Flussdichte des Kernes, verursacht durch die Primärwicklung und die Sekundärwicklungen lokal abweicht und nicht gleichförmig ist.

Es wurde festgestellt, dass der Grund, warum der Magnetfluss nicht gleichförmig im schleifenförmigen Kern verteilt ist, von einem lokalen Streuverlust des Magnetflusses herrührt. Aufgrund dieser Tatsache werden zweite Mittel zur Lösung des Problems zusätzlich zum schleifenförmigen Kern vorgesehen, welche als vollständig geschlossener magnetischer Kreis ausgebildet sind. D.h., dass konzentrierte konstante Komponenten, wie mindestens ein Paar Hohlstellen, mindestens ein Paar Sekundärwicklungen oder ähnliches, symmetrisch im geschlossenen magnetischen Kreis in bezug auf den Mittelpunkt des geschlossenen magnetischen Kreises angeordnet sind.

Durch die vorliegende Erfindung wird eine Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes geschaffen, welche einen schleifenförmigen, aus ferromagnetischem Material gebildeten Kern, eine in eine Schleife eingefügte Primärwicklung, eine Mehrzahl von Hohlstellen in der Form von nichtunterbrochenen Schlitten, wobei die genannten Spalten in symmetrischer Beziehung zueinander angeordnet sind, der schleifenförmige Kern nicht durch den nichtunterbrochenen Schlitz unterbrochen wird, eine Mehrzahl von Sekundärwicklungen, wobei je zwei der Sekundärwicklungen um den genannten schleifenförmigen Kern in symmetrischer Beziehung zueinander gewickelt sind und mindestens einen magnetoelektrischen Transducer, welcher in mindestens einer der Hohlstellen zum Nachweis eines Magnetfeldes in mindestens einer Hohlstelle angeordnet ist, umfasst.

Der Ausdruck «symmetrische Beziehung» muss in einem breiten Sinne interpretiert werden und schliesst alle radialen und diagonalen Lagen der genannten Spalten wie auch der Sekundärwicklungen ein.

Der Ausdruck «Symmetrie» bedeutet Symmetrie der Terme der magnetoelektrischen Koeffizienten des magnetischen Kreises. Beispielsweise sind konzentrierte konstante Komponenten, wie Hohlstellen, Sekundärwicklungen und ähnliches symmetrisch in bezug auf eine Linie angeordnet, welche in einer Ebene definiert ist, welche die Mittelpunkte der Dicke aller Schenkel des Kernes oder einen Mittelpunkt umfasst, welcher als Schnittpunkt zwischen zwei Mittellinien definiert ist, wobei jede als Mittellinie eines Paares von gegenüberliegenden Schenkeln definiert ist. Alternativ kann der geschleifte Kern eine ring-ähnliche Form aufweisen, um die Symmetrie zu erfüllen. Dabei sind die Hohlstellen und die Sekundärwicklungen in der oben definierten symmetrischen Beziehung angeordnet.

Fig. 10 zeigt ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, bei welchem die Hohlstellen 3 und 8 symmetrisch in bezug auf eine horizontale oder vertikale Mittellinie L_V oder L_H angeordnet sind, welche in einer Ebene definiert ist, welche die Mittelpunkte der Dicke der vier Schenkel 2A, 2B, 2C und 2D des Kernes 2 umfasst. Fig. 11 zeigt ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, bei welchem die Hohlstellen 3 und 8 in der Form von nichtunterbrochenen Schlitten symmetrisch in bezug auf einen Mittelpunkt angeordnet sind, welcher als Schnittpunkt P_C zwischen den vertikalen und horizontalen Mittellinien L_V und L_H definiert ist. In den Fig. 10 und 11 bezeichnet das Bezugszeichen 7 einen ununterbrochenen Teil des schleifenförmigen Kernes 2. Weiterhin ist gemäss den Fig. 10 und 11 der Kern 2 so geformt, dass er symmetrisch in bezug auf die vertikale oder horizontale Mittellinie L_V oder L_H des Mittelpunktes P_C ist.

Entsprechend der vorliegenden Erfindung sind die Hohlstellen 3 und 8 so im Kern 2 ausgebildet, dass dieser einen ununterbrochenen Teil 7 aufweist, um den schleifenförmigen Kern nicht zu unterbrechen. Der magnetoelektrische Transducer 4 ist in mindestens eine der Hohlstellen 3 und 8 eingefügt, wobei es gleichzeitig erforderlich ist, dass die symmetrisch zur Hohlstelle 3 angeordnete andere Hohlstelle 8 dieselben konzentrierten konstanten magnetoelektrischen Koeffizienten aufweisen.

Der schleifenförmige Kern ist aus ferromagnetischem Material gebildet, beispielsweise durch Laminierung von ferromagnetischen Materialschichten und weist mindestens zwei Schenkelpaare 2A und 2C und 2B und 2D auf, wobei jedes Paar zwei gegenüberliegende Schenkel 2A und 2C und 2B und 2D aufweist. Der primäre Leiter kann in eine Schleife eingeführt sein, welche durch mindestens zwei Schenkelpaare 2A und 2C und 2B und 2D gebildet wird. Die Schleife kann quadratisch oder rechteckförmig sein. Die laminierte Schicht ist aus Schichten hergestellt, welche durch Walzen von Material hoher Permeabilität gebildet werden.

Es ist eine gerade Anzahl von Hohlstellen in Form von Schlitten vorgesehen. Je zwei der Hohlstellen sind in zwei gegenüberliegenden Schenkeln 2A und 2C und 2B und 2D in einem Paar in symmetrischer Beziehung zueinander angeordnet. Entsprechend ist eine gerade Anzahl von Sekundärwicklungen vorgesehen. Je zwei der Sekundärwicklungen sind um zwei gegenüberliegende Schenkel 2A und 2C und 2B und 2D in einem Paar in symmetrischer Beziehung zueinander gewunden.

Mindestens ein magnetoelektrischer Transducer, wie beispielsweise ein Halleffekt-Element oder ein Magnetoresistenz-Element ist im Spalt zum Nachweis eines Magnetfeldes angeordnet.

Hier ist der Transducer 4 in der Hohlstelle 3 angeordnet, wogegen im Spalt 8 kein Transducer 4 angeordnet ist. Es können jedoch in beiden Hohlstellen 3 und 8 Transducer 4 angeordnet sein.

Im weiteren können die gleichen magnetoelektrischen Koeffizienten durch die gleichen Dimensionen oder Formen im Falle der Hohlstelle und den gleichen Durchmesser eines gewickelten Leiters oder der gleichen Wicklungszahl im Fall der Sekundärwicklung realisiert werden. Dies ist ein einfacher Weg, um die gleichen magnetoelektrischen Koeffizienten im allgemeinen zu bestimmen. In bezug auf die Symmetrie

des Kernes 2, die Sekundärwicklungen 5 und die Hohlstellen 3 und 8, bezieht sich jedoch die Symmetrie nicht nur auf geometrische Lagen und Formen, sondern auch auf magnetoelektrische Koeffizienten.

Gemäss der vorliegenden Erfindung in bezug auf Fig. 10 und 11 ist der schleifenförmige Kern 2 durch rechteckförmiges Laminieren von zwei oder drei Teilen von im wesentlichen rechteckförmigen, schleifenförmigen Kernschichten mit ganz umfassenden oder teilweise unterbrochenen Schenkeln und Kernschichten, von denen jede einen Schenkel aufweist, welcher einen Teil einer solchen rechteckförmig geschleiften Kernschicht bildet, in solcher Weise aufgebaut, dass die Hohlstellen 3 und 8 und der ununterbrochene Teil 7 gebildet werden. Beispielsweise werden fünfzehn Schichten von Permalloy, von denen jede 0,2 mm dick ist und einen Schenkel aufweist, welcher 3 oder 5 mm breit ist, laminiert, um den Kern 2 zu bilden. Die Hohlstellen 3 und 8 werden durch Laminierung von acht Permalloyschichten gebildet, wobei der ununterbrochene Teil 7 durch Laminierung von sieben Permalloyschichten gebildet wird. Wenn die Permalloyschicht die oben erwähnten Dimensionen oder die oben erwähnte Dicke und Breite aufweist, wurde ein Ansprechen mit hoher Geschwindigkeit erzielt, wenn der ununterbrochene Teil 7 drei oder mehr Permalloyschichten aufweist.

Die Sekundärwicklungen 5 sind symmetrisch verteilt um den schleifenförmigen Kern 2 in solcher Weise angeordnet, dass die Sekundärwicklungen 5 in einer Mehrzahl von (höchstens vier) Spulen 9 untergebracht sind. Die Anzahl der Wicklungen der Sekundärwicklung 5 beträgt total 2500 Wicklungen pro Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes. Die Sekundärwicklungen 5 können in Serie oder parallel geschaltet sein.

Spezielle Ausführungsformen werden nachfolgend mit Bezug auf die Fig. 12 bis 26 beschrieben, wobei die Stromversorgung nicht dargestellt ist. In den Ausführungsbeispielen wurde ein durch einen Verbindungshalbleiter, wie beispielsweise InSb gebildetes Halleffekt-Element als magnetoelektrischer Transducer 4 verwendet. Vorzugsweise wird das in den Schlitz 8 des schleifenförmigen Kernes 2 eingebettete Halleffekt-Element 4 so nah als möglich an eine Randfläche des schleifenförmigen Kernes 2 angefügt oder geklebt.

