PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

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

(51) Internationale Patentklassifikation 6 :		(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 95/10045**
G01R 15/24	**A1**	(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 13. April 1995 (13.04.95)

(21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/DE94/01100

(22) **Internationales Anmeldedatum:** 21. September 1994 (21.09.94)

(30) **Prioritätsdaten:**

P 43 33 538.1	1. Oktober 1993 (01.10.93)	DE
P 44 23 981.5	7. Juli 1994 (07.07.94)	DE

(71) **Anmelder** *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** *(nur für US)*: BOSSELMANN, Thomas [DE/DE]; Im Heuschlag 9, D-91054 Erlangen (DE). MENKE, Peter [DE/DE]; Kath. Kirchenplatz 7, D-91054 Erlangen (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten:** CA, JP, KR, NO, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR MEASURING AN ELECTRIC CURRENT USING TWO OPPOSITELY DIRECTED LIGHT SIGNALS AND MAKING USE OF THE FARADAY EFFECT

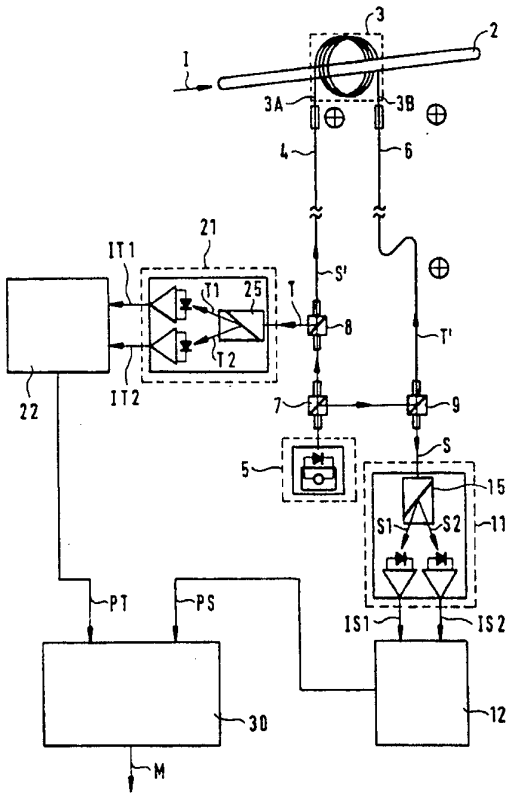
(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUM MESSEN EINES ELEKTRISCHEN STROMES MIT ZWEI GEGENLÄUFIGEN LICHTSIGNALEN UNTER AUSNUTZUNG DES FARADAY-EFFEKTS

(57) **Abstract**

In order to measure an electric current (I) in a conductor (2) the invention calls for two oppositely directed light signals (S, T) to be transmitted through a Faraday element (3) surrounding the conductor (2) and, after passing through the Faraday element (3), to be split into two components. From each of these two components (S, T) is derived a signal whose intensity is normalized (PS, PT). The Faraday element (3) used has negligible circular birefringence and the device includes a signal-processing unit to derive a vibration- and temperature-independent measurement signal (M).

(57) **Zusammenfassung**

Zum Messen eines elektrischen Stromes (I) in einem Stromleiter (2) werden zwei gegenläufige Lichtsignale (S, T) durch ein den Stromleiter (2) umgebendes Faraday-Element (3) gesendet und nach dem Durchlaufen des Faraday-Elements (3) jeweils in zwei Lichtteilsignale aufgeteilt. Aus diesen Lichtteilsignalen wird für jedes Lichtteilsignal (S, T) ein intensitätsnormiertes Signal (PS, PT) abgeleitet. Es werden ein Faraday-Element (3) mit einer vernachlässigbaren zirkularen Doppelbrechung und eine Signalverarbeitung zum Ableiten eines vibrations- und temperaturunabhängigen Meßsignals (M) vorgesehen.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

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

AT	Österreich	**GA**	Gabon	**MR**	Mauretanien
AU	Australien	**GB**	Vereinigtes Königreich	**MW**	Malawi
BB	Barbados	**GE**	Georgien	**NE**	Niger
BE	Belgien	**GN**	Guinea	**NL**	Niederlande
BF	Burkina Faso	**GR**	Griechenland	**NO**	Norwegen
BG	Bulgarien	**HU**	Ungarn	**NZ**	Neuseeland
BJ	Benin	**IE**	Irland	**PL**	Polen
BR	Brasilien	**IT**	Italien	**PT**	Portugal
BY	Belarus	**JP**	Japan	**RO**	Rumänien
CA	Kanada	**KE**	Kenya	**RU**	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	**KG**	Kirgisistan	**SD**	Sudan
CG	Kongo	**KP**	Demokratische Volksrepublik Korea	**SE**	Schweden
CH	Schweiz	**KR**	Republik Korea	**SI**	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	**KZ**	Kasachstan	**SK**	Slowakei
CM	Kamerun	**LI**	Liechtenstein	**SN**	Senegal
CN	China	**LK**	Sri Lanka	**TD**	Tschad
CS	Tschechoslowakei	**LU**	Luxemburg	**TG**	Togo
CZ	Tschechische Republik	**LV**	Lettland	**TJ**	Tadschikistan
DE	Deutschland	**MC**	Monaco	**TT**	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	**MD**	Republik Moldau	**UA**	Ukraine
ES	Spanien	**MG**	Madagaskar	**US**	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	**ML**	Mali	**UZ**	Usbekistan
FR	Frankreich	**MN**	Mongolei	**VN**	Vietnam

Beschreibung

Verfahren und Anordnung zum Messen eines elektrischen Stromes mit zwei gegenläufigen Lichtsignalen unter Ausnutzung des Faraday-Effekts

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zum Messen eines elektrischen Stromes in einem Stromleiter mit Hilfe eines dem Stromleiter zugeordneten Faraday-Elementes.

Es sind optische Meßanordnungen zum Messen eines elektrischen Stromes in einem Stromleiter unter Ausnutzung des Faraday-Effekts bekannt, die auch als magnetooptische Stromwandler bezeichnet werden. Unter dem Faraday-Effekt versteht man die Drehung der Polarisationsebene von linear polarisiertem Licht in Abhängigkeit von einem Magnetfeld. Der Drehwinkel ist dabei proportional zum Wegintegral über das Magnetfeld entlang des von dem Licht zurückgelegten Weges mit der sogenannten Verdet-Konstanten als Proportionalitätskonstante. Die Verdet-Konstante ist im allgemeinen material-, temperatur- und wellenlängenabhängig. Zum Messen des Stromes ist ein Faraday-Element aus einem optisch transparenten Material wie beispielsweise Glas in der Nähe des Stromleiters angeordnet. Das von dem Strom erzeugte Magnetfeld bewirkt eine Drehung der Polarisationsebene von durch das Faraday-Element gesendetem linear polarisiertem Licht um einen Drehwinkel, der als Meßsignal ausgewertet werden kann. Im allgemeinen umgibt das Faraday-Element den Stromleiter, so daß das Meßlicht den Stromleiter in einem geschlossenen Weg umläuft. Der Betrag des Drehwinkels ist in diesem Fall in guter Näherung direkt proportional zur Amplitude des zu messenden Stromes.

Das Faraday-Element kann als massiver Glasring um den Stromleiter ausgebildet sein (EP-B-0 088 419) oder auch den Stromleiter in Form einer Meßwicklung aus einer lichtleitenden Monomode-Faser umgeben (Faserspule).

Vorteile der magnetooptischen Stromwandler gegenüber herkömmlichen induktiven Stromwandlern sind ihre Potentialtrennung und Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störungen. Probleme bereiten bei dem Einsatz von magnetooptischen Stromwandlern jedoch ihre Temperatur- und Vibrationsempfindlichkeit.

