(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 524 720 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.12.2010 Patentblatt 2010/52

(51) Int Cl.:
H01Q 1/34 *(2006.01)* ***H01Q 11/08*** *(2006.01)*
H01Q 1/36 *(2006.01)* ***H01Q 5/00*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **04024780.1**

(22) Anmeldetag: **18.10.2004**

(54) **Antennensystem für mehrere Frequenzbereiche**

Antenna system for multiple frequency bands

Système d'antenne pour plusieurs bandes de fréquences

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **17.10.2003 DE 10348378**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.04.2005 Patentblatt 2005/16

(73) Patentinhaber: **Aeromaritime Systembau GmbH**
85375 Neufahrn (DE)

(72) Erfinder: **Rathai, Wolf**
84174 Eching (DE)

(74) Vertreter: **Alber, Norbert et al**
Hansmann & Vogeser
Patent- und Rechtsanwälte
Albert-Roßhaupter-Straße 65
81369 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 715 369
EP-A- 0 856 906
WO-A-97/01196
US-A- 4 554 554
US-B1- 6 545 649

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 524 720 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

I. Anwendungsgebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Antennensystem zum gleichzeitigen Betrieb in wenigstens zwei verschiedenen Frequenzbereichen, insbesondere zum Senden und Empfangen im Vollduplex-Betrieb, insbesondere für die Verwendung bei U-Booten.

II. Technischer Hintergrund

[0002] Bei der Satellitenkommunikation zwischen feststehenden und bewegten Anwendern aus Luft- und Schifffahrt, somit unter anderem auch bei der Satellitenkommunikation von U-Booten, werden üblicherweise Antennenstrukturen verwendet, die bei einer zirkularen Polarisierung ein quasi-hemisphärisches Abstrahlungsdiagramm aufweisen, da in diesem Fall die Notwendigkeit eines Nachführens des Antennensystems an die gegebenenfalls geostationären Satellitensysteme vermieden werden kann.

[0003] Nach dem heutigen Kenntnisstand ist die einzige Antennenstruktur, die diese geforderten Eigenschaften aufweist, eine resonante quadrifilare Helixantenne. Diese besteht üblicherweise aus zwei Doppelwendeln, die sich um eine gemeinsame Längsachse winden, orthogonal zueinander angebracht sind und mit 90° Phasenverschiebung angeregt werden.

[0004] Da es sich bei einem derartigen Antennensystem um ein resonant arbeitendes System handelt, ist die nutzbare Bandbreite beschränkt und es ist schwierig, eine

[0005] Anpassung an eine Breitbandnutzung oder an eine Verwendung für zwei verschiedene Frequenzen zu erreichen. In Fällen, bei denen ein Betrieb in verschiedenen Frequenzbereichen benötigt wird, muss demzufolge üblicherweise auf zwei separate, räumlich getrennte quadrifilare Helixantennen zurückgegriffen werden. Dies gilt insbesondere, wenn ein Betrieb gleichzeitig in beiden Frequenzbereichen möglich sein soll.

[0006] Ein Beispiel für einen derartigen Fall bildet das UHF-Satcom Satellitenkommunikations-System, bei dem das Senden und das Empfangen von Daten in unterschiedlichen Frequenzbereichen erfolgen:

UHF-Satcom Empfang	240 - 270 MHz
UHF-Satcom Senden	290 - 320 MHz

[0007] Als vorteilhaft ist hierbei anzusehen, wenn gleichzeitig und unabhängig voneinander gesendet und empfangen werden kann (sog. Voll-Duplex-Betrieb). Dabei ist eine geringe Verkoppelung, also ein geringes Übersprechen zwischen den Sende- /Empfangsantennen erforderlich. Hierzu ist es, wie oben bereits erwähnt wurde, üblicherweise notwendig, dass die Sende- und Empfangsantennen als getrennte Elemente ausgebildet sind.

[0008] Sind jedoch die Abmessungen des Antennensystems durch den zur Verfügung stehenden Raum begrenzt, so kann eine räumliche Trennung von Sende- und Empfangsantennen nur unter erheblichem Aufwand erfolgen.

[0009] Ein Beispiel hierfür bildet ein Antennensystem eines U-Bootes. Neben den oben genannten Frequenzbereichen für eine Satellitenkommunikation im UHF-Satcom System werden hier üblicherweise sogar darüber hinaus noch weitere Frequenzbereiche benötigt, beispielsweise:

Kurzwellen-Empfang	1 - 30 MHz
VHF-Empfang (Seefunk)	155 - 160 MHz
Line of Sight Funktion	225 - 400 MHZ
GPS	1575,41/1227,6 MHz

[0010] Neben dem nur beschränkt zur Verfügung stehenden Raumangebot, besteht insbesondere für ein von U-Booten benutztes Antennensystem eine weitere Anforderung darin, dass der gesamte Aufbau der Antenne aufgrund der Positionierung an der Außenhaut des U-Bootrumpfes und der damit verbundenen Belastungen durch das umströmende Wasser möglichst kompakt sein muss. Gleichzeitig ist auch eine möglichst große Stabilität des Antennensystems gegenüber mechanischen Belastungen zu gewährleisten, da durch Schockwellen im Wasser kurzzeitige Horizontalbelastungen bis zu 400 G sowie Vertikalbelastungen bis in den Bereich von 150 G auftreten können.

[0011] In der EP 0 715 369 wird ein Multiband-Antennensystem beschrieben, bei dem ein L-Band-Antennenelement sowie ein S-Band-Antennenelement, jeweils in Form einer quadrifilaren Helix, voneinander beabstandet auf der Oberfläche eines hohlzylindrischen Isolators angeordnet sind. Zusätzlich ist im Inneren des Isolators ein UHF-Band-Antennenelement in Form eines Käfigdipols angeordnet. Die beiden quadrifilaren Helix-Antennenelemente werden über Spei-

senetzwerkkarten gespeist, während die UHF-Antenne über einen Split-Sheath-Balun mit einem entsprechenden Speiseanschluss verbunden ist.

[0012] Die EP 0 856 906 offenbart eine Antenne für Funktelefone zur Verwendung in der Satellitenkommunikation. Hierbei wird eine flexible Leiterplatine in eine verkürzte zylindrischen Lagerung geformt, auf der zur Ausbildung einer helixförmigen Multielementantenne Elemente sowie Anpassungsnetzwerke vorgesehen sind.

[0013] In der US 6,545,649 wird ein quadrifilares Helixantennensystem beschrieben, bei dem sich die Steigung der Helices zum oberen Ende der Antenne hin verändert. Die oberen Enden der bifilaren Helices sind jeweils mit Anschlüssen verbunden, die über einen 90 1/4-Richtkoppler gespeist werden. Die Antenne wird vorzugsweise in der mobilen Kommunikation zwischen einem Fahrzeug und einem Satelliten verwendet.

III. Darstellung der Erfindung

a) Technische Aufgabe

[0014] Es ist daher die Aufgabe gemäß der Erfindung, ein möglich kompaktes Antennensystem zu schaffen, welches einen vorzugsweise gleichzeitigen Betrieb in wenigstens zwei verschiedenen Frequenzbändern, insbesondere im Bereich der Satellitenkommunikation unter Verwendung von zirkular polarisierten Wellen mit einer quasi-hemisphärischen Abstrahlcharakteristik, ermöglicht.

[0015] Hierbei findet ein derartiges Antennensystem vorzugsweise Verwendung auf einem U-Boot. Jedoch kann auch ein Anwender beim Betrieb auf herkömmlichen Schiffen über Wasser oder an Land von den erfindungsgemäßen Vorteilen profitieren.

b) Lösung der Aufgabe

[0016] Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich-aus den Unteransprüchen.

[0017] Demzufolge wird ein Antennensystem zum gleichzeitigen Betrieb, insbesondere zum Senden und Empfangen im Vollduplex-Betrieb, in wenigstens zwei verschiedenen Frequenzbereichen vorgeschlagen, das neben gegebenenfalls sonstigen vorhandenen Antennen wenigstens zwei quadrifilare Helixantennen umfasst, von denen jede zwei orthogonal zueinander angeordnete und mit 90° Phasenverschiebung angeregte Doppelwendeln aufweist. Hierbei ist orthogonal so zu verstehen, dass die beiden Doppelwendeln einer Helixantenne jeweils mit einem Versatz von 90° in Umlaufrichtung zueinander um die Längsachse der Helixantenne ineinander laufen, so dass in einer radialen Schnittebene betrachtet die gedachten Verbindungslinien zwischen den Schnittpunkten der jeweiligen Wendeln einer Doppelwendel mit der Ebene orthogonal zueinander liegen, wie beispielsweise in Figur 3 durch die gestrichpunkteten Linien angedeutet ist. Erfindungsgemäß winden sich die beiden Helixantennen um eine gemeinsame Längsachse, wobei sie hinsichtlich dieser Längsachse um einen Winkel von 45° gegeneinander verdreht sind. Die Doppelwendeln beider Helixantennen weisen hierbei in einer beliebigen Schnittebene quer zur Längsachse jeweils denselben Abstand zur Längsachse auf.

