



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.01.2004 Patentblatt 2004/01

(51) Int Cl.7: **H05B 41/285**

(21) Anmeldenummer: **03012453.1**

(22) Anmeldetag: **30.05.2003**

(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:
 • **Busse, Olaf**
80686 München (DE)
 • **Heckmann, Markus**
81667 München (DE)

(30) Priorität: **11.06.2002 DE 10225881**

(54) **Entladungslampenbetriebsschaltung mit Schaltung zur Detektion der Nähe zu einem kapazitiven Betrieb**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Betriebschaltung für eine Entladungslampe mit einer Detekti-

onsschaltung zum Erkennen der Nähe zu einem kapazitiven Betrieb, die Lampenstromschwankungen zur Detektion ausnutzt.

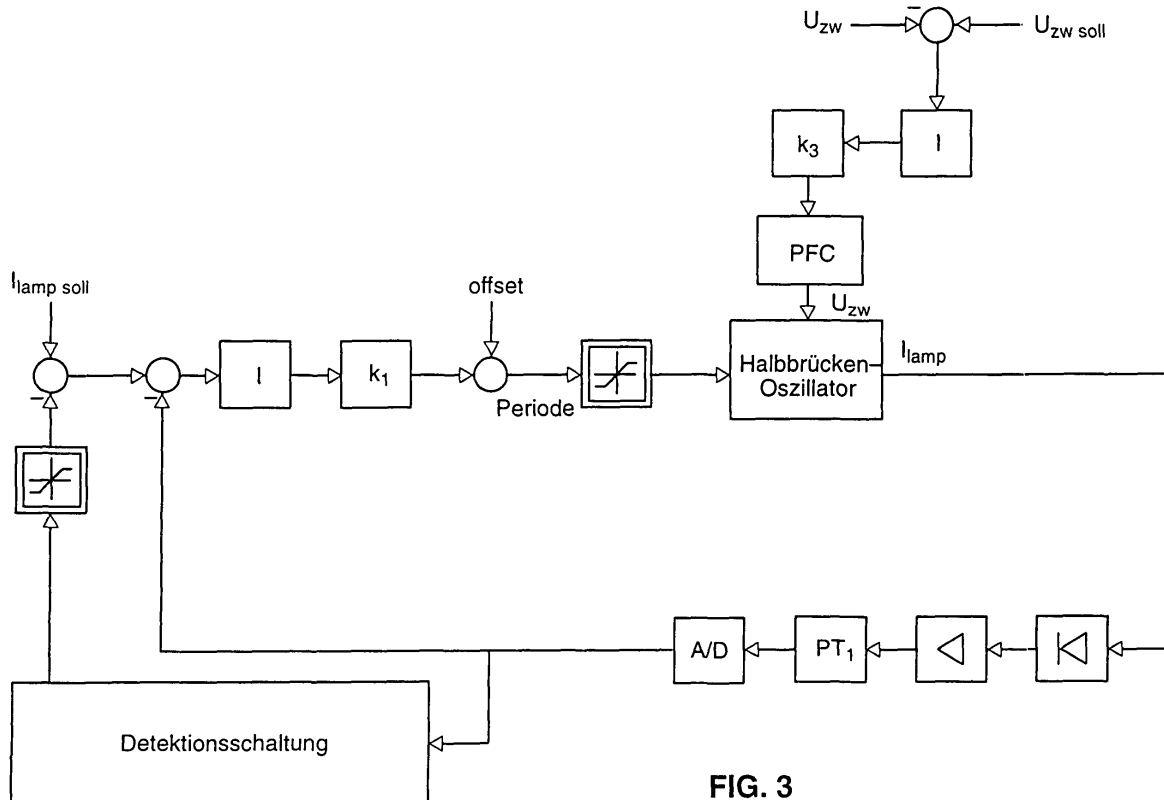


FIG. 3

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Betriebschaltung für Entladungslampen.

[0002] Sie bezieht sich dabei auf Betriebsschaltungen, die die Entladungslampe mit einer Hochfrequenzversorgungsleistung versorgen, die über eine Oszillatorschaltung aus einer Versorgungsleistung gewonnen wird. Insbesondere, aber nicht ausschließlich, bezieht sich die Erfindung auf den Fall, dass die Versorgungsleistung für die Oszillatorschaltung auf eine Wechselspannungsversorgungsleistung zurückgeht, die gleichgerichtet wird. Solche Betriebsschaltungen sind allgemein üblich, insbesondere bei Niederdruckentladungslampen, und müssen daher nicht in Einzelheiten erläutert werden.

Stand der Technik

[0003] Die Oszillatorschaltung versorgt dabei einen sogenannten Lastkreis, in den die Entladungslampe geschaltet ist, und der von einem durch die Oszillatorschaltung erzeugten hochfrequenten Lampenstrom durchflossen wird. Der Lastkreis definiert dabei eine Resonanzfrequenz, die durch verschiedene elektrische Parameter des Lastkreises beeinflusst wird und u.a. auch vom Betriebszustand der Entladungslampe abhängt. Man ist bemüht, den Lastkreis im Dauerbetrieb der Entladungslampe relativ nah an der Resonanzfrequenz zu betreiben. Dies hat den Vorteil geringer Phasenverschiebungen zwischen Strom und Spannung und damit geringer Blindströme. Davon profitiert man bei der Bauteildimensionierung insbesondere einer Lampendrossel. Im übrigen enthält die die Hochfrequenzversorgungsleistung erzeugende Oszillatorschaltung regelmäßig Schaltelemente. Bei geringen Phasenverschiebungen infolge eines resonanznahen Betriebes sind die Schaltverluste in den Schaltelementen relativ klein. Dies hat Vorteile im Hinblick auf die Effizienz der Betriebsschaltung sowie auf die thermische Belastung und die Dimensionierung der Schaltelemente.

