



PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro

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

<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>G01R 15/14, 15/06</b></p>	<p><b>A1</b></p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 99/15906</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 1. April 1999 (01.04.99)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH98/00404</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 21. September 1998 (21.09.98)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 2240/97 23. September 1997 (23.09.97) CH</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): HAEFELY TRENCH AG [CH/CH]; Lehenmattstrasse 353, CH-4028 Basel (CH).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MINKNER, Ruthard [CH/CH]; Grenzweg 5, CH-4148 Pfeffingen (CH). SCHMID, Joachim [DE/DE]; Markgrafenstrasse 30, D-79588 Efringen-Kirchen (DE).</p> <p>(74) Anwalt: A. BRAUN BRAUN HERITIER ESCHMANN AG; Holbeinstrasse 36-38, CH-4051 Basel (CH).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p><b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>	

(54) Title: COMBINED CURRENT/VOLTAGE TRANSFORMER FOR LOW LEVEL SIGNALS

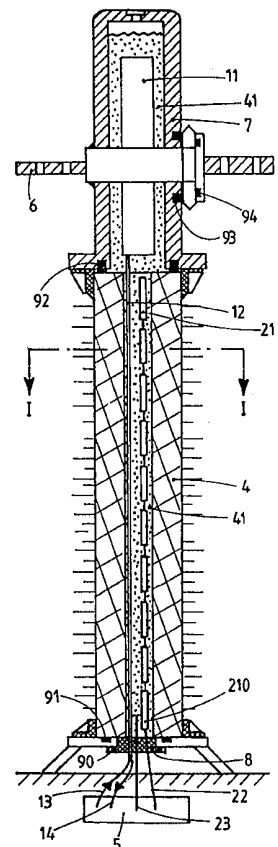
(54) Bezeichnung: KOMBINIERTER KLEINSIGNAL-STROM- UND SPANNUNGSWANDLER

(57) Abstract

A combined current/voltage transformer for low level signals in open air distribution facilities comprises an optoelectronic current transformer for current measurement and a voltage divider (2) for voltage measurement. The voltage divider (2) presents a chain of round-layer resistances (21) nested in a cylindrical perforation provided in an isolator (4). One end of the chain of resistances is connected to a cap (7) under middle and high voltage. The last resistance at the other end of the chain contains the secondary resistance (210), which is connected via a measuring circuit to a signal processing unit (5), and to the Earth by an earthing lead (5). The secondary voltage  $U_s$  is taken using the measuring circuit (23), the signals being processed by the aforementioned processing unit.

(57) Zusammenfassung

Ein kombinierter Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler für die Strom- und Spannungsmessung in Freiluftschaltanlagen umfasst einen optoelektronischen Stromwandler für die Strommessung und einen R-Teiler (2) für die Spannungsmessung. Der R-Teiler (2) weist eine Kette von Rundschichtwiderständen (21) auf, die in einer kreiszylinderförmigen Bohrung eines Isolators (4) angeordnet sind. Das eine Ende der Widerstandskette ist mit einer unter Mittel- oder Hochspannung stehenden Haube (7) verbunden. Der letzte Widerstand am anderen Ende der Widerstandskette umfasst den Sekundärwiderstand (210). Dieser ist über eine Messleitung (23) mit einer Signalverarbeitungseinrichtung (5) und über eine Erdleitung (22) mit der Erde verbunden. Die Sekundärspannung  $U_s$  wird mit der Messleitung (23) abgegriffen, wobei die Signalverarbeitung in der Signalverarbeitungseinrichtung (5) erfolgt.



### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LR	Liberia	SE	Schweden		
DK	Dänemark			SG	Singapur		
EE	Estland						

**Kombinierter Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler**

Die Erfindung betrifft einen kombinierten Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler für die Strom- und Spannungsmessung in Freiluftschaltanlagen, wie er im Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs 1 definiert ist.

Es sind eine Vielzahl von kombinierten bzw. integrierten Kleinsignal-Strom- und Spannungswandlern bekannt, die verschiedene Messprinzipien für die Messung des Primärstromes und der Primärspannung zwischen Phase und Erde bzw. Phase und Nullleiter in Ein-, Zwei- und Drei-Phasensystemen in Mittelspannungs- und Hochspannungsanlagen verwenden. Diese Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler unterscheiden sich bei üblichen Eingangsimpedanzen der angeschlossenen Messsysteme in den Übertragungsfunktionen.

Standardmässig nach der IEC-Norm 60044-3 (1980) werden kombinierte Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler für Mittel- und Hochspannungsanlagen eingesetzt, die auf dem transformatorischen (induktiven) Messprinzip beruhen. Für die Isolation zwischen dem Primär- und dem Sekundärteil der Wandler werden im wesentlichen drei verschiedene Isoliermedien verwendet:

- unelastische Isolierharze (z.B. Epoxydharze, Polyurethanharze);
- Ölpapier oder
- Isoliergase (z.B. SF<sub>6</sub>)

Der Frequenzbereich  $f_1$  bis  $f_2$  für die Übertragungsfunktion ist beim transformatorischen Messprinzip ungefähr  $f_1 = 0,5 \text{ Hz} \leq f \leq f_2 = 20 \text{ kHz}$  für Stromwandler und  $f_1 = 25 \text{ Hz} \leq f \leq f_2 = 20 \text{ kHz}$  für Spannungswandler.