Aus der WO 92/13280 ist eine Ausführungsform eines magnetooptischen Stromwandlers mit einer als Faraday-Meßwicklung um den Stromleiter ausgebildeten, optischen Faser bekannt. Bei dieser bekannten Ausführungsform werden durch Vorsehen einer optischen Faser mit einer hohen intrinsischen zirkularen Doppelbrechung $\rho 0$ verglichen mit der Faraday-Drehung in Verbindung mit einer geeignet gewählten Signalverarbeitung Vibrationseinflüsse weitgehend kompensiert. Das Meßprinzip bei dieser bekannten Ausführungsform besteht darin, in die Faserspule zwei gegenläufige, linear polarisierte Lichtsignale S und T zu senden. Beide Lichtsignale S und T werden nach dem Durchlaufen des Faraday-Elements in zwei Lichtteilsignale S1 und S2 bzw. T1 und T2 mit zueinander orthogonalen Polarisationsebenen aufgeteilt, und diese Lichteilsignale S1 und S2 bzw. T1 und T2 werden mit Hilfe von Photodetektoren in entsprechende elektrische Intensitätssignale IS1 bzw. IS2 bzw. IT1 bzw. IT2 umgewandelt. Diese vier Intensitätssignale IS1 und IS2 und IT1 und IT2 werden durch Amplitudenquadrate dividiert, die der Gesamtintensität IS1 + IS2 bzw. IT1 + IT2 entsprechen, und damit intensitätsnormiert. Aus den vier intensitätsnormierten Signalen is1 bzw. is2 bzw. it1 bzw. it2 wird ein Meßsignal M abgeleitet, das gleich

$$M = ((is1 - is2) - (it1 - it2))/((is1 - is2) + (it1 - it2))$$

ist. Nun ist der Faraday-Effekt ein nicht-reziproker Effekt, so daß die beiden Lichtsignale S und T gegensinnig um denselben Faraday-Winkel ρ gedreht werden. Die lineare Doppelbrechung in dem Material der Faser ist hingegen ein reziproker Effekt und bewirkt daher die gleiche Modulation der beiden Lichtsignale S und T. Das mit diesem bekannten Verfahren ge-

bildete Meßsignal M ist in guter Näherung gleich $\rho/\rho 0$ und beinhaltet somit zwar noch die Informationen über die Faraday-Drehung ρ der beiden Lichtsignale S und T und damit den Meßstrom, die störenden linearen Doppelbrechungseffekte, insbesondere durch Vibrationen der Faser, werden jedoch praktisch vollständig eliminiert. Allerdings ist das Meßsignal M abhängig von der als Eichgröße verwendeten zirkularen Doppelbrechung $\rho 0$ und damit wegen deren Abhängigkeit von der Temperatur selbst temperaturabhängig.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Anordnung zum Messen eines elektrischen Stromes unter Ausnutzung des Faraday-Effekts anzugeben, bei denen sowohl die Vibrations- als auch die Temperaturempfindlichkeit weitgehend unterdrückt werden.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 11. Die Erfindung beruht dabei auf der Erkenntnis, daß durch Verwendung eines Faraday-Elements mit einer im Vergleich zur Faraday-Rotation vernachlässigbaren zirkularen Doppelbrechung und geeigneter signalverarbeitender Mittel ein Meßsignal erhalten werden kann, das sowohl von Vibrationen als auch von der Temperatur weitgehend unabhängig ist.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Meßverfahrens und der Meßanordnung ergeben sich aus den jeweils abhängigen Ansprüchen.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in deren

FIG. 1 ein prinzipieller Aufbau einer Anordnung zum Messen eines elektrischen Stromes und

FIG. 2 und 3 jeweils eine weitere Ausführungsform einer Anordnung zum Messen eines elektrischen Stromes mit einer besonderen Signalauswertung

schematisch dargestellt sind. Einander entsprechende Teile sind mit denselben Bezugszeichen versehen.

In der FIG. 1 sind ein Stromleiter mit 2, ein Faraday-Element mit 3, zwei Lichtwellenleiter als Übertragungsstrecken mit 4 und 6, eine linear polarisierte Lichtquelle mit 5, drei Strahlteiler als lichtteilende Mittel mit 7,8 und 9, zwei Wandlereinheiten mit 11 und 21, zwei Analysatoren mit 15 und 25, zwei Normierungseinheiten mit 12 und 22, und eine Signalverarbeitungseinheit mit 30 bezeichnet.

Linear polarisiertes Licht der Lichtquelle 5 wird in dem Strahlteiler 7 in zwei entsprechend polarisierte Lichtsignale S' und T' aufgeteilt, wobei das erste Lichtsignal S' durchgelassen und das zweite Lichtsignal T' abgelenkt wird. Das erste Lichtsignal S' durchläuft den nächsten Strahlteiler 8 und wird über den Lichtwellenleiter 4 in einen ersten Anschluß 3A des den Stromleiter 2 in Form einer Meßwicklung umgebenden Faraday-Elements 3 gesendet. Das zweite Lichtsignal T' wird in dem Strahlteiler 9 nochmals umgelenkt und über den Lichtwellenleiter 6 zu einem zweiten Anschluß 3B des Faraday-Elements 3 übertragen. Die beiden Lichtwellenleiter 4 und 6 sind dazu vorzugsweise polarisationserhaltend ausgebildet und können Mono-mode-Fasern wie beispielsweise eine HiBi-Faser oder polarisationsneutrale LoBi-Fasern sein. Den Anschlüssen 3A und 3B des Faraday-Elements 3 können als lösbare Verbindungen mit den Lichtwellenleitern 4 bzw. 6 nicht näher bezeichnete Spleiße zugeordnet sein. Die Lichtwellenleiter 4 und 6 sowie das Faraday-Element 3 können auch mit einem einzigen, durchgehenden Lichtwellenleiter gebildet sein. Außer einer Faserspule können als Faraday-Element auch ein massiver Glasring oder mehrere einzelne Glaskörper, die vorzugsweise einen geschlossenen Lichtpfad um den Stromleiter 2 bilden, vorgesehen sein. Schließlich muß das Faraday-Element den Stromleiter nicht ganz umgeben, sondern kann auch neben dem Stromleiter angeordnet sein.

Das Faraday-Element 3 ist nun so ausgebildet, daß es praktisch keine zirkulare Doppelbrechung im Vergleich zum Faraday-Effekt aufweist. Beispiele für ein solcherart ausgebildetes Faraday-Element 3 sind alle gängigen massiven Glaskörper, insbesondere Glasringe, oder auch getemperte Lichtfasern (Annealed-Fibre).

Die beiden Lichtsignale S' und T' durchlaufen in entgegengesetztem Umlaufsinn das Faraday-Element 3 und werden als nunmehr mit S und T bezeichnete Lichtsignale an den jeweils entgegengesetzten Anschlüssen 3B bzw. 3A ausgekoppelt. Bei diesem Umlauf werden die Polarisationsebenen der beiden Lichtsignale S' und T' durch das von einem Strom I in dem Stromleiter 2 erzeugte Magnetfeld gegensinnig um betragsmäßig gleiche Faraday-Meßwinkel ρ bzw. $-\rho$ gedreht und erfahren zugleich dieselbe Modulation durch die lineare Doppelbrechung in dem Faraday-Element 3. Einflüsse durch zirkulare Doppelbrechung auf den Polarisationszustand der beiden Lichtsignale S' und T' sind durch die Wahl des Faraday-Elements 3 praktisch nicht vorhanden. Die in ihren Polarisationsebenen um den Meßwinkel ρ bzw. $-\rho$ gedrehten Lichtsignale S und T werden nun über die Lichtwellenleiter 6 bzw. 4 zu den Strahlteilern 9 bzw. 8 übertragen. Das Lichtsignal S wird in dem Strahlteiler 9 durchgelassen und der Wandlereinheit 11 zugeführt. Das Lichtsignal T wird in dem Strahlteiler 8 umgelenkt und der Wandlereinheit 21 zugeführt. Somit durchlaufen beide Lichtsignale S' bzw. S und T' bzw. T jeweils einmal jeden der beiden Strahlteiler 8 und 9, so daß die in den Strahlteilern 8 und 9 eingebüßten Intensitätsverluste für beide Lichtsignale S und T wenigstens annähernd gleich sind.