[0004] Im Regelfall wird angestrebt, im sogenannten induktiven Bereich zu arbeiten, also mit einer gegenüber der Resonanzfrequenz des Lastkreises erhöhten Betriebsfrequenz der Oszillatorschaltung. Dabei muss man allerdings vermeiden, dass die Betriebsfrequenz der Oszillatorschaltung kleiner wird als die Resonanzfrequenz, weil sich im kapazitiven Betrieb, also bei kleinerer Betriebsfrequenz als die Resonanzfrequenz, störende Stromspitzen in den Schaltelementen und andere Schwierigkeiten ergeben können. Insbesondere kann sich durch eine Fehlsynchronisation zwischen den Schaltzeitpunkten und dem Lampendrosselstrom im kapazitiven Betrieb eine ausgeprägte positive Stromspitze zu Beginn einer von einem Schaltelement getragenen Lampenstromhalbwelle ergeben. Es wird also insge-

samt angestrebt, möglichst nah an der Resonanzfrequenz zu arbeiten, wobei jedoch ein Unterschreiten derselben möglichst nicht oder nur begrenzt auftreten soll.

[0005] Allerdings treten infolge von Temperaturänderungen und Alterungsprozessen wie Elektrodenabbrand, Quecksilberdiffusion in Leuchtstoffen und anderen Alterungsphänomenen sowie auch infolge der Exemplarstreuung zwischen verschiedenen individuellen Entladungslampen Schwankungen der Lampenimpedanz (bezogen auf den Dauerbetrieb) auf.

[0006] Infolge dieser Lampenimpedanzschwankungen und der üblichen Bauteiltoleranzen lassen sich die Betriebsschaltungen nicht ohne weiteres relativ genau auf einen resonanznahen Betrieb einstellen. Vielmehr wird aus Sicherheitsgründen ein relativ großer Abstand von der nominellen Resonanzfrequenz gehalten, der die aufgeführten Schwankungen und Toleranzen berücksichtigt. Daraus entstehen höhere Bauteilkosten und erhöhter Platzbedarf wegen entsprechend größerer Dimensionierung sowie Effizienzeinbußen.

[0007] Daher ist bereits versucht worden, Betriebsschaltungen der dargestellten Bauart mit Detektionsschaltungen zum Erkennen der Nähe zu einem kapazitiven Betrieb des Lastkreises auszustatten. Beispielsweise zeigt die US 6 331 755 in ihrer Figur 5 einen Widerstand RCS zum Messen eines Lampendrosselstroms und einen Komparator COMP zum Vergleichen dieses Drosselstroms mit einem Schwellenwert. Der Vergleich findet an einer Ausschaltflanke eines Schalttransistors einer Halbbrückenoszillatorschaltung statt. Je näher die Betriebsfrequenz der Resonanzfrequenz und damit dem kapazitiven Betrieb kommt, umso kleiner wird nicht nur ein vorzeichenumgekehrter Einschaltpeak der Messspannung an dem Widerstand RCS, sondern umso stärker sinkt auch die Messspannung am Ende der Einschaltzeit des erwähnten Schalttransistors ab. Damit kann mit dem Schwellenwert ein Grenzzustand eingestellt werden, bei dem die Schaltung insgesamt ausgeschaltet wird (in der dortigen Figur 6 rechts eingezeichnet), wenn der Betrieb zu resonanznah wird.

Darstellung der Erfindung

[0008] Ausgehend von dem genannten Stand der Technik liegt der Erfindung das technische Problem zu Grunde, eine Betriebsschaltung für eine Entladungslampe mit einer Oszillatorschaltung und einer Detektionsschaltung zum Erkennen der Nähe zu einem kapazitiven Betrieb des Lastkreises weiter zu verbessern.

[0009] Die Erfindung betrifft eine Betriebsschaltung des dargestellten Typs, bei der die Detektionsschaltung die Höhe von den Veränderungen der Versorgungsleistung entsprechenden Schwankungen des Lampenstroms oder einer Stellgröße einer Lampenregelschaltung erfasst.

[0010] Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0011] Die Erfindung zeichnet sich durch eine beson-

ders günstige Form der Erkennung der Nähe zu dem kapazitiven Betrieb durch die Detektionsschaltung aus. Dazu erfasst die Detektionsschaltung bei einer Variante der Erfindung die Höhe von Schwankungen des Lampenstroms entsprechend der Frequenz der Versorgungsleistung. Wenn die Oszillatorschaltung mit einer gleichgerichteten Wechselspannungs-Versorgungsleistung versorgt wird, schwankt die Versorgungsleistung der Oszillatorschaltung mit den durch die Wechselspannungsfrequenz gegebenen Schwankungen der gleichgerichteten Versorgungsspannung (sogenannte Zwischenkreisspannung). Die Zwischenkreisspannung ist also mit der doppelten Frequenz der ursprünglichen Wechselspannung moduliert. Die Verdoppelung der Frequenz ist eine Folge der Gleichrichtung. Es ist theoretisch auch denkbar, dass hier keine Frequenzverdoppelung auftritt; jedenfalls steht die Modulation der Zwischenkreisspannung in Beziehung zu der Frequenz der ursprünglichen Wechselspannung.

[0012] Diese Zwischenkreisspannungsmodulation ist in aller Regel noch im Lampenstrom selbst messbar, und zwar auch dann, wenn der Lampenstrom durch eine Strom- oder Leistungsregelschaltung bestimmt wird, was eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung bildet. Regelschaltungen sind je nach technischem Aufwand nur begrenzt in der Lage, diese Modulation abzuschwächen. Wenn keine Regelschaltung vorgesehen ist, ist die Modulation der Zwischenkreisspannung umso mehr im Lampenstrom erkennbar.

