

(19)



(11)

EP 1 935 213 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
28.01.2009 Patentblatt 2009/05

(51) Int Cl.:
H05B 6/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06806263.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2006/009916

(22) Anmeldetag: **13.10.2006**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2007/042318 (19.04.2007 Gazette 2007/16)

(54) **VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER INDUKTIONSHEIZEINRICHTUNG**

METHOD FOR OPERATING AN INDUCTION HEATING DEVICE

PROCEDE POUR FAIRE FONCTIONNER UN SYSTEME DE CHAUFFAGE PAR INDUCTION

(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

- **DORWARTH, Ralf**
75038 Oberderdingen (DE)
- **VOLK, Martin**
76530 Baden-Baden (DE)
- **SCHÖNHERR, Tobias**
76703 Kraichtal (DE)

(30) Priorität: **14.10.2005 DE 102005050038**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.06.2008 Patentblatt 2008/26

(74) Vertreter: **Baumann, Jörg**
Patentanwälte Ruff, Wilhelm,
Beier, Dauster & Partner
Postfach 10 40 36
70035 Stuttgart (DE)

(73) Patentinhaber: **E.G.O. ELEKTRO-GERÄTEBAU GmbH**
75038 Oberderdingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 269 417 **GB-A- 2 056 795**
US-A- 4 438 311 **US-A- 5 354 971**

(72) Erfinder:
 • **SCHILLING, Wilfried**
76703 Kraichtal (DE)

EP 1 935 213 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

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Induktionsheizeinrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Bei Induktionsheizeinrichtungen wird eine Induktionsspule mit einer Wechselspannung bzw. einem Wechselstrom beaufschlagt, wodurch in einem magnetisch mit der Induktionsspule gekoppelten, zu erhitzen Kochgeschirr Wirbelströme induziert werden. Die Wirbelströme bewirken eine Erhitzung des Kochgeschirrs.

[0003] Zur Ansteuerung der Induktionsspule sind unterschiedliche Schaltungsanordnungen und Ansteuerverfahren bekannt. Allen Schaltungs- bzw. Verfahrensvarianten ist gemeinsam, dass sie aus einer niederfrequenten Netzeingangsspannung eine hochfrequente Ansteuerspannung für die Induktionsspule erzeugen. Derartige Schaltungen werden als Umrichter bezeichnet.

[0004] Zur Umrichtung bzw. Frequenzwandlung wird üblicherweise zunächst die Netzeingangsspannung mit Hilfe eines Gleichrichters in eine Versorgungsspannung bzw. Zwischenkreisspannung gleichgerichtet und anschließend zur Erzeugung der hochfrequenten Ansteuerspannung mit Hilfe von einem oder mehreren Schaltmitteln, im allgemeinen Insulated-Gate-Bipolar-Transistoren (IGBT), aufbereitet. Am Ausgang des Gleichrichters, d.h. zwischen der Zwischenkreisspannung und einem Bezugspotential, ist üblicherweise ein so genannter Zwischenkreiskondensator zur Pufferung der Zwischenkreisspannung vorgesehen.

[0005] Eine erste Umrichtervariante bildet ein Umrichter in Vollbrückenschaltung, bei dem zwischen zwei so genannten Halbbrücken die Induktionsspule und ein Kondensator seriell eingeschleift sind. Die Halbbrücken sind jeweils zwischen die Zwischenkreisspannung und das Bezugspotential eingeschleift. Die Induktionsspule und der Kondensator bilden einen Serienschwingkreis.

[0006] Eine weitere Umrichtervariante bildet eine Halbbrückenschaltung aus zwei IGBTs, wobei die Induktionsspule und zwei Kondensatoren, die seriell zwischen die Zwischenkreisspannung und das Bezugspotential eingeschleift sind, einen Serienschwingkreis bilden. Die Induktionsspule ist mit einem Anschluss mit einem Verbindungspunkt der beiden Kondensatoren und mit ihrem anderen Anschluss mit einem Verbindungspunkt der beiden die Halbbrücke bildenden IGBTs verbunden.

[0007] Sowohl die Variante mit Vollbrücke als auch die Variante mit Halbbrücke sind aufgrund der großen Anzahl benötigter Bauteile, insbesondere von IGBTs, jedoch vergleichsweise teuer.

[0008] Eine aus Kostengesichtspunkten optimierte Variante verwendet daher nur ein Schaltmittel bzw. einen IGBT, wobei die Induktionsspule und ein Kondensator einen Parallelschwingkreis bilden. Zwischen die Ausgangsanschlüsse des Gleichrichters, parallel zum Zwischenkreiskondensator sind der Parallelschwingkreis aus Induktionsspule und Kondensator seriell mit dem

IGBT eingeschleift.

[0009] Allen genannten Umrichtervarianten ist gemeinsam, dass sich der Zwischenkreiskondensator während einer ersten Netzhalbwellen auf eine Leerlaufspannung mit einem Betrag eines Scheitelwerts der Netzwechselspannung auflädt, beispielsweise auf 325V bei einer Netzwechselspannung von 230V, sobald diese mit Netzspannung versorgt werden.

[0010] Wenn keine Ansteuerspannung zur Leistungserzeugung der Induktionsspule erzeugt wird, d.h. das oder die Schaltmittel bzw. IGBTs sperren, bleibt die am Zwischenkreiskondensator anstehende Spannung in etwa konstant. Beim Starten des Umrichters, d.h. wenn die Induktionsspule zur Erzeugung einer einstellbaren Heizleistung angesteuert bzw. mit einer Wechselspannung beaufschlagt wird, fließt beim Einschalten des oder der IGBTs zunächst ein hoher Strom aus dem Zwischenkreiskondensator in den Schwingkreis und durch den oder die IGBTs. Dies verursacht ein hörbares Geräusch in einem durch die Induktionsheizeinrichtung beheizten Kochgeschirr, beispielsweise in einem Topfboden. Weiterhin reduziert sich die Lebensdauer der mit dem hohen Einschaltstrom beaufschlagten Bauelemente. US4438311 offenbart ein Verfahren nach der Stand der Technik.