Weiterhin sind in den Fig. 10 und 11 und den Fig. 12 bis 26 die in den schleifenförmigen Kern 2 eingefügte Primärwicklung oder der Leiter 1 ausgelassen, um die Erläuterung der verschiedenen Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung zu vereinfachen.

Ausführung 1

Die Fig. 12 bis 14 zeigen eine Ausführung 1 der vorliegenden Erfindung. In der Ausführung 1 sind die zwei Sekundärwicklungen 5 so gewickelt, dass die Hohlstellen 3 und 8 davon umwickelt sind. In diesem Ausführungsbeispiel sind die Hohlstellen 3 und 8 des geschlauchten Kernes 2 und die zwei Wicklungen 5 bezüglich der vertikalen Mittellinie L_v symmetrisch zueinander angeordnet. Mit anderen Worten sind die Hohlstellen 3 und 8 und die entsprechenden Wicklungen einander gegenüberliegend in bzw. um den sich gegenüberliegenden Schenkeln des mehrrecksigen Kernes 2 angeordnet.

Ausführung 2

Die Fig. 15 bis 17 zeigen eine Ausführung 2 der vorliegenden Erfindung. In der Ausführung 2 sind je zwei Paare von Sekundärwicklungen 5A und 5B, 5C und 5D in den vier Wickelkörpern 9 so angeordnet, dass die Hohlstelle 3 vom einen Paar der Wicklungen 5A und 5B umwunden ist und dass die Hohlstelle 8 vom anderen Paar der Wicklungen 5C und 5D umwunden ist. In diesem Ausführungsbeispiel sind die Hohlstellen 3 und 8 des geschlauchten Kernes 2 und die vier Wicklungen 5A bis 5D mit Bezug auf die vertikale Mittellinie L_v symmetrisch angeordnet. Die Wickelkörper 9 sind bei der horizontalen Mittellinie L_H in einen senkrecht übereinanderstehenden oberen und unteren Teil unterteilt. Dadurch ist es möglich, dass die Anschlussdrähte des Halleffekt-Elementes 4 leicht an eine Spannungsquelle angeschlossen werden können. Die zwei Wickelkörper 9 auf der anderen Seite des geschlauchten Kernes 2 haben die gleiche Form und sind bezüglich der horizontalen Mittellinie L_H ebenfalls in je einen oberen und unteren, übereinanderstehenden Teil unterteilt.

Ausführung 3

Die Fig. 18 bis 20 zeigen eine Ausführung 3 der vorliegenden Erfindung. In dieser Ausführung 3 sind, ungleich zu den Ausführungen 1 und 2, die Sekundärwicklungen 5 um die horizontalen Schenkel anstelle um die vertikalen Schenkel gewunden und sind bezüglich der horizontalen Mittellinie L_H symmetrisch angeordnet, während die Hohlstellen 3 und 8 symmetrisch zur vertikalen Mittellinie L_v gelegen sind. In diesem Ausführungsbeispiel sind die Hohlstellen 3 und 8 nicht von Wicklungen 5 umwunden.

Im folgenden werden spezifische Grössen der Ausführungen erklärt.

1) Ferromagnetischer geschlauchter Kern 2:

(1) Permalloy oder ähnliches Material, welches eine Permeabilität μ von 100 000 oder mehr aufweist und eine Dicke von 0,5 mm oder weniger hat, wird verwendet.

(2) Der gestapelte Kern hat eine Breite von 3 mm oder mehr und die Gesamtheit der aufeinandergehäuften Lamellen des Kernes hat eine Dicke von 3 mm oder mehr.

5 2) Sekundärwicklung 5:

(1) Ein mit einer Isolationsschicht versehener Leiter mit einem Durchmesser von 0,1 mm oder mehr, wird verwendet.

10 (2) Die Anzahl Wicklungen der Sekundärwicklung 5 ist so festgelegt, dass der elektrische Sekundärstrom I_2 entsprechend dem umgesetzten Wert des primären elektrischen Stromes I_1 200 mA oder weniger ist.

(3) In der Ausführung 2 ist jeder Abstand zwischen den zwei Wicklungen 5A und 5B bzw. 5C und 5D gleich oder kleiner als der maximale Durchmesser eines Querschnittes des Kernes 2.

15 (4) Das Induktivitätsverhältnis zwischen den zwei Sekundärwicklungen 5, die einander gegenüberliegend um den Kern 2 angeordnet sind, beträgt 1,0, wobei Fehler von plus oder minus 0,1 im allgemeinen akzeptierbar zu sein scheinen.

3) Luftspalten 3 und 8:

20 (1) Der Abstand zwischen einer Oberflächenkante der Hohlstellen 3 oder 8 im Kern 2 und der Oberfläche des magnetoelektrischen Wandlers 4 ist klein und vorzugsweise so gestaltet, dass die oben genannten zwei Oberflächen je mit einem Schutzfilm oder einem gegossenen Harz in Kontakt sind.

25 (2) In der Hohlstelle 3, in welcher der magnetoelektrische Wandler 4 angeordnet ist, ist die totale Hohlstellenlänge der nichtmagnetischen Hohlstelle oder des Schlitzes 0,5 mm oder weniger.

(3) Die Querschnittsfläche des nichtunterbrochenen Bereiches 7 des Kernes 2, der an die Hohlstellen 3 oder 8 angrenzt, umfasst 20% bis 80% der ganzen Kernquerschnittsfläche.

30 4) Magnetoelektrischer Wandler 4:

(1) Ein Halleffekt-Element als Halbleiterbauelement oder ein magnetisches Widerstandselement als ferromagnetische oder auf Halbleiterbasis beruhende Dünnschichtschaltung wird verwendet.

35 (2) Obschon magnetoelektrische Wandler 4 in beiden Luftspalten 3 und 8 des Kernes 2 untergebracht werden können, reicht es aus, wenn lediglich ein magnetoelektrischer Wandler 4 in einer der beiden Hohlstellen 3 bzw. 8 untergebracht ist.

40 Um die Betriebswirksamkeit, die von den drei Ausführungen erhalten worden ist, auszuwerten, sind die folgenden Vergleichsbeispiele gebildet worden, derart, dass die Betriebswirksamkeiten der vorliegenden Ausführungen mit denjenigen Ausführungen, die zum Stand der Technik gehören, verglichen werden können.

Vergleichsbeispiel 1

45 Die Fig. 3 bis 5 zeigen ein Vergleichsbeispiel 1 zur vorliegenden Erfindung. Im Vergleichsbeispiel 1 ist im Gegensatz zur Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung keine Hohlstelle mit einem kontinuierlich verlaufenden Teil vorhanden, sondern die Hohlstellen durchtrennen den Kern vollständig. Die Struktur des Vergleichsbeispiels 1 ist mit Ausnahme der Hohlstelle 3 die gleiche wie die Struktur der Ausführungsform 1, die in den Fig. 12 bis 14 gezeigt ist.

50 Vergleichsbeispiel 2

55 Die Fig. 21 bis 23 zeigen ein Vergleichsbeispiel 2 zur vorliegenden Erfindung. Im Vergleichsbeispiel 2 ist im Gegensatz zur Ausführungsform 2 der vorliegenden Erfindung keine Hohlstelle, die einen kontinuierlich verlaufenden Teil hat vorhanden, sondern die Hohlstellen durchtrennen den Eisenkern vollständig. Die Struktur des Vergleichsbeispiels 2 ist mit Ausnahme der Hohlstelle 3 gleich wie die Struktur der Ausführungsform 2, die in den Fig. 15 bis 17 gezeigt ist.

Vergleichsbeispiel 3

60 Die Fig. 24 bis 26 zeigen ein Vergleichsbeispiel 3 zur vorliegenden Erfindung. Im Vergleichsbeispiel 3 sind im Gegensatz zur Ausführungsform 3 der vorliegenden Erfindung keine Hohlstellen vorhanden, welche einen kontinuierlich verlaufenden Nebenschluss aufweisen, sondern die Hohlstellen durchtrennen allesamt den Kern vollständig. Die Struktur des Vergleichsbeispiels 3 ist mit Ausnahme der Luftspalten gleich zur Struktur der Ausführungsform 3, die in den Fig. 18 bis 20 gezeigt ist.

65

Vergleichsbeispiel 4

Die Fig. 6 bis 8 zeigen ein Vergleichsbeispiel 4 zur vorliegenden Erfindung. Im Vergleichsbeispiel 4 hat der Luftspalt 3 einen kontinuierlich verlaufenden Teil, ist so geformt, dass der geschlaufte Kern 2 nicht vollständig durchgetrennt ist und beherbergt den Wandler 4.

Es ist hier jedoch nur eine Hohlstelle 3 vorhanden. Zu dieser Hohlstelle 3 ist keine symmetrisch angeordnete weitere Hohlstelle vorgesehen. Zudem ist die Sekundärwicklung 5 lokal angeordnet und keine weitere Sekundärwicklung 5 symmetrisch zu dieser Sekundärwicklung 5 vorgesehen.

