



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 02 304 T2 2004.02.19**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 153 304 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 02 304.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IE00/00012**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 901 863.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/45183**

(86) PCT-Anmeldetag: **28.01.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **03.08.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **14.11.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **23.04.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.02.2004**

(51) Int Cl.7: **G01R 11/04**
B29B 17/02

(30) Unionspriorität:

990061	29.01.1999	IE
990607	16.07.1999	IE

(73) Patentinhaber:

Suparules Ltd., Castletroy, IE

(74) Vertreter:

**Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel,
80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(72) Erfinder:

**MCCORMACK, Michael, County Limerick, IE;
SORENSEN, Thomas, County Limerick, IE**

(54) Bezeichnung: **STROMMESSZANGE UND ELEKTRIZITÄTSZÄHLER**

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] Diese Erfindung betrifft Stromverbrauchszähler und eine Stromsonde zur Verwendung in derartigen Zählern.
- [0002] Normale elektromechanische Stromverbrauchszähler weisen einige oder alle der folgenden Nachteile auf.
- [0003] Sie alle verbrauchen eine bedeutende Energiemenge, um zu funktionieren. Der IEC-Standard für Zähler der Klasse II beträgt < 2 Watt. Dieser Leistungsverbrauch beläuft sich auf zwischen 0,25 % bis 0,5 % der gesamten verbrauchten Leistung. Die durch Zählung verursachten Verluste sind daher beträchtlich.
- [0004] Sie weisen Trägheitsprobleme beim Anlaufen auf; folglich müssen sie eine bestimmte Energiemenge entnommen haben, bevor sie mit dem Registrieren beginnen.
- [0005] Sie können nur von Fachleuten installiert werden und ihre Installation ist zeitaufwendig. Elektromechanische Zähler müssen fest an einer ebenen Fläche in einer senkrechten Position befestigt werden. In Gebieten, wie zum Beispiel der ehemaligen Sowjetunion, wo die Verbrauchszählung zum ersten Mal umfangreich installiert wird, sind die Kosten der Installation der elektromechanischen Zähler hoch.
- [0006] In herkömmlichen Eindrahtstromsonden (siehe **Fig. 1**) umgibt eine Schleife **1** aus magnetischem Material einen stromführenden Leiter **2** und eine Spule **3**, die eine große Anzahl von Windungen des Drahtes umfasst, der um das magnetische Material **1** gewickelt ist. Dieser Typ der Sonde beruht auf dem Ampere'schen Gesetz, welches besagt, dass das Integral des Magnetfeldes um eine geschlossene Schleife, die eine Stromquelle umgibt, gleich dem eingeschlossenen Strom ist.
- [0007] In einer sorgfältig durchkonstruierten Sonde dieser Art ist die in der Spule **3** induzierte Spannung oder Strom nicht von der Position der Stromquelle (Leiter **2**) innerhalb des Querschnittes abhängig, der von dem geschlossenen Magnetkern **1** umgeben ist. Außerdem ist das Verhältnis der Aufnahmespannung oder -stromes von der Stromquelle **2** innerhalb des geschlossenen magnetischen Ringkerns **1**, verglichen mit der Messwertaufnahme von der gleichen Quelle, wenn sie sich außerhalb des geschlossenen magnetischen Ringkerns befindet, sehr groß, z. B. $> 1000 : 1$.
- [0008] Dies stellt sicher, dass sich die Einstreuung von Störstromquellen, die dicht neben der Sonde, aber außerhalb des magnetischen Ringkerns angeordnet sein können, nicht auf die Messungen auswirkt, die von der erforderlichen Quelle erhalten werden, welche innerhalb angeordnet ist.
- [0009] Ein Nachteil dieses Typs der Sonde ist jedoch ihr Preis. Der Magnetkern muss in zwei oder mehr Abschnitten hergestellt werden, um zu ermöglichen, dass der Kern geöffnet und geschlossen werden kann, so dass der Leiter hineingesteckt werden kann. Um eine genaue Messung durchzuführen, ist die Ausrichtung der zwei Abschnitte beim Schließen entscheidend, da die Anforderung besteht, dass sogar ein kleiner Luftspalt zwischen den Abschnitten beim Zusammentreffen nicht erlaubt ist.
- [0010] Die US-Patentschrift Nr. 5,057,769 offenbart eine Sonde, die einen Spalt **4** (siehe **Fig. 2**) in einer kontinuierlich gewickelten nichtmagnetischen Kernspule **5** aufweist, um das Hineinstecken der Stromquelle zu ermöglichen. Um die wünschenswerten Merkmale des geschlossenen nichtmagnetischen Kerns **5** der kontinuierlichen Wicklung beizubehalten, wurde versucht, die Spannungskomponente, die durch die Spulenwindungen aufgenommen worden wäre, welche entfernt wurden, um den Luftspalt **4** bereitzustellen, durch Hinzufügen von zwei einzelnen Spulen **6** mit mehreren Windungen auf beiden Seiten des Spalts **4** wieder hinzuzufügen.
- [0011] Sogar mit der richtigen Anzahl von Windungen in diesen Spulen ist dies nur teilweise erfolgreich. Die Spannungsaufnahme der Sonde ist vom Ort des Quellenleiters innerhalb des inneren Querschnittes der Spule abhängig. Je näher der den Quellenstrom führende Leiter an dem Spalt oder den Wicklungen ist und je größer der Spalt ist, umso größer ist die Schwankung der Messwertaufnahme.
- [0012] Außerdem ist mit dieser Konstruktion die Messwertaufnahme von Quellen im Bereich **7** außerhalb des Querschnittes des Kernspalts nicht mehr vernachlässigbar und die Messwertaufnahme von einer externen Stromquelle erhöht sich mit zunehmendem Spalt oder dem Annähern der externen Quellen an den Spalt.
- [0013] Dies kann eine schwerwiegende Einschränkung darstellen, insbesondere wenn die Messungen zum Beispiel in einem Verteilerkasten durchgeführt werden, wo in einem begrenzten Raum eine große Anzahl von Leitern, die verschiedene Ströme führen, vorhanden sein kann.
- [0014] Die US-Patentschrift 3,626,291 offenbart eine Strommessvorrichtung, in welcher ein Satz von Spulen in einer kreisförmigen Anordnung angeordnet ist. Die Spulen sind in zwei Hälften eines Magnetkerns angeordnet, welcher geöffnet und geschlossen werden kann, um das Hineinstecken des Leiters zu ermöglichen. An der Stelle, wo die zwei Hälften zusammenschließen, ragt eine kleine Spule aus einer Hälfte in das Innere einer großen Spule von der anderen Hälfte hervor, um Luftspalte zu vermeiden.
- [0015] Die US-Patentschrift 5,057,769 offenbart einen Stromsensor für Wechselstrom, der eine im Allgemeinen C-förmige Spule mit einem Spalt zwischen ihren Enden aufweist. Ein Paar von Kompensationsspulen wird innerhalb des Spalts der Hauptspule angeordnet, so dass die Enden der Kompensationsspulen einen Spalt der Kompensationsspule definieren. Es ist angegeben, dass sich die Genauigkeit des Sensors und die Unter-

