

(19)



(11)

**EP 1 705 964 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**06.11.2013 Patentblatt 2013/45**

(51) Int Cl.:  
**H05B 41/392<sup>(2006.01)</sup> H05B 41/298<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **06004878.2**

(22) Anmeldetag: **09.03.2006**

**(54) Vorschaltgerät mit Dimmvorrichtung**

Ballast with dimmer

Ballast avec gradateur

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB HU IT**

(30) Priorität: **22.03.2005 DE 102005013309**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**27.09.2006 Patentblatt 2006/39**

(73) Patentinhaber: **Patent-Treuhand-Gesellschaft für elektrische Glühlampen mbH**  
**81543 München (DE)**

(72) Erfinder:  
 • **Fischer, Klaus**  
**86316 Friedberg (DE)**

• **Kreittmayr, Josef**  
**86399 Bobingen (DE)**

(74) Vertreter: **Raiser, Franz**  
**OSRAM GmbH**  
**Intellectual Property IP**  
**Postfach 22 13 17**  
**80503 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A2- 0 785 702 WO-A1-02/091806**  
**GB-A- 2 277 415 JP-A- 2002 334 799**  
**NL-A- 9 000 202 US-A1- 2002 060 537**  
**US-A1- 2004 183 472 US-B1- 6 198 234**

**EP 1 705 964 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein elektronisches Vorschaltgerät mit einer Dimmvorrichtung zur Steuerung der Lampenhelligkeit einer Niederdruckentladungslampe, sowie auf ein Verfahren zur Steuerung der Lampenhelligkeit einer Niederdruckentladungslampe.

### Stand der Technik

**[0002]** Elektronische Vorschaltgeräte zum Betrieb von Niederdruckentladungslampen sind in vielfältigen Ausführungen bekannt. I.d.R. enthalten sie eine Gleichrichterschaltung zur Gleichrichtung einer Wechselspannungsversorgung und Aufladen eines häufig als Glättungskondensator bezeichneten Kondensators. Die an diesem Kondensator anliegende Gleichspannung dient zur Versorgung eines Wechselrichters bzw. Inverters (im Folgenden Inverter), der die Niederdruckentladungslampe betreibt. Grundsätzlich erzeugt ein Inverter aus einer gleichgerichteten Wechselspannungsversorgung oder einer Gleichspannungsversorgung eine Versorgungsleistung für die Lampe, die eine viel höhere Frequenz als die Netzfrequenz aufweist. Ähnliche Vorrichtungen sind auch für andere Lampentypen bekannt, beispielsweise in Form von elektronischen Transformatoren für Halogenlampen.

**[0003]** Dimmvorrichtungen zum Betrieb von elektronischen Vorschaltgeräten zur Helligkeitssteuerung von Niederdruckentladungslampen sind an sich bekannt.

**[0004]** Eine bekannte Möglichkeit der Helligkeitssteuerung besteht dabei darin, über Regelung der Amplitude des Lampenstromes die Lampenleistung und damit die Lampenhelligkeit einzustellen. Dies kann über eine Annäherung oder Entfernung der Betriebsfrequenz des Inverters von Resonanzfrequenzen des Lampe-Inverter-Systems erfolgen.

**[0005]** Das Dokument US-A1-2002/0060537 offenbart Dimmen von einer Gasentladungslampe wobei in drei verschiedene Dimm-Bereichen verschiedene Dimm-Strategien benutzt werden. Die drei Dimm-Strategien sind Analoger Betrieb, gepulster Betrieb und eine Überlagerungen von diesen beiden Betriebsarten. In allen Dimm-Bereichen wird Pulsweitenmodulation (PWM) verwendet.

### Darstellung der Erfindung

**[0006]** Der Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, ein im Hinblick auf die Lampenhelligkeitssteuerung verbessertes elektronisches Vorschaltgerät anzugeben.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch ein elektronisches Vorschaltgerät mit einer Dimmvorrichtung zur Steuerung der Helligkeit einer Niederdruckentladungslampe gelöst.

Das elektronische Vorschaltgerät ist ausgelegt zum Betrieb der Niederdruckentladungslampe mit periodisch moduliertem Lampenstrom, dadurch gekennzeichnet, dass die Dimmvorrichtung dazu ausgelegt ist, den Lampenstrom zur Steuerung der Lampenhelligkeit wie folgt einzustellen:

- mit abnehmender Helligkeit werden sowohl die Maxima als auch die Minima der Einhüllenden des Lampenstromes kleiner;
- bei weiter abnehmender Helligkeit wird die periodische Modulation der Einhüllenden des Lampenstromes durch eine, optional Null entsprechende, untere Begrenzung (MIN) der Lampenstromamplitude überlagert, so dass eine periodische Modulation der Einhüllenden des Lampenstromes in Lampenstrompulspakete mit über der unteren Begrenzung (MIN) liegenden Lampenstromamplituden entsteht,
- wobei mit weiter abnehmender Helligkeit die Pulspaketbreiten abnehmen und die Abstände zwischen den Pulspaketen mit den begrenzten Lampenstromamplituden (MIN) zunehmen.

**[0008]** Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben und werden im Folgenden näher erläutert. Die Offenbarung bezieht sich dabei stets sowohl auf die Verfahrenskategorie als auch die Vorrichtungskategorie der Erfindung.

**[0009]** Zur Steuerung der Lampenhelligkeit sieht die Erfindung vor, dass der hochfrequente Lampenstrom mit einem Modulationssignal amplitudenmoduliert und damit der mittlere Lampenstrom variiert wird.

**[0010]** Ausgehend von maximaler Helligkeit der Niederdruckentladungslampe werden zur Verringerung der Helligkeit zumindest die Minima und, zumindest ab einem bestimmten Helligkeitswert, auch die Maxima der Einhüllenden verkleinert. Der Amplitudenunterschied zwischen den Minima und den Maxima der Einhüllenden des Lampenstromes kann dabei über einen gewissen Helligkeitsbereich konstant sein, muss es aber nicht. Vorzugsweise bleibt die Form des Modulationssignals in diesem Helligkeitsbereich erhalten. Es ändert sich nur der Gleichanteil des Modulationssignals.

**[0011]** Bei weiterer Verringerung der Helligkeit erreichen die Minima der Einhüllenden des Lampenstromes eine untere Grenze. Diese untere Grenze wird von der Einhüllenden nicht unterschritten. Die untere Grenze kann je nach Ausführungsform der Erfindung einen positiven endlichen Wert annehmen oder aber auch auf Null gesetzt werden. Zwischen den Phasen mit größerer Amplitude der Einhüllenden gibt es also Phasen, in denen die Amplitude der Einhüllenden des Lampenstromes dem Wert der unteren Begrenzung entspricht.

