



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 026 465 A1** 2007.12.13

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 026 465.7**

(22) Anmeldetag: **01.06.2006**

(43) Offenlegungstag: **13.12.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H02M 1/12 (2006.01)**  
**H02H 7/12 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Siemens AG, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Bröske, Marc, Dipl.-Ing., 27374 Visselhövede, DE;**  
**Gerlach, Holger, Dipl.-Ing., 27283 Verden, DE;**  
**Küllig, Peter, Dr., 28211 Bremen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**DE 30 12 474 A1**

**GB 2 91 529**

**US 49 14 559**

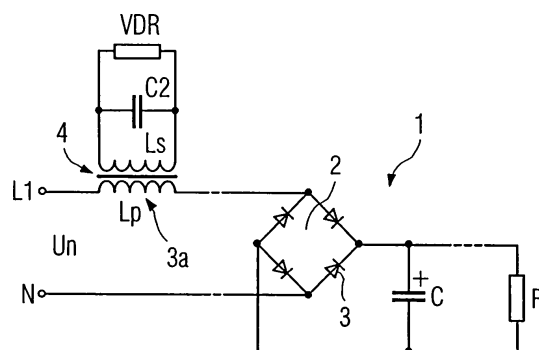
**EP 03 91 617 A1**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Filter für ein elektrisches Betriebsmittel, insbesondere für ein Schaltnetzteil, eine Stromversorgung oder einen Frequenzumrichter**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Filter für ein elektrisches Betriebsmittel (1), insbesondere für ein Schaltnetzteil, eine Stromversorgung oder einen Frequenzumrichter, wobei das Betriebsmittel (1) einen Gleichstromzwischenkreis mit einem Kondensator (C) zur Bereitstellung einer Gleichspannung für einen Verbraucher (R) aufweist, welche aus einer von einer Wechselspannungsversorgung bereitgestellten Wechselspannung ( $U_n$ ) mit einer im Wesentlichen gleich bleibenden Frequenz ( $F_n$ ) erzeugt wird und mittels des Kondensators (C) geglättet wird, mit einer dem Betriebsmittel (1) als Schutzimpedanz zur Wechselspannungsversorgung vorgeschalteten Drossel (3a), die im Betrieb einen vorgegebenen Spannungsabfall aufweist, der bei einem Kurzschluss das Ansprechen von Sicherungseinrichtungen sicherstellt. Um ein Filter zu erzielen, das bei einem elektrischen Betriebsmittel mit einem Gleichstromzwischenkreis eine Schutzimpedanz zum Netz bildet und gleichzeitig Oberschwingungen der Netzwechselspannung verringert, wird vorgeschlagen, dass die Drossel (3a) gleichzeitig die Primärwicklung ( $L_p$ ) eines Transformators (4) ist, an dessen Sekundärwicklung ( $L_s$ ) zur Bildung eines Parallelschwingkreises eine Kapazität (C) angeschlossen ist, die so gewählt ist, dass die Resonanzfrequenz dieses Parallelschwingkreises ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz ( $F_n$ ) der Wechselspannung ( $U_n$ ) ist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Filter für ein elektrisches Betriebsmittel, insbesondere für ein Schaltnetzteil, eine Stromversorgung oder einen Frequenzumrichter, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Elektrische Betriebsmittel wie z. B. Schaltnetzteile, Stromversorgungen und Frequenzumrichter sind bekannt. Sie werden an eine einphasige oder dreiphasige Netzwechselspannung angeschlossen, die von einem Gleichrichter des Betriebsmittels gleichgerichtet wird, dem zur Glättung der pulsierenden Gleichspannung ein Kondensator mit einer relativ großen Kapazität nachgeschaltet ist. Parallel zu diesem Kondensator liegt der Verbraucher, welcher üblicherweise durch einen Verbraucher (oder die interne Elektronik des Betriebsmittels) gebildet wird. Der an den Verbraucher abgegebene geglättete Gleichstrom wird im Wesentlichen dem Kondensator entnommen, der sich dabei jeweils entlädt, um dann durch den Spitzenwert der gleichgerichteten pulsierenden Spannung wieder aufgeladen zu werden. Aufgrund des Pulsierens der Spannung und der Verbraucherstromabhängigkeit erfolgt allerdings keine permanente Aufladung: Diese geschieht nur in dem kurzen Zeitbereich, in dem die gleichgerichtete Spannung die Kondensatorspannung überschreitet, woraus ein nicht sinusförmiger Impulsstrom resultiert, der ebenfalls in der Netzwechselspannungsversorgung auftritt.