[0018] Diese spezielle Anordnung der beiden Helixantennen zeichnet sich durch eine besonders hohe Symmetrie aus, so dass hierdurch erfindungsgemäß die gegenseitige Beeinflussung der beiden Antennen minimiert wird.

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsform weisen die jeweiligen Doppelwendeln der beiden Helixantennen auch dieselbe Steigung auf, wodurch die Symmetrie des Systems noch einmal weiter verbessert werden kann.

[0020] Vorzugsweise sind hierbei die Doppelwendeln der beiden Helixantennen auf der Mantelfläche eines zur Längsachse rotationssymmetrischen Körpers angeordnet. Als rotationssymmetrischer Körper kommt hier insbesondere ein Zylinder in Frage, jedoch sind auch andere geometrische Körper wie beispielsweise ein Konus denkbar.

[0021] Die Einspeisung der jeweiligen Helixantenne erfolgt in einer quer zur Längsachse verlaufenden Ebene, die an einem Ende der jeweiligen Helix liegt.

[0022] In dieser Einspeiseebene erfolgt die Einspeisung der jeweiligen Helixantenne auf übliche Weise, d. h. dass die jeweiligen Doppelwendeln mit einer Phasenverschiebung von 90 Grad betrieben werden, wobei die Einspeisung jeder einzelnen Doppelwendel über einen Symmetriertrafo in Form einer Kurzschlussleitung mit $\lambda/4$-Längeerfolgt.

[0023] Die phasenversetzte Einspeisung zur Erzeugung der Zirkularpolarisation erfolgt vorzugsweise unter Verwendung von Hybridkopplungen oder Ähnlichem.

[0024] In einer bevorzugten Ausführungsform fallen die beiden Einspeiseebenen der beiden Helixantennen zusammen. Die gemeinsame Einspeiseebene beider Helixantennen kann hierbei vorzugsweise an dem der Abstrahlungsrichtung zugewandten Ende der Helixantennen liegen. In diesem Fall können die vorzugsweise verwendeten Symmetriertrafos problemlos in einer symmetrischen Anordnung im Inneren der Helixantennen untergebracht werden.

[0025] Bevorzugt sind die Doppelwendeln wenigstens einer Helixantenne an dem nicht angeregten Ende offen. Auf diese Weise kann über die Länge der Doppelwendeln die jeweilige Resonanz der Helixantenne beeinflusst werden. In dieser Ausführungsform weisen die Doppelwendeln der beiden ineinander verschachtelt aufgebauten Helixantennen

eine unterschiedliche Länge auf, so dass die beiden Helixantennen unterschiedliche Resonanzfrequenzen haben.

[0026] Bei den zwei Frequenzbereichen, auf denen die beiden Helixantennen des erfindungsgemäßen Antennensystems betrieben werden können, kann es sich bevorzugt um die Bereiche von 210 - 300 MHz, insbesondere 240 - 270 MHz und von 260 - 350 MHz, insbesondere 290 - 320 MHz, handeln, um auf diese Weise ein Senden und Empfangen im UHF-Satcom System zu ermöglichen.

[0027] Obwohl die beiden Helixantennen des erfindungsgemäßen Antennensystems vorzugsweise gleichzeitig betrieben werden können, d. h. im so genannten Full-Duplex-Betrieb, können sie auch im so genannten Half-Duplex-Betrieb verwendet werden, bei dem immer nur eine der beiden Antennen in Betrieb ist.

[0028] Welche der beiden Betriebsarten letztendlich verwendet wird, hängt von den Anforderungen des Benutzers sowie der elektronischen Ausstattung des Antennensystems ab.

[0029] Vorzugsweise sind die beiden Helixantennen von ihren geometrischen Abmessungen, also beispielsweise Anzahl der Windungen oder Steigung der Windungen, insbesondere aber von ihrem Verhältnis Durchmesser zu Länge so ausgelegt, dass die eine Helixantenne ihre Resonanz im Bereich von 210 - 300 MHz, insbesondere 240 - 270 MHz und die zweite Helixantenne ihre Resonanz im Bereich von 260 - 350 MHz, insbesondere 290 - 320 MHz hat und gleichzeitig für zirkular (vorzugsweise rechtspolarisiert) polarisierte Wellen eine omni-hemisphärische Strahlungscharakteristik erreicht wird.

[0030] Gemäß eines weiteren Aspekts der vorliegenden Erfindung umfasst das erfindungsgemäße Antennensystem wenigstens eine weitere Antenne, die koaxial zu den beiden Helixantennen, vorzugsweise im von den beiden Helices definierten Innenraum angeordnet ist.

[0031] Bei dieser wenigstens einen weiteren Antenne kann es sich beispielsweise um einen Monopolstrahler, insbesondere um eine Stabantenne handeln. Jedoch sind hierbei auch andere Antennenformen denkbar, solange eine koaxiale Anordnung, vorzugsweise im Innenraum, der Helixantennen möglich ist.

[0032] Um eine möglichst geringe Kopplung zwischen den Helixantennen einerseits und der zusätzlichen Antenne andererseits zu erhalten, ist eine möglichst genaue koaxiale Ausrichtung der zusätzlichen Antenne im Zentrum der Helix wünschenswert. Vorzugsweise weisen demzufolge die Strahler der zusätzlichen Antenne eine rotationssymmetrische Form auf.

[0033] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Antennensystems handelt es sich bei der weiteren Antenne um eine Stabantenne mit einer Dachkapazität in Form einer Platte, die aufgrund ihrer geometrischen Abmessungen zum Empfang in den Frequenzbereichen von 0,5 - 60 MHz und 125 - 190 MHz, insbesondere in den Frequenzbereichen von 1 - 30 MHz und 155 - 160 MHz verwendet werden kann.

[0034] Wie bereits weiter oben angedeutet wurde, ist eine möglichst symmetrische Anordnung des Antennensystems für eine Entkopplung der einzelnen Antennen voneinander äußerst wichtig. Um eine derartige symmetrische Anordnung auch bei den Umweltbedingungen, denen die Antenne im Einsatz unterworfen wird, zu gewährleisten, ist entsprechend eines weiteren Aspekts der vorliegenden Erfindung ein spezieller mechanischer Aufbau vorgesehen.

[0035] Demzufolge umfasst das erfindungsgemäße Antennensystem vorzugsweise einen stabilen Grundkörper, auf dessen Außenfläche die Doppelwindungen der beiden Helixantennen entlang einer Längsachse des Grundkörpers fest angeordnet sind. Die Doppelwendeln können hierbei beispielsweise die Form von Drähten aufweisen, die auf der Außenfläche befestigt sind. Vorzugsweise handelt es sich jedoch um Bänder aus einem elektrisch leitenden Material, beispielsweise Kupferbänder, die flach auf der Außenfläche des Grundkörpers angeordnet sind.

[0036] Der Grundkörper besteht aus einem beliebigen elektrisch nicht leitenden Material, das die gewünschten mechanischen Eigenschaften bezüglich Stabilität und/oder Steifigkeit aufweist. Denkbar sind hier Polymere oder sonstige Kunststoffe, beispielsweise Kapton, Mylar oder ähnliches.

[0037] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist der Grundkörper des Antennensystems die Form eines Hohlzylinders auf. Die Einspeisung der Helixantennen erfolgt auf einer Stirnseite des Grundkörpers, vorzugsweise von der Befestigungsseite des Antennensystems aus gesehen am distalen Ende und somit an dem der Anstrahlungsrichtung zugewandten Ende.

[0038] Auf der Stirnseite des Grundkörpers erfolgt die Einspeisung der Doppelwendeln von einem zentralen Punkt aus, der im Wesentlichen mit der Längsachse der Helixantennen und somit das Grundkörpers zusammenfällt, über radial nach außen verlaufende Segmente aus leitenden Material, die auf der Stirnseite aufgebracht sind und jeweils zu den zusammengehörenden Doppelwendeln führen.