Aufgabe und Lösung

[0011] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb einer Induktionsheizeinrichtung mit einem Umrichter zur Verfügung zu stellen, das einen zuverlässigen, bauteileschonenden und geräuscharmen Betrieb der Induktionsheizeinrichtung mit geringer Störabstrahlung ermöglicht.

[0012] Die Erfindung löst diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Vorteilhaft sowie bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der weiteren Ansprüche und werden im folgenden näher erläutert. Der Wortlaut der Ansprüche wird durch ausdrückliche Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.

[0013] Erfindungsgemäß wird in einem Zeitbereich vor einem Nulldurchgang der Netzwechselspannung der Zwischenkreiskondensator bis auf einen Schwellenwert durch Ansteuerung des Schaltmittels entladen, bevor die Induktionsspule zur Erzeugung einer einstellbaren Heizleistung angesteuert wird, wobei bereits bei der Entladung eine geringfügige Heizleistungseinspeisung in ein gegebenenfalls vorhandenes Kochgeschirr erfolgt. Die Entladung des Zwischenkreiskondensators bewirkt, dass bei einem Start eines Heizvorgangs, d.h. wenn die Induktionsspule Heizleistung an ein Kochgeschirr abgeben soll, der Zwischenkreiskondensator im wesentlichen entladen ist. Wenn zu diesem Zeitpunkt das Schaltmittel durchgeschaltet bzw. leitend wird, entsteht kein bzw. lediglich ein geringer Stromimpuls durch das Schaltmittel und den Schwingkreis aus Induktionsspule und Kondensator. Es entsteht folglich kein Einschaltgeräusch und

die Impulsstrombelastung der Leistungsbauteile wird reduziert, wodurch sich deren Lebensdauer erhöht. Nach dem Entladen des Zwischenkreiskondensators, kann der eigentliche Heizvorgang in herkömmlicher Weise erfolgen, beispielsweise kann das bzw. die Schaltmittel mit einem Rechtecksignal mit einer Arbeitsfrequenz und einem zugehörigen Arbeitstastverhältnis angesteuert werden. Der Umrichter wird folglich mit kleinen Strömen bzw. Spannungen im Bereich des Nulldurchgangs angefahren. Mit dem Anstieg der Halbwelle nach dem Nulldurchgang kann sich der Umrichter auf seinen, der eingestellten Heizleistung entsprechenden Arbeitspunkt mit einer Arbeitsfrequenz und einem Arbeitstastverhältnis einregeln.

[0014] In einer Weiterbildung ist der Umrichter ein Eintransistorumrichter. Das mindestens eine Schaltmittel bildet hierbei bevorzugt das Schaltmittel des Eintransistorumrichters. Alternativ ist der Umrichter in Vollbrückenschaltung oder Halbbrückenschaltung ausgeführt, wobei das mindestens eine Schaltmittel Teil einer Brücke ist.

[0015] In einer Weiterbildung beginnt der Zeitbereich 1 ms bis 5ms, bevorzugt 2,5ms, vor dem Nulldurchgang der Netzwechselfspannung. Dies ermöglicht eine zuverlässige Entladung des Zwischenkreiskondensators, bei vergleichsweise geringer Verlustleistungserzeugung im Schaltmittel durch den Entladevorgang.

[0016] In einer Weiterbildung liegt der Schwellenwert in einem Bereich von 0V bis 20V. Bevorzugt wird der Zwischenkreiskondensator auf 0V entladen. Dies ermöglicht ein praktisch impulsstromfreies Anfahren des Umrichters.

[0017] In einer Weiterbildung ist das mindestens eine Schaltmittel ein Transistor, insbesondere ein IGBT. Bevorzugt wird der Transistor zur Entladung des Zwischenkreiskondensators während der Entladung derart angesteuert, dass sich ein linearer Betriebszustand des Transistors einstellt. Da der Transistor in dieser Betriebsart bzw. diesem Betriebszustand nicht vollständig durchschaltet, wird der Zwischenkreiskondensator langsam, entlang der Netzhalbwellen entladen. Die entstehenden Ströme durch den Parallelschwingkreis und den Transistor bleiben vergleichsweise gering, wodurch eine Geräuschentwicklung vermieden bzw. deutlich verringert wird.

[0018] In einer Weiterbildung wird das Schaltmittel zur Entladung des Zwischenkreiskondensators mit einem pulsweitenmodulierten Rechteckspannungssignal angesteuert. Bevorzugt weist das Rechteckspannungssignal eine Frequenz im Bereich von 20kHz bis 50kHz, insbesondere 39kHz, und/oder ein An/Aus-Verhältnis im Bereich von 1/300 bis 1/500, insbesondere 1/378, auf. Auf diese Weise kann ein kontrolliertes Entladen des Zwischenkreiskondensators bewirkt werden, ohne dass ein zu großer Entladestrom fließt. Die Frequenz und/oder das An/Aus-Verhältnis wird vorzugsweise an einen verwendeten IGBT-Typ, dessen Treiberspannung, eine verwendete Treiberschaltung zur Erzeugung der Treiber-

spannung und/oder an einen Kapazitätswert des Zwischenkreiskondensators angepasst.

[0019] In einer Weiterbildung wird die einstellbare Heizleistung mit Hilfe eines Halbwellenmusters erzeugt, wobei der Zwischenkreiskondensator vor einer Aktivierung einer Halbwelle entladen wird. Bei einer Heizleistungserzeugung mit Hilfe des Halbwellenmusters werden einzelne Halbwellen der Netzwechselfspannung vollständig ausgeblendet bzw. deaktiviert, d.h. nicht zur Heizleistungserzeugung verwendet. Bei einem so genannten 1/3-Netzhalbwellenbetrieb wird beispielsweise lediglich eine von drei aufeinanderfolgenden Halbwellen zur Leistungseinspeisung in den Schwingkreis bzw. die Induktionsspule verwendet bzw. aktiviert. Während der verbleibenden beiden Halbwellen bleibt das Schaltmittel geöffnet, d.h. es wird keine Leistung in den Schwingkreis eingespeist. Bei einem 2/3-Netzhalbwellenbetrieb werden zwei von drei aufeinanderfolgenden Halbwellen zur Leistungseinspeisung in den Schwingkreis bzw. die Induktionsspule verwendet bzw. aktiviert. Während einer aktiven Halbwelle erfolgt eine Leistungseinstellung in herkömmlicher Weise. Der Netzhalbwellenbetrieb ermöglicht eine feinere Auflösung von Leistungsstufen über einen großen Leistungseinstellungsbereich. Eine derartige Leistungseinstellung ist insbesondere für Eintransistorumrichter vorteilhaft. Wenn bei einem herkömmlichen Betriebsverfahren des Eintransistorumrichters ein Halbwellenbetrieb zur Leistungseinstellung verwendet wird, stellt sich während einer inaktiven Halbwelle, d.h. einer Halbwelle, während der keine Leistung in den Schwingkreis eingespeist wird, eine Leerlaufspannung, beispielsweise 325V bei 230V Netzspannung, am Zwischenkreiskondensator ein.

