(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 526 741 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.04.2014 Patentblatt 2014/18

(21) Anmeldenummer: **10779504.9**

(22) Anmeldetag: **08.11.2010**

(51) Int Cl.:
H05B 41/292 *(2006.01)* ***H05B 41/288*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/066966

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2012/062346 (18.05.2012 Gazette 2012/20)

(54) SCHALTUNGSANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR SCHNELLEN KOMMUTIERUNG BEIM RECHTECKBETRIEB VON HOCHDRUCKENTLADUNGSLAMPEN

CIRCUIT ARRANGEMENT AND METHOD FOR RAPID COMMUTATION DURING SQUARE WAVE OPERATION OF HIGH-PRESSURE DISCHARGE LAMPS

AGENCEMENT DE CIRCUITS ET PROCÉDÉ POUR LA COMMUTATION RAPIDE DE LAMPES À DÉCHARGE SOUS HAUTE PRESSION EN RÉGIME RECTANGULAIRE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.11.2012 Patentblatt 2012/48

(73) Patentinhaber: **OSRAM GmbH**
80807 München (DE)

(72) Erfinder: **KAESTLE, Herbert**
83278 Traunstein (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2007/003171
DE-A1-102004 020 397
DE-A1-102007 060 035
DE-A1-102008 016 888
DE-A1-102009 016 579
US-A- 5 589 739
US-A- 5 608 294

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).

EP 2 526 741 B1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung und Verfahren zur schnellen Kommutierung beim Rechteckbetrieb von Hochdruckentladungslampen. Die Erfindung betrifft insbesondere einen elektronisch gesteuerten Betrieb von Hochdruckentladungslampen mit schneller Kommutierungssequenz.

Hintergrund

[0002] Die Erfindung geht aus von einer Schaltungsanordnung zur schnellen Kommutierung beim Rechteckbetrieb von Hochdruckentladungslampen nach der Gattung des Hauptanspruchs.

[0003] Zum Betrieb von Hochdruckentladungslampen, insbesondere von Hochdruckentladungslampen mit einem keramischen Entladungsgefäß, wird meist eine relativ niederfrequente rechteckförmige Lampenstromversorgung mit schneller Kommutierung verwendet. Hochdruckentladungslampen haben in der Regel zwei im Entladungsgefäß gegenüber angebrachte stabförmige Elektroden, die zur Konditionierung des Bogenansatzes oft mit gewendelten Aufsätzen bestückt sind. Die Stromkommutierung dient zur Verhinderung der einseitigen Elektrodenabnutzung und muss mit hinreichend schneller Umpolung bewerkstelligt werden, damit die Lampe während der Kommutierung nicht erlöscht.

[0004] Aus der DE 10 2009 016 579 A1 ist eine Schaltungsanordnung zum Betrieb einer Hochdruckentladungslampe bekannt, die eine Halbbrücke aufweist, bei der der obere und der untere Schalter zum Zwecke der Begradigung des Entladungsbogens unabhängig voneinander ansteuerbar sind.

[0005] Aus der DE 10 2008 016 888 A1 ist eine Schaltungsanordnung zum Betrieb einer Hochdruckentladungslampe bekannt, die einen Speicherkondensator zum Erhöhen der Kommutierspannung des Inverters der Schaltungsanordnung aufweist.

[0006] Aus der WO 2007 / 00 31 71 A1 ist eine Schaltungsanordnung zum Betreiben einer Hochdruckentladungslampe bekannt, die eine Regelschaltung aufweist, die in der Nähe des Nulldurchgangs der Versorgungsspannung Strompulse formt, um den Betrieb der Hochdruckentladungslampe zu stabilisieren.

[0007] Bei Standard-Hochdruckentladungslampen liegt die Kommutierungszeit typischerweise im Bereich kleiner 100 µs.

[0008] Die Kommutierfrequenz wird im Allgemeinen so gewählt, dass einerseits die kurzzeitigen Diskontinuitäten während des Kommutierungsvorgangs sich nicht als Flackern im Licht zeigen und anderseits die akustischen Emissionen sowohl von der heißen Lampe als auch von dem betreibenden Betriebsgerät möglichst nicht in den hörbaren Bereich fallen.