[0039] Um zu verhindern, dass die im Inneren des Grundkörpers verlaufenden Einspeiseleitungen sowie die jeweils zugehörigen Symmetriertrafos in Form von $\lambda/4$-Kurzschluss-Leitungen bei mechanischer Belastung des Antennensystems ihre Lage ändern und somit ihre zur Entkopplung der beiden Helixantennen notwendige, symmetrische Anordnung verlieren, werden diese Leitungen erfindungsgemäß durch ein ausreichend steifes Schaumstoffmaterial ortsfest an ihren Positionen gehalten. Als Schaumstoffmaterial kann hier beispielsweise Polyurethanschaum, Polystyrol, Polyvinylchloridschaum, aber auch andere Schaumstoffe verwendet werden, solange die zum Haltern der Leitungen notwendige Steifheit gewährleistet ist.

[0040] Neben der notwendigen Steifheit sollte der verwendete Schaumstoff auch noch spezielle elektrische Eigen-

schaften aufweisen, um insbesondere die Abstrahlungseigenschaften der Helixantennen möglichst wenig zu beeinflussen. Demzufolge weist erfindungsgemäß der verwendete Schaumstoff vorzugsweise eine Dielektrizitätskonstante und einen Verlustfaktor auf, die mit denen von Luft vergleichbar sind.

[0041] Erfindungsgemäß erfolgt die Halterung der entsprechenden Leitungen in Nuten auf der Mantelfläche von separaten Schaumstoffkörpern.

[0042] Erfindungsgemäß werden die Leitungen durch den verwendeten Schaumstoff über den Großteil der Länge im Inneren des Grundkörpers auf einem konstanten Abstand gehalten. Dieser Abstand wird jedoch nahe dem Einspeisepunkt auf der Stirnfläche des Grundkörpers verringert, um durch eine möglichst geringe Überleitung zwischen der jeweiligen Einspeiseleitung und dem zugehörigen Symmetriertrafo eine möglichst gute Symmetrisierung zu erhalten.

[0043] In einer bevorzugten Ausführungsform können selbstverständlich im Inneren der Schaumstoffkörper Bohrungen für weitere Leitungen für die Versorgung zusätzlicher Antennen vorgesehen sein.

[0044] Zum Schutz des Antennensystems gegen Wasser und den üblicherweise herrschenden Wasserdruck bei der Verwendung mit einem U-Boot ist die gesamte Konstruktion erfindungsgemäß mit einer Haube z.B. aus Kunststoff umgeben. Diese Kunststoffhaube besitzt eine im Wesentlichen zylindrische Form, die an ihrem bezüglich der Befestigung des Antennensystems am U-Boot-Rumpf distalen Ende mit einer halbkugelförmigen Abdeckung versehen ist und an ihrem proximalen Ende mit der am Rumpf zu befestigenden Platte dicht verbunden wird. Der Außendurchmesser dieser Kunststoffhaube wird durch den beim Einbau zur Verfügung stehenden Platz vorgegeben. Als Materialien kommen hier beispielsweise glasfaserverstärkter Kunststoff, Epoxidharz oder ähnliches in Frage.

[0045] Im Fall der Verwendung auf einem normalen Schiff oder an Land dient diese Kunststoffhaube im Wesentlichen dem Schutz vor äußeren Umwelteinflüssen. Da das Erfordernis des Standhaltens gegen Druck in diesem Fall nicht gegeben ist, können die Dicke der Haube geringer sein und/oder geringere Anforderungen an das verwendete Material gestellt werden.

c) Ausführungsbeispiele

[0046] Eine Ausführungsform gemäß der Erfindung ist im Folgenden anhand der Figuren beispielhaft näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1: eine Schnittansicht durch eine Ausführungsform eines erfindungs- gemäßen Antennensystems mit zwei quadrifilaren Helixantennen;

Fig. 2: eine Aufsicht auf die Deckplatte an der Stirnseite des in der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform verwendeten Grundkörpers, auf der die gemeinsame Einspeiseebene der Helixantennen liegt;

Fig. 3: eine Aufsicht auf die Anschlussplatte der Einspeiseleitungen der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform;

Fig. 4: eine Schnittansicht der in Fig.2 dargestellten Deckplatte und

Fig. 5: eine Detailldarstellung eines Teilbereichs von Fig.1.

[0047] Figur 1 zeigt eine Schnittansicht durch eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Antennensystems. Dieses umfasst zwei quadrifilare Helixantennen 3, 4, die auf der Mantelfläche eines Grundkörpers 1 in Form eines Hohlzylinders angeordnet sind.

[0048] In den zylindrischen Grundkörper 1 ist an dessen bezüglich der Befestigung des Antennensystems proximalen Ende ein halb offener Montagezylinder 6 eingebracht, dessen geschlossenes Ende in Richtung der Abstrahlung des Antennensystems zeigt. In der Mitte dieser Stirnfläche 61 des Montagezylinders 6 ist eine kreisförmige Aussparung zur Aufnahme einer Befestigungsplatte 5 vorgesehen, die mit Hilfe von Schrauben 56 an dem Montagezylinder 6 befestigt wird.

[0049] Fig. 2 zeigt eine Aufsicht von unten auf die Befestigungsplatte 5. Neben den Schraubenlöchern 55 zu Befestigung der Platte 5 an dem Montagezylinder 6 weist die Platte 5 zunächst vier Anschlüsse 51,52,53,54 für die Einspeisungsleitungen der Doppelwendeln T0,R0,T90,R90 der beiden Helixantennen 3,4 auf, an die die jeweiligen von den Hybridkopplungen 62 (siehe Fig.5) des Basismoduls des Antennensystems kommenden Versorgungsleitungen angeschlossen werden können. Bei diesen Leitungen handelt es sich um übliche Koaxialleitungen.

[0050] Zu jedem dieser vier Anschlüsse 51,52,53,54 ist jeweils diametral zur Längsachse des Grundkörpers 1 ein Anschluss 51 a,52a,53a,54a vorgesehen, der jeweils das Ende der zu der entsprechenden Doppelwendel T0,R0,T90,R90 gehörigen $\lambda/4$-Kurzschlussleitung 8 darstellt. Diese insgesamt acht Anschlüsse 51,52,53,54,51a,52a, 53a,54a sind symmetrisch im gleichen Winkelabständen von 45 Grad auf einer Kreislinie mit konstantem Abstand zur Längsachse des Grundkörpers 1 angeordnet.

[0051] Von den vier Anschlüssen 51,52,53,54 verlaufen im Inneren des zylindrischen Grundkörpers 1 koaxiale Kabel 7 in Richtung des distalen Endes des Grundkörpers 1, um dort zunächst die Deckplatte 2, mit der das distale Ende des Grundkörpers 1 verschlossen ist, in einem zentralen Bereich zu durchstoßen. Wie in Fig. 3 dargestellt wird, sind hierbei die jeweiligen Außenleiter der koaxialen Kabel 7 auf der Stirnseite der Deckplatte 2 mit Sektoren 21,22, 23,24 verbunden. Diese bestehen aus leitenden Material und führen von dem zentralen Bereich jeweils radial nach außen, um von dort die erste Wendel der jeweilige Doppelwendel T0,R0,T90,R90 zu speisen. Im vorliegenden Fall bestehen die Sektoren 21,22, 23,24 aus einer Kupferfolie, die auf die Deckplatte 2 aus nicht leitendem Material aufgebracht sind.

[0052] Jeweils diametral zu den Sektoren 21,22,23,24, die jeweils mit den Außenleitern der entsprechenden Einspeiseleitungen 7 verbunden sind, befinden sich Sektoren 21a,22a,23a,24a, die ebenfalls aus Kupferfolie bestehen und radial von dem zentralen Bereich radial nach außen führen, um von dort die zweite Wendel der jeweilige Doppelwendel T0,R0,T90,R90 zu speisen.

[0053] Um eine korrekte Speisung der jeweiligen Doppelwendeln T0,R0,T90,R90 zu erhalten, wird der jeweilige Innenleiter 7a der Einspeiseleitungen 7 einer Doppelwendel T0,R0,T90,R90, wie in Fig. 4 dargestellt, mit dem jeweils zur entsprechenden Doppelwendel T0,R0,T90,R90 gehörenden, diametral liegenden Sektor 21a,22a,23a,24a und einer zugehörigen Leitung 8 verbunden. Diese Leitung 8 wird im vorliegenden Fall jeweils durch den Außenleiter eines Koaxial-Kabels gebildet, welches jedoch keinen Innenleiter aufweist. Der Außenleiter der Einspeiseleitung 7 und die zugehörige Leitung 8 bilden jeweils eine $\lambda/4$-Kurzschluss-Leitung zur Transformierung des unsymmetrischen Signals der Einspeiseleitung 7 in ein symmetrisches Signal an der Speisestelle. Die Leitung 8 erstreckt sich durch die Deckplatte 2 ins innere des Grundkörpers 1, durchquert diesen und ist leitend mit der Platte 2 verbunden.