[0020] Wenn beim Übergang von einer nicht aktiven zu einer aktiven Halbwelle das Schaltmittel erstmalig durchgeschaltet wird, fließt daher kurzzeitig ein hoher Strom durch den Schwingkreis und das Schaltmittel, wodurch, wie bereits ausgeführt, ein Geräusch verursacht wird. Bei dem 1/3- und dem 2/3-Netzhalbwellenbetrieb entsteht auf diese Weise alle 30ms ein Geräusch. Dies ist einem Benutzer nicht zuzumuten. Daher wird bei herkömmlichen Eintransistorumrichtern üblicherweise keine Halbwellensteuerung zur Leistungseinstellung verwendet. Bei Verwendung des erfindungsgemäßen Entladens des Zwischenkreiskondensators vor dem Aktivieren einer Halbwelle, d.h. beim Übergang von einer deaktivierten zu einer aktivierten Halbwelle, entsteht bei einem Übergang kein hoher Einschaltstrom, d.h. es kann auch beim Eintransistorumrichter eine Halbwellensteuerung zur Leistungseinstellung verwendet werden. Bevorzugt wird eine von drei oder zwei von drei Halbwellen aktiviert, d.h. der 1/3- oder der 2/3-Netzhalbwellenbetrieb eingestellt.

[0021] Diese und weitere Merkmale gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich alleine oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei einer Ausführungsform der Erfin-

dung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird. Die Unterteilung der Anmeldung in einzelne Abschnitte und Zwischen-Überschriften beschränkt die unter diesen gemachten Aussagen nicht in ihrer Allgemeingültigkeit.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0022] Ausführungsformen der Erfindung sind in den Zeichnungen schematisch dargestellt und werden im folgenden näher erläutert. Hierbei zeigen:

- Fig. 1 ein Schaltbild eines Eintransistorumrichters, der mit dem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren betrieben wird,
- Fig. 2 Zeitablaufdiagramme von Signalen des Eintransistorumrichters von Fig. 1,
- Fig. 3 ein Schaltbild eines Umrichters in Halbbrückenschaltung, der mit dem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren betrieben wird, und
- Fig. 4 ein Schaltbild eines Umrichters in Vollbrückenschaltung, der mit dem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren betrieben wird.

Detaillierte Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0023] Fig. 1 zeigt ein Schaltbild einer Induktionsheizeinrichtung in Form eines Eintransistorumrichters EU. Die Induktionsheizeinrichtung kann auch weitere, nicht gezeigte, identisch aufgebaute Eintransistorumrichter EU und zusätzliche herkömmliche Komponenten, beispielsweise Bedienelemente zur Leistungseinstellung usw. umfassen.

[0024] Der Eintransistorumrichter EU umfasst einen Brückengleichrichter GL, der aus einer Eingangsnetzwechselspannung UN von 230V und 50Hz eine Zwischenkreisgleichspannung UG erzeugt, einen Puffer- oder Zwischenkreiskondensator C1 zur Stabilisierung bzw. Pufferung der Zwischenkreisgleichspannung UG, der zwischen Ausgangsanschlüsse N1 und N2 des Gleichrichters GL eingeschleift ist, eine Induktionsspule L1 und einen Kondensator C2, die parallel geschaltet sind und einen Parallelschwingkreis bilden, ein ansteuerbares Schaltmittel in Form eines IGB-Transistors T1, der in Serie mit dem Schwingkreis zwischen die Ausgangsanschlüsse N1 und N2 des Gleichrichters GL eingeschleift ist, eine Freilaufdiode D1, die parallel zu einer Kollektor-Emitter-Strecke des IGB-Transistors T1 geschaltet ist, und eine Steuereinheit SE, beispielsweise in Form eines Mikroprozessors oder eines digitalen Signalprozessors.

[0025] Die Steuereinheit SE führt das erfindungsgemäße, nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 2 be-

schriebene Betriebsverfahren zum Betrieb des Eintransistorumrichters EU aus und kann weitere, nicht gezeigte Aktoren und/oder Sensoren, beispielsweise zur Netzspannungsverlaufsüberwachung, umfassen bzw. mit diesen gekoppelt sein.

[0026] Fig. 2 zeigt nicht maßstäbliche Zeitablaufdiagramme von Signalen des Eintransistorumrichters EU von Fig. 1. Aufgrund der Netzfrequenz der Eingangsnetzwechselspannung UN von 50Hz findet alle 10ms ein Nulldurchgang zwischen benachbarten Netzhalbwellen H1 bis H3 der Eingangsnetzwechselspannung UN statt. Der Eintransistorumrichter EU wird im 2/3-Netzhalbwellenbetrieb betrieben, d.h. lediglich während zwei von drei Netzhalbwellen wird Leistung in den Parallelschwingkreis bzw. in die Induktionsspule L1 eingespeist. In Fig. 2 sind die Halbwellen H2 und H3 die aktiven Halbwellen, während denen Leistung eingespeist wird, und die Netzhalbwelle H1 ist die inaktive Halbwelle, während der keine Leistungseinspeisung stattfindet. Während der inaktiven Halbwelle H1 sperrt der IGB-Transistor T1, bis auf einen Übergangsbereich bzw. vorgebbaren Entladezeitbereich INT, während dem der Zwischenkreiskondensator C1 entladen wird.

