

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 9090/2010
(86) PCT-Anmeldenummer: PCT/EP10054014
(22) Anmeldetag: 26.03.2010
(45) Veröffentlicht am: 15.03.2018

(51) Int. Cl.: **H05B 33/08** (2006.01)

(30) Priorität:
14.04.2009 AT GM 229/09 beansprucht.
15.04.2009 DE 102009017139 beansprucht.
19.03.2010 DE 102010003054 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
US 2008067953 A1
ST MICROELECTRONICS: "Modified buck converter for LED applications", Application note AN2928 [online], 1. März 2009 (01.03.2009) [ermittelt am 24. Oktober 2016 (24.10.2016)].
Ermittelt im Internet:
<URL: <http://datasheet.datasheetarchive.com/originals/library/Datasheet-071/DSA00359864.pdf>>,
XP002693999
WO 2006102355 A2
DE 102006026938 A1
US 2007097044 A1
US 2007229001 A1
EP 0287360 A2
EP 1372359 A1
DE 102006034371 A1
US 7274183 B1
WO 2008112820 A2

(73) Patentinhaber:
Tridonic GmbH & Co KG
6851 Dornbirn (AT)

(74) Vertreter:
BARTH ALEXANDER DIPL.ING. (FH)
6851 DORNBIERN (AT)

(54) LEISTUNGSREGELUNG VON LED, MITTELS MITTELWERT DES LED-STROMS UND BIDIREKTIONALER ZÄHLER

(57) Verfahren zur Leistungsregelung einer LED mittels eines Konverters mit einem Schalter (S1), wobei die LED in dem Ausgangskreis verschaltet ist und eine Induktivität (L1) aufmagnetisiert wird, wenn der Schalter (S1) aktiv getaktet wird, wobei als Rückführgröße für die Regelung ein für den Mittelwert des LED-Stroms (I_{LED}) repräsentativer gemessener Istwert verwendet wird, der mit einem Referenzwert (I_{AVG_SOLL}) verglichen wird, wobei abhängig von einer Differenz zwischen dem Istwert und dem Referenzwert (I_{AVG_SOLL}) das Tastverhältnis des aktuellen Einschaltvorgangs des aktiv getakteten Schalters (S1) und/oder eines folgenden Einschaltvorgangs eingestellt wird, dadurch gekennzeichnet, dass als Steuergröße der Leistungsregelung zusätzlich zu der Taktung des aktiv getakteten Schalters (S1) der Pegel einer den

Konverter versorgenden DC-Busspannung verwendet wird, und die DC-Busspannung mittels einer aktiven PFC-Schaltung erzeugt wird, wobei der Pegel der erzeugten Busspannung durch Veränderung der Taktung eines Schalters (S6) der PFC-Schaltung ausgeführt wird.

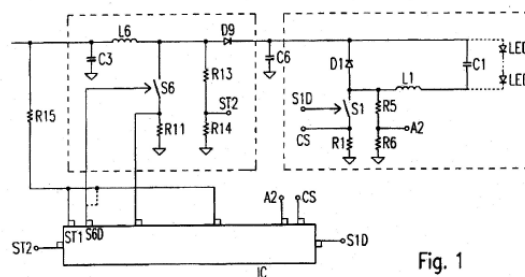


Fig. 1

Beschreibung

LEISTUNGSREGELUNG VON LED, MITTELS MITTELWERT DES LED-STROMS UND BIDI-REKTIONALER ZÄHLER

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zum Betreiben von Leuchtdioden (LED), insbesondere von anorganischen Leuchtdioden oder auch organischen Leuchtdioden, welche in elektronischen Vorschaltgeräten für entsprechende Leuchtdioden zum Einsatz kommt.

[0002] Die Erfindung bezieht sich auch auf Verfahren zur Leistungsregelung einer LED mittels eines Konverters mit einem Schalter und auf ein Beleuchtungssystem. Bei dem Stand der Technik wird der Ausschaltzeitpunkt des Schalters dadurch bestimmt, dass der LED-Strom einen fest vorgegeben Ausschaltsschwellenwert erreicht. Dabei kommt es zu Ungenauigkeiten, da der negative Stromflussbereich unmittelbar nach dem Einschalten des Schalters variieren kann, was die Leistungsregelung ungenau macht.

[0003] Die US7274183B1 zeigt einen getakteten Konverter zur Stromregelung, der beispielsweise von einer Batterie gespeist sein kann. Der getaktete Konverter weist einen Schalter 114 auf, der von einem Kontroller 200 gesteuert wird. Die Steuerung erfolgt dabei als stromgeregelte Steuerung, wozu der Kontroller 200 an dem Widerstand 118 den Strom durch den Schalter 114 erfasst.

[0004] Die US7274183B1 zeigt keine PFC-Schaltung, vielmehr ist der Konverter für eine Speisung von einer niedrigen Gleichspannung wie beispielsweise einer Batteriespeisung ausgelegt. Auch wird hier eine Stromregelung für die LED offenbart.

[0005] Die WO2008112820 zeigt ein Steuersystem für LED-Lichtquellen aufweisen eine PFC-Schaltung, einen LED-Treiber-Kontroller und einen LED-Strom Steuerschalter. Es wird hier eine Stromregelung für die LED offenbart. Die Aufgabe der Erfindung ist nunmehr, die Leistungsregelung einer LED in einem Konverter wie beispielsweise einem Boost-Konverter (Hochsetzsteller), Buck-Konverter (auch Tiefsetzsteller genannt) oder Buck-Boost Konverter (Sperrwandler oder auch Inverter genannt) genauer zu machen.

[0006] Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche. Die abhängigen Ansprüche bilden den zentralen Gedanken der Erfindung in besonders vorteilhafter Weise weiter.

[0007] Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Leistungsregelung einer LED in einem Konverter mit einem Schalter.

[0008] Die Erfindung lässt sich dabei gleichermaßen anwenden auf:

- den sog. Borderline-Mode oder Critical Conduction Mode (Grenzmodus), bei dem der Entmagnetisierungsstrom auf Null abfällt bzw. die Nulllinie kreuzt, was unverzüglich das Einschalten des Schalters und somit das Wiederaansteigen des Stroms auslöst,
- den Continuous Conduction Mode (nichtlückender Strombetrieb), bei dem das Wiedereinschalten des Schalters erfolgt, bevor der Strom auf Null abgefallen ist, und
- den Discontinuous Conduction Mode (lückender Strombetrieb), bei dem das Wiedereinschalten des Schalters erst wieder erfolgt, nachdem der Strom während einer Zeitdauer grösser als Null auf dem Nullpegel verharrt hat.

[0009] Der Konverter wird durch einen aktiv getakteten Schalter und passive Energiespeicherelemente mit beispielsweise einer Induktivität gebildet. Beispielsweise kann es sich bei einem solchen Konverter um einen Buck-Konverter, Buck-Boost Konverter oder Flyback-Konverter (isolierter Sperrwandler) handeln.

[0010] Die LED ist dabei in dem Ausgangskreis verschaltet. Es wird eine Induktivität aufmagnetisiert, wenn der Schalter aktiv getaktet wird und über den geschlossenen Schalter und die Induktivität ein Stromfluss erfolgt. Als Rückführgröße für die Regelung wird ein für den Mittelwert des

LED-Stroms repräsentativer gemessener Istwert verwendet, der mit einem Referenzwert als Sollwert verglichen wird.

[0011] Abhängig von einer Differenz zwischen dem Istwert und dem Sollwert kann das Tastverhältnis des aktuellen Einschaltvorgangs des aktiv getakteten Schalters und/oder eines folgenden Einschaltvorgangs eingestellt werden.

