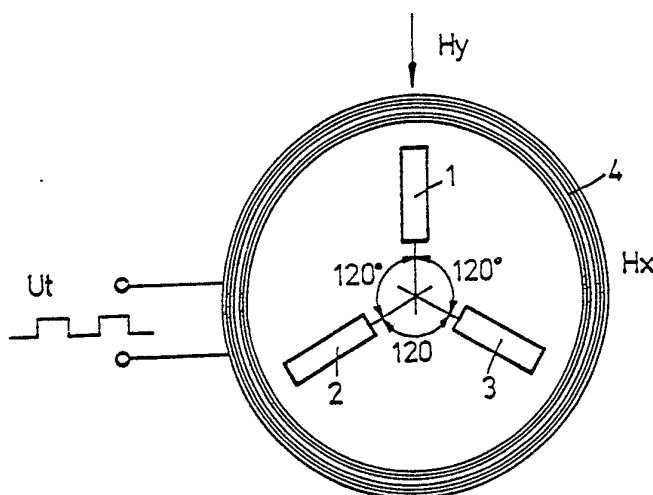


INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁴ : G01C 17/28	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 88/ 06274 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 25. August 1988 (25.08.88)
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP88/00104</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 12. Februar 1988 (12.02.88)</p> <p>(31) Prioritätsaktenzeichen: P 37 04 934.8</p> <p>(32) Prioritätsdatum: 17. Februar 1987 (17.02.87)</p> <p>(33) Prioritätsland: DE</p> <p>(71)(72) Anmelder und Erfinder: WELLHAUSEN, Heinz [DE/DE]; Trockener Kamp 92, D-3200 Hildesheim (DE).</p> <p>(74) Anwalt: EINSEL, Robert; Deutsche Thomson-Brandt GmbH, Göttinger Chaussee 76, D-3000 Hannover 91 (DE).</p> <p>(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (eu- ropäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (eu- ropäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (eu- ropäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, KR, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent),</p>	<p>US.</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelas- senen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls An- derungen eintreffen.</i></p>	

(54) Title: ELECTRONIC COMPASS

(54) Bezeichnung: ELEKTRONISCHER KOMPASS



(57) Abstract

In an electronic compass with several sensors (1, 2, 3) each corresponding to one component of the earth field (Hy), errors due to differences in signal amplification are prevented and the accuracy of measurement is increased. According to the invention, three identical sensors (1, 2, 3) are arranged at an angle of 120°. The compass is intended in particular for the navigation of vehicles.

(57) Zusammenfassung

Bei einem elektronischen Kompaß mit mehreren Sensoren (1, 2, 3), die je auf eine Komponente des Erdfeldes (Hy) ansprechen, sollen Fehler aufgrund unterschiedlicher Signalverstärkung verhindert und die Meßgenauigkeit erhöht werden. Erfindungsgemäß sind drei gleiche Sensoren (1, 2, 3) unter einem Winkel von 120° angeordnet. Insbesondere Kompaß für die Navigation von Fahrzeugen.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

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

AT Österreich	FR Frankreich	MR Mauritien
AU Australien	GA Gabun	MW Malawi
BB Barbados	GB Vereinigtes Königreich	NL Niederlande
BE Belgien	HU Ungarn	NO Norwegen
BG Bulgarien	IT Italien	RO Rumänien
BJ Benin	JP Japan	SD Sudan
BR Brasilien	KP Demokratische Volksrepublik Korea	SE Schweden
CF Zentrale Afrikanische Republik	KR Republik Korea	SN Senegal
CG Kongo	LI Liechtenstein	SU Soviet Union
CH Schweiz	LK Sri Lanka	TD Tschad
CM Kamerun	LU Luxemburg	TG Togo
DE Deutschland, Bundesrepublik	MC Monaco	US Vereinigte Staaten von Amerika
DK Dänemark	MG Madagaskar	
FI Finnland	ML Mali	

Elektronischer Kompaß

Die Erfindung betrifft einen elektronischen Kompaß gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein derartiger elektronischer Kompaß ist bekannt durch die Technische Information Nr. 840323 der Fa. VALVO. Die dort beschriebenen magnetoresistiven Sensoren vom Typ KMZ 10A sind ein passives Bauteil mit einer Widerstandsbrücke, an die eine Betriebsspannung angelegt ist. Der Abgleich der Brücke ändert sich in Abhängigkeit von der Größe eines den Sensor in seiner Längsrichtung durchsetzenden Magnetfeldes. An der Brückendiagonale kann daher eine Spannung abgenommen werden, deren Vorzeichen von der Richtung und deren Größe von dem Betrag des einfallenden Magnetfeldes abhängig ist. Dabei ist es bekannt, zwei derartige Sensoren um 90° gegeneinander versetzt anzuordnen, die somit die Komponenten des einfallenden Magnetfeldes in zwei zueinander senkrechten Richtungen auswerten. Durch diese beiden Komponenten, d.h. durch die Ausgangsspannungen der beiden Sensoren, ist das Magnetfeld nach Betrag und Richtung eindeutig definiert.