**[0003]** Eine Zerlegung dieser nicht sinusförmigen Stromimpulse in das zugehörige Spektrum sinusförmiger Ströme ergibt neben der Netzfrequenz (Nutzfrequenz) das Auftreten von ganzzahligen Vielfachen der Netzfrequenz, die man auch Oberschwingungen oder Harmonische der Netzfrequenz bezeichnet. Diese schaltungsbedingt entstehenden Oberschwingungen sind unerwünscht, da sie zu einer „Verschmutzung“ des Netzes führen, was mit Zusatzverlusten auf Netzleitungen und der Beeinflussung anderer elektrischer Betriebsmittel verbunden sein kann.

**[0004]** Aus diesem Grunde sind Hersteller elektrischer Betriebsmittel sowie Anlagen gesetzlich (EMV-Gesetz) verpflichtet, vorgegebene Grenzwerte einzuhalten.

**[0005]** Zur Einhaltung der Grenzwerte sind PFC-Lösungen (Power Fail Correction) bekannt, bei denen aktive Halbleiter einer elektronischen Schaltung den mit Oberschwingen behafteten Wechselstrom so takten, dass eine phasensynchrone und sinusförmige Stromaufnahme des Betriebsmittels erzwungen wird. Diese Lösung ist durch die hohe Anzahl von Bauelementen kostenintensiv. Zusätzlich entstehen durch die Taktung der aktiven Halbleiter häufig EMV-Störungen im hochfrequenten Bereich.

**[0006]** Eine andere Lösung ist die Verwendung von Serien-Resonanzkreisen (Saugkreisen), die in Serie geschaltete Induktivitäten, Kapazitäten und ggf. Widerstände umfassen. Die Resonanzfrequenzen sind dabei auf die Oberschwingungen der Netzwechselspannung ausgelegt. Der Nachteil dieser Serien-Resonanzkreise ist der, dass die Oberschwingungsströme kurzgeschlossen werden, diese groß und schwer sowie mit einer hohen Wärmeentwicklung verbunden sind.

**[0007]** Erschwerend kommt hinzu, dass die impulsförmige Stromaufnahme eines Gleichstromzwischenkreises mit Kondensator neben der Entstehung der Oberschwingungsströme auch üblicherweise eine Schutzimpedanz zum Wechselspannungsnetz erfordert, um sicherzustellen, dass die vorgesehenen Sicherungen im Kurzschlussfall ansprechen und somit den Leitungsschutz gewährleisten.

**[0008]** Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Filter vorzuschlagen, das bei einem elektrischen Betriebsmittel mit einem Gleichstromzwischenkreis mit einem Kondensator eine Schutzimpedanz zum Netz bildet und gleichzeitig Oberschwingungen des Netzwechselspannungsstromes verringert.

**[0009]** Die Lösung der Aufgabe ist durch die Merkmale des Anspruchs 1 gegeben; die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Ausgestaltungen.

**[0010]** Die Lösung sieht vor, dass die Drossel gleichzeitig die Primärwicklung eines Transformators bildet, an dessen Sekundärwicklung zur Bildung eines Parallelschwingkreises eine Kapazität angeschlossen ist, die so gewählt ist, dass die Resonanzfrequenz dieses Parallelschwingkreises ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz der Wechselspannung der Wechselspannungsversorgung ist. Die Reduzierung der Oberschwingungen (Harmonischen) des Wechselstromes erfolgt durch Parallel-Resonanz, welche auf die zu reduzierende Frequenz abgestimmt ist. Dabei strebt der Scheinwiderstand des Filters bei der Resonanzfrequenz des Parallel-Resonanzkreises gegen unendlich, lediglich begrenzt durch die Verluste in der Drossel und der Kapazität. Der sich bei der Resonanzfrequenz einstellende Scheinwiderstand wird durch das Übersetzungsverhältnis der Windungszahlen des Transformators auf die Drossel transformiert, welche gleichzeitig die Schutzimpedanz des an das Filter angeschlossenen Betriebsmittels bildet. Für diese Frequenz nimmt der Spannungsabfall an der Drossel einen sehr hohen Wert an, so dass der Strom reduziert oder sogar ganz gesperrt wird.