[0012] Dabei kann das Tastverhältnis des aktiv getakteten Schalters nur bei jedem n-ten Einschaltvorgang verändert werden, wobei n grösser oder gleich 2 ist.

[0013] Das Tastverhältnis des aktiv getakteten Schalters kann bspw. über den Zeitpunkt des Ausschaltens des aktiv getakteten Schalters als Steuergröße verändert werden.

[0014] Das Tastverhältnis kann durch adaptive Vorgabe eines Ausschaltpegels einer gemessenen, für den LED-Strom repräsentativen Größe eingestellt werden, wobei bei Erreichen des Ausschaltpegels der aktiv getaktete Schalter ausgeschaltet wird.

[0015] Als Steuergröße der Leistungsregelung kann alternativ oder zusätzlich zu der Taktung des aktiv getakteten Schalters der Pegel der den Konverter versorgenden DC-Busspannung verwendet werden.

[0016] Die Busspannung kann mittels einer aktiven PFC-Schaltung erzeugt werden, wobei der Pegel der erzeugten Busspannung durch Veränderung der Taktung eines Schalters der PFC-Schaltung ausgeführt wird.

[0017] Als für den Mittelwert des LED-Stroms repräsentativer gemessener Istwert kann ein Abtastwert des LED-Stroms werden, vorzugsweise gemessen bei der Hälfte der Einschaltzeitdauer des aktiv getakteten Schalters.

[0018] Der für den Mittelwert des LED-Stroms repräsentative Istwert kann durch eine kontinuierliche Messung des LED-Stroms (oder einer dafür repräsentativen Größe) ermittelt werden.

[0019] Der kontinuierlich gemessene LED-Strom kann mit einem Referenzwert verglichen werden und der für den Mittelwert repräsentative Istwert kann das Tastverhältnis des Vergleichswerts über die Einschaltzeitdauer des aktiv geschalteten Schalters sein.

[0020] Das Tastverhältnis kann anhand eines bidirektionalen digitalen Zählers ermittelt werden.

[0021] Der Referenzwert kann von einem vorgegebenen Dimmwert und/oder der gemessenen LED-Spannung abhängen.

[0022] Der LED-Strom kann durch einen der folgenden Betriebsmodi (bzgl. der Taktung des Schalters, insbesondere seines Wiedereinschaltens) erzeugt werden:

- dem sog. Boarderline-Mode oder Critical Conduction Mode bei dem der Entmagnetisierungsstrom auf Null abfällt bzw. die Nulllinie kreuzt, was unverzüglich das Einschalten des Schalters und somit das Wiederaansteigen des Stroms auslöst,
- dem Continuous Conduction Mode, bei dem das Wiedereinschalten des Schalters erfolgt, bevor der Strom auf Null abgefallen ist, oder
- dem Discontinuous Conduction Mode, bei dem das Wiedereinschalten des Schalters erst wieder erfolgt, nachdem der Strom während einer Zeitdauer größer als Null auf dem Nullpegel verbleibt.

[0023] Ein Dimmen der LED(s) kann durch PWM erfolgen, wobei der LED-Strom vorzugsweise im Continuous Conduction Mode in den Einschaltzeitdauern eines PWM-Impulses erzeugt wird.

[0024] Die Erfindung bezieht sich auch auf eine Integrierte Schaltung, insbesondere ASIC oder Mikrokontroller bzw. Hybrid davon, die zur Durchführung eines Verfahrens wie oben ausgeführt ausgelegt ist.

[0025] Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf ein Betriebsgerät für eine LED, aufweisend eine derartige integrierte Schaltung.

[0026] Erfindungsgemäß ist auch eine Schaltung zur Leistungsregelung einer LED vorgesehen,

die einen Konverter mit einem Schalter aufweist, wobei die LED in dem Ausgangskreis verschaltbar ist. Eine Steuereinheit aktiviert den Schalter, wodurch der Schalter den Stromfluss übernimmt und die Induktivität aufmagnetisiert, wodurch die LED mit einer hochfrequenten Spannung versorgt ist.

[0027] Der Steuereinheit wird ein für den Mittelwert des LED-Stroms repräsentativer gemessener Istwert zurückgeführt, der mit einem Referenzwert verglichen wird.

[0028] Die Steuereinheit kann abhängig von einer Differenz zwischen dem Istwert und dem Sollwert das Tastverhältnis des aktuellen Einschaltvorgangs des aktiv getakteten Schalters und/oder eines folgenden Einschaltvorgangs einstellen.

[0029] Die Steuereinheit kann das Tastverhältnis des aktiv getakteten Schalters nur bei jedem n-ten Einschaltvorgang verändern, wobei n grösser oder gleich 2 ist.

[0030] Die Steuereinheit kann das Tastverhältnis des aktiv getakteten Schalters über den Zeitpunkt des Ausschaltens des aktiv getakteten Schalters als Steuergröße verändern.

[0031] Die Steuereinheit kann das Tastverhältnis durch adaptive Vorgabe eines Ausschaltpegels einer gemessenen, für den LED-Strom repräsentativen Größe einstellen, wobei die Steuereinheit bei Erreichen des Ausschaltpegels der aktiv getaktete Schalter ausschaltet.

[0032] Die Steuereinheit kann neben der Regelung des Betriebs der LED auch eine Zwischenkreisschaltung ansteuern und von der Zwischenkreisschaltung Rückführsignale erhalten, wobei die Zwischenkreisspannung die den Konverter versorgende DC-Busspannung erzeugt.

[0033] Die Steuereinheit kann als Steuergröße der Leistungsregelung alternativ oder zusätzlich zu der Taktung des aktiv getakteten Schalters den Pegel der den Konverter versorgenden DC-Busspannung verwenden.

[0034] Zur Erzeugung der Busspannung kann eine aktive PFC-Schaltung vorgesehen sein, wobei die Steuereinheit den Pegel der erzeugten Busspannung durch Veränderung der Taktung eines Schalters der PFC-Schaltung ausführt.

[0035] Der Steuereinheit kann als ein für den Mittelwert des LED-Stroms repräsentativer gemessener Istwert ein Abtastwert des LED-Stroms, vorzugsweise gemessen bei der Hälfte der Einschaltzeitdauer des aktiv getakteten Schalters, zurückgeführt sein.

[0036] Die Steuereinheit kann zur Ermittlung des für den Mittelwert des LED-Stroms repräsentativen Istwerts kontinuierlich den LED-Strom (oder eine dafür repräsentative Größe) messen.

[0037] Die Steuerschaltung kann einen Komparator aufweisen, der den kontinuierlich gemessenen LED-Strom mit einem Referenzwert vergleicht und die Steuerschaltung als für den Mittelwert repräsentativen Istwert das Tastverhältnis des Ausgangssignals des Komparators verwendet.

[0038] Das Ausgangssignal des Komparators kann einem bidirektionalen digitalen Zähler der Steuerschaltung zugeführt sein.

[0039] Die Steuerschaltung kann den Referenzwert abhängig von einem extern oder intern vorgegebenen Dimmwert und/oder der gemessenen und der Steuerschaltung zugeführten LED-Spannung einstellen.

[0040] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung näher beschrieben.