[0009] Diese Anforderung lässt sich am besten mit einer Kommutierfrequenz im Bereich zwischen 50 Hz und 200 Hz realisieren.

[0010] Die besten Ergebnisse erzielt man, wenn man die Kommutierfrequenz bei 100 Hz (europäisch) oder bei 120Hz (amerikanisch) auf das Netz synchronisiert und sich damit die niederfrequenten und leicht sichtbaren Mischungsmoden zwischen dem allfälligen 100 Hz-Ripple beziehungsweise 120Hz-Ripple der Netzversorgung und den Schwankungen der Kommutierungsübergänge unterdrücken lassen.

[0011] Die Kommutierfrequenz sollte aber auch nicht über den Audiohörbereich bei mehr als 20 kHz gelegt werden, damit beim Betrieb der Lampe die akustischen Eigenresonanzen des Entladungsbogens, die bei gängigen Lampengeometrien im Bereich zwischen 20 kHz und 150 kHz liegen, nicht willkürlich angeregt werden.

[0012] Eine resonante Anregung des Lichtbogens würde in den meisten Fällen zu Bogenfluktuation und Bogeninstabilitäten führen, die zum Flackern, letztlich zum Erlöschen oder gar zur Zerstörung der Lampe führen können.

[0013] Eine weitere Randbedingung zum rechteckigen Betrieb einer Hochdruckentladungslampe ist die Minimierung des hochfrequenten Ripples auf dem rechteckförmigen Lampenstrom, damit hierdurch die akustischen Moden im Entladungsbogen der Lampe nicht willkürlich angeregt werden, was wie bereits erwähnt zu Bogeninstabilitäten führen kann.

[0014] Der bei rechteckigem Standard-Betrieb einer Hochdruckentladungslampe zulässige Grenzwert für die hochfreqente Restwelligkeit liegt im Bereich kleiner als 2%.

[0015] Der sich ausbildende hochfrequente Ripple eines Standard-Betriebsgerätes mit rechteckförmiger Lampenstromform ist im Wesentlichen der verbleibende Restripple, der vom internen hochfrequenten Betriebsverfahren des Schaltkonverters herrührt.

[0016] Der sichtbare verbleibende Restripple hängt dabei direkt von der Zeitkonstante der Glättungsvorrichtungen ab, was im Wesentlichen von der Größe des verwendeten Glättungskondensators am Ausgang des Lampenstromkreises abhängt.

[0017] An dieser Stelle verdeutlicht sich der Umstand, dass bei einem Standard-Betriebsgerät mit rechteckförmiger Lampenstromform zum Betrieb einer Hochdruckentladungslampe die Implementierung einer hinreichend starken Lampenstromglättung der Anforderung einer hinreichend schnellen Stromkommutierung entgegen steht.

[0018] Eine hohe Zeitkonstante zur starken Glättung des Lampenstroms führt in gleicher Weise zur Verlangsamung der natürlichen Kommutierungszeit bzw. zur Erhöhung des Schaltungsaufwands für die Implementierung eines aktiv gesteuerten Kommutierungsvorgangs.

[0019] Bei einem Standard-Betriebsgerät mit rechteckförmiger Lampenstromform zum Betrieb von Standard-Hochdruckentladungslampen wird daher in der Regel ein Ausgleich zwischen der Glättungsanforderung (Restripple kleiner als 2%) und der Kommutierungszeit (Kommutierungszeit t_com kleiner als 100 µs) angestrebt.

[0020] In **Fig. 1** ist eine schematische Schaltungstopologie eines elektronischen Betriebsgerätes zum Betrieb einer Standard-Hochdruckentladungslampe nach dem Stand der Technik dargestellt, bei der der Betrag der Restwelligkeit des Lampenstroms mit der erreichbaren Kommutierungszeit in Einklang gebracht wurde.

[0021] Die Zwischenkreisspannung U_{ZK} von 400 VDC wird von einer Netzleistungsfaktorkorrektureinheit (nicht gezeigt) über einen Zwischenkreiskondensator C_{ZK} bereitgestellt.