[0013] Dies gilt übrigens auch für den Fall, der ebenfalls eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung darstellt, dass die gleichgerichtete Wechselspannungs-Versorgungsleistung durch eine PFC-Schaltung (Power Factor Correction, sogenannte Leistungsfaktorkorrektur) zu einer weitgehend konstanten Gleichspannung gewandelt wird. Die PFC-Schaltung dient zur Begrenzung des Oberwellengehalts der Leistungsaufnahme aus dem Wechselspannungsnetz und lädt in der Regel einen Speicherkondensator auf die Zwischenkreisspannung auf. Die Zwischenkreisspannung ist auch dann in gewissem Umfang entsprechend der Wechselspannungsfrequenz moduliert.

[0014] Die Höhe der Lampenstromschwankungen hängt von der Nähe zu der Resonanzfrequenz und damit von der Nähe zu dem kapazitiven Betrieb ab. Dies folgt aus der Zunahme des Lampenstroms mit zunehmender Resonanznähe einerseits und der Modulation der Resonanznähe durch die Zwischenkreisspannungsmodulation andererseits.

[0015] Damit bietet die Höhe der Schwankungen des Lampenstroms eine besonders einfache Möglichkeit zur Erfassung der Nähe zum kapazitiven Betrieb. Insbesondere handelt es sich dabei um ein beispielsweise mit der doppelten Netzfrequenz des Wechselspannungsnetzes veränderliches Signal, das insoweit keine wesentlichen messtechnischen Schwierigkeiten bietet. Andererseits sind die konventionellen Lösungen zur Erfassung der Nähe zu dem kapazitiven Betrieb mit der

Betriebsfrequenz der Oszillatorschaltung selbst verknüpft und müssen auf diese Phasen bezogen sein, was einen erheblich höheren schaltungstechnischen Aufwand bedingt. Der Lampenstrom muss in vielen Fällen ohnehin aus anderen Gründen gemessen werden, beispielsweise um aus Sicherheitserwägungen bestimmte Maximalwerte nicht zu überschreiten oder um die bereits erwähnte Stromregelung durchzuführen. Dann ist die Erfindung mit einem umso geringeren zusätzlichen Aufwand verbunden.

[0016] In der allgemeinen Formulierung der Erfindung in Anspruch 1 und Anspruch 2 ist von einer veränderlichen Versorgungsleistung die Rede. Dies kann, wie oben ausgeführt, zum einen eine gleichgerichtete Wechselspannungs-Versorgungsleistung sein. Die Erfindung umfasst aber auch den Fall, dass die Betriebschaltung an einer Gleichspannungsquelle betrieben wird. Dann entfällt die Notwendigkeit eines Gleichrichters bzw. ist ein ohnehin vorgesehenes Gleichrichter wirkungslos. Auch in diesem Fall kann es jedoch erwünscht sein, die Erfindung zu verwenden. Dazu kann die Gleichspannung bzw. Zwischenkreisspannung bewusst moduliert werden. Neben der Möglichkeit der erfindungsgemäßen Detektion der Nähe zu einem kapazitiven Lastkreisbetrieb hat dies außerdem den Vorteil, dass sich infolge der Modulation eine Verbreiterung des Frequenzspektrums von durch die Betriebsschaltung zu der Gleichspannungsquelle übertragenen hochfrequenten Störungen ergibt. Die Störungen sind damit weniger problematisch, weil sie in einem breiteren und damit flacheren Störspektrum auftreten. Die veränderlichen Versorgungsleistungen im Sinn der Ansprüche können also auch bewusst modulierte Gleichspannungsversorgungsleistungen sein. Insbesondere zieht die Erfindung auch Kombinationsbetriebsschaltungen in Betracht, die sowohl für den Betrieb an Gleichspannungs- als auch an Wechselspannungsquellen vorgesehen sind.

[0017] Ferner richtet sich die Erfindung alternativ zu einer Erfassung der Höhe der Schwankungen des Lampenstroms selbst auch auf den Fall, dass der Lampenstrom durch eine Regelschaltung zur Regelung des Lastkreises, also insbesondere des Lampenstromes oder der Lampenleistung, bestimmt wird, wobei dann eine Stellgröße der Regelschaltung, also die Veränderungen in der Regelschaltung in dem Bemühen der Regelschaltung zum Konstanthalten der Regelgröße, erfasst wird. Die Stellgröße könnte dann als Abbildung der Lampenstromschwankungen aufgefasst werden, selbst wenn letztere nicht oder nur in geringem Umfang auftreten.

[0018] Die Regelschaltung weist vorzugsweise ein I-Regelglied auf, also ein integrierendes Element, um die vergleichsweise langsamen Parameteränderungen in der Entladungslampe im Sinne der beschriebenen Impedanzänderungen durch Alterung oder andere langfristige Schwankungen zu kompensieren. In vielen Fällen wird ein solches I-Regelglied ausreichen. Es kann

bei Bedarf durch ein P-Regelglied (Proportionalelement) oder eine andere zusätzliche Einrichtung zur besseren Berücksichtigung der Zwischenkreisspannungsmodulation ergänzt werden.

[0019] Insbesondere kann die Regelschaltung und übrige Steuerung der Oszillatorschaltung durch eine integrierte Digitalschaltung erfolgen, die lediglich einige Zusatzfunktionen aufweisen muss. Darüber hinaus kann es sich bei der Digitalschaltung um eine programmierbare Schaltung bzw. einen sogenannten Mikrocontroller handeln, wobei sich der für die Erfindung notwendige Zusatzaufwand auf eine reine Softwareergänzung beschränken kann.

[0020] Eine solche digitale Steuerschaltung bzw. ein solcher Mikrocontroller kann insbesondere neben der Steuerung der Oszillatorschaltung auch die Steuerung der erwähnten PFC-Schaltung übernehmen.