[0054] Aufgrund des Erfordernisses, dass diese $\lambda/4$-Kurzschluss-Leitung einem Viertel der Wellenlänge der Resonanzfrequenz der jeweiligen Helixantenne 3,4 entsprechen muss, ergeben sich die Lage der Platte 5 und somit die geometrischen Abmessungen des Montagezylinders 6 im Inneren des Grundkörpers 1.

[0055] Im vorliegenden Fall werden die Einspeiseleitungen 7 und die Leitungen 8 von der Platte 5 ausgehend im Inneren des Grundkörpers 1 zunächst von drei zur Längsachse des Grundkörpers ausgerichteten Zylindern 9 aus Schaumstoffmaterial, sowie zwischen diesen Zylindern 9 angeordneten Trennscheiben 10 gehaltert. Die Zylinder 9 weisen hierbei einen identischen Querschnitt auf, wobei die Einspeiseleitungen 7 und die Leitungen 8 in entsprechenden Nuten in den Mantelflächen der Zylinder 9, sowie in Durchgangsöffnungen in den Trennscheiben 10 geführt sind. Auf diese Weise werden die Leitungen 7,8 in ihrer symmetrischen Anordnung mit im wesentlichen identischen Abstand zur Längsachse des Grundkörpers 1 gehalten.

[0056] Im Anschluss an die dritte Trennscheibe 10 werden die Leitungen 7,8 dann in Nuten in der Mantelfläche eines im Wesentlichen konusförmigen Schaumstoffkörpers 9a geführt, der sich in Richtung der Deckplatte 2 verjüngt. An diesem konusförmigen Schaumstoffkörper 9a schließt sich eine weitere Trennscheibe 10a mit kleineren Radius an, die wiederum Durchgangsöffnungen für die durch zu führenden Leitungen 7,8 aufweist. Schließlich ist zwischen der Trennscheibe 10a und der Deckplatte 2 ein weiterer Zylinder 11 aus Schaumstoff angeordnet, der wiederum Nuten in seiner Mantelfläche aufweist, um die durch zu führenden Leitungen 7,8 aufzunehmen.

[0057] Auf diese Weise kann symmetrisch der Abstand zwischen den zu einer Doppelwendel T0,R0,T90,R90 gehörenden Leitungen 7,8 verringert werden, so dass zu einer besseren Symmetrisierung der in Fig. 4 dargestellte, frei liegende Bereich des Innenleiters 7a klein gegenüber der Wellenlänge λ wird.

[0058] Im vorliegenden Fall wird als Schaumstoffmaterial für die Zylinder 9, den konusförmigen Schaumstoffkörper 9a und den Zylinder 11 ein Material verwendet, das vorzugsweise die folgenden physikalischen Eigenschaften aufweist:

Dichte:	< 50 kg/m^3, insbesondere < 35 kg/m^3
Dielektrizitätskonstante:	1,0 - 1,1 für Frequenzen < 26,5 GHz
Dielektrischer Verlustfaktor:	< 0,002 für Frequenzen < 10 GHz

[0059] Als kommerziell erhältliches Schaumstoffmaterial kommt hierfür beispielsweise ein geeigneter Polymethacrylimid-(PMI-)-Hartschaumstoff wie Rohacell®31 in Frage.

[0060] Die Trennscheiben 10 und 10a bestehen im vorliegenden Fall aus einem vorzugsweise sehr steifen Material mit guter Bruchfestigkeit und geeigneten dielektrischen Eigenschaften. Beispielsweise werden diese Anforderungen von Polyvinylchlorid (PVC hart) erfüllt.

[0061] Weiterhin weisen die Zylinder 9, der konusförmige Schaumstoffkörper 9a, der Zylinder 11 sowie die Trennscheiben 10 und 10a im vorliegenden Fall eine zentrale

[0062] Bohrung auf, so dass gegebenenfalls zentral auf der Längsachse des Grundkörpers 1 eine oder mehrere Einspeiseleitungen für zusätzliche Antennen, die beispielsweise auf der Deckplatte 2 befestigt sein können, geführt werden können.

[0063] Die Doppelwendeln T0,R0,T90,R90 der beiden Helixantennen 3,4 werden in der vorliegenden Ausführungsform jeweils durch entsprechende Bänder aus Kupferfolie gebildet, die auf die Mantelfläche des Grundkörpers 1 gewickelt

sind. Demzufolge sind die jeweiligen Doppelwendeln im vorliegenden Fall an dem der Einspeisung gegenüberliegenden Enden offen. Die Bänder sind an dem Übergangsbereich zwischen der Deckplatte 2 und der Mantelfläche des Grundkörpers 1 elektrisch leitend mit den jeweiligen Sektoren 21,21 a,22,22a,23,23a,24,24a der Doppelwendeln verbunden.

[0064] Die beiden Helixantennen 3,4 des erfindungsgemäßen Antennensystems können in der gewählten Ausführungsform in den beiden Bereichen von 240 - 270 MHz bzw. von 290 - 320 MHz betrieben werden, so dass ein Senden und Empfangen im UHF-Satcom System möglich ist. Da eine Resonanz bei einer niedrigeren Frequenz mit einer größeren Länge der entsprechenden Doppelwendeln verbunden ist, wird aus Fig. 1 ersichtlich, das es im vorliegenden Fall die Helixantenne 4 ist, die im Bereich von 240 - 270 MHz arbeitet.

[0065] Je nach der verwendeten Elektronik können die beiden Helixantennen 3,4 in der vorliegenden Ausführungsform entweder im Full-Duplex-Modus oder im Half-Duplex-Modus betrieben werden.

[0066] Aufgrund der erfindungsgemäßen symmetrischen Anordnung der beiden ineinander gewickelten Helixantennen 3,4 kann im vorliegenden Fall bereits eine Isolierung zwischen den beiden Antennen von größer 15 dB erreicht werden. Durch eine zusätzliche Verwendung von Filtern kann diese Entkopplung noch weiter verstärkt werden, beispielsweise bis auf 30 dB.

[0067] Der typische Gewinn des vorliegenden Antennensystems mit den beiden Helixantennen 3,4 liegt typischerweise bei 0 dBi, es können jedoch auch 2 dBi erreicht werden. Es wird ein omni-hemisphärisches Strahlungsbild bei einer rechtspolarisierten Abstrahlung erzeugt. Die Antennenimpedanz beträgt 50 Ohm. Die maximale Betriebsleistung 200 W.

[0068] Figur 5 zeigt eine Detailansicht eines Teilbereichs aus Fig.1 und stellt den Basisbereich des Antennensystems mit dem Montagezylinder 6 dar. Im Inneren des Montagezylinders 6 ist in der hier dargestellten Ausführungsform eine zusätzliche Antenne untergebracht.

[0069] Hierbei handelt es sich um einen Monopol in Form einer Stabantenne mit einer Dachkapazität. Dieser Monopol wird im vorliegenden Fall durch einen Kupferring 63 gebildet, der mit Hilfe von Abstandshaltern 64 in einer Querebene des Grundkörpers 1 gehalten wird und der direkt über einen isolierten Anschluss mit dem Basismodul des Antennensystems verbunden ist.

[0070] Die zusätzliche Stabantenne wird im vorliegenden Fall zum Empfang in den Frequenzbereichen von 1 MHz - 30 MHz und 155 MHz - 160 MHz verwendet.

[0071] Weiterhin befinden sich im Inneren des Montagezylinders 6 die beiden 90°-Hybridkopplungen 62 zur Erzeugung der Phasenverschiebung für die Einspeisung der Helixantennen 3,4. Diese sind auf einer den Grundkörper 1 abschließenden Abdeckung 66 angeordnet, an deren Außenseite die Anschlüsse 65 vorgesehen sind, über die das Antennensystem mit der nicht dargestellten Versorgungseinheit verbunden wird.

