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

(11) **EP 2 462 596 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
14.12.2016 Patentblatt 2016/50

(21) Anmeldenummer: **10739571.7**

(22) Anmeldetag: **27.07.2010**

(51) Int Cl.:
H01F 17/06 *(2006.01)* ***H01F 27/28*** *(2006.01)*
H01F 41/08 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/060897

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2011/015491 (10.02.2011 Gazette 2011/06)

(54) STROMKOMPENSIERTE DROSSEL UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER STROMKOMPENSIERTEN DROSSEL

CURRENT COMPENSATED INDUCTOR AND METHOD FOR PRODUCING A CURRENT COMPENSATED INDUCTOR

BOBINE DE SELF À COMPENSATION DE COURANT, ET PROCÉDÉ DE PRODUCTION D'UNE BOBINE DE SELF À COMPENSATION DE COURANT

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **06.08.2009 DE 102009036396**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.06.2012 Patentblatt 2012/24

(73) Patentinhaber: **Epcos AG**
81669 München (DE)

(72) Erfinder:
- **RÖLLGEN, Bernhard**
  35576 Wetzlar (DE)
- **STOLL, Karl**
  82110 Germering (DE)

(74) Vertreter: **Epping - Hermann - Fischer**
Patentanwaltsgesellschaft mbH
Schloßschmidstraße 5
80639 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2009/044676
DE-A1-102004 008 961
JP-A- 2001 085 233
JP-A- 2001 196 233

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 2 462 596 B1

Beschreibung

[0001] Die Druckschriften JP 2001-196233 A und JP 2001-085233 A zeigen eine Drossel mit rundem Kern. Die Druckschrift DE 102004008961 B4 zeigt einen Spulenkörper für eine stromkompensierte Drossel.

[0002] Aufgabe ist es, eine alternative stromkompensierte Drossel anzugeben, die eine hohe Stromtragfähigkeit aufweist.

[0003] Die Aufgabe wird durch eine stromkompensierte Drossel nach Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der stromkompensierten Drossel sind Gegenstand von Unteransprüchen.

[0004] Es wird eine stromkompensierte Drossel angegeben, die einen einstückigen, ringförmig geschlossenen Ferritkern aufweist. Der Ferritkern weist wenigstens zwei Drahtwickel auf, die jeweils einen hochkant gewickelten Flachdraht umfassen. Die Drahtwickel sind spulenkörperfrei und voneinander beabstandet auf dem Ferritkern angeordnet.

[0005] Unter einem einstückigen ringförmig geschlossenen Ferritkern wird ein "einlagiger" Ferritkern mit homogenem Aufbau und ohne Luftspalt verstanden. Ringförmig geschlossen bedeutet dabei eine beliebige Fläche einschließend.

[0006] Eine stromkompensierte Drossel mit einem einstückigen Ferritkern weist im Vergleich zu einer stromkompensierten Drossel mit einem mehrteiligen Ferritkern mit Luftspalt bei etwa gleicher Windungszahl der Wickel eine vergleichsweise höhere Induktivität auf.

[0007] Im Vergleich zu einer stromkompensierten Drossel mit einem Ferritkern, der aus einem einzigen Stück besteht, weist eine stromkompensierte Drossel mit einem Ferritkern aus verklebten Ferritkernhälften nur zirka 20 bis 50 % der Induktivität auf.

[0008] Die Drahtwickel der stromkompensierten Drossel weisen jeweils einen Flachdraht auf, der hochkant zu einem Wickel geformt ist. Verglichen mit einem Runddraht, dessen Durchmesser der Breite des Flachdrahts entspricht, hat der Flachdraht einen höheren Querschnitt als der Runddraht. Bei gleichem Querschnitt von Flachdraht und Runddraht lassen sich mit dem Flachdraht pro Wicklungslage mehr Windungen aufbringen als mit einem Runddraht. Im Vergleich zu Wickeln aus Runddraht weisen Wickel aus Flachdraht mit vergleichbarer Windungszahl aufgrund des hohen Füllgrades einen geringeren Gleichspannungs-Widerstand auf, wodurch die stromkompensierte Drossel sich bei gleicher Strombelastung weniger stark erwärmt. Die einzelnen Windungen des Drahtwickels sind hierbei derart aufgebaut, dass die langen Seiten des Flachdrahts zueinander weisen. Durch einen derartigen Aufbau des hochkant gewickelten Drahtwickels weist dieser mit nur wenigen Windungen eine große wirksame Fläche auf.

