

(19)



(11)

EP 1 672 735 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
07.10.2009 Patentblatt 2009/41

(51) Int Cl.:
H01Q 7/00 (2006.01)

H01Q 21/29 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05405709.6**

(22) Anmeldetag: **20.12.2005**

(54) **Antenne mit magnetischem und kapazitivem Strahler**

Antenna including magnetic and capacitive radiator

Antenne comportant une source magnétique et capacitive

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

(30) Priorität: **20.12.2004 CH 21042004**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.06.2006 Patentblatt 2006/25

(73) Patentinhaber: **Badertscher, Gerhard**
3065 Bolligen (CH)

(72) Erfinder: **Badertscher, Gerhard**
3065 Bolligen (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-00/25385 DE-U1- 8 812 235
US-A- 1 589 344 US-A- 2 657 312
US-A- 3 740 753 US-A1- 2004 095 280
US-B1- 6 437 750

EP 1 672 735 B1

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).

Beschreibung

Technisches Gebiet

5 **[0001]** Die Erfindung betrifft eine Antenne, insbesondere eine Sendeantenne.

Stand der Technik

10 **[0002]** In der DE 88 12 235 U1 sind magnetische Sende- und/oder Empfangsantennen beschrieben. Diese bekannten Antennen haben einen annähernd kreisringförmig gebogenen Ring, dessen Ringenden einen Plattenkondensator aufweisen, wobei eine Einstellung der Kondensatorkapazität über eine Verstellung des Plattenabstandes erfolgt. Bei der Verlängerung einer Kondensatorplatte oder einer teilweise nicht parallelen Weiterführung der Kondensatorplatten ändert sich wesentlich das Strahlungsdiagramm der Antenne. Gleichzeitig kommt zur magnetischen eine elektromagnetische Strahlungskomponente hinzu.

15 **[0003]** Aus der WO00/25385 A1 ist eine breitbandige Antenne bekannt, die sowohl elektrische als auch magnetische Dipole aufweist, die über sich verjüngende Elemente gespeist werden. Die äußeren Enden dieser Elemente sind durch schleifenförmige Elemente miteinander verbunden. Ferner können die Enden der kapazitiven Dipole gebogen sein, um eine erhöhte Endkapazität zu erreichen.

20 Aufgabe der Erfindung

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Antenne, insbesondere eine Sendeantenne, mit einem guten Wirkungsgrad bei kleinen geometrischen Abmessungen zu schaffen.

25 Lösung der Aufgabe

[0005] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale von Patentanspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungsvarianten sind durch die Merkmale der abhängigen Patentansprüche definiert.

30 **[0006]** Ein typischer kapazitiver Strahler (kapazitive Antenne) **1** ist in **Figur 1** dargestellt. Der kapazitive Strahler **1** hat zwei Strahlungsarme **3a** und **3b** und zwei zu den Strahlungsarmen **3a** und **3b** führende Abstandshalter **5a** und **5b**. Eine Energieeinspeisung erfolgt an den Anschlüssen **6a** und **6b** an den den Strahlungsarmen **3a** und **3b** abgewandten Enden der Abstandshalter **5a** und **5b**. Das elektrische Ersatzschaltbild dieses kapazitiven Strahlers **1** zeigt **Figur 2**. Das Ersatzschaltbild beinhaltet eine mit einem Strahlungswiderstand R_E in Reihe geschaltete Kapazität C_E .

35 **[0007]** Dipol- oder Monopolantennen, die vorwiegend ein elektrisches Feld abstrahlen, werden oft in einer verkürzten Form verwendet, indem die Strahlungsarme auf einen Bruchteil der optimalen Länge verkürzt werden (z.B. auf 1/10 der Wellenlänge). Derart verkürzte Strahlungsarme ergeben eine hohe, kapazitive Eingangsimpedanz.

[0008] Die Anpassung kapazitiver Strahler an ein übliches 50 Ohm-Koaxialkabel erfordert ein nicht dargestelltes Anpassnetzwerk, das meist aus Spulen und Kondensatoren besteht. Da Spulen nicht verlustfrei hergestellt werden können, erniedrigt sich der Wirkungsgrad durch Wärmeverluste in den Spulen zum Teil erheblich.

40 **[0009]** Ein typischer magnetischer Strahler (magnetische Antenne) **7** ist in **Figur 3** dargestellt. Der magnetische Strahler **7** weist eine Spule mit vorzugsweise einer einzigen Windung **9** und einem einstellbaren Kondensator **11** für eine Frequenzabstimmung sowie eine kleine Einkoppelschleife **13** für eine Energiezufuhr auf. An die beiden Anschlüsse **14a** und **14b** der Einkoppelschleife **13** wird ein nicht dargestelltes Koaxialkabel oder ein sonstiger Hochfrequenzleiter angeschlossen. Der magnetische Strahler arbeitet in Resonanz, d.h. die exakte Frequenz muss mittels des Kondensators **11** eingestellt werden. Ein Frequenzbereich ergibt sich aus der Maximal- und Minimalkapazität des Kondensators **11**.

45 **[0010]** In **Figur 4** ist das elektrische Ersatzschaltbild des magnetischen Strahlers **7** dargestellt. Das Ersatzschaltbild zeigt einen Parallelschwingkreis, der aus einer Induktivität L , einer Kapazität C , einem Strahlungswiderstand R_M und einem Verlustwiderstand R_V besteht. In vielen Fällen ist R_V grösser als R_M . Hierdurch reduziert sich der Wirkungsgrad erheblich. Für viele Anwendungen ist zudem die schmale Arbeitsbandbreite des magnetischen Strahlers **7** nachteilig, d.h. der Kondensator **11** muss auch bereits bei kleinen Frequenzänderungen nachgestellt werden.

[0011] Wie bereits oben ausgeführt ist, wird nun erfindungsgemäss eine Kombination eines magnetischen Strahlers mit einem kapazitiven Strahler vorgenommen.

55 **[0012]** Vorzugsweise wird man den kapazitiven Strahler an der Peripherie des magnetischen Strahlers anordnen. Ein bevorzugter Ort ergibt sich, bei einem Anschluss des kapazitiven Strahlers im Bereich des Kondensators des magnetischen Strahlers. Der kapazitive Strahler wird dann mit der jeweils am Kondensator anliegenden HF-Spannung (Hochfrequenzspannung) gespeist. Vereinfacht ausgedrückt, macht der magnetische Strahler eine Impedanzanpassung für die Strahlungsarme des angekoppelten elektrischen Strahlers. Die Impedanzanpassung ist dann abhängig von der elektrischen Distanz vom Energieeinkopplungsort am magnetischen Strahler. Selbstverständlich kann ein Anschluss

(Ankopplung) des elektrischen Strahlers auch an anderen Orten der Peripherie, der meistens nur aus einer Windung bestehenden Drahtschleife des magnetischen Strahlers, erfolgen.

[0013] Vorzugsweise wird man den elektrischen Strahler, d.h. seine Strahlungsarme in unmittelbarer Nähe zum Anschlusspunkt des Kondensators des magnetischen Strahlers anordnen, wobei der Begriff der unmittelbaren Nähe in der Regel durch konstruktive Zwänge vorgegeben ist. Man sollte jedoch darauf achten, dass ein Abstand von der wirksamen Kapazität höchstens $\lambda/16$ entfernt ist, wobei λ die Wellenlänge der abzustrahlenden Frequenz ist. Je näher die elektrischen Strahlungsarme am Kondensator angeordnet werden, desto besser ist eine Kopplung zum elektrischen Strahler und desto kleiner können geometrische Abmessungen bei gleicher Frequenz gewählt werden.

[0014] Vorzugsweise wird man die Strahlungsarme des kapazitiven Strahles in zueinander parallelen Ebenen liegend anordnen. Diese parallelen Ebenen kann man parallel zur Ebene des magnetischen Strahlers legen. Es können auch alle Strahlungselemente in einer einzigen Ebene angeordnet werden. Wie unten ausgeführt, kann dann durch eine entsprechende Auswahl der geometrischen Abmessungen des magnetischen und des kapazitiven Strahlers eine Optimierung eines Vor-/Rückwärtsverhältnisses erreicht werden, wodurch sich eine Richtantenne ergibt.

[0015] Durch eine kapazitive Belastung der Strahlungsarmenden (Endkapazitäten) kann zudem eine Verkürzung der Strahlungsarme erreicht werden.

[0016] Weitere Vorteile und Ausführungsvarianten der erfindungsgemässen Antenne ergeben sich aus der nachfolgenden Detailbeschreibung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] Die zur Erläuterung der Ausführungsbeispiele verwendeten Zeichnungen zeigen in

