



(11) EP 1 530 816 B9

(12)

KORRIGIERTE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Hinweis: Bibliographie entspricht dem neuesten Stand

(15) Korrekturinformation:

Korrigierte Fassung Nr. 1 (W1 B1)
Korrekturen, siehe
Ansprüche DE

(51) Int Cl.:

H01Q 3/40 (2006.01)**H01Q 3/26 (2006.01)**

(48) Corrigendum ausgegeben am:

03.10.2007 Patentblatt 2007/40

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2003/005932(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.06.2006 Patentblatt 2006/23(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/023601 (18.03.2004 Gazette 2004/12)(21) Anmeldenummer: **03740191.6**(22) Anmeldetag: **05.06.2003****(54) KALIBRIERVORRICHTUNG FÜR EIN UMSCHALTBARES ANTENNEN-ARRAY SOWIE EIN ZUGEHÖRIGES BETRIEBSVERFAHREN**

CALIBRATION DEVICE FOR A SWITCHABLE ANTENNA ARRAY AND CORRESPONDING OPERATING METHOD

DISPOSITIF DE CALIBRAGE POUR UN RESEAU D'ANTENNES COMMUTABLE ET PROCEDE POUR FAIRE FONCTIONNER CE DISPOSITIF

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **19.08.2002 DE 10237822**(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.05.2005 Patentblatt 2005/20(73) Patentinhaber: **Kathrein-Werke KG
83022 Rosenheim (DE)**(72) Erfinder: **LANGENBERG, Jörg
83209 Prien (DE)**(74) Vertreter: **Flach, Dieter Rolf Paul et al
Andrae Flach Haug
Adlzreiterstrasse 11
83022 Rosenheim (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**EP-A- 0 877 444 WO-A-01/56186
US-A- 5 784 031 US-A- 6 081 233**

- MAHMOUDI M ET AL: "Adaptive sector size control in a CDMA system using Butler matrix" VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE, IEEE 49TH HOUSTON, TX, USA, 16. Mai 1999 (1999-05-16), Seiten 1355-1359, XP010342086 ISBN: 0-7803-5565-2
- PEIK S F ET AL: "High temperature superconductive Butler matrix beam former for satellite applications" MICROWAVE SYMPOSIUM DIGEST, 1999 IEEE MTT-S ANAHEIM, CA, USA , 13. Juni 1999 (1999-06-13), Seiten 1543-1546, XP010343581 ISBN: 0-7803-5135-5

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

[0001] Die Erfindung betrifft eine Kalibriervorrichtung für ein Antennen-Array nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

[0002] Ein gattungsbildendes Antennen-Array (Gruppenantenne) umfasst üblicherweise mehrerer Primärstrahler, mindestens jedoch zwei neben- und übereinander angeordnete Strahler, so dass sich eine zweidimensionale Array-Anordnung ergibt. Diese auch unter dem Begriff "Smart-Antennen" bekannten Antennen-Arrays werden beispielsweise auch im Militärbereich zur Verfolgung von Zielen (Radar) eingesetzt. Verstärkt werden diese Antennen in letzter Zeit jedoch auch im Mobilfunk eingesetzt, insbesondere in den Frequenzbereichen 800 MHz bis 1000 MHz bzw. 1700 MHz bis 2200 MHz.

[0003] Durch die Entwicklung neuer Primärstrahlersysteme ist nunmehr auch der Aufbau von dualpolarisierten Antennen-Arrays, insbesondere mit einer Polarisationsausrichtung von +45° bzw. -45° gegenüber der Horizontalen bzw. Vertikalen ermöglicht worden.

[0004] Derartige Antennen-Arrays, gleich, ob sie grundsätzlich aus dualpolarisiert oder nur aus einfach polarisierten Strahler bestehen, können zur Bestimmung der Richtung des ankommenden Signals eingesetzt werden. Gleichzeitig kann jedoch durch entsprechende Abstimmung der Phasenlage der in die einzelnen Spalten eingespeisten Sendesignale auch die Abstrahlrichtung verändert werden, d.h. es erfolgt eine selektive Strahlformung.

[0005] Diese Ausrichtung der Antenne in unterschiedliche Horizontalrichtungen erfolgt beispielsweise mittels eines Strahlformungsnetzwerkes (beam-forming-network). Ein derartiges Strahlformungsnetzwerk kann beispielsweise aus einer sogenannten Butler-Matrix bestehen, die beispielsweise vier Eingänge und vier Ausgänge aufweist. Das Netzwerk erzeugt je nach beschaltetem Eingang eine andere, aber feste Phasenbeziehung zwischen den Strahlern in den einzelnen Dipolreihen. Ein derartiger Antennenaufbau mit einer Butler-Matrix ist beispielsweise aus der US-A-6,351,243 bekannt geworden.

[0006] Das aus dem vorstehend genannten US-Patent bekannte Antennen-Array weist beispielsweise vier in Vertikalrichtung verlaufende und in Horizontalrichtung nebeneinander liegende Spalten auf, in die jeweils vier Strahler oder Strahlereinrichtungen übereinander untergebracht sind. Die vier Eingänge für die jeweils in einer Spalte angeordneten Strahler (nachfolgend teilweise auch Spalten-Eingänge genannt) sind mit den vier Ausgängen einer vorgeschalteten Butler-Matrix verbunden. Die Butler-Matrix weist beispielsweise vier Eingänge auf. Dieses vorgeschaltete Strahlformungsnetzwerk in Form der Butler-Matrix erzeugt in üblicher Weise je nach beschaltetem Eingang, also je nach dem, an welchem der vier Eingänge das Anschlusskabel angeschlossen wird, eine andere aber feste Phasenbeziehung zwischen den Strahlern in den vier Spalten. Dadurch werden vier unterschiedliche Ausrichtungen der Hauptstrahlrichtung

und damit der Hauptkeule festgelegt. Mit anderen Worten kann also die Hauptstrahlrichtung in einer Horizontalebene in unterschiedlicher Winkellage eingestellt werden. Zudem kann natürlich grundsätzlich das Antennenarray auch mit einer Down-Tilt-Einrichtung versehen sein, um darüber hinaus den Absenkinkel der Hauptstrahlrichtung und damit der Hauptkeule zu verändern.

[0007] Grundsätzlich bestehen aber zwei wesentliche Probleme bei derartigen Antennenarrays unter Verwendung entsprechend vorgeschalteter Strahlformungsnetzwerke beispielsweise in Form einer Butler-Matrix. Zum einen ist eine Verstellung der Hauptstrahlrichtung in Azimutrichtung nur in den vorgegebenen Schritten möglich, die durch unterschiedliche Beschaltung entsprechend der Anzahl der Eingänge vorgegeben ist. Bei einer Butler-Matrix beispielsweise mit vier Ein- und vier Ausgängen können dadurch nur vier unterschiedliche Azimutwinkel an dem Antennenarray eingestellt werden.

[0008] Ferner besteht ein spezielles Problem beim Vorschalten einer Butler-Matrix zur Richtungsformung insoweit, als hier eine Kalibrierung recht kompliziert wird. Denn die Phasenlage ist nach der Butler-Matrix uneinheitlich. Zudem erhalten mehrere Primärstrahler der Antenne einen Teil des Signales, unabhängig welcher Eingang der Butler-Matrix geschaltet ist.

[0009] Aus der EP-A-0 877 444 ist eine gattungsbildende Kalibriereinrichtung für ein Antennenarray als bekannt zu entnehmen, wobei den Strahlern Eingänge zugeordnet sind, denen ein Strahlformungsnetzwerk vorgeschaltet ist. Die Ausgänge des Strahlformungsnetzwerkes sind jeweils mit einem zugeordneten Eingang des Antennenarrays verbunden, worüber die in einer Spalte vorgesehenen Strahler gespeist werden. In dem Strahlformungsnetzwerk werden je nach beschaltetem Eingang zur Erzielung einer unterschiedlichen Strahlrichtung in Azimutrichtung eine andere Phasenbeziehung zwischen den in den einzelnen Spalten angeordneten Strahlern erzeugt, wobei zumindest zwei Eingänge über ein gemeinsames oder über separate Speisekabel gespeist sind. Die Kalibriereinrichtung umfasst ferner Sonden, die im Nachfeld der Strahler angeordnet sind, ebenso wie eine Abgleicheinrichtung, die den Ausgängen des Strahlformungsnetzwerkes zugeordnet ist und mittels derer die Phasenlage für den eingehenden Strahlungslimit zuführbarer Signale einstell- und/oder veränderbar ist.

[0010] Schließlich ist auch aus der WO-A-0 156 186 ein Antennenarray mit einem Strahlformungsnetzwerk (Butler-Matrix) und einer Abgleicheinrichtung als bekannt zu entnehmen, die den Eingängen des Strahlformungsnetzwerkes vorgeordnet ist. Die Abgleicheinrichtung ist noch nicht Teil einer Kalibriereinrichtung, sondern wird vielmehr durch eine adaptive Steuerung zur zusätzlichen Strahlformung benutzt.

[0011] Demgegenüber ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Kalibriervorrichtung für ein umschaltbares Antennen-Array zu schaffen, insbesondere für ein Antennen-Array mit vorgeschaltetem Strahlformungs-

netzwerk beispielsweise in Form einer Butler-Matrix, derart, dass durch die verbesserte Kalibrierung das Antennen-Array in Azimutrichtung problemlos mit einer noch größeren Anzahl von unterschiedlichen Winkeln bezüglich der Strahlrichtung eingestellt werden kann. Aufgabe der Erfindung ist es ferner, ein entsprechendes Betriebsverfahren zum Betrieb eines entsprechendes Antennen-Arrays zu schaffen.