Die Tabelle 1 zeigt vergleichsweise die verschiedenen Wirksamkeiten der erfindungsgemässen Ausführungsformen mit den Vergleichsbeispielen:

TABELLE 1

Beispiele für Wirksamkeiten	Ansprechzeit (µs)	Ausregelzeit (µs)	Ansprechrauschbreite (µs)	Ansprechrauschspitzenwert (%)
Ausführungsform 1	0	0	0	0
Ausführungsform 2	0	0	0	0
Ausführungsform 3	0	0	0	0
Vergleichsbeispiel 1	1	8	0	0
Vergleichsbeispiel 2	1	1	1	67
Vergleichsbeispiel 3	1	1	1	30
Vergleichsbeispiel 4	3	5	1	20

Bei einem rechteckförmigen Wellenzug, bei dem ein elektrischer Primärstrom I1 mit einem Gleichstrom von 200 A fliesst, wird der elektrische Sekundärstrom I2 mit einem Zweikanaloszilloskop gemessen.

Die Fig. 27 bis 33 zeigen Wellenzüge des elektrischen Primärstromes I1 und Wellenzüge des elektrischen Sekundärstromes I2. Die obigen, in der Tabelle 1 enthaltenen Daten sind von diesen Wellenzügen erhalten worden. Die Fig. 27, 28 und 29 zeigen Wellenzugsbeispiele der Ausführungsformen 1, 2 und 3 der vorliegenden Erfindung. Die Fig. 30, 31, 32 und 33 zeigen Wellenzugsbeispiele der Vergleichsbeispiele 1, 2, 3 und 4 gegenüber der vorliegenden Erfindung. In diesen Wellenzugsdiagrammen ist auf der Abszisse der Zeitmassstab aufgetragen; ein Teilstrich auf der Skala entspricht 5 µs.

Wenn die Anzahl Windungen der Primärwicklung N1 und die Anzahl Windungen der Sekundärwicklung N2 ist, dann wird $I_2 = (N_1 / N_2) \cdot I_1$ aus der Gleichung $I_1 \cdot N_1 = I_2 \cdot N_2$ entsprechend dem Gesetz gleicher Ampere-Wicklungen erhalten. Im obigen Fall, wo $N_1 = 1$, $N_2 = 2500$ und $I_1 = 200$ A ist, wird für I2 ein Strom von 80 mA erhalten. D.h., der Sekundärstrom I2 ist rechteckförmig und hat einen Spitzenwert von 80 mA. Die obigen experimentell bestimmten Resultate zusammenfassend, können die folgenden Schlüsse gezogen werden:

(1) Wie die Resultate der Vergleichsbeispiele 1 bis 4 zeigen, stellt das zum Stand der Technik gehörende Gerät einen grossen, rechteckförmigen Impuls, der mit einer grossen Geschwindigkeit und einer guten Formtreue durch die Primärwicklung fliesst, nicht fest. Die Ansprechzeit wird wegen einer Ansprechverzögerung erhöht. Die Ausregelzeit wird wegen einer Schwingungsdämpfung erhöht. Ein Spitzenwert wird wegen einem Einschwingspitzengeräusch übermässig gross oder klein.

(2) Wie aus den Resultaten der Ausführungsformen 1 bis 3 ersichtlich ist, zeigt ein erfindungsgemässes Gerät zum Nachweisen eines elektrischen Stromes eine gute Frequenzgangcharakteristik, so dass ein grosser Stromimpuls mit grosser Geschwindigkeit und guter Formtreue nachgewiesen werden kann.

(3) In dem in den Fig. 3 bis 5 gezeigten, zum Stand der Technik gehörenden Gerät (Vergleichsbeispiel 1) wird verlangt, dass eine Mehrzahl von Hohlstellen 3 und eine Mehrzahl von magnetoelektrischen Wandlern 4 auf dem geschlaufenen Kern 2 angeordnet sind, um einen Fehler, der durch einen Wechsel des Ortes oder der Form der Primärwicklung hervorgerufen würde, zu vermeiden. Gemäss der vorliegenden Erfindung reicht ein einziger magnetoelektrischer Wandler 4 aus, um die Frequenzgangcharakteristik zu verbessern, obgleich mehrere Wandler 4 in den Hohlstellen 3 und 8 untergebracht sein können.

(4) Weil der geschlaufte Kern 2 der vorliegenden Erfindung beispielsweise durch Aufschichten von ferromagnetischen Materialtafeln gleicher Form gebildet werden kann, wie dies der Aufbau der Fig. 11 zeigt, kann der Kern 2 vorteilhafterweise auf leichte Art und Weise und mit einer kleiner Anzahl von Einzelteilen zusammengestellt werden.

(5) Beim konventionellen geschlaufenen Kern, bei dem die Hohlstelle 3 den Kern oder den magnetischen Fluss vollständig unterbricht, sind getrennte zusätzliche Mittel zum Befestigen einer Kantenfläche des geschlaufenen Kernes 2 bei der Hohlstelle 3 vorgesehen, um zu erreichen, dass eine sichtbare Empfindlichkeit des magnetoelektrischen Wandlers 4 nicht verkleinert wird wegen einer Zunahme des Spalt- raumes oder dass der magnetoelektrische Wandler 4 nicht verschlechtert oder zerstört wird wegen ei-

ner Abnahme des Spaltraumes. Demgegenüber ist der geschlaufte Kern der vorliegenden Erfindung mit dem kontinuierlich verlaufenden Teil 7 bei den Hohlstellen 3 und 8 versehen, so dass es nicht notwendig ist, getrennt die vorgenannten Mittel einzuführen, solange die aufgeschichteten ferromagnetischen Materialtafeln miteinander durch Bonden (Punktschweissen) oder Schweissen verbunden sind. Auf diese Weise sind mit der vorliegenden Erfindung die vorgenannten Probleme gelöst.

Im weiteren hat der kontinuierlich verlaufende Teil 7 des geschlaufenen Kernes der vorliegenden Erfindung auch die Aufgabe, die Mittelachsen des magnetischen Kreises des Kernes 2 und der Hohlstellen 3 und 8 zu fixieren, um dadurch ein Unausgerichtetsein der Mittelachse zu verhindern. Mit anderen Worten wird das Unausgerichtetsein des magnetischen Kreises infolge des kontinuierlich verlaufenden Teiles 7, der während dem Aufeinanderschichten der ferromagnetischen Materialtafeln als Fixiermittel wirkt, verhindert. Als Folge davon wird mit der vorliegenden Erfindung ein Gerät zum Wahrnehmen eines elektrischen Stromes mit hoher Zuverlässigkeit erhalten. Beispielsweise wird eine gute Wirksamkeit während einer langen Zeitperiode aufrechterhalten.

(6) Beim konventionellen Aufbau, wie er in der Fig. 3 gezeigt ist, ist es notwendig, die Anschlüsse des magnetoelektrischen Wandlers 4 innerhalb der Sekundärwicklung 5 zu biegen, damit die Anschlussdrähte nach aussen ragen. Demgegenüber ist es bei der vorliegenden Erfindung leicht, den magnetoelektrischen Wandler 4 in der Hohlstelle 3 zu befestigen, und die Anschlussdrähte des Wandlers 4, wie in den Fig. 15 bis 20 gezeigt, anzuschliessen. Dadurch werden Schwachpunkte, wie der Bruch eines Anschlussdrahtes, eines Kurzschlusses längs der Anschlussdrähte oder ähnliches beseitigt und die Zuverlässigkeit eines Gerätes zum Wahrnehmen eines elektrischen Stromes erhöht.

Verschiedene Modifikationen der oben beschriebenen Ausführungsformen sind in den Fig. 34 bis 40 gezeigt.

Die Fig. 34 und 35 zeigen einen Kern 2 mit einer sechseckigen bzw. mit einer achteckigen Form.

In der Fig. 34 ist ein Paar von Sekundärwicklungen 5 um die zwei gegenüberliegenden Schenkel des Kernes gewunden. In der Fig. 35 sind zwei Paare von Sekundärwicklungen 5 um zwei Paare von zwei einander gegenüberliegende Schenkeln gewunden.

Die Fig. 36 bis 38 zeigen Ausführungsformen mit zwei Paaren von Hohlstellen 3 und 8, die einander gegenüberliegend angeordnet sind. In der Fig. 36 ist nur ein Paar von Sekundärwicklungen 5 um einander gegenüberliegende Schenkel des Kernes, welche die Hohlstellen 3 und 8 aufweisen, gewunden. In der Fig. 37 sind zwei Paare von Sekundärwicklungen 5 um zwei Paare von einander gegenüberliegenden Schenkeln des Kernes mit je den Hohlstellen 3 und 8 gewunden. In der Fig. 38 sind die in der Fig. 37 gezeigten Sekundärwicklungen in vier Paare von zwei Wicklungen 5A und 5B, 5C und 5D, 5E und 5F und 5G und 5H aufgeteilt, und die Hohlstellen 3 und 8 sind je zwischen den entsprechenden Paaren der zwei Wicklungen 5A und 5B, 5C und 5D, 5E und 5F und 5G und 5H angeordnet.

Die Fig. 39 zeigt eine Ausführungsform mit drei Luftspalten, die bezüglich einem Mittelpunkt eines kreisringförmigen Kernes 2 radial und einen gleichen Winkel zueinander einschliessend, längs auf dem kreisringförmigen Kern 2 angeordnet sind. In dieser Ausführungsform sind die Sekundärwicklungen 5 um die entsprechenden Hohlstellen 3 gewickelt. Im weiteren ist vorgesehen, dass bei einem kreisringförmigen Kern 2 eine gerade oder eine ungerade Anzahl von Hohlstellen 3 und Sekundärwicklungen 5 angeordnet werden können.

