



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.03.2005 Patentblatt 2005/12

(51) Int Cl.7: **H03K 3/53, F42B 12/36**

(21) Anmeldenummer: **04018313.9**

(22) Anmeldetag: **03.08.2004**

(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**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK

(72) Erfinder:
• **Langhans, Dieter Dr.**
25337 Elmshorn (DE)
• **Jung, Markus Dr.**
29358 Eicklingen (DE)
• **Tkach, Yuri Prof.**
Iemr Ukraine 61022 (UA)

(30) Priorität: **16.09.2003 DE 10342730**

(71) Anmelder: **Rheinmetall Waffe Munition GmbH**
84544 Aschau am Inn (DE)

(74) Vertreter: **Dietrich, Barbara, Dipl.-Ing.**
Thul Patentanwalts-gesellschaft mbH
Rheinmetall Allee 1
40476 Düsseldorf (DE)

(54) **Hochleistungsgenerator zur Erzeugung eines breitbandigen elektromagnetischen Pulses**

(57) Die Erfindung betrifft einen Hochleistungsgenerator zur Erzeugung eines breitbandigen elektromagnetischen Pulses mit einem einen magnetischen Spulen-Flußkompressor (10) umfassenden Pulsgenerator (2) und einem dem Pulsgenerator (2) nachgeschalteten Pulsformer (4).

Um auf einfache Weise einen Puls hoher Energie zu erzeugen, der ein breites, vorzugsweise bis in den Mikrowellenbereich reichendes Frequenzspektrum aufweist, wobei im Energiespektrum die hohen Frequen-

zen gegenüber vergleichbaren bekannten Hochleistungsgeneratoren eine höhere Energie aufweisen, schlägt die Erfindung vor, als Pulsformer (4) eine Schwingkrisenanordnung mit mindestens zwei in Serie geschalteten Parallelschwingkreisen unterschiedlicher Resonanzfrequenz vorzusehen, wobei die beiden Schwingkreise (13,14) über mindestens ein nichtlineares ferrimagnetisches Kopplungselement, vorzugsweise einen Ferritkern mit rechteckförmiger Hystereseschleife, miteinander gekoppelt sind.

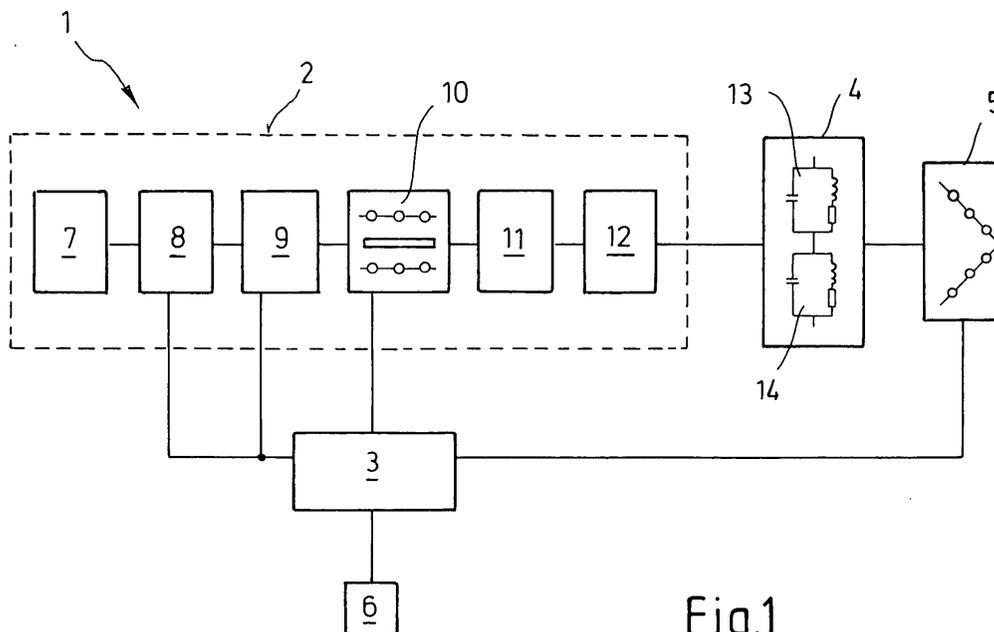


Fig.1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Hochleistungs-generator zur Erzeugung eines breitbandigen elektromagnetischen Pulses mit einem einen magnetischen Spulen-Flußkompressor umfassenden Pulsgenerator und einem dem Pulsgenerator nachgeschalteten Pulsformer.

