



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 27 896 T2** 2004.07.29

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 848 395 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 27 896.4**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 660 137.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **02.12.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.06.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **03.03.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.07.2004**

(51) Int Cl.⁷: **H01F 38/30**

G01R 15/14, G01R 1/20

(30) Unionspriorität:

964948 11.12.1996 FI

(73) Patentinhaber:

Enermet OY, Jyskä, FI

(74) Vertreter:

Lorenz und Kollegen, 89522 Heidenheim

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,
LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**Hirsimäki, Olavi, 40420 Jyskä, FI; Pietikäinen,
Ville, 40340 Jyväskylä, FI; Lahti, Teuvo, 40100
Jyväskylä, FI; Korkolainen, Tuomo, 40500
Jyväskylä, FI**

(54) Bezeichnung: **Mit einem Stromteiler versehener Transformator zur Strommessung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Transformator zur Strommessung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs.

[0002] Ein Transformator, der für Messzwecke verwendet wird, muss auch in einem externen Magnetfeld fehlerfrei arbeiten. Die in den nationalen Standards geregelten Anforderungen betreffend der Tolerierung eines externen Magnetfeldes sind in den letzten Jahren beträchtlich strenger geworden.

[0003] Eine aus dem Stand der Technik bekannte Ausführungsform zur Eliminierung der Auswirkung eines externen Magnetfeldes in einem Transformator ist, den Transformator mit zwei sekundären Wicklungen zu versehen, welche symmetrisch auf gegenüberliegenden Seiten des Transformator kernels angeordnet sind. Der durch den primären Leiter produzierte magnetische Fluss, welcher gemessen werden soll, führt durch diese Wicklungen in gegenüberliegende Richtungen. Das externe Magnetfeld führt durch beide Wicklungen in der gleichen Richtung. Wenn die sekundären Wicklungen in geeigneter Weise in Serie geschaltet werden, wird die Auswirkung des externen Magnetfeldes neutralisiert.

[0004] Ein Nachteil dieser Lösung gemäß dem Stand der Technik ist, dass ein starker Strom durch den primären Leiter fließt, aufgrund dessen ein relativ großer Transformator benötigt wird. Des weiteren ist in dieser Lösung gemäß dem Stand der Technik das Potential zur Tolerierung einer Gleichstromkomponente schwach.

[0005] Bezüglich des Standes der Technik wird auf die Veröffentlichungen DE 27 34 729, DE 30 08 308 und US 4,240,059 verwiesen. In derartigen Stromtransformatoren gemäß dem Stand der Technik, welche mit einem Stromteiler versehen sind, wird der zu messende Strom in zwei Teile aufgeteilt, wobei einer der Teile durch den Transformator fließt. Auf diese Weise wird ein Arbeiten des Transformators bei niedrigen Flussdichtewerten ermöglicht und somit wird der Transformator auch bei hohen Stromintensitäten nicht gesättigt. Folglich kann der Messbereich des Transformators erweitert werden.

[0006] Bei den Stromtransformatoren gemäß dem Stand der Technik wurden Versuche unternommen, die Form des Stromteilers derart zu dimensionieren, dass die durch den Messstrom verursachte Erwärmung des Stromteilers so gleichförmig wie möglich in dem Zweig des Stromteilers, welcher durch den Transformator führt und in dem Zweig, welcher den Transformator umgeht, sein sollen. Die Veröffentlichungen EP 01 111 063, US 4,240,059, DE 27 34 729 und EP 0 123 062 beschäftigen sich ausdrücklich mit der Kompensation von Erwärmung. In den zitierten Dokumenten konzentriert man sich fast ausschließlich auf das Erzielen einer gleichförmigen Erwärmung in dem Stromteiler. In einem derartigen Fall werden die Widerstände der Zweige des Stromteilers relativ in gleichen Maßen verändert und das Verhältnis der

Stromteilung bleibt trotz der Erwärmung des Stromteilers unveränderlich.