Die Fig. 40 zeigt eine Ausführungsform bei der der geschlaufte Kern 2 eine ovale Ringform aufweist. Die zwei Hohlstellen 3 und die zwei Hohlstellen 8 sind je einander gegenüberliegend angeordnet. Die Sekundärwicklungen 5 sind um die Hohlstellen 3 und 8 gewunden.

Die vorliegende Erfindung ist mit Bezug auf bevorzugte Ausführungsformen ausführlich beschrieben worden, jedoch ist aus dem vorgängig Gesagten mit Bezug zum Stand der Technik veranschaulicht, dass Änderungen und Anpassungen gemacht werden können, ohne die Erfindung in ihrem breiteren Umfeld zu verlassen, welche Erfindung in den angefügten Ansprüchen derart gekennzeichnet ist, um alle solchen Änderungen und Anpassungen, welche innerhalb des wahren Geistes der Erfindung liegen, zu umfassen.

Patentansprüche

1. Magnetisch kompensierte Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes, gekennzeichnet durch

- einen aus ferromagnetischem Material gebildeten schleifenförmigen Kern (2) in der Form eines völlig geschlossenen magnetischen Kreises der wenigstens zwei Hohlstellen (3, 8) aufweist;
- eine als Leiter in den schleifenförmigen Kern eingeführte Primärwicklung, in welcher ein zu messender Primärstrom durchfliesst, um einen magnetischen Fluss in dem genannten schleifenförmigen Kern zu erzeugen;
- mindestens ein magnetoelektrischer Transducer (4), der in mindestens einer der genannten Hohlstellen angeordnet ist zur Erzeugung eines Ausgangssignals entsprechend dem genannten magnetischen Fluss,
- mindestens zwei Sekundärwicklungen (5), die um den schleifenförmigen Kern (2) gewickelt sind, die von einem Sekundärstrom gespeist werden, entsprechend dem genannten Signal zum Aufheben des genannten magnetischen Flusses, so dass der genannte Primärstrom nachgewiesen wird;

– wobei die wenigstens zwei Hohlstellen (3, 8) und die wenigstens zwei Sekundärwicklungen (5) jeweils symmetrisch zueinander im schleifenförmigen Kern (2) angeordnet sind, um eine gleichförmige Verteilung des magnetischen Flusses im schleifenförmigen Kern zu erzielen.

2. Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der schleifenförmige Kern (2) eine laminierte Struktur mit einer Mehrzahl von laminierten ferromagnetischen Materialschichten aufweist.

3. Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der schleifenförmige Kern (2) eine kreisförmige Ringform aufweist.

4. Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der schleifenförmige Kern (2) eine polygonale Form mit wenigstens einem Paar gegenüberliegender Schenkel aufweist und die wenigstens zwei Hohlstellen (3, 8) sowie die wenigstens zwei Sekundärwicklungen (5) jeweils symmetrisch zueinander in bzw. an den gegenüberliegenden Schenkeln ausgebildet sind.

5. Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der magnetoelektrische Transducer (4) ein Halleffekt-Element ist.

6. Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der magnetoelektrische Transducer (4) ein Magnetoresistenz-Element ist.

7. Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes nach einem der vorangehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

– der schleifenförmige Kern mindestens zwei Schenkelpaare umfasst, von denen jedes zwei gegenüberliegende Schenkel aufweist, so dass die Primärwicklung in eine durch mindestens zwei Schenkel gebildete Schleife eingeführt ist,

– eine gerade Anzahl von Hohlstellen in der Form von nichtunterbrochenen Schlitzten vorhanden ist, wobei je zwei der Hohlstellen in zwei gegenüberliegenden Schenkeln in symmetrischer Beziehung zueinander angeordnet sind, wobei der schleifenförmige Kern durch den nichtunterbrochenen Schlitz nicht unterbrochen ist;

– eine gerade Anzahl von Sekundärwicklungen vorhanden ist, wobei je zwei der Sekundärwicklungen um zwei gegenüberliegende Schenkel in einer symmetrischen Beziehung zueinander gewickelt sind.

8. Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes nach Patentanspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der schleifenförmige Kern eine laminierte Struktur mit einer Mehrzahl von laminierten ferromagnetischen Materialschichten aufweist.

9. Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes nach Patentanspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der schleifenförmige Kern eine Polygon-Schleife mit einer geraden Nummer von Ecken ist.

10. Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes nach Patentanspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der schleifenförmige Kern eine quadratische Schleife ist.

11. Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes nach Patentanspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die polygonförmige Schleife eine rechteckförmige Schleife ist.

12. Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes nach Patentanspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der Schenkel eine Sekundärwicklung aufweist.

13. Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes nach Patentanspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der Schenkel mindestens zwei Sekundärwicklungen aufweist.

14. Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes nach Patentanspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der magnetoelektrische Transducer ein Halleffekt-Element ist.

15. Vorrichtung zum Nachweis eines elektrischen Stromes nach Patentanspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der magnetoelektrische Transducer ein Magnetoresistenz-Element ist.

16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Hohlstellen (3, 8) axialsymmetrisch in bezug auf eine Linie (LV, LH) sind, die in einer den Kern (2) in halber Höhe in seiner Dickenrichtung durchsetzenden Schnittebene liegt und zwei diametral gegenüberliegende Punkte des Kernes schneidet.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Hohlstellen (3, 8) zentralsymmetrisch in bezug auf einen Punkt sind, der den Schnittpunkt zweier zueinander senkrechter Linien (LH, LV) bildet, welche in einer den Kern (2) in halber Höhe in seiner Dickenrichtung durchsetzenden Schnittebene liegen und jeweils zwei diametral gegenüberliegende Punkte des Kernes (2) schneiden.

18. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sekundärwicklungen (59) axialsymmetrisch in bezug auf eine Linie (LV, LH) sind, die in einer den Kern (2) in halber Höhe in seiner Dickenrichtung durchsetzenden Schnittebene liegt und zwei diametral gegenüberliegende Punkte des Kernes schneidet.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Sekundärwicklungen (5) zentralsymmetrisch in bezug auf einen Punkt sind, der den Schnittpunkt zweier zueinander senkrechter Linien (LH, LV) bildet, welche in einer den Kern (2) in halber Höhe in seiner Dickenrichtung durchsetzenden Schnittebene liegen und jeweils zwei diametral gegenüberliegende Punkte des Kernes (2) schneiden.