[0009] Durch die große wirksame Fläche der Flachdrahtwickel bauen sich in den Drahtwickeln bei hohen Frequenzen Wirbelströme auf. Die Wirbelströme bewirken eine gewünschte Erhöhung des Serienwiderstands der Drahtwickel (Proximityeffekt) bei hohen Frequenzen.

[0010] Auch der Skineffekt ist bei Flachdrahtwickeln signifikant stärker ausgeprägt als beispielsweise bei Drahtwickeln aus Litzendrähten, was ebenfalls in für die Drossel erwünschter Weise zu Hochfrequenzverlusten führt.

[0011] In einer Ausführungsform sind die Drahtwickel derart auf dem Ferritkern angeordnet, dass sie einen größtmöglichen räumlichen Abstand zueinander aufweisen.

[0012] Vorzugsweise sind sie auf zueinander parallelen Abschnitten des Ferritkerns angeordnet.

[0013] Der Ferritkern weist daher eine rechteckige Form auf. Die Drahtwickel sind in einer Ausführungsform an den kürzeren Schenkeln des Ferritkerns angeordnet. Werden die Wicklungen jeweils auf den kürzeren Schenkeln angeordnet, so wird dadurch ein räumlich größerer Abstand zwischen den Drahtwickeln erreicht als bei Anordnung an den längeren Schenkeln des rechteckigen Ferritkerns.

[0014] Bei einer Ausführungsform der stromkompensierten Drossel mit einem rechteckigen Ferritkern kann somit ein räumlich großer Abstand der zwei Drahtwickel erreicht werden. Dieser bewirkt, dass trotz eines einteiligen Ferritkerns etwa 2 % der Hauptinduktivität als Streuinduktivität auftreten. Die Streuinduktivität wirkt effektiv wie eine zusätzliche Drosselspule und dämpft Gegentaktstörungen. Rechteckig geformte Ferritkerne sind hierbei besonders wirkungsvoll.

[0015] In einer Ausführungsform weisen die Drahtwickel jeweils nur eine Lage auf. Möglich ist jedoch auch, mehrere Lagen übereinander vorzusehen und diese bevorzugt elektrisch parallel zu verschalten.

[0016] Eine ideale stromkompensierte Drossel weist vorzugsweise eine hohe Resonanzfrequenz der Drahtwickel auf. Zur Erhöhung der Resonanzfrequenz ist es von Vorteil, wenn die parasitären Kapazitäten verringert werden. Durch den einlagigen Aufbau der Drahtwickel der zuvor beschriebenen stromkompensierten Drossel weisen die Drahtwickel die praktisch kleinstmögliche parasitäre Kapazität auf, denn es handelt sich um eine Reihenschaltung von parasitären Kapazitäten, die hier von je einer Windung mit der benachbarten Windung gebildet werden.

[0017] Zur Verringerung der parasitären Kapazität eines herkömmlichen mehrlagigen Drahtwickels ist es von Vorteil, wenn der Drahtwickel in einzelne Kammern unterteilt ist. Bei herkömmlichen stromkompensierten Drosseln wird die Unterteilung in Kammern durch entsprechende Trennwände zwischen den Wicklungen am Spulenkörper erreicht. Dies reduziert jedoch den für die Wicklungen selbst zur Verfügung stehenden Raum. Dieses Problem verstärkt sich mit zunehmender Anzahl an Kammern.