[0002] Ein derartiger Hochleistungs-generator ist beispielsweise aus der DE 195 28 112 C1 bekannt. Dabei handelt es sich um einen mittels eines Geschosses in ein Zielgebiet verbringbaren Hochleistungs-Mikrowellengenerator zur Bekämpfung elektronischer Anlagen, dessen Pulsgenerator eine Energieversorgungseinheit (Batterie mit kapazitivem Speicher) mit einem nachgeschalteten magnetischen Flußkompressor umfaßt. Der entsprechende, am Ausgang des magnetischen Flußkompressors sich ergebende Stromimpuls wird bei diesem bekannten Hochleistungs-generator zur Pulsformung einer HF-Röhre, vorzugsweise einem Magnetron, zugeführt, welche ihrerseits mit einer Antenne zur Abstrahlung des entsprechenden Störpulses verbunden ist.

[0003] Aus der DE 199 59 358 A1 ist ebenfalls ein Hochleistungs-generator zur nicht letalen Zerstörung, Störung oder Blendung elektronischer Anlagen bekannt, bei dem der Pulsgenerator zur weiteren Spannungserhöhung einen dem magnetischen Flußkompressor nachgeschalteten, auf der Basis explodierender Drähte beruhenden Öffnungsschalter umfaßt. Zur Pulsformung wird bei diesem Hochleistungs-generator ein Kabelpulser zur Erzeugung eines polaren oder bipolaren Rechteckimpulses verwendet, welcher anschließend einer geeigneten Breitbandantenne zugeführt wird.

[0004] Schließlich ist aus der DE 100 44 867 ein Hochleistungs-generator zur nicht letalen Zerstörung elektronischer Anlagen bekannt, bei dem als Pulsformer unter anderem auch ein Parallelschwingkreis verwendet wird.

[0005] Nachteilig ist bei den bekannten Hochleistungs-Generatoren vor allem, daß ihr Frequenzspektrum entweder relativ schmal ist oder ihr Energiespektrum zu hohen Frequenzen hin relativ stark abfällt, so daß häufig keine optimale Bekämpfung der elektronischen Anlagen in dem entsprechenden Zielgebiet möglich ist.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Hochleistungs-generator der eingangs erwähnten Art anzugeben, der einen Puls hoher Energie erzeugt, welcher ein breites, vorzugsweise bis in den Mikrowellenbereich reichendes Frequenzspektrum aufweist, wobei im Energiespektrum die hohen Frequenzen gegenüber vergleichbaren bekannten Hochleistungs-Generatoren eine höhere Energie besitzen.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Weitere, besonders vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung offen-

baren die Unteransprüche.

[0008] Die Erfindung beruht im wesentlichen auf dem Gedanken, daß als Pulsformer eine Schwingkreis-anordnung mit mindestens zwei in Serie geschalteten Parallelschwingkreisen unterschiedlicher Resonanzfrequenz verwendet wird, wobei die beiden Schwingkreise über mindestens ein nichtlineares ferrimagnetisches Kopplungsglied miteinander gekoppelt sind.

[0009] Dabei hat sich als nichtlineares Kopplungsglied vor allem ein rohr- oder stangenförmiger Ferritkern (Kern aus einem ferrimagnetischen Keramikwerkstoff) mit im wesentlichen rechteckförmiger Hystereseschleife als vorteilhaft erwiesen, den die Spulen der beiden Schwingkreise umschließen.

[0010] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den folgenden anhand von Figuren erläuterten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Fig.1 das Blockschaltbild eines in einem Geschloß einsetzbaren erfindungsgemäßen Hochleistungs-Generators mit nachgeschalteter Breitbandantenne;

Fig.2 das Ersatzschaltbild des in Fig. dargestellten Hochleistungs-Generators mit einer aus zwei Parallelschwingkreisen bestehenden Schwingkreis-anordnung und

Fig.3-5 im wesentlichen das in Fig.2 dargestellte Ersatzschaltbild mit drei weiteren Möglichkeiten der Ankopplung der Breitbandantenne an die Schwing-kreis-anordnung.

[0011] Der in Fig. 1 mit 1 bezeichnete Hochleistungs-generator umfaßt einen Pulsgenerator 2, eine elektronische Steuereinrichtung 3 und einen Pulsformer 4. Dem Pulsformer ist eine Breitbandantenne 5 (z.B. eine Spiralantenne) nachgeschaltet. Außerdem ist ein mit der elektronischen Steuereinrichtung 3 verbundener Sensor 6 zum Empfang externer Signale vorgesehen.

[0012] Der an sich bekannte Pulsgenerator 2 umfaßt eine aus Batterien bestehende Energiequelle 7, deren Spannung in einem Halbleiterkonverter 8 auf einen zum Laden eines kapazitiven Speichers 9 benötigten Wert erhöht wird, einen magnetischen Spulen-Flußkompressor 10, einen z.B. durch explodierende Drähte gebildeten Öffnungsschalter 11 und einer dem Öffnungsschalter nachgeschalteten Entladungseinrichtung 12 (z.B. einer Hochdruckfunkenstrecke) zur Erhöhung der Steilheit der Anstiegsflanke des auf den Pulsformer 4 wirkenden Pulses (die Anstiegszeit des Pulses sollte < 1 ns betragen).

