

(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  
7. Juli 2005 (07.07.2005)

PCT

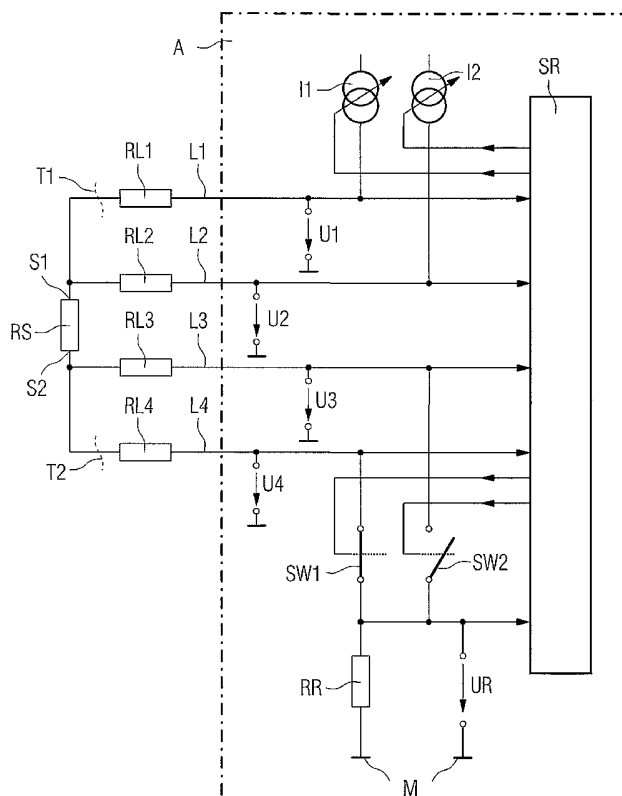
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2005/062012 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G01K 15/00, G05B 23/02, G01R 31/00
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/014440
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
17. Dezember 2004 (17.12.2004)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
103 59 988.6 19. Dezember 2003 (19.12.2003) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BURMEISTER, Dirk [DE/DE]; Madenburgstr. 12, 76767 Hagenbach (DE).  
CHEMISKY, Eric [FR/FR]; Rue de la 1ere Armees 65, F-67830 Lauterbourg (FR).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MEASURING DEVICE, IN PARTICULAR A TEMPERATURE MEASURING TRANSDUCER

(54) Bezeichnung: MESSEINRICHTUNG, INSBESONDERE TEMPERATURMESSUMFORMER



(57) Abstract: The invention relates to a measuring device, in particular a temperature measuring device, comprising an electric resistor, which alters its value based on a chemical or physical variable that is to be measured and which is connected to an evaluation device (A) via at least three lines (L1...L4). Said evaluation device checks the lines (L1...L4) for line breaks and if such a break has occurred, switches from a four-wire circuit to a three- or two-wire circuit as required, in order to permit the continuation of the measuring operation. This improves the reliability of the measuring device.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Messeinrichtung, insbesondere einen Temperaturmessumformer, mit einem elektrischen Widerstand, der in Abhängigkeit einer zu messenden chemischen oder physikalischen Größe seinen Wert verändert und mit zumindest drei Leitungen (L1...L4) an eine Auswerteeinrichtung (A) angeschlossen ist. Diese prüft die Leitungen (L1...L4) auf Leitungsbruch und wechselt, wenn ein Bruch aufgetreten ist, je nach Bedarf von einer Vierleiterschaltung auf eine Dreileiter- oder Zweileiterschaltung, um einen weiteren Messbetrieb zu ermöglichen. Dadurch wird die Verfügbarkeit der Messeinrichtung erhöht.

WO 2005/062012 A1



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

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.

