

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

Veröffentlichungsnummer: **0 249 838 B1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45)

Veröffentlichungstag der Patentschrift: **06.03.91**

(51)

Int. Cl.⁵: **B63G 9/06**

(21)

Anmeldenummer: **87108207.9**

(22)

Anmeldetag: **05.06.87**

(54)

Vorrichtung zum Steuern einer magnetischen Eigenschutz (MES)-Anlage.

(30)

Priorität: **18.06.86 DE 3620402**

(43)

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.12.87 Patentblatt 87/52

(45)

Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
06.03.91 Patentblatt 91/10

(84)

Benannte Vertragsstaaten:
ES FR GB GR IT NL SE

(56)

Entgegenhaltungen:
DE-B- 1 098 393
FR-A- 2 569 650

(73)

Patentinhaber: **Bundesrepublik Deutschland**
vertr. durch d. Bundesmin. d. Vert. dieser
vertr. durch den Präs. d. Bundesamtes für
Wehrtechnik u.
Beschaffung Konrad-Adenauer-Ufer 2 - 6
W-5400 Koblenz(DE)

(72)

Erfinder: **Flecken, Johann, Dr.**
Schoolsiekengang 5
W-2333 Holzbunge(DE)
Erfinder: **Kock, Rudolf, Dipl.-Ing.**
Melldorferweg 16
W-2370 Rendsburg(DE)

EP 0 249 838 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Steuern einer magnetischen Eigenschutz-(MES)-Anlage eines Fahrzeuges, die ein großräumiges dreiachsiges Spulensystem bestehend aus stromdurchflossenen Spulen in drei orthogonalen Fahrzeugachsen zur Kompensation des vom Erdmagnetfeld am Fahrzeugort und der Fahrzeugbewegung im Erdmagnetfeld (Kurs, Schlingern, etc.). abhängigen magnetischen Eigenfeldes des Fahrzeuges aufweist.

Schiffe, Boote und andere Fahrzeuge der Bundeswehr, aber auch Handelsschiffe, werden aufgrund ihres magnetischen Eigenfeldes (Störfeld), das sich dem Erdfeld überlagert und dieses verzerrt, von Minen und Torpedos mit magnetischen Sensoren direkt bedroht oder sind durch Ortungssysteme mit magnetischen Sensoren aufzuspüren. Aus diesem Grund sind die zu schützenden Fahrzeuge mit einer MES-Anlage ausgerüstet, die die Aufgabe hat, das magnetische Eigenfeld und damit die Gefährdung, herabzusetzen.

Das magnetische Eigenfeld enthält dabei einen sogenannten Permanentanteil und einen Induziertanteil, der auf die dauernde Aufmagnetisierung des Fahrzeuges beim Fahren im Erdfeld zurückzuführen ist, wobei seine Größe je nach dem Kurs und der Lage der Fahrzeugachsen zum Horizont veränderlich ist.

Derartige MES-Anlagen sind in der Literatur hinlänglich beschrieben (z.B. Kosack und Wangerin, "Elektrotechnik auf Handelsschiffen", Springer Verlag 1956, Seite 255-257, Abb.234). Sie weisen ein großräumiges, dreiachsiges Spulensystem, bestehend aus stromdurchflossenen Spulen in drei orthogonalen Achsen zur Kompensation des magnetischen Eigenfeldes des Fahrzeuges, auf.

Jedes mit einer MES-Anlage ausgerüstete Fahrzeug erfährt zunächst aufgrund einer sogenannten magnetischen Vermessung eine Grundeinstellung der MES-Anlage (Erstvermessung), bei der durch Einstellen geeigneter Wicklungsströme und geeigneter Spulenschaltzustände (Amperewindungszahlen) ein optimaler Kompensationswert erreicht wird.

Die Einstellung ändert sich jedoch - abgesehen von Langzeitveränderungen, die in gewissen Zeitabständen eine Einstellungskontrolle erfordern - im Fahrbetrieb. Infolge der

- Breitenabhängigkeit des Erdmagnetfeldes
- Kursabhängigkeit des von der Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes erzeugten Induziertanteiles
- Abhängigkeit des Induziertfeldes von der Lage der Fahrzeugachsen zum Horizont

weist die MES-Anlage eine Regeleinrichtung bzw. eine Steuerung auf, die die Ströme bzw. durch

Schalten von Windungen die Amperewindungszahlen in den einzelnen Spulen im Fahrbetrieb so nachstellt, daß die eingestellte Kompensation des Störfeldes erhalten bleibt.

Es ist bekannt, einen Hand-Breitengradregler und einen sowohl von Hand als auch selbsttätig durch den Kreiselkompaß betätigbaren Kursausgleichregler vorzusehen (Deutsche Minenräumdienstvorschrift Nr.16 "Magnetischer Schutz der Minenräumfahrzeuge, 1946 insbesondere Seite 14/15).

Die Kreisel-MES-Anlage ist jedoch in der Praxis eine Handsteuerung. Fehler in der Bedienung der Regler werden daher nur durch manuelle Kontrolle erkannt. Zudem werden bei der bekannten Anlage die Eigenfeldänderungen nicht erfaßt. Die bekannte MES-Anlage kann daher im Hinblick auf die gesteigerte Empfindlichkeit der Zünder heutigen Ansprüche nicht mehr genügen.

Es ist auch bekannt, durch magnetische Fühlorgane (Sensoren) die Änderungen des Schiffs- und Erdfeldes zu erfassen (Kosack und Wangerin v.g. S.257). Diese vollautomatischen, sondengesteuerten, stromgeregelten MES-Anlagen weisen heute üblicherweise ein schiffsfest montiertes Magnetfeldsondentripel zur Erfassung des Erdfeldes am Schiffsort und der Schiffsbewegungen im Erdfeld (Kurs, Schlingern, Stampfen, Gieren) auf (DE-PS 977 846). Es erfolgt dabei eine getrennte Kompensation der Permanent-, Induziert- und Wirbelstrom-Komponenten des Schiffsstörfeldes in allen drei Schiffsachsen (Vertikal-, Horizontal- und Querschiff).

Diese bekannte MES-Anlage besitzt folgende Nachteile: Die Sondenanlage, das Sonden-Tripel, kann aus technischen Gründen am Fahrzeug nicht am Ort für die günstigste Messung mit optimalen Meßbedingungen angebracht werden, sondern nur dort, wo es baulich möglich ist.

Das Meßsignal der Sonden im Erdfeld ist das alleinige Regelsignal für die MES-Anlage. Beim Total-Ausfall der Sonden kann die Anlage daher nur von Hand gefahren werden, wobei die sogenannten MES-Kanäle kursabhängig gesteuert werden. Sondenfehler werden nicht leicht bemerkt.

Wird das Meßsignal nicht vom Erdfeld, sondern vom Schiffsfeld erzeugt, ist die Fehlererkennung noch wesentlich schwieriger und führt noch eher zu einer Fehlinterpretation und damit zu einer fehlerhaften MES-Einstellung.

Durch die Weiterentwicklung der Sensortechnik ist dabei eine Situation entstanden, in der nicht ausreichende magnetische Schutzmaßnahmen einerseits eine trügerische Sicherheit vorgaukeln, dem intelligenten Sensor aber andererseits die Möglichkeit geben, genauer "zu treffen".

Es ist also erforderlich, die Wirkung der MES-Anlage der Sensorentwicklung anzupassen. Diese

Forderung gilt sowohl für Fahrzeuge in ferromagnetischer Bauweise als auch für Fahrzeuge in amagnetischer Bauweise mit teilweise ferromagnetischen Einbauten.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die eingangs bezeichnete Vorrichtung so weiterzubilden, daß sie eine wesentlich bessere und zuverlässigere magnetische Kompensation von Fahrzeugen liefert als die Kompensation mit herkömmlichen MES-Steuerungen. Es gilt einen optimalen magnetischen Schutzzustand zu erreichen und die Vermessung und Kontrolle des magnetischen Schutzzustandes von außen auf ein Minimum zu beschränken, um damit gleichzeitig die Betriebssicherheit der Anlage wesentlich zu steigern.

Die Erfindung soll dabei auf hochgeschützten Fahrzeugen mit amagnetischer und elektrisch nicht leitender Außenhaut, auf hochgeschützten Fahrzeugen mit amagnetischer, aber elektrisch leitender Außenhaut und auf Fahrzeugen mit ferromagnetischer Außenhaut eingesetzt werden können.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt gemäß der Erfindung dadurch, daß eine Prozeßsteuerung mit einem digitalen Datenprozessor vorgesehen ist, dem eine Datenbank zugeordnet ist, in der

- fahrzeugspezifische Daten der Erstvermessung am Meßort
- standortabhängige Daten über die erdmagnetischen Verhältnisse im Operationsgebiet des Fahrzeuges (geomagnetische Daten) abgelegt sind,

dem an Bord des Fahrzeuges befindliche Meßgeber für Spulendaten, geomagnetischer Standort, Kurs- und Fahrzeugeigenbewegungen zugeordnet sind und der aufgrund einer vorgegebenen Ablaufsteuerung (Algorithmen) die Amperewindungszahlen der Kompensationsspulen so steuert, daß eine optimale Kompensation gewährleistet ist.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung einer prozeßgesteuerten MES-Anlage werden die magnetischen Gegenfelder zur Kompensation der am oder im Fahrzeug auftretenden magnetischen Wirkungen abhängig vom geographischen Standort, vom Kurs und von der Fahrzeugeigenbewegung gesteuert. Kernstück der prozeßgesteuerten MES-Anlage ist eine intelligente Steueranlage mit einem Daten-Prozessor, der auf eine Datenhaltung (Datenbank) zurückgreift.