[0018] Die zuvor beschriebene stromkompensierte Drossel mit Flachdrahtwickeln weist einen spulenkörperfreien Aufbau der Drahtwickel auf. Jede Windung des Drahtwickels entspricht hierbei einer Kammer. Die Draht-

wickel sind somit nicht auf eine durch einen Spulenkörper vorgegebene Anzahl von physikalischen Kammern beschränkt.

[0019] Durch den Aufbau der stromkompensierten Drossel mit einem einstückigen Ferritkern und der Verwendung von einlagigen Flachdrahtwickeln wird eine Reduzierung des DC-Widerstands und der parasitären Kapazität der Drossel erreicht. Die gewünschten Hochfrequenzverluste können durch diesen Aufbau der Drossel hingegen maximiert werden.

[0020] In einer Ausführungsform sind die Drahtwickel derart angeordnet, dass sie - bei symmetrischer elektrischer Anbindung - einen zueinander gegenläufigen Wickelsinn aufweisen. Die Drahtwickel weisen vorzugsweise die gleiche Anzahl von Windungen auf.

[0021] Die Beschichtung umfasst beispielsweise Epoxid oder Parylen. Bei einer Dicke der Beschichtung von kleiner gleich 0,4 mm weist eine solche Beschichtung eine Durchbruchspannung von mehr als 2000 V_{RMS} (RMS= root mean square, d.h. Effektivwert) auf. Die Beschichtung erfüllt die Brandschutzklasse UL94V-0.

[0022] In einer Ausführungsform ist die stromkompensierte Drossel mit einem beschichteten Ferritkern in einem Kunststoff-Gehäuse angeordnet. Die Wicklung ist dann auf diesem Gehäuse angeordnet. Das Gehäuse bewirkt vorzugsweise die gleiche elektrische Isolation wie eine isolierende Beschichtung des Ferritkerns. Das Gehäuse weist in einer Ausführungsform Vorrichtungen zur Fixierung der Drahtenden der stromkompensierten Drossel auf.

[0023] Des Weiteren wird eine Schaltungsanordnung mit einer zuvor beschrieben stromkompensierten Drossel angegeben, wobei die stromkompensierte Drossel in Reihe zu einem Brückengleichrichter geschaltet ist. Die stromkompensierte Drossel ist im Netzkreis einer Applikationsschaltung z.B. hinter dem Brückengleichrichter auf der gleichgerichteten Seite eingebaut. Sie kann aber auch vor dem Brückengleichrichter eingebaut sein.

[0024] Vorzugsweise wird die stromkompensierte Drossel derart beschaltet, dass der magnetische Fluss, der in dem ersten Wickel erzeugt wird, dem magnetischen Fluss, der in dem zweiten Wickel erzeugt wird, entgegengesetzt gerichtet ist und sich beide Flüsse somit kompensieren.

[0025] Durch den Einbau hinter einem Brückengleichrichter tritt der Stromfluss durch die beiden Drahtwickel der stromkompensierten Drossel nur in einer Richtung auf. Dadurch treten in dem Ferritkern im Bereich der Drahtwickel in die gleiche Richtung Magnetfelder auf.

[0026] Des Weiteren wird ein Verfahren das nicht unter der beanspruchten Gegenstand fällt zur Herstellung einer stromkompensierten Drossel angegeben, wobei ein Flachdraht spiralförmig zu einem Drahtwickel geformt wird. Der vorgeformte, spiralförmige Drahtwickel wird auf einen bereitgestellten ringförmig geschlossenen Ferritkern derart aufgebracht, dass die einzelnen Windungen des Drahtwickels nacheinander, durch relative Drehung zwischen Drahtwickel und Ferritkern, auf den Ferritkern aufgedreht werden.

[0027] Zum Erleichtern des Bewicklungsvorgangs können vorzugsweise sämtliche Kanten des Ferritkerns angefast sein, das heißt die Kanten sind abgeschrägt oder abgerundet.

