



(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
04.08.2004 Patentblatt 2004/32

(51) Int Cl.7: H05B 41/295

(21) Anmeldenummer: 03029436.7

(22) Anmeldetag: 19.12.2003

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(71) Anmelder: Patent-Treuhand-Gesellschaft für
elektrische Glühlampen mbH
81543 München (DE)

(72) Erfinder: Rudolph, Bernd
85659 Forstern (DE)

(30) Priorität: 28.01.2003 DE 10303276

(54) Schaltungsanordnung und Verfahren zum Start und Betrieb von Entladungslampen

(57) Bei Schaltungsanordnungen zum Betrieb von Entladungslampen (Lp1, Lp2), die eine Ladungspumpe zur Reduzierung von Netzstromüberschwingungen enthalten, kommt es beim Start der Lampen zu einem Energieungleichgewicht. Damit dies nicht zur Zerstörung

von Bauteilen führt, dennoch aber genügend Zündspannung an den Lampen (Lp1, Lp2) erzeugt wird, kontrolliert ein Schwellwertschalter (MOV, TH) die Frequenz eines in der Schaltungsanordnung enthaltenen Wechselrichters.

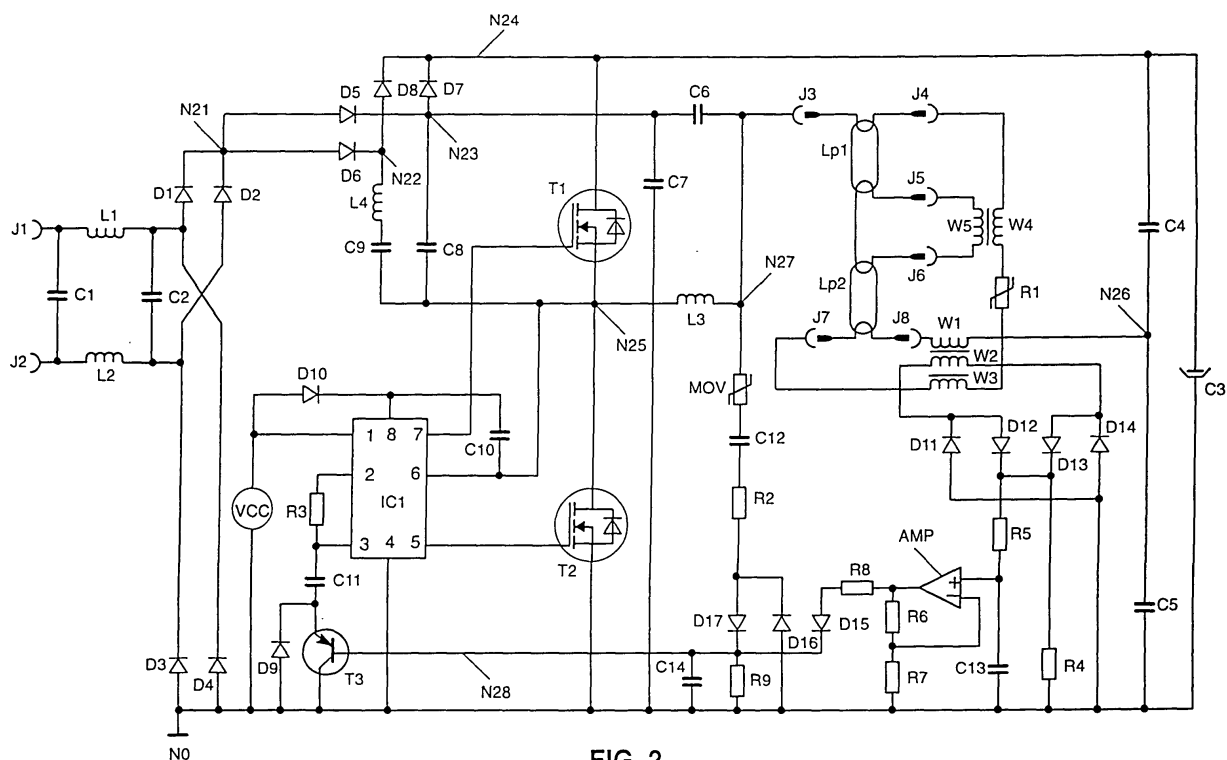


FIG. 2

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung geht aus von einer Schaltungsanordnung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Es handelt sich dabei insbesondere um eine Schaltungsanordnung zum Betrieb von Entladungslampen, die sog. Ladungspumpen zur Reduzierung von Netzstrom-Oberschwingungen.

Stand der Technik

[0002] Schaltungsanordnungen zum Start und Betrieb von Entladungslampen kommen in elektronischen Betriebsgeräten für Entladungslampen zum Einsatz. Unter dem Start der Entladungslampe wird im folgenden zumindest die Zündung während einer Zündphase verstanden. Es kann aber auch eine Vorheizphase von Elektrodenwendeln während einer Vorheizphase der Zündphase vorangehen. Falls die Betriebsgeräte an einer Netzspannung betrieben werden, unterliegen sie einschlägigen Vorschriften bezüglich Netzstrom-Oberschwingungen, z. B. IEC 1000-3-2. Damit diese Vorschriften eingehalten werden, sind schaltungstechnische Maßnahmen zur Reduzierung von Netzstrom-Oberschwingungen nötig. Eine derartige Maßnahme ist der Einbau sog. Ladungspumpen. Der Vorteil von Ladungspumpen besteht im geringen schaltungstechnischen Aufwand, der für deren Realisierung nötig ist.

[0003] Schaltungsanordnungen zum Betrieb von Entladungslampen, die an einer Netzspannung betrieben werden enthalten im allgemeinen folgende Elemente:

- einen Gleichrichter zur Gleichrichtung der Netzspannung
- einen Hauptenergiespeicher
- einen Wechselrichter, der Energie aus dem Hauptenergiespeicher bezieht und an einem Wechselrichterausgang eine Wechselrichterspannung zur Verfügung stellt, die eine Wechselrichterfrequenz aufweist, die wesentlich höher ist als die Netzfrequenz
- ein Anpassnetzwerk, über das Entladungslampen mit dem Wechselrichterausgang gekoppelt werden können

[0004] Wird der Hauptenergiespeicher direkt aus dem Gleichrichter geladen, so entstehen Ladestromspitzen, die zu einer Verletzung der besagten Vorschriften führen.