In der Datenhaltung sind die Parameter enthalten, die benötigt werden, um eine optimale Steuerung der MES-Anlage zu erreichen. Es sind die Daten für die Kompensation

- der standortabhängigen magnetischen Effekte
- der standort- und kursabhängigen magnetischen Effekte
- der von den Eigenbewegungen des Fahrzeu-

ges im Erdfeld abhängigen magnetischen Effekte

- der von Betriebszuständen abhängigen magnetischen Effekte.

Die magnetischen Felder von ferromagnetischen Objekten wie Einbauten und Ausrüstungsgegenständen der Fahrzeuge sowie ihre magnetische Reaktion bei unterschiedlichen Betriebszuständen und bei Bewegung im Erdfeld, lassen sich dabei meßtechnisch genau erfassen. Dieses gilt auch für die ferromagnetische oder amagnetische Außenhaut des Fahrzeuges. Ebenso einfach sind mit bekannten, im Fahrzeuginneren angeordneten Datengebern - unter Verzicht auf Magnetfeldsonden - die Daten über den Kurs, Standort und Eigenbewegung des Fahrzeuges zu ermitteln.

Weiterhin sind die Daten für die Steuerung der MES-Anlage in Ausnahmesituationen abgelegt, so daß auch für eine gestörte Anlage eine möglichst optimale Einstellung gewährleistet ist.

Bei der erfindungsgemäß ausgebildeten Vorrichtung werden die bislang über Magnetfeldsonden erlangten Daten für die Regelung bzw. Steuerung der Amperewindungszahlen der Kompensationsspulen über die gespeicherten geometrischen Daten in Verbindung mit Meßwerten über den geographischen Standort und direkte Messung der Fahrzeugeigenbewegung sowie der Betriebszustände durch entsprechende Geber im Fahrzeuginneren gemessen.

Der große Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung liegt darin, daß auf eine mechanisch sehr leicht zu beschädigende Magnetfeldsondenanlage verzichtet werden kann, wodurch die Betriebssicherheit beträchtlich gesteigert werden kann. Der Schwerpunkt liegt nicht mehr in der Messung und komplizierten Kompensation von Sondersignalen, sondern in der eigentlichen Regelung/Steuerung, mit einer ständigen digitalen Kontrolle. Es ist die Berücksichtigung von Betriebszuständen ohne den Umweg über die Sondenreaktion gegeben. Die Kompensation ist daher optimal durchzuführen. Die prozeßgesteuerte MES-Anlage hat dabei besonders gute Einsatzmöglichkeiten bzw. Vorteile an Unterwasserfahrzeugen, da es stets problemhaft ist, die Magnetfeldsonden am Außenkörper der U-Boote an exponierter Stelle anzubringen.

Weltweite Einsatzmöglichkeit, geringere Störanfälligkeit und besserer Schutz gegen Magnetsensoren zeichnen dabei die Fahrzeuge, die mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgerüstet sind, aus.

Anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispieles wird die Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

FIG 1 bis 3 das Spulensystem einer MES-Anlage in einem Schiffskörper,

- FIG 4 bis 6 die magnetischen Schiffseigenfelder (Störfelder) in den drei Schiffskoordinaten,
 FIG 7 bis 9 die Größen der Induziertanteile beim Schlingern des Schiffes,
 FIG 10 ein Blockdiagramm der erfindungsgemäßen prozeßgesteuerten MES-Anlage,
 FIG 11 bis 14 die schematische Darstellung des Informationsflusses bei der Kompensation mit vier unterschiedlichen Kompensations-Algorithmen.

In den FIG 1-3 ist das großräumige, dreiaxige Spulensystem einer MES-Anlage eines Schiffes 1 (als Beispiel eines Fahrzeuges als ferromagnetischer Störkörper) dargestellt. Dieses Spulensystem besteht aus Spulen 2,3,4 in den drei orthogonalen Achsen X-Y-Z. Jede Spule 2 bzw.3 bzw.4 ist üblicherweise in drei - nicht mehr näher dargestellte - Teilspulen aufgeteilt. Die eine Teilspule (Zusatzbezeichnung P) dient zur Kompensation eines permanenten fahrzeugabhängigen Störfeldanteiles. Eine zweite Teilspule (Zusatzbezeichnung I) dient zur Kompensation eines vom Erdfeld induzierten Störfeldanteiles.

Da als Folge der Eigenbewegung des Schiffes 1 im Erdfeld in metallischen Teilen des Systems Wirbelfelder induziert werden, erfolgt deren Kompensation mit einer dritten Teilspule (Zusatzbezeichnung E).

Die magnetischen Schiffsfelder - die in den FIG 4-6 dargestellt sind - werden üblicherweise nach den Schiffskoordinaten wie folgt bezeichnet:

Längsschiffkomponente = X-Komponente (FIG 5)
 Querschiffskomponente = Y-Komponente (FIG 6)
 Vertikale Komponente = Z-Komponente (FIG 4)

Das X-Y-Z-Koordinatensystem wird als objektfest angenommen, d.h. ist auf den Erzeuger des magnetischen Störfeldes - im Ausführungsbeispiel das Schiff 1 - ausgerichtet.

FIG 4 zeigt das Schiff mit dem objektfesten Koordinatensystem. Zusätzlich sind in schematischer Form die Isolinien 10 des Magnetfeldes bei rein vertikaler Magnetisierung des Schiffes 1 eingetragen. Eine Messung des vertikalen Feldanteiles in der Wassertiefe MT ergäbe den mit 11 gekennzeichneten prinzipiellen Verlauf unterhalb des Schiffes.

FIG 5 zeigt das Schiff 1 und die Achsen des Koordinatensystems in der gleichen Lage wie in FIG 4, jedoch sind nun die Isolinien 12 des Magnetfeldes bei reiner Längsmagnetisierung des Schiffes 1 dargestellt. Eine Messung des vertikalen Feldanteiles würde den mit 13 gekennzeichneten prinzipiellen Verlauf unterhalb des Schiffes 1 aufweisen.

In FIG 6 ist das Schiff 1 in Frontansicht und entsprechend die y- und z-Achse des Koordinatensystems dargestellt. Dazu sind schematisch die Linien 14 gleicher Feldstärke bei reiner Quermagnetisierung des Schiffes 1 eingetragen. Mißt man bei einer solchen Magnetisierung in der Tiefe MT die vertikale Komponente des Magnetfeldes, so würde sich der mit 15 gekennzeichnete Feldverlauf ergeben.

Unter normalen Umständen weist ein Schiff 1 sowohl vertikale als auch Längs- und Quermagnetisierungen, d.h. in allen drei Koordinatenrichtungen, auf.

Die Z-Komponente des dadurch erzeugten Schiffsfeldes ist unabhängig vom Kurswinkel. Die X-Komponente ändert sich kursabhängig nach einer Cosinus-Funktion, die ihren Höchstwert bei Nord- und Südkurs hat und bei Ost- und Westkurs Null ist. Die Y-Komponente ändert sich gleichfalls kursabhängig, jedoch nach einer Sinus-Funktion, die ihren Höchstwert bei Ost- und Westkurs hat und bei Nord- und Südkurs Null ist. Alle drei Komponenten verändern ihren Wert zusätzlich noch bei Schlinger- und Stampfbewegungen des Schiffes. Die Induziert-Störfeldanteile beim Schlingern sind dabei in den FIG 7-9 näher dargestellt. Das Erdmagnetfeld erzeugt in der Richtung seiner Totalen den Induziertfeldvektor S, der sich entsprechend dem Kreuzungswinkel des Schiffes 1 in die Komponenten SZI und SYI aufteilt.

Die Spulen wiederum werden entsprechend ihren magnetischen Hauptwirkungsrichtungen bezeichnet. Die Spulen 2 nach FIG 1, die parallel zur Y-Z-Ebene liegen, sind die L-Spulen (L-MES-Wicklung), deren magnetische Wirkungsachsen in der Schiffslängsrichtung liegen (L entspricht longitudinal).

Die Spulen 3 nach FIG 2 (nur eine ist dargestellt), die parallel zur X-Y-Ebene liegen, sind die V-Spulen (V-MES-Wicklung) mit vertikalen magnetischen Wirkungsachsen (V entspricht vertikal).

Die Spulen 4 nach FIG 3, die parallel zu oder in der X-Z-Ebene liegen, sind die A-Spulen (A-MES-Wicklung) deren magnetische Wirkungsrichtung in Y-Richtung liegt (A entspricht athwort-ship).