[0028] Der Drahtwickel wird vorzugsweise einlagig auf den Ferritkern aufgebracht. Möglich ist auch, zwei Wickel übereinander aufzubringen und elektrisch parallel zu verschalten. Bei geeignetem Durchmesser können die beiden Wicklungen mit dem Verfahren auch übereinander aufgedreht werden.

[0029] In einer weiteren Ausführungsform der nicht unter der beanspruchten Gegenstand fällt wird ein zweiter vorgeformter Drahtwickel nach dem zuvor beschriebenen Verfahren auf den Ferritkern aufgebracht, wobei der zweite Drahtwickel vorzugsweise mit entgegen gesetzter Wicklungsrichtung auf den Ferritkern aufgebracht wird.

[0030] Der zweite Drahtwickel wird vorzugsweise derart auf dem Ferritkern aufgebracht, dass der räumliche Abstand zwischen den beiden Drahtwickeln möglichst groß ist.

[0031] Durch das zuvor beschriebene Verfahren lassen sich vorzugsweise Flachdrahtwickel, die in leicht gestrecktem Zustand vorliegen, durch Drehung auf den einstückigen, rechteckigen oder toroidförmigen Ferritkern quasi aufschrauben. Das zuvor beschriebene Verfahren eignet sich besonders für hochkant gewickelte Flachdrahtwickel.

[0032] Durch den Aufbau der stromkompensierten Drossel mit einem einlagigen Flachdrahtwickel wird kein zusätzlicher Spulenkörper benötigt. Zur Fixierung der Anschlüsse der Drahtwickel reichen beispielsweise wenige Tropfen eines beispielsweise UV-härtenden Klebstoffes aus. Für Anwendungen, bei denen Trägerplatten von Vorteil sind, können diese auch mit der zuvor beschriebenen stromkompensierten Drossel kombiniert werden.

[0033] Durch den Aufbau der stromkompensierten Drossel mit niederohmigen Drahtwickeln aus Flachdraht, die auf einem einteiligen Ferritkern angeordnet sind wird die Eigenerwärmung der stromkompensierten Drossel begrenzt. Der Nennstrom ist abhängig von dem thermisch möglichen und von dem durch die Sättigung des Ferritkerns bedingten maximalen Strom.

[0034] In einer beispielhaften Ausführungsform weist eine zuvor beschriebene stromkompensierte Drossel beispielsweise eine Grundfläche von zirka 27 x 26 mm und eine Höhe von 11 mm auf, wobei die Drossel einen rechteckigen Ferritkern mit zwei Drahtwickeln mit einer Induktivität von jeweils 1 mH aufweist. In dieser Ausführungsform kann die stromkompensierte Drossel beispielsweise bis zirka 5 A (Spitzenstrom) ausgesteuert werden. Die Streuinduktivität der stromkompensierten Drossel ist hierbei im Vergleich zu einer Drossel auf Ringkernbasis um zirka 37 % höher.

[0035] Die oben beschriebenen Gegenstände und Verfahren werden anhand der folgenden Figuren und Ausführungsbeispiele näher erläutert.

[0036] Die nachfolgend beschriebenen Zeichnungen sind nicht als maßstabgetreu aufzufassen.

[0037] Es zeigt

Figur 1 eine erste Ausführungsform der stromkompensierten Drossel mit einem Ferritkern,

Figur 2 den Verlauf der Sättigung eines Ferritkerns einer stromkompensierten Drossel in Abhängigkeit vom Nennstrom,

Figur 3 die Flussdichteverteilung einer Ausführungsform einer stromkompensierten Drossel,

Figur 4 ein Schaltbild einer Applikationsschaltung mit einer stromkompensierten Drossel,

Figur 5 das Bewickeln eines geschlossenen Ferritkerns mit einem vorgeformten Drahtwickel,

Figur 6 eine weitere Ausführungsform der stromkompensierten Drossel mit einem Ferritkern in toroidaler Form.

