



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 105 054.6**
(22) Anmeldetag: **12.06.2012**
(43) Offenlegungstag: **12.12.2013**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **25.05.2016**

(51) Int Cl.: **G01R 21/00 (2006.01)**
G01R 15/14 (2006.01)
G01R 31/00 (2006.01)
H01F 27/28 (2006.01)
G01R 21/06 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Maschinenfabrik Reinhausen GmbH, 93059
Regensburg, DE**

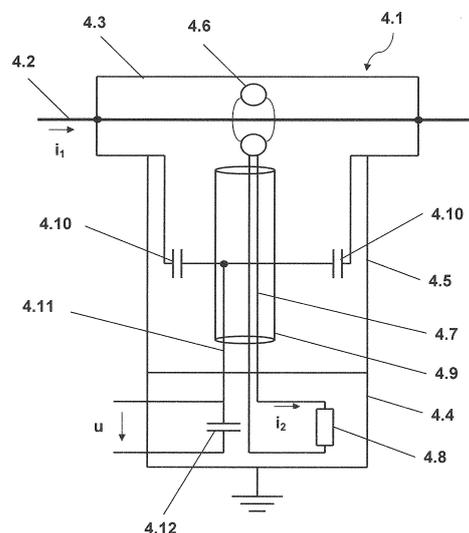
(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(72) Erfinder:
**Thiede, Andreas, 01465 Schönborn, DE; Birke,
Jörg, 01156 Dresden, DE; Pietsch, Ralf, Dr., 01896
Pulsnitz, DE**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Leistungsmessung**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung (4.1) zur Leistungsmessung an Leistungstransformatoren, wobei die Vorrichtung (4.1) an einen stromdurchflossenen Leiter (4.2) anschließbar ist, wobei die Vorrichtung (4.1) ein oberes Gehäuse (4.3) und ein unteres Gehäuse (4.4) aufweist, wobei ein Oberspannungskondensator (4.10) und ein Niederspannungskondensator (4.12) zur Bestimmung der Spannung des stromdurchflossenen Leiters (4.2) vorgesehen sind, wobei eine Spule (4.6) und ein Nebenschlusswiderstand (4.8) zur Bestimmung des Stromes des stromdurchflossenen Leiters (4.2) vorgesehen sind, wobei die Spule (4.6) konzentrisch um den stromdurchflossenen Leiter (4.2) im oberen Gehäuse (4.3) angeordnet ist, wobei der Niederspannungskondensator (4.12) und der Nebenschlusswiderstand (4.8) im unteren Gehäuse (3.8) angeordnet sind, wobei das obere Gehäuse (4.3) durch ein Stützrohr (4.5) mit dem unteren Gehäuse (4.4) mechanisch verbunden ist, wobei das obere Gehäuse (4.3) leitend mit dem stromdurchflossenen Leiter (4.2) verbunden ist und Hochspannungspotential aufweist, wobei das untere Gehäuse (4.4) Erdpotential aufweist, wobei das obere Gehäuse (4.3) und das untere Gehäuse (4.4) gegeneinander elektrisch isoliert sind, wobei das obere Gehäuse (4.3) und das Stützrohr (4.5) mit einem Isoliergas gefüllt sind, wobei ein Hohlzylinder (4.9) konzentrisch im Inneren des Stützrohres (4.5) angeordnet ist, der eine erste Leitung (4.7) zur Strommessung, die die Spule (4.6) mit dem Nebenschlusswiderstand (4.8) verbindet, und eine zweite Leitung (4.11) zur Spannungsmessung, die den Oberspannungskondensator (4.10) mit dem Niederspannungskondensator (4.12) verbindet, zum unteren Gehäuse (4.4) führt und

wobei der Oberspannungskondensator (4.10) im Inneren zwischen dem Stützrohr (4.5) und dem Hohlzylinder (4.9) angeordnet ist.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

| | | |
|----|-------------|----|
| DE | 00002428906 | A1 |
| DE | 102 13 845 | A1 |
| DE | 10 92 813 | B |
| DE | 971 878 | B |
| EP | 1 624 312 | A1 |
| EP | 2 116 854 | A1 |

**KÜCHLER, Andreas: Hochspannungstechnik.
2. Auflage. Berlin: Springer Verlag, 2005. Auszug
S. 364 - 367. - ISBN 978-3-540-21411-3**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Leistungsmessung an Leistungstransformatoren.

