



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 16 251 T2** 2005.03.10

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 057 382 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 16 251.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP99/10059**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 965 486.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/38483**

(86) PCT-Anmeldetag: **14.12.1999**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **29.06.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **06.12.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **07.04.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.03.2005**

(51) Int Cl.⁷: **H05B 41/392**

H05B 41/282, H05B 41/298, H02M 7/538

(30) Unionspriorität:

218556 22.12.1998 US

(73) Patentinhaber:

**Koninklijke Philips Electronics N.V., Eindhoven,
NL**

(74) Vertreter:

Meyer, M., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 52076 Aachen

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**Chang, chin, NL-5656 AA Eindhoven, NL;
Bruning, Gert, W., NL-5656 AA Eindhoven, NL**

(54) Bezeichnung: **ELEKTRONISCHES HOCHFREQUENZVORSCHALTGERÄT ZUM UNABHÄNGIGEN BETRIEB
VON MEHREREN LAMPEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein elektronisches Vorschaltgerät zum Betreiben einer Gruppe Gasentladungslampen, welche die Lampen unabhängig von der Lampenbelastung, d. h. wenn weniger als alle Lampen der Gruppe angeschlossen oder in Betrieb sind, sowie in einer Übergangsperiode, in welcher eine bereits angeschlossene Lampe abgeschaltet wird oder ihren Betrieb beginnt oder aber eine Lampe gewechselt wird, betreiben können. Elektronische Vorschaltgeräte können einen Resonanzwechselrichter aufweisen, welcher strom- oder spannungsgespeist ist.

[0002] Elektronische Vorschaltgeräte, welche eine Gruppe Gasentladungslampen betreiben, sollten die an die Lampen abgegebene Lichtmenge bei allen oder weniger als allen angeschlossenen oder betriebenen Lampen der Gruppe regeln. Wenn also eine Lampe entweder sich in der Leistung verschlechtert, aufhört zu leuchten oder abgeschaltet wird, sollte das Vorschaltgerät an die restlichen Lampen weiterhin eine ausreichende Lichtmenge abgeben. Das gleiche gilt in einer Übergangsperiode, in welcher eine bereits angeschlossene Lampe abgeschaltet wird oder ihren Betrieb beginnt und wenn eine Lampe gewechselt wird. Es ist äußerst wünschenswert, dass ein Vorschaltgerät die restlichen angeschlossenen Lampen während eines Lampenwechsels weiterhin betreibt und eine neu angeschlossene Lampe zündet, so dass es nicht erforderlich ist, die dem Vorschaltgerät während des Lampenwechsels zugeführte Energie abzuschalten oder sämtliche Lampen nach einem Lampenwechsel wieder einzuschalten. Somit sollten elektronische Vorschaltgeräte zum Betrieb mehrerer Lampen, unabhängig von der Lampenbelastung, wie oben angegeben, vorteilhafterweise alle angeschlossenen Lampen betreiben. Solche Vorschaltgeräte sollten vorteilhafterweise ebenfalls einen Betrieb zum sofortigen und/oder schnellen Start ermöglichen.

[0003] Ein elektronisches Vorschaltgerät mit einem stromgespeisten Wechselrichter macht einen großen, schweren Induktor in Reihe mit dem Eingang des Wechselrichters erforderlich. Solche Vorschaltgeräte werden, größtenteils durch das Vorhandensein des großen Eingangsinduktors, durch Lampenbelastung weniger beeinträchtigt und ermöglichen, unabhängig von der Lampenbelastung, einen Betrieb mehrerer Lampen. Jedoch erhöht der durch stromgespeiste Wechselrichter erforderliche, große Eingangsinduktor die Kosten und die Größe sowie das Gewicht des Vorschaltgeräts.

[0004] US-Patent 5 519 289 offenbart ein elektronisches Vorschaltgerät zum Betrieb mehrerer Lampen mit Dimmung, welches einen selbstschwingenden Gegentaktwechselrichter aufweist.

[0005] US-Patent 5 438 243 offenbart ein elektronisches Vorschaltgerät zum unabhängigen Lampenbetrieb von mehreren Direktstart-Gasentladungslampen, welches einen quasi-spannungsgespeisten Halbbrücken-Parallelresonanzwechselrichter, wie in **Fig. 2** des Patents dargestellt, aufweist. An sich arbeitet das elektronische Vorschaltgerät in einem stromgespeisten Parallelresonanzbetrieb, wobei die Stromquelle von einer idealen Spannungsquelle in Reihe mit einem ersten Resonanztankkreis abgeleitet wird. Um einen hohen Spannungsausgang zum Lampenstart aufrechtzuerhalten, wofür ein hoher Q erforderlich ist, ist ein zweiter Resonanzkreis vorgesehen. Das in diesem Patent offenbarte, elektronische Vorschaltgerät sieht somit zwei Kaskadenresonanztankkreise vor. Infolgedessen nehmen Schaltungsverluste und Kosten zu. An dem Ausgang sind zwei Vorschaltinduktoren in Reihe mit zwei Lampen und zwei Vorschaltkondensatoren in Reihe mit zwei weiteren Lampen vorgesehen, wodurch der Blindleistungsbedarf auf der Seite der Sekundärwicklung des Ausgangstransformators reduziert wird. Jedoch kann durch dieses elektronische Vorschaltgerät eine hohe Spannungsgefahr an den Ausgangsanschlüssen entstehen, wenn die Lampen entfernt werden, während der Schaltkreis unter Spannung steht. Weitere Arten elektronischer Vorschaltgeräte mit stromgespeisten Gegentakt- oder Halbbrückenwechselrichtern für mehrere Fluoreszenzlampen sind auf den Seiten 583 und 584 von Power Semiconductor Applications Handbook 1995, Philips Semiconductor, 1994, beschrieben. Bei solchen Ausführungen ist jede Lampe über einen Vorschaltreihenkondensator parallel zu dem Ausgang eines Resonanzwechselrichters geschaltet. Die Stromquelle ist gewöhnlich über einen Drosselinduktor in Reihe mit einer Spannungsquelle vorgesehen. Ein guter, unabhängiger Lampenbetrieb wird über eine konstante Relation zwischen der Hochfrequenzausgangsspannung und der DC-Eingangsspannung erreicht. Nachteile dieser Art Schaltung sind höhere Schalterbeanspruchungen sowie der zusätzlich vorgesehene, sperrige Drosselinduktor.

[0006] Dagegen macht ein elektronisches Vorschaltgerät mit einem spannungsgespeisten Resonanzwechselrichter, einschl. bekannte Halbbrücken-LC- oder LLC-Resonanzwechselrichter, keinen großen Eingangsinduktor erforderlich, wird jedoch durch Lampenbelastung mehr beeinträchtigt und macht somit eine zusätzliche Schaltung oder Resonanzkomponenten notwendig, um einen unabhängigen Betrieb mehrerer Lampen vorzusehen.

[0007] US-Patente 5 438 243, 5 394 064, 5 075 599 und 4 535 399 offenbaren elektronische Vorschaltgeräte zum unabhängigen Betrieb mehrerer Lampen, welche spannungsgespeiste Wechselrichter aufweisen. Das in US-Patent 5 394 064 beschriebene, elektronische Vorschaltgerät, welches einen Dimmungs-

betrieb ermöglicht, weist einen spannungsgespeisten Halbbrücken-Resonanzwechselrichter auf, der eine Hochfrequenz-Rechteckwellenspannung erzeugt. Eine Steuerung wird durch Ändern der dem Wechselrichter zugeführten Eingangsspannung oder der Wechselrichterfrequenz oder beidem unter Verwendung der Spannungsrückkopplung von dem Eingang zu dem Wechselrichter sowie der Rückkopplung von dem Lampenkreis zu dem, die Wechselrichterschalter steuernden Oszillator vorgesehen. Wie in **Fig. 1** des Patents dargestellt, verbindet ein Transformator die Lampen mit dem Wechselrichter, wobei jede Lampe durch einen einzelnen, aus einem Reiheninduktor und einem Parallelkondensator bestehenden Resonanztankkreis gesteuert wird. Der Schaltkreis zum Anschluss der Lampen kann als Parallelschaltung von mehreren, jeweils mit einer einzelnen Lampe versehenen Resonanztanks angesehen werden. Obgleich ein Betrieb mehrerer Lampen erreicht wird, ist eine große Anzahl magnetischer Bauelemente und Kondensatoren erforderlich, wodurch sich höhere Kosten ergeben.

[0008] Das in US-Patent 4 535 399 beschriebene, elektronische Vorschaltgerät weist einen spannungsgespeisten Resonanzwechselrichter und einen separaten Resonanztankkreis für jede Lampe (**Fig. 6**) auf. Jeder der separaten Resonanztankkreise weist einen kleinen Induktor und einen Kondensator auf, welcher die Kosten des Vorschaltgeräts erhöht. Dieses Vorschaltgerät weist ebenfalls eine Stromrückkopplungsschleife auf, welche das Schalten eines Impulsbreitenmodulators („PWM“), der das Timing zur Steuerung des Wechselrichters vorsieht, steuert. Die Stromrückkopplungsschleife weist einen Phasenregelkreis („PLL“) auf, welcher dem PWM einen Ausgangsgleichstrom proportional zu der Phasenänderung des an dem Ausgang des Wechselrichters erfassten Stroms zuführt. Der PLL zwingt den Wechselrichter, auf einer Frequenz zu arbeiten, auf welcher die Modulationsimpulse an dem Nulldurchgang des Laststroms ausgelöst werden. Der PLL weist ein Tiefpassfilter (**Fig. 2**) auf und sieht einen geeigneten Niederfrequenzgang vor, der es ermöglicht, dass der PLL während des stabilen Betriebs ein Tracking aufrechterhält. Jedoch weist der PLL einen schlechten Hochfrequenzgang auf, welcher verhindert, dass der PLL Überspannungen, die zum Beispiel erzeugt werden, wenn eine Lampe getrennt oder geschaltet wird, erfasst. Infolgedessen kann der PLL das Tracking einstellen, d. h. während eines Lampenwechsels entsperrt werden, wodurch Nullspannungsschaltungsverluste und eine Zerstörung des Wechselrichters hervorgerufen werden können.

[0009] US-Patente 5 075 599 und 4 277 728 offenbaren beide elektronische Vorschaltgeräte zum Betreiben einer einzelnen Gasentladungslampe mit einer phasenbezogenen Rückkopplungsschleife zur Steuerung. Bei dem Patent 5 075 599 wird eine Kor-

rektur gegenüber einer Zielphasenwinkeldifferenz (z. B. 0) vorgenommen, wenn eine Mindestbezugsphasenwinkeldifferenz geringer als die gemessene Phasenwinkeldifferenz (**Fig. 5**) ist. Sollte die gemessene Phasenwinkeldifferenz größer als die Bezugsphasenwinkeldifferenz sein, wird keine Korrektur vorgenommen. Bei dem Patent 4 277 728 erfasst ein Phasendetektor (**Fig. 4a** und **4b**) die Phasendifferenz zwischen dem Eingang zu dem Wechselrichter (Gegentakt in **Fig. 4a** und Halbbrücke in **Fig. 4b**) sowie die Spannung an der Last. Zum ordnungsgemäßen Betrieb sollte die Phasendifferenz 90 Grad betragen, wobei darauf hingewiesen wird, dass der Wechselrichter auf der Resonanzfrequenz arbeitet. Beträgt die Phasendifferenz nicht 90 Grad, gibt der Phasendetektor ein Fehlersignal ab, wodurch bewirkt wird, dass der Wechselrichter die Frequenz gegenüber der Resonanzfrequenz ändert. Das in dem Patent 4 277 728 offenbarte, elektronische Vorschaltgerät weist ebenfalls einen Induktor in dem Resonanzkreis auf, welcher den Strom zu der Last begrenzt.

