

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. September 2001 (20.09.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/69269 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01R 1/20**, 1/44

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DK01/00173

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. März 2001 (15.03.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
100 13 345.2 17. März 2000 (17.03.2000) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **SAUER-DANFOSS (NORDBORG) A/S** [DK/DK];
Nordborgvej 81, DK-6430 Nordborg (DK).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **TRÜMLER, Walter**
[DE/DE]; Kleinbachstrasse 21, 76227 Karlsruhe (DE).
KOHNLE, Horst [DE/DE]; Friedrichsstrasse 65, 76229
Karlsruhe (DE). **HINKEN, Reiner** [DE/DE]; Am Flieder-
wall 6B, 24589 Nortorf (DE).

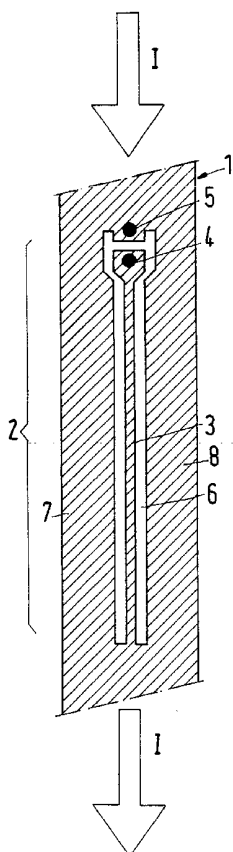
(74) Anwalt: **DANFOSS A/S**; Patentabteilung, DK-6430
Nordborg (DK).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AM, AT, AU, BA, BG,
BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE,
HR, HU, IL, IN, IS, JP, KR, KZ, LT, LU, LV, MD, MK,
MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SE, SG, SI, SK, TR, UA,
US, UZ, VN, YU, ZA.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR MEASURING AN ELECTRIC CURRENT THAT FLOWS THROUGH A STRIP CONDUCTOR

(54) Bezeichnung: EINRICHTUNG ZUM MESSEN EINES DURCH EINE LEITERBAHN FLIESSENDEN ELEKTRISCHEN
STROMS



(57) Abstract: The invention relates to a device for measuring an electric current (I) that flows through a strip conductor (1). The inventive device comprises a measuring conductor (3) which extends along the current flow direction and in the proximity of a measuring section (2) of the strip conductor (1). The one end of said measuring conductor is directly and electrically connected to the one end of the measuring section (2). The remaining end of said measuring conductor is provided with a first measured value tap (4). The device comprises a second measured value tap (5) which is electrical connected to the remaining end of the measuring section (2). The aim of the invention is to freely select the dimensions of the strip conductor (1) and the measuring conductor (3) and especially to use a conventional strip conductor (1) and to better use said device and have a greater measuring accuracy at the same time. According to the invention, the measuring section (2) is rectilinear. The second measured value tap (5) is directly connected to the measuring section (2). The measuring conductor (3) is essentially currentless and a voltage (U) is picked up on the measured value taps (4, 5) as a measure for the current (I) to be measured.

(57) Zusammenfassung: Eine Einrichtung zum Messen eines durch eine Leiterbahn (1) fließenden elektrischen Stroms (I) enthält einen sich in Stromflussrichtung längs und in der Nähe eines Messabschnitts (2) der Leiterbahn (1) erstreckenden Messleiter (3), dessen eines Ende direkt mit dem einen Ende des Messabschnitts (2) elektrisch verbunden und dessen anderes Ende mit einem ersten Messwertabgriff (4) versehen ist. Die Einrichtung enthält einen zweiten Messwertabgriff (5), der elektrisch mit dem anderen Ende des Messabschnitts (2) verbunden ist. Um zu erreichen, dass die Masse von Leiterbahn (1) und Messleiter (3) freizügiger wählbar sind, insbesondere eine herkömmliche Leiterbahn (1) benutzt werden kann, und der Aufwand der Einrichtung bei grösserer Messgenauigkeit kleiner ist, ist erfindungsgemäss vorgesehen, dass der Messabschnitt (2) geradlinig ist, dass der zweite Messwertabgriff (5) direkt mit dem Messabschnitt (2) verbunden ist, dass der Messleiter (3) weitgehend stromlos ist und dass an den Messwertabgriffen (4, 5) eine Spannung (U) als Mass für den zu messenden Strom (I) abgegriffen wird.



(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

-1-

Einrichtung zum Messen eines durch eine Leiterbahn
fließenden elektrischen Stroms

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zum Messen eines durch eine Leiterbahn fließenden elektrischen Stroms, mit einem sich in Stromflußrichtung längs
5 und in der Nähe eines Meßabschnitts der Leiterbahn erstreckenden Meßleiter, dessen eines Ende direkt mit dem einen Ende des Meßabschnitts elektrisch verbunden und dessen anderes Ende mit einem ersten Meßwertabgriff versehen ist, und mit einem zweiten Meßwertabgriff, der
10 elektrisch mit dem anderen Ende des Meßabschnitts verbunden ist.

Bei einer bekannten Meßeinrichtung dieser Art (DE 33 24 224 A1, Fig. 4) ist die Leiterbahn U-förmig gebogen und auf der Außenseite jedes Schenkels der U-förmigen Leiterbahn jeweils ein Meßleiter angebracht,
15 dessen eines Ende jeweils mit einem der freien Schenkeln elektrisch verbunden ist. Eine solche Leiterbahn läßt sich nicht auf einer isolierenden Trägerplatte, wie die Leiterbahnen einer gedruckten Schaltung, aufbringen. Darüber hinaus wird über den einen Meßleiter ein Teilstrom aus der Leiterbahn abgezweigt und über einen Gegenkopplungswiderstand eines Operationsverstärkers sowie Spannungsquellen dem anderen Meßleiter
20 wieder zugeführt. Am Ausgang des Operationsverstärkers wird die Meßspannung abgenommen, die dann dem Gegenkopplungswiderstand und dem Verhältnis des Widerstands der Leiterbahn sowie der Summe dieses Widerstands und des Widerstands der Meßleiter proportional
30 ist. Ein Operationsverstärker kann typisch bis zu 10 mA aufbringen. Der zu messende Strom in der Leiterbahn

-2-

kann jedoch bis zu 1000 A betragen. Daraus ergibt sich schon bei einem zu messenden Strom von 100 A ein Meßleiterquerschnitt, der im Verhältnis von 10.000 zu dem der Leiterbahn steht. Um genau zu messen, müßte dieses
5 extreme Querschnittsverhältnis auch noch mit einer Genauigkeit von wenigen Prozent ausgeführt sein. Dies ist praktisch nicht realisierbar, wenn die Leiterbahn nur die übliche Breite von einigen Millimetern hat. Der Querschnitt der Meßleiter wäre zu klein und ergäbe keinen genau definierten Wert, wie er für eine genaue Mes-
10 sung erforderlich ist. Darüber hinaus sind der Gegenkopplungswiderstand und zusätzliche Spannungsquellen aufwendig.