- 2 -

Sowohl für die Strom- als auch für die Spannungsmessung ist also die Frequenz  $f = 0$  Hz ausgeschlossen.

Es sind auch kombinierte Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler mit einem transformatorischen Spannungswandler und einem optoelektronischen Stromwandler bekannt. Optoelektronische Stromwandler weisen einen Lichtwellenleiter auf, durch den polarisiertes Licht geleitet wird. Aufgrund des Faraday-Effekts wird die Polarisationssebene des Lichts durch das vom zu messenden Strom erzeugte Magnetfeld gedreht. Die Drehung ist proportional zur Magnetfeldstärke und somit zur Stromstärke, so dass durch Messung der Drehung der Polarisationssebene die Stromstärke ermittelt werden kann.

15

Beim optoelektronischen Stromwandler beginnt der Frequenzbereich für die Übertragungsfunktion bereits bei  $f_1 = 0$  Hz. Ausserdem ist durch den Transport der Messsignale mit Lichtwellenleitern keine Isolation zwischen dem Primärstrom auf Mittel- oder Hochspannungspotential und dem proportionalen Signal auf Erdpotential nötig.

Auch dieser kombinierte Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler weist aber den Nachteil auf, dass der Frequenzbereich für die Spannungsmessung erst bei ca.  $f_1 = 25$  Hz beginnt. Gleichspannung kann also nicht gemessen werden. Zur Isolation zwischen Primärteil und Sekundärteil dienen beim transformatorischen Spannungswandler zudem, wie oben erwähnt, die bekannten Isoliermedien, beispielsweise unelastische Isolierharze, Ölpapier oder Isoliergase.

30

Angesichts der Nachteile der bisher bekannten Vorrichtungen liegt der Erfindung die folgende Aufgabe zugrunde. Zu schaffen ist ein kombinierter Kleinsignal-Strom- und Spannungs-

- 3 -

wandler, dessen Übertragungsfunktion für die Strom- und Spannungsmessung bei der Frequenz  $f_1 = 0$  Hz (Gleichspannung/ Gleichstrom) anfängt und bis zu einer oberen Frequenz  $f_2 \geq 20$  kHz geht und auch auf höhere Frequenzen erweiterbar ist. Es soll zudem auf eine Isolation zwischen dem Mittel- oder Hochspannungspotential, auf dem der Primärstrom gemessen werden soll, und der Erde bzw. eine Isolation für die Messung der Primärspannung und Sekundärspannung mittels unelastischer Isolierharze, Ölpapier oder Isoliergase verzichtet werden können.

Diese Aufgabe wird durch den erfindungsgemässen kombinierten Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler gelöst, wie er im unabhängigen Patentanspruch 1 definiert ist. Bevorzugte Ausführungsvarianten ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen.

Das Wesen der Erfindung besteht darin, dass ein kombinierter Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler für die Strom- und Spannungsmessung in Freiluftschaltanlagen einen R-Teiler oder RC-Teiler für die Spannungsmessung umfasst, wobei der Teiler niederinduktive Widerstände aufweist. Die Strommessung erfolgt mit einem optoelektronischen Stromwandler mit einer Faserspule als Sensor.

Niederinduktive Widerstände, d.h. Widerstände mit einer Eigeninduktivität kleiner als 200 nH, zeichnen sich dadurch aus, dass sie beim Durchfluss von Strom nur ein sehr kleines Magnetfeld erzeugen, was durch eine spezielle Anordnung des Widerstandsdrahtes oder der Widerstandsbahn erreicht wird. Bekannt sind beispielsweise eine bifilare Wicklung mit eng aneinander gewickelten Wicklungsdrähten oder die Ausbildung als Massewiderstand oder Metallfolienwiderstand mit einer sehr dünnen Metallfolie. Auch Dickschichtwider-

stände können durch geeignete, beispielsweise mäanderförmige, Anordnung von dünnen Widerstandsbahnen eine kleine Eigeninduktivität aufweisen. Wichtig ist die Vermeidung von Magnetfeld erzeugenden Flächen zwischen Widerstandsbahnen  
5 oder als Alternative das gegenseitige Aufheben von Magnetfeldern.

Mit einem erfindungsgemäss ausgebildeten kombinierten Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler sind Strom und  
10 Spannung bei Frequenzen zwischen 0 Hz und mindestens 20 kHz messbar. Für die Strommessung wird dies durch den optoelektronischen Stromwandler und für die Spannungsmessung durch den R-Teiler oder den RC-Teiler ermöglicht. Der R-Teiler ist in Freiluft-Kleinsignal-Strom- und Spannungswandlern  
15 mit vorgegebener Überschlagsdistanz und dazu gehörigen sehr kleinen Werten für die Streukapazitäten gegen Erde verwendbar, nicht aber für gasisolierte Schaltanlagen, da dort durch den gedrängten Aufbau die Werte für die Streukapazitäten bei einem R-Teiler sehr hoch sind. Der RC-Teiler ist  
20 in kombinierten Kleinsignal-Strom- und Spannungswandlern sowohl für Freiluftschaltanlagen als auch für gasisolierte Schaltanlagen geeignet.