[0021] Vorzugsweise ist ferner vorgesehen, dass die Betriebsschaltung bei der Erkennung einer bestimmten Nähe zu dem kapazitiven Betrieb nicht, wie im Stand der Technik, ausgeschaltet wird, sondern zumindest im Regelfall weiterbetrieben wird. Die Erkennung der Nähe zu dem kapazitiven Betrieb soll also zu einer Beeinflussung der Betriebsweise führen, so dass diese Nähe zumindest nicht weiter verstärkt oder sogar verringert wird, um den Betrieb fortsetzen zu können. Beispielsweise könnte die Betriebsfrequenz der Oszillatorschaltung direkt beeinflusst werden. Die bevorzugte Lösung für den Fall einer Regelschaltung ist allerdings, den Stromsollwert oder Leistungssollwert der Stromregelschaltung zu verkleinern, was eine indirekte Beeinflussung der Frequenz nach sich ziehen kann. Anschaulich gesprochen ist die erfindungsgemäße Betriebsschaltung also dazu ausgelegt, sich im Dauerbetrieb nicht zu nahe an den kapazitiven Betrieb anzunähern und bei zu großer Nähe einer weiteren Annäherung entgegen zu wirken, jedoch den Lampenbetrieb fortzusetzen. Dazu wird insbesondere toleriert, an sich möglicherweise fest vorgegebene Parameter wie die Betriebsfrequenz oder den Lampenstrom notfalls zu verändern. Aus der Sicht der Erfindung ist es nämlich eher tolerierbar, dass die Entladungslampe in solchen Fällen geringfügig dunkler wird, als dass sie ganz ausgeschaltet wird.

[0022] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Detektionsschaltung die Höhe der Schwankungen mit einem vorgegebenen Schwellenwert vergleicht und, solange der Schwellenwert nicht überschritten wird, den Betrieb nicht weiter beeinflusst. Wird der Schwellenwert überschritten, kann die Detektionsschaltung die Betriebsfrequenz, den Regelsollwert oder eine andere Größe entweder entsprechend einem Regelungszusammenhang kontinuierlich verändern oder auch um eine vorgegebene feste Größe verändern, wie dies im Ausführungsbeispiel dargestellt ist. Jedenfalls ist vorzugsweise durch den Vergleich mit dem Schwellenwert eine Funktion der Detektionsschaltung gegeben, die den Betrieb im Normalfall nicht beeinflusst.

Beschreibung der Zeichnungen

[0023] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher veranschaulicht, wobei die dabei dargestellten Merkmale auch in anderen Kombinationen erfindungswesentlich sein können. Insbesondere wird darauf hingewiesen, dass die vorstehende und die nachfolgende Beschreibung auch im Hinblick auf die Verfahrenskategorie zu verstehen ist.

[0024] Figur 1 zeigt eine schematisierte Darstellung eines erfindungsgemäßen Betriebsgerätes;

[0025] Figur 2a zeigt schematisiert den Zusammenhang zwischen Zwischenkreisspannung, Entladungslampenstrom und qualitativer Stromform in Schaltelementen einer Oszillatorschaltung bei einer erfindungsgemäßen Betriebsschaltung;

[0026] Figur 2b entspricht Figur 2a, bezieht sich jedoch auf einen resonanznäheren Betriebszustand;

[0027] Figur 3 zeigt ein Blockdiagramm eines Programmablaufs in einer Steuerschaltung der Betriebschaltung aus Figur 1.

[0028] In Figur 1 bezeichnet die Bezugsziffer 1 eine Niederdruckentladungslampe mit zwei Glühwendelektroden 2 und 3. Zwischen einem Masseanschluß 4 und einer Zwischenkreisversorgungsspannung 5 liegt eine an sich bekannte Oszillatorhalbbrückenschaltung mit zwei Schalttransistoren 6 und 7. Durch einen alternierenden Schaltbetrieb der beiden Schalttransistoren 6 und 7 läßt sich ein Mittenabgriff 8 zwischen der Zwischenkreisversorgungsspannung und dem Massepotential hin- und herschalten. Dadurch kann aus der an dem Anschluß 5 anliegenden gleichgerichteten Zwischenkreisversorgungsspannung, die über eine an sich bekannte Gleichrichterbrückenschaltung mit einer PFC-Schaltung aus einer Netzspannung gewonnen wird, eine hochfrequente Versorgungsspannung für die Entladungslampe 1 erzeugt werden.

[0029] Bei der in Figur 1 nicht dargestellten PFC-Schaltung kann es sich um einen sogenannten Hochsetzsteller handeln, dessen Aufbau an sich bekannt und für die Erfindung nicht im Einzelnen von Interesse ist. Es kann sich auch um eine andere PFC-Schaltung handeln. Trotz PFC-Schaltung verbleibt jedoch eine gewisse Restmodulation der Zwischenkreisspannung mit der doppelten Netzfrequenz, gewöhnlich also mit 100 Hz.

[0030] Zwischen den Masseanschluß 4 und den Mittenabgriff 8 sind in Serie ein sogenannter Koppelkondensator 9, eine Lampendrossel 10 und die Entladungslampe 1 geschaltet. Der Koppelkondensator 9 dient zur Abkopplung der Entladungslampe 1 von Gleichstromanteilen; die Lampendrossel 10 dient insbesondere zur Kompensation der stellenweise negativen Ableitung der Stromspannungskennlinie der Entladungslampe 1. Beide Schaltungsbauteile sind in dieser Funktion allgemein bekannt und müssen hier nicht näher erläutert werden.

[0031] Das Gleiche gilt für einen parallel zu der Entladungslampe 1 und ebenfalls in Serie zu dem Koppel-

kondensator 9 und der Lampendrossel 10 liegenden Resonanzkondensator 11, der zur Erzeugung von resonanzüberhöhten Zündspannungsamplituden zum Zünden der Entladungslampe 1 dient.

[0032] Soweit bislang beschrieben, ist die Betriebschaltung völlig konventionell aufgebaut. Allerdings werden die Steueranschlüsse der Schalttransistoren 6 und 7, wie in Figur 1 gestrichelt angedeutet, durch Steuersignale aus einer digitalen Steuerschaltung 12 gesteuert. Die digitale Steuerschaltung 12 ist ein programmierbarer Mikrocontroller und erfaßt über einen Messwiderstand 13 ein die Höhe des Stroms durch die Lampendrossel 10 anzeigendes Signal.