- Fig. 1 einen typischen kapazitiven Strahler,
- Fig. 2 ein elektrisches Ersatzschaltbild des in **Figur 1** dargestellten kapazitiven Strahlers,
- Fig. 3 einen typischen magnetischen Strahler,
- Fig. 4 ein elektrisches Ersatzschaltbild des in **Figur 3** dargestellten magnetischen Strahlers,
- Fig. 5 eine Ausführungsform einer Antenne,
- Fig. 6 ein elektrisches Ersatzschaltbild zu der in **Figur 5** gezeigten Antenne,
- Fig. 7 ein zum Ersatzschaltbild in **Figur 6** modifiziertes, elektrisches Ersatzschaltbild,
- Fig. 8 ein Strahlungsfeld im Fernfeld links und rechts eines kapazitiven Strahlers mit dem in der Papierebene liegenden Strahlungsarmen **29a** und **29b** in perspektivischer Darstellung mit den elektrischen Feldvektoren $\mathbf{E}_K$ (in der Papierebene) und den magnetischen Feldvektoren $\mathbf{B}_{K1}$ und $\mathbf{B}_{K2}$ (senkrecht nach vorne und nach hinten zur Papierebene stehend),
- Fig. 9 ein Strahlungsfeld im Fernfeld links und rechts eines magnetischen Strahlers, dessen Windung in der Papierebene liegt, in perspektivischer Darstellung mit den elektrischen Feldvektoren $\mathbf{E}_{M1}$ und $\mathbf{E}_{M2}$ in der Papierebene sowie den magnetischen Feldvektor $\mathbf{B}_M$ senkrecht aus der Papierebene nach vorne stehend,
- Fig. 10 ein Ausführungsbeispiel zu der in **Figur 5** erklärten Antenne,
- Fig. 11 ein Diagramm für ein Leistungsverhältnis P_E / P_M von abgestrahlter elektrischer P_E zu magnetischer Leistung P_M in Abhängigkeit von einer auf die Wellenlänge λ normierten wirksamen Länge ℓ der beiden kapazitiven Strahler bei einer Antennenresonanzfrequenz vom 14 MHz, gemäss Ausführungsbeispiel,
- Fig. 12 ein Diagramm für einen Antennenwirkungsgrad W über einer normierten Strahlerlänge ℓ / λ einer auch dem Diagramm in **Figur 11** zugrunde gelegten Antenne,
- Fig. 13 ein Diagramm für eine Bandbreite B in Kilohertz über einer normierten Strahlerlänge ℓ / λ einer auch dem Diagramm in **Figur 11** zugrunde gelegten Antenne,
- Fig. 14 eine Variante des kapazitiven Strahlers einer in **Figur 5** dargestellten Antenne,
- Fig. 15 eine weitere Variante zu der in **Figur 14** dargestellten Antenne,
- Fig. 16 eine weitere Antennenvariante mit gegenüber **Figur 10** anders angeordneten kapazitiven Strahlern,
- Fig. 17 eine Antennenvariante zu der in **Figur 16** gezeigten Antenne mit kapazitiven Strahlern, welche einen Winkel von 90° miteinander einschliessen,
- Fig. 18 eine Antennenvariante zu der in **Figur 5** dargestellten Antenne, wobei die beiden kapazitiven Strahler weder parallel zueinander angeordnet sind, noch miteinander fluchten,
- Fig. 19 eine Antennenvariante zu der in **Figur 17** dargestellten Antenne, wobei die beiden kapazitiven Strahler als Seitenverlängerung einer quadratischen Windung des magnetischen Strahlers ausgebildet sind und miteinander fluchten,
- Fig. 20 eine Ausführungsvariante zur Antennendarstellung in **Figur 16**, wobei die beiden kapazitiven Strahler in einer Ebene senkrecht zur Ebene des magnetischen Strahlers liegen,
- Fig. 21 eine Ausführungsvariante zur Antennendarstellung in **Figur 16**, wobei jeder kapazitive Strahler in einer voneinander distanzierten parallelen Ebene liegt, zu denen mittig der magnetische Strahler angeordnet ist,

- Fig. 22 eine Antennenausführungsvariante für eine Antennenanordnung als sogenannte gedruckte Schaltung,
 Fig. 23 eine Skizze, in der mögliche Anschlussorte eines kapazitiven Strahlers an einen magnetischen Strahler auf-
 gezeigt werden,
 Fig. 24 eine schematische Darstellung einer p-förmig ausgebildeten Antenne und
 5 Fig. 25 eine Ansicht in Blickrichtung XXV der in **Figur 24** dargestellten Antenne in technischer Ausführung.

Wege zur Ausführung der Erfindung

10 **[0018]** Die in **Figur 5** in einer Ausführungsform dargestellte Antenne **15** ist eine Kombination eines magnetischen Strahlers mit einem kapazitiven Strahler. Die Antenne **15** hat zwei kapazitiv wirkende Strahlungsarme **17a** und **17b**, zwei Abstandshalter **19a** und **19b**, einen in seinem Kapazitätswert einstellbaren Kondensator **22**, eine einzige kreisförmig gebogene Windung **20** und eine Energieeinkopplung **21**. Die Energieeinkopplung **21** weist zwei Anschlüsse **23a** und **23b** auf. Einer der Anschlüsse **23b** ist hier vorzugsweise geerdet. Die Energieeinkopplung **21** ist an einem in der Lage auf der Windung **20** einstellbaren Ort **24** mit dieser elektrisch verbunden. Die beiden Anschlüsse **23a** und **23b** werden
 15 in der Regel an ein Koaxialkabel angeschlossen, durch das die Sendeleistung zugeführt wird. Betreffend einer optimalen Lage des Einkoppelorts **24** werden unten weitere Angaben gemacht.

[0019] Die Strahlungsarme **17a** und **17b** sind über einen Abstandshalter **19a** und **19b** in der Nähe des in der Windung **20** liegenden Kondensators **22** mit je einem dessen Anschlusses elektrisch verbunden, so dass sie mit der dort vorhandenen HF-Spannung gespeist werden. Ein Ende jedes Abstandshalters **19a** bzw. **19b** ist elektrisch mit der Drahtschleife **20** und das jeweils andere Ende mit einem Ende je eines Strahlungsarms **17a** bzw. **17b** unter einem Winkel von 90° galvanisch verbunden. Die Strahlungsarme **17a** und **17b**, die Abstandshalter **19a** und **19b** und die Drahtschleife **20** liegen hier in ein- und derselben Ebene, wobei die beiden Strahlungsarme **17a** und **17b** miteinander fluchten.
 20

[0020] **Figur 6** zeigt ein elektrisches Ersatzschaltbild **25** zu der in **Figur 5** gezeigten Antenne **15**. Das Ersatzschaltbild **25** beinhaltet eine Induktivität **L** mit hier lediglich einer einzigen Windung **20**. Ferner weist das Ersatzschaltbild **25** eine Kapazität **C** des Kondensators **22**, eine Kapazität **C_E** der Strahlungsarme **17a** und **17b**, einen Strahlungswiderstand **R_E** des kapazitiven Strahlers, einen Strahlungswiderstand **R_M** des magnetischen Strahlers und einen Verlustwiderstand **R_V** der gesamten Antenne **15** auf. Die magnetische Antenne, als ein Teil dieser Kombination (**Figur 5**), erfüllt eine Doppelfunktion: Sie strahlt ein magnetisches Feld ab und gleichzeitig transformiert sie die HF-Spannung für den kapazitiven Strahler, welcher ein elektrisches Feld abstrahlt.
 25

[0021] **Figur 7** zeigt ein für die nachfolgenden Abschätzungen verwendetes, modifiziertes, elektrisches Ersatzschaltbild **27**, welches mit den nachfolgenden Umformungen aus dem in **Figur 6** dargestellten Ersatzschaltbild **25** hervorgegangen ist. Die Elemente **C_E**, **C**, **R_M** und **R_V** sind in den beiden Ersatzschaltbildern **25** und **27** gleich geblieben. Der Widerstand **R_E'** ist der in einen magnetischen Teil der Antenne **15** transformierte Strahlungswiderstand **R_E** des kapazitiven Strahlers.
 30

[0022] Ein Strom **i** im magnetischen Kreis der Antenne **15** wird gemäss dem Ersatzschaltbild **25** in **Figur 6** aufgeteilt in die beiden Teilströme **i₁** und **i₂**
 35

$$i = i_1 + i_2. \quad (1)$$

[0023] Ein kapazitiver Blindwiderstand **X_C** des Kondensators **26** mit der Kapazität **C** ergibt sich bei einer Resonanzfrequenz **f** zu
 40

$$X_C = 1 / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C).$$

[0024] Ein kapazitiver Blindwiderstand **X_{CE}** des kapazitiven Strahlers mit den Strahlungsarmen **17a** und **17b** mit der Kapazität **C_E** ergibt sich bei der Resonanzfrequenz **f** zu
 45

$$X_{CE} = 1 / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_E).$$

[0025] Für den im Kondensator **26** fliessenden Strom **i₁** gilt bei einer über dem Kondensator **26** liegenden Spannung **u**
 50

$$i_1 = u / X_C.$$

[0026] Bei einem kapazitiven Strahler mit in einer Ausführungsvariante kurzen Strahlungsarmen **17a** und **17b** ist der kapazitive Blindwiderstand X_C viel grösser als der Strahlungswiderstand R_E .

[0027] Für den Strom i_2 im kapazitiven Strahler gilt näherungsweise

$$i_2 = u / X_{CE}.$$

[0028] Mit einer Division der obigen Gleichungen für die Ströme i_1 und i_2 lässt sich die Spannung u eliminieren:

$$i_1 / i_2 = X_{CE} / X_C. \quad (2)$$

[0029] Wird der Strom i_1 unter Verwendung von Gleichung (1) in Gleichung (2) eliminiert, so ergibt sich für den Strom i_2

$$i_2 = i \cdot 1 / [(X_{CE}/X_C) + 1].$$

[0030] Daraus ergibt sich eine abgestrahlte elektrische Leistung P_E durch den kapazitiven Strahler zu

$$P_E = i_2^2 \cdot R_E = i^2 \cdot 1 / [(X_{CE}/X_C) + 1]^2 \cdot R_E$$

oder

$$P_E = i^2 \cdot R_E' \quad \text{mit} \quad R_E' = 1 / [(X_{CE}/X_C) + 1]^2 \cdot R_E. \quad (3)$$

[0031] R_E' ist in dem in **Figur 7** dargestellten Ersatzschaltbild eingezeichnet. Der Strom i durchfließt den transformierten Strahlungswiderstand R_E' und strahlt die gleiche elektrische Leistung ab wie der im Ersatzschaltbild in **Figur 6** eingezeichnete Strahlungswiderstand R_E , durch den der Strom i_2 fließt.

[0032] Eine magnetische Leistungsabstrahlung P_M erfolgt durch den magnetischen Strahler, gebildet aus der Windung **20** und dem Kondensator **22**.

[0033] Bezüglich der abgestrahlten elektrischen Leistung P_E im Verhältnis zur abgestrahlten magnetischen Leistung P_M gilt

$$P_E / P_M = (i^2 \cdot R_E') / (i^2 \cdot R_M) = R_E' / R_M.$$

[0034] Die erfindungsgemässe Antenne, obwohl sie einen magnetischen Strahler enthält, hat gegenüber einem "reinen" magnetischen Strahler, wie unten ausgeführt wird, einen höheren Wirkungsgrad W und eine grössere Bandbreite B und kann bei geeigneter Wahl der Antennen-geometrie zudem einen Richteffekt erzeugen. Das Verhältnis P_E / P_M steigt mit der Länge L des kapazitiven Strahlers an. Bei einer bestimmten Länge L des kapazitiven Strahlers wird $R_E' = R_M$, dann wird $P_E / P_M = 1$, d.h. die magnetisch abgestrahlte Leistung P_M ist gleich gross wie die elektrisch abgestrahlte Leistung P_E . Die Antenne **15** erzeugt in diesem Fall einen Richteffekt (siehe Ausführungsbeispiel).