15 Aus der EP 0 408 136 B1 ist eine integrierte Schaltung (IC) bekannt, bei der eine Strommessung intern im IC an einer Leiterbahn erfolgt, die über eine bekannte Strecke einen bekannten ohmschen Widerstand hat. Die Leiterbahn ist durch einen Schlitz in zwei Teilströme ge-
20 teilt, und an zwei Meßpunkten beiderseits der Leiterbahn wird ein Spannungsabfall als Maß für den Strom abgegriffen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Meßeinrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, bei der
25 die Maße von Leiterbahn und Meßleiter freizügiger wählbar sind, insbesondere eine herkömmliche Leiterbahn vorgesehen sein kann, und deren Aufwand bei hoher Meßgenauigkeit, ohne daß durch induktive Spannungsabfälle am Meßabschnitt Meßfehler entstehen, kleiner ist.
30

Erfindungsgemäß ist diese Aufgabe dadurch gelöst, daß der Meßabschnitt geradlinig ist, daß der zweite Meßwertabgriff direkt mit dem Meßabschnitt verbunden ist, daß
35 der Meßleiter weitgehend stromlos ist und daß an den

-3-

Meßwertabgriffen eine Spannung als Maß für den zu messenden Strom abgegriffen wird.

Bei dieser Lösung wird praktisch stromlos gemessen. Es
5 kann eine herkömmliche geradlinige Leiterbahn üblicher Abmessungen verwendet werden. Das Querschnittsverhältnis von Leiterbahn und Meßleiter kann auch bei Starkstrom in weiten Grenzen variiert werden. Der Aufwand ist geringer. Dennoch bewirken im Meßabschnitt auftretende induktive Spannungsabfälle praktisch keinen Meßfehler.
10

Vorzugsweise erstreckt sich der Meßleiter bis in unmittelbare Nähe der Verbindungsstelle von Meßabschnitt und
15 zweitem Meßwertabgriff. Dementsprechend ist die durch einen pulsierenden Strom, der durch die Leiterbahn fließt, in dem Meßleiter induzierte Spannung um so größer, so daß ein induktiver Spannungsabfall in dem Meßabschnitt um so genauer ausgeglichen wird.

20 Ferner kann dafür gesorgt sein, daß sich der Meßleiter in der Mitte eines etwa U-förmigen Schlitzes der Leiterbahn erstreckt und der Schlitz die Leiterbahn in zwei gleiche Leiterbahnabschnitte trennt. Hierbei kann
25 die Breite des Schlitzes so gering bemessen sein, daß sich ein hinreichend kleiner Abstand zwischen dem Meßleiter und den Leiterbahnabschnitten ergibt, um eine hinreichend große Spannung in dem Meßleiter durch das Magnetfeld der in den beiden Leiterbahnabschnitten
30 fließenden Teilströme zu induzieren.

Alternativ kann dafür gesorgt sein, daß der Meßleiter auf einem auf der Leiterbahn befestigten Isolator aufgebracht ist. Die Leiterbahn kann in an sich bekannter
35 Weise über eine wärmeleitende elektrisch isolierende

-4-

Schicht auf einer Kupferplatte aufgebracht sein. Bei dieser Lösung dienen die Kupferplatte und die auf ihr aufgebraachte wärmeleitende, jedoch elektrisch isolierende Schicht einerseits als Substrat für die Leiterbahn und den Meßleiter sowie weiterer elektrischer Bauelemente und andererseits gleichzeitig zur Ableitung von Wärme aus den elektrischen Bauelementen und der Leiterbahn. Hierbei können in der Kupferplatte durch einen in der Leiterbahn fließenden Wechselstrom oder Rechteckstrom induzierte Wirbelströme zwar auch eine Spannung in dem Meßleiter induzieren. Da der Meßleiter in diesem Falle jedoch nicht in derselben Ebene wie die Leiterbahn liegt, sondern einen etwas größeren Abstand von der Kupferplatte hat, der der Dicke des Isolators entspricht, wird durch die Wirbelströme allenfalls eine sehr geringe Spannung in dem Meßleiter induziert, die den Meßwert kaum verfälscht.

Der Isolator besteht vorzugsweise aus Keramik. Dieses Material ist besonders gut wärmeleitend und elektrisch isolierend. Gleichzeitig können die Keramik und das Material der auf der Kupferplatte aufgebraachten Isolierschicht etwa den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten haben.

Um den Isolator auf der Leiterbahn zu befestigen, ist er vorzugsweise auf seiner Unterseite mit einer Kupferbeschichtung versehen, die mit der Leiterbahn verlötet ist.

Eine weitere alternative Ausführung kann darin bestehen, daß der Meßleiter von einer Isolierschicht umgeben ist. Auch hierbei ergibt sich ein größerer Abstand zwischen dem Meßleiter und einer Trägerplatte aus Kupfer,

-5-

auf der die Leiterbahn über eine elektrisch isolierende Schicht befestigt ist.

Eine vorteilhafte Weiterbildung besteht darin, daß in
5 der Nähe der Leiterbahn ein Temperaturfühler angeordnet
ist, der mit einer Steuervorrichtung eines Leistungs-
teils verbunden ist, die den Leistungsteil in Abhängig-
keit von einem Meßwert eines Verbraucherstroms steuert
und mit einem Speicher in Austauschverbindung steht,
10 daß ein Korrekturfaktor, der der Abweichung des ohm-
schen Widerstands des Meßabschnitts von einem vorbe-
stimmten Nennwert entspricht, im Speicher gespeichert
ist, und daß die Steuervorrichtung jeden Meßwert des
durch die Leiterbahn fließenden Verbraucherstroms mit
15 dem Korrekturfaktor multipliziert. Auf diese Weise wer-
den selbsttätig Meßfehler durch eine vor der Inbetrieb-
nahme mittels des durch die Leiterbahn geleiteten
Stroms vorbekannter Stärke durchgeführte Testmessung
dadurch ausgeglichen, daß aus dem Testmeßergebnis der
20 Korrekturfaktor ermittelt und im Speicher abgelegt und
während des Betriebs durch die Steuervorrichtung aus
dem Speicher abgerufen und zur Korrektur der während
des Betriebs durchgeführten Strommessungen herangezogen
wird.