Der R-Teiler oder RC-Teiler und der optoelektronische Stromwandler ermöglichen es ausserdem, auf den Einsatz von unelastischen Isolierharzen, Ölpapier oder Isoliergasen als Isoliermedien zu verzichten. Der optoelektronische Stromwandler erfordert, wie schon erwähnt, durch den Transport der Messsignale mit Lichtwellenleitern keine Isolation zwischen dem  
25 Primärstrom auf Mittel- oder Hochspannungspotential und dem proportionalen Signal auf Erdpotential, während beim Teiler die Isolation beispielsweise mit einer elastischen Isoliervergussmasse erfolgen kann.  
30

Ein wichtiger Vorteil des R-Teilers oder des RC-Teilers ist zudem die zwangsläufig vorhandene lineare Steuerung des Potentials zwischen Hochspannung und Erde, d.h. dass der Abbau des Potentials von der Hochspannung zur Erde linear  
5 längs der Isolation verläuft.

Vorzugsweise besitzt jeder Widerstand im R-Teiler oder RC-Teiler einen Temperaturkoeffizienten TK, der kleiner oder gleich dem Quotienten zwischen der maximal zulässigen Änderung  $\Delta_{TR}$  des Spannungs-Übersetzungsverhältnisses und der maximalen Temperaturdifferenz  $\Delta T$  der Widerstände im Teiler  
10 ist.

Darf die Änderung  $\Delta_{TR}$  des Spannungs-Übersetzungsverhältnisses nicht grösser als  $10^{-4}$  sein, ergibt sich somit für eine Temperaturdifferenz  $\Delta T$  im Teiler von 10 K ein Temperaturkoeffizient  $TK \leq \frac{\Delta_{TR}}{\Delta T} = \frac{10^{-4}}{10 \text{ K}} = 10 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$ . Auf diese Weise kann der Einfluss der Temperatur auf die Spannungsmessung reduziert und damit die Messgenauigkeit erhöht werden.  
20

Im folgenden wird diese Beziehung unter Bezugnahme auf Fig. 5 hergeleitet, in der das elektrische Schema eines R-Teilers dargestellt ist.

25 Am Eingang liegt die Primärspannung  $U_P$  und am Sekundärwiderstand  $R_2$  wird die Sekundärspannung  $U_S$  abgegriffen. Im Widerstand  $R_1$  wird die Leistung  $P_1 = I^2 \cdot R_1$  und im Widerstand  $R_2$  die Leistung  $P_2 = I^2 \cdot R_2$  umgesetzt. Der Strom  $I$  ist durch die Beziehung  
$$I = \frac{U_P}{R_1 + R_2} \quad (1)$$
  
30 gegeben.

- 6 -

Die Leistung  $P_1$  erwärmt den Widerstand  $R_1$  um  $\Delta T_1 = T_1 - T_0$  und die Leistung  $P_2$  erwärmt den Widerstand  $R_2$  um  $\Delta T_2 = T_2 - T_0$ . Die Temperatur  $T_0$  ist dabei die Umgebungstemperatur. Sie wird für Berechnungen meistens als  $T_0 = 20^\circ\text{C} = 293.3\text{ K}$  angenommen.  $T_1$  ist die Temperatur am Widerstand  $R_1$  und  $T_2$  die Temperatur am Widerstand  $R_2$ .

Die Sekundärspannung  $U_s$  ist durch die Gleichung

$$U_s = \frac{R_2(T_2)}{R_1(T_1) + R_2(T_2)} \cdot U_P \quad (2)$$

gegeben.

Die Ohmwerte  $R_1$  und  $R_2$  hängen vom eingesetzten Widerstandsmaterial ab. In der Praxis liegt der Temperatureinsatzbereich für den R-Teiler zwischen  $233.3\text{ K}$  ( $-40^\circ\text{C}$ ) und  $353.3\text{ K}$  ( $80^\circ\text{C}$ ). Für den ohmschen Widerstand kann eine lineare Abhängigkeit von der Temperatur angenommen werden, die näherungsweise für alle Widerstandsmaterialien zutrifft.

20

Für die Widerstände  $R_1(T)$  und  $R_2(T)$  gelten die Beziehungen (siehe R. Paul, Elektrotechnik, Springer Verlag, 1985, ISBN 3-540-13633-9, Seite 74)

$$R_1(T) = R_1|_{20^\circ\text{C}} \cdot (1 + TK \cdot \Delta T_1) \quad (3)$$

und

$$R_2(T) = R_2|_{20^\circ\text{C}} \cdot (1 + TK \cdot \Delta T_2) \quad (4)$$

In den Gleichungen (3) und (4) ist  $TK$  der Temperaturkoeffizient des eingesetzten Widerstandsmaterials. Werden die Gleichungen (3) und (4) in Gleichung (2) eingesetzt, so gilt:

30

$$U_S = \frac{R_{20} (1 + TK \cdot \Delta T_2)}{R_{10} (1 + TK \cdot \Delta T_1) + R_{20} (1 + TK \cdot \Delta T_2)} \cdot U_P \quad (5)$$

mit  $R_1(20^\circ\text{C}) = R_{10}$  und  $R_2(20^\circ\text{C}) = R_{20}$ .