- drückung von Fremdsignalen verbessert, wenn das Verhältnis des Spalts der Hauptspule zum Spalt der Kompensationsspule gleich der Quadratwurzel aus Drei ist.
- [0016] Die US-Patentschrift 5,426,360 offenbart eine Vorrichtung zur Überwachung der elektrischen Versorgungsleitung, in welcher ein die Isolation durchstechender Spannungssensor manuell betätigt wird, um die elektrische Isolation der Netzleitung zu durchstechen und den Kontakt zum Leiter herzustellen.
- [0017] Die US-Patentschrift 4,709,205 offenbart einen induktiven Strommesssensor, der mehrere Spulen umfasst, die elektrisch in Reihe auf einer vieleckigen Umrisslinie verbunden sind, um einen Leiter zu umgeben, wobei die vieleckige Spulenanordnung auf einer Leiterplatte hergestellt ist, die eine mittige Öffnung aufweist und der Sensor so konstruiert ist, um dauerhaft auf einem bestimmten Stromleiter zu sitzen. Er ist folglich als ein Universalstromzähler nicht verwendbar.
- [0018] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen preisgünstigen Stromverbrauchszähler niedriger Leistung bereitzustellen, der sich schnell und leicht installieren lässt, und welcher, falls gewünscht, an vorhandenen Netzinstallationen nachgerüstet werden kann. Insbesondere ist es eine Aufgabe, einen Zähler bereitzustellen, welcher mühelos an Haushaltsstromversorgungen befestigt werden kann.
- [0019] Es ist eine weitere Aufgabe, eine verbesserte Sonde bereitzustellen, die weniger stör anfällig von externen Quellen als in dem Stand der Technik ist, ohne von teuren Konstruktionen Gebrauch zu machen.
- [0020] Die Erfindung nach Anspruch 1 stellt eine Stromsonde zum Messen des Stromes in einem Leiter bereit, die mehrere Spulen umfasst, die miteinander in Reihe in einer Anordnung verbunden sind, welche im Wesentlichen das Kabel umgeben, in welchem der Strom zu messen ist, wobei die Spulen im Wesentlichen in der Form einer offenen Schleife gleichweit entfernt angeordnet werden, mit einem Spalt, der zwischen zwei Spulen in der Schleife bereitgestellt wird, wobei der Spalt das Einführen des Leiters in das Innere der Schleife ermöglicht.
- [0021] In einer insbesondere bevorzugten Stromsonde werden die Spulen in zwei konzentrischen Spulenschleifen angeordnet, jede Schleife wird in Reihe geschaltet und jede Schleife weist einen Spalt zwischen zwei der Spulen auf, wobei die Spalte das Einführen eines Leiters in das Innere der konzentrischen Schleifen ermöglichen.
- [0022] In solch einer Ausführungsform wird vorzugsweise auch ein elektronischer Schaltkreis zum Vergleichen der Messwertaufnahme von externen Quellen bereitgestellt, die auf jede der beiden Schleifen einwirkt und eine Ausgabe bereitstellt, welche diese Messwertaufnahme basierend auf den jeweiligen Abmessungen der Schleifen kompensiert.
- [0023] Eine Ausführungsformen der Erfindung wird nun beispielhaft mit Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben, in welchen:
- [0024] **Fig. 1** eine Darstellung einer ersten bekannten Stromsondenanordnung ist;
- [0025] **Fig. 2** eine Darstellung einer zweiten bekannten Stromsondenanordnung ist;
- [0026] **Fig. 3** eine Perspektivansicht eines Zählers gemäß der Erfindung mit abgenommener vorderer Platte ist;
- [0027] **Fig. 4** eine Draufsicht der vorderen Platte des Zählers von **Fig. 3** ist;
- [0028] **Fig. 5** ein horizontaler Querschnitt durch den Zähler ist.
- [0029] **Fig. 6** eine Schutzvorrichtung für den Zähler veranschaulicht;
- [0030] **Fig. 7** ein Schaubild der Stromsonde gemäß der Erfindung ist, das schematisch die Anordnung der Spulen in dem Zähler von **Fig. 3** bis **6** veranschaulicht;
- [0031] **Fig. 8** eine Querschnittsdraufsicht einer Einzelheit des Zählers von **Fig. 3** bis **6** ist, die die Anordnung der Spulen darin zeigt; und
- [0032] **Fig. 9** ein Schaubild einer alternativen Stromsonde gemäß der Erfindung ist, welche in den Zählern der Erfindung eingebaut werden kann.
- [0033] In der folgenden Beschreibung werden die Ausdrücke der Orientierung nur der Handhabung halber verwendet und sollen nicht die Orientierung des Zählers in Gebrauch einschränken.
- [0034] Bezug nehmend auf **Fig. 3** bis **5** ist ein Stromverbrauchszähler zum Messen und Anzeigen der Energiemenge gezeigt, die von einem Paar von Netzstromkabel und Nulleiterkabel **22**, **24** jeweilig geliefert wird, wobei jedes eine innere leitende Ader aufweist, die von einem äußeren Mantel aus isolierendem Material umgeben ist.
- [0035] Der Zähler umfasst ein Gehäuse **10**, das in zwei Teilen gebildet wird, auf die hierin als eine hintere Platte **12** und eine vordere Platte **14** verwiesen wird, die aus einem elektrisch isolierenden Kunststoffmaterial gegossen sind. Die hintere Platte **12** ist ein massiver Block, der eine ebene hintere Fläche **16** und eine geformte vordere Fläche **18** aufweist.
- [0036] Die hintere Platte **12** weist zwei Bohrungen **20** auf, um Befestigungsvorrichtungen wie Schrauben oder Bolzen (nicht gezeigt) aufzunehmen, welche ermöglichen, die hintere Platte mit ihrer hinteren Fläche **16** eben an einer Wand oder anderen Stützfläche (ebenfalls nicht gezeigt) hinter den Netzstromkabeln **22**, **24** zu befestigen. Die letzteren werden in Gebrauch über der vorderen Fläche **18** der hinteren Platte **12** angeordnet, so dass jedes in und längs eines jeweiligen eines Paares von parallelen vertikalen Führungskanälen **26**, **28** in der