[0002] Die im Leerlauf und unter Last auftretenden Verlustleistungen sind ein wesentliches Qualitäts- und Gütekriterium von Leistungstransformatoren. Die Verlustleistungen werden deshalb in einer sogenannten Verlustleistungsmessung bei der Routine-, und Typprüfung von Leistungstransformatoren nach IEC Standard 60076-1 bzw. IEEE Standard C57.12.90-1999 überprüft. Die Größe der Verlustleistung wirkt sich beim Energieversorger direkt in Kosten aus und wird deshalb beim Kauf des Leistungstransformators gegenüber dem Hersteller penalisiert. Aus diesem Grund ist die Verlustleistung beim Kauf eines Leistungstransformators möglichst genau zu ermitteln, weshalb immer genauere Vorrichtungen zur Leistungsmessung benötigt werden.

[0003] Die Verlustleistungsmessung wird unterteilt in die Leerlaufmessung zur Ermittlung der Leerlaufverluste und in die Kurzschlussmessung zur Ermittlung der Kurzschlussverluste, auch Lastverluste genannt. Die Verlustleistung wird mit einem Auswertegerät bestimmt, welches die Daten eines Stromwandlers und eines Spannungswandlers nutzt.

[0004] Aus der DE 24 28 906 A1 ist eine Messeinrichtung für Ströme in einem Hochspannungsleiter bekannt. Diese besteht aus mehreren Widerständen, die in Reihe mit einer Hochspannungsleitung verschaltet und in einem Kopfgehäuse mit einem Gleichrichter und einem Spannungs-Frequenzumsetzer angeordnet sind. In einem Fußteil ist ein weiterer Widerstand angeordnet. Das Kopfgehäuse und das Fußteil sind über Stützer zu einander beabstandet angeordnet. Im Stützer selbst eingebettet sowie dessen Innerem sind Kondensatoren und ein Gleichrichter angeordnet. Über diese Kondensatoren ist der Widerstand im Fußteil mit dem Spannungs-Frequenzumsetzer und der Hochspannungsleiter verbunden.

[0005] Aus der DE 971 878 B ist ein Verfahren zur Messung von Strom, Spannung, Leistung oder anderen elektrischen Größen in Hochspannungsnetzen bekannt. Dabei werden die elektrischen Größen über den Wandlerkopf, der an einer Freileitung angeschlossen ist, von einem darin integrierten Geber gemessen, von einem Umformer in eine Tonfrequenz verarbeitet und anschließend an einen Übertrager weiter gegeben. Der Übertrager kommuniziert die Messwerte an einen Resonanzkreis der in dem, auf Erdpotential liegendem, Gehäuse angeordnet ist.

[0006] Aus dem Buch „Hochspannungstechnik“ von Andreas Kuchler, Seite 365ff, Springer Verlag, 2005 sind Strom- und Spannungswandler bekannt, die diese Daten für die Berechnung der auftretenden Ver-

lustleistungen liefern. Für die Bestimmung der Spannung sind insbesondere kapazitive Spannungswandler und für die Bestimmung des Stromes induktive Stromwandler besonders gut geeignet.

[0007] Fig. 1 zeigt einen aus dem Stand der Technik bekannten Aufbau eines solchen kapazitiven Spannungswandlers **1.1**. Dieser wird stets an einen stromdurchflossenen Leiter angeschlossen. Genauer gesagt werden an einen stromdurchflossenen Leiter **1.2** zwei in Reihe geschaltete Kondensatoren **1.3** und **1.4** angeschlossen. Der Niederspannungskondensator **1.4** im unteren Gehäuse **1.5** ist mit dem Erdpotential verbunden. Der Oberspannungskondensator **1.3** ist in einem separaten, isolierenden Stützrohr **1.6** angeordnet und trennt das Hochspannungspotential am oberen Gehäuse **1.7** vom Erdpotential des unteren Gehäuses **1.5**. Das obere Gehäuse **1.7**, welches die Verbindung zwischen dem Leiter **1.2** und dem Oberspannungskondensator **1.3** umgibt, liegt ebenfalls auf Hochspannungspotential. Aus dem Verhältnis der Kapazitäten der beiden Kondensatoren **1.3** und **1.4** sowie der gemessenen Spannung am Niederspannungskondensator **1.4** lässt sich die Spannung am stromdurchflossenen Leiter **1.2** ermitteln.

[0008] Für die Messung des Stromes werden meist induktive Stromwandler **2.1** verwendet. Der Aufbau eines derartigen Wandlers ist in Fig. 2 abgebildet. Dabei ist um den stromdurchflossenen Leiter **2.2** ein geschlossener, ringförmiger Eisenkern **2.3** angeordnet, um den eine Wicklung **2.4** gewickelt ist, in der ein Strom induziert wird, sobald ein Strom durch den Leiter **2.2** fließt. Ein Nebenschlusswiderstand (Bürde) **2.5** ist mit der Wicklung **2.4** in Reihe geschaltet. Durch Messung des Stromes am Nebenschlusswiderstand (Bürde) **2.4** kann der Strom im Leiter **2.2** bestimmt werden. Das Gehäuse der Vorrichtung ist dreiteilig ausgebildet. Das obere Gehäuse **2.6** umschließt den stromdurchflossenen Leiter **2.2** und ist über ein isolierendes Stützrohr **2.7** mit dem unteren Gehäuse **2.8** verbunden. Das obere Gehäuse **2.6** liegt auf Hochspannungspotential und das untere Gehäuse **2.8** auf Erdpotential.