**[0011]** Zur Begrenzung der Spannung bei Resonanz zum Schutz der Kapazität wird vorgeschlagen, dass die Güte des Parallelschwingkreises mittels eines der Kapazität parallel geschalteten Widerstands

eingestellt wird.

**[0012]** Die Wirksamkeit des Filters lässt sich verbessern, wenn der Widerstand ein spannungsabhängiger Widerstand, d. h. ein Varistor ist.

**[0013]** Die Wirksamkeit des Filters ist am größten, wenn die Resonanzfrequenz des Parallelschwingkreises gleich der vielfachen Frequenz der Wechselspannung der Wechselspannungsversorgung ist.

**[0014]** Um noch weitere Oberschwingungen des Wechselstromes zu reduzieren, wird vorgeschlagen, dass die Sekundärwicklung eine Anzapfung aufweist und dass an die durch die Anzapfung gebildete Teilssekundärwicklung zur Bildung eines Parallelschwingkreises eine Kapazität angeschlossen ist, die so gewählt ist, dass die Resonanzfrequenz dieses Parallelschwingkreises ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz der Wechselspannung ( $U_n$ ) ist.

**[0015]** Eine technisch einfache Ausführung sieht vor, dass die Sekundärwicklung mehrere Anzapfungen aufweist und dass die Resonanzfrequenzen der Parallelschwingkreise jeweils ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz der Wechselspannung der Wechselspannungsversorgung sind.

**[0016]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

**[0017]** [Fig. 1](#) einen Parallel-Resonanzkreis mit Schutzimpedanz für ein elektrisches Betriebsmittel,

**[0018]** [Fig. 2](#) ein einphasiges Filter als Kombination von Parallel-Resonanzkreisen mit integrierter Schutzimpedanz und

**[0019]** [Fig. 3](#) ein dreiphasiges Filter als Kombination von Parallel-Resonanzkreisen mit magnetischer Kern-Kopplung und einer integrierten Schutzimpedanz.

**[0020]** [Fig. 1](#) zeigt ein elektrisches Betriebsmittel 1 in einer schematischen Darstellung. Das Betriebsmittel 1 umfasst einen Gleichrichter 2, der aus vier als Brückengleichrichter geschalteten Dioden 3 gebildet ist. Am Ausgang des Gleichrichters 2 liegt ein Kondensator C. Der Kondensator C bildet bei dieser schematischen Darstellung des Betriebsmittels 1 im Wesentlichen den Gleichstromzwischenkreis.

**[0021]** An dem Kondensator C ist ein Verbraucher R angeschlossen.

**[0022]** Der Gleichrichter 2 und damit das Betriebsmittel 1 ist über eine Drossel 3a an das Wechselspannungsnetz einer Wechselspannungsversorgung angeschlossen, die eine Netzspannung  $U_n$  mit den Phasen L, N mit einer wesentlichen gleich bleibenden

Netzfrequenz  $F_n$  bereitstellt. Die Wicklung der Drossel 3a ist gleichzeitig die Primärwicklung  $L_p$  eines Transformators 4, dessen Sekundärwicklung  $L_s$  mit einem Kondensator C2 einen Parallelschwingkreis bildet. Parallel zum Kondensator C2 liegt ein spannungsabhängiger Widerstand VDR in Form eines Varistors, um den Kondensator C2 vor Überspannungen zu schützen. Selbstverständlich kann anstelle des Widerstandes VDR auch ein beliebiger ohmscher Widerstand verwendet werden. Mit dem Widerstand VDR wird gleichzeitig die Güte des aus der Sekundärwicklung  $L_s$  und der Kapazität C2 gebildeten Parallelschwingkreises eingestellt.