- Fläche **18** liegt. Die vordere Fläche **18** weist ebenfalls ein Paar von Aussparungen **30** auf, die dicht, eine auf jeder Seite des oberen Endes des Kanals **28**, der das Nulleiterkabel **24** enthält, angeordnet sind.
- [0037] Die vordere Platte **14**, welche hohl ist, um eine Leiterplatte **32** und einen zu beschreibenden LCD-Zähler **34** zu enthalten, weist ein geformte hintere Fläche **36** und eine im Wesentlichen ebene vordere Fläche **38** auf. Die hintere Fläche **36** weist ein Paar von parallelen vertikalen Rippen **40, 42** und ein Paar von parallelen Vorsprüngen **44** auf, die dicht, einer auf jeder Seite des oberen Teils der Rippe **42**, angeordnet sind. Die Rippen **40, 42** und Vorsprünge **44** auf der hinteren Fläche **36** sind so geformt und angeordnet, dass sie im Wesentlichen ergänzend zu den Kanälen **26, 28** und Aussparungen **30** in der vorderen Fläche **18** der hinteren Platte **12** sind.
- [0038] In Gebrauch, wenn die hintere Platte **12** an einer Wand oder anderen Stützfläche mit den Kabeln **22, 24** befestigt wurde, die in den Kanälen **26, 28** angeordnet sind, wie beschrieben, wird die vordere Platte **14** für die hintere Platte **12** mit den Rippen **40, 42** jeweilig passungsgenau mit den Kanälen **26, 28** und den Vorsprüngen **44** jeweilig passungsgenau mit den jeweiligen Aussparungen **30** angeboten, und die vordere Platte wird anschließend in Richtung der hinteren Platte geschoben, so dass die Rippen in die Kanäle hineingehen und die Vorsprünge in die Aussparungen hineingehen. Die vordere Platte **14** wird an der hinteren Platte **12** in dieser Position durch vier Bolzen **46** festgeklemmt, welche durch die vordere Platte gehen und in die jeweiligen Schraubgewindeeinsätze **48** einrasten, die in der hinteren Platte eingelassen sind, wobei die Bolzen **46** festgezogen werden, bis die hintere Fläche **36** der vorderen Platte an die vordere Fläche **18** der hinteren Platte anstößt.
- [0039] Wie in **Fig. 5** ersichtlich, ist die Breite jedes Kanals **26, 28** im Wesentlichen die gleiche wie der Durchmesser des jeweiligen Kabels **22** oder **24**, wohingegen die Tiefe jeder Rippe **40, 42** kleiner als die Tiefe des entsprechenden Kanals **26, 28** um einen Abstand ist, der im Wesentlichen der gleiche wie der Durchmesser des jeweiligen Kabels **22** oder **24** ist. Folglich wird, wenn die zwei Platten **12, 14** zusammen befestigt werden, wie oben erwähnt, jedes Kabel **22, 24** anliegend in einer jeweiligen vertikalen Bohrung **50** des viereckigen Querschnittes in dem Gehäuse **10** aufgenommen.
- [0040] Jede Rippe **40, 42** weist einen jeweiligen elektrischen Kontakt **52** auf, **Fig. 4**, der darin fest eingelassen ist, wobei jeder Kontakt ein nach vorn zeigendes Ende **54** aufweist, das mittig aus dem freien Ende der Rippe hervorsticht. Folglich durchsticht, wenn die vordere und die hintere Platte **12, 14** zusammengeklammert werden, wie oben erwähnt, jedes vordere Ende **54** eines Kontaktes **52** automatisch den isolierenden Mantel des entsprechenden Kabels **22** oder **24**, um den elektrischen Kontakt mit der leitenden Ader herzustellen. In Gebrauch greifen daher die Kontakte **52** die Momentanspannung über den Kabeln **22, 24** ab.
- [0041] Außer den Kontakten **52** zum Abgreifen der Spannung über den Kabeln **22** und **24** enthält die vordere Platte **14** ebenfalls eine oder mehr Spulen zum Erfassen des Momentanstromes in dem Nulleiterkabel **24** durch Induktion und Bereitstellen eines Ausgangssignals, das diesem Strom entspricht. In der veranschaulichten bevorzugten Ausführungsform von **Fig. 3 bis 5** wird dieses Erfassen von einer Reihe von Spulen **56** (ausführlicher unten mit Bezug auf **Fig. 7 bis 9** beschrieben) bewirkt, die in und hinter den Vorsprüngen **44** eingelassen sind, um das Kabel **24** an drei Seiten zu umgeben. Der Fachmann wird jedoch erkennen, dass die Konstruktion des oben erörterten Zählers geeignete Stromerfassungsmittel verwenden kann, wohingegen die Vorteile der leichten Herstellung und Installation erhalten bleiben.
- [0042] Die von den Kontakten **52** abgegriffene Spannung und der Ausgang der Stromerfassungsspulen **56** werden an eine Energieberechnungsschaltung (nicht gezeigt) angeschlossen, die auf der Leiterplatte **32** montiert ist. Diese Schaltung kann von herkömmlichem Schaltungsentwurf sein und wird angeordnet, um in bekannter Weise aus der abgegriffenen Spannung und dem erfassten Strom die elektrische Energie in kWh zu berechnen, die von den Kabeln **22, 24** geliefert wird. Die Schaltung steuert einen LED-Zähler **34** an, welcher das berechnete Ergebnis anzeigt.
- [0043] Um das Manipulieren des Zählers zu verhindern, muss der Kopf **46a**, **Fig. 6**, von mindestens einem der Bolzen **46** aus der vorderen Fläche **38** der vorderen Platte **14** hervorstehen und eine Querbohrung **58** aufweisen. Direkt unter jedem solchen Bolzen ist eine jeweilige Fahne **60** vorhanden, die hervorsticht aus und fest in der vorderen Fläche **38** eingelassen ist, wobei jede Fahne eine Bohrung **62** aufweist. Ein Draht **64**, der durch die Bohrung **58** und die Bohrung **62** geht und bei **66** abgedichtet ist, verhindert, dass der Bolzen **46** genügend gedreht wird, um die vordere Platte **14** von der hinteren Platte **12** zu entfernen.
- [0044] Die Anordnung der Spulen wird nun ausführlicher mit Bezug auf eine Stromsonde beschrieben, die in **Fig. 7** veranschaulicht ist.
- [0045] Die Sonde umfasst eine Reihe von N (in diesem Fall N = 7) identischen Rogowski-Spulen **56**, die auf dem Umfang eines Kreises mit gleichem Abstand angeordnet sind.
- [0046] Der Abstand zwischen jedem Paar benachbarter Spulen **56** kann verwendet werden, um einen zu messenden Stromleiter hineinzustecken, so dass der stromführende Leiter teilweise von dem kreisförmigen Spulenfeld umgeben ist. Diese Anordnung leidet in gewissem Grade an den gleichen Effekten wie die Sonde von **Fig. 2** (d. h. die Spannungsmesswertaufnahme der Sonde ist von dem Ort des Quellenleiters innerhalb des inneren Querschnittes der Spule abhängig und die Messwertaufnahme von außerhalb des Kernspalts

muss berücksichtigt werden).

[0047] An dieser Stelle ist es nützlich, die Arbeitsweisen der Sonden zu vergleichen, die in **Fig. 2** und **7** gezeigt sind.

[0048] In der Konstruktion von **Fig. 2** ist die Schwankung der Messwertaufnahme umso größer, je dichter der stromführende Leiter an dem Spalt oder den Wicklungen ist. Wie erwartet, je größer der Spalt ist, umso größer ist die Schwankung der Pegel der Messwertaufnahme. Diese Schwankung kann jedoch innerhalb akzeptabler Grenzen gehalten werden. Zum Beispiel können Schwankungen kleiner als $\pm 3\%$ mit Spalten von ungefähr 1,6 cm erhalten werden, wenn der Quellenstromleiter auf einen rechtwinkligen Bereich **8** (**Fig. 2**) begrenzt wird, welcher in einem Abstand D (annähernd 10 mm) von der Mitte des Spalts beginnt und in einem Abstand C (ebenfalls annähernd 10 mm) von den kontinuierlichen Windungen **5** endet.