25 Der Korrekturfaktor kann die Abhängigkeit des ohmschen
Widerstands des Meßabschnitts von einer vorbekannten
Herstellungs-Maßtoleranz des Querschnitts des Me-
ßabschnitts berücksichtigen.

30 Ein zweiter Korrekturfaktor kann die Abhängigkeit des
ohmschen Widerstands des Meßabschnitts von der Tempera-
tur berücksichtigen.

-6-

Bei einem pulisierenden, eine Welligkeit aufweisenden Strom wird der Meßwert vorzugsweise während einer Impulsflanke, vorzugsweise in deren Mitte, abgetastet. Dadurch wird unmittelbar nur die Grundwelle gemessen
5 und die Stromwelligkeit im Meßergebnis weitgehend ausgeblendet.

Die Erfindung und ihre Weiterbildungen werden nachstehend anhand der beiliegenden Zeichnungen bevorzugter
10 Ausführungsbeispiele näher beschrieben. Hierin zeigen:

Fig. 1 einen Ausschnitt einer Leiterbahn mit einem ersten Ausführungsbeispiel eines Meßabschnitts zum Messen eines durch die Leiterbahn fließenden Stroms durch Abgreifen einer Spannung an dem Meßabschnitt,
15

Fig. 2 ein Ersatzschaltbild der Leiterbahn und des Meßabschnitts nach Fig. 1 mit einem angeschlossenen Spannungsverstärker für die abgegriffene Spannung,
20

Fig. 3 einen Ausschnitt einer Leiterbahn mit einem zweiten Ausführungsbeispiel eines Meßabschnitts,
25

Fig. 4 einen Ausschnitt einer Leiterbahn mit einem dritten Ausführungsbeispiel eines Meßabschnitts und
30

Fig. 5 ein Blockschaltbild eines Steuergeräts für einen Verbraucher in Form eines Asynchronmotors mit einem "intelligenten" Leistungsmodul, in dem Ströme in Leiterbahnen gemäß ei-

-7-

nem der Ausführungsbeispiele nach den Fig. 1 bis 4 gemessen werden können.

Nach Fig. 1 ist zum Messen eines durch eine langgestreckte Leiterbahn 1 in einem in Fig. 1 nicht dargestellten "intelligenten" Leistungsmodul, das auch als Intelligent Power Module (IPM) bezeichnet wird, fließenden elektrischen Stroms I ein sich in Stromflußrichtung längs und in der Nähe eines geradlinigen Meßabschnitts 2 der Leiterbahn 1, gegenüber dem Meßabschnitt 2 auf seinen beiden Seiten elektrisch isoliert erstreckender Meßleiter 3 vorgesehen. Der Meßleiter 3 liegt in einer zur Ebene des Meßabschnitts 2 senkrechten, weitgehend in der Längsmittle des Meßabschnitts 2 stehenden Ebene symmetrisch zu dieser senkrechten Ebene. Das eine Ende des Meßleiters 3 ist direkt mit dem einen Ende des Meßabschnitts 2 elektrisch verbunden. Das andere Ende des Meßleiters 3 ist mit einem ersten Meßwertabgriff 4 versehen. Das mit dem ersten Meßwertabgriff 4 versehene Ende des Meßleiters 3 ist mithin über den Meßleiter 3 mit der Leiterbahn 1 verbunden. Ein zweiter Meßwertabgriff 5 ist direkt mit dem anderen Ende des Meßabschnitts 2 elektrisch verbunden. Dieses andere Ende des Meßabschnitts 2 liegt in Stromflußrichtung vor dem zuerst erwähnten einen Ende des Meßabschnitts 2. Die Richtung des Stroms I kann aber auch umgekehrt zu der dargestellten gewählt sein. An den Meßwertabgriffen 4, 5 wird eine Spannung U als Maß für den zu messenden Strom über einen Meßverstärker 9 (Fig. 2) abgegriffen, wobei der Meßleiter 3 weitgehend stromlos ist.

Der Meßleiter 3 erstreckt sich bis in unmittelbare Nähe der Verbindungsstelle von Meßabschnitt 2 und zweitem Meßwertabgriff 5. Die Meßwertabgriffe 4, 5 müssen nicht

-8-

in Stromflußrichtung hintereinander liegen. Vielmehr können sie auch, in bezug auf die Stromflußrichtung, seitlich nebeneinander liegen. Ferner befindet sich der Meßleiter 3 in der Mitte eines etwa U-förmigen Schlitzes 6 der Leiterbahn 1 bzw. des Meßabschnitts 2, wobei
5 der Schlitz 6 die Leiterbahn 1 in zwei gleiche Leiterbahnabschnitte 7 und 8 trennt.

Dadurch ist der Meßleiter 3 seitlich gegenüber der Leiterbahn 1 bzw. den Leiterbahnabschnitten 7 und 8 elektrisch isoliert und mithin nur mit seinem einen Ende mit der Leiterbahn elektrisch verbunden. Der U-förmige Schlitz 6 ist vorzugsweise sehr schmal ausgebildet. Beispielsweise kann er eine Breite von etwa 0,7 mm bei
15 einer Gesamtbreite der Leiterbahn 1 von etwa 6 bis 7 mm aufweisen. Ferner liegt der Meßleiter 3 in derselben Ebene wie die Leiterbahn 1 bzw. die Leiterbahnabschnitte 7 und 8. Der durch die Leiterbahn 1 fließende Strom I kann bis zu 1000 A betragen.

20

Wie Fig. 2 zeigt, haben die Leiterbahnabschnitte 7 und 8 gleich große ohmsche Widerstände R und gegenüber hochfrequenten Strömen I, z.B. sinusförmigen Wechselströmen oder impulsartigen Strömen mit steilen Flanken,
25 insbesondere Rechteckimpulsen, gleich große Induktivitäten L, die zusammen etwa 10 bis 20 nH betragen.

Wenn es sich bei dem Strom I um einen Gleichstrom handelt, handelt es sich bei den Teilströmen I_1 und I_2
30 ebenfalls um Gleichströme, die einander gleich und gleich dem halben Strom I sind. Die Teilströme I_1 und I_2 erzeugen dann nur an den ohmschen Widerständen R einen Spannungsabfall U_R , der mithin proportional dem Strom I ist und als Maß für den Strom I über den (gegenüber den Widerständen R einen hochohmigen Eingangs-
35

-9-

widerstand aufweisenden) Verstärker 9 als Meßspannung U abgenommen wird.