## Beschreibung

Messeinrichtung, insbesondere Temperaturmessumformer

Die Erfindung betrifft eine Messeinrichtung, insbesondere einen Temperaturmessumformer, mit einem elektrischen Widerstand, der in Abhängigkeit einer chemischen oder physikalischen Größe seinen Wert verändert, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein Temperaturmessumformer mit einer derartigen Messeinrichtung ist beispielsweise aus der US-PS 5 317 520 bekannt. Die Messung einer Temperatur als chemische oder physikalische Größe erfolgt mit einem elektrischen Widerstand, der in Abhängigkeit dieser Größe seinen Wert verändert. Dieser Widerstand wird bei einer Drei- oder Vierleiterschaltung an eine Auswerteeinrichtung angeschlossen. Jede Seite des Widerstands wird mit einer Vierleiterschaltung mit jeweils zwei Leitungen kontaktiert. Zwei der Leitungen werden dazu genutzt, einen Strom durch den elektrischen Messwiderstand zu leiten. Die beiden anderen Leitungen dienen zum Abgriff der an dem Messwiderstand während der Messung abfallenden Spannung. Auf diese Weise wird erreicht, dass der Wert des Messwiderstands gemessen werden kann, ohne dass ein Strom durch die beiden Leitungen fließt, über welche die Spannung abgegriffen wird. Damit wird das Messergebnis nicht durch einen Spannungsabfall an den Messleitungen beeinflusst. In einer ebenfalls beschriebenen Dreileiterschaltung werden drei Leitungen zum Anschluss des elektrischen Messwiderstands an die Auswerteeinrichtung benutzt. Eine Kompensation des Einflusses des Leitungswiderstands auf das Messergebnis kann dabei ebenfalls durchgeführt werden, beispielsweise indem die Spannungsdifferenz zwischen einer Leitung, mit welcher die Spannung am Widerstand abgegriffen wird, und einer stromführenden Rückleitung bestimmt und bei der Berechnung des Messergebnisses in geeigneter Weise berücksichtigt wird. Die Auswerteeinrichtung des bekannten Messumformers kann die Leitungen auf Drahtbruch

überprüfen, indem jede der Leitungen zum elektrischen Widerstand einzeln von diesem getrennt wird. Eine Veränderung des Messwerts kann in diesem Testbetrieb erkannt und somit auf einen Drahtbruch geschlossen werden. Durch den bekannten Messumformer ist es somit möglich, einen Bruch einer Messleitung zu erkennen und diesen Fehler an eine Leitzentrale in einer automatisierungstechnischen Anlage zu melden. Der Messumformer wechselt in einen Fehlermodus und gibt keine weiteren Temperatursignale mehr aus. Je nach Sicherheitskonzept der Anlage kann dadurch in nachteiliger Weise ein sofortiger Stillstand der Anlage ausgelöst werden. Nach Melden des Fehlerzustands an das Bedienpersonal kann der Defekt der Leitung durch Wartungspersonal behoben werden.

Da eine Fehlersuche in einer Großanlage durchaus zeitaufwendig sein kann und längere Anlagenstillstände zu vermeiden sind, werden Messumformer, wie es beispielsweise aus dem Abstract JP 2001-208617 A bekannt ist, zur Erhöhung der Verfügbarkeit redundant ausgeführt. Bei einer derart redundanten Ausführung kann bei Defekt eines Messumformers ein anderer weiterhin zur Erfassung einer Prozesstemperatur genutzt werden, ohne dass die Anlage nach dem Defekt außer Betrieb genommen werden muss. Eine redundante Anordnung von Messumformern hat jedoch den Nachteil, dass sie mit einem hohen Aufwand verbunden ist, da neben den tatsächlich zur Automatisierung einer Anlage erforderlichen Messumformern zusätzliche angeordnet werden müssen, welche gegebenenfalls die Funktion eines ausgefallenen Messumformers übernehmen können.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Messeinrichtung, insbesondere einen Temperaturmessumformer, mit einem elektrischen Widerstand, der in Abhängigkeit einer chemischen oder physikalischen Größe seinen Wert verändert, zu schaffen, die sich durch eine höhere Verfügbarkeit auszeichnet und dabei mit einem allenfalls geringen Mehraufwand gegenüber herkömmlichen Messeinrichtungen verbunden ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe weist die neue Messeinrichtung der eingangs genannten Art die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale auf. In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung beschrieben.

Die Erfindung hat den Vorteil, dass sie es erlaubt, dass bei Auftreten eines Leitungsbruchs in einer von zwei Leitungen, die auf derselben Seite des Widerstands angeschlossen sind, weiterhin der Wert des Widerstands gemessen werden kann. Ein Leitungsbruch einer Leitung, mit welcher der Widerstand mit einer Auswerteeinrichtung verbunden ist, führt somit nicht mehr zwangsläufig zum Ausfall der Messeinrichtung. Insbesondere in einem Messumformer zur Messung einer Prozesstemperatur in einer Automatisierungstechnischen Anlage kann die Prozesstemperatur weiterhin mit hinreichend hoher Genauigkeit gemessen werden und die damit automatisierte Anlage in Betrieb bleiben. Die Zahl der Anlagenstillstände wird somit reduziert und damit verbundene hohe Kosten werden eingespart. Da der Messumformer trotz Bruch einer Leitung weiterhin gültige Messwerte liefert, müssen bei einem Defekt die Reparaturarbeiten nicht sofort erledigt sondern können im Rahmen der turnusmäßigen Wartungsarbeiten durchgeführt werden. Der mit einer redundanten Anordnung von Messumformern verbundene hohe Aufwand kann durch die Erfindung in vorteilhafter Weise vermieden werden.

