



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 123 550 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
28.12.2005 Patentblatt 2005/52

(21) Anmeldenummer: **99960802.9**

(22) Anmeldetag: **21.10.1999**

(51) Int Cl.7: **H01F 37/00**, H01F 17/06

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE1999/003382

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2000/025329 (04.05.2000 Gazette 2000/18)

(54) **VORRICHTUNG ZUR DÄMPFUNG VON STÖRSPANNUNGEN**

DEVICE FOR ATTENUATING PARASITIC VOLTAGES

DISPOSITIF POUR ATTENUER DES TENSIONS PARASITES

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**

(30) Priorität: **22.10.1998 DE 19848827**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.08.2001 Patentblatt 2001/33

(73) Patentinhaber: **Vacuumschmelze GmbH
63450 Hanau (DE)**

(72) Erfinder:
• **PÖSS, Hans-Joachim
D-63571 Gelnhausen (DE)**
• **WAGNER, Franz
D-63526 Erlensee (DE)**

(74) Vertreter: **Schmuckermaier, Bernhard et al
PAe Westphal, Mussnug & Partner,
Mozartstrasse 8
80336 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 635 853 DE-A- 3 112 296
DE-A- 3 220 737 GB-A- 512 760
US-A- 5 619 174 US-A- 5 751 207**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no.
040 (E-1028), 30. Januar 1991 (1991-01-30) & JP
02 277203 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO
LTD), 13. November 1990 (1990-11-13)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 123 550 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Dämpfung von Störspannungen mit einem Magnetkern und wenigstens einer um den Magnetkern gewickelten Drosselspule mit einer Vielzahl von Windungen.

[0002] Derartige Vorrichtungen sind beispielsweise aus der DE 3112296, DE 3220737 und EP0635853 bekannt und werden häufig dazu verwendet, das Einspeisen von Störspannungen durch Netzverbraucher ins Netz zu unterdrücken. Für eine gute Dämpfungswirkung ist es erforderlich, eine möglichst hohe Impedanz der Drossel in einem möglichst breiten Frequenzbereich zu erzielen.

[0003] Insbesondere beschreibt DE-A-3 112 296 eine Vorrichtung zur Dämpfung von Störspannungen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0004] Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Dämpfung von Störspannungen zu schaffen, die eine hohe Impedanz in einem breiten definierten Frequenzbereich aufweist.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch Anspruch 1 gelöst. Ausgestaltungen und weiterbildungen sind. Gegenstand von Unteransprüchen.

[0006] Da jede Drosselspule eng gewickelte Wicklungsabschnitte umfaßt, ist die Zahl der Windungen insgesamt hoch, so daß sich ein hoher Wert für die Induktivität der Vorrichtung ergibt. Andererseits wird die Kapazität der Drosselspule durch die weit gewickelten Wicklungsabschnitte bestimmt, so daß sich insgesamt ein kleiner Kapazitätswert für jede Drosselspule ergibt. Beides hat zur Folge, daß die aufgrund der Induktivität und der Kapazität auftretenden Resonanzen eine große Bandbreite und einen großen Maximalwert für die Impedanz aufweisen. Durch eine geeignete Dimensionierung ist es dabei möglich, die Resonanzfrequenzen der Vorrichtung auf Werte zu legen, bei denen das Spektrum der Störsignale Maxima aufweist, und auf diese Weise die Unterdrückung der Störungssignale zu optimieren.

[0007] Weitere Ausführungsbeispiele und vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0008] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel anhand der Zeichnung im einzelnen beschrieben. Es zeigen:

- Figur 1 eine Draufsicht auf eine stromkompensierte Drossel;
- Figur 2 den Impedanzverlauf der Drossel aus Figur 1, aufgetragen über die Frequenz;
- Figur 3 ein Ersatzschaltbild für eine der Drosselspulen der Drossel aus Figur 1;
- Figur 4 ein Prinzipschaltbild für die Drossel aus Figur 1; und
- Figur 5 eine Darstellung des Verlaufs des Verhältnisses von Induktivität zur Kapazität in Abhän-

gigkeit von der Resonanzfrequenz für eine ideelle und eine reelle Drossel.