[0007] Wegen den nicht-idealen Eigenschaften des Stromtransformators entsteht in dem Stromtransformator eine Phasendifferenz zwischen dem Primärstrom und dem Sekundärstrom. Diese Phasendifferenz ist ziemlich nachteilig, insbesondere wenn der Stromtransformator in Anwendungen zur Messung einer elektrischen Energie eingesetzt wird. Der Phasenfehler, welcher somit durch den Stromtransformator erzeugt wird, ist insbesondere deshalb nachteilig, weil er nicht von unveränderlicher Größe ist, sondern seine Größe von der Intensität des Stroms, welcher durch den Stromtransformator fließt, abhängt. Dieses Phänomen wird durch das nicht lineare Magnetisieren des Transformator eisens hervorgerufen. Die relative Permeabilität des Transformator eisens vergrößert sich, wenn sich die Dichte des magnetischen Flusses in dem Transformator eisen vergrößert.

[0008] Im Stand der Technik wurden Versuche zur Korrektur des Phasenfehlers in einem Transformator zur Strommessung unternommen, wobei die Korrektur von der unveränderlichen Größe an über den gesamten Bereich der Strommessung durchgeführt wurde. Mittels einer derartigen Lösung kann der Phasenfehler in dem Transformator zur Strommessung nur an einem Punkt gleich Null gesetzt werden. Anderswo in dem Bereich der Strommessung treten ein positiver Phasenfehler und ein negativer Phasenfehler weiterhin entsprechend auf.

[0009] Ein Stromtransformator mit einem Stromteiler entsprechend dem oben beschriebenen Stand der Technik ist auch in dem FI-Patent 78,794 beschrieben. Bei derartigen Stromtransformatoren, welche mit einem Stromteiler versehen sind, wird der zu messende Strom in zwei Teile aufgeteilt, wobei einer der Teile durch den Transformator fließt. Auf diese Weise kann ein Arbeiten des Transformators bei niedrigen Flussdichtewerten ermöglicht werden, und der Transformator wird auch bei hohen Stromintensitäten nicht gesättigt. Deswegen kann der Strombereich des Transformators erweitert werden.

[0010] Ein Stromtransformator, welcher in einer elektrischen Energiemesseinrichtung eingesetzt ist, muss auch einen Gleichstromanteil, welcher durch den primären Leiter fließt, tolerieren, ohne gesättigt zu werden. Um dieser Anforderung zu genügen, wurde der primäre Leiter derart ausgebildet, dass nur ein Teil des zu messenden Stroms durch den Stromtransformator fließt. Bei den mit Stromteilern versehenen Stromtransformatoren gemäß dem Stand der Technik gibt es einen Zweig, der durch den Transformator führt, und einen Bypasszweig. In den Stromtransformatoren gemäß dem Stand der Technik weist der sekundäre Schaltkreis eine Wicklung auf.

[0011] Der Artikel "split-Conductor Current Sensors with Electronic Load Termination" in IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement 41(1992) August, Nr. 4, New York von Miran Milkovic offenbart einen Stromtransformator, welcher einen primären

Leiter verwendet, der ein Primärleiterteil und zwei Bypassteile aufweist. Das Primärleiterteil führt durch den Raum, der durch den Magnetkern des Transformators eingeschlossen ist. Die Bypassteile sind elektrisch symmetrisch und auf gegenüberliegenden Seiten außerhalb des magnetischen Kerns geführt. Der primäre Leiter ist aus einem rechteckigen Pressling gebildet, welcher zwei rechteckige Fenster aufweist. Der magnetische Kern führt durch die Fenster. Das Primärleiterteil wird somit durch die beiden Fenster gebildet. Die sekundäre Wicklung auf dem magnetischen Kern ist asymmetrisch, wodurch der Stromtransformator empfindlich gegenüber einem externen Feld wird.

[0012] Der größte Vorteil eines Stromtransformators, welcher mit einem Stromteiler versehen ist, ist, dass ein Strom niedriger Stärke durch den Stromtransformator fließt, wodurch die Größe des Transformators klein gehalten werden kann. Der bedeutendste Nachteil dieser Lösung gemäß dem Stand der Technik ist, dass sich die Tolerierung eines externen Magnetfelds auf ein beträchtliches Maß verschlechtert.