Wenn der Einfluss des Leitungswiderstands der zweiten Leitung auf das Messergebnis kompensiert wird, so hat dies den Vorteil, dass auch nach Auftreten eines Leitungsbruchs Messungen mit hoher Genauigkeit möglich sind. Beispielsweise kann bei Ausfall einer Leitung einer Vierleiterschaltung auf eine Messung mit einer Dreileiterschaltung gewechselt werden, die ebenfalls eine hohe Messgenauigkeit liefert.

Der Zustand der Leitungen, mit denen ein Messwiderstand an einer Auswerteeinrichtung angeschlossen ist, kann in beson-

ders einfacher Weise überprüft werden, wenn die Auswerteeinrichtung eine Steuer- und Recheneinheit und zumindest eine schaltbare Stromquelle aufweist, die derart mit den Leitungen, die auf einer ersten Seite des Messwiderstands angeschlossen sind, verschaltet ist, dass die Stromquelle zur Leitungsprüfung wahlweise auf jeweils eine von den beiden Leitungen zuschaltbar ist. Wenn sich bei Zuschalten der Stromquelle auf eine Leitung kein Stromfluss einstellt, kann darauf geschlossen werden, dass in der jeweiligen Leitung ein Leitungsbruch vorliegt. Auf diese Weise ist eine einfache Prüfung der beiden in einer Vierleiterschaltung normalerweise stromführenden Leitungen möglich.

Zur Prüfung der auf der zweiten Seite des Messwiderstands angeschlossenen Leitungen kann in entsprechender Weise ein steuerbarer Umschalter in der Auswerteeinrichtung vorgesehen werden, welcher durch die Steuer- und Recheneinheit ansteuerbar ist. Dieser Umschalter kann derart mit den beiden Leitungen, die auf der zweiten Seite des Messwiderstands angeschlossen sind, verschaltet werden, dass wahlweise jeweils eine der beiden Leitungen zur Ableitung des durch die Stromquelle in den Messwiderstand eingespeisten Stroms zuschaltbar ist. Wenn in einem Schaltzustand kein Strom durch den Messwiderstand fließt, kann wiederum auf Vorliegen eines Leitungsbruchs geschlossen werden.

Wenn durch die Auswerteeinrichtung bei einem Betrieb der Messeinrichtung mit intakten Leitungen die elektrischen Widerstände der einzelnen Leitungen bestimmt werden, hat dies den Vorteil, dass nach Auftreten eines Leitungsbruchs der Einfluss des Leitungswiderstands auf das Messergebnis rechnerisch durch die Steuer- und Recheneinheit kompensiert werden kann. Damit wird die Messgenauigkeit verbessert.

Anhand der Zeichnung, in der ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt ist, werden im Folgenden die Erfindung sowie Ausgestaltungen und Vorteile näher erläutert.

Die Figur zeigt eine Prinzipdarstellung einer Messeinrichtung mit einem elektrischen Widerstand  $RS$ , der in einem Temperaturmessumformer seinen Widerstandswert in Abhängigkeit einer Temperatur verändert. Der Widerstand  $RS$  ist mit vier Leitungen  $L1$ ,  $L2$ ,  $L3$  und  $L4$  an eine Auswerteeinrichtung  $A$  angeschlossen. Hierbei handelt es sich um eine so genannte Vierleiterschaltung, bei welcher zwei Leitungen  $L1$  und  $L2$  an einer ersten Seite  $S1$  des Widerstands  $RS$  und zwei Leitungen  $L3$  und  $L4$  an einer zweiten Seite  $S2$  des Widerstands  $RS$  angeschlossen sind. Der elektrische Widerstandsbelag, mit welchem die Leitungen  $L1...L4$  behaftet sind, wird durch Aufnahme konzentrierter Widerstände  $RL1$ ,  $RL2$ ,  $RL3$  bzw.  $RL4$  in das Schaltbild berücksichtigt. Die Auswerteeinrichtung  $A$  enthält eine Steuer- und Recheneinheit  $SR$ , die im Wesentlichen durch einen Mikroprozessor mit einem Programmspeicher für ein geeignetes Betriebsprogramm und mit einem Datenspeicher zur Abspeicherung variabler Größen realisiert sein kann. Mit dieser Steuer- und Recheneinheit  $SR$  sind zwei steuerbare Stromquellen  $I1$  und  $I2$  einstellbar, die an den Leitungen  $L1$  bzw.  $L2$  angeschlossen sind. Weiterhin können durch die Steuer- und Recheneinheit  $SR$  zwei Schalter  $SW1$  und  $SW2$  gesteuert werden, welche die eine Seite eines Referenzwiderstands  $RR$ , dessen andere Seite mit Masse  $M$  verbunden ist, wahlweise mit der Leitung  $L3$  oder mit der Leitung  $L4$  verbinden können. Die Schalter  $SW1$  und  $SW2$  sind quasi als Umschalter betreibbar. Spannungen  $U1$ ,  $U2$ ,  $U3$  und  $U4$ , die an den Enden der Leitungen  $L1$ ,  $L2$ ,  $L3$  bzw.  $L4$ , die an der Auswerteeinrichtung  $A$  angeschlossen sind, gegenüber Masse als Bezugspotenzial herrschen, sind auf Analogeingänge der Steuer- und Recheneinheit  $SR$  geführt und werden dort zu Digitalwerten für eine weitere Verarbeitung gewandelt. Gleiches gilt für eine Spannung  $UR$ , die sich aufgrund eines Stromflusses am Referenzwiderstand  $RR$  einstellt.

