

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 571 319 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **93810227.4**

(51) Int. Cl.⁵: **H01F 40/06, H02M 5/12**

(22) Anmeldetag: **30.03.93**

(30) Priorität: **03.04.92 CH 1101/92**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.11.93 Patentblatt 93/47

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB IT LI NL PT SE

(71) Anmelder: **MOSER-GLASER & CO. AG**
Transformatoren
Hofackerstrasse 24
CH-4132 Muttenz(CH)

(72) Erfinder: **Kull, Ulrich**
Auf der Lyss 14
CH-4051 Basel(DE)
Erfinder: **Friedrich, Max**
Germanenweg 3
CH-4132 Muttenz(DE)

(74) Vertreter: **Eschmann, Heinz et al**
A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG
Patentanwälte
Holbeinstrasse 36-38
CH-4051 Basel (CH)

(54) **Stabkern-Stromwandler.**

(57) Beim erfindungsgemässen Stromwandler sind die verwendeten Bauteile neuartig angeordnet. Die Primärwicklung (7) ist in einem Abstand, der zur Einführung einer Hochspannungsisolation (10) vorhanden ist, um die Sekundärwicklung (8) mit gestrecktem Kern (9) angeordnet. Sekundärwicklung (8) und Kern (9) befinden sich in einem geerdeten, elektrisch leitenden Rohr (12), in welchem die Ableitungen der Sekundärwicklung zur Erde geführt sind. Mit diesem Aufbau wird die nach dem Stand der Technik notwendige gegenseitige Umschlingung von Kern und Wicklungen, welche für manche Anwendung ungünstig und fertigungstechnisch aufwendig ist, vermieden.

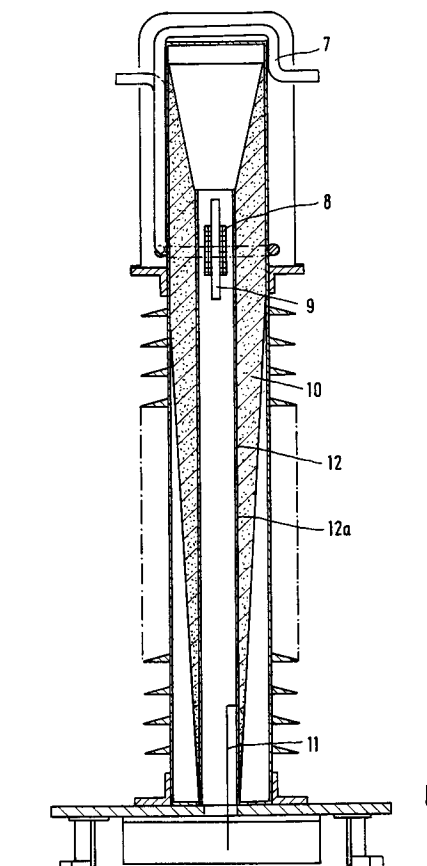


FIG. 3

EP 0 571 319 A2

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Strommessvorrichtung zur proportionalen Umwandlung eines Primärstromes auf Hochspannungsebene in einen reduzierten Sekundärstrom nach dem Induktionsprinzip. Die Strommessvorrichtung wird bevorzugt zu Schutz- und Messzwecken eingesetzt.

Bekannt sind Strommessvorrichtungen für Wechselstrom, bei welchen der zu messende Strom eine Wicklung durchfließt und eine Übertragung auf eine zweite Wicklung erfolgt, über deren an die Wicklung angeschlossene Messgeräte eine Messung des Stromabbildes stattfindet. Üblicherweise sind die beiden Wicklungen konzentrisch auf einem geschlossenen Eisenkern angeordnet. Die Figuren 1a und 1b zeigen zwei Beispiele von typischerweise nach dem Stand der Technik verwendeten Anordnungen. In Figur 1a ist ein geschlossener Eisenkern mit seiner Sekundärwicklung 1 mit der Hochspannungswicklung 2 verkettet. Ähnlich sind bei einem in Figur 1b gezeigten Schleifenwandler der Kern mit Sekundärwicklung 3 und die Hochspannungswicklung 4 miteinander verkettet.

Typisch für diese Konzeption ist der Umstand, dass der Eisenkern, eine der beiden Wicklungen tragend, die zweite Wicklung - oder wenn diese nur aus einem Leiter besteht, diesen Leiter - umfasst.

Dieser Umstand ist für manche Anwendungen, wie zum Beispiel die Einführung einer Hochspannungsisolation zwischen die beiden Wicklungen und deren Zu- beziehungsweise Ableitungen, sehr ungünstig, weil sich durch die kettengliederartige gegenseitige Umfassung der beiden Wicklungen und ihres Kernes wesentliche Schwierigkeiten bei der Isolationsgestaltung ergeben.