Derartige Sensoren haben eine unvermeidbare Offsetspannung, d.h. eine im Ausgangssignal vorhandene Gleichspannungskomponente, die insbesondere durch einen unvollkommenen Abgleich der Brücke und sonstige Umwelteinflüsse entsteht. Diese Offsetspannung ist mit z.B. $\pm 10 - 20$ mV wesentlich größer als die Signalspannung im Bereich einiger μ V.

Zum Ausgleich dieser Offsetspannung ist es bekannt, den Sensoren eine Spule zuzuordnen, die mit einer Taktspannung gesteuert ist und in den Sensoren ein umgeschaltetes Erregerfeld erzeugt, das senkrecht zu der Empfindlichkeitsrichtung der Sensoren steht. Durch dieses Erregerfeld wird die Empfindlichkeitsrichtung der Sensoren mit der Frequenz der Taktspannung periodisch umgeschaltet. Das Ausgangssignal der Sen-

soren ist dann keine Gleichspannung, sondern eine Wechselspannung mit der Frequenz der Taktspannung. Dadurch ist es möglich, daß eigentlich Nutzsignal von der Offsetspannung zu trennen.

Die von den Sensoren abgegebenen Nutzschnale müssen indessen für ihre Weiterverarbeitung verstärkt werden. Einerseits ist ihre Amplitude für die weitere Signalverarbeitung zu gering. Andererseits ändert sich das Erdfeld regional stark, so daß die Verstärkung jeweils angepaßt und geregelt werden muß. Da geringe Unterschiede in der Verstärkung der einzelnen Signale das Meßergebnis bestimmen und insbesondere bei der Regelung mehrerer Verstärkungswege für die Signale der beiden Sensoren ein Gleichlauf in der Verstärkung praktisch nicht erreichbar ist, entstehen relativ große Ungenauigkeiten in der Messung, die den Einsatz derartiger magnetoresistiver Sensoren begrenzen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, derartige Streuungen und Abhängigkeiten vom Abgleich der Sensoren und sonstigen Parametern zu verringern und die Genauigkeit des mit derartigen Sensoren bestückten Kompasses zu erhöhen.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 beschriebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Die Erfindung beruht auf folgenden Erkenntnissen und Überlegungen. Bei der Anordnung von drei gleichen Sensoren unter einem Winkel von 120° ist jeweils die Summe der Ausgangssignale der drei demselben Magnetfeld ausgesetzten Sensoren gleich 0. Das beruht darauf, daß die Summe der drei Augenblickswerte einer Sinusspannung im Abstand von 120° stets 0 ist. Das ist gleichbedeutend damit, daß die Ausgangssignale der drei unter 120° versetzten und in einem konstanten Magnetfeld gedrehten Sensoren unabhängig von der Größe dieses Magnetfeldes stets 0 ist, unter der Voraussetzung, daß die

drei um 120° versetzten Ausgangssignale gleiche Amplitude haben. Wenn somit die Ausgangssignale der drei Sensoren jeweils zeitlich kurz nacheinander getastet werden, so ist auch deren Summe 0. Die so gewonnenen Signale sind voneinander unabhängig, da sie keinen Gleichspannungsanteil enthalten, und können daher über einen gemeinsamen Wechselspannungsverstärker geführt werden. Dessen Verstärkung indessen ist in vorteilhafter Weise unkritisch, da die Verstärkung auf das Meßergebnis nicht eingeht, sondern das Meßergebnis lediglich durch das Verhältnis der Amplituden der Ausgangssignale der Sensoren bestimmt ist. Daher geht auch jegliche Änderung der Verstärkung, z.B. durch Langzeitänderungen, Temperatureinflüsse und Regelung der Verstärkung auf das Meßergebnis nicht ein. Voraussetzung dabei ist, daß die störende Offestspannung im Signal beseitigt ist. Das wird erreicht durch eine besonders vorteilhafte Schaltung gemäß Anspruch 9.