[0010] Es sei erwähnt, dass DE-A-198 05 732 ein Vorschaltgerät für eine Entladungslampe mit einer Rückkopplungsschleife zur Regelung der Lampenleistung durch Aufrechterhalten des Phasenwinkels zwischen dem Laststrom und der Lastspannung bei einem vorgegebenen Wert offenbart. DE-A-198 05 733 offenbart ein elektronisches Vorschaltgerät zum Betrieb mehrerer Lampen, welches eine solche Rückkopplungsschleife aufweist.

[0011] Es ist Aufgabe der hier offenbarten Erfindung, ein verbessertes elektronisches Vorschaltgerät zum unabhängigen Betrieb mehrerer Lampen einer Gruppe Gasentladungslampen mit einer kleinen Anzahl Vorschaltkomponenten und ohne einen großen Eingangsinduktor vorzusehen, welches, ob alle angeschlossenen Lampen betrieben werden oder nicht, nicht nur unabhängig von der Anzahl der an das Vorschaltgerät angeschlossenen Lampen arbeitet, sondern auch dazu dient, angeschlossene Lampen, welche während eines Lampenwechsels gezündet wurden, in betriebsfähigem Zustand zu halten und neu angeschlossene Lampen automatisch zu zünden.

[0012] Weiterhin ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein elektronisches Vorschaltgerät zum unabhängigen Betrieb mehrerer Lampen mit einer Rückkopplungsschleife zur Regelung der den Lampen zugeführten Leistung vorzusehen, welche selbst in einer Übergangsperiode, wenn Lampen entfernt oder angeschlossen oder aber gezündet werden oder ausgehen, eine Abtastung vornimmt.

[0013] Weiterhin ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein, in Verbindung mit einer der obigen Aufgaben der Erfindung beschriebenes, elektronisches Vorschaltgerät zum Einsatz bei Direktstartlampen und/oder Schnellstartlampen vorzusehen.

[0014] Darüber hinaus ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein, in Verbindung mit einer der obigen Aufgaben der Erfindung beschriebenes, elektronisches Vorschaltgerät vorzusehen, welches ebenfalls einen Dimmbetrieb von Schnellstartlampen ermöglicht.

[0015] Die Ausgangsspannung eines spannungsgespeisten Halbbrücken-Parallelresonanzwechselrichters mit einem LC- oder LLC-Resonanztankkreis ist stark lastabhängig. **Fig. 1** zeigt zum Beispiel die Spannungsverstärkung (V_{gain}) gegenüber dem Schaltfrequenz-(f)-Verhältnis eines spannungsgespeisten Halbbrücken-Parallelresonanzwechselrichters bei einer Last von m Lampen, wobei m für 1 bis 4 Lampen steht und die Spannungsverstärkung (V_{gain}) der der Lampenlast (R1) zugeführten Ausgangsspannung (V_o) des Resonanztankkreises, geteilt durch die dem Resonanztankkreis zugeführte Eingangsspannung (V_{in}), d. h. $V_{\text{gain}} = V_o/V_{\text{in}}$, entspricht. Die Lampenlast bei den Diagrammen von **Fig. 1** ist als linearer Widerstand R1 im Hochfrequenzbetrieb dargestellt. Somit ist die Frequenzregelung eine Möglichkeit, um die Ausgangsspannung eines Resonanzwechselrichters konstant zu halten. Die Erfinder stellten jedoch fest, dass bei Verwendung der Frequenz als Direktsteuerungsvariable eine konstante Ausgangsspannung eines Resonanzwechselrichters schwer aufrechtzuerhalten ist, wenn, wie **Fig. 1** zeigt, sich die Anzahl der durch das Vorschaltgerät gesteuerten Lampen ändert. Eine Steuerung wird sogar noch mehr erschwert, da Gasentladungslampen während einer Übergangsperiode, wenn sich die Anzahl Lampen ändert, ausgehen können.

[0016] Gemäß der vorliegenden Erfindung stellten die Erfinder fest, dass die Spannungsverstärkung eines spannungsgespeisten Halbbrücken-Resonanzwechselrichters nahezu konstant bleibt, wenn der Phasenwinkel ϕ_{in} , definiert als Phasendifferenz zwischen der Spannung V_{in} und dem Strom I_{LR} in dem Tankkreis (s. z. B. **Fig. 4**), als Direktsteuerungsvariable verwendet wird und, selbst während einer Übergangsperiode, wenn eine Lampe ausging, gezündet, getrennt oder angeschlossen wurde, konstant blieb. **Fig. 2** zeigt den Phasenwinkel ϕ_{in} gegenüber dem Schaltfrequenz-(f)-Verhältnis bei einer Lampenlast von m (1–4) Lampen. **Fig. 3** zeigt das Verhältnis zwischen der Spannungsverstärkung (V_{gain}) und dem Phasenwinkel (ϕ_{in}) bei einer Lampenlast von m (1–4) Lampen. Die Spannungsverstärkungskurven verschmelzen, insbesondere in dem höheren Frequenzbereich, zu einem schmalen Band. Diese Dichte zeigt, dass bei einem vorgegebenen Phasenwinkel ϕ_{in} die Spannungsverstärkung von der Anzahl Lampen nahezu unabhängig ist. Bei Lampenübergängen, wenn der Phasenwinkel ϕ_{in} konstant gehalten wird oder sich leicht ändern kann, ist die Ausgangsspannung V_o nahezu konstant. Infolgedessen kann ein un-

abhängiger Betrieb mehrerer Lampen selbst bei Lampenwechsel oder Lampenbetriebsübergängen erreicht werden.

[0017] Wie in **Fig. 3** dargestellt, sind der Phasenwinkel ϕ_{in} und die Spannungsverstärkung V_{gain} in umgekehrtem Verhältnis zueinander stehend, wobei die Spannungsverstärkung mit zunehmendem Phasenwinkel abnimmt. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird dieses Verhältnis zum Dimmbetrieb einer einzelnen Schnellstartlampe oder einer Gruppe Schnellstartlampen angewandt. Speziell die Änderung des Phasenwinkels in Reaktion auf ein Pegelfreigabebefehlssignal dimmt oder erhellte eine an das Vorschaltgerät angeschlossene Lampe. Unabhängig von der Anzahl der an das Vorschaltgerät angeschlossenen Lampen kommt das in **Fig. 3** dargestellte, umgekehrte Verhältnis von Spannungsverstärkung und Phasenwinkel zur Anwendung. Weiterhin wird gemäß der vorliegenden Erfindung die Beleuchtungsstärke einer Schnellstartlampe oder einer Gruppe Schnellstartlampen unabhängig von der Anzahl der angeschlossenen Lampen durch Verändern des Phasenwinkel geregelt.

[0018] Die obigen Aufgaben werden erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass ein elektronisches Vorschaltgerät vorgesehen wird, welches einen spannungsgespeisten Halbbrücken-Resonanzwechselrichter sowie eine Steuer- und Rückkopplungsschaltung, die an den Wechselrichter gekoppelt ist, aufweist, um einen im Wesentlichen konstanten Phasenwinkel zwischen der Spannung und dem Strom in einem LC- oder LLC-Tankkreis aufrechtzuerhalten mit dem Effekt, dass das Vorschaltgerät die im Wesentlichen konstante Ausgangsspannung abgibt. Die Reaktion der Steuer- und Rückkopplungsschaltung ist so, dass die Schleife das Tracking bei Ausgehen, Zünden, Abschalten oder Zuschalten einer Lampe fortsetzt. Wie erwähnt, bewirkt die Steuerung des Wechselrichters zur Abgabe einer AC-Ausgangsspannung mit einem konstanten Phasenwinkel, dass den Lampen, unabhängig von der Lampenlast, eine im Wesentlichen konstante Ausgangsspannung zugeführt wird. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird bei einer solchen Steuer- und Rückkopplungsschaltung eine Phasenverschiebungstechnik angewandt, welche einen PLL-Schaltkreis nicht vorsieht.

[0019] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel weist die Steuer- und Rückkopplungsschaltung eine Steuereinheit und eine Rückkopplungsschleife auf. Die Rückkopplungsschleife erhält ein Stromrückkopplungssignal von dem Tankkreis und gibt ein phasenverschobenes Signal als Rückkopplungskorrektursignal an die Steuereinheit ab. Das phasenverschobene Signal, bei welchem es sich um das, durch das Spannungsrückkopplungssignal verarbeitete Stromrückkopplungssignal handelt, erfasst Phasen-

winkeländerungen bei einer, einigen oder allen Lampen einer an das Vorschaltgerät angeschlossenen Gruppe sowie während einer Übergangsperiode, in welcher eine Lampe gezündet wird, ausgeht, getrennt oder zugeschaltet wird. Die Rückkopplungsschleife sieht einen Phasenverschiebungskreis vor, welcher mindestens eine Differenzverstärkerstufe aufweist, die das Stromrückkopplungssignal an beiden Eingängen und das Spannungsrückkopplungssignal an einem Eingang empfängt, um eine Phasenverschiebung des Stromrückkopplungssignals vorzunehmen und das phasenverschobene Korrektursignal an dem Ausgang der mindestens einen Differenzverstärkerstufe abzugeben. Diese Rückkopplungsschleife und die Steuereinheit bewirken, dass der Wechselrichter eine AC-Ausgangsspannung mit einem im Wesentlichen konstanten Phasenwinkel abgibt, selbst wenn eine Lampe ausgeht, gezündet, getrennt oder zugeschaltet wird. Zudem ermöglicht eine Änderung des Phasenwinkels in Reaktion auf ein Befehlssignal einen Dimmungsbetrieb von Schnellstartlampen.

[0020] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung weist die Steuereinheit einen Impulsbreitenmodulations-(PWM)-Steuerkreis auf, welcher das phasenverschobene Korrektursignal in der Rückkopplungsschleife empfängt und Steuersignale abgibt, welche dem Wechselrichter zugeführt werden, um eine Ausgangsspannung mit einem im Wesentlichen konstanten Phasenwinkel an die Lampen abzugeben. Der Phasenverschiebungskreis in der Rückkopplungsschleife gibt das phasenverschobene Korrektursignal in Reaktion auf den in dem, an den Ausgang des Wechselrichters gekoppelten Resonanztankkreis abgetasteten Strom und die Spannung an den PWM-Steuerkreis ab.

[0021] In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die Lampen über einen Transformator parallel zu dem Tankkreis geschaltet, und ein kleiner Vorschaltkondensator ist in Reihe mit jeder Lampe geschaltet. Es sind keine induktiven Vorschaltkomponenten erforderlich.

[0022] Das elektronische Vorschaltgerät kann ebenfalls die Rückkopplungsschleife einsetzen, um einen Überspannungszustand in dem Tankkreis zu messen, woraufhin die Steuereinheit den Betrieb des Wechselrichters stoppt, d. h. aufhört, dem Wechselrichter Steuersignale zuzuführen.

[0023] Das erfinderische, elektronische Vorschaltgerät betreibt Direktstart- und Schnellstartlampen mit gewöhnlich der gleichen Schaltungsstruktur auf der Seite der Primärwicklung des Ausgangstransformators. Zum Schnellstartbetrieb weist die Sekundärwicklung des Ausgangstransformators einen, als Heizdrahterhitzer für jede Lampe geschalteten Abschnitt auf, und der Resonanzinduktor in dem Tank-

kreis sieht Sekundärwicklungen vor, die zum Stetigbetrieb mit dem Heizdraht jeder Lampe verbunden sind. Die Rückkopplungsschleife nimmt während der Erwärmung und Zündung der Lampe eine Abtastung vor.