[0009] Figur 1 zeigt eine stromkompensierte Drossel 1, die einen Ringkern 2 aufweist. Auf den Ringkern 2 sind Drosselspulen 3 aufgewickelt, die über eng gewickelte Spulensektoren 4 sowie über Wicklungslücken 5 verfügen.

[0010] Die stromkompensierte Drossel 1 dient dazu, auf Netzleitungen entstehende asymmetrische Störspannungen zu unterdrücken. Dabei soll der Nennstrom die Drossel 1 nicht in Sättigung treiben. Zu diesem Zweck wird die Drossel 1 über Anschlußleitungen 6 so an Netzleitungen angeschlossen, daß sich der vom Nennstrom in den beiden Drosselspulen 3 erzeugte Fluß im Ringkern 2 zu Null kompensiert.

[0011] Zur Unterdrückung asymmetrischer Störspannungen ist es nun erforderlich, daß die Drossel 1 in einem möglichst weiten Frequenzbereich eine möglichst hohe Impedanz aufweist.

[0012] Figur 2 stellt mit einer gestrichelten Linie 7 den Verlauf der Impedanz einer in der Zeichnung nicht dargestellten Drossel ohne Wicklungslücke 5 dar. Im Vergleich dazu ist in Figur 2 mit einer durchgezogenen Kurve 8 der Impedanzverlauf der Drossel 1 dargestellt. Aus Figur 2 wird deutlich, daß die Impedanzkurve 8 ein größeres Impedanzmaximum aufweist als die Impedanzkurve 7. Auch die Halbwertsbreiten der Resonanzen sind bei der Impedanzkurve 8 größer als bei der Impedanzkurve 7. Im Vergleich zu einer Drossel ohne Wicklungslücke weist somit die Drossel 1 mit der Wicklungslücke 5 bei gleicher Windungszahl und gleichem Ringkern höhere Werte für die Impedanz in einem größeren Frequenzbereich auf.

[0013] Dieser Effekt soll nun anhand Figur 3 bis 5 weiter erläutert werden.

[0014] Figur 3 zeigt ein Ersatzschaltbild für die Drosselspule 3. Die Induktivitäten L1 bis L3 sowie L5 bis L7 veranschaulichen die Induktivität der Windungen in den Spulensektoren 4, wohingegen die Induktivität L4 die Induktivität der Wicklungslücke 5 darstellt. Die Widerstände R1 bis R7 stehen für die Leitungswiderstände der Windungen. In gleicher Weise stellen die Kapazitäten Cw1 bis Cw3 sowie Cw5 bis Cw7 die Kapazitäten zwischen nebeneinanderliegenden Windungen in den Spulensektoren 4 dar. Die Kapazität Cw4 schließlich deutet die Kapazität der Wicklungslücke 5 an. Ferner ist in Figur 3 berücksichtigt, daß der Ringkern 2 kein Isolator ist, was in Figur 3 durch die Widerstände R12 bis R78 angedeutet ist. Insbesondere hochfrequente Spannungskomponenten koppeln über Kondensatoren Ck1 bis Ck8 in den Ringkern 2 ein.

[0015] Da die Kapazität Cw4 der Drosselspule 3 im Bereich der Wicklungslücke 5 wesentlich kleiner als die Kapazitäten Cw1 bis Cw3 sowie Cw5 bis Cw7 ist, ist die Kapazität der Drosselspule 3 im wesentlichen gleich der Kapazität Cw4 der Drosselspule 3 in der Wicklungslücke 5. Die Induktivität der Drosselspule 3 ist jedoch gleich

der Summe der Induktivitäten L1 bis L7.

[0016] Der sich aufgrund der Verkleinerung der Kapazität Cw4 ergebende Effekt läßt sich nun anhand des in der Figur 4 dargestellten Prinzipschaltbildes erklären.