[0041] Figur 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Betriebsgerät für in einem Buck-Konverter verschaltete LED,

[0042] Figur 2 zeigt im Detail eine erfindungsgemäße Schaltung für in einem Buck-Boost-Konverter verschaltete LED sowie die daran abgreifbaren Messsignale,

[0043] Figur 3 zeigt den Verlauf von Ansteuersignalen von einem Schalter der Halbbrücke sowie der Mittenpunktspannung U_{L3} und des LED-Stroms I_{LED} ,

[0044] Figur 4 zeigt den Aufbau einer Regelung des LED-Stroms,

[0045] Figur 5 zeigt den zeitlichen Verlauf von Signalen der Regelung von Figur 4,

[0046] Fig. 1 zeigt ein elektronisches Vorschaltgerät zum Betreiben von LED.

[0047] Fig. 1 zeigt einen Konverter zum Betreiben mindestens einer LED und eine Schaltung zur Leistungsfaktorkorrektur, wobei beide Schaltungen durch eine Steuereinheit IC gesteuert wird.

[0048] Eingangsseitig weist das elektronische Vorschaltgerät einen mit Netzspannung versorgten - nicht dargestellten Gleichrichter - auf, an den sich die aktive Leistungsfaktorkorrekturschaltung anschließt, die als Hochsetzsteller fungiert.

[0049] Die PFC-Schaltung weist im Wesentlichen eine Spule L6 auf, die aufmagnetisiert wird, wenn der Schalter (Transistor) S6 auf einen Ansteuerbefehl S6D von der integrierten Schaltung IC aus vorgegeben geschlossen ist.

[0050] Wenn der Schalter S6 geöffnet wird, entlädt sich die Energie der aufmagnetisierten Spule L6 über eine Diode D9 zum Speicherkondensator C6, so dass sich an dem Kondensator C6 eine hochgesetzte Gleichspannung Uout (Busspannung Uout) einstellt, die einen dreieckförmigen Rippel mit der Frequenz der Taktung des Schalter S6 aufweist.

[0051] An dem Pin ST2 kann bei geöffnetem Schalter S6 einerseits die Busspannung Uout an diesem Pin gemessen werden, andererseits kann auch der Zeitpunkt der Entmagnetisierung der Spule L6 festgestellt werden.

[0052] Ausgangsseitig umfasst das in Fig. 1 gezeigte elektronische Vorschaltgerät einen Konverter mit einem Schalter S1 und einer Induktivität L1. Eine Beschreibung der weiteren Elemente wird nachfolgend gegeben.

[0053] Der Konverter weist einen weiteren Schalter S1 auf und ist als Buck-Konverter ausgeführt. Der Strom durch den Schalter S1 kann mittels eines Messwiderstands (Shunt) R1 an einem Pin CS der Steuerschaltung IC zugeführt werden. An dem Pin S1D wird ein Steuersignal für den Schalter S1 durch die Steuerschaltung IC ausgegeben.

[0054] Bei geschlossenem Schalter S1 fließt der Strom durch die Leuchtdioden (LED) und eine Induktivität L1 und steigt näherungsweise linear mit der Magnetisierung der Induktivität L1 an. Bei ausgeschaltetem Schalter S1 baut sich die Energie der Induktivität L1 durch einen Stromfluss wiederum durch die LEDs und die Freilaufdiode D1 näherungsweise linear ab, bis der Schalter S1 schließlich wieder eingeschaltet wird. Mittels des Spannungsteilers R5, R6 kann an einem Messpunkt und Pin A2 der Zeitpunkt ermittelt werden, indem die Magnetisierung der Induktivität L1 im Wesentlichen abgebaut ist und somit der Strom durch den Freilaufpfad (Diode D1, LED-Strecke, L1) nicht mehr weitergetrieben wird.

[0055] Das Wiedereinschalten des aktiv getakteten Schalters S1 kann durch die Überwachung des durch die Induktivität L1 fließenden Zweigstroms i_{L1} festgelegt werden. Beispielsweise kann überwacht werden, ob der durch die Induktivität L1 fließende Zweigstrom i_{L1} wieder auf Null abgesunken bzw. ob die Induktivität L1 entmagnetisiert ist (Critical Conduction Mode). Dies kann mittels einer Sekundärwicklung an der Induktivität L1 oder auch mittels einer Überwachung der Spannung über dem Schalter S1 erfolgen. Im Continuous Conduction Mode wird überwacht, ob eine der Zweigstrom eine untere Einschaltsschwelle (größer als Null) erreicht hat. Im Discontinuous Conduction Mode wird überwacht, ob der Zweigstrom bereits eine vorbestimmte Zeitdauer auf Null war, bevor eingeschaltet wird. In diesem Discontinuous Conduction Mode wird zur Berechnung des zeitlich mittleren Werts des Stroms die Ausschalt Zeitdauer T_{off} einbezogen.

[0056] Es kann aber auch ein Wiedereinschalten aufgrund des Ablaufs einer bestimmten Zeitspanne einer direkten Strommessung in dem Pfad der LED erfolgen. Es kann aber auch ein Wiedereinschalten aufgrund der Auswertung der Steilheit des Anstieges des erfassten LED-Stromes während der Einschaltphase des Schalters S1 und / oder der Dauer der Einschaltpha-

se des Schalters S1 erfolgen. Es kann auch der aktuelle Stromwert unmittelbar oder kurz nach dem Wiedereinschalten des Schalters S1 ausgewertet werden, um davon abhängig die Dauer der Ausschaltphase und somit den nächsten Wiedereinschaltzeitpunkt festzulegen.

[0057] Da ein Betrieb der LED mit einem möglichst konstanten Strom erfolgen sollte, kann das Wiedereinschalten des Schalters S1 vor der vollständigen Entmagnetisierung der Induktivität L1 vorteilhaft sein, vor allem, wenn kein oder nur ein sehr kleiner Kondensator C1 vorhanden ist. In diesem Fall kann ein sogenannter nichtlückender Strombetrieb erreicht werden.

[0058] Die Steuerschaltung IC steuert den Konverter an und kann weiterhin die PFC-Regelung durchführen.

[0059] Der Steuereinheit können Rückführsignale aus dem Bereich der PFC-Zwischenkreis-Spannung zurückgeführt werden, wie bspw.:

- die Eingangsspannung über einen Abgriff ST1,
- der Strom durch die Induktivität L6 mittels eines Spannungsteilers ST2 (oder eine Überwachung der Spannung über der Induktivität L6), und
- die Busspannung U_{out} über den Spannungsteiler ST2.

[0060] Die Steuereinheit kann den Pegel der Ausgangsspannung durch Taktung des Schalters S6 einstellen und mittels der zurückgeführten Busspannung vorzugsweise digital regeln.

[0061] Der Steuereinheit können Rückführsignale aus dem Bereich des die LED enthaltenden Lastkreises mit dem Konverter zurückgeführt werden:

- die LED-Spannung V_{LED} (beispielsweise ermittelt mittels eines Vergleiches der zurückgeführten Busspannung mit der Spannung am Spannungsteiler A2),
- den LED-Strom I_{LED} mittels des Shunts R1 (nur während des Einschaltens des aktiv getakteten Schalters S1), und
- die Spannung über dem Schalter S1 mittels eines Abgriffs A2 (beispielsweise induktiv oder durch Abgriff über dem Schalter S1).

[0062] Die LED-Spannung V_{LED} kann beispielsweise als Parameter für die Regelung des LED Betriebes oder auch zur Fehlererkennung ausgewertet werden.

[0063] Im Discontinuous Conduction Mode kann wie bereits erwähnt zur Berechnung des zeitlich mittleren Werts des Stroms durch die LED die Ausschaltzeitdauer T_{off} des Schalters S1 einbezogen werden. Die Ausschaltzeitdauer T_{off} kann beispielsweise mittels der Überwachung der Spannung über dem Schalter S1 bestimmt werden. In diesem Fall kann erkannt werden, über welchen Zeitraum eine Entmagnetisierung der Induktivität L1 vorliegt (was der Ausschaltzeitdauer T_{off} entspricht). Die Ausschaltzeitdauer T_{off} kann aber beispielsweise auch durch eine Auswertung des Ansteuersignals für den Schalter S1 bestimmt bzw. erfasst werden.