Da, wie erwähnt, jede Spule 2 bzw.3 bzw.4 aus drei Teilspulen mit den Zusatzbezeichnungen P,I,E besteht, weist eine MES-Anlage nachstehend bezeichnete Wicklungen (Teilspulen) auf:

VI vertikalwirkende Induziertfeldwicklung
 VP vertikalwirkende Permanentfeldwicklung
 VE vertikalwirkende Wirbelstromfeldwicklung
 LI längsschiffwirkende Induziertfeldwicklung
 LP längsschiffwirkende Permanentfeldwicklung
 LE längsschiffwirkende Wirbelstromfeldwicklung
 AI querschiffwirkende Induziertfeldwicklung
 AP querschiffwirkende Permanentfeldwicklung
 AE querschiffwirkende Wirbelstromfeldwicklung

Die Spulenwicklungen werden mit Gleichströmen in unterschiedlichen Richtungen beschickt. Die positiven Stromrichtungen resultieren dabei aus den positiven Richtungen des in FIG 1 dargestellten Koordinatensystems X-Y-Z.

Bei der Ersteinstellung und bei Einstellungskontrollen (magnetische Vermessung) werden die Ströme so eingestellt und die Wicklungen so geschaltet, daß das magnetische Eigenfeld des Schiffskörpers, das sogenannte Störfeld, möglichst optimal kompensiert wird. Im laufenden Betrieb (Fahrt) sorgt ein Regler bzw. eine Steuerung dafür, daß die eingestellte Kompensation erhalten bleibt.

In FIG 10 ist das Grundprinzip der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einem Blockdiagramm schematisch dargestellt. In diesem Blockdiagramm entspricht 5 dem aus den Spulen 2-4 bestehenden Spulensystem und 6 stellt das mit Meßwertgebern ausgerüstete Fahrzeug (Schiff 1) dar. Mit 7 ist ein die aktuellen Meßwerte enthaltender Meßwertspeicher und mit 8 eine Datenbank bezeichnet, in der allgemein und langfristig geltende Daten gespeichert sind. In einem Datenprozessor 9 werden die von dem Meßwertspeicher 7 und der Datenbank 8 gelieferten Daten zu Steuerwerten für das Spulensystem 5 verarbeitet. Der Meßwertspeicher 7 erhält die aktuellen Meßwerte von den Meßwertgebern des Fahrzeuges 6 zugeführt, wobei diese Meßwertgeber keine äußeren Magnetfeldsonden sind, sondern lediglich Geber für die Erfassung von Bewegungen und des Standortes des Fahrzeuges.

Bei der erfindungsgemäß prozeßgesteuerten MES-Anlage ist das Hardware-Kernstück eine intelligente Steueranlage, deren Datenprozessor 9 mit Hilfe eines integrierten Kontroll- und Regelverfahrens und einer Datenbank 8 von fest vorgegebenen Parametern und gemessenen Einflußgrößen (Meßwertspeicher 7) die Stromeinspeisung in das Spulensystem 5 des Fahrzeuges 6 aufgrund einer vorgegebenen Ablaufsteuerung (Steueralgorithmen) so steuert, daß eine optimale Kompensation gewährleistet ist. Das Kontroll- und Regelverfahren soll dabei auf Fahrzeugen mit amagnetischer Außenhaut, auf Fahrzeugen mit amagnetischer, aber elektrisch leitender Außenhaut und auf Fahrzeugen mit ferromagnetischer Außenhaut seine Anwendung finden.

Alle Daten, die die prozeßgesteuerte MES-Anlage für die Steuerung zum Erreichen einer optimalen Kompensation benötigt, sind in der Datenbank 8 abgespeichert bzw. werden durch Geber, die keine Magnetfeldsonden sind, im Innern des Fahrzeuges 6 ermittelt. Die Daten in der Datenbank 8 sind in für alle Fahrzeuge gültige Daten (allgemein gültige Daten) und in Daten, die fahrzeug-typisch sind und langfristig gelten, unterteilt. Für alle Fahrzeuge gültig sind die geographischen Daten. Die spezifischen Daten eines Fahrzeuges werden bei

der Erstvermessung ermittelt. Sie ergeben die Abhängigkeit zwischen dem Spulensystem 5 des betreffenden Fahrzeuges 6 und den Einflüssen der Erdfeldkomponenten wieder.

Mit einem dauernd laufenden Meßprogramm werden vom Datenprozessor 9 die Geber der Einflußgrößen abgefragt und damit den Steuer-Algorithmen über den Meßwertspeicher 7 die aktuellen Daten zugeführt, die zur Ermittlung einer optimalen MES-Einstellung notwendig sind.

Die Daten, die die intelligente Steueranlage der prozeßgesteuerten MES-Anlage benötigt sind in drei Gruppen unterteilt. Gruppe 1 und 2 sind allgemein und langfristig gültige Daten und somit in der Datenbank 8 abgelegt. Die Gruppe 3 sind aktuelle Meßdaten und werden daher dem Meßwertspeicher 7 zugeführt.

Jede Gruppe enthält wiederum systematisch untergliederte Daten-Teilgruppen. Die Datengruppen lassen sich daher wie folgt darstellen:

1. Gruppe: Geomagnetische Daten (in Datenbank 8)

1.1 Standortbereich 1 des Fahrzeuges

1.1.1 Horizontales Erdfeld

1.1.2 Vertikales Erdfeld

1.1.3 Inklinationswinkel

1.2 Standortbereich 2 des Fahrzeuges

2. Gruppe: Daten die bei der Erstvermessung ermittelt wurden (in Datenbank 8)

2.1 Kompensation des Permanentfeldes

2.1.1 Strom und Schaltung aller LP-Spulen

2.1.2 Strom und Schaltung aller AP-Spulen

2.1.3 Strom und Schaltung aller VP-Spulen

2.2 Kompensation des vertikalen Induziertfeldes IV am Meßort

2.2.1 Strom und Schaltung aller VI-Spulen

2.3 Kompensation des horizontalen Induziertfeldes IH am Meßort auf Nordkurs (N)

2.3.1 Strom und Schaltung aller LI-Spulen

2.3.2 Strom und Schaltung aller AI-Spulen

2.4 Kompensation des horizontalen Induziertfeldes IH am Meßort auf Ostkurs (O)

2.4.1 Strom und Schaltung aller LI-Spulen

2.4.2 Strom und Schaltung aller AI-Spulen

2.5 Kompensation des Wirbelstromfeldes beim Schlingern am Meßort auf Ostkurs

2.5.1 Strom und Schaltung aller AE-Spulen

2.5.2 Strom und Schaltung aller VE-Spulen

2.6 Kompensation des Wirbelstromfeldes beim Stampfen am Meßort auf Nordkurs

2.6.1 Strom und Schaltung aller LE-Spulen

3. Gruppe: Daten die an Bord des Fahrzeuges gemessen werden (in Meßwertspeicher 7)

3.1 Kontrolldaten aus der Spulenanlage

3.1.1 Spulenströme

3.1.2 Spulenwärme

3.1.3 Spulenwiderstandswerte

3.2 Bewegungsdaten

3.2.1 Geographischer Standort

3.2.2 Kurs

3.2.3 Schlingerbewegung

3.2.4 Stampfbewegung

In der Prozeßsteuerung der intelligenten Regelanlage läuft ein ständiges Meßprogramm ab, welches die Kontrolldaten aus dem Spulensystem 5 und die Bewegungsdaten des Fahrzeugs 6 erfaßt und dem Meßwertspeicher 7 zugeführt. Die Bewegungsdaten haben gegenüber den Kontrolldaten im Auslösen einer Reaktion der Prozeßsteuerung eine vorrangige Priorität.

Innerhalb der Bewegungsdatenliste herrscht folgende Reihenfolge:

- Kurs
- Schlingern
- Stampfen
- geographischer Standort

In der Ablaufsteuerung des Datenprozessors 9 wird daher auf eine Kursänderung sofort reagiert, dann auf Schlingern und Stampfen und dann erst auf das Erreichen eines anderen geographischen Standortes.

Für die Ermittlung der Kompensationen der einzelnen magnetischen Wirkungen laufen quasi parallele Prozesse mit unterschiedlichen Regelalgorithmen ab, die in den FIG 11-14 dargestellt sind.

Die einzelnen Teilwicklungen und ihre Strom-einspeisungen werden danach gemäß folgenden Kriterien behandelt:

1) Bei der Kompensation der Permanentanteile sind gemäß FIG 11 nur die Daten der Gruppe 2.1 der Erstvermessung maßgebend. Die eingestellte Kompensation gilt weltweit.

Bei der Kompensation des P-Anteils bleibt für die Regelanlage des MES die Aufgabe, den eingestellten Spulenstrom und die elektrischen Werte des Spulensystems 5 zur P-Kompensation zu kontrollieren. Hierzu enthält der Datenprozessor 9 aus der Datenbank 8 und einem Überwachungssektor 7a des Meßwertspeichers 7 die entsprechenden Werte. Über seinen Steuerausgang 9a kann der Datenprozessor 9 das Spulensystem bei Abweichungen entsprechend nachsteuern.