Der Abgleich der gesamten Schaltungsordnung wird daher besonders einfach, da im wesentlichen nur noch ein Abgleich auf die unterschiedliche Empfindlichkeit der drei Sensoren erforderlich ist. Temperatureinflüsse wirken sich auf die drei Sensoren gleichmäßig aus, beeinflussen also die drei Ausgangssignale der Sensoren gleichmäßig und gehen daher in vorteilhafter Weise auf das Meßergebnis, das auf dem Verhältnis dieser Signale beruht, nicht ein. Durch den erfindungsgemäßen Kompaß und die zugeordnete Schaltung zur Auswertung der Signale kann eine Genauigkeit in der Messung der Richtung des Erdfeldes von etwa $1/2^\circ$ und eine Auflösung von ca $1/10^\circ$ erreicht werden, also wesentlich höhere Werte als bei einer herkömmlichen mechanischen Kompaßnadel. Der Kompaß zusammen mit der Auswertschaltung ist an unterschiedliche Navigationssysteme anpaßbar und eignet sich auch für unterschiedliche Darstellungen des Meßergebnisses, z.B. in Form eines Vektors auf einem Bildschirm oder zur digitalen Anzeige der Richtung des Erdmagnetfeldes. Durch die Erfindung werden die noch bestehenden Unzulänglichkeiten der bekannten Sensoren weitestgehend ausgeglichen und deren Einsatzbereich für die Messung

des Erdmagnetfeldes erweitert. Die Erfindung ist besonders vorteilhaft anwendbar bei den sogenannten magnetoresistiven Sensoren, deren ohmscher Widerstand von der Größe und Richtung des sie durchsetzenden Magnetfeldes abhängig ist und wie sie in der genannten Technischen Information der Firma VALVO beschrieben sind. Derartige Sensoren sind besonders klein und ermöglichen einen sehr engen Aufbau für den gesamten Kompaß.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung gemäß Anspruch 9 erfolgt auf einfache Weise eine Beseitigung der unerwünschten Offsetspannung, indem während der ersten Halbwelle der das Erregerfeld erzeugenden Taktspannung ein Kondensator auf den Wert der vom Sensor kommenden Spannung aufgeladen und in der zweiten Halbwelle auf den weiteren Signalweg durchgeschaltet wird, wobei die durchgeschaltete Spannung gleich der Differenz zwischen den Spitzenspannungen der beiden Halbwellen ist und somit die störende Offsetspannung beseitigt ist. Bei einer anderen Ausführungsform gemäß den Ansprüchen 6, 7 wird der für die drei Signalspannungen der Sensoren gemeinsam verwendete Wechselspannungsverstärker immer so geregelt, daß das Signal mit der größten Amplitude gerade den vollen Aussteuerbereich erreicht und z.B. im Signal angeordnete A/D-Wandler voll angesteuert werden. Dadurch wird eine größere maximale Auflösung erreicht, weil dann zumindest für das maximale Signal der gesamte Aussteuerbereich des Wandler ausgenutzt wird und alle Stufen des Wandler für die digitalen Signale, z.B. 256, ausgenutzt werden. Das ist dadurch möglich, daß die Verstärkung des Verstärkers, wie bereits erläutert, auf das Meßergebnis keinen Einfluß hat. Die Regelspannung für den Verstärker, die somit von der Amplitude des größten Signals der drei Sensoren abhängig ist, kann daher gemäß Anspruch 8 auch als eine Anzeige für die absolute Größe des Erdfeldes gewonnen werden.

Für die Ermittlung der Feldrichtung sind an sich zwei gegeneinander versetzte Sensoren ausreichend, so daß die drei Si-

gnale der drei Sensoren an sich redundant sind. Daher können gemäß einer Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 5 insgesamt drei Ergebnisse für den Winkel gebildet werden, die theoretisch übereinstimmen müssen. So kann zur Erhöhung der Genauigkeit oder zur Ausschaltung offensichtlicher Fehlmessungen aus den drei Ergebnissen für die Darstellung jeweils der Mittelwert gebildet werden. Der Kompaß mit den drei gegeneinander versetzten Sensoren und der Spule für das Erregerfeld kann als kompakte, ggf. vergossene gekapselte Einheit ausgebildet sein, wodurch die Lage der drei Sensoren unter 120° mit großer Genauigkeit eingehalten werden kann.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung an einem Ausführungsbeispiel erläutert. Darin zeigen

- Fig. 1 im Prinzip den Aufbau für den erfindungsgemäßen Kompaß,
Fig. 2 eine Schaltung zur Beseitigung der Offsetspannung,
Fig. 3 einen Spannungsverlauf zur Erläuterung der Fig. 2,
Fig. 4 eine vollständige Schaltung zur Auswertung der Signale der drei Sensoren und
Fig. 5 Spannungsdiagramme zur Erläuterung der Schaltung gemäß Fig. 4.