Die Lichtquelle 5 und die Strahlteiler 7, 8 und 9 bilden zusammen mit den Lichtwellenleitern 4 und 6 oder - alternativ dazu - entsprechenden Freistrahlübertragungsstrecken Mittel zum Senden von zwei gegenläufigen, linear polarisierten Lichtsignalen S' und T' durch das Faraday-Element 3, deren

Polarisationsebenen nach dem Durchlaufen des Faraday-Elements 3 aufgrund des Faraday-Effekts gegensinnig jeweils um einen Meßwinkel ρ bzw. $-\rho$ gedreht sind.

In jeder Wandlereinheit 11 und 21 wird das entsprechende Lichtsignal S bzw. T mit Hilfe des jeweiligen Analysators 15 bzw. 25 in zwei Lichtteilsignale S1 und S2 bzw. T1 und T2 mit voneinander verschiedenen Polarisationsebenen aufgeteilt. Vorzugsweise sind diese beiden Polarisationsebenen zumindest annähernd senkrecht zueinander gerichtet. Als Analysatoren 15 und 25 können polarisierende Strahlteiler wie beispielsweise Wollaston-Prismen oder auch zwei um einen entsprechenden Winkel gekreuzte Polarisationsfilter mit einem Strahlteiler vorgesehen sein. In nicht näher bezeichneten photoelektrischen Wandlern wie beispielsweise in Verstärkerkreise geschalteten Photodioden werden die Lichtteilsignale S1 und S2 sowie T1 und T2 in entsprechende elektrische Intensitätssignale IS1 bzw. IS2 bzw. IT1 bzw. IT2 umgewandelt. Die Übertragung der Lichtteilsignale S1 und S2 sowie T1 und T2 von den Analysatoren 15 bzw. 25 zu den photoelektrischen Wandlern kann über eine Freistrahlanordnung oder entsprechende Lichtwellenleiter erfolgen. Die Wandlereinheiten 11 und 21 bilden zusammen Mittel zum Aufteilen jedes der beiden Lichtsignale S und T nach Durchlaufen des Faraday-Elements 3 in zwei Lichtteilsignale S1 und S2 bzw. T1 und T2 mit unterschiedlichen Polarisationsebenen und zum Umwandeln dieser Lichtteilsignale S1, S2, T1 und T2 in entsprechende elektrische Intensitätssignale IS1 bzw. IS2 bzw. IT1 bzw. IT2, die ein Maß für die Intensität des entsprechenden Lichtteilsignals sind.

Die Intensitätssignale IS1 und IS2 für das erste Lichtsignal S werden der Normierungseinheit 12 und die Intensitätssignale IT1 und IT2 des zweiten Lichtssignals T der Normierungseinheit 22 zugeführt. In den Normierungseinheiten 12 und 22 werden aus den Intensitätssignalen IS1 und IS2 bzw. IT1 und IT2 jeweils ein intensitätsnormiertes Signal PS bzw. PT erzeugt.

Diese intensitätsnormierten Signale PS und PT sind derart zu bilden, daß sie unabhängig von Intensitätsschwankungen in den beiden Lichtsignalen S und T und ihren Lichtteilsignalen S1 und S2 bzw. T1 und T2 sind, die beispielsweise durch Dämpfungsverluste in den Übertragungsstrecken oder Schwankungen der Lichtquelle 4 verursacht werden können.

Vorzugsweise werden die intensitätsnormierten Signale PS und PT durch Division der Differenz durch die Summe der zugehörigen beiden Intensitätssignale IS1 und IS2 bzw. IT1 und IT2 gebildet, d.h.

$$PS = (IS1 - IS2)/(IS1 + IS2) \quad (1a)$$

und

$$PT = (IT1 - IT2)/(IT1 + IT2) \quad (1b).$$

Dazu sind in den Normierungseinheiten 12 und 22 vorzugsweise ein mit SUB1 bzw. SUB2 bezeichneter Subtrahierer zur Bildung des Differenzsignals IS1-IS2 bzw. IT1-IT2, ein mit ADD1 bzw. ADD2 bezeichneter Addierer zur Bildung des Summensignals IS1+IS2 bzw. IT1+IT2 und ein mit DIV1 bzw. DIV2 bezeichneter Dividierer zur Bildung des Quotientensignals (IS1 - IS2)/(IS1 + IS2) bzw. (IT1 - IT2)/(IT1 + IT2) aus dem Differenzsignal und dem Summensignal vorgesehen.

Die beiden intensitätsnormierten Signale PS und PT werden der Signalverarbeitungseinheit 30 zugeführt. Die Signalverarbeitungseinheit 30 leitet aus den intensitätsnormierten Signalen PS und PT ein Meßsignal M für den elektrischen Strom I im Stromleiter 2 ab, das sowohl vibrations- als auch temperaturkompensiert ist. Die Temperaturkompensation ist dabei wegen der vernachlässigbaren zirkularen Doppelbrechung im Faraday-Element 3 deutlich besser als bei beispielsweise der aus WO 92/13280 bekannten Anordnung.

In einer ersten, nicht dargestellten Ausführungsform wird das Meßsignal M aus den intensitätsnormierten Signalen PS und PT wie folgt abgeleitet. Zunächst werden zwei Signale

PA = PS + PT und PB = PS - PT gebildet. Das so gebildete erste Signal PA ist im wesentlichen nur eine Funktion der linearen Doppelbrechung, nicht jedoch des Faraday-Drehwinkels ρ. Das zweite Signal PB ist hingegen im wesentlichen nur von der Faraday-Rotation ρ abhängig. Das Meßsignal M läßt sich dann näherungsweise als Produkt einer Funktion f(PA) des ersten Signals PA mit dem zweiten Signal PB darstellen, d.h.

$$M = f(PA) \cdot PB.$$

Aus den Signalen PA und PB wird dann vorzugsweise durch Vergleich mit in einer vorab ermittelten Wertetabelle (look-up table) gespeicherten, geeichten Werten das Meßsignal M ermittelt. Die Wertetabelle kann numerisch berechnet oder experimentell ermittelt werden. Die Funktion f(PA) kann durch eine lineare oder quadratische Fit-Funktion angenähert werden, um die Zahl der benötigten Eichmessungen zu reduzieren. Es können natürlich auch direkt die beiden intensitätsnormierten Signale PS und PT selbst und eine entsprechende Wertetabelle zum Ableiten des Meßsignals M verwendet werden.

Um eine höhere Genauigkeit zu erreichen, kann das Meßsignal auch als allgemeine Funktion M = f(PA, PB) der beiden Signale PA und PB vorzugsweise wieder mit Hilfe einer Wertetabelle bestimmt werden. Ferner kann in allen Ausführungsformen anstelle einer Wertetabelle auch eine Eichfunktion verwendet werden.