2) Die erdmagnetischen Einflüsse auf das Fahrzeug 6, das Induziertfeld, muß in seine Komponenten zerlegt werden. Da die vertikale und horizontale Komponente IV und IH des Induziertfeldes unterschiedliche Auswirkungen auf den magnetischen Zustand des Fahrzeuges 6 haben, ist ihre Kompensation völlig getrennt vorzunehmen. Das durch die vertikale Komponente des Erdfeldes im Fahrzeug erzeugte vertikale Induziertfeld IV ist zwar standortabhängig, aber nicht kursabhängig. Das durch die horizontale Komponente des Erdfeldes im Fahrzeug erzeugte horizontale

Induziertfeld IH dagegen ist standort-und kursabhängig.

a) Bei der Kompensation des vertikalen Induziertfeldes IV gemäß FIG 12 greift der Regelalgorithmus daher nur ein, wenn eine Veränderung im geographischen Standort gemessen worden ist. Der Datenprozessor 9 erhält die zur Berechnung eines Korrektursignals notwendigen Werte von der Datenbank 8 und einem die aktuellen Werte des Standortes bzw. der Standortänderung enthaltenden ersten Speichersektor 7b des Meßwertspeichers 7. Außerdem werden ihm von dem Überwachungssektor 7a die notwendigen Werte zugeführt. Durch das an seinem Ausgang 9b erscheinende Steuersignal werden die VI-Spulen entsprechend gesteuert.

b) Bei der Kompensation des horizontalen Induziertfeldes IH nach FIG 13 dagegen greift der Regelalgorithmus ein, wenn eine Kursänderung und/oder eine Veränderung im geographischen Standort gemessen worden ist. Der Datenprozessor 9 erhält hierzu neben den Werten aus der Datenbank 8 und dem Überwachungssektor 7a noch die aktuellen Werte aus dem ersten Speichersektor 7b und einem zweiten Speichersektor 7c, der die Meßwerte für den Kurs bzw. die Kursänderung enthält, zugeführt. An dem Ausgang 9c erscheinen die zur Steuerung notwendigen Steuersignale. Der Regelalgorithmus für die Horizontalkompensation soll auch das Gieren mit abfangen.

Zur Ermittlung der gegenmagnetischen Maßnahmen gemäß vorstehendem Regelalgorithmus benötigt daher die Prozeßsteuerung der MES-Anlage den Standort und den Kurs des Fahrzeuges. Diese Information erhält die Prozeßsteuerung durch Kopplungen an die den Standort bestimmenden Geräte und den Kreiselkompaß oder im Notfall durch eine manuelle Eingabe. Der Inklinationwinkel und die Horizontalintensität des Erdfeldes und damit auch die Vertikalintensität ändern sich auf der Erde von Ort zu Ort. Im Rahmen der zugelassenen Abweichung von der Idealkompensation durch das Kompensationssystem ist es möglich, die Navigationskarte in Standortbereiche einzuteilen, wobei Isoklinen und Isodynamen bei der Flächeneinteilung zu berücksichtigen sind.

Für diesen Standortbereich ist ein gültiger Horizontalwert und Verikalwert und der Inklinationwinkel festgelegt. Gleichzeitig sollten auch die geographischen magnetischen Anomalien berücksichtigt werden. Die Standortflächenkarte ist als Datei in der Datenbank 8 des MES-Prozessors abgelegt. Die Standortflächen brauchen nicht gleich groß zu sein, aber rechtwinklig

unter Berücksichtigung der Längen- und Breitengrade der Navigationskarte eines bestimmten Maßstabes, um die rechnerische Standortflächenbestimmung zu beschleunigen.

Jede Standortfläche mit ihren Eckdaten stellt ein "File" dar. In dieses File werden die Horizontalkomponenten und Vertikalkomponenten des Erdfeldes eingetragen; außerdem die Ströme zur Einspeisung in die Vertikalkompensationsspulen, da die Vertikalkompensation nicht kursabhängig ist.

Für die Horizontalkompensation wird der Strom für eine Nordkurskompensation und eine Ostkurskompensation eingetragen. Aus diesen Werten kann der Strom für die Horizontalkompensation auf jedem Kurswinkel rechnerisch bestimmt werden.

3) Die bisher angeführten Kompensationsmaßnahmen gegen das Induziertfeld gelten für ein Fahrzeug, welches sich auf einer Ebene bewegt. Bewegt sich das Fahrzeug nicht auf ebenem Kiel, sondern macht das Fahrzeug Bewegungen, die bei einem Schiff mit Schlingern, Stampfen und Gieren bezeichnet werden, so muß die MES-Anlage auf diese Bewegung reagieren.

Es sind zwei getrennt zu behandelnde Reaktionen auf die Bewegung zu berücksichtigen. Dazu ist es erforderlich, die Fahrzeugbewegungen aufzunehmen. Die Bewegungen des Schlingerns oder Stampfens können entweder durch Rollkugelgeber oder Kreiselgeber aufgenommen werden. Das Gieren wird durch einen Kreiselgeber erfaßt und wie eine Kursänderung behandelt.

Durch die dauernd sich verändernde Lage des Fahrzeuges im Erdfeld ändert sich auch ständig das Induziertfeld. Das macht auch eine Änderung der gegenmagnetischen Maßnahmen erforderlich. Die Reaktionen des Fahrzeuges sind durch elektrisch simulierte Bewegungen bei der Erstvermessung unter den magnetischen Verhältnissen des Meßortes festgestellt worden. Mit Hilfe der ermittelten Reaktionsparameter und der Erdfeldkomponenten des Standortes wird die bewegungsrichtige magnetische Reaktion des Induziertfeldes-MES zu einem linearen Steuerungsproblem.

Die zweite Reaktion auf Bewegungen wie Schlingern, Stampfen und Gieren ist die Erzeugung von Wirbelfeldern bei Fahrzeugen mit großflächigen Einbauten aus leitendem Material oder Fahrzeugen, die ganz oder teilweise aus leitendem Material gefertigt sind. In den leitenden Materialien entstehen durch die Bewegung im Erdfeld Induktionsströme, sogenannte Wirbelströme, die ihrerseits Magnetfelder erzeugen. Die Wirbelfelder treten nahezu 90° phasenverschoben auf und sind abhängig von der Schlinger- und Stampffrequenz.

Von den Magnetfeldkomponenten befinden sich die Teilkomponenten P = Permanentanteil, IV

= das durch die vertikale Erdfeldkomponente erzeugte vertikale Induziertfeld, IHN = der durch die horizontale Erdfeldkomponente auf Nordkurs erzeugte horizontale Induziertfeldanteil und IHO = der durch die horizontale Erdfeldkomponente auf Ostkurs erzeugte horizontale Induziertfeldanteil in der Datenbank 8.

Für die Berechnung eines Störfeldes eines ferromagnetischen Objektes auf jedem beliebigen Kurs und an jedem beliebigen Punkt der Erde sind außer den Teilkomponenten P, IV, IHN und IHO noch folgende Angaben notwendig:

- der Kurswinkel FI
- der vertikale Erdfeldanteil am Meßort EVM
- der vertikale Erdfeldanteil am "Rechnerort" EVR
- der horizontale Erdfeldanteil am Meßort EHM
- der horizontale Erdfeldanteil am "Rechnerort" EHR

Hierbei wird unter "Meßort" der Ort der Vermessung des Fahrzeuges und unter "Rechnerort" der aktuelle Standort des Fahrzeuges verstanden.

Die Erdfeldkomponenten sind in einer einheitlichen Maßeinheit anzugeben. Welche Einheit bei der Angabe der Erdfeldkomponenten benutzt wird ist ohne Bedeutung. Aus den Angaben wird ein Vertikalfaktor VF und ein Horizontalfaktor HF bestimmt und dieser wird dimensionslos. Es gilt: $VF = EVR/EVM$ und $HF = EHR/EHM$

Die Wirbelfelder benötigen ein eigenes Kompensationsprogramm, deren Reaktionsparameter wiederum bei der Erstvermessung mit elektrisch simulierter Bewegung ermittelt worden sind. Zur Vereinfachung sollte die Wirbelfeldkompensation mit einem zweiten Prozessor im Master-Slave-Betrieb betrieben werden.

Bei der Kompensation der Wirbelstromfelder gemäß FIG 14 greift der Regelalgorithmus ein, wenn der Bewegungsgeber eine Bewegung des Fahrzeuges um seine Längs- und Querachse anzeigt. Der Datenprozessor 9 erhält außer den erforderlichen Werten aus der Datenbank 8, den aktuellen Werten aus dem ersten und zweiten Speichersektor 7b und 7c noch die aktuellen Werte der Stampf- und Schlingerbewegungen, die in einem dritten und vierten Speichersektor 7d und 7e enthalten sind, zugeführt. Über seinen Ausgang 9d liefert der Datenprozessor 9 die notwendigen Steuersignale für die Kompensation, des durch die entsprechenden Fahrzeugbewegungen hervorgerufenen Steuerfeldes.

Die Wirksamkeit des Regelalgorithmuses durch den die Schlingerbewegungen nach den FIG 7-9 in die prozeßgesteuerte MES-Anlage mit einbezogen sind, ist abhängig von der Qualität der bei der Erstvermessung insoweit ermittelten Einstelldaten

(Datenuntergruppen 2.5 und 2.6).

