

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
21. April 2016 (21.04.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2016/058021 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*H02M 3/335* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2015/050260
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
19. Oktober 2015 (19.10.2015)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
102014221101.8 17. Oktober 2014 (17.10.2014) DE  
GM35/2015 2. Februar 2015 (02.02.2015) AT
- (71) Anmelder: TRIDONIC GMBH & CO KG [AT/AT];  
Färbergasse 15, 6851 Dornbirn (AT).
- (72) Erfinder: DUENSER, Mathias; Stallehr 2a, 6700  
Bludenz (AT).
- (74) Anwalt: BARTH, Alexander; Tridonic GmbH & Co KG,  
Färbergasse 15, 6851 Dornbirn (AT).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: OPERATING CIRCUIT FOR ENERGIZING A LAMP, LED CONVERTER, AND METHOD FOR OPERATING AN OPERATING CIRCUIT

(54) Bezeichnung : BETRIEBSSCHALTUNG ZUR VERSORGUNG EINES LEUCHTMITTELS, LED-KONVERTER UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BETRIEBSSCHALTUNG

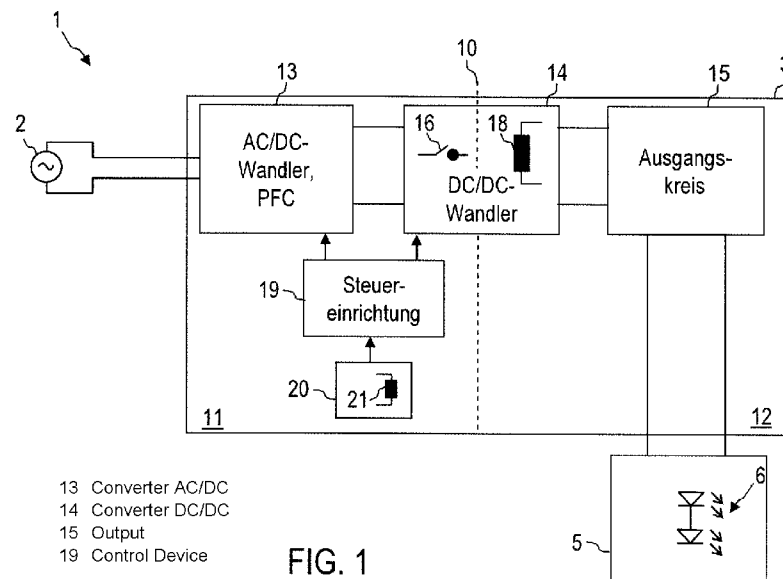


FIG. 1

(57) Abstract: An operating circuit for energizing a lamp (5) comprising at least one light emitting diode (6) has a primary side (11) and a secondary side (12) that is electrically isolated from the primary side. The operating circuit comprises a clocked converter (14) that has a primary coil and a secondary coil (18). The operating circuit further comprises a detection device (20) for determining an output voltage ( $V_{out}$ ) of the operating circuit; the detection device (20) comprises an inductor (21) which is located on the primary side (11) of the operating circuit and which is inductively coupled to the secondary coil (18).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2016/058021 A2

---

Eine Betriebsschaltung zur Versorgung eines Leuchtmittels (5), das wenigstens eine Leuchtdiode (6) umfasst, weist eine Primärseite (11) und eine davon galvanisch getrennte Sekundärseite (12) auf. Die Betriebsschaltung umfasst einen getakteten Wandler (14), der eine Primärspule und eine Sekundärspule (18) umfasst. Die Betriebsschaltung umfasst eine Erfassungseinrichtung (20) zum Bestimmen einer Ausgangsspannung ( $V_{out}$ ) der Betriebsschaltung, wobei die Erfassungseinrichtung (20) eine an der Primärseite (11) der Betriebsschaltung angeordnete Induktivität (21), die induktiv mit der Sekundärspule (18) gekoppelt ist, umfasst.

**Betriebsschaltung zur Versorgung eines Leuchtmittels, LED-Konverter  
und Verfahren zum Betreiben einer Betriebsschaltung**

- 5 Die Erfindung betrifft eine Betriebsschaltung zur Versorgung eines Leuchtmittels, einen LED-Konverter und ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Betriebsschaltung. Die Erfindung betrifft insbesondere derartige Vorrichtungen und Verfahren, bei denen ein Leuchtmittel, insbesondere ein Leuchtmittel, das ein oder mehrere Leuchtdioden umfasst, mit einer Betriebsschaltung, die eine  
10 Potentialtrennung aufweist, mit Energie versorgt wird.

Wandler mit Potentialtrennung dienen zur galvanisch entkoppelten Übertragung von elektrischer Energie von einer Eingangsseite zu einer Ausgangsseite. Derartige Wandler werden in verschiedenen Anwendungen zur Strom- oder Spannungsversorgung, wie beispielsweise in getakteten Schaltnetzteilen, eingesetzt.  
15 Bei getakteten Wandlern werden steuerbare Schalter, die in Form von Leistungsschaltern ausgestaltet sein können, verwendet und getaktet betrieben, um elektrische Energie auf die Ausgangsseite zu übertragen. Eine galvanisch entkoppelte Energieübertragung kann durch Verwendung eines Transformators  
20 oder anderen Übertragers erzielt werden. Eine derartige Potentialtrennung wird beispielsweise aus Sicherheitsgründen bei Betriebsgeräten für Leuchtmittel gefordert, um einen ELV („Extra-Low Voltage“)-Bereich durch eine Potentialbarriere von Bereichen mit höherer Spannung zu trennen.

- 25 Zur Steuerung oder Regelung des Wandlers kann Information über eine Ausgangsspannung des Wandlers benötigt werden. Bei primärseitig getakteten Wandlers kann dies dadurch erreicht werden, dass die Ausgangsspannung an einer Sekundärseite des Wandlers erfasst und über die Potentialbarriere zur Primärseite übertragen wird. Hierzu können Optokoppler verwendet werden.  
30 Dies führt zu erhöhten Kosten und erhöhtem Aufwand.

Es besteht ein Bedarf an Vorrichtungen und Verfahren, bei denen der schaltungstechnische Aufwand und/oder die Kosten, die bei herkömmlichen Vorrichtungen zum Überbrücken einer Potentialbarriere verbunden sind, reduziert oder

vermieden werden können. Es besteht ein Bedarf an derartigen Vorrichtungen und Verfahren, die eine Steuerung oder Regelung der Ausgangsleistung im laufenden Betrieb ermöglichen.

- 5 Nach Ausführungsbeispielen werden eine Betriebsschaltung, ein LED-Konverter und ein Verfahren mit den in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Merkmalen angegeben. Die abhängigen Ansprüche definieren Ausführungsformen.
- 10 Nach Ausführungsbeispielen der Erfindung wird eine Induktivität auf einer Primärseite einer Betriebsschaltung verwendet, um eine Ausgangsspannung der Betriebsschaltung für ein Leuchtmittel zu erfassen. Die Induktivität ist induktiv mit einer Sekundärspule eines Wandlers der Betriebsschaltung gekoppelt.
- 15 Die Induktivität kann beispielsweise eine von der Primärspule des Wandlers verschiedene Wicklung umfassen.

Zur Bestimmung der Ausgangsspannung kann ein Maximalwert der Spannung an der Induktivität in wenigstens einem Schaltzyklus des getakteten Wandlers

20 erfasst werden. Von dem Maximalwert kann eine Spannungskorrektur subtrahiert werden, um die Ausgangsspannung zu ermitteln. Die Spannungskorrektur kann von einem Ausgangsstrom der Betriebsschaltung abhängen. Die Spannungskorrektur kann von einem differentiellen Widerstand einer Diode und von dem Ausgangsstrom abhängen.

25

Nach einem Ausführungsbeispiel wird eine Betriebsschaltung zur Versorgung eines Leuchtmittels, das wenigstens eine Leuchtdiode umfasst, angegeben. Die Betriebsschaltung weist eine Primärseite und eine davon galvanisch getrennte Sekundärseite auf. Die Betriebsschaltung umfasst einen getakteten

30 Wandler. Die Betriebsschaltung umfasst eine Erfassungseinrichtung zum Bestimmen einer Ausgangsspannung der Betriebsschaltung, wobei die Erfassungseinrichtung eine an der Primärseite des Wandlers angeordnete Induktivität umfasst, die induktiv mit einer Sekundärspule der Sekundärseite des Wandlers gekoppelt ist.

Es kann somit eine mit der Induktivität an der Primärseite erfasste Spannung verarbeitet werden, um die Ausgangsspannung zu bestimmen. Eine Erfassung der Ausgangsspannung in der sekundärseitigen Schaltung und Rückführung über die SELV-Barriere ist nicht mehr unbedingt erforderlich. Eine Leistungsregelung kann abhängig von der auf der Primärseite mit der Induktivität erfassten Spannung erfolgen, ohne dass die Ausgangsspannung in der sekundärseitigen Schaltung erfasst werden muss.

