(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 18 025 T2** 2004.07.08

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 972 316 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 18 025.9**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP98/01924**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 919 210.9**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/045892**
(86) PCT-Anmeldetag: **27.03.1998**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **15.10.1998**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **19.01.2000**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **10.09.2003**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.07.2004**

(51) Int Cl.[7]: **H01Q 1/18**

(30) Unionspriorität:
1005755 **08.04.1997** **NL**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, NL

(73) Patentinhaber:
Thales Nederland B.V., Hengelo, NL

(72) Erfinder:
THOMASSEN, Michael, Sierk, NL-7623 CG Borne, NL

(74) Vertreter:
Spott & Weinmiller, 82340 Feldafing

(54) Bezeichnung: **ANORDNUNG ZUM STEUERN VON RADARAUSSENDUNGEN FÜR EIN ANTENNENSYSTEM AUF EINER BEWEGLICHEN PLATTFORM**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zum Steuern von Radaraussendungen für ein auf einerbeweglichen Plattform montiertes System von Antennen mit voneinander unterschiedlichen Breitseitenrichtungen, wobei die Anordnung Mittel zur Winkelvorhersage enthält, die eine Winkelstellung eines mit der beweglichen Plattform verknüpften Koordinatensystems bezüglich eines Bezugs-Koordinatensystems vorhersagen können.

[0002] Die Erfindung bezieht sich auch auf ein Verfahren, um eine Radaraussendung, die für ein zukünftiges Zeitfenster einer Antenne gewünscht ist, einer Antenne eines Systems von Antennen mit unterschiedlichen Breitseitenrichtungen auf einer beweglichen Plattform zuzuordnen ist.

[0003] Steueranordnungen dieser Art werden insbesondere zur Steuerung von Radaraussendungen in Systemen mit phasengesteuerten Antennenfeldern verwendet, die gemeinsam ein Antennensystem mit phasengesteuerten Antennenfeldern in mehreren Flächen bilden. Die Antennen können sowohl zur Aussendung wie zum Empfang verwendet werden. Die Steueranordnung wird im allgemeinen kontinuierlich mit Anfragen versorgt, die von einem äußeren Anfragegenerator erzeugt werden, um eine Radaraussendung innerhalb eines künftigen Zeitfensters zu realisieren.

[0004] Ein Beispiel für eine Anordnung zur Steuerung von Radaraussendungen ist aus der Anmeldung W-A-8500896 bekannt. In dieser Anordnung, die für eine einzelne rotierende Antenne bestimmt ist, sind Winkelvorhersagemittel vorhanden, die eine Position eines Ziels in einem nächsten Umlauf auf der Basis der Positionen in den unmittelbar vorausgegangenen Umläufen vorhersagen können.

[0005] Ein anderes Beispiel ist aus der Druckschrift EP-A-440 **200** bekannt, die eine Anordnung zur Steuerung von Radaraussendungen für ein phasengesteuertes Radarsystem mit mehreren Flächen beschreibt.

[0006] Der Nachteil dieser bekannten Steueranordnungen liegt in ihrem unbefriedigenden Verhalten, wenn das Antennensystem eine Anzahl von Antennen mit untereinander verschiedenen Breitseitenrichtungen besitzt, insbesondere wenn das System auf einer beweglichen Plattform, zum Beispiel einem Schiff, angeordnet ist. Wird eine Radaraussendung für einen weit in der Zukunft liegenden Augenblick oder ein künftiges Zeitfenster gewünscht, dann spielt die Schiffsbewegung eine Rolle. Inzwischen könnte sich die Senderichtung einer gewünschten Radaraussendung bezüglich eines ausgewählten Antennenfelds in einer falschen Richtung aufgrund der Roll-, Stampf- und Gierbewegung des Schiffs geändert haben, sodaß es erforderlich wird, die gewünschte Radaraussendung einem anderen Antennenfeld zuzuordnen, das bezüglich der Richtung der Radaraussendung günstiger liegt.

[0007] Die Steueranordnung gemäß der Erfindung beseitigt diesen Nachteil und ist dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung einen Antennenselektor enthält, der mit Winkelvorhersagemitteln verbunden ist, um eine Radaraussendung, die für ein zukünftiges Zeitfenster gewünscht wird, einer Antenne zuzuordnen. Der Antennenselektor ist so ausgebildet, daß er die Antenne auswählt, die innerhalb des künftigen Zeitfensters und während der längsten Zeitspanne den geringsten vorhergesagten Abweichungswinkel zwischen dr Breitseitenrichtung und der Senderichtung realisiert. Der Vorteil liegt demgemäß darin, daß der Antennengewinn optimal ist und der Anteil von Nebenkeulen gering bleibt.