In welcher Weise die Regelalgorithmen aus einem Verfahren zur Berechnung des Störfeldes eines ferromagnetischen Objektes auf jeden beliebigen Kurs an jedem Punkt der Erde abgeleitet werden, soll nachstehendes Beispiel zeigen:

Bei der magnetischen Vermessung von ferromagnetischen Objekten werden die Komponenten des Eigen-Magnetfeldes in Koordinatenrichtungen X,Y und Z gemessen und abgespeichert. Das Koordinatensystem ist zur leichteren Handhabung objektfest. In diesem objektfesten Koordinatensystem zeigt auf Nordkurs die Komponente in X-Richtung zum Bug des Objektes und damit zur Oberkante der Matrix, die Komponente in Y-Richtung zur rechten Seite von Objekt und Matrix und die Komponente in Z-Richtung nach unten. Bei der Datenablage im Rechner in Form von Matrizen der anderen Hauptkurse ist unabhängig von der Art der Meßwertaufnahme dafür zu sorgen, daß durch Klappen oder Stürzen oder durch Umkehr der Vorzeichen der Meßwertmatrix der Bug des Objektes, und damit die Komponente in X-Richtung zur Oberkante der Matrix, die Komponente in Y-Richtung zur rechten Seite und die Komponente in Z-Richtung nach unten zeigt.

Der erste Teilschritt zur Lösung der weltweiten gültigen Störfeldberechnung eines Objektes ist die Berechnung des Störfeldes auf jedem Kurs am Meßort.

Der Permanentanteil P, das vertikale Induziertfeld IV und die horizontalen Induziertfeldanteile auf Nord- bzw. Ostkurs IHN und IHO sind Parameter der Rechnung. Dabei verhält sich in der Rechnung der horizontale Induziertfeldanteil IHN auf Nordkurs wie der cos der Kurswinkel FI, der horizontale Induziertfeldanteil IHO auf Ostkurs wie der sin des Kurswinkels FI.

Das Störfeld HSF für die Komponenten in den Koordinatenrichtungen X,Y und Z wird jeweils mit der für die Programmierung aufbereitete Formel $HSF = P + IHN \times \cos FI + IHO \times \sin FI + IV$ gerechnet.

Bei der Berechnung eines Störfeldes eines Objektes am Meßort auf unterschiedlichen Kursen bleibt der Permanentanteil P und das durch die vertikale Erdfeldkomponente hervorgerufene vertikale Induziertfeldanteil IV immer gleich. Soll das Störfeld eines Objektes für einen Ort mit anderen erdmagnetischen Verhältnissen wie am Meßort berechnet werden, so sind der Horizontalfaktor HF und der Vertikalfaktor VF in die Rechenvorschrift einzufügen.

In eine für die Programmierung günstigen Form aufbereitet ergibt sich für das Störfeld HST eines Objektes mit anderen erdmagnetischen Verhältnissen als am Meßort folgende Rechenvorschrift:

$$HST = P + (IHN \times \cos FI) \times HF + (IHO \times \sin FI) \times HF + IV \times VF$$

Wie schon angedeutet, werden die Teilkomponenten der Datenbank 8 entnommen.

Die Erdfeldwerte des horizontalen und vertikalen Erdfeldes für den Meßort können im Rechnerprogramm fest vereinbart werden. Die Erdfeldkomponenten der Orte, für die das Störfeld des Objektes berechnet werden soll, können bei häufiger Benutzung ebenfalls in der Datenbank 8 vorhanden sein. Eine Eingabe für nicht vorhandene Daten sollte vorgesehen werden.

Ansprüche

1. Vorrichtung zum Steuern einer magnetischen Eigenschutz(MES)-Anlage eines Fahrzeuges, die ein großräumiges, dreiachsiges Spulensystem bestehend aus stromdurchflossenen Spulen in den drei orthogonalen Fahrzeugachsen zur Kompensation des vom Erdmagnetfeld am Fahrzeugort und der Fahrzeugbewegung im Erdmagnetfeld (Kurs, Schlingern, etc.) abhängigen magnetischen Eigenfeldes des Fahrzeuges aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Prozeßsteuerung mit einem digitalen Datenprozessor (9) vorgesehen ist, dem eine Datenbank (8) zugeordnet ist, in der
 - fahrzeugspezifische Daten der Erstvermessung am Meßort
 - standortabhängige Daten über die erdmagnetischen Verhältnisse im Operationsgebiet des Fahrzeuges (geomagnetische Daten) abgelegt sind, dem an Bord des Fahrzeuges (Schiff 1) befindliche Meßgeber für Spulendaten, geographischer Standort, Kurs- und Fahrzeug eigenbewegungen zugeordnet sind, und
 der aufgrund einer vorgegebenen Ablaufsteuerung (Algorithmen) die Amperewindungszahlen der Kompensationsspulen so steuert, daß eine optimale Kompensation gewährleistet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Daten der Erstvermessung Daten zur Kompensation des Permanentfeldes (P), des vertikalen Induziertfeldes (IV) sowie des horizontalen Induziertfeldes (IHN und IHO) auf Nord- und Ostkurs sowie zur Kompensation des Wirbelstromfeldes beim Schlingern auf Ost- und beim Stampfen auf Nordkurs, jeweils bezogen auf den Meßort, sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Daten, die an Bord des Fahrzeuges
gewonnen werden, Kontrolldaten aus der Spu-
lenanlage (Spulenstrom, -wärme, -
widerstandswerte) und Bewegungsdaten
(geographischer Standort, Kurs, Schlinger- und
Stampfbewegungen) sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Ablaufsteuerung eine Prioritätsschal-
tung aufweist, derart, daß im Auslösen einer
Reaktion der Prozeßsteuerung die Bewegungs-
daten gegenüber den Kontrolldaten Vorrang
haben und innerhalb der Bewegungsdatenliste
folgende Rangfolge besteht:
- Kurs
 - Schlingern
 - Stampfen
 - geographischer Standort.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder einem der
folgenden,
dadurch gekennzeichnet,
daß in der Prozeßsteuerung unterschiedliche
Ablaufsteuerungen (Algorithmen) zur Ermitt-
lung der Stellgrößen für die Amperewindungs-
zahleneinstellung der Spulen zur Kompensa-
tion
- des magnetischen Permanentfeldes (P),
 - des horizontalen magnetischen Induziert-
feldes (IH),
 - des vertikalen magnetischen Induziertfel-
des (IV) und
 - des magnetischen Wirbelstromfeldes
vorgesehen sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Ablaufsteuerung so ausgebildet sind,
daß
- bei der Kompensation des Permanentfel-
des (P) ein erster Algorithmus aufgrund
der Daten der Erstvermessung die Stell-
größe bildet,
 - bei der Kompensation des vertikalen In-
duziertfeldanteiles (IV) ein dritter Regelal-
gorithmus vorgesehen ist, der bei Mes-
sung einer Kursänderung und/oder einer
Veränderung im geographischen Stan-
dort die Kompensation veranlaßt,
 - für die Kompensation der Wirbelstromfel-
der ein vierter Regelalgorithmus vorgese-
hen ist, der aufgrund von Signalen zuge-
ordneter Bewegungsgeber für Bewegun-
gen des Fahrzeuges um seine Achsen
die Stellgröße für die Kompensation bil-

det.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß zur Wirbelfeldkompensation ein zweiter
Datenprozessor vorgesehen ist, der mit dem
ersten Datenprozessor (9) im Master-Slave-Be-
trieb geschaltet ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Regelalgorithmus für die Kompensa-
tion des horizontalen Induziertfeldes (IH) so
ausgebildet ist, daß er auch die Kompensation
der Fahrzeugbewegung "Gieren" mit umfaßt.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis
7,
dadurch gekennzeichnet,
daß die geomagnetischen Daten auf vorgege-
bene rechtwinklige Flächen der Erdoberfläche
bezogen sind unter Berücksichtigung von geo-
graphischen magnetischen Anomalien.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis
9,
dadurch gekennzeichnet,
daß zur Erfassung der Fahrzeugeigenbewegun-
gen (Schlingern, Stampfen, Gieren) Rollkugel-
oder Kreiselgeber vorgesehen sind.

Claims

1. A device for controlling a vehicle's magnetic
installation for self protecting, having an exten-
sive three-axis coil system consisting of coils
flowed by current in the three orthogonal ve-
hicle axes, for compensating the own vehicle's
magnetic field dependent on the earth's mag-
netic field at the vehicle position and the ve-
hicle movement in the earth's magnetic field
(course, rolling etc.),
characterized in
that a process control by a digital data proces-
sor (9) is provided to which a database (8) is
assigned in which
- vehicle-specific data of the initial ranging
at the measurement position
 - position-dependent data on the geomag-
netic conditions in the operating area of
the vehicle (geomagnetic data) are
stored,
to which transducers located aboard the
vehicle (ship No. 1) for coil data, geo-
graphical position, course and vehicle
movements are assigned, and
which - due to a predetermined se-

quence control (algorithms) - controls the number of ampere turns of the compensating coils in such a way that an optimum compensation is achieved.