[0027] UC ist eine Spannung am Kollektor des IGB-Transistors T1 in Bezug auf ein am Anschluss N1 des Gleichrichters GL anliegendes Bezugspotential. Während inaktiver Halbwellen, bei gesperrtem IGB-Transistor T1, liegt eine Leerlaufspannung mit einem Betrag eines Scheitelwert der Netzwechselspannung UN am Kollektor an, d.h. im gezeigten Ausführungsbeispiel ca. 325V.

[0028] Während der aktiven Halbwellen H2 und H3 wird Leistung in die Induktionsspule L1 eingespeist. Dies kann in herkömmlicher Weise bewirkt werden, beispielsweise durch Ansteuerung des IGB-Transistors T1 mit einem Rechteckspannungssignal mit einer Frequenz und einem Tastverhältnis, welche in Abhängigkeit von der einzuspeisenden Leistung während der Halbwellen eingestellt werden.

[0029] Um einen Einschaltstromimpuls beim Übergang von der Halbwellen H1 zur Halbwellen H2 zu verhindern, wird während des Entladezeitbereichs bzw. Zeitintervalls INT beginnend bei einem Zeitpunkt T0, ca. 2,5ms vor einem Nulldurchgang ND zwischen der Halbwellen H1 und H2 und dem Nulldurchgang ND der Zwischenkreiskondensator C1 kontinuierlich bis auf ca. 0V durch Ansteuerung des IGB-Transistors T1 entladen. Hierzu wird der IGB-Transistor T1 mit einem nicht gezeigten Rechteckspannungssignal mit einer Frequenz von ca. 39kHz und einem An/Aus-Verhältnis von ca. 1/378 angesteuert. Die Ansteuerimpulse sind so kurz, dass sie nicht ausreichen, die Ladung am IGB-Transistor-Gate auszuräumen. Der IGB-Transistor T1 wird daher nicht vollständig durchgeschaltet, sondern geht in einen Linearbetriebsmodus. Die Spannung UC am Kollektor des IGB-Transistors T1, die für diesen Fall der Spannung UG am Zwischenkreiskondensator C1 entspricht, fällt dadurch wie gezeigt langsam entlang der Netzhalbwelle als Hüllkurve

bis auf ca. 0V ab. In der in Fig. 2 gezeigten Ausschnittvergrößerung ist das Signal UC mit größerer zeitlicher Auflösung dargestellt. Hieraus wird die Schaltfrequenz des IGBTs von ca. 39kHz während des Entladevorgangs sichtbar.

[0030] Da der IGBT T1 nicht vollständig leitet bzw. durchgeschaltet wird, ergibt sich lediglich ein geringer Strom durch die Induktionsspule L1. Durch den Spulenstrom hervorgerufene Geräusche werden somit verhindert bzw. deutlich reduziert.

[0031] Während der Halbwellen H2 und H3 wird der IGB-Transistor T1 mit einem nicht gezeigten Rechteckspannungssignal in herkömmlicher Weise angesteuert. In Fig. 2 ist die Hüllkurve der entstehenden Spannung UC und eine Ausschnittvergrößerung des Signal UC mit größerer zeitlicher Auflösung dargestellt. Die Spannung UC steigt aufgrund der Schwingung im Parallelschwingkreis auf Werte deutlich über der Leerlaufspannung an. Die Hüllkurve weist einen sinusförmigen Verlauf auf, der der gleichgerichteten Eingangsnetzwechselspannung UN folgt. Der gezeigte Verlauf der Spannung UC wiederholt sich während der Halbwelle H3. Die Frequenz des Ansteuersignals des IGBTs T1 in diesem Betriebszustand liegt bei ca. 22kHz.

[0032] In einer nicht gezeigten, auf die Halbwelle H3 folgenden Halbwelle wird der IGB-Transistor T1 deaktiviert, wodurch die Spannung UC wieder auf ihren Leerlaufwert von ca. 325V ansteigt. Beim Übergang auf eine nachfolgende, aktive Halbwelle wiederholt sich der Entladevorgang, wie für die Halbwelle H1 gezeigt. Die beschriebenen Vorgänge wiederholen sich periodisch.

[0033] Die Umrichterschaltung kann folglich mit kleinen Spannungen und Strömen anfahren und sich mit dem Anstieg der Netzhalbwellen auf ihren eigentlichen Arbeitspunkt aus geeigneter Frequenz und Tastverhältnis einregeln.

[0034] In Abhängigkeit von dem verwendeten IGB-Transistor, einer zu seiner Ansteuerung verwendeten Treiberspannung, der Kapazität des Zwischenkreiskondensators und der Schwingkreisdimensionierung kann die Entladefrequenz und das Tastverhältnis angepasst werden, um den IGB-Transistor während der Entladung im Linearbetrieb zu betreiben.

[0035] Durch die erfindungsgemäße Entladung des Zwischenkreiskondensators wird, wie gezeigt, eine Leistungssteuerung mit Halbwellenmustern des Eintransistorumrichters EU möglich, ohne dass eine Geräuschbelastigung verursacht wird. Wenn in diesem Fall in einer Halbwelle Leistung abgegeben werden soll, wird der Zwischenkreiskondensator am Ende der vorhergehenden, nicht aktiven Halbwelle entladen. Dies ermöglicht einen großen Leistungseinstellbereich, ohne dass Einschaltstromspitzen den IGB-Transistor T1 übermäßig beanspruchen. Insgesamt erhöht sich folglich die Lebensdauer der Bauelemente.

[0036] Fig. 3 zeigt ein Schaltbild eines Umrichters HU in Halbbrückenschaltung, der mit dem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren betrieben wird. Bauelemente mit

im Vergleich zu Fig. 1 identischer Funktion sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Hinsichtlich ihrer funktionalen Beschreibung wird auf Fig. 1 verwiesen.

