

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: **87108207.9**

(51) Int. Cl.4: **B63G 9/06**

(22) Anmeldetag: **05.06.87**

(30) Priorität: **18.06.86 DE 3620402**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.12.87 Patentblatt 87/52

(64) Benannte Vertragsstaaten:
ES FR GB GR IT NL SE

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

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

(74) Vertreter: **Mehl, Ernst, Dipl.-Ing. et al Postfach 22 01 76 D-8000 München 22(DE)**

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

(57) Die Erfindung beschreibt eine prozeßgesteuerte magnetische Eigenschutz(MES)-Anlage, die ein großräumiges dreiachsiges Spulensystem, bestehend aus stromdurchflossenen Spulen in den drei orthogonalen Fahrzeugachsen zur Kompensation des vom Erdmagnetfeld am Fahrzeugort und der Fahrzeugbewegung (Kurs, Schlingern, etc.) abhängigen magnetischen Eigenfeldes des Fahrzeuges aufweist. Es ist eine Prozeßsteuerung mit einem digitalen Datenprozessor (9) vorgesehen, 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 Fahrzeugeigenbewegung zugeordnet sind, und der aufgrund einer vorgegebenen Ablaufsteuerung (Algorithmen) die Amperewindungszahlen in den Kompensationsspulen so steuert, daß eine optimale Kompensation gewährleistet ist.

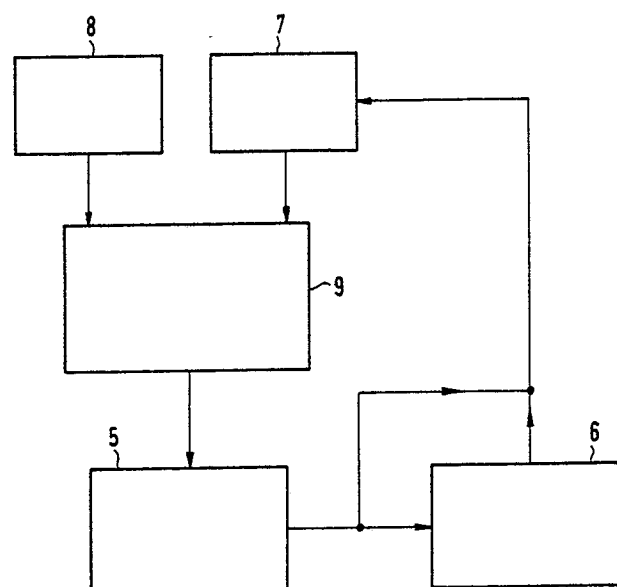


FIG 10

Vorrichtung zum Steuern einer magnetischen Eigenschutz(MES)-Anlage

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 Fahrzeuges 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 SONDENSIGNALEN, 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 Magnetensoren zeichnen dabei die Fahrzeuge, die mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgerüstet sind, aus.

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

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

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)

Querschiffkomponente = 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 Inklinationwinkel

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-Spu-
len

2.3 Kompensation des horizontalen Indu-
ziertfeldes IH am Meßort auf Nordkurs (N)

2.3.1 Strom und Schaltung aller LI-Spu-
len

2.3.2 Strom und Schaltung aller AI-Spu-
len

2.4 Kompensation des horizontalen Indu-
ziertfeldes IH am Meßort auf Ostkurs (O)

2.4.1 Strom und Schaltung aller LI-Spu-
len

2.4.2 Strom und Schaltung aller AI-Spu-
len

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 Fahrzeu-
ges 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 Rege-
lanlage läuft ein ständiges Meßprogramm ab, wel-
ches die Kontrolldaten aus dem Spulensystem 5
und die Bewegungsdaten des Fahrzeugs 6 erfaßt
und dem Meßwertspeicher 7 zugeführt. Die Bewe-
gungsdaten 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 Regelal-
gorithmen ab, die in den FIG 11-14 dargestellt
sind.

Die einzelnen Teilwicklungen und ihre Stro-
meinspeisungen werden danach gemäß folgenden
Kriterien behandelt:

1) Bei der Kompensation der Permanenta-
nteile sind gemäß FIG 11 nur die Daten der Grup-
pe 2.1 der Erstvermessung maßgebend. Die einge-
stellte Kompensation gilt weltweit.