2. A device according to Claim 1, characterized in that the data of the initial ranging are data for compensating the permanent field (P), the vertical induced field (IV) and the horizontal induced field (IH) occurring on a north and east course, and for compensating the eddy-current field occurring during rolling on an east course and during pitching on a north course, all related to the measurement position.
3. A device according to Claim 1 or 2, characterized in that the data acquired aboard the vehicle are control data from the coil system (coil current, heat, resistance values) and movement data (geographical position, course, rolling and pitching movements).
4. A device according to Claim 3, characterized in, that the process control is provided with a priority, circuit in such a way that in the initiation of a process control reaction movement data have priority over control data, and the following order shall prevail within the list of movement data:
 - course
 - rolling
 - pitching
 - geographical position.
5. A device according to Claim 1 or one of the following, characterized in that in the process control different sequence controls (algorithms) are provided to determine the correcting variables for setting the number of ampere turns of the compensating coils for
 - the permanent magnetic field (P),
 - the horizontal induced magnetic field (IH),
 - the vertical induced magnetic field (IV), and
 - the magnetic eddy-current field.
6. A device according to Claim 5, characterized in that the sequence control is designed in such a way that
 - in the compensation of the permanent magnetic field (p) an initial algorithm

based on the initial ranging data represents the correcting variable,

- in the compensation of the vertical induced magnetic field (IV) a third control algorithm is provided which initiates the compensation when a change of course and/or a change of the geographical position is measured,
- a fourth control algorithm is provided for compensating the eddy-current fields, which - on the basis of signals from assigned transducers for movements of the vehicle around its axes - represents the correcting variable for the compensation.

7. A device according to Claim 6, characterized in that a second data processor is provided for compensating eddy-current fields which operates in master/slave mode with the first data processor (9).
8. A device according to Claim 6 or 7, characterized in that the control algorithm for compensating the horizontal induced magnetic field (IH) is designed in such a way that it also covers the compensation of the vehicle's "yaw" movements.
9. A device according to one of Claims 1 to 7, characterized in that the geomagnetic data are related to given rectangular surfaces of the earth's surface, accounting for geographical magnetic anomalies.
10. A device according to one of Claims 1 to 9, characterized in that rolling ball or gyro transducers are provided for recording the vehicle movements (rolling, pitching, yawing).

Revendications

1. Equipement pour commander une installation magnétique pour l'autoprotection d'un véhicule/bateau, comportant un système de bobinage de grande étendue à trois axes, composé de bobines parcourues par un courant électrique dans les trois axes orthogonaux du véhicule/bateau, destiné à compenser le champ magnétique propre au véhicule/bateau dépendant du champ magnétique terrestre sur les lieux du véhicule/bateau et des mouvements du véhicule/ bateau dans le champ magnétique terrestre (cap, roulis, etc.), caractérisé par le fait

qu'est prévue une commande de processus avec un processeur de données numérique (9) auquel est associée une banque de données (8), dans laquelle sont déposées

- des données spécifiques au véhicule/bateau et relatives à la première mesure effectuée sur les lieux de mesure,
- des données dépendant de la position géographique et relatives aux conditions magnétiques terrestres sur le champ d'opération du véhicule/bateau (données géomagnétiques), auquel sont associés des capteurs placés à bord du véhicule/bateau (bateau 1) et fournissant les données relatives aux bobines, à la position géographique, aux mouvements de cap et autres mouvements propres au véhicule/bateau et qui, grâce à une commande séquentielle (algorithmes) commande le nombre d'ampèretours de des bobines de compensation façon à assurer une compensation optimale.

2. Equipement selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les données de la première mesure dont des données pour la compensation du champ permanent ("P"), du champ induit vertical ("IV") et du champ induit horizontal ("IHN" et "IHO") sur cap nord et est ainsi que pour la compensation du champ à courants de Foucault lors des mouvements de roulis sur cap est et de tangage sur cap nord, se rapportant à chaque fois au lieu de mesure.

3. Equipement selon les revendications 1 ou 2, caractérisé par le fait que les données acquises à bord du véhicule/bateau sont des données de contrôle provenant de l'installation de bobinage (valeurs concernant le courant bobine, la chaleur bobine et la résistance bobine) et des données de mouvement (position géographique, cap, mouvements de roulis et de tangage).

4. Equipement selon la revendication 3, caractérisé par le fait que la commande séquentielle comporte un circuit de priorité de telle sorte qu'au déclenchement d'une réaction de la commande de processus les données relatives aux mouvements sont prioritaires par rapport aux données de contrôle et qu'à l'intérieur de la liste des données sur les mouvements existe l'ordre prioritaire suivant:

- cap
- roulis

- tangage
- position géographique

5. Equipement selon la revendication 1 ou l'une quelconque des revendications suivantes, caractérisé par le fait que sont prévues dans la commande de processus différentes commandes séquentielles (algorithmes) pour la détermination des grandeurs de réglage pour le réglage du nombre d'ampèretours des bobines en vue de la compensation

- du champ magnétique permanent ("P")
- du champ magnétique induit horizontal ("IH")
- du champ magnétique induit vertical ("IV") et
- du champ magnétique à courants de Foucault

6. Equipement selon la revendication 5, caractérisé par le fait que la commande séquentielle est conçue de sorte que

- lors de la compensation du champ permanent ("P") un premier algorithme forme la grandeur de réglage sur la base des données résultant de la première mesure,
- lors de la compensation de la partie du champ induit vertical ("IV") est prévu un troisième algorithme de réglage provoquant la compensation lors de la mesure d'un changement de cap et/ou d'un changement de la position géographique,
- pour la compensation des champs à courants de Foucault est prévu un quatrième algorithme de réglage formant la grandeur de réglage pour la compensation à partir de signaux de capteurs de mouvements associés pour les mouvements du véhicule/bateau autour de ses propres axes.

7. Equipement selon la revendication 6, caractérisé par le fait que pour la compensation des champs à courants de Foucault est prévu un deuxième processeur de données (9) dans que travaille avec le premier processeur de données (9) le mode "maître-esclave".

8. Equipement selon les revendications 6 ou 7, caractérisé par le fait que l'algorithme de réglage pour la compensation du champ induit horizontal ("IH") est conçu de telle sorte qu'il comporte également la compensation du mouvement "lacet" du

véhicule/bateau.

9. Equipement selon l'une quelconque des revendications 1 à 7,
caractérisé par le fait 5
que les données géomagnétiques se rapportent à des surfaces de la surface terrestre, orthogonales, prédéfinies, en tenant compte des anomalies magnétiques géographiques.
10. Equipement selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, 10
caractérisé par le fait
que sont prévus pour le recueil des mouvements du véhicule/bateau (roulis, tangage et lacets) des capteurs à bille roulante ou gyroscopiques. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