[0009] Nachteilig bei der Nutzung separater Spannungs- und Stromwandler für die Prüfung dreiphasiger Transformatoren ist der benötigte Platzbedarf. Da die Messung gleichzeitig an jeder Phase erfolgen muss, werden drei Spannungs- und drei Stromwandler benötigt. Die Wandler nehmen viel Platz ein und sind somit an bestimmte Mindestvorgaben für den Bauraum gebunden.

[0010] Weiterhin ist aus dem Stand der Technik eine Vorrichtung bekannt, die beide Wandlerarten kombiniert; ein sog. Kombiwandler **3.1**. Dieser wird bei gasisolierten Schaltanlagen verwendet. Dabei besteht die Vorrichtung aus einem zweiteiligen Gehäuse. Das obere Gehäuse **3.2**, das mit einem isolierenden Gas

gefüllt ist, umschließt den stromdurchflossenen Leiter **3.3**. Im Inneren des oberen Gehäuses **3.2** befinden sich eine Ringspule **3.4** und ein Hochspannungskondensator **3.5**. Beide Teile sind um den stromdurchflossenen Leiter **3.3** angeordnet. Die Ringspule **3.4** ist mit einem Nebenschlusswiderstand **3.6** in Reihe geschaltet. Durch Messung des Stromes am Nebenschlusswiderstand **3.6** kann der Strom im Leiter **3.3** bestimmt werden (Stromwandler). Weiterhin ist der Hochspannungskondensator **3.5** mit einem Niederspannungskondensator **3.7** verbunden, anhand dessen die Spannung im Leiter **3.3** bestimmt wird (Spannungswandler). Der Niederspannungskondensator **3.7** und der Nebenschlusswiderstand **3.6** sind im unteren Gehäuse **3.8** untergebracht, welches gefertigt ist.

[0011] Dadurch, dass die Kapselung des gesamten Kombiwandlers **3.1** auf Erdpotential liegt, müssen Durchführungen verwendet werden, um die Leiter, an denen Hochspannungspotential anliegt, durch das Innere, also in das obere Gehäuse **3.2**, führen zu können. Da die Isolierung des Hochspannungspotentials gegenüber dem Erdpotential mit Hilfe des Isoliergases gewährleistet wird, müssen mit steigendem Potential die Durchführungen länger und damit auch größer gestaltet werden. Aus diesem Grund ist dieser Kombiwandler **3.1** nur für gasisolierte Schaltanlagen geeignet und nicht für Leistungsmessungen an Leistungstransformatoren.

[0012] Ein weiterer Nachteil der aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen besteht darin, dass transiente Vorgänge, hervorgerufen durch z. B. benachbarte Stoßspannungsprüfungen die Sensoren empfindlich beschädigen können. Gängige Praxis ist es, in derartigen Fällen die Wandler durch besondere Schutzmaßnahmen, wie z. B. Trennung des Sensors vom Netz und gesondertem Erden, temporär EMV-technisch zu schützen. Damit ist allerdings ein erhöhter Aufwand bei der Vor- und Nachbereitung derartiger Prüfungen verbunden.

[0013] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Leistungsmessung an Leistungstransformatoren bereitzustellen, die kompakt aufgebaut ist, unempfindlich gegenüber transienten Vorgängen hervorgerufen durch benachbarte Quellen ist und an Leistungstransformatoren mit hohem Spannungspotential angeschlossen werden kann.

[0014] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zur Leistungsmessung an Leistungstransformatoren mit den Merkmalen des ersten Patentanspruchs gelöst. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

[0015] Die allgemeine erfinderische Idee besteht darin, einen Stromwandler und ein Spannungswandler in einem Gerät zu kombinieren und das Erdpoten-

tial von Hochspannungspotential durch ein Stützrohr voneinander zu isolieren, um das Gerät dadurch an hohes Spannungspotential von 100 kV und mehr anschließen zu können.

[0016] Die Erfindung soll nachfolgend an Hand der Zeichnung noch näher erläutert werden.