[0049] Unter Verwendung der Konstruktion von **Fig. 7** mit den oben angegebenen Abmessungen kann die erhaltene Anzeigeabweichung ebenfalls kleiner als $\pm 3\%$ gehalten werden, wenn der Stromleiter auf den rechtwinkligen Bereich **68** begrenzt wird, der kleiner als die Breite des Spalts ist und sich vertikal von der punktierten Linie, die im Abstand D angeordnet ist, wo $D = 10$ mm, von dem Umfang diametral entgegengesetzt erstreckt. Diese Arbeitsweise ist der in **Fig. 2** dargestellten Sondenkonstruktion sehr ähnlich.

[0050] Unter Verwendung jedoch der Konstruktion von **Fig. 7** wird der Messfehler wegen dieser Effekte kleiner, wenn sich die Anzahl N der einzelnen Spulen erhöht.

[0051] Wenn sich jedoch die Anzahl N der Spulen für einen vorgegebenen Durchmesser F des Kreises erhöht, verringert sich der Spalt zwischen den einzelnen Spulen, wie der Durchmesser des Leiters, der hineingesteckt werden kann. Vorzugsweise verwendet man die mögliche maximale Anzahl von einzelnen Spulen, die noch den größten in der Anwendung erforderlichen Leiterdurchmesser aufnimmt. Wenn zum Beispiel die Konstruktion einen maximalen Quellenleiterdurchmesser von 14 mm erfordert und die Spulen in einem Kreis mit einem Durchmesser $F = 42,5$ mm angeordnet werden, dann beträgt die maximale Anzahl von einzelnen Spulen, die verwendet werden können, sieben. Dies lässt Platz für Breiten der einzelnen Spulen von G von 2 mm und eine Gehäusedicke von 1 mm.

[0052] Ein sehr wichtiges Merkmal der Sondenkonstruktion ist das Aufnahmeverhältnis oder das Störungsverhältnis R zwischen der Messwertaufnahme von einer externen Quelle **9** (siehe **Fig. 2**) in einem Abstand x von dem Spalt und der Messwertaufnahme von der gleichen Quelle, wenn sie in dem Messbereich **8** angeordnet ist. Dieses Verhältnis R sollte möglichst gering gehalten werden.

[0053] Für eine typische sorgfältig durchkonstruierte Sonde mit der Bauform von **Fig. 2** zeigt Tabelle 1 den berechneten Wert des Aufnahmeverhältnisses R , ausgedrückt als ein Prozentsatz für ansteigende Werte von x , ausgedrückt in mm. Die Abmessungen des kontinuierlichen Spulenabschnittes **15** der Sonde wurden mit 50 mm Länge mal 31 mm Breite in den Berechnungen von Tabelle 1 genommen. Diese Abmessungen sind für diesen Typ der Sonde typisch.

TABELLE 1

R%	x mm
22	4
12	6
7	8
4	10
2,1	12
1,2	14
0,8	16
0,6	18
0,5	20
0,4	22
0,32	24
0,28	26
0,20	34

[0054] Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass, um einen Fehler kleiner als 2% wegen einer Störquelle des gleichen Stromwertes wie die gemessene Quelle zu erhalten, der Abstand x größer als ungefähr 12 mm sein muss. Da der minimale Wert von D in dieser Konstruktion 10 mm ist, muss dann der Mindestabstand ($x + D$) zwischen der Störquelle und der gemessenen Quelle größer als 22 mm sein.

[0055] Es ist in dem Fall eines Verteilerkastens zum Beispiel durchaus möglich, dass der Störquellenstrom um einen Faktor von Zehn oder mehr größer als der gemessene Strom sein könnte. Für einen Faktor der Zehnerdifferenz muss der Abstand x zu der Quelle größer als 34 mm sein, um einen maximalen Fehler von kleiner als 2% wegen der Störung zu erhalten, und folglich würde der Gesamtabstand zwischen der gemessenen

Quelle und der Störquelle größer als 44 mm sein.

[0056] Das Aufnahmeverhältnis R, wie oben definiert, ist in Tabelle 2(a) für die Sonde von **Fig. 7** gezeigt, die einen Durchmesser F von 42,5 mm aufweist.

TABELLE 2(a)

R %	x mm
20	4
13,3	6
8,6	8
5,6	10
3,7	12
2,54	14
1,7	16
1,2	18
0,87	20

F = 42,5 mm

N = 7

[0057] Beim Vergleichen von Tabelle 1 und Tabelle 2(a) ist ersichtlich, dass für Werte von x kleiner als 6 mm das System von **Fig. 7** etwas besser als das von **Fig. 2** ist. Mit der Zunahme von x jedoch über 6 mm kann das System von **Fig. 7** um mehr als einen Faktor 2 bei x = 18 mm besser sein.

[0058] **Fig. 8** zeigt eine einfache Ausführungsform einer derartigen Spulenordnung ausführlicher. In **Fig. 8** sind ein Abschnitt der hinteren Platte **12** und der vorderen Platte **14** in der Nähe der Rippe **42**, die Vorsprünge **44** und das Nulleiterkabel **24** zu sehen. Es ist ersichtlich, dass das Nulleiterkabel **24** durch das vordere Ende **54** des Kontaktes **52** durchstochen ist, welcher über einen Spannungsabnahmeleiter **60** mit der Leiterplatte (nicht gezeigt) verbunden ist. Die Spannung zwischen dem Netzstromleiter und dem Nulleiter wird verwendet, um die Messschaltung der Leiterplatte und die LCD-Anzeige zu speisen.

[0059] Der Einfachheit halber zeigt **Fig. 8** eine Reihe von nur fünf Spulen **56**, die über dem Umfang eines Kreises angeordnet und in Reihe geschaltet sind. Ein Spalt zwischen den zwei obersten (wie in **Fig. 8** ersichtlich) Spulen **56** nimmt das Nulleiterkabel **24** auf. Die in der Reihe von Spulen erzeugte Spannung wird über ein Paar von Leitern **58** an die Leiterplatte übertragen, wo der Strom innerhalb des Nulleiters aus der Kalibrierung der Spulen **56** bestimmt wird.

[0060] Je größer die Anzahl der in gleichem Abstand angeordneten Spulen **56** und folglich je kleiner der Spalt zwischen benachbarten Spulen ist, umso empfindlicher wird die Vorrichtung sein, wenn diese Spulenordnung verwendet wird. Offensichtlich bezweckt man, wohingegen nur 5 Spulen der Einfachheit halber in der Ansicht von **Fig. 8** gezeigt sind, die Anzahl der Spulen durch Verändern der Konstruktion des Zählers und somit durch Verringern der Spaltgröße, die mit dem Durchmesser des Leiters vereinbar ist, zu maximieren.

[0061] Die Vorteile des oben beschriebenen Zählers sind, dass er zu niedrigem Preis hergestellt und leicht und schnell für vorhandene Netzsysteme installiert werden kann. Er kann konstruiert sein, um < 40 mW zur Eigenversorgung zu verwenden, was weniger als 2% der Leistung ist, die von vorhandenen ähnlichen Zählern benötigt wird. Er leidet nicht unter Trägheit und wird Leistung bei 50 Mal kleineren Pegeln als vorhandene Zähler registrieren.