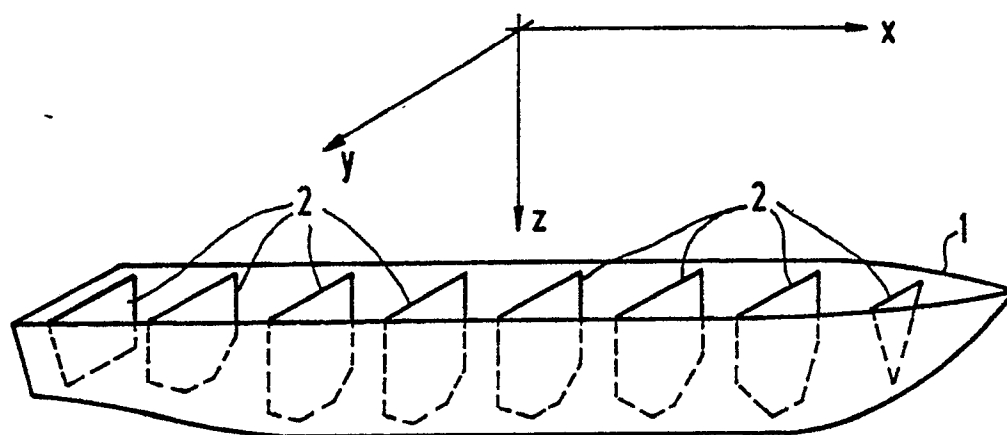


FIG 1

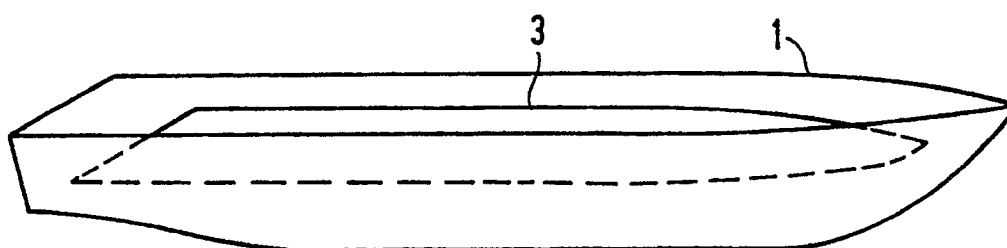


FIG 2

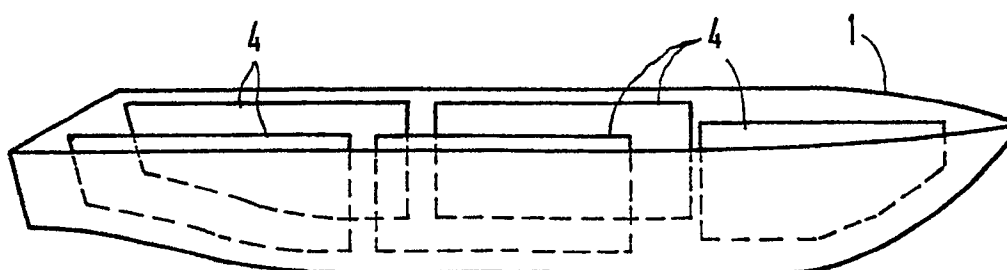
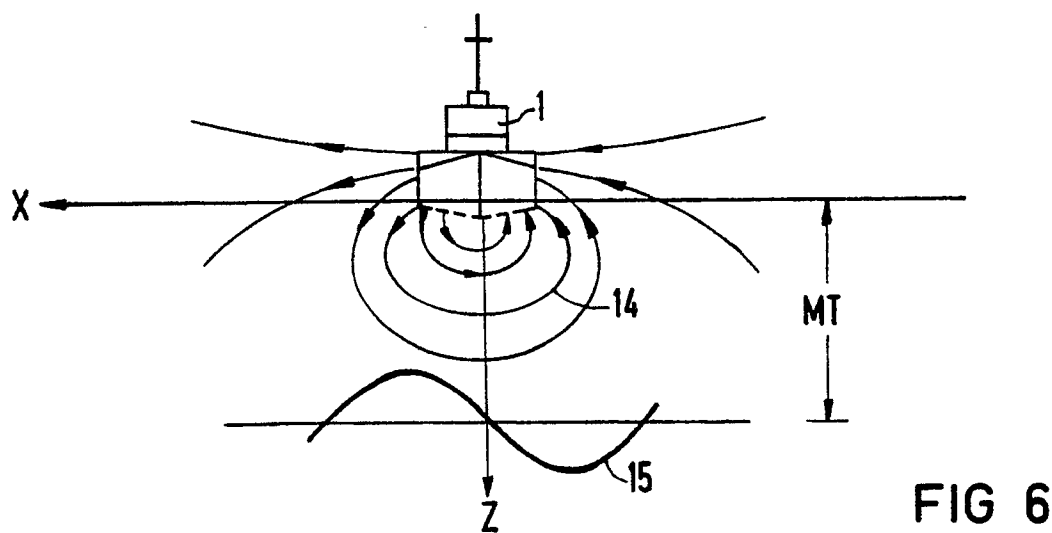
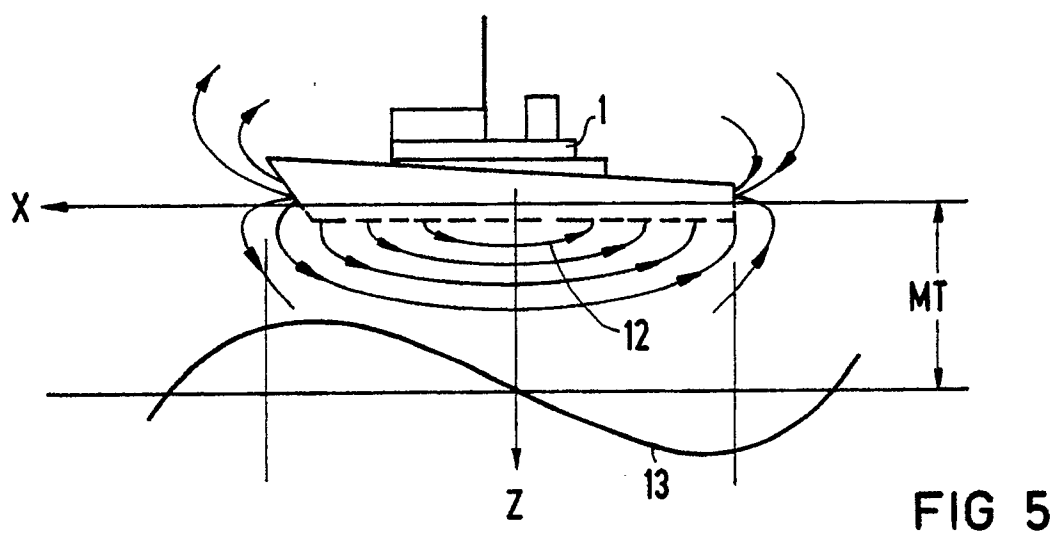
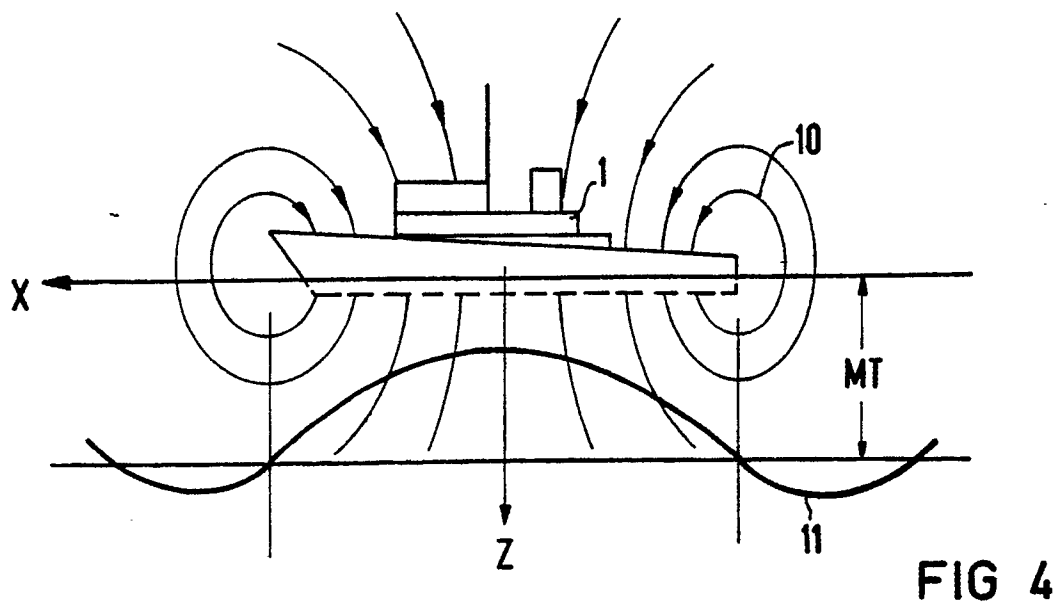