[0013] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Verbesserung gegenüber den Stromtransformatoren mit Stromteiler gemäß dem Stand der Technik zu schaffen.

[0014] Eine speziellere Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Stromtransformator zu schaffen, welcher beträchtlich toleranter hinsichtlich externer magnetischer Felder, verglichen mit den Lösungen gemäß dem Stand der Technik, ist.

[0015] Die Aufgaben der Erfindung werden durch einen Stromtransformator gelöst, der in dem kennzeichnenden Teil des Anspruchs definiert ist.

[0016] In der vorliegenden Erfindung hat man geschafft, das Bypassteil des Stromteilers elektrisch symmetrisch auszubilden. Darüber hinaus wurde der magnetische Schaltkreis des Stromtransformators in der Erfindung relativ zu einem externen magnetischen Feld symmetrisch ausgebildet, wobei in der Lösung gemäß der vorliegenden Erfindung es ermöglicht wurde, die oben beschriebene Ausführungsform gemäß dem Stand der Technik, durch Eliminierung der Auswirkung eines externen magnetischen Feldes, aufrecht zu erhalten.

[0017] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Primärleiterteil des Stromtransformators symmetrisch bezüglich des magnetischen Schaltkreises des Stromtransformators angeordnet.

[0018] In weiteren bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung gibt es wenigstens zwei Bypasszweige in dem Stromteiler und wenigstens einen Primärleiterzweig.

[0019] Die Erfindung wird detailliert bezüglich einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, welche in den Figuren der begleitenden Zeichnungen gezeigt ist, beschrieben, wobei die Erfindung jedoch nicht auf diese Ausführungsform allein beschränkt werden soll.

[0020] **Fig. 1.** ist eine axonometrische Ansicht eines Transformators zur Strommessung gemäß dem Stand der Technik.

[0021] **Fig. 2.** ist eine axonometrische Ansicht eines zweiten Transformators zur Strommessung gemäß dem Stand der Technik, welcher mit einem Stromteiler versehen ist.

[0022] **Fig. 3.** zeigt eine axonometrische Ansicht einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Transformators zur Strommessung mit einem Stromteiler.

[0023] Der in **Fig. 1** gezeigte Transformator zur Strommessung gemäß dem Stand der Technik wird im allgemeinen mit der Bezugsziffer **10** bezeichnet. Der primäre Leiter wird mit der Bezugsziffer **11** bezeichnet und der Stromtransformator mit der Bezugsziffer **12**. Der Kern des Stromtransformators **12** wird mit der Bezugsziffer **13** bezeichnet. Der Strom, der in dem primären Leiter **11** fließt, wird mit dem Buchstaben I_p bezeichnet. Der sekundäre Schaltkreis des Stromtransformators **12** wird im allgemeinen mit der Bezugsziffer **14** bezeichnet. Der Strom, der im sekundären Schaltkreis **14** fließt, wird mit dem Buchstaben I_s bezeichnet. In dieser Lösung gemäß dem Stand der Technik wurde die Auswirkung des externen Magnetfelds ϕ_e durch einen Transformator mit zwei sekundären Wicklungen **15a** und **15b**, welche symmetrisch an gegenüberliegenden Seiten des Kerns **13** angeordnet wurden, eliminiert. Die Bezugsziffer **16** bezeichnet den Widerstand. Somit sind die sekundären Wicklungen **15a** und **15b** in Reihe geschaltet, wodurch die Auswirkung des externen Magnetfeldes ϕ_e kompensiert wird. Der magnetische Fluss, der durch den primären Leiter **11** induziert wird, wird mit dem Buchstaben ϕ_p bezeichnet.

[0024] Der in **Fig. 2** gezeigte Transformator zur Strommessung gemäß dem Stand der Technik mit einem Stromteiler wird im allgemeinen mit der Bezugsziffer **10a** bezeichnet. Der Stromteiler weist einen Leiter **11** auf, in dessen erstem Zweig, d. h. in dem Primärleiterzweig **11a**, der Strom I_1 fließt und in dessen zweitem Zweig, d. h. in dem Bypasszweig **11b**, der Strom I_2 fließt. Der Kern des Stromtransformators **12** wird mit der Bezugsziffer **13** bezeichnet und der sekundäre Schaltkreis mit der Bezugsziffer **14**. Der Strom I_s fließt in dem sekundären Schaltkreis **14**. Die Wicklung in dem sekundären Schaltkreis **14** wird mit der Bezugsziffer **15** bezeichnet und der Widerstand mit der Bezugsziffer **16**.