Im Falle eines hochfrequenten sinusförmigen Wechsel-
5 Stroms I oder eines pulsierenden Stroms I mit steilen
Flanken ergibt sich jedoch auch ein Spannungsabfall U_L
an den Eigeninduktivitäten L der Leiterbahnabschnitte 7
und 8. Diese induktiven Spannungsabfälle U_L würden das
Meßergebnis verfälschen, wenn die Meßspannung unmittel-
10 bar an den beiden Enden des Meßabschnitts 2 abgegriffen
würde. Im vorliegenden Falle wird die Meßspannung je-
doch am freien Ende des Meßleiters 3 und an dem in
Richtung des Stroms I vorn (stromoberhalb) liegenden
Ende des Meßabschnitts 2 zwischen den Meßwertabgriffen
15 4, 5 abgegriffen. Dadurch wird ein Meßfehler aufgrund
der induktiven Spannungsabfälle U_L an den Induktivitä-
ten L vermieden, weil die Magnetfelder der Teilströme
 I_1 und I_2 mit dem Meßleiter 3 verkettet bzw. transfor-
matorisch gekoppelt sind und in dem Meßleiter 3 eben-
20 falls Spannungen induzieren, deren Summe jeweils etwa
gleich einem der induktiven Spannungsabfälle U_L an den
Induktivitäten L ist. Ferner sind die im Meßleiter 3
induzierten Spannungen jeweils den induktiven Span-
nungsabfällen U_L in den Maschen 3, 7 und 5 bzw. 3, 8
25 und 5 entgegengerichtet, so daß sie die Spannungsabfäl-
le U_L weitgehend ausgleichen und mithin auch bei sich
zeitlich rasch änderndem Strom I nur der Spannungsab-
fall U_R als Maß für den Strom I gemessen wird, wobei
durch den Meßleiter 3 praktisch kein Strom fließt.

30

Die Leiterbahn 1 ist als Teil eines Leistungsmoduls ü-
ber eine elektrisch isolierende Schicht auf einem Trä-
ger in Form einer Kupferplatte aufgebracht, auf der
sich auch die übrigen Leistungsbauteile des Leistungs-
35 moduls befinden, wobei die elektrisch isolierende

-10-

- Schicht ebenso wie die Kupferplatte gut wärmeleitend ist, um die Verlustwärme der Bauteile, einschließlich einer etwaigen Verlustwärme der Leiterbahn 1, abführen zu können. Die elektrisch isolierende Schicht besteht
- 5 daher vorzugsweise aus Keramik, die ebenfalls gut wärmeleitend ist. Hierbei ist die Leiterbahn nach dem DCB-Verfahren (DCB = Direct Copper Bonding) auf der Kupferplatte befestigt.
- 10 Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 ist die Leiterbahn 1 ohne den bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 vorgesehenen Schlitz 6 ausgebildet. Statt dessen ist ein elektrisch isolierender, jedoch wärmeleitender Iso-
- 15 lator 10 in Form eines Streifens in der Längsmitte der Leiterbahn 1 auf dieser aufgebracht, wobei die Unterseite des Isolators 10 mit einer Kupferschicht versehen und die Kupferschicht mit der Leiterbahn 1 verlötet ist. Auf der Oberseite des wiederum aus Keramik bestehenden Isolators 10 ist der Meßleiter 3 vorzugsweise
- 20 ebenfalls mit dem DCB-Verfahren aufgebracht, wobei er in diesem Falle nicht einstückig mit der Leiterbahn 1 ausgebildet, sondern über eine Leitung 11 mit dem einen Ende des Meßabschnitts 2 verbunden ist. Die Meßwertabgriffe 4 und 5 liegen wiederum in der Nähe des in
- 25 Stromflußrichtung vorderen Endes des Meßabschnitts 2. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Leiterbahn 1 über eine wärmeleitende elektrisch isolierende Schicht, vorzugsweise aus Keramik im DCB-Verfahren, auf einer der Wärmeableitung dienenden Kupferplatte auf-
- 30 bracht.

Dieses Ausführungsbeispiel hat gegenüber dem nach Fig. 1 den Vorteil, daß der Meßleiter 3 aufgrund des zwischengeschalteten Isolators 10 einen etwas größeren Ab-

35 stand von der den Träger bildenden Kupferplatte hat, so

-11-

daß das Magnetfeld von Wirbelströmen, die durch einen starken Wechselstrom oder pulsierenden Strom I in der den Träger bildenden Kupferplatte induziert werden, eine geringere Spannung in dem Meßleiter 3 induziert, die
5 die durch den Strom I in dem Meßleiter 3 induzierte Kompensationsspannung beeinflussen würde, insbesondere dahingehend, daß die Flankensteilheit des Stroms I abnehmen und es mithin zu lange dauern würde, bis die zu messende Spannung stabil ist, um eine korrekte Messung
10 vornehmen zu können. Durch den größeren Abstand des Meßleiters 3 von der Kupferplatte wird die Beeinträchtigung der Spannung im Meßleiter 3 durch die Wirbelströme weitgehend beseitigt. Dennoch ist der Abstand des Meßleiters 3 von der Leiterbahn 1 noch hinreichend
15 gering gewählt, daß weiterhin eine Kompensationsspannung im Meßleiter 3 induziert wird.

Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 unterscheidet sich im Prinzip von dem nach Fig. 3 nur dadurch, daß der
20 Meßleiter 3 nicht auf einem streifenförmigen Isolator liegt, sondern vollständig von einer Isolierschicht 12 umgeben ist, die jedoch den gleichen Zweck wie der Isolator 10 nach Fig. 3 hat und auf der Leiterbahn 1 befestigt ist. Der Meßleiter nach Fig. 4 kann in diesem
25 Falle ein im Querschnitt runder Draht sein, im Gegensatz zu den flachen Meßleitern 3 bei den vorgehenden Ausführungsbeispielen. Mit den Meßwertabgriffen 4 und 5 verbundene Anschlußleitungen 13 und 14, die mit dem Verstärker 9 verbunden sind, erstrecken sich etwa im
30 rechten Winkel zur Längsrichtung der Leiterbahn 1, um zu vermeiden, daß in diesen Anschlußleitungen 13 und 14 durch einen sich ändernden Strom I die Meßspannung verfälschende Spannungen induziert werden.

-12-

Auch bei den übrigen Ausführungsbeispielen nach den Fig. 1 bis 3 sollten derartige Anschlußleitungen, wie die Anschlußleitungen 13 und 14 nach Fig. 4 etwa im rechten Winkel zur Längsrichtung der Leiterbahn 1 ver-
5 laufen.

Fig. 5 stellt schematisch in Form eines Blockschaltbilds ein Steuergerät 15 für einen mit dreiphasigem Wechselstrom betriebenen Verbraucher 16 dar, das ein
10 "intelligentes" Leistungsmodul 17, auch IPM (Intelligent Power Modul) genannt, aufweist.