[0022] Die Halbrückenschaltung ist als tiefsetzende Halbbrücke mit den Transistoren Q1_HIGH und Q2_LOW ausgeführt. Bei einer tiefsetzenden Halbbrücke wird dem niederfrequenten Betrieb bei ca. 100Hz eine hochfrequente Pulsweitenmodulation überlagert, um die Eingangsspannung der Halbbrücke auf die erforderliche Lampenspannung heruntersetzen zu können. Dieser Betrieb ist im Stand der Technik weithin bekannt und wird hier deshalb nicht näher erläutert. An der Halbbrücke wird an dessen Ausgang alternativ im 100Hz-Takt für den Vorwärtsbetrieb (Schalter Q1_High wird mit langen Pulsweiten getaktet, Schalter Q2_Low wird mit kurzen Pulsweiten getaktet) eine Spannung von +300V und für den Rückwärtsbetrieb (Schalter Q2_LOW wird mit langen Pulsweiten getaktet, Schalter Q1_High wird mit kurzen Pulsweiten getaktet) eine Spannung von +100V bereitgestellt.

[0023] Die Hochdruckentladungslampe 5, im Folgenden auch als Lampe bezeichnet, wird in den beiden Phasen, der Vorwärtsphase und der Rückwärtsphase, auf die mittlere Spannung U_{CB} hin betrieben, die sich am Blockkondensator C_B in Höhe von 200VDC konstant einstellt. Die an der Lampe auftretende Differenzspannung U_L beträgt im Vorwärtsbetrieb +100V und im Rückwärtsbetrieb -100V. Der an der Lampe auftretende Strom I_L ist in den beiden Betriebsphasen entsprechend der Lampenspannung ebenfalls jeweils invertiert. Die Glättung der erzeugten Betriebsspannung am Ausgang des Schaltkonverters hängt von der Betriebsfrequenz und der LC-Zeitkonstante des Schaltkonverters ab.

[0024] Zur Minimierung des verbleibenden hochfrequenten Schaltripples auf der Lampenspannung U_L, sollte die Zeitkonstante (beziehungsweise die aus dieser Zeitkonstante herleitbare Frequenz fo) der Schaltkonverterbauteile verglichen mit der Betriebsfrequenz $f_{betrieb}$ möglichst groß gewählt werden:

$$fo := \frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\sqrt{\frac{1}{L\cdot C}} = \frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\sqrt{\frac{1}{0.5\cdot mH\cdot 500\,nF}} = 10\cdot KHz << fbetrieb := 60kHz.$$

[0025] Bei der Vorwärtskommutierung wird der Ladezustand des Konverterkondensators C vom Zwischenkreiskondensator C_{ZK} aus über die Induktivität L resonant bis auf den Spannungswert 300V aufgeladen.

[0026] Bei der Rückwätskommutierung wird der Ladezustand des Konverterkondensators C umgekehrt über die Induktivität L resonant bis auf den Spannungswert 100V in den Zwischenkreiskondensator C_{ZK} zurückgeladen. Der resonante Umladevorgang läuft im Idealfall bei hinreichend hohen Bauteilegüten dissipationsfrei ab. Die Kommutierungszeiten für die resonanten Umladevorgänge hängen im Wesentlichen von der LC-Zeitkonstante des Schaltkonverters ab.

[0027] Eine große LC-Zeitkonstante hat eine lange resonante Umladezeit und damit eine entsprechend langsame Kommutierungszeit zur Folge.

[0028] Die Resonanzfrequenz des LC-Kreises von $fo := \frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\sqrt{\frac{1}{L\cdot C}} = \frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\sqrt{\frac{1}{0.5\cdot mH\cdot 500\,nF}} = 10\cdot KHz$ entspricht einer Umlade- bzw. Kommutierungszeit von 100 µs.

[0029] Die Zeitkonstante von fo=10kHz führt bei einer Betriebsfrequenz von ca. fbetrieb:=60kHz zur einer Restwelligkeit von kleiner 2%. Die Glättungsanforderungen und die Kommutierungszeiten stehen sich bei dieser Schaltanordnung entgegen und müssen zweckmäßig ausgeglichen werden.