[0072] Die Haube zum Schutz des Antennensystems gegen Umwelteinflüsse wird in der vorliegenden Ausführungsform von einem Radom aus Glasfaserverstärktem Epoxidharz gebildet, dessen Wandstärke von der Verwendung, entweder mit einem U-Boot oder über Wasser bzw. an Land, abhängt.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0073]

1	Grundkörper
2	Deckplatte
3	Helixantenne
4	Helixantenne
5	Befestigungsplatte
6	Montagezylinder
7	Einspeiseleitung
7a	Innenleiter
8	Leitung
9	Schaumstoffzylinder

9a	Schaumstoffkonus
10	Trennscheibe
10a	Trennscheibe
11	kleiner Schaumstoffzylin- der
21, 21 a	Sektoren
22, 22a	Sektoren
23, 23a	Sektoren
24, 24a	Sektoren
51,51 a	Anschlüsse
52,52a	Anschlüsse
53,53a	Anschlüsse
54,54a	Anschlüsse
55	Schraubenlöcher
56	Schrauben
61	Stirnseite von 6
62	Hybridkopplungen
63	Kupferring
64	Abstandshalter
65	Anschlüsse
66	Abdeckung
T0	Doppelwendel
T90	Doppelwendel
R0	Doppelwendel
R90	Doppelwendel

Patentansprüche

1. Antennensystem zum gleichzeitigen Betrieb in wenigstens zwei verschiedenen Frequenzbereichen, insbesondere zum Senden und Empfangen im Voll-duplex-Betrieb, mit wenigstens zwei quadrifilaren Helixantennen (3,4), von denen jede zwei in Umlaufrichtung mit 90° Versatz zueinander angeordnete und mit 90° Phasenverschiebung angeregte Doppelwendeln (R0,R90,T0,T90) umfasst, wobei

   - die beiden Helixantennen (3,4) sich um dieselbe Längsachse winden und hinsichtlich der gemeinsamen Längsachse um einen Winkel von 45° gegeneinander verdreht sind und

- die Doppelwendeln (R0,R90,T0,T90) beider Helixantennen (3,4) in einer beliebigen Schnittebene quer zur Längsachse jeweils denselben Abstand zur Längsachse aufweisen

dadurch gekennzeichnet, dass die Speisung jeder Doppelwendel (R0,R90,T0,T90) über eine Koaxiale Einspeiseleitung (7) erfolgt, wobei einer der Wendeln der jeweiligen Doppelwendel (R0,R90,T0,T90) mit dem Außenleiter der zugehörigen Einspeiseleitung (7) verbunden ist und die andere Wendel mit dem Innenleiter (7a) der Einspeiseleitung (7) verbunden ist, und
die Symmetriesierung jeden Doppelwendel der Helixantennen (3,4) jeweils über eine Kurzschlussleitungen (8) erfolgt, wobei

- die jeweilise Kurzschlussleitung (8) gemeinsam mit dem Innenleiter (7a) mit den zugehörigen anderen Wendel verbunden ist,
- alle Einspeiseleitungen (7) und Kurzschlussleitungen (8) in Längsrichtung des Antennensystems in gleichem Abstand zur Längsachse der Helixantennen (3,4) symmetrisch angeordnet sind,
- jeweils eine Einspeiseleitung (7) und eine zugehörige Kurzschlussleitung (8) diametral gegenüberliegen,
- die Einspeiseleitungen (7) und die Kurzschlussleitungen (8) im Wesentlichen im konstanten Abstand zur Längsachse geführt werden und sich der Abstand nur in Nähe der Einspeisepunkte verringert, wobei
- die Einspeiseleitungen (7) und Kuzschlussleitungen (8) zumindest über einen Teilabschnitt durch ein Schaumstoffmaterial (9,9a,11) in Form separater Schaumstoffkörper, ortsfest gehaltert werden, wobei die Halterung der Einspeiseleitungen (7) und der Kurzschlussleitungen (7,8) in Nuten auf der Mantelfläche der separaten Schaumstoffkörper (9,9a,11) erfolgt.

2. Antennensystem nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass

- die Doppelwendeln (R0,R90,T0,T90) der beiden Helixantennen (3,4) auf der Mantelfläche eines zur Längsachse rotationssymmetrischen Körpers angeordnet sind und
- insbesondere dass es sich bei dem rotationssymmetrischen Körper um einen Zylinder handelt.

3. Antennensystem nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

- die Einspeisung der jeweiligen Helixantenne (3,4) in einer quer zur Längsachse verlaufenden Ebene erfolgt, die an einem Ende der jeweiligen Helix liegt,
- insbesondere dass die Einspeiseebenen beider Helixantennen (3,4) zusammenfallen und dass
- insbesondere die gemeinsame Einspeiseebene beider Helixantennen (3,4) an dem der Abstrahlungsrichtung zugewandten Ende der Helixantennen (3,4) liegt.

4. Antennensystem nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

- die Doppelwendeln (R0,R90,T0,T90) wenigstens einer Helixantenne (3,4) an dem nicht angeregten Ende offen sind oder
- dass die Doppelwendeln (R0,R90,T0,T90) der beiden Helixantennen (3,4) dieselbe Steigung aufweisen.

5. Antennensystem nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

- die Doppelwendeln (R0,R90,T0,T90) der beiden Helixantennen (3,4) unterschiedliche Länge aufweisen, so dass die Helixantennen (3,4) verschiedene Resonanzfrequenzen aufweisen und
- insbesondere die eine Helixantenne (3,4) ihre Resonanz im Bereich von 210 - 300 MHz, insbesondere 240 - 270 MHz und die zweite Helixantenne (3,4) ihre Resonanz im Bereich von 260 - 350 MHz, insbesondere 290 - 320 MHz hat.

6. Antennensystem nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
es sich bei den wenigstens zwei Frequenzbereichen unter anderem um die Bereiche von 210 - 300 MHz, insbesondere 240 - 270 MHz und von 260 - 350 MHz insbesondere 290 - 320 MHz handelt.

7. Antennensystem nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die beiden Helixantennen (3,4) hinsichtlich ihrer geometrischen Abmessungen, insbesondere ihrem Verhältnis von Länge zu Durchmesser, so ausgelegt sind, dass sie für rechtszirkular polarisierte Wellen eine omni-hemisphärische Strahlungscharakteristik aufweisen.

8. Antennensystem nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

- koaxial zu den beiden Helixantennen (3,4) wenigstens eine weitere Antenne vorhanden ist und
- insbesondere dass es sich bei der wenigstens einen weiteren Antenne um einen Monopolstrahler, insbesondere um eine Stabantenne (63) handelt, der aufgrund seiner geometrischen Abmessungen zum Empfang in den Frequenzbereichen von 0,5 - 60 MHz und 125 - 190 MHz, insbesondere in den Frequenzbereichen von 1 - 30 MHz und 155 - 160 MHz verwendbar ist.

9. Antennensystem nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
dass die Schaumstoffkörper (9,9a,11) die Form von Zylindern und Konussen aufweisen.

10. Antennensystem nach Anspruch einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
zwischen den einzelnen Schaumstoffkörpern (9,9a,11) Platten (10,10a) aus einem unflexiblen Material angeordnet sind, wobei die zu halternden Leitungen (7,8) durch Öffnungen in diesen Platten geführt sind.

Claims

1. An antenna system for simultaneous operations in at least two different frequency bands, in particular for transmitting and receiving in full duplex mode, comprising at least two helix antennas (3, 4) with four coils each, wherein each of the antennas comprises two double coils (R0, R90, T0, T90) disposed in a circumferential direction a with 90° offset from one another and is excited with a 90° degree phase shift, wherein

- the two helix antennas (3, 4) are wound about the same longitudinal axis and are rotated relative to one another with respect to their common longitudinal axis by an angle of 45°,
- the double coils (R0, R90, T0, T90) of both helix antennas, 3, 4) respectively have the same distance from the longitudinal axis in any sectional plane transversal to the longitudinal axis;
- each double coil (R0, R90, T0, T90) is fed through a coaxial feed conductor (7), wherein one of the coils of the respective double coil (R0, R90, T0, T90) is connected with the outer conductor of the associated feed conduit (7) and the other coil is connected with the inner conductor (7a) of the feed conductor (7),
- the symmetric control of each double coil of the helix antennas (3, 4) is respectively performed through a short circuit conductor (8),
- the respective short circuit conductor (8) together with the inner conductor (8a) is connected with an associated other coil;
- all feed conduits (7) and short circuit conduits (8) are symmetrically disposed in a longitudinal direction of the antenna system at the same distance from the longitudinal axis of the helix antennas (3, 4);
- one respective feed conduit (7) and an associated shorting conduit (8) are diametrically opposed,
- the feed conduits (7) and the short circuit conductors (8) are substantially run at a constant distance from the longitudinal axis and the distance is only reduced proximal to the feed points; and
- the feed conduits (7) and the shorting conduits (8) are fixated in position at least over a portion through a foam material (9, 9a, 11) configured as separate foam material elements, wherein the feed conductor (7) and the short circuit conductor (8) are supported in grooves on the enveloping surface of separate foam material elements (9, 9a, 11).