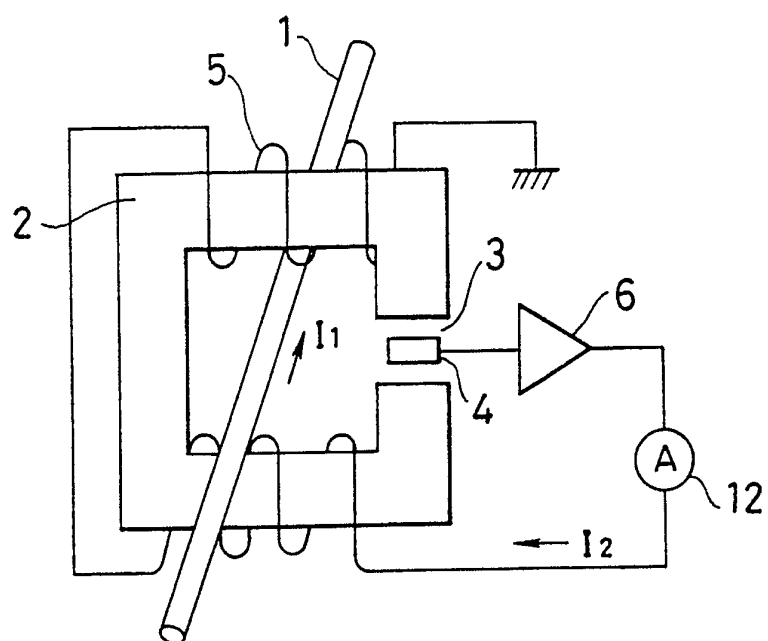


FIG. 1

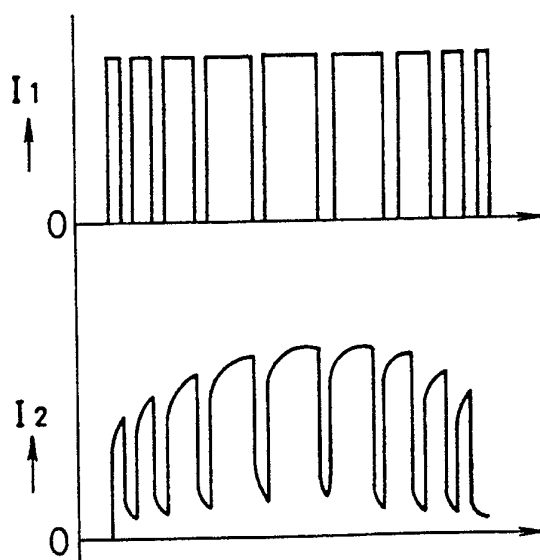


FIG. 2

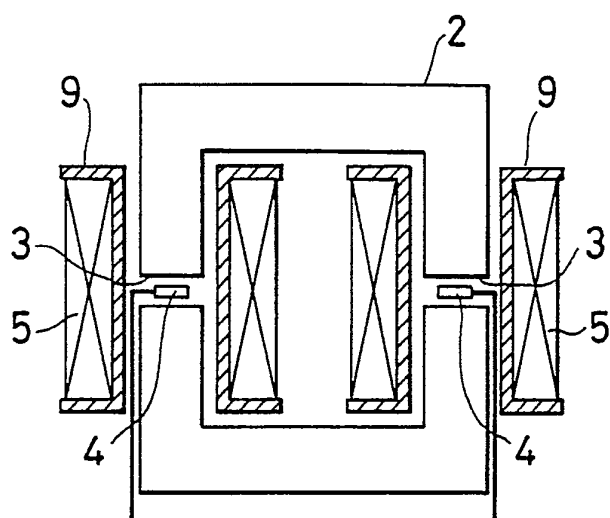


FIG. 3

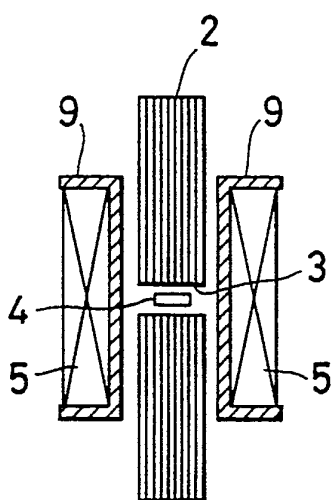


FIG. 4

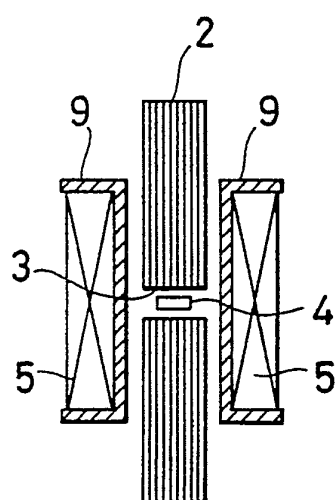


FIG. 5

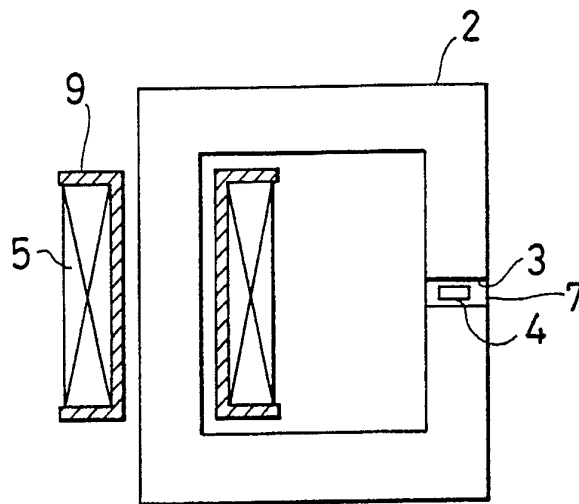


FIG. 6

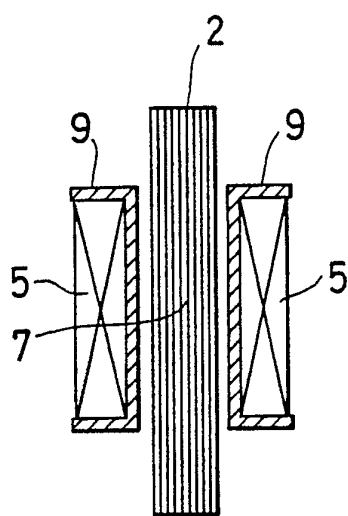


FIG. 7

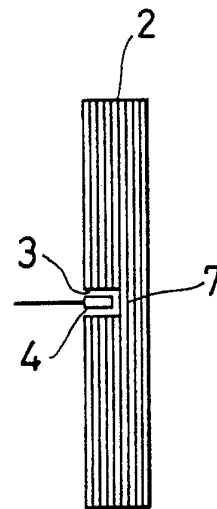


FIG. 8

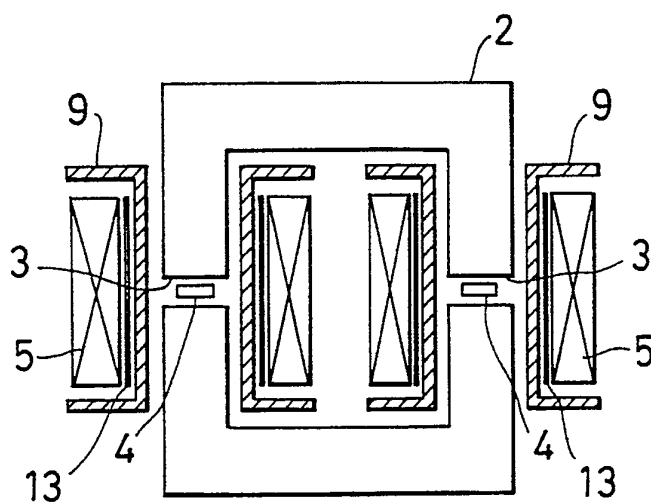


FIG. 9

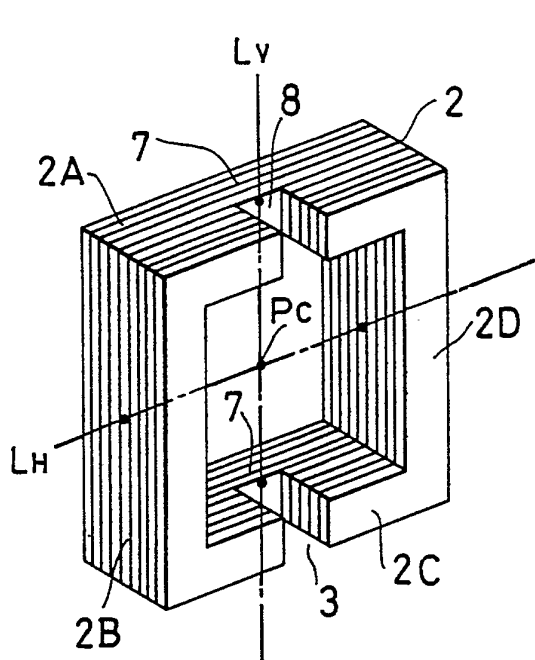