[0030] Zur Erzeugung der Zündspannung ist in den Lampenkreis seriell ein Zündtrafo mit Schalttransistor zur Erzeugung eines oder mehrerer Zündpulse eingebracht.

[0031] Mit dem oben beschriebenen einfachen Rechteckbetrieb können in der Regel die meisten standardisierten Hochdruckentladungslampen betrieben werden, ohne dass es dabei zu nennenswerten Bogeninstabilitätien und Bogenauslenkungen kommt.

[0032] Anders dagegen verhält es sich beim Betrieb von quecksilberfreien molekularstrahlungsdominierten Hochdruckentladungslampen oder auch von gesättigten kapillarfreien Hochdruckentladungslampen, bei denen die verwendeten Lampenfüllungen oft hohe Temperaturleitfähigkeit aufweisen, was zur schnellen Auskühlung der Elektroden und des

Lampenplasmas während der Stromkommutierung und damit auch zur spontanen Erlöschung der Lampen an dieser Stelle führen kann.

[0033] Die Anforderung an die Stromkommutierungszeit beim Betrieb dieser neuartigen Lampen ist damit hoch und liegt im Bereich kleiner 40μs.

[0034] Zusätzlich zur Anforderung der schnellen Stromkommutierung zeigen die Füllungen dieser neuartigen Lampen meist eine erhöhte Empfindlichkeit zur Anregung bogendestabilisierender akustischer Eigenmoden, wodurch sich die Anforderungen an das Glättungsvermögen des Ausgangskreises erhöhen (Ripplegrenzwerte kleiner als 1%), was aber, wie bereits erwähnt, aus technischer Sicht der schnellen Kommutierung entgegensteht.

[0035] Des weiteren werden beim Betrieb derartiger Lampen meist zur Stabilisierung des Entladungsbogens gezielt besondere Modulations-Betriebsverfahren benötigt, was aus schaltungstechnischer Sicht bezüglich der Größe der Zeitkonstanten des internen Schaltkonverters bzw. der Glättungseigenschaften des Ausgangskreises zusätzliche definierte Randbedingungen darstellt, die ebenfalls mit den hohen Anforderungen einer schnellen Kommutierung nur schwer vereinbar sind.

Aufgabe

[0036] Es ist Aufgabe der Erfindung eine Schaltungsanordnung zur schnellen Kommutierung beim Rechteckbetrieb von Hochdruckentladungslampen bereitzustellen, mit der die Glättung des Lampenstroms aus dem Tiefsetzsteller beliebig groß einstellbar ist, wobei aber die Stromkommutierungen unabhängig davon mit hoher Geschwindigkeit vollzogen werden können.

Darstellung der Erfindung

[0037] Die Lösung der Aufgabe bezüglich der Schaltungsanordnung erfolgt erfindungsgemäß mit einer Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 1 zur schnellen Kommutierung beim Rechteckbetrieb von Hochdruckentladungslampen, aufweisend eine tiefsetzende Halbbrückenanordnung mit einer Halbbrücke, einer Lampendrossel, einem Konverterkondensator, einem Blockkondensator, einen ersten Schalter zur Kopplung der Halbbrückenanordnung mit der Lampe, einen zweiten Schalter zum Vollzug der Vorwärtsstromkommutierung und zur Einleitung einer Vorwärtsphase, einen dritten Schalter zum Vollzug der Rückwärtsstromkommutierung und zur Einleitung einer Rückwärtsphase. Durch diese Maßnahme kann die Halbbrücke wie im Stand der Technik langsam umgeladen werden, da ja der Lampenkreis über ersten Schalter von der Halbbrücke weggekoppelt ist. Wenn die langsame Umladung an der Halbbrücke abgeschlossen ist, dann kann der Lampenkreis wieder angekoppelt werden. Durch den zweiten Schalter wird die Lampe erfindungsgemäß einer sehr schnellen Kommutierung unterzogen.