[0035] Der Richteffekt der Antenne **15** wird an Hand der Figuren **8** und **9** erläutert. Die **Figur 8** zeigt das elektrische und das magnetische Strahlungsfeld E_K und B_K im Fernfeld eines kapazitiven Strahlers mit den Strahlungsarmen **29a** und **29b**, welche in der Papierebene liegen. Das elektrische Fernfeld links und rechts der Strahlungsarme **29a** und **29b** liegt in der hier gezeigten Momentaufnahme in der Papierebene, wobei das elektrische Feld E_K auf der linken wie auch

auf der rechten Seite noch oben zeigt. Die magnetischen Fernfeldvektoren $\mathbf{B}_{K1}$ und $\mathbf{B}_{K2}$, erzeugt durch die beiden Strahlungsarme **29a** und **29b** des kapazitiven Strahlers, stehen auf deren linken Seite senkrecht auf der Papierebene nach hinten zeigend ($\mathbf{B}_{K1}$) und auf der rechten Seite senkrecht auf der Papierebene nach vorne zeigend ($\mathbf{B}_{K2}$).

[0036] **Figur 9** zeigt eine zu **Figur 8** analoge Darstellung, jedoch für einen magnetischen Strahler, dessen Windung **31** in der Papierebene liegt. Rechts der Windung **31** zeigt der elektrische Fernfeldvektor $\mathbf{E}_{M2}$ in der Papierebene liegend nach oben und auf der linken Seite der Windung **31** zeigt der elektrische Fernfeldvektor $\mathbf{E}_{M1}$ in der Papierebene liegend nach unten.

[0037] Die magnetischen Fernfeldvektoren $\mathbf{B}_M$ des magnetischen Strahlers stehen beide auf der Papierebene senkrecht und zeigen nach vorne.

[0038] Da hier nun ein elektrischer und ein magnetischer Strahler zusammen arbeiten, ist eine Überlagerung der in den Figuren 8 und 9 gezeigten Fernfeldvektoren vorzunehmen:

Auf der linken Seite des elektrischen und des magnetischen Strahlers gilt nun für die Fernfeldstärke

EK - EM1 und BK1 - BM

und auf der rechten Seite des elektrischen und des magnetischen Strahlers gilt nun für die Fernfeldstärke

EK + EM2 und BK2 + BM.

[0039] In einem Spezialfall, bei dem kapazitiver und magnetischer Strahler dieselbe Leistung abstrahlen, verdoppeln sich die Strahlungsvektoren auf der rechten Seite der Antenne (y-Richtung in der Papierebene) und auf der linken Seite kompensieren sie sich.

[0040] Die erfindungsgemässe Antenne, welche aus einer Kombination eines magnetischen und eines kapazitiven Strahlers zusammengesetzt ist, ist eine Richtungsantenne.

Berechnen des Wirkungsgrades

[0041] Der Wirkungsgrad W ergibt sich zu

$$W = i^2 \cdot (R_E' + R_M) / [i^2 \cdot (R_E' + R_M + R_V)]$$

$$W = (R_E' + R_M) / (R_E' + R_M + R_V). \quad (5)$$

[0042] Der Wirkungsgrad steigt mit der Länge der kapazitiven Strahler **17a** und **17b** bzw. **29a** und **29b** an.

[0043] Die Bandbreite B ergibt sich aus einer Kreisgüte Q gemäss der nachfolgenden Beziehung

$$B = f / Q.$$

[0044] Falls $X_{CE} \gg X_C$ kann die Kreisgüte Q näherungsweise berechnet werden mit

$$Q = X_C / (R_E' + R_M + R_V).$$

[0045] Damit ergibt die Bandbreite B zu

$$B = f / Q = f \cdot (R_E' + R_M + R_V) / X_C. \quad (6)$$

[0046] Erweitert mit $(R_M + R_V)$ und umgeformt ergibt sich

$$B = f \cdot (R_M + R_V) / X_C \cdot (R_E' + R_M + R_V) / (R_M + R_V)$$

5 oder

$$B = B_0 \cdot (R_E' + R_M + R_V) / (R_M + R_V)$$

10 mit

$$B_0 = f \cdot (R_M + R_V) / X_C,$$

15

wobei B_0 die Bandbreite der rein magnetischen Antenne ohne die kapazitiven Strahler ist. Die Bandbreite B vergrößert sich mit der Länge der kapazitiven Strahler.

20 [0047] Anstelle der galvanischen Verbindung, wie oben ausgeführt, der Drahtschleife **20** mit den beiden kapazitiv wirkenden Strahlungsarmen **17a** und **17b** über die Abstandshalter **19a** und **19b** kann auch eine kapazitive Verbindung z.B. durch eine isolierende Durchführung vorgenommen werden. Eine derartige Verbindung wird gewählt, wenn diese potentialfrei sein soll.

25 [0048] Falls die Antenne **15** nur für ein schmales Frequenzband verwendet werden soll, kann beispielsweise der Drehkondensator **22** weggelassen werden. Die Resonanzfrequenz wird dann massgeblich durch die Kapazität C_E der kapazitiven Strahler **17a** und **17b** und der durch die Abstandshalter gebildeten Kapazität bestimmt. Eine geringfügige Frequenzvariation ist möglich, wenn die Kapazität C_E durch eine Änderung der Abmessungen der elektrischen Strahler **17a** und **17b** oder deren Position verändert wird. In diesem Falle empfiehlt es sich, eine mechanische Justierung der kapazitiven Strahler vorzusehen.

30 [0049] Eine Untermauerung obiger Ausführungen wird mit dem nachfolgenden Ausführungsbeispiel vorgenommen. Eine Antenne **35** als Ausführungsvariante zur Antenne **15** hat einen quadratischen Rahmen **37** mit einer Seitenlänge von 75 cm; ergibt einen Umfang von 3 m. Jede Rahmenseite **39a** bis **39d** hat ein L-förmiges Aluminiumprofil, wobei das Aluminium eine Materialdicke von 2 mm und das Profil Flansche mit den Abmessungen von 50 mm bzw. 30 mm hat. Der Rahmen wirkt als eine einzige Windung der magnetischen Teilantenne. Im Rahmen **37** ist analog zur Kapazität **22** ein Drehkondensator **40** eingesetzt. Der Drehkondensator **40** kann in einem Kapazitätsbereich von 10 pF bis 65 pF
35 eingestellt werden, wodurch die Antenne **35** einen einstellbaren Frequenzbereich von 14 MHz bis 30 MHz erhält. Für das Berechnungsbeispiel wird ein Kapazitätswert des Drehkondensators **40** von 65 pF gewählt, wodurch sich eine Resonanzfrequenz f vom 14 MHz ergibt.

[0050] Die kapazitiven Strahler **41a** und **41b** analog zu den kapazitiven Strahlern **17a** und **17b** sind aus einem Aluminiumprofil mit einer jeweiligen Länge von 1,1 m hergestellt. Hieraus ergibt sich eine Strahlerlänge von 2,2 m. Die
40 beiden Strahler **41a** und **41b** wurden neben dem Drehkondensator **40** mittels zweier Abstandshalter **43a** und **43b** (jeder 15 cm) ebenfalls aus Aluminium angeschlossen. Ein Verlustwiderstand R_V dieser Antenne **35** ist aus der Messung der Bandbreite B_0 der rein magnetischen Antenne (Rahmen **37** mit Drehkondensator **40**, ohne die beiden kapazitiven Strahler **41a** und **41b**) auf $R_V = 0,15 \Omega$ bestimmt worden. Für die Darstellung in den Diagrammen wurde die Gesamtlänge ℓ der kapazitiven Strahler in einem Bereich von 0 bis 4 m variiert.

45 [0051] Der Strahlungswiderstand R_E des kapazitiven Strahlers, der Strahlungswiderstand R_M des magnetischen Strahlers und der kapazitive Blindwiderstand X_{CE} des kapazitiven Strahlers lassen sich mittels bekannter Formeln der Antennentechnik wie folgt berechnen (siehe beispielsweise Rothammel, Antennenbuch, DARC-Verlag, 12. Auflage, Seiten 73, 333 und 429-431):

50

$$R_E = 197 \cdot (\text{Gesamtlänge der kap. Strahler} / \lambda)^2 = 197 \cdot (\ell / 21,4)^2$$

55

$$R_M = 197 \cdot (\text{Umfang des magnetischen Strahlers} / \lambda)^4 = 197 \cdot (3 / 21,4)^4 = 0,076 \Omega$$

$$X_{CE} = \text{Mittlere Wellenimpedanz} / \tan(\pi \cdot \ell / \lambda) = 400 / \tan(3,14 \cdot \ell / 21,4)$$

5 [0052] Mittels der Formeln (3), (4), (5) und (6) lassen sich P_E/P_M , W , B in Abhängigkeit von der Länge ℓ der kapazitiven Strahler berechnen.

10

15

ℓ/λ	P_E/P_M	W	B [kHz]
0	0	0,34	18
0,05	0,03	0,34	18
0,1	0,4	0,41	21
0,15	1,94	0,6	30
0,2	9,06	0,78	55

[0053] Die Ergebnisse der Berechnungen sind in den Diagrammen der **Figuren 11, 12 und 13** grafisch dargestellt.

20

[0054] **Figur 11** zeigt den Einfluss einer wirksamen Länge ℓ der beiden kapazitiven Strahler **17a** und **17b** zusammen bezogen auf die Wellenlänge λ einer Resonanzfrequenz vom 14 MHz der Antenne **35**. Auf der Ordinate ist das Verhältnis von abgestrahlter elektrischer zu abgestrahlter magnetischer Leistung P_E / P_M aufgetragen. Wie zu erwarten war, steigt der Wert des Leistungsverhältnisses von P_E / P_M überproportional mit der Länge ℓ der Strahlerarme.

25

[0055] **Figur 11** kann wie folgt interpretiert werden: Falls die kapazitiven Strahler **17a** und **17b** die Länge null haben, wird nur magnetische Leistung abgestrahlt ($P_E = 0$). Je länger die kapazitiven Strahler **17a** und **17b** im Vergleich zur Wellenlänge λ ausgelegt werden, desto höher wird der Anteil der elektrisch abgestrahlten Leistung P_E . Ist $P_E / P_M = 1$, so wird gleich viel elektrische wie magnetische Leistung abgestrahlt; das ist bei einer Länge $\ell/\lambda = 0,124$ (gestrichelte Linie in **Figur 11**) der Fall. Bei dieser Strahlerlänge erzeugt die Antenne eine optimale Richtwirkung (maximale Richtwirkung). Die angefertigte Antenne erfüllte annähernd diese Bedingung. Messungen ergaben ein Vor-/Rückwärtsverhältnis von ca. 12 db.