5

Aus (5) folgt:

$$\frac{U_P}{U_S} = \ddot{U} = \frac{R_{10} (1 + TK \cdot \Delta T_1)}{R_{20} (1 + TK \cdot \Delta T_2)} + 1 \quad (6)$$

10 Haben die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  die gleichen Temperaturen  $T_1 = T_2$  beziehungsweise  $\Delta T_1 = \Delta T_2$ , so vereinfacht sich die Gleichung (6) zu

$$\ddot{U}_0 = \frac{R_{10}}{R_{20}} + 1. \quad (7)$$

15

Für eine geforderte Genauigkeitsklasse des Messsystems von 0.1 %  $\hat{=}$   $10^{-3}$  sollte die Abweichung  $\Delta_{TR}$  des Übersetzungsverhältnisses des Teilers in Abhängigkeit der Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  bzw.  $\Delta T_1$  und  $\Delta T_2$

20

$$\Delta_{TR} = \frac{\Delta \ddot{U}}{\ddot{U}_0} = \frac{\ddot{U}(T) - \ddot{U}_0}{\ddot{U}_0} \leq 10^{-4} \quad (8)$$

sein. Es ergibt sich

$$25 \quad \Delta_{TR} = \frac{\frac{R_{10} (1 + TK \cdot \Delta T_1)}{R_{20} (1 + TK \cdot \Delta T_2)} + 1 - \frac{R_{10}}{R_{20}} - 1}{\frac{R_{10}}{R_{20}} + 1} \leq 10^{-4}$$

$$\Delta_{TR} = \frac{\frac{(1 + TK \cdot \Delta T_1)}{(1 + TK \cdot \Delta T_2)} - 1}{1 + \frac{R_{20}}{R_{10}}} \leq 10^{-4} \quad (9)$$

Mit  $R_{10} \gg R_{20}$  ist  $\frac{R_{20}}{R_{10}} \ll 1$ , damit folgt aus Gleichung (9):

$$\begin{aligned} \Delta_{TR} &\approx \frac{(1 + TK \cdot \Delta T_1)}{(1 + TK \cdot \Delta T_2)} - 1 = \frac{1 + TK \cdot \Delta T_1 - 1 - TK \cdot \Delta T_2}{1 + TK \cdot \Delta T_2} \\ &\approx \frac{TK (\Delta T_1 - \Delta T_2)}{1 + TK \cdot \Delta T_2} \leq 10^{-4} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\text{Mit } \Delta T_1 - \Delta T_2 = T_1 - T_0 - T_2 + T_0 = \Delta T \quad (11)$$

ergibt sich

10

$$\Delta_{TR} \approx \frac{TK \cdot \Delta T}{1 + TK \cdot \Delta T_2} \quad (12)$$

Da die Temperaturkoeffizienten TK von Widerstandsmaterialien in der Grössenordnung von  $10^{-5}$  liegen und die Temperaturerhöhung  $\Delta T_2 \leq 50^\circ\text{C}$  ist, ist in der Gleichung (12) das Produkt  $\Delta T_2 \cdot TK \ll 1$  und aus Gleichung (12) folgt:

$$\Delta_{TR} = \frac{\Delta \dot{U}}{\dot{U}_0} \approx TK \cdot \Delta T \leq 10^{-4} \quad (13)$$

20 Aus Gleichung (13) folgt für eine Temperaturdifferenz von  $\Delta T = T_1 - T_2 = 10 \text{ K} = 10^\circ\text{C}$  an den Widerständen  $R_1$  und  $R_2$  ein maximaler Temperaturkoeffizient

$$TK \approx \frac{\Delta_{TR}}{\Delta T} \leq \frac{10^{-4}}{10 \text{ K}} = 10 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}} .$$

Mit Vorteil sind die Widerstände des Teilers Rundwiderstände, die einen Vollkeramikstab mit einem Durchmesser grösser oder gleich 7 mm, insbesondere zwischen 7 und 14 mm, umfassen, auf dem ein Dickschichtwiderstandsaktivteil mit einer  
5 Dicke grösser oder gleich 8  $\mu\text{m}$ , insbesondere grösser oder gleich 12  $\mu\text{m}$ , mäanderartig angeordnet ist.

Die Widerstände des Teilers können beispielsweise auch Flachwiderstände sind, die eine Keramikplatte mit einer  
10 Dicke grösser oder gleich 1 mm, insbesondere zwischen 1,5 und 2 mm, umfassen, auf der ein Dickschichtwiderstandsaktivteil mit einer Dicke grösser oder gleich 8  $\mu\text{m}$ , insbesondere grösser oder gleich 12  $\mu\text{m}$ , mäanderartig angeordnet ist.

15 Die Rund- oder Flachwiderstände können so ausgebildet werden, dass sie eine vernachlässigbare Eigeninduktivität besitzen und dass eine hohe Oberflächenfeldstärke  $\vec{E}$  senkrecht zur Widerstandsaktivteilschicht zulässig ist. Durch die Verwendung von Schichtwiderständen anstelle von Draht-  
20 oder Massewiderständen und durch geeignetes Anordnen derselben kann das dynamische Verhalten des Teilers deutlich verbessert werden.