[0008] Das erfindungsgemäße Verfahren ist hierzu dadurch gekennzeichnet, daß während der Zuordnung der Radaraussendung zur Antenne eine vorhergesagte Winkelstellung des mit der Plattform verknüpften Koordinatensystems bezüglich eines Bezugskoordinatensystems genutzt wird.

[0009] Das Bezugskoordinatensystem enthält vorzugsweise das Nord-Horizontal-Koordinatensystem, sodaß die vorhergesagte Winkelstellung eine eindeutige Referenz hat. Das mit der beweglichen Plattform verknüpfte Koordinatensystem kann mit dem Rumpf des Schiffs oder einem beliebigen anderen Gegenstand verbunden sein, der auf dem Schiff fest montiert ist, beispielsweise mit einem der Antennenfelder. Derart bildet es ein mit dem Schiff verknüpftes Koordinatensystem.

[0010] Die Winkelstellung des mit dem Schiff verknüpften Koordinatensystems wird vorzugsweise von einem sich anpassenden Filter vorhergesagt. Die Roll-, Stampf- und Gierbewegungen des Schiffs haben ein begrenztes Frequenzspektrum, sodaß die entsprechenden Winkelpositionen in gewisser Weise vorhergesagt werden können. Indem man ein Vorhersagefilter anpassungsfähig macht, ist es bei wechselnden Umständen wie unterschiedlichem Seewetter immer noch möglich, eine brauchbare Vorhersage der gewünschten Winkel zu erzeugen.

[0011] Eine alternative Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, daß die Steueranordnung so ausgebildet ist, daß sie jedem sendenden Antennenfeld einen Sektor zuordnen kann, in dem Radaraussendungen stattfinden können, und daß der Antennenselektor so ausgebildet ist, daß er eine sendende Antenne auswählt, wenn eine Übertragungsrichtung in einem künftigen Zeitpunkt in den Sektor dieser übertragenden Antenne fällt. Der jedem übertragenden Antennenfeld zugewiesene Sektor schließt vorzugsweise unmittelbar an den Sektor eines benachbarten Antennenfelds an, sodaß einerseits zwei Antennen nicht die gleichen Radarsignale empfangen und andrerseits eine Radaraussendung stets möglich ist. Variiert man den Bereich eines Antennensektors, dann ist es weiter möglich, die Chance der Zuordnung einer Übertragung zu dieser Antenne zu erhöhen oder zu verringern.

[0012] Die Steueranordnung und das Verfahren ge-

mäß der Erfindung werden nun anhand der beiliegenden Figuren näher erläutert.

[0013] Die **Fig.** 1A und 1B zeigen ein System von mehreren Antennenfeldern auf je einer Seite.

[0014] **Fig.** 2 zeigt das Blockdiagramm einer Steueranordnung gemäß der Erfindung.

[0015] **Fig.** 3 zeigt eine graphische Darstellung des Arbeitsprinzips des Selektors für die Auswahl der Antennenseite.