2. The antenna system according to claim 1, wherein

- the double coils (R0, R90, T0, T90) of the two helix antennas (3, 4) are disposed on the enveloping surface of an element that is rotation symmetrical to the longitudinal axis, and
- the rotation symmetrical element is a cylinder in particular.

3. The antenna system according to one of the preceding claims, wherein

- the feeding for the respective helix antenna (3, 4) is performed in a plane extending transversal to the longitudinal axis, wherein the plane is disposed at an end of the respective helix;
- feeding planes of both helix antennas, (3, 4) coincide in particular, and
- a common feeding plane of both helix antennas (3, 4) is disposed in particular at an end of the helix antennas (3, 4) oriented towards a radiation direction.

4. The antenna system according to one of the preceding claims, wherein

- the double coils (R0, R90, T0, T90) of at least one helix antenna (3, 4) are open at the non-excited end, or
- the double walls (R0, R90, T0, T90) of the two helix antennas (3, 4) have the same pitch.

5. The antenna system according to one of the preceding claims, wherein

- the double coils (R0, R90, T0, T90) of the two helix antennas (3, 4) have different lengths, so that the helix antennas (3, 4) have different resonance frequencies; and
- in particular one helix antenna (3, 4) has a resonance frequency in a range of 210 to 300 MHz, in particular 240 to 270 MHz, and a second helix antenna (3, 4) has a resonance in a range of 260 to 350 MHz, in particular 290 to 320 MHz.

6. The antenna system according to one of the preceding claims, wherein the at least two frequency bands include frequency bands from 210 to 300 MHz, in particular from 240 to 270 MHz and from 260 to 350 MHz, in particular from 290 to 320 MHz.

7. The antenna system according to one of the preceding claims, wherein the two helix antennas (3, 4) with respect to their geometric dimensions, in particular their ratio of length to diameter, are configured, so that they include omni-hemispherical radiation characteristics for waves polarized in a right circular manner.

8. The antenna system according to one of the preceding claims, wherein

- at least one additional antenna is provided coaxial to the two helix antennas (3, 4), and
- in particular the at least one additional antenna is a mono-polar transmitter, in particular a rod antenna (63), which due to its geometric dimensions is usable for receiving in the frequency ranges of 0.5 to - 60 MHz and 125 - 190 MHz, in particular in the frequency ranges of 1 - 30 MHz and 155 - 160 MHz.

9. The antenna system according to one of the preceding claims, wherein the foam elements (9, 9a, 11) have a cylindrical or cone shape.

10. The antenna system according to one of the preceding claims, wherein plates (10, 10a) made from a non-flexible material are disposed between the particular foam elements (9, 9a, 11), wherein the conductors (7, 8) to be supported are run through openings in the plates.

Revendications

1. Système d'antennes pour le fonctionnement simultané dans au moins deux plages de fréquences différentes en particulier pour l'envoi et la réception en duplex intégral avec aux moins deux antennes quadrifilaires (3, 4) dont chacune comprend deux doubles hélices (R0, R90, TO, T90) disposées en décalé dans le sens de rotation à 90° entre elles et excitées avec un décalage de phase de 90°,

- les deux antennes hélicoïdales (3, 4) s'enroulant autour du même axe longitudinal et étant tournées en opposé d'un angle de 45° par rapport à l'angle longitudinal commun et
- les doubles hélices (R0, R90, TO, T90) des deux antennes hélicoïdales présentant dans n'importe quel plan de coupe transversalement à l'axe longitudinal respectivement la même distance avec l'axe longitudinal,

caractérisé en ce que l'alimentation de chaque double hélice (R0, R90, TO, T90) s'effectue par une ligne d'alimentation coaxiale (7), l'une des hélices des doubles hélices respectives (R0, R90, TO, T90) étant reliée au con-

ducteur externe de la ligne d'alimentation respective (7) et l'autre hélice étant reliée au conducteur interne (7a) de la ligne d'alimentation (7),
la symétrisation de chaque double hélice des antennes hélicoïdales (3, 4) s'effectue respectivement par une ligne de court-circuit (8),

- la ligne de court-circuit (8) étant reliée en commun avec le conducteur interne (7a) à l'autre hélice respective,
- toutes les lignes d'alimentation (7) et les lignes de court-circuit (8) sont disposées symétriquement dans le sens longitudinal du système d'antennes à la même distance de l'axe longitudinal des antennes hélicoïdales (3, 4),
- respectivement une ligne d'alimentation (7) et une ligne de court-circuit associée (8) sont diamétralement opposées,
- les lignes d'alimentation (7) et les lignes de court-circuit (8) sont guidées sensiblement à distance constante de l'axe longitudinal et la distance ne diminue qu'à proximité des points d'alimentation,
- les lignes d'alimentation (7) et les lignes de court-circuit (8) étant maintenues fixement au moins sur une section par un matériau en mousse expansée (9, 9a, 11) sous forme de corps séparés de matériau en mousse expansée, la fixation des lignes d'alimentation (7) et des lignes de court-circuit (7, 8) s'effectuant dans des rainures sur la surface d'enveloppe des corps séparés de matériau en mousse expansée (9, 9a, 11).

2. Système d'antennes selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**

- les doubles hélices (R0, R90, TO, T90) des deux antennes hélicoïdales (3 ,4) sont disposées sur la surface d'enveloppe d'un corps symétrique en rotation par rapport à l'axe longitudinal et
- en particulier **en ce que** le corps symétrique en rotation est un cylindre.

3. Système d'antennes selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**

- l'alimentation de l'antenne hélicoïdale respective (3, 4) s'effectue dans un plan s'étendant transversalement à l'axe longitudinal, plan qui se trouve à une extrémité de l'hélice respective,
- en particulier que les plans d'alimentation des deux antennes hélicoïdales (3 ,4) coïncident et **en ce qu'**
- en particulier le plan d'alimentation commun des deux antennes hélicoïdales (3 ,4) se trouve sur l'extrémité des antennes hélicoïdales (3 ,4), tournée vers la direction de rayonnement.

4. Système d'antennes selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**

- les doubles hélices (R0, R90, TO, T90) d'au moins une antenne hélicoïdale (3, 4) sont ouvertes à l'extrémité non excitée ou
- **en ce que** les doubles hélices (R0, R90, TO, T90) des deux antennes hélicoïdales (3 ,4) présentent la même inclinaison.

5. Système d'antennes selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**

- les doubles hélices (R0, R90, TO, T90) des deux antennes hélicoïdales (3 ,4) présentent des longueurs différentes de sorte que les antennes hélicoïdales (3 ,4) présentent des fréquences de résonance différentes et
- en particulier une antenne hélicoïdale (3, 4) a sa résonance dans la plage comprise entre 210 et 300 MHz, en particulier entre 240 et 270 MHz et la seconde antenne hélicoïdale (3, 4) a sa résonance dans la plage comprise entre 260 et 350 MHz, en particulier 290 à 320 MHz.

6. Système d'antennes selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins les deux plages de fréquences sont entre autres des fréquences comprises entre 210 et 300 MHz, en particulier entre 240 et 270 MHz et entre 260 et 350 MHz, en particulier entre 290 et 320 MHz.

7. Système d'antennes selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les deux antennes hélicoïdales (3 ,4) sont réalisées au niveau de leurs dimensions géométriques en particulier leur rapport entre la longueur et le diamètre de sorte qu'elles présentent une caractéristique de rayonnement omni-hémisphérique pour des ondes polarisées circulaires dans le sens horaire.

8. Système d'antennes selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**

- il existe au moins une autre antenne coaxialement aux deux antennes hélicoïdales (3 ,4) et
- en particulier l'autre antenne est un émetteur monopolaire, en particulier une antenne à tige (63) qui peut être utilisée en raison de ses dimensions géométriques pour la réception dans les plages de fréquences de 0,5 à 60 MHz et 125 à 190 MHz, en particulier dans les plages de fréquences de 1 à 30 MHz et 155 à 160 MHz.

9. Système d'antennes selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les corps (9, 9a, 11) en matière de mousse expansée présentent la forme de cylindres et de cônes.