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

2) Die erdmagnetischen Einflüsse auf das
Fahrzeug 6, das Induziertfeld, muß in seine Kom-
ponenten zerlegt werden. Da die vertikale und hori-
zontale Komponente IV und IH des Induziertfeldes
unterschiedliche Auswirkungen auf den magneti-
schen 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 Erdfel-
des im Fahrzeug erzeugte horizontale Induziertfeld
IH dagegen ist standort-und kursabhängig.

a) Bei der Kompensation des vertikalen
Induziertfeldes IV gemäß FIG 12 greift der Regelal-
gorithmus 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 enthalten-
den 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 Daten-
bank 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:

$$\begin{aligned} VF &= EVR/EVM \text{ und} \\ HF &= EHR/EHM \end{aligned}$$

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, die durch die entsprechenden Fahrzeugbewegungen hervorgerufenen Steuerfeldes.

Die Wirksamkeit des Regelalgorithmus 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 Fahrzeugeigenbewegungen 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 Spulenanlage (Spulenstrom, -wärme, -widerstandswerte) und Bewegungsdaten (geographischer Standort, Kurs, Schlinger-und Stampfbewegungen) sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Ablaufsteuerung eine Prioritätsschaltung aufweist, derart, daß im Auslösen einer Reaktion der Prozeßsteuerung die Bewegungsdaten 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 Ermittlung der Stellgrößen für die Amperewindungszahleneinstellung der Spulen zur Kompensation

- des magnetischen Permanentfeldes (P),
- des horizontalen magnetischen Induziertfeldes (IH),
- des vertikalen magnetischen Induziertfeldes (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 Permanentfeldes (P) ein erster Algorithmus aufgrund der Daten der Erstvermessung die Stellgröße bildet,

- bei der Kompensation des vertikalen Induziertfeldes (IV) ein dritter Regelalgorithmus vorgesehen ist, der bei Messung einer Kursänderung und/oder einer Veränderung im geographischen Standort die Kompensation veranlaßt,

- für die Kompensation der Wirbelstromfelder ein vierter Regelalgorithmus vorgesehen ist, der aufgrund von Signalen zugeordneter Bewegungsgeber für Bewegungen des Fahrzeuges um seine Achsen die Stellgröße für die Kompensation bildet.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet ,

daß zur Wirbelfeldkompensation ein zweiter Datenprozessor vorgesehen ist, der mit dem ersten Datenprozessor (9) im Master-Slave-Betrieb geschaltet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Regelalgorithmus für die Kompensation 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 vorgegebene rechtwinklige Flächen der Erdoberfläche bezogen sind unter Berücksichtigung von geographischen magnetischen Anomalien.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

dadurch gekennzeichnet,

daß zur Erfassung der Fahrzeugeigenbewegungen (Schlingern, Stampfen, Gieren) Rollkugel-oder Kreiselgeber vorgesehen sind.