[0005] Die Topologie einer Ladungspumpe beinhaltet, dass der Gleichrichter über einen elektronischen Pumpschalter mit dem Hauptenergiespeicher gekoppelt ist. Dadurch entsteht zwischen dem Gleichrichter

und dem elektronischen Pumpschalter ein Pumpknoten. Der Pumpknoten ist über ein Pulpnetzwerk mit dem Wechselrichterausgang gekoppelt. Das Pumpnetzwerk kann Bauteile enthalten, die zugleich dem Anpassnetzwerk zugeordnet werden können. Das Prinzip der Ladungspumpe besteht darin, dass während einer Halbperiode der Wechselrichterfrequenz über den Pumpknoten Energie der Netzspannung entnommen und im Pumpnetzwerk zwischengespeichert wird. In der darauf folgenden Halbperiode der Wechselrichterfrequenz wird die zwischengespeicherte Energie über den elektronischen Pumpschalter dem Hauptenergiespeicher zugeführt.

[0006] Der Netzspannung wird demnach Energie im Takt der Wechselrichterfrequenz entnommen. Im allgemeinen enthält das elektronische Betriebsgerät Filterschaltungen, die Spektralanteile des Netzstroms unterdrücken, die bei der Wechselrichterfrequenz oder darüber liegen. Die Ladungspumpe kann so ausgelegt werden, dass die Oberschwingungen des Netzstroms so gering sind, dass besagte Vorschriften eingehalten werden. Folgende Schriften beschreiben ausführlich Ladungspumpen für elektronische Betriebsgeräte für Entladungslampen:

Qian J., Lee F.C., Yamauchi T.: "Analysis, Design and Experiments of a High-Power-Factor Electronic Ballast", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 34, No. 3, May/June 1998

Qian J., Lee F.C., Yamauchi T.: "New Continuous Current Charge Pump Power-Factor-Correction Electronic Ballast", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 35, No. 2, March/April 1999

In der Schrift EP 0 621 743 (Mattas) ist eine Schaltungsanordnung zum Betrieb einer Entladungslampe beschrieben, die eine Ladungspumpe enthält. Sie weist zusätzlich einen Regler auf, der eine Modulation der Wechselrichterfrequenz mit der doppelten Netzfrequenz bewerkstelligt. Damit wird die Aufgabe gelöst, den Crest-Faktor des Lampenstroms, mit dem die Entladungslampe beaufschlagt wird, zu verbessern. Damit wird die Lebensdauer der Lampen erhöht.

[0007] Das o. g. Anpassnetzwerk enthält einen Resonanzkreis, der im wesentlichen einen Resonanzkondensator und eine Lampendrossel enthält. Der Resonanzkreis weist eine Resonanzfrequenz auf, die ohne Dämpfung des Resonanzkreises bei einer Eigenfrequenz des Resonanzkreises liegt.

[0008] Zur Zündung der Entladungslampe wird der Wechselrichter zunächst bei einer Wechselrichterfrequenz betrieben, die über der Eigenfrequenz liegt. In einer Zündphase wird die Wechselrichterfrequenz abgesenkt, bis in der Nähe der Eigenfrequenz der Resonanzkreis eine hohe Spannung an der Entladungslampe er-

zeugt und die Entladungslampe zündet.

[0009] Dabei tritt folgendes Problem auf: Vor der Zündung der Entladungslampe gibt es einerseits in der Schaltungsanordnung keinen wesentlichen Energieverbraucher. Andererseits arbeitet die Ladungspumpe und deponiert laufend Energie im Hauptenergiespeicher. Dadurch entsteht ein Ungleichgewicht zwischen aufgenommener und abgegebener Energie der Schaltungsanordnung. Falls die Entladungslampe nicht rechtzeitig zündet, führt dies entweder zur Zerstörung des Hauptenergiespeichers oder zur Abschaltung der Schaltungsanordnung, falls dafür Abschaltmittel bereitgestellt werden.

[0010] Im Stand der Technik führt dies zu einem Optimierungsproblem für die Wahl der Wechselrichterfrequenz während der Zündphase: Auf der einen Seite soll die Zeit, in der das besagte Energieungleichgewicht herrscht kurz sein. Dies erreicht eine hohe Zündspannung, die eine Wechselrichterfrequenz nahe der Eigenfrequenz verlangt. Auf der anderen Seite soll das Energieungleichgewicht möglichst gering sein, damit die Zeit bis zur Überlastung des Hauptenergiespeichers und damit die Zündphase möglichst lange sein kann. Dies ist für eine zuverlässige Zündung der Entladungslampe wünschenswert, verlangt aber eine Wechselrichterfrequenz, die möglichst weit über der Eigenfrequenz liegt. Die Optimierungsaufgabe wird dadurch erschwert, dass äußere Umstände, wie z. B. die Zündeigenschaften der Entladungslampe, Umgebungstemperatur und Bauteiltoleranzen, Einfluss darauf haben.

[0011] Im Stand der Technik gibt es zwei Lösungen für das Problem: Entweder wird eine unzuverlässige Zündung der Entladungslampe in Kauf genommen, oder Bauelemente wie Hauptenergiespeicher und Lampendrossel werden überdimensioniert und damit teuer und voluminös.

Darstellung der Erfindung

[0012] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Schaltungsanordnung zum Start und Betrieb von Entladungslampen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bereitzustellen, die eine zuverlässige und kostengünstige Zündung der Lampe bewerkstelligt.

[0013] Diese Aufgabe wird durch eine Schaltungsanordnung zum Start und Betrieb von Entladungslampen mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 gelöst. Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den abhängigen Ansprüchen.

[0014] Im Stand der Technik EP 0 621 743 (Mattas) ist ein Regler beschrieben der einen ersten Reglereingang aufweist. Diesem ersten Reglereingang wird eine elektrische Größe zugeführt, die einer ersten Betriebsgröße einer an Lampenklemmen betriebenen Entladungslampe entspricht.