[0012] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß bezüglich der Kalibriervorrichtung entsprechend den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0013] Es muss als ausgesprochen überraschend bezeichnet werden, dass mit einem an sich vorbekannten Strahlformungsnetzwerk beispielsweise in Form einer Butler-Matrix es erfindungsgemäß nunmehr möglich geworden ist, unabhängig von den beispielsweise vorgegebenen vier unterschiedlichen Eingängen (über die die Antenne in vier unterschiedlichen Abstrahlwinkeln in Azimutrichtung eingestellt werden kann) das Antennenarray in Azimutrichtung zusätzlich noch in weiteren Winkelaustrichtungen einzustellen. Erfindungsgemäß ist dies dadurch möglich, dass zumindest ein Eingang des Strahlformungsnetzwerkes beispielsweise in Form der Butler-Matrix, vorzugsweise aber zumindest zwei Eingänge dieses Netzwerkes in entsprechend abgeglichenen und kalibrierter Phasenlage angespeist werden, worüber es erfindungsgemäß möglich ist, dass beispielsweise Zwischenkeulen erzeugt werden. Es lassen sich also somit Abstrahlrichtungen des Antennenarrays in zusätzlichen Zwischenwinkeln gegenüber den vorgegebenen Hauptwinkeln einstellen.

[0014] Erfindungsgemäß ist dies aber nur dann möglich, wenn zuvor ein Phasenabgleich für die über die Butler-Matrix angespeisten Strahler durchgeführt wurde, damit sich die einzelnen Keulen bei der Beschaltung beispielsweise zweier Eingänge phasenrichtig addieren. Mit anderen Worten ist erfindungsgemäß eine Kalibrierung der Zuleitungen zu den Antennen vorgesehen, um somit zu gewährleisten, dass an den Ausgängen des Strahlformungsnetzwerkes z.B. in Form der Butler-Matrix die dort anstehenden Signale phasengleich sind.

[0015] Bevorzugt wird dies dadurch realisiert, dass zumindest bezüglich der in einigen Spalten des Antennenarrays angeordneten Strahlern die Phasen vor den Eingängen des Strahlformungsnetzwerkes z.B. in Form der Butler-Matrix, so verschoben werden kann, dass die angespeisten Strahler bei gleichzeitiger Beschaltung mehrerer Eingänge zur Erzielung einer gewünschten Verschwenkung der Keule entsprechend angesteuert werden.

[0016] Bei einem 4 x 4 Antennen-Array mit vier Spalten und jeweils vier Strahlern oder Strahlergruppen werden bevorzugt die Phasenlagen aller Strahler gleichzeitig entsprechend verschoben.

[0017] Bevorzugt kann die Kalibrierung der Phasenlage durch Phasenstellglieder durchgeführt werden, die

den entsprechenden Eingängen der Butler-Matrix vorgeschockt sind. Alternativ kann dies auch durch Verwendung vorgeschockter Zusatzleitungen zur Butler-Matrix durchgeführt werden, die in geeigneter Länge gewählt werden müssen, um den gewünschten Phasenabgleich zu realisieren.

[0018] Ferner hat es sich als günstig erwiesen, bereits auf dem Antennen-Array selbst entsprechende Sonden zu platzieren, über die entsprechende Kalibriersignale aufgefangen werden können, um mittels eines Kalibriernetzwerkes den Phasenabgleich vorzunehmen.

[0019] Schließlich lässt sich eine weitere Verbesserung auch dadurch erzielen, dass das Kombinationsnetzwerk verlustbehaftete Komponenten beinhaltet. Denn diese Komponenten tragen zu einer Verringerung von Resonanzen bei.

[0020] Die Phasenlage der Transmission vom Eingang der einzelnen Spalten bzw. der Antenneneingänge ist zwar bevorzugt gleich groß, wobei jedoch in der Praxis die Phasenlage (oder die Gruppenlaufzeit) zur idealen Phasenlage mehr oder weniger starke Toleranzbedingte Abweichungen aufweist. Die ideale Phasenlage ist dadurch gegeben, dass die Phase für alle Pfade identisch ist, und zwar auch bezüglich der Strahlformung. Die mehr oder weniger stark toleranzbedingten Abweichungen ergeben sich additiv als Offset oder auch frequenzabhängig durch unterschiedliche Frequenzgänge. Erfindungsgemäß wird hier vorgeschlagen, die Abweichungen über alle Übertragungspfade vorzugsweise auf der Strecke vom Eingang Antennen-Array oder Strahlformungsnetzwerk bis zum Sondenausgang oder Eingang bis Sondenausgängen und bevorzugt über den gesamten Betriebsfrequenzbereich vermessen (beispielsweise bei der Produktion der Antenne). Im Falle der Verwendung von Koppeleinrichtungen werden die Übertragungspfade bevorzugt auf der Strecke vom Eingang Antennen-Array oder Strahlformungsnetzwerk bis Koppelausgang oder Koppelausgängen vermessen. Diese ermittelten Daten können dann in einem Datensatz gespeichert werden. Diese

in geeigneter Form, eben beispielsweise in einem Datensatz gespeicherten Daten können dann einer Sendeeinrichtung bzw. der Basisstation zur Verfügung gestellt werden, um dann zur elektronischen Erzeugung der Phasenlage der einzelnen Signale berücksichtigt zu werden. Als besonders vorteilhaft erweist sich, beispielsweise diese Daten oder den erwähnten Datensatz mit den entsprechenden Daten einer Seriennummer der Antenne zuzuordnen.

[0021] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dabei zeigen im Einzelnen:

Figur 1 : eine schematische Draufsicht auf ein erfindungsgemäßes Antennen-Array mit eingezeichneten Sonden für eine Kalibriereinrichtung;

Figur 2 : eine schematische auszugsweise Vertikal-

- Querschnittsdarstellung längs einer Vertikalebene durch eine Spalte des in Figur 1 gezeigten Antennen-Arrays;
- Figur 3 : eine Darstellung von vier typischen Horizontaldiagrammen, die durch eine Gruppenantenne mit Hilfe einer Butler-Matrix erzeugt werden;
- Figur 4 : ein Diagramm zur Erläuterung der Phasenbeziehung zwischen den Strahlern in den einzelnen Spalten vor Durchführung einer Kalibrierung;
- Figur 5 : eine zu Figur 4 entsprechende Darstellung nach Durchführung der Kalibrierung;
- Figur 6 : eine zu Figur 3 entsprechende Darstellung von typischen Horizontaldiagrammen des Antennenarrays, woraus ersichtlich ist, dass erfundungsgemäß weitere Zwischenkeulen erzeugbar sind;
- Figur 7 : eine Kalibriereinrichtung mit einem Kombinationsnetzwerk unter Verwendung von Koppeleinrichtungen;
- Figur 8 : eine auf Figur 7 aufbauende erweiterte Kalibriereinrichtung für eine Antenne mit zwei Polarisationen, die beispielsweise in +45° und -45° gegenüber der Horizontalen ausgerichtet sind; und
- Figur 9 : eine zu Figur 7 entsprechende Darstellung einer Kalibriereinrichtung, allerdings nicht unter Verwendung von Koppeleinrichtungen, sondern von Sonden (die an einem Antennenarray von Hause aus eingebaut sein können).
- [0022]** In Figur 1 ist in schematischer Draufsicht ein Antennen-Array 1 gezeigt, welches beispielsweise eine Vielzahl von dualpolarisierten Strahlern oder Strahlerlementen 3 umfasst, die vor einem Reflektor 5 angeordnet sind. An den vertikalen Längsseiten kann am Reflektor 5 beispielsweise eine zum Reflektor gehörende Randbegrenzung 5' vorgesehen sein, die winkelig bis rechtwinkelig gegenüber der Ebene des Reflektorbleches aufgestellt ist. Häufig sind diese Reflektor-Randbegrenzungen 5' leicht schräg nach außen in Abstrahlrichtung aufgestellt.
- [0023]** Im gezeigten Ausführungsbeispiel zeigt das Antennen-Array vier Spalten 7, die vertikal angeordnet sind, wobei in jeder Spalte im gezeigten Ausführungsbeispiel vier Strahler oder Strahlergruppen 3 übereinander angeordnet sind.
- [0024]** Insgesamt sind bei dem Antennen-Array gemäß Figur 1 und 2 vier Spalten 7 vorgesehen, in denen jeweils die vier Strahler oder Strahlergruppen 3 in Vertikalarichtung übereinander positioniert sind. Die einzelnen Strahler oder Strahlergruppen 3 müssen in den einzelnen Spalten nicht zwingend in gleicher Höhe angeordnet sein. Bevorzugt können beispielsweise die Strahler oder Strahlergruppen 3 in jeweils zwei benachbarten Spalten 7 um den halben Vertikalabstand zwischen zwei benachbarten Strahlern versetzt zueinander angeordnet sein. Dazu abweichend ist in der schematischen Draufsicht in Figur 1 eine Darstellung wiedergegeben, in der die Strahler oder Strahlergruppen 3 in benachbarten Spalten jeweils auf gleicher Höhenlinie zu liegen kommen.
- [0025]** Im Falle einer in Figur 1 und 2 angedeuteten dualpolarisierten Antenne können die Strahler 3 beispielsweise aus kreuzförmigen Dipolstrahlern oder aus Dipolquadrate bestehen. Besonders eignen sich dualpolarisierte Dipolstrahler 3', wie sie beispielsweise aus der WO 00/39894 bekannt sind. Es wird auf den Offenbarungsgehalt dieser Vorveröffentlichung in vollem Umfang Bezug genommen und zum Inhalt dieser Anmeldung gemacht.
- [0026]** Schließlich ist in Figur 1 auch ein Strahlformungsnetzwerk 17 vorgesehen, welches beispielsweise vier Eingänge 19 und vier Ausgänge 21 aufweist. Die vier Ausgänge des Strahlformungsnetzwerkes 17 sind mit den vier Eingängen 15 des Antennen-Arrays verbunden. Die Zahl der Ausgänge N kann von der Zahl der Eingänge n abweichen, d.h. insbesondere kann die Zahl der Ausgänge N größer sein als die Zahl der Eingänge n. Bei einem derartigen Strahlformungsnetzwerk 17 wird dann beispielsweise ein Speisekabel 23 an einem der Eingänge 19 angeschlossen, worüber alle Ausgänge 21 entsprechend gespeist werden. So kann beispielsweise, wenn das Speisekabel 23 am ersten Eingang 19.1 des Strahlformungsnetzwerkes 17 angeschlossen wird, eine horizontale Strahlerausrichtung 16.1 mit beispielsweise -45° nach links bewirkt werden, wie dies aus dem schematischen Diagramm gemäß Figur 3 zu ersehen ist. Wird beispielsweise das Speisekabel 23 am rechten Anschluss 19.4 angeschlossen, so wird eine entsprechende Ausrichtung 16.4 der Hauptkeule 16 des Strahlungsfeldes des Antennen-Arrays in einen Winkel von +45° nach rechts bewirkt. Entsprechend kann, wenn das Speisekabel 23 am Anschluss 19.2 bzw. am Anschluss 19.3 angeschlossen wird, das Antennen-Array so betrieben werden, dass beispielsweise eine Verschwenkung 16.2, 16.3 um 15° nach links oder nach rechts gegenüber der vertikalen Symmetrieebene des Antennen-Arrays bewirkt werden kann, also in unterschiedlicher Azimutrichtung.
- [0027]** Von daher ist es bei einem derartigen Strahlformungsnetzwerk 17 üblich, für unterschiedliche Azimut-Winkelaustrichtungen der Hauptkeule 16 des Antennen-Arrays eine entsprechende Anzahl von Eingängen vorzusehen, wobei die Zahl der Ausgänge in der Regel der Anzahl der Spalten des Antennen-Arrays entspricht. Dabei ist jeder Eingang mit einer Vielzahl von Ausgängen, in der Regel jeder Eingang mit allen Ausgängen des