Die Erfassungseinrichtung kann eingerichtet sein, um die Ausgangsspannung abhängig von der Spannung an der Induktivität und abhängig von einem Ausgangsstrom der Betriebsschaltung zu bestimmen. Dadurch kann ein etwaiger Spannungsabfall zwischen der Sekundärspule und einem Ausgang der Betriebsschaltung berücksichtigt werden.

Die Erfassungseinrichtung kann eingerichtet sein, um die Ausgangsspannung abhängig von einem Maximalwert der Spannung an der Induktivität und abhängig von dem Ausgangsstrom zu bestimmen. Der Maximalwert kann jeweils in wenigstens jedem zweiten Schaltzyklus des getakteten Wandlers bestimmt werden. Die Erfassungseinrichtung kann eingerichtet sein, um die Ausgangsspannung als Differenz zwischen dem Maximalwert der Spannung und einer von dem Ausgangsstrom abhängigen Spannungskorrektur zu bestimmen.

Eine Diode kann zwischen der Sekundärspule und einem Ausgang der Betriebsschaltung vorgesehen sein. Die Spannungskorrektur kann ein Produkt des Ausgangsstroms und eines differenziellen Widerstands der Diode sein.

Die Betriebsschaltung kann einen Transformator zum Erfassen des Ausgangsstroms umfassen. Der Transformator kann wenigstens eine sekundärseitige Induktivität, die zwischen die Sekundärspule und die Diode geschaltet ist, und eine damit induktiv gekoppelte primärseitige Induktivität umfassen.

Die Betriebsschaltung kann eingerichtet sein, um wenigstens einen steuerbaren Schalter des Wandlers abhängig von der bestimmten Ausgangsspannung getaktet zu schalten.

Die Betriebsschaltung kann eingerichtet sein, um eine Schaltfrequenz und/oder einen Schaltschwellenwert für den wenigstens einen steuerbaren Schalter abhängig von der Ausgangsspannung einzustellen.

- 5 Die Betriebsschaltung kann für eine Leistungsregelung und/oder eine Leistungslimitierung einer Ausgangsleistung der Betriebsschaltung abhängig von der Ausgangsspannung eingerichtet sein.

10 Die Induktivität, die induktiv mit der Sekundärspule gekoppelt ist, kann von einer Primärspule des Wandlers verschieden sein.

Der Wandler kann ein primärseitig getakteter LLC-Resonanzwandler mit Halbbrückensteuerung sein.

- 15 Ein LED-Konverter nach einem Ausführungsbeispiel umfasst die Betriebsschaltung nach einem Ausführungsbeispiel.

20 Ein System nach einem Ausführungsbeispiel umfasst den LED-Konverter nach einem Ausführungsbeispiel und ein Leuchtmittel, das mit dem Ausgang der Betriebsschaltung verbunden ist. Das Leuchtmittel umfasst wenigstens eine Leuchtdiode.

25 Nach einem Ausführungsbeispiel wird ein Verfahren zum Betreiben einer Betriebsschaltung zur Versorgung eines Leuchtmittels, das wenigstens eine Leuchtdiode umfasst, angegeben. Die Betriebsschaltung weist eine Primärseite und eine davon galvanisch getrennte Sekundärseite auf. Das Verfahren umfasst ein getaktetes Schalten wenigstens eines steuerbaren Schalters eines Wandlers. Das Verfahren umfasst ein Bestimmen einer Ausgangsspannung der Betriebsschaltung abhängig von einer Spannung an einer Induktivität an der  
30 Primärseite des Wandlers, wobei die Induktivität induktiv mit einer Sekundärspule der Sekundärseite des Wandlers gekoppelt ist.

Bei dem Verfahren kann die Ausgangsspannung abhängig von der Spannung an der Induktivität und abhängig von einem Ausgangsstrom der Betriebsschal-

tung bestimmen werden. Dadurch kann ein etwaiger Spannungsabfall zwischen der Sekundärspule und einem Ausgang der Betriebsschaltung berücksichtigt werden.

- 5 Bei dem Verfahren kann die Ausgangsspannung abhängig von einem Maximalwert der Spannung an der Induktivität und abhängig von dem Ausgangsstrom bestimmt werden. Der Maximalwert kann jeweils in wenigstens jedem zweiten Schaltzyklus des getakteten Wandlers bestimmt werden.
- 10 Bei dem Verfahren kann die Ausgangsspannung als Differenz zwischen dem Maximalwert der Spannung und einer von dem Ausgangsstrom abhängigen Spannungskorrektur bestimmt werden.

15 Eine Diode kann zwischen der Sekundärspule und einem Ausgang der Betriebsschaltung vorgesehen sein. Die Spannungskorrektur kann ein Produkt des Ausgangsstroms und eines differentiellen Widerstands der Diode sein.

20 Das Verfahren kann ein Erfassen des Ausgangsstroms unter Verwendung eines Transformators umfassen. Der Transformator kann wenigstens eine sekundärseitige Induktivität, die zwischen die Sekundärspule und die Diode geschaltet ist, und eine damit induktiv gekoppelte primärseitige Induktivität umfassen.

25 Der wenigstens eine steuerbare Schalter des Wandlers kann abhängig von der bestimmten Ausgangsspannung getaktet geschaltet werden.

Eine Schaltfrequenz und/oder ein Schaltschwellenwert für ein Schalten des wenigstens einen steuerbaren Schalters kann abhängig von der Ausgangsspannung eingestellt werden.

30

Der wenigstens eine steuerbare Schalter kann so getaktet geschaltet werden, dass eine Leistungsregelung und/oder eine Leistungslimitierung einer Ausgangsleistung der Betriebsschaltung abhängig von der Ausgangsspannung erfolgt.

Die Induktivität, die induktiv mit der Sekundärspule gekoppelt ist, kann von einer Primärspule des Wandlers verschieden sein.

Das Verfahren kann von der Betriebsschaltung oder dem LED-Konverter nach  
5 einem Ausführungsbeispiel automatisch ausgeführt werden.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele näher erläutert.

10 FIG. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Beleuchtungssystems mit einem LED-Konverter nach einem Ausführungsbeispiel.

FIG. 2 zeigt ein Schaltbild einer Betriebsschaltung nach einem Ausführungsbeispiel.

15

FIG. 3 zeigt ein Schaltbild einer Betriebsschaltung nach einem weiteren Ausführungsbeispiel.

20 FIG. 4 zeigt ein Schaltbild einer Betriebsschaltung nach einem weiteren Ausführungsbeispiel.

FIG. 5 zeigt ein Schaltbild einer Betriebsschaltung nach einem weiteren Ausführungsbeispiel.

25 FIG. 6 illustriert eine auf einer Primärseite eines Wandlers erfasste Spannung zum Bestimmen der Ausgangsspannung.

FIG. 7 illustriert die Bestimmung der Ausgangsspannung abhängig von der auf der Primärseite erfassten Spannung.

30

FIG. 8 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens nach einem Ausführungsbeispiel.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Figuren näher beschrieben, in denen identische Bezugszeichen identische oder korrespondierende Elemente repräsentieren. Die Merkmale verschiedener Ausführungsbeispiele können miteinander kombiniert werden, sofern dies in der Beschreibung nicht ausdrücklich ausgeschlossen wird. Auch wenn einige Ausführungsbeispiele im Kontext spezifischer Anwendungen, beispielsweise im Kontext von Betriebsgeräten für LED-Module, näher beschrieben werden, sind die Ausführungsbeispiele nicht auf diese Anwendungen beschränkt.

10

FIG. 1 zeigt ein System 1, bei dem ein LED-Konverter 3 nach einem Ausführungsbeispiel ein Leuchtmittel 5 mit Energie versorgt. Das Leuchtmittel 5 kann eine Leuchtdiode (LED) oder mehrere LEDs umfassen. Die LEDs 6 können anorganische oder organische LEDs sein.

15

Der LED-Konverter 3 ist im Betrieb eingangsseitig mit einer Versorgungsspannungsquelle 2, beispielsweise einer Netzspannung, gekoppelt. Der LED-Konverter 3 kann einen Gleichrichter 13 umfassen. Der LED-Konverter 3 kann optional eine Leistungsfaktorkorrekturschalung (PFC, „Power Factor Correction“) 13 umfassen. Der LED-Konverter 3 umfasst einen Wandler 14. Der Wandler 11 kann ein DC/DC-Wandler sein

20

Der Wandler 14 ist als getakteter Wandler ausgestaltet und weist einen steuerbaren Schalter 16 auf. Der steuerbare Schalter 16 kann ein Leistungsschalter sein. Der steuerbare Schalter 16 kann ein Transistor mit isolierter Gateelektrode sein. Der steuerbare Schalter 16 kann ein MOSFET sein. Wie noch ausführlich beschrieben wird, ist der Wandler 14 ein primärseitig getakteter Wandler, bei dem eine Steuereinrichtung 19 den steuerbaren Schalter 16 getaktet schaltet. Während in Figur 1 schematisch nur ein steuerbarer Schalter 16 dargestellt ist, kann der Wandler 14 auch mehrere primärseitige steuerbare Schalter aufweisen, beispielsweise für eine Halbbrückensteuerung des Wandlers 14.