[0024] Gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung betreibt das erfinderische, elektronische Vorschaltgerät mehrere Lampen in einer Parallelkonfiguration und einer Parallel-/Serienkonfiguration. Das erfinderische, elektronische Vorschaltgerät kann zu Dimmungszwecken von mehreren Schnellstartlampen in verschiedenen Serien- und Parallelkonfigurationen eingesetzt werden.

[0025] Die vorliegende Erfindung bietet die folgenden Vorteile:

- (1) wenig Kreisstrom in dem elektronischen Vorschaltgerät, was in einem Vorschaltgerät mit größerer Effektivität resultiert;
- (2) weniger Spannungsbeanspruchungen der Leistungsschalter des Wechselrichters, wodurch die Verwendung von Schaltern mit geringerer Leistung möglich ist und dadurch deren Kosten reduziert werden;
- (3) durch die Rückkopplungsschleife vorgesehene Regelung des Lampenstroms und der Lampenspannung gegenüber Leitungs-, Temperatur- und Schaltungsparameterveränderungen;
- (4) Verwendung der gleichen Schaltungstopologie, Konstruktionsverfahrens sowie Schaltungsimplementierung zum unabhängigen Betrieb mehrerer Lampen, sowohl Direktstart- als auch Schnellstart-Fluoreszenzlampen.

[0026] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

[0027] Fig. 1 – eine grafische Darstellung der Spannungsverstärkung vs. der Frequenz eines spannungsgespeisten Halbbrücken-Resonanzwechselrichters eines elektronischen Vorschaltgeräts zum Betrieb einer Gruppe von vier Lampen bei einer, zwei, drei oder vier angeschlossenen Lampen;

[0028] Fig. 2 – eine grafische Darstellung des Phasenwinkels vs. der Frequenz der Leistung, die einer, zwei, drei oder vier Lampen, welche an einen spannungsgespeisten Halbbrücken-Resonanzwechselrichter in einem elektronischen Vorschaltgerät gekoppelt sind, zugeführt wird;

[0029] Fig. 3 – eine grafische Darstellung der Spannungsverstärkung vs. dem Phasenwinkel bei einem elektronischen Vorschaltgerät zum Betrieb einer Gruppe von vier Lampen bei einer, zwei, drei oder vier angeschlossenen Lampen;

[0030] Fig. 4 – ein Block- und Schemaschaltbild ei-

nes elektronischen Vorschaltgeräts gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0031] Fig. 5 bis 8 – Schemaschaltbilder verschiedener, durch die Abbildungen in Fig. 4 dargestellter Schaltkreise;

[0032] Fig. 9 bis 11 – vereinfachte Block- und Schemaschaltbilder elektronischer Vorschaltgeräte zum unabhängigen Betrieb von mehreren Gasentladungslampen in Schnellstart-, Dimmungskonfigurationen gemäß der vorliegenden Erfindung; sowie

[0033] Fig. 12 – ein vereinfachtes Block- und Schemaschaltbild eines elektronischen Vorschaltgeräts zum unabhängigen Betrieb mehrerer Direktstart-Gasentladungslampen in einer erfindungsgemäßen Serien-/Parallelschaltung der Lampen.

[0034] Bezugnehmend auf Fig. 4 weist das erfinderische, elektronische Vorschaltgerät 10 einen spannungsgespeisten Halbbrücken-Resonanzwechselrichter 12, einen LC-Resonanztankkreis 14 sowie eine Steuer- und Rückkopplungsschaltung mit einer Steuereinheit 16 und einer Rückkopplungsschleife 18 zu der Steuereinheit 16 auf. Ebenfalls ist eine Überspannungsrückkopplungsschleife 20 zu der Steuereinheit 16 vorgesehen. Die Rückkopplungsschleife 18 nimmt die Strom- und Spannungserfassung sowie Phasenverschiebung vor, während die Steuereinheit 16 an 22, 23 dem Wechselrichter 12 Steuersignale zuführt, um den Phasenwinkel ϕ_{in} konstant zu halten. Die Rückkopplungsschleife 20 führt die Spannungserfassung durch und wirkt zusammen mit der Steuereinheit 16, um Steuersignale zu dem Wechselrichter 12 zu unterbrechen, sobald ein Überspannungszustand gemessen wird.

[0035] Noch immer beziehend auf Fig. 4 speist eine DC-Spannungsquelle V_{bus} den Wechselrichter 12. Der LC-Resonanztankkreis 14, welcher durch einen DC-Sperrkondensator C_{bk} an den Wechselrichter 12 gekoppelt ist, weist einen Resonanzinduktor L_r und einen Resonanzkondensator C_r auf. Ein Ausgangstrenntransformator T1 verbindet den Resonanztankkreis 14 mit mehreren Direktstartlampen 30. Die Lampen 30 sind durch Anschlussteile, welche durch 32 und 33 schematisch dargestellt sind, an das elektronische Vorschaltgerät gekoppelt und stellen zusammen eine, durch R1 dargestellte, variable Last dar, die durch das Vorschaltgerät gesteuert wird. In dem in Fig. 4 dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Lampen 30 durch jeweilige, durch C1 dargestellte Vorschaltkondensatoren 35 parallel geschaltet.

[0036] Die aus Fig. 4 ersichtliche Rückkopplungsschleife 18 weist einen Stromerfassungsteil 18a mit einem Stromsensor 40, einem Hochpassfilter 41 sowie einem Schwundausgleichsstromkreis

(AGC-Kreis) 42 sowie einen Spannungserfassungsteil 18b mit einem Spannungsteiler 45 und einem Spannungskompensatorkreis 46 auf. Die Rückkopplungsschleife 18 weist ebenfalls einen Phasenregler 50 auf, an den die Strom- und Spannungserfassungsteile 18a und 18b gekoppelt sind.

[0037] Der Stromerfassungsteil 18a (Fig. 4) erfasst den Strom in dem Resonanztankkreis 14 (Stromsensor 40) und gibt ein Signal I_{sense} ab, lässt Resonanzfrequenzsignale I_{sense} (Hochpassfilter 41) durch und hält einen geeigneten Signalpegel (AGC-Kreis 42) der Hochpassfiltersignale I_{sense} , welche dem Phasenregler 50 zugeführt werden, aufrecht. Der Spannungserfassungsteil 18b verknüpft die Spannung an dem Ausgang des Tankkreises 14 (Signal V_{sense}) mit dem Spannungsteiler 45, welcher die Spannung V_{sense} auf ein geeignetes Niveau reduziert und die skalierte Spannung einem Spannungskompensator 46 zuführt, welcher, proportional zu der Differenz zwischen der skalierten Ausgangsspannung V_{sense} des Tankkreises und einer Referenzspannung (V_{ref}), eine Ausgangsspannung an den Phasenregler 50 abgibt.

[0038] Das von Kompensator 46 abgegebene, verarbeitete Signal V_{sense} des Rückkopplungsschleifenteils 18b wird dem Phasenregler 50 als Referenzsignal zugeführt, während das verarbeitete Signal I_{sense} des Rückkopplungsschleifenteils 18a durch den AGC-Kreis 42 dem Phasenregler 50 als unkorrigiertes Phasenwinkelsignal zugeführt wird. In Reaktion auf diese Signale gibt der Phasenregler 50 ein Phasenwinkelkorrektursignal ab, welches im Allgemeinen sinusförmig ist. Der Wellenformerkreis 55 wandelt das sinusförmige Signal in ein Rechteckwellensignal um und führt dieses der Steuereinheit 16 als phasenverschobenes Signal zu.

[0039] Die in Fig. 4 dargestellte Steuereinheit 16 weist einen PWM-Steuerkreis 58, eine Logikschaltung 60 und einen Gatetreiber 62 auf. Das Ausgangssignal von Wellenformerkreis 55 (phasenverschobenes Signal) triggert den PWM-Steuerkreis 58, welcher einen PWM-Zeitsteuerungsimpuls an die Logikschaltung 60 abgibt. Die kombinatorische Logikschaltung 60 verknüpft den PWM-Zeitsteuerungsimpuls oder ein Startsignal als Gatetrigger mit dem Gatetreiber 62, welcher die Steuersignale an 22 und 23 den Leistungsschaltern 64 und 65 (Fig. 5) in dem Wechselrichter 12 zuführt, um diese wechselweise ein- und auszuschalten. Ein Startkreis 63 ist so geschaltet, dass er die DC-Eingangsspannung (Bus V_{sense}) für den Wechselrichter 12 aufnimmt und der Logikschaltung 60 das Startsignal zuführt, um, z. B. wenn das Vorschaltgerät 10 zuerst eingeschaltet wird, eine Gruppe ausgegangener Lampen 30 zu zünden. Bei dieser Systemkonfiguration wird die Ausgangsspannung V_o für die Last bei einer bis vier geschalteten Lampen 30, selbst während der Über-

gangsperioden, wenn eine Lampe ausgeht oder gezündet wird, auf einen konstanten Wert einreguliert. Eine solche Regelung der Ausgangsspannung des Vorschaltgeräts resultiert typischerweise in einem guten Scheitelfaktor des Lampenstroms.

[0040] Die Überspannungsrückkopplungsschleife **20** (**Fig. 4**) weist einen Spannungsteiler **66**, der so geschaltet ist, dass er die Ausgangsspannung (Signal Vsense) des Tankkreises aufnimmt, sowie einen, an den Spannungsteiler gekoppelten Flipflop **67** auf, welcher der Logikschaltung **60** ein Überspannungssignal zuführt, wodurch dann die dem Gatetreiber zugeführten Gatetrigger signale unterbrochen werden, um das Vorschaltgerät auszuschalten, solange der Überspannungszustand herrscht.

[0041] **Fig. 5** zeigt Einzelheiten des Wechselrichters **12**, des Gatetreibers **62**, den Stromerfassungseingang in Stromerfassungsteil **18a** der Rückkopplungsschleife sowie den Spannungserfassungseingang in Spannungserfassungsteil **18b** der Rückkopplungsschleife. Eine von einer, an die Wechselstromleitung gekoppelten Gleichrichterschaltung **68** abgegebene Gleichspannung wird dem Eingang in Wechselrichter **12** zugeführt. Dieses, über einen oder mehrere Widerstände gekoppelte Gleichstromsignal wird dem Startkreis **63** (**Fig. 4** und **8**) als Signal Bus Vsense zugeführt. Der Gatetreiber **62** kann einen Halbbrückentreiber International Rectifier IR2111 aufweisen. Die beiden Leistungsschalter **64** und **65** des Wechselrichters **12** geben eine Rechteckwellenausgangsspannung an den Tankkreis **14** ab, welcher an die Primärwicklung des Transformators T1 eine Sinusspannung auf der Resonanzfrequenz des Tankkreises abgibt. Der Stromsensor **40** weist einen, mit der Rückleitung des Tankkreises **14** und einem, über den Widerstand **69** geschalteten Differenzverstärker **70** in Reihe geschalteten Widerstand **69** auf. Der Ausgang des Differenzverstärkers **70** gibt das Signal Isense ab, welches mit dem Hochpassfilter **41** (**Fig. 4** und **6**) verknüpft ist. (Der Betrieb bestimmter Komponenten, dargestellt durch Operationsverstärker in **Fig. 5–8**, z. B. Differenzverstärker **70**, Pufferstufen **78–80** und Spannungsteiler **45** und **66**, ist konventionell und ausreichend bekannt, weshalb auf eine detaillierte Beschreibung derselben verzichtet wurde.) Der Spannungserfassungsteil **18b** der Rückkopplungsschleife ist über eine Gleichrichterdiode **72** und einen Strombegrenzungswiderstand bzw. -widerstände **73** mit dem Positivausgang des Tankkreises **14** verbunden, um das Signal Vsense, welches mit dem Spannungsteiler **45** (**Fig. 4** und **6**) verknüpft ist, abzugeben.