[0015] Erfindungsgemäß besitzt der Regler einen zweiten Reglereingang. Dem zweiten Reglereingang

wird eine zweite elektrische Größe zugeführt, die einer zweiten Betriebsgröße entspricht, die ein Maß für die Blindenergie ist, die im Resonanzkreis schwingt. Erfindungsgemäß wird die zweite elektrische Größe dem zweiten Reglereingang über einen Schwellwertschalter zugeführt. Für den Fall, dass der Wert der zweiten elektrischen Größe den Schwellwert des Schwellwertschalters überschreitet, wird die Wechselrichterfrequenz erhöht.

[0016] Durch die Wahl des Schwellwerts und der Frequenzerhöhung kann eingestellt werden wie groß das Energieungleichgewicht in der Ladungspumpe maximal werden kann. Erfindungsgemäß kann damit bei optimaler Ausnutzung der Bauelemente eine maximale Zündspannung erreicht werden. Damit ist eine zuverlässige Zündung von Entladungslampen auch mit kostengünstigen Bauelementen möglich.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] Im folgenden soll die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen:

Figur 1 ein Blockschaltbild für eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zum Start und Betrieb von Entladungslampen,

Figur 2 ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zum Start und Betrieb von Entladungslampen.

[0018] Im folgenden werden Widerstände durch den Buchstaben R, Transistoren durch den Buchstaben T, Spulen durch den Buchstaben L, Verstärker durch den Buchstaben A, Dioden durch den Buchstaben D, Knotenpotenziale durch den Buchstaben N und Kondensatoren durch den Buchstaben C jeweils gefolgt von einer Zahl bezeichnet. Auch werden im folgenden für gleiche und gleichwirkende Elemente der verschiedenen Ausführungsbeispiele durchweg gleiche Bezugszeichen verwendet.

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

[0019] In Figur 1 ist ein Blockschaltbild für eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zum Start und Betrieb von Entladungslampen dargestellt. An Anschlussklemmen J kann eine Netzspannung aus einer Netzspannungsquelle der Schaltungsanordnung zugeführt werden. Die Netzspannung wird zunächst in einen Block FR eingespeist. Zum einen enthält dieser Block bekannte Mittel zum Filtern von Störungen. Zum anderen enthält dieser Block einen Gleichrichter, der die Netzspannung, die eine Wechselspannung ist, gleichrichtet. Üblicherweise wird dafür ein Vollweggleichrichter in Brückenschaltung verwendet. Wichtig für die Funktion einer in der Schaltungsanordnung realisierten

Ladungspumpe ist die Eigenschaft des Gleichrichters, dass er keinen Strom zulässt, der einen Energiefluss von der Schaltungsanordnung zur Netzspannungsquelle zulässt.

[0020] Die gleichgerichtete Netzspannung wird einem elektronischen Pumpschalter UNI zugeführt, wobei an der Verbindungsstelle zwischen Gleichrichter FR und elektronischem Pumpschalter UNI ein Pumpknoten N1 entsteht. Im einfachsten Fall besteht der elektronische Pumpschalter UNI aus einer Pumpdiode, die nur einen Stromfluss erlaubt, der vom Pumpknoten N1 zur Pumpdiode fließt. Es ist aber auch möglich einen beliebigen elektronischen Schalter, wie z. B. einen MOSFET, für den elektronischen Pumpschalter UNI einzusetzen, der die Funktion der Pumpdiode erfüllt.

[0021] Der Strom, den der elektronische Pumpschalter UNI durchlässt, speist einen Hauptenergiespeicher STO. Meist ist der Hauptenergiespeicher STO als Elektrolytkondensator ausgeführt. Es sind jedoch auch andere Arten von Kondensatoren möglich. Prinzipiell ist auch die zum Kondensator duale Form der Energiespeicherung möglich. Im dualen Fall ist der Hauptenergiespeicher STO als Spule ausgeführt. Wegen der geringeren Kosten und des besseren Wirkungsgrads wird ein Kondensator als Hauptenergiespeicher STO bevorzugt.

[0022] Es gibt auch Ausführungen von Ladungspumpen mit mehreren sog. Pumpzweigen. Dabei werden mehrere, elektronische Pumpschalter UNI, parallel geschaltet. Dadurch entstehen mehrere Pumpknoten N1. Zur gegenseitigen Entkopplung der Pumpknoten, ist jeweils zwischen Gleichrichter und Pumpknoten eine Diode geschaltet. Ein Ausführungsbeispiel mit zwei Pumpzweigen ist in Figur 2 dargestellt.

[0023] Der Hauptenergiespeicher STO stellt seine Energie einem Wechselrichter INV zur Verfügung. Der Wechselrichter INV erzeugt eine Wechselgröße, meist eine Wechselspannung, die einem Block zugeführt wird, der mit MN und PN bezeichnet ist. MN bezeichnet die Funktion des Blocks als Anpassnetzwerk. Bezüglich dieser Funktion ist der Block MN/PN mit einer Entladungslampe L verbindbar. PN bezeichnet die Funktion des Blocks als Pumpnetzwerks. Bezüglich dieser Funktion ist der Block MN/PN mit dem Pumpknoten N1 verbunden. Die Verbindungslinie zwischen dem Pumpknoten N1 und dem Block MN/PN ist in Figur 1 auf beiden Enden mit einem Pfeil versehen. Dadurch soll angedeutet werden, dass Energie abwechselnd vom Pumpknoten N1 zum Block MN/PN und zurück fließt. Die Funktionen des Anpassnetzwerks und des Pumpnetzwerks sind im Block MN/PN zusammengefasst weil Ausführungsformen der Erfindung möglich sind, bei denen einzelne Bauteile sowohl der einen als auch der anderen Funktion zugeordnet werden können.