Weiter ist bei bestehenden Ausführungen in der unbewickelten Kernzone ein Fluss vorhanden, welcher den gesamten Spannungsverbrauch im Sekundärkreis deckt, während der Fluss in der Wicklungszone des Kernes einen reduzierten Wert besitzt, da er vom Streufluss der Wicklung zum Teil aufgehoben wird.

Es gibt Ausführungen, bei denen der gesamte Kern - üblicherweise ein Ringkern - bewickelt ist, so dass Flusshomogenität über die ganze Kernpartie gegeben ist. Die geometrische Verkettung mit ihren oben beschriebenen Nachteilen bleibt jedoch auch hier bestehen.

Die Erfindung beruht in erster Linie auf einer neuartigen Anordnungsweise der verwendeten Bauteile. Sie ist im unabhängigen Patentanspruch 1 definiert; bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen.

Demgemäß ist die Primärwicklung in einem Abstand, der zur Einführung einer Hochspannungsisolation vorhanden ist, um die Sekundärwicklung mit gestrecktem Eisenkern angeordnet. Sekundärwicklung und Kern befinden sich in einem georde-

ten, elektrisch leitenden Rohr, in welchem die Ableitungen der Sekundärwicklung zur Erde geführt sind. Der Eisenkern ist vorzugsweise so dimensioniert, dass sich über seine ganze Erstreckung ein Reduktionseffekt durch den Streufluss für den magnetischen Kraftfluss im Kern ergibt.

Mit diesem Aufbau wird die oben erwähnte, für manche Anwendungsgebiete sehr ungünstige geometrische gegenseitige Umschlingung von Kern und Wicklungen vermieden. Wie in Figur 2 schematisch dargestellt, sind erfindungsgemäss der Kern mit der einen Wicklung 5 und die andere Wicklung 6 Gebilde, welche völlig voneinander getrennt sind und sich an keiner Stelle gegenseitig umfassen oder überschneiden.

Im folgenden soll die Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen anhand eines Ausführungsbeispiels verdeutlicht werden, bei welchem die Vorteile des neuen Prinzips besonders augenfällig sind.

Fig. 1a und 1b zeigen schematisch zwei typischerweise nach dem Stand der Technik verwendeten Anordnungen von Kern, Sekundär- und Primärwicklung;

Fig. 2 ist eine schematische Darstellung einer erfindungsgemässen Anordnung von Kern, Sekundär- und Primärwicklung;

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung in Seitenansicht;

Fig. 4 zeigt eine Zusammenschaltung zu einer Kaskade;

Fig. 5 ist ein Schema eines Sekundärkreises mit Relais- und Messanschluss;

Fig. 6 zeigt den Messanschluss mit Kompensationsschaltung;

Fig. 7 gibt ein Schema zur Kompensation einer für die Winkelfehlerkorrektur eingesetzten Induktivität;

Fig. 8 zeigt die Anordnung zusätzlicher Elemente aus magnetischem Werkstoff;

Fig. 9 zeigt eine Anordnung mit verschachtelter Primär- und Sekundärwicklung; und

Fig. 10 erläutert die Möglichkeit, Hochspannungs- und Niederspannungswicklung zu vertauschen.

In Figur 3 ist ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Strommessvorrichtung für das Hochspannungsgebiet dargestellt. Der Aktivteil des Stromwandlers besteht aus einer Primärwicklung 7 aus einem Leitermaterial wie beispielsweise Kupfer oder Aluminium, die in einer oder mehreren Windungen um einen Isolierkörper 10 herumgeführt ist, und aus einer Sekundärwicklung 8 aus einem Leitermaterial wie beispielsweise Kupfer, welche als Spule mit einer der gewünschten Stromübersetzung entsprechenden Windungszahl über einen Stabkern 9 aus laminiertem ferromagnetischem Material wie beispielsweise kornorientiertem Silizium-

meisen geschoben ist und mit diesem zusammen auf der Höhe der Primärwicklung in einem elektrisch leitfähigen, an Erde liegenden Rohr 12, in welchem die Ableitungen der Sekundärwicklung zur Erde führen, angeordnet ist.

Der Isolierkörper 10 ist ähnlich einer Hochspannungsdurchführung mit kapazitiven, leitenden Belägen zur Steuerung des elektrischen Feldes versehen und im Falle der Freiluftanwendung mit Schirmen aus geeignetem Material wie beispielsweise Porzellan oder Silikonkautschuk umgeben, wobei das obere Ende im Bereich des aktiven Wandlerteils aussen als Hochspannungselektrode ausgebildet und nach oben geschlossen ist. Dies erlaubt auch durch Abgriff (11) der Spannung an einem (12a) der kapazitiven Zwischenbeläge, welcher dem Rohr 12 unmittelbar gegenüberliegt, in Erdnähe die gleichzeitige Kombination dieses induktiven Stabkern-Stromwandlers mit einem kapazitiven Spannungswandler. Die leitenden Steuerbeläge und Elektroden sowie das Stützrohr sind so ausgebildet, dass sie im Bereich des aktiven Teils des Stromwandlers keine Kurzschlusswindung bilden.