[0042] Bezugnehmend auf **Fig. 6** weist das Hochpassfilter **41**, welches das Signal Isense von **Fig. 5** an seinem Eingang empfängt, einen Reihenkondensator **75** sowie einen Parallelwiderstand **76** auf. Das Ausgangssignal des Hochpassfilters **41** wird dem

AGC-Kreis **42** über zwei Pufferstufen **78** und **79** zugeführt. Das Ausgangssignal des AGC-Kreises **42** (verarbeitetes Signal Isense) wird dem Phasenregler **50** über eine weitere Pufferstufe **80** zugeführt. Das Signal Vsense von **Fig. 5** wird dem Spannungsteiler **45**, der an die Kompensationsschaltung **46** gekoppelt ist, zugeführt. Die Kompensationsschaltung **46** weist einen Differenzverstärker **82** auf, welcher an seinem invertierenden Eingang das Ausgangssignal von dem Spannungsteiler **45** und an seinem nicht invertierenden Eingang eine Referenzspannung aufnimmt und ein, auf die Differenz zwischen der skalierten Spannung Vsense und der Referenzspannung bezogenes Ausgangssignal abgibt. Das Ausgangssignal des Differenzverstärkers **82** des Kompensators wird einem Tiefpassfilter und Spannungsbegrenzer **87** zugeführt, deren Ausgangssignal (verarbeitetes Signal Vsense) dann zwei JFET-Transistoren **84**, **85**, welche als variable Widerstände wirken, zugeführt wird.

[0043] Der Phasenregler **50** (**Fig. 6**) weist zwei Stufen **89**, **90** auf, welche jeweils einen Differenzverstärker **91**, **92** aufweisen. Der invertierende und nicht invertierende Eingang des Verstärkers **91** der ersten Stufe empfangen von Pufferstufe **80** über einen Widerstand **94** und DC-Sperrkondensator **95** jeweils das gefilterte Stromerfassungssignal (verarbeitetes Signal Isense) mit Verstärkungsregelung. Der Verstärker **91** der ersten Stufe empfängt an seinem nicht invertierenden Eingang ebenfalls ein variables Referenzsignal von JFET **84**, welches die Phase des verarbeiteten Stromerfassungssignals (verarbeitetes Signal Isense) an dem nicht invertierenden Eingang verschiebt. Das Ausmaß der Verschiebung wird durch die Leitfähigkeit des JFETs **84**, welche durch das von dem Ausgang (verarbeitetes Signal Vsense) des Kompensatorkreises **46** abgegebene Eingangssignal zu dessen Gateanschluss geregelt wird, bestimmt. Der Ausgang des Verstärkers **91** der ersten Stufe ist proportional zu der Differenz des gefilterten Stromerfassungssignals (Isense) mit Verstärkungsregelung und dem verschobenen (durch verarbeitetes Signal Vsense), gefilterten Stromerfassungssignal mit Verstärkungsregelung, wobei das Ausmaß der Verschiebung die Phasendifferenz zwischen dem Stromerfassungssignal Isense und V_{in} darstellt. Der Differenzverstärker **92** der zweiten Stufe arbeitet wie der Differenzverstärker **91** der ersten Stufe, um über eine Spannungsfilterstufe **93** einen erweiterten Phasenverschiebungsbereich des Signals des abgetasteten Schaltkreises, welches dem Wellenformerkreis **55** (**Fig. 4** und) zugeführt wird, vorzusehen.

[0044] **Fig. 7** zeigt das Schemaschaltbild für den Wellenformerkreis **55**, den PWM-Steuerkreis **58**, den Startkreis **63** und einen Teil der Logikschaltung **60**. Der Wellenformerkreis **55** weist eine Spannungspufferstufe **95**, welche das phasenverschobene Signal von der Spannungsfilterstufe **93** in **Fig. 6** empfängt, sowie eine Komparatorstufe **97** auf, die das gepuffer-

te, sinusförmige, phasenverschobene Signal in ein Rechteckwellensignal umwandelt. Der PWM-Steuerkreis **58** weist eine Zeitsteuerungsschaltung **99** (z. B. Motorola MC1455) auf, welche das phasenverschobene Rechteckwellensignal von der Komparatorstufe als Auslösesignal empfängt und an ihrem Ausgang einen Impuls (PWM-Zeitsteuerungsimpuls) abgibt, dessen Breite auf das phasenverschobene Signal bezogen ist.

[0045] Bezugnehmend auf die **Fig. 7** und **8** weist der Startkreis **63** einen spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) **102** (z. B. AD654, welcher von bekannten Quellen im Handel erhältlich ist) in **Fig. 7** und eine Sweep-Triggerschaltung **104** in **Fig. 8**, die das Sweep-Triggersignal abgibt, auf. Die Sweep-Triggerschaltung **104** (**Fig. 8**) weist einen einfachen Spannungsteiler **110**, einen Komparator **110a** und einen Flipflop **111** auf. Der Spannungsteiler **110** empfängt das Signal Bus Vsense (**Fig. 4** und **5**) von dem Eingang in den Wechselrichter **12** und gibt das Sweep-Triggersignal ab, sobald das Signal Bus Vsense eine Referenzspannung, wie durch Komparator **110a** festgelegt, überschreitet. Der durch das Ausgangssignal von Komparator **110a** getaktete Flipflop **111** hält das Sweep-Triggersignal, bis das Signal Bus Vsense die an Komparator **110a** gekoppelte Referenzspannung erreicht. Es ist ein Minimalsignal Bus Vsense erforderlich, bevor eine Lampe gezündet werden kann. Sobald die Spannung Bus Vsense ansteigt und die erforderliche Minimalspannung überschreitet, schaltet das Sweep-Triggersignal den Transistor **112** (**Fig. 7**) aus und macht ein Laden von Kondensator **113** möglich, wodurch bewirkt wird, dass die Rampen- oder Kippspannung für den VCO **102** ansteigt. Die Breite des Sweep-Triggersignals bestimmt den Frequenzbereich der von dem VCO **102** (Pin 1) abgegebenen Signale.

[0046] Der Spannungsteiler **66** (**Fig. 4**) und der Flipflop **67** der Überspannungs-Rückkopplungsschleife **20** sind in **Fig. 8** im Detail dargestellt. Der Teiler **66** ist durch einen Komparator **66a** implementiert, welcher den Flipflop **67** taktet, um das Überspannungssignal, wie oben beschrieben, d. h. sobald das Signal Vsense die dem Komparator **66a** zugeführte Referenzspannung überschreitet, abzugeben. Das ODER-Gatter **117** gibt bei Fehlen eines Überspannungssignals Gate-Triggersignale von Triggersignalen ab.

[0047] Ein weiterer Teil der Logikschaltung **60** in **Fig. 8** gibt ein Loop-Triggersignal ab und weist eine, durch einen Komparator **115a** implementierte Teilerschaltung **115** sowie einen Flipflop **116** auf. Der Flipflop **116** gibt das Loop-Triggersignal ab, sobald das Signal Vsense einen vorgegebenen Pegel überschreitet, wodurch signalisiert wird, dass der Lampenleistungspegel korrekt ist. Das Loop-Triggersignal wird dem ODER-Gatter in **Fig. 7** zugeführt, wel-

ches dem ODER-Gatter **121** ein Eingangssignal zugeführt, wenn ein PWM-Zeitsteuerungsimpuls vorliegt (von Timer **118**, wodurch ein normaler, durch Phasenverschiebung gesteuerter Betrieb signalisiert wird) oder ein Loop-Triggersignal vorliegt (von Flipflop **116** in **Fig. 8**, wodurch signalisiert wird, dass die Lampenausgangsspannung einen richtigen Pegel aufweist). ODER-Gatter **121** (**Fig. 7**) gibt das Triggersignal ab, wenn ODER-Gatter **120** ein Ausgangssignal (PWM-Zeitsteuerungsimpuls oder Loop-Triggersignal) abgibt oder der Startkreis **63** (**Fig. 7**) dem ODER-Gatter **122** überstrichene Frequenzen (Startsignal) zuführt, wobei der Flipflop **123** durch das Ausgangssignal von ODER-Gatter **120** getaktet wird. Das Triggersignal wird abgegeben, um das Vorschaltgerät von dem Start-(Frequenzdurchlauf) in den Dauerbetriebszustand (Phasenverschiebungssteuerung) zu schalten. Das ODER-Gatter **117** (**Fig. 8**) lässt ein Triggersignal hindurch, um, wie oben erörtert, das Gate-Triggersignal (schwacher Impuls) bei Nichtvorliegen eines Überspannungssignals abzugeben.

[0048] Die **Fig. 4–8** zeigen das Vorschaltgerät **10**, für Direktstartlampen **30** konfiguriert, welche, wie in **Fig. 4** dargestellt, gewöhnlich parallel geschaltet sind. Das Vorschaltgerät **10** erzeugt eine konstante Ausgangsspannung V_0 (zum Beispiel 550 V) bei sämtlichen Lastzuständen, wobei die auf der Phasenverschiebung basierende Steuerung von dem in den **Fig. 4–8** dargestellten Vorschaltgerät **10** vorgesehen wird. Auf diese Weise beeinträchtigt das Entfernen von einer oder mehreren Lampen nicht den Betrieb der restlichen Lampen. Wird eine neue Lampe oder Lampen mit einer Gruppe von Lampen, welche eine Beleuchtungsanordnung bilden, zusammengeschaltet, wird die Ausgangsspannung V_0 an die Anschlüsse der Lampen angelegt, und sie ist hoch genug, um die Lampen zu zünden. Nach Zündung fällt die Lampenspannung V_0 auf einen niedrigeren Wert (zum Beispiel 140 V) ab, und der Reihenkondensator C1 führt eine Vorschaltfunktion aus. Wiederum hat die zusätzliche Anordnung von Lampen bei der oben beschriebenen, auf der Phasenverschiebung basierenden Steuerung keinen signifikanten Einfluss auf den Betrieb der weiteren Lampen der Gruppe.

[0049] Das oben beschriebene Vorschaltgerät kann so ausgeführt sein, dass es eine Gruppe Schnellstartlampen **30a**, wie in den **Fig. 9–11** dargestellt, und eine Gruppe in Reihe/parallel geschaltete Direktstartlampen **30**, wie in **Fig. 12** dargestellt, steuert. In den Ausführungsbeispielen von **Fig. 9–11** ist das Vorschaltgerät **10a** auf der Seite der Primärwicklung des Transformators T1 gewöhnlich das gleiche wie Vorschaltgerät **10**, mit Ausnahme des Resonanzinduktors Lr1, welcher eine Anzahl Sekundärwicklungen Lr1' aufweist, und der Steuereinheit **16a**. In den **Fig. 9–12** werden der Stromerfassungsteil **18a** der

Rückkopplungsschleife, der Spannungserfassungsteil **18b** der Rückkopplungsschleife, der Phasenregler **50**, der Wellenformerkreis **55**, der Startkreis **63**, der Teil der Überspannungsrückkopplungsschleife (Spannungsteiler **66** und Flipflop **67**) und die Steuereinheit **16** als einzelner Block **16a**, bezeichnet als „Steuer- und Rückkopplungskreis“, erwähnt.