[0038] Figur 1 zeigt eine erste Ausführungsform der stromkompensierten Drossel 1 mit einem rechteckigen Ferritkern 2. Der Ferritkern 2 weist zwei Drahtwickel 4, 5 auf, die auf gegenüberliegenden Seiten des Ferritkerns 2 angeordnet sind.

[0039] In einer weiteren, später dargestellten Ausführungsform weist der Ferritkern die Form eines Ringtorus auf.

[0040] Figur 2 zeigt den Verlauf 10 der relativen Induktivität L/L_0 in Abhängigkeit von der Stromstärke I. Auf der X-Achse des Diagramms ist die Stromstärke I in Ampere aufgetragen. Auf der Y-Achse ist die relative Induktivität in Prozent angegeben. Die relative Induktivität L/L_0 gibt die Induktivität bei vorgegebenem Strom im Vergleich zum Induktivitätswert L_0 ohne Strombelastung an. Die Abnahme wird bei feldstärkeabhängiger Magnetisierung des Kernmaterials im stromkompensierten Betrieb durch den Strom verursacht. Eine erfindungsgemäße stromkompensierte Drossel weist bei einer Stromstärke von zirka 5,5 A eine relative Induktivität von etwa 90 % auf. Bei 9A weist die stromkompensierte Drossel noch eine relative Induktivität von 60 % auf.

[0041] Figur 3 zeigt die Flussdichteverteilung im Ferritkern einer stromkompensierten Drossel bei Bestromung mit Nennstrom. Im Bereich der Drahtwickel 54 und 55 tritt ein Maximum der Magnetisierung auf.

[0042] Figur 4 zeigt schematisch eine stromkompensierte Drossel in einem Schaltbild einer Applikationsschaltung. Die Applikationsschaltung zeigt eine beschriebene stromkompensierte Drossel 1, die in Reihe zu einem Brückengleichrichter 11 geschaltet ist. Der Aufbau der Schaltung entspricht in etwa einer Netzfilter-Schaltung (Line filter).

[0043] Beim Einbau der stromkompensierten Drossel 1 hinter dem Brückengleichrichter 11 tritt ein Stromfluss durch die beiden Wicklungen der stromkompensierten Drossel 1 nur noch in einer Richtung auf. Dadurch wird der Ferritkern der stromkompensierten Drossel 1 immer in die gleiche Richtung magnetisiert.

[0044] Figur 5 zeigt das Bewickeln eines geschlossenen, rechteckigen Ferritkerns 62 mit einem Drahtwickel 65. Im dargestellten Schritt ist auf dem Ferritkern 62 bereits ein erster Drahtwickel 64 aufgebracht. Der zweite Drahtwickel 65 ist in der Figur in etwa zur Hälfte auf dem Ferritkern 62 aufgedreht. Hierbei wird der vorgeformte Drahtwickel 65 im gestreckten Zustand durch Drehung auf den Ferritkern 62 aufgebracht. Die einzelnen Windungen des Drahtwickels 65 werden hierbei durch eine relative Drehung zwischen Drahtwickel 65 und Ferritkern 62 auf dem Ferritkern 62 "aufgeschraubt". Der Ferritkern 62 weist eine geschlossene Form auf.

[0045] Figur 6 zeigt eine weitere Ausführungsform der stromkompensierten Drossel 1 ähnlich zu der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform der stromkompensierten Drossel, wobei der Ferritkern 72 der Drossel 1 in Figur 7 eine toroidale Form aufweist.

Bezugszeichenliste

[0046]

1	stromkompensierte Drossel
2, 52, 62, 72	Ferritkern
4, 54, 64	Drahtwickel
5, 55, 65	Drahtwickel
10	Sättigungsverlauf einer Drossel
11	Brückengleichrichter
12, 13, 14	Kondensator
15	Widerstand
16	Diode
17	Masse

Patentansprüche

1. Stromkompensierte Drossel, aufweisend
einen einstückigen, ringförmig geschlossenen Ferritkern (2) mit rechteckiger Form und elektrisch isolierender Beschichtung, der wenigstens zwei Drahtwickel (4, 5) mit hohem Füllgrad aus jeweils einem hochkant gewickelten Flachdraht aufweist, die voneinander beabstandet spulenkörperfrei auf dem Ferritkern (2) angeordnet sind.