[0033] Die Steuerschaltung 12 enthält insbesondere eine Stromregelschaltung, die den über den Widerstand 13 abgegriffenen Lampenstrom auf einen weitgehend konstanten Wert I_{Lamp} regelt. Die Funktionsweise der Steuerschaltung 12 ist in Figur 3 näher dargestellt.

[0034] Die Steuerschaltung 12 kann also über den Messwiderstand 13 den Lampenstrom I_{Lamp} messen, regelt ferner über die Betriebsfrequenz des Halbbrückenoszillators mit den Schalttransistoren 6 und 7 auf einen konstanten Lampenstrom und ist schließlich durch Auswertung der verbleibenden Modulation der Lampenstromamplitude infolge der Modulation der Zwischenkreisspannung imstande, eine zu nahe an einem kapazitiven Betrieb liegende Betriebsweise zu erkennen. Dazu wird, wie anhand von Figur 3 erläutert wird, ein Schwellenwert für die in den Figuren 2a und 2b dargestellte Differenz zwischen dem Lampenstromamplitudenmaximum I_{max} und -minimum I_{min} verwendet.

[0035] Die Figuren 2a und 2b zeigen schematisch die qualitative Form der erwähnten Schwankungen für einen in Figur 2a dargestellten resonanznahen, jedoch günstigen Betriebszustand und einen in Figur 2b dargestellten ungünstigen Betriebszustand. Man erkennt die Änderung der Höhe der Schwankungen des an dem Widerstand 13 abgegriffenen Lampenstromes I_{Lamp} und die entsprechenden Änderungen der zwischen dem Punkt 5 und dem Masseanschluss 4 anliegenden Zwischenkreisspannung U_{zw} . Der Lampenstrom ist mit seinen Einhüllenden dargestellt, die die Schwankungen der Amplitude mit der Zwischenkreisspannung U_{zw} veranschaulicht. Tatsächlich oszilliert der Lampenstrom I_{Lamp} mit der Betriebsfrequenz der Halbbrückenoszillatorschaltung, was in den Figuren 2a und 2b nur schematisch angedeutet ist.

[0036] Im jeweiligen unteren Bereich der Figuren sind qualitative Stromformen der durch den jeweils geschlossenen Schalttransistor 6 bzw. 7 fließenden Halbperiodenströme dargestellt. Der in der jeweiligen linken Stromform zunächst erkennbare begrenzte negative Ausschlag ist typisch für den induktiven Betrieb und bedeutet, dass der Strom der Spannung nachläuft. So lange die negative Spitze nicht zu ausgeprägt ist, kann dies als günstiger Betriebszustand angesehen werden. In Figur 2a erkennt man in der rechten Stromform, dass im

Bereich der kleinen Amplituden des Lampenstromes, also der minimalen Zwischenkreisspannungen U_{zw} , der den induktiven Betrieb anzeigende negative Ausschlag fast verschwunden ist. Die Nähe zum kapazitiven Betrieb schwankt also mit der Zwischenkreisspannung U_{zw} . Dementsprechend zeigt die rechte Stromform in Figur 2b eine ausgeprägte positive Spitze am Anfang der Stromform, die einen beginnenden kapazitiven Betrieb symbolisiert. Diese Spitze führt zu thermischen Belastungen und möglicherweise Schäden der Schalttransistoren 6 und 7 und soll vermieden werden.

[0037] Figur 3 zeigt in Form eines Blockdiagramms die Funktionsweise der Betriebsschaltung aus Figur 1. Der dargestellte Ablauf läuft als in den Mikrocontroller 12 eingespeicherte Software ab. Gemäß dem oberen Ende des Blockdiagramms wird eine gemessene Zwischenkreisspannung (zwischen den Punkten 4 und 5 in Figur 1) U_{zw} von einer Sollzwischenwertspannung $U_{zw-Soll}$ subtrahiert. Die Differenz wird über ein mit 1 symbolisiertes Integrationsglied aufintegriert, mit einer mit k_3 bezeichneten Normierungskonstante multipliziert und zur Regelung der in Figur 1 nicht dargestellten PFC-Schaltung auf eine konstante Ausgangsspannung verwendet. Dazu werden die Schaltvorgänge eines Schalttransistors der PFC-Schaltung, etwa eines Hochsetzstellers, entsprechend getaktet, d.h. letztlich die Betriebsfrequenz des Schalttransistors so verändert, dass die Ausgangsspannung und damit die Zwischenkreisspannung U_{zw} möglichst konstant ist. Diese Zwischenkreisspannung gibt die PFC-Schaltung über die Punkte 4 und 5 in Figur 1 an den durch die Schalttransistoren 6 und 7 gebildeten Halbbrückenoszillator und den die Lampe 1 enthaltenden Lastkreis aus.

[0038] Der Halbbrückenoszillator mit den Schalttransistoren 6 und 7 liefert den durch die Lampe 1 fließenden Lampenstrom I_{Lamp} , der über den Messwiderstand 13 von dem Mikrocontroller 12 gemessen wird. Dies ist durch den aus dem Halbbrückenoszillator in Figur 3 nach rechts heraustretenden Pfeil symbolisiert. In dem Mikrocontroller wird der Lampenstrom durch die mit den entsprechenden elektrotechnischen Schaltsymbolen bezeichneten Elemente gleichgerichtet und verstärkt, dann in einem mit PT_1 bezeichneten Tiefpassglied im Sinne einer Mittelwertbildung gefiltert und schließlich ADgewandelt.