**[0023]** Die Drossel 3a dient gleichzeitig als Schutzimpedanz, d. h. sie weist im Betriebsfall einen Spannungsabfall von 2 % bis 6 % bezogen auf die Netzspannung  $U_n$  und die Netzfrequenz  $F_n$  auf, welche hierbei die Bemessungsspannung bzw. die Bemessungsfrequenz des Wechselspannungsnetzes bilden. Durch diesen Spannungsabfall wird sichergestellt, dass im Kurzschlussfall in [Fig. 1](#) nicht dargestellte Sicherungseinrichtungen, beispielsweise Schmelzsicherungen, ansprechen und den Leitungsschutz ermöglichen.

**[0024]** An dem Verbraucher R liegt die von dem Kondensator C geglättete Gleichspannung an, die hier (B4 Gleichrichterbrückenschaltung) normalerweise noch etwas mit der doppelten Netzfrequenz  $F_n$  pulsiert. Der Kondensator C weist eine relativ große Kapazität auf, so dass der an den Verbraucher R abgegebene geglättete Gleichstrom, der im Wesentlichen dem Kondensator C entnommen wird, nahezu keine Änderung der Spannung des Betriebsmittels 1 bewirkt.

**[0025]** Aufgrund des Pulsierens der gleichgerichteten Netzspannung  $U_n$  wird der Kondensator C nur in dem Zeitbereich wieder aufgeladen, in dem die gleichgerichtete Spannung die Kondensatorspannung übersteigt. Das heißt, die Wechselspannungsversorgung muss zur Wiederaufladung des Kondensators C jeweils einen nicht sinusförmigen Impulsstrom zur Verfügung, der gemäß ein Spektrum von Oberschwingungen unterschiedlicher Amplitude aufweist. Dabei ist der Strom der Netzfrequenz  $F_n$  amplitudenmäßig am stärksten. Als Ergebnis der impulsmäßigen Wiederaufladung der Kapazität C entstehen im Wechselspannungsnetz Oberschwingungen des Stromes, welche eine „Verschmutzung“ dieses Netzes bewirken.

**[0026]** Der mit Hilfe der Sekundärwicklung  $L_s$  und der Kapazität C2 gebildete Parallelschwingkreis ist bei dem Betriebsmittel 1 gemäß [Fig. 1](#) beispielhaft auf die dritte Oberschwingung (Harmonische) abgestimmt, d. h., dass bei Resonanz der Scheinwiderstand dieses Parallelschwingkreises unendlich groß ist bzw. lediglich durch die Verluste in der Sekundär-

wicklung Ls und der Kapazität C2 begrenzt wird. Der sich bei dieser Resonanzfrequenz einstellende hohe Scheinwiderstand wird gemäß dem Übersetzungsverhältnis der Windungszahlen von Primärwicklung Lp (Drossel **3a**) und Sekundärwicklung Ls auf die als Schutzimpedanz wirkende Drossel **3a** übertragen.

**[0027]** Für die dritte Oberschwingung (Harmonische) nimmt hier der Spannungsabfall an der Drossel **3a** somit ebenfalls einen hohen Wert an, so dass der zur dritten Oberschwingung gehörende Strom deutlich reduziert wird. Mit anderen Worten wird die dritte Oberschwingung nahezu gesperrt. Die dabei auftretende geringe Verlustleistung sorgt für einen hohen Wirkungsgrad bei der Unterdrückung bzw. Reduzierung der Oberschwingung.

**[0028]** Die Parallelschwingkreise haben den Vorteil, dass es nicht wie beim Serien-Resonanzkreis zu einem Kurzschluss für die Oberschwingungen kommt.

**[0029]** Selbstverständlich kann der Parallelschwingkreis auch auf jede beliebige andere Oberschwingung abgestimmt sein. Da die Amplituden der Oberschwingungen mit größer werdenden Frequenz, die jeweils ein ganzzahliges Vielfaches der Netzfrequenz  $U_n$  sind, lediglich kleiner werden, ist es sinnvoll, nicht nur eine Oberschwingung, sondern auch weitere Oberschwingungen zu dämpfen, abhängig von der verwendeten Gleichrichterschaltung (z. B. B4, B6) und den daraus entstehenden Oberschwingungen (Harmonischen).