2. Stromkompensierte Drossel nach dem vorhergehenden Anspruch,
wobei die Drahtwickel (4, 5) jeweils nur eine Lage aufweisen.

3. Stromkompensierte Drossel nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei zwischen den beiden Drahtwickeln (4, 5) ein

größtmöglicher räumlicher Abstand zueinander eingehalten ist.

4. Stromkompensierte Drossel nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Drahtwickel (4, 5) symmetrisch zueinander verschaltet sind, aber zueinander einen gegenläufigen Wickelsinn aufweisen.

5. Stromkompensierte Drossel nach einem der Ansprüche 1-4, bei der der Ferritkern in einem Gehäuse angeordnet ist und bei der die Wicklung auf dem Gehäuse angeordnet ist.

Claims

1. Current compensated inductor, comprising a single-piece ferrite core (2) which is in the form of a closed ring having a rectangular shape and an electrically insulating coating, which ferrite core (2) has at least two wire coils (4, 5) with a high filling level each composed of a flat wire wound upright, which wire coils are arranged spaced apart from one another without a coil former on the ferrite core (2).

2. Current compensated inductor according to the preceding claim,
wherein the wire coils (4, 5) each have just one layer.

3. Current compensated inductor according to the preceding claim,
wherein a spatial distance which is as large as possible is maintained between the two wire coils (4, 5).

4. Current compensated inductor according to one of the preceding claims,
wherein the wire coils (4, 5) are connected symmetrically with respect to one another but have opposing winding directions to one another.

5. Current compensated inductor according to one of claims 1-4, in which the ferrite core is arranged in a housing and in which the winding is arranged on the housing.

Revendications

1. Bobine de self à compensation de courant, présentant un noyau en ferrite (2) d'une seule pièce de forme annulaire fermée ayant une forme rectangulaire et un revêtement électriquement isolant, qui présente au moins deux enroulements de fil (4, 5) avec un grand degré de remplissage réalisés à chaque fois à partir d'un fil plat enroulé sur le chant, lesquels sont disposés à distance l'un de l'autre sur le noyau de ferrite (2) sans corps de bobine.

2. Bobine de self à compensation de courant selon la revendication précédente,
dans laquelle les enroulements de fil (4, 5) présentent à chaque fois seulement une couche.

3. Bobine de self à compensation de courant selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle un espace le plus grand possible est maintenu entre les deux enroulements de fil (4, 5).

4. Bobine de self à compensation de courant selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle les enroulements de fil (4, 5) sont connectés symétriquement l'un par rapport à l'autre mais présentent un sens d'enroulement opposé l'un à l'autre.

5. Bobine de self à compensation de courant selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,
dans laquelle le noyau de ferrite est disposé dans un boîtier et dans laquelle l'enroulement est disposé sur le boîtier.