Strahlformungsnetzwerkes 17 verbunden.

[0028] Bei dem Strahlformungsnetzwerk 17 kann es sich beispielsweise um eine bekannte Butler-Matrix 17' handeln, deren vier Eingänge 19.1, 19.2, 19.3 und 19.4 jeweils mit allen Ausgängen 21.1, 21.2, 21.3 und 21.4 verbunden sind, worüber über Leitungen 35 die Strahler 3 gespeist werden.

[0029] Sollte jedoch bei einem Strahlformungsnetzwerk 17 beispielsweise in Form einer Butler-Matrix 17', die grundsätzlich die unterschiedlichen Einstellungen der Hauptstrahlrichtung 16 gemäß Figur 3 ermöglicht, gewünscht werden, dass die Hauptstrahlrichtung noch hin zu anderen Azimut-Winkellagen verstellbar sein soll, so ist dies grundsätzlich nicht realisierbar. Denn durch die Verbindung des Speisekabels 23 mit einem der Eingänge 19.1 bis 19.4 kann jeweils nur eine Ausrichtung der Hauptstrahlrichtung entsprechend Figur 3 realisiert werden.

[0030] Um aber gleichwohl noch Zwischen-Hauptkeulen 16 bzw. Zwischen-Lagen oder andere Winkeleinstellungen in Ergänzung zu dem Diagramm gemäß Figur 3 zu ermöglichen, ist es nunmehr notwendig, das Speisekabel 23 über eine Verzweigungs- oder Summierstelle 26 nicht nur mit einem Eingang, sondern zumindest zwei Eingängen oder mehreren der Eingänge 19.1 bis 19.4 zu verbinden.

[0031] Dies allein würde jedoch zu keinem brauchbaren Ergebnis führen. Es hat sich nämlich gezeigt, dass eine entsprechende Erzeugung von weiteren Zwischen-Keulen in den "Lücken" in dem Diagramm nach Figur 3 nur dann möglich ist, wenn zunächst ein entsprechender Phasenabgleich vor der Butler-Matrix, d.h. vor dem Strahlformungsnetzwerk 17 durchgeführt wird, damit die einzelnen Keulen richtig addiert werden können.

[0032] Dazu muss zunächst eine Kalibrierung der Butler-Matrix und des zugeschalteten Antennen-Arrays durchgeführt werden. Dies erfordert zunächst den Phasenverlauf an den Ausgängen 21.1 bis 21.4 des Strahlformungsnetzwerkes 17 vorzugsweise in der Form der Butler-Matrix 17' durchzumessen, und zwar in Abhängigkeit einer Zuführung des Speisesignals einmal über den Eingang 19.1, 19.2, 19.3 bzw. 19.4 der Butler-Matrix 17'. Je nach beschaltetem Eingang 19.1 bis 19.4 erzeugt das Strahlformungsnetzwerk 17 in Form der Butler-Matrix 17' wegen der verschiedenen Phasenbelegung der Dipole bzw. Dipolreihen, also der Strahler 3, 3', verschiedene Strahlungsdiagramme. Z.B. werden bei vertikaler Anordnung von Strahlern 3, 3' in den vier Spalten 7 vier verschiedene Horizontaldiagramme erzeugt. Die Phasenbeziehungen der Strahler in den einzelnen Spalten ergibt das Diagramm gemäß Figur 4.

[0033] In dem Diagramm gemäß Figur 4 sind unten mit den römischen Zahlen I bis IV die vier Ausgänge 21.1 bis 21.4 wiedergegeben. Auf der Y-Achse sind jeweils die relativen Phasenbeziehungen bzw. Phasenunterschiede (z.B. in Grad) festgehalten. Es ergeben sich danach die aus dem Diagramm gemäß Figur 4 wiedergegebenen Messkurven in Form von vier Geraden.

[0034] Bei den beispielsweise erläuterten dualpolarierten Antennen unter Verwendung von dualpolarisierten Strahlern 3' kann beispielsweise ein Phasensprung von zum Beispiel 180° zwischen den Primärstrahlern 3, 3' der verschiedenen Polarisationen auftreten.

[0035] Um nunmehr einen Phasenabgleich für alle Eingänge 19.1 bis 19.4 des Strahlformungsnetzwerkes 17 beispielsweise in Form der Butler-Matrix 17' durchzuführen, müssen die in Figur 4 wiedergegebenen Messkurven (Geraden) entsprechend der Pfeildarstellung 28 so in ihrer Lage verändert werden, dass sich die beiden oberen Messkurven in Form von Geraden 30 und 32 mit den beiden in Figur 4 tiefer liegenden und steiler verlaufenden Messkurven 34 und 36 in einem gemeinsamen Schnittpunkt X schneiden, wie dies in Figur 5 wiedergegeben ist.

[0036] Mit anderen Worten muss also nunmehr z. B. durch geeignete Phasenstellglieder im gezeigten Ausführungsbeispiel entweder bezüglich der Eingänge 19.1 und 19.4 oder bezüglich der Eingänge 19.2 und 19.3 eine entsprechende Phaseneinstellung vorgenommen werden, um einen gemeinsamen Schnittpunkt gemäß Figur 5 zu erhalten. Dies kann beispielsweise entsprechend der Darstellung nach Figur 1 durch Phasenstellglieder 37 erfolgen, die den Eingängen 19.1 bis 19.4 der Butler-Matrix 17' vorgeschaltet sind, so dass sich Eingänge A bis D für die Gesamtschaltung ergeben. Anstelle der in Figur 1 eingezeichneten Phasenstellglieder 37 können an den einzelnen Eingängen 19.1 bis 19.4 entsprechende zusätzliche Kabellängen vorgeschaltet werden, die in ihrer Länge so bemessen sind, dass die gewünschte Phasenverschiebung bewirkt wird.

[0037] Nach Durchführung eines derartigen Phasenabgleiches können nunmehr Zwischen-Keulen 116 erzeugt werden, wie dies anhand des Diagramms nach Figur 6 beispielsweise für den Fall gezeigt ist, dass der Eingang 19.1 und 19.2 oder 19.2 und 19.3 bzw. 19.3 und 19.4 zusammengeschaltet sind. Bevorzugt werden alle Eingänge mit gleicher Leistung versorgt.

[0038] Die oben erläuterte gewünschte Kalibrierung kann nunmehr durch eine erfindungsgemäße Anordnung mit einer sehr geringen Anzahl von Sonden oder Koppeleinrichtungen durchgeführt werden. Im Stand der Technik werden derartige Kalibriereinrichtungen am Eingang des Strahlformungsnetzwerkes platziert. Dem gegenüber wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen, die Auskopplung direkt an den einzelnen Spalten vorzunehmen. Dies bietet eine bessere Genauigkeit, da hierbei die Toleranzen der Butler-Matrix bereits herauskalibriert werden, jedoch auch eine Einsparung an der Anzahl der erforderlichen Koppeleinrichtungen möglich ist.