[0038] Bevorzugt weist die Schaltungsanordnung weiterhin eine Zündinduktivität und einen Zündkondensator auf. Mit dieser kann im Zusammenspiel mit der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung eine vereinfachte Zündung der Hochdruckentladungslampe realisiert werden.

[0039] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Schaltungsanordnung weiterhin eine Leistungsfaktorkorrekturschaltung auf. Mit dieser können auch Lampen höherer Leistung unter Einhaltung aller vorgeschriebenen Vorschriften an einem öffentlichen Versorgungsnetz betrieben werden.

[0040] Die Lösung der Aufgabe bezüglich des Verfahrens erfolgt erfindungsgemäß mit einem Verfahren gemäß Anspruch 4 zum Betreiben einer Hochdruckentladungslampe mittels einer Schaltungsanordnung mit einer Halbbrückenanordnung mit einer Halbbrücke und einer Lampendrossel, einem Konverterkondensator sowie einem Blockkondensator, mit folgenden Schritten:

- vor dem Einleiten einer Kommutierung abkoppeln der Halbbrückenanordnung von der Hochdruckentladungslampe durch Öffnen eines ersten Schalters,
- Vollzug der Vorwärtskommutierung durch Schließen eines zweiten Schalters zur Einleitung einer Vorwärtsphase und durch Öffnen eines dritten Schalters, oder Vollzug der Rückwärtskommutierung durch Schließen eines dritten Schalters zur Einleitung einer Rückwärtsphase und durch Öffnen eines zweiten Schalters,
- Ankoppeln der Halbbrückenanordnung an die Hochdruckentladungslampe durch Schließen des ersten Schalters,
- Öffnen des zweiten Schalters und des dritten Schalters.

[0041] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung zur schnellen Kommutierung beim Rechteckbetrieb von Hochdruckentladungslampen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und aus der folgenden Beschreibung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0042] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich anhand der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen, in welchen gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit identischen Bezugszeichen versehen sind. Dabei zeigen:

Fig.1 eine Schaltungstopologie nach dem Stand der Technik dargestellt, bei der der Betrag der Restwelligkeit des Lampenstroms mit der erreichbaren Kommutierungszeit in Einklang gebracht wurde,

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung in einer ersten Ausführungsform, bei der die tiefsetzende Halbbrücke von der Glättungseigenschaft des internen Schaltkonverters entkoppelt wird und beide Charakteristika unabhängig voneinander eingestellt werden können,

Fig. 3a eine Gesamtansicht zur Funktionalität der Schaltanordnung für den Rechteckbetrieb,

Fig. 3b eine detaillierte Schaltsequenz der Kommutierung in den Vorwärtsbetrieb,

Fig. 3c eine detaillierte Schaltsequenz der Kommutierung in den Rückwärtsbetrieb,

Fig. 4 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung in einer zweiten Ausführungsform zur Erzielung einer schnellen Lampenstromkommutation ausschließlich für die Rückwärtskommutierung zur Einleitung der stationären Rückwärtsphase bei einem EVG für Rechteckbetrieb.

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

[0043] Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung, bei der die tiefsetzende Halbbrücke von der Glättungseigenschaft des internen Schaltkonverters entkoppelt wird und beide Charakteristika unabhängig voneinander eingestellt werden können.

[0044] Die von der Zwischenkreisspannung versorgte Tiefsetzer-Schaltkonverteranordnung stellt wie nach dem Stand der Technik jeweils für den Vorwärtsbetrieb und den Rückwärtsbetrieb auf dem Konverterkondensator C die beiden unterschiedlichen Spannungswerte von 300V bzw. 100V bereit.

[0045] Die Umladung des Konverterkondensators C auf die beiden Spannungswerte erfolgt wie nach Stand der Technik resonant über die Zeitkonstanten des LC-Kreises, die möglichst groß gewählt werden kann um am Ende eine ausreichend gute Glättung des Lampenbetriebsstroms zu gewährleisten.

[0046] Die Lampe selbst wird auf den mittleren Spannungspegel bei 200VDC am Blockkondensator C_B betrieben.