[0017] Fig. 4 zeigt eine Vorrichtung **4.1** zur Leistungsmessung, die an einem stromdurchflossenen Leiter **4.2** angeordnet ist. Diese Vorrichtung **4.1** besteht aus einem oberen Gehäuse **4.3**, einem unteren Gehäuse **4.4** sowie einem dazwischen angeordneten Stützrohr **4.5**. Das obere Gehäuse **4.3** und das untere Gehäuse **4.4** besteht aus einem Metall, vorzugsweise Stahl. Das Stützrohr **4.5** ist aus einem Isolierstoff, vorzugsweise GFK ausgebildet. Aufgrund der leitenden Verbindung zwischen dem Leiter **4.2** und dem oberen Gehäuse **4.3** liegt das Hochspannungspotential am oberen Gehäuse **4.3** an, wohingegen am untern Gehäuse **4.4** das Erdpotential anliegt. Da das obere Gehäuse **4.3** und das Stützrohr **4.5** mit einem Isoliergas beispielsweise SF₆ gefüllt sind, sind beide Potentiale voneinander elektrisch isoliert.

[0018] Im Inneren des oberen Gehäuses **4.3** ist um den Leiter **4.2** eine Spule **4.6** angeordnet. Diese Spule **4.6** ist über die erste elektrische Leitung **4.7** mit einem Nebenschlusswiderstand **4.8** verbunden. Die erste Leitung **4.7** verlaufen jedoch nicht unmittelbar durch das Stützrohr **4.5**, sondern durch einen im Stützrohr **4.5** konzentrisch angeordneten Hohlzylinder **4.9**, der aus einem Isolierstoff wie z. B. GFK besteht. Zur Bestimmung des Stromes im Leiter **4.2** wird der Strom am Nebenschlusswiderstand **4.8** gemessen.

[0019] Das Hochspannungspotential des oberen Gehäuses **4.3** wird zunächst an einen Oberspannungskondensator **4.10** geführt, der sich zwischen dem Stützrohr **4.5** und dem Hohlzylinder **4.9** angeordnet ist. Anschließend verläuft eine elektrische zweite Leitung **4.11** in das Innere des Hohlzylinders **4.9** und danach in das untere Gehäuse **4.4**, in der sie den Oberspannungskondensator **4.10** mit einem Niederspannungskondensator **4.12** elektrisch verbindet. Am Niederspannungskondensator **4.12** kann die Spannung des Leiters **4.2** bestimmt werden.

[0020] Vorteilhaft bei der Erfindung ist die besonders kompakte Bauweise. Durch das Vereinen des Spannungswandlers mit dem Stromwandler wird die benötigte Grundfläche, die von den Geräten im Prüffeld beansprucht wird, wesentlich reduziert. Zumal für jede Phase jeweils ein Spannungswandler und ein Stromwandler benötigt werden. Da in einem Prüffeld dielektrische Abstände eingehalten werden müssen, wirkt sich die platzsparende Bauweise in diesem Bereich sehr vorteilhaft aus. Somit können die Kosten für die Gesamtprüfanordnung reduziert werden.

[0021] Da für die Messungen nur eine Spule **4.6** an den stromdurchflossenen Leiter angeschlossen werden muss, wird weniger Raum für den Anschluss der Anlage benötigt. Außerdem wird der Vorgang des Anschließens, also die Installation, erheblich vereinfacht.

[0022] Durchführungen, die der Isolierung dienen und das Spannungspotential erhöhen, sind nicht mehr notwendig. Diese Aufgabe erfüllt nun das Stützrohr **4.5** mit dem oberen Gehäuse **4.3** in Verbindung mit der Isoliergasfüllung, bei der es sich insbesondere um SF₆ handeln kann.

[0023] Durch die besonders gute Isolierung des Hochspannungspotentials gegenüber dem Erdpotential, herrschen besonders vorteilhafte Spannungsverteilungen innerhalb des Kombiwandlers. Das isolierende Stützrohr **4.5** sowie das spannungstragende obere Gehäuse **4.3** in Verbindung mit der Isoliergasfüllung ermöglichen den Anschluss dieser Komponenten an ein sehr hohes Spannungspotential von 100 kV und mehr ohne die Verwendung von zusätzlichen Durchführungen.

[0024] Ein weiterer Vorteil der Vorrichtung **4.1** besteht darin, dass diese auch bei transienten Vorgängen, hervorgerufen von benachbarten Quellen, am Leiter **4.2** angeschlossen bleiben kann. Die Vorrichtung **4.1** ist somit robuster gegenüber starken EMV Belastungen.