[0024] Zur Regelung einer gewünschten ersten Betriebsgröße ist ein Regler CONT vorgesehen der über eine Stellgröße auf den Wechselrichter INV einwirkt. Damit wird ein Parameter der vom Wechselrichter abgegebenen Wechselgröße, z. B. die Betriebsfrequenz

oder die Pulsweite, so verändert, dass einer Veränderung der ersten Betriebsgröße entgegengewirkt wird. Die erste Betriebsgröße wird einem ersten Eingang des Reglers über die Verbindung B1 zugeführt. Bei der ersten Betriebsgröße handelt es sich um eine Größe, die den Betrieb der Lampe bestimmt. Deshalb entspringt in Figur 1 die Verbindung B1 dem Block für die Entladungslampe L. Beispielsweise handelt es sich bei der ersten Betriebsgröße um den Lampenstrom oder die Lampenleistung. Diese Größen müssen nicht direkt an der Entladungslampe L erfasst werden, sondern können auch dem Block MN/PN entnommen werden.

[0025] Erfindungsgemäß besitzt der Regler CONT einen zweiten Eingang. Über einen Schwellwertschalter TH wird dem zweiten Eingang eine zweite Betriebsgröße zugeführt. Die zweite Betriebsgröße ist erfindungsgemäß ein Maß für die Blindenergie die in einem Resonanzkreis schwingt, der im Block MN/PN enthalten ist. Der Abgriff der zweiten Betriebsgröße mittels der Verbindung B2 erfolgt deshalb am Block MN/PN. Es ist aber auch möglich ein Maß für die besagte Blindenergie aus Lampenbetriebsgrößen, wie z. B. der Lampenspannung zu gewinnen.

[0026] Zum Zünden der Entladungslampe L wird im Resonanzkreis Blindenergie aufgebaut. Die Blindenergie gibt Auskunft über das Energieungleichgewicht der Ladungspumpe und die Belastung von Bauteilen. Überschreitet die zweite Betriebsgröße die Schwelle des Schwellwertschalters, so wird erfindungsgemäß über den Regler CONT der Wechselrichter derart beeinflusst, dass die Blindenergie nicht weiter steigt. Dies kann dadurch geschehen, dass die Betriebsfrequenz des Wechselrichters INV angehoben wird. Der Regler CONT kann einen Addierer enthalten, der die an den Reglereingängen anliegenden Signale addiert. Es muss sicher gestellt sein, dass das Signal am ersten Regeleingang das Signal am zweiten Reglereingang nicht klemmt. Übersteigt das Signal am zweiten Reglereingang das Signal am ersten Regeleingang, so muss das Signal am zweiten Reglereingang das maßgebliche Reglersignal sein.

[0027] In Figur 2 ist ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zum Start und Betrieb von Entladungslampen dargestellt.

[0028] An den Anschlüssen J1 und J2 ist eine Netzspannung anschließbar. Über ein Filter, bestehend aus zwei Kondensatoren C1, C2 und zwei Spulen L1, L2, wird die Netzspannung einem Vollbrückengleichrichter bestehend aus den Dioden D1, D2, D3, D4 zugeführt. Der Vollbrückengleichrichter stellt an seinem positiven Ausgang, einem Knoten N21, bezüglich einem Bezugsknoten N0 die gleichgerichtete Netzspannung bereit.

[0029] Über die Dioden D5 und D6 wird die gleichgerichtete Netzspannung zwei Pumpknoten N22 und N23 zugeführt. Das Ausführungsbeispiel in Figur 2 besitzt demnach zwei Pumpzweige. Um die Pumpzweige gegeneinander zu entkoppeln sind die Dioden D5 und D6 nötig. Bei nur einem Pumpzweig kann ein Pumpknoten

direkt mit dem Gleichrichterausgang, dem Knoten 21, verbunden werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die im Gleichrichter verwendeten Dioden schnell genug schalten können, um der Wechselrichterfrequenz zu folgen. Falls dies nicht der Fall ist, muss auch bei nur einem Pumpzweig eine schnelle Diode zwischen Gleichrichterausgang und Pumpknoten geschaltet werden. Im Ausführungsbeispiel in Figur 2 sind die Pumpknoten mit dem positiven Ausgang des Gleichrichters gekoppelt. Aus der Literatur sind auch Ladungspumpen-Topologien bekannt, bei denen Pumpknoten mit dem negativen Ausgang des Gleichrichters gekoppelt sind.

[0030] Von den Pumpknoten N22 und N23 führt jeweils ein elektronischer Pumpschalter, die als Dioden D7 und D8 ausgeführt sind, zum Knoten N24. Zwischen N24 und N0 ist der Hauptenergiespeicher, der als Elektrolytkondensator C3 ausgeführt ist, geschaltet.

[0031] C3 speist den Wechselrichter, der als Halbbrücke ausgeführt ist. Es sind jedoch auch andere Wandlertopologien wie z. B. Sperrwandler oder Vollbrücke einsetzbar. Vorteilhaft wird für Lampenleistungen zwischen 5W und 300W eine Halbbrücke eingesetzt, da sie die kostengünstigste Topologie darstellt.

[0032] Im wesentlichen besteht die Halbbrücke aus einer Serienschaltung zweier Halbbrückentransistoren T1 und T2 und einer Serienschaltung zweier Koppelkondensatoren C4 und C5. Beide Serienschaltungen sind parallel zu C3 geschaltet. Ein Verbindungsknoten N25 der Halbbrückentransistoren und ein Verbindungsknoten N26 der Koppelkondensatoren bilden den Wechselrichterausgang an dem eine rechteckförmige Wechselrichterspannung mit einer Wechselrichterfrequenz anliegt.

[0033] Zwischen N25 und einem Lampenspannungsknoten N27 ist eine Lampendrossel L3 geschaltet. An N27 ist der Anschluss J3 geschaltet, an dem im Ausführungsbeispiel die Serienschaltung zweier Entladungslampen Lp1 und Lp2 geschaltet ist. Die vorliegende Erfindung ist jedoch auch mit einer oder mehreren Lampen ausführbar. Der Strom durch die Entladungslampen Lp1 und Lp2 fließt über einen Anschluss J8, durch eine Wicklung W1 eines Messtransformators zum Knoten N26. Im wesentlichen wird damit die Wechselrichterspannung an eine Serienschaltung zweier Entladungslampen Lp1, Lp2 und der Lampendrossel L3 angelegt.