In Fig. 1 sind drei magnetoresistive Sensoren 1, 2, 3, z.B. vom Typ KMZ 10 A der Fa. VALVO, unter einem Winkel von 120° angeordnet. Das bedeutet, daß die Längsachsen der drei Sensoren 1, 2, 3, deren zugehörige Feldkomponente H_y ausgewertet wird, einen Winkel von 120° zueinander bilden. Die Sensoren 1, 2, 3 sind von einer Spule 4 umgeben, die mit einer Taktspannung U_t gespeist wird. Die Spule 4 erzeugt ein Erregerfeld H_x , das senkrecht zu H_y steht und die Empfindlichkeitsrichtung der Sensoren 1, 2, 3 periodisch umpolt. Die Summe der Ausgangssignale der Sensoren 1, 2, 3 ist durch den 120° -Versatz nach dem Drehfeld-Prinzip unabhängig von der Lage

und Richtung des Erdmagnetfeldes H_y und der räumlichen Lage des Kompaß stets gleich 0. Jedes der Signale von den Sensoren 1, 2, 3 hat neben der durch die Taktspannung U_t erzeugten Nutz-Wechselspannung eine unerwünschte Offsetspannung durch Fehlableich der in den Sensoren enthaltenen Widerstand-Brückenschaltung oder sonstige Abweichungen.

Fig. 2, 3 zeigen eine Schaltung, mit der die für die Auswertung unerwünschte Offsetspannung in den Ausgangssignalen jeweils eines Sensors beseitigt werden kann. Der Sensor 1 ist von der Erdfeldkomponente H_y und außerdem von der Erregerfeldkomponente H_x , die periodisch umgeschaltet ist, beaufschlagt. Die dadurch gewonnene Spannung U_a gelangt auf den Differenzverstärker 5 und erscheint somit am Ausgang a. Während der ersten Halbwelle H_1 der Spannung U_a (entsprechend U_t) wird der Schalter 7 durch eine synchrone Schaltspannung geschlossen. Durch den niederohmig ausgebildeten Ausgang a und den geerdeten Punkt b lädt sich der Kondensator 6 in sehr kurzer Zeit auf die Spannung am Punkt a auf. Diese Spannung hat gemäß Fig. 3 den Wert $U_o - U_m$, wobei U_m die Amplitude der Wechselspannung und U_o der Wert der Offsetspannung ist. In der zweiten Halbwelle H_2 ist der Schalter 7 geöffnet und während einer kurzen Zeit für die Signalauswertung der Schalter 8 geschlossen. Der Kondensator 6 hat weiterhin die Spannung $U_o - U_m$ mit dem negativen Pol am Punkt a. Da andererseits jetzt die Spannung am Punkt a = $U_m + U_o$ ist, gelangt bei geöffneten Schalter 8 auf die Klemme c eine Spannung mit dem Wert

$$U_o + U_m - (U_o - U_m) = 2 U_m.$$

Es ist ersichtlich, daß in der Signalspannung am Punkt c die störende Offsetspannung U_o beseitigt ist. Das Signal am Punkt c wird daher ohne die Offsetspannung U_o der weiteren Auswertschaltung zugeführt. Eine entsprechende Schaltung ist in gleicher Form vorgesehen für die beiden anderen Sensoren 2, 3. Der Verstärker 5 ist ein Gleichspannungsverstärker mit einer geringen Verstärkung. Er dient im wesentlichen dazu,

den niederohmigen Ausgang a für die Umladung des Kondensators 6 zu bilden und einen Abgleich auf unterschiedliche Empfindlichkeiten der drei Sensoren 1, 2, 3 zu ermöglichen.