**[0030]** [Fig. 2](#) zeigt ein Filter zur Unterdrückung mehrerer Oberschwingungen. Dabei weist die Sekundärwicklung Ls hier drei Anzapfungen A1, A2, A3 auf, die jeweils einer Teilsekundärwicklung entsprechen und mit den jeweils parallel geschalteten Kapazitäten C2a, C2b, C4, C3 jeweils einen Parallelschwingkreis für die entsprechende Oberschwingung bilden. Die Sekundärwicklung Ls bildet also durch die Wicklungsanzapfungen A1, A2, A3 mehrere Parallelschwingkreise (Parallel-Resonanzkreise). Dabei bildet die Sekundärwicklung Ls mit den beiden in Reihe geschalteten Kapazitäten C2a und C2b einen Parallelschwingkreis, analog zu [Fig. 1](#). Weiter bildet die Teilsekundärwicklung mit der Anzapfung A3 (vom Anfang O der Sekundärwicklung Ls ausgehend) und die Kapazität C2b einen Parallelschwingkreis für eine weitere Oberschwingung, die Teilsekundärwicklung mit der Anzapfung A2 und die Kapazität C4 für die dritte und die Anzapfung A1 mit der Kapazität C3 für die vierte Oberschwingung.

**[0031]** [Fig. 3](#) zeigt ein Filter als Kombination von Parallelschwingkreisen mit magnetischer Kernkopplung der Phasen L1, L2, L3 bei jeweils integrierten Schutzimpedanzen **3a**. Die magnetische Kernkopplung der Phasen erfolgt über einen gemeinsamen Kern **5**. Im Unterschied zu dem Filter nach [Fig. 2](#) ist

hier jeder Teilwicklung der Sekundärwicklung Ls eindeutig eine Kapazität C zugeordnet, während in [Fig. 2](#) die Kapazität C2b gleichzeitig mit der Kapazität C2a eine Gesamtkapazität C2 für den Parallelschwingkreis der Oberschwingung bilden.

**[0032]** Selbstverständlich können beliebig viele Parallelschwingkreise vorhanden sein, abgestimmt auf nahezu beliebig viele Oberschwingungen.

## Patentansprüche

1. Filter für ein elektrisches Betriebsmittel (1), insbesondere für ein Schaltnetzteil, eine Stromversorgung oder einen Frequenzumrichter, wobei das Betriebsmittel (1) einen Gleichstromzwischenkreis mit einem Kondensator (C) zur Bereitstellung einer Gleichspannung für einen Verbraucher (R) aufweist, welche aus einer von einer Wechselspannungsversorgung bereitgestellten Wechselspannung ( $U_n$ ) mit einer im Wesentlichen gleich bleibenden Frequenz ( $F_n$ ) erzeugt wird und mittels des Kondensators (C) geglättet wird,

mit einer dem Betriebsmittel (1) als Schutzimpedanz zur Wechselspannungsversorgung vorgeschalteten Drossel (**3a**), die im Betrieb einen vorgegebenen Spannungsabfall aufweist, der bei einem Kurzschluss das Ansprechen von Sicherheitseinrichtungen sicherstellt,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass die Drossel (**3a**) gleichzeitig die Primärwicklung ( $L_p$ ) eines Transformators (4) ist, an dessen Sekundärwicklung ( $L_s$ ) zur Bildung eines Parallelschwingkreises eine Kapazität (C) angeschlossen ist, die so gewählt ist, dass die Resonanzfrequenz dieses Parallelschwingkreises ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz ( $F_n$ ) der Wechselspannung ( $U_n$ ) ist.

2. Filter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Güte des Parallelschwingkreises mittels eines der Kapazität (C) parallelgeschalteten Widerstands (VDR) eingestellt wird.

3. Filter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Widerstand (VDR) ein spannungsabhängiger Widerstand, d.h. ein Varistor ist.

4. Filter nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, dass die Resonanzfrequenz des Parallelschwingkreises gleich der vielfachen Frequenz ( $F_n$ ) der Wechselspannung ( $U_n$ ) ist.