**[0012]** Die Phasen, in denen die Amplitude der Einhüllenden größer ist als der Wert der unteren Begrenzung, definieren "Pulspakete". Diese sind voneinander ge-

trennt durch Phasen mit minimaler Amplitude der Einhüllenden. Ein Pulspaket entspricht dabei einem zusammenhängenden Zeitraum, in dem die Amplitude der Einhüllenden größer ist als der minimale Wert und besteht aus mehreren hochfrequenten Lampenstromschwingungen. Zwischen den Pulspaketen entspricht die Amplitude der Einhüllenden der unteren Begrenzung, es fließt also bei positiver endlicher unterer Begrenzung ein hochfrequenter Lampenstrom. Ist die untere Begrenzung auf Null gesetzt, fließt kein Lampenstrom.

**[0013]** Wird die Helligkeit weiter verringert, so nimmt die zeitliche Ausdehnung der Pulspakete ab und die Abstände zwischen den Pulspaketen werden länger.

**[0014]** Zur Erhöhung der Helligkeit wird ausgehend von geringeren Helligkeiten das obige Schema in umgekehrter Reihenfolge verwendet.

**[0015]** Beim Betrieb einer Niederdruckentladungslampe mit periodisch moduliertem Lampenstrom wird die Niederdruckentladungslampe auf mehreren Arbeitspunkten der Lampenspannungs-/Lampenstromkennlinie, also der Lampenkennlinie, betrieben. Während der Phasen mit geringerem Lampenstrom liegt der Arbeitspunkt in einem steileren Bereich der Kennlinie mit höheren Spannungen, während der Phasen mit größerem Lampenstrom liegt der Arbeitspunkt in einem flacheren Bereich der Kennlinie mit geringeren Spannungen, vergleiche Figur 1 eher links bzw. eher rechts.

**[0016]** Die Vorteile einer solchen Betriebsweise werden deutlich beim Vergleich zu einer Helligkeitssteuerung mittels einer modulationsfreien Amplitudeneinstellung des Lampenstromes.

**[0017]** Bei geringen Helligkeiten fließen ohne Amplitudenmodulation kleine Lampenströme, somit liegt der Arbeitspunkt in Figur 1 eher links auf der Lampenkennlinie. In diesem Kennlinienbereich hängt die Lampenspannung stark von dem Lampenstrom ab. Wird die Helligkeit weiter verringert, so nimmt auch der Lampenstrom weiter ab und die Lampenspannung steigt sehr stark an. Vor allem im Bereich kleiner kontinuierlicher Lampenströme ist die Abhängigkeit der Lampenspannung vom Lampenstrom zudem sehr stark temperaturabhängig. Bei größeren Lampenströmen ist die Lampenspannung nur schwach vom Lampenstrom abhängig.

**[0018]** Ab einer bestimmten Lampenspannung kann der Inverter die Lampenspannung nicht mehr kontinuierlich zur Verfügung stellen.

**[0019]** Beim Betrieb einer Niederdruckentladungslampe mit periodisch moduliertem Lampenstrom liegt während der Phasen mit größerem Lampenstrom der Arbeitspunkt in einem Bereich geringerer Kennliniensteigung und niedrigerer Brennspannungen und während der Phasen mit kleinerem Lampenstrom in einem Bereich größerer Kennliniensteigung und höherer Lampenspannungen. Bei geringen Helligkeiten wird die Niederdruckentladungslampe periodisch wiederkehrend nur kurz im kritischen Bereich kleiner Lampenströme betrieben, die Brennspannung steigt dabei nur wenig an.

**[0020]** Damit können geringere Helligkeiten erreicht

werden als mit unmoduliertem Strom, weil in den Phasen mit größeren Lampenströmen genug Ladungsträger für die Entladung bereitgestellt werden, und dadurch in Phasen mit sehr kleinen Lampenströmen eine vollständige Rekombination der Ladungsträger vermieden wird.

**[0021]** Es kann Ausführungsformen der Erfindung geben, bei denen der Lampenstrom periodisch gänzlich verschwindet. Dennoch bleiben Ladungsträger durch die periodisch wiederkehrenden Maxima der Einhüllenden erhalten. So können sehr geringe Helligkeiten erreicht werden.

**[0022]** Eine bevorzugte Ausführung der Erfindung sieht vor, dass eine endliche minimale Lampenstromamplitude nicht unterschritten wird, die jedoch vorzugsweise so klein sein sollte, dass sie lediglich eine rasche nachfolgende Amplitudenerhöhung erleichtert.

**[0023]** Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die Einhüllende zu großen Werten hin begrenzt. Die Einhüllende überschreitet einen maximalen Wert nicht. Ausgehend von geringen Helligkeiten heißt das, dass mit größer werdenden Maxima und Minima der Einhüllenden des Lampenstromes zunächst die Maxima diese obere Grenze erreichen und dann den entsprechenden Wert auch nicht weiter überschreiten. Eine weitere Steigerung der Helligkeit kann erreicht werden durch eine Vergrößerung der Minima. Phasen mit maximalem Wert der Einhüllenden werden von Minima in der Einhüllenden und deren Umgebung unterbrochen. Die maximale Helligkeit ist erreicht, wenn die Amplitude der Einhüllenden immer ihren der oberen Grenze entsprechenden maximalen Wert annimmt. Im Grunde handelt es sich hier um ein spiegelbildliches Vorgehen im Verhältnis zu der oben erläuterten unteren Begrenzung.

**[0024]** Beim Betrieb der Niederdruckentladungslampe mit moduliertem hochfrequenten Lampenstrom wird vorzugsweise die ansteigende Flanke einer Phase mit größeren Lampenstromamplituden im Vergleich zu der entsprechenden abfallenden Flanke relativ steil ausgeführt. Eine schnelle Reduktion der Einhüllenden des Lampenstromes entspricht nicht der Eigendynamik des Systems aus Inverter und Niederdruckentladungslampe. Weil noch viele Ladungsträger im Entladungsraum der Niederdruckentladungslampe vorhanden sind, nimmt die Brennspannung der Niederdruckentladungslampe nur langsam zu und der Inverter kann weiter Leistung in die Niederdruckentladungslampe einkoppeln.

**[0025]** Ein Aufschwingen von kleinen Lampenströmen zu großen Lampenströmen ist jedoch innerhalb weniger Lampenstromschwingungen schnell möglich, die ansteigenden Flanken der Modulation können sehr steil ausgeführt werden. Bei kleinen Lampenströmen bedämpft die Niederdruckentladungslampe den Inverter nur schwach, es können schlagartig hohe Spannungen erzeugt werden, die einen großen Lampenstrom zur Folge haben. Dadurch kann nach Phasen mit relativ kleinem Lampenstrom sehr schnell ein großer Lampenstrom aufgebaut werden.