30

[0056] Der Wirkungsgrad W und die Bandbreite B in Kilohertz einer oben beschriebenen Antenne **35** in Abhängigkeit von einer auch hier auf die Wellenlänge λ genormte Strahlerlänge ℓ/λ ist in **Figur 12** bzw. **13** dargestellt. Beide Kurven steigen über der Länge ℓ überproportional.

35

[0057] In den **Figuren 14 und 15** sind Antennenvarianten **44** und **46** zu der in **Figur 5** dargestellten Antenne **15** gezeigt. Die kapazitiven Strahler, hier mit **45a** und **45b** bzw. **47a** und **47b** bezeichnet, können verkürzt werden, in dem wie in **Figur 14** angedeutet, am jeweiligen Ende des Strahlers **45a** bzw. **45b** eine Endplatte **49a** bzw. **49b** angeordnet ist. Vorzugsweise wird man diese Platte **49a** bzw. **49b** kreisförmig ausbilden; es kann aber auch eine andere Kontur verwendet werden. In **Figur 14** sind beide Platten **49a** und **49b** identisch ausgebildet. Es können jedoch auch unterschiedlich ausgebildete Platten verwendet werden und somit die Längen der beiden kapazitiven Strahler unterschiedlich lang ausgebildet sein.

40

[0058] Anstelle der Endplatten **49a** und **49b** können die kapazitiven Strahler **47a** und **47b**, wie in **Figur 15** angedeutet ist, auch in ihrem Umfang verändert, hier verdickt, werden. Vorzugsweise wird man die Verdickungen kreiszylindrisch ausbilden. Es können jedoch auch andere Formen, wie beispielsweise in Stablängsrichtung angeordnete Platten, verwendet werden.

45

[0059] Die kapazitiven Strahler **17a/b**, **41a/b**, **45a/b** und **47a/b** in den **Figuren 5, 10, 14 und 15** befinden sich immer aussen an der Windung **20, 37, 50 und 51** des magnetischen Strahlers. Das muss aber nicht so sein. Ein Strahlungsarm **53a** kann auch, wie bei einer in **Figur 16** dargestellten Antenne **52**, innerhalb einer Windung **54** des magnetischen Strahlers angeordnet sein. Ein zweiter kapazitiver Strahler **53b** verläuft parallel zum Strahler **53a**. Die Fusspunkte beider Strahler **53a** und **53b** liegen beidseits der Anschlussorte eines Kondensators **55**.

50

[0060] Der in **Figur 16** annähernd als quadratischer Rahmen dargestellte magnetische Strahler **54** kann auch kreisförmig ausgebildet sein. Auch können an den freien Enden der dortigen kapazitiven Strahler **53a** und **53b** zur Ebene des Kreises des magnetischen Strahlers **54** und den Antennenteilen **53a** und **53b** senkrecht verlaufende Antennenteile angeordnet werden.

55

[0061] Aus Platzgründen kann auch der in **Figur 16** nach unten gerichtete Antennenteil **53a** in zwei oder mehrere Antennenteile aufgeteilt werden, welche dann am selben Ort des kapazitiven Teilstrahlers **53a** angeschlossen werden und senkrecht zum Antennenteil **53b** und senkrecht zur Ebene verlaufen, in der der magnetische Strahler **54** liegt.

[0062] In den **Figuren 5, 10, und 14 bis 16** skizzierten Antennen sind jeweils zwei fluchtende oder parallel zueinander liegende kapazitive Strahler **17a/b**, **41a/b**, **45a/b**, **47a/b** und **53a/b** vorhanden. Auch das muss nicht sein. Es kann auch mit nicht parallelen kapazitiven Strahlern **57a** und **57b**, wie in einer Antennenvariante **58** in **Figur 17** dargestellt ist,

gearbeitet werden. Dieser kapazitive Strahler **57** ist hier zudem nicht in unmittelbarer Nähe eines Drehkondensators **59** angeordnet. In **Figur 17** hat der magnetische Strahler eine quadratische Windung **60**. Diese Windung kann jedoch auch, wie in den **Figuren 5, 14 und 15** angedeutet, kreisförmig sein. In **Figur 17** stehen die beiden kapazitiven Strahler **57a** und **57b** unter einem Winkel von 90° zueinander. Auch dies muss nicht sein, wie eine weitere Antennenvariante **62** in **Figur 18** zeigt, in der zwei kapazitive Strahler **61a** und **61b** einen von 90° und von einer parallelen bzw. fluchtenden Anordnung abweichenden Winkel miteinander haben.

[0063] In **Figur 17** sind die beiden kapazitiven Strahler **57a** und **57b** als Seitenverlängerungen der quadratischen Windung **60** des magnetischen Strahlers ausgebildet. Diese Seitenverlängerungen können nun, wie anhand einer weiteren Antennenvariante **64** in **Figur 19** dargestellt ist, auch derart ausgebildet sein, dass die kapazitiven Strahler **63a** und **63b** miteinander fluchten.

[0064] In den bisher dargestellten Ausführungsbeispielen liegen der magnetische und der kapazitive Strahler in einer Ebene. Auch das muss nicht sein. In **Figur 20** ist mit Blickrichtung von oben, also in der Zeichnungsebene der vorgängigen Beispiele von der oberen Blattseite nach unten, eine weitere erfindungsgemäße Antennenvariante **68** dargestellt. Eine Windung des magnetischen Strahlers erscheint nun lediglich als Strich **65**, wobei die durch die Zeichnungsebene nach hinten verlaufenden Windungsteile zur dreidimensionalen Verdeutlichung als Pfeilende **66a** und **66b** gekennzeichnet sind. Neben einem Drehkondensator **67** verlaufen hier zwei kapazitive Strahler **69a** und **69b** in einer Ebene senkrecht zu einer Ebene in der die Windung **65** des magnetischen Strahlers liegt.

[0065] In **Figur 21** ist eine weitere erfindungsgemäße Antennenausführungsvariante **70** gezeigt, bei der die beiden kapazitiven Strahler **71a** und **71b** in parallelen Ebenen zur Ebene des magnetischen Strahlers derart angeordnet sind, dass die Ebene des magnetischen Strahlers **72** zwischen den beiden Ebenen der kapazitiven Strahler liegt.

[0066] In **Figur 22** ist eine Antennenanordnung **75** für beispielsweise Resonanzfrequenzen oberhalb 300 MHz dargestellt. Eine quadratische Windung **73** und zwei kapazitive Strahler **74a** und **74b** sind hier als Leiterbahnen einer gedruckten Schaltung **85** ausgeführt. Als Kapazität **76** wirken hier die beiden benachbarten Zuleitungen **83a** und **83b** zu den zwei kapazitiven Strahlern **74a** und **74b**. Bei jedem Übergang einer Zuleitung **83a** bzw. **83b** in die quadratische Windung **73** des magnetischen Strahlers ist ein Durchbruch **84a** bzw. **84b** in der gedruckten Schaltung ausgebildet. Die beiden Durchbrüche **84a** und **84b** sind Steckanschlüsse für einen kapazitiven Trimmer zur Feinabgleichung der Resonanzfrequenz **f**. Eine Energieeinspeisung in die Antenne **75** erfolgt am Anschluss **81a** und eine Erdung am Anschluss **81b**.

[0067] Anwendungsgebiete einer analog zur in **Figur 22** ausgebildeten Antenne **75**, sofern diese Antenne auf eine Folie gedruckt wird, sind beispielsweise ein Diebstahlschutz von Verkaufsgegenständen, welche diese preisgünstig herzustellende Antenne tragen. Die gedruckte Antenne kann zudem mit einer einfachen Elektronik gekoppelt werden. Über die aufgedruckte Antenne würde dann von einem Sender, welcher beispielsweise in der Nähe einer Registrierkasse oder eines Ausgangs eines Warenhauses angeordnet ist, Versorgungsenergie für die angekoppelte Elektronik (Chip) empfangen. Der Chip könnte dann ein Warenidentifizierungssignal kreieren, welches vom Sender empfangen und verarbeitet wird. Ein Abscannen eingekaufter Waren an der Kasse würde somit entfallen; sämtliche Waren in einem Warenkorb würden ohne ein Herausnehmen funktechnisch erkannt und verrechnet werden.

[0068] Die Anschlüsse für den kapazitiven Trimmer müssen nicht als Durchbrüche ausgebildet sein; es können lediglich Lötunkte vorhanden sein.

[0069] Die die Resonanzfrequenz **f** bestimmende Kapazität kann durch eine entsprechende Anordnung der Zuleitungen zu den Strahlungsarmen erzeugt werden. Oftmals ist jedoch ein Feinabgleich dieser Resonanzfrequenz **f** gewünscht. Ein Feinabgleich kann nun, wie oben bei der Antenne **75** beschrieben, mit dem eingelöteten kapazitiven Trimmer vorgenommen werden. Weitere kapazitive Trimmer sind in den **Figuren 5, 10, 14, 15, 17 bis 21 und 23** angedeutet.

[0070] Die in **Figur 5** dargestellte Antenne **15** kann jedoch derart abgeändert werden, dass der Drehkondensator **22** (kapazitiver Trimmer) entfernt wird und die beiden nun entstehenden freien Enden **87a** und **87b** der Windung **20** zur mechanischen Stabilität mit einer isolierenden (nicht dargestellten) Lasche verbunden werden. Auf dem Abstandshalter **19b** etwa in dessen unterem Drittel wird senkrecht zur Ausdehnung des Abstandshalters **19b** eine (nicht dargestellte) Platte angeordnet. Auf dem Abstandshalter **19a** wird eine weitere (ebenfalls nicht dargestellte), entlang des Abstandshalters verstellbare Platte angeordnet, wobei diese Platte über die Platte auf den Abstandshalter **19b** greift. Zur Feinabstimmung der Resonanzfrequenz **f** wird nun der Abstand der beiden Platten gegeneinander verändert, wobei der Kapazitätswert um so grösser ist, je grösser die Plattenausdehnung ausgebildet sind und je kleiner deren gegenseitiger Abstand ist. Es kann nun eine der Platten auf dem betreffenden Abstandshalter fixiert sein, während die andere auf ihrem Abstandshalter verschiebbar, über eine Klemmhalterung fixierbar ausgebildet ist. Sofern die Resonanzfrequenz **f** nicht allzu hoch gewählt ist, können die Abstandshalter **19a** und **19b** als Gewindestangen ausgebildet sein, auf denen dann beide oder nur einer der Platten durch Verdrehen in der Lage veränderbar ist bzw. sind.

[0071] Bildet man die Platten als Laschen aus, so kann der Kapazitätswert auch durch ein gegeneinander Verschwenken der Laschen verändert werden.