5. Filter nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, dass die Sekundärwicklung ( $L_s$ ) eine Anzapfung (A1 oder A2 oder A3) aufweist und dass an die durch die Anzapfung (A1 oder A2 oder A3) gebildete Teilsekundärwicklung zur Bildung eines Parallelschwingkreises eine Kapazität (C oder C2a + C2b oder C2b oder C3 oder C4) angeschlossen ist, die so gewählt ist, dass die Resonanzfrequenz die-

ses Parallelschwingkreises ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz ( $f_n$ ) der Wechselspannung ( $U_n$ ) ist.

6. Filter nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, dass die Sekundärwicklung ( $L_s$ ) mehrere Anzapfungen ( $A_1, A_2, A_3$ ) aufweist und dass die Resonanzfrequenzen der Parallelschwingkreise jeweils ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz ( $f_n$ ) der Wechselspannung ( $U_n$ ) sind.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

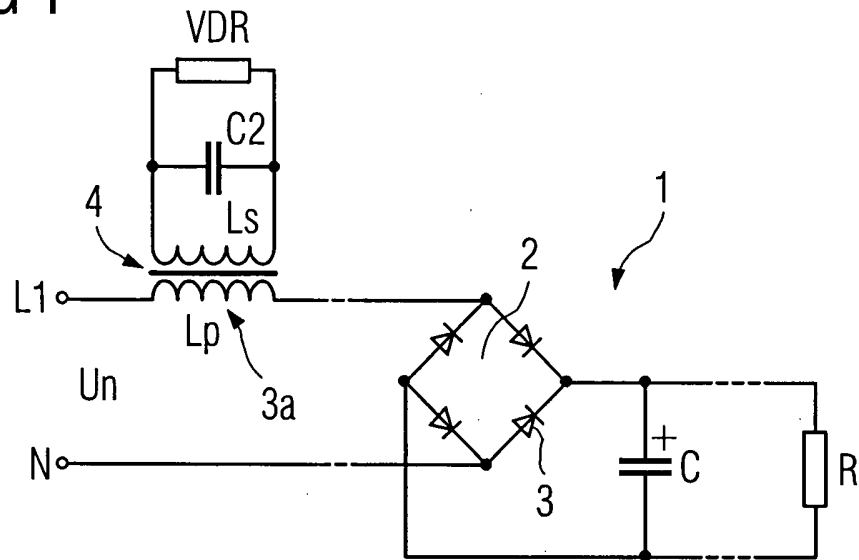


FIG 2

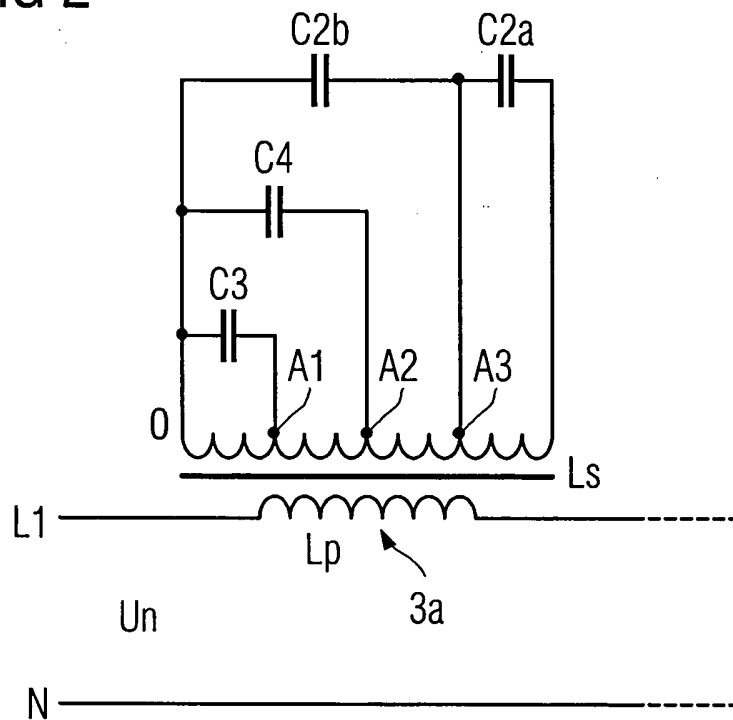


FIG 3