[0017] In Figur 4 steht die Induktivität L für die Summe der Induktivitäten L1 bis L7 in Figur 3. Vor der Induktivität L ist in Figur 4 ein Leitungswiderstand R_L eingezeichnet, zu dem eine Kapazität C parallel geschaltet ist. Der Wert der Kapazität C entspricht im wesentlichen dem Wert der Kapazität Cw4 aus Figur 3. Außerdem ist zum Widerstand R_L und der Induktivität L der Drosselspule 3 eine Impedanz R_P parallel geschaltet, die den über den Ringkern 2 führenden Strompfad verdeutlicht.

[0018] Das in Figur 4 dargestellte Prinzipschaltbild ist das Prinzipschaltbild eines verlustbehafteten Parallelschwingkreises. Für den Fall, daß R_P wesentlich größer als R_L ist, gilt für die Bandbreite

$$\frac{\Delta f}{f_0} = R_L \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{1}{R_P} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (1)$$

wobei Δf die Bandbreite und f_0 die Resonanzfrequenz ist. Daraus ergibt sich, daß die Bandbreite zumindest bei verschwindendem Leitungswiderstand R_L und endlichem Parallelwiderstand R_P mit zunehmendem Verhältnis von Induktivität L zu Kapazität C wächst. Demnach ist es für eine große Bandbreite erforderlich, die Induktivität der Drosselspule 3 möglichst groß und die Kapazität C der Drosselspule 3 möglichst klein zu machen.

[0019] Für die Impedanz bei der Resonanzfrequenz ergibt sich unter der Bedingung, daß R_P sehr viel größer als R_L ist, die Formel

$$R_o = \frac{\frac{L}{C}}{R_L + \frac{1}{R_P} \cdot \frac{L}{C}} \quad (2)$$

[0020] Anhand dieser Formel wird deutlich, daß der Resonanzwiderstand ebenfalls mit wachsendem Verhältnis von Induktivität L zu Kapazität C zunimmt. Um große Maximalwerte bei den Resonanzfrequenzen für die Impedanz zu erzielen, ist es demnach wiederum erforderlich, die Induktivität L möglichst groß und die Kapazität C möglichst klein werden zu lassen.

[0021] Anhand der beiden Formeln wird auch deutlich, daß der beschriebene Effekt von gleichzeitiger Erhöhung von Bandbreite und Resonanzwiderstand nur auftritt, wenn der Parallelwiderstand R_P nicht allzu hohe Werte annimmt. Da die spezifischen Widerstände von Ferriten wesentlich größer als die spezifischen Widerstände von weichmagnetischen nanokristallinen Legierungen sind, sind die beschriebenen Effekte bei mit Ferritkernen ausgestatteten Drosselspulen wesentlich schwächer. Unter einer weichmagnetischen nanokri-

stallinen Legierung werden dabei beispielsweise die aus der EP 0 271 657 B1 bekannten Legierungen verstanden.

[0022] Figur 5 schließlich zeigt, wie sich das Verhältnis von L zu C entwickelt, wenn bei einer gegebenen Drosselspule durch Verringern der Kapazität C die Resonanzfrequenz f_0 erhöht wird, wobei in Figur 5 eine gestrichelte Linie 9 den idealen Fall einer von der Frequenz unabhängigen Induktivität darstellt, während die durchgezogene Kurve 10 aufgrund von Meßwerten für die Induktivität einer Drosselspule berechnet wurde. Man erkennt in Figur 5 den in der doppellogarithmischen Darstellung geradlinigen Anstieg des Verhältnisses der idealen frequenzunabhängigen Induktivität L zur Kapazität C. Die aus Meßwerten errechnete Kurve verläuft zwischen 100 Hz und 30 kHz im wesentlichen parallel zur idealen Kurve 9, um dann aufgrund der bei hohen Frequenzen kleiner werdenden Induktivitäten oberhalb von 30 kHz abzufallen und schließlich für Frequenzen über 10 MHz abzufallen. Bis zu diesem oberen Grenzwert ist es somit bei der vermessenen Drosselspule 3 möglich, durch Ausbilden einer Wicklungslücke 5 die Kapazität der Drosselspule 3 zu verringern und dadurch den Maximalwert und die Bandbreite der Resonanzen zu erhöhen.