Fig. 4 zeigt eine vollständige Schaltung zur Auswertung der in den Sensoren 1, 2, 3 erzeugten Signalspannungen, die die Schaltung gemäß Fig. 2 dreimal enthält. Anhand der Kurven gemäß Fig. 5 wird die Wirkungsweise erläutert. Die Spannung $St1$ erzeugt über den Verstärker 12 und die Endstufe 13 die Taktspannung Ut , die in der beschriebenen Weise die Spule 4 speist und dadurch das Erregerfeld Hx erzeugt. Die drei Schalter 7 werden jeweils während der ersten Halbwelle $H1$ der Spannung $St1$ und damit auch Ut durch den Impuls $St2$ gleichzeitig geschlossen und bewirken die schnelle Aufladung der Kondensatoren 6 auf die Ausgangsspannung der Verstärker 5 gemäß Fig. 2. Die Schalter 8, 9, 10 arbeiten wie der Schalter 8 in Fig. 2, werden jedoch während der Halbwelle $H2$ zeitlich nacheinander durch die Impulse $St3$, $St4$, $St5$ kurzzeitig leitend gesteuert. Am Punkt c entstehen dadurch zeitlich nacheinander Signale, die das Ausgangssignal der drei Sensoren 1, 2, 3 darstellen und von der Offsetspannung befreit sind. Diese Gewinnung der drei Signale zeitlich nacheinander ist zulässig, weil sich die Ausgangssignale der drei Sensoren zeitlich zumindest in der kurzen Zeit nicht ändern. Diese sequentiellen Signale gelangen über den Kondensator C auf den für alle drei Signale gemeinsamen Wechselspannungsverstärker 11, der durch die Regelspannung Ur geregelt ist. Die sequentiellen Signale gelangen über den weiteren Verstärker 15 gleichermaßen auf die Eingänge der drei Tast- und Halteschaltungen 16, 17, 18 (sample and hold Schaltung). Die Halteschaltungen 16, 17, 18 werden synchron, zu den Impulsen $St3$, $St4$, $St5$ jedoch um die Laufzeit der Verstärker zeitlich verschoben, durch die Impulse $St6$, $St7$, $St8$ für die Signaltastung betätigt. Jedes der drei Signale wird also während seines Auftretens in der Schaltung 16, 17, 18 gespeichert und jeweils bis zum nächsten Impuls, also der nächsten zweiten Halbwelle $H2$ der Spannung $St1$, aufrechterhalten. Auf die-

se Weise werden die jeweils nur kurzzeitig vorhandenen sequentiellen Signale am Ausgang des Verstärkers 15 wieder in ständig vorhandene simultane Signale umgewandelt. Die Stufen 16, 17, 18 liefern die drei Signale U1, U2, U3. Aus dem Verhältnis von zwei dieser Spannungen, z.B. U1 und U2 oder U1 und U3 oder U2 und U3 kann dann die Richtung des Erdmagnetfeldes, dem der Kompaß ausgesetzt ist, ermittelt werden. Diese Signale stellen das Meßergebnis dar. Sie können z.B. die Richtung des gemessenen Erdmagnetfeldes in Form eines Vektors auf einem Bildschirm darstellen oder in digitaler Form in Form von Zahlenwerten die Richtung des Erdmagnetfeldes in Grad und Minuten.

Mit den Verstärkern 13, 14 wird aus den Signalen U1, U2, U3 die Regelspannung U_r für den Verstärker 11 erzeugt. Diese Regelung der Verstärkung erfolgt so, daß der Verstärker 11 durch das Signal am Punkt c mit der größten Amplitude gerade eben voll ausgesteuert ist. Durch diese ständige volle Aussteuerung werden im Signalweg liegende A/D-Wandler jeweils zumindest durch das Signal mit der größten Amplitude voll ausgesteuert, wodurch der Störabstand und die Fehlermöglichkeit verringert werden. Dann ändert sich zwar die für die Signale wirksame Verstärkung. Dadurch ergibt sich aber kein Fehler in dem Meßergebnis, weil in der Auswertschaltung für die Signale U1, U2, U3 nur das Verhältnis der Amplituden dieser Signale ausgewertet wird und nicht ihre absolute Amplitude.

Der Wert der Regelspannung U_r ist somit abhängig von der größten Amplitude des von einem Sensor ausgewerteten Erdfeldes H_y , in dem Sinne, daß bei sinkender Amplitude die Verstärkung des Verstärkers 11 erhöht wird. Daher kann die Regelspannung U_r auch als Anzeige für die absolute Größe des jeweils wirksamen, von dem Kompaß erfaßten Erdfeldes dienen.

Für die Ermittlung der Richtung des Erdfeldes genügen an sich zwei Signale, so daß das gewonnene Signal U1, U2, U3 an

sich redundant ist. Deshalb können aus den Signalen insgesamt drei verschiedene Meßergebnisse für Richtung des Erdfeldes gewonnen werden, nämlich durch Vergleich von U1 und U2, von U1 und U3 und von U2 und U3. Für die Anzeige kann dann der Mittelwert dieser drei Meßergebnisse ausgewertet werden, wodurch die Genauigkeit erhöht und etwaige grobe Fehler durch zu starke Abweichungen der drei Ergebnisse erkannt werden. Die Summe der drei Signale U1, U2, U3 ist ebenfalls stets 0. Eine Abweichung von dieser Grundbedingung der Schaltung kann ebenfalls gesondert ermittelt und als Fehler erkannt und zur Eliminierung des Ergebnisses dienen. Die Auswertung der Signale U1, U2, U3 erfolgt vorzugsweise in einem Rechner, der das für die jeweilige Darstellung gewünschte Signal erzeugt, z.B. für die Darstellung eines Zeigers auf einem Bildschirm oder Signale für eine numerische Angabe der Feldrichtung.