[0037] Eine Halbbrücke ist aus IGBTs T2 und T3 gebildet, die seriell zwischen die Ausgangsanschlüsse N1 und N2 des Gleichrichters GL eingeschleift sind. Freilaufdioden D2 bzw. D3 sind parallel zu jeweils einer zugehörigen Kollektor-Emitter-Strecke der IGBTs T2 bzw. T3 geschaltet. Kondensatoren C3 und C4 sind ebenfalls seriell zwischen die Ausgangsanschlüsse N1 und N2 eingeschleift. Zwischen einen Verbindungsknoten N3 der IGBTs T2 und T3 und einen Verbindungsknoten N4 der Kondensatoren C3 und C4 ist die Induktionsspule L1 eingeschleift. Sie bildet zusammen mit den Kondensatoren C3 und C4 einen Serienschwingkreis.

[0038] Die IGBTs T2 und T3 werden durch die Steuereinheit SE angesteuert. Eine Leistungseinstellung kann in herkömmlicher Weise erfolgen, beispielsweise durch eine Frequenzverstellung der durch die Steuereinheit SE erzeugten Ansteuersignale der IGBTs.

[0039] Nach einem Einschalten des Umrichters HU und vor einer Heizleistungserzeugung wird der Zwischenkreiskondensator C1 und die Kondensatoren C3 und C4 durch Ansteuerung der IGBTs T2 und T3 entladen. Dies geschieht analog zu dem unter Bezugnahme auf Fig. 2 beschriebenen Verfahren durch Ansteuerung der IGBTs T2 und T3 mit Rechteckspannungssignalen mit geeigneter Frequenz und geeignetem An/Aus-Verhältnis. Die Ansteuerimpulse sind hierbei wiederum so kurz, dass sie nicht ausreichen, die Ladung am jeweiligen IGB-Transistor-Gate auszuräumen. Die IGB-Transistoren T2 und T3 werden daher nicht vollständig durchgeschaltet, sondern gehen in einen Linearbetriebsmodus.

[0040] Auf diese Weise können auch bei einem Umrichter in Halbbrückenschaltung störende Knack-Geräusche bei einem Einschaltvorgang oder nach einer Deaktivierung der Heizleistung und anschließender erneuter Aktivierung wirksam verhindert werden.

[0041] Fig. 4 zeigt ein Schaltbild eines Umrichters VU in Vollbrückenschaltung, der mit dem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren betrieben wird. Bauelemente mit im Vergleich zu Fig. 1 identischer Funktion sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Hinsichtlich ihrer funktionalen Beschreibung wird auf Fig. 1 verwiesen.

[0042] Eine erste Halbbrücke ist aus IGBTs T4 und T5 und eine zweite Halbbrücke aus IGBTs T6 und T7 gebildet, die jeweils seriell zwischen die Ausgangsanschlüsse N1 und N2 des Gleichrichters GL eingeschleift sind. Freilaufdioden D4 bis D7 sind parallel zu jeweils einer zugehörigen Kollektor-Emitter-Strecke der IGBTs T4 bis T7 geschaltet. Zwischen einen Verbindungsknoten N5 der IGBTs T4 und T5 und einen Verbindungsknoten N6 der IGBTs T6 und T7 ist die Induktionsspule L1 und ein Kondensator C5 seriell eingeschleift. Die Induktionsspule L1 und der Kondensator C5 bilden einen Serienschwingkreis.

[0043] Die IGBTs T4 bis T7 werden durch die Steuereinheit SE angesteuert. Eine Leistungseinstellung kann

in herkömmlicher Weise erfolgen, beispielsweise durch eine Frequenzverstellung der durch die Steuereinheit SE erzeugten Ansteuersignale der IGBTs.

[0044] Nach einem Einschalten des Umrichters VU und vor einer Heizleistungserzeugung wird der Zwischenkreiskondensator C1 durch Ansteuerung der IGBTs T4 bis T7 entladen. Dies geschieht analog zu dem unter Bezugnahme auf Fig. 2 beschriebenen Verfahren durch Ansteuerung der IGBTs T4 bis T7 mit Rechteckspannungssignalen mit geeigneter Frequenz und geeignetem An/Aus-Verhältnis. Die Ansteuerimpulse sind hierbei wiederum so kurz, dass sie nicht ausreichen, die Ladung am jeweiligen IGB-Transistor-Gate auszuräumen. Die IGB-Transistoren T4 bis T7 werden daher nicht vollständig durchgeschaltet, sondern gehen in einen Linearbetriebsmodus.

[0045] Zur Entladung des Zwischenkreiskondensators C1 können alle IGBTs T4 bis T7 oder nur bestimmte IGBTs derart angesteuert werden, dass sich ein Strompfad zur Entladung des Zwischenkreiskondensators C1 bildet. Beispielsweise können nur T4 und T5, nur T6 und T7, nur T4 und T7 bzw. nur T6 und T5 zur Entladung angesteuert werden.

[0046] Auf diese Weise können auch bei einem Umrichter in Vollbrückenschaltung störende Knack-Geräusche bei einem Einschaltvorgang oder nach einer Deaktivierung der Heizleistung und anschließender erneuter Aktivierung wirksam verhindert werden.

[0047] In den gezeigten Ausführungsbeispielen beträgt die Netzspannung 230V und die Netzfrequenz 50Hz. Selbstverständlich kann das gezeigte Betriebsverfahren auf andere Netzspannungen und Netzfrequenzen angepasst werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Induktionsheizeinrichtung mit

- einer Induktionsspule (L1) und
- einem Umrichter (ET, HU, VU) zur Erzeugung einer Ansteuerspannung für die Induktionsspule (L1) mit

- einem Gleichrichter (GL), der eine Netzwechselspannung (UN) gleichrichtet,
- einem Zwischenkreiskondensator (C1), der zwischen Ausgangsanschlüsse (N1, N2) des Gleichrichters (GL) eingeschleift ist und die gleichgerichtete Spannung (UG) puffert, und
- mindestens einem ansteuerbaren Schaltmittel (T1 bis T7), das zwischen die Ausgangsanschlüsse (N1, N2) des Gleichrichters (GL) eingeschleift ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