25

30

Der Wandler 14 kann eine galvanische Trennung aufweisen. Eine Primärseite des Wandlers 14 und eine Sekundärseite des Wandlers 14 können galvanisch

getrennt sein. Dadurch kann eine Potentialtrennung zwischen unterschiedlichen Bereichen 11, 12 des LED-Konverters erzeugt werden. Die Ausgangsseite 12 mit der Sekundärseite des Wandlers kann als SELV („Separated Extra Low Voltage“)-Bereich ausgestaltet sein und kann durch eine SELV-Barriere 10  
5 von der Eingangsseite 13 getrennt sein. Die Potentialbarriere 10 muss nicht notwendig eine SELV-Barriere sein, sondern kann auch eine andere Potentialbarriere sein.

Der LED-Konverter 3 kann optional einen Ausgangskreis 15 aufweisen, der mit  
10 einer Sekundärspule 18 des Wandlers 14 gekoppelt ist.

Der LED-Konverter 3 ist eingerichtet, um eine Ausgangsspannung am Ausgang des LED-Konverters 3 durch eine Spannungsmessung zu bestimmen, die an der Primärseite 11 durchgeführt wird. Dazu kann die Betriebsschaltung des  
15 LED-Konverters 3 eine Einrichtung 20 zum Bestimmen der Ausgangsspannung umfassen. Die Einrichtung 20 umfasst eine Induktivität 21, die auf der Primärseite 11 der Betriebsschaltung angeordnet ist und somit galvanisch von dem Ausgang der Betriebsschaltung getrennt ist. Die Induktivität 21 ist induktiv mit der Sekundärspule 18 des Wandlers 14 gekoppelt.

20

Wie noch ausführlicher beschrieben wird, kann eine Spannung an der Induktivität 20 erfasst und weiter verarbeitet werden, um die Ausgangsspannung zu bestimmen. Es kann ein Maximalwert der Spannung an der Induktivität 20 erfasst werden. Der Maximalwert der Spannung an der Induktivität 20 selbst oder  
25 eine daraus abgeleitete Größe kann als Kenngröße für die Ausgangsspannung verwendet werden. Beispielsweise kann von dem Maximalwert der Spannung an der Induktivität 20, die in einem oder mehreren Schaltzyklen des getakteten Wandlers 14 erfasst wird, ein Korrekturterm subtrahiert werden. Der Korrekturterm kann von einem Ausgangsstrom des LED-Konverters 3 abhängen.

30

Die Induktivität 21 kann von einer (in FIG. 1 nicht dargestellten) Primärspule des Wandlers 14 verschieden sein. Die Einrichtung 20 kann so eingerichtet sein, dass die primärseitige Spannungserfassung nicht an der Primärspule des Wandlers 14 selbst erfolgt, sondern an einer davon verschiedenen Induktivität

21. Das Risiko einer Verfälschung aufgrund von Streuinduktivitäten kann somit verringert werden. Die Ausgangsspannung kann zuverlässiger ermittelt werden.

Die Induktivität 21 kann eng gekoppelt zu der Primärspule und der Sekundärspule des Wandlers 14 angeordnet sein. Die Induktivität 21 kann auf demselben Transformator Kern angeordnet sein wie die Sekundärspule 18 und die Primärspule des Wandlers 14.

Die Einrichtung 20 kann einen Spannungsteiler zum Abgreifen der Spannung an der Induktivität 21 umfassen. Der Spannungsteiler kann ein Ohmscher Spannungsteiler sein.

Wie in FIG. 1 schematisch dargestellt ist, kann bei dem LED-Konverter 3 die Ausgangsspannung bestimmt werden, ohne dass dafür eine Messung auf der SELV-Seite durchgeführt werden muss und/oder ohne dass ein entsprechendes Messergebnis über die SELV-Barriere zurückgeführt werden muss. Die Steuereinrichtung 19 kann so eingerichtet, dass sie abhängig von einer primärseitig gemessenen Spannung die Ausgangsspannung des LED-Konverters 3 bestimmen und beispielsweise für eine Leistungsregelung verwenden kann.

20

FIG. 2 ist ein Schaltbild einer Betriebsschaltung 39 nach einem Ausführungsbeispiel. Die Betriebsschaltung 39 umfasst einen Wandler mit einer primärseitigen Schaltung 40 und einer sekundärseitigen Schaltung 50. Es liegt Potentialtrennung zwischen der primärseitigen Schaltung 40 und der sekundärseitigen Schaltung 50 vor. Zur Trennung kann ein Transformator mit einer Primärspule 17 und einer Sekundärspule 18 vorgesehen sein.

Der Wandler kann als LLC-Resonanzwandler ausgestaltet sein. Die Hauptinduktivität des Transformators kann als eine der Induktivitäten des LLC-Resonanzkreises wirken. Ein separates induktives Element 43 oder eine Streuinduktivität des Transformators kann als weitere Induktivität des LLC-Resonanzkreises wirken. Ein kapazitives Element oder eine Streukapazität kann eine Kapazität des LLC-Resonanzkreises bilden. Gemäß der allgemeinen Terminologie in diesem technischen Gebiet wird hier der Begriff „LLC-

30

Resonanzkreis“ oder „LLC-Resonanzwandler“ so verwendet, dass damit ein Resonanzkreis mit zwei Induktivitäten und einer Kapazität oder ein entsprechender Wandler bezeichnet wird, wobei es nicht darauf ankommt, ob wie in FIG. 2 dargestellt eine der Induktivitäten zwischen die Kapazität 45 und die Induktivität 43 geschaltet ist oder ob der Kondensator zwischen die beiden Induktivitäten geschaltet ist. Ebenso kann die Induktivität 43 in die Primärspule 17 des Transformators als Streuinduktivität integriert sein.

Der Wandler kann ein DC/DC-Wandler sein. Die sekundärseitige Schaltung 50 kann ein SELV-Bereich sein, der durch eine SELV-Barriere 10 vom primärseitigen Bereich getrennt ist. Die primärseitige Schaltung kann alle Komponenten beinhalten, die nicht zum SELV-Bereich gehören.

Die primärseitige Schaltung 40 umfasst eine Halbbrückenschaltung mit einem ersten Schalter 41, der ein Leistungsschalter sein kann, und einem zweiten Schalter 42, der ein Leistungsschalter sein kann. Der erste Schalter 41 und der zweite Schalter 42 können identisch sein, und die Halbbrückenschaltung kann als symmetrische Halbbrückenschaltung ausgebildet sein. Der Resonanzkreis ist mit einem Knoten zwischen dem ersten Schalter 41 und dem zweiten Schalter 42 verbunden. Der Resonanzkreis ist mit der Mitte der Halbbrückenschaltung zwischen den zwei Schaltern 41 und 42 verbunden. Ein erster Anschluss der ersten Induktivität 43 des LLC-Resonanzkreises kann mit dem Knoten zwischen dem ersten Schalter 41 und dem zweiten Schalter 42 der Halbbrückenschaltung verbunden sein. Ein zweiter Anschluss der ersten Induktivität 43 kann mit einem ersten Anschluss einer weiteren Induktivität des LLC-Resonanzkreises verbunden sein. Ein zweiter Anschluss der weiteren Induktivität kann mit der Kapazität 45 des Resonanzkreises verbunden sein.

Im Betrieb des Wandlers 39 steuert die Steuereinrichtung 19 den ersten Schalter 41 und den zweiten Schalter 42. Dabei kann jeder der Schalter jeweils mit derselben vorgegebenen Frequenz ein- und ausgeschaltet werden. Die Steuereinrichtung 19 kann den ersten Schalter 41 und den zweiten Schalter 42 so steuern, dass immer maximal einer der beiden Schalter leitend geschaltet ist. Der erste Schalter 41 und der zweite Schalter 42 können von der Steuereinrichtung

tung 19 wechselseitig getaktet betrieben werden. Eine Totzeit zwischen dem Ausschalten eines Schalters und dem Einschalten des jeweils anderen Schalters kann klein sein, insbesondere viel kleiner als das Inverse der Schaltfrequenz.

5

Die primärseitige Schaltung 40 ist so ausgestaltet, dass eine Spannung  $V_{\text{sns}}$  erfasst werden kann, die an der Induktivität 21 induziert wird. Die Induktivität 21 ist von der Primärspule 17 verschieden, so dass die Spannungserfassung nicht unmittelbar an der Primärspule 17 erfolgt. Die Induktivität 21 ist induktiv mit der  
10 Sekundärspule 18 gekoppelt.

Die sekundärseitige Schaltung 50 weist einen mit der Sekundärspule 18 verbundenen Gleichrichter auf, der beispielsweise durch eine erste Diode 51 und eine zweite Diode 52 gebildet sein kann. Ein Ausgangskondensator 53 kann  
15 vorgesehen sein. Der Ausgangskondensator 53 kann direkt oder über eine optional vorhandene Induktivität 54 mit einem Ausgang 55 der Betriebsschaltung gekoppelt sein.