[0039] Es folgt eine Verzweigung, die zum einen zu einem mit Detektionsschaltung bezeichneten Block führt. Diese Detektionsschaltung berechnet über einen Zeitraum von 10ms die Schwankungen der Lampenstromamplitude, d.h. die Differenz zwischen dem Maximum und dem Minimum der Lampenstromamplitude bzw. der Einhüllenden innerhalb des genannten Zeitraums. Wenn diese Differenz einen Wert von beispielsweise 50 mA überschreitet, erhöht die Detektionsschaltung ihr Ausgangssignal, anderenfalls erniedrigt sie es. Die Detektionsschaltung geht also davon aus, dass im Normalfall kein Ausgangssignal notwendig ist und hat in diesem Normalfall das Ausgangssignal 0 (das auch

nicht weiter erniedrigt wird). Wenn der Schwellenwert von 50 mA überschritten wird, wird das Ausgangssignal um einen bestimmten festen Wert erhöht und nach Ablauf des 10ms-Zeitraum wieder um diesen festen Betrag erhöht, solange der 50 mA Schwellenwert überschritten ist.

[0040] Sobald der Schwellenwert nicht mehr überschritten wird, wird das Ausgangssignal schrittweise erniedrigt, wobei vorzugsweise kleinere Schrittweiten als bei der Erhöhung Verwendung finden. Dies geschieht bis zu einem Ausgangssignal von 0, wenn nicht zuvor wieder der Schwellenwert für die Lampenstromschwankungen überschritten wird. Die Detektionsschaltung erkennt also mittels des Schwellenwerts eine zu große Nähe zum kapazitiven Betrieb, reagiert mit einem Ausgangssignal auf diese Detektion und fährt das Ausgangssignal langsam zurück, sobald diese Detektion nicht mehr zutrifft.

[0041] Das beschriebene Ausgangssignal wird mit Rücksicht auf denkbare Messfehler begrenzt und dann bei dem mit einem Minuszeichen symbolisierten Differenzglied von einem Lampenstrom-Sollwert $I_{Lamp\ Soll}$ subtrahiert. Von diesem korrigierten Lampenstrom-Sollwert wird wiederum der von dem digitalen Mittelwertglied gemittelte Istwert des Lampenstroms I_{Lamp} subtrahiert.

[0042] Die Differenz dazwischen wird integriert und mit der mit k_1 symbolisierten Normierungskonstanten multipliziert. Die integrierte und normierte Differenz zwischen dem durch die Detektionsschaltung korrigierten Lampenstrom-Sollwert und dem Lampenstrom-Istwert wird daraufhin in dem durch einen Kreis symbolisierten Glied gemäß dem mit Offset beschriebenen Pfeil mit einem Wert addiert, um eine Arbeitspunkteinstellung durchzuführen. Dieser Wert steht für eine Periodendauer, die wiederum mit Rücksicht auf denkbare Messfehler begrenzt und zur Ansteuerung der Schalttransistoren 6 und 7 des Halbbrückenoszillators verwendet wird.

[0043] Man erkennt also insgesamt, dass zunächst die PFC-Schaltung auf eine konstante Zwischenkreisspannung mit einem Sollwert $U_{ZW-Soll}$ geregelt wird. Die von der PFC-Schaltung hindurchgelassene Modulation der Zwischenkreisspannung beeinflusst über den Halbbrückenoszillator den Lampenstrom, der durch einen zweiten Regelkreis auf einen Lampenstrom-Sollwert $I_{Lamp\ Soll}$ geregelt wird. Dazu findet ein einfacher langsamer 1-Regelkreis Anwendung, weil nur langfristige Drifteffekte berücksichtigt werden müssen. Dieser Lampenstrom-Sollwert wiederum wird durch einen dritten Regelkreis, in den die Detektionsschaltung geschaltet ist, so korrigiert, dass der Schwellenwert von 50mA für die Lampenstromamplitudenmodulationen nicht dauerhaft überschritten wird.

[0044] Man erkennt ferner, dass die Erfindung neben der ohnehin vorgesehenen Lampenstromregelung lediglich einen langsamen weiteren Regelkreis im Sinne eines zusätzlichen Softwareastes aufweist, für den keine weitere Messwertermittlung notwendig ist. Vielmehr

wird der ohnehin gemessene und digitalisierte Lampenstrom verwendet.

[0045] Bei Bedarf kann die dargestellte Regelung durch ein weiteres Regelglied in dem Lampenstromregelkreis ergänzt werden, mit dem die 100 Hz-Modulation des Lampenstroms gedämpft wird. Beispielsweise könnte statt eines einfachen I-Reglers ein PI-Regler verwendet werden. Dies ändert nichts daran, dass, wenn auch kleinere, Lampenstrommodulationen bleiben. Selbst wenn die Lampenstrommodulationen komplett ausgeregelt werden würden, so könnten sie insoweit für die erfindungsgemäße Detektion der Nähe zu dem kapazitiven Betrieb Verwendung finden, als das Stellsignal des Lampenstromregelkreises stellvertretend für die Schwankungen des Lampenstroms verwendet wird. Die Schwankungen des Lampenstroms wären dann gewissermaßen nur noch regelungstechnisch existent und nicht mehr physikalisch vorhanden. Die Erfindung bezieht sich auch auf diese Variante. Im Übrigen würde auch bei perfekter Lampenstromregelung der Strom im kapazitiven Bereich einbrechen.

[0046] Im Übrigen ist bereits festgestellt worden, dass die Zwischenkreisspannung U_{ZW} in Figur 2 bzw. zwischen dem Anschluss 5 und Masse 4 in Figur 1 auch eine bewusst modulierte Spannung aus einer Gleichspannungsquelle sein könnte. Dies würde am Prinzip dieses Ausführungsbeispiels nichts ändern. In diesem Fall wäre allerdings die PFC-Schaltung überflüssig.

[0047] Die Erfindung ermöglicht damit mit einem geringen Zusatzaufwand eine trotz Bauteiltoleranzen und Lampenalterungsprozessen recht präzise Abstimmung der Betriebsschaltung auf einen im Mittel resonanznahen Dauerbetrieb. Bei auftretenden Schwierigkeiten wird im Gegensatz zum Stand der Technik der Lampenbetrieb fortgesetzt und infolge der Veränderung des Stromsollwerts lediglich eine gewisse Leistungsverringerung vorgenommen. Aus der Perspektive des Anwenders ist in einer mit kaum spürbar verringerter Helligkeit leuchtenden Lampe gegenüber einer nicht funktionstüchtigen Lampe die bei weitem günstigere Lösung zu sehen.