Zusätzlich zu den aktiven Elementen zur Strom- und Spannungsumformung werden am gerodeten Ende des Stützrohres noch die Kompensationseinrichtungen aus bekannten induktiven, kapazitiven und ohmschen Schaltelementen angeordnet, welche gegebenenfalls zur Korrektur des Übersetzungs- und Winkelfehlers notwendig sind. Für den Kurzschluss der Messbürde im Hochstrombereich ist dieser Bürde eine Sättigungs-drossel parallelgeschaltet. Die aktiven Elemente des Strom- beziehungsweise Spannungswandlers sind so bemessen, dass genügend Leistung für die störungsfreie Übertragung der Mess-Signale und die sichere Ansteuerung elektronischer Schutzrelais und Messeinrichtungen zur Verfügung steht.

Aus Figur 4 geht hervor, wie zwei (oder gegebenenfalls auch mehrere) der oben beschriebenen Vorrichtungen zu einer (hier zweistufigen) Kaskade zusammengeschaltet sein können. Die beiden kurzgesteuerten Partien 15 und 16 der Isolierkörper liegen einander gegenüber. Über die langgestreckten Partien 13 bzw. 19 der Isolierkörper erfolgt der Abbau der Mittelspannung gegen Erde beziehungsweise von der zu messenden Hochspannung zum Mittelpotential. Eine Kopplungswicklung 17 sorgt für die magnetische Kopplung der beiden bewickelten Stabkerne. Die Anspeisung des oberen Kaskadenelements erfolgt über einen Stromwandler 18 in der zu messenden Hochspannungsleitung. Dieser Wandler ist mit dem oberen Kaskadenelement fest verbunden. Über einen herausgeführten Messbelag 20 in Erdnähe kann die Hochspannung in bekannter Weise über Resonanzdrossel und Zwischenwandler gemessen werden. Die diversen Kompen-

sationselemente und die Elemente zur Spannungsmessung finden sich im Fuss 14 der Kaskade.

Figur 5 gibt ein Schema eines Sekundärkreises mit getrennten Relaisanschluss 21 und Messanschluss 22. Der Messanschluss 22 weist eine Kompensationsschaltung 23 zur Korrektur des Winkelfehlers auf. Eine Drossel 24 mit Eisenkern, die Messanschluss 22 und Kompensationsschaltung 23 überbrückt, ist so dimensioniert, dass sie im Überstrombereich in Sättigung gerät und damit die Bebürdung des Sekundärkreises entlastet.

Figur 6 zeigt den Messanschluss 22 mit seiner Kompensationsschaltung. Diese besteht aus einer dem Messanschluss vorgeschalteten linearen Induktivität 26 und einem ohmschen Widerstand 27, welcher zu der Reihenschaltung von Messanschluss und Induktivität parallelgeschaltet ist. Die entsprechende Einstellung des Wertes des ohmschen Widerstandes erlaubt die gewünschte Korrektur des Winkelfehlers in beide Richtungen.

Um die Bebürdung des Sekundärkreises des Stromwandlers gering zu halten, erfolgt vorteilhaft eine Kompensation der für die Winkelfehlerkorrektur erforderlichen Induktivität durch einen Kondensator 29 gemäss Figur 7. Im Überstrombereich werden Kondensator 29 und Kompensationsschaltung 23 mit Bürdenanschluss durch eine parallelgeschaltete Drossel 30 mit Eisenkern kurzgeschlossen, welche so dimensioniert wird, dass sie in diesem Bereich in Sättigung gerät. Dadurch wird der Sekundärkreis bei der Übertragung eines Kurzschlussstromes wirksam entlastet.

Nach Figur 8 wird der magnetische Kreis durch das Anbringen von Stäben oder Blechen 31 aus magnetischen Werkstoffen radial ausserhalb der Primärwicklung zusätzlich im gewünschten Sinn beeinflusst, womit gleichzeitig ein wirksamer Schutz gegen magnetische Aussenstörungen erreicht ist.

In Sonderfällen ist es, wie in Figur 9 dargestellt, möglich, Primärwicklung 33 und Sekundärwicklung 32 zu verschachteln, wodurch eine Anordnung für Präzisionsmessungen aufgrund des linearen Verhaltens des Stabkernes gegeben ist.

Ferner ist auch eine Anordnung möglich, bei der die Positionen der Hochspannungs- und der Niederspannungswicklung vertauscht sind. Bei der in Figur 10 gezeigten Anordnung befindet sich eine Niederspannungswicklung 36 aussen, während eine Hochspannungswicklung 35 beim Stabkern 34 angeordnet ist. Das ganze Gebilde wird von einer magnetischen Abschirmung 37 umgeben, die der Feldsteuerung und der Schirmung gegen Fremdfelder dient.

Die Verwendung einer kapazitiv gesteuerten Hochspannungsisolation bietet, wie erwähnt, die Möglichkeit, einen Messbelag in Erdnähe herauszuführen und so die Spannung in an sich bekannter

Weise über eine Resonanzdrossel und einen Mittelspannungswandler zu messen, sodass eine kombinierte Messeinrichtung für Strom und Spannung gegeben ist.