[0064] Vorzugsweise ist parallel zur LED ein Kondensator C1 als Filter- oder Glättungskondensator parallel geschaltet. Dieser kann im Betrieb die LED-Spannung glätten und während der Entmagnetisierung der Induktivität L1 die LED-Spannung aufrechterhalten. In diesem Fall entspricht der über den Shunt R1 ermittelte Strom nicht exakt dem durch die LED fließenden Strom, sondern enthält zusätzlich auch einen über den Kondensator C1 fließenden Stromanteil. Auch dieser Gesamtstrom kann für die erfindungsgemäße Leistungsregelung genutzt werden, da der Strom durch den Shunt R1 wiederum ein Maß für die aktuelle Leistung im Ausgangskreis darstellt, wenn davon ausgegangen wird, dass die Busspannung U_{out} konstant ist (z.B. aufgrund der Regelung des PFC) oder aufgrund einer Messung bekannt ist. Auch dieser Gesamtstrom wird deshalb im nachfolgenden als LED-Strom bezeichnet.

[0065] Zwischen dem Schalter S1 und dem negativen Pol der Gleichspannungsquelle ist ein niederohmiger Shunt R1 zwischengeschaltet, der jedoch nur zur Messung von Strömen dient und auf die Spannungen in der Schaltung keinen messbaren Einfluss hat.

[0066] Eine Helligkeitsänderung (Dimmen) der LED wird vorzugsweise durch einen gepulsten Betrieb (Perioden mit nahezu konstantem LED-Strom werden durch Perioden ohne Stromfluss unterbrochen, PWM) erreicht. Für diesen Betrieb eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren,

insbesondere bei Anwendung eines nichtlückenden Strombetriebs, der in den Einschalt-Zeitdauern eines PWM-Betriebs durchgeführt wird.

[0067] Dabei kann vorgesehen sein, dass bei einem Einschalten der LEDs der oder die ersten PWM-Impulse eines Impulszuges gezielt verlängert werden, damit ein üblicherweise parallel zu der LED-Strecke geschalteter Speicherkondensator schneller auf die Sollspannung aufgeladen wird.

[0068] Fig. 2 zeigt einen Konverter zum Betreiben mindestens einer LED, wobei diese Schaltung durch eine Steuereinheit IC gesteuert wird. Dem Konverter kann eine Schaltung zur Leistungsfaktorkorrektur vorgeschaltet sein.

[0069] Der Konverter weist einen weiteren Schalter S1 auf und ist als Buck-Boost-Konverter ausgeführt. Der Strom durch den Schalter S1 kann mittels eines Messwiderstands (Shunt) R1 an einem Pin CS der Steuerschaltung IC zugeführt werden. An dem Pin SR wird ein Steuersignal für den Schalter S1 durch die Steuerschaltung IC ausgegeben.

[0070] Bei geschlossenem Schalter S1 fließt der Strom durch eine Induktivität L1 und steigt im Wesentlichen linear mit der Magnetisierung der Induktivität L1 an. Die LED werden während dieser Phase von dem Kondensator C1 gespeist. Bei ausgeschaltetem Schalter S1 baut sich die Energie der Induktivität L1 durch einen Stromfluss durch die LEDs und die Freilaufdiode D1 im Wesentlichen linear ab, bis der Schalter S1 schließlich wieder eingeschaltet wird. Mittels der Sekundärwicklung L2 auf der Induktivität L1 kann an einem Messpunkt und Pin A2 der Zeitpunkt ermittelt werden, in dem die Magnetisierung der Induktivität L1 im Wesentlichen abgebaut ist und somit der Strom durch den Freilaufpfad (Diode D1, LED-Strecke, Induktivität L1) nicht mehr weitergetrieben wird.

[0071] Das Wiedereinschalten des aktiv getakteten Schalters S1 kann durch die Überwachung des durch die Induktivität L1 fließenden Zweigstroms i_{L1} festgelegt werden. Beispielsweise kann überwacht werden, ob der durch die Induktivität L1 fließende Zweigstrom i_{L1} wieder auf Null abgesunken bzw. ob die Induktivität L1 entmagnetisiert ist. Dies kann mittels einer Sekundärwicklung an der Induktivität L1 oder auch mittels einer Überwachung der Spannung über dem Schalter S1 erfolgen. Es kann aber auch ein Wiedereinschalten aufgrund des Ablaufs einer bestimmten Zeitspanne einer direkten Strommessung in dem Pfad der LED erfolgen. Es kann aber auch ein Wiedereinschalten aufgrund der Auswertung der Steilheit des Anstieges des erfassten LED-Stromes während der Einschaltphase des Schalters S1 und / oder der Dauer der Einschaltphase des Schalters S1 erfolgen. Es kann auch der aktuelle Stromwert unmittelbar oder kurz nach dem Wiedereinschalten des Schalters S1 ausgewertet werden, um davon abhängig die Dauer der Ausschaltphase und somit den nächsten Wiedereinschaltzeitpunkt festzulegen.

[0072] Die Steuerschaltung IC steuert den Konverter an und kann weiterhin die PFC-Regelung durchführen.

[0073] Der Steuereinheit können Rückführsignale aus dem Bereich des die LED enthaltenden Lastkreises mit dem Konverter zurückgeführt werden:

- die LED-Spannung V_{LED} mittels eines nicht dargestellten, parallel zur LED angeordneten Spannungsteilers,
- den LED-Strom I_{LED} (bspw. mittels Shunt R1), und
- die Spannung über dem Schalter S1 mittels eines Abgriffs A2 (induktiv oder durch Abgriff über dem Schalter S1).

[0074] Vorzugsweise ist parallel zur LED ein Kondensator C1 als Filter- oder Glättungskondensator parallel geschaltet. Dieser kann im Betrieb die LED-Spannung glätten und während der Aufmagnetisierung oder auch während der Entmagnetisierung der Induktivität L1 die LED-Spannung aufrecht erhalten.

[0075] Zwischen dem Schalter S1 und dem negativen Pol der Gleichspannungsquelle ist ein niederohmiger Shunt R1 zwischengeschaltet, der jedoch nur zur Messung von Strömen dient

und auf die Spannungen in der Schaltung keinen messbaren Einfluss hat.

[0076] In Figur 3 werden Signalverläufe während des Ein- und Ausschaltens des Schalters S1 dargestellt. Dabei ist wie ersichtlich der Schalter S1 aktiv getaktet und zwischen den Zeitpunkten T_{31} und T_{32} (Zeitdauer t_{ON}) eingeschaltet. Wie ersichtlich kann der linear ansteigende LED-Strom I_{LED} nur während der Zeitdauer t_{ON} an dem Shunt R1 erfasst werden, während der der Schalter S1 eingeschaltet ist. In der Zeitdauer des Ausschaltens des Schalters S1, in der die Induktivität L1 den Strom durch die LED absinkend bis zum unteren Umkehrpunkt weitertreibt, kann der LED-Strom mittels des Shunts R1 dagegen nicht erfasst werden.