Patentansprüche

1. Betriebsschaltung für eine Entladungslampe (1) mit einer Oszillatorschaltung (6, 7) zum Erzeugen einer Hochfrequenzversorgungsleistung für einen die Entladungslampe (1) enthaltenden Lastkreis (1, 8 - 11) aus einer veränderlichen Versorgungsleistung (5) und einer Detektionsschaltung (12, 13) zum Erkennen der Nähe zu einem kapazitiven Betrieb des Lastkreises (1, 8 - 11),
dadurch gekennzeichnet, dass die Detektionsschaltung (12, 13) die Höhe von den Veränderungen der Versorgungsleistung (5) entsprechenden Schwankungen des Lampenstroms (I_{Lamp}) erfasst.

2. Betriebsschaltung für eine Entladungslampe (1) mit einer Oszillatorschaltung (6, 7) zum Erzeugen einer Hochfrequenzversorgungsleistung für einen die Entladungslampe (1) enthaltenden Lastkreis (1, 8 - 11) aus einer veränderlichen Versorgungsleistung (5), einer Detektionsschaltung (12, 13) zum Erkennen der Nähe zu einem kapazitiven Betrieb des Lastkreises (1, 8 - 11) und einer Lampenregelschaltung (12, 13) zum Regeln des Lastkreises (1, 8-11) auf einen Lampensollwert ($I_{\text{Lamp-Soll}}$), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Detektionsschaltung (12, 13) die Höhe von den Veränderungen der Versorgungsleistung (5) entsprechenden Schwankungen einer Stellgröße der Lampenregelschaltung (12,13) erfaßt.
3. Betriebsschaltung nach Anspruch 1 oder 2, die dazu ausgelegt ist, ansprechend auf eine Erkennung der Nähe zu einem kapazitiven Betrieb durch die Detektionsschaltung (12, 13) den Betrieb der Oszillatorschaltung (6, 7) in solcher Weise anzupassen, dass die Nähe zu dem kapazitiven Betrieb nicht weiter erhöht wird und der Betrieb fortgesetzt werden kann.
4. Betriebsschaltung nach einem der vorstehenden Ansprüche mit einer Stromregelschaltung (12, 13) zum Regeln des Lampenstromes (I_{Lamp}) auf einen Stromsollwert ($I_{\text{Lamp-Soll}}$).
5. Betriebsschaltung nach einem der vorstehenden Ansprüche mit einer Leistungsregelschaltung zum Regeln der Lampenleistung auf einen Leistungssollwert.
6. Betriebsschaltung nach Anspruch 4 und 5, die dazu ausgelegt ist, ansprechend auf eine Erkennung der Nähe zu einem kapazitiven Betrieb durch die Detektionsschaltung (12, 13) den Regelsollwert ($I_{\text{Lamp-Soll}}$) zu verkleinern.
7. Betriebsschaltung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, bei der die Regelschaltung (12,13) ein I-Regelglied aufweist.
8. Betriebsschaltung nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der die Detektionsschaltung (12, 13) einen Vergleich der Höhe der Schwankungen mit einem vorgegebenen Schwellenwert durchführt.
9. Betriebsschaltung nach einem der vorstehenden Ansprüche mit einer die Oszillatorschaltung (6, 7) mit einer Gleichspannungsleistung (5) versorgenden und an einem Gleichrichter angeschlossenen PFC-Schaltung, die auf die Gleichspannung (5) geregelt ist.
10. Betriebsschaltung nach einem der vorstehenden Ansprüche, die für eine Wechselspannungs-Versorgungsleistung ausgelegt ist und einen Gleichrichter zum Erzeugen einer Gleichspannungsleistung (5) aufweist.
11. Betriebsschaltung nach Anspruch 9, bei der ein Mikrocontroller (12) eine Zwangssteuerschaltung für die Oszillatorschaltung (6, 7) und für die PFC-Schaltung enthält.