Vorzugsweise weist der Teiler einen Sekundärwiderstand in  
25 Form eines Röhrenshunts auf, bei dem auf einem Keramikrohr symmetrische Dickschichtwiderstandsbahnen angeordnet sind und im Innern des Keramikrohrs eine Messleitung zur Abnahme der Sekundärspannung  $U_s$  verläuft, die ausserhalb des Keramikrohrs mit einer Erdleitung verdrillt ist.

30

Auf diese Weise heben sich bei der Spannungsmessung die durch ein störendes Magnetfeld induzierten Spannungen gegenseitig auf, so dass die Messung der Primärspannung  $U_p$  durch diese nicht verfälscht wird.

Als Alternative kann der Teiler einen Sekundärwiderstand umfassen, an dessen einem Ende ein erste Messleitung angeschlossen ist, und eine zweite Messleitung, die bis zu  
5 diesem Anschluss mit der ersten Messleitung verdrillt ist, von dort bis zum anderen Ende des Sekundärwiderstands parallel zum Strompfad des Sekundärwiderstands verläuft und von dort mit einer den Sekundärwiderstand erdenden Erdleitung verdrillt und an die Erde gelegt ist.

10

Bei einem derartig ausgebildeten Teiler sind die spannungsinduzierenden Flächen und somit die induzierten Spannungen sehr klein, so dass die Messung der Primärspannung  $U_p$  durch diese deutlich weniger verfälscht wird als bei bisher be-  
15 kannten Teilern.

Im folgenden wird der erfindungsgemässe kombinierte Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen anhand von zwei Ausführungsbeispielen detaillierter beschrieben. Es zeigen:  
20

Fig. 1 - eine Schnittansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines kombinierten Kleinsignal-Strom- und Spannungswandlers mit einem R-Teiler;

25

Fig. 2 - einen Horizontalschnitt des kombinierten Kleinsignal-Strom- und Spannungswandlers von Fig. 1 gemäss der Linie I-I;

30

Fig. 3 - einen Horizontalschnitt eines zweiten Ausführungsbeispiels eines kombinierten Kleinsignal-Strom- und Spannungswandlers mit einem RC-Teiler und

Fig. 4 - ein Schema eines Teils des RC-Teilers des zweiten  
35 Ausführungsbeispiels.

Figuren 1 und 2

Ein erstes Ausführungsbeispiel eines kombinierten Kleinsig-  
nal-Strom- und Spannungswandlers umfasst einen optoelektro-  
5 nischen Stromwandler und einen R-Teiler.

Der zu messende Primärstrom der Mittel- oder Hochspannungs-  
anlage fliesst durch einen Primärleiter 6 und wird mit dem  
optoelektronischen Stromwandler gemessen. Hierzu wird in  
10 einer Signalverarbeitungseinrichtung 5 polarisiertes Licht  
in einen Lichtwellenleiter 13 eingespeist, der sich durch  
eine Bohrung eines Isolators 4 hindurch zu einer einen op-  
tischen Sensor bildenden Faserspule 11 hin erstreckt. Das  
polarisierte Licht durchläuft dann die Faserspule 11, wobei  
15 durch das vom zu messenden Strom erzeugte Magnetfeld die  
Polarisationsebene des Lichts gedreht wird, und gelangt in  
den Lichtwellenleiter 14 und schliesslich wieder in die  
Signalverarbeitungseinrichtung 5. Die Drehung der Polarisati-  
onsebene wird darauf in der Signalverarbeitungseinrich-  
20 tung 5 ausgewertet und in elektrische Signale umgesetzt.

Die optische Faserspule 11 ist in einer Haube 7 aus Metall  
angeordnet, die vom Isolator 4 getragen wird. Der Isolator  
4 besteht beispielsweise aus Porzellan oder Kunststoff mit  
25 Silikonschirmen und weist im Innern eine kreiszylinderfö-  
rmige Bohrung auf. Die Lichtwellenleiter 13 und 14 sind in  
einem Kunststoffrohr 12 geführt.

Die Spannungsmessung erfolgt mit einem R-Teiler 2, welcher  
30 eine Kette von Rundsichtwiderständen 21 aufweist, die in  
der kreiszylinderförmigen Bohrung des Isolators 4 angeord-  
net sind. Das eine Ende der Widerstandskette ist mit der  
unter Mittel- oder Hochspannung stehenden Haube 7 verbun-  
den. Der letzte Widerstand am anderen Ende der Widerstands-  
35 kette umfasst den Sekundärwiderstand 210. Dieser ist über

eine Messleitung 23 mit der Signalverarbeitungseinrichtung 5 und über ein Erdleitung 22 mit der Erde verbunden. Die Sekundärspannung  $U_s$  wird mit der Messleitung 23 abgegriffen, wobei die Signalverarbeitung in der Signalverarbeitungseinrichtung 5 erfolgt.

Der übrig bleibende Hohlraum im Isolator 4 und in der Haube 7 ist mit einem Isoliermedium 41, z.B. einer elastischen Isolier-Vergussmasse, einem Isolieröl oder einem Isoliergas, gefüllt. Das Füllen erfolgt vorzugsweise unter Vakuum. Ein Abdichtelement 8 mit Durchführungen für das Kunststoffrohr 12, die Messleitung 23 und die Erdleitung 22 dichtet das Innere des Isolators 4 nach aussen ab. Zur Abdichtung dienen ausserdem auch Ringdichtungen 90 bis 94.