Eine mit dem Ausgang 55 der Betriebsschaltung verbundene Last 5 kann eine  
20 LED, eine LED-Strecke, mehrere LEDs oder mehrere LED-Strecken umfassen. Die LEDs können LEDs eines LED-Moduls sein.

Die Ausgangsspannung am Ausgang 55 der Betriebsschaltung wird basierend auf der in der primärseitigen Schaltung 40 erfassten Spannung  $V_{\text{sns}}$  bestimmt. Die in der primärseitigen Schaltung 40 an der Induktivität 21 erfasste  
25 Spannung  $V_{\text{sns}}$  wird der Steuereinrichtung 19 zugeführt. Die in der primärseitigen Schaltung 40 an der Induktivität 21 erfasste Spannung  $V_{\text{sns}}$  kann A/D-gewandelt werden, bevor sie der Steuereinrichtung 19 zugeführt wird.

30 Wenn die Schalter 41, 42 der Halbbrückenschaltung geschaltet werden, wird Energie übertragen, bis der Kondensator 53 geladen ist. Die Last 5 klemmt die Spannung am Kondensator 53 auf einen Wert, der der Vorwärtsspannung der LEDs des Leuchtmittels entspricht. Die Spannung an der Sekundärspule entspricht der Ausgangsspannung der Schaltung minus der über den Gleichrich-

terdioden 51, 52 abfallenden Spannung.

Entsprechend können aus dem Maximalwert der Spannung, die beim Schalten der Schalter 41, 42 an der Sekundärspule 18 auftritt, Informationen über die  
5 Ausgangsspannung am Ausgang 55 abgeleitet werden. Dazu wird der Maximalwert der Spannung an der Induktivität 21 beispielsweise über einen Spannungsteiler 22 erfasst.

Der Spannungsteiler 22 kann ein hochohmiger Spannungsteiler sein. Der  
10 Spannungsteiler 22 kann ein Ohmscher Spannungsteiler mit wenigstens zwei Widerständen 23, 24 sein. Eine Diode 25 kann optional parallel zu einem Widerstand 24 des Spannungsteilers vorgesehen sein. Die Diode 25 kann dem Schutz eines nachfolgenden A/D-Wandlers und/oder einer nachfolgenden integrierten Halbleiterschaltung, beispielsweise der Steuereinrichtung 19, dienen,  
15 um negativen Spannungen in der zweiten Schaltphase auf eine Minimalspannung zu begrenzen. Im Falle von negativen Spannungen wird die Spannung auf die Durchflussspannung der Diode begrenzt.

Die Spannung  $V_{\text{sns}}$  am Widerstand 24 kann, optional nach A/D-Wandlung,  
20 der Steuereinrichtung 19 zugeführt werden.

Um die Ausgangsspannung der Betriebsschaltung 39 zu bestimmen, kann die Vorwärtsspannung der Gleichrichterioden 31, 32 berücksichtigt werden. Die Ausgangsspannung kann ermittelt werden als

25

$$V_{\text{out}} = V_{\text{sns}} - V_{\text{c}}(I_{\text{out}}) \quad (1)$$

wobei  $V_{\text{sns}}$  der Maximalwert der über den Spannungsteiler 22 an der Induktivität 21 erfassten Spannung und  $V_{\text{c}}(I_{\text{out}})$  ein vom Ausgangsstrom der Betriebs-  
30 schaltung abhängiger Korrekturterm ist.

Die Ausgangsspannung kann beispielsweise bestimmt werden als

$$V_{\text{out}} = V_{\text{sns}} - R_{\text{diff}} \cdot I_{\text{out}} \quad (2)$$

wobei  $R_{\text{diff}}$  der differenzielle Widerstand der Gleichrichterdiode 51, 52 ist.

Bei der Bestimmung der Ausgangsspannung kann für den Ausgangsstrom  $I_{\text{out}}$  der Sollwert einer Stromregelung verwendet werden. Alternativ kann der Ausgangsstrom  $I_{\text{out}}$  auch mit einem weiteren Transformator gemessen werden, wie unter Bezugnahme auf FIG. 3 näher beschrieben wird.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen kann die Spannung an den Gleichrichterdiode 51, 52 vernachlässigt und der Korrekturterm  $V_c(I_{\text{out}})$  in Gleichung (1) gleich Null gesetzt werden.

Die Ausgangsspannung, die anhand der Spannung an der Induktivität 21 ermittelt wird, kann für unterschiedliche Zwecke eingesetzt werden. Beispielsweise können Fehlerzustände wie ein Kurzschluss am Ausgang 55 oder ein offener Ausgang 55 oder eine Überspannung am Ausgang 55 erkannt werden. Es kann eine Notabschaltung oder eine Leistungslimitierung der Ausgangsleistung abhängig von der Spannung an der Induktivität 21 erfolgen.

Die Spannung an der Induktivität 21 kann auch als Regelgröße für eine Leistungsregelung verwendet werden. Eine Regelung der Ausgangsleistung der Betriebsschaltung kann so mit der primärseitig erfassten Spannung an der Induktivität 21 erfolgen.

FIG. 3 ist ein Schaltbild einer Betriebsschaltung nach einem weiteren Ausführungsbeispiel.

Die Betriebsschaltung ist derart eingerichtet, dass ein Ausgangsstrom der Betriebsschaltung durch eine Messung bestimmt werden kann. Es ist ein Transformator für die Strommessung vorgesehen, der wenigstens eine Induktivität 61, 62 umfasst. Die wenigstens eine Induktivität 61, 62 kann zwischen die Sekundärspule 18 und die Gleichrichterdiode 51, 52 geschaltet sein. Es kann eine erste Induktivität 61 im Pfad zwischen der Sekundärspule 18 und der Gleichrichterdiode 51 vorhanden sein. Es kann eine zweite Induktivität 62 im Pfad

zwischen der Sekundärspule 18 und der Gleichrichterdiode 52 vorhanden sein.

Die erste Induktivität 61 und die zweite Induktivität 62 können über die Potenti-  
albarriere induktiv mit einer Induktivität 63 des Transformators für die Strom-  
messung gekoppelt sein. Die Induktivität 63 ist auf der Primärseite der Be-  
triebsschaltung vorgesehen. Die Induktivität kann über einen Gleichrichter 64  
5 und einen Widerstand mit einem Kondensator 65 verbunden sein. Ein weiterer  
Widerstand 66 kann parallel zu dem Kondensator 65 geschaltet sein. Die  
Spannung am Kondensator 65 ist proportional zum Ausgangsstrom und stellt  
10 einen Messwert  $I_{\text{sns}}$  dar, der auf der Primärseite der Betriebsschaltung er-  
fassbar ist und den Ausgangsstrom repräsentiert.

Der Gleichrichter 64 kann beispielsweise auch als aktiver Gleichrichter ausge-  
bildet sein. Der aktive Gleichrichter kann beispielsweise durch vier aktive  
15 Gleichricht-Schalter, beispielsweise MOSFET oder Bipolartransistoren, gebildet  
werden. Die Steuereinrichtung 19 kann eine erste Diagonale des aktiven  
Gleichrichters synchron mit dem ersten Schalter 41 des Wandlers 14 akti-  
viert/deaktiviert, und wobei die Steuereinrichtung 19 eine zweite Diagonale des  
aktiven Gleichrichters synchron mit dem zweiten Schalter 42 des Wandlers 14  
20 aktiviert/deaktiviert, und wobei jeweils nur die erste oder die zweite Diagonale  
aktiv ist. Hinsichtlich der Anordnung und des Funktion dieser Variante wird auf  
die DE 102014214744.1 und insbesondere die Fig. 6 und dazugehörige Be-  
schreibung verweisen.

25 In einer alternativen Variante kann der aktive Gleichrichter auch durch zwei  
aktive Gleichrichter-Schalter gebildet werden. Die Schaltung mit zwei Gleich-  
richter-Schaltern kann derart ausgelegt sein, dass die Steuereinrichtung 19 die  
Induktivität 63 des Transformators durch Ansteuern eines ersten Gleichrichter-  
Schalters synchron mit dem zweiten Schalter 42 des Wandlers 14 oder durch  
30 Ansteuern eines zweiten Gleichrichter-Schalters synchron mit einem ersten  
Schalter 41 des Wandlers 14 mit Masse verbinden kann. Hinsichtlich der An-  
ordnung und des Funktion dieser Variante wird auf die DE 102014214746.8  
und insbesondere die Fig. 6 und dazugehörige Beschreibung verweisen.

Der Messwert  $I_{\text{sns}}$ , der den Ausgangsstrom der Betriebsschaltung repräsentiert, kann in Kombination mit der an der Induktivität 63 erfassten Spannung  $V_{\text{sns}}$  verwendet werden, um die Ausgangsspannung der Betriebsschaltung zu bestimmen. Beispielsweise kann die Ausgangsspannung gemäß Gleichung (2)  
5 bestimmt werden.