- in einem vorgebbaren Entladezeitbereich (INT) vor einem Nulldurchgang (ND) der Netzwechselspannung (UN) der Zwischenkreiskondensator (C1) bis auf einen Schwellenwert durch Ansteuerung des mindestens einen Schaltmittels (T1 bis T7) entladen wird, bevor die Induktionsspule (L1) zur Erzeugung einer einstellbaren Heizleistung angesteuert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Umrichter ein Eintransistorumrichter (EU) ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Umrichter ein Umrichter in Vollbrückenschaltung (VU) oder Halbbrückenschaltung (HU) ist, wobei das mindestens eine Schaltmittel (T1 bis T7) Teil einer Brücke ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Entladezeitbereich (INT) 1ms bis 5ms vor dem Nulldurchgang (ND) der Netzwechselspannung (UN) beginnt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwellenwert in einem Bereich von 0V bis 20V liegt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Schaltmittel ein Transistor, insbesondere ein IGB-Transistor (T1 bis T7), ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der IGB-Transistor (T1 bis T7) zur Entladung des Zwischenkreiskondensators (C1) während der Entladung derart angesteuert wird, dass sich ein linearer Betriebszustand des Transistors (T1 bis T7) einstellt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Schaltmittel (T1 bis T7) zur Entladung des Zwischenkreiskondensators (C1) mit einem pulsweitenmodulierten Rechteckspannungssignal angesteuert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rechteckspannungssignal eine Frequenz im Bereich von 20kHz bis 50kHz aufweist.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rechteckspannungssignal ein An/Aus-Verhältnis im Bereich von 1/300 bis 1/500 aufweist.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die einstell-

bare Heizleistung mit Hilfe eines Halbwellenmusters erzeugt wird, wobei der Zwischenkreiskondensator (C1) vor einer Aktivierung einer Halbwellen entladen wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine von drei Halbwellen aktiviert wird oder zwei von drei Halbwellen aktiviert werden.

Claims

1. Method for operating an induction heating device comprising:

- an induction coil (L1), and
- a frequency converter (ET, HU, VU) for generating a control voltage for the induction coil (L1) comprising:

- a rectifier (GL) which rectifies an alternating supply voltage (UN),
- an intermediate circuit capacitor (C1) coupled between output terminals (N 1, N2) of the rectifier (GL) and buffering the rectified voltage (UG), and
- at least one controllable switching element (T1 to T7) coupled between the output terminals (N1, N2) of the rectifier (GL),

characterized in that

- in a predeterminable discharge time range (INT) prior to a zero passage (ND) of the alternating supply voltage (UN) the intermediate circuit capacitor (C1) is discharged to a threshold value by controlling the at least one switching element (T1 to T7) before the induction coil (L1) is controlled for generating an adjustable heating power.

2. Method according to claim 1, **characterized in that** the frequency converter is a single transistor converter (EU).
3. Method according to claim 1, **characterized in that** the frequency converter is a converter in full bridge circuit (VU) or half-bridge circuit (HU), the at least one switching element (T1 to T7) forming part of the bridge.
4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the discharge time range (INT) commences 1 ms to 5 ms prior to the zero passage (ND) of the alternating supply voltage (UN).
5. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the threshold value is between 0 and 20 V.

6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the at least one switching element is a transistor, particularly an IGB transistor (T1 to T7).

7. Method according to claim 6, **characterized in that**, for discharging the intermediate circuit capacitor (C1) during the discharge the IGB transistor (T1 to T7) is controlled such that the IGB transistor (T1 to T7) operates in a linear operating state.

8. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the at least one switching element (T1 to T7) is controlled by a pulse-width modulated square-wave voltage signal for discharging the intermediate circuit capacitor (C1).

9. Method according to claim 8, **characterized in that** the square-wave voltage signal has a frequency of 20 to 50 kHz.

10. Method according to claim 8 or 9, **characterized in that** the square-wave voltage signal has an on/off ratio in the range of 1/300 to 1/500.

11. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the adjustable heating power is generated using a half-wave pattern, the intermediate circuit capacitor (C1) being discharged prior to an activation of a half-wave.

12. Method according to claim 11, **characterized in that** one of three or two of three half-waves are activated.

Revendications

1. Procédé pour servir un dispositif de chauffage par induction comprenant

- une bobine d'induction (L1) et
- un mutateur (ET, HU, VU) pour la production d'une tension de commande pour la bobine d'induction (L1) avec

- un redresseur (GL), qui redresse une tension alternative de réseau (UN),
- un condensateur de circuit intermédiaire (C1), bouclé entre les prises de sortie (N1, N2) du redresseur (GL) et qui égalise la tension redressée (UG), et
- au moins un dispositif de commutation (de T1 à T7), qui est bouclé entre les prises de sortie (N1, N2) du redresseur (GL),

caractérisé en ce que

- pendant un laps de temps de décharge (INT) prédéterminable, avant le passage par zéro

- (ND) de la tension alternative de réseau (UN), le condensateur de circuit intermédiaire (C1) est déchargé jusqu'à une valeur limite par la commande d'un ou de dispositifs de commutation (de T1 à T7), avant que la bobine d'induction (L1) soit commandée pour produire une puissance de chauffage réglable. 5
2. Procédé d'après la revendication 1, **caractérisé en ce que** le mutateur est un mutateur à un transistor (EU). 10
3. Procédé d'après la revendication 1, **caractérisé en ce que** le mutateur est un mutateur à circuit en pont intégral (VU) ou en demi-pont (HU), sachant que le ou les dispositifs de commutation (de T1 à T7) font partie d'un pont. 15
4. Procédé d'après une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le laps de temps de décharge (INT) commence de 1 ms à 5 ms avant le passage par zéro (ND) de la tension alternative de réseau (UN). 20
5. Procédé d'après une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la valeur limite se trouve entre 0V et 20V. 25
6. Procédé d'après une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le ou les dispositifs de commutation sont des transistors, notamment des transistors bipolaires à grille isolée - IGBT (de T1 à T7). 30
7. Procédé d'après la revendication 6, **caractérisé en ce que** pour la décharge du condensateur de circuit intermédiaire (C1), le transistor bipolaire à grille isolée - IGBT (de T1 à T7) est commandé pendant la décharge de manière à obtenir un mode opératoire linéaire des transistors (de T1 à T7). 35
40
8. Procédé d'après une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** pour la décharge du condensateur de circuit intermédiaire (C1) le ou les dispositifs de commutation (de T1 à T7) sont commandés par un signal à tension rectangulaire à modulation d'impulsions en largeur. 45
9. Procédé d'après la revendication 8, **caractérisé en ce que** le signal à tension rectangulaire présente une fréquence entre 20 kHz et 50 kHz. 50
10. Procédé d'après la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** le signal à tension rectangulaire présente un rapport ON/OFF entre 1/300 et 1/500. 55
11. Procédé d'après une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la puissance de chauffage réglable est réalisée à l'aide d'un tracé à demi-onde, sachant que le condensateur de circuit intermédiaire (C1) est déchargé avant l'activation d'une demi-onde.
12. Procédé d'après la revendication 11, **caractérisé en ce qu'on** active une sur trois demi-ondes ou bien deux sur trois demi-ondes.