[0034] Der in J3 eingespeiste Strom fließt nicht nur durch die Gasentladung der Entladungslampen Lp1, Lp2 sondern auch durch eine äußere Wendel der ersten Entladungslampe Lp1 zu einem Anschluss J4. Von dort weiter durch eine Wicklung W4 eines Heiztransformators, weiter durch einen variablen Widerstand R1, weiter durch eine Wicklung W3 des Messtransformators zum Anschluss J7. Am Anschluss J7 ist eine äußere Wendel der zweiten Entladungslampe Lp2 angeschlossen, deren anderes Ende zum Anschluss J8 führt. Zwei innere Wendeln der Entladungslampen Lp1 und Lp2 sind jeweils über die Anschlüsse J5 und J6 mit der Wicklung W5 des Heiztransformators verbunden. Durch die in

diesem Absatz beschriebenen Anordnung bewirkt die Wechselrichterspannung nicht nur einen Strom durch die Gasentladung der Entladungslampen Lp1, Lp2 sondern auch einen Heizstrom durch die äußeren Wendeln und über den Heiztransformator auch einen Heizstrom durch die inneren Wendeln der Entladungslampen Lp1, Lp2. Soll nur eine Entladungslampe betrieben werden, so kann der Heiztransformator entfallen.

[0035] Der Heizstrom wird im wesentlichen vor der Zündung der Entladungslampen Lp1, Lp2 während einer Vorheizphase als Vorheizstrom für die Vorheizung der Wendeln benötigt. Den Wert des Heizstroms bestimmt wesentlich der variable Widerstand R1. Während der Vorheizphase ist der Wert von R1 so gering, dass ein durch Lampendaten vorgegebener Heizstrom erreicht wird. Nach der Vorheizphase erhöht sich der Wert von R1, so dass im Vergleich zum Strom durch die Gasentladung der Entladungslampen Lp1, Lp2 vernachlässigbarer Heizstrom fließt. Im Ausführungsbeispiel ist R1 durch einen sog. PTC oder Kaltleiter realisiert. Dabei handelt es sich um einen Widerstand der im kalten Zustand einen geringen Widerstand aufweist. Durch den Heizstrom wird der Kaltleiter aufgeheizt, wodurch sein Widerstandswert steigt. R1 kann auch durch einen elektronischen Schalter realisiert werden, der in der Vorheizphase geschlossen und danach geöffnet ist. In Serie zu diesem Schalter kann ein Widerstand mit konstantem Widerstandswert geschaltet sein. Damit ist ein schneller Übergang von der Vorheizphase zur Zündphase möglich.

[0036] Durch die beschriebene Anordnung zum Vorheizen der Wendeln ist während der Vorheizphase durch Dämpfung die Resonanzfrequenz eines im nächsten Abschnitt beschriebenen Resonanzkreises geringer als dessen Eigenfrequenz. Vorteilhaft wird während der Vorheizphase eine Wechselrichterfrequenz gewählt, die unter der Eigenfrequenz liegt, damit sich ein hoher Heizstrom und damit eine kurze Vorheizphase ergibt.

[0037] Der Lampenspannungsknoten N27 ist über einen ersten Resonanzkondensator C6 mit dem Pumpknoten N23 verbunden. Zwischen N23 und N0 ist ein zweiter Resonanzkondensator C7 geschaltet. C6 und C7 bilden mit der Lampendrossel L3 einen Resonanzkreis. Zur Festlegung der Eigenfrequenz des Resonanzkreises, wird C6 und C7 in Serie geschaltet betrachtet. Der wirksame Kapazitätswert von C6 und C7 bezüglich der Eigenfrequenz ist somit der Quotient aus dem Produkt und der Summe der Kapazitätswerte von C6 und C7. Wird der Resonanzkreis nahe seiner Eigenfrequenz angeregt, so entsteht über den Lampen eine Zündspannung, die zur Zündung der Entladungslampen führt. Nach der Zündung wirkt L3 zusammen mit C6 und C7 als Anpassnetzwerk, das eine Ausgangsimpedanz des Wechselrichters in eine zum Betrieb der Entladungslampen nötige Impedanz transformiert.

[0038] Durch die Verbindung von C6 und C7 mit dem Pumpknoten N23 wirkt die Kombination von L3, C6 und C7 jedoch nicht nur als Resonanzkreis und Anpassnetz-

werk, sondern gleichzeitig als Pumpnetzwerk. Ist das Potenzial an N23 niedriger als die momentane Netzspannung, so bezieht das Pumpnetzwerk L3, C6, C7 Energie aus der Netzspannung. Übersteigt das Potenzial an N23 die Spannung am Hauptenergiespeicher C3, so wird die von der Netzspannung aufgenommene Energie an C3 abgegeben. Durch die Wahl des Verhältnisses der Kapazitätswerte von C6 und C7 kann die Wirkung des Netzwerks L3, C6, C7 als Pumpnetzwerk abgeglichen werden. Je größer der Kapazitätswert von C7 gewählt wird, desto geringer ist die Wirkung des Netzwerks L3, C6, C7 als Pumpnetzwerk.

[0039] Eine weitere Pumpwirkung geht von einem Kondensator C8 aus, der zwischen N23 und den Verbindungsknoten N25 der Halbbrückentransistoren T1, T2 geschaltet ist. Auch C8 wirkt nicht nur als Pumpnetzwerk, sondern erfüllt gleichzeitig die Aufgabe eines Snubber-Kondensators. Snubber-Kondensatoren sind allgemein als Maßnahme zur Schalterentlastung in Wechselrichtern bekannt.

[0040] Das Pumpnetzwerk für den zweiten Pumpzweig besteht aus der Serienschaltung einer Pumpdrossel L4 und eines Pumpkondensators C9. Dieses Pumpnetzwerk ist zwischen den Verbindungsknoten N25 der Halbbrückentransistoren T1, T2 und den Pumpknoten N22 geschaltet. Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel werden zwei Pumpzweige verwendet, damit die gepumpte Energie auf mehrere Bauteile aufgeteilt wird. Damit ist eine kostengünstigere Dimensionierung der Bauteile möglich. Auch erhält man dadurch einen Freiheitsgrad bei der Auslegung der Abhängigkeit der gepumpten Energie von Betriebsparametern der Entladungslampen. Die Erfindung ist jedoch auch mit nur einem Pumpzweig realisierbar.