[0016] In **Fig.** 1A und **Fig.** 1B ist schematisch ein phasengesteuertes Antennensystem auf vier Seiten dargestellt. Eine phasengesteuerte Seite des Antennensystems kann beispielsweise von einem ebenen Feld strahlender Elemente, wie Dipole, Schlitze, Hohlleiterstrahlern oder Flecken gebildet werden. In dem Ausführungsbeispiel enthält jede Antennenseite ein Feld von strahlenden Elementen, wobei die Phase jedes Einzelelement getrennt einstellbar ist. Die vier Antennenseiten **1**, **2**, **3**, **4** sind in einem Mast **5** des Schiffs **6** in einer sogenannten vierseitigen Diamantenkonfiguration angeordnet, aber es sind auch andere Konfigurationen mit mehr oder weniger Antennenseiten denkbar. **Fig.** 1B zeigt das Antennensystem von oben. Die Breitseitenrichtung, die senkrecht zur Fläche des jeweiligen Antennenfelds steht, ist für die beiden vorderen Antennenseiten **1** und **2** durch Pfeile N1 und N2 angegeben. Diese Richtungen verlaufen unter einem bestimmten Elevationswinkel bezüglich des Schiffsdecks. In dem Ausführungsbeispiel sind die Projektionen auf die Waagrechte der Breitseitenrichtungen zweier benachbarter Antennenseiten zumindest im wesentlichen zueinander senkrecht, sodaß die vier Antennenseiten die Hemisphäre abdecken. Eine Radaraussendung in Richtung R bezüglich eines Nord-Horizontal-Koordinatensystems wird für die Übertragung in einem Zeitpunkt t_i oder innerhalb eines künftigen Zeitfensters gewünscht, um beispielsweise ein Ziel **7** zu verfolgen. Durch Auswahl einer Antennenseite für die Radaraussendung sollte die Abweichungen vom Hreitseitenwinkel berücksichtigt werden, das heißt vom Winkel, der von der Übertragungsrichtung bezüglich der Antennenseite und der Breiseitenrichtung der Antennenseite eingeschlossen wird. Nimmt dieser Winkel zu, dann verringert sich der Antennengewinn eines phasengesteuerten Antennenfelds und die Nebenkeulen nehmen zu. In der derzeitigen Praxis ist der tolerierbare Abweichungswinkel auf etwa 70° begrenzt. In der angegebenen Konfiguration bieten zwei benachbarte Seiten von Antennenfeldern daher eine Überlappung von 50°, in der beide Antennen ausgewählt werden könnten. Um die Abweichungen vom Breitseitenwinkel zu minimieren, kann die Hemisphäre in vier gleiche Sektoren S1 bis S4 unterteilt werden und jeder Antennenseite ein Sektor zugewiesen werden. Die Figur zeigt, daß die Sektoren der Antennenseiten **1** und **2** durch die Grenzfläche V getrennt sind, die die Richtungen enthalten, deren Abweichungen vom Breitseitenwinkel bezüglich der Antennenseiten **1** und **2** gleich sind.

[0017] Falls erforderlich, zum Beispiel im Fall einer zu großen Antennenlast, kann ein für diese Antennenseite bestimmter Sektor verringert und der benachbarte Sektor entsprechend vergrößert werden.

[0018] In der angegebenen Lage besitzt das Schiff eine gewissen Neigung φ bezüglich der vertikalen Achse z des Nord-Horizontal-Bezugskoordinatensystems E. In diesem Fall ist es am besten, die Antennenseite **1** für die angegebene Übertragungsrichtung auszuwählen. Jedoch kann das Schiff in dem künftigen Zeitpunkt t_i nach rechts zurückgerollt sein, woraus folgt, daß nun die bessere Übertragungsrichtung bezüglich des Schiffs zur anderen Seite der Sektorgrenzebene V übergegangen ist. In diesem Fall wäre es besser, die Antennenseite **2** zu wählen.

[0019] Die Vorhersage des Schiffsrollwinkels erlaubt eine brauchbare Auswahl einer Antennenseite. Entsprechend beeinflussen auch die Stampf- und Gierbewegungen die Auswahl der Antennenseite, welche einer künftigen Radarübertragung zugewiesen werden soll.

[0020] **Fig.** 2 zeigt ein Blockdiagramm für die Steueranordnung gemäß der Erfindung. Die Steueranordnung **8** besteht vorzugsweise aus einem Steuerrechner mit Algorithmen zur Durchführung der gewünschten Funktionen. Die vier Antennenseiten aus **Fig.** 1a und 1B sind in **Fig.** 2 entsprechend bezeichnet. Die Steueranordnung **8** enthält einen Selektor **9** zur Auswahl der Antennenseite, je einen Scheduler **10**, **11**, **12**, **13** für jede Antennenseite und ein Vorhersageorgan **14** für den Schiffswinkel. Jede Antennenseite wird von einer Steuereinheit **15**, **16**, **17** und **18** gesteuert, die einen Strahlrichtrechner und einen Hochfrequenzgenerator enthält. Die Steueranordnung wird durch einen Anfragegenerator **19** gestartet, der Anfragen für Radaraussendungen erzeugt. Außerdem empfängt die Steueranordnung Informationen vom Vorhersageorgan **14** bezüglich der künftigen Schiffswinkel im Nord-Horizontal-Koordinatensystem E(x, y, z) oder einem andere Bezugskoordinatensystem.