In der besonders vorteilhaften Ausführungsform, bei der die intensitätsnormierten Signale PS und PT durch Division der Differenz durch die Summe der zugehörigen beiden Intensitätssignale IS1 und IS2 bzw. IT1 und IT2 gebildet werden, gemäß den Gleichungen (1a) und (1b), wird als Meßsignal M vorzugsweise der Quotient zweier linearer Funktionen der beiden intensitätsnormierten Signale PS und PT als Variablen herangezogen. Das Meßsignal M kann dann insbesondere durch die Beziehung

$$M = (a*PS-b*PT)/(c*PS+d*PT+e*E) \qquad (2)$$

mit reellen Koeffizienten a, b, c, d und e und einem Einheitssignal E erhalten werden. Das Einheitssignal E entspricht dabei betragsmäßig dem intensitätsnormierten Signal PS oder PT, wenn genau eines der beiden Intensitätssignale IS1 oder IS2 bzw. IT1 oder IT2 verschwindet.

In der in FIG. 2 dargestellten Ausführungsform wird das Meßsignal M aus den beiden intensitätsnormierten Signalen PS und PT abgeleitet, indem der Quotient aus der Differenz PS-PT und der Summe PS+PT+K'·E gebildet wird, d.h.

$$M = (PS - PT)/(PS + PT + K'\cdot E) \qquad (3).$$

K' ist dabei ein vorgegebener, reeller Korrekturfaktor. E ist ein Einheitssignal, das dem Betrag des entsprechenden intensitätsnormierten Signale PS bzw. PT entspricht, wenn eines der beiden zugehörigen Intensitätssignale IS1 oder IS2 bzw. IT1 oder IT2 verschwindet. Dabei sind die Ausgangspegel der beiden Dividierer DIV1 und DIV2 der beiden Normierungseinheiten 12 und 22 entsprechend aufeinander abgestimmt, um dasselbe Einheitssignal E am Ausgang beider Dividierer DIV1 und DIV2 zu erhalten. Dieses Meßsignal M gemäß Gleichung (3) ergibt sich aus der allgemeinen Beziehung (2), indem man a=b=1 und c=d=1 sowie e=K' wählt.

Zum Ableiten dieses Meßsignals M gemäß Gleichung (3) sind in der Signalverarbeitungseinheit 30 vorzugsweise ein Subtrahierer SUB3 zum Ableiten des Differenzsignals PS-PT, ein erster Addierer ADD3 zum Bilden des Summensignals PS+PT, ein zweiter Addierer ADD4 zum Bilden des Summensignals PS+PT + K'*E aus dem Summensignal PS+PT des ersten Addierers ADD1 und dem K'-fachen Einheitssignal K'*E und ein Dividierer DIV3 zum Bilden des Quotientensignals (PS-PT)/(PS+PT+K'*E) aus dem Differenzsignal PS-PT des Subtrahierers SUB3 und dem

Summensignal PS+PT+K'*E des zweiten Addierers ADD4 als Meßsignal M vorgesehen.

Durch Einstellen des Korrekturfaktors K' kann die Temperaturabhängigkeit des Meßsignals M zumindest annähernd eliminiert werden. Im allgemeinen liegt der Korrekturfaktor K' in einem Bereich zwischen -3 und 3.

In einer besonderen Ausführungsform werden der Korrekturfaktor K' und der Einkoppelwinkel η zwischen einer Eigenachse der linearen Doppelbrechung des Faraday-Elements 3 und der Polarisationsebene jedes in das Faraday-Element 3 eingekoppelten Lichtsignals S' und T' sowie der sogenannte Auskoppelwinkel θ zwischen dieser Eigenachse der linearen Doppelbrechung und einer Eigenachse des Analysators 15 bzw. 25 so eingestellt, daß sie wenigstens annähernd folgende Beziehungen erfüllen:

$$\sin(2\theta - 2\eta) = 1 \qquad (4a)$$

und

$$\cos(2\theta + 2\eta) = -K'/3. \qquad (4b)$$

Die Eigenachse eines doppelbrechenden Materials ist durch die Polarisationsrichtung bestimmt, unter der in das Material eingekoppeltes, linear polarisiertes Licht das Material bezüglich seiner Polarisation unverändert wieder verläßt.

Mögliche Winkelwerte zur Lösung dieser Gleichungen (4a) und (4b) sind beispielsweise $\eta = 10{,}45°$ und $\theta = 55{,}45°$ für K'=2. Abweichungen von den die vorgenannten Beziehungen (4a) und (4b) exakt erfüllenden Winkelwerten sind insbesondere bei großer linearer Doppelbrechung im Faraday-Element 3 möglich und können bis zu etwa 5° betragen.

Rechnungen ergaben, daß bei derart in Abhängigkeit vom Korrekturfaktor K' gewählten Winkeln θ und η das Meßsignal

$$M \cong (2/K')*\sin(2\rho) \qquad (5)$$

ist und damit in guter Näherung seinem aus der Theorie zu erwartenden Wert sin(2ρ) ohne Doppelbrechungsanteile, skaliert mit 2/K', entspricht.

In FIG. 3 ist eine weitere, vorteilhafte Ausführungsform der Meßanordnung gezeigt. Ebenso wie in der Ausführungsform gemäß FIG. 2 werden auch in dieser Ausführungsform zunächst in den Normierungseinheiten 12 und 22 die intensitätsnormierten Signale PS und PT gemäß den Gleichungen (1a) und (1b) als Quotientensignale aus den Differenzen und den Summen der zugehörigen Intensitätssignale IS1 und IS2 bzw. IT1 und IT2 gebildet. Dazu sind vorzugsweise wieder jeweils ein Subtrahierer SUB1 bzw. SUB2, ein Addierer ADD1 bzw. ADD2 und ein Dividierer DIV1 bzw. DIV2 in den Normierungseinheiten 12 bzw. 22 vorgesehen.

In der Signalverarbeitungseinheit 30 werden wieder das Differenzsignal PS-PT mit Hilfe des Subtrahierers SUB3 und das Summensignal PS+PT mit Hilfe des Addierers ADD3 aus den beiden intensitätsnormierten Signalen PS und PT gebildet. Das am Ausgang des Addierers ADD3 anstehende Summensignal PS+PT wird dann einem Eingang eines Multiplizierers MULT zugeführt. Im Multiplizierers MULT wird das Eingangssignal mit einem vorgegebenen, reellen Korrekturfaktor K multipliziert. Als Multiplizierer MULT kann ein Verstärker vorgesehen sein, dessen Verstärkungsfaktor auf den Korrekturwert K eingestellt wird. Das am Ausgang des Multiplizierers MULT zur Verfügung stehende, mit dem Korrekturfaktor K multiplizierte Summensignal K*(PS+PT) wird nun einem Eingang eines Addierers ADD5 zugeführt und von dem Addierer ADD5 mit einem mit dem Faktor 2 multiplizierten Einheitssignal 2*E addiert. Das Einheitssignal E entspricht dabei betragsmäßig dem intensitätsnormierten Signal PS oder PT, wenn eines der beiden Intensitätssignale IS1 oder IS2 bzw. IT1 oder IT2 verschwindet. Der Ausgang des Subtrahierers SUB3 und der Ausgang des Addierers ADD4 sind jeweils mit einem Eingang eines Dividierers DIV3

verbunden. Der Dividierer DIV 3 erzeugt aus seinen beiden Eingangssignalen PS-PT und 2*E+K*(PS+PT) das Quotientensignal (PS-PT)/(2*E+K*(PS+PT)), das als Meßsignal M für den elektrischen Strom I in dem Stromleiter 2 herangezogen wird.