Die Betriebsschaltung kann optional eine Kapazität 58 und/oder wenigstens eine Induktivität 56, 57 an der Sekundärseite umfassen. Diese Komponenten können auch weggelassen werden. Beispielsweise kann abhängig davon, ob  
10 die Betriebsschaltung als Konstantstromquelle oder als Konstantspannungsquelle betrieben werden soll, die Induktivität 56, 57 weggelassen werden.

Bei den Schaltungen, wie sie unter Bezugnahme auf FIG. 2 und FIG. 3 näher beschrieben wurden, kann die Spannung  $V_{\text{sns}}$  jeweils abgetastet werden, um  
15 einen Maximalwert der Spannung an der Induktivität 21 zu bestimmen. Die Diode 25 klemmt eine negative Spannung ab, so dass die Bestimmung des Maximalwerts in jeder zweiten Halbwelle bei positiven Spannungen ausgeführt werden kann. Von dem jeweils bestimmten Maximalwert kann optional ein vom Ausgangsstrom der Betriebsschaltung abhängiger Korrekturterm subtrahiert  
20 werden, um die Ausgangsspannung zu ermitteln.

Zum Bestimmen des Maximalwerts der Spannung an der Induktivität 21, die über den Spannungsteiler 22 gemessen wird, kann jeweils eine A/D-Wandlung und digitale Weiterverarbeitung erfolgen.  
25

Bei weiteren Ausgestaltungen kann ein Kondensator parallel zum Widerstand 22 vorgesehen sein, wie unter Bezugnahme auf FIG. 4 näher erläutert wird.

FIG. 4 ist ein Schaltbild einer Betriebsschaltung nach einem weiteren Ausführungsbeispiel. Die Einrichtung zum Bestimmen der Ausgangsspannung umfasst einen Kondensator 26, der parallel zu einem Widerstand 24 des Spannungsteilers 22 geschaltet ist. Zwischen dem Spannungsteiler 22 und der Induktivität 21 ist eine Diode 27 vorgesehen. Der Kondensator 26 ist parallel zu einem der Widerstände des Spannungsteilers 22 geschaltet, beispielsweise  
30

parallel zu dem Widerstand 24.

Der Kondensator 26 wird in einer Phase jedes Schaltzyklus jeweils über die Diode 27 und den Widerstand 23 geladen. Der Kondensator 26 dient zur Tiefpassfilterung. Am Kondensator 26 liegt eine Spannung an, die den Maximalwert der Spannung an der Induktivität 21 repräsentiert. Wenn sich die Ausgangsspannung der Betriebsschaltung ändert, kann sich der Kondensator 26 langsam über den Widerstand 24 entladen, bis die Spannung am Kondensator 26 erneut einen die Ausgangsspannung der Betriebsschaltung repräsentierenden Wert aufweist.

Die Spannung am Kondensator 26 ist eine Gleichspannung, die die Maximalspannung der an der Induktivität 21 induzierten Spannung repräsentiert. Diese Spannung kann der Steuereinrichtung 19 zugeführt werden. Eine zeitliche Abtastung und Bestimmung des Maximalwerts der Spannung muss nicht mehr unbedingt ausgeführt werden.

FIG. 5 ist ein Schaltbild einer Betriebsschaltung nach einem weiteren Ausführungsbeispiel. Die Einrichtung zum Bestimmen der Ausgangsspannung umfasst einen Kondensator 26, der parallel zu dem Spannungsteiler 22 geschaltet ist. Zwischen dem Kondensator 26 und der Induktivität 21 ist eine Diode 27 vorgesehen.

Der Kondensator 26 wird in einer Phase jedes Schaltzyklus jeweils über die Diode 27 geladen. Am Kondensator 26 liegt eine Spannung an, die den Maximalwert der Spannung an der Induktivität 21 repräsentiert. Wenn sich die Ausgangsspannung der Betriebsschaltung ändert, kann sich der Kondensator 26 langsam über die Widerstände 23, 24 entladen, bis die Spannung am Kondensator 26 erneut einen die Ausgangsspannung der Betriebsschaltung repräsentierenden Wert aufweist.

Die Spannung am Kondensator 26 ist eine Gleichspannung, die die Maximalspannung der an der Induktivität 21 induzierten Spannung repräsentiert. Diese Spannung kann über den Spannungsteiler 22 der Steuereinrichtung 19 zuge-

führt werden. Eine zeitliche Abtastung und Bestimmung des Maximalwerts der Spannung muss nicht mehr unbedingt ausgeführt werden.

FIG. 6 zeigt eine beispielhafte Spannung  $V_{\text{sns}}$  am Widerstand 24, wie sie beispielsweise mit den Schaltungen von FIG. 2 oder FIG. 3 erfasst werden kann. Die Diode 25 klemmt negative Halbwellen bei einer negativen Klemmspannung 73 ab. Die Spannung  $V_{\text{sns}}$  am Widerstand 24 weist einen zeitabhängigen Verlauf auf. Ein Maximalwert 71 der Spannung in der positiven Halbwelle repräsentiert einen Wert, der geringfügig größer als die Ausgangsspannung 72 der Betriebsschaltung ist.

Der Maximalwert 71 der Spannung kann durch Abtastung nach D/A-Wandlung oder durch Tiefpassfilterung wie unter Bezugnahme auf FIG. 4 beschrieben ermittelt werden.

Der Maximalwert 71 der Spannung an der Induktivität 21 kann selbst als Maß für die Ausgangsspannung verwendet werden oder kann um einen Korrekturterm, der von dem Ausgangsstrom der Betriebsschaltung abhängt, korrigiert werden.

FIG. 7 zeigt eine vergrößerte Darstellung der Spannung an der Induktivität 21, die über den Spannungsteiler 22 erfasst wird. Von dem Maximalwert 71 kann ein Korrekturterm 74 subtrahiert werden, um die Ausgangsspannung 72 zu ermitteln. Der Korrekturterm 74 kann vom Ausgangsstrom abhängig sein und kann insbesondere proportional zum Ausgangsstrom sein. Der Korrekturterm 74 kann die über die Gleichrichterdiode 51, 52 abfallende Spannung berücksichtigen.

Die Ausgangsspannung, die über die an der Induktivität 21 abfallende Spannung bestimmt wird, kann auf unterschiedliche Weise bei der Steuerung oder Regelung verwendet werden. Die an der Induktivität 21 abfallende Spannung oder eine daraus abgeleitete Größe kann als Regelgröße einer Leistungsgeschleife verwendet werden, mit der die Ausgangsleistung der Betriebsschaltung geregelt wird. Die an der Induktivität 21 abfallende Spannung oder eine

daraus abgeleitete Größe kann zur Detektion von Fehlerzuständen, beispielsweise zur Detektion eines Kurzschlusses am Ausgang 55, eines offenen Ausgangs 55 oder einer Überspannung am Ausgang 55, verwendet werden.

- 5 FIG. 8 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens 80 nach einem Ausführungsbeispiel.

Bei Schritt 81 wird wenigstens ein Schalter eines Wandlers getaktet geschaltet.

- 10 Bei Schritt 82 wird eine Spannung an einer Induktivität 21 auf der Primärseite der Betriebsschaltung erfasst. Die Induktivität 21 ist induktiv mit der Sekundärspule 18 des Wandlers gekoppelt. Die Induktivität 21 ist von der Primärspule des Wandlers verschieden. Die erfasste Spannung kann ein Maximalwert der Spannung an der Induktivität 21 sein, die über einen Spannungsteiler 22 abgegriffen wird.
- 15

- Bei Schritt 83 wird basierend auf der erfassten Spannung die Ausgangsleistung der Betriebsschaltung ermittelt. Dazu kann ein Korrekturterm, der vom Ausgangsstrom abhängt, von dem erfassten Maximalwert der Spannung an der Induktivität 21 subtrahiert werden. Der Korrekturterm kann abhängig von einem Sollwert einer Stromregelschleife bestimmt werden. Der Korrekturterm kann bestimmt werden, indem der tatsächliche Ausgangsstrom erfasst wird, beispielsweise über einen weiteren Transformator 61, 62, 63. Aus der Ausgangsspannung und dem Ausgangsstrom kann die Ausgangsleistung ermittelt werden.
- 20
- 25

- Bei Schritt 84 kann überprüft werden, ob die Ausgangsleistung in einem zulässigen Bereich liegt. Dazu kann ermittelt werden, ob die Ausgangsleistung größer als ein erster Schwellenwert und/oder kleiner als ein zweiter Schwellenwert ist. Der zweite Schwellenwert kann größer als der erste Schwellenwert sein. Falls die Ausgangsleistung in dem zulässigen Bereich liegt, kann das Verfahren zu Schritt 81 zurückkehren.
- 30

Falls bei Schritt 84 ermittelt wird, dass die Ausgangsleistung nicht in dem zu-

lässigen Bereich liegt, kann bei Schritt 85 eine Prozedur zur Leistungslimitierung ausgeführt werden. Beispielsweise kann die Leistungslimitierung derart erfolgen, dass die Ausgangsleistung immer größer als der erste Schwellenwert oder wenigstens gleich dem ersten Schwellenwert bleibt. Dazu kann beispielweise ein Dimmen zu niedrigeren Strömen verhindert oder der Ausgangsstrom wieder auf eine höhere Stromstärke geregelt werden, falls die Ausgangsleistung für die ermittelte Ausgangsspannung bereits gleich dem ersten Schwellenwert ist. Alternativ oder zusätzlich kann die Leistungslimitierung derart erfolgen, dass die Ausgangsleistung immer kleiner als der zweite Schwellenwert oder maximal gleich dem zweiten Schwellenwert bleibt. Dazu kann beispielweise ein Dimmen zu höheren Strömen verhindert oder der Ausgangsstrom wieder auf eine niedrigere Stromstärke geregelt werden, falls die Ausgangsleistung für die ermittelte Ausgangsspannung bereits gleich dem zweiten Schwellenwert ist.