[0021] Das Arbeitsprinzip der Steueranordnung wird nun erläutert. Der Anfragegenerator **19** erzeugt, beispielsweise aufgrund eines Wunsches des Benutzers oder auf der Basis von früheren von dem Mehrseiten-Antennensystem durchgeführten Messungen, einen Burstwunsch **20**, das heißt, einen Wunsch, eine Radaraussendung (Burst) in einem bestimmten künftigen Zeitfenster und in einer bestimmten Richtung bezüglich des Bezugskoordinatensystems zu veranlassen. In diesem Prozeß werden die geeigneten Burstparameter geliefert, also die gewünschte Senderichtung, das Zeitfenster, die Sendefrequenz und die Impulslänge. Der Wunsch gelangt an den Selektor **9** für die Antennenseite, der vom Vorhersagefilter **14** die voraussichtlichen Schiffswinkel empfängt. Das Vorhersagefilter **14** sagt die Winkel des Schiffs für verschiedene künftige Zeitpunkte unter Verwendung der gemessenen Schiffswinkel **22** voraus. Die vorhergesagten Schiffswinkel werden kontinuierlich

in einem hier nicht dargestellten zyklischen Speicher gespeichert. Der Selektor **9** oder das Vorhersagefilter **14** wandelt die vorhergesagten Schiffswinkel in vorhergesagte Breitseitenrichtungen für alle vier Antennenseiten bezüglich des Bezugskoordinatensystems um. Hierzu werden Informationen bezüglich der Lage jeder Antennenseite bezogen auf das Schiff verwendet. Dann werden die vorhergesagten Breitseitenwinkel für jede Antennenseite berechnet. Der Antennenseitenselektor **9** wählt eine der Antennenseiten **1**, **2**, **3**, **4** auf des Basis der gewünschten Richtung **20** der Aussendung **20** und den vorhergesagten Abweichungswinkeln gegenüber der Breitseitenrichtung in dem künftigen Zeitintervall aus.

[0022] Der Übertragungsbefehl gelangt dann zu einem der Scheduler **10**, **11**, **12**, **13** entsprechend der ausgewählten Antennenseite. Der Scheduler sorgt dafür, daß die Übertragung im gewünschten Zeitpunkt t_i oder innerhalb des gewünschten Zeitfensters erfolgt. Der Scheduler kann Übertragungsbefehle bevorzugen, die gegenüber anderen für die betreffende Antennenseite bestimmten Übertragungsbefehlen Priorität besitzen. Soll eine Übertragung erfolgen, dann wird eine der Steuereinheiten **15**, **16**, **17**, **18** aktiviert. Jede Steuereinheit enthält einen Hochfrequenzgenerator und einen Strahlrichtrechner. Der Strahlrichtrechner ermöglicht Radaraussendungen in die gewünschte Richtung, indem die Phase der entsprechenden Elemente korrekt unter Berücksichtigung der augenblicklichen Schiffslage eingestellt werden. Auf eine Radaraussendung kann ein Horchintervall folgen. Die Echosignale, die in diesem Horchintervall empfangen werden, gelangen an einen Empfänger **23** und einen digitalen Prozessor für die Zielextraktion und die Dopplerverarbeitung. Die relevanten Daten können dann an einen Verfolgungsrechner oder den Generator **19** weitergegeben werden.

[0023] Falls erforderlich, kann ein Sektor-Zuweisungsorgan **24** vorgesehen sein, um jeder Antennenseite einen Sektor zuzuordnen, beispielsweise auf der Basis des Belastungsvermögens der Antennenseite. Hierzu wird das Sektor-Zuweisungsorgan **24** durch den Anfragegenerator **19** gesteuert.

[0024] Das Vorhersagefilter **14** kann von beliebiger für eine Signalverarbeitung geeigneter Art sein, beispielsweise ein Extrapolationsfilter oder ein anpassungsfähiges WIENER-Filter. Das Filter ist vorzugsweise anpassungs- oder lernfähig, indem es die Filterparameter anpaßt, wenn das Seewetter und dementsprechend das Winkelspektrum des Schiffs seinen Charakter ändert. Das Vorhersagefilter kann auf der Basis von früher festgestellten Vorhersagefehlern angepaßt werden. Beispielsweise kann das Filter kontinuierlich oder in regelmäßigen Abständen das Frequenzspektrum des Meereszustands bestimmen, sodaß das Filter unter Verwendung der so erhaltenen Parameter nachgestellt werden kann.