[0072] Die kapazitiven Strahler sollten in der Nähe der Anschlussorte des Drehkondensators angeordnet sein; d.h. die elektrischen Anschlussorte (z.B. Abstandshalter) **78a** und **78b** des kapazitiven Strahlers **79** sollten in der Nähe der Fusspunkte **77a** und **77b** des Drehkondensators **79** liegen (**Figur 23**). Sie können jedoch auch in einem Abstand von

den Fusspunkten **77a** und **77b** entfernt, also im Bereich **A₁** und **A₂** angeordnet werden. Vorzugsweise wird man einen symmetrischen Abstand wählen. Es ist nicht sinnvoll die Anschlussorte zwischen den Energieeinspeisungspunkten **80a** und **80b** anzuordnen; also nicht zwischen den Punkten **24** bzw. **80a** und dem Erdungspunkt **23b** bzw. **80b**. Eine Verschiebung der Anschlussorte verändert die an den kapazitiven Strahlern liegende HF-Spannung. Je grösser ein Abstand

von den Punkten **24** bzw. **80a** und **23a** bzw. **80b** gewählt ist, desto grösser ist der Impedanzwert.
[0073] Die konstruktiven Aufbauten der oben dargestellten Antennen **5**, **10**, **14** bis **22** haben jeweils eine Symmetrieebene betreffend den wenigstens einen kapazitiven Strahler und den wenigstens einen magnetischen Strahler. Wird eine derartige symmetrische Anordnung gewählt, so ist der Einspeisungsort für die Sendeleistung spannungsneutral. Eine Spannungsneutralität am Einspeisungsort sollte gegeben sein, damit auf einer Energiezuleitung keine sogenannten Mantelwellen entstehen können. Derartige Mantelwellen würden nämlich die Strahlungscharakteristik, den Gewinn und die Qualität der Antenne verändern. Zudem würde sich diese Charakteristik auch noch ändern, sofern Lageänderungen der Energiezuleitung vorgenommen werden.

[0074] Es kann sich nun beispielsweise ergeben, dass die Antenne aufgrund der Umgebung nicht mehr symmetrisch aufgebaut werden kann, weil beispielsweise ein nach unten gerichteter Antennenteil eines kapazitiven Strahlers in einer Ausgestaltungsvariante analog der **Figuren 16** oder **20** den Erdboden berühren würde. In einem derartigen Fall würde man den betreffenden Antennenteil entsprechend kleiner ausbilden und mit einer Endkapazität (wie beispielsweise **47a** oder **47b** der **Figur 15**) oder mit mehreren Teilstrahlern versehen. In diesem Fall würde man auch den Einspeisungsort verschieben bis er spannungsneutral ist.

[0075] Es kann somit die in **Figur 5** dargestellte Antenne **15** unter einer Aufgabe ihrer Symmetrie, wie in den **Figuren 24** und **25** dargestellt, als p-förmige Antenne **90** ausgebildet sein., wobei kein elektrisch leitender Übergang zwischen dem linearen Teil **91** und den an ihn anstossenden kreisförmigen Teilstück **92** mehr besteht; es ist hier eine Lücke **93** vorhanden. Unter "p-förmig" wird eine Form entsprechend dem griechischen Buchstaben rho verstanden. An dem freien Ende des kreisförmigen Teils ist ein gerades Antennenteilstück **94**, senkrecht zum linearen Teil des "p"s angeordnet. Das gerade Teilstück **94** bildet zusammen mit dem linearen Teil **91** eine Kapazität, welche durch eine Veränderung der Lückenbreite **d** einstellbar ist. Das kreisförmige Teilstück **92** ist der magnetische Strahler und der lineare und der gerade Teil **91** und **94** bilden den kapazitiven Strahler. Die Energieeinspeisung **95** erfolgt am Scheitel des kreisförmigen Teils **92**. Eine derartige Antenne hat eine gute Richtwirkung. Sie ist preisgünstig in der Herstellung und könnte somit vorzugsweise bei der Übermittlung von Informationsdatensätzen in Ad-hoc-Netzen eingesetzt werden, wie sie beispielsweise zwischen Fahrzeugen untereinander (car-to-car) zur Anwendung kommen oder bei irgendwelchen mobilen oder portablen Einsätzen verwendet werden.

[0076] Anstelle einer p-förmigen Ausbildung, welche für hohe Frequenzen (etwa ab 100 MHz) besonders geeignet ist, kann auch eine b-förmige Ausbildung vorgenommen werden, welche für tiefe Frequenzen (unter 10 MHz) besonders geeignet ist. Bei der b-förmigen Ausbildung kann nämlich zur Erhöhung der mechanischen Stabilität an einen geraden Stab bzw. an ein Flachelement ein halbkreisförmiges Teil angeschweisst bzw. angelötet werden.

[0077] Der magnetische Strahler weist, wie in **Figur 3** gezeigt, eine Kapazität auf. Der elektrische Strahler, wie schematisch in **Figur 1** dargestellt, bildet mit seinen Strahlungsarmen nun ebenfalls eine Kapazität. Eine durch die mechanische Konstruktion sich ergebende Kapazität, gebildet durch die Strahlungsarme des elektrischen Strahlers, kann nun unter einer Verwendung mehrerer Strahlungsarme mit und ohne Veränderungen an den Armenden (siehe z. B. die Endplatten **49a** und **49b** in **Figur 14**) derart ausgebildet sein, dass sie gerade der vorgegebenen Kapazität des magnetischen Strahlers entspricht. Zu Abstimmungszwecken kann dann noch eine Teilkapazität vorgesehen werden. Eine Wirkung einer Abstimmung kann jedoch auch dadurch erreicht werden, dass geometrische Abstände zwischen den den elektrischen Strahler bildenden Einheiten vorgenommen werden. Eine derart ausgebildete Antenne bestehend aus einer Kombination wenigstens eines magnetischen Strahlers mit wenigstens einem kapazitiven Strahler zeichnet sich durch einen kompakten, raummässig reduzierten Aufbau aus, der sich in der Regel zudem auch noch preisgünstig herstellen lässt.

Patentansprüche

1. Antenne (**15**, **35**, **44**, **46**, **52**, **64**, **68**, **70**, **75**) mit einer Kombination bestehend aus einem magnetischen Strahler (**7**; **20**, **22**; **39a** - **39d**, **40**; **50**, **51**, **73**) und wenigstens einem kapazitiven Strahler (**1**; **3a**, **3b**; **17a**, **17b**; **41**, **41b**; **45a**, **45b**; **47a**, **47b**; **61a**, **61b**; **74a**, **74b**), wobei der magnetische Strahler einen einstellbaren Kondensator als separates Schaltungselement aufweist, jeder kapazitive Strahler (**1**; **3a**, **3b**; **17a**, **17b**; **41**, **41b**; **45a**, **45b**; **47a**, **47b**; **61a**, **61b**; **74a**, **74b**) zwei kapazitiv wirkende Strahlungsarme (**1**; **3a**, **3b**; **17a**, **17b**; **41**, **41b**; **45a**, **45b**; **47a**, **47b**; **61a**, **61b**; **74a**, **74b**) und zwei Abstandshalter (**5a**, **5b**; **19a**, **19b**; **43a**, **43b**; **83a**, **83b**) hat, wobei jeweils ein Ende des einen Abstandshalters (**5a**, **5b**; **19a**, **19b**; **43a**, **43b**; **83a**, **83b**) mit einem Ende eines der Strahlungsarme (**1**; **3a**, **3b**; **17a**, **17b**; **41**, **41b**; **45a**, **45b**; **47a**, **47b**; **61a**, **61b**; **74a**, **74b**) und das jeweils andere Ende dieses Abstandshalters (**5a**, **5b**; **19a**, **19b**; **43a**, **43b**; **83a**, **83b**) mit der Peripherie des magnetischen Strahlers in unmittelbarer Nähe zum

Anschlusspunkt des Kondensators (22, 26, 40, 55, 59, 67, 79) des magnetischen Strahlers verbunden ist, wobei unter unmittelbare Nähe ein Abstand von einer wirksamen Kapazität des Kondensators von höchstens $\lambda/16$ verstanden wird, und λ die Wellenlänge der abzustrahlenden Frequenz ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der magnetische Strahler in einer ersten Ebene liegt, und die Strahlungsarme des kapazitiven Strahlers in wenigstens einer zweiten nicht mit der ersten zusammenfallenden Ebene liegen.

2. Antenne (15, 35, 44, 46, 52, 58, 62, 64, 68, 70, 75) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils das eine Ende des Abstandshalters mit dem einen Ende des Strahlungsarms unter einem Winkel von 90° galvanisch verbunden ist.
3. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strahlungsarme des kapazitiven Strahlers in zueinander parallelen Ebenen liegen.
4. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Ebene senkrecht zur ersten Ebene liegt.
5. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden kapazitiven Strahler in parallelen Ebenen zur Ebene des magnetischen Strahlers derart angeordnet sind, dass die Ebene des magnetischen Strahlers zwischen den beiden Ebenen der kapazitiven Strahler liegt.
6. Antenne mit einer Energieeinkopplung (13, 21) nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** einen konstruktiven Aufbau mit einer Symmetrieebene betreffend dem wenigstens einen kapazitiven Strahler und dem magnetischen Strahler, wobei die Energieeinspeisung nicht die Symmetrieebene hat.
7. Antenne nach Anspruch 6, **gekennzeichnet durch** eine abstimmbare Zusatzkapazität, wobei diese und deren Abstimmungsmittel nicht die Symmetrieebene haben.
8. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens einer der Strahlungsarme (45a, 45b, 47a, 47b) des wenigstens einen kapazitiven Strahlers einen mit dem Abstandshalter verbundenen, stabförmigen Anfangsteil und einen Endteil hat, wobei die Aussenkontur (49a, 49b; 47a, 47b) des Endteils gegenüber der Aussenkontur des Anfangsteils vergrößert ist, um eine Längsausdehnung (1_a , 1_b) des kapazitiven Strahlungsarms zu reduzieren.
9. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein kapazitiver Strahler mit wenigstens zwei Strahlungsarmen ausgebildet ist, wobei die Strahlungsarme parallel zueinander liegend ausgebildet sind.