Die Erfindung ist anwendbar bei allen Fahrzeugen mit Navigation wie Flugzeugen, Schiffen, Autos mit Verkehrsfindung und Einrichtungen, bei denen die einfache und störfreie Ermittlung des wirksamen Erdfeldes nützlich oder notwendig ist.

Patentansprüche

1. Elektronischer Kompaß mit Sensoren, deren Ausgangssignal von der Größe und Richtung der sie durchsetzenden Magnetfelder (H_y) abhängig ist und denen eine mit einer Taktspannung (U_t) gespeiste Spule (4) für ein Erregerfeld (H_x) zugeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verhinderung von Fehlern aufgrund unterschiedlicher Signalverstärkung drei Sensoren (1, 2, 3) unter einem Winkel von 120° angeordnet sind.
2. Kompaß nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangssignale (U_a) der drei Sensoren (1, 2, 3) während einer Halbwelle (H_1) der Taktspannung (U_t) zeitlich nacheinander ausgewertet und in einem gemeinsamen Verstärker (11) verstärkt werden.
3. Kompaß nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verstärkungsweg eine Wechselspannungskopplung (C) mit Gleichstromtrennung aufweist.
4. Kompaß nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die drei sequentiellen Ausgangssignale des Verstärkers (11) durch getastete Halteschaltungen (6, 7, 8) in drei si-

multane, kontinuierliche Signale (U1, U2, U3) für die Meßwertdarstellung umgewandelt werden.

- 5.. Kompaß nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß für die Darstellung der Richtung des Erdfeldes drei Ergebnisse aus dem ersten und zweiten, dem ersten und dritten sowie dem zweiten und dritten Signal gebildet und deren Mittelwert verwendet wird.
6. Kompaß nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstärkung des Verstärkers (11) in Abhängigkeit von der Amplitude der Signale (U1, U2, U3) so geregelt ist, daß der Verstärker (11) durch das Signal mit der größten Amplitude stets voll angesteuert ist.
7. Kompaß nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplitude der analogen Signale (U1, U2, U3) so geregelt ist, daß im Signalweg liegende A/D-Wandler stets annähernd voll angesteuert sind.
8. Kompaß nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Größe der Regelspannung (Ur) eine Anzeige für die absolute Größe des Erdfeldes abgeleitet ist.
9. Kompaß nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils das Ausgangssignal des Sensors (1, 2, 3) an den Eingang eines Differenzverstärkers (5) angelegt ist, an dessen Ausgang (a) ein Ende eines Kondensators (6) angeschlossen ist, dessen anderes Ende (b) während der ersten Halbwelle (H1) der Taktspannung (Ut) über einen ersten Schalter (7) geerdet und während der zweiten Halbwelle (H2) der Taktspannung (Ut) über einen zweiten Schalter (8) mit dem weiteren Signalweg (c) verbunden ist (Fig. 2).
10. Kompaß nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils während der ersten Halbwelle (H1) die ersten

- 12

Schalter (7) der drei Sensoren (1, 2, 3) gleichzeitig und während der zweiten Halbwelle (H2) die zweiten Schalter (8, 9, 10) der drei Sensoren (1, 2, 3) zeitlich nacheinander für die Signalverwertung betätigt werden (Fig. 4, 5).