[0039] Figur 7 zeigt nunmehr die Vorrichtung zum Phasenabgleich der Zuleitungen, also zur Durchführung einer Phasenkalibrierung. Mit den Phasenstellgliedern von der Butler-Matrix 17' wird der erwähnte Phasenabgleich für die Zwischen-Keulen 116 durchgeführt, damit diese durch Kombinationen der Eingänge A und B, B und C

oder C und D sinnvoll und ohne weiteren Maßnahmen an den Antennenzuleitungen genutzt werden können.

[0040] An den Ausgängen 21.1 und 21.4 (oder 21.2 und 21.3) werden nun zwei möglichst identische Koppler 111 vorgesehen, die jeweils einen kleinen Teil der jeweiligen Signale auskoppeln. In einem Kombinationsnetzwerk 27 (es handelt sich dabei um einen "Combiner", der in der Zeichnung auch abgekürzt ist als "Comb.") werden die ausgekoppelten Signale addiert. Das Ergebnis der Auskopplung der Signale und der Addition kann über einen zusätzlichen Anschluss S am Kombinationsnetzwerk 27 gemessen werden.

[0041] Zum Phasenabgleich der Zuleitungen zur Butler-Matrix 17' wird nun z.B. auf die Zuleitung für den Eingang A ein geeignetes Kalibriersignal, d.h. ein bekanntes Signal gegeben und am Ausgang S des Kombinationsnetzwerkes (Comb) die absolute Phase gemessen. Nun kann man dies auch für die Zuleitungen zu den Eingängen B, C und D tun.

[0042] Falls alle Zuleitungen zu den Eingängen A bis D (elektrisch) exakt gleich lang sind (und auch sonst als identisch angesehen werden können), ergibt sich am Ausgang des Kombinationsnetzwerkes jeweils die gleiche absolute Phase, d.h., es ergibt sich kein Phasenunterschied am Ausgang S bei wechselnder Beschaltung der Eingänge A bis D.

[0043] Der Umstand, dass bei identischen Zuleitungen zu den Anschlüssen A bis D der gleiche Phasenwert angezeigt wird, wird durch den Phasenabgleich für die Zwischen-Keulen 116 am Eingang ermöglicht, denn durch diese Maßnahme ergibt die Summe der Phasen an den Ausgängen 21.1 und 21.4 bzw. 21.2 und 21.3 (also an den Ausgängen, an denen die Koppler sitzen) bezogen auf die Eingänge A bis D immer genau den doppelten Wert des Schnittpunktes X der vier Geraden, wie dies in Figur 5 angedeutet ist.

[0044] Aus der Darstellung gemäß Figur 7 ist also zu ersehen, dass die Koppler 111 bevorzugt zwischen dem jeweiligen Ausgang 21 und dem jeweiligen Eingang 15 der zugeordneten Spalte 7 des Antennen-Arrays zugeschaltet sind. Grundsätzlich müssen die Koppler also zwischen dem in der Butler-Matrix 17' integriert untergebrachten Netzwerk und zumindest einem Strahler 3, 3' in einer zugeordneten Spalte 7 des Antennen-Arrays zugeschaltet werden.

[0045] Gemäß Figur 8 ist gezeigt, wie man für eine Antenne mit zwei Polarisationen, z.B. +45° und -45° das Netzwerk zum Phasenabgleich der Zuleitungen kombinieren kann. Eine solche Kombination ist dann sinnvoll, wenn z.B. die Butler-Matrix zusammen mit den Kopplern und Kombinationsnetzwerken auf einer Platine realisiert werden können, da dadurch weitgehend identische Einheiten (jeweils Koppler und Kombinationsnetzwerke) hergestellt werden können.

[0046] Die Erweiterung gegenüber der Darstellung nach Figur 7 erfolgt dadurch, dass die beiden Ausgänge des jeweiligen Kombinationsnetzwerkes 27 und 27', beispielsweise in Form eines Combiners (Comb), mit den

Eingängen eines nachgeschalteten zweiten Kombinationsnetzwerkes 27" ebenfalls in Form eines Combiners (Comb) zusammengefasst und an den gemeinsamen Ausgang S gelegt werden. Das Kombinationsnetzwerk

5 27 dient also zur Bestimmung der Phasenlage an einem Strahlerelement bezüglich der einen Polarisation, wobei das Kombinationsnetzwerk 27' zur Bestimmung der Phasenlage an einem betreffenden Strahler für die andere Polarisation verwendet wird.

10 **[0047]** Nur der Vollständigkeit halber wird auch erwähnt, dass es grundsätzlich möglich wäre, die Phasenstellglieder am Eingang des Strahlformungsnetzwerkes 17, also beispielsweise der Butler-Matrix 17' so einzustellen, dass man mit einem einzigen Koppler am Ausgang jeweils einer Matrix auskommt und trotzdem immer die gleiche Phase unabhängig vom Eingang A bis D misst. Auch hier können die Phasenstellglieder aus grundsätzlich vorschaltbaren Leitungsabschnitten bestehen, um die Phasenlage zu verändern.

15 20 **[0048]** Ebenso ist natürlich möglich, jeweils einen Koppler 111 beispielsweise in Form eines Richtkopplers an allen vier Leitungen 35 anzuordnen, um noch mehr Messstellen zur Erzielung der in den Diagrammen gemäß Figuren 4 und 5 wiedergegebenen Geraden zu erhalten.

25 **[0049]** Anstelle der erwähnten Koppler 111 können aber auch Sonden 11 eingesetzt werden, die z.B. stiftförmig gestaltet sind und sich bevorzugt rechtwinkelig von der Ebene des Reflektorbleches 5 erheben und dabei einem bestimmten Strahler 3 zugeordnet sind. Die Sonden 11 können bevorzugt aus kapazitiven Koppel-Stiften bestehen. Sie können aber auch aus induktiv arbeitenden Koppel-Schlaufen gebildet sein. In beiden Fällen ragen die Sonden 11 aus dem Reflektor in das Nahfeld der Strahler. Die erwähnten Sonden 11 können auch für dualpolarisierte Strahler 3' verwendet werden, da hierüber beide Polarisationen gemessen werden können. In Figur 1 ist beispielsweise für die linke und die rechte Spalte jeweils der zu unterst liegenden Strahler

30 35 40 45 50 55 3, 3' eine derartige, in Draufsicht gezeigte Sonde 11 und 11b zugeordnet. Diese Sonde wird dann anstelle der in den Figuren 7 und 8 gezeigten Richtkopplern 11 verwendet, um das hierüber gemessene Signal in einem Kombinationsnetzwerk 27 bzw. bei einer dualpolarisierten Antenne in einem Kombinationsnetzwerk 27' und 27" auszuwerten. In Figur 9 ist ein Kombinationsnetzwerk 27 gezeigt, welches mit zwei Sonden 11, d.h. 11a und 11b arbeitet.

[0050] Grundsätzlich können natürlich auch hier wiederum vier Sonden, also genau so viel Sonden wie Spalten vorgesehen sind, verwendet werden. Grundsätzlich ist auch die Verwendung lediglich einer einzigen Sonde denkbar, um dadurch die fest vorgegebene Phasenbeziehung der Strahler in den einzelnen Spalten festzulegen.

[0051] Die -Kombinationsnetzwerke sind für einfach polarisierte Antennen geeignet. Sie sind grundsätzlich auch für ein dualpolarisiertes Antennen-Array geeignet.

Hier eignet sich insbesondere die Verwendung von Sonden 11, da eine einzige Sonde ausreicht, einer dualpolarisierten Strahleranordnung 3, 3' zugeordnet zu werden, da über diese eine Sonde letztlich die gewünschten Teilsignale in beiden Polarisationen empfangen werden können. Im Falle einer Koppeleinrichtung müsste dann für jede Polarisation eine Koppeleinrichtung verwendet werden, d.h., dass beim dualpolarisierten Antennen-Array anstelle einer Sonde dann ein Paar von Koppeleinrichtung notwendig werden würde.