86 P 8591 E

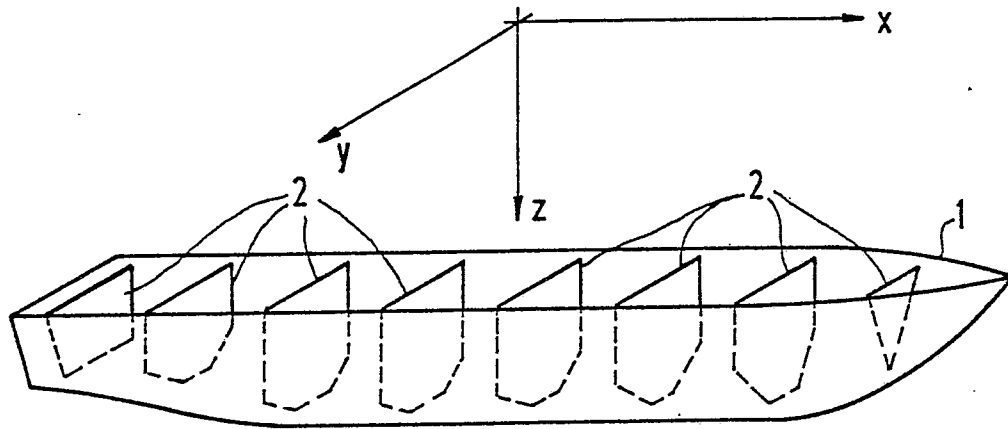


FIG 1

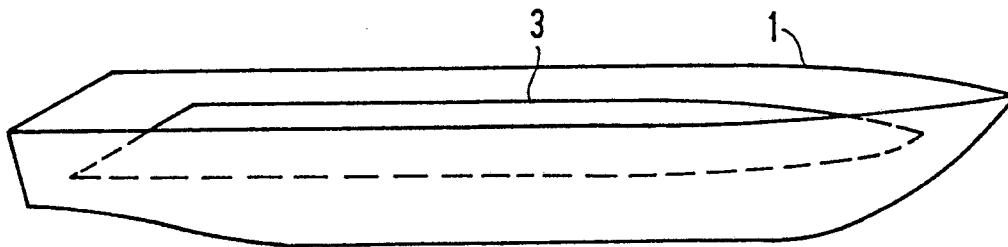


FIG 2

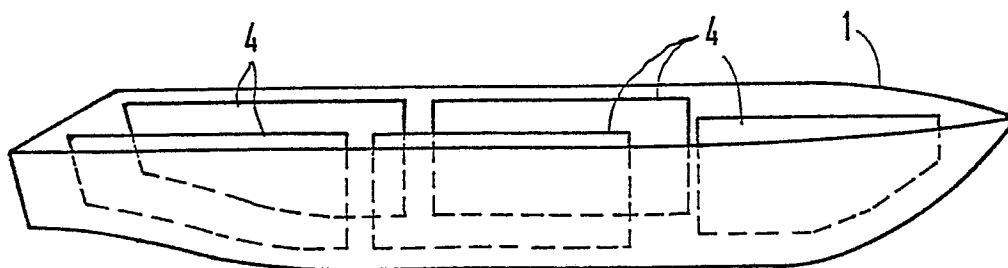


FIG 3

86 P 8591 E

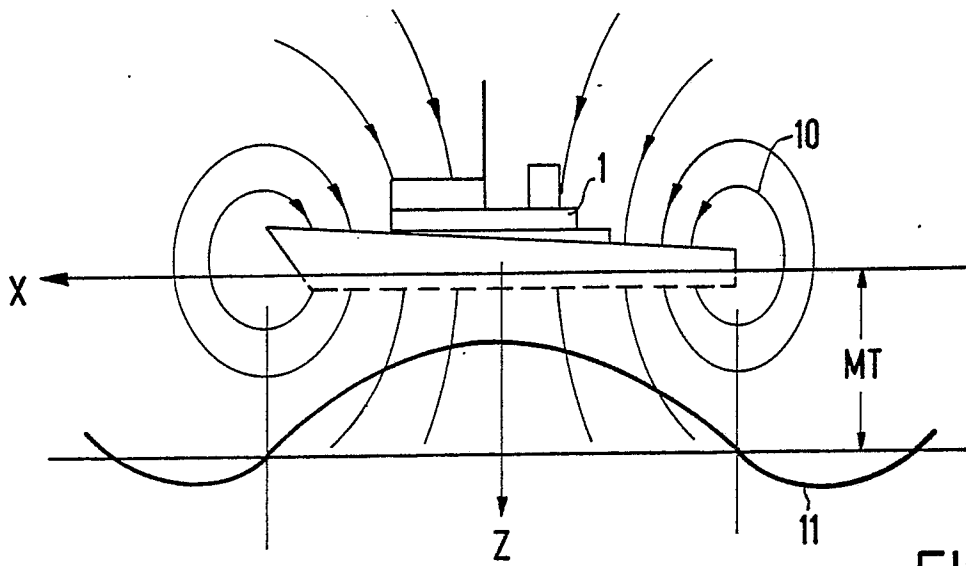


FIG 4

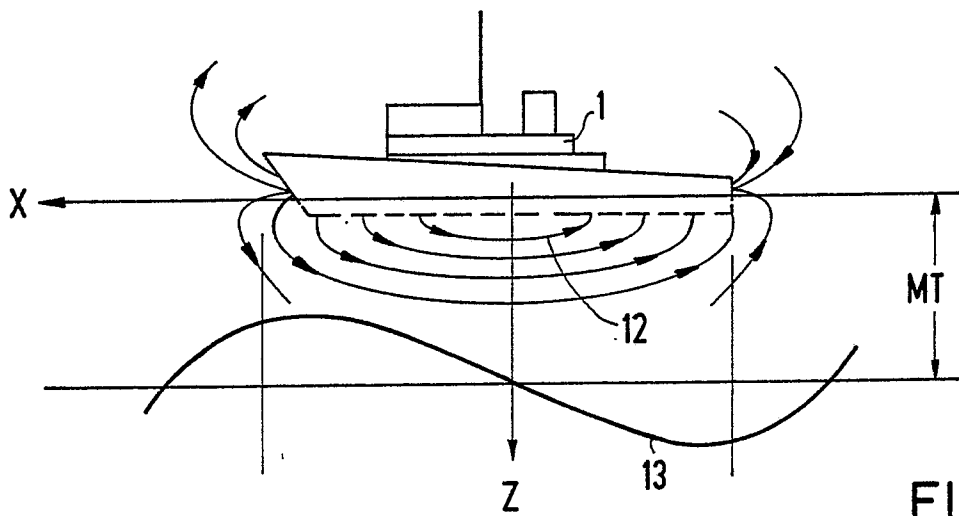