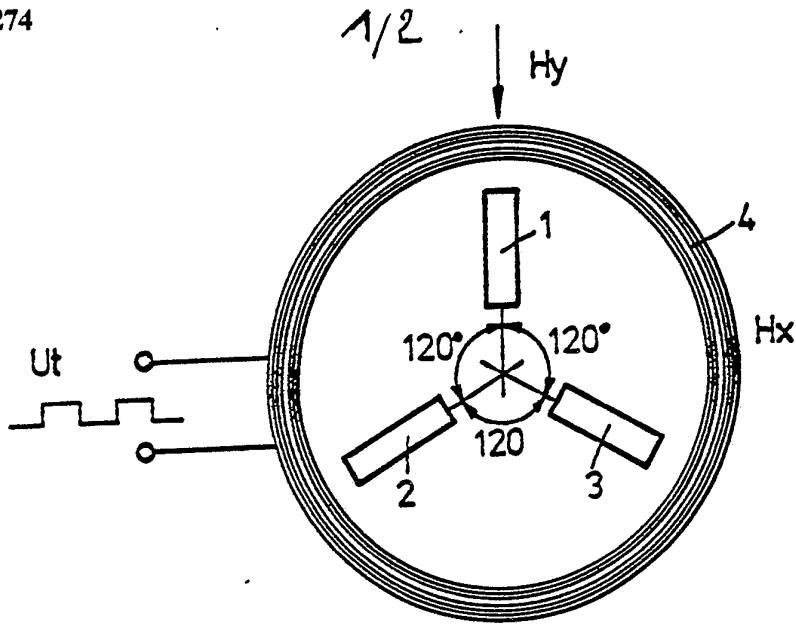


Fig.1

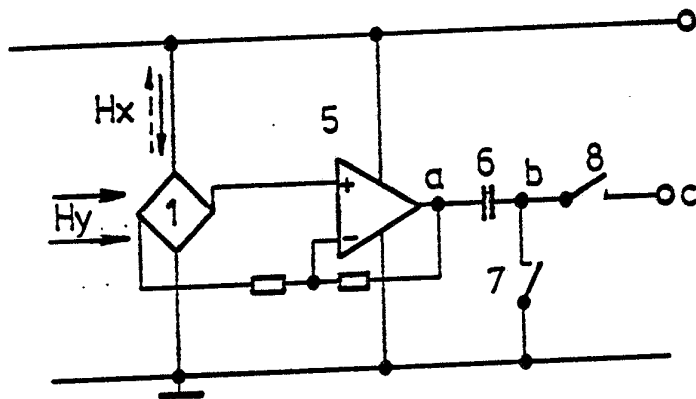


Fig. 2

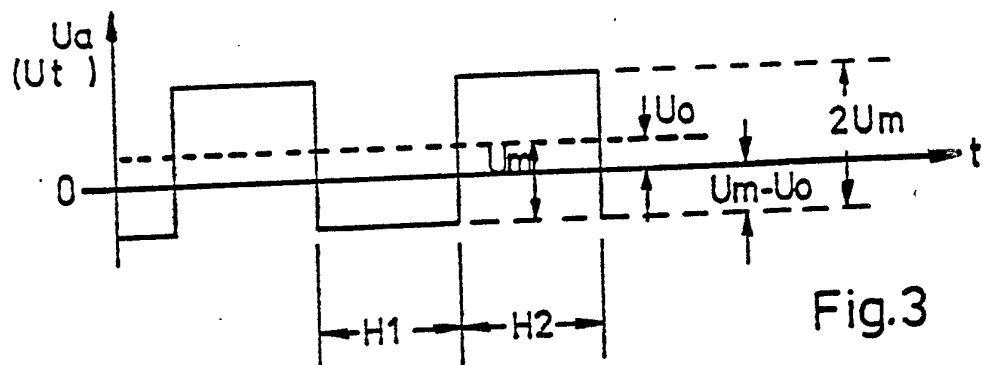


Fig.3

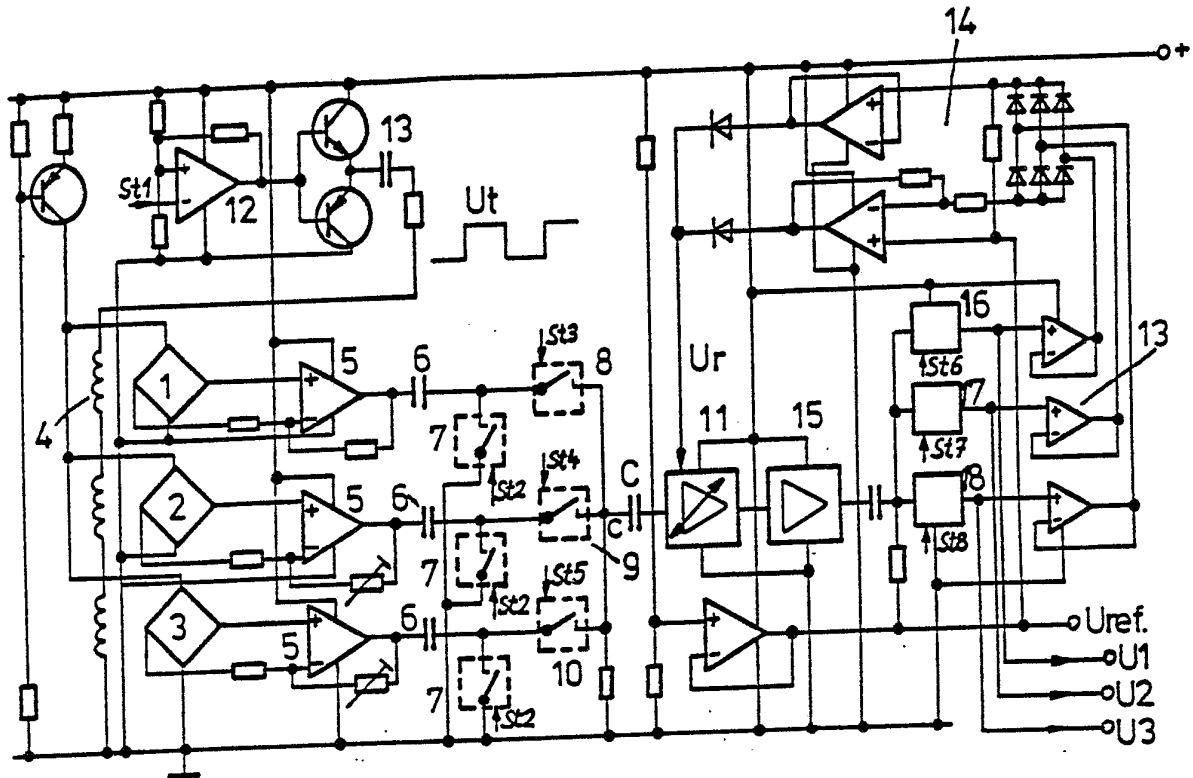


Fig.4

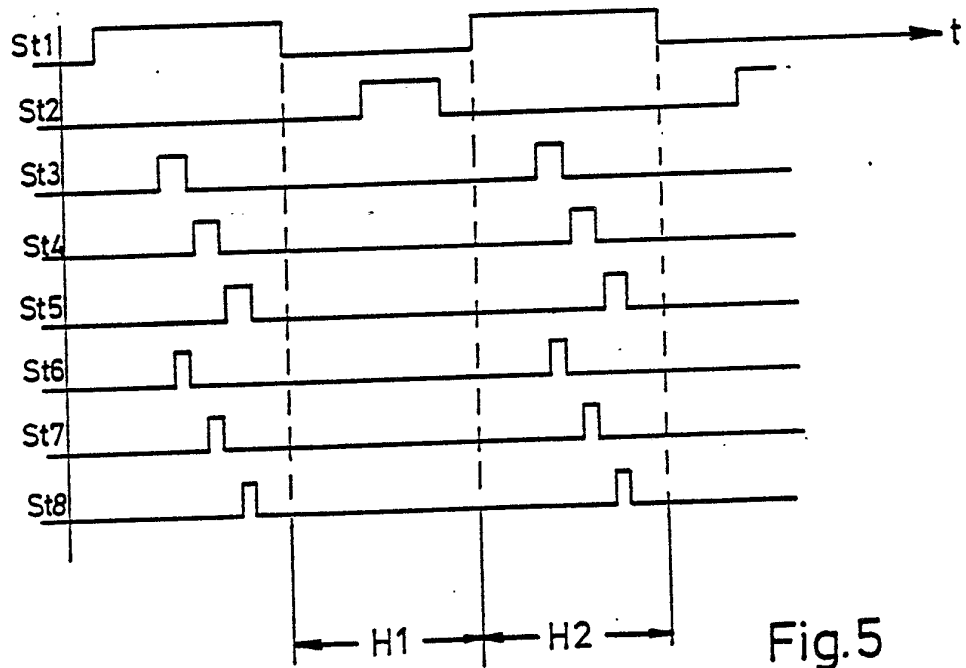


Fig.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/EP 88/000104

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁶		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
G 01 C 17/28		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
	G 01 C	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category *	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
A	US, A, 3628254 (W. BURMEISTER) 21 December 1971 see the whole document	1
<p>* Special categories of cited documents: ¹⁰</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"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</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"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.</p> <p>"Z" document member of the same patent family</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
31 May 1988 (31.05.88)	04 July 1988 (04.07.1988)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
european patent office		

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

EP 8800104

SA 21030


This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 21/06/88. The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A- 3628254	21-12-71	FR-A- 2083282 DE-A- 2115988 GB-A- 1339070	10-12-71 14-10-71 28-11-73

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 88/00104

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int. Cl. 4.	G 01 C 17/28	
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int. Cl. 4.	G 01 C	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN⁹		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
A	US, A, 3628254 (W. BURMEISTER) 21. Dezember 1971 siehe das ganze Dokument -----	1
<p>¹⁰</p> <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:</p> <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 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>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
31. Mai 1988	- 4 JUL 1988	
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten	
Europäisches Patentamt	 P.C.G. VAN DER PUTTEN	

**ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 8800104
 SA 21030

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 21/06/88
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A- 3628254	21-12-71	FR-A- 2083282 DE-A- 2115988 GB-A- 1339070	10-12-71 14-10-71 28-11-73

EPO FORM P0473