[0023] Durch eine geeignete Dimensionierung von Windungszahlen und Abmessungen von Spulensektoren 4 ist es dabei möglich, in Frequenzbereichen, in denen die Störsignale starke Frequenzkomponenten aufweisen, Resonanzen der Drosselspule 3 zu legen und auf diese Weise die in diesem Frequenzbereich auftretenden Störsignale auf wirksame Weise zu unterdrücken.

[0024] Dabei ist jedoch zu beachten, daß insbesondere bei hohen Frequenzen die Drosselspule 3 über den Ringkern 2 kurzgeschlossen wird. Dies läßt sich vermeiden, indem die Spulensektoren 4 mehrlagig ausgeführt werden und im äußersten Fall durch Haufenwicklungen ersetzt werden. Aufgrund des größeren Abstands zum Kern koppeln die äußeren Lagen der Haufenwicklung nicht mehr kapazitiv mit dem Ringskern 2, so daß die Drosselspule 3 auch bei hohen Frequenzen nicht über den Ringkern 2 kurzgeschlossen wird. Durch die Haufenwicklung ergibt sich außerdem eine Drosselspule mit großer Induktivität bei gleichzeitig sehr kleiner Kapazität.

[0025] Es sei angemerkt, daß die ausgeführten Erläuterungen nicht nur für stromkompensierte Drosseln mit zwei Phasen gelten, sondern auch für Drosseln mit drei oder mehr Phasen uneingeschränkt gültig sind.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Dämpfung von Störspannungen mit einem Magnetkern (2) und wenigstens zwei um den Magnetkern gewickelten Drosselspulen (3) mit jeweils einer Vielzahl von Windungen,

wobei sich entlang jeder Drosselspule (3) eng gewickelte Wicklungsabschnitte (4) mit weit gewickelten Wicklungsabschnitten (5) abwechseln,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Magnetkern (2) aus einer weichmagnetischen nanokristallinen Legierung gefertigt ist und **daß** die eng gewickelten Wicklungsabschnitte (4) der jeweiligen Drosselspule (3) nur durch die weit gewickelten Wicklungsabschnitte (5) getrennt nebeneinander liegen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Magnetkern ein Ringkern (2) ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** drei Drosselspulen (3) auf den Magnetkern (2) aufgebracht sind.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Drosselspulen (3) sektoriert auf den Magnetkern (2) aufgewickelt sind.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** jede Drosselspule (3) mehrlagig um den Magnetkern (2) gewickelt ist.

Claims

1. Device for attenuating interference voltages comprising a magnetic core (2) and at least two choke coils (3) each with multiple turns wound around the magnetic core, tightly wound winding sections (4) alternating with loosely wound winding sections (5) along each choke coil (3), **characterised in that** the magnetic core (2) is made from a soft-magnetic nanocrystalline alloy and that the tightly wound winding sections (4) of the respective choke coil (3) are contiguous, separated only by the loosely wound winding sections (5).
2. Device according to claim 1, **characterised in that** the magnetic core is a toroidal core (2).
3. Device according to claim 1 or claim 2, **characterised in that** three choke coils (3) are mounted on the magnetic core (2).
4. Device according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** the choke coils (3) are wound on to the magnetic core (2) in sectors.
5. Device according to one of claims 1 to 4, **characterised in that** each choke coil (3) is wound around

the magnetic core (2) in multiple layers.

Revendications

1. Dispositif pour amortir des tensions parasites comportant un noyau magnétique (2) et au moins deux bobines de self (3) enroulées autour du noyau, chaque enroulement ayant un grand nombre de spires et les segments d'enroulement (4) enroulés étroitement le long de chaque bobine de self (3) alternent avec des segments d'enroulement à enroulement large (5), **caractérisé en ce que** le noyau magnétique (2) est fabriqué en un alliage nanocristallin à aimantation douce et les segments d'enroulement (4) à enroulement étroit de chaque bobine d'enroulement respective (3) sont juxtaposés en étant seulement séparés par des segments à enroulement large (5).
2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le noyau magnétique est un noyau annulaire (2).
3. Dispositif selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé par** trois bobines (3) montées sur le noyau magnétique (2).
4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les bobines (3) sont enroulées par secteur sur le noyau magnétique (2).
5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** chaque bobine (3) est enroulée sur plusieurs couches autour du noyau magnétique (2).