**[0026]** Vorzugsweise ist eine Ausgestaltung der Erfin-

dung dazu ausgelegt, die Einhüllende des Lampenstromes sägezahnförmig oder verrundet sägezahnförmig zu modulieren, wobei die steigende Flanke deutlich steiler als die fallende ist.

**[0027]** Das Verhältnis zwischen Spitzen- und Mittelwert des Lampenstromes, der Crest-Faktor, kann bei geschickter Wahl des Amplitudenhubs der Einhüllenden des Lampenstromes klein gehalten werden. Dies lässt eine längere Lebensdauer des Systems aus Niederdruckentladungslampe und Inverter erwarten.

**[0028]** Vorzugsweise weist eine Ausgestaltung der Erfindung einen Signalgenerator zur Erzeugung eines periodischen Signals und eine Schaltungsanordnung zur Beschränkung des periodischen Signals auf. Das beschränkte periodische Signal wird als Führungsgröße zur Steuerung der Modulation des Lampenstromes verwendet. Das Signal ist durch eine untere Schranke und gegebenenfalls eine obere Schranke beschränkt. Der Frequenzgang und die Amplitude des vom Signalgenerator erzeugten Signals sollen vorzugsweise an die jeweilige Ausgestaltung der Erfindung angepasst werden können. Beispielsweise kann es sinnvoll sein, die Frequenz des vom Signalgenerator erzeugten Signals vom Arbeitsbereich, also dem mittleren Lampenstrom, abhängig zu machen. Bei kleinen Lampenströmen kann es beispielsweise sinnvoll sein, die Frequenz der Abfolge von Maxima und Minima der Einhüllenden des Lampenstromes zu erhöhen, um den in der Entladung vorhandenen Ladungsträgern bei ohnehin geringerer Ladungsträgerdichte weniger Zeit zur Rekombination zu geben.

**[0029]** In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird das Ausgangssignal des Signalgenerators mit der Phasenlage der beispielsweise in der Folge einer Gleichrichtung einer Netzspannung niederfrequent schwankenden Versorgungsspannung des Inverters synchronisiert. Auf diese Weise können eventuell als Flackern der Lampenhelligkeit wahrnehmbare Schwerebungen vermieden werden.

**[0030]** Eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, den Inverter über einen Regelkreis zu steuern. Dazu weist die Erfindung eine Messvorrichtung auf, welche den Lampenstrom misst und in eine Regelgröße umwandelt. Alternativ kann diese Messvorrichtung auch die Betriebsfrequenz des Inverters messen oder eine andere mit dem Lampenstrom zusammenhängende Größe, um diese in eine Regelgröße umzuwandeln. Weiter ist ein Regler vorgesehen. Der Regler erhält die Regelgröße der Messvorrichtung und ein Signal, welches zur gewünschten Helligkeit in Beziehung steht, als Eingangssignal (Führungsgröße). Aus Regelgröße und Führungsgröße bestimmt sich das Ausgangssignal des Reglers zur Steuerung des Inverters.

**[0031]** Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht eine Schaltungsanordnung zur Messung des Lampenwiderstandes vor, zum Beispiel in EP 0 422 255 B1 beschrieben. Die Messgröße wird in eine Regelgröße, beispielsweise ein Spannungssignal, umgewandelt und dient als zusätzliche Eingabe zum Regler. Bei

einem sich stark erhöhenden Widerstand der Entladungslampe kann der Regler den Inverter so ansteuern, dass ein Abreißen der Gasentladung durch Erhöhen des Lampenstromes verhindert wird.

**[0032]** Da die Erfindung ohne zusätzliche Leistungsbaulemente im Lastkreis auskommen kann, kann bei Bedarf kompakt gebaut werden. Daher eignet sich die Erfindung vorzugsweise zur Integration des elektronischen Vorschaltgerätes in Niederdruckentladungslampen, insbesondere Kompaktleuchtstofflampen (CFL).

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0033]** Im Folgenden soll die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. Die dabei offenbarten Einzelmerkmale können auch in anderen Kombinationen erfindungswesentlich sein. Die vorstehende und die folgende Beschreibung beziehen sich auf die Vorrichtungskategorie und die Verfahrenskategorie der Erfindung, ohne dass dies im Einzelnen noch explizit erwähnt wird.

Figur 1 zeigt die Abhängigkeit der Lampenspannung einer erfindungsgemäßen Niederdruckentladungslampe vom Lampenstrom.

Figuren 2 a-f zeigen den modulierten Lampenstrom bei verschiedenen Lampenhelligkeiten einer erfindungsgemäßen Niederdruckentladungslampe.

Figur 3 zeigt eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zur Steuerung der Lampenhelligkeit.

Figuren 4 a-f zeigen wie ein moduliertes Signal für den Betrieb einer Niederdruckentladungslampe erfindungsgemäß generiert wird.

### Bevorzugte Ausführung der Erfindung

**[0034]** In Figur 1 ist die Lampenspannung einer erfindungsgemäßen Niederdruckentladungslampe als Funktion des Lampenstromes dargestellt, also die Lampenkennlinie. Die Lampenspannung nimmt ausgehend von einem Minimum bei maximalem Lampenstrom bei einer Reduzierung des Lampenstromes zunächst nur mäßig zu; die Abhängigkeit der Lampenspannung vom Lampenstrom ist gering: Helligkeitsbereich 1 in Figur 1. Bei einer weiteren Reduzierung des Lampenstromes nimmt die Lampenspannung immer stärker zu; die Abhängigkeit der Lampenspannung vom Lampenstrom wird zunehmend ausgeprägter: Helligkeitsbereiche 2 und 3 in Figur 1. Bei Unterschreitung eines minimalen Lampenstromes reißt die Gasentladung ab, wenn die erforderli-

che Spannung vom Inverter nicht kontinuierlich bereitgestellt werden kann. Die begrenzte Ausgangsspannung des Inverters definiert also den minimalen Lampenstrom, mit dem die Lampe noch kontinuierlich betrieben werden kann, und damit die minimale Helligkeit der Lampe bei unmoduliertem Lampenstrom.

**[0035]** In Anlehnung an Figur 1 und zur Veranschaulichung der erfindungsgemäßen Idee, wird der gesamte Helligkeitsbereich in drei Helligkeitsbereiche unterteilt.

**[0036]** In einem ersten Helligkeitsbereich zwischen maximal möglicher Helligkeit und einer mittleren Helligkeit wird bei abnehmender Helligkeit der Lampenstrom sägezahnförmig moduliert, wobei der Amplitudenhub der sägezahnförmigen Modulation mit geringer werdender Helligkeit zunimmt und die Maxima des Sägezahns durch eine obere Begrenzung "abgeschnitten" sind.

**[0037]** Figur 2 a zeigt den Lampenstrom knapp unterhalb der maximalen Helligkeit, Figur 2 b zeigt den Lampenstrom bei einer geringeren Helligkeit als Figur 2 a. Man sieht, dass sich der Amplitudenhub der sägezahnförmigen Modulation ändert.