[0025] **Fig.** 3 zeigt eine graphische Darstellung des Arbeitsprinzips des Antennenseiten-Selektors **9**. Auf der waagrechten Achse **25** sind die Zeit t und ein zukünftiges Zeitfenster angegeben, in dem eine künftige Radaraussendung erfolgen soll. Für die beiden benachbarten Antennenseiten **1** und **2**, die in den **Fig.** 1A und 1H gezeigt sind, sind an der senkrechten Achse **26** die Werte der vorhergesagten Winkelabweichungen Y von der Breitseitenrichtung zumindest innerhalb des relevanten Zeitfensters T aufgetragen. In diesem Zusammenhang wird angenommen, daß eine Radaraussendung in einer Richtung gewünscht wird, die in der Nähe der Ebene V zwischen den beiden benachbarten Antennenseiten **1** und **2** liegt. Die Kurve **27** betrifft den vorhergesagten Abweichungswinkel für die Antennenseite **1** und die Kurve **28** für die Antennenseite **2**. Im ersten Zeitintervall zwischen t_0 und t_1 hat die Antennenseite **1** den geringeren Abweichungswinkel, im zweiten Zeitintervall zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_2 hat dagegen die Antennenseite **2** den kleineren Abweichungswinkel. Der Selektor für die Antennenseiten hat jedoch keine Informationen über den Zeitpunkt, in dem innerhalb des Zeitfensters die Aussendung erfolgt. Der tatsächliche Sendezeitpunkt wird vom Scheduler bestimmt. Der Selektor für die Antennenseite wählt die Seite aus, die während der größeren Zeitspanne den geringeren Abweichungswinkel aufweist. Im vorliegenden Fall ist dies die Antennenseite **1**, da das erste Zeitintervall länger als das zweite Zeitintervall ist. Auf diese Weise ist vermutlich der Abweichungswinkel von der Hreitseitenrichtung bei der tatsächlichen Aussendung geringer, setzt man eine gleiche Verteilungswahrscheinlichkeit für die Aussendung während des ganzen Zeitfensters T an.

[0026] Im Grenzfall, in dem das Zeitfenster T entsprechend der gewünschten Aussendung die Länge null hat, gelangt das Zeitfenster in einen fixen zukünftigen Zeitpunkt $t_0 = t_1 = t_2$, in dem die Abweichungswinkel der verschiedenen Antennenseiten verglichen werden.

[0027] Das dargestellte Ausführungsbeispiel betrifft eine Anordnung, die auf einem Schiff montiert ist. Die Steueranordnung ist aber auch für jede andere Art von beweglicher Plattform geeignet; die Winkelbewegungen haben ein begrenztes Frequenzspektrum.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Steuerung von Radaraussendungen für ein System von Antennen (**1**, **2**, **3**, **4**), die je unterschiedliche Breitseitenrichtungen besitzen und auf einer beweglichen Plattform (**6**) montiert sind, wobei die Anordnung Winkelvorhersagemittel (**14**) zur Vorhersage einer Winkelstellung eines mit der beweglichen Plattform (**6**) verknüpften Koordinatensystems bezüglich eines Bezugskoordinatensystems enthält, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anordnung einen Antennenselektor (**9**) enthält, der mit Winkelvorhersagemitteln (**14**) verbunden ist, um eine Radaraussendung, die für ein zukünftiges Zeitfenster gewünscht wird, einer Antenne zuzuordnen.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie weiter dazu ausgebildet ist, vorhergesagte Abweichungswinkel einer Senderichtung der Radaraussendung bezüglich der Antennen in den künftigen Zeitfenstern zu berechnen.

3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Antennenselektor (**9**) so ausgebildet ist, daß er die Antenne zuordnet, die innerhalb des künftigen Zeitfensters und während der längsten Zeitspanne den geringsten vorhergesagten Abweichungswinkel mit der Senderichtung der Radaraussendung realisiert.

4. Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie für jede Antenne (**1**, **2**, **3**, **4**) einen Scheduler (**10**, **11**, **12**, **13**) enthält, der die der fraglichen Antenne zugeordneten Radaraussendungen koordiniert.

5. Antennensystem, das eine Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4 bildet, mit einer mehrseitigen System von phasengesteuerten Antennen (**1**, **2**, **3**, **4**), deren Breitseitenwinkel sich alle voneinander unterscheiden.