[0077] Der Einschaltzeitpunkt des hochfrequent getakteten Schalters S1 kann durch die Überwachung des durch die Induktivität L1 fließenden Zweigstroms i_{L1} festgelegt werden. Beispielsweise kann überwacht werden, ob der durch die Induktivität L1 fließende Zweigstrom i_{L1} wieder auf Null abgesunken bzw. ob die Induktivität L1 entmagnetisiert ist. Dies kann mittels einer Sekundärwicklung an der Induktivität L2 oder auch mittels einer Überwachung der Spannung über dem Schalter S1 erfolgen.

[0078] Bei dem Stand der Technik wird der Ausschaltzeitpunkt des hochfrequent getakteten Schalters S1 dadurch festgelegt, wenn der LED-Strom einen festgelegten Schwellenwert I_{peak} erreicht. Dabei bleibt - wie bereits eingangs erläutert - etwaige Schwankungen des maximalen negativen Strompegels ΔI bei dem Umkehrpunkt T_{31} und dem unberücksichtigt, was diese Art der Leistungsregelung ungenau macht. Gemäß der Erfindung wird nunmehr der Ausschaltzeitpunkt des aktiv getakteten Schalters (im Beispiel der Figur 2 Schalter S1) adaptiv gestaltet, so dass im Ergebnis die Einschaltzeitdauer t_{ON} variabel ist. Dies kann bspw. dadurch erzielt werden, indem die Ausschaltsschwelle für den LED-Strom adaptiv gestaltet wird und/oder die Einschaltzeitdauer des aktiv getakteten Schalters adaptiv einstellbar ist.

[0079] Die Adaptierung erfolgt dabei anhand eines Rückführsignals, das für den Mittelwert des LED-Stroms (Mittelung über eine oder mehrere Einschaltzeitdauern des aktiv getakteten Schalters) repräsentativ ist. Durch Regelung auf den Mittelwert des LED-Stroms ist die Lampenleistungsregelung wesentlich genauer.

[0080] Der Mittelwert des LED-Stroms kann erfasst werden, indem zu dem Zeitpunkt $t_{on}/2$, also zur Hälfte der Einschaltzeitdauer t_{ON} des aktiv getakteten Schalters ein Abtastwert erfasst und ausgewertet wird. Ist dieser höher als der Soll-Mittelwert, kann die Einschaltzeitdauer oder die Ausschaltstromschwelle verringert werden, und zwar im aktuellen oder in einem folgenden Einschaltvorgang des aktiv getakteten Schalters.

[0081] (Im Discontinuous Conduction Mode wird wie gesagt zur Berechnung des zeitlich mittleren Werts des Stroms die Ausschaltzeitdauer T_{off} einbezogen.)

[0082] Im Folgenden soll indessen ein Ausführungsbeispiel erläutert werden, bei dem der LED-Strom kontinuierlich erfasst und zu der Steuereinheit zurückgeführt wird.

[0083] Wie in Figur 4 gezeigt wird in der Steuereinheit der LED-Strom I_{LED} durch einen Komparator K1 mit einem Referenzwert I_{avg_SOLL} verglichen. Dieser Referenzwert I_{avg_SOLL} gibt also den Soll-Mittelwert für den LED-Strom vor und kann bspw. von einer externen oder internen Dimmwertvorgabe und/oder der Höhe der LED-Spannung abhängen. Dieser Referenzwert I_{avg_SOLL} ist ein Maß für die Sollleistung.

[0084] Um eine konstante Lampenleistung zu erzielen, muss bei schwankender LED-Spannung V_{LED} die Sollwertvorgabe für den Mittelwert des LED-Stroms invers nachgeführt werden, so dass sich ergebende Produkt aus LED-Strom und LED-Spannung konstant geregelt bleibt. Bei konstanter LED-Spannung entspricht natürlich eine Mittelstromregelung genau einer Lampenleistungsregelung.

[0085] Bei diesem Ausführungsbeispiel ist es Ziel der Regelung, dass das Tastverhältnis des Ausgangs des Komparators K1 während einer Einschaltzeitdauer t_{ON} des aktiv getakteten Schalters 50% beträgt. In dem Ausführungsbeispiel wird dazu das Ausgangssignal des Komparators einem digitalen Up-/Down-Zähler COUNTER zugeführt, der von einem Zeitgeber der

Steuereinheit getaktet ist (Taktsignal CNT_CLK). Wie in Figur 5 ersichtlich zählt der Zähler COUNTER in eine Richtung, solange der LED-Strom I_{LED} unterhalb des Referenzwerts I_{avg_SOLL} liegt, und in die umgekehrte Richtung, sobald der LED-Strom I_{LED} den Referenzwert I_{avg_SOLL} überschreitet. Wenn der Istwert des Mittelwerts des LED-Stroms I_{LED} genau der Referenzwertvorgabe I_{avg_SOLL} entspricht, wird das Tastverhältnis des dem Zähler COUNTER zugeführten Vergleichssignals 50% sein und somit am Ende einer Einschaltzeitdauer der Zählerstand genau seinem Anfangsstand entsprechen.

[0086] Jedwege Abweichung wird indessen zu einer Abweichung ERROR des Zählerendsands von dessen Anfangsstand führen. Dieses Abweichungssignal ERROR wird einem vorzugsweise digitalen Regler REGULATOR zugeführt, der ebenfalls von einem Zeitgeber der Steuereinheit getaktet durch ein Signal reg_clk wird. Der Regler REGULATOR implementiert eine Regelstrategie (bspw. PI-Regler) und steuert abhängig vom dem Eingangssignal ERROR und der Regelstrategie eine die Leistung der LED beeinflussende Stellgröße an. Diese Stellgröße kann bspw. eines oder mehreres sein von:

- Busspannung,
- adaptive Ausschaltsschwelle I_{peak} , und/oder
- adaptive Einschaltzeitdauer Ton.

[0087] Die Stellgröße(n) kann im aktuellen Einschaltvorgang, in einem jeden folgenden Einschaltvorgang oder aber in jedem n-ten Einschaltvorgang verändert werden, wobei n eine ganze Zahl grösser oder gleich 2 ist.

[0088] Im Beispiel von Figur 4 und 5 wird entweder die Einschaltzeitdauer Ton verändert, oder aber der Regler REGULATOR verändert den Referenzwert eines weiteren Komparators K2 der Steuereinheit, an dessen nicht-invertierten Eingang der LED-Strom I_{LED} anliegt.

[0089] Das Ausgangssignal des weiteren Komparators K2 steuert das Ausschalten gate_off des Schalters.