Die Signalverarbeitungseinheit 30 bildet daher Mittel zum Ableiten eines Meßsignals M aus den beiden intensitätsnormierten Signalen PS und PT, wobei das Meßsignal M als Quotientensignal

$$M = (PS-PT)/(K*(PS+PT)+2*E)) \qquad (6)$$

bestimmt wird. Dieses Meßsignal M ergibt sich als Spezialfall aus der allgemeinen Beziehung (2), wenn man a=b=1, c=d=K und e=2 setzt.

Der reelle Korrekturfaktor K wird vorzugsweise so eingestellt, daß die Temperaturabhängigkeit des Meßsignals M wenigstens annähernd minimal ist. Im allgemeinen liegt der Kehrwert des Korrekturfaktors K in einem Bereich zwischen -1,5 und 1,5.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform wird der Korrekturfaktor K in Abhängigkeit von dem Einkoppelwinkel η und dem Auskoppelwinkel θ so eingestellt, daß wenigstens annähernd folgende beiden Beziehungen erfüllt sind:

$$\sin(2\cdot\eta - 2\cdot\theta) = 1 \qquad (7a)$$

$$\cos(2\cdot\eta + 2\cdot\theta) = -2/(3\cdot K). \qquad (7b)$$

Der Einkoppelwinkel η ist dabei wieder definiert als Winkel zwischen der Polarisationsebene jedes der beiden in das Faraday-Element 3 eingekoppelten Lichtsignale S' und T' und einer Eigenachse der linearen Doppelbrechung im Faraday-Element 3, und der Auskoppelwinkel θ ist wieder definiert als Winkel zwischen dieser Eigenachse der linearen Doppelbrechung

und einer Eigenachse des zum Aufteilen der Lichtsignale S und T in jeweils zwei Lichtteilsignale S1 und S2 bzw. T1 und T2

vorgesehenen Analysators 15 bzw. 25.

Bei solcherart eingestellten Korrekturfaktor K, Einkoppelwinkel η und Auskoppelwinkel θ entspricht das Meßsignal M im wesentlichen seinem theoretischen Wert

$$M = \sin(2\rho) \qquad (8)$$

ohne Doppelbrechungsanteile und ohne Skalierung mit einem vom Korrekturfaktor K abhängigen Faktor. Die Meßanordnung läßt sich daher in dieser Ausführungsform besonders einfach auf minimale Temperaturdrift justieren, indem man den Korrekturfaktor K so einstellt, daß das am Ausgang der Signalverarbeitungseinheit 30 anstehende Meßsignal M dem theoretischen Signal sin2ρ bei nicht vorhandener linearer Doppelbrechung entspricht. Mögliche Werte zum Erfüllen der genannten Bedingungen (7a) und (7b) sind zum Beispiel K=1, $\eta = 10{,}45°$ und $\theta = 55{,}45°$. Abweichungen von den die vorgenannten Beziehungen (7a) und (7b) exakt erfüllenden Winkelwerten sind insbesondere bei großer linearer Doppelbrechung im Faraday-Element 3 möglich und können bis zu etwa 5° betragen.

Die Mittel zum Senden der zwei gegenläufigen Lichtsignale S' und T' durch das Faraday-Element 3 enthalten in den in FIG. 2 und 3 gezeigten Ausführungsformen miniaturisierte Strahlteiler 47, 48 und 49, miniaturisierte Analysatoren 15 und 25 und eine zugeordnete Lichtquelle 50 sowie nicht näher bezeichnete Kollimatorlinsen (Grinlenses) zur optischen Kopplung der Strahlteiler 48 und 49 mit den zugeordneten Lichtwellenleitern 6 bzw. 4. Die einzelnen Komponenten 47, 48, 49, 15 und 25 dieser Strahlteilermittel sind vorzugsweise miteinander verklebt und bilden eine kompakte optische Einheit. Es können

allerdings auch wieder diskrete optische Bauelemente wie in der Ausführungsform gemäß FIG. 1 vorgesehen sein.

Die in den FIG. 2 und 3 dargestellten Ausführungsformen der Normierungseinheiten 12 und 22 und der Signalverarbeitungseinheit 30 ermöglichen eine Intensitätsschwankungs- und Temperaturkompensation in Echtzeit, weil sie mit analogen Hardware-Komponenten realisierbar sind. Selbstverständlich kann das Meßsignal M jedoch auch digital berechnet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen eines elektrischen Stromes (I) in einem Stromleiter (2) mit Hilfe eines dem Stromleiter (2) zugeordneten Faraday-Elements (3), bei dem

a) zwei gegenläufige, linear polarisierte Lichtsignale (S' und T') durch das Faraday-Element (3) gesendet werden und die Polarisationsebenen dieser beiden Lichtsignale (S und T) nach dem Durchlaufen des Faraday-Elements (3) aufgrund des Faraday-Effekts gegensinnig jeweils um einen Meßwinkel (ρ bzw. $-\rho$) gedreht sind,

b) jedes dieser beiden Lichtsignale (S und T) nach dem Durchlaufen des Faraday-Elements (3) in zwei linear polarisierte Lichtteilsignale (S1 und S2 bzw. T1 und T2) mit unterschiedlichen Polarisationsebenen aufgeteilt wird und diese Lichtteilsignale (S1,S2,T1,T2) jeweils in entsprechende elektrische Intensitätssignale (IS1 bzw. IS2 bzw. IT1 bzw.IT2) umgewandelt werden,

c) für jedes der beiden durch das Faraday-Element (3) gelaufenen Lichtsignale (S und T) ein intensitätsnormiertes Signal (PS bzw. PT) abgeleitet wird,

d) ein Faraday-Element (3) mit einer im Vergleich zum Meßwinkel (ρ bzw. $-\rho$) vernachlässigbaren zirkularen Doppelbrechung verwendet wird,

e) aus den beiden intensitätsnormierten Signalen (PS und PT) ein weitgehend temperaturunabhängiges Meßsignal (M) für den elektrischen Strom (I) abgeleitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die intensitätsnormierten Signale (PS bzw. PT) für die beiden Signale (S und T) jeweils dem Quotienten ((IS1-IS2)/(IS1+IS2)) aus der Differenz (IS1-IS2) und der Summe (IS1+IS2) der beiden zugehörigen Intensitätssignale (IS1 und IS2 bzw. IT1 und IT2) entsprechen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, bei dem das Meßsignal (M) aus den beiden intensitätsnormierten Signalen (PS und PT) mit Hilfe einer vorab ermittelten Wertetabelle (look-up table) oder Eichfunktion abgeleitet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem das Meßsignal (M) dem Quotienten ((a*PS-b*PT)/(c*PS+d*PT+e*E)) aus zwei linearen Funktionen der beiden intensitätsnormierten Signale (PS und PT) entspricht.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem das Meßsignal (M) dem Quotienten (PS-PT)/(PS+PT+K'·E)) aus der Differenz (PS-PT) der beiden intensitätsnormierten Signale (PS und PT) und der Summe (PS+PT+K'·E) aus den beiden intensitätsnormierten Signalen (PS und PT) und einem mit einem Korrekturfaktor K' multiplizierten Einheitssignal (E) entspricht, wobei das Einheitssignal (E) betragsmäßig gleich demjenigen intensitätsnormierten Signal (PS oder PT) ist, das sich ergibt, wenn genau eines der beiden dem jeweiligen intensitätsnormierten Signal (PS bzw. PT) zugeordneten Intensitätssignale (IS1 oder IS2 bzw. IT1 oder IT2) verschwindet.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem der Korrekturfaktor K' so eingestellt wird, daß die Temperaturabhängigkeit des Meßsignals (M) zumindest annähernd minimal ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem der Korrekturfaktor K' und ein Einkoppelwinkel η der Polarisationsebene jedes der beiden Lichtsignale (S' und T') beim Einkoppeln in das Faraday-Element (3) zu einer Eigenachse der linearen Doppelbrechung im Faraday-Element (3) sowie ein Auskoppelwinkel θ zwischen dieser Eigenachse und einer Eigenachse eines zum Aufteilen der Lichtsignale (S und T) in ihre zwei Lichtteilsignale (S1 und S2 bzw. T1 und T2) jeweils vorgesehenen Analysators (15 bzw. 25) wenigstens annähernd gemäß folgenden Bedingungen eingestellt werden:

$$\sin(2\theta - 2\eta) = 1$$
$$\cos(2\theta + 2\eta) = -K'/3 .$$

8. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem das Meßsignal (M) dem Quotienten ((PS-PT)/(K*(PS+PT)+2*E)) aus der Differenz (PS-PT) und der Summe (K*(PS+PT)+2*E) aus der mit einem vorgegebenen Korrekturfaktor K multiplizierten Summe (K*(PS+PT)) der beiden intensitätsnormierten Signale (PS und PT) und einem mit dem Faktor 2 multiplizierten Einheitssignal (E) entspricht, wobei das Einheitssignal (E) betragsmäßig gleich demjenigen intensitätsnormierten Signal (PS oder PT) ist, das sich ergibt, wenn genau eines der beiden dem jeweiligen intensitätsnormierten Signal (PS bzw. PT) zugeordneten Intensitätssignale (IS1 oder IS2 bzw. IT1 oder IT2) verschwindet.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem der Korrekturfaktor K so eingestellt wird, daß die Temperaturabhängigkeit des Meßsignals (M) zumindest annähernd minimal ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem der Korrekturfaktor K und ein Einkoppelwinkel η der Polarisationsebene jedes der beiden in das Faraday-Element (3) eingekoppelten Lichtsignale (S' und T') zu einer Eigenachse der linearen Doppelbrechung im Faraday-Element (3) sowie ein Auskoppelwinkel θ zwischen dieser Eigenachse und einer Eigenachse eines zum Aufteilen der Lichtsignale (S bzw. T) in ihre zwei Lichtteilsignale (S1 und S2 bzw. T1 und T2) jeweils vorgesehenen Analysators (15 bzw. 25) derart eingestellt werden, daß sie wenigstens annähernd folgende Bedingungen erfüllen:

$$\sin(2\cdot\theta - 2\cdot\eta) = 1$$
$$\cos(2\cdot\theta + 2\cdot\eta) = -2/(3\cdot K).$$

11. Anordnung zum Messen eines elektrischen Stromes (I) in einem Stromleiter (2) mit

a) einem dem Stromleiter (2) zugeordneten Faraday-Element (3),

b) Mitteln (5, 7, 8, 9 oder 47, 48, 49, 50) zum Senden von zwei gegenläufigen, linear polarisierten Lichtsignalen (S' und T') durch das Faraday-Element (3), deren Polarisationsebenen nach dem Durchlaufen des Faraday-Elements (3) aufgrund des Faraday-Effekts gegensinnig jeweils um einen Meßwinkel (ρ bzw. $-\rho$) gedreht sind,

c) Mitteln (11, 21) zum Aufteilen jedes der beiden Lichtsignale (S und T) nach Durchlaufen des Faraday-Elements (3) in zwei linear polarisierte Lichtteilsignale (S1 und S2 bzw. T1 und T2) mit unterschiedlichen Polarisationsebenen und Umwandeln dieser Lichtteilsignale (S1, S2, T1, T2) in entsprechende elektrische Intensitätssignale (IS1 bzw. IS2 bzw. IT1 bzw. IT2) und

d) Mitteln (12, 22) zum Ableiten jeweils eines intensitätsnormierten Signals (PS und PT) für jedes der beiden Lichtsignale (S und T), bei welcher Anordnung

e) das Faraday-Element (3) eine im Vergleich zum Meßwinkel (ρ bzw. $-\rho$) vernachlässigbare zirkulare Doppelbrechung aufweist und

f) Mittel (30) zum Ableiten eines weitgehend temperaturunabhängigen Meßsignals (M) für den elektrischen Strom (I) aus den beiden intensitätsnormierten Signalen (PS und PT) vorgesehen sind.

12. Anordnung nach Anspruch 11, bei der die Mittel (12, 22) zum Ableiten der intensitätsnormierten Signale (PS, PT) derart ausgebildet sind, daß jedes intensitätsnormierte Signal (PS bzw. PT) jeweils dem Quotienten ((IS1-IS2)/(IS1+IS2) bzw. (IT1-IT2)/(IT1+IT2)) aus der Differenz (IS1-IS2 bzw. IT1-IT2) und der Summe (IS1+IS2 bzw. IT1+IT2) der beiden zugehörigen Intensitätssignale (IS1 und IS2 bzw. IT1 und IT2) entspricht.

13. Anordnung nach Anspruch 12, bei der die Mittel (30) zum Ableiten des Meßsignals (M) derart ausgebildet sind, daß das Meßsignal (M) dem Quotienten ((PS-PT)/(K*(PS+PT)+2*E)) aus der Differenz (PS-PT) der beiden intensitätsnormierten Signale (PS und PT) und der Summe (K*(PS+PT)+2*E) der mit einem vorgegebenen Korrekturfaktor K multiplizierten Summe (K*(PS+PT)) der beiden intensitätsnormierten Signale (PS und PT) und einem doppelten Einheitssignal (2*E) entspricht, wobei das Einheitssignal (E) betragsmäßig gleich demjenigen intensitätsnormierten Signal (PS oder PT) ist, das sich ergibt, wenn genau eines der beiden dem jeweiligen intensitätsnormierten Signal (PS bzw. PT) zugeordneten Intensitätssignale (IS1 oder IS2 bzw. IT1 oder IT2) verschwindet.

14. Anordnung nach Anspruch 13, bei der der Korrekturfaktor K so eingestellt ist, daß die Temperaturabhängigkeit des Meßsignals (M) zumindest annähernd minimal ist.

15. Anordnung nach Anspruch 14, bei der

a) zum Aufteilen jedes der beiden Lichtsignale (S und T) in die jeweils zwei Lichtteilsignale (S1 und S2 bzw. T1 und T2) jeweils ein Analysator (15 bzw. 25) vorgesehen ist,

b) der Korrekturfaktor K und ein Einkoppelwinkel η der Polarisationsebene jedes der beiden in das Faraday-Element (3) eingekoppelten Lichtsignale (S' und T') zu einer Eigenachse der linearen Doppelbrechung im Faraday-Element (3) sowie ein Auskoppelwinkel θ zwischen dieser Eigenachse und einer Eigenachse des Analysators (15 bzw. 25) derart eingestellt sind, daß sie wenigstens annähernd die folgenden Bedingungen erfüllen:

$$\sin(2\cdot\eta - 2\cdot\theta) = 1$$

und

$$\cos(2\cdot\eta + 2\cdot\theta) = -2/(3\cdot K).$$

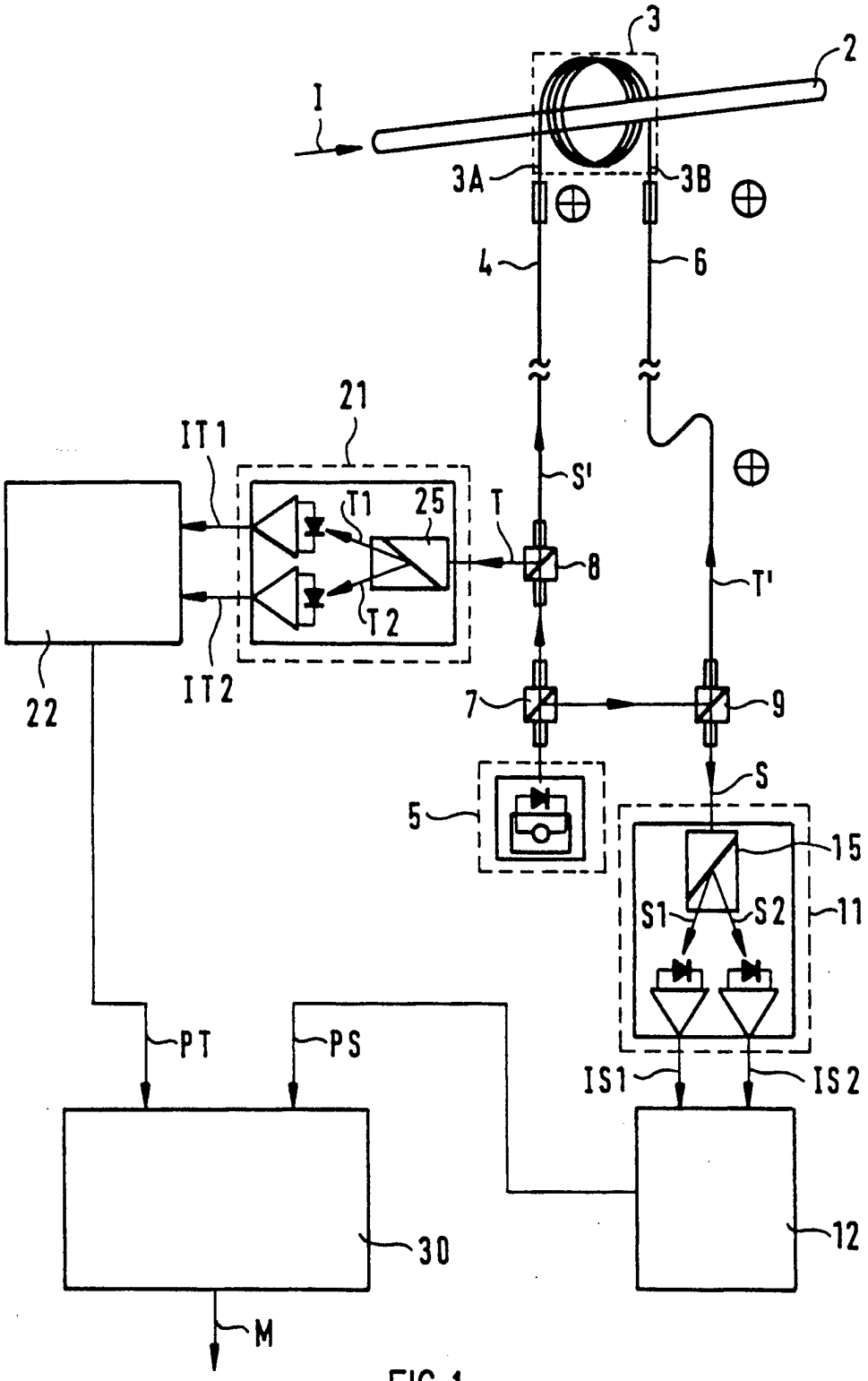

3
2
I
3A
3B
4
6
21
IT1
S'
T1
25
T
8
T'
T2
IT2
22
7
9
S
5
15
S1
S2
11
PT
PS
IS1
IS2
30
12
M

FIG 1

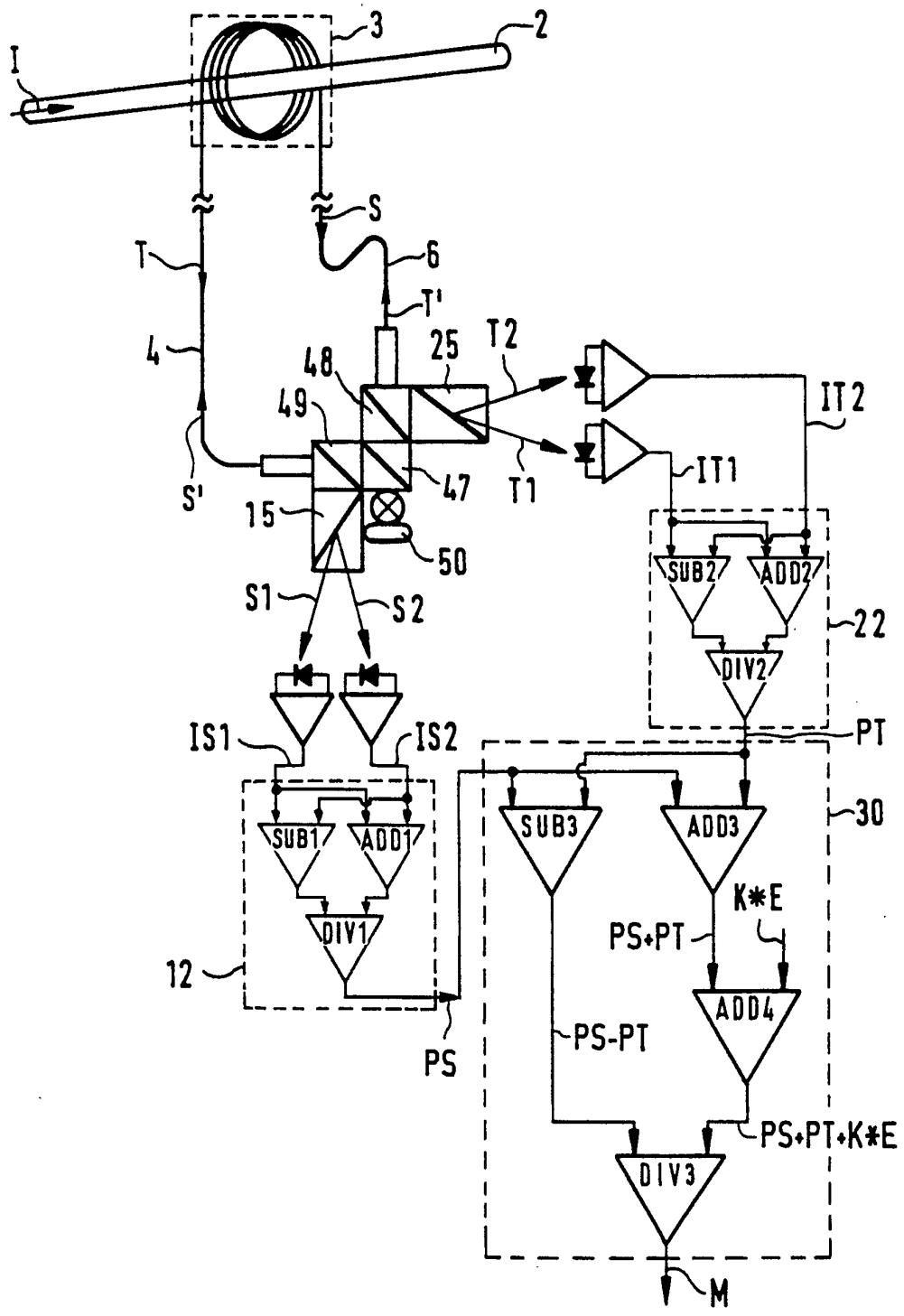

I
3
2
S
T
6
T'
4
25
T2
48
49
47
T1
IT2
IT1
S'
15
50
S1
S2
SUB2
ADD2
22
DIV2
PT
IS1
IS2
SUB1
ADD1
DIV1
12
SUB3
ADD3
30
K*E
PS+PT
ADD4
PS
PS-PT
PS+PT+K*E
DIV3
M