[0047] Insbesondere kann nun mittels des Schalters Q_TRANS der Lampenkreis und damit die Lampe während der relativ langen Umladevorgänge des Konverterkondensators C des Schaltkonverters (mehr als 100 μs) kurzzeitig weggekoppelt werden.

[0048] Während der Zeit der Abkopplung kann nun die Lampe unter Umgehung der langsamen Zeitkonstante des Konverters wahlweise entweder zur Einleitung der Vorwärtsphase direkt über den Schalter Q_COM_FW an die Zwischenkreisspannung von 400V gelegt werden, oder zur Einleitung der Rückwärtsphase direkt über den Schalter Q_COM_BW auf GND gelegt werden.

[0049] Bei der Einleitung der Vorwärtsphase, bei der der Schalter Q_COM_FW auf U_{ZK}=400VDC leitend geschaltet wird, wird über die eingebrachte Zünddrossel L_Zünd unmittelbar ein kräftiger Lampenstrom in Vorwärtsrichtung in Gang gesetzt, dessen Höhe neben der vorherrschenden Lampenimpedanz von der Größe der Induktivität der Zünddrossel L_zünd und der Einschaltdauer abhängt.

[0050] Unter der Vorwärtskommutierung wird die Kommutierung von der Rückwärtsphase in die Vorwärtsphase verstanden, bei der der Lampenstrom von einem negativen Wert zu einem positiven Wert gewechselt werden muss.

[0051] Bei der Vorwärtsphase wird in der vorliegenden Schaltungsanordnung über den Schalter Q_COM_FW ein positiver Strom I_L ausgehend von der Zwischenkreisspannung U_{ZK} durch die Lampe 5 auf U_{CB} am Blockkondensator C_B geleitet

[0052] Die Einschaltdauer der Vorwärtskommutierung wird so gewählt, dass der sich einstellende Kommutierungsstrom die Lampe kurzeitig ausreichend aufheizt, damit das anschließende Zurückkoppeln der Lampe an einen Konverterkondensator C des Schaltkonverters ohne Gefahrlaufens des Erlöschens bewerkstelligt werden kann.

[0053] In gleicher Weise wird für die Einleitung der Rückwärtsphase, bei der der Schalter Q_COM_BW auf GND leitend geschaltet wird, ebenfalls über die eingebrachte Zünddrossel ein kräftiger Lampenstrom in Rückwärtsrichtung in Gang gesetzt, dessen Höhe ebenfalls neben der vorherrschenden Lampenimpedanz von der Induktivität der Zünddrossel L_ZÜND und der Einschaltdauer abhängt.

[0054] Unter der Rückwärtskommutierung wird die Kommutierung von der Vorwärtsphase in die Rückwärtsphase verstanden, bei der der Lampenstrom von einem positiven Wert zu einem negativen Wert gewechselt werden muss.

[0055] Bei der Rückwärtsphase wird in der vorliegenden Schaltungsanordnung über den Schalter Q_COM_BW ein negativer Strom I_L ausgehend von U_{CB} am Blockkondensator durch die Lampe 5 auf Masse geleitet.

[0056] Auch hierbei wird die Schaltdauer der Rückwärtskommutierung so gewählt, dass der sich einstellende Kommutierungsstrom die Lampe ausreichend aufheizt, damit das anschließende Zurückkoppeln der Lampe an einen Konverterkondensator C des Schaltkonverters ohne ein Lampenerlöschen bewerkstelligt werden kann.

[0057] Die Einschaltdauer des eingeprägten Stromes für die Vorwärts- und Rückwärtskommutierung wird so gewählt, dass der sich einstellende Kommutierungsstrom die Elektroden der Lampe kurzeitig ausreichend aufheizt, damit das anschließende Zurückkoppeln der Lampe an einen Konverterkondensator C des Schaltkonverters ohne Gefahrlaufen eines Lampenerlöschens bewerkstelligt werden kann.

[0058] Wird eine Zündinduktivität von typischerweise 1mH zugrunde gelegt, betragen die typischen Stromanlaufzeiten für die Lampenstromkommutierung ca. 20 μs und die Abschaltung, bzw. das Zurückkoppeln Lampe an den Schaltkonverterausgang zur Fortführung des stationären Vorwärtsbetriebs bzw. Rückwärtsbetriebs kann nach ca. 50 μs bis 70 μs erfolgen.