6. Verfahren zur Zuordnung einer in einem künftigen Zeitfenster gewünschten Radaraussendung zu einer Antenne (**1**, **2**, **3**, **4**) eines Antennensystems mit jeweils unterschiedlichem Breitseitenwinkel, das auf einer beweglichen Plattform (**6**) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Zuordnung der Radaraussendung zu einer Antenne eine vorhergesagte Winkelstellung des mit der Plattform verknüpften Koordinatensystems bezüglich eines Bezugskoordinatensystems in dem künftigen Zeitfenster genutzt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Winkelstellung des mit der Plattform verknüpften Koordinatensystems mithilfe eines anpassungsfähigen Vorhersagefilters (**14**) vorhergesagt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Radaraussendung einer Antenne (**1**, **2**, **3**, **4**) zugeordnet wird, wenn innerhalb des künftigen Zeitfensters und während der längsten Zeitspanne eine Senderichtung der Radaraussendung den geringsten vorhergesagten Abweichungswinkel von der Breitseitenrichtung dieser Antenne realisiert.

9. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sektor jeder sendenden Antenne (**1**, **2**, **3**, **4**) zugewiesen ist und daß die Radaraussendung einer Antenne zugewiesen wird, wenn die entsprechende Senderichtung in den dieser Antenne zugeordneten Sektor fällt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Größe des einer Antenne zugeordneten Sektors gemäß der Antennenlast variiert werden kann.

11. Rechnersystem (**8**) mit einem Algorithmus, der im Betrieb das Verfahren gemäß einem beliebigen der Ansprüche 6 bis 10 implementiert.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