[0090] Bei dem Konverter für die LED kann es sich beispielweise auch um einen Boost Konverter oder einen Flyback-Konverter handeln.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Leistungsregelung einer LED mittels eines Konverters mit einem Schalter (S1), wobei die LED in dem Ausgangskreis verschaltet ist und eine Induktivität (L1) aufmagnetisiert wird, wenn der Schalter (S1) aktiv getaktet wird, wobei als Rückführgröße für die Regelung ein für den Mittelwert des LED-Stroms (I_{LED}) repräsentativer gemessener Istwert verwendet wird, der mit einem Referenzwert (I_{AVG_SOLL}) verglichen wird, wobei abhängig von einer Differenz zwischen dem Istwert und dem Referenzwert (I_{AVG_SOLL}) das Tastverhältnis des aktuellen Einschaltvorgangs des aktiv getakteten Schalters (S1) und/oder eines folgenden Einschaltvorgangs eingestellt wird, wobei als Steuergröße der Leistungsregelung zusätzlich zu der Taktung des aktiv getakteten Schalters (S1) der Pegel einer den Konverter versorgenden DC-Busspannung verwendet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die DC-Busspannung mittels einer aktiven PFC-Schaltung erzeugt wird, wobei der Pegel der erzeugten Busspannung durch Veränderung der Taktung eines Schalters (S6) der PFC-Schaltung ausgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der aktiv getaktete Schalter (S1) zu einem Zeitpunkt eingeschaltet wird, wenn der indirekt oder direkt erfasste LED-Strom (I_{LED}) auf Null abgeklungen ist, vorzugsweise seinen unteren Umkehrpunkt erreicht hat.
3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Tastverhältnis des aktiv getakteten Schalters (S1) nur bei jedem n-ten Einschaltvorgang verändert wird, wobei n grösser oder gleich 2 ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Tastverhältnis des aktiv getakteten Schalters (S1) über den Zeitpunkt des Ausschaltens des aktiv getakteten Schalters (S1) als Steuergröße verändert wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Tastverhältnis durch adaptive Vorgabe eines Ausschaltpegels einer gemessenen für den LED-Strom (I_{LED}) repräsentativen Größen eingestellt wird, wobei bei Erreichen des Ausschaltpegels der aktiv getaktete Schalter (S1) ausgeschaltet wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem als ein für den Mittelwert des LED-Stroms repräsentativer gemessener Istwert ein Abtastwert des LED-Stroms (I_{LED}), vorzugsweise gemessen bei der Hälfte der Einschaltzeitdauer des aktiv getakteten Schalters (S1), verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem der für den Mittelwert des LED-Stroms (I_{LED}) repräsentative Istwert durch eine kontinuierliche Messung des LED-Stroms (I_{LED}) ermittelt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem der kontinuierlich gemessene LED-Strom (I_{LED}) mit dem Referenzwert (I_{AVG_SOLL}) verglichen wird und der für den Mittelwert repräsentative Istwert das Tastverhältnis des Vergleichswerts über die Einschaltzeitdauer des aktiv geschalteten Schalters (S1) ist.
9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem der Referenzwert (I_{AVG_SOLL}) von einem vorgegebenen Dimmwert und/oder der gemessenen LED-Spannung abhängt.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein Dimmen der LED(s) durch PWM erfolgt, wobei der LED-Strom (I_{LED}) vorzugsweise im Continuous Conduction Mode in den Einschaltzeitdauern eines PWM-Impulses erzeugt wird.
11. Integrierte Schaltung, insbesondere ASIC, die zur Durchführung eines Verfahrens nach Anspruch 1 ausgelegt ist.
12. Betriebsgerät für eine LED, aufweisend eine integrierte Schaltung nach Anspruch 11.

13. Schaltung zur Leistungsregelung einer LED, aufweisend einen Konverter mit einem Schalter (S1), wobei die LED in dem Ausgangskreis verschaltet wird, wobei eine Steuereinheit (IC) die Aufmagnetisierung einer Induktivität (L1) steuert, indem sie den Schalter (S1) aktiv taktet, wobei der Steuereinheit (IC) ein für den Mittelwert des LED-Stroms (I_{LED}) repräsentativer gemessener Istwert zurückgeführt ist, der mit einem Referenzwert (I_{AVG_SOLL}) verglichen wird, wobei die Steuereinheit (IC) abhängig von einer Differenz zwischen dem Istwert und dem Referenzwert (I_{AVG_SOLL}) das Tastverhältnis des aktuellen Einschaltvorgangs des aktiv getakteten Schalters (S1) und/oder eines folgenden Einschaltvorgangs einstellt, wobei die Steuereinheit (IC) als Steuergröße der Leistungsregelung zusätzlich zu der Taktung des aktiv getakteten Schalters (S1) den Pegel einer den Konverter versorgenden DC-Busspannung verwendet, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Erzeugung der DC-Busspannung eine aktive PFC-Schaltung vorgesehen ist, wobei die Steuereinheit (IC) den Pegel der erzeugten Busspannung durch Veränderung der Taktung eines Schalters (S6) der PFC-Schaltung ausführt.
14. Schaltung nach Anspruch 13, bei dem die Steuereinheit (IC) das Tastverhältnis des aktiv getakteten Schalters (S1) nur bei jedem n-ten Einschaltvorgang verändert, wobei n grösser oder gleich 2 ist.
15. Schaltung nach einem der Ansprüche 13 bis 14, bei dem die Steuereinheit (IC) das Tastverhältnis des aktiv getakteten Schalters (S1) über den Zeitpunkt des Ausschaltens des aktiv getakteten Schalters (S1) als Steuergröße verändert.
16. Schaltung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, bei dem die Steuereinheit (IC) das Tastverhältnis durch adaptive Vorgabe eines Ausschaltpegels einer gemessenen für den LED-Strom (I_{LED}) repräsentativen Größen einstellt, wobei die Steuereinheit (IC) bei Erreichen des Ausschaltpegels der aktiv getaktete Schalter (S1) ausschaltet.
17. Schaltung nach einem der Ansprüche 13 bis 16, bei der die Steuereinheit (IC) neben der Regelung des Betriebs der LED auch eine Zwischenkreisschaltung ansteuert und von der Zwischenkreisschaltung Rückführsignale erhält, wobei die Zwischenkreisspannung die den Konverter versorgende DC-Busspannung erzeugt.
18. Schaltung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, bei dem der Steuereinheit (IC) als ein für den Mittelwert des LED-Stroms (I_{LED}) repräsentativer gemessener Istwert ein Abtastwert des LED-Stroms (I_{LED}), vorzugsweise gemessen bei der Hälfte der Einschaltzeitdauer des aktiv getakteten Schalters (S1), zurückgeführt ist.
19. Schaltung nach einem der Ansprüche 13 bis 18, bei dem die Steuereinheit (IC) zur Ermittlung des für den Mittelwert des LED-Stroms (I_{LED}) repräsentativen Istwerts kontinuierlich den LED-Strom (I_{LED}) misst.
20. Schaltung nach Anspruch 19, bei dem die Steuerschaltung einen Komparator aufweist, der den kontinuierlich gemessenen LED-Strom (I_{LED}) mit dem Referenzwert (I_{AVG_SOLL}) vergleicht und die Steuerschaltung als für den Mittelwert repräsentativen Istwert das Tastverhältnis des Ausgangssignals des Komparators verwendet.
21. Schaltung nach einem der Ansprüche 15 bis 20, bei dem die Steuereinheit (IC) den Referenzwert (I_{AVG_SOLL}) abhängig von einem extern oder intern vorgegebenen Dimmwert und/oder der gemessenen und der Steuerschaltung zugeführten LED-Spannung abhängt.
22. Schaltung nach einem der Ansprüche 13 bis 21, wobei die Steuereinheit (IC) als digitale Schaltung ausgeführt ist.