Claims

1. Antenna (15, 35, 44, 46, 52, 64, 68, 70, 75) with a combination comprising a magnetic radiator (7; 20, 22; 39a - 39d, 40; 50, 51, 73) and at least one capacitive radiator (1; 3a, 3b; 17a, 17b; 41, 41 b; 45a, 45b; 47a, 47b; 61a, 61b; 74a, 74b), the magnetic radiator having an adjustable capacitor as a separate circuit element, each capacitive radiator (1; 3a, 3b; 17a, 17b; 41, 41b; 45a, 45b; 47a, 47b; 61 a, 61b; 74a, 74b) having two radiating arms with a capacitive action (1; 3a, 3b; 17a, 17b; 41, 41 b; 45a, 45b; 47a, 47b; 61 a, 61 b; 74a, 74b) and two spacers (5a, 5b; 19a, 19b; 43a, 43b; 83a, 83b), one end of one of the spacers (5a, 5b; 19a, 19b; 43a, 43b; 83a, 83b) being connected to one end of one of the radiating arms (1; 3a, 3b; 17a, 17b; 41, 41b; 45a, 45b; 47a, 47b; 61 a, 61 b; 74a, 74b) and the other end of this spacer (5a, 5b; 19a, 19b; 43a, 43b; 83a, 83b) being connected to the periphery of the magnetic radiator close to the connecting point of the capacitor (22, 26, 40, 55, 59, 67, 79) of the magnetic radiator, where "close to" meaning a distance from an effective capacity of the capacitor of maximum $\lambda/16$, where λ being the wavelength of the frequency to be radiated, **characterized in that** the magnetic radiator being situated in a first plane, and the radiating arms of the capacitive radiator being situated in at least one second plane not coinciding with the first plane.
2. Antenna (15, 35, 44, 46, 52, 58, 62, 64, 68, 70, 75) of claim 1, **characterized in that** the one end of the spacer being galvanically connected with the one end of the radiating arm at a 90° angle.
3. Antenna of claim 1, **characterized in that** the radiating arms of the capacitive radiator being situated in planes parallel to each other.

4. Antenna of claim 1, **characterized in that** the second plane being perpendicular to the first plane.
5. Antenna of claim 1, **characterized in that that** the two capacitive radiators being situated in planes parallel to the plane of the magnetic radiator in such a way that the plane of the magnetic radiator being situated between the two planes of the capacitive radiators.
6. Antenna of claim 1 with power entrance area (13, 21), **characterized by** a constructional design having a symmetry plane regarding at least the one capacitive radiator and the magnetic radiator, where the power entrance area having not the symmetry plane.
7. Antenna of claim 6, **characterized by** an adjustable additional capacitor, where the latter and its adjusting devices not having the symmetry plane.
8. Antenna of claim 1, **characterized in that that** at least one of the radiating arms (45a, 45b, 47a, 47b) of at least the one capacitive radiator having a rod-shape front part connected to the spacer and having an end part, where the outer contour (49a, 49b; 47a, 47b) of the end part being larger than the outer contour of the entry part to reduce extension (1_a, 1_b) of the capacitive radiator arm.
9. Antenna of claim 1, **characterized in that** at least one capacitive radiator having at least two radiator arms, the radiator arms being situated parallel to each other.

Revendications

1. Antenne (15, 35, 44, 46, 52, 64, 68, 70, 75) avec une combinaison comprenant un radiateur magnétique (7; 20, 22; 39a - 39d, 40; 50, 51, 73) et au moins un radiateur capacitif (1; 3a, 3b; 17a, 17b; 41, 41 b; 45a, 45b; 47a, 47b; 61 a, 61 b; 74a, 74b), le radiateur magnétique présentant un condensateur réglable comme élément séparé, chaque radiateur capacitif (1; 3a, 3b; 17a, 17b; 41, 41 b; 45a, 45b; 47a, 47b; 61 a, 61b; 74a, 74b) a deux bras rayonnants à effet capacitif (1; 3a, 3b; 17a, 17b; 41, 41 b; 45a, 45b; 47a, 47b; 61a, 61b; 74a, 74b) et deux entretoises (5a, 5b; 19a, 19b; 43a, 43b; 83a, 83b), une extrémité de l'une des entretoises (5a, 5b; 19a, 19b; 43a, 43b; 83a, 83b) étant raccordée à une extrémité d'un des bras rayonnants (1; 3a, 3b; 17a, 17b; 41, 41 b; 45a, 45b; 47a, 47b; 61 a, 61 b; 74a, 74b), l'autre extrémité de cette entretoise (5a, 5b; 19a, 19b; 43a, 43b; 83a, 83b) étant raccordée à la périphérie du radiateur magnétique à proximité immédiate du point de raccordement du condensateur (22, 26, 40, 55, 59, 67, 79) du radiateur magnétique, étant entendu que l'on entend par proximité immédiate une distance maximale, par rapport à une capacité efficace du condensateur, de $\lambda/16$, λ étant la longueur d'onde de la fréquence à rayonner, **caractérisé en ce que** le radiateur magnétique étant situé dans un premier plan et les bras rayonnants du radiateur capacitif dans au moins un second plan ne coïncidant pas avec le premier.
2. Antenne (15, 35, 44, 46, 52, 58, 62, 64, 68, 70, 75) selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**une extrémité de l'entretoise est reliée galvaniquement à une extrémité du bras rayonnant, formant un angle de 90°.
3. Antenne selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les bras rayonnants du radiateur capacitif se trouvent dans des plans parallèles.
4. Antenne selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le second plan est perpendiculaire au premier plan.
5. Antenne selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les deux radiateurs capacitifs sont situés dans des plans parallèles au plan du radiateur magnétique de telle sorte que le plan du radiateur magnétique soit situé entre les deux plans des radiateurs capacitifs.
6. Antenne selon la revendication 1 avec couplage d'énergie (13, 21), **caractérisée par** une construction avec plan de symétrie concernant au moins un radiateur capacitif et le radiateur magnétique, le couplage d'énergie n'ayant pas le plan de symétrie.
7. Antenne selon la revendication 6, **caractérisée par** une capacité supplémentaire réglable, celle-ci et son système de réglage n'ayant pas le plan de symétrie.
8. Antenne selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**au moins un des bras rayonnants (45a, 45b, 47a, 47b)

EP 1 672 735 B1

d'au moins de l'un radiateur capacitif a une partie initiale en forme de bâton raccordée à l'entretoise et une partie finale, le contour extérieur (**49a, 49b; 47a, 47b**) de la partie finale étant agrandi par rapport au contour extérieur de la partie initiale afin de réduire une élongation (1_a , 1_b) du bras rayonnant.

- 5 **9.** Antenne selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**au moins un radiateur capacitif est conçu avec au moins deux bras rayonnants, les bras rayonnants étant parallèles l'un à l'autre.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