FIG. 10

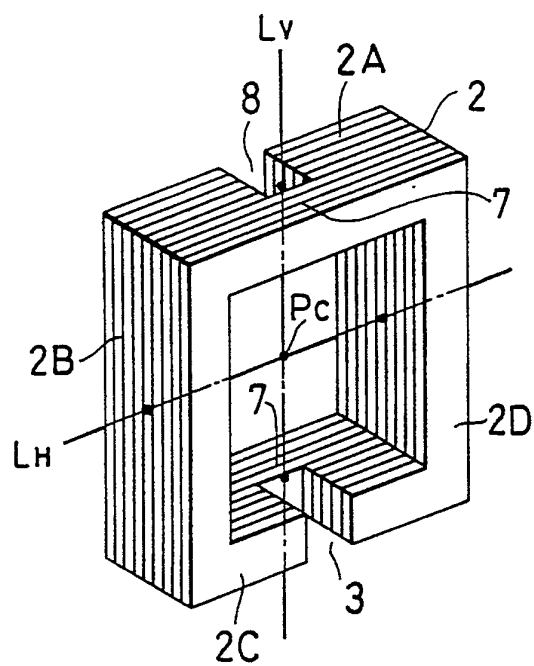


FIG. 11

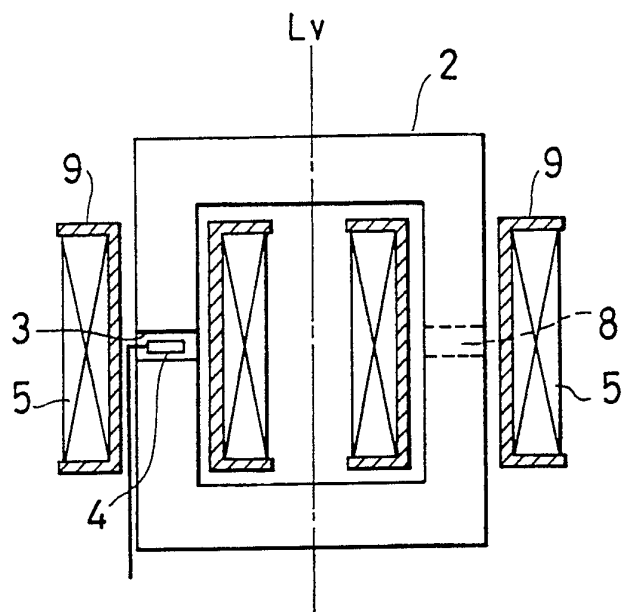


FIG. 12

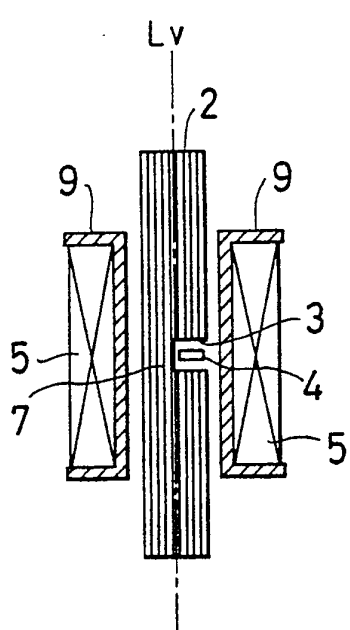


FIG. 13

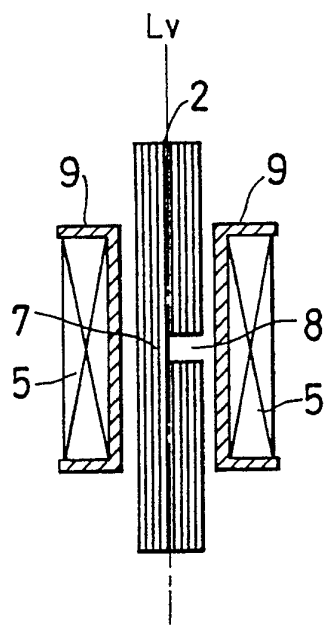


FIG. 14

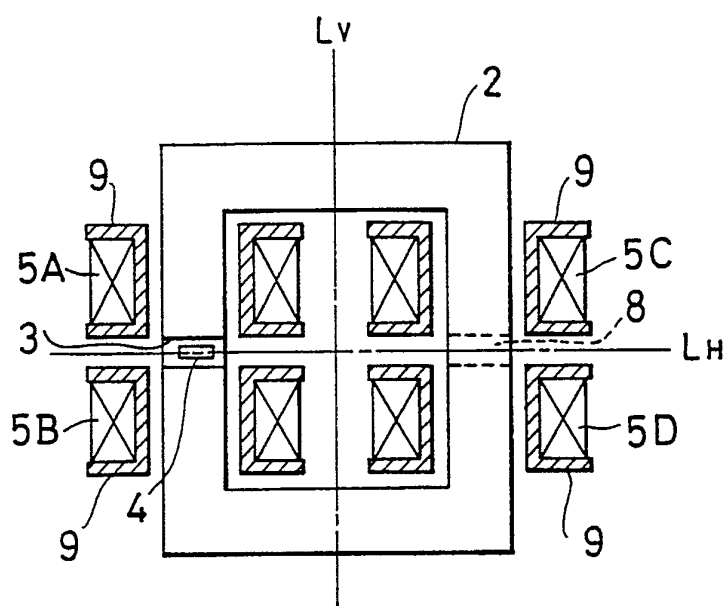


FIG. 15

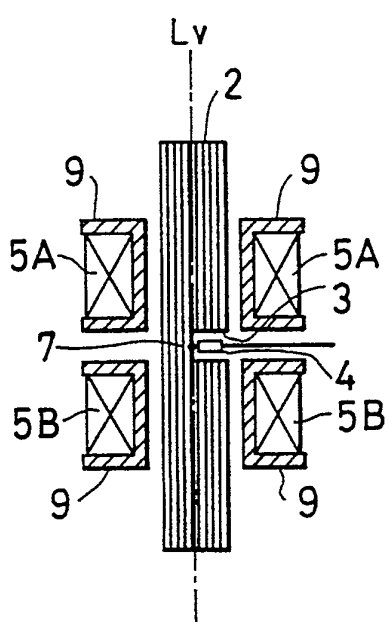


FIG. 16

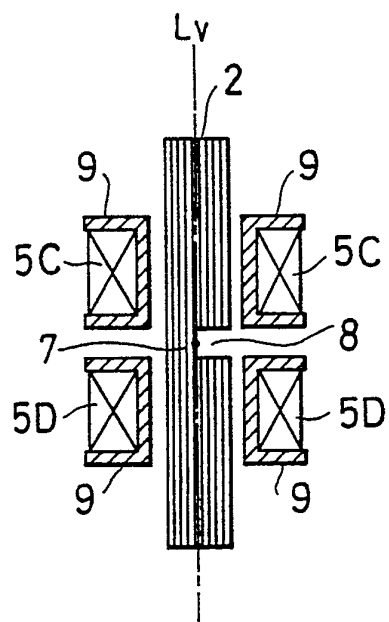


FIG. 17

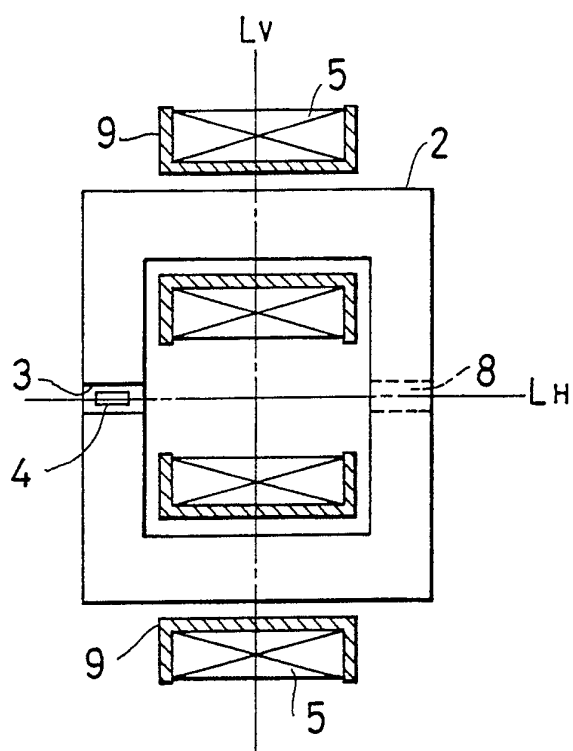


FIG. 18

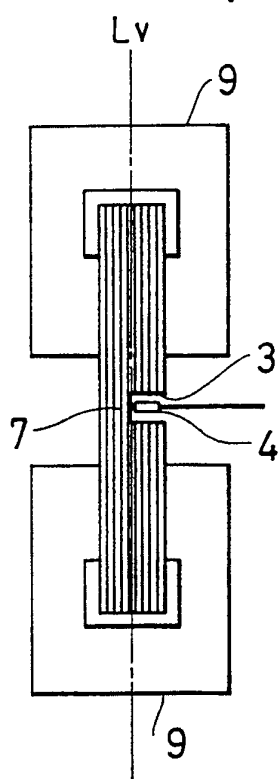


FIG. 19

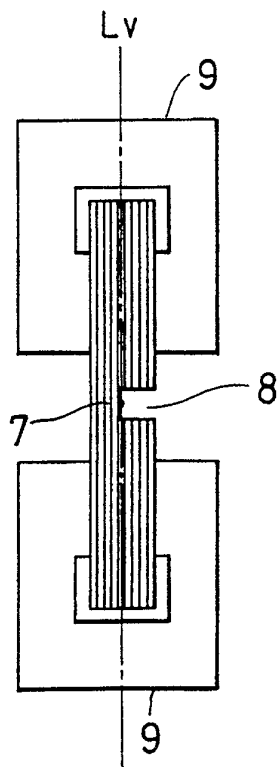