23. Schaltung nach einem der Ansprüche 13 bis 22,
wobei die Steuereinheit (IC) als integrierte Schaltung, vorzugsweise als ASIC ausgebildet
ist.
24. Betriebsgerät für LED,
aufweisend eine Schaltung nach einem der Ansprüche 13 bis 23.
25. Leuchte, aufweisend eine LED und ein Betriebsgerät nach Anspruch 24.
26. Beleuchtungssystem,
aufweisend mehrere Leuchten, darunter wenigstens eine gemäß Anspruch 25, wobei die
Leuchten vorzugsweise durch eine oder mehrere Busleitungen untereinander und/oder mit
einer zentralen Steuereinheit verbunden sind.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

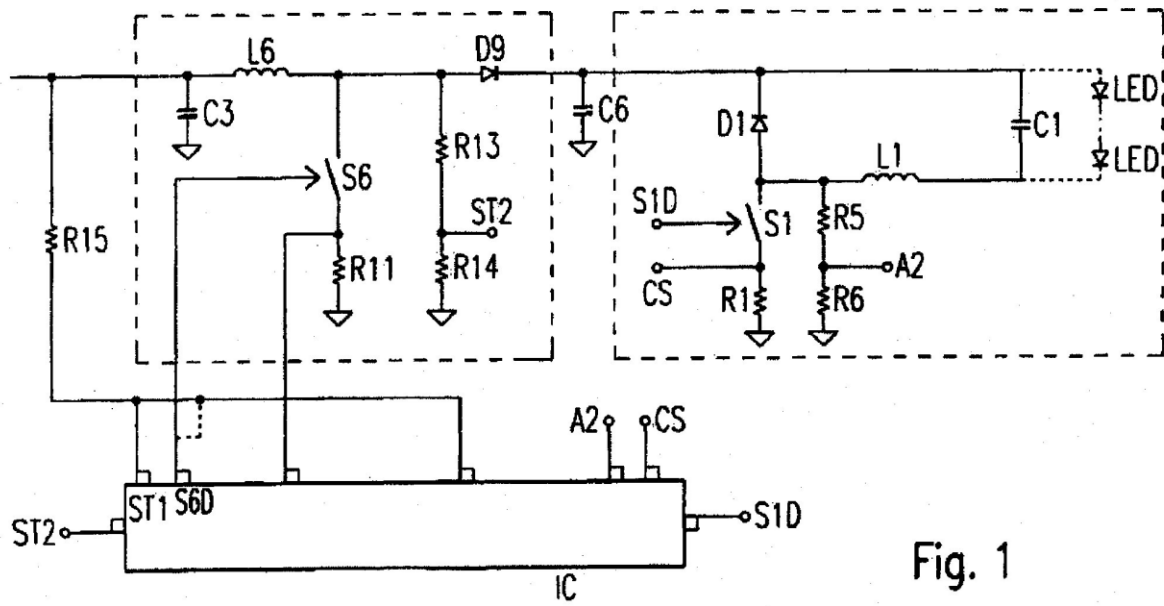


Fig. 1

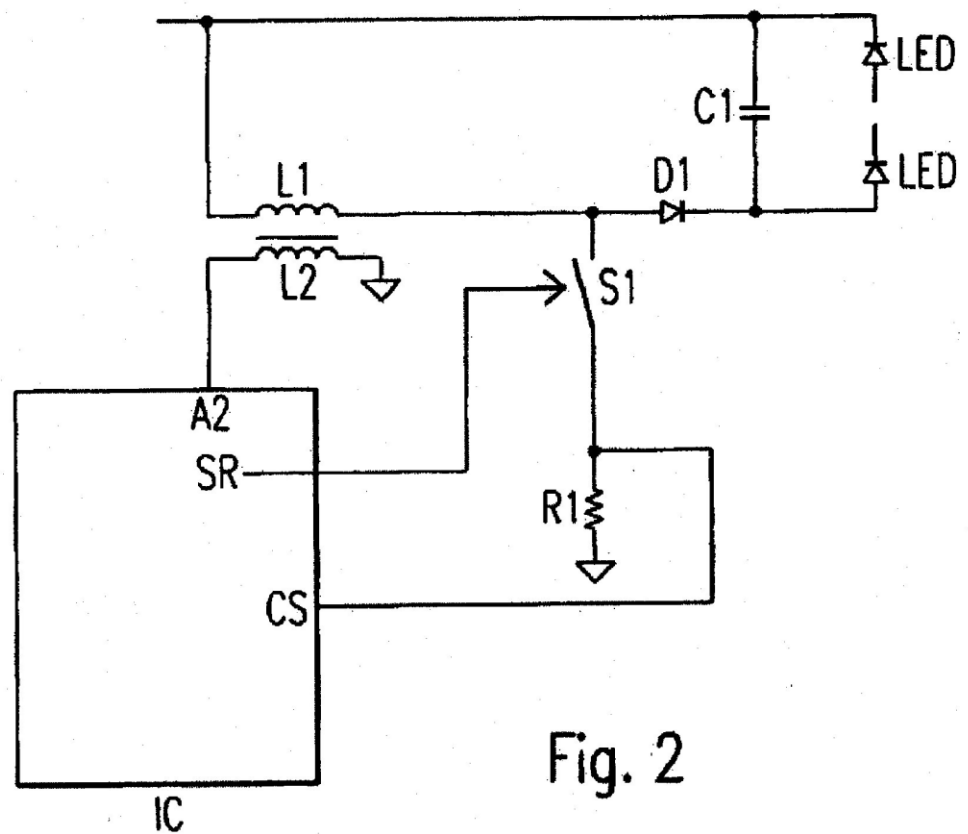
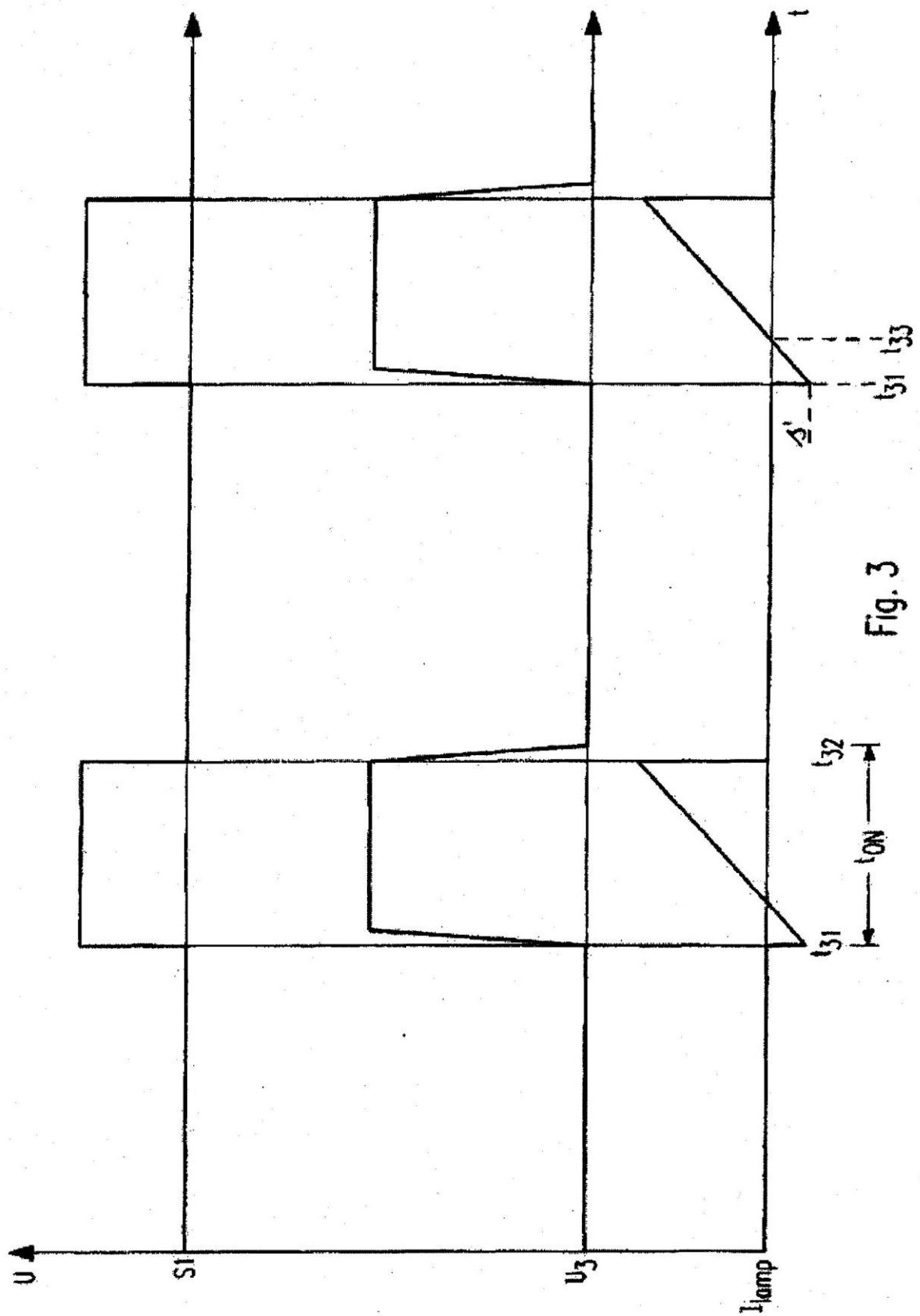