[0025] In **Fig. 3** wird der erfindungsgemäße Transformator zur Strommessung im allgemeinen mit der Bezugsziffer **100** bezeichnet. Der Stromteiler wird im allgemeinen mit der Bezugsziffer **111** bezeichnet, der Stromtransformator mit der Bezugsziffer **112** und der zweite Schaltkreis mit der Bezugsziffer **114**. Der Kern des Stromtransformators **112** wird mit der Bezugsziffer **113** bezeichnet.

[0026] Entsprechend der Basisrealisierung der Erfindung wurde das Bypassteil **111b** und **111b'** des Stromteilers **111** elektrisch symmetrisch ausgebildet.

Des weiteren wurde der magnetische Schaltkreis des Transformators **100** zur Strommessung symmetrisch in Relation zu dem externen Magnetfeld Φ_e , auf ähnliche Weise wie in **Fig. 1** dargestellt, ausgebildet. Die Wicklungen in dem sekundären Schaltkreis **114** werden mit den Bezugsziffern **115a** und **115b** und der Widerstand mit der Bezugsziffer **116** bezeichnet.

[0027] In der Ausführungsform gemäß **Fig. 3** weist das Bypassteil des Stromteilers **111** zwei Zweige **111b** und **111b'** auf. Selbstverständlich kann das Bypassteil auch mehr als zwei Zweige aufweisen. In dieser Ausführungsform weist das Primärleiterteil **111a** des Stromteilers **111** einen Flusszweig auf. Selbstverständlich kann es mehr als einen Flusszweig **111a** geben. Der Strom, der in dem Primärleiterzweig **111a** fließt, wird mit dem Buchstaben I_1 bezeichnet und die Ströme, die in den Bypasszweigen **111b** und **111b'** fließen, entsprechend mit den Buchstaben I_2 und I_2' . Prinzipiell könnte das Bypassteil auch aus einem elektrisch symmetrischen Zweig bestehen.

[0028] In der Ausführungsform gemäß **Fig. 3** ist das Primärleiterteil **111a** symmetrisch in Relation zu dem magnetischen Schaltkreis des Transformators zur Strommessung **100** angeordnet. Dies ist eine vorteilhafte Ausföhrung der Position, aber nicht unbedingt notwendig.

[0029] Vorstehend wurde die Lösung der Erfindung nur prinzipmäßig beschrieben und es ist für den Fachmann offensichtlich, dass zahlreiche Modifikationen der genannten Lösung innerhalb des Bereiches der erfinderischen Idee, welche in den begleitenden Patentansprüchen offenbart ist, gemacht werden können.

Patentansprüche

1. Ein Transformator zur Strommessung (**100**) weist einen primären Leiter (**111**) und einen magnetischen Schaltkreis (**112**), wobei der magnetische Schaltkreis (**112**) einen magnetischen Kern (**113**) aufweist, welcher einen Raum einschließt und einen sekundären Schaltkreis (**114**) auf, wobei der primäre Leiter (**111**) ein Stromteiler ist, welcher ein Primär-Leiterteil (**111a**) und zwei Bypassteile (**111b**, **111b'**) aufweist, wobei das Primärleiterteil (**111a**) durch den Raum, der vom Kern (**113**) eingeschlossen ist von einem vorderen zu einem hinteren Bereich des magnetischen Kerns (**113**) führt, wobei die Bypassteile (**111b**, **111b'**) elektrisch symmetrisch sind und auf gegenüberliegenden Seiten außerhalb des magnetischen Kerns (**113**) von dem vorderen zu dem hinteren Bereich des magnetischen Kerns (**113**) vorbei führen, wobei das Primär-Leiterteil (**111a**) und die Bypassteile (**111b**, **111b'**) im vorderen und im hinteren Bereich des magnetischen Kerns (**113**) verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass der sekundäre Schaltkreis (**114**) zwei sekundäre Wicklungen (**115a**, **115b**) aufweist, welche symmetrisch auf gegenüberliegenden Seiten des Kerns (**113**) ange-