FIG. 20

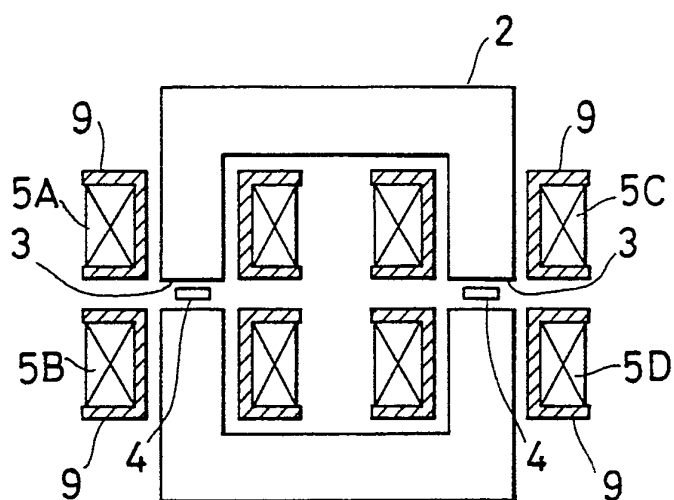


FIG. 21

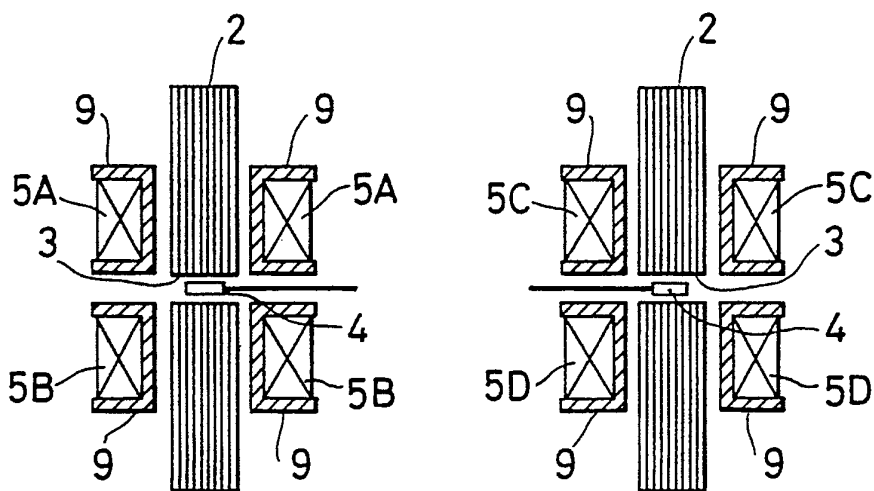


FIG. 22

FIG. 23

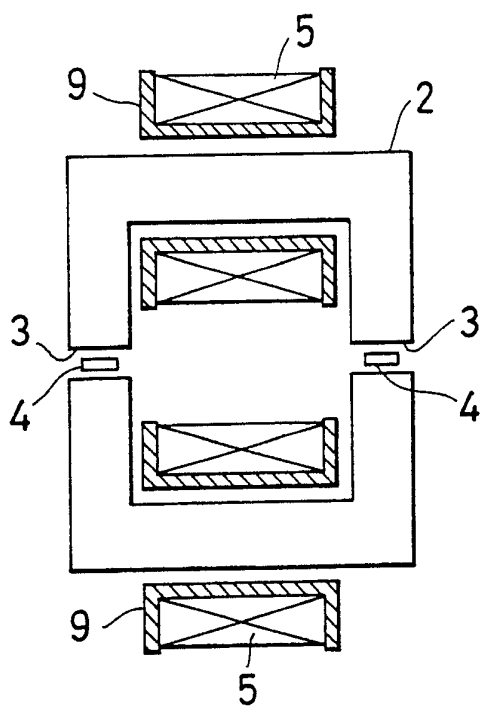


FIG. 24

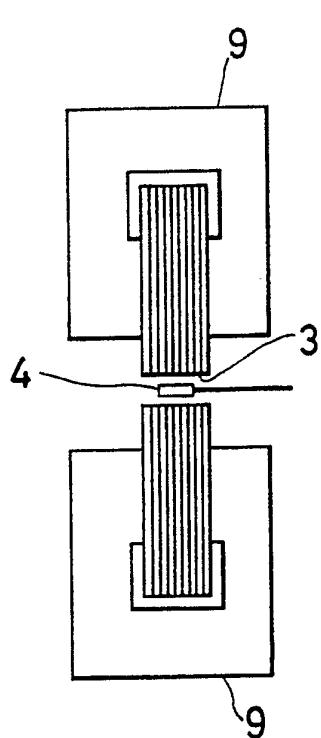


FIG. 25

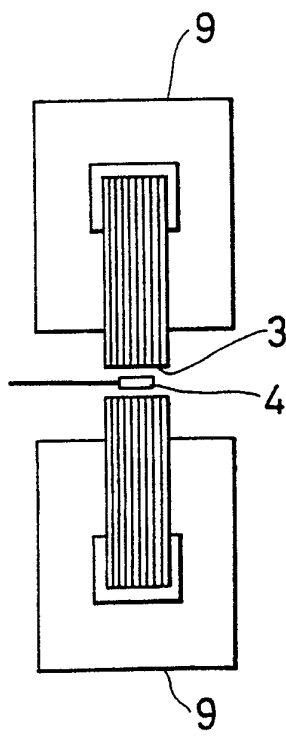


FIG. 26

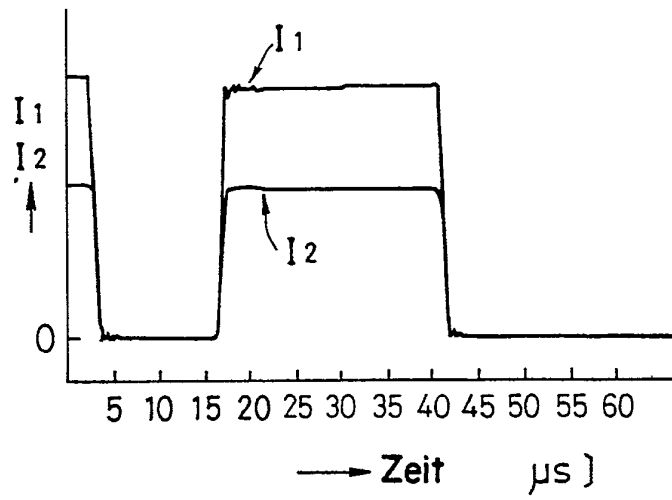


FIG.27

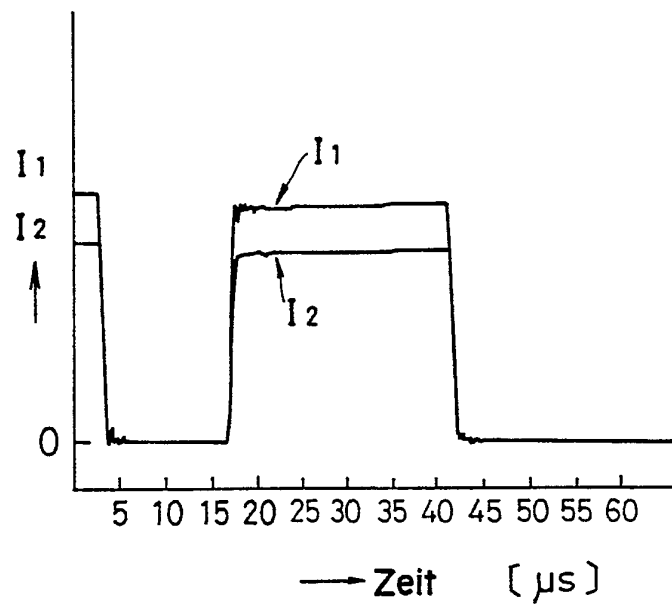


FIG.28

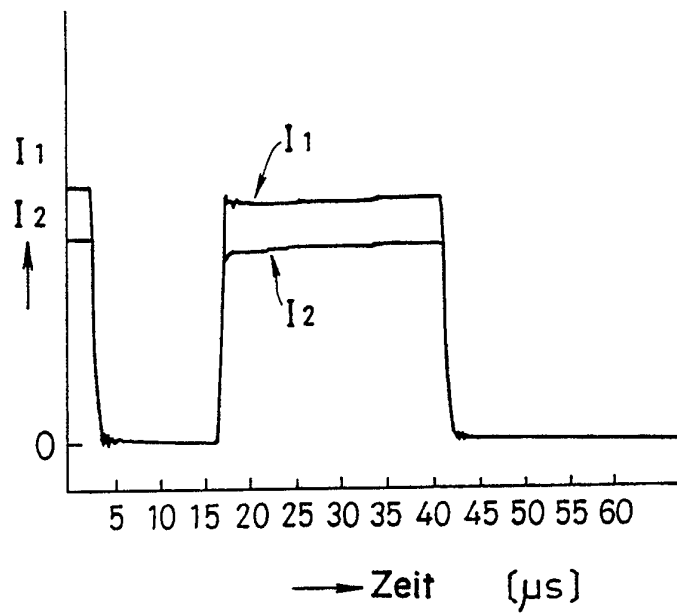


FIG.29

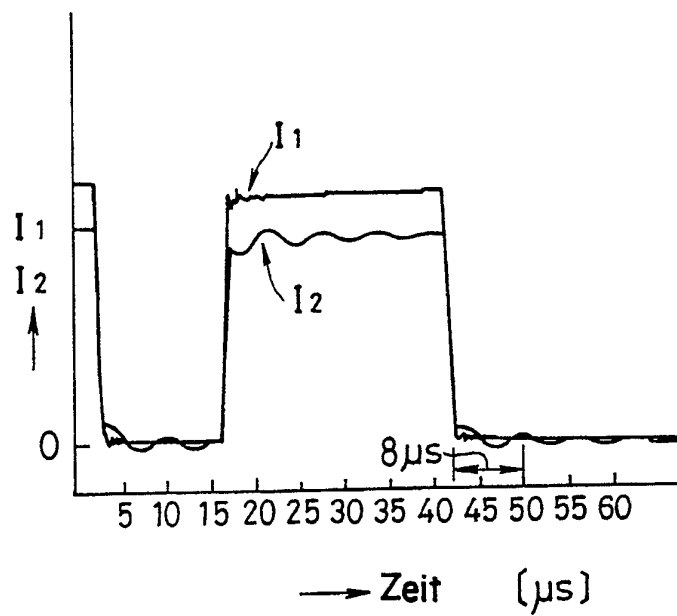


FIG.30