[0059] Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ist der, dass mit den drei Entkopplungsschaltern Q_TRANS, Q_COM_FW und Q_COM_BW zusammen mit L_ZÜND für den Lampenstart weiterhin auch eine resonante Zündsequenz realisiert werden kann.

[0060] Hierzu wird zum Zünden der Lampe der Lampenkreis über Q_TRANS vom Tiefsetzerschaltkonverter abgekoppelt wodurch mit den beiden Schaltern Q_COM_FW und Q_COM_BW über die Zünddrossel L_ZÜND und des Zündkondensators C_ZÜND ein Halbbrückenbetrieb für eine resonante Zündsequenz realisiert werden kann. Solche Schaltungsanordnungen zur Zündung von Hochdruckentladungslampen sind im Stand der Technik bekannt und werden daher hier nicht näher erläutert.

[0061] Nachdem die Lampe gezündet hat, lässt sich die Lampe über die immer noch abgekoppelte Halbbrücke in einer Warmup-Phase je nach Bedarf weiterhin hochfrequent antreiben, bis ein Ankoppeln an den Schaltkonverter zur Aufnahme des Rechteckbetriebs angezeigt ist.

[0062] **Fig. 3a** zeigt die relevanten Signale zur Erläuterung der Funktionsweise der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung.

[0063] Die oberste Kurve 1 zeigt die konstante Zwischenkreisspannung U_{ZK} in der Höhe von 400VDC, die von der Leistungsfaktorkorrekturschaltung über C_PFC bereitgestellt wird. Kurve 2 zeigt die konstante mittlere Spannung U_{CB} von 200VDC, die sich am Blockkondensator C_B einstellt, auf welche hin die Lampe betrieben wird.

[0064] Über den Tiefsetzer-Schaltkonverter werden an seinem Konverterkondensator C abwechselnd im Takt von 100Hz die Spannungswerte von 300V und 100V erzeugt und bereitgestellt, mit denen die Lampe in den beiden Betriebsphasenhasen, Vorwärtsbetrieb und Rückwärtsbetrieb gespeist wird.

[0065] Die Kurve 3 zeigt diese wechselnde Spannung U_C am Kondensator C.

[0066] Die an den Ausgang des Schaltkonverters angekoppelte Lampe wird auf die konstante 200V-Spannung am Blockkondensator C_B hin betrieben und erfährt damit die Differenzspannung U_L zwischen C_B und C, die in beiden Betriebsphasen jeweils zu einander invertiert bei 100V liegt.

[0067] Die Kurve 5 zeigt den sich einstellenden Lampenstrom I_L analog zur Lampenspannung U_L bei Kurve 4.

[0068] **Fig. 3b** zeigt eine detaillierte Schaltsequenz der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung bei der Kommutierung in den Vorwärtsbetrieb. Die Kurve 1 zeigt den Schaltzustand bzw. die Gatespannung UQ_TRANS des Koppeltransistors Q_TRANS. Zu Beginn des Kommutierungsvorgangs wird der Lampenkreis über den Koppeltransistor Q_TRANS vom Ausgang des Schaltkonverters für ca. 70 μs getrennt.

[0069] Die Kurve 2 zeigt den Schaltzustand bzw. die Gatespannung UQ_COM_FW des Schalttransistors Q_COM_FW. Während der Kommutierung in den Vorwärtsbetrieb wird der Lampenkreis über den Schalttransistor Q_COM_FW für ca. 70 μs an die Zwischenkreisspannung von 400VDC angekoppelt und ermöglicht damit einen schnellen und starken Lampenstrom in Vorwärtsrichtung.

[0070] Die Kurve 3 zeigt den Schaltzustand bzw. die Gatespannung UQ_COM_BW des Schalttransistors Q_COM_BW. Während der Kommutierung in den Vorwärtsbetrieb bleibt der Schalttransistor Q_COM_BW geschlossen.