Im Normalbetrieb fließt der Strom der Quelle  $I1$  über den Widerstand  $RL1$  der Leitung  $L1$ , den Leitungswiderstand  $RL4$  der

Leitung L4, den Schalter SW1 und den Referenzwiderstand RR durch den Messwiderstand RS. Die Differenz zwischen den beiden Spannungen U2 und U3 sowie die Spannung UR werden gemessen. Für den Widerstand RR gilt die Gleichung:

$$RS = \frac{(U2 - U3)}{UR} \cdot RR.$$

Bei dieser Messung ist also die Stromquelle I1 eingeschaltet, die Stromquelle I2 ausgestaltet, der Schalter SW1 geschlossen und der Schalter SW2 offen.

Während des laufenden Messbetriebs wird ständig überwacht, ob die Leitungen L1 bis L4 einen Leitungsbruch haben. Bei Auftreten eines Leitungsbruchs in einer der Leitungen L1 oder L4 fließt in dieser Betriebsart kein Strom durch den Referenzwiderstand RR und die durch die Steuer- und Recheneinheit SR gemessene Spannung UR beträgt 0V. Dieser wird also sofort erkannt. Für die Überprüfung der Leitungen L2 und L3 wird kurzzeitig die Stromquelle I1 abgeschaltet und die Stromquelle I2 zugeschaltet sowie der Schalter SW1 geöffnet und der Schalter SW2 geschlossen. Ist in diesem Zustand die Spannung UR=0V, so wird ein Bruch der Leitung L2 und/oder L3 erkannt. Je nachdem, welche der Leitungen L1 bis L4 gebrochen ist, wird eine Auswahl einer der beiden Stromquellen, die zugeschaltet werden muss, und eine Auswahl eines der beiden Schalter, der zu schließen ist, getroffen, damit weiterhin eine Messung des Widerstands RS möglich ist.

Im Folgenden wird beispielhaft beschrieben, wie ein Bruch der Leitung L1, der in der Figur durch eine gestrichelte Trennlinie T1 markiert ist, erkannt und behandelt werden kann. Während der normalen Messung wird ein Messstrom von der Quelle I1 über die Leitung L1 durch den Widerstand RS über die Leitung L4 und den Schalter SW1 durch den Widerstand RR geführt. Ein Leitungsbruch wird erkannt, sobald die Spannung UR=0V wird. Nun ist zu prüfen, ob die Leitung L1 oder die Leitung L4 defekt ist. Dazu wird die Stromquelle I2 aktiviert und die

Stromquelle I1 abgeschaltet. Der Strom fließt nun über die Leitung L2 zur einen Seite S1 des Widerstands RS. Da mit der eingezeichneten Trennung T1 sich nun eine Spannung  $U_R > 0$  einstellt, kann unmittelbar darauf geschlossen werden, dass die Leitung L1 gebrochen ist. Wäre die Spannung  $U_R$  weiterhin gleich 0V, so ließe dies auf einen Bruch der Leitung L4 schließen oder darauf, dass beide Leitungen L1 und L4 defekt sind. Je nach erkanntem Fehlerfall wird eine geeignete Betriebsart zur weiteren Messung des Widerstands RS gewählt. Für das in Figur 1 mit einer durchbrochenen Trennlinie T1 dargestellte Beispiel mit lediglich einem Bruch der Leitung L1 können weitere Messungen nach Art einer Dreileiterschaltung durchgeführt werden. Diese zeichnet sich ebenfalls durch eine hohe Messgenauigkeit aus. Der Widerstand RS wird bestimmt nach der Gleichung:

$$R_S = \frac{[(U_2 - U_4) - 2 \cdot (U_3 - U_4)]}{U_R} \cdot R_R.$$

Dabei ist die Stromquelle I1 ausgeschaltet, die Stromquelle I2 eingeschaltet, der Schalter SW1 geschlossen und der Schalter SW2 offen.