[0041] Die Halbbrückentransistoren T1, T2 sind als MOSFET ausgelegt. Auch andere elektronische Schalter können dafür eingesetzt werden. Zur Ansteuerung der Gates von T1 und T2 ist im Ausführungsbeispiel ein integrierter Schaltkreis IC1 vorgesehen. IC1 ist im vorliegenden Beispiel ein Schaltkreis der Firma International Rectifier vom Typ IR2153. Es sind auch alternative Schaltkreise zu diesem Typ auf dem Markt erhältlich; z. B. L6571 der Firma STM. Der Schaltkreis IR2153 enthält einen sog. High-Side-Treiber mit dem auch der Halbbrückentransistor T1 angesteuert werden kann, obwohl er keinen Anschluss am Bezugspotenzial N0 hat. Dazu sind eine Diode D10 und ein Kondensator C10 nötig.

[0042] Die Betriebsspannungsversorgung des IC1 erfolgt über den Anschluss 1 des IC1. In Figur 2 ist dazu eine Spannungsquelle VCC zwischen Anschluss 1 des IC1 und N0 vorgesehen. Es sind allgemein mehrere Möglichkeiten bekannt, wie diese Spannungsquelle VCC realisiert werden kann. Im einfachsten Fall kann das IC über einen Widerstand von der gleichgerichteten Netzspannung versorgt werden.

[0043] Außer den Treiberschaltungen für die Halbbrückentransistoren enthält das IC1 einen Oszillator,

dessen Schwingfrequenz über die Anschlüsse 2 und 3 eingestellt werden kann. Die Schwingfrequenz des Oszillators entspricht der Wechselrichterfrequenz. Zwischen den Anschlüssen 2 und 3 ist ein frequenzbestimmender Widerstand R3 geschaltet. Zwischen Anschluss 3 und N0 ist die Serienschaltung eines frequenzbestimmenden Kondensators C11 und der Emitter-Kollektor-Strecke eines Bipolartransistors T3 geschaltet. Parallel zur Emitter-Kollektor-Strecke von T3 ist eine Diode D9 geschaltet, damit C11 geladen werden kann. Durch eine Spannung zwischen dem Basisanschluss von T3 und N0 kann die Wechselrichterfrequenz eingestellt werden und bildet somit eine Stellgröße für einen Regelkreis. Der Basisanschluss von T3 ist mit einem Stellgrößenknoten N28 verbunden. T3, IC1 und deren Beschaltung kann somit als Regler aufgefasst werden.

[0044] Die Funktionen des IC1 und dessen Beschaltung können auch realisiert werden durch einen beliebigen spannungs- oder stromgesteuerten Oszillator, der über Treiberschaltungen die Ansteuerung der Halbbrückentransistoren bewerkstelligt.

[0045] Der Regelkreis im Ausführungsbeispiel erfasst als Regelgröße den Strom durch die Gasentladung der Entladungslampen Lp1, Lp2. Dazu besitzt der Messstromtransformator eine Wicklung W2. Der Wickelsinn im Messstromtransformator ist so ausgelegt, dass von einem Gesamtstrom in Wicklung W1 der Heizstrom in Wicklung W3 abgezogen wird, so dass in Wicklung W2 ein Strom fließt, der dem Strom durch die Gasentladung der Entladungslampen Lp1, Lp2 proportional ist. Ein Vollbrückengleichrichter gebildet durch Dioden D11, D12, D13 und D14 richtet den Strom durch Wicklung W2 gleich und führt ihn über einen niederohmigen Messwiderstand R4 auf N0. Der Spannungsabfall an R4 ist somit ein Maß für den Strom durch die Gasentladung der Entladungslampen Lp1, Lp2. Über einen Tiefpass zur Mittelwertbildung, der durch einen Widerstand R5 und einen Kondensator C13 gebildet wird, gelangt der Spannungsabfall an R4 an den Eingang eines nicht invertierenden Messverstärkers.

[0046] Der Messverstärker wird in einer bekannten Weise durch einen Operationsverstärker AMP und die Widerstände R6, R7 und R8 realisiert. Im Ausführungsbeispiel ist eine Verstärkung des Messverstärkers von ca. 10 eingestellt. Für den Fall, dass der Spannungsabfall an R4 Werte aufweist, die direkt als Stellgröße verwendet werden können, kann der Messverstärker entfallen oder durch einen Impedanzwandler, wie z. B. einen Emitterfolger, ersetzt werden.

[0047] Der Ausgang des Messverstärkers ist über eine Diode D15 mit dem Stellgrößenknoten N28 verbunden. Damit ist der Regelkreis zur Regelung des Stroms durch die Gasentladung der Entladungslampen Lp1, Lp2 geschlossen. Die Diode D15 ist nötig, damit das Potenzial von N28 auf einen Wert angehoben werden kann, der über dem vom Messverstärker vorgegebenen Wert liegt. Die Anode von D15 stellt einen ersten Reg-

lereingang dar.

[0048] Der erfindungsgemäße Schwellwertschalter ist in Figur 2 durch einen Varistor MOV realisiert. Er liegt in einer Serienschaltung mit einem Kondensator C12, einem Widerstand R2 und einer Diode D17, die den Lampenspannungsknoten N27 mit dem Stellgrößenknoten N28 verbindet. Die Anode von D17 stellt einen zweiten Reglereingang dar. N28 ist über die Parallelschaltung eines Widerstandes R9 und eines Kondensators C14 mit N0 verbunden.