**[0038]** Anschließend an das Ende des ersten Helligkeitsbereiches wird die Helligkeit in einem zweiten Bereich weiter reduziert. Der Amplitudenhub der sägezahnförmigen Modulation wird nicht verändert, jedoch nehmen der Gleichanteil der Modulation und der Effektivwert des Lampenstromes durch Verringerung der maximalen Lampenstromamplitude weiter ab, wie die Figuren 2 c and 2 d zeigen.

**[0039]** Figur 2 c zeigt den Lampenstrom knapp an der Grenze zum ersten Helligkeitsbereich, Figur 2 d zeigt den Lampenstrom bei einer geringeren Helligkeit als Figur 2 c.

**[0040]** An den zweiten Helligkeitsbereich schließt sich ein dritter Helligkeitsbereich an. Dieser erstreckt sich bis zur minimalen Helligkeit. Die maximale Amplitude des Lampenstromes wird weiter reduziert, wobei der Hub der sägezahnförmigen Modulation abnimmt und der Sägezahn bei Werten unterhalb der unteren Begrenzung abgeschnitten wird. Zwischen den Maxima der Einhüllenden des Lampenstromes nehmen die Lampenstromamplituden einen vorgebbaren minimalen Wert (MIN) an. Dadurch nimmt die Einhüllende des Lampenstromes eine gepulste Gestalt an. Jede Phase, in der die Amplitude der Einhüllenden einen größeren Wert annimmt als den minimalen Wert (MIN), definiert ein Pulspaket. Je weiter die maximale Stromamplitude und damit der Hub reduziert wird, desto länger sind die Zeiten mit den minimalen Lampenstromamplituden. Die minimalen Lampenstromamplituden können sehr klein und sogar identisch Null sein, so dass kein oder nahezu kein Lampenstrom fließt. Mit abnehmender Helligkeit werden die Amplituden in den Pulspaketen kleiner, die Pulspaketdauern geringer und die Abstände zwischen den Pulspaketen größer. Die Frequenz des Modulationssignals kann dabei ansteigen.

**[0041]** Figur 2 e zeigt den Lampenstrom bei einer Helligkeit nahe an der Grenze zum zweiten Helligkeitsbereich; Figur 2 f zeigt den Lampenstrom bei einer geringeren Helligkeit.

geren Helligkeit.

**[0042]** Figur 3 zeigt eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zur Steuerung der Lampenhelligkeit. Zur Steuerung der Lampenhelligkeit wird ein erstes Signal DL verwendet, welches sich zur gewünschten Helligkeit streng monoton verhält. Dieses Signal wird einem Sägezahngenerator STG zugeführt. Der Sägezahngenerator STG kann als selbstoszillierende Schaltung ausgeführt sein.

**[0043]** Das Signal DL bestimmt den Gleichanteil des Sägezahnsignals, beispielsweise kann DL proportional zum Gleichanteil des Sägezahnsignals sein. Der Sägezahngenerator erzeugt ein Signal ST, welches einer Klemmschaltung zugeführt wird. Die Klemmschaltung CL stellt ein Ausgangssignal RV bereit das nach oben und unten begrenzt ist. Nimmt ST Werte an, die größer als der Wert MAX sind, so wird das Ausgangssignal RV auf den Wert MAX beschränkt (geklemmt). Nimmt ST Werte an, die kleiner als der Wert MIN sind, so wird RV auf den Wert MIN beschränkt (geklemmt). Das ursprüngliche Signal ST kann auch komplett oberhalb des Wertes MAX oder unterhalb des Wertes MIN liegen. In diesen Fällen entspricht die Ausgabe RV der Klemmschaltung CL einem konstanten Signal mit dem Wert MAX bzw. MIN.

**[0044]** Das geklemmte Sägezahnsignal RV wird als Führungsgröße einem Regler REG zugeführt. Der Regler REG kann als PI-Regler ausgeführt sein.

**[0045]** Der Regler REG steuert über sein Ausgangssignal MV die Betriebsfrequenz des Inverters INV, welcher die Niederdruckentladungslampe betreibt. Weiter stellt der Inverter INV eine Größe CV zur Verfügung, welche von dem Lampenstrom abhängt. Die Größe CV kann dabei insbesondere der Lampenstrom selbst oder die Betriebsfrequenz des Inverters sein.

**[0046]** Die Messeinrichtung ME erzeugt aus der Größe CV ein Signal AV, welches dem Regler REG als Regelgröße zugeführt wird.

**[0047]** Der minimale Wert der Führungsgröße RV für den Regler REG entspricht dem Wert MIN. Der Wert MIN sollte aus regelungstechnischer Sicht vorzugsweise nicht zu klein gewählt werden. Der Regler REG sollte immer in einem aktiven Betriebszustand gehalten werden, anstatt sein Ausgangssignal auf einen durch die Versorgungsspannung des Reglers REG bedingten Endwert sinken (steigen) zu lassen. Dadurch können größere Einschwingvorgänge bei steigender (fallender) Flanke des sägezahnförmigen Modulationssignals vermieden werden.

**[0048]** Die Figuren 4 a-f zeigen die Veränderung des Sägezahnsignals ST und der Führungsgröße RV zur Ansteuerung des Reglers REG bei einer Veränderung der gewünschten Helligkeit von knapp unterhalb der maximalen Helligkeit bis zu einer geringen Helligkeit. Nahe der maximalen Helligkeit liegt ein großer Teil des Sägezahnsignals über dem Maximalwert MAX. Diejenigen Teile des Sägezahnsignals, welche oberhalb des Wertes MAX liegen, werden auf den Wert MAX geklemmt. Die

Klemmvorrichtung CL erzeugt die Führungsgröße RV, welche zum großen Teil dem Maximalwert MAX entspricht. Zu den Zeiten, zu denen das Signal ST kleiner ist als der Wert MAX, entspricht die Führungsgröße RV dem Signal ST, wie Figur 4 a zeigt. Wird die gewünschte Helligkeit verringert, so verringert sich auch der Gleichanteil der Sägezahnspannung ST. Der Hub der Amplitudenmodulation der Regelgröße RV wird größer, allerdings nur bis zu einem maximalen Wert, welcher dem Hub des Sägezahnsignals ST entspricht, wie Figur 4 b zeigt.

**[0049]** Wird der Gleichanteil der Sägezahnspannung weiter verringert, so ändert sich zunächst einmal nicht der Hub der Modulation der Führungsgröße RV, sondern deren Gleichanteil, wie die Figuren 4 c und d zeigen.