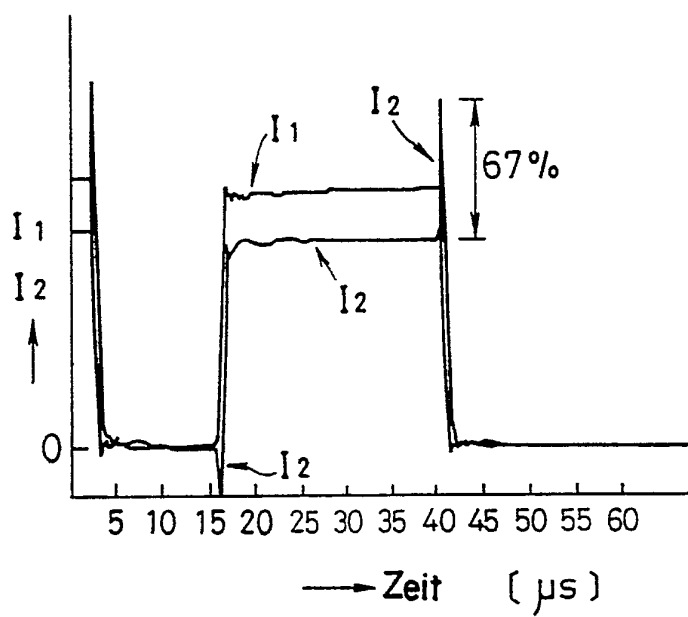


FIG. 31

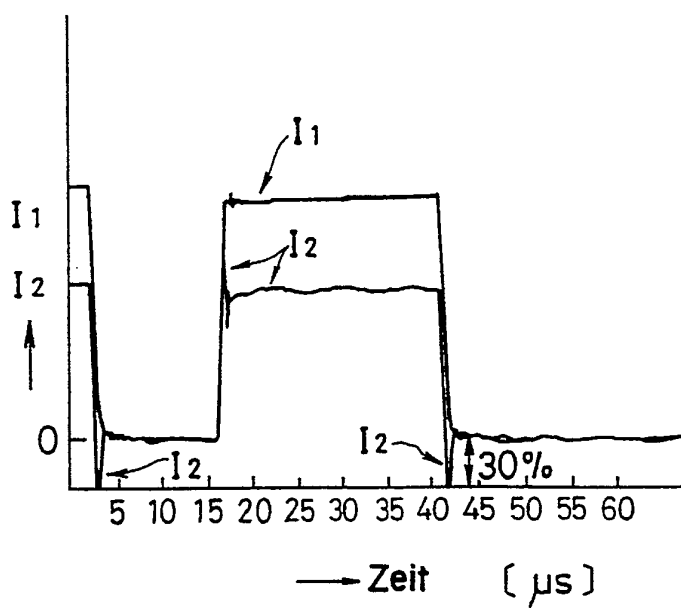


FIG. 32

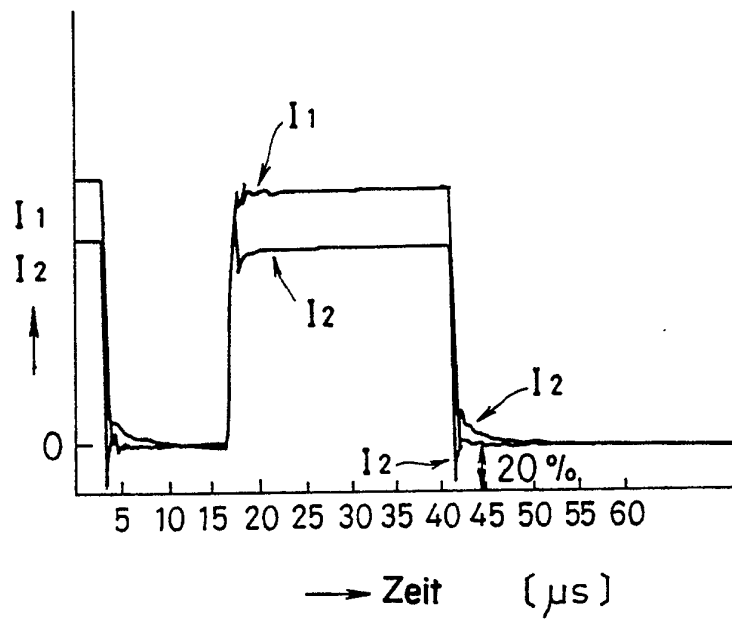


FIG.33

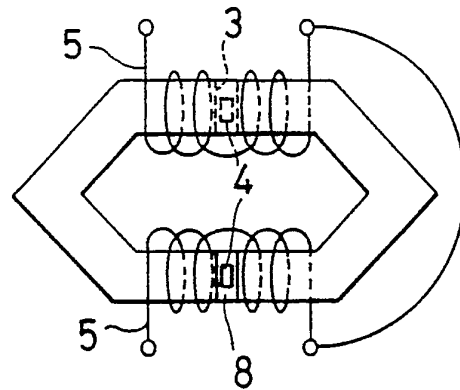


FIG. 34

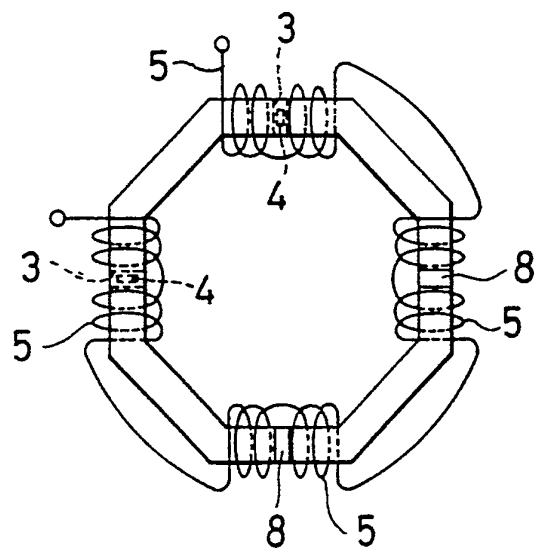


FIG. 35

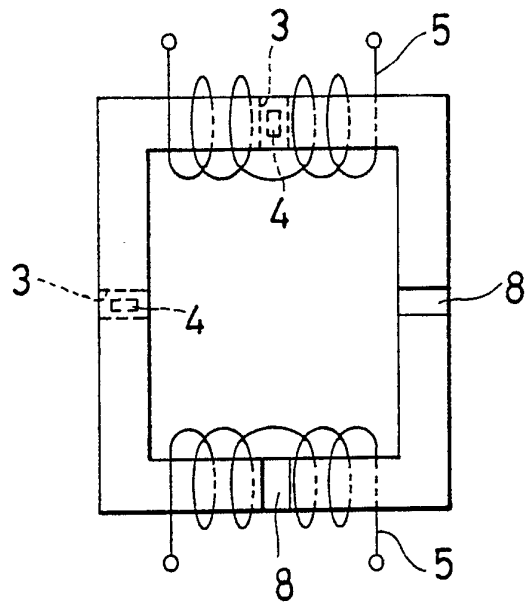


FIG.36

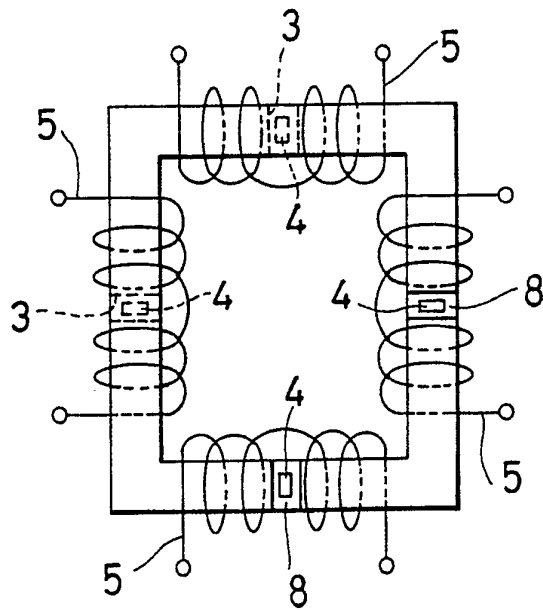


FIG.37

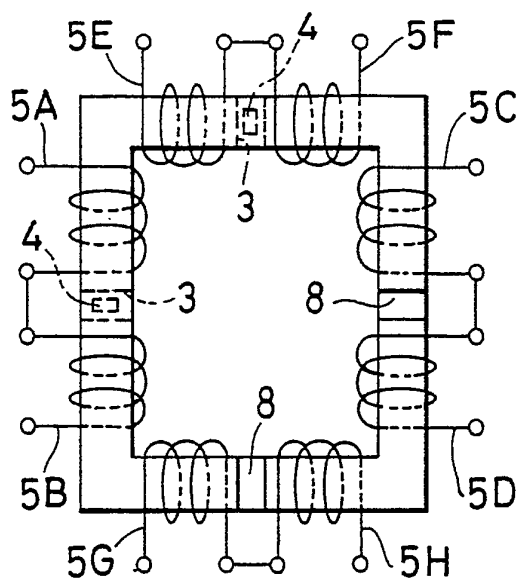


FIG. 38

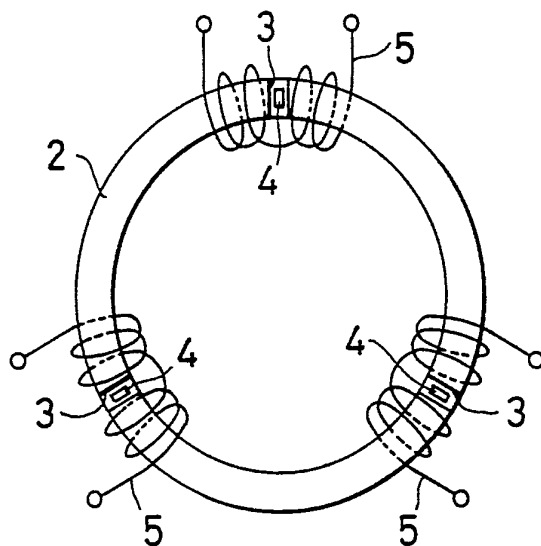


FIG. 39

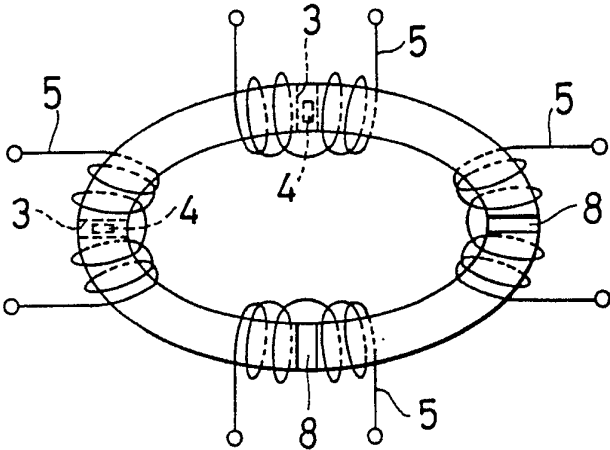


FIG.40