FIG 1

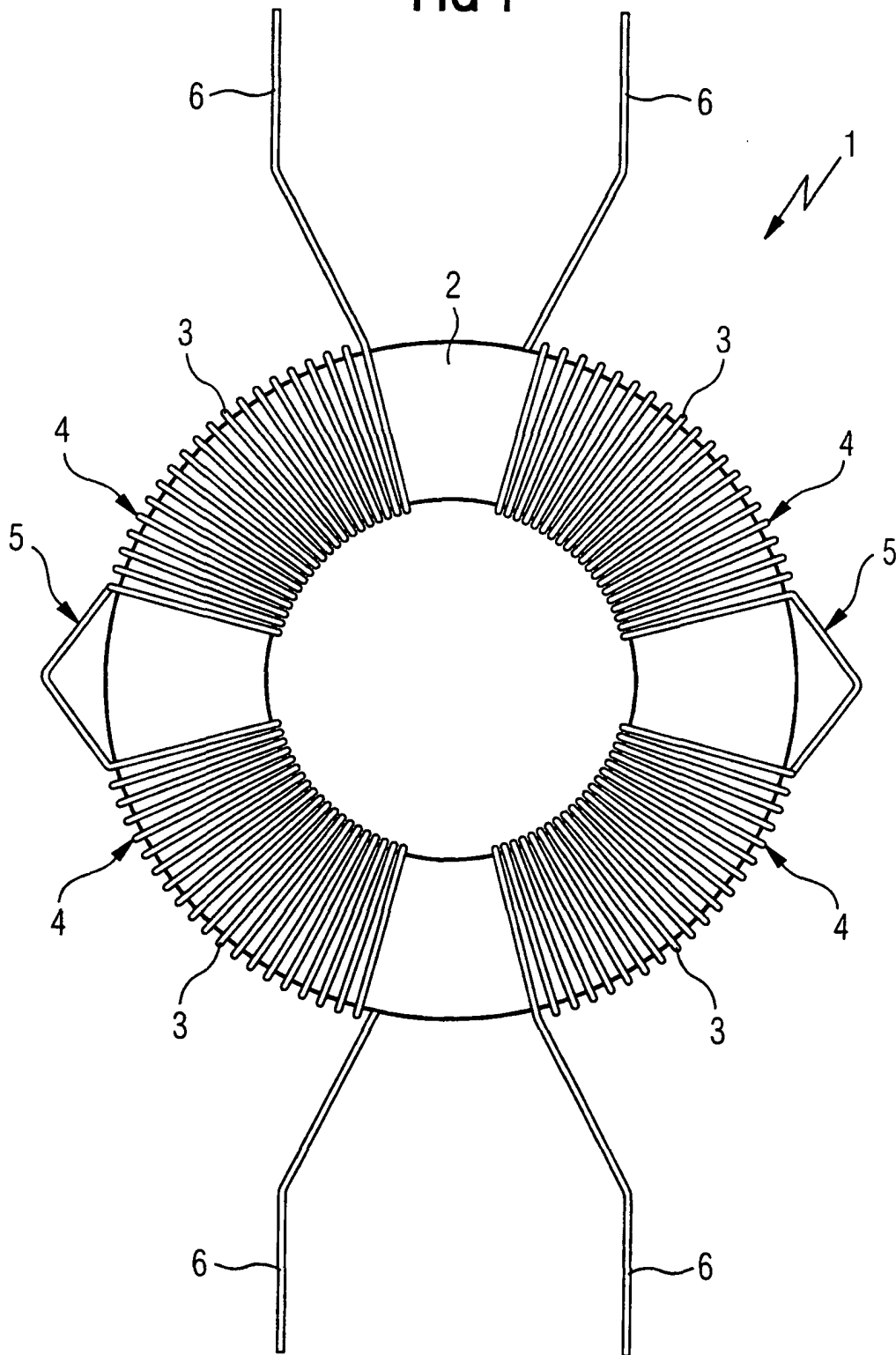