[0049] An N27 liegt gegenüber N0 eine Spannung an, die ein Maß für die im Resonanzkreis gebildet aus L3, C6 und C7 schwingende Blindenergie ist. Überschreitet diese Spannung die Schwellspannung des Varistors MOV, so fließt ein Strom durch R9 und C14 wird aufgeladen. Damit wird die Spannung am Stellgrößenknoten N28 angehoben. Dies bewirkt einen Anstieg der Wechselrichterfrequenz und die im Resonanzkreis schwingende Blindenergie wird reduziert, da die Wechselrichterfrequenz weiter von der Eigenfrequenz des Resonanzkreises abrückt.

[0050] Zwischen N0 und dem Verbindungspunkt von R2 und D17 ist die Diode D 16 geschaltet. Damit wird im Zusammenspiel mit C12 an N28 die Summe aus positiver und negativer Amplitude der Spannung angelegt, die der Varistor MOV passieren lässt. Statt des Varistors MOV kann ein beliebiger anderer Schwellwertschalter Verwendung finden, wie er z. B. durch Zener-Dioden oder Suppressor-Dioden aufgebaut werden kann. Der Schwellwert des Varistors MOV ist im Anwendungsbeispiel 250Veff gewählt. Durch einen höheren Wert wird mehr Blindenergie im Resonanzkreis zugelassen, was zu einer höheren Zündspannung an den Entladungslampen Lp1, Lp2, aber auch zu einer höheren Belastung von Bauelementen führt. Über den Schwellwert des Varistors MOV kann somit ein gewünschtes Optimum eingestellt werden.

[0051] Der Wert des Widerstands R2 beeinflusst die Stärke der Wirkung des erfindungsgemäßen Eingriffs auf den Regelkreis am Stellgrößenknoten N28. Vorteilhaft ist auch ein nichtlinearer Zusammenhang zwischen der Spannung am Stellgrößenknoten N28 und der Wechselrichterfrequenz. Dieser nichtlineare Zusammenhang wird im Anwendungsbeispiel durch die nichtlineare Kennlinie von T3 realisiert. Zudem wird er von der Abhängigkeit der Frequenz des Oszillators im IC1 von der Spannung am Anschluss 3 des IC1 beeinflusst. Ein starker Anstieg der Spannung an N27 führt durch die Nichtlinearität zu einer überproportionalen Erhöhung der Wechselrichterfrequenz, wodurch einer Überlastung von Bauteilen, wie z. B. der Spannungsbelastung von C3 oder der Strombelastung von T1 und T2, vorgebeugt wird.

[0052] Statt der Spannung könnte auch der Strom im Resonanzkreis als Maß für die im Resonanzkreis schwingende Blindenergie herangezogen werden. Dazu könnte beispielsweise eine Zusatzwicklung auf L3 dienen.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zum Start und Betrieb von Entladungslampen (L, Lp1, Lp2) mit folgenden Merkmalen:

- ein erster und ein zweiter Netzanschluss (J1, J2) zum Anschluss einer Netzspannung,
- ein Gleichrichter (D1, D2, D3, D4), dessen Gleichrichtereingang mit den Netzanschlüssen gekoppelt ist und an dessen Gleichrichterausgang (N21) die gleichgerichtete Netzspannung anliegt,
- der Gleichrichterausgang (N21) ist mit einem elektronischen Pumpschalter (UNI, D7, D8) gekoppelt, wodurch sich am elektronischen Pumpschalter (UNI, D7, D8) ein erster Pumpknoten (N1, N23) ausbildet,
- die dem Gleichrichterausgang (N21) abgewandte Seite des elektronischen Pumpschalters ist mit einem Hauptenergiespeicher (C3) gekoppelt,
- der Hauptenergiespeicher (C3) liefert Energie an einen Wechselrichter (INV), der an einem Wechselrichterausgang (N25, N26) eine Wechselrichterspannung abgibt, die eine Wechselrichterfrequenz aufweist, die wesentlich höher ist als die Frequenz der Netzspannung,
- der Wechselrichterausgang (N25), ist über ein Pumpnetzwerk (PN, L3, C6, C7) mit dem ersten Pumpknoten (N1, N23) gekoppelt,
- an den Wechselrichterausgang (N25) sind über ein Anpassnetzwerk (Mn, L3, C6, C7), das einen Resonanzkreis (L3, C6, C7) mit einer Eigenfrequenz aufweist, über Lampenklemmen (J3-J6) Entladungslampen (L, Lp1, Lp2) anschließbar,
- ein Regler (CONT), dessen Reglerausgang ein Stellsignal ausgibt, wobei der Reglerausgang derart mit dem Wechselrichter (INV) gekoppelt ist, dass das Stellsignal die Wechselrichterfrequenz beeinflusst,
- ein erster Reglereingang (B1), in den eine erste elektrische Größe eingespeist wird, die einer ersten Betriebsgröße entspricht,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Regler einen zweiten Reglereingang aufweist, in den über einen Schwellwertschalter (TH, MOV)

eine zweite elektrische Größe eingespeist wird, die einer zweiten Betriebsgröße (B2) entspricht, die ein Maß für die Blindenergie ist, die im Resonanzkreis (L3, C6, C7) schwingt, wobei der Wert der zweiten elektrischen Größe beim Überschreiten des Schwellwerts des Schwellwertschalters (TH, MOV) einen größeren Wert der Wechselrichterfrequenz bewirkt.

2. Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**, der Regler einen Addierer enthält, der die elektrischen Größen vom ersten und vom zweiten Reglereingang addiert. 10
3. Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**, der elektronische Pumpschalter (UNI) durch eine erste Pumpdiode (D7) realisiert ist, die so gepolt ist, dass über die erste Pumpdiode (D7) Energie dem Hauptenergiespeicher (C3) zugeführt werden kann, 15
4. Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass**, der Gleichrichterausgang (N21) über eine zweite Pumpdiode (D5) mit dem ersten Pumpknoten (N23) verbunden ist, wobei die zweite Pumpdiode (D5) so gepolt ist, dass über die zweite Pumpdiode Energie dem Gleichrichter entnommen werden kann. 20
5. Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass**, der Gleichrichterausgang (N21) über die Serienschaltung einer dritten (D6) und einer vierten (D8) Pumpdiode mit dem Hauptenergiespeicher (C3) gekoppelt ist, wodurch sich am Verbindungspunkt der dritten (D6) und der vierten (D8) Pumpdiode ein zweiter Pumpknoten (N22) ausbildet, in den ein Teil der Energie, die der Wechselrichterausgang (N25) abgibt, eingespeist wird. 25
6. Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 1 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass**, der erste (N23) oder der zweite (N22) Pumpknoten über eine Serienschaltung einer Pumpdrossel (L4) und eines Pumpkondensators (C9) mit dem Wechselrichterausgang (N25) verbunden ist. 30
7. Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 1 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass**, der Wechselrichterausgang (N25) über eine Lampendrossel (L3) mit einem Anschluss (J3) für eine Entladungslampe (Lp1) verbunden ist, wodurch sich an diesem Anschluss ein Lampenspannungsknoten (N27) ausbildet, der über einen Resonanzkondensator (C6) mit dem ersten (N23) oder dem zweiten (N22) Pumpknoten verbunden ist. 35

8. Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 1 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass**, der Strom durch eine Entladungslampe in den ersten oder den zweiten Pumpknoten eingespeist wird. 40
9. Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**, der Wechselrichterausgang (N25) über eine Lampendrossel (L3) mit einem Anschluss für eine Entladungslampe (J3) verbunden ist, wodurch sich an diesem Anschluss ein Lampenspannungsknoten (N27) ausbildet, an dem die zweite elektrische Betriebsgröße (B2) abgegriffen wird. 45
10. Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass**, der Schwellwertschalter (TH) durch einen Varistor (MOV) realisiert wird und in Serie zu einem Kondensator (C12) und einem Widerstand (R2) geschaltet ist. 50
11. Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**, die erste elektrische Betriebsgröße (B1) der Strom durch eine betriebene Entladungslampe (Lp1, Lp2) ist. 55
12. Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass**, ein veränderlicher Widerstand (R1) einen Heizstromkreis schließt, der einen von der Wechselrichterspannung getriebenen Heizstrom durch Elektrodenwendeln einer angeschlossenen Entladungslampe (Lp1, Lp2) bewirkt.
13. Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass**, der veränderliche Widerstand (R1) ein Kaltleiter ist.
14. Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass**, der veränderliche Widerstand (R1) ein elektronischer Schalter ist.
15. Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**, der Regler eine nichtlineare Kennlinie besitzt.
16. Verfahren zum Start und Betrieb von Entladungslampen mit einer Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 1 **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:
 - Bedämpfen des Resonanzkreises (L3, C6, C7) über Wendeln von angeschlossenen Entladungslampen,
 - Einstellen einer Wechselrichterfrequenz, die

unter der Eigenfrequenz liegt,

- Rücknahme der Dämpfung des Resonanzkreises,
- Erfassen der zweiten Betriebsgröße (B2),
- Vergleich der zweiten Betriebsgröße (B2) mit einem vorgegebenen Schwellwert,
- Erhöhen der Wechselrichterfrequenz für den Fall, dass die zweite Betriebsgröße (B2) den Schwellwert überschreitet.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

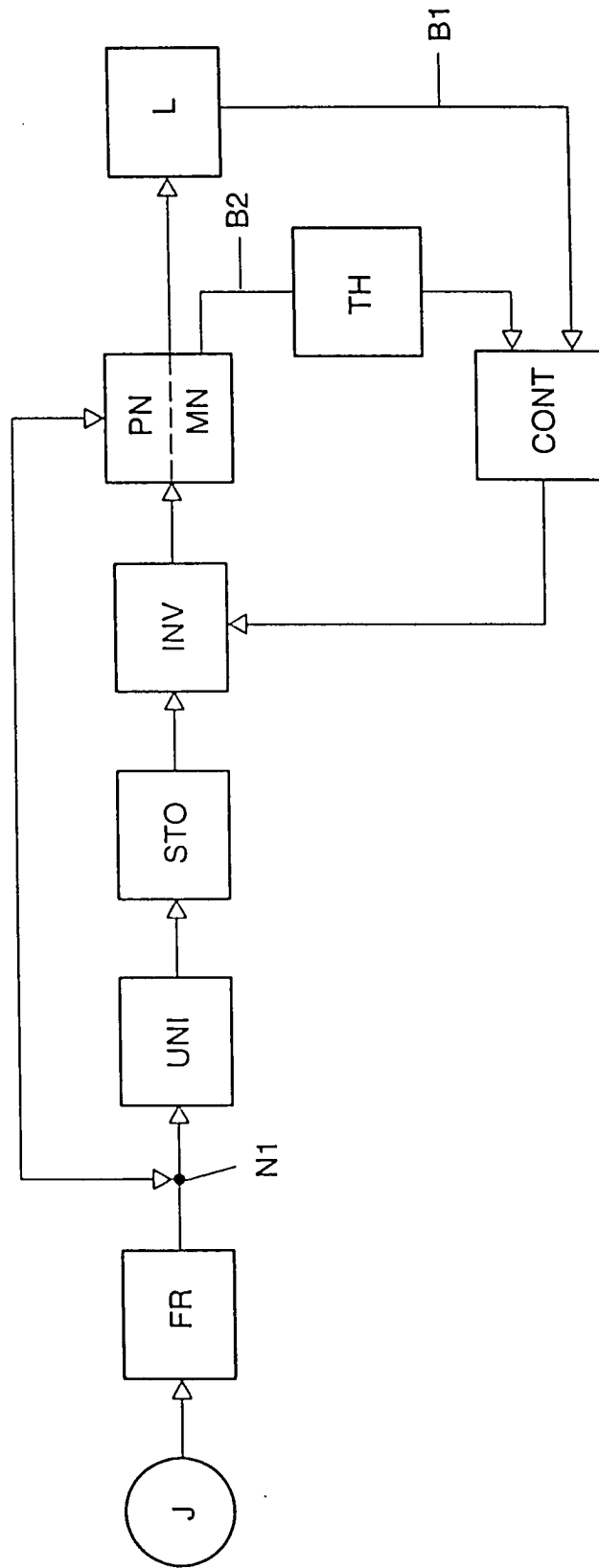


FIG. 1