Fig 1

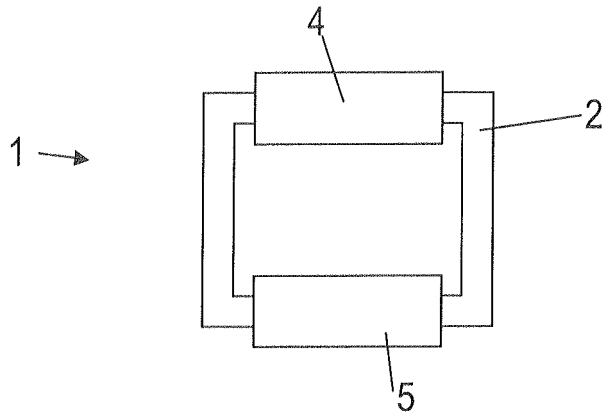


Fig 2

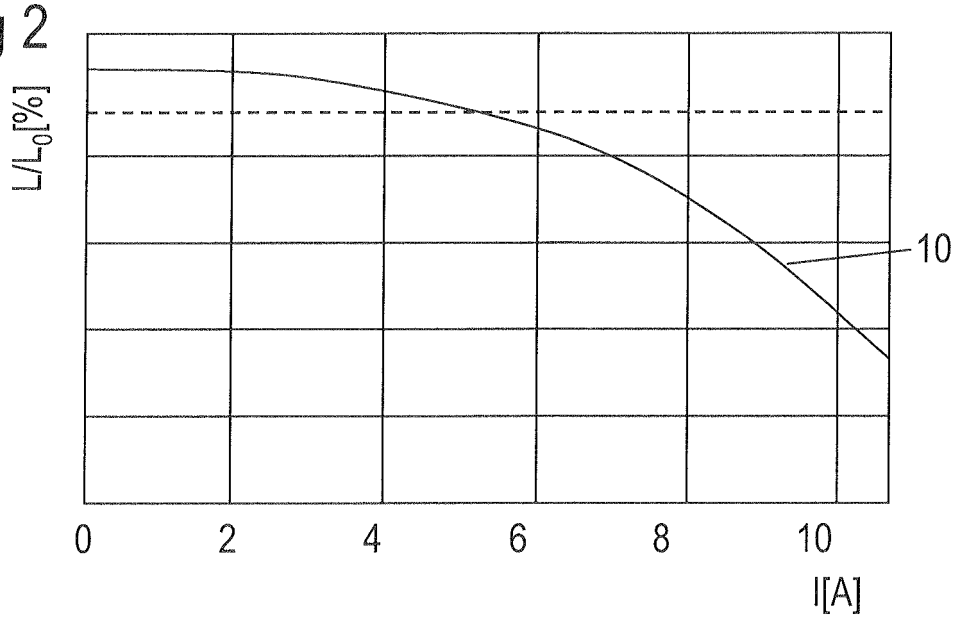


Fig 3

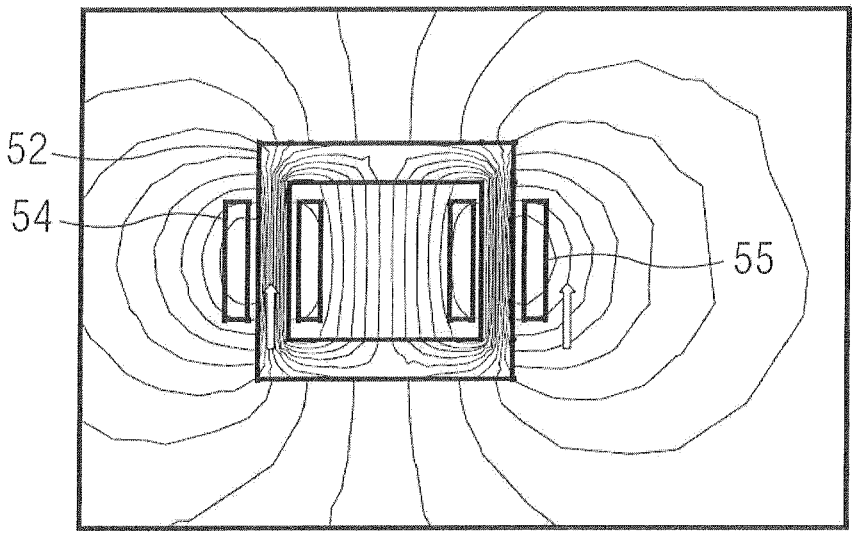


Fig 4

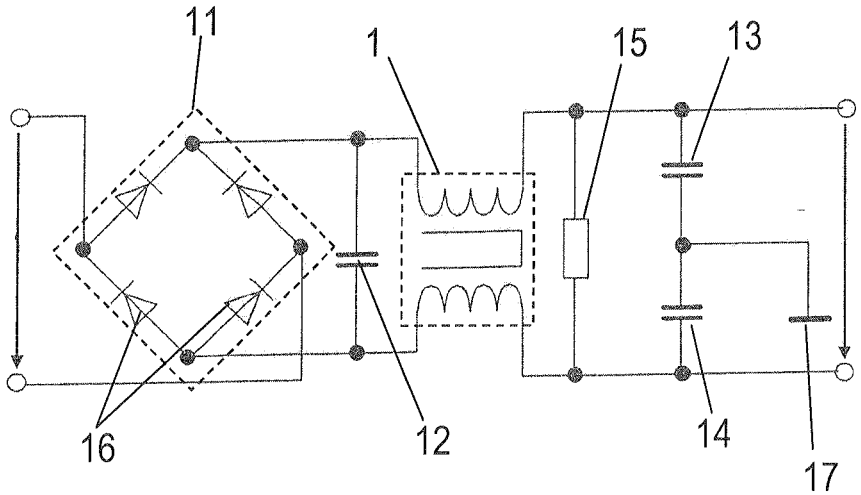


Fig 5