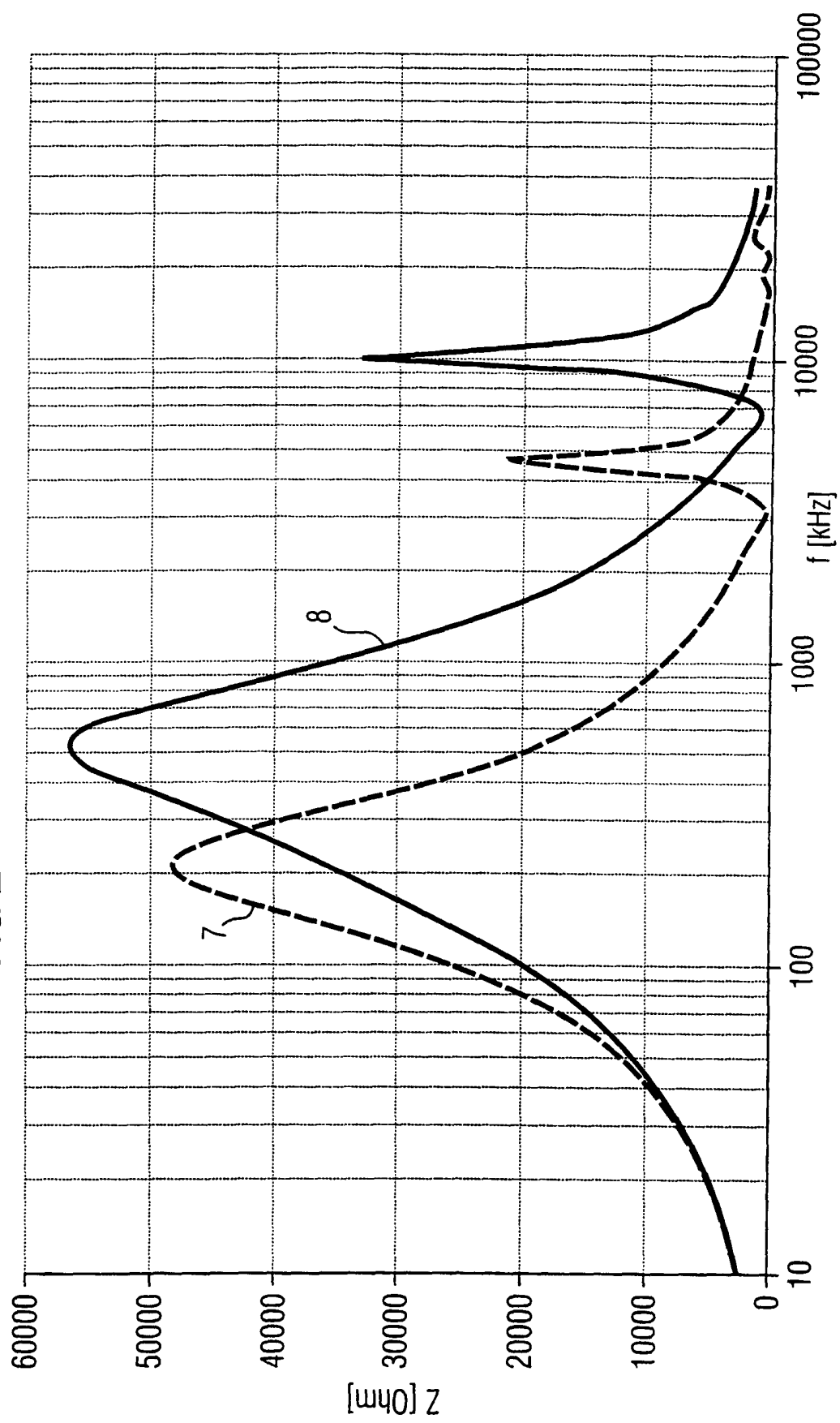