Patentansprüche

1. Kalibriervorrichtung für ein Antennen-Array, welches zumindest ein Antennen-Array (1) mit zumindest zwei vertikalen Spalten (7) mit jeweils mehreren übereinander angeordneten Strahlern (3, 3') umfasst, wobei den mehreren Spalten (7), in denen die jeweils mehreren Strahler (3, 3') angeordnet sind, Eingänge (15) zugeordnet sind, denen ein Strahlformungsnetzwerk (17) vorgeschaltet ist, dessen Ausgänge (21) jeweils mit einem zugeordneten Eingang (15) des Antennen-Arrays verbunden ist, worüber die in einer Spalte (7) vorgesehenen Strahler (3, 3') angespeist werden, wobei das Strahlformungsnetzwerk (17) je nach beschaltetem Eingang (19.1 bis 19.4) zur Erzielung einer unterschiedlichen Strahlrichtung in Azimutrichtung eine andere Phasenbeziehung zwischen den in den einzelnen Spalten (7) angeordneten Strahlern (3, 3') erzeugt, und dabei zumindest zwei Eingänge (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) über ein gemeinsames Speisekabel (23) oder über separate Speisekabel (23) angespeist sind, **gekennzeichnet durch** die folgenden weiteren Merkmale:
 - die Kalibriereinrichtung umfasst ferner zumindest eine Sonde (11), die im Nahfeld der Strahler (3, 3') angeordnet ist, und/oder zumindest eine Koppeleinrichtung (111), die dem Strahlformungsnetzwerk (17) nachgeordnet ist,
 - die Kalibriervorrichtung umfasst nur für einen Teil der Spalten (7) zumindest eine Sonde (11) oder zumindest eine Koppeleinrichtung (111) oder zumindest ein Paar von Koppeleinrichtungen (111),
 - die Kalibriervorrichtung umfasst ferner eine Abgleicheinrichtung, die den Eingängen (19) des Strahlformungsnetzwerkes (17; 17') vorgeordnet ist, mittels der die Phasenlage der den Eingängen (19) des Strahlformungsnetzwerkes (17; 17') zugeführten Signale in Abhängigkeit von den Ausgangssignalen der zumindest einen Sonde (11) bzw. der zumindest einen Koppelteinrichtung (111) vorgewählt wird, und
 - mittels der so gebildeten Abgleicheinrichtung ist die Phasenlage an den Eingängen des
2. Kalibriervorrichtung für ein umschaltbares Antennen-Array nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zur Kalibriervorrichtung gehörende Abgleicheinrichtung Phasenstellglieder (37) umfasst, die dem Strahlformungsnetzwerk (17; 17') vorgeschaltet sind.
3. Kalibriervorrichtung für ein umschaltbares Antennen-Array nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzliche Leitungen in vorbestimmter Länge einzeln ausgewählten Eingängen (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) vor dem Strahlformungsnetzwerk (17) vorgeschaltet bzw. an diesen Eingängen (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) angeschlossen sind.
4. Kalibriervorrichtung für ein umschaltbares Antennen-Array nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sonden (11) und/oder die Koppeleinrichtung (111) an einem Kalibriernetzwerk (27, 27', 27") angeschlossen sind.
5. Kalibriervorrichtung für ein umschaltbares Antennen-Array nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine Spalte (7), eine Sonde (11) und vorzugsweise zumindest zwei Spalten (7) jeweils zumindest eine Sonde (11) umfassen, die jeweils einem Strahler (3, 3') zugeordnet ist bzw. sind, worüber in der Kalibrierphase ein Teilsignal (Nahfeld-Signale) dem Kalibriernetzwerk (27, 27', 27") zugeführt wird, worüber der Phasenabgleich festgelegt ist.
6. Kalibriervorrichtung für ein umschaltbares Antennen-Array nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest einem Strahler (3, 3') einer Spalte (7) zumindest eine Koppeleinrichtung (111) oder zumindest je einem Strahler (3, 3') zweier Spalten (7) zumindest je eine Koppeleinrichtung (111) zugeordnet ist, worüber in der Kalibrierphase ein Teilsignal (ein ausgekoppeltes Signal) dem Kalibriernetzwerk (27, 27', 27") zugeführt wird, worüber der Phasenabgleich festgelegt ist.
7. Kalibriervorrichtung für ein umschaltbares Antennen-Array nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Koppeleinrichtung (111) vorzugsweise zwischen dem jeweiligen Ausgang (21) des Strahlformungsnetzwerkes (17, 17') und dem zugeordneten Eingang (15) des Antennen-Arrays (1) zugeordnet ist.

Strahlformungsnetzwerkes (17; 17') so vorwähl- oder veränderbar, dass mittels des Antennen-Arrays (1) neben mittig zwischen zwei Hauptkeulen liegenden Zwischen-Keulen wahlweise auch in unterschiedliche Azimutstrahlrichtungen ausgerichtete Keulen erzeugt werden.

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55

Strahlformungsnetzwerkes (17; 17') so vorwähl- oder veränderbar, dass mittels des Antennen-Arrays (1) neben mittig zwischen zwei Hauptkeulen liegenden Zwischen-Keulen wahlweise auch in unterschiedliche Azimutstrahlrichtungen ausgerichtete Keulen erzeugt werden.

20
25
30
35
40
45
50
55

Strahlformungsnetzwerkes (17; 17') so vorwähl- oder veränderbar, dass mittels des Antennen-Arrays (1) neben mittig zwischen zwei Hauptkeulen liegenden Zwischen-Keulen wahlweise auch in unterschiedliche Azimutstrahlrichtungen ausgerichtete Keulen erzeugt werden.

20
25
30
35
40
45
50
55

Strahlformungsnetzwerkes (17; 17') so vorwähl- oder veränderbar, dass mittels des Antennen-Arrays (1) neben mittig zwischen zwei Hauptkeulen liegenden Zwischen-Keulen wahlweise auch in unterschiedliche Azimutstrahlrichtungen ausgerichtete Keulen erzeugt werden.

20
25
30
35
40
45
50
55

8. Kalibriervorrichtung für ein umschaltbares Antennen-Array nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sonde (11) oder die Sonden (11) aus kapazitiven Sonden oder einer induktiv arbeitenden Sonde (11) in Form einer kleinen Induktionsschleife besteht.
9. Kalibriervorrichtung für ein umschaltbares Antennen-Array nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Falle eines dualpolarisierten Antennen-Arrays zumindest eine Spalte (7), vorzugsweise zumindest zwei Spalten (7) zumindest jeweils mit einem Paar von Koppeleinrichtungen (111) versehen ist, nämlich jeweils einer Koppeleinrichtung (111) für eine Polarisation.
10. Kalibriervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem dualpolarisierten Antennen-Array die eine oder die mehreren vorgesehenen Sonden (11) jeweils zum Empfang eines Signals für beide Polarisationen geeignet sind.
11. Kalibriervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** pro Spalte (7) nur für einen Strahler (3, 3') eine Sonde (11) oder eine Koppeleinrichtung (111) oder ein Paar von Koppeleinrichtungen (111) vorgesehen ist bzw. sind.
12. Kalibriervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine Sonde (11) bzw. die mehreren Sonden (11) bezüglich den ihnen zugeordneten Strahlern (3, 3') auf einer durch die Strahler (3, 3') hindurchverlaufenden vertikalen Symmetrieebene liegen.
13. Kalibriervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem Antennen-Array mit vier Spalten (7) zumindest zwei Sonden (11) vorgesehen sind, die im Nahfeld jeweils eines Strahlers (3, 3') angeordnet sind, der in den beiden außenliegenden Spalten (7) oder in den beiden innenliegenden Spalten (7) des Antennen-Arrays angeordnet ist.
14. Kalibriervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem Antennen-Array mit vier Spalten zumindest zwei Koppeleinrichtungen (111) oder zwei Paare von Koppeleinrichtungen (111) oder zwei Paare von Koppel-einrichtungen (111) vorgesehen sind, die jeweils einem Strahler (3, 3') zugeordnet sind, die in den beiden außenliegenden oder in den beiden innenliegenden Spalten (7) des Antennen-Arrays angeordnet sind.
15. Kalibriervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sonden (11) auf gleicher Höhenlinie angeordnet sind.
16. Kalibriervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils für zwei benachbarte Spalten (7) eines Antennen-Arrays eine Sonde (11; 11c, 11d) vorgesehen ist, die vorzugsweise die gleiche Koppeldämpfung aufweist.

10 Claims

1. Calibration apparatus for an antenna array, which has at least one antenna array (1) with at least two vertical columns (7) which each have a plurality of antenna elements (3, 3') which are arranged one above the other with inputs (15), upstream of which a beamforming network (17) is connected being associated with the plurality of columns (7) in which the plurality of antenna elements (3, 3') are in each case arranged, with the outputs (21) of this beamforming network (17) each being connected to an associated input (15) of the antenna array (1) via which the antenna elements (3, 3') which are provided in one column (7) are fed, and with the beamforming network (17) producing a different phase relationship between the antenna elements (3, 3') which are arranged in the individual columns (7), depending on which input (19.1 to 19.4) is connected, in order to achieve a different beam direction in the azimuth direction, and in this case at least two inputs (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) are fed via a common feed cable (23) or via separate feed cables (23), **characterized by** the following further features:

- the calibration device furthermore has at least one probe (11) which is arranged in the near field of the antenna elements (3, 3') and/or at least one coupling device (111), which is connected downstream from the beamforming network (17),
- the calibration apparatus has at least one probe (11) or at least one coupling device (111) or at least one pair of coupling devices (111) for only some of the columns (7),
- the calibration apparatus furthermore has a matching device, which is arranged upstream of the inputs (19) of the beamforming network (17, 17') and by means of which the phase angle of the signals which are supplied to the inputs (19) of the beamforming network (17; 17') is preselected as a function of the output signals from the at least one probe (11) or from the at least one coupling device (111) and
- the phase angle of the inputs of the beamforming network (17; 17') can be preselected or varied by means of the matching device formed in this way such that lobes which are aligned in different azimuth beam directions are also pro-