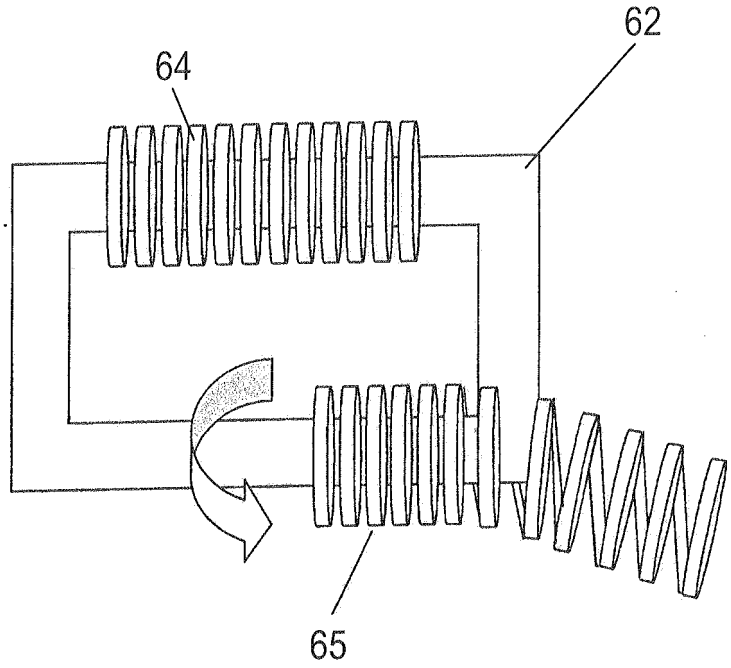
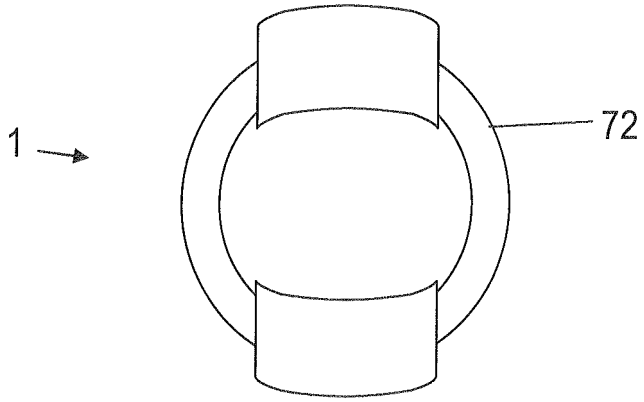


Fig 6



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

- JP 2001196233 A **[0001]**
- JP 2001085233 A **[0001]**
- DE 102004008961 B4 **[0001]**