Während Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Figuren beschrieben wurden, können Abwandlungen bei weiteren Ausführungsbeispielen realisiert werden. Während die Maximalspannung, die an einer mit der Sekundärspule des Transformators induktiv gekoppelten Induktivität auftritt, als Indikator für die Ausgangsspannung der Betriebsschaltung verwendet werden kann, können auch andere Kenngrößen zur Ermittlung der Ausgangsspannung verwendet werden.

Induktivitäten oder Kapazitäten können jeweils durch entsprechende induktive oder kapazitive Elemente, beispielsweise als Spulen oder Kondensatoren, gebildet werden. Es ist jedoch auch möglich, dass kleinere Induktivitäten, beispielsweise die kleinere Induktivität des LLC-Resonanzkreises, als Streuinduktivität ausgebildet sind. Ähnlich können kleinere Kapazitäten als Streukapazitäten ausgebildet sein.

Wandler und Verfahren nach Ausführungsbeispielen können insbesondere zur Versorgung eines Leuchtmittels, das LEDs umfasst, eingesetzt werden.

**PATENTANSPRÜCHE**

- 5 1. Betriebsschaltung zur Versorgung eines Leuchtmittels (5), das wenigstens eine Leuchtdiode (6) umfasst, wobei die Betriebsschaltung eine Primärseite (11) und eine davon galvanisch getrennte Sekundärseite (12) aufweist, und wobei die Betriebsschaltung umfasst:
- 10 einen getakteten Wandler (14), der eine Primärspule (17) und eine Sekundärspule (18) umfasst, und
- eine Erfassungseinrichtung (20) zum Bestimmen einer Ausgangsspannung ( $V_{out}$ ) der Betriebsschaltung, wobei die Erfassungseinrichtung (20) eine an der Primärseite (11) der Betriebsschaltung angeordnete Induktivität (21), die induktiv mit der Sekundärspule (18) gekoppelt ist, umfasst.
- 15
2. Betriebsschaltung nach Anspruch 1,
- wobei die Erfassungseinrichtung (20) eingerichtet ist, um die Ausgangsspannung abhängig von der Spannung an der Induktivität (21) und abhängig von einem Ausgangsstrom ( $I_{out}$ ) der Betriebsschaltung zu bestimmen.
- 20
3. Betriebsschaltung nach Anspruch 2,
- wobei die Erfassungseinrichtung (20) eingerichtet ist, um die Ausgangsspannung ( $V_{out}$ ) abhängig von einem Maximalwert der Spannung an der Induktivität (21) und abhängig von dem Ausgangsstrom zu bestimmen.
- 25
4. Betriebsschaltung nach Anspruch 3,
- wobei die Erfassungseinrichtung eingerichtet ist, um die Ausgangsspannung ( $V_{out}$ ) als Differenz zwischen dem Maximalwert (71) der Spannung und einer von dem Ausgangsstrom abhängigen Spannungskorrektur (74) zu bestimmen.
- 30
5. Betriebsschaltung nach Anspruch 4,
- wobei eine Diode (51, 52) zwischen der Sekundärspule (18) und einem Ausgang (55) der Betriebsschaltung vorgesehen ist,
- 35 wobei die Spannungskorrektur (74) ein Produkt des Ausgangsstroms

- ( $I_{out}$ ) und eines differentiellen Widerstands der Diode ist.
6. Betriebsschaltung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, umfassend einen Transformator (61, 62, 63) zum Erfassen des Ausgangsstroms ( $I_{out}$ ).
7. Betriebsschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Betriebsschaltung eingerichtet ist, um wenigstens einen steuerbaren Schalter (41, 42) des Wandlers (14) abhängig von der bestimmten Ausgangsspannung ( $V_{out}$ ) getaktet zu schalten.
8. Betriebsschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Betriebsschaltung für eine Leistungsregelung und/oder eine Leistungslimitierung einer Ausgangsleistung der Betriebsschaltung abhängig von der bestimmten Ausgangsspannung ( $V_{out}$ ) eingerichtet ist.
9. Betriebsschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Induktivität (21) von der Primärspule (17) verschieden ist.
10. Betriebsschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Wandler (14) ein primärseitig getakteter LLC-Resonanzwandler (14) mit Halbbrückensteuerung ist.
11. LED-Konverter, umfassend eine Betriebsschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
12. Verfahren zum Betreiben einer Betriebsschaltung zur Versorgung eines Leuchtmittels (5), das wenigstens eine Leuchtdiode (6) umfasst, wobei die Betriebsschaltung eine Primärseite (11) und eine davon galvanisch getrennte Sekundärseite (12) aufweist, und wobei das Verfahren umfasst:
- getaktetes Schalten wenigstens eines steuerbaren Schalters eines Wandlers (14), der eine Primärspule (17) und eine Sekundärspule (18) umfasst, und
- Bestimmen einer Ausgangsspannung ( $V_{out}$ ) der Betriebsschaltung ab-

hängig von einer Spannung an einer Induktivität (21), wobei die Induktivität (21) auf der Primärseite (11) angeordnet und induktiv mit der Sekundärspule (18) gekoppelt ist.

- 5 13. Verfahren nach Anspruch 12,  
wobei die Ausgangsspannung ( $V_{out}$ ) der Betriebsschaltung abhängig von der Spannung an der Induktivität (21) und abhängig von einem Ausgangsstrom ( $I_{out}$ ) der Betriebsschaltung bestimmt wird.
- 10 14. Verfahren nach Anspruch 12 oder Anspruch 13,  
wobei die Induktivität (21) von der Primärspule (17) verschieden ist.
- 15 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14,  
das von der Betriebsschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 10 oder  
15 von dem LED-Konverter (3) nach Anspruch 11 ausgeführt wird.