[0062] Außerdem kann durch Verwenden der Stromsondenanordnung der Erfindung die Störung von externen Stromquellen erheblich verringert werden.

[0063] Obgleich das Vorerwähnte eine Ausführungsform beschrieben hat, wo der Zähler für die Verwendung mit einem einzelnen Paar von Netzstromkabel und Nulleiterkabel konstruiert ist, ist die Erfindung auf andere Netzsysteme anwendbar, zum Beispiel mit Drehstromkabel und einem Nulleiterkabel.

[0064] Die Stromsonde kann durch Hinzufügen eines zweiten Satzes von Spulen verbessert werden. Um zu verstehen, wie diese Verbesserung eintritt, wird das Aufnahmeverhältnis R nun für einen Satz von sieben Spulen geprüft, die denen oben für **Fig. 7** erörterten identisch sind, aber auf einem Kreis von 46,5 mm und nicht von 42,5 mm angeordnet sind.

[0065] Tabelle 2(b) zeigt das Aufnahmeverhältnis R für diese Anordnung von sieben Spulen als eine Funktion von x. Der Abstand x wird in diesem Fall aus dem Umfang des größeren Kreises gemessen.

TABELLE 2(b)

R %	x mm
25,2	4
17	6
11	8
8	10
5,4	12
3,7	14
2,6	16
1,9	18
1,37	20

F = 46,5 mm

N = 7

[0066] Wenn beide Sätze von sieben Spulen, jeder mit ihren Durchmessern, vorhanden sind, die sich um 4 mm unterscheiden, dann würde eine Störquelle in einem Abstand x von dem Umfang des inneren Kreises einen Abstand (x - 2) mm von dem äußeren Umfang aufweisen.

[0067] Wenn das Verhältnis R, das von dem inneren Satz in einem Abstand x aufgenommen wurde, wie in Tabelle 2(a) gezeigt, mit dem verglichen wird, das von dem gleichen Störungsort durch den äußeren Satz in einem Abstand von x - 2 aufgenommen wurde, wie in Tabelle 2(b) gezeigt, stellt man fest, dass sie sich im Pegel um den Faktor von ungefähr 2 unterscheiden, wobei der äußere Satz bis ungefähr den doppelten Störpegel des inneren Satzes aufnimmt. Der Handhabung halber sind die Tabellen 2(a) und (b) noch einmal nebeneinander dargestellt:

R %	x mm
20	4
13,3	6
8,6	8
5,6	10
3,7	12
2,54	14
1,7	16
1,2	18
0,87	20

R %	x mm
25,2	4
17	6
11	8
8	10
5,4	12
3,7	14
2,6	16
1,9	18
1,37	20

(a) F = 42,5 mm
N = 7

(b) F = 46,5 m
N = 7

TABELLE 2

[0068] Zum Beispiel wird eine Quelle bei x = 10 mm von den inneren Spulen ein Aufnahmeverhältnis R = 5,6 % in dem inneren Spulensatz aufweisen. Die gleiche Quelle ist 8 mm von den äußeren Spulen entfernt, in welchen ein Aufnahmeverhältnis von R = 11 % erzeugt wird.

[0069] Dieser Faktor 2 bleibt für verschiedene Werte von x immer konstant. Es ist daher möglich, ohne Rücksicht auf den Abstand x, einen großen Anteil der Störung durch Subtrahieren von ungefähr der Hälfte der von dem äußeren Satz aufgenommenen Spannung von der durch den unteren Satz aufgenommenen zu unterdrücken. Der Faktor von 0,5 ist ungefähr der richtige Faktor, der für die Durchmesser dieser zwei speziellen Spu-

lensätze, jeder sieben identische Spulen umfassend, zu verwenden ist.

[0070] Für größere Unterschiede zwischen den Durchmessern des inneren und des äußeren Spulensatzes nimmt der Faktor zu, wodurch die Störungsaufnahme von dem äußeren Satz größer als die des inneren Satzes ist. Zum Kompensieren muss man folglich einen kleineren Betrag der Aufnahme des äußeren Satzes von der des inneren Satzes subtrahieren, um die Störung möglichst gering zu halten. Die beste Störungsunterdrückung bei allen Abständen x wird durch Minimieren der Differenz zwischen den Durchmessern beider Sätze von Spulen, die vernetzt werden, erhalten. Vorzugsweise werden die einzelnen Spulendurchmesser (Abmessung "T" in **Fig. 7**) verringert, um in dieser Hinsicht beizutragen.

[0071] Die Bauform dieser minimalen Störsonde ist in **Fig. 9** zusammen mit einem Leistungsverstärker **70** gezeigt. Der Faktor der Aufnahmespannung von dem äußeren Satz, der von der Aufnahmespannung des inneren Satzes subtrahiert wird, ist direkt proportional zu dem Verhältnis der Widerstandswerte R_1/R_2 .

[0072] Tabelle 3 zeigt das Störungsverhältnis R als eine Funktion von x für die Spulenanordnung von **Fig. 9**. In dieser Tabelle wird x als der Abstand nach außen von einem Punkt auf halbem Weg zwischen dem inneren und dem äußeren Umfang gemessen. Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf einen Innendurchmesser von $F_1 = 42,5$ mm und einen Außendurchmesser von $F_2 = 47,5$ mm. R_1 ist in dieser Konstruktion gleich $0,52 R_2$ ausgewählt, so dass das effektive Eingangssignal die Spannungsaufnahme von dem inneren Satz minus $0,52$ Mal der Aufnahme von dem äußeren Satz ist.

[0073] Beim Vergleichen der Werte des Aufnahmeverhältnisses R von Tabelle 3 mit denen von Tabelle 1 (d. h. Vergleichen der Bauform von **Fig. 9** mit der von **Fig. 2**) ist ersichtlich, dass bei jedem Abstand x die Störung der neuen Sonde viel kleiner als die der alten Sonde ist. Die Unterdrückung ist tatsächlich um einen Mindestfaktor von $3,7$ Mal kleiner bei $x = 4$ mm und steigt auf einen Faktor von 33 Mal kleiner bei $x = 20$ mm an.

[0074] Die Bauform von **Fig. 9** zeigt folglich erhebliche Vorteile gegenüber der Bauform von **Fig. 2**, indem die Verwendung kleinerer Sonden mit weniger Störung ermöglicht wird.

TABELLE 3

R	x
%	mm
6	4
2,4	6
0,95	8
0,41	10
0,18	12
0,08	14
0,04	16
0,024	18
0,15	20

[0075] In bevorzugten Sonden gemäß der Erfindung kann daher, abhängig von den Konstruktionsänderungen bei den Abmessungen und den Anzahlen der Spulen, die doppelte Spulenanordnung von **Fig. 9** verwendet werden.

[0076] Ein insbesondere bevorzugter Stromverbrauchszähler gemäß der Erfindung enthält als seine Erfassungsmittel die Probenkonstruktion von **Fig. 9**.

[0077] Die Erfindung ist nicht auf die hierin beschriebenen Ausführungsformen begrenzt, welche modifiziert und abgeändert werden können, ohne vom Anwendungsbereich der Erfindung abzuweichen.