[0050] Bezugnehmend auf **Fig. 9** sind die fünf Sekundärwicklungen $Lr1'$ über jeweilige Kondensatoren C3 und C4 an einen Anschluss der jeweiligen Heizdrähte **132** und **131** von Lampen **30a** gekoppelt, um während des Startvorgangs eine richtige Heizdrahterwärmung, welche zur Verlängerung der Brenndauer der Lampe erforderlich ist, vorzusehen. Der andere Anschluss jedes Heizdrahts ist über einen jeweiligen Vorschaltkondensator C2 parallel geschaltet.

[0051] Während des Vorwärmens der Heizdrähte **131** und **132** in **Fig. 9** wird der Halbbrückenwechselrichter **12** von der Steuereinheit in dem Steuer- und Rückkopplungskreis **16a** auf einer höheren Frequenz betrieben, um eine geringe Ausgangsspannung an den Lampen zu erzeugen und daher den Glimmstrom zu reduzieren. Jetzt ist der Resonanztankkreis **14** so konstruiert, dass die Sekundärspannung des Resonanzinduktors ($Lr1'$) hoch gehalten wird. Die Heizdrähte werden über die Reihenkontensatoren C3 und C4 bei nahezu konstantem Spannungsabfall erwärmt. Nach einem kurzen Zeitraum (zum Beispiel weniger als 1 Sekunde) wird die Betriebsfrequenz der Steuereinheit **16a** reduziert, um die Ausgangsspannung des Resonanztankkreises zu erhöhen. Sobald die Spannung an den Lampen **30a** höher als die Zündspannung ist, werden eine oder mehrere Lampen sequentiell gezündet. Bei Stetigbetrieb arbeitet die Steuereinheit in dem Steuer- und Rückkopplungskreis **16a** auf einer wesentlich niedrigeren Frequenz als dieser bei Starten während des Vorwärmvorgangs. Selbst obgleich die Spannung auf der Seite der Sekundärwicklung von $Lr1$ erhöht wird, beherrscht der Frequenzeffekt die Änderung des Heizstroms und der Heizspannung. Infolgedessen wird die Heizspannung bei einer kompletten Last von vier Lampen mehr als 50% reduziert. Dieses verringert wiederum die Leistungsverluste an dem Heizdraht und erhöht die Leistungsfähigkeit des Vorschaltgeräts.

[0052] **Fig. 10** zeigt das Vorschaltgerät **10a**, welches so ausgeführt ist, dass es eine Gruppe von zwei in Reihe geschalteten Schnellstartlampen **30a** steuert. Der Resonanzinduktor $Lr1$ weist Sekundärwicklungen $Lr1'$ auf, welche jeweils über einen Kondensator **140** an die Heizdrähte **131** und die Heizdrähte **132** der Lampen **30a** gekoppelt sind. Es können zusätzliche Lampen (z. B. drei oder vier) gemäß der in **Fig. 10** dargestellten Topologie in Reihe geschaltet werden.

[0053] **Fig. 11** zeigt das Vorschaltgerät **10a**, welches so ausgeführt ist, dass es eine Gruppe von zwei parallel geschalteten Schnellstartlampen **30a** steuert. Der Resonanzinduktor $Lr1$ weist Sekundärwicklungen $Lr1'$ auf, welche jeweils über einen Kondensator **145** mit den Heizdrähten **131** und den Heizdrähten **132** verbunden sind. Es kann ein zusätzlicher Induktor **147**, welcher durch eine einzelne Komponente mit Wicklungen **147a**, **147b** auf dem gleichen Kern dargestellt sein kann, in Reihe mit jeder Lampe verwendet werden. Zusätzliche Lampen (z. B. drei oder vier) können gemäß der in **Fig. 11** dargestellten Topologie parallel geschaltet oder unter Verwendung einer Ausgleichsdrossel oder -drosseln parallel geschaltet werden.

[0054] In den bevorzugten Ausführungsbeispielen sind der Resonanzinduktor $Lr1$, der Resonanzkondensator Cr und der Ausgangstrenntransformator T1 auf der Seite der Primärwicklung gleich. Sollten die Sekundärwicklungen $Lr1'$ des Resonanzinduktors $Lr1$ bei LC- oder LLC-Direktstartresonanzbetrieb nicht eingesetzt werden, könnte der gleiche Leistungskreis zum unabhängigen Direktstart- und Schnellstartbetrieb verwendet werden. Ein Sofortvorteil sind die Kosteneinsparungen bei den Fertigungslinien.

[0055] Wie oben erörtert, kann die Steuerung des Phasenwinkels zum Dimmbetrieb eingesetzt werden. Ein Erhöhen des Phasenwinkels reduziert die Spannungsverstärkung (**Fig. 3**) und dimmt die Schnellstartlampen **30a**. Ein Dimmbetrieb ist mit der Topologie von **Fig. 9–11** möglich, indem eine Befehlseingabe zur Regelung der Beleuchtungsstärke in den Steuer- und Rückkopplungskreis **16a** erfolgt und der Strom auf der Lampenseite (Sekundärwicklung) von Transformator T1a überwacht wird. In Reaktion auf die Befehlseingabe erhöht oder verringert der Steuer- und Rückkopplungskreis **16a** den Phasenwinkel, um die Verstärkung einer, durch die Stromrückkopplung von der Lampenseite des Transformators T1 abgegebenen Referenzspannung jeweils zu reduzieren oder zu erhöhen. Der Phasenwinkel kann zum Beispiel durch Einstellen des Bezugspegels auf den Kompensator **46** in **Fig. 6** eingestellt werden. Der Steuer- und Rückkopplungskreis bleibt, welcher Phasenwinkel durch das Signal zur Befehlseingabe auch immer eingestellt wird, im Wesentlichen konstant. Somit kann die Beleuchtungsstärke der Lampen zum Dimmbetrieb eingestellt werden, wobei die Stärke, die eingestellt wird, ungeachtet der Spannungsänderungen der Eingangsleitung gehalten wird.

[0056] Zusätzlich zu den in den **Fig. 4** und **9–11** dargestellten Ausführungen zum Betrieb mehrerer Lampen kann der spannungsgespeiste Halbbrücken-LC- oder LLC-Resonanzwechselrichter bei der hier beschriebenen, auf der Phasenverschiebung basierenden

den Steuerung zusammen mit einer Serien-/Parallelschaltung von Direktstartlampen **30**, wie in **Fig. 12** dargestellt, verwendet werden.

Patentansprüche

1. Elektronisches Vorschaltgerät (**10**) zum Betreiben von einer oder mehreren Gasentladungslampen (**30**) einer Gruppe Entladungslampen, welches aufweist:

einen spannungsgespeisten Halbbrücken-Wechselrichter (**12**) mit einem Eingang, welcher an eine Gleichspannungsquelle (V_{BUS}) gekoppelt werden kann, einem Ausgang sowie einem oder mehreren Schaltelementen (**64**, **65**), die die Gleichspannung an dem Eingang des Wechselrichters in eine Wechselspannung an dem Ausgang des Wechselrichters umwandeln, wobei jedes Schaltelement einen Steuereingang aufweist;

einen Resonanztankkreis (L_r , C_r) bei einer vorgegebenen Frequenz, der an den Ausgang des Wechselrichters gekoppelt ist, wobei der Tankkreis eine Spannung an einem Ausgang desselben abgibt, um die Entladungslampen zu zünden und sie in dem Beleuchtungszustand zu halten, der Tankkreis mindestens einen Resonanzinduktor und mindestens einen Resonanzkondensator aufweist, und wobei die Primärwicklung eines Transformators mit dem Ausgang des Tankkreises und eine Sekundärwicklung des Transformators während des Betriebs mit den Entladungslampen verbunden ist;

ein Vorschaltelement (**35**) zur Ankopplung an jede Lampe;

einen Steuer- und Rückkopplungskreis mit einer Steuereinheit (**16**), die einen Ausgang (**22**, **23**), der mit jedem Steuereingang verbunden ist, aufweist und diesem zur Steuerung der Schaltung der Schaltelemente Steuersignale zuführt; sowie eine Rückkopplungsschleife (**18**), welche von dem Tankkreis zu der Steuereinheit geschaltet ist; wobei der Steuer- und Rückkopplungskreis so konstruiert ist, dass er dem Wechselrichter Steuersignale zuführt, welche bewirken, dass der Wechselrichter eine AC-Ausgangsspannung mit einem im Wesentlichen konstanten Phasenwinkel abgibt, wobei die Rückkopplungsschleife dazu dient, Phasenwinkeländerungen bei einigen oder sämtlichen geschalteten Lampen der Gruppe oder während eines Übergangs, wenn eine Lampe ausging, gezündet, getrennt oder zugeschaltet wurde, zu erfassen und der Steuereinheit Korrektursignale zuzuführen, die in Reaktion darauf die Steuersignale an den Wechselrichter weiterleitet, wodurch dann der Lampe oder den Lampen, die bei Betrieb an das Vorschaltgerät gekoppelt sind, eine im Wesentlichen konstante Ausgangsspannung zugeführt werden kann, wobei die Sekundärwicklung des Transformators mit Anschlüssen für mindestens zwei Lampen gekoppelt ist.

2. Vorschaltgerät nach Anspruch 1, wobei die

Rückkopplungsschleife einen Spannungserfassungsteil (**18b**) der Rückkopplungsschleife und einen Stromerfassungsteil (**18a**) der Rückkopplungsschleife sowie einen Phasenregelkreis (**50**) aufweist, welcher in Reaktion auf ein Signal, bezogen auf den, von dem Stromerfassungsteil der Rückkopplungsschleife abgegebenen Strom in dem Tankkreis sowie in Reaktion auf ein Signal, bezogen auf die, von dem Spannungserfassungsteil der Rückkopplungsschleife abgegebene Spannung an dem Ausgang des Tankkreises, der Steuereinheit ein phasenverschobenes Steuersignal zuführt.

3. Vorschaltgerät nach Anspruch 2, wobei die Steuereinheit einen Impulsbreitenmodulations-Steuerelement (**58**) aufweist, wobei das phasenverschobene Steuersignal dem Impulsbreitenmodulations-Steuerelement zugeführt wird.

4. Vorschaltgerät nach Anspruch 3, wobei der Phasenregelkreis mindestens eine Phasenverschiebungsstufe (**89**, **90**) aufweist, welche einen Differenzverstärker (**91**, **92**) mit einem invertierenden und einem nicht invertierenden Eingang vorsieht, die beide so geschaltet sind, dass sie das auf die Spannung an dem Ausgang des Tankkreises bezogene Signal empfangen.

5. Vorschaltgerät nach Anspruch 1, wobei das Vorschaltelement einen Vorschaltkondensator (**35**) aufweist, welcher in Reihe mit einer jeweiligen Lampe geschaltet ist.

6. Vorschaltgerät nach Anspruch 1, wobei das Vorschaltgerät (**10a**) Schnellstartlampen betreiben kann und Mittel (L_{r1} , C_3 , C_4 , **140**) aufweist, um die Heizdrähte (**131**, **132**) der an dieses gekoppelten Schnellstartlampen zu erwärmen.

7. Vorschaltgerät nach Anspruch 6, wobei der Steuer- und Rückkopplungskreis so geschaltet ist, dass er den Strom in den Lampen überwacht, eine Befehlseingabe zum Dimmbetrieb vorsieht und auf ein, mit der Befehlseingabe verknüpft Signal anspricht, um den Phasenwinkel zu ändern und dadurch die Beleuchtungsstärke der Lampen einzustellen.