- duced selectively, by means of the antenna array (1), in addition to intermediate lobes which are located between two main lobes.
2. Calibration apparatus for a switchable antenna array according to Claim 1, **characterized in that** the matching device which forms part of the calibration apparatus has phase control elements (37) which are connected upstream of the beamforming network (17; 17').
3. Calibration apparatus for a switchable antenna array according to Claim 1, **characterized in that** additional lines of a predetermined length are connected upstream of individually selected inputs (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) upstream of the beamforming network (17), or are connected to these inputs (19.1, 19.2, 19.3, 19.4).
4. Calibration apparatus for a switchable antenna array according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the probes (11) and/or the coupling device (111) are/is connected to a calibration network (27, 27' 27").
5. Calibration apparatus for a switchable antenna array according to Claim 4, **characterized in that** at least one column (7), a probe (11), and preferably at least two columns (7), each has or have at least one probe (11) which is/are associated with a respective antenna element (3, 3'), via which a signal element (near field signals) is supplied to the calibration network (27, 27', 27") during the calibration phase, thus allowing the phase trimming to be defined.
6. Calibration apparatus for a switchable antenna array according to Claim 4, **characterized in that** at least one coupling device (111) is associated with at least one antenna element (3, 3') in one column (7), or at least one coupling device (111) is in each case associated with in each case one antenna element (3, 3') in two columns (7), via which, during the calibration phase, a signal element (an output signal) is supplied to the calibration network (27, 27', 27"), by means of which the phase matching is defined.
7. Calibration apparatus for a switchable antenna array according to Claim 6, **characterized in that** the coupling device (111) is preferably arranged between the respective output (21) of the beamforming network (17, 17') and the associated input (15) of the antenna array (1).
8. Calibration apparatus for a switchable antenna array according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the probe (11) or the probes (11) is or are formed from capacitive probes or from an inductively operating probe (11) in the form of a small induction loop.
9. Calibration apparatus for a switchable antenna array according to Claim 6, **characterized in that**, in the case of a dual-polarized antenna array, at least one column (7), and preferably at least two columns (7), is or are in each case provided with at least one pair of coupling devices (111), namely with in each case one coupling device (111) for one polarization.
10. Calibration apparatus according to one of Claims 1 to 9, **characterized in that**, in the case of a dual-polarized antenna array, the one or more probes (11) which is or are provided is or are in each case suitable for receiving a signal for both polarizations.
11. Calibration apparatus according to one of Claims 1 to 10, **characterized in that** one probe (11) or one coupling device (111), or a pair of coupling devices (111), is or are provided for only one antenna element (3, 3') per column (7).
12. Calibration apparatus according to one of Claims 1 to 11, **characterized in that** the at least one probe (11) or the two or more probes (11) lies or lie on a vertical plane of symmetry, which passes through the antenna elements (3, 3'), with respect to the antenna elements (3, 3') which are associated with it or them.
13. Calibration apparatus according to one of Claims 1 to 12, **characterized in that**, in the case of an antenna array having four columns (7), at least two probes (11), are provided and are each arranged in the near field of one antenna element (3, 3') which is arranged in the two outer columns (7) or in the two inner columns (7) of the antenna array.
14. Calibration apparatus according to one of Claims 1 to 13, **characterized in that**, in the case of an antenna array having four columns, at least two coupling devices (111) or two pairs of coupling devices (111) or two pairs of coupling devices (111) are provided, which each have an associated antenna element (3, 3'), with these antenna elements (3, 3') being arranged in the two outer or in the two inner columns (7) of the antenna array.
15. Calibration apparatus according to one of Claims 1 to 14, **characterized in that** the probes (11) are arranged on the same horizontal line.
16. Calibration apparatus according to one of Claims 1 to 15, **characterized in that** one probe (11; 11c, 11d) is in each case provided for two adjacent columns (7) of an antenna array, and these probes (11; 11c, 11d) preferably have the same coupling loss.

Revendications

1. Dispositif de calibrage pour un réseau d'antennes, qui comprend au moins un réseau d'antennes (1) pourvu d'au moins deux colonnes verticales (7) comprenant chacune plusieurs éléments rayonneurs (3, 3') agencés les uns au-dessus des autres, des entrées (15) étant associées aux plusieurs colonnes (7) dans lesquelles sont agencés lesdits plusieurs éléments rayonneurs respectifs (3, 3'), entrées en amont desquelles est prévu un réseau de formation de rayon (17) dont les sorties (21) sont connectées chacune à une entrée associée (15) du réseau d'antennes, via laquelle sont alimentés les éléments rayonneurs (3, 3') prévus dans une colonne (7), le réseau de formation de rayon (17) génère, en fonction de l'entrée branchée (19.1 à 19.4), une autre relation de phase entre les éléments rayonneurs (3, 3') agencés dans les colonnes individuelles (7), afin d'obtenir différentes directions de rayonnement en direction azimutale, et au moins deux entrées (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) sont alimentées via un câble d'alimentation commun (23) ou via des câbles d'alimentation séparés (23), **caractérisé par** les autres éléments suivants :
- le dispositif de calibrage comprend en outre au moins une sonde (11) qui est agencée dans le champ proche des éléments rayonneurs (3, 3') et/ou au moins un dispositif de couplage (111) qui est agencé en aval du réseau de formation de rayon (17),
 - le dispositif de calibrage comprend uniquement pour une partie des colonnes (7) au moins une sonde (11) ou au moins un dispositif de couplage (111) ou au moins une paire de dispositifs de couplage (111),
 - le dispositif de calibrage comprend en outre un dispositif d'étalonnage qui est agencé en amont des entrées (19) du réseau de formation de rayon (17 ; 17'), au moyen duquel le phasage des signaux amenés aux entrées (19) du réseau de formation de rayon (17 ; 17') est présélectionné en fonction des signaux de sortie de ladite au moins une sonde (11) ou dudit au moins un dispositif de couplage (111), et
 - au moyen du dispositif d'étalonnage ainsi formé, le phasage aux entrées du réseau de formation de rayon (17 ; 17') est présélectionnable ou modifiable de telle sorte qu'au moyen du réseau d'antennes (1), on peut générer, outre deux lobes intermédiaires situés au milieu entre deux lobes principaux, au choix également des lobes orientés dans différentes directions de rayonnement azimutales.
2. Dispositif de calibrage pour un réseau d'antennes commutable selon la revendication 1, **caractérisé**
- en ce que le dispositif d'étalonnage appartenant au dispositif de calibrage comprend des organes de réglage de phase (37) qui sont branchés en amont du réseau de formation de rayon (17 ; 17').
3. Dispositif de calibrage pour un réseau d'antennes commutable selon la revendication 1, **caractérisé**
- en ce que des lignes supplémentaires sont agencées en amont des entrées sélectionnées individuellement (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) à une longueur pré-déterminée en avant du réseau de formation de rayon (17) ou sont branchées à ces entrées (19.1, 19.2, 19.3, 19.4).
4. Dispositif de calibrage pour un réseau d'antennes commutable selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les sondes (11) et/ou le dispositif de couplage (111) sont branchés à un réseau de calibrage (27, 27', 27'').
5. Dispositif de calibrage pour un réseau d'antennes commutable selon la revendication 4, **caractérisé**
- en ce qu'au moins une colonne (7) comprend une sonde (11) et de préférence au moins deux colonnes (7) comprennent chacune au moins une sonde (11) qui est ou sont associée(s) chacune à un élément rayonneur (3, 3'), via lesquelles un signal partiel (signaux de champ proche) est amené au réseau de calibrage (27, 27', 27'') pendant la phase de calibrage, ce qui fixe l'étalonnage de phase.
6. Dispositif de calibrage pour un réseau d'antennes commutable selon la revendication 4, **caractérisé**
- en ce qu'au moins un dispositif de couplage (111) est associé à au moins un élément rayonneur (3, 3') d'une colonne (7) ou au moins un dispositif de couplage respectif (111) est associé à au moins un élément rayonneur respectif (3, 3') de deux colonnes (7), via lequel un signal partiel (un signal découpé) est amené au réseau de calibrage (27, 27', 27'') pendant la phase de calibrage, ce qui fixe l'étalonnage de phase.
7. Dispositif de calibrage pour un réseau d'antennes commutable selon la revendication 6, **caractérisé**
- en ce que le dispositif de couplage (111) est agencé de préférence entre la sortie respective (21) du réseau de formation de rayon (17, 17') et l'entrée associée (15) du réseau d'antennes (1).
8. Dispositif de calibrage pour un réseau d'antennes commutable selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la sonde (11) ou les sondes (11) sont constituées par des sondes capacitatives ou par une sonde (11) à fonctionnement inductif sous la forme d'une petite boucle d'induction.
9. Dispositif de calibrage pour un réseau d'antennes

commutable selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** dans le cas d'un réseau d'antennes à polarisation double, au moins une colonne (7), de préférence au moins deux colonnes (7) sont pourvues chacune d'une paire de dispositifs de couplage (111), à savoir d'un dispositif de couplage respectif (111) pour une polarisation.

10. Dispositif de calibrage selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** dans un réseau d'antennes à polarisation double, ladite une ou les plusieurs sondes prévues (11) conviennent chacune à recevoir un signal pour les deux polarisations. 10
11. Dispositif de calibrage selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** pour chaque colonne (7), il est prévu une sonde (11) ou un dispositif de couplage (111) ou une paire de dispositifs de couplage (111) uniquement pour un élément rayonneur (3, 3'). 15
20
12. Dispositif de calibrage selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** par rapport aux éléments rayonneurs (3, 3') associés à ladite au moins une sonde (11) ou aux plusieurs sondes (11), celles-ci se trouvent sur un plan de symétrie vertical traversant les éléments rayonneurs (3, 3'). 25
13. Dispositif de calibrage selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** dans un réseau d'antennes comprenant quatre colonnes (7), il est prévu au moins deux sondes (11) qui sont agencées dans le champ proche d'un élément rayonneur respectif (3, 3') qui est agencé dans les deux colonnes extérieures (7) ou dans les deux colonnes intérieures (7) du réseau d'antennes. 30
35
14. Dispositif de calibrage selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** dans un réseau d'antennes comprenant quatre colonnes (7), il est prévu au moins deux dispositifs de couplage (111) ou deux paires de dispositifs de couplage (111), ou encore deux paires de dispositifs de couplage (111) associés chacun à un élément rayonneur (3, 3'), qui sont agencés dans les deux colonnes extérieures ou dans les deux colonnes intérieures (7) du réseau d'antennes. 40
45
15. Dispositif de calibrage selon l'une des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** les sondes (11) sont agencées à la même ligne en hauteur. 50
16. Dispositif de calibrage selon l'une des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce qu'il** est prévu une sonde respective (11 ; 11c, 11d) pour deux colonnes voisines (7) d'un réseau d'antennes, sondes qui présentent de préférence le même amortissement de couplage. 55