FIG 5

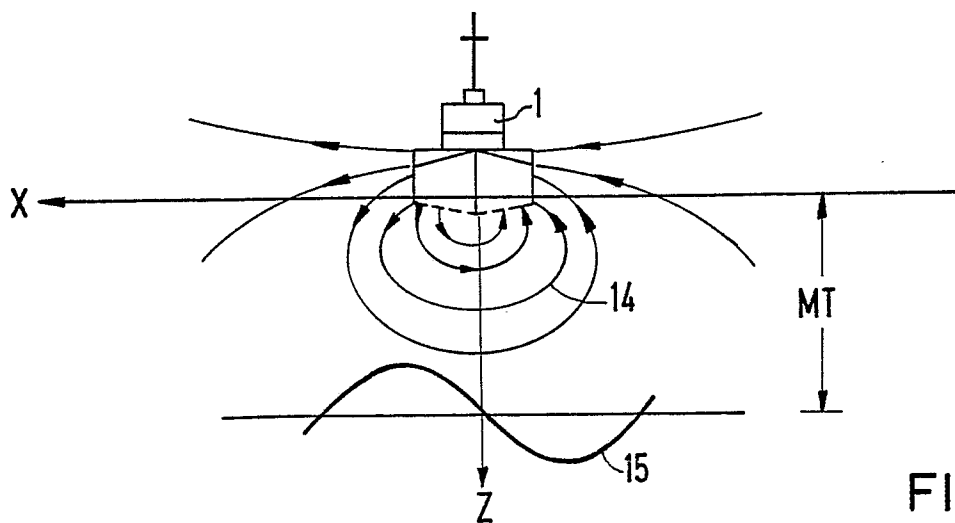


FIG 6

86 P 8591 E

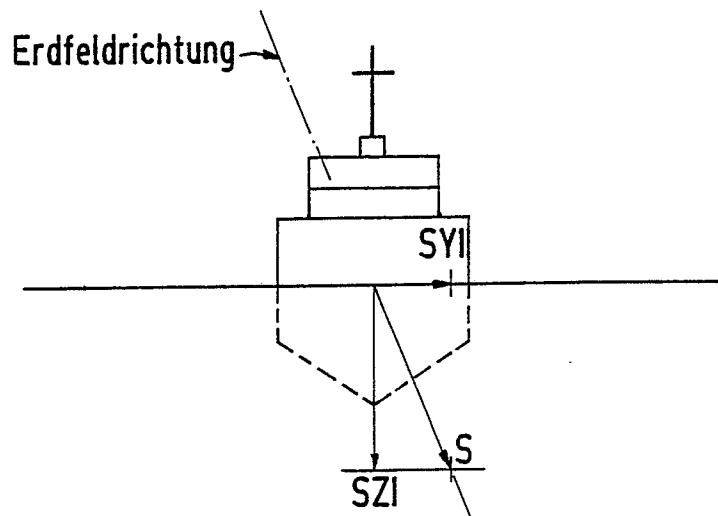


FIG 7

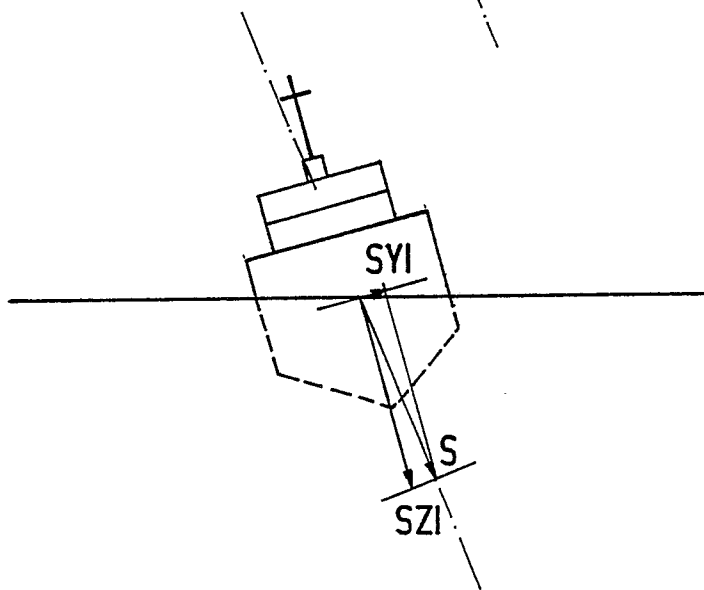


FIG 8

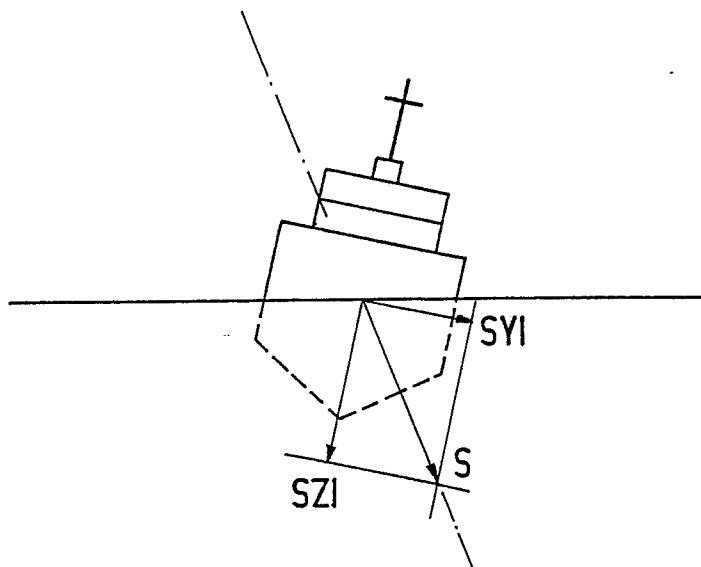


FIG 9

86 P 8591 E

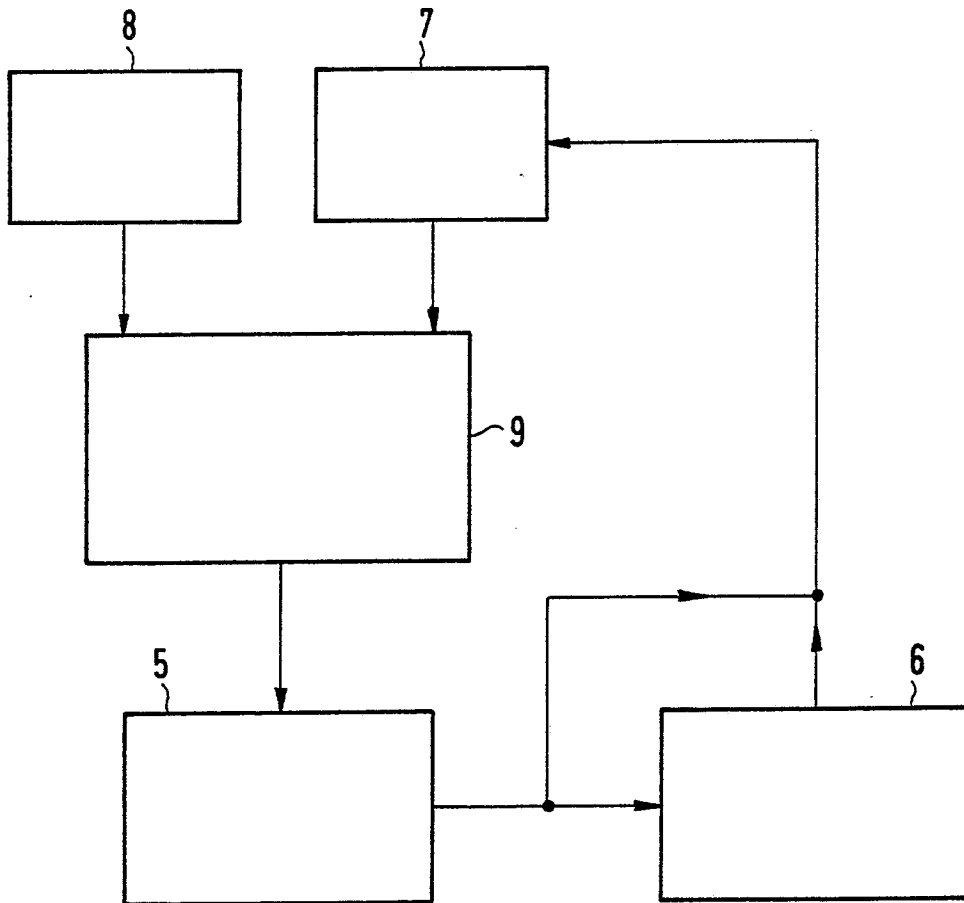