15

#### Figuren 3 und 4

Ein zweites Ausführungsbeispiel eines kombinierten Kleinsignal-Strom- und Spannungswandlers umfasst einen optoelektronischen Stromwandler und einen RC-Teiler.

20

Der RC-Teiler umfasst eine Kette von Rundschichtwiderständen 31, die in einer ersten kreiszylinderförmigen Bohrung eines Isolators 40 angeordnet sind, und eine Kette von Kondensatoren 32, die in einer zweiten kreiszylinderförmigen Bohrung des Isolators 40 angeordnet sind. Die beiden kreiszylinderförmigen Bohrungen überschneiden sich leicht. Die Widerstandskette und die Kondensatorkette sind miteinander leiterförmig elektrisch verbunden.

In der die Kondensatorkette enthaltenden Bohrung ist auch das Kunststoffrohr 12 mit den beiden Lichtwellenleitern 13 und 14 angeordnet.

Die restlichen Teile sowie die Funktionsweise entsprechen dem ersten Ausführungsbeispiel.

35

Zu den vorbeschriebenen kombinierten Kleinsignal-Strom- und Spannungswandlern sind weitere konstruktive Variationen realisierbar. Hier ausdrücklich erwähnt sei, dass die beiden  
5 Lichtwellenleiter 13 und 14 in zwei verschiedenen Kunststoffrohren angeordnet sein können.

E

Patentansprüche

1. Kombiniertes Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler für die Strom- und Spannungsmessung in Freiluftschaltanlagen, mit einem optoelektronischen Stromwandler mit einer Faserspule (11) als Sensor für die Strommessung, 5 dadurch gekennzeichnet, dass er einen R-Teiler (2) oder RC-Teiler (3) für die Spannungsmessung umfasst, wobei der Teiler (2; 3) niederinduktive Widerstände (21; 31) aufweist.

10

2. Kombiniertes Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass er einen mit mindestens einer Bohrung versehenen Isolator (4; 40) aufweist, in der bzw. denen die Widerstände (21; 31) 15 des Teilers (2; 3), gegebenenfalls die Kondensatoren (32) des RC-Teilens (3) und ein oder zwei Kunststoffrohre (12) mit Lichtwellenleitern (13, 14) des optoelektronischen Stromwandlers angeordnet sind.

20 3. Kombiniertes Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrung bzw. Bohrungen des Isolators (4; 40) die Form eines Kreiszyllinders oder zwei sich teilweise überschneidend nebeneinander angeordneter Kreiszyllinder haben und mit einem Isoliermedium 25 (41), insbesondere einer elastischen Isolier-Vergussmasse, einem Isolieröl oder einem Isoliergas gefüllt sein können.

4. Kombiniertes Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, 30 dass die Faserspule (11) für die Strommessung und der Primärspannungsanschluss des Teilers (2; 3) auf der einen

Seite des Isolators (4; 40) und eine Signalverarbeitungseinrichtung (5) auf der anderen Seite des Isolators (4; 40) angeordnet sind.

5           5. Kombiniertes Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Widerstand ein Dickschichtwiderstandsaktivteil aufweist und von einer Glasschicht umgeben ist, die ein Herausreißen von Widerstandspartikeln aus dem Dickschichtwiderstandsaktivteil verunmöglicht, und/oder einen  
10           Temperaturkoeffizienten TK besitzt, der kleiner oder gleich dem Quotienten zwischen der maximal zulässigen Änderung  $\Delta_{TR}$  des Spannungs-Übersetzungsverhältnisses und der maximalen Temperaturdifferenz  $\Delta T$  der Widerstände im Teiler (2; 3) ist.

15

          6. Kombiniertes Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Widerstände des Teilers (2; 3) Rundwiderstände sind, die einen Vollkeramikstab mit einem Durchmesser  
20           größer oder gleich 7 mm, insbesondere zwischen 7 und 14 mm, umfassen, auf dem ein Dickschichtwiderstandsaktivteil mit einer Dicke größer oder gleich 8  $\mu\text{m}$ , insbesondere größer oder gleich 12  $\mu\text{m}$ , mäanderartig angeordnet ist.

25           7. Kombiniertes Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Widerstand eine vernachlässigbare Eigeninduktivität kleiner oder gleich 75 nH aufweist und durch Spannungsimpulse mit einer hohen Steilheit vorgealtert sein  
30           kann.

          8. Kombiniertes Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Teiler (2; 3) einen Primärteil aufweist,

zu dem mindestens eine Zusatzkapazität parallel geschaltet ist, wobei die Zusatzkapazität bzw. -kapazitäten einen derartigen Wert hat bzw. derartige Werte haben, dass eine gewünschte Spannungs-Übergangs- bzw. -Übertragungsfunktion  
5 besteht.

9. Kombiniertes Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Teiler (2; 3) einen Sekundärwiderstand  
10 in Form eines Röhrenshunts aufweist, bei dem auf einem Keramikrohr symmetrische Dickschichtwiderstandsbahnen angeordnet sind und im Innern des Keramikrohrs eine Messleitung zur Abnahme der Sekundärspannung  $U_s$  verläuft, die ausserhalb des Keramikrohrs mit einer Erdleitung verdrillt ist.