FIG 2

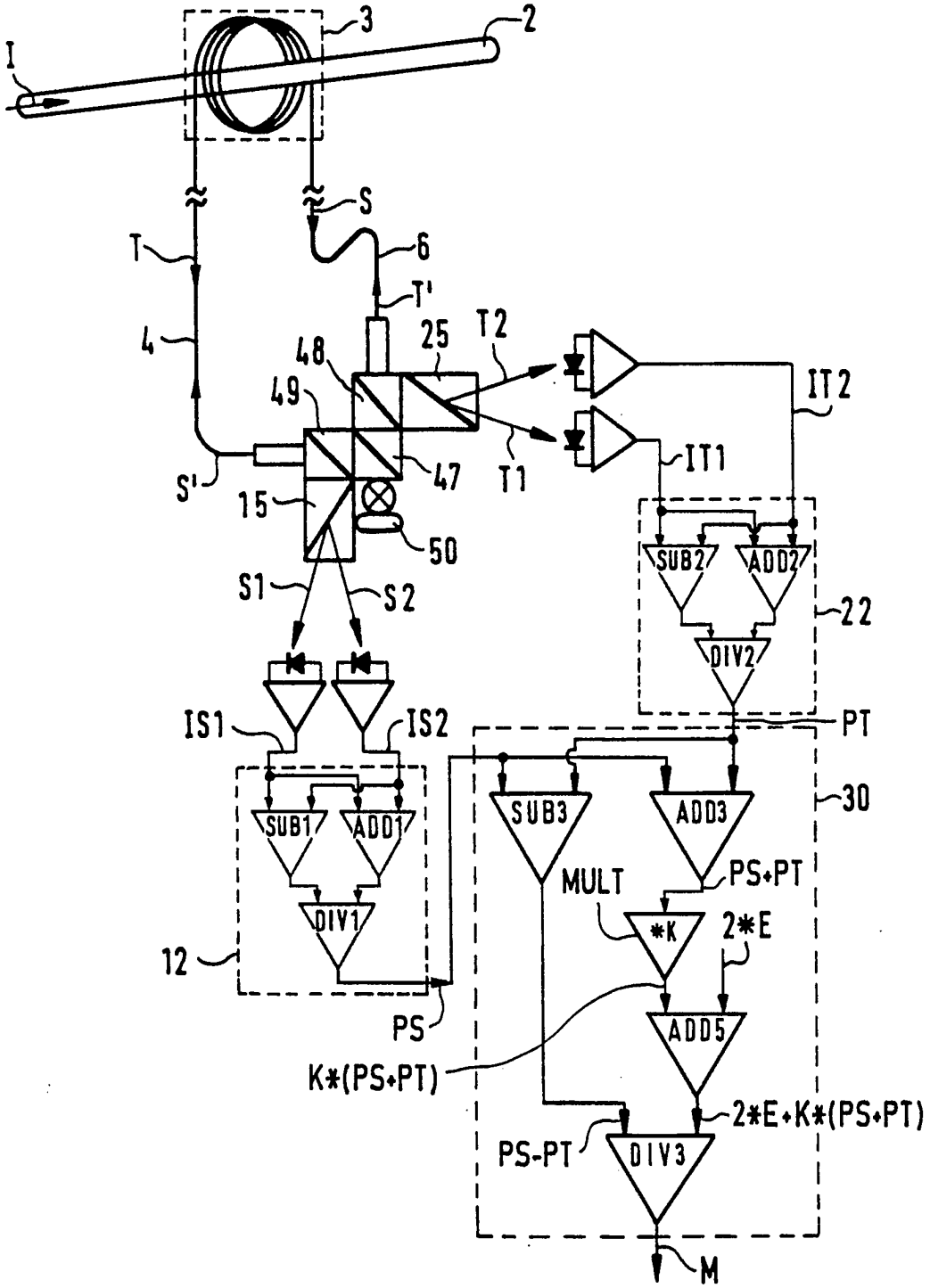

I
3
2
S
T
6
T'
4
25
T2
48
49
IT2
47
T1
IT1
S'
15
50
SUB2
ADD2
22
DIV2
S1
S2
IS1
IS2
PT
SUB3
ADD3
30
SUB1
ADD1
MULT
PS+PT
DIV1
*K
2*E
12
PS
ADD5
K*(PS+PT)
2*E+K*(PS+PT)
PS-PT
DIV3
M

FIG 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. nal Application No
PCT/DE 94/01100

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01R15/24

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.
Y	WO,A,92 13280 (BRITISH TECHNOLOGY GROUP) 6 August 1992 cited in the application see abstract see page 2, line 19 see page 11, line 1 - line 19; figures 1,2 ---	1,2,11, 12
Y	EP,A,0 410 234 (ASEA BROWN BOVERI) 30 January 1991 see abstract see page 4, line 52 - line 55 see page 5, line 4 - line 40 see page 6, line 51 - line 56 see page 7, line 4 - line 19 see page 7, line 35 - line 54; figure 4 --- -/--	1,2,11, 12

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] 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

3

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
11 January 1995	13. 01. 95

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
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	Iwansson, K

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US,A,5 063 290 (KERSEY) 5 November 1991 see column 1, line 48 - line 57 see column 4, line 67 - column 5, line 20; figures 1,2,4	1,11
A	ALSTHOM REVIEW, no.9, December 1987, PARIS FR pages 29 - 44 DUPRAZ 'FIBER-OPTIC INTERFEROMETERS FOR CURRENT MEASUREMENTS: PRINCIPLES...'	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Inter. · ·nal Application No
PCT/DE 94/01100

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO-A-9213280	06-08-92	EP-A-	0567488	03-11-93
		GB-A,B	2251940	22-07-92
		JP-T-	6504372	19-05-94
EP-A-0410234	30-01-91	DE-A-	3924369	31-01-91
		DE-D-	59007116	20-10-94
US-A-5063290	05-11-91	NONE		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter. nales Aktenzeichen
PCT/DE 94/01100

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G01R15/24

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter 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.
Y	WO,A,92 13280 (BRITISH TECHNOLOGY GROUP) 6. August 1992 in der Anmeldung erwähnt siehe Zusammenfassung siehe Seite 2, Zeile 19 siehe Seite 11, Zeile 1 - Zeile 19; Abbildungen 1,2 ---	1,2,11, 12
Y	EP,A,0 410 234 (ASEA BROWN BOVERI) 30. Januar 1991 siehe Zusammenfassung siehe Seite 4, Zeile 52 - Zeile 55 siehe Seite 5, Zeile 4 - Zeile 40 siehe Seite 6, Zeile 51 - Zeile 56 siehe Seite 7, Zeile 4 - Zeile 19 siehe Seite 7, Zeile 35 - Zeile 54; Abbildung 4 --- -/--	1,2,11, 12

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"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)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zumVerständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
11. Januar 1995	13. 01. 95

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
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	Iwansson, K

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US,A,5 063 290 (KERSEY) 5. November 1991 siehe Spalte 1, Zeile 48 - Zeile 57 siehe Spalte 4, Zeile 67 - Spalte 5, Zeile 20; Abbildungen 1,2,4 ---	1,11
A	ALSTHOM REVIEW, Nr.9, Dezember 1987, PARIS FR Seiten 29 - 44 DUPRAZ 'FIBER-OPTIC INTERFEROMETERS FOR CURRENT MEASUREMENTS: PRINCIPLES...' -----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internales Aktenzeichen
PCT/DE 94/01100

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO-A-9213280	06-08-92	EP-A-	0567488	03-11-93
		GB-A,B	2251940	22-07-92
		JP-T-	6504372	19-05-94
EP-A-0410234	30-01-91	DE-A-	3924369	31-01-91
		DE-D-	59007116	20-10-94
US-A-5063290	05-11-91	KEINE		