Bezugszeichenliste

| | |
|------------|----------------------------------|
| 1.1 | Spannungswandler |
| 1.2 | stromdurchflossener Leiter |
| 1.3 | Oberspannungskondensator |
| 1.4 | Niederspannungskondensator |
| 1.5 | unteres Gehäuse |
| 1.6 | Stützrohr |
| 1.7 | oberes Gehäuse |
| 2.1 | Stromwandler |
| 2.2 | stromdurchflossener Leiter |
| 2.3 | Eisenkern |
| 2.4 | Wicklung |
| 2.5 | Nebenschlusswiderstand |
| 2.6 | oberes Gehäuse |
| 2.7 | Stützrohr |
| 2.8 | unteres Gehäuse |
| 3.1 | Kombiwandler |
| 3.2 | oberes Gehäuse |
| 3.3 | stromdurchflossener Leiter |
| 3.4 | Ringspule |
| 3.5 | Oberspannungskondensator |
| 3.6 | Nebenschlusswiderstand |
| 3.7 | Niederspannungskondensator |
| 3.8 | unteres Gehäuse |
| 4.1 | Vorrichtung zur Leistungsmessung |
| 4.2 | stromdurchflossener Leiter |
| 4.3 | oberes Gehäuse |

| | |
|-------------|----------------------------|
| 4.4 | unteres Gehäuse |
| 4.5 | Stützrohr |
| 4.6 | Spule |
| 4.7 | erste Leitung |
| 4.8 | Nebenschlusswiderstand |
| 4.9 | Hohlzylinder |
| 4.10 | Oberspannungskondensator |
| 4.11 | zweite Leitung |
| 4.12 | Niederspannungskondensator |

Patentansprüche

1. Vorrichtung (**4.1**) zur Leistungsmessung an Leistungstransformatoren,
wobei die Vorrichtung (**4.1**) an einen stromdurchflossenen Leiter (**4.2**) anschließbar ist,
wobei die Vorrichtung (**4.1**) ein oberes Gehäuse (**4.3**) und ein unteres Gehäuse (**4.4**) aufweist,
wobei ein Oberspannungskondensator (**4.10**) und ein Niederspannungskondensator (**4.12**) zur Bestimmung der Spannung des stromdurchflossenen Leiters (**4.2**) vorgesehen sind,
wobei eine Spule (**4.6**) und ein Nebenschlusswiderstand (**4.8**) zur Bestimmung des Stromes des stromdurchflossenen Leiters (**4.2**) vorgesehen sind,
wobei die Spule (**4.6**) konzentrisch um den stromdurchflossenen Leiter (**4.2**) im oberen Gehäuse (**4.3**) angeordnet ist,
wobei der Niederspannungskondensator (**4.12**) und der Nebenschlusswiderstand (**4.8**) im unteren Gehäuse (**3.8**) angeordnet sind,
wobei das obere Gehäuse (**4.3**) durch ein Stützrohr (**4.5**) mit dem unteren Gehäuse (**4.4**) mechanisch verbunden ist,
wobei das obere Gehäuse (**4.3**) leitend mit dem stromdurchflossenen Leiter (**4.2**) verbunden ist und Hochspannungspotential aufweist,
wobei das untere Gehäuse (**4.4**) Erdpotential aufweist,
wobei das obere Gehäuse (**4.3**) und das untere Gehäuse (**4.4**) gegeneinander elektrisch isoliert sind,
wobei das obere Gehäuse (**4.3**) und das Stützrohr (**4.5**) mit einem Isoliergas gefüllt sind,
wobei ein Hohlzylinder (**4.9**) konzentrisch im Inneren des Stützrohres (**4.5**) angeordnet ist, der eine erste Leitung (**4.7**) zur Strommessung, die die Spule (**4.6**) mit dem Nebenschlusswiderstand (**4.8**) verbindet, und eine zweite Leitung (**4.11**) zur Spannungsmessung, die den Oberspannungskondensator (**4.10**) mit dem Niederspannungskondensator (**4.12**) verbindet, zum unteren Gehäuse (**4.4**) führt und
wobei der Oberspannungskondensator (**4.10**) im Inneren zwischen dem Stützrohr (**4.5**) und dem Hohlzylinder (**4.9**) angeordnet ist.

2. Vorrichtung (**4.1**) zur Leistungsmessung an Leistungstransformatoren nach Anspruch 1, wobei es sich bei dem Isoliergas, insbesondere um SF₆ handelt.

3. Vorrichtung (4.1) zur Leistungsmessung an Leistungstransformatoren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei das obere Gehäuse (4.3) aus einem elektrisch leitfähigem Material besteht, vorzugsweise Stahl.

4. Vorrichtung (4.1) zur Leistungsmessung an Leistungstransformatoren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Stützrohr (4.5) aus einem Isolierstoff, vorzugsweise GFK, besteht.