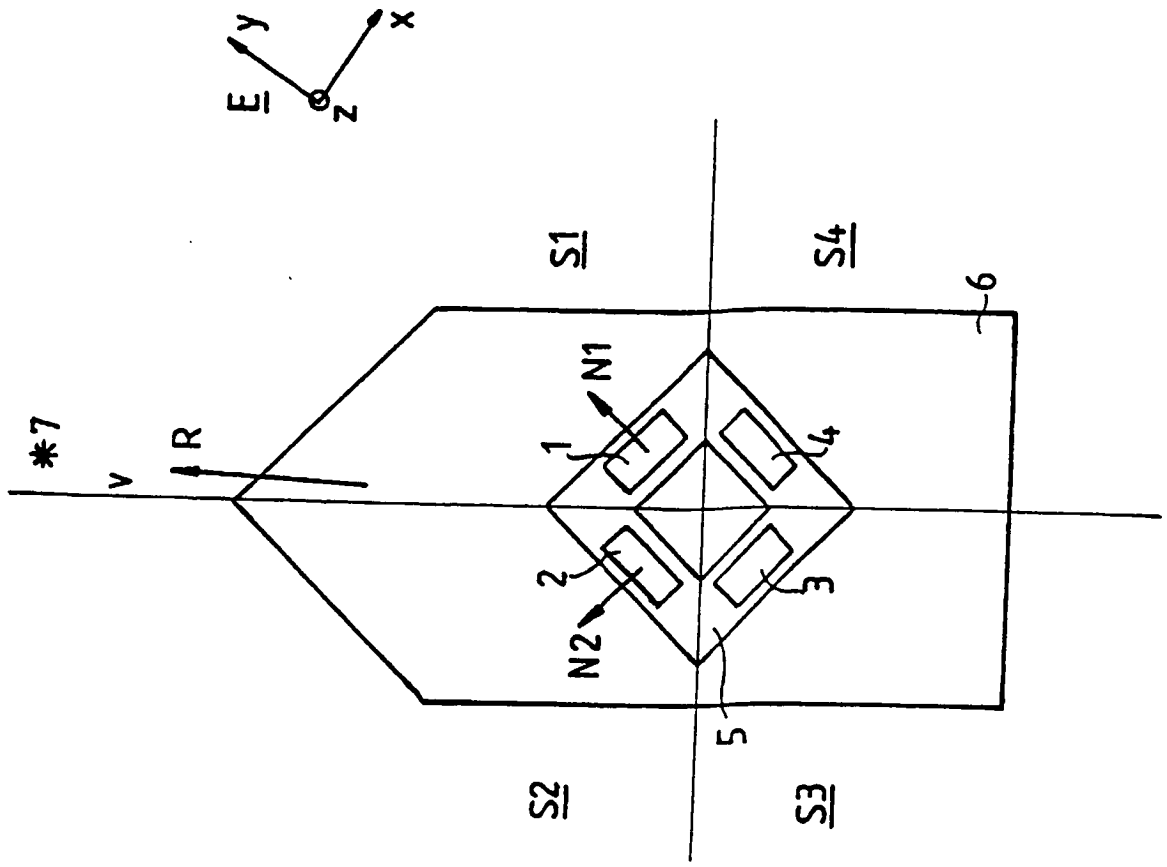

FIG. 1B

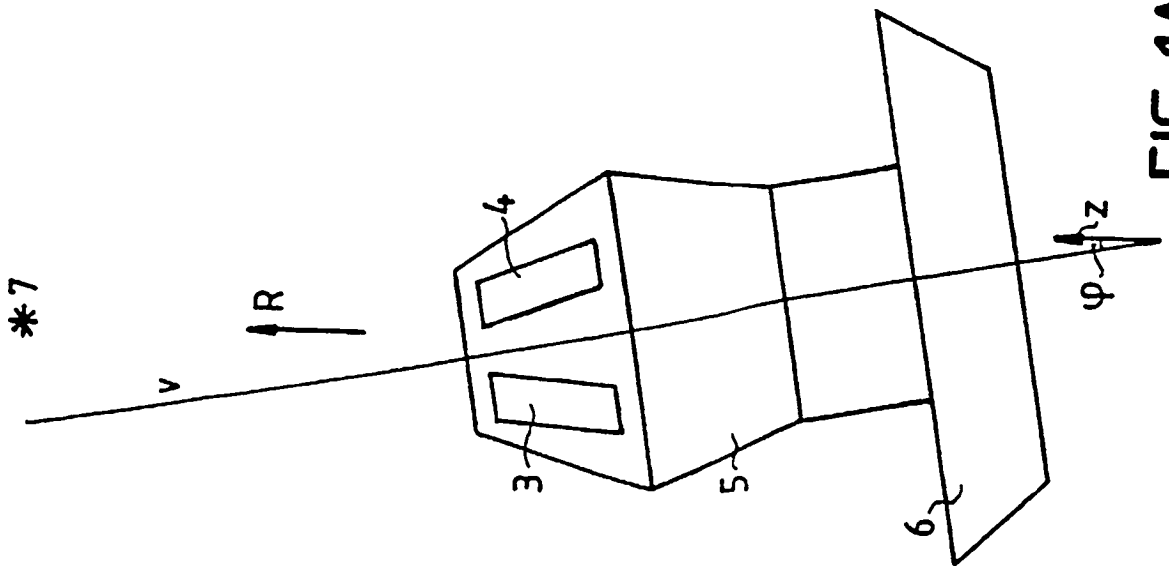

FIG. 1A