[0013] Der Pulsformer 4 besteht im wesentlichen aus einer Schwingkreis-anordnung mit mindestens zwei seriell miteinander verbundenen Parallelschwingkreisen 13, 14 unterschiedlicher Resonanzfrequenzen. Dabei erfolgt eine nichtlineare Kopplung der Schwingkreise 13, 14 mit Hilfe eines stab- oder rohrförmigen Ferritker-

nes 15 (in Fig.2 durch eine gestrichelte Linie angedeutet), der eine annähernd rechteckförmige Hystereseschleife aufweist, und der von den die Induktivitäten der Schwingkreise 13, 14 bildenden Spulen umschlossen wird.

[0014] Nachfolgend wird auf die Funktionsweise der in Fig. dargestellten Anordnung näher eingegangen:

[0015] Sobald der Sensor 6 ein externes Signal empfängt (z.B. Empfang des für ein Ziel charakteristisches Signal), aktiviert dieser die elektronische Steuereinrichtung 3. Diese erzeugt dann ein Schaltsignal, durch welches die Energiequelle 7 mit dem Halbleiterkonverter 8 verbunden und der kapazitive Speicher 9 aufgeladen wird.

[0016] Nach dem Aufladen des kapazitiven Speichers 9 wird dieser über die Spule mit der Induktivität $L_g(t)$ des magnetischen Flußkompressors 10 entladen. In dem Augenblick, wenn das Magnetfeld der Spule des magnetischen Flußkompressors 10 seinen maximalen Wert erreicht hat, wird der nicht dargestellte Detonator des Flußkompressors 10 durch ein entsprechendes, von der elektronischen Steuereinrichtung 3 kommendes Signal gezündet. Der Öffnungsschalter 11 bildet zu diesem Zeitpunkt einen Kurzschluß. Der magnetische Flußkompressor 10 kann nun optimal arbeiten, und es kommt zu einer sehr schnellen und starken Stromverstärkung. Dabei reduziert sich die Induktivität $L_g(t)$ der Spule des magnetischen Flußkompressors 10.

[0017] Nach Erreichen eines kritischen Stromes explodieren die Drähte im Öffnungsschalter 11. Der elektrische Widerstand des Öffnungsschalters 11 erhöht sich. Dieses führt zu einem schnellen Anstieg der Spannung über dem Öffnungsschalter 11. Diese Spannung liegt an der nachgeschalteten Entladungseinrichtung 12 an. Über die Entladungseinrichtung 12 wird der Strom in den Pulsformer 4 kommutiert. Die Entladungseinrichtung 12 bewirkt eine weitere Erhöhung der Flankensteilheit des Pulses (und damit eine Verschiebung des oberen Endes des Frequenzspektrums zu höheren Frequenzen).

[0018] Der durch den Pulsgenerator 2 erzeugte extrem hohe Stromimpuls mit steiler Anstiegsflanke wirkt anschließend auf die Schwingkreisanordnung des Pulsformers 4, die im wesentlichen aus den beiden miteinander gekoppelten Parallelschwingkreisen 13, 14 besteht. Da die Parallelschwingkreise 13, 14 über einen Ferritkern mit rechteckförmiger Hystereseschleife miteinander gekoppelt sind, verursachen die Stromoszillationen in den Schwingkreisen 13, 14 ein sequentielles Umschalten des Ferritkerns 15 von seinem Ausgangszustand in den Sättigungszustand, zurück in den Ausgangszustand und wieder in den Sättigungszustand etc. Durch diesen Vorgang kommt es zu einer Erhöhung des Kopplungsfaktors zwischen den Schwingkreisen 13, 14. Dieses führt zu einer Überlappung ihrer Resonanzbänder und, im Ergebnis, zu einer Verbreiterung des Spektrums der Schwingkreisanordnung. Dabei wird die obere Grenze des angeregten Oszillationsspektrums durch

die Resonanzfrequenz des Ferritkerns 15 bestimmt.

[0019] Die Vorgänge werden nachfolgend noch einmal kurz anhand des in Fig.2 dargestellten Ersatzschaltbildes des Hochleistungsgenerators 1 erläutert. Dabei ist mit $L_g(t)$ wiederum die zeitabhängige Induktivität der Spule des magnetischen Flußkompressors 10 bezeichnet. C_1 bzw. C_2 bilden die Kapazitäten des Doppelschwingkreises, L_1 bzw. L_2 die Induktivitäten, R_1 , R_2 und $R_g(t)$ die Widerstände der Induktivitäten L_1 , L_2 und $L_g(t)$. Mit $R_s(t)$ wird das zeitliche Verhalten des Öffnungsschalters 11 beschrieben. $R_M(t)$ beschreibt das zeitliche Verhalten der Entladungseinrichtung 12.