5. Vorrichtung (4.1) zur Leistungsmessung an Leistungstransformatoren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Hohlzylinder (4.9) aus einem Isolierstoff, vorzugsweise GFK, besteht.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Stand der Technik

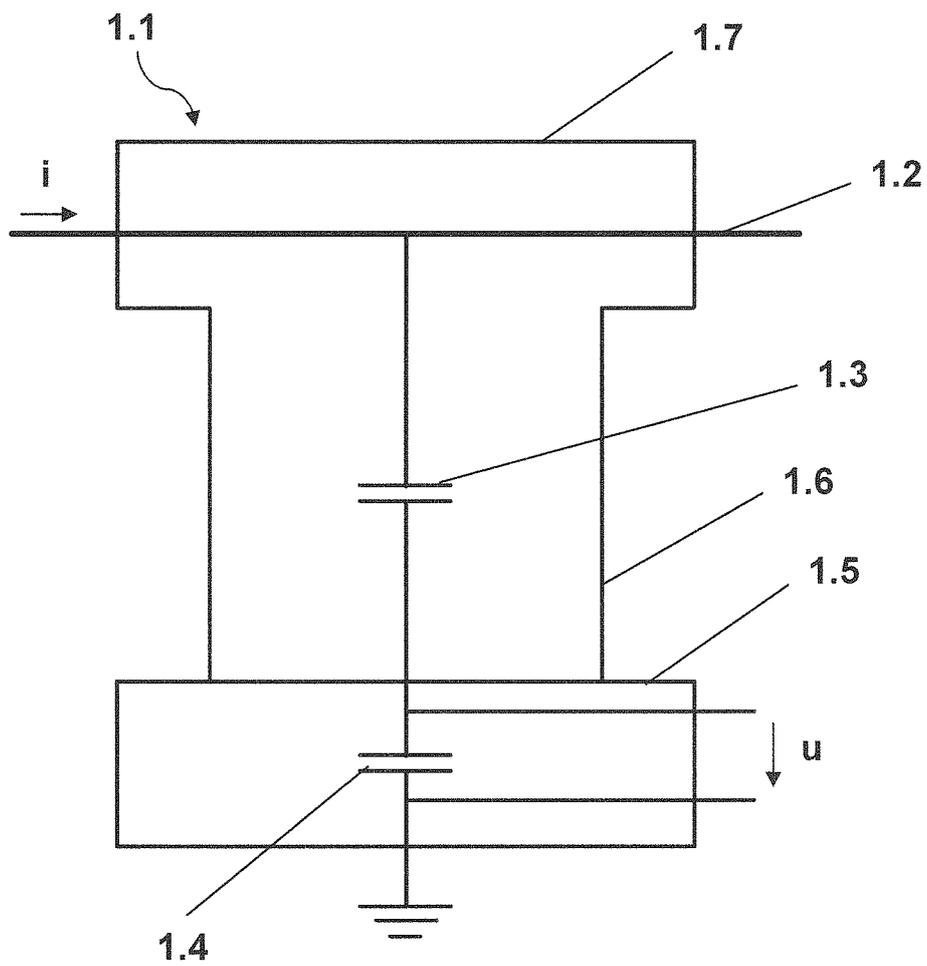


Fig. 1

Stand der Technik