**[0050]** Bei weiterer Reduzierung der Helligkeit treten Phasen auf, in denen das Sägezahnsignal ST unter den durch den Wert MIN definierten Minimalwert für die Führungsgröße RV sinkt. Während dieser Phasen wird die Führungsgröße RV von der Klemmschaltung CL auf den minimalen Wert MIN geklemmt. Die Phasen mit abnehmendem Gleichanteil des Sägezahnsignals ST werden länger, wie die Figuren 4 e und f zeigen. Ist das Sägezahnsignal ST immer kleiner als der Wert MIN, so entspricht die Führungsgröße RV dem Wert MIN.

**[0051]** Üblicherweise wird bei einer Versorgung des Inverters mit einer Zwischenkreisspannung diese nicht zeitlich konstant sein, sondern der Periodizität des Versorgungsnetzes entsprechende Schwankungen aufweisen. Die Frequenz des Modulationssignals ist viel größer. Es können dadurch Schwebungen entstehen, welche als Flackern der Niederdruckentladungslampe wahrgenommen werden können. Um dies zu verhindern kann die Phasenlage des Sägezahnsignals mit der Phasenlage der Netzfrequenz synchronisiert werden. Beispielsweise kann durch eine geeignete Schaltung erreicht werden, dass immer zum Zeitpunkt des Netzmaximums eine steigende Flanke des Sägezahnsignals erzeugt wird.

**[0052]** Die Größe des Signals MIN soll möglichst klein gehalten werden, um zu möglichst geringen Helligkeiten gelangen zu können. Mit einem kleinen Signal DL bzw. MIN steigt das Risiko eines Erlöschens der Entladung. Um das zu verhindern, kann die aus EP 0 422 255 B1 bekannte Schaltung verwendet werden, um den Entladungswiderstand zu messen. Steigt dieser stark an, steht ein Abriss der Entladung unmittelbar bevor. Basierend auf der Kenntnis des Entladungswiderstandes kann dem Regler REG eine zusätzliche Regelgröße zugeführt werden, so dass bei einem drohenden Erlöschen der Lampe der Lampenstrom erhöht wird.

## Patentansprüche

1. Elektronisches Vorschaltgerät mit einer Dimmvorrichtung zur Steuerung der Helligkeit einer Niederdruckentladungslampe, ausgelegt zum Betrieb mit periodisch moduliertem Lampenstrom, **dadurch ge-**

**kennzeichnet, dass** die Dimmvorrichtung dazu ausgelegt ist, den Lampenstrom zur Steuerung der Lampenhelligkeit wie folgt einzustellen:

- 5 - mit abnehmender Helligkeit werden sowohl die Maxima als auch die Minima der Einhüllenden des Lampenstromes kleiner;
- bei weiter abnehmender Helligkeit wird die periodische Modulation der Einhüllenden des Lampenstromes durch eine, optional Null entsprechende, untere Begrenzung (MIN) der Lampenstromamplitude überlagert, so dass eine periodische Modulation der Einhüllenden des Lampenstromes in Lampenstrompulspakete mit über der unteren Begrenzung (MIN) liegenden Lampenstromamplituden entsteht,
- 10 - wobei mit weiter abnehmender Helligkeit die Pulspaketbreiten abnehmen und die Abstände zwischen den Pulspaketen, wobei in den Abständen die Amplitude der Einhüllenden der unteren Begrenzung (MIN) entspricht, zunehmen.

2. Elektronisches Vorschaltgerät nach Anspruch 1, bei dem die Dimmvorrichtung so ausgelegt ist, dass die untere Begrenzung (MIN) einem positiven Wert der Einhüllenden des Lampenstromes entspricht.

3. Elektronisches Vorschaltgerät nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Dimmvorrichtung so ausgelegt ist, dass die Einhüllende des Lampenstromes bei großer und maximaler Helligkeit durch einen maximalen Wert (MAX) beschränkt ist.

4. Elektronisches Vorschaltgerät nach Anspruch 1, 2 oder 3, bei dem die Dimmvorrichtung so ausgelegt ist, dass die jeweils ansteigenden Flanken der periodischen Modulation, verglichen mit den jeweils abfallenden Flanken, steil ausgeführt werden.

5. Elektronisches Vorschaltgerät nach Anspruch 4, bei dem die Dimmvorrichtung dazu ausgelegt ist, die Einhüllende des Lampenstromes zur Steuerung der Helligkeit sägezahnförmig oder verrundet sägezahnförmig zu modulieren.

6. Elektronisches Vorschaltgerät nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Dimmvorrichtung einen Signalgenerator (STG) zur Erzeugung eines periodischen Signals (ST) für die Modulation des Lampenstromes und eine Schaltungsanordnung (CL) zur Beschränkung des periodischen Signals (ST) entsprechend gegebenenfalls einer maximalen und der minimalen Schranke (MAX, MIN) aufweist.

7. Elektronisches Vorschaltgerät nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Dimmvorrichtung einen Signalgenerator (STG) zur Erzeugung eines periodischen Signals (ST) für die Modulation des

Lampenstromes und eine Vorrichtung zur Synchronisierung des periodischen Signals mit der Versorgungsspannung eines Inverters (INV) zur Erzeugung des Lampenstromes aufweist, wobei das Ausgangssignal des Signalgenerators (STG) mit der Phasenlage der niederfrequent schwankenden Versorgungsspannung des Inverters (INV) synchronisiert wird.

8. Elektronisches Vorschaltgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit

- einem Inverter (INV) zur Erzeugung des Lampenstromes,
- einer Messvorrichtung (ME) zur Messung des Lampenstromes oder einer vom Lampenstrom abhängigen Größe und zur Erzeugung einer Regelgröße (AV),
- einem von der Dimmvorrichtung gesteuerten Regler (REG) zur Steuerung des Inverters (INV).

9. Elektronisches Vorschaltgerät nach Anspruch 8 mit einer Einrichtung zum Verhindern des Abreißens der Gasentladung, welche ausgelegt ist zur Messung des Lampenwiderstandes und zur Umwandlung des Lampenwiderstandes in eine zusätzliche Regelgröße.

10. Niederdruckentladungslampe mit integriertem elektronischem Vorschaltgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

11. Verfahren zur Steuerung der Helligkeit einer Niederdruckentladungslampe mittels eines elektronischen Vorschaltgerätes mit einer Dimmvorrichtung, ausgelegt zum Betrieb mit periodisch moduliertem Lampenstrom, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Steuerung der Lampenhelligkeit die Dimmvorrichtung den Lampenstrom wie folgt einstellt:

- mit abnehmender Helligkeit werden sowohl die Maxima als auch die Minima der Einhüllenden des Lampenstromes kleiner;
- bei weiter abnehmender Helligkeit wird die periodischen Modulation der Einhüllenden des Lampenstromes durch eine, optional Null entsprechende, untere Begrenzung (MIN) der Lampenstromamplitude überlagert, so dass eine periodische Modulation der Einhüllenden des Lampenstromes in Lampenstrompulspakete mit über der unteren Begrenzung (MIN) liegenden Lampenstromamplituden entsteht,
- wobei mit weiter abnehmender Helligkeit die Pulspaketbreiten abnehmen und die Abstände zwischen den Pulspaketen, wobei in den Abständen die Amplitude der Einhüllenden der unteren Begrenzung (MIN) entspricht, zunehmen.