10. Système d'antennes selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**entre chacun des corps en matière mousse expansée (9, 9a, 11) sont disposées des plaques (10, 10a) en matériau non flexible, les lignes à maintenir (7, 8) étant guidées par des ouvertures dans ces plaques.

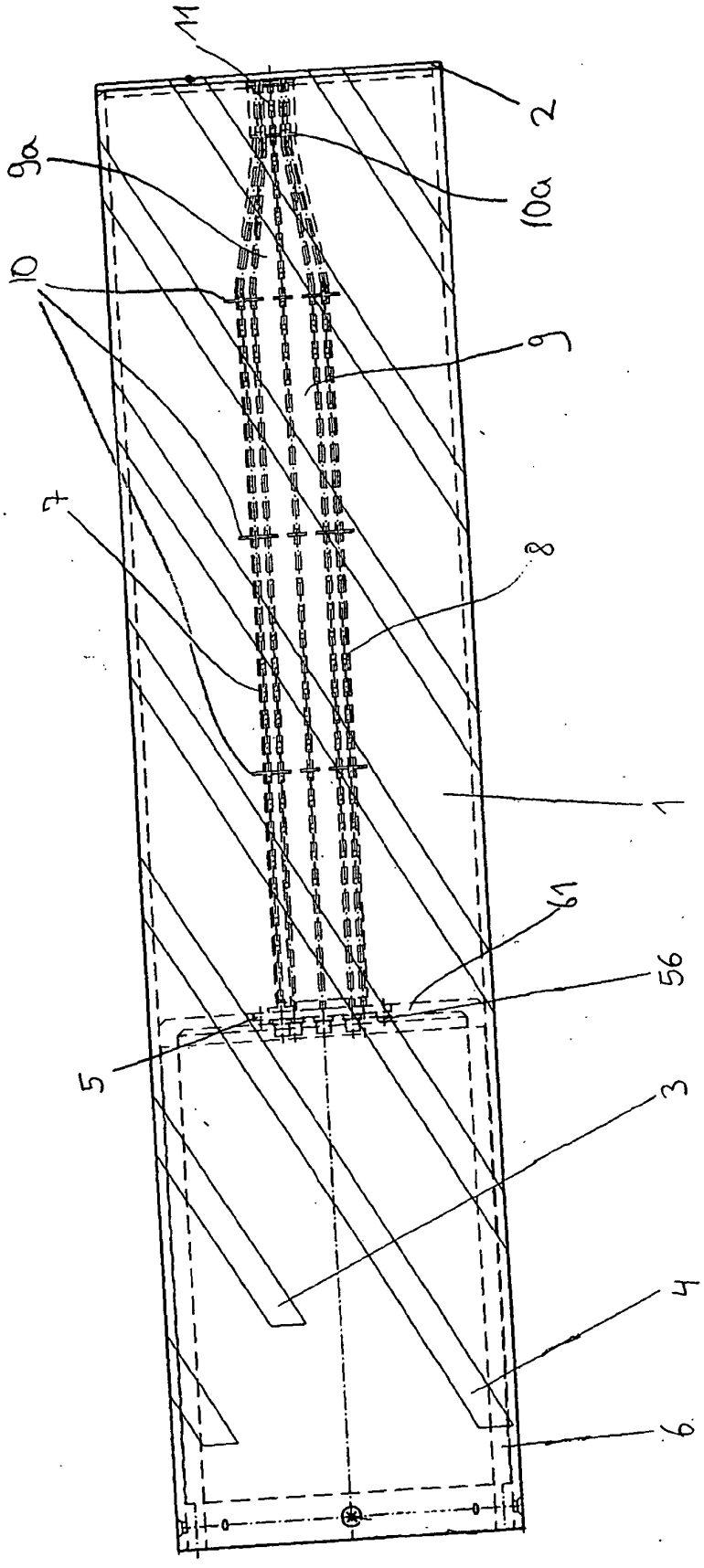


Fig. 1