Fig.1

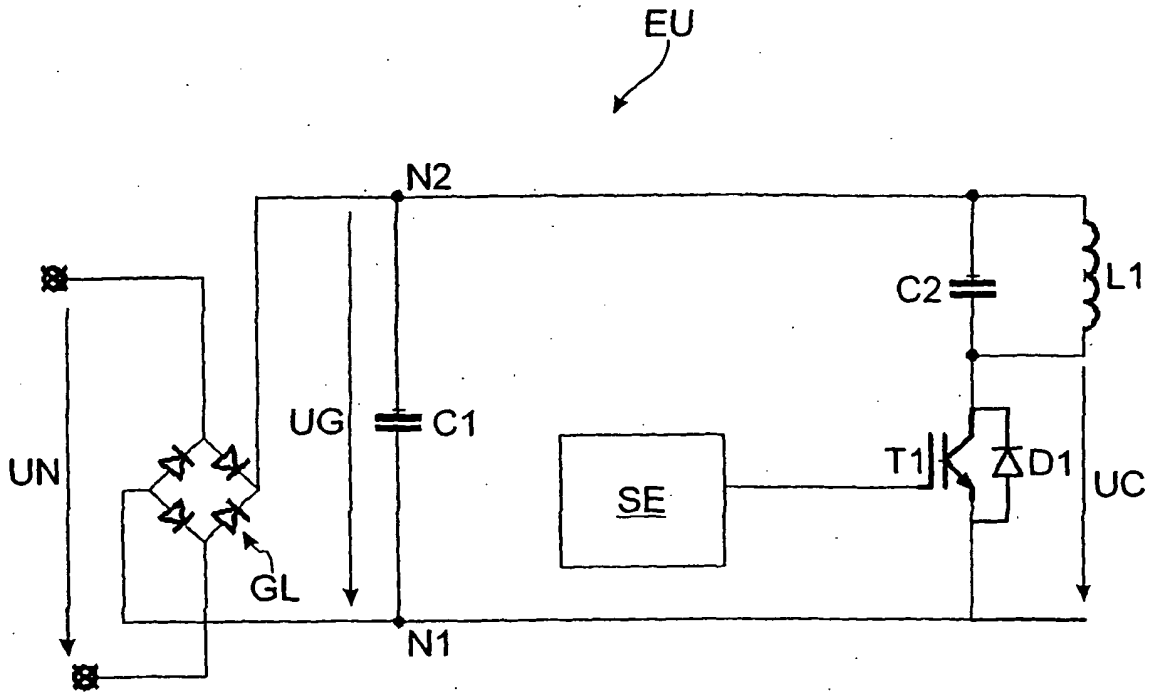


Fig.2

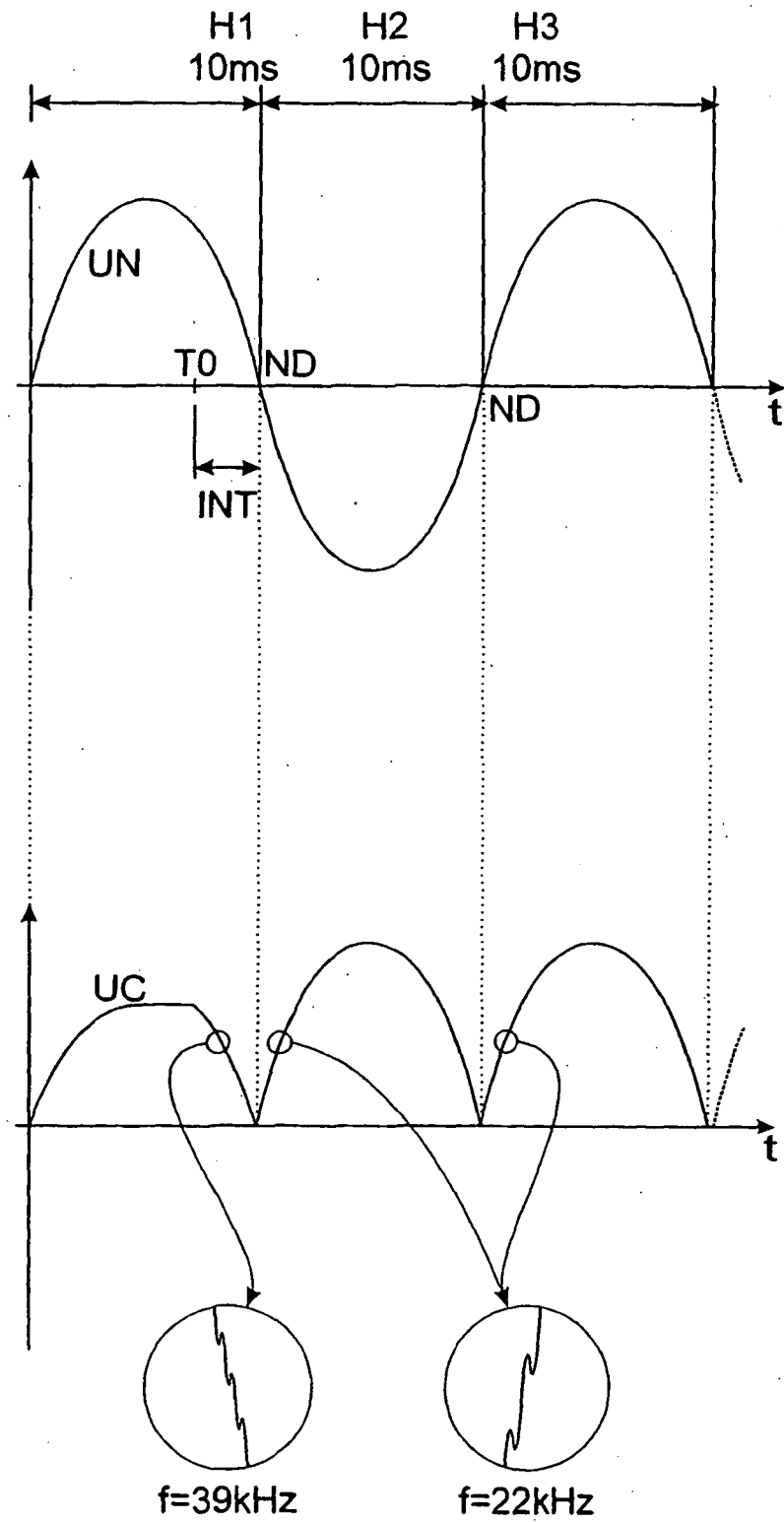


Fig.3

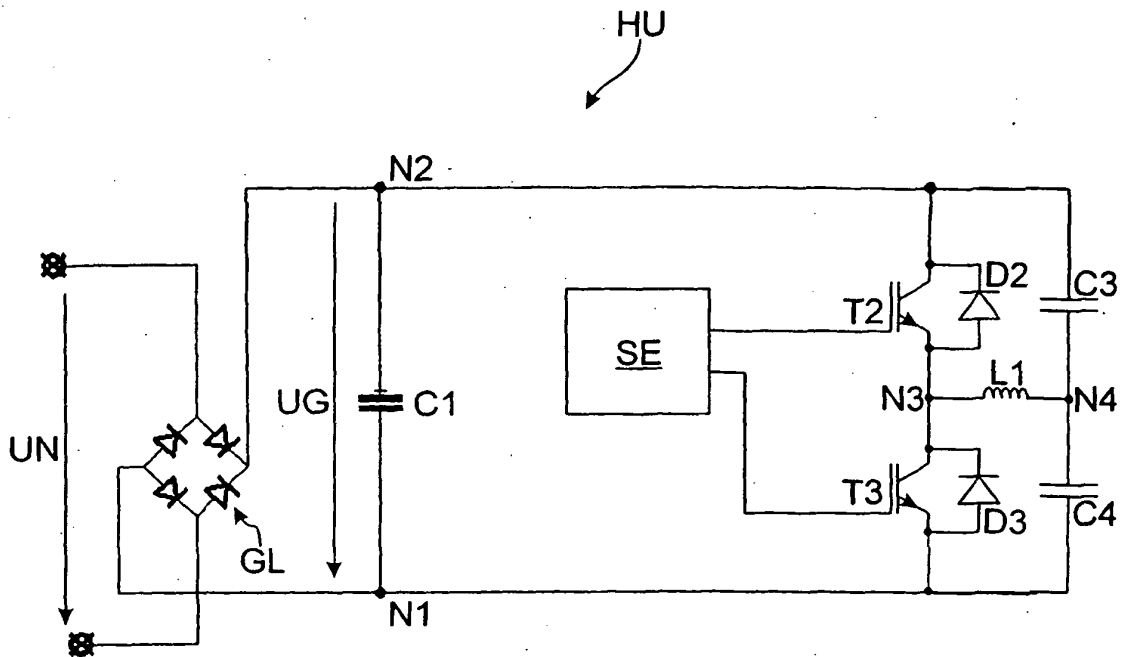