8. Vorschaltgerät (**10b**) nach Anspruch 1, welches eine Gruppe von vier Direktstartlampen aufweist, die parallel zueinander und in Reihe mit einem jeweiligen Vorschaltelement (c_2) an den Ausgang des Tankkreises geschaltet sind.

9. Vorschaltgerät nach Anspruch 1, welches eine Gruppe von vier Direktstartlampen aufweist, von denen ein erstes Paar in Reihe mit einem Vorschaltelement und ein zweites Paar in Reihe mit einem weiteren Vorschaltelement geschaltet ist, wobei das erste und das zweite Paar parallel zu dem Ausgang des

Tankkreises geschaltet sind.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Inschrift der Zeichnung

Fig. 2, Fig. 3

(deg) - (Grad)

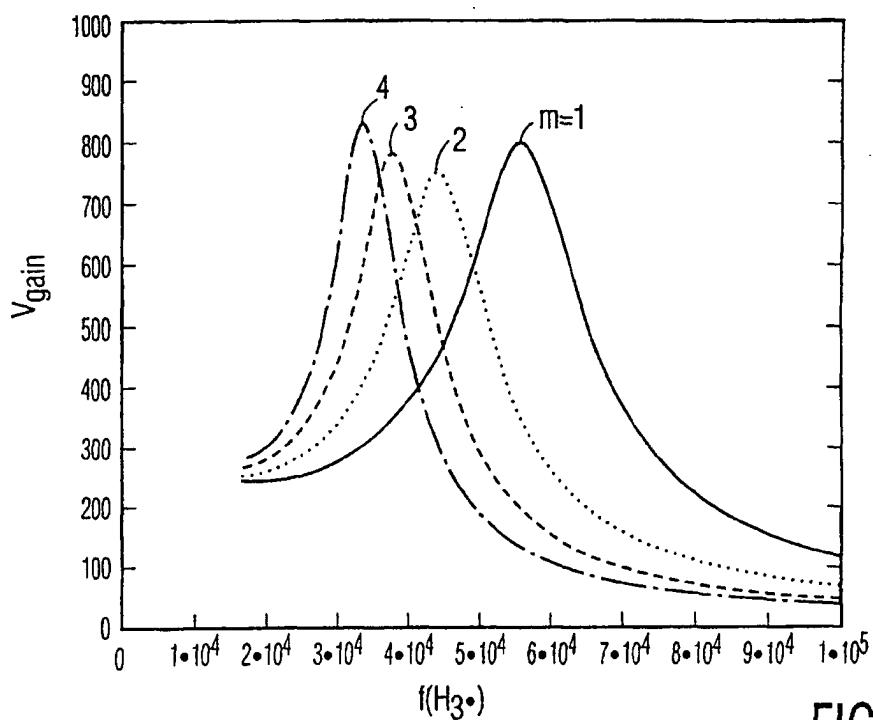


FIG. 1

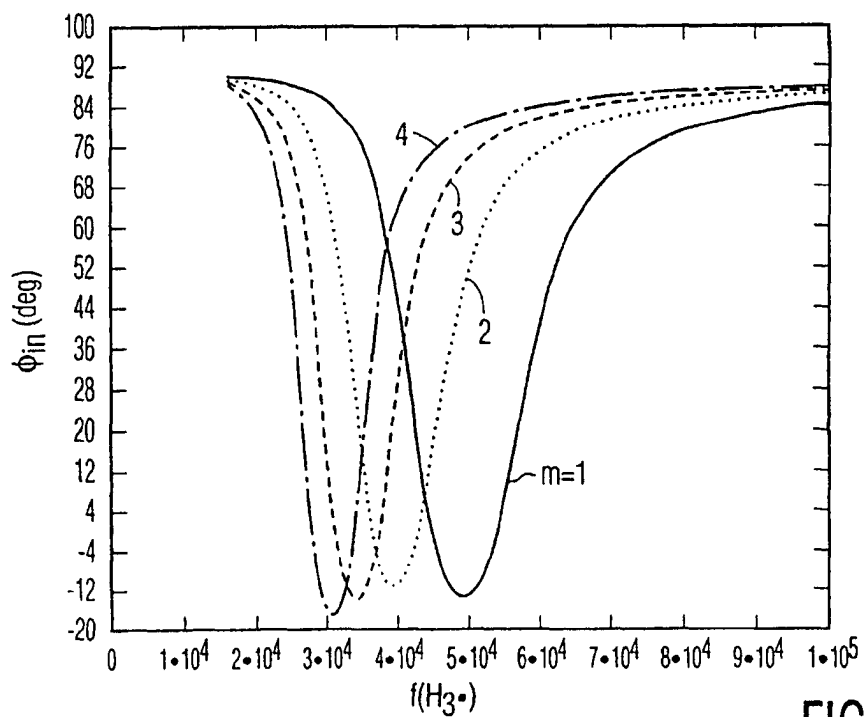


FIG. 2

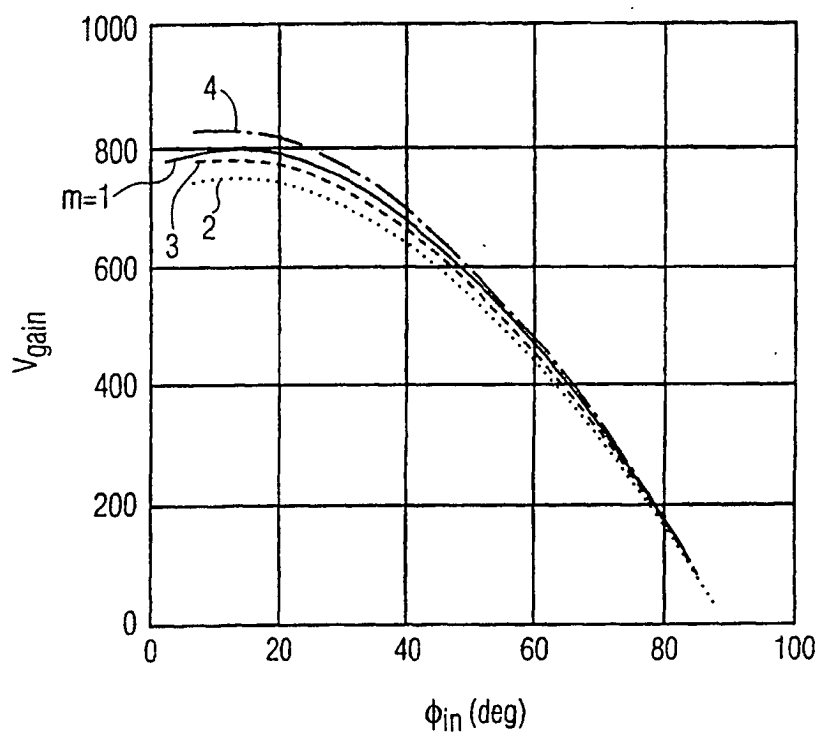


FIG. 3

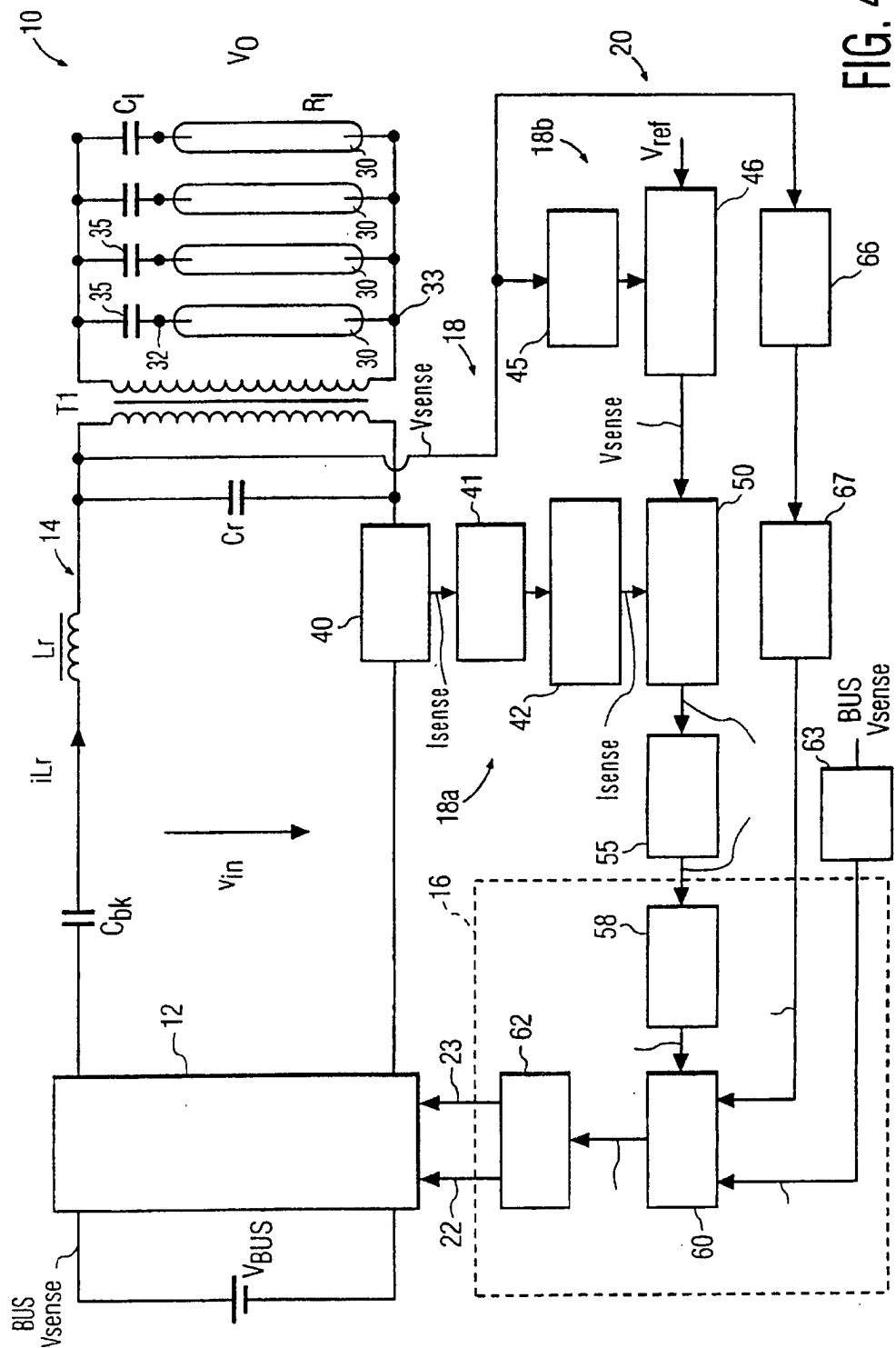