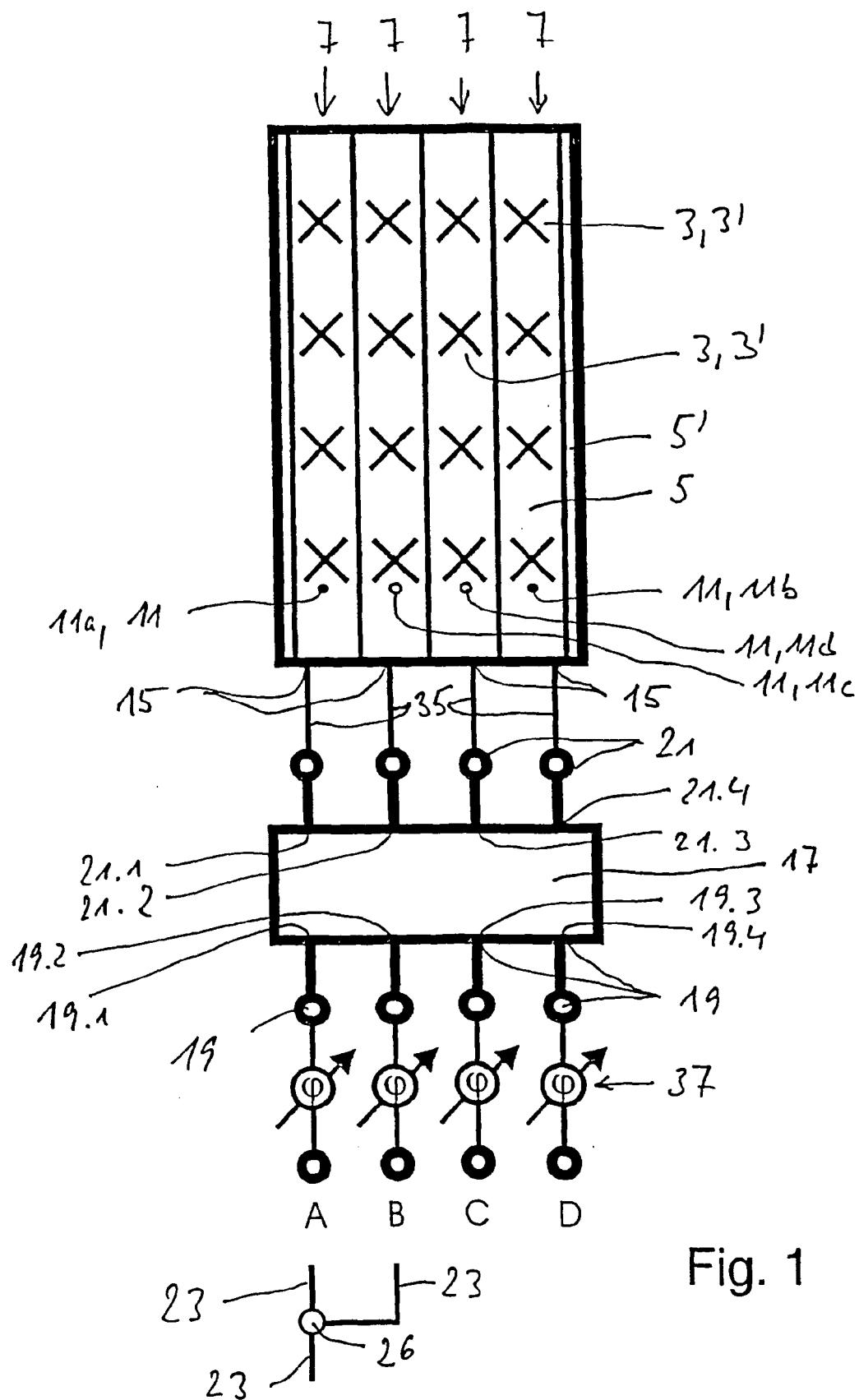


Fig. 1

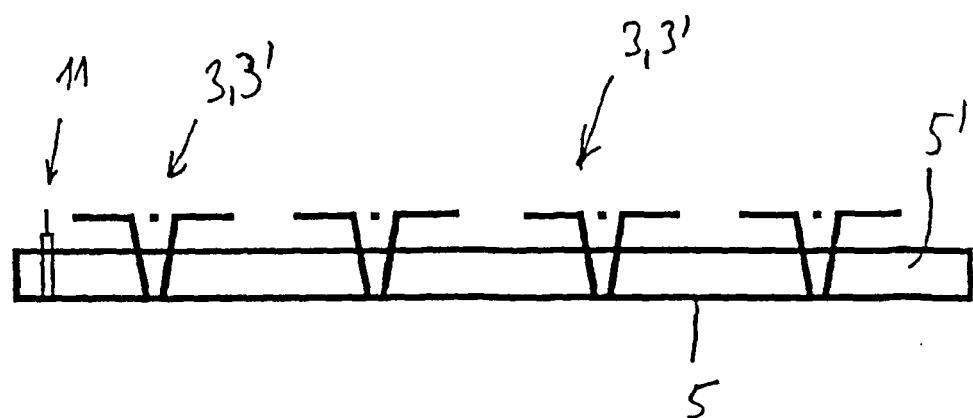


Fig. 2

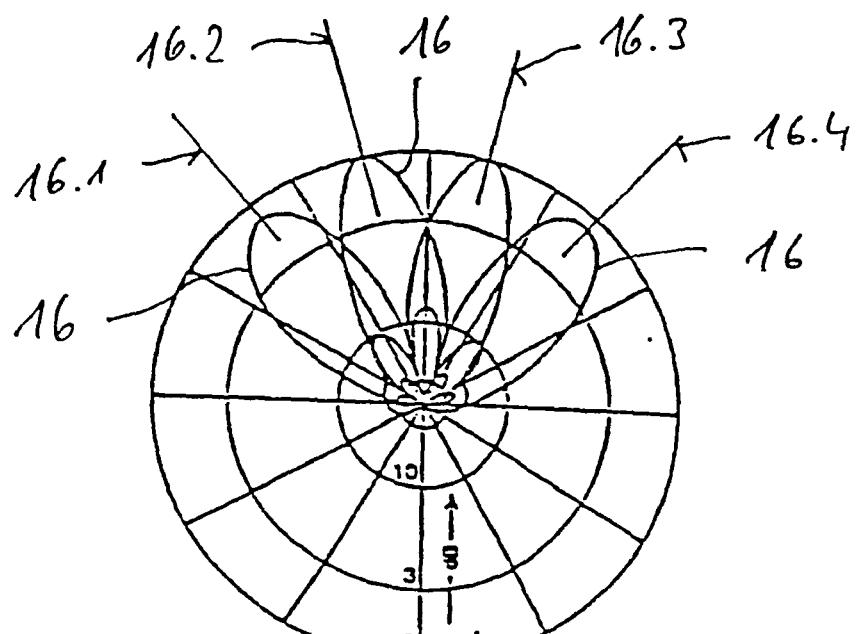


Fig. 3

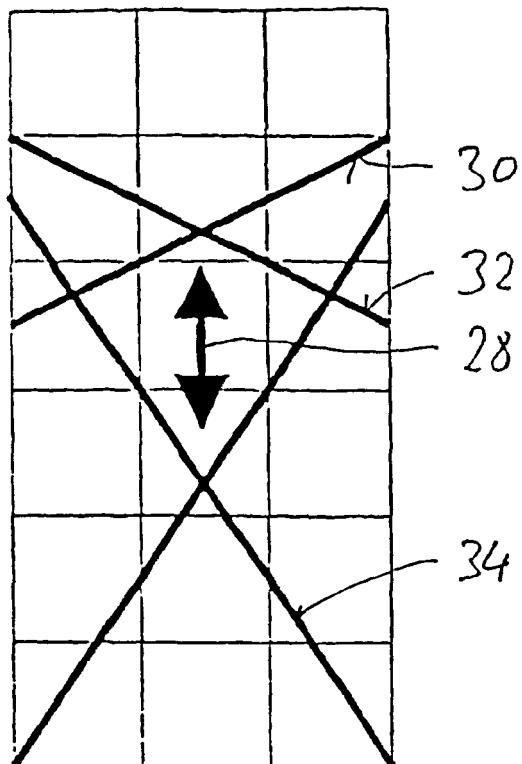


Fig. 4

I II III IV

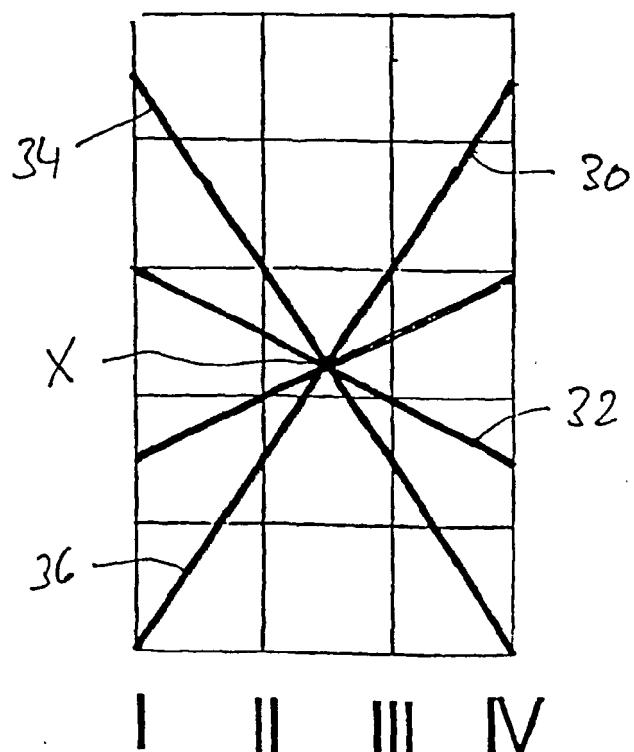


Fig. 5

I II III IV

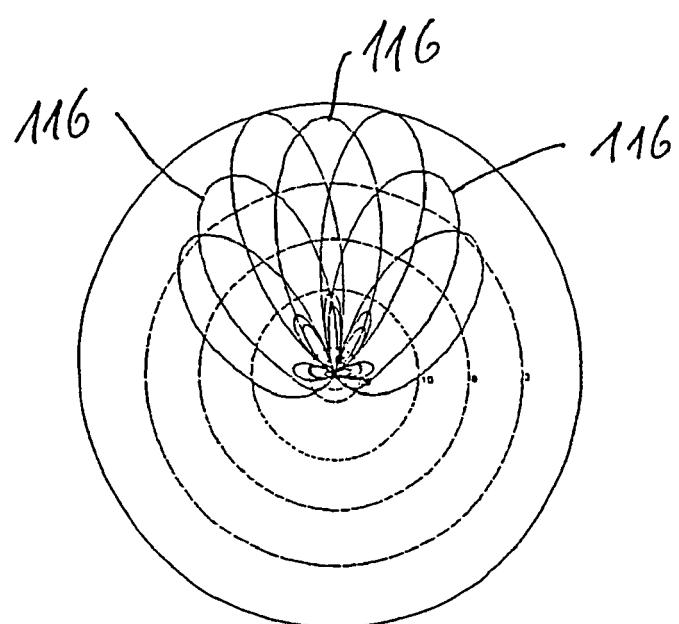