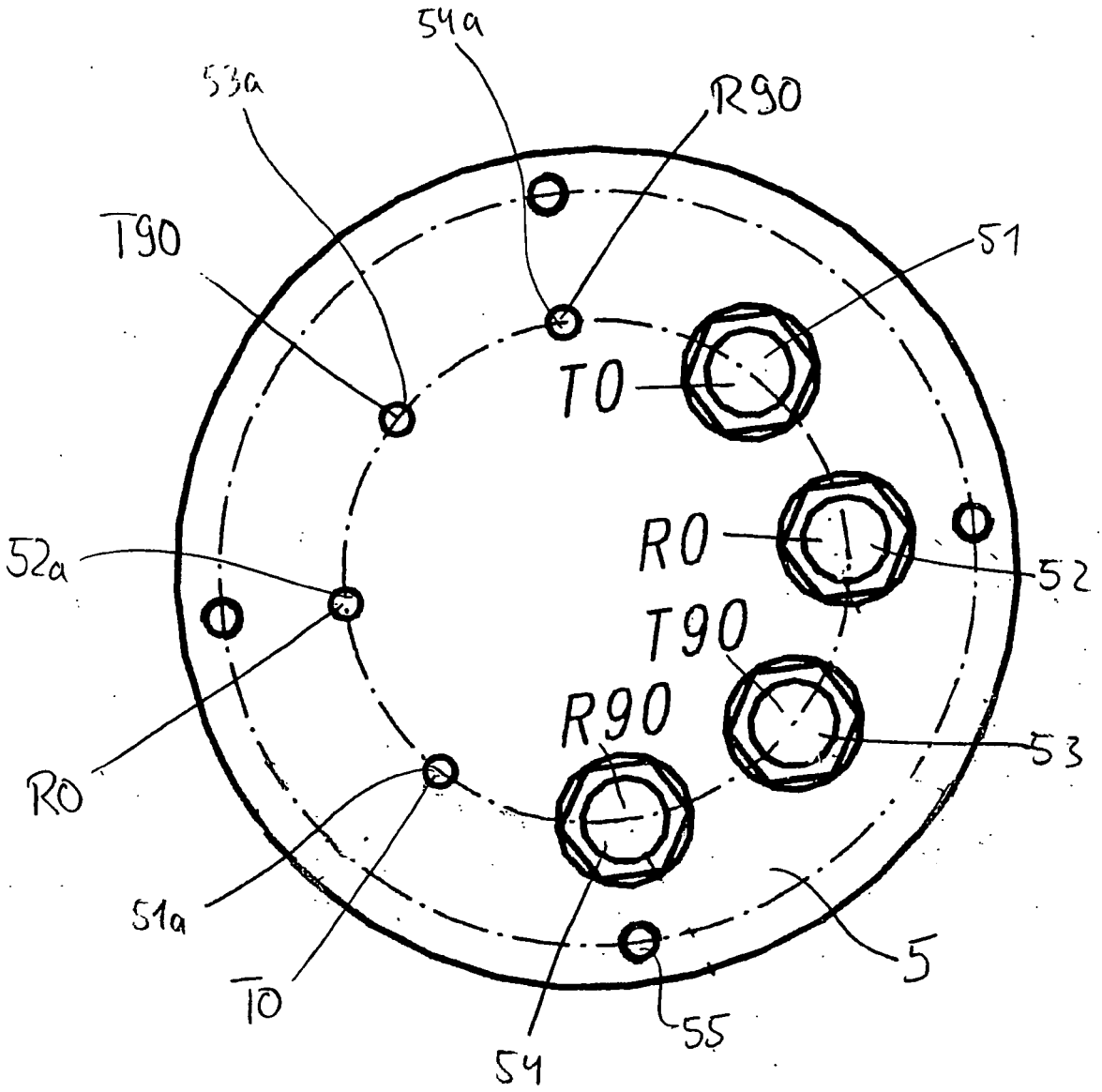


Fig. 2

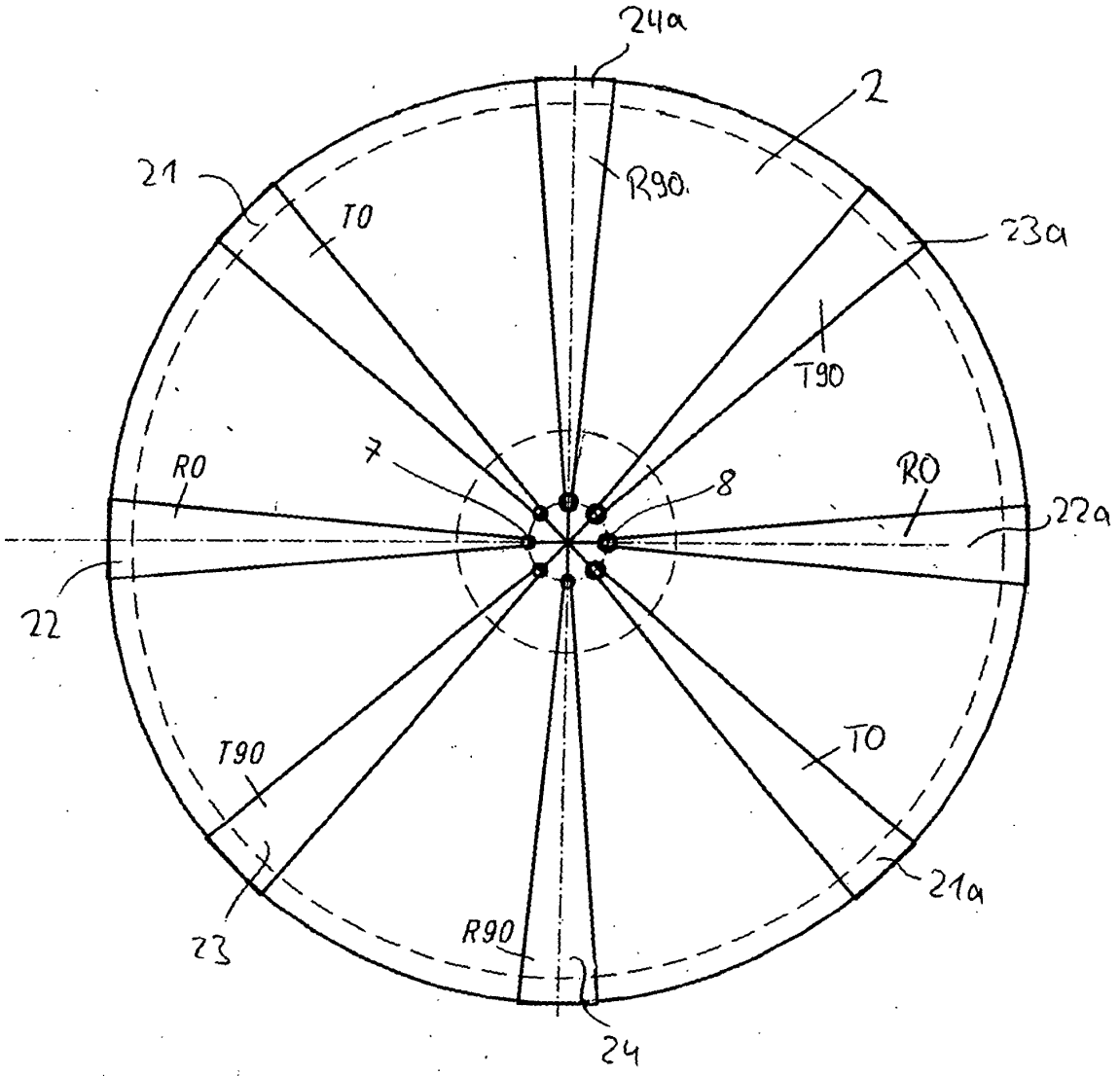


Fig. 3

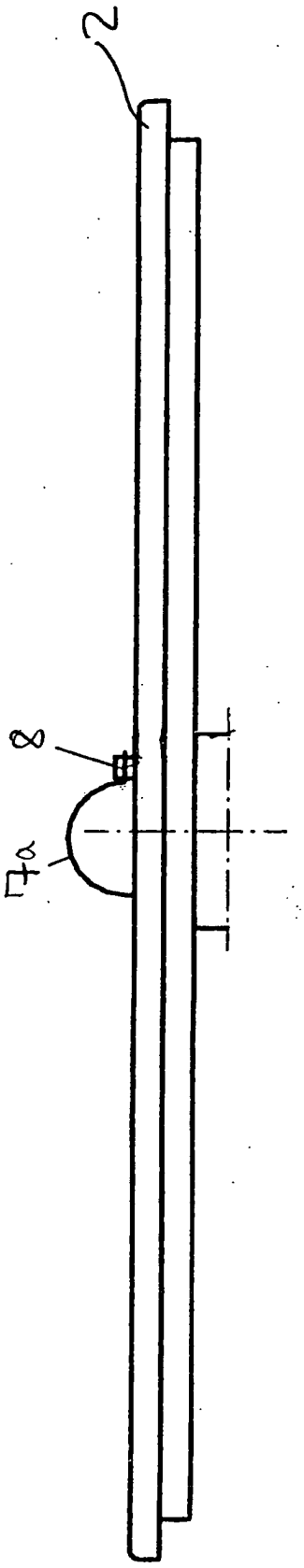


Fig 4

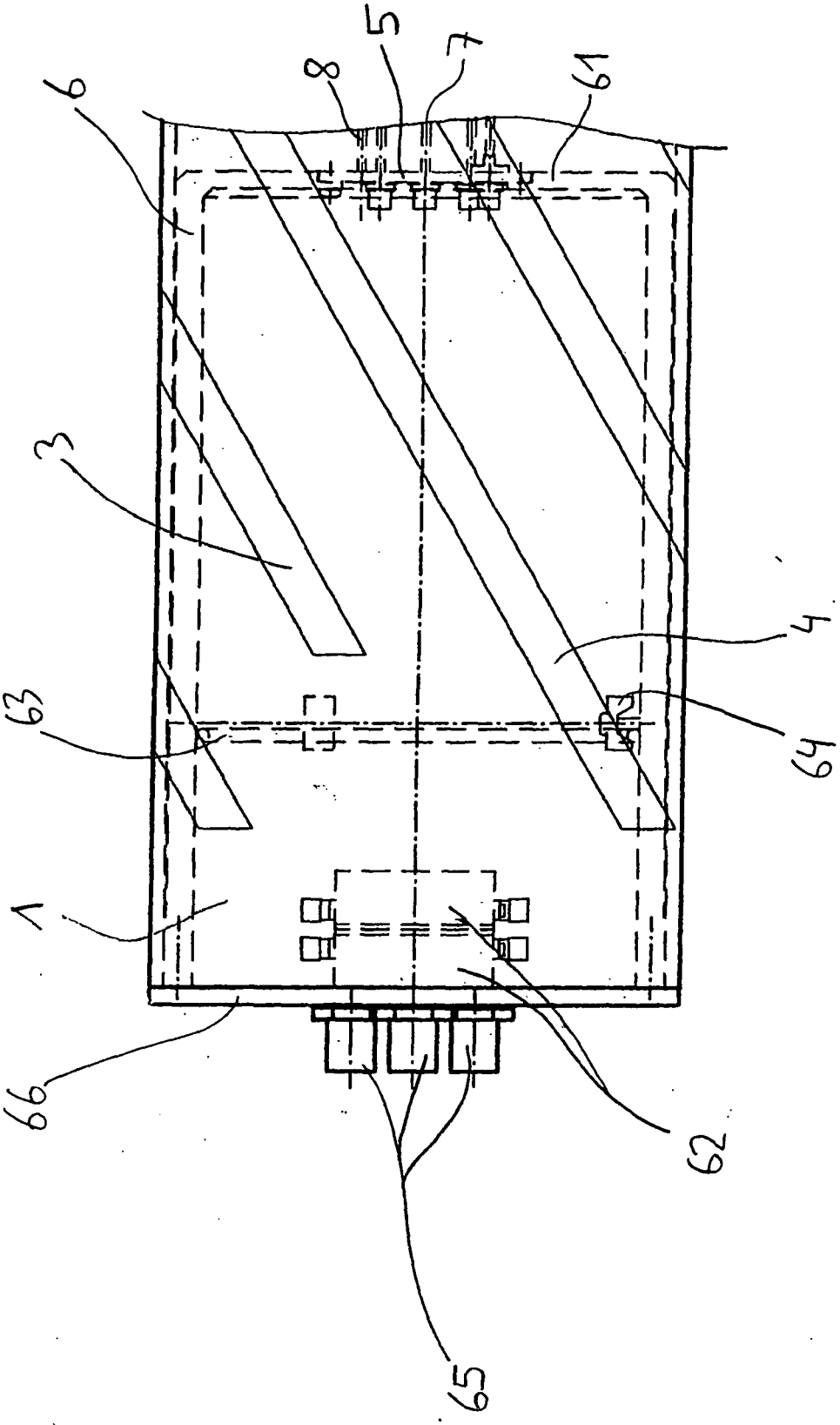


Fig. 5

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

- EP 0715369 A **[0011]**
- EP 0856906 A **[0012]**
- US 6545649 B **[0013]**