FIG. 4

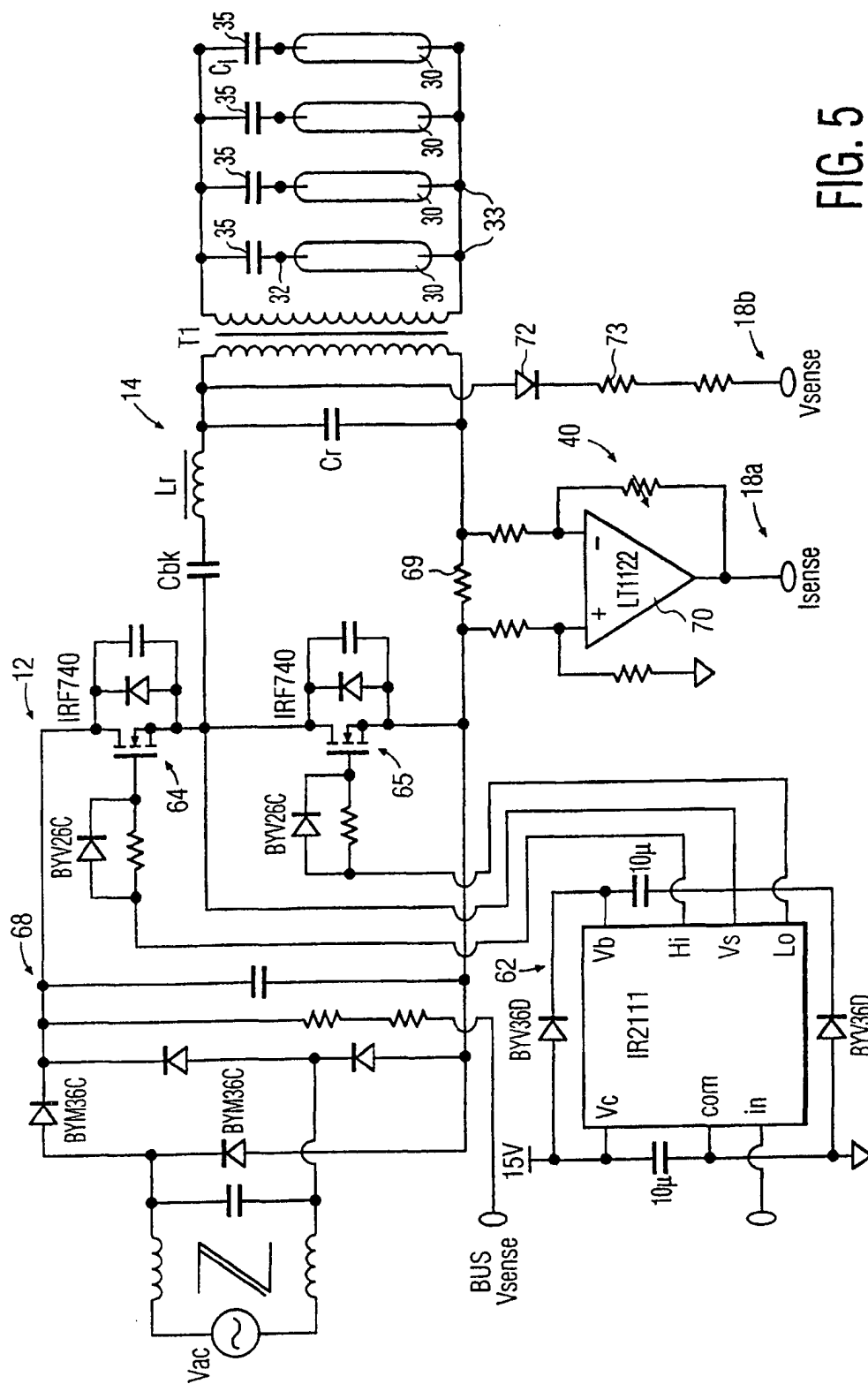


FIG. 5

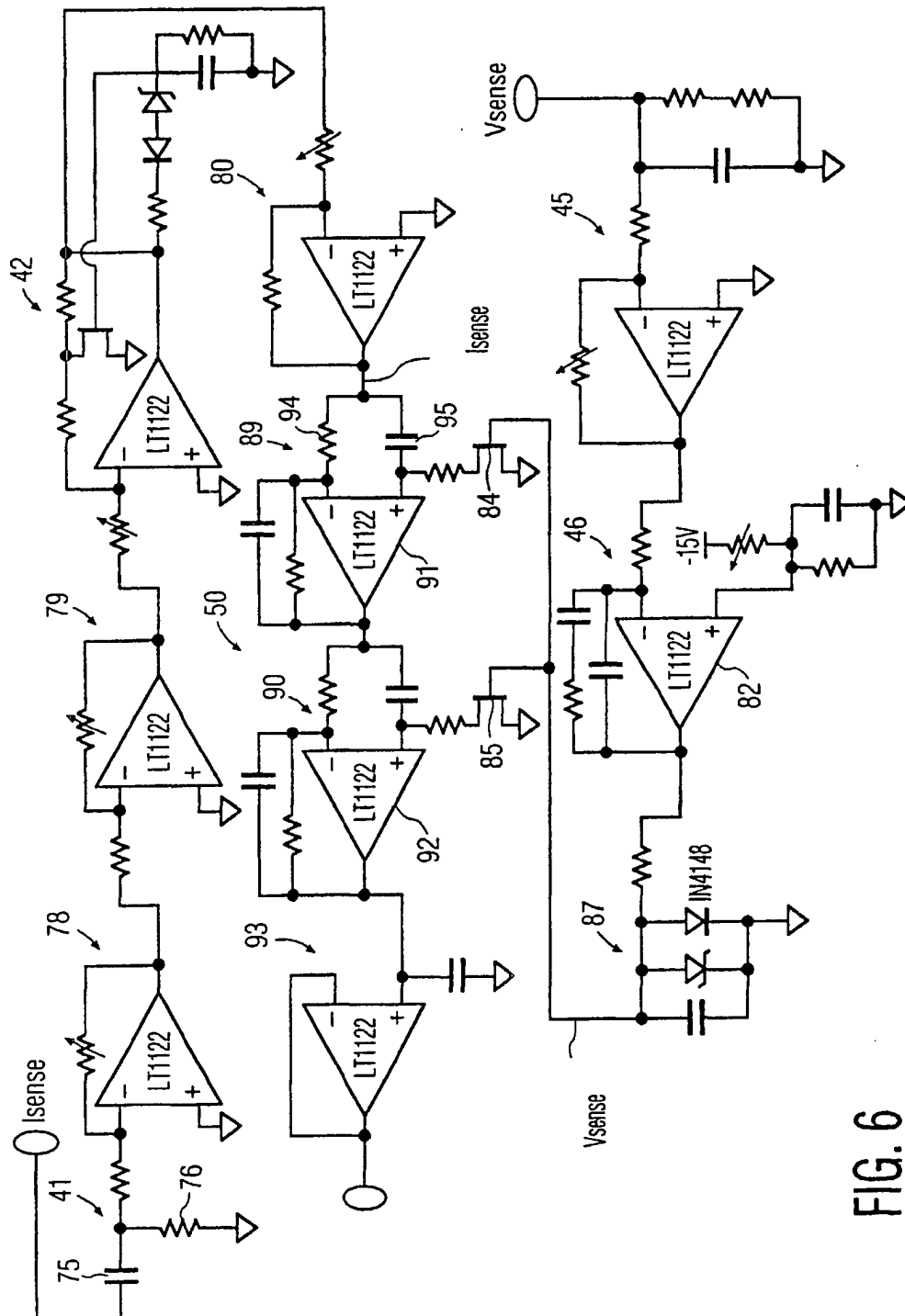


FIG. 6

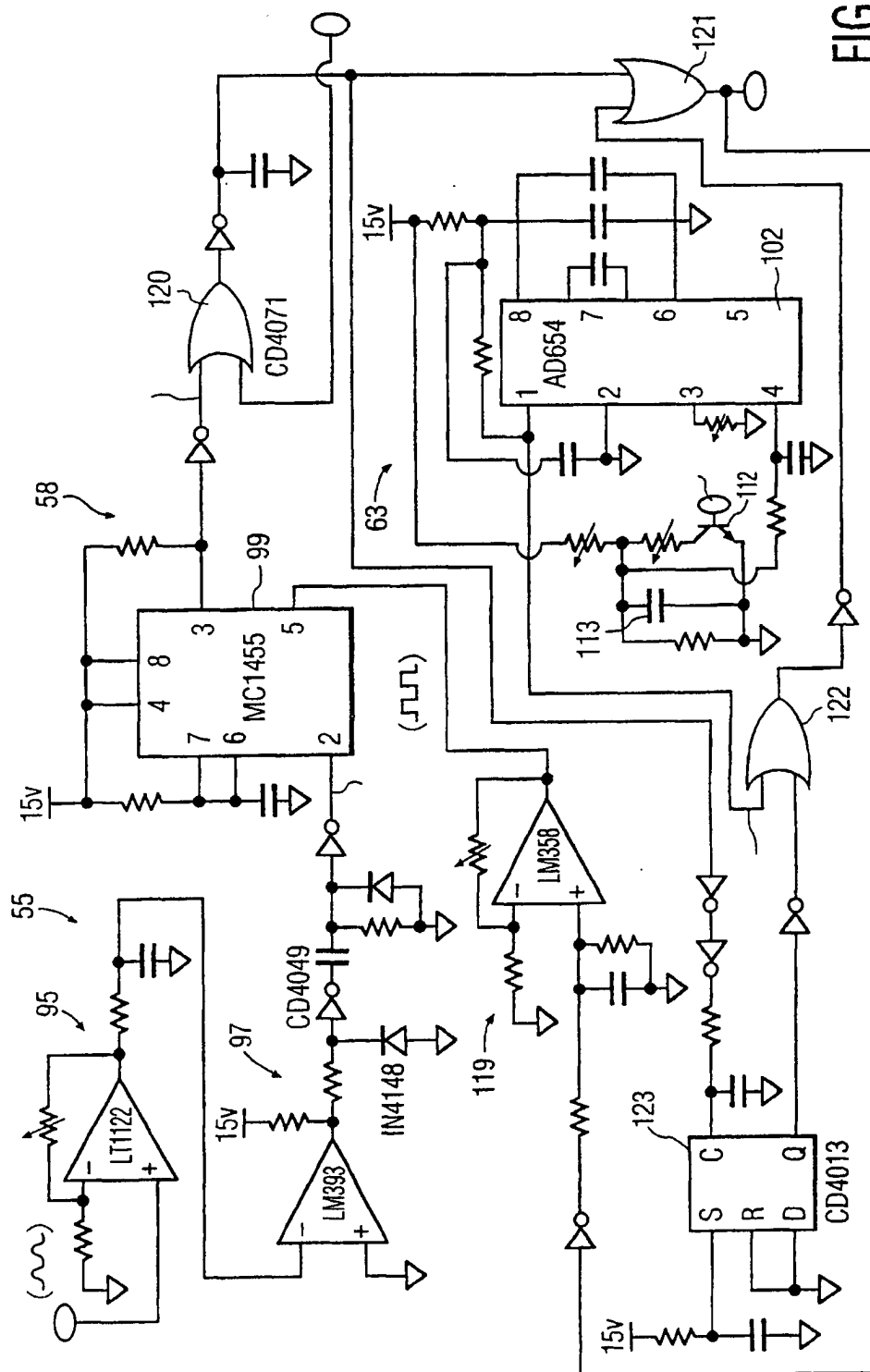


FIG. 7

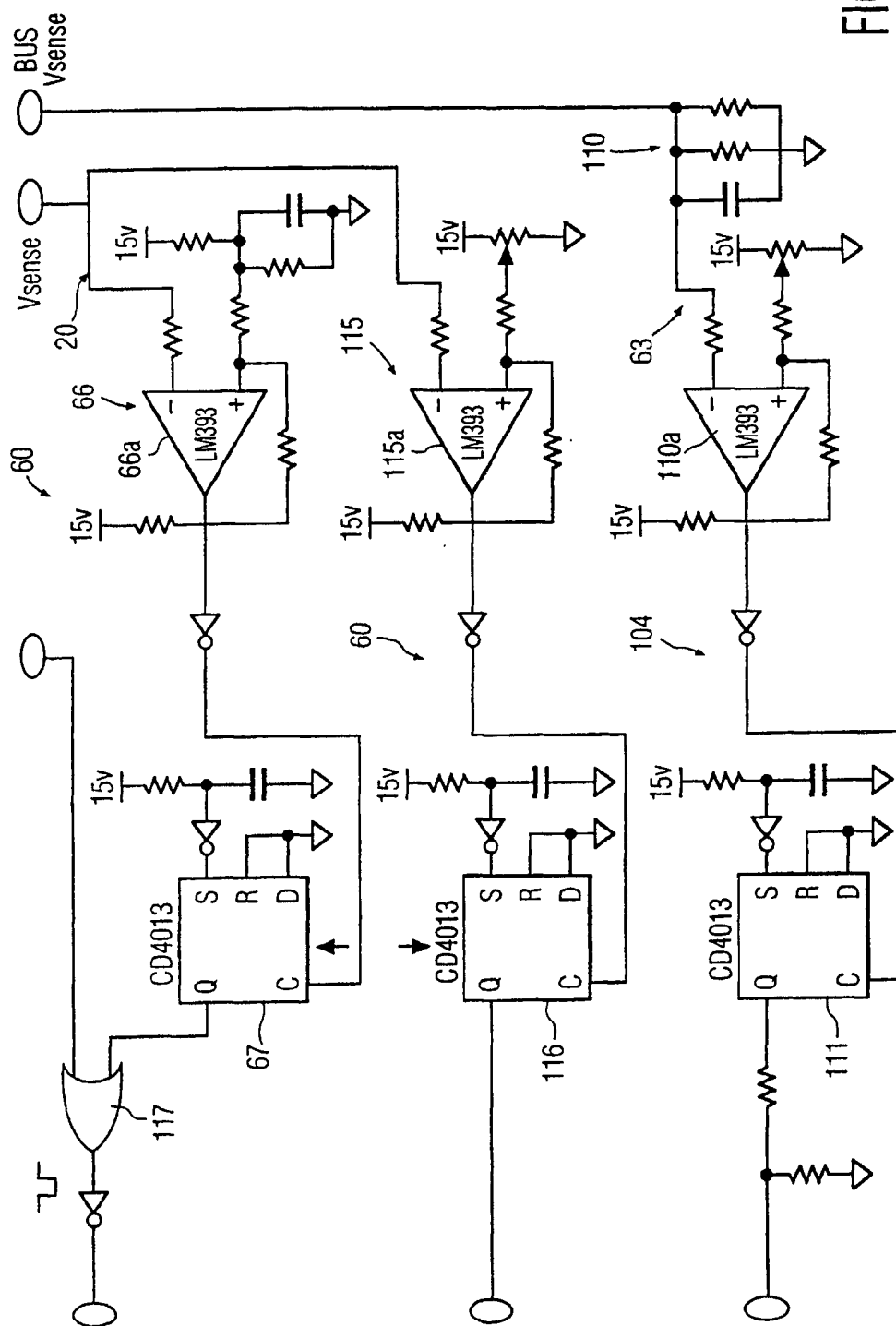


FIG. 8

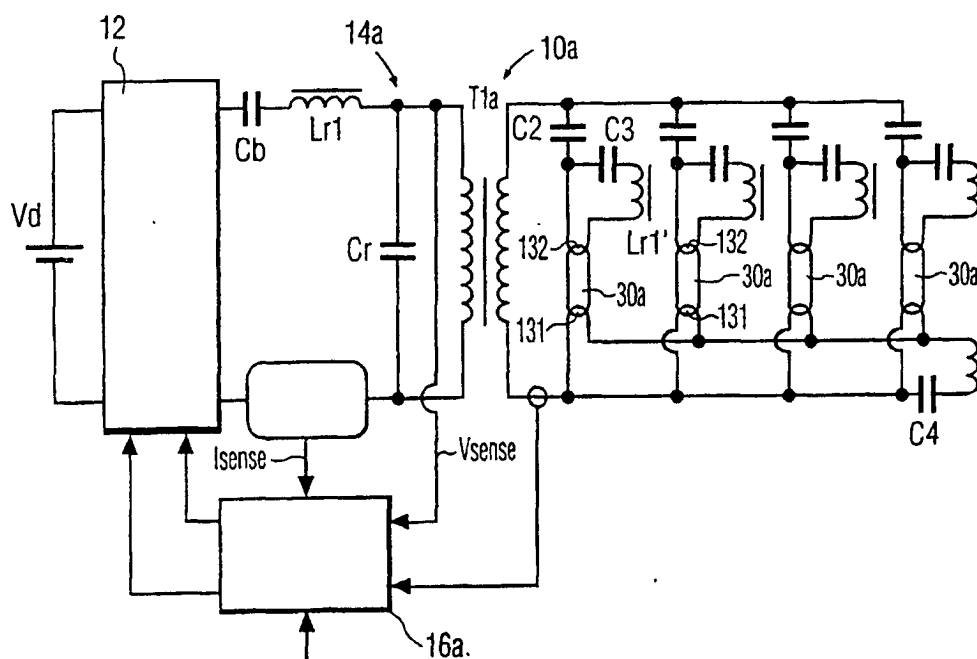


FIG. 9

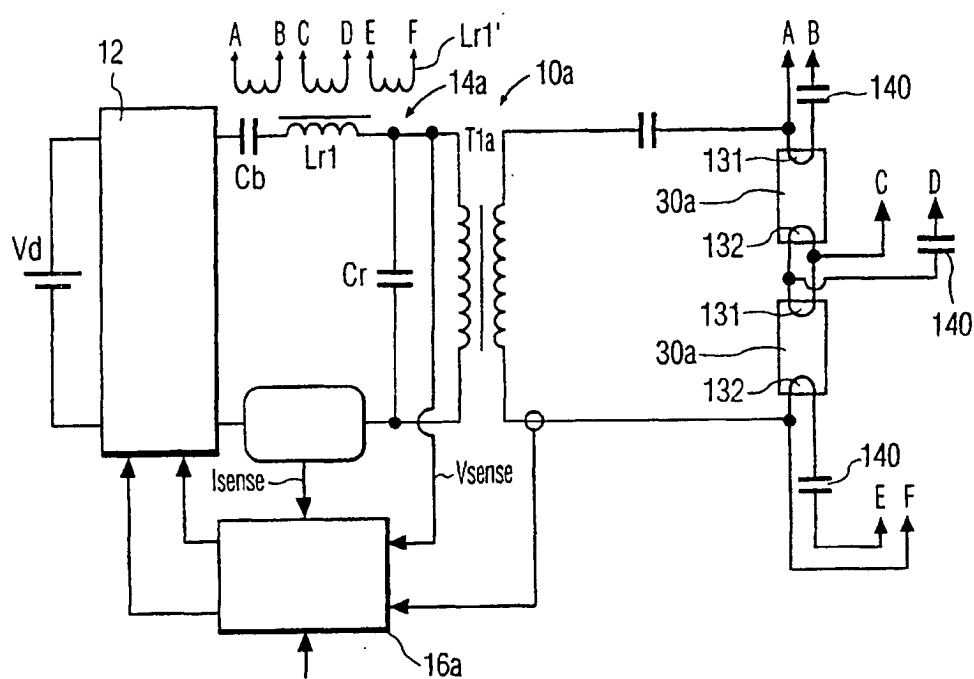


FIG. 10

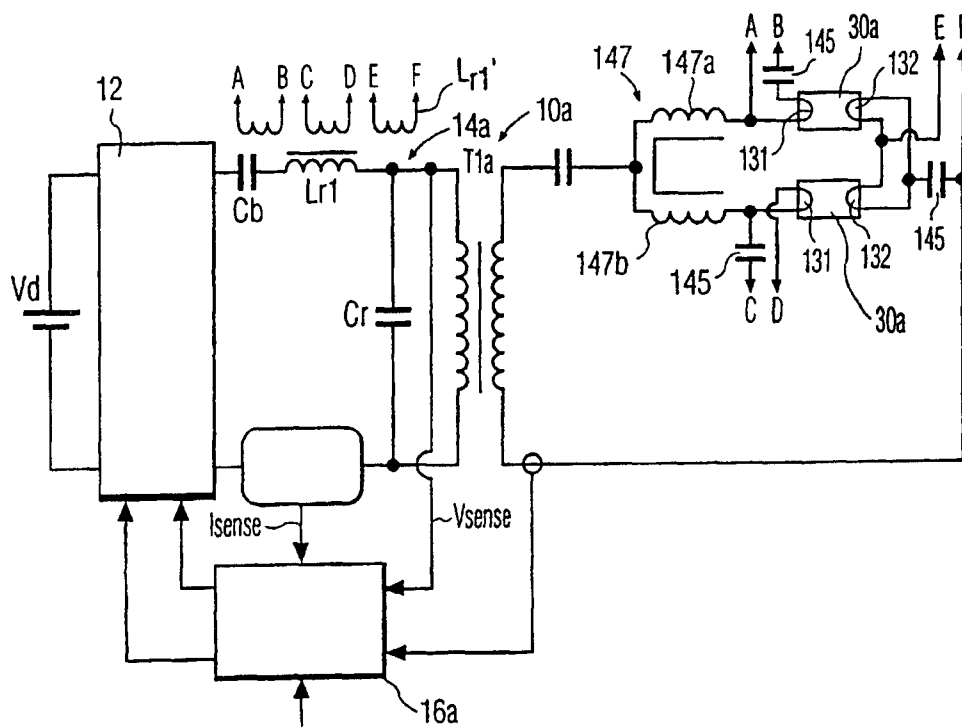


FIG. 11

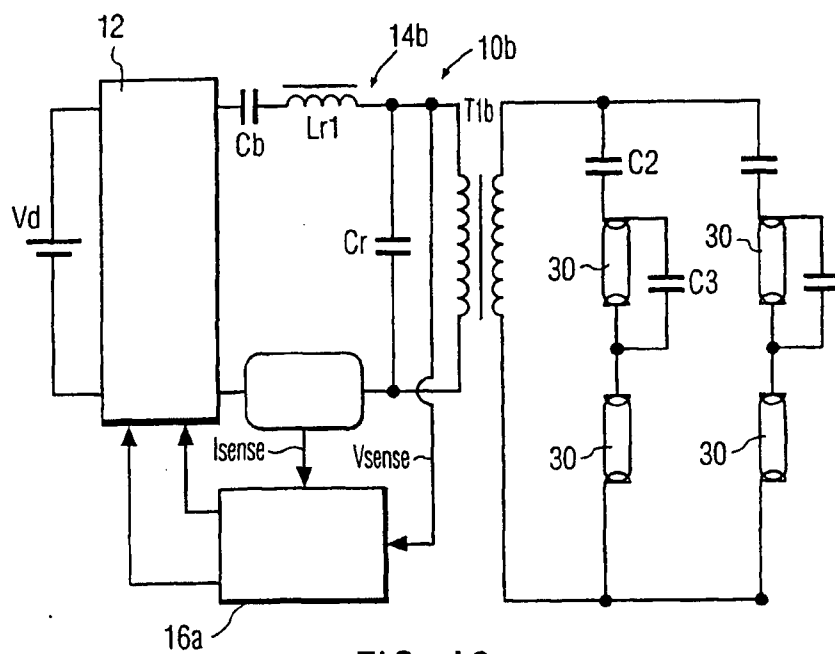


FIG. 12