Patentansprüche

1. Stromsonde zum Messen von Strom in einem Leiter, die eine Mehrzahl von im Verhältnis zueinander befestigten Spulen (**56**) umfaßt, die einen gedachten geschlossenen Weg definieren, der den Leiter umgibt, und entlang dieses gedachten geschlossenen Weges, der den Leiter umgibt, im Wesentlichen gleich voneinander beabstandet sind, wobei die Spulen so in Reihe geschaltet sind, daß ein freier Spalt zwischen einem Paar benachbarter Spulen freigelassen wird, damit der Leiter in den geschlossenen Weg hinein eingeführt werden kann.

2. Stromsonde nach Anspruch 1, wobei die Spulen Rogowski-Spulen sind.

3. Stromsonde nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Weg ein Kreis mit einem darin befindlichen Spalt ist.

4. Stromsonde nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Spulen in zwei konzentrischen Spulenschleifen angeordnet sind, jede Schleife in Reihe geschaltet ist, jede Schleife einen Spalt zwischen zwei der Spulen in der Schleife aufweist und die Spalte das Einführen des Leiters in das Innere der konzentrischen Schleifen ermöglichen.
5. Stromsonde nach Anspruch 4, die weiterhin einen elektronischen Schaltkreis (R1, R2, Rf, **70**) zum Vergleichen der Messwertaufnahme von externen Quellen umfaßt, die auf jede der beiden Schleifen einwirken, und Bereitstellen einer Ausgabe, die diese Messwertaufnahme basierend auf den jeweiligen Abmessungen der Schleife kompensiert.
6. Stromverbrauchszähler, der eine Stromsonde nach einem der Ansprüche 1 bis 5 umfaßt.
7. Stromverbrauchszähler nach Anspruch 6, der weiterhin ein elektrisch isolierendes Gehäuse (**10**) zur Befestigung in Relation zu mindestens zwei Netzstromkabeln (**22, 24**) umfaßt, wobei jedes Netzstromkabel eine leitende Ader aufweist, die von einem Mantel aus isolierendem Material umgeben ist, und das Gehäuse Folgendes umfaßt: entsprechende elektrische Kontaktmittel (**52, 54**) zum Durchstechen des isolierenden Mantels jedes Kabels und zur Herstellung einer Verbindung mit der Ader, sowie Schaltkreismittel zur Berechnung (**32**) und Anzeige (**34**) der elektrischen Energie in Funktion zur Spannung an den Kontaktmitteln und an der Ausgabe der Stromsonde.
8. Stromverbrauchszähler nach Anspruch 7, wobei das Gehäuse ein erstes Teil (**12**) und ein zweites Teil (**14**) umfaßt, die im Verhältnis zueinander von einer ersten Position, in der die Kabel (**22, 24**) in das Gehäuse eingeführt werden können, zu einer zweiten Position, in der die Kabel in Relation zum Gehäuse befestigt sind, beweglich sind.
9. Stromverbrauchszähler nach Anspruch 8, wobei die Bewegung der Gehäuseteile zwischen der ersten und der zweiten Position die elektrischen Kontaktmittel (**52, 54**) veranlaßt, die Kabel (**22, 24**) automatisch zu durchstechen.
10. Stromverbrauchszähler nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Gehäuseteile in der ersten Position voneinander getrennt sind und die Gehäuseteile in der zweiten Position aneinander befestigt sind.
11. Stromverbrauchszähler nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Gehäuseteile in der ersten Position in einer offenen Position miteinander verbunden werden, um die Kabel zu empfangen, und in der zweiten Position in Richtung aufeinander zu geschlossen werden, um die Kabel darin zu befestigen.
12. Stromverbrauchszähler nach Anspruch 8, wobei das erste Teil eine hintere Platte (**12**) ist, die Mitteln (**26, 28**) für den Empfang der Kabel aufweist, und das zweite Teil eine vordere Platte (**14**) ist, die gegen die hintere Platte stößt, wobei die Kabel dazwischen gehalten werden und entweder die hintere Platte oder die vordere Platte mit den Kontaktmitteln (**52, 54**) versehen ist, wodurch die Kabel auf die Kontaktmittel gedrückt werden, wenn die hintere und vordere Platte zusammengebracht werden.
13. Stromverbrauchszähler nach Anspruch 8, der weiterhin Mittel (**46**) umfaßt, um das erste und das zweite Gehäuseteil in der zweiten Position miteinander zu verriegeln.
14. Stromverbrauchszähler nach Anspruch 13, der weiterhin Sicherungsmittel (**60, 64, 66**) umfaßt, die mit dem Verriegelungsmittel (**46**) zusammenwirken, um anzuzeigen, ob das Verriegelungsmittel manipuliert wurde.
15. Stromverbrauchszähler nach einem der Ansprüche 6 bis 14, wobei der gesamte Strombedarf des Zählers den Netzstromkabeln entnommen wird.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