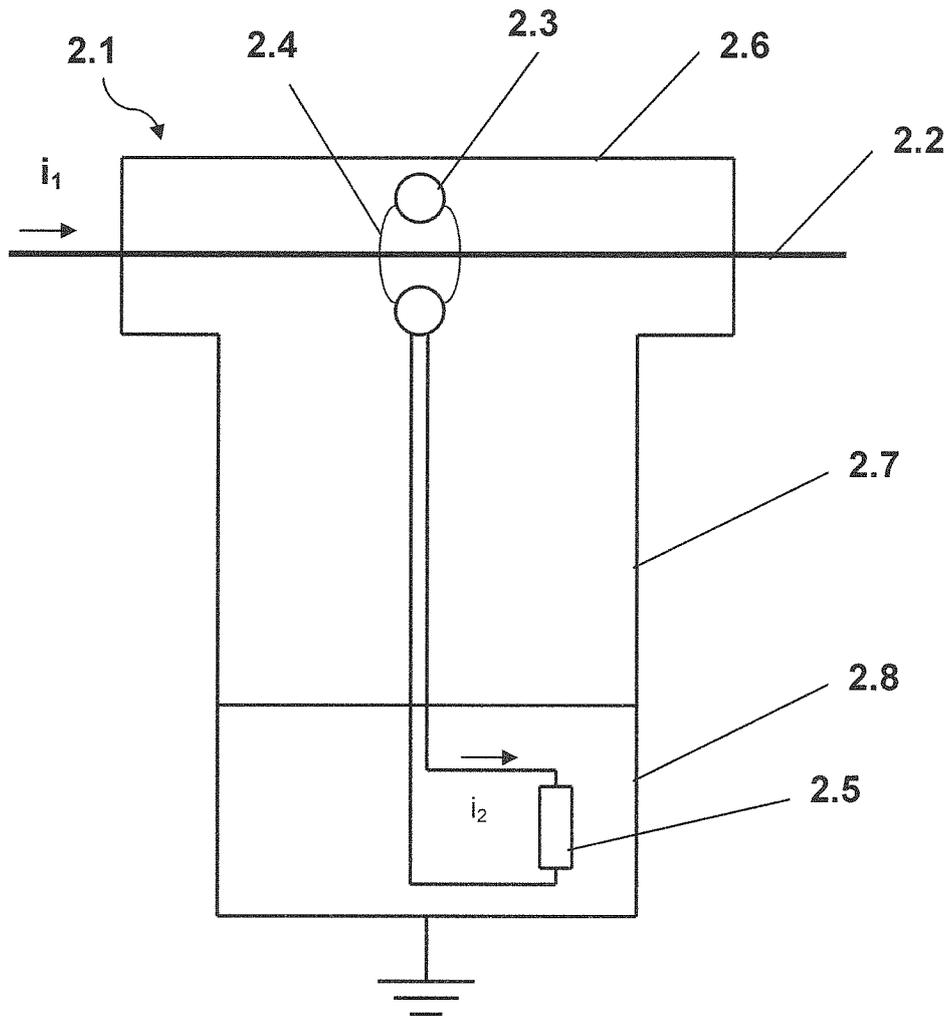


Fig. 2

Stand der Technik

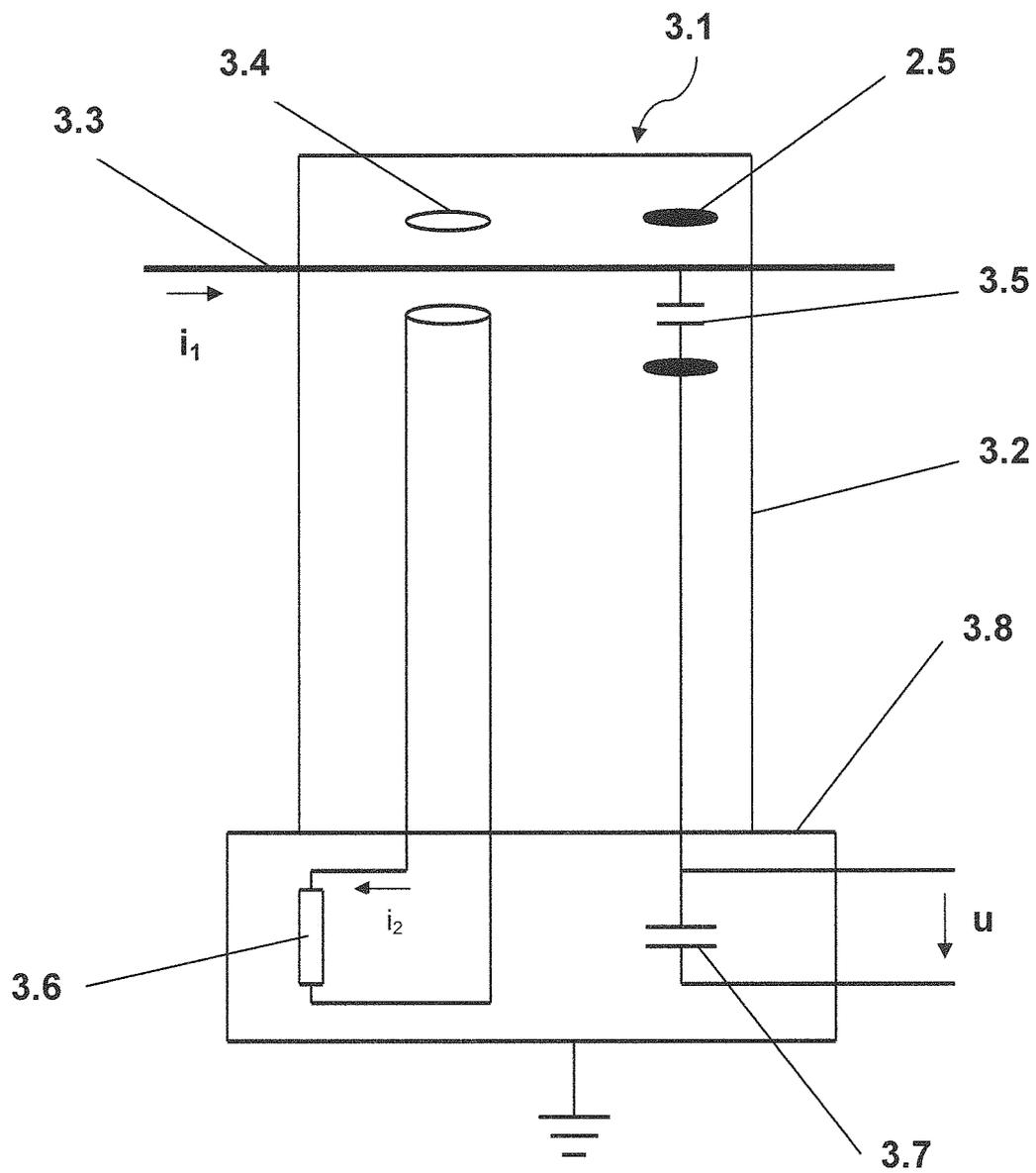


Fig. 3

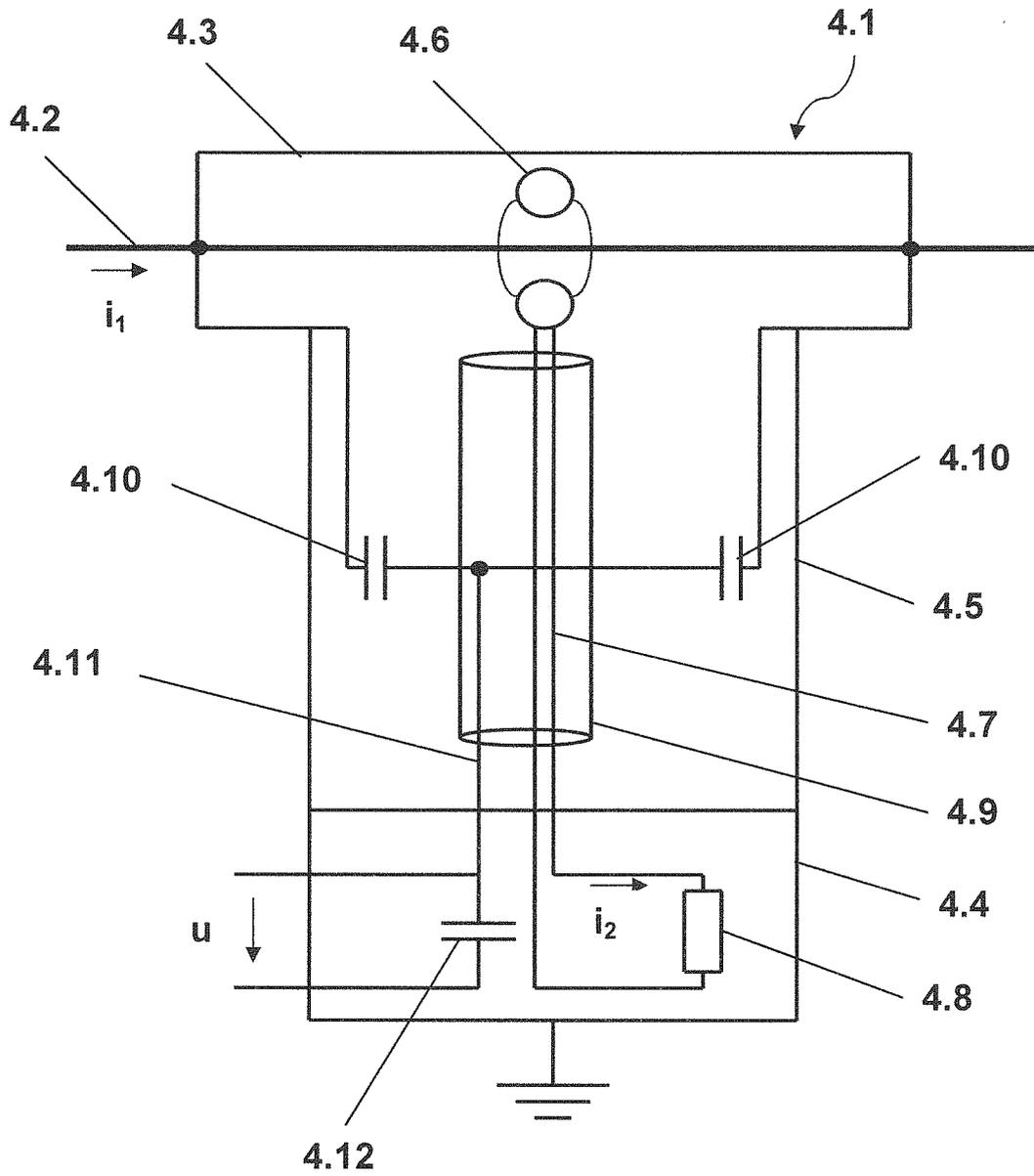


Fig. 4