ordnet sind und in Serie geschaltet sind, und dass das Primär-Leiterteil (**111a**) des Stromteilers (**111**) symmetrisch in Beziehung zu dem magnetischen Schaltkreis des Transformators zur Strommessung (**100**) angeordnet sind, wodurch der Transformator zur Strommessung unempfindlich gegenüber einem externen Magnetfeld (Φ_e) ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

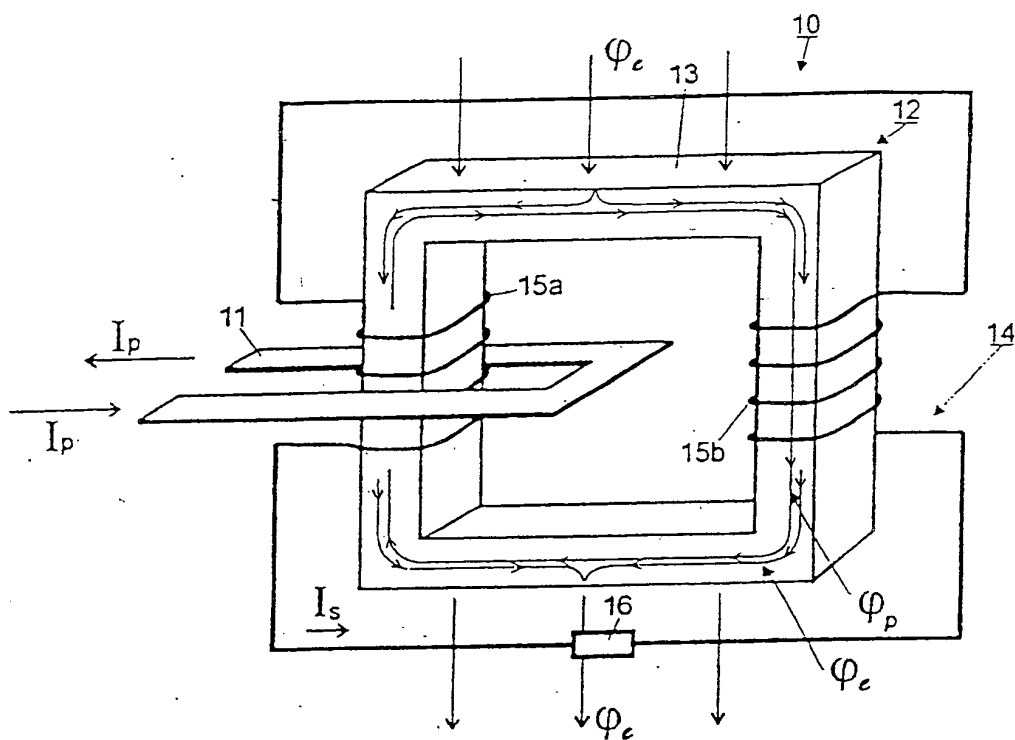


FIG. 1
Stand der Technik

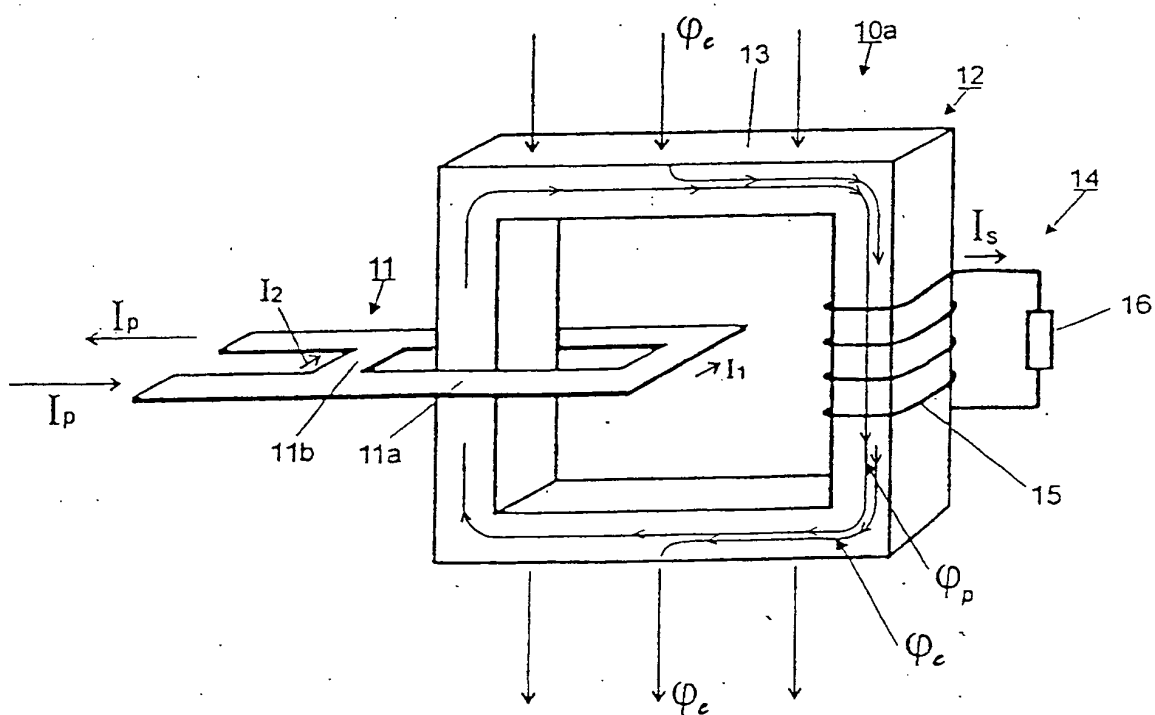


FIG. 2
Stand der Technik

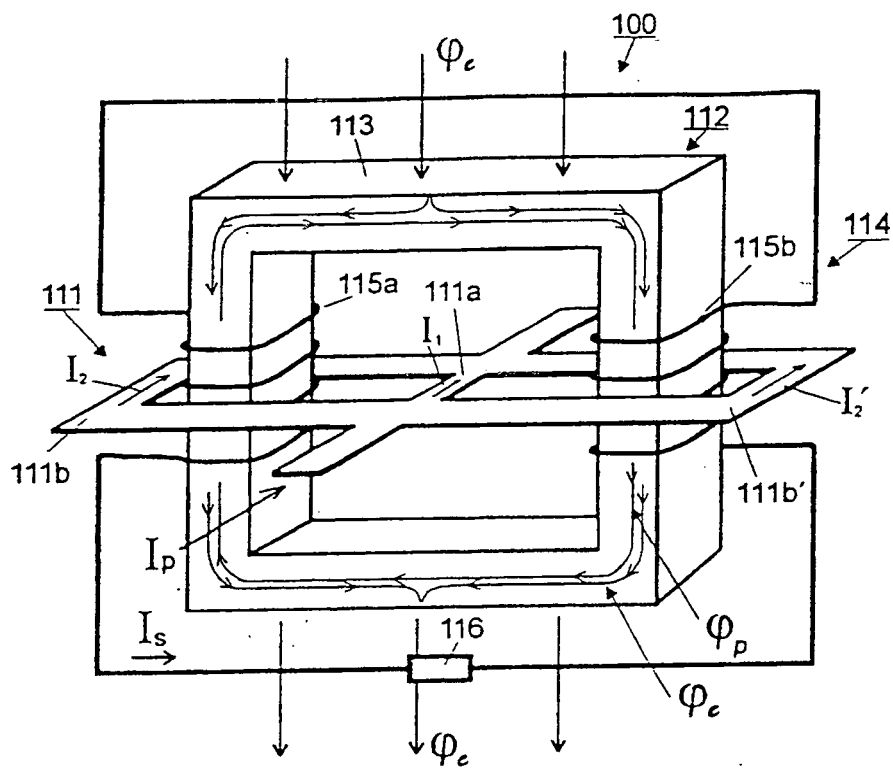


FIG. 3