12. Verfahren nach Anspruch 11 unter Verwendung eines Vorschaltgerätes nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

## Claims

1. Electronic ballast having a dimming device for the purpose of controlling the brightness of a low-pressure discharge lamp, designed for operation with periodically modulated lamp current, **characterized in that**, in order to control the lamp brightness, the dimming device is designed to adjust the lamp current as follows:

- with decreasing brightness, both the maxima and the minima of the envelope of the lamp current become smaller;
- with further decreasing brightness, the periodic modulation of the envelope of the lamp current is superimposed by a lower limit (MIN), optionally corresponding to zero, of the lamp current amplitude, resulting in periodic modulation of the envelope of the lamp current in lamp current pulse packets with lamp current amplitudes above the lower limit (MIN),
- with further decreasing brightness, the pulse packet widths decreasing and the intervals between the pulse packets increasing, the amplitude of the envelope corresponding to the lower limit (MIN) in the intervals.

2. Electronic ballast according to Claim 1, in which the dimming device is designed such that the lower limit (MIN) corresponds to a positive value for the envelope of the lamp current.

3. Electronic ballast according to Claim 1 or 2, in which the dimming device is designed such that the envelope of the lamp current is restricted by a maximum value (MAX) at a high and maximum brightness.

4. Electronic ballast according to Claim 1, 2 or 3, in which the dimming device is designed such that the respectively rising edges of the periodic modulation are steep compared with the respectively falling edges.

5. Electronic ballast according to Claim 4, in which the dimming device is designed to modulate the envelope of the lamp current in saw-tooth form or rounded saw-tooth form for the purpose of controlling the brightness.

6. Electronic ballast according to one of the preceding claims, in which the dimming device has a signal generator (STG) for the purpose of generating a periodic signal (ST) for the modulation of the lamp cur-

rent and a circuit arrangement (CL) for the purpose of restricting the periodic signal (ST) corresponding to, if appropriate, a maximum boundary and the minimum boundary (MAX, MIN).

7. Electronic ballast according to one of the preceding claims, in which the dimming device has a signal generator (STG) for the purpose of generating a periodic signal (ST) for the modulation of the lamp current and a device for synchronizing the periodic signal with the supply voltage of an inverter (INV) for the purpose of producing the lamp current, the output signal from the signal generator (STG) being synchronized with the phase angle of the supply voltage of the inverter (INV) which is fluctuating at a low frequency.

8. Electronic ballast according to one of the preceding claims having

- an inverter (INV) for the purpose of producing the lamp current,
- a measuring device (ME) for the purpose of measuring the lamp current or a variable dependent on the lamp current and for the purpose of producing a controlled variable (AV),
- a regulator (REG) controlled by the dimming device for the purpose of controlling the inverter (INV).

9. Electronic ballast according to Claim 8 having a device for preventing interruption of the gas discharge, which is designed to measure the lamp resistance and to convert the lamp resistance into an additional controlled variable.

10. Low-pressure discharge lamp having an integrated electronic ballast according to one of the preceding claims.

11. Method for controlling the brightness of a low-pressure discharge lamp by means of an electronic ballast having a dimming device, designed for operation with periodically modulated lamp current, **characterized in that**, in order to control the lamp brightness, the dimming device adjusts the lamp current as follows:

- with decreasing brightness, both the maxima and the minima of the envelope of the lamp current become smaller;
- with further decreasing brightness, the periodic modulation of the envelope of the lamp current is superimposed by a lower limit (MIN), optionally corresponding to zero, of the lamp current amplitude, resulting in periodic modulation of the envelope of the lamp current in lamp current pulse packets with lamp current amplitudes

above the lower limit (MIN),

- with further decreasing brightness, the pulse packet widths decreasing and the intervals between the pulse packets increasing, the amplitude of the envelope corresponding to the lower limit (MIN) in the intervals.

12. Method according to Claim 11 using a ballast according to one of Claims 1 to 10.

## Revendications

1. Ballast électronique avec variateur pour commander la luminosité d'une lampe à décharge basse pression, conçu pour fonctionner avec un courant de lampe modulé périodiquement, **caractérisé en ce que** le variateur est conçu pour régler le courant de lampe pour la commande de la luminosité de la lampe de la manière suivante :

- en cas de baisse de la luminosité, les maxima et les minima de l'enveloppante du courant de lampe diminuent ;

- si la luminosité continue de baisser, la modulation périodique de l'enveloppante du courant de lampe est superposée par une limite inférieure (MIN), au besoin égale à zéro, de l'amplitude du courant de lampe, de façon à avoir une modulation périodique de l'enveloppante du courant de lampe en paquets d'impulsions de courant de lampe avec des amplitudes du courant de lampe au-dessus de la limite inférieure (MIN), - étant précisé que si la luminosité continue de baisser, les largeurs des paquets d'impulsions diminuent et les intervalles entre les paquets d'impulsions, l'amplitude de l'enveloppante correspondant à la limite inférieure (MIN) dans les intervalles, augmentent.

2. Ballast électronique selon la revendication 1, dans lequel le variateur est conçu pour que la limite inférieure (MIN) corresponde à une valeur positive de l'enveloppante du courant de lampe.

3. Ballast électronique selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le variateur est conçu pour que l'enveloppante du courant de lampe soit limitée en cas de luminosité intense et maximale par une valeur maximale (MAX).

4. Ballast électronique selon la revendication 1, 2 ou 3, dans lequel le variateur est conçu pour que les flancs ascendants de la modulation périodique, par rapport aux flancs descendants, soient en pente raide.