Das Leistungsmodul 17 enthält einen Leistungsteil 18 sowie eine Steuer- und Meßeinheit 19. Sodann ist das
15 Leistungsmodul 17 über Einzelleitungen und Anschlüsse mit einer Steuervorrichtung 20 verbunden, die einen nicht dargestellten Mikroprozessor aufweist. Die Steuer- und Meßeinheit 19 enthält Meßverstärker 9 und 21 und nicht dargestellte Treiberstufen für den Leistungs-
20 teil 18, die jeweils über die Einzelleitungen mit der Steuervorrichtung 20 verbunden sind, sowie einen Speicher 22, hier einem EEPROM, der über einen Datenbus 23 mit der Steuervorrichtung 20 in Austauschverbindung steht. Alternativ zu dem dargestellten Ausführungsbeispiel kann die Steuervorrichtung 20 auch in der Steuer-
25 und Meßeinheit 19 und damit im Leistungsmodul 17 angeordnet sein.

Der Leistungsteil 18 ist über eine elektrisch isolierende, jedoch wärmeleitende Schicht, vorzugsweise aus
30 Keramik, auf einem Träger in Form einer Kupferplatte, die der Wärmeabfuhr dient, befestigt.

Der Leistungsteil 18 enthält einen Stromrichter 24 mit
35 Leistungsschaltelementen 25 in Form von Transistoren

-13-

und mit Freilaufdioden 26 zur Steuerung des Betriebs des Verbrauchers 16, hier eines Asynchronmotors. Ferner enthält der Leistungsteil 18 einen Meßabschnitt 2 gemäß einem der Ausführungsbeispiele nach den Fig. 1 bis 4 in
5 jeder den Strom des Leistungsteils 18 und damit des Verbrauchers 16 führenden Versorgungsleitung in Form einer Leiterbahn 1 in jeder der drei Phasen des Stromrichters 24, hier eines Wechselrichters. Die Meßabschnitte 2 sind über jeweils einen der Meßverstärker
10 9 für die an ihnen abgegriffene Spannung mit der Steuervorrichtung 20 verbunden. Ferner enthält der Leistungsteil 18 einen Temperaturfühler 27, hier einen temperaturabhängigen Widerstand, der die Temperatur der Kupferplatte und damit auch die jeder Leiterbahn 1 erfaßt und dessen Meßwerte als Meßspannung U_T ebenfalls
15 in die Steuervorrichtung 20 übertragen werden. Statt mehrerer Meßabschnitte 2, die jeweils in einer der Leiterbahnen 1 liegen, kann auch nur ein Meßabschnitt 2 vorgesehen sein, der in einer gemeinsamen Versorgungs-
20 leitung des Stromrichters 24 oder eines einphasigen Verbrauchers liegt. In beiden Fällen erfaßt der bzw. jeder Meßabschnitt 2 ein Maß des durch wenigstens eine Versorgungsleitung fließenden Verbraucherstroms.

25 Sodann sind ein Stromgenerator 28 und ein Umschalter 29 außerhalb, wie dargestellt, oder innerhalb des Steuergeräts 15 vorgesehen. Der Stromgenerator 28 erzeugt einen Strom I_B vorbestimmter Stärke. Der Umschalter 29 hat zwei bewegliche Kontakte 30, deren Wurzel jeweils
30 mit einem der Ausgänge zweier Phasen, d.h. den Verbindungspunkten jeweils zweier in Reihe geschalteter Leistungsschaltelemente 25, verbunden ist.

Der Stromgenerator 28 und der Umschalter 29 dienen der
35 Korrektur von Fehlern bei der Messung des während des

-14-

Betriebs als Maß für den jeweiligen Strom am Meßabschnitt 2 abgegriffenen und durch den betreffenden Verstärker 9 verstärkten Meßspannung U . Ein solcher Meßfehler kann dadurch entstehen, daß der ohmsche Widerstand des Meßabschnitts 2 der jeweiligen Leiterbahn 1 entsprechend der jeweiligen Herstellungs-Maßtoleranz, d.h. unterschiedlicher Breite, Dicke und Länge der Meßstrecke, und wegen des Temperaturkoeffizienten des Widerstands des Materials der Leiterbahn 1 bei sich ändernder Temperatur des Meßabschnitts 2 sowie aufgrund von Offsetfehlern in der Verstärkerschaltung unterschiedlich sein kann.

Um derartige Meßfehler auszugleichen, wird bei einem Leistungsmodul 17 mit geeichten Meßabschnitten 2 der Stromgenerator 28 angeschaltet. Gleichzeitig werden die über die Meßabschnitte 2 mit der Rückleitung 31 und mit den Kontakten 30 verbundenen Schaltelemente 25 durch die Steuervorrichtung 28 eingeschaltet bzw. durchgesteuert, so daß der bekannte Strom I_B des Stromgenerators 28 über den einen Kontakt 30, das in Reihe liegende Schaltelement 25, den mit diesem in Reihe liegenden Meßabschnitten 2, die Rückleitung 31, einen weiteren Meßabschnitt 2, die mit diesem in Reihe liegende Diode 26 und den anderen Kontakt 30 zum Stromgenerator 28 zurückfließt. Die bei dieser Eichmessung gemessenen Spannungen U und die gleichzeitig durch den Temperaturfühler 27 gemessene Temperatur werden im Speicher des Mikroprozessors der Steuervorrichtung 20 gespeichert. Bei jedem weiteren Leistungsmodul 17 einer Serie wird dann wiederum vor dessen Inbetriebnahme der Stromgenerator 28 an dem Leistungsmodul 17 angeschaltet. Sodann werden die Werte der Meßspannungen U und die durch den Temperaturfühler 27 hierbei gemessene Temperatur in den Speicher des Mikroprozessors der Steuervorrichtung 20

-15-

übertragen. Aus einem Vergleich der Eichmeßwerte mit den Meßwerten des neuen Leistungsmoduls 17 wird dann ein Korrekturfaktor K_H durch den Mikroprozessor der Steuervorrichtung 20 ermittelt, der die Abweichung der Eichmeßwerte von den Meßwerten des neuen Leistungsmoduls 17 berücksichtigt. Dieser Korrekturfaktor K_H wird aus der Steuervorrichtung 20 in den Speicher 22 übertragen. Desgleichen wird ein die Temperaturabhängigkeit der Meßabschnitte 2 berücksichtigender Temperaturkorrekturfaktor K_T , der zuvor ermittelt und im Speicher des Mikroprozessors der Steuervorrichtung 20 gespeichert wurde, in den Speicher 22 übertragen. Vorzugsweise wird der Temperaturkorrekturfaktor jedoch laufend während des Betriebs ermittelt und im Speicher 22 abgelegt. Während des Betriebs wird der Strommeßwert U mit den Korrekturfaktoren K_H und K_T multipliziert, nachdem diese Korrekturfaktoren zuvor aus dem Speicher 22 in die Steuervorrichtung 20 abgerufen wurden. Der Stromgenerator 28 und der Umschalter 29 können, entgegen der Darstellung, auch im Steuergerät 15 eingebaut sein. Um eine etwaige Offset-Spannung der Meßverstärker 9 zu kompensieren, kann diese wiederholt in Betriebspausen gemessen und während des Betriebs zur Korrektur benutzt werden.