15

10. Kombiniertes Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Teiler (2; 3) einen Sekundärwiderstand (210) umfasst, an dessen einem Ende eine erste Messleitung  
20 (23) angeschlossen ist, und eine zweite Messleitung bis zu diesem Anschluss mit der ersten Messleitung verdrillt ist, von dort bis zum anderen Ende des Sekundärwiderstands parallel zum Strompfad des Sekundärwiderstands verläuft und von dort an mit einer den Sekundärwiderstand erdenden Erd-  
25 leitung (22) verdrillt und an die Erde gelegt ist.

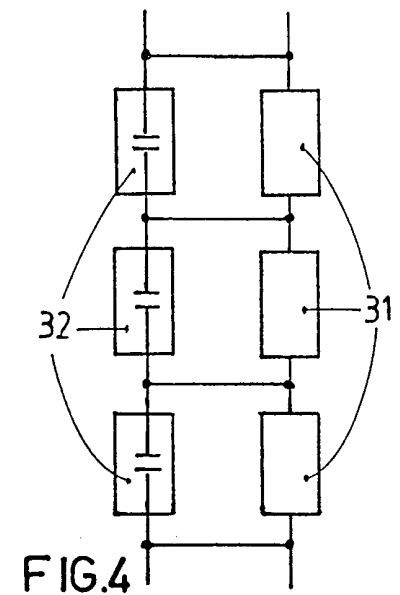
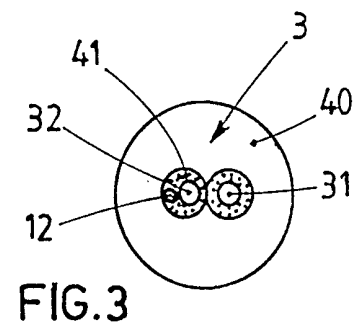
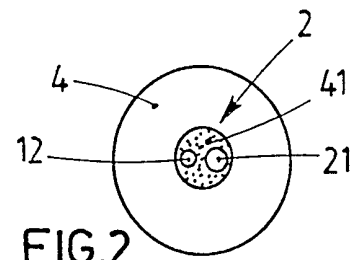
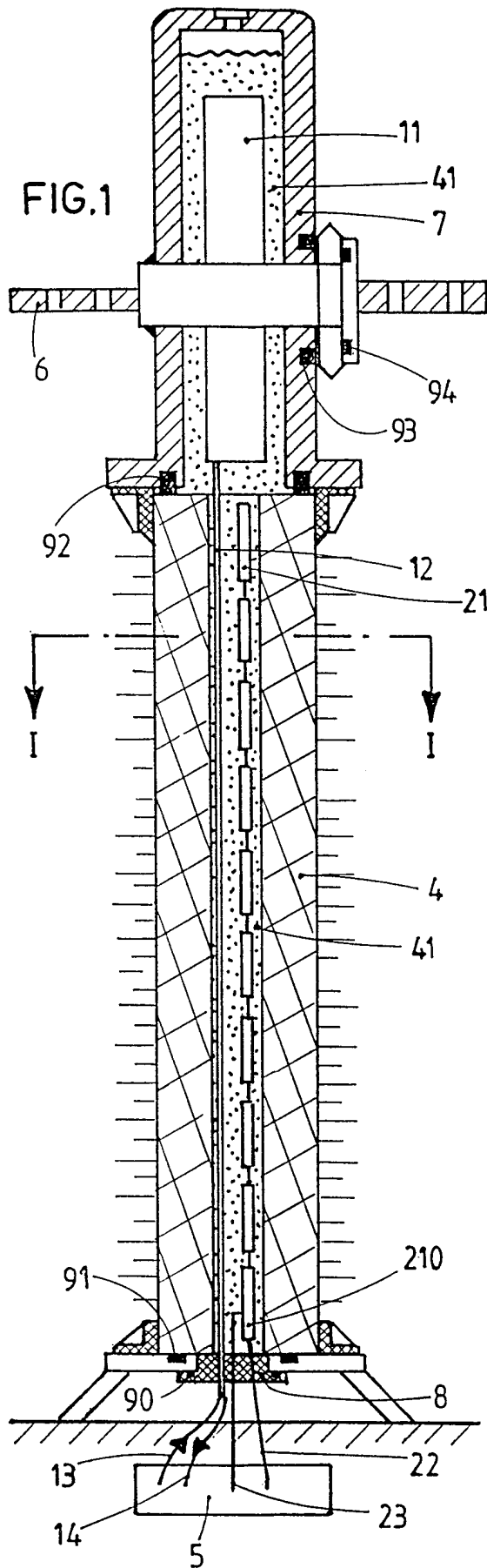
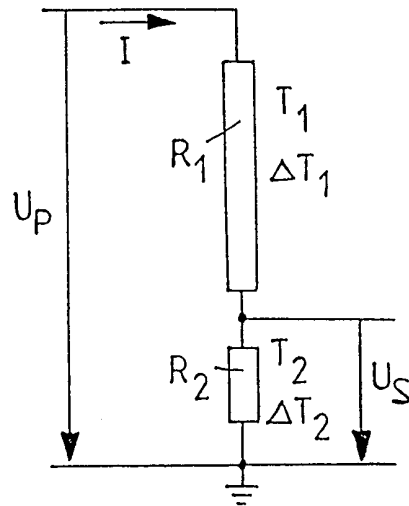