Die wichtigsten Vorzüge der erfindungsgemäßen Strommessvorrichtung lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Sehr einfache Anordnung der Komponenten des Wandlers, welche deren Herstellung und Montage erleichtert sowie die Robustheit gegenüber Transportbeanspruchungen und hohe Betriebssicherheit gewährleistet.
- Besonders einfacher Aufbau der Hochspannungsisolation in Form einer zylindrischen Kondensatordurchführung ohne besondere fertigungstechnische Schwierigkeiten, wie sie zum Beispiel für die isolierte Führung der Primärwindungen im Kesselstromwandler oder die geschirmte Ausleitung der Sekundäranschlüsse im Kopfstromwandler typisch sind.
- Im Falle der Verwendung von Feststoffisolation vollständige Wartungsfreiheit (weder Isolier-Öl noch Isolier-Gas zu kontrollieren) und Umweltverträglichkeit (kein Flüssigkeits- oder Gasaustritt möglich).
- Kein Gefahr von Bränden bei Ausführung mit Gas oder Feststoffisolation.

Patentansprüche

1. Strommessvorrichtung zur proportionalen Umwandlung eines Primärstromes auf Hochspannungsebene in einen reduzierten Sekundärstrom nach dem Induktionsprinzip, dadurch **gekennzeichnet**, dass ein Stabkern (9) mit einer zugehörigen Sekundärwicklung (8) in einem elektrisch leitfähigen Rohr (12) derart angeordnet ist, dass seine sekundärseitigen Ableitungen durch dieses Rohr (12) direkt zu einer Wandlerbürde führen, und eine aus wenigstens einer Windung oder Wicklung bestehende Primärwicklung (7,17) in einem Abstand um die Sekundärwicklung (8) derart angeordnet ist, dass zwischen den beiden Wicklungen (7,8) Platz für eine Hochspannungsisolation (10) vorhanden ist.
2. Strommessvorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Stabkern (9) aus lamelliertem Magnetblech besteht.
3. Strommessvorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Stabkern (9) aus amorphem Eisen in Glasmetail-Form in ähnlicher Weise wie aus Magnetblech laminiert ist.

4. Strommessvorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Stabkern (9) als Paket oder in Radialbeziehungsweise Evolventen-Blechung aufgebaut ist.
5. Strommessvorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Stabkern (9) so dimensioniert ist, dass sich in seinem Querschnitt der Hauptfluss und der magnetische Streufluss weitgehend löschen.
6. Strommessvorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**, dass das den Stabkern (9) mit der Sekundärwicklung (8) umschliessende Rohr (12) mit Schlitzten und/oder Unterbrechungen versehen ist, um die Ausbildung von Wirbelströmen oder einer Kurzschlusswindung zu unterbinden.
7. Strommessvorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Sekundärwicklung (8) des Stabkernes (9) zur Feldbeeinflussung aus mehreren parallelgeschalteten Zweigen aufgebaut ist.
8. Strommessvorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 7, dadurch **gekennzeichnet**, dass zusätzlich zur Sekundärwicklung (8) ein zweite Wicklung ausgeführt ist, welche zur Feldbeeinflussung aus mehreren parallelgeschalteten Zweigen besteht.
9. Strommessvorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 8, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Hochspannungsisolation (10) zwischen Primärwicklung (7) und Sekundärwicklung (8) aus Öl oder Feststoffisolation oder Schwefel-Hexafluorid-Gas besteht.
10. Strommessvorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 9, dadurch **gekennzeichnet**, dass diese als Aufhängungsisolator für eine Hochspannungsleitung ausgebildet ist.
11. Strommessvorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 10, dadurch **gekennzeichnet**, dass diese in eine gasgekapselte Schaltanlage (GIS) integriert ist.
12. Strommessvorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 11, dadurch **gekennzeichnet**, dass zwei oder mehrere Wandler in Kaskaden geschaltet sind.
13. Strommessvorrichtung nach Patentanspruch 12, dadurch **gekennzeichnet**, dass das an

Hochspannung liegende Kaskadenelement über einen im Leitungszug des zu messenden Stromes liegenden Stromwandler (18) gespie-
sen ist, der mit diesem Kaskadenelement fest
verbunden ist.

14. Strommessvorrichtung nach einem der Patent-
ansprüche 1 bis 13, dadurch *gekennzeichnet*,
dass der auf Erdseite liegende sekundärseitige
Kreis des Stromwandlers so ausgebildet ist,
dass ein Relaisanschluss (21) und ein Messan-
schluss (22) separat herausgeführt sind (Fig.
5), wobei der Messanschluss (22) mit einer
Kompensationseinrichtung (23) versehen ist
und Messanschluss (22) und Kompensations-
einrichtung (23) von einer Drossel (24) mit
Eisenkern überbrückt sind und die Drossel (24)
so ausgelegt ist, dass sie im Überstrombereich
in die Sättigung gerät, so dass im Kurz-
schlussmessbereich des Wandlers der Sekun-
därkreis bezüglich seiner Bebürdung entlastet
wird.