[0020] Wie man dem Ersatzschaltbild entnimmt, haben sich insgesamt drei Schwingkreise gebildet: Ein sich aus der Induktivität $L_g(t)$ des magnetischen Flußkompressors 10 und den Kapazitäten C_1 und C_2 bestehender Schwingkreis und die beiden mit 13 und 14 bezeichneten Schwingkreise.

[0021] Jeder dieser drei Schwingkreise hat seine eigene Resonanzfrequenz, wobei sich die Resonanzfrequenzen zeitlich ändern. Die Resonanzfrequenz des aus der Induktivität $L_g(t)$ und den Kondensatoren C_1 und C_2 bestehenden Schwingkreises ändert sich aufgrund der zeitlichen Änderung der Induktivität $L_g(t)$. Die beiden Schwingkreise 13 und 14 ändern ihre Resonanzfrequenzen aufgrund der Kopplung über den Ferritkern 15. Durch diese Schwingkreisanordnung ergibt sich daher eine komplexe Wellenform, die mit einem sich zeitlich ändernden Frequenzspektrum des abgestrahlten Pulses verbunden ist, welcher der Breitbandantenne 5 (Fig. 1) zugeführt wird.

[0022] Die Ankopplung der Breitbandantenne 5 an den Doppelschwingkreis 13, 14 kann alternativ derart erfolgen, daß der jeweilige Eingangswiderstand der Antenne 5 parallel zu dem Doppelschwingkreis 13, 14 (Fig. 2) oder in Reihe zu dem Doppelschwingkreis 13, 14 (Fig.3) angeordnet ist. Die Ankopplung kann dabei z.B. induktiv erfolgen (FIG.4). Ferner kann bei einer seriellen Anordnung des Eingangswiderstandes der Antenne 5 vorgesehen sein, daß der Eingangswiderstand erst nach dem Anschwingen des Doppelschwingkreises 13, 14 mittels einer Schaltvorrichtung 16 zuschaltbar ist (Fig.5).

[0023] Die Erfindung ist selbstverständlich nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. So können beispielsweise zur "Glättung" des Frequenzspektrums auch mehr als zwei Schwingkreise verwendet werden. Die Wahl der Resonanzfrequenzen der Schwingkreise und des nichtlinearen Kopplungsmittels, und damit die Lage und Form des Frequenzspektrums, richtet sich nach dem jeweiligen Verwendungszweck des Hochleistungsgenerators.

[0024] Soll die obere Grenze des Frequenzspektrums nicht im GHz-, sondern im MHz-Bereich liegen, so kann auf eine Einrichtung zur Erhöhung der Steilheit des von dem Pulsgenerator erzeugten Pulses auch verzichtet werden.

[0025] Der erfindungsgemäße Hochleistungsgenera-

tor läßt sich sehr kompakt aufbauen und ist daher besonders für den Einbau in Geschossen zur letalen Zerstörung von elektronischen Anlagen geeignet, er kann aber selbstverständlich auch in zivilen Gebieten, etwa der Raumfahrttechnologie, eingesetzt werden.

Bezugszeichenliste

[0026]

1	Hochleistungsgenerator	
2	Pulsgenerator	
3	elektronische Steuereinrichtung	
4	Pulsformer	
5	Breitbandantenne, Antenne	
6	Sensor	
7	Energiequelle	
8	Halbleiterkonverter	
9	kapazitiver Speicher	
10	magnetischer (Spulen-) Flußkompressor, Flußkompressor	20
11	Öffnungsschalter	
12	Entladungseinrichtung	
13	erster Parallelschwingkreis	
14	zweiter Parallelschwingkreis	25
15	Kopplungselement, Ferritkern	
16	Schaltvorrichtung	
C_1	Kapazität des ersten Schwingkreises	
C_2	Kapazität des zweiten Schwingkreises	30
L_1	Induktivität des ersten Schwingkreises	
L_2	Induktivität des zweiten Schwingkreises	
$L_g(t)$	Induktivität des Flußkompressors	
R_1	Widerstand der Induktivität des ersten Schwingkreises	35
R_2	Widerstand der Induktivität des zweiten Schwingkreises	
$R_g(t)$	Widerstand der Induktivität des Flußkompressors	
$R_M(t)$	Widerstand der Entladungseinrichtung	40
$R_s(t)$	Widerstand des Öffnungsschalters	

Patentansprüche

1. Hochleistungsgenerator zur Erzeugung eines breitbandigen elektromagnetischen Pulses mit einem magnetischen Spulen-Flußkompressor (10) umfassenden Pulsgenerator (2) und einem dem Pulsgenerator (2) nachgeschalteten Pulsformer (4), **dadurch gekennzeichnet, daß** der Pulsformer (4) eine Schwingkreisanordnung mit mindestens zwei in Serie geschalteten Parallelschwingkreisen (13, 14) unterschiedlicher Resonanzfrequenz umfaßt, wobei die beiden Parallelschwingkreise (13, 14) über mindestens ein nichtlineares ferrimagnetisches Kopplungselement (15) miteinander gekoppelt sind.