Die korrigierten Meßspannungen U sind dann unabhängig von Temperaturänderungen und Herstellungs-Maßtoleranzen der Meßstrecken 2 und werden zur Steuerung des Stromrichters 24 durch die Steuervorrichtung 20 über die Steuer- und Meßeinheit 19 herangezogen.

Zusätzlich wird der korrigierte Meßwert des Stroms aus dem Leistungsmodul 17 herausgeführt und bei Bedarf auf einer Anzeigevorrichtung angezeigt.

35

-16-

Statt den bekannten Strom I_B mittels des zweipoligen Umschalters 29 über einen Stromkreis zu leiten, der zwei Schaltelemente 25 und zwei Meßstrecken 2 enthält, ist es auch möglich, einen Stromgenerator 28 mit nur
5 einem Ausgang und einer mit der gemeinsamen Rückleitung 31 aller Stromrichterzweige verbundenen Rückleitung 33 sowie einen Umschalter zu verwenden, der den Ausgang des Stromgenerators 28 bei der Eichung bzw. Fehlerkorrektur mit allen Ausgängen des Stromrichters 24 verbin-
10 det. Die direkt mit den Meßstrecken 2 verbundenen Schaltelemente 25 können dann nacheinander durch die Steuervorrichtung 20 eingeschaltet werden. Während des Betriebs, nach einer Fehlerkorrektur, würde der Umschalter dann den Stromgenerator 28 vom Stromrichter 24
15 trennen und den Verbraucher 16 anschließen.

Wenn die Stromstärke in der üblichen Weise durch eine Pulsdauermodulation über den Stromrichter 28 geändert wird, weist der pulsierende Strom eine große Welligkeit
20 auf. Zweckmäßigerweise erfolgt daher die Abtastung des Meßwerts durch die Steuervorrichtung 20 schon während der Anstiegsflanke des Stroms, vorzugsweise in deren Mitte. Dadurch wird nur die Grundwelle gemessen und die Stromwelligkeit aus dem Meßergebnis ausgeblendet.

25 In dem Speicher 22 können neben Speicherabschnitten für die Meßwerte von Temperatur und Strom sowie den Korrekturfaktor weitere Speicherabschnitte für Kenndaten, wie sie auf Typenschildern angegeben werden, Fertigungsda-
30 ten, wie Losnummern, Daten von Komponenten, Antriebsparameter, Betriebsereignisse, wie Daten extremer Lastsituationen und Störungsdaten, wie Defekte, enthalten sein. Das hat bei der Herstellung den Vorteil, daß der-
selbe Speicher 22 bei verschiedenen Leistungsteilen
35 eingesetzt werden kann. Ferner kann für Reparaturzwecke

-17-

ein "Logbuch" über Reparaturvorgänge und Grenzwertüberschreitungen gespeichert werden. Um die Betriebssicherheit des Moduls zu erhöhen, sind Betriebsparameter, die normalerweise in dem Speicher der Steuervorrichtung 20
5 gespeichert sind, zusätzlich im Speicher 22 gespeichert. So kann bei einer Auswechslung der Steuervorrichtung 20 die neue Steuervorrichtung die alten Betriebsparameter aus dem Speicher 22 übernehmen.

Patentansprüche

- 5 1. Einrichtung zum Messen eines durch eine Leiterbahn
(1) fließenden elektrischen Stroms (I), mit einem
sich in Stromflußrichtung längs und in der Nähe
eines Meßabschnitts (2) der Leiterbahn erstrecken-
den Meßleiter (3), dessen eines Ende direkt mit
10 dem einen Ende des Meßabschnitts (2) elektrisch
verbunden und dessen anderes Ende mit einem ersten
Meßwertabgriff (4) versehen ist, und mit einem
zweiten Meßwertabgriff (5), der elektrisch mit dem
anderen Ende des Meßabschnitts (2) verbunden ist,
15 dadurch gekennzeichnet, daß der Meßabschnitt (2)
geradlinig ist, daß der zweite Meßwertabgriff (5)
direkt mit dem Meßabschnitt (2) verbunden ist, daß
der Meßleiter (3) weitgehend stromlos ist und daß
an den Meßwertabgriffen (4, 5) eine Spannung (U)
20 als Maß für den zu messenden Strom (I) abgegriffen
wird.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-
net, daß sich der Meßleiter (3) bis in unmittelba-
25 re Nähe der Verbindungsstelle von Meßabschnitt (2)
und zweitem Meßwertabgriff (5) erstreckt.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch ge-
kennzeichnet, daß sich der Meßleiter (3) in der
30 Mitte eines etwa U-förmigen Schlitzes (6) der Lei-
terbahn (1) erstreckt und der Schlitz (6) die Lei-
terbahn (1) in zwei gleiche Leiterbahnabschnitte
(7, 8) trennt.

-19-

4. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßleiter (3) auf einem auf der Leiterbahn (1) befestigten Isolator (10) aufgebracht ist.
5
5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Isolator (10) aus Keramik besteht.
6. Einrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kupferbeschichtung der Unterseite des Isolators (10) mit der Leiterbahn (1) verlötet ist.
10
7. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßleiter (3) von einer Isolierschicht (12) umgeben ist.
15
8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß in der Nähe der Leiterbahn (1) ein Temperaturfühler (27) angeordnet ist, der mit einer Steuervorrichtung (20) eines Leistungsteils (18) verbunden ist, die den Leistungsteil in Abhängigkeit von einem Meßwert eines Verbraucherstroms (I) steuert und mit einem Speicher (22) in Austauschverbindung steht, daß ein Korrekturfaktor (K_H), der der Abweichung des ohmschen Widerstands des Meßabschnitts (2) von einem vorbestimmten Nennwert entspricht, im Speicher (22) gespeichert ist und daß die Steuervorrichtung (20) jeden Meßwert des durch die Leiterbahn (1) fließenden Verbraucherstroms (I) mit dem Korrekturfaktor multipliziert.
20
25
30
9. Einrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Korrekturfaktor (K_H) die Abhängigkeit
35

-20-

des ohmschen Widerstands des Meßabschnitts (2) von einer vorbekannten Herstellungs-Maßtoleranz des Querschnitts des Meßabschnitts (2) berücksichtigt.