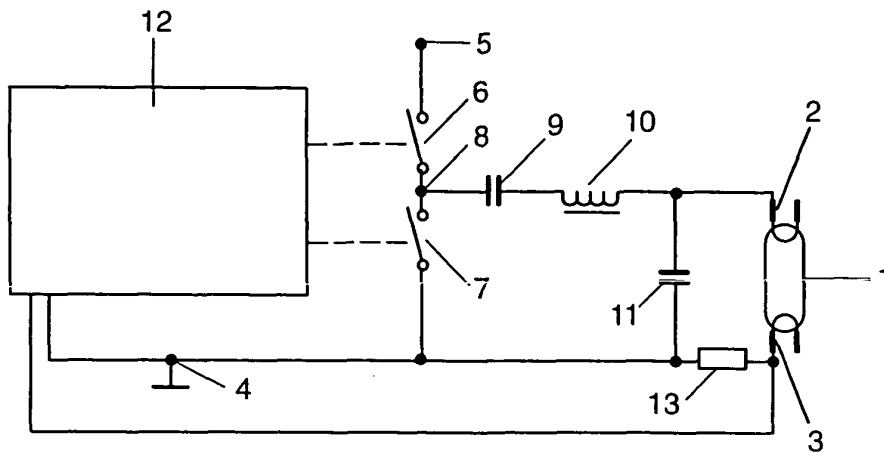


FIG. 1

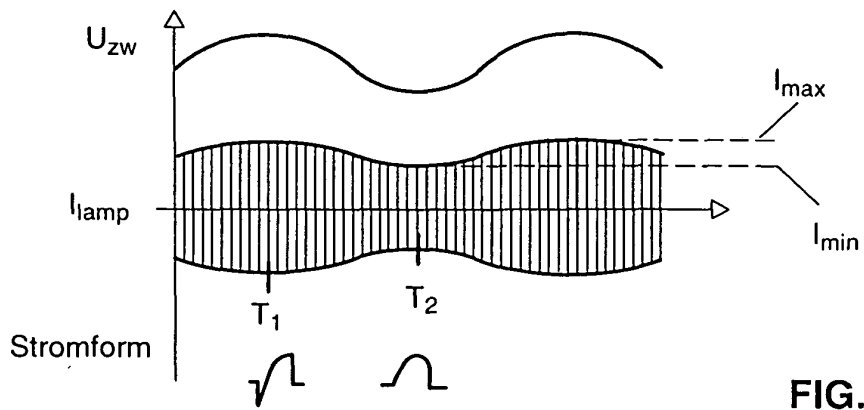


FIG. 2a

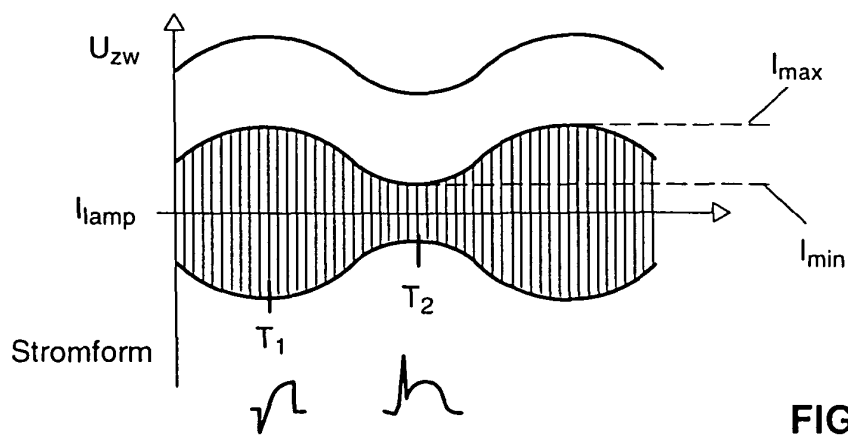


FIG. 2b

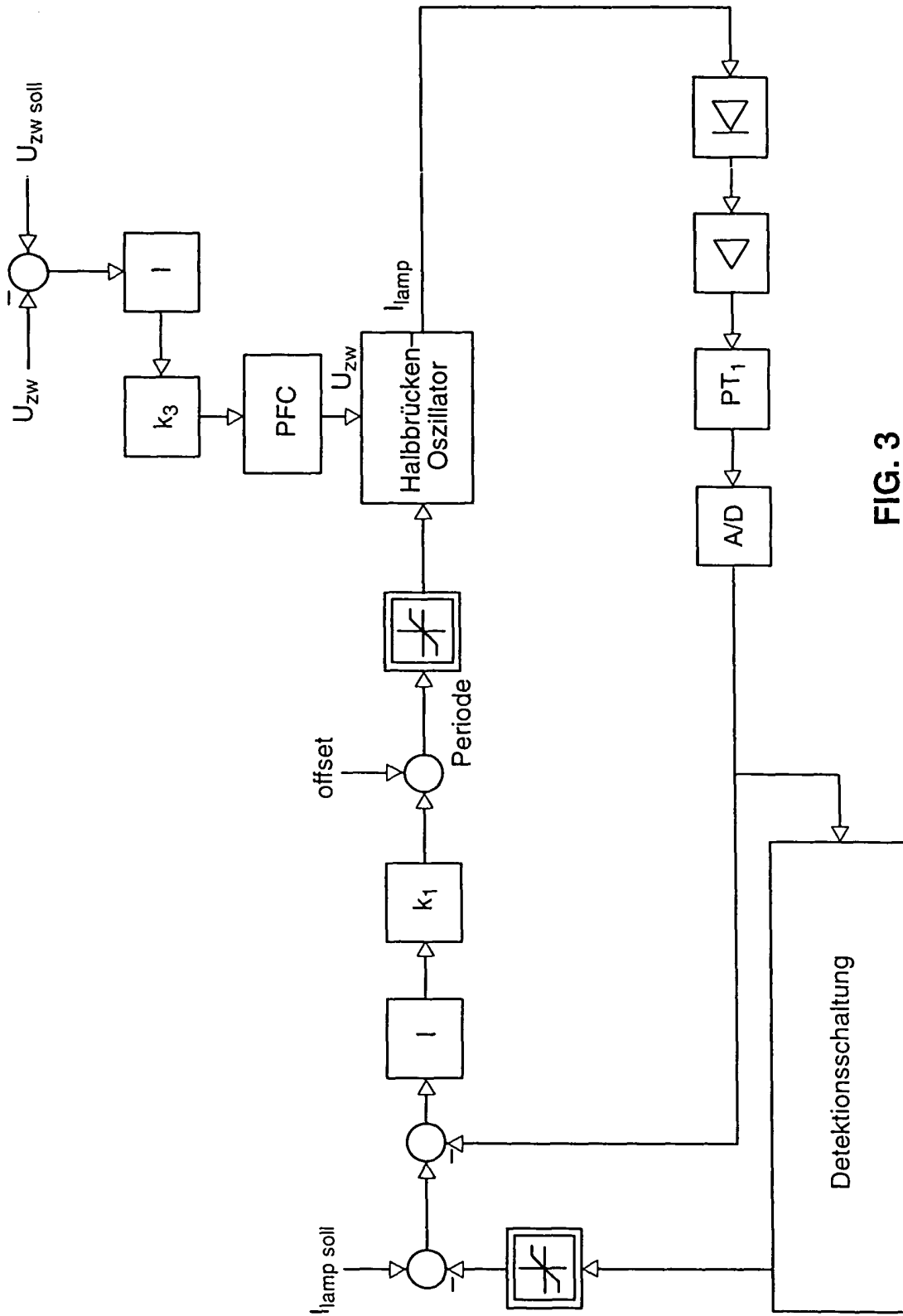


FIG. 3