5. Ballast électronique selon la revendication 4, dans



- lequel le variateur est conçu pour moduler l'enveloppante du courant de lampe pour la commande de la luminosité en forme de dents de scie ou en forme de dents de scie arrondies.
6. Ballast électronique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le variateur comporte un générateur de signal (STG) destiné à générer un signal périodique (ST) pour la modulation du courant de lampe, et un agencement de circuit (CL) pour limiter le signal périodique (ST) selon éventuellement une limite maximale et la limite minimale (MAX, MIN). 5
7. Ballast électronique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le variateur comporte un générateur de signal (STG) destiné à générer un signal périodique (ST) pour la modulation du courant de lampe, et un dispositif de synchronisation du signal périodique avec la tension d'alimentation d'un inverseur (INV) destiné à générer le courant de lampe, le signal de sortie du générateur de signal (STG) étant synchronisé avec la position de phase de la tension d'alimentation, variant à basse fréquence, de l'inverseur (INV). 10
8. Ballast électronique selon l'une des revendications précédentes, avec 15
- un inverseur (INV) pour générer le courant de lampe, 20
  - un dispositif de mesure (ME) pour mesurer le courant de lampe ou une grandeur dépendante du courant de lampe et pour générer une grandeur réglée (AV), 25
  - un régulateur (REG), commandé par le variateur, pour la commande de l'inverseur (INV). 30
9. Ballast électronique selon la revendication 8 avec un moyen qui est destiné à empêcher la rupture de la décharge gazeuse et qui est conçu pour mesurer la résistance de lampe et pour transformer la résistance de lampe en une grandeur réglée supplémentaire. 35
10. Lampe à décharge basse pression avec un ballast électronique intégré selon l'une des revendications précédentes. 40
11. Procédé pour commander la luminosité d'une lampe à décharge basse pression au moyen d'un ballast électronique avec variateur conçu pour fonctionner avec un courant de lampe modulé périodiquement, **caractérisé en ce que** le variateur de lumière règle le courant de lampe pour la commande de la luminosité de la lampe de la manière suivante : 45
- en cas de baisse de la luminosité, les maxima 50
- et les minima de l'enveloppante du courant de lampe diminuent ;
- si la luminosité continue de baisser, la modulation périodique de l'enveloppante du courant de lampe est superposée par une limite inférieure (MIN), au besoin égale à zéro, de l'amplitude du courant de lampe, de façon à avoir une modulation périodique de l'enveloppante du courant de lampe en paquets d'impulsions de courant de lampe avec des amplitudes du courant de lampe au-dessus de la limite inférieure (MIN), - étant précisé que si la luminosité continue de baisser, les largeurs des paquets d'impulsions diminuent et les intervalles entre les paquets d'impulsions, l'amplitude de l'enveloppante correspondant à la limite inférieure (MIN) dans les intervalles, augmentent. 55
12. Procédé selon la revendication 11 utilisant un ballast selon l'une des revendications 1 à 10.