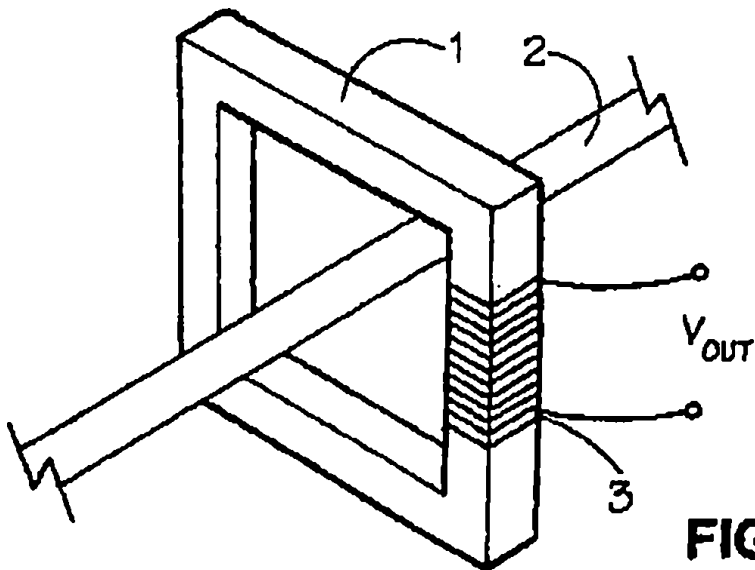


FIG. 1.
STAND DER TECHNIK

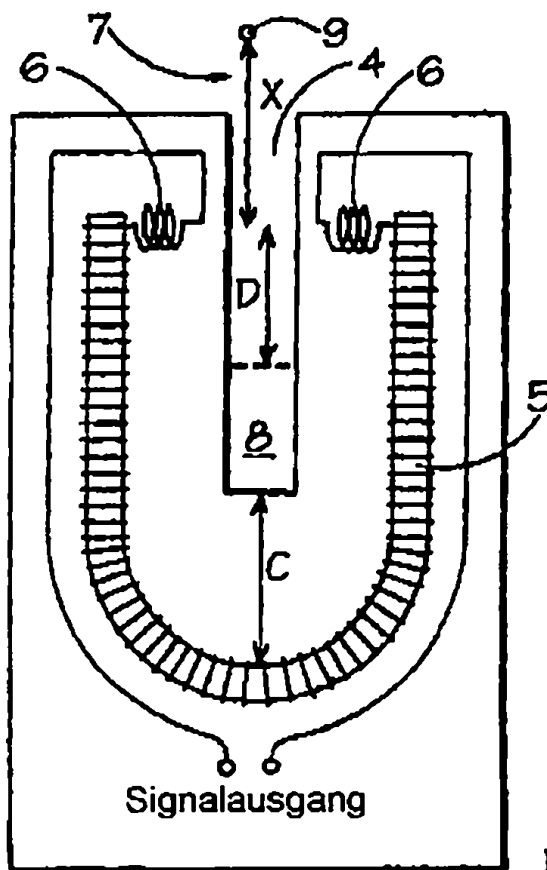
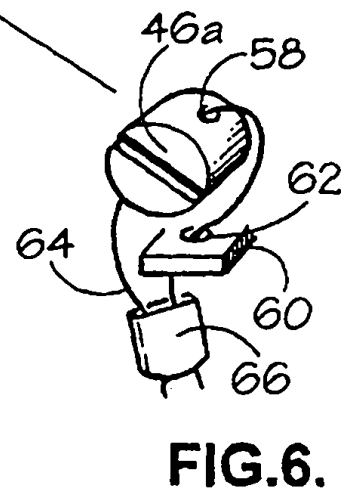
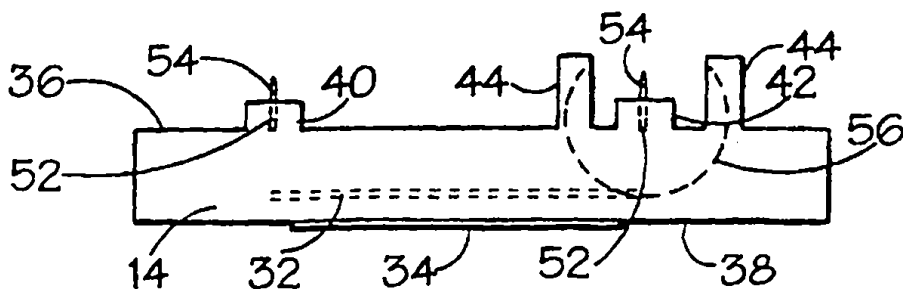
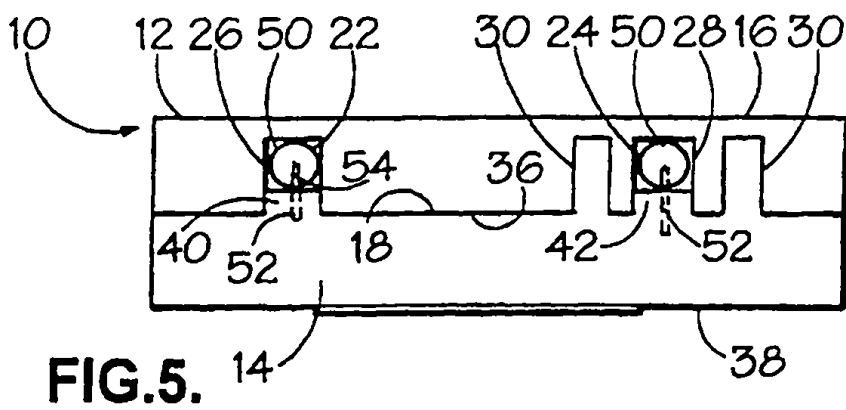
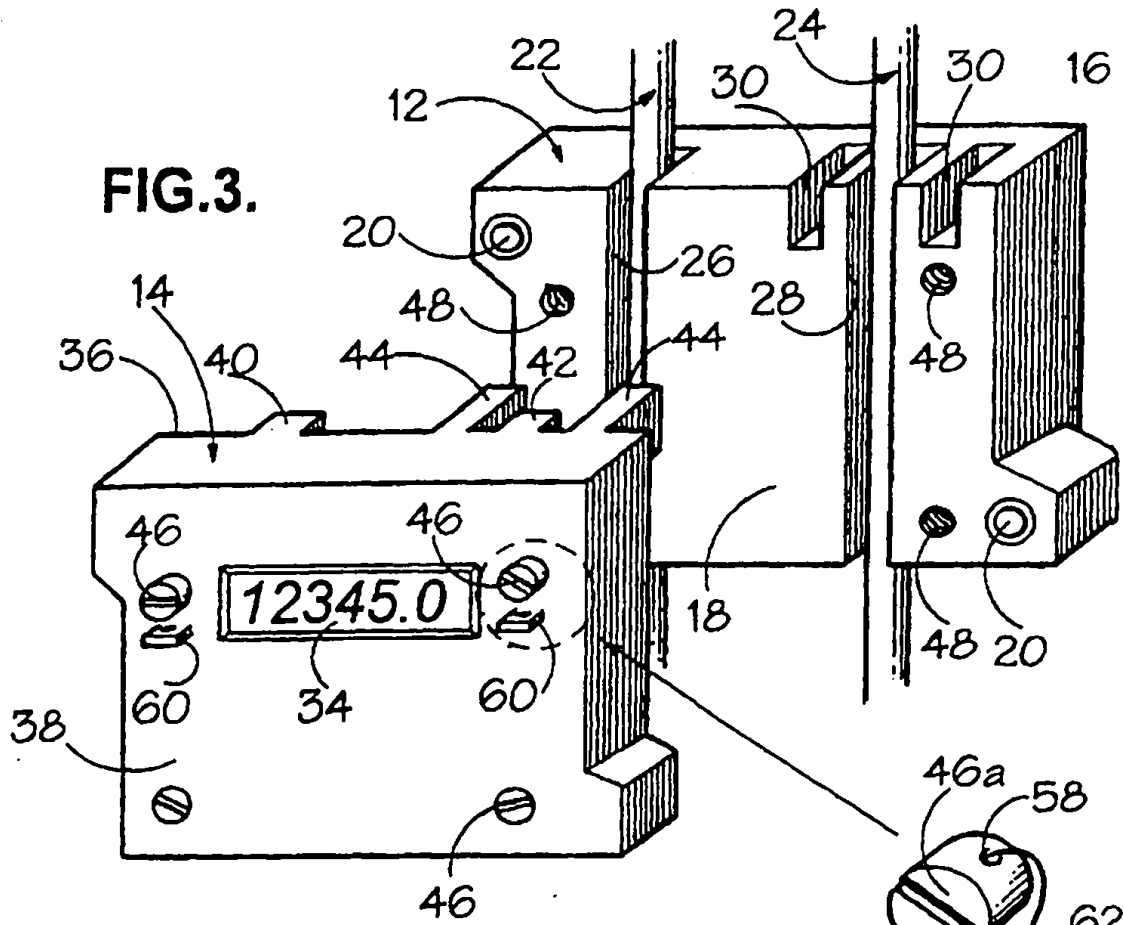
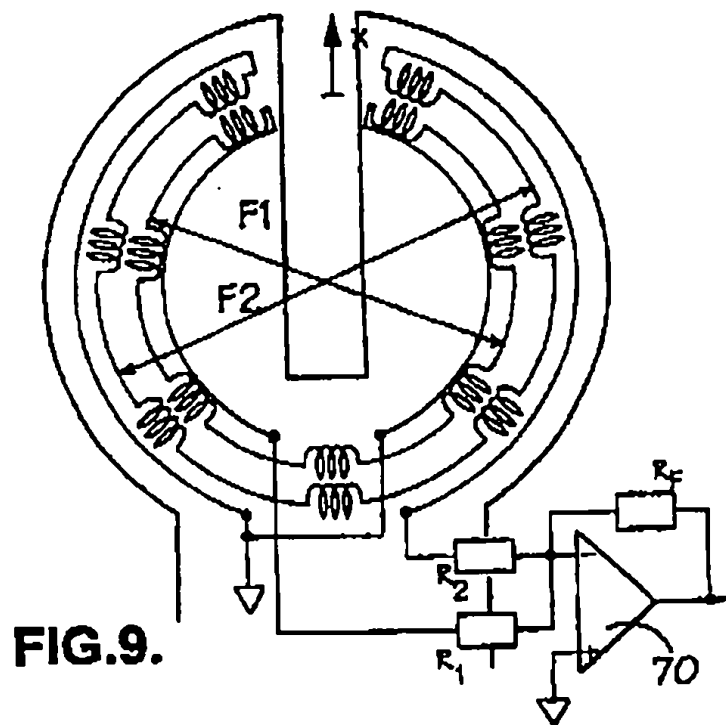
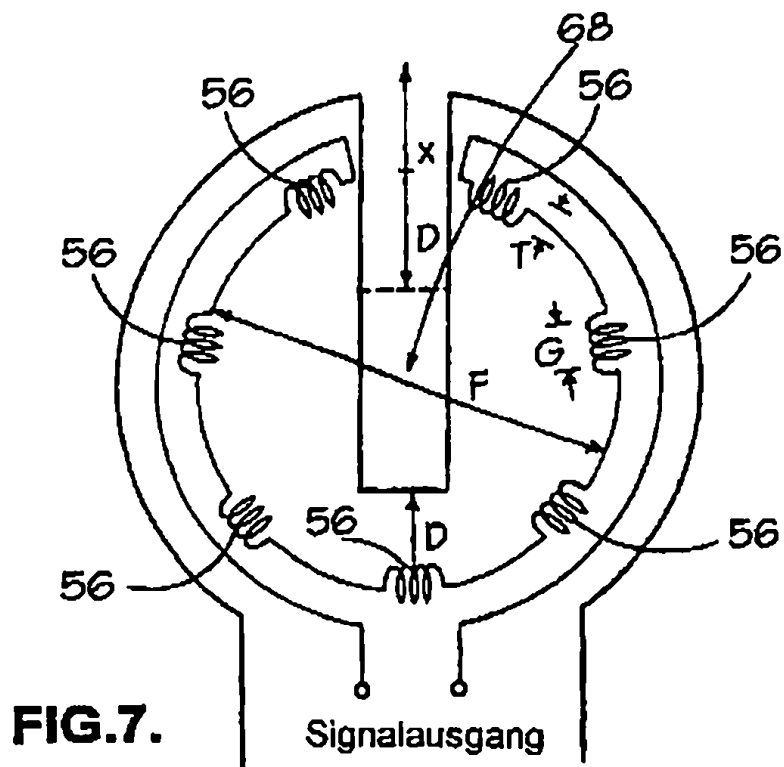