FIG 3



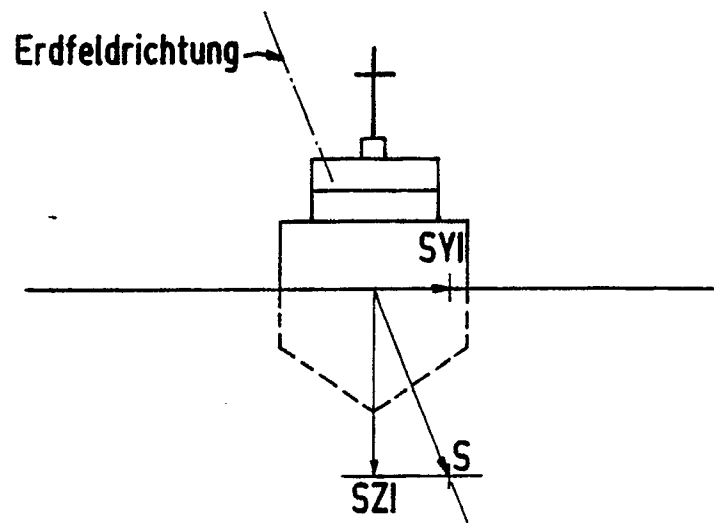


FIG 7

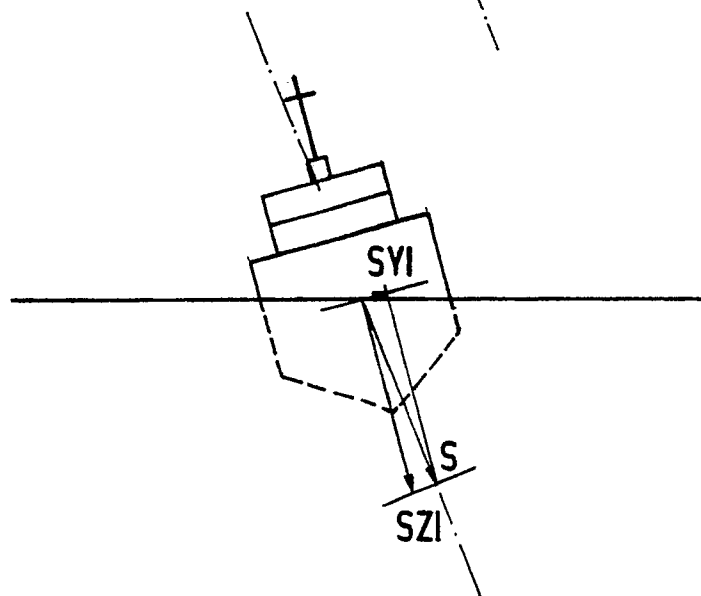


FIG 8

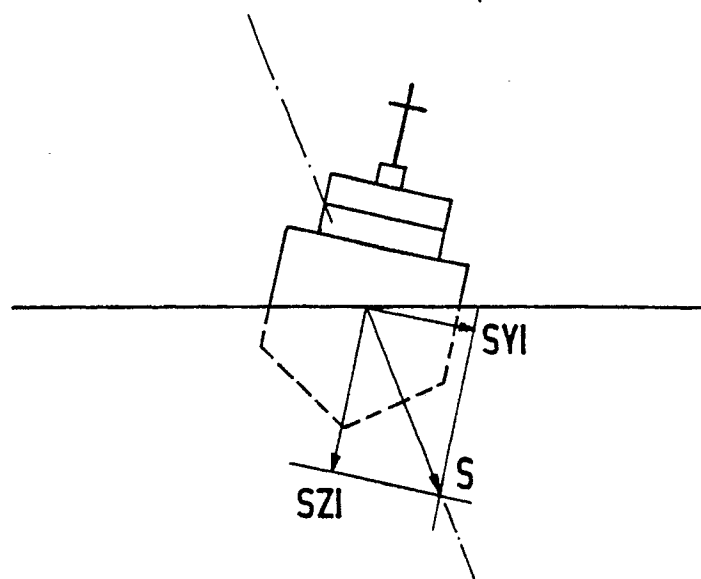


FIG 9

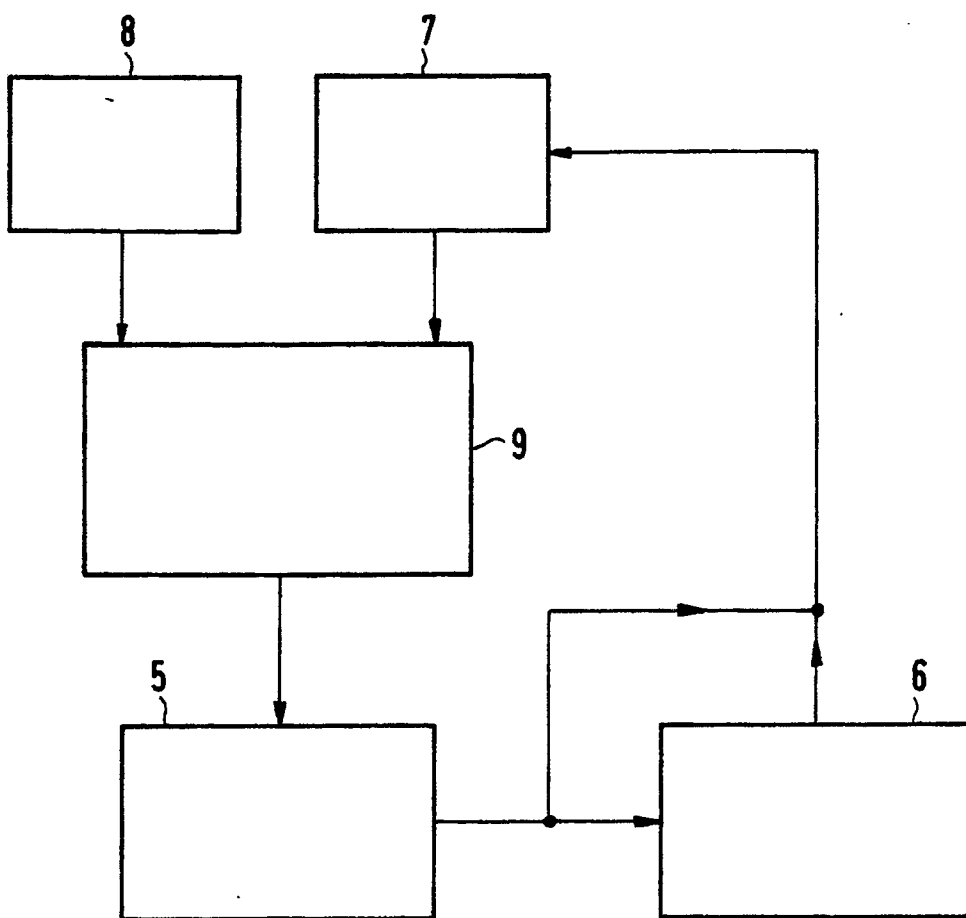


FIG 10

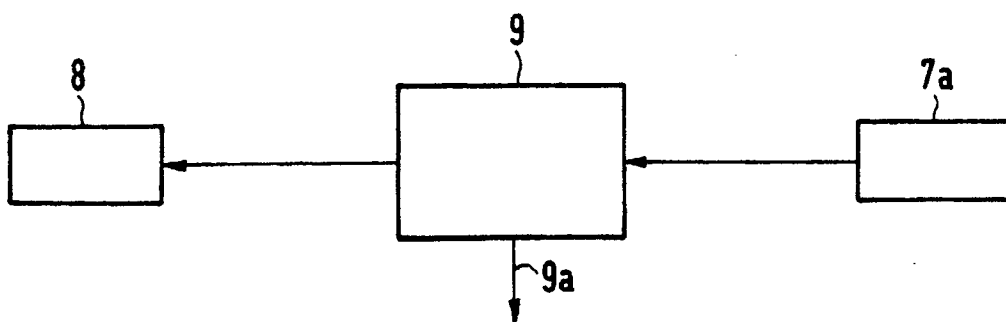


FIG 11

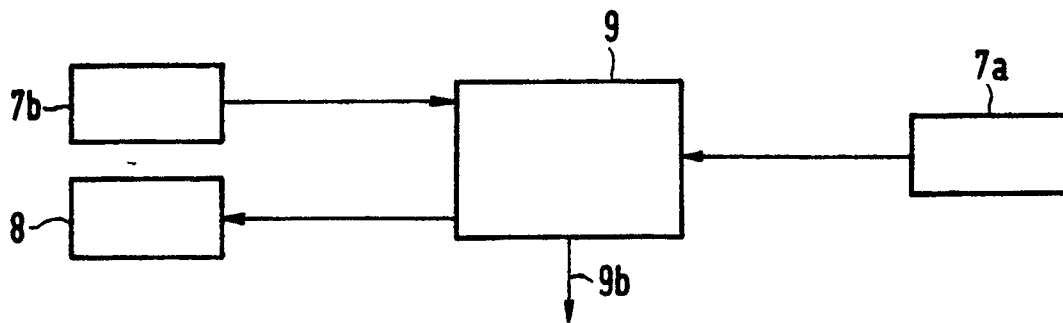


FIG 12

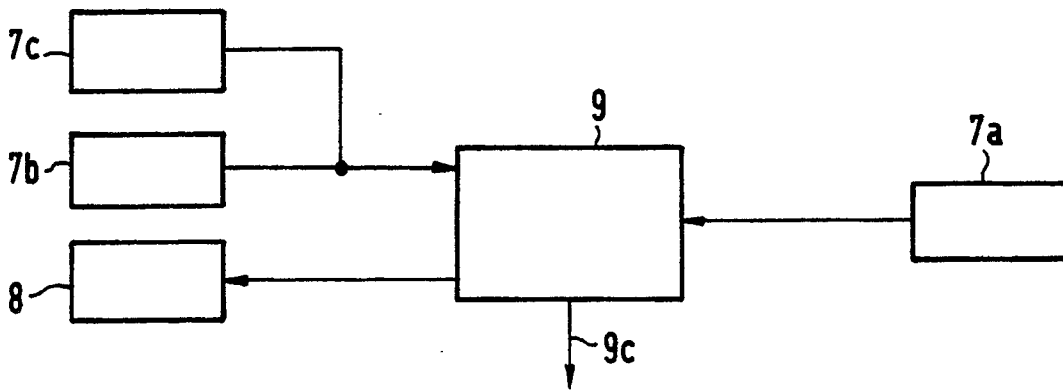


FIG 13

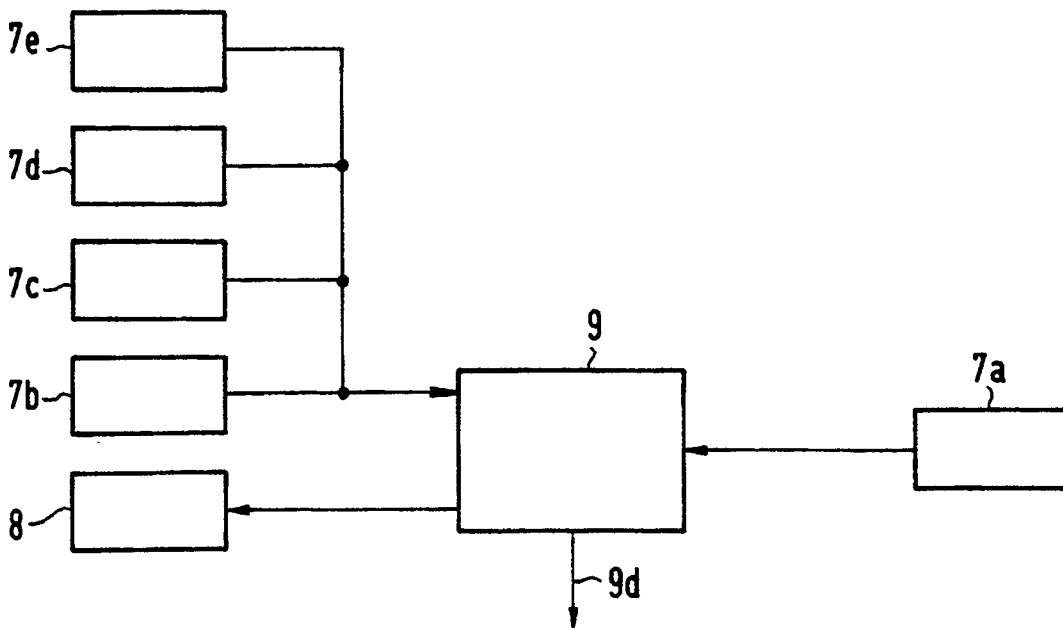


FIG 14