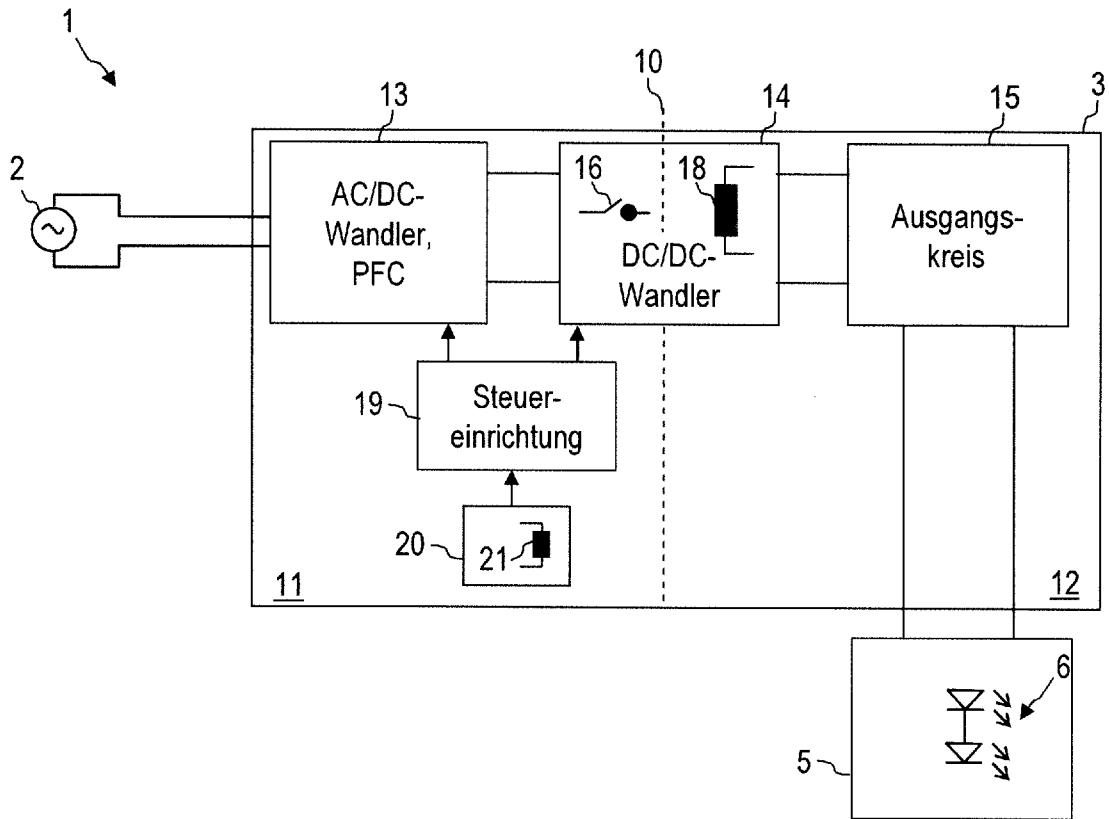


FIG. 1

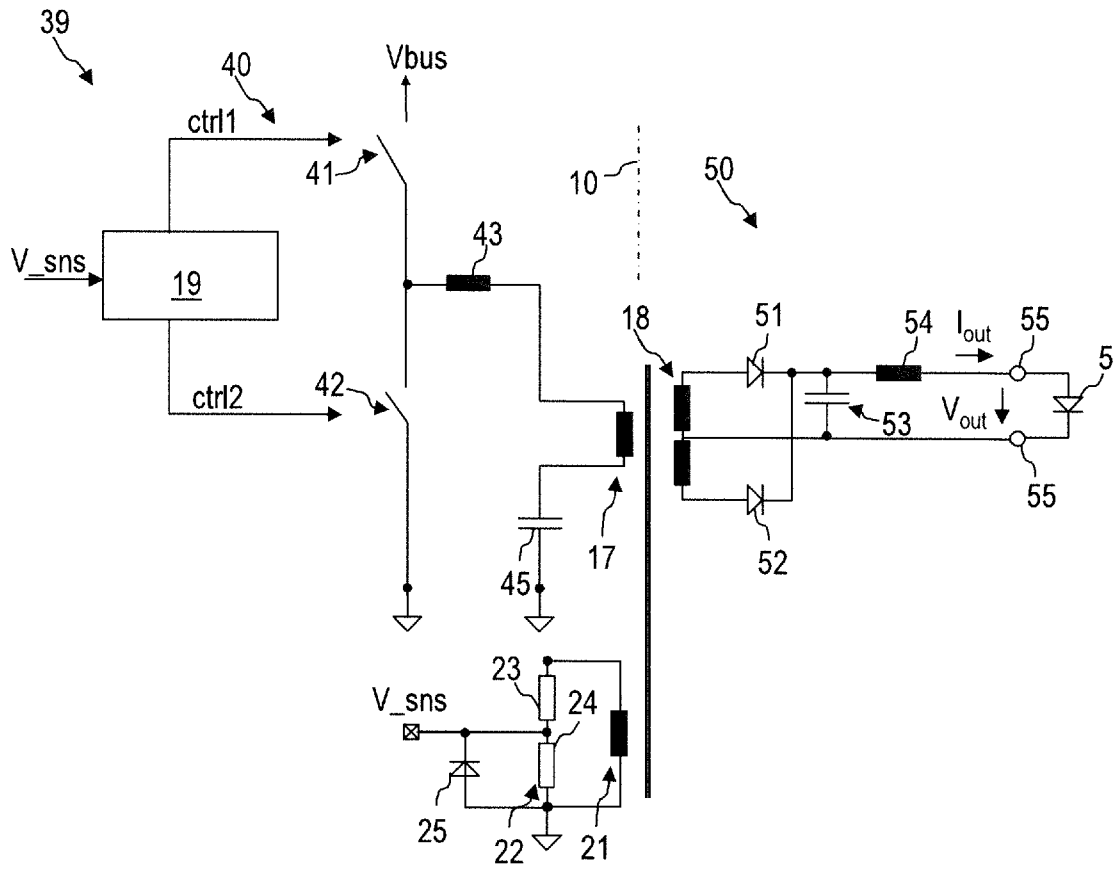


FIG. 2

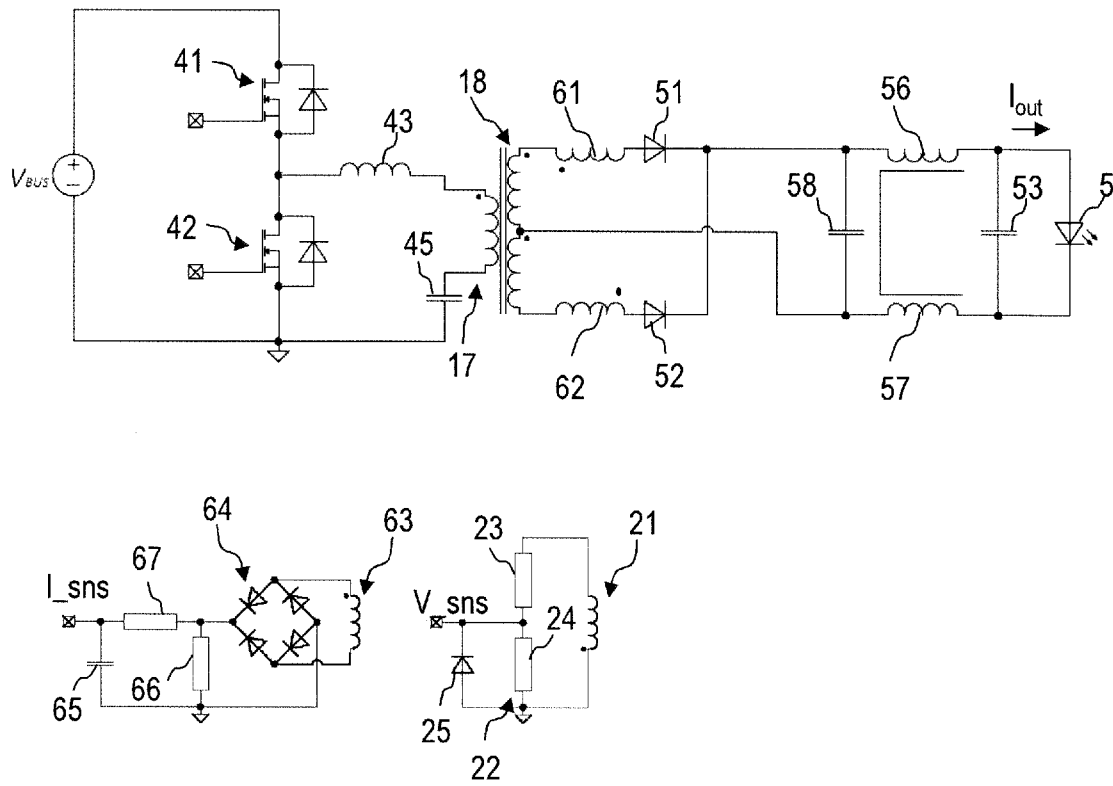


FIG. 3

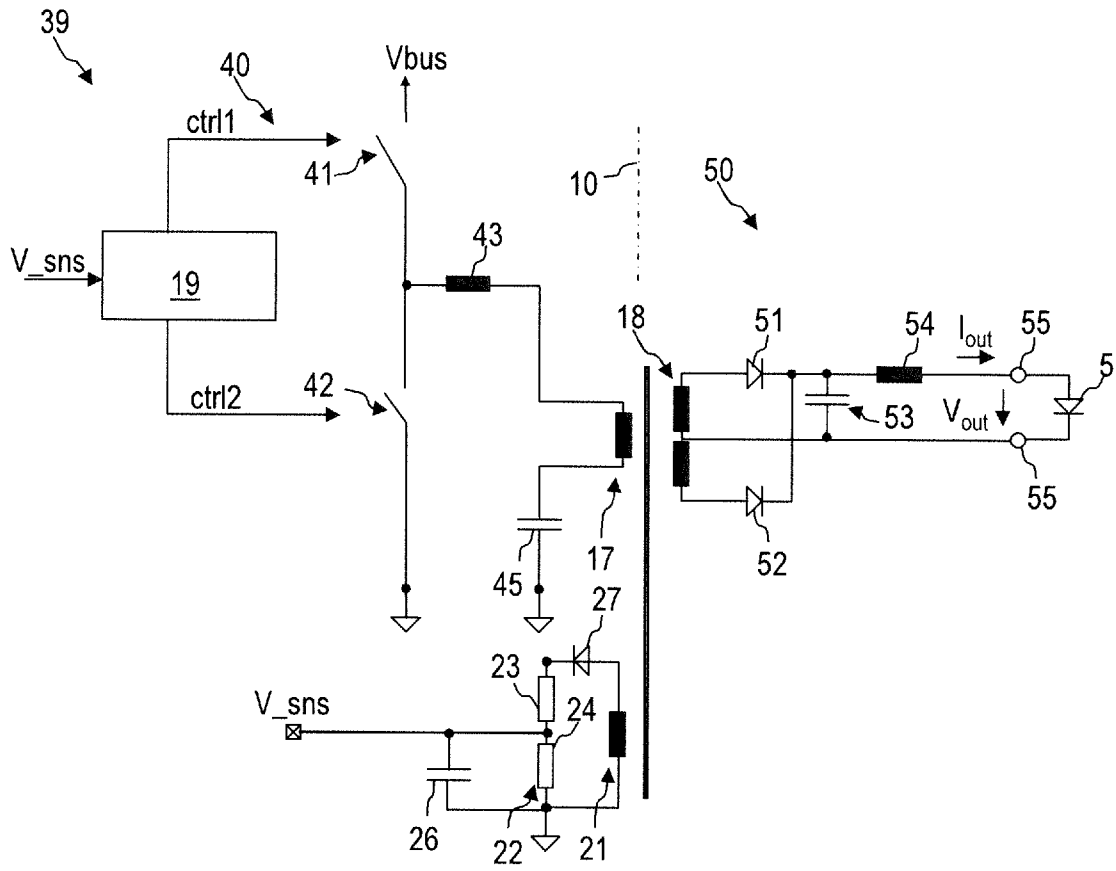


FIG. 4