- 5 10. Einrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Korrekturfaktor (K_T) die Abhängigkeit des ohmschen Widerstandes des Meßabschnitts (2) von der Temperatur berücksichtigt.
- 10 11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem pulsierenden, eine Welligkeit aufweisenden Strom (I) der Meßwert während einer Impulsflanke, vorzugsweise in deren Mitte, abgetastet wird.
- 15
12. Anwendung der Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche in einem Leistungsmodul.

Fig.1

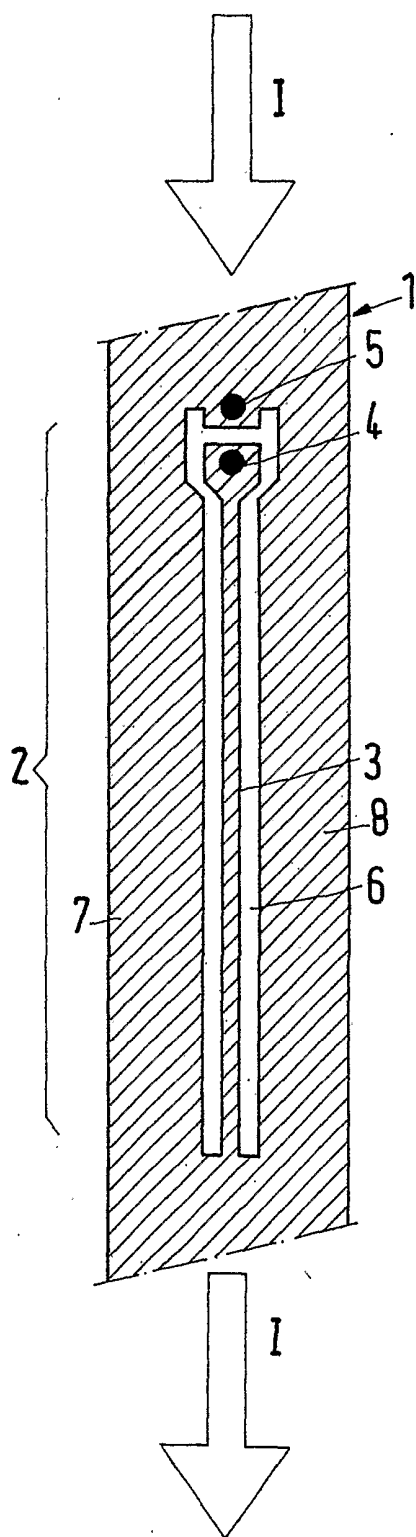


Fig.2

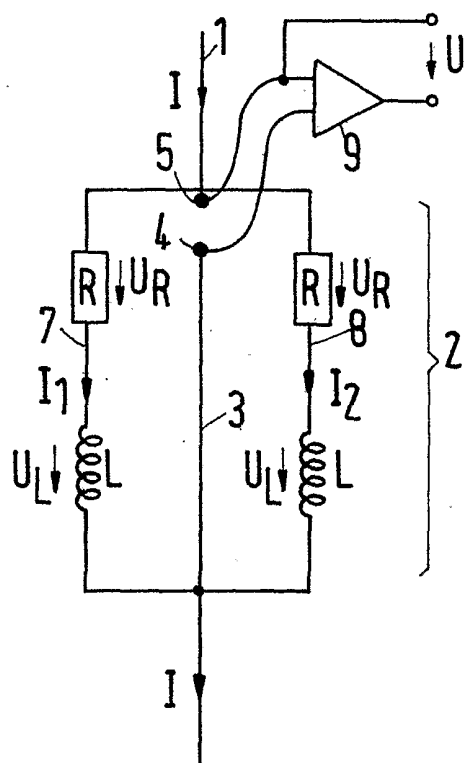


Fig.3

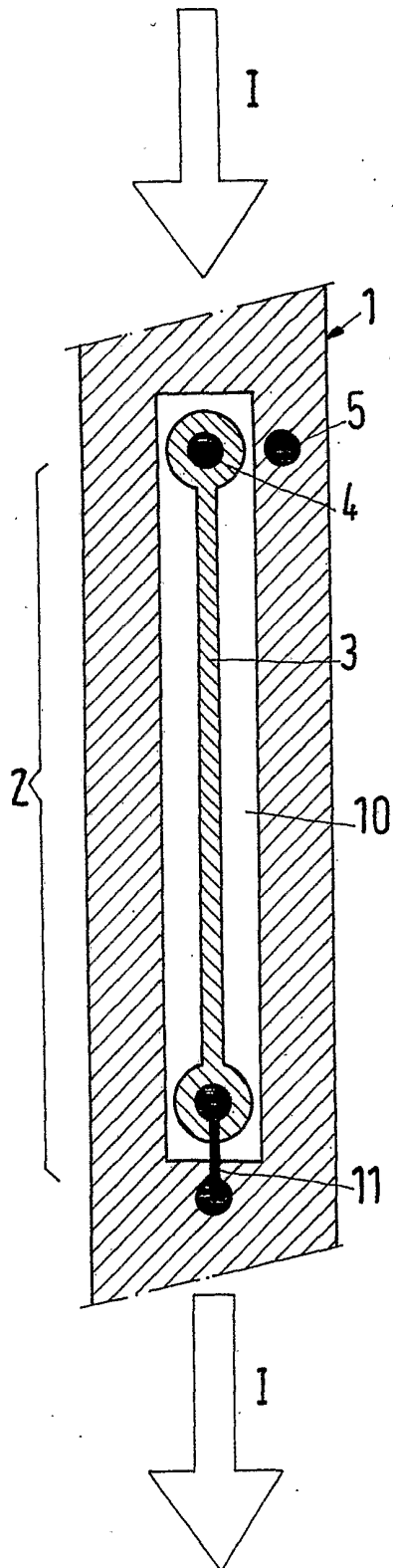
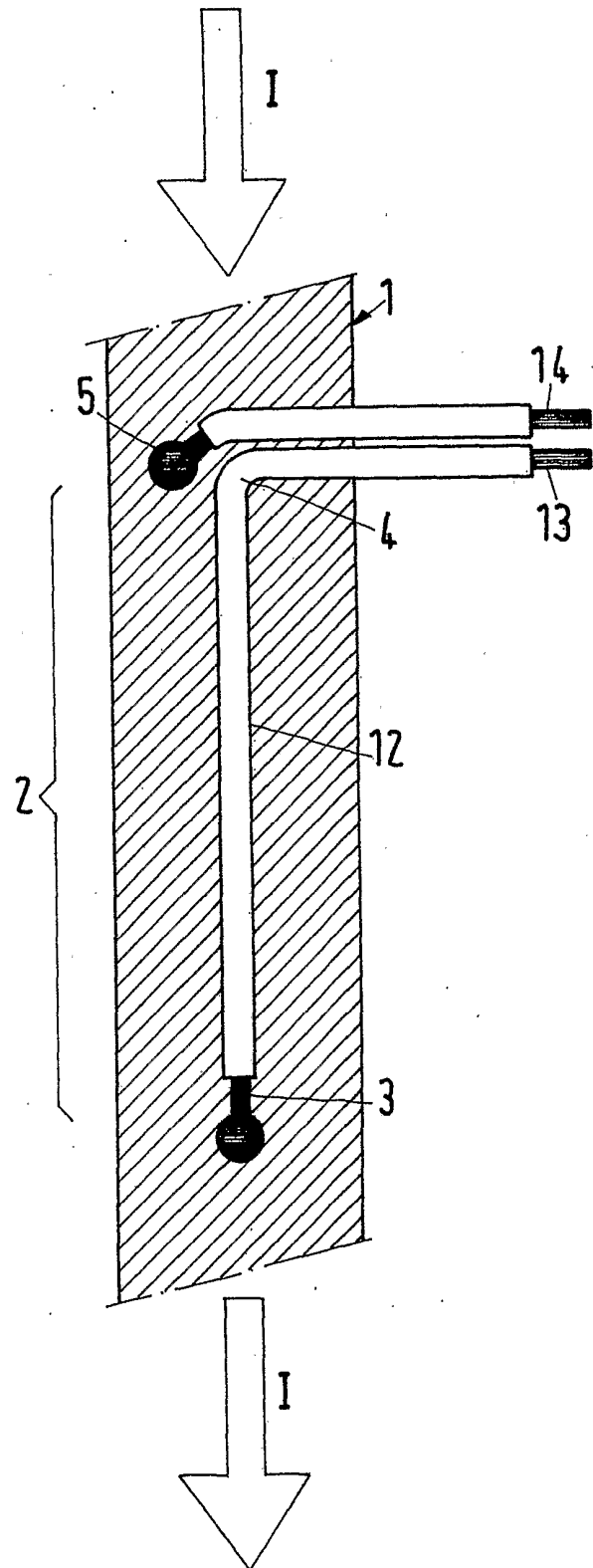


Fig.4



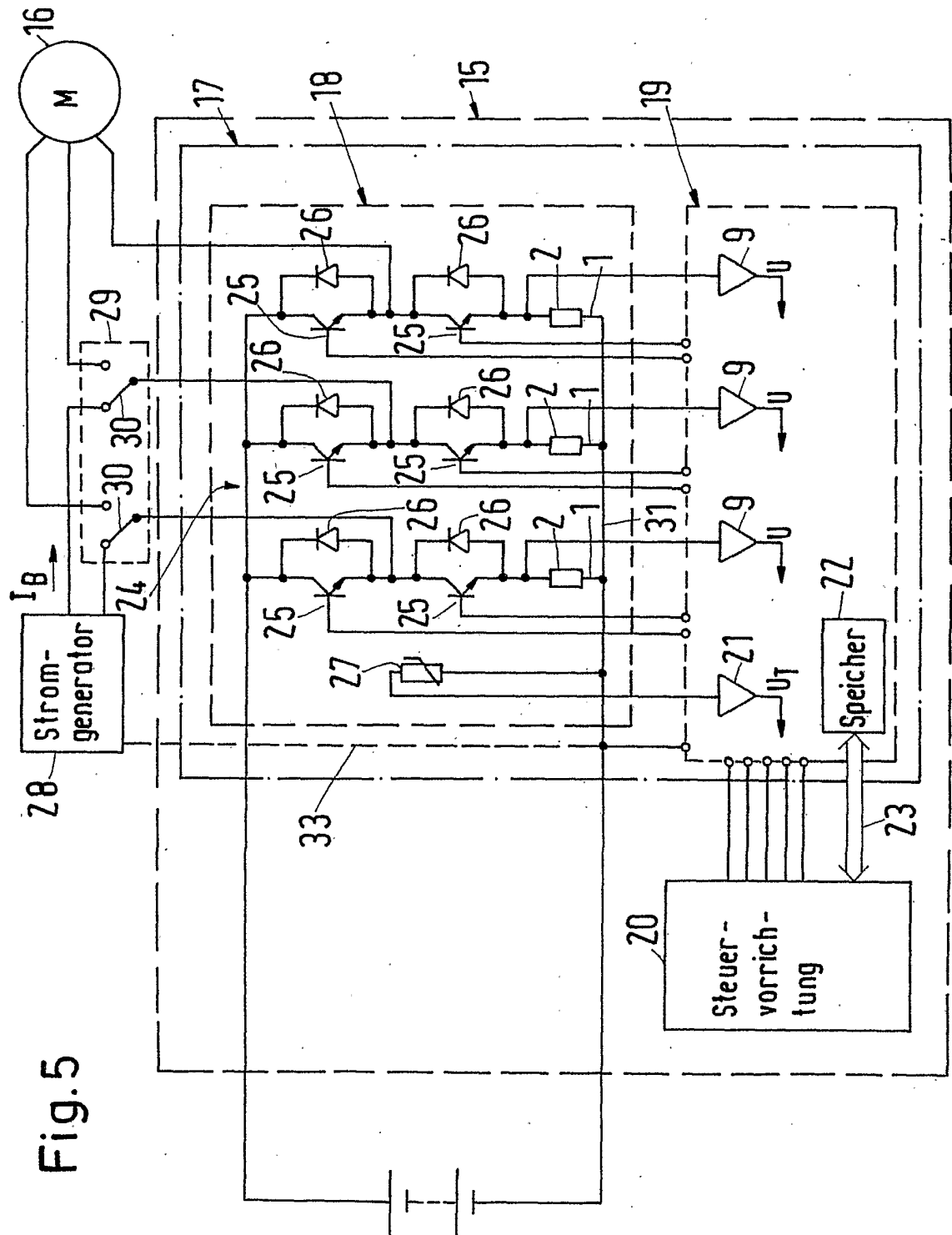


Fig. 5