In entsprechender Weise kann bei einem Bruch der Leitung L4 der Widerstand RS berechnet werden nach der Formel

$$R_S = \frac{[(U_1 - U_3) - 2 \cdot (U_1 - U_2)]}{U_R} \cdot R_R.$$

Dabei ist nun die Stromquelle I1 eingeschaltet, die Stromquelle I2 ausgeschaltet, der Schalter SW1 offen und der Schalter SW2 geschlossen.

Auf analoge Weise kann bei einem Bruch der Leitungen L2 oder L3 weiterhin der Wert des Widerstands RS mit einer Dreileiterschaltung bestimmt werden. Dazu ist in den beiden letztgenannten Formeln lediglich die Spannung  $U_2$  durch  $U_1$  bzw. die Spannung  $U_3$  durch  $U_4$  zu ersetzen.

Mit der Voraussetzung, dass die Leitungen L1 bis L4 denselben Widerstand RL1, RL2, RL3 bzw. RL4 besitzen, ist das Messergebnis in Dreileiterschaltung identisch zum Messergebnis in Vierleiterschaltung. Es entsteht somit durch den Bruch einer einzigen der vier Leitungen L1 bis L4 kein Genauigkeitsnachteil, wenn von einer Vierleiterschaltung auf eine Dreileiterschaltung gewechselt wird.

Die in der Figur dargestellte Schaltung mit einem Bruch der Leitung L1, der durch die Trennlinie T1 angedeutet ist, entspricht, wie bereits oben erwähnt, einer Dreileiterschaltung. Im Folgenden wird beschrieben, wie im Betrieb dieser Schaltung eine Prüfung auf Bruch einer weiteren Leitung durchgeführt werden kann und eine Messung des Widerstands RS bei einem zusätzlichen Bruch einer der Leitungen L3 oder L4 weiterhin ermöglicht wird. Für die Dreileiterschaltung erfolgt die Messung des Widerstands RS nach der bereits oben genannten Gleichung. Während des laufenden Messbetriebs wird ständig überwacht, ob die Leitungen L2, L3 und/oder L4 einen Leitungsbruch haben. Bei Auftreten eines Leitungsbruchs kann kein Strom mehr durch den Widerstand RR fließen. Die Spannung UR wird somit gleich 0V. Während der normalen Messung werden daher die Leitungen L2 und L4 geprüft. Für eine Überprüfung der Leitung L3 wird kurzzeitig der Schalter SW1 geöffnet und der Schalter SW2 durch die Steuer- und Recheneinheit SR geschlossen. Wird nun die Spannung UR=0V, so wird ein Leitungsbruch erkannt und es wird anschließend geprüft, welche der Leitungen L2, L3 und/oder L4 defekt ist. In Abhängigkeit des Prüfungsergebnisses wird der Strom der Stromquelle I2 über den Schalter SW1 oder SW2 geschaltet und eine geeignete Messart ausgewählt.

Im Folgenden wird angenommen, dass zusätzlich zur Leitung L1 auch die Leitung L4 gebrochen ist, wie es zwei durchbrochene Trennlinien T1 und T2 in der Figur andeuten. Welche der drei Leitungen L2, L3 und L4 einen Leitungsbruch besitzt, kann

beispielsweise nach der folgenden Vorgehensweise bestimmt werden. Bei der normalen Messung, bei welcher der Strom  $I_2$  über die Leitung  $L_2$ , den Widerstand  $R_S$ , die Leitung  $L_4$ , den Schalter  $SW_1$  und den Widerstand  $R_R$  geführt wird, erkennt die Steuer- und Recheneinheit  $SR$  den Leitungsbruch der Leitung  $L_4$ , da die Spannung  $U_R=0$  wird. Es ist nun zu prüfen, ob die Leitung  $L_2$  oder die Leitung  $L_4$  defekt ist. Dazu wird durch die Steuer- und Recheneinheit  $SR$  die Stellung der Schalter  $SW_1$  und  $SW_2$  dahingehend geändert, dass nun der Schalter  $SW_1$  geöffnet und der Schalter  $SW_2$  geschlossen ist. Ist in diesem Zustand die Spannung  $U_R=0V$ , so ist  $L_2$  die gebrochene Leitung. Ist dagegen die Spannung  $U_R>0V$ , so kann direkt geschlossen werden, dass die Leitung  $L_4$  defekt sein muss. Für den Fall, dass die Leitung  $L_2$  gebrochen wäre, könnten keine weiteren Messungen mehr durchgeführt werden. Im Fall eines Bruchs der Leitung  $L_4$ , kann die Messung des Widerstands  $R_S$  weiterhin in einer Zweileiterschaltung erfolgen. Der Widerstand  $R_S$  wird somit nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$R_S = \frac{[(U_2 - U_3)]}{U_R} \cdot R_R.$$