2. Hochleistungsgenerator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** es sich bei dem nichtlinearen ferrimagnetischen Kopplungselement (15) um einen rohr- oder stangenförmigen Ferritkern handelt, auf dem die Induktivitäten ($L_1(t)$ und $L_2(t)$) der beiden Parallelschwingkreise (13, 14) angeordnet sind.

3. Hochleistungsgenerator nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Ferritkern (15) eine im wesentlichen rechteckförmige Hystereseschleife aufweist.

4. Hochleistungsgenerator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Pulsgenerator (2) einen dem Spulen-Flußkompressor (10) nachgeschalteten Öffnungsschalter (11) auf der Basis explodierender Drähte umfaßt.

5. Hochleistungsgenerator nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** dem Öffnungsschalter (11) zur Erhöhung der Steilheit der Anstiegsflanke des von dem Öffnungsschalter (11) erzeugten Hochspannungspulses eine Entladungseinrichtung (12) nachgeordnet ist.

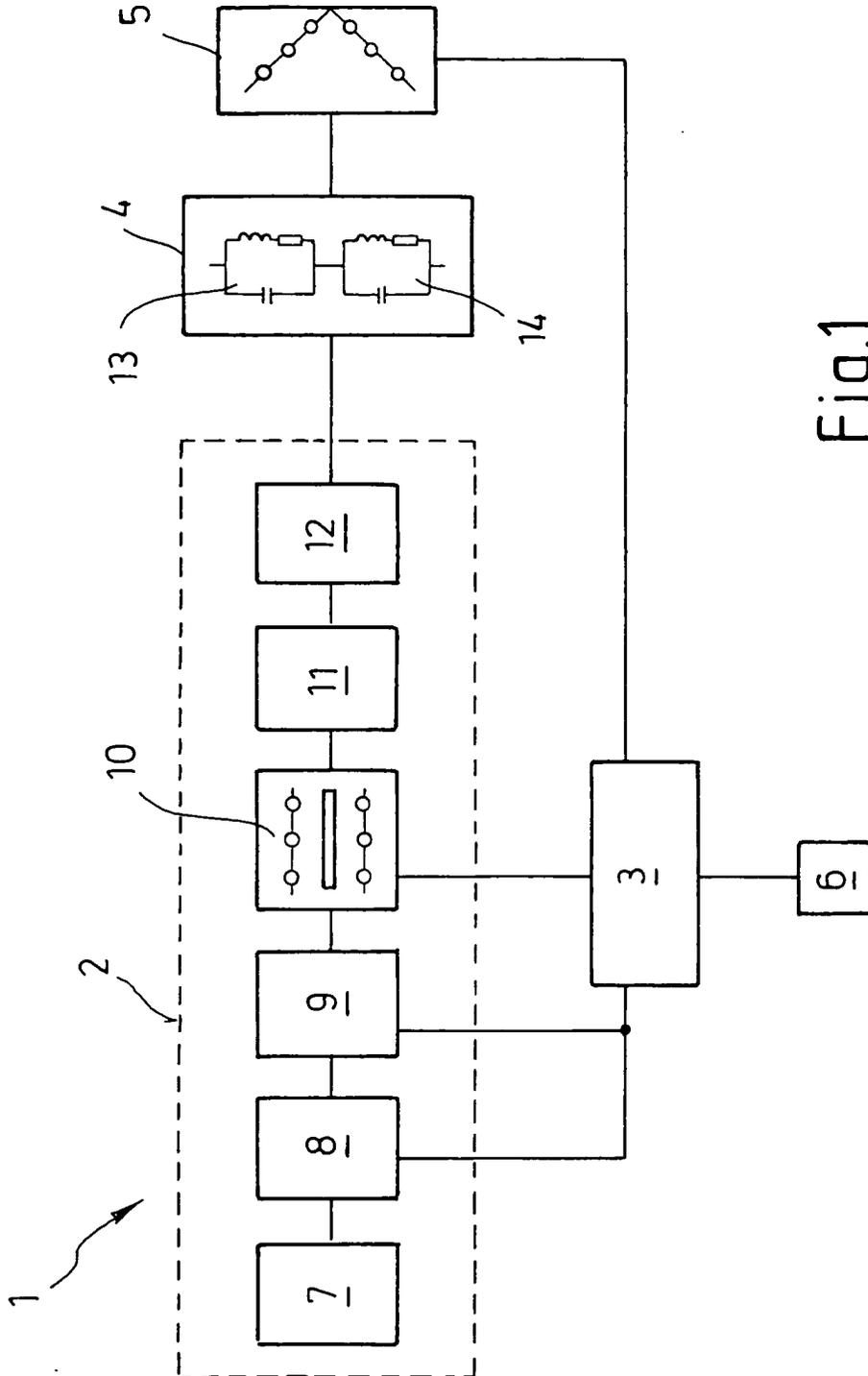


Fig.1

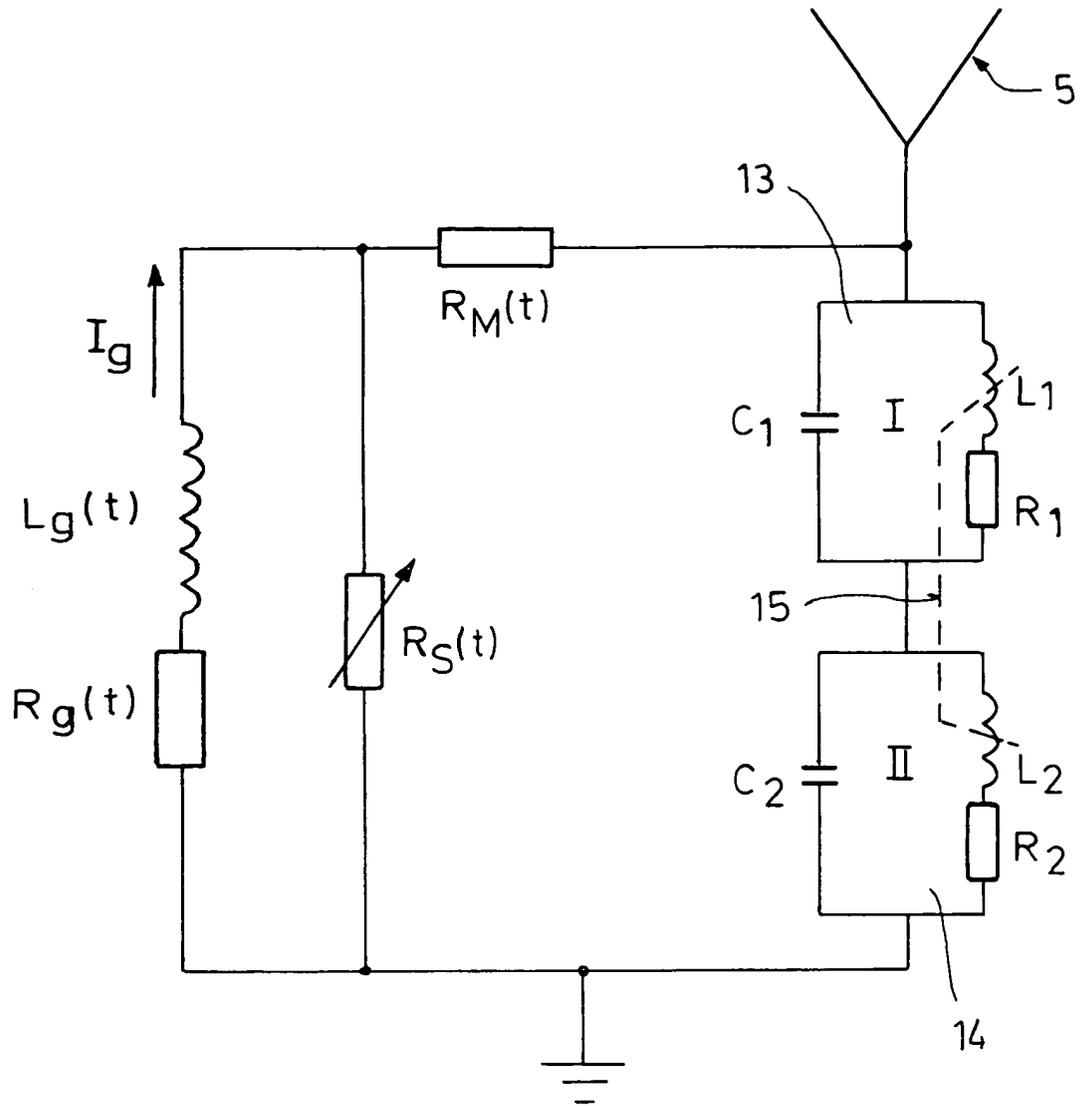


Fig.2

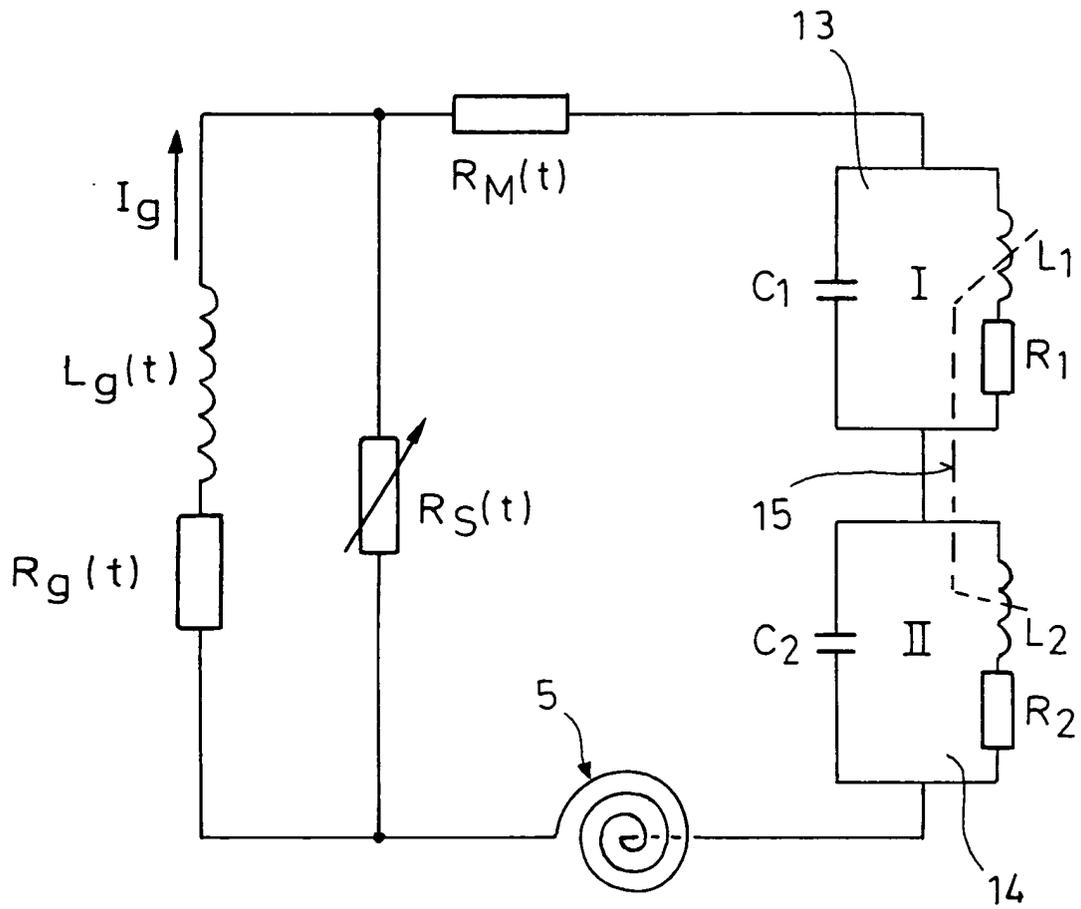


Fig. 3

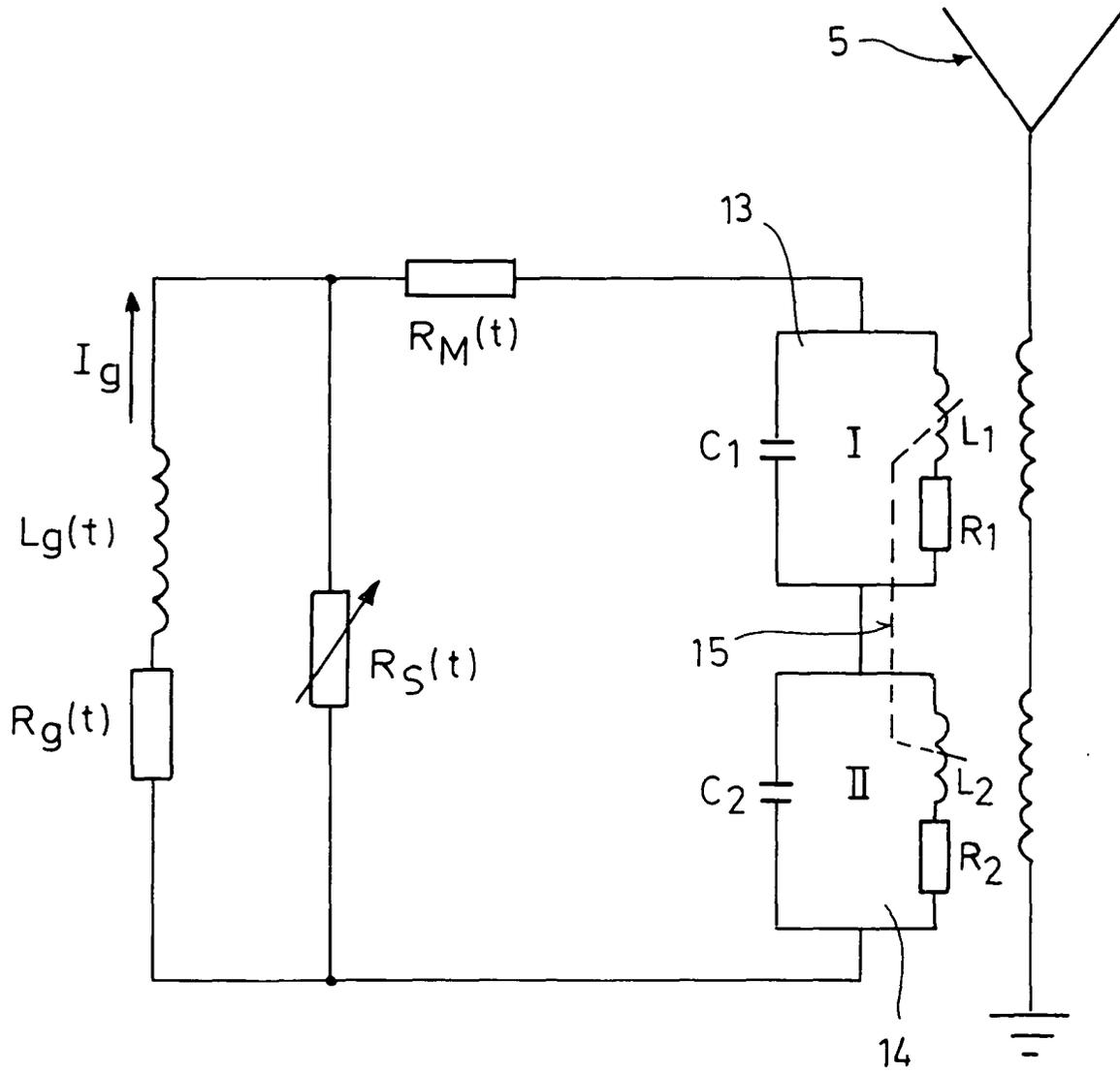


Fig.4

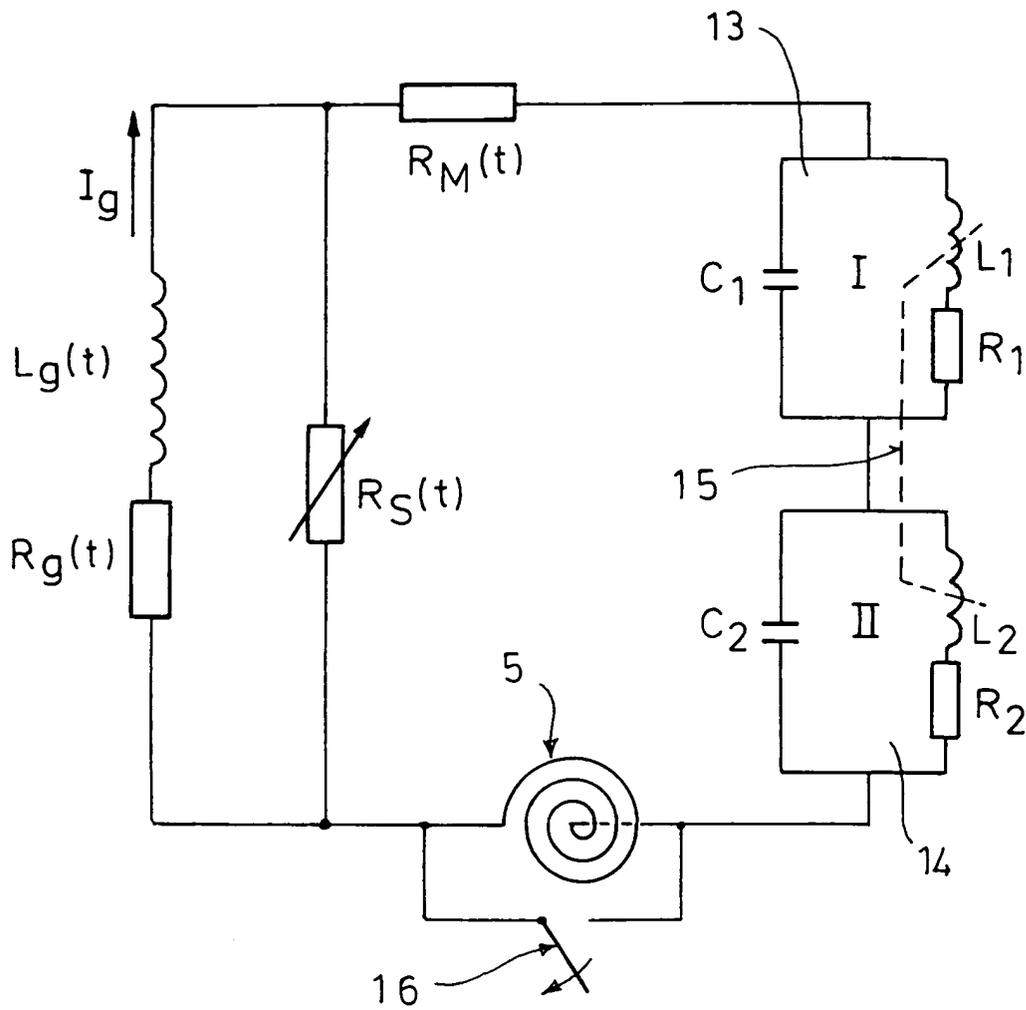


Fig.5