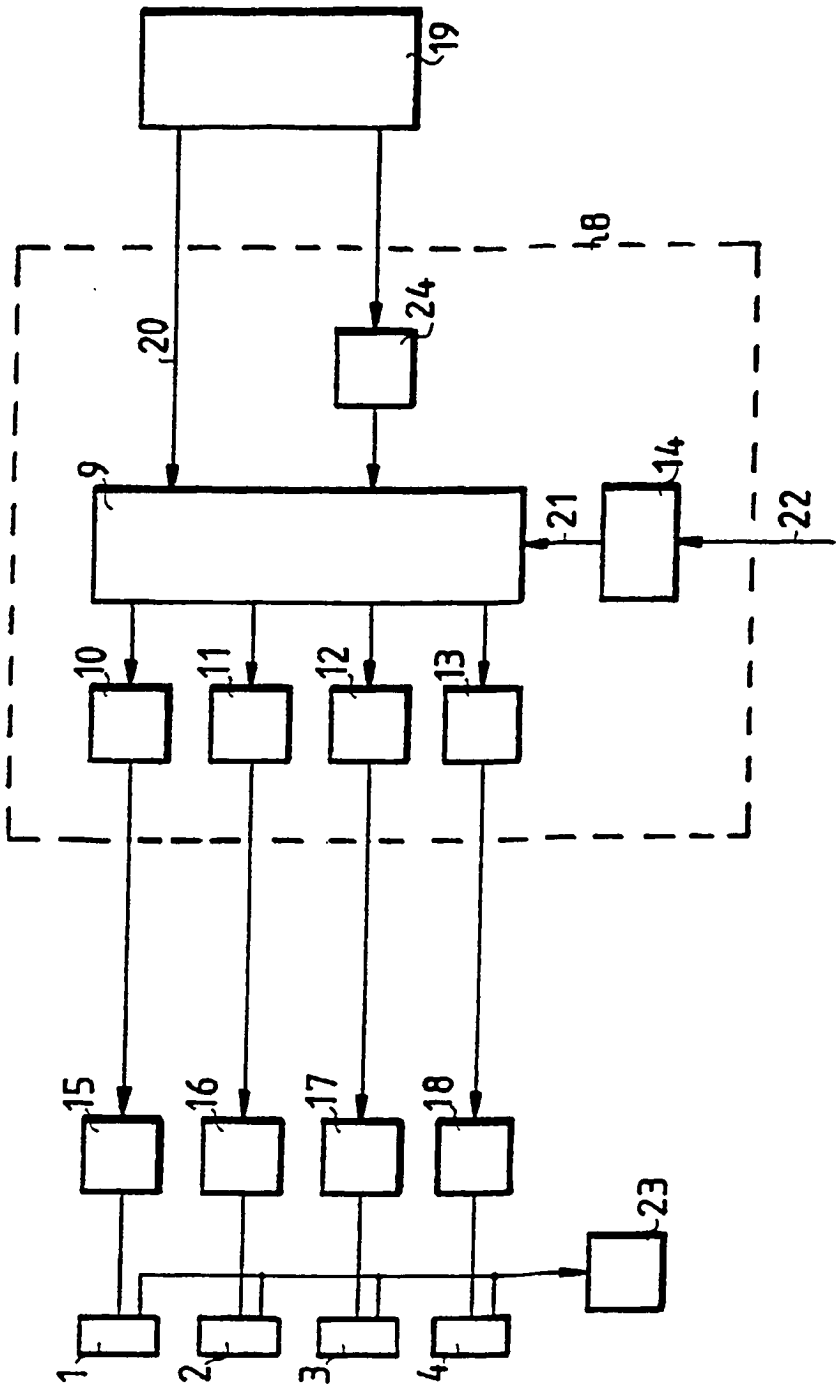

FIG. 2

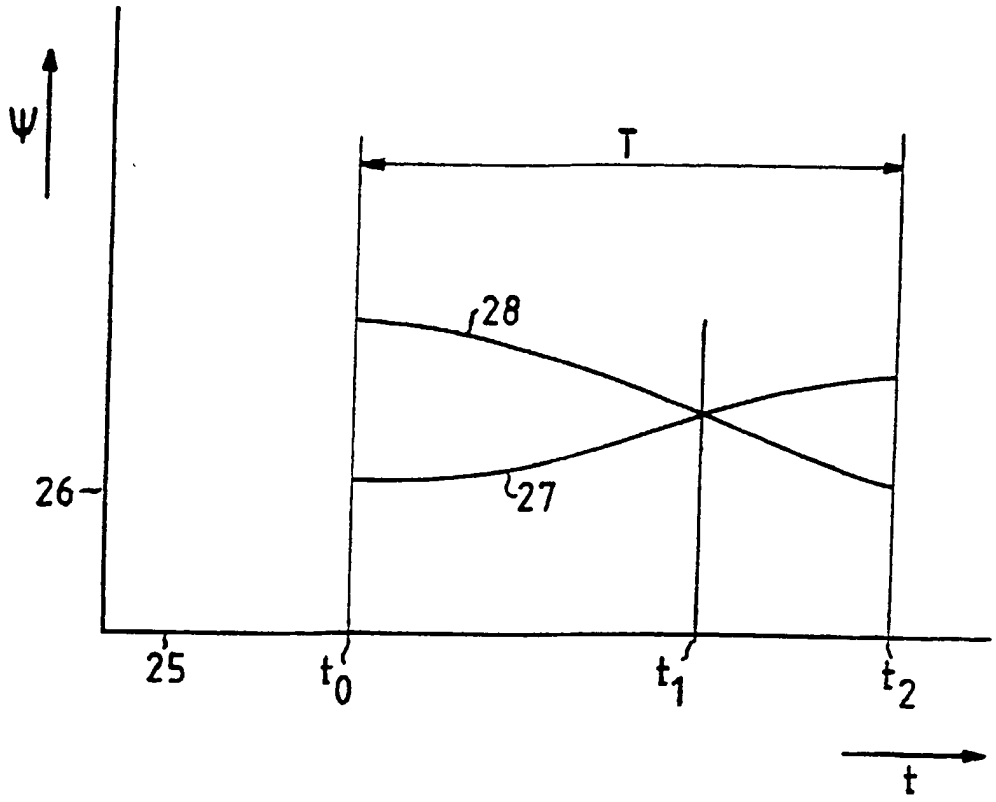

FIG. 3