Fig. 2



10

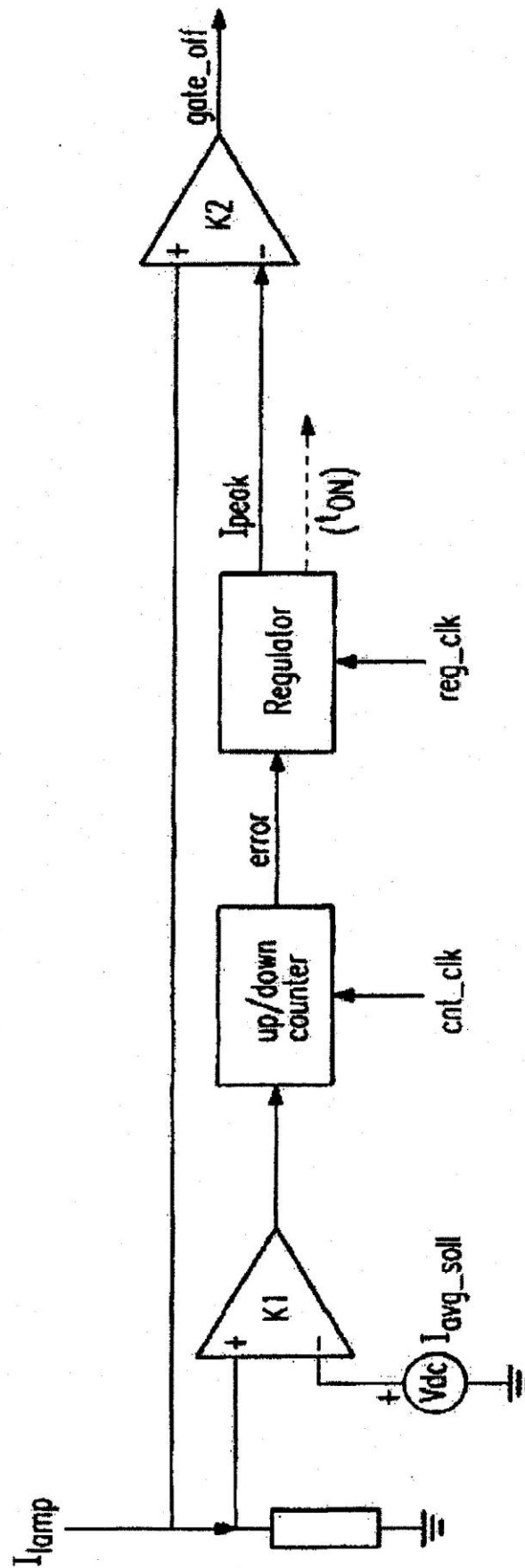


Fig. 4

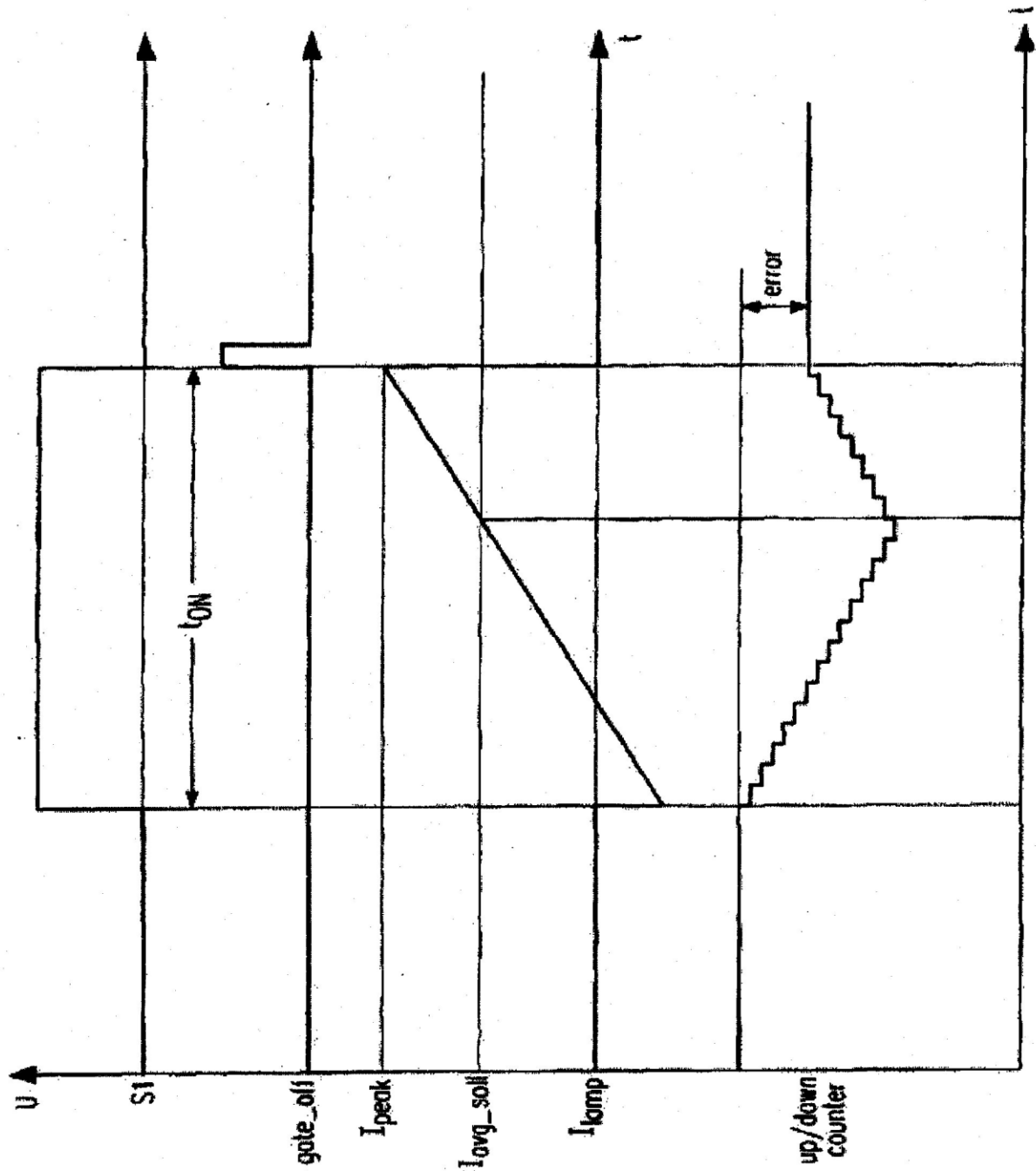


Fig. 5