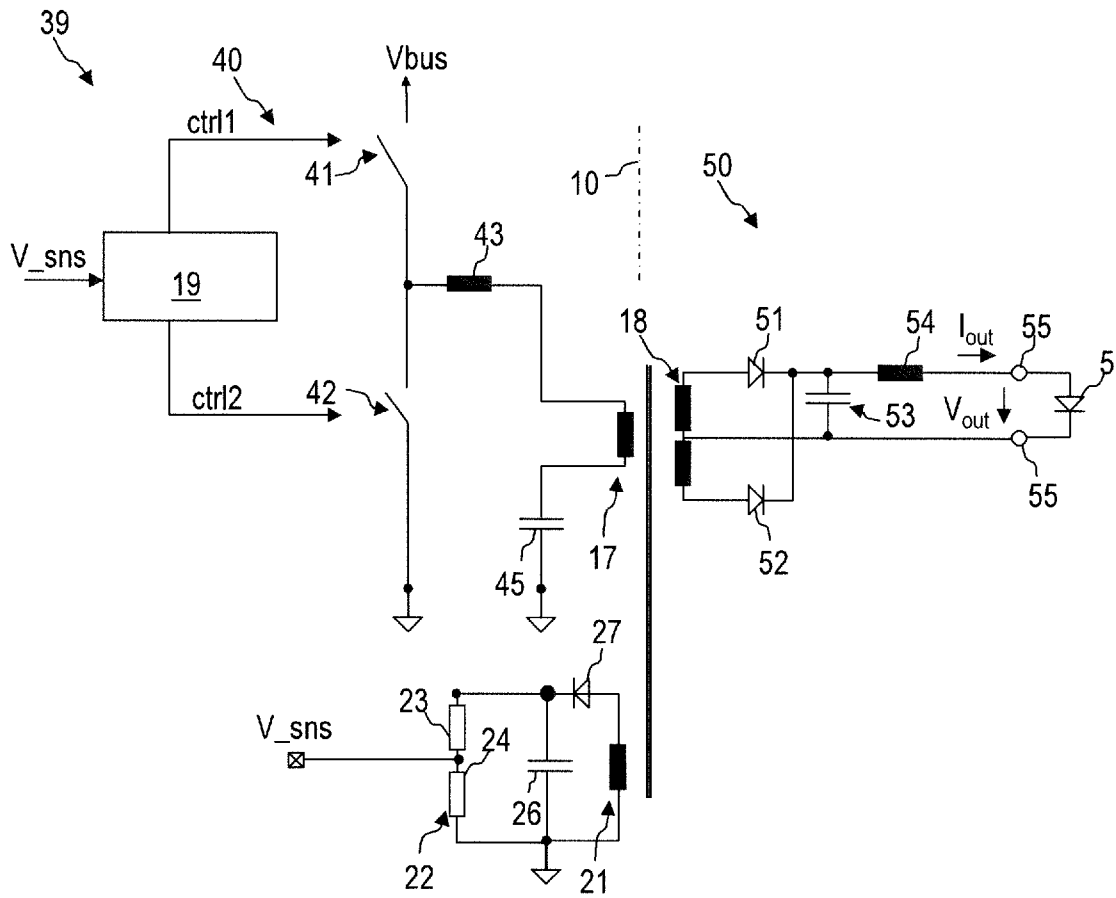


FIG. 5

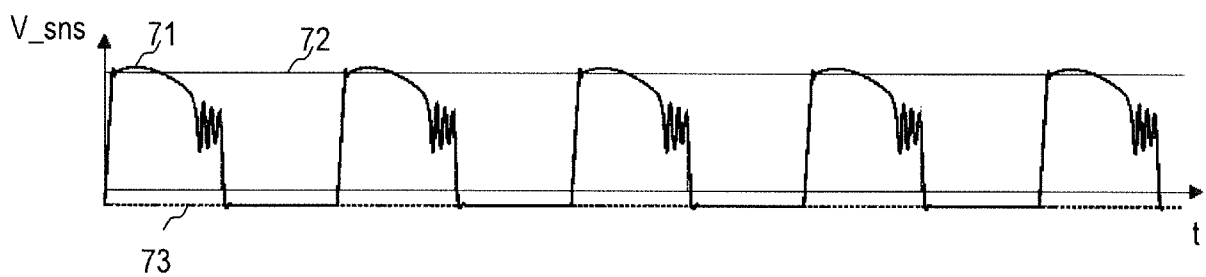


FIG. 6

6/6

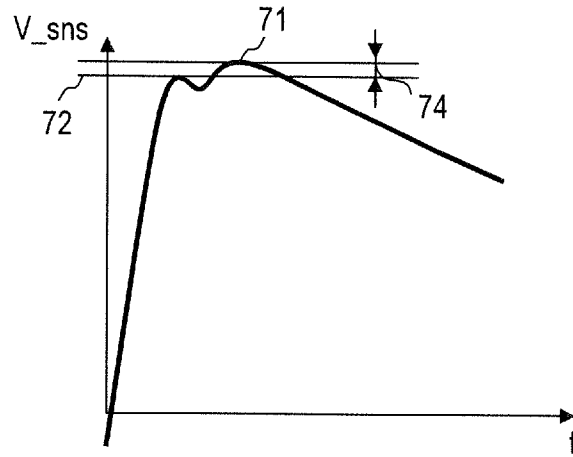


FIG. 7

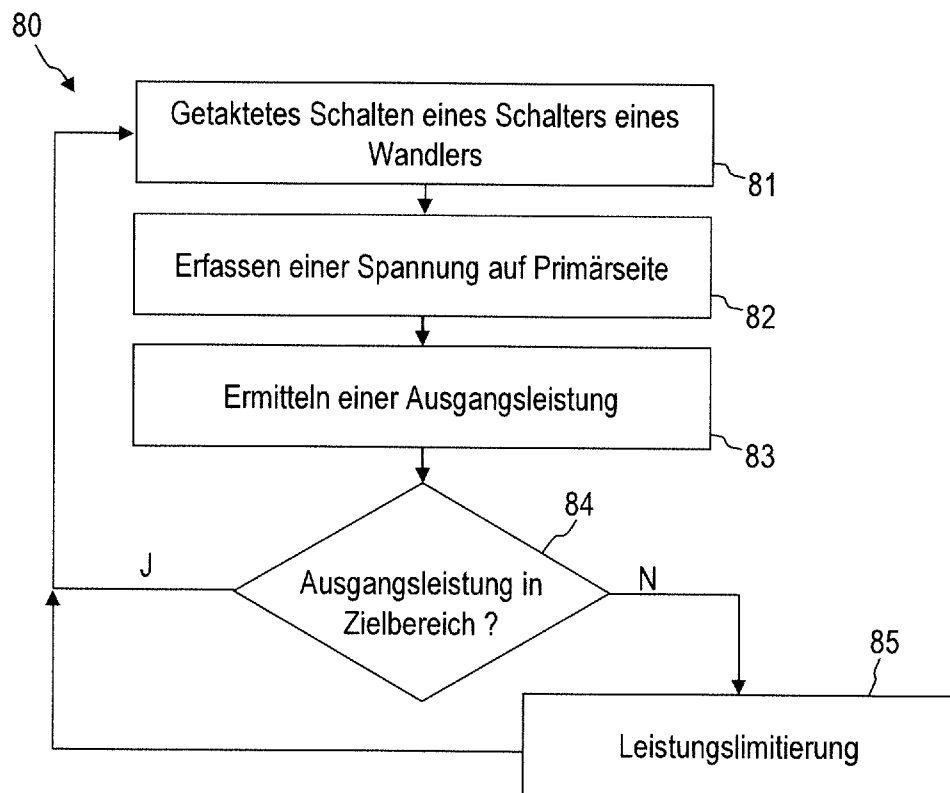


FIG. 8