15. Strommessvorrichtung nach einem der Patent-
ansprüche 1 bis 14, dadurch *gekennzeichnet*,
dass der Messanschluss (22) mit einer Kom-
pensationseinrichtung (23) versehen ist, die
vorzugsweise der Winkelkompensation dient.

16. Strommessvorrichtung nach Patentanspruch
15, dadurch *gekennzeichnet*, dass die Kom-
pensationseinrichtung (23) eine lineare Indukti-
vität (26), die mit dem Messanschluss (22) in
Reihe liegt, und einen ohmschen Widerstand
(27), der parallel zur genannten Reihenschal-
tung (22,26) angeschlossen ist und entspre-
chend eingestellt die gewünschte Korrektur ei-
nes Winkelfehlers in positiver oder negativer
Richtung bewirkt, umfasst.

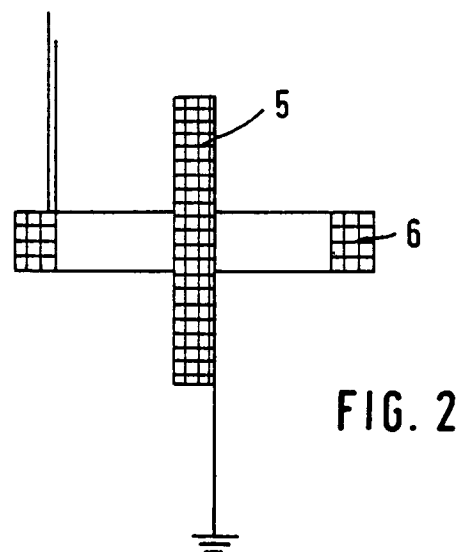
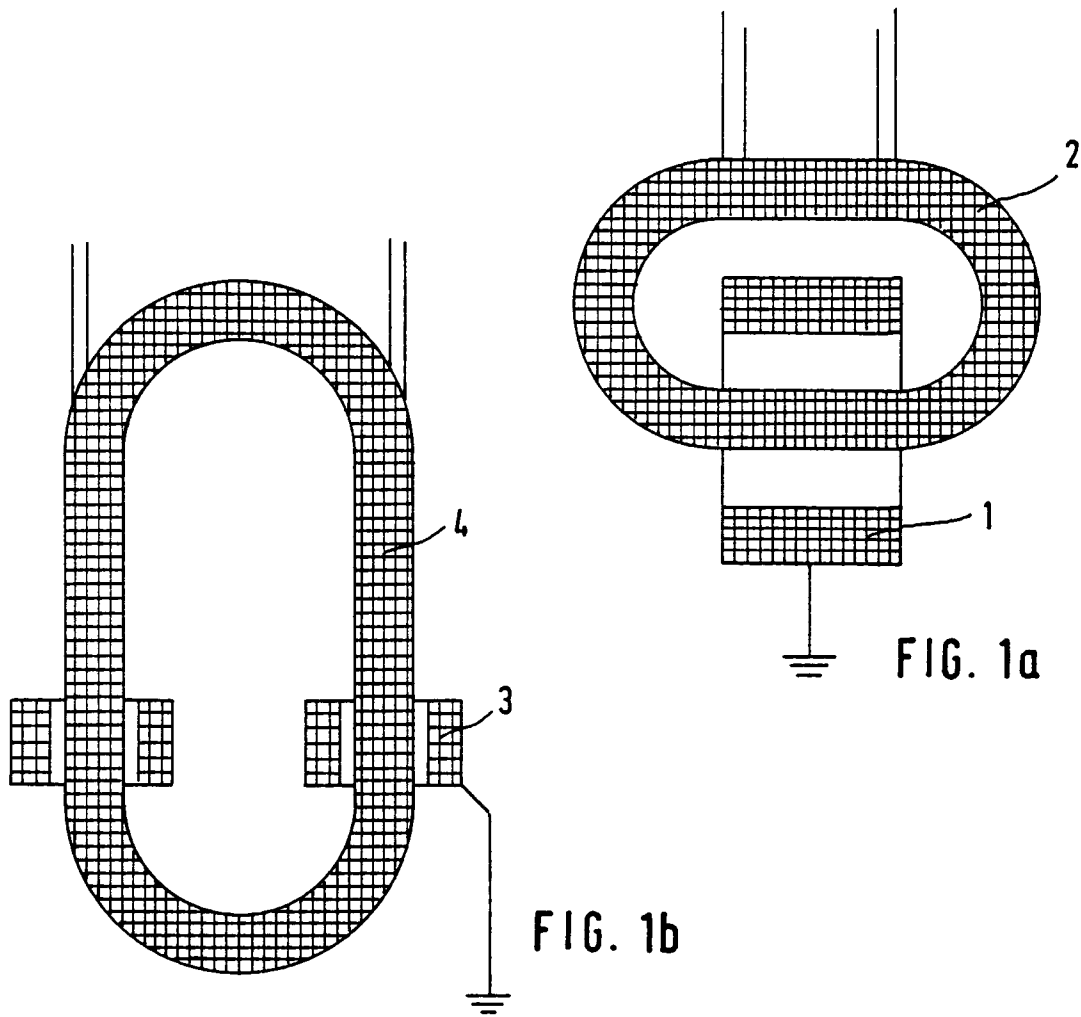
17. Strommessvorrichtung nach Patentanspruch
16, dadurch *gekennzeichnet*, dass die für die
Winkelfehlerkompensation erforderliche Induk-
tivität (26) in Serie zur Messbürde liegend
durch einen, zweckmässig an einem Anpas-
stransformator liegenden, Kondensator (29) in
Serie zu Messkreis (22) und Induktivität (26)
geschaltet kompensiert ist, so dass die Kom-
pensionsinduktivität keine Belastung des Se-
kundärkreises des Wandlers darstellt, und
gleichzeitig durch den Anschluss einer Sätti-
gungsdrossel (30) parallel zu Kondensator
(29), Kompensationsdrossel und Messbürde
die Entlastung des Sekundärkreises im Über-
strombereich auch auf den Kondensator (29)
erstreckt ist.