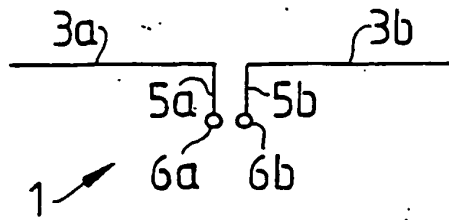


Fig. 1

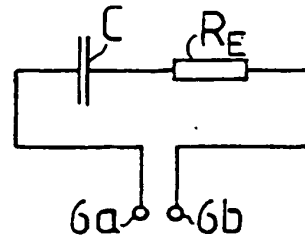


Fig. 2

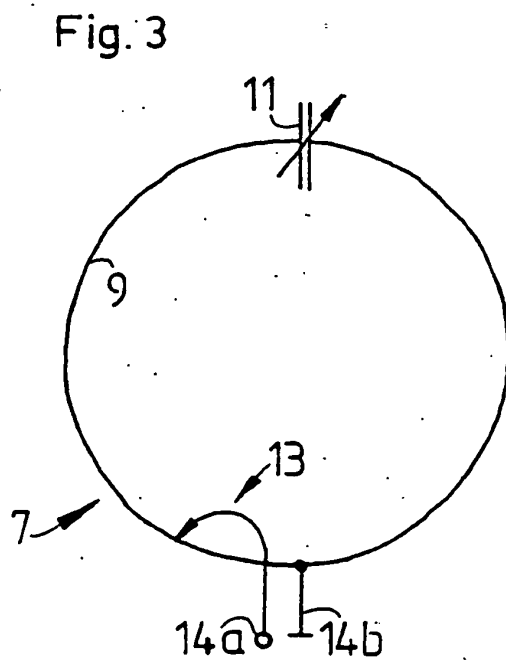


Fig. 3

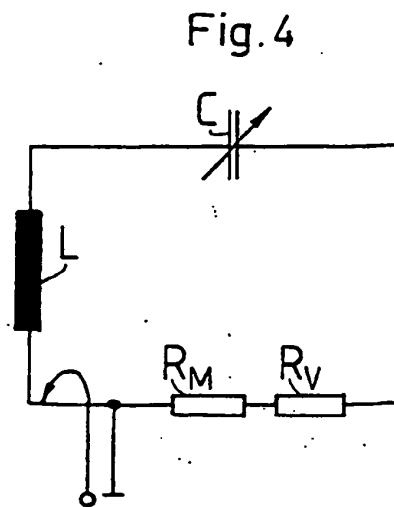


Fig. 4

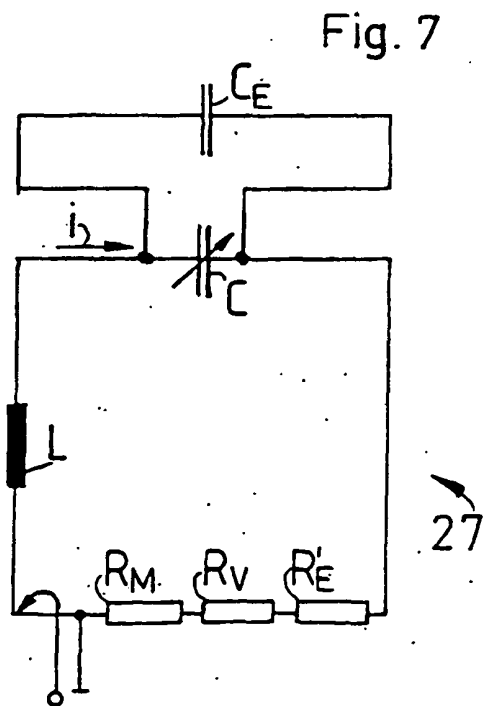
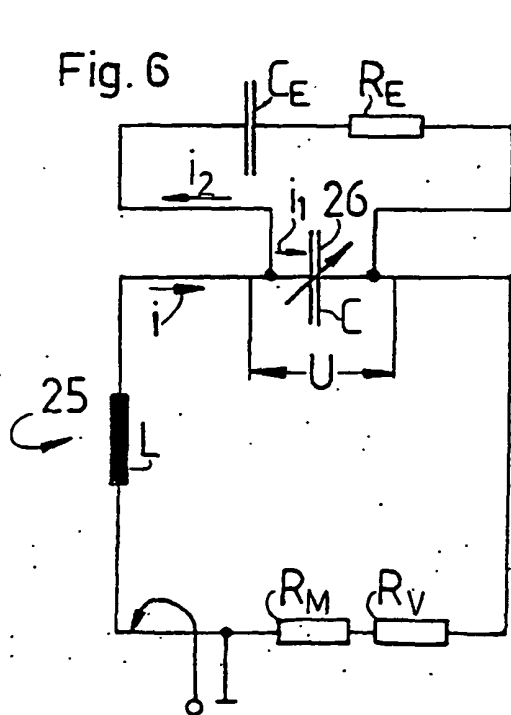
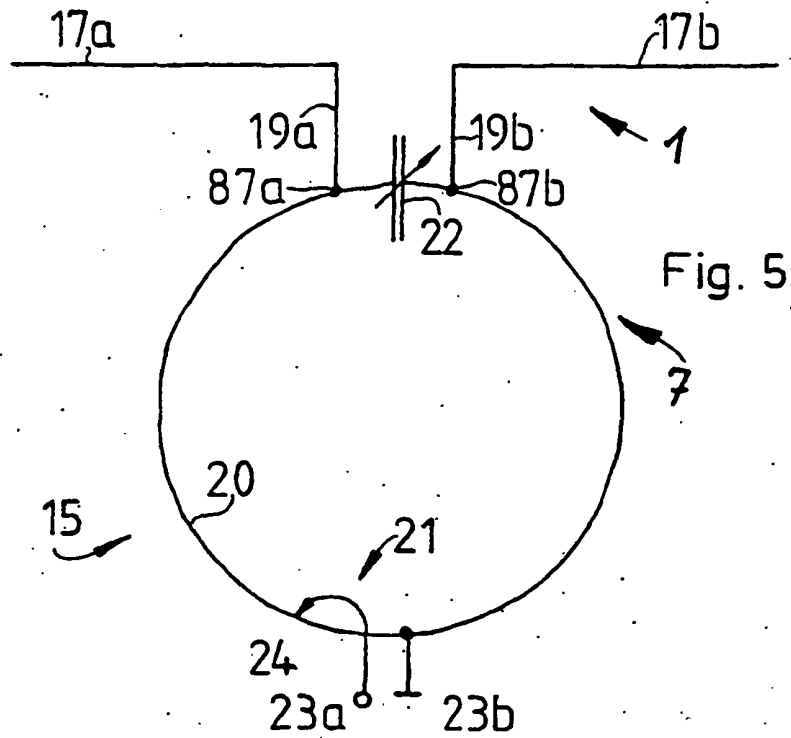


Fig. 8

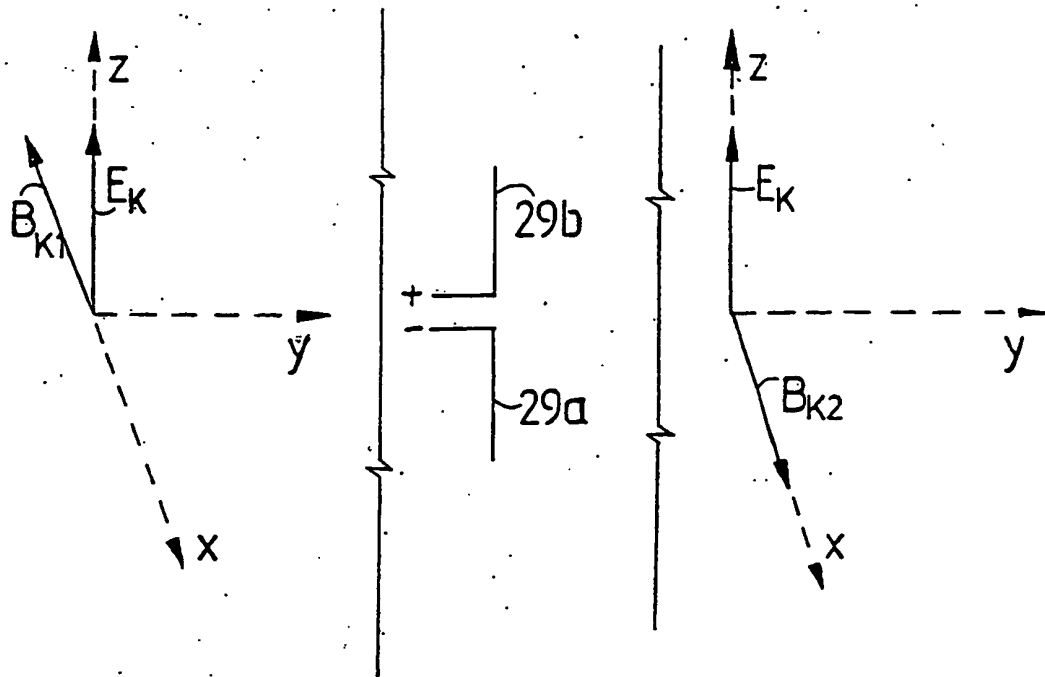
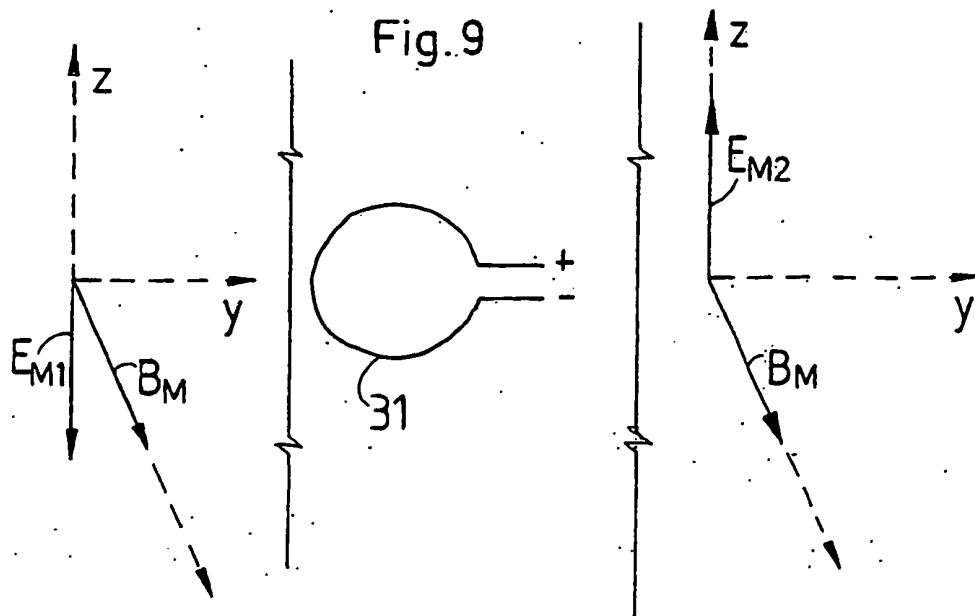
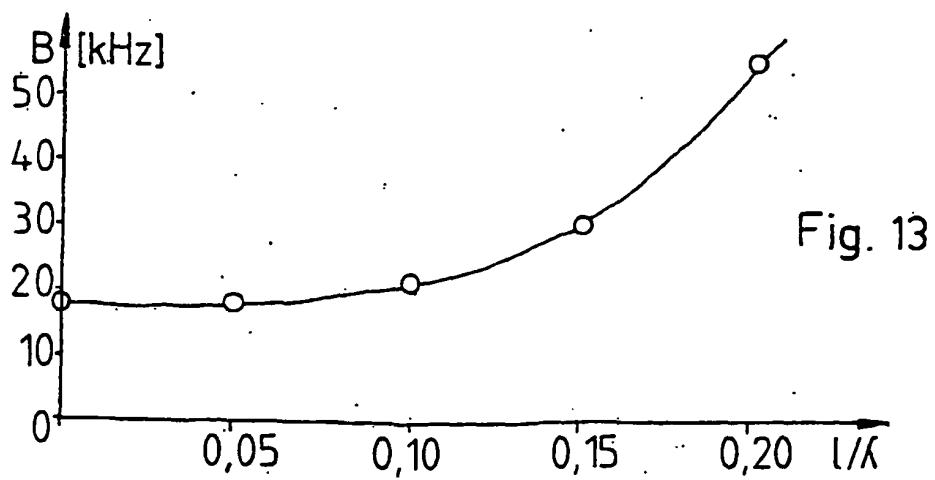
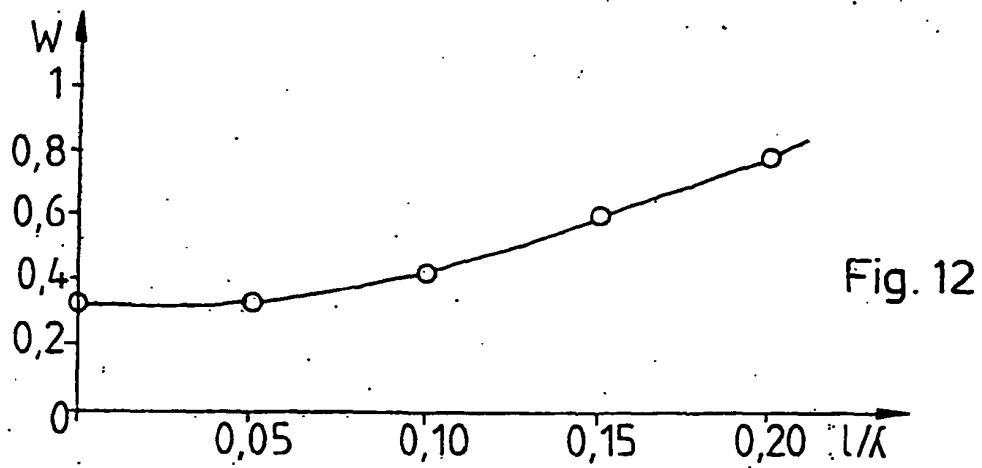
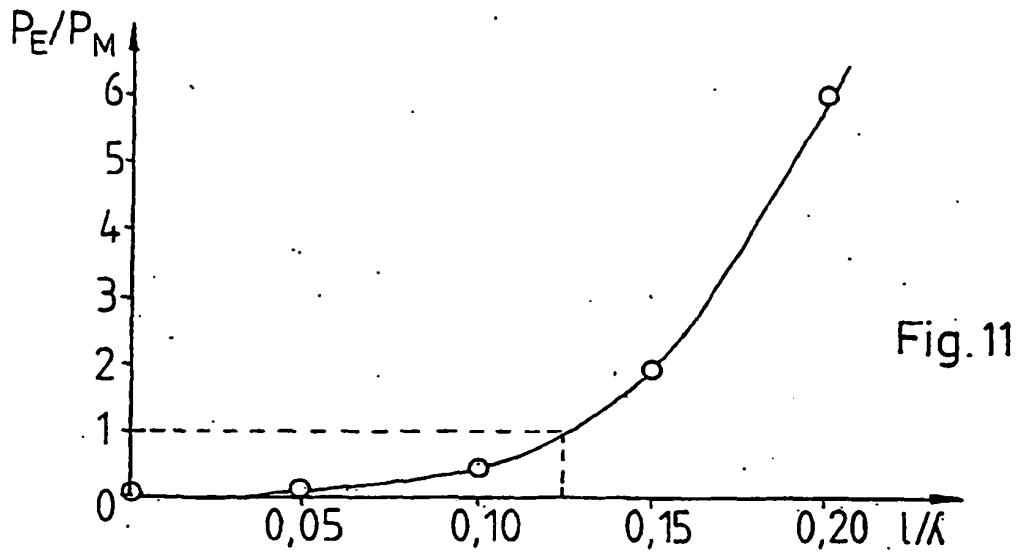