FIG 2



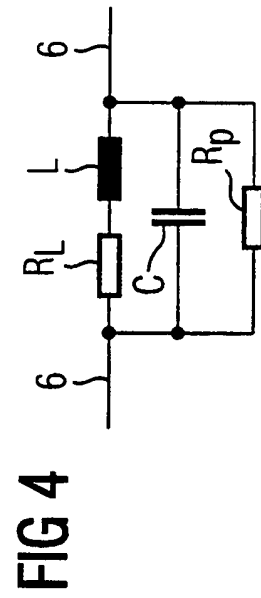
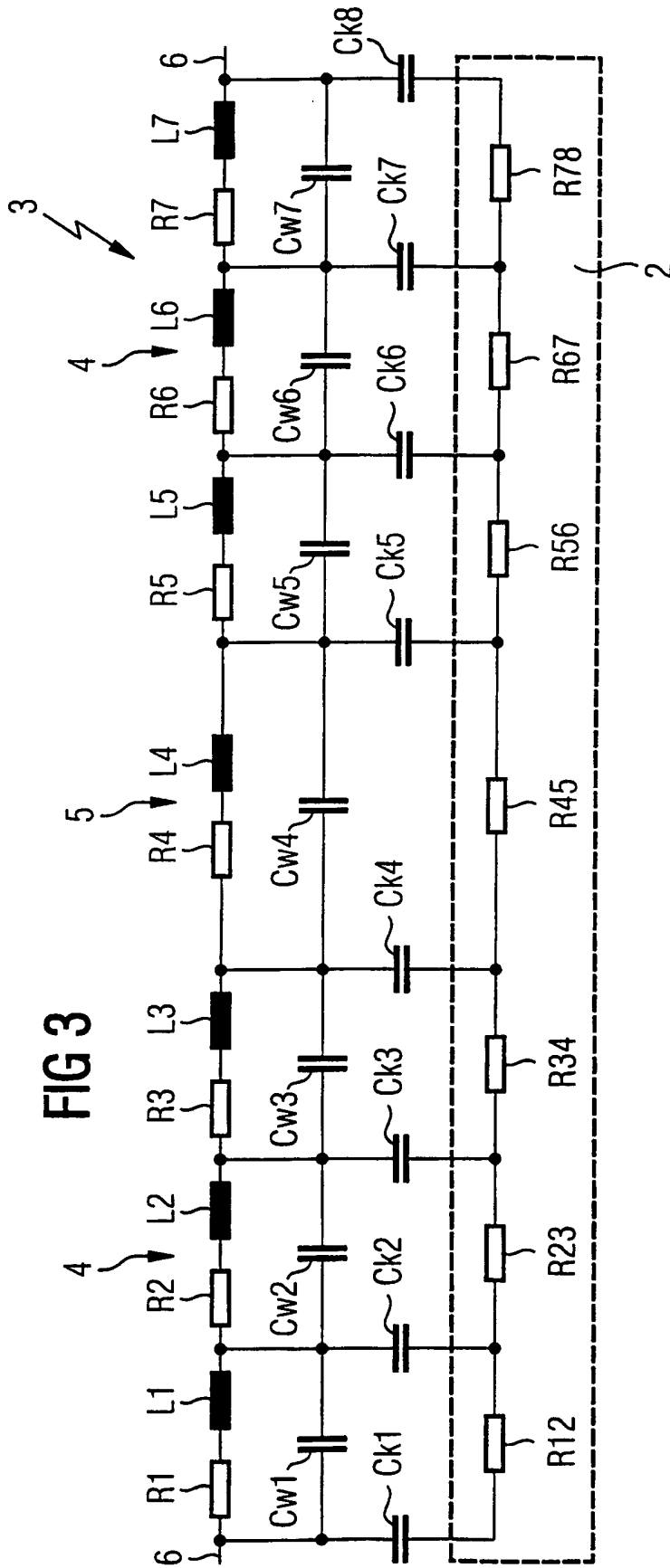


FIG 5