FIG 10

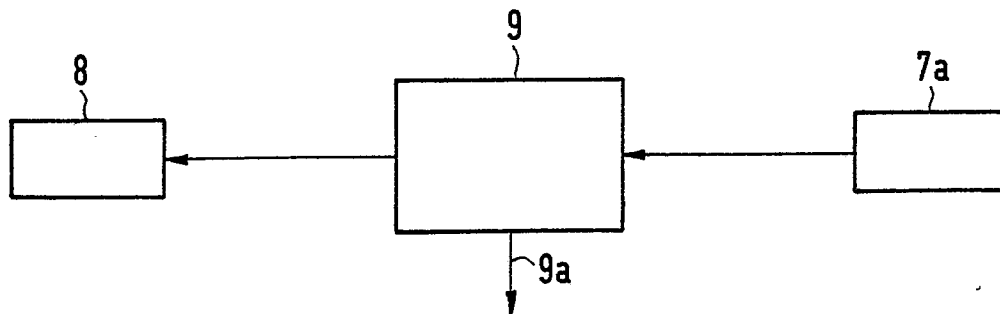


FIG 11

86 P 8591 E

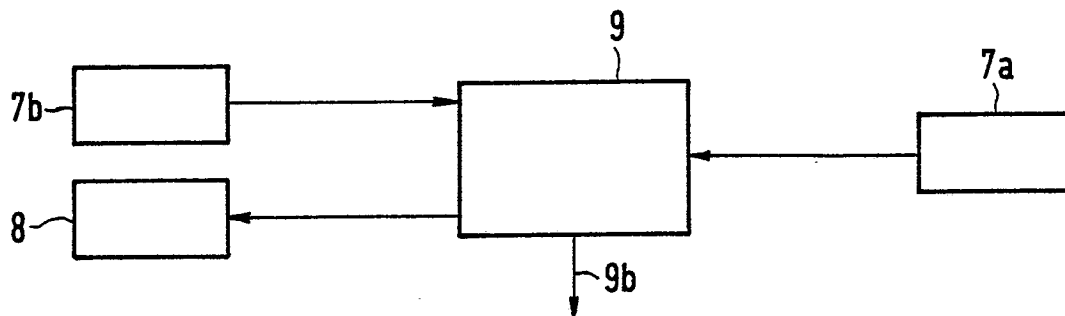


FIG 12

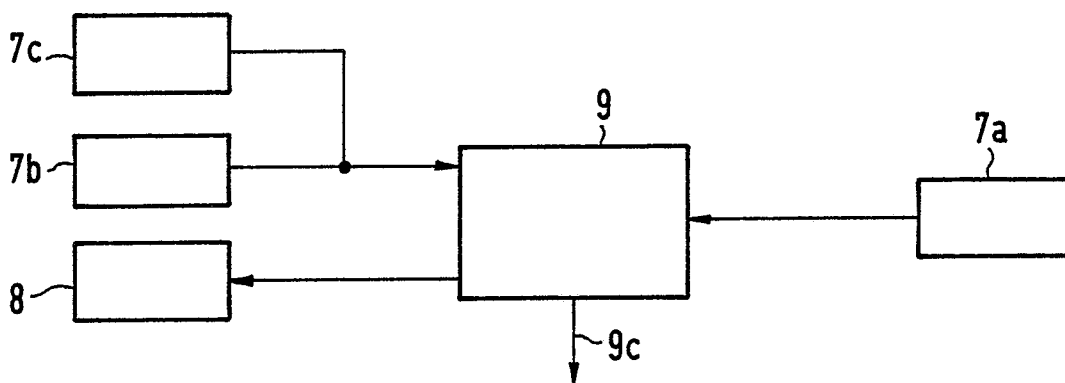


FIG 13

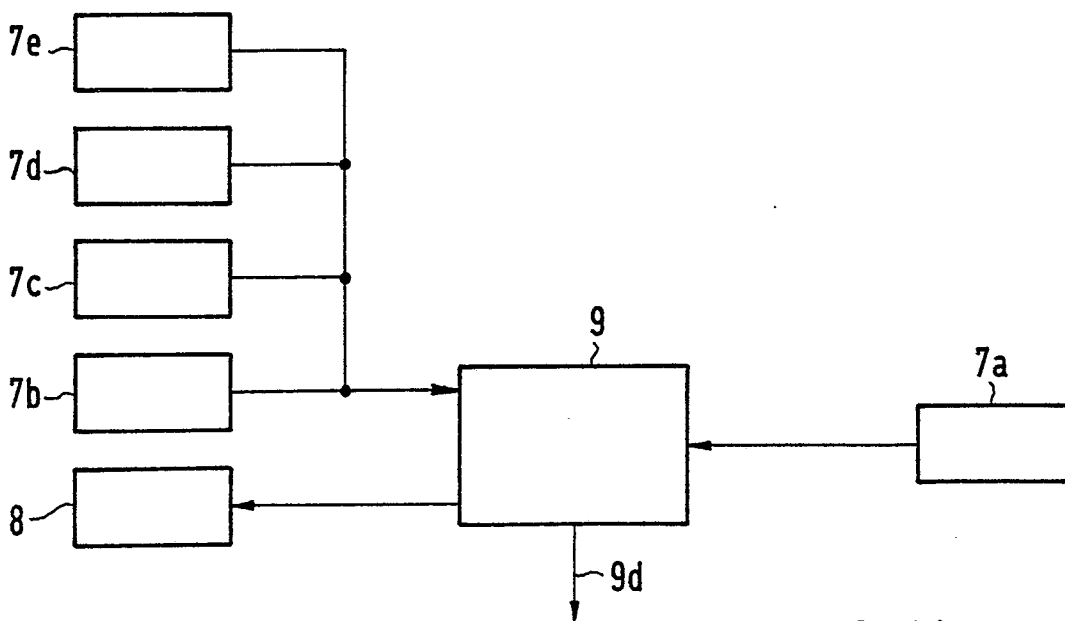


FIG 14



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 87 10 8207

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
A	FR-A-2 569 650 (AKTIEBOLAGET BOFORS) * Seite 5, Zeilen 9-30; Seite 7, Zeilen 7-31; Figuren *	1,3,9,10	B 63 G 9/06
A	DE-B-1 098 393 (SIEMENS) * Spalte 2, Zeilen 41-55; Spalte 3, Zeilen 1-22 *	1,3	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
			B 63 G H 01 F G 01 R G 01 V
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 08-09-1987	Prüfer VISENTIN, M.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			