Fig. 9





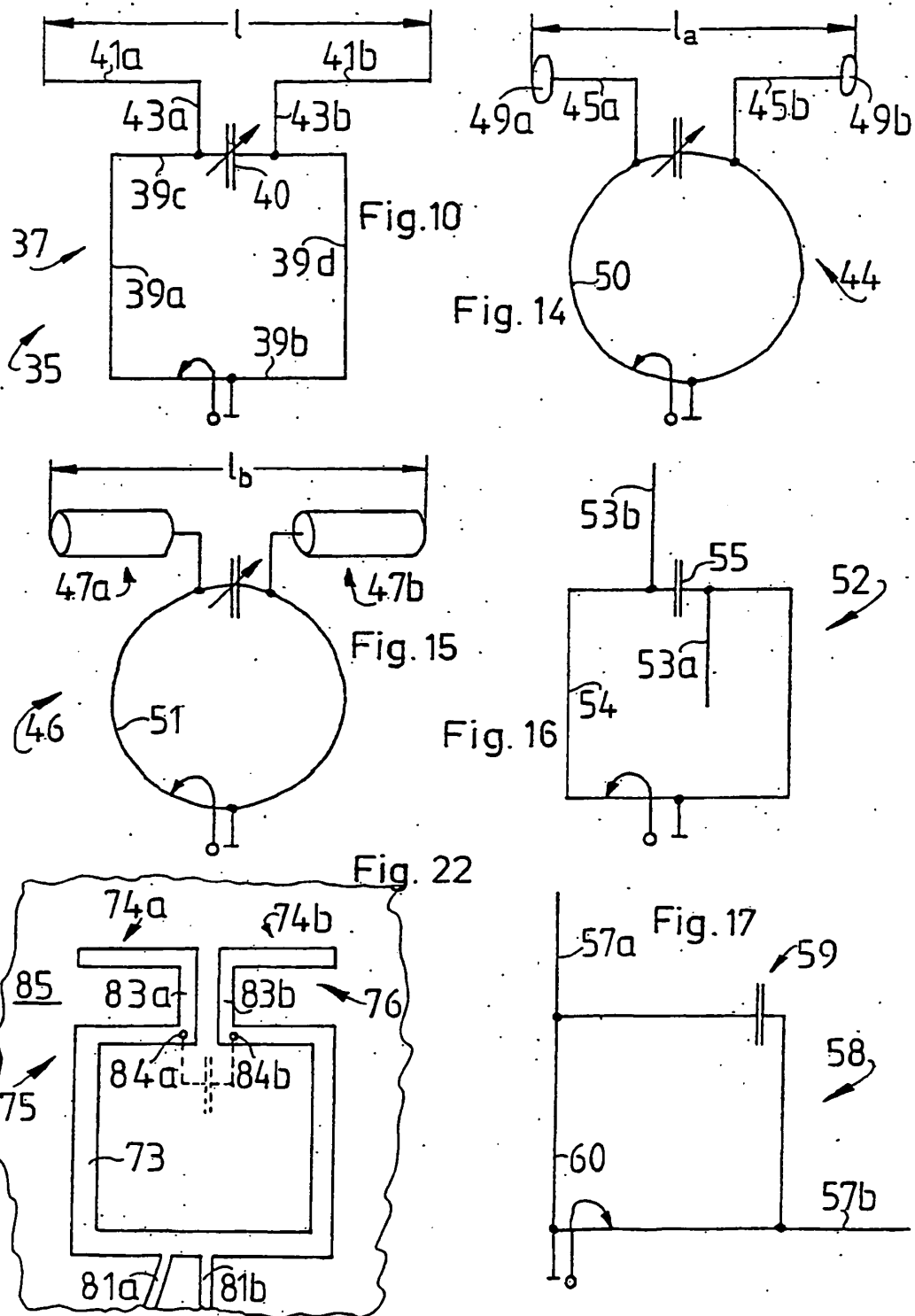


Fig. 18

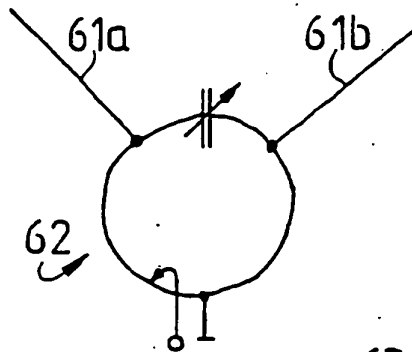


Fig. 20

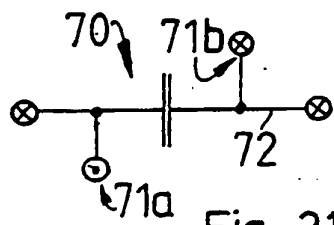
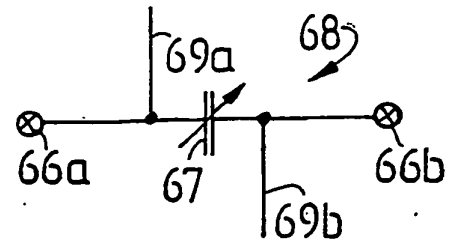


Fig. 21

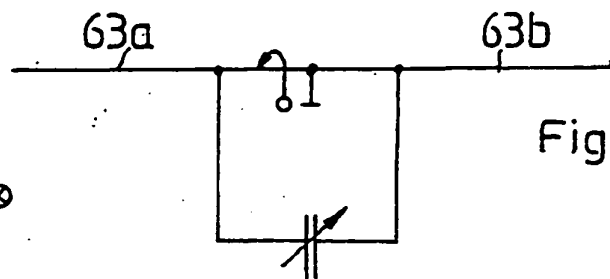


Fig. 19

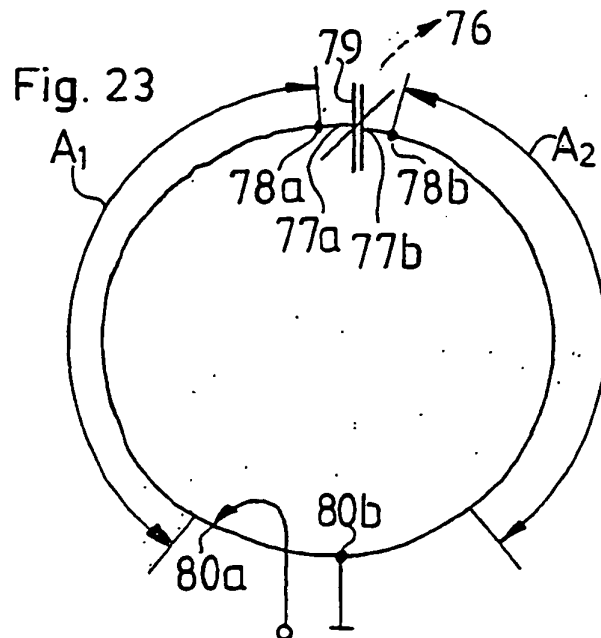
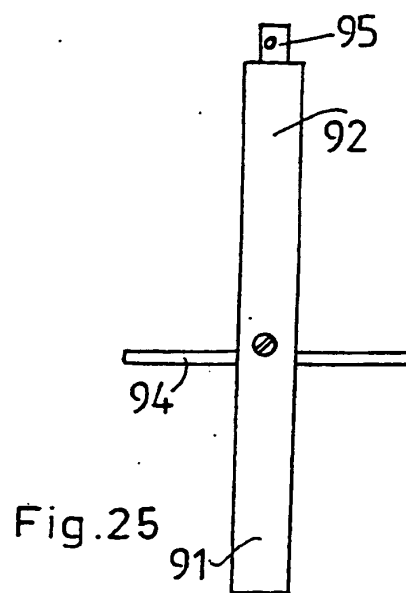
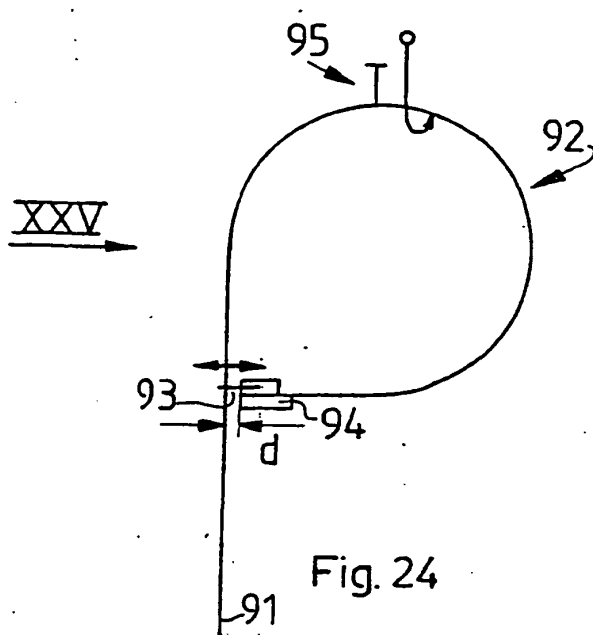


Fig. 23



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

- DE 8812235 U1 [0002]
- WO 0025385 A1 [0003]