Dabei ist die Stromquelle  $I_1$  ausgeschaltet, die Stromquelle  $I_2$  eingeschaltet, der Schalter  $SW_1$  offen und der Schalter  $SW_2$  geschlossen.

In analoger Weise kann eine Messung des Widerstands  $R_S$  ebenfalls weiterhin durchgeführt werden, wenn anstelle des Bruchs der Leitung  $L_4$  die Leitung  $L_3$  gebrochen ist. In diesem Fall ist lediglich in oben genannter Gleichung für den Widerstand  $R_S$  die Spannung  $U_3$  durch die Spannung  $U_4$  zu ersetzen.

Ohne weitere Maßnahmen ist das Messergebnis der Widerstandsmessung in einer Zweileiterschaltung nicht identisch zum Messergebnis in einer Drei- oder Vierleiterschaltung. Der Grund dafür ist, dass bei einer Zweileiterschaltung die Leitungswiderstände der Leitungen nicht vernachlässigt werden dürfen. Es würde sich somit bei einem Wechsel der Schaltung

von einer Dreileiter- auf eine Zweileiterschaltung die Messgenauigkeit verringern. In vorteilhafter Weise wird dies dadurch vermieden, dass durch die Steuer- und Recheneinheit SR zu einem Zeitpunkt, in welchem die Verdrahtung noch in Ordnung ist, der jeweilige Wert der Widerstände RL1, RL2, RL3 und/oder RL4 bestimmt wird. Liegen die einzelnen Widerstandswerte vor, so kann bei Leitungsbruch und Wechsel in eine Zweileiterschaltung das Messergebnis anhand der nun bekannten Widerstandswerte korrigiert werden. Das Messergebnis hat dann annähernd die gleiche Genauigkeit wie in einer Drei- oder Vierleiterschaltung. Eine Restungenauigkeit im Messergebnis bleibt jedoch aufgrund der Temperaturabhängigkeit der Leitungswiderstände, die durch andere Maßnahmen korrigiert werden müsste. Die Messung und Berechnung der einzelnen Leitungswiderständen RL1...RL4 kann bei der in der Zeichnung dargestellten fehlerfreien Vierleiterschaltung beispielsweise nach den folgenden Gleichungen durchgeführt werden:

$$RL1 = \frac{(U1 - U2)}{UR} \cdot RR$$

mit I2=aus, I1=ein; SW1 ist geschlossen, SW2 ist offen,

$$RL2 = \frac{(U2 - U1)}{UR} \cdot RR$$

mit I2=ein, I1=aus; SW1 ist offen, SW2 ist geschlossen,

$$RL3 = \frac{(U4 - U3)}{UR} \cdot RR$$

mit I2=ein, I1=aus; SW1 ist offen, SW2 ist geschlossen und

$$RL4 = \frac{(U3 - U4)}{UR} \cdot RR$$

mit I2=aus, I1=ein; SW1 ist geschlossen, SW2 ist offen.

Liegt ein Leitungsbruch vor, so ist die Auswerteelektronik A somit in der Lage, eine andere geeignete Schaltungsart, je nach Bedarf eine Dreileiter- oder Zweileiterschaltung, auszuwählen und den Messbetrieb ohne großen Genauigkeitsverlust

weiterzuführen. Bei einer Verwendung der Messeinrichtung in einem intelligenten Messumformer mit beispielsweise einer PROFIBUS- oder HART-Schnittstelle kann der erkannte Leitungsbruch als Statusinformation an eine Leitzentrale übertragen und evtl. eine Reparatur der gebrochenen Leitung eingeleitet werden.

Alternativ zum beschriebenen Ausführungsbeispiel, bei welchem eine Stromquelle zur Einspeisung eines Messstroms in den Messwiderstand verwendet wird, ist es selbstverständlich auch möglich, eine Spannungsquelle einzusetzen und zur Bestimmung des Werts des Messwiderstands den sich dabei einstellenden Stromwert zu erfassen.