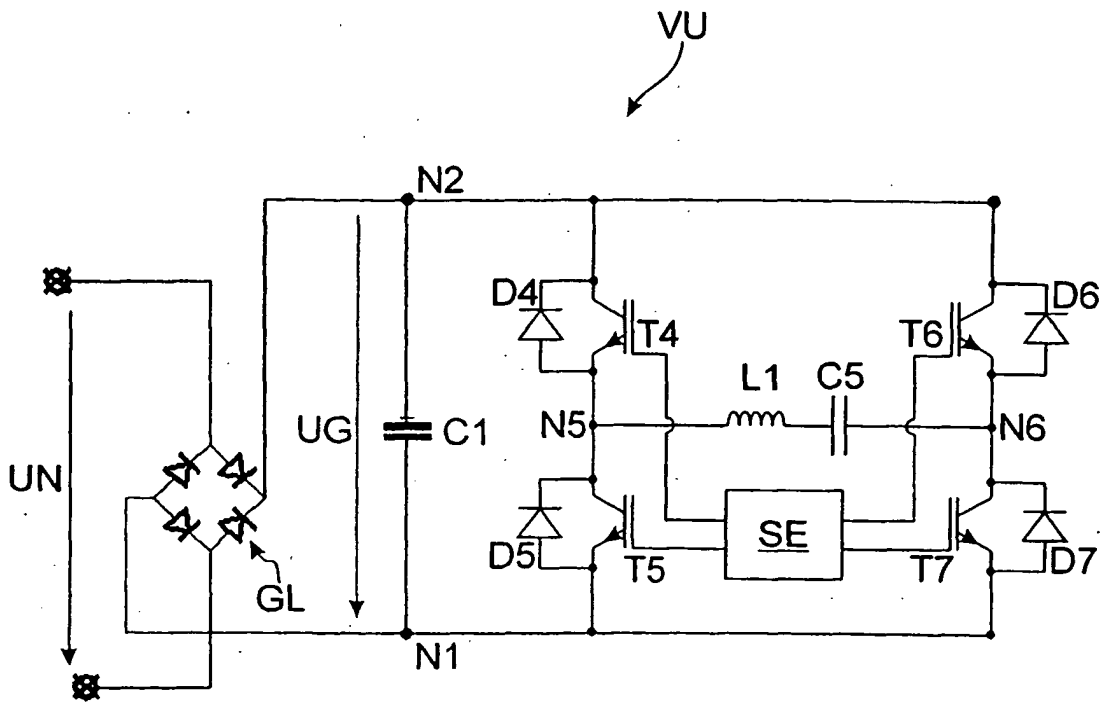


Fig.4



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

- US 4438311 A [0010]