FIG. 2.
STAND DER TECHNIK





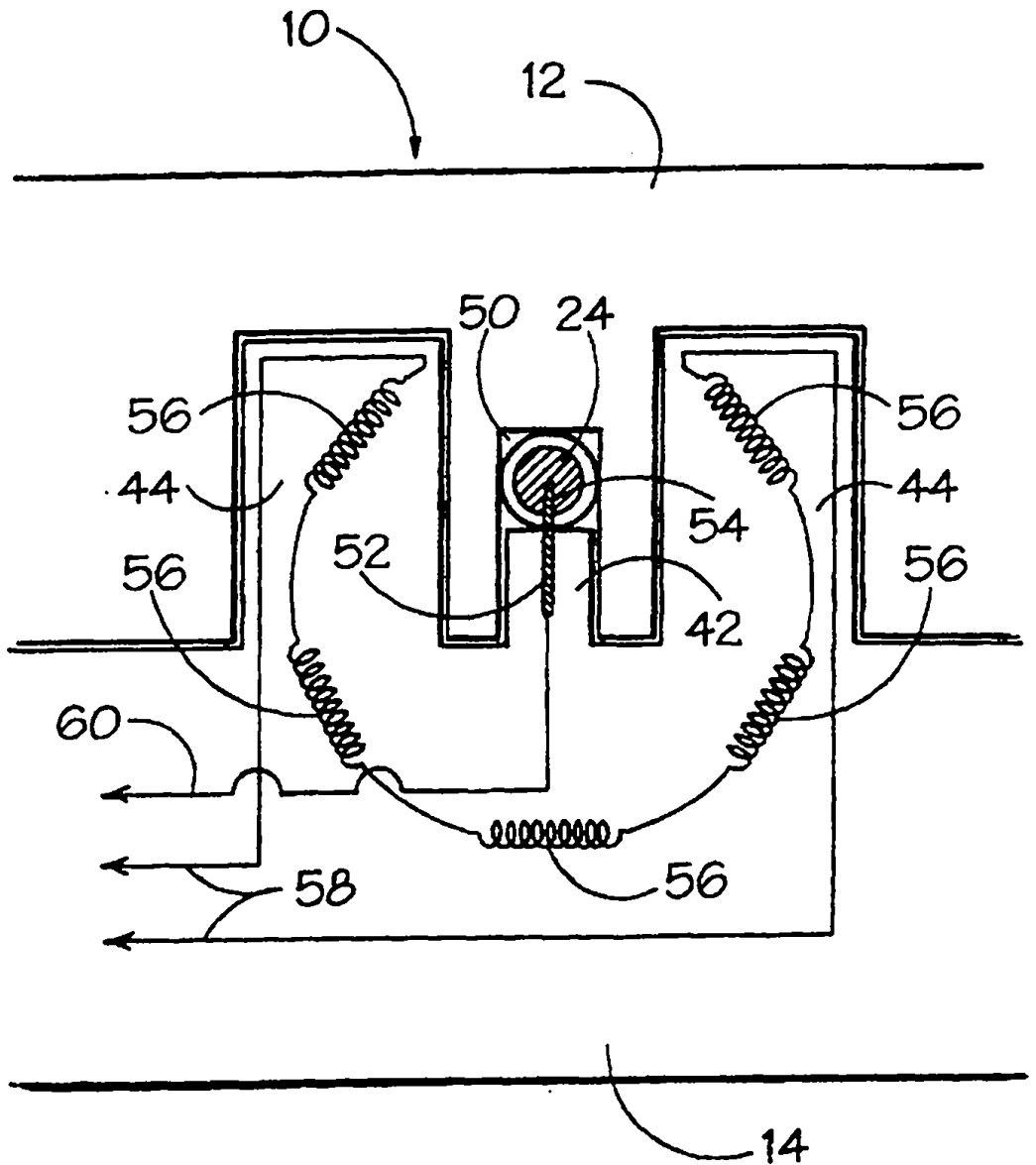


FIG.8.