## Patentansprüche

1. Messeinrichtung, insbesondere Temperaturmessumformer, mit einem elektrischen Widerstand (RS), der in Abhängigkeit einer chemischen oder physikalischen Größe seinen Wert verändert und der mit zumindest drei Leitungen (L1...L4) an einer Auswerteeinrichtung (A) angeschlossen ist, durch welche die Leitungen (L1...L4) auf einen Leitungsbruch prüfbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (A) derart ausgebildet ist, dass bei Leitungsbruch einer ersten (L1) von zwei Leitungen (L1, L2), die auf derselben Seite (S1) des Widerstands (RS) angeschlossen sind, weiterhin eine Messung des Widerstandswerts ohne Verwendung der ersten, defekten Leitung (L1) mit der jeweils anderen, zweiten Leitung (L2) durchführbar ist, indem sowohl der durch den Widerstand (RS) geleitete Strom über die zweite Leitung (L2) geführt als auch die dabei abfallende Spannung mit der zweiten Leitung (L2) abgegriffen wird.

2. Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (A) weiterhin derart ausgestaltet ist, dass der Einfluss des Leitungswiderstands (RL2) der zweiten Leitung (L2) auf das Messergebnis kompensierbar ist.

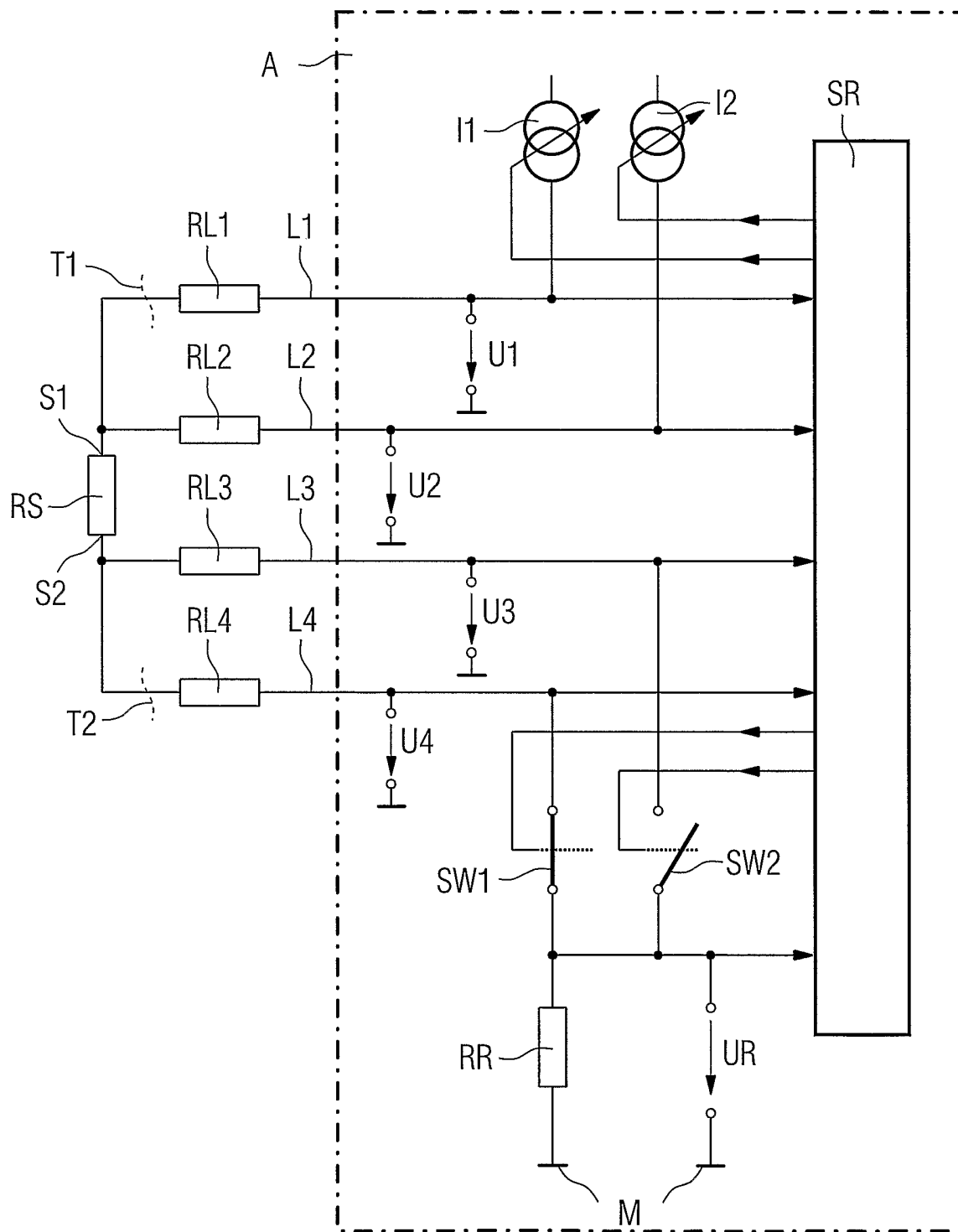
3. Messeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (A) eine Steuer- und Recheneinheit (SR) und zumindest eine schaltbare Stromquelle (I1, I2) aufweist derart, dass die Stromquelle (I1, I2) zur Leitungsprüfung wahlweise auf jeweils eine von zwei Leitungen (L1, L2), die auf einer ersten Seite (S1) des Messwiderstands (RS) angeschlossen sind, zuschaltbar ist und dass der jeweilige, durch den Messwiderstand (RS) fließende Strom erfassbar und zur Feststellung eines Leitungsbruchs auswertbar ist.

4. Messeinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (A) weiterhin einen steuerbaren Umschalter (SW1, SW2) aufweist derart, dass zur Leitungs-

prüfung wahlweise eine von zwei Leitungen (L3, L4), die auf der zweiten Seite (S2) des Messwiderstands (RS) angeschlossen sind, zur Ableitung des durch die Stromquelle (I1, I2) in den Messwiderstand (RS) eingespeisten Stroms zuschaltbar ist und dass der jeweilige, durch den Messwiderstand (RS) fließende Strom erfassbar und zur Feststellung eines Leitungsbruchs auswertbar ist.

5. Messeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (A) derart ausgebildet ist, dass die Leitungswiderstände (RL1...RL4) bei intakten Leitungen (L1...L4) bestimmbar sind.

6. Messeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie Bestandteil eines Messumformers zur Temperaturmessung und für eine Anwendung in einer Automatisierungstechnischen Anlage geeignet ist.



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/014440

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G01K15/00 G05B23/02 G01R31/00

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 7 G01K G05B 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)

EPO-Internal, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 521 234 A (MOORE INDUSTRIES-INTERNATIONAL INC; MOORE IND INTERNATIONAL INC) 7 January 1993 (1993-01-07) abstract	1-6
A	US 5 829 876 A (SCHWARTZ ET AL) 3 November 1998 (1998-11-03) the whole document	1-6
A	JP 06 312395 A (TOSHIBA CORP) 8 November 1994 (1994-11-08) abstract	1-6

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.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 April 2005

Date of mailing of the international search report

02/06/2005

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

Thomte, M

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/EP2004/014440

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 0521234	A	07-01-1993	US 5317520 A AU 644929 B2 AU 1007592 A CA 2058591 A1 DE 69230354 D1 EP 0521234 A2 JP 3307677 B2 JP 5215804 A	31-05-1994 23-12-1993 07-01-1993 02-01-1993 05-01-2000 07-01-1993 24-07-2002 27-08-1993
US 5829876	A	03-11-1998	US 5669713 A US 6045260 A CN 1159225 A ,C EP 0783674 A1 WO 9610166 A1	23-09-1997 04-04-2000 10-09-1997 16-07-1997 04-04-1996
JP 6312395	A	08-11-1994	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/014440

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 G01K15/00 G05B23/02 G01R31/00		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) IPK 7 G01K G05B 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) EPO-Internal, PAJ		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 521 234 A (MOORE INDUSTRIES-INTERNATIONAL INC; MOORE IND INTERNATIONAL INC) 7. Januar 1993 (1993-01-07) Zusammenfassung	1-6
A	US 5 829 876 A (SCHWARTZ ET AL) 3. November 1998 (1998-11-03) das ganze Dokument	1-6
A	JP 06 312395 A (TOSHIBA CORP) 8. November 1994 (1994-11-08) Zusammenfassung	1-6
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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 Benützung, 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 zum Verständnis 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 28. April 2005		Absenddatum des Internationalen Recherchenberichts 02/06/2005
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 Thomte, M

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/014440

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0521234 A	07-01-1993	US 5317520 A	31-05-1994
		AU 644929 B2	23-12-1993
		AU 1007592 A	07-01-1993
		CA 2058591 A1	02-01-1993
		DE 69230354 D1	05-01-2000
		EP 0521234 A2	07-01-1993
		JP 3307677 B2	24-07-2002
		JP 5215804 A	27-08-1993
US 5829876 A	03-11-1998	US 5669713 A	23-09-1997
		US 6045260 A	04-04-2000
		CN 1159225 A ,C	10-09-1997
		EP 0783674 A1	16-07-1997
		WO 9610166 A1	04-04-1996
JP 6312395 A	08-11-1994	KEINE	