FIG.5



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No

PCT/CH 98/00404

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 6 G01R15/14 G01R15/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 6 G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 156 533 A (WESTINGHOUSE) 2 October 1985 see abstract; figures 1,5-7 ---	1,4
A	DE 34 35 418 A (SCHNIEWINDT KG) 3 April 1986 see page 7, paragraph 4 see page 9, paragraph 3 see page 10, paragraph 3 - page 11, paragraph 1; figure 1 see page 11 ---	2-4,9,10
A	DE 37 14 945 A (KOCH & STERZEL) 12 November 1987 see column 3, line 59 - column 4, line 64; figures 1-4 --- -/--	1,3,6-8

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 December 1998

Date of mailing of the international search report

10/12/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Iwansson, K

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/CH 98/00404

**C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 510 427 A (ASEA BROWN BOVERI) 28 October 1992 see column 2, line 47 - line 52; figure 2 ---	1,5,6
A	FAL'KOVSKI: "INSTRUMENT HIGH-VOLTAGE DIVIDER WITH METAL-FILM RESISTORS" MEASUREMENT TECHNIQUES, PLENUM PUBLISHING, vol. 18, no. 2, February 1975, page 297 XP002072197 NEW YORK, NY, USA see the whole document ---	5
A	EP 0 661 524 A (ABB RESEARCH) 5 July 1995 see abstract; figure 1 ---	1
A	GB 2 260 413 A (BIRJANDI) 14 April 1993 see abstract; figure 1 -----	9,10

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 98/00404

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 156533	A	02-10-1985	US 4578639 A AU 578268 B AU 3918785 A BR 8501028 A CA 1220820 A JP 60205375 A	25-03-1986 20-10-1988 05-09-1985 29-10-1985 21-04-1987 16-10-1985
DE 3435418	A	03-04-1986	NONE	
DE 3714945	A	12-11-1987	NONE	
EP 510427	A	28-10-1992	DE 4122331 A DE 59207217 D FI 921738 A	29-10-1992 31-10-1996 23-10-1992
EP 661524	A	05-07-1995	DE 4344856 A CN 1118073 A JP 7218272 A PL 306449 A US 5471546 A	06-07-1995 06-03-1996 18-08-1995 10-07-1995 28-11-1995
GB 2260413	A	14-04-1993	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 98/00404

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 IPK 6 G01R15/14 G01R15/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 6 G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 156 533 A (WESTINGHOUSE) 2. Oktober 1985 siehe Zusammenfassung; Abbildungen 1,5-7 ---	1,4
A	DE 34 35 418 A (SCHNIEWINDT KG) 3. April 1986 siehe Seite 7, Absatz 4 siehe Seite 9, Absatz 3 siehe Seite 10, Absatz 3 - Seite 11, Absatz 1; Abbildung 1 siehe Seite 11 ---	2-4,9,10
A	DE 37 14 945 A (KOCH & STERZEL) 12. November 1987 siehe Spalte 3, Zeile 59 - Spalte 4, Zeile 64; Abbildungen 1-4 ---	1,3,6-8
	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

<p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p>	<p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>
---	---

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
2. Dezember 1998	10/12/1998

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Iwansson, K
---	--

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie <sup>2</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 510 427 A (ASEA BROWN BOVERI) 28. Oktober 1992 siehe Spalte 2, Zeile 47 - Zeile 52; Abbildung 2 ---	1,5,6
A	FAL'KOVSKI: "INSTRUMENT HIGH-VOLTAGE DIVIDER WITH METAL-FILM RESISTORS" MEASUREMENT TECHNIQUES, PLENUM PUBLISHING, Bd. 18, Nr. 2, Februar 1975, Seite 297 XP002072197 NEW YORK, NY, USA siehe das ganze Dokument ---	5
A	EP 0 661 524 A (ABB RESEARCH) 5. Juli 1995 siehe Zusammenfassung; Abbildung 1 ---	1
A	GB 2 260 413 A (BIRJANDI) 14. April 1993 siehe Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	9,10

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 98/00404

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 156533      A	02-10-1985	US 4578639 A	25-03-1986
		AU 578268 B	20-10-1988
		AU 3918785 A	05-09-1985
		BR 8501028 A	29-10-1985
		CA 1220820 A	21-04-1987
		JP 60205375 A	16-10-1985
-----	-----	-----	-----
DE 3435418      A	03-04-1986	KEINE	
-----	-----	-----	-----
DE 3714945      A	12-11-1987	KEINE	
-----	-----	-----	-----
EP 510427      A	28-10-1992	DE 4122331 A	29-10-1992
		DE 59207217 D	31-10-1996
		FI 921738 A	23-10-1992
-----	-----	-----	-----
EP 661524      A	05-07-1995	DE 4344856 A	06-07-1995
		CN 1118073 A	06-03-1996
		JP 7218272 A	18-08-1995
		PL 306449 A	10-07-1995
		US 5471546 A	28-11-1995
-----	-----	-----	-----
GB 2260413      A	14-04-1993	KEINE	
-----	-----	-----	-----