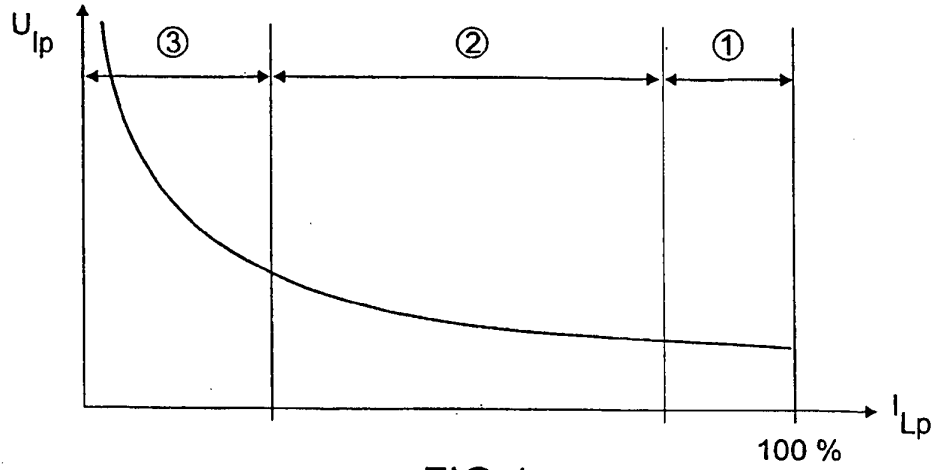


FIG 1

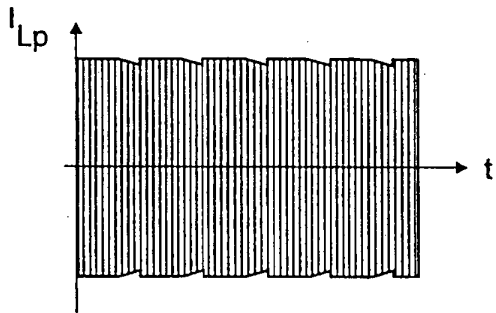


FIG 2a

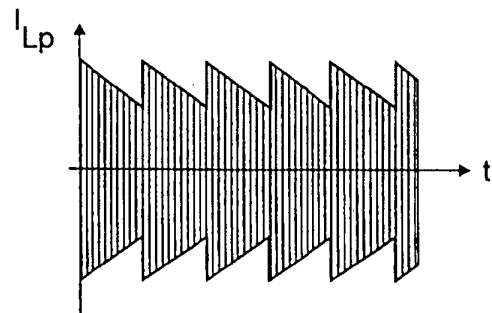


FIG 2b

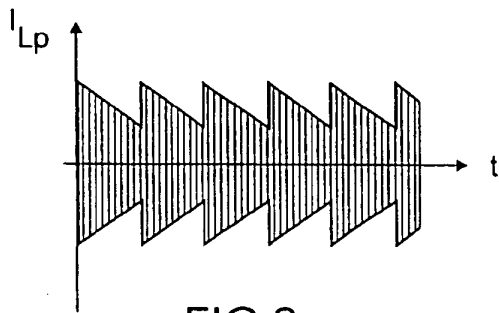


FIG 2c

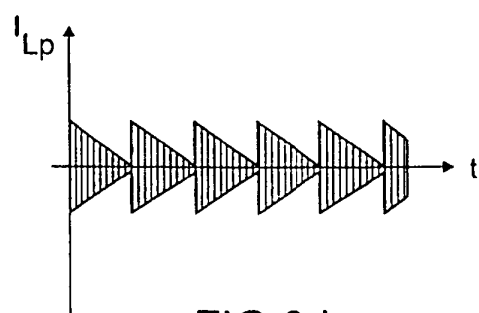


FIG 2d

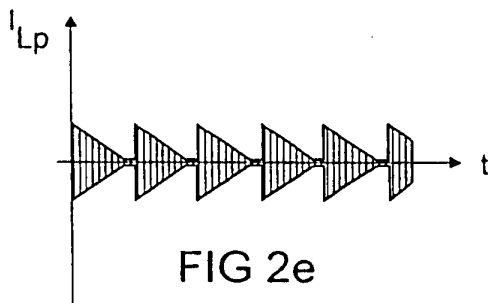


FIG 2e

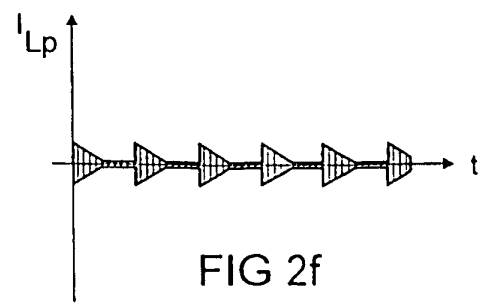


FIG 2f

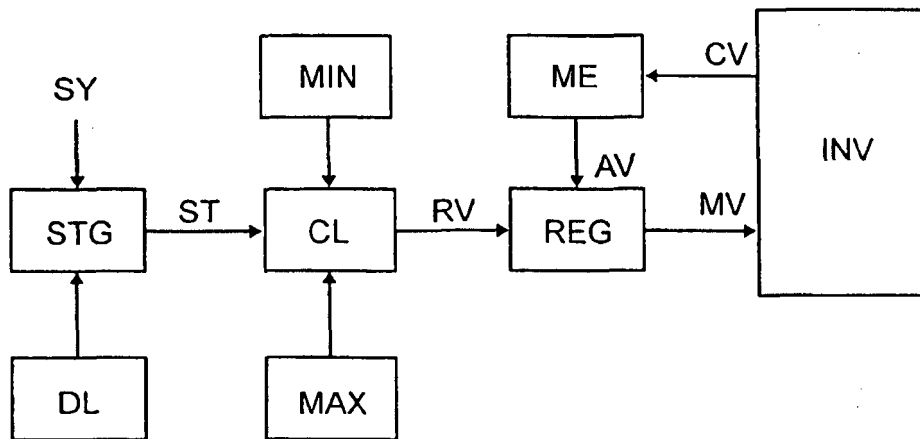


FIG 3

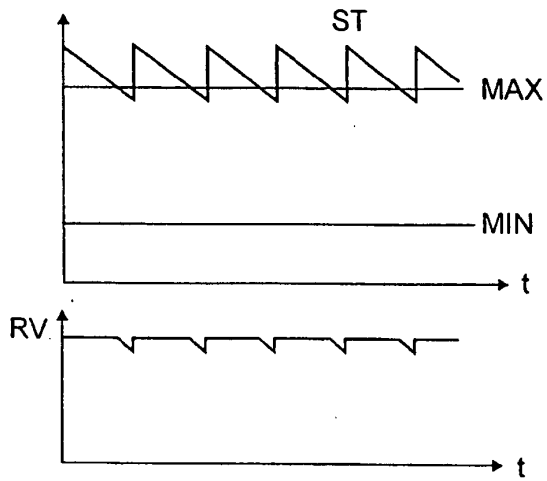


FIG 4a

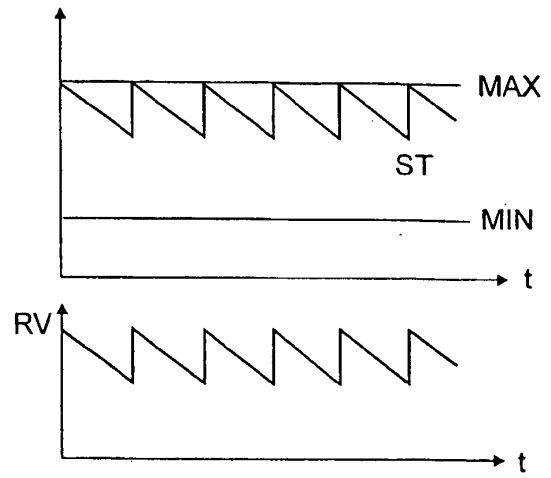


FIG 4b

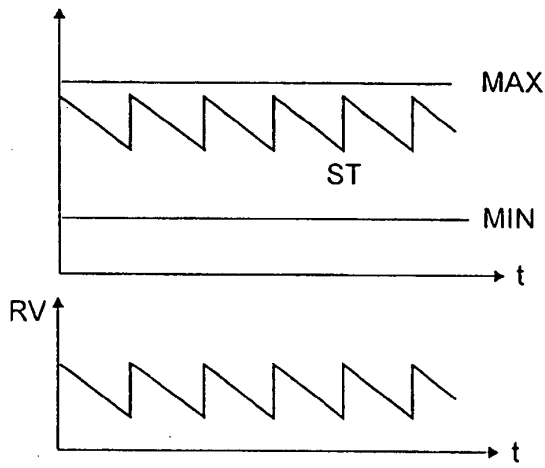


FIG 4c

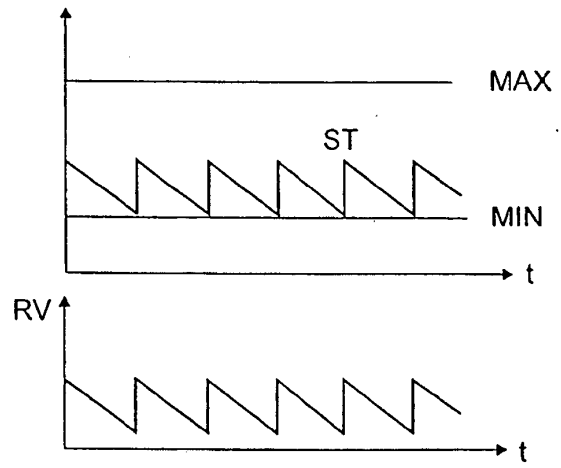


FIG 4d

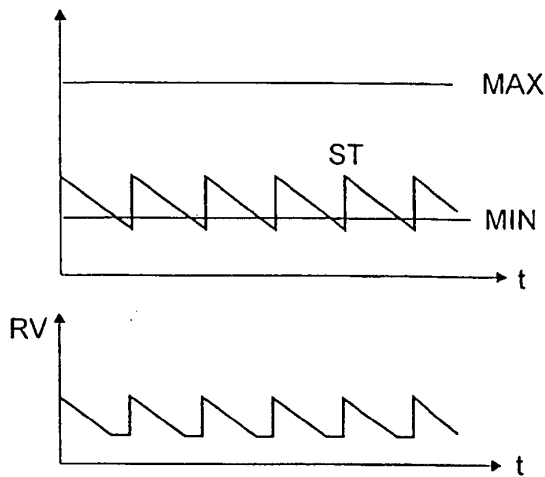


FIG 4e

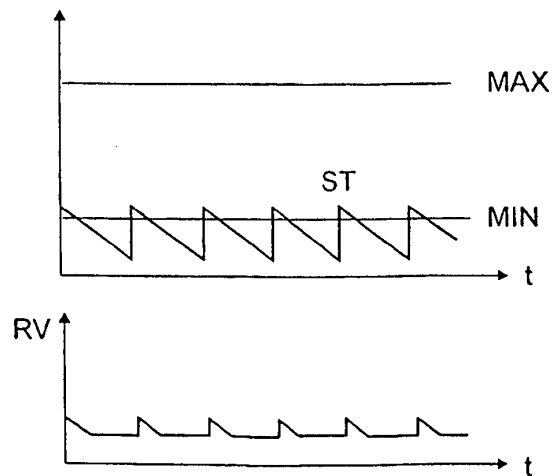


FIG 4f

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 20020060537 A1 [0005]
- EP 0422255 B1 [0031] [0052]