Fig.6

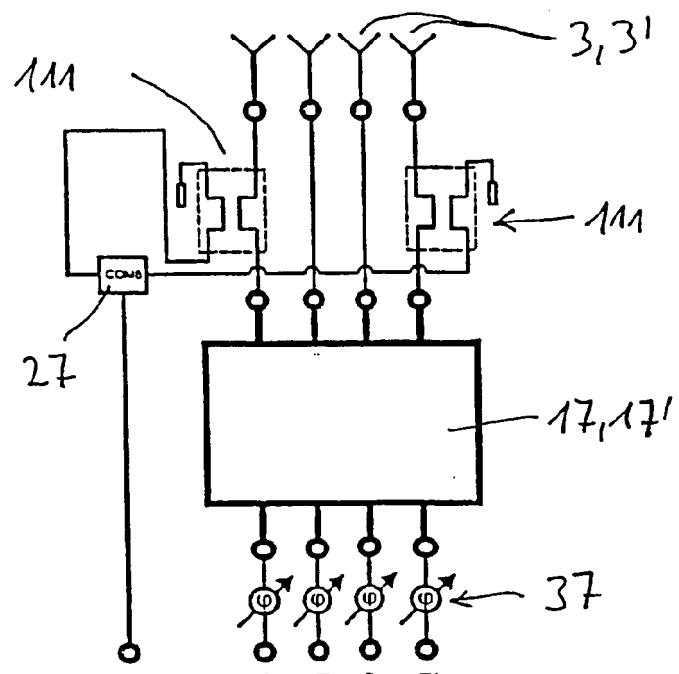


Fig. 7

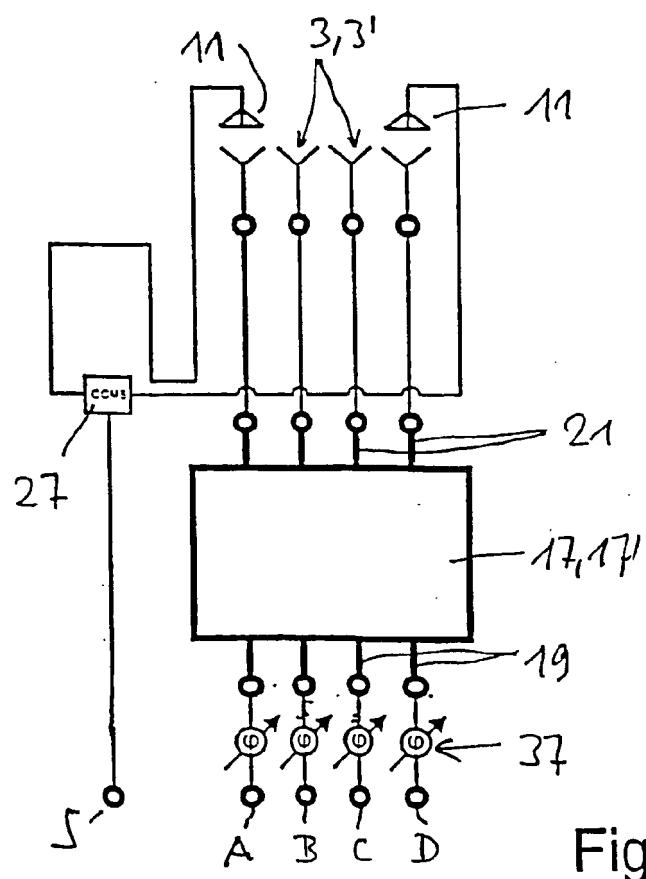
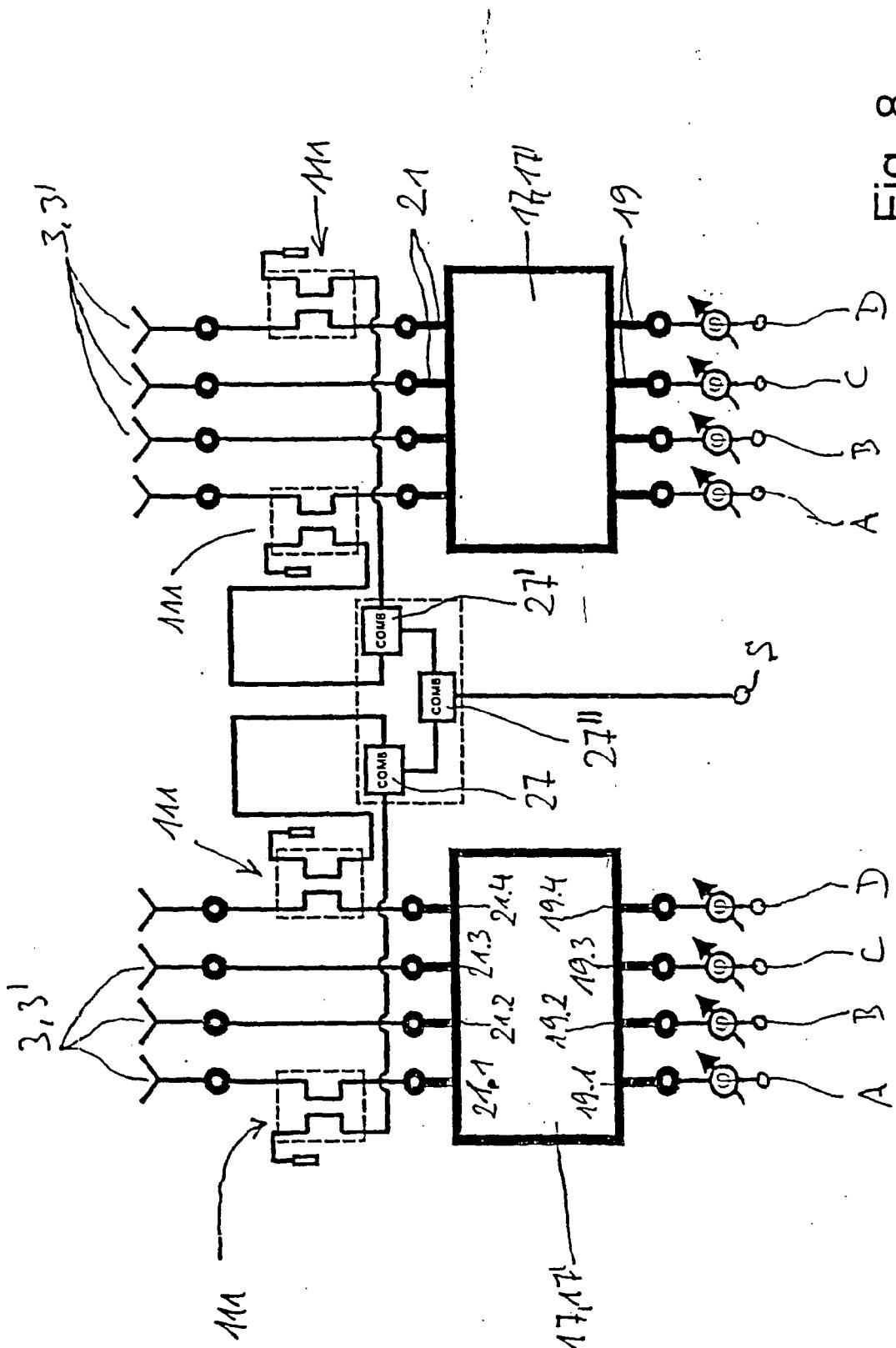


Fig. 9

Fig. 8



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 6351243 A [0005]
- EP 0877444 A [0009]
- WO 0156186 A [0010]
- WO 0039894 A [0025]