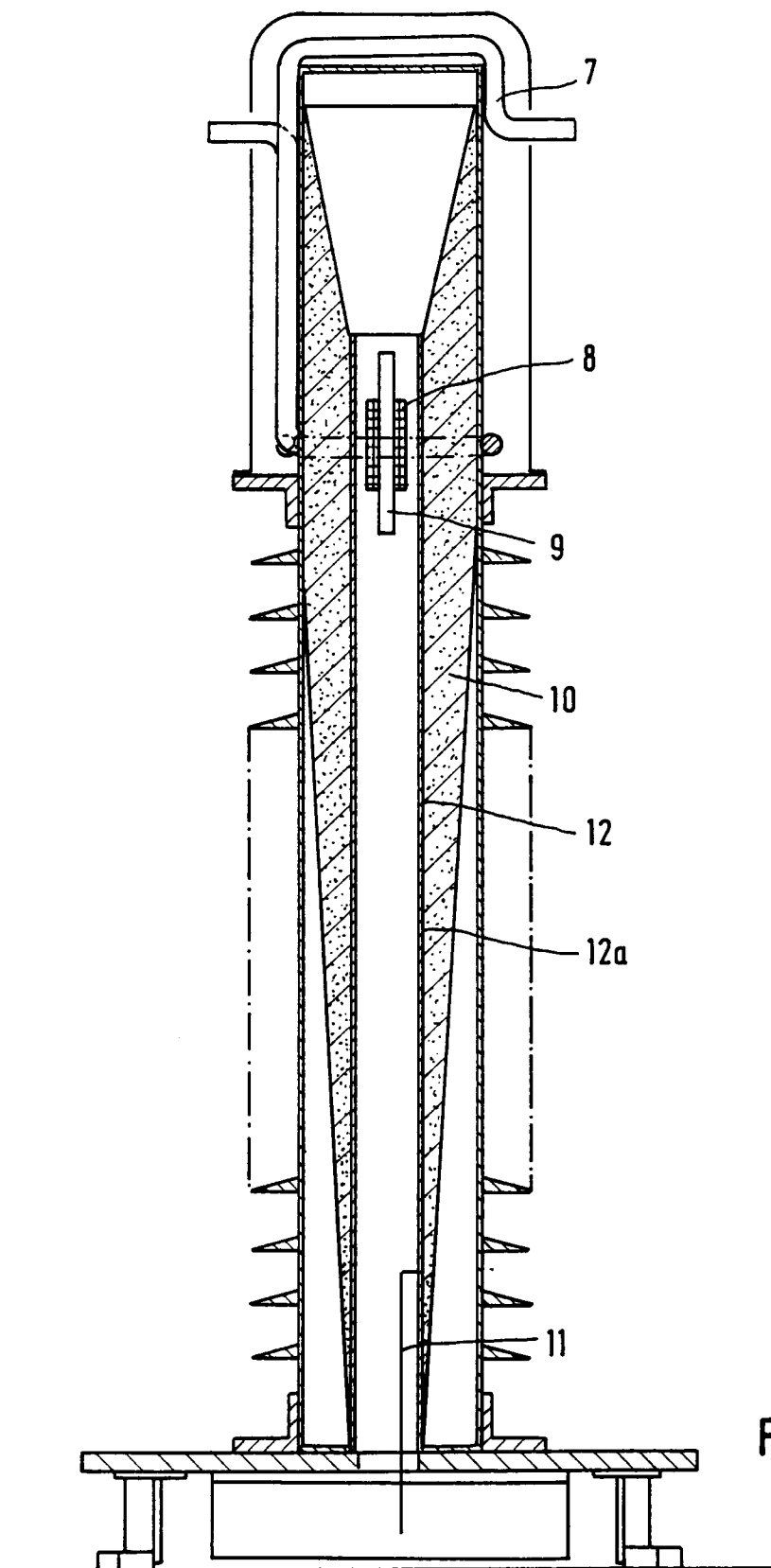
18. Strommessvorrichtung nach einem der Patent-
ansprüche 1 bis 17, dadurch *gekennzeichnet*,
dass Primär- (7,33) und Sekundärwicklung
(8,32) verschachtelt ausgeführt sind, sodass
die Strommessvorrichtung infolge ihrer ausge-
prägten Linearität insbesondere für Präzisions-
messungen geeignet ist.

19. Strommessvorrichtung nach einem der Patent-
ansprüche 1 bis 18, dadurch *gekennzeichnet*,
dass die Hochspannungsisolation (10) durch
leitende Zwischenbeläge zum Spannungsab-
bau kapazitiv gesteuert ist.

20. Strommessvorrichtung nach Patentanspruch
19, dadurch *gekennzeichnet*, dass einer (20)
der Zwischenbeläge in Erdpotentialnähe zur
Spannungsmessung herausgeführt ist.

21. Strommessvorrichtung nach einem der Patent-
ansprüche 1 bis 20, dadurch *gekennzeichnet*,
dass die Hochspannungswicklung innen um
den Kern angeordnet ist und die Niederspan-
nungswicklung aussen liegt.





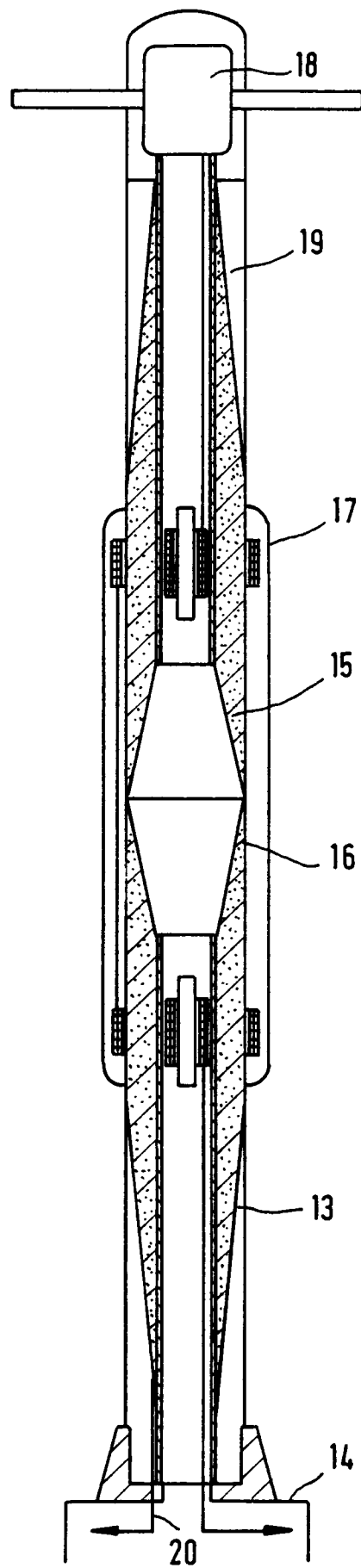


FIG. 4

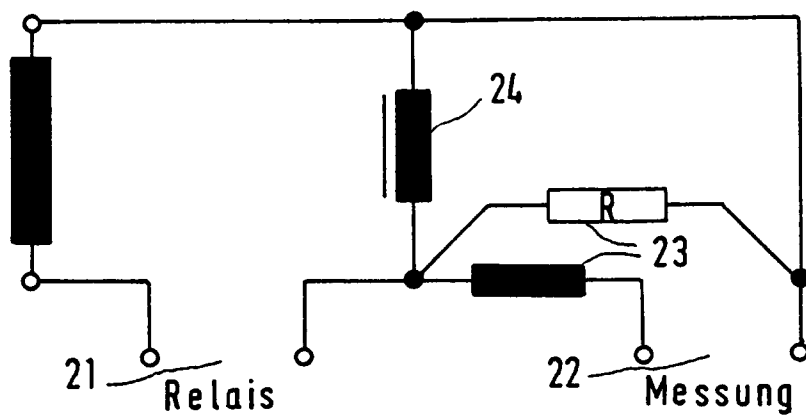


FIG. 5

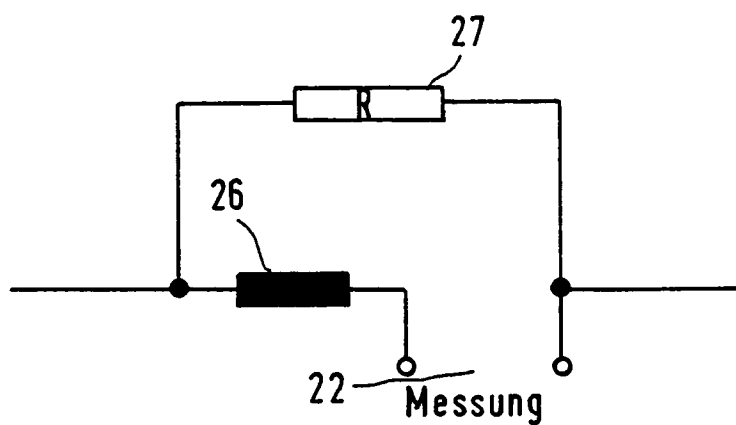


FIG. 6

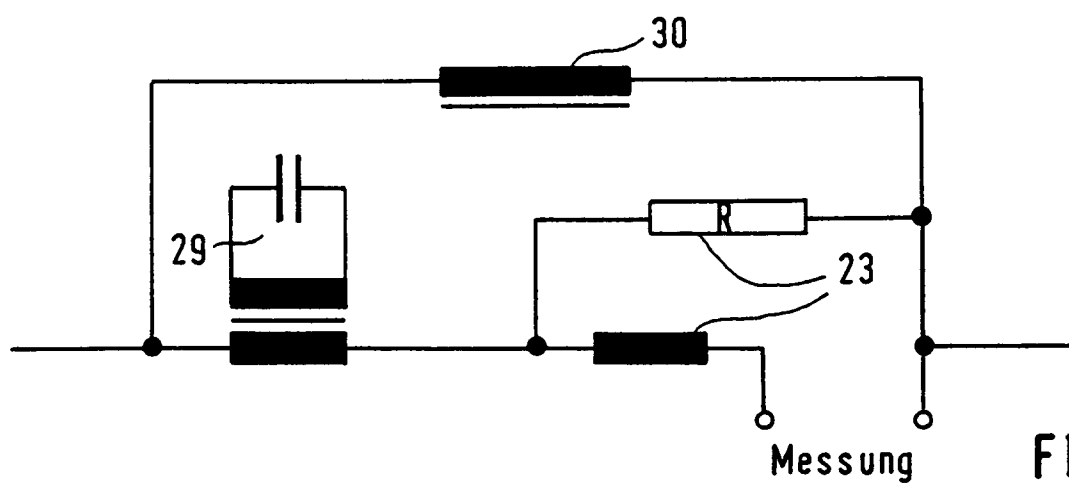


FIG. 7

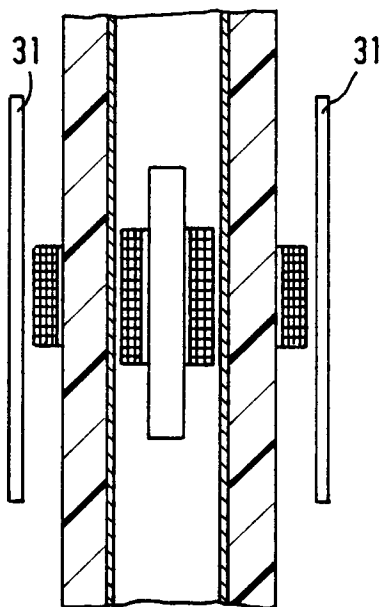


FIG. 8

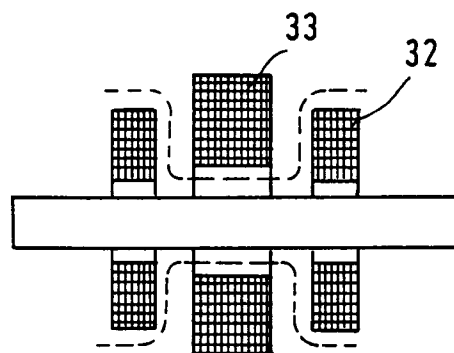


FIG. 9

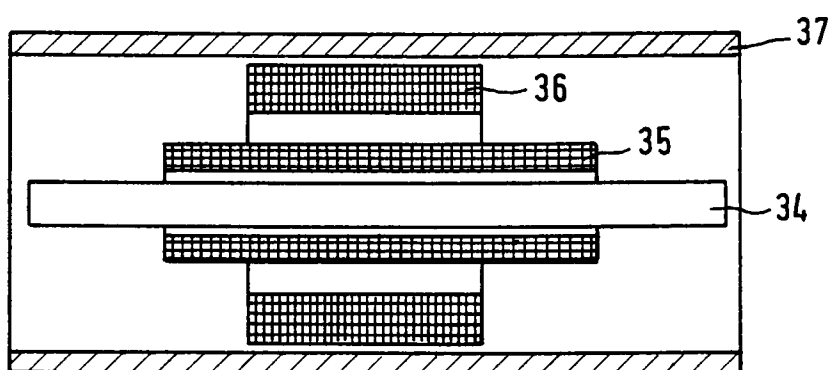


FIG. 10