[0071] Die Kurve 4 zeigt den pulsförmigen Lampenstrom I_L an der Lampe zur Einleitung des Vorwärtsbetriebes. Der sich einstellende Strompuls an der Lampe entsteht infolge der Ankopplung des Lampenkreises über den Schalttransistor Q_COM_FW an die positive Zwischenkreisspannung von 400VDC unter Umgehung der den Strom bremsenden Lampendrossel L.

[0072] Die Kurve 5 zeigt den pulsförmigen Lampenstrom I_L bei der Vorwärtskommutierung in höherer zeitlicher Auflösung.

[0073] Die Stromrichtung an der Lampe ändert sich innerhalb von 20usec von -1A auf + 2.5A, was einer Stromkommutierungszeit von unter 20 μs entspricht.

[0074] Die Kurve 6 zeigt den Schaltzustand bzw. die Gatespannung UQ_COM_FW des Schalttransistors Q_COM_FW

in höherer zeitlicher Auflösung.

[0075] Der Vorwärtskommutierungsvorgang wird nach 70 µs beendet in dem der Schalter Q_COM_FW wieder geöffnet wird, wobei der Lampenkreis wieder an den Ausgangskondensator C des Tiefsetzers angekoppelt wird, indem der Schalter Q_COM_FW wieder geschlossen wird.

[0076] **Fig. 3c** zeigt eine detaillierte Schaltsequenz der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung bei der Kommutierung in den Rückwärtsbetrieb. Die Kurve 1 zeigt den Schaltzustand bzw. die Gatespannung UQ_TRANS des Koppeltransistors Q_TRANS. Zu Beginn des Kommutierungsvorgangs wird der Lampenkreis über den Koppeltransistor Q_TRANS vom Ausgang des Schaltkonverters für ca. 70 µs getrennt.

[0077] Die Kurve 2 zeigt den Schaltzustand bzw. die Gatespannung UQ_COM_FW des Schalttransistors Q_COM_FW. Während der Kommutierung in den Rückwärtsbetrieb bleibt der Schalttransistor Q_COM_FW geschlossen.

[0078] Die Kurve 3 zeigt den Schaltzustand bzw. die Gatespannung UQ_COM_BW des Schalttransistors Q_COM_BW. Während der Kommutierung in den Rückwärtsbetrieb wird der Lampenkreis über den Schalttransistor Q_COM_BW für ca. 70 µs an 0V=GND angekoppelt und ermöglicht damit einen schnellen und starken Lampenstrom in Rückwärtsrichtung.

[0079] Die Kurve 4 zeigt den pulsförmigen Lampenstrom I_L zur Einleitung des Rückwärtsbetriebes. Der zur Einleitung des Rückwärtsbetrieb sich einstellende Strompuls an der Lampe entsteht infolge der Ankopplung des Lampenkreises über den Schalttransistors Q_COM_BW an 0V=GND.

[0080] Die Kurve 5 zeigt den pulsförmigen Lampenstrom I_L bei der Rückwärtskommutierung in höherer zeitlicher Auflösung.

[0081] Die Stromrichtung an der Lampe ändert sich innerhalb von 20usec von +1A auf -2.5A, was einer Stromkommutierungszeit von unter 20 µs entspricht.

[0082] Die Kurve 6 zeigt den Schaltzustand bzw. die Gatespannung UQ_COM_BW des Schalttransistors Q_COM_BW in höherer zeitlicher Auflösung.

[0083] Der Rückwärtskommutierungsvorgang wird nach 70 µs beendet in dem der Schalter Q_COM_BW wieder geöffnet wird, wobei der Lampenkreis wieder an den Ausgangskondensator C des Tiefsetzers angekoppelt wird, indem der Schalter Q_COM_FW wieder geschlossen wird.

[0084] **Fig. 4** zeigt eine vereinfachte Schaltanordnung, mit der in einem EVG für Rechteckbetrieb nur die schnelle Rückwärtskommutierung zur Einleitung der stationären Rückwärtsphase möglich ist.

[0085] Mit dem fehlenden Schalter Q_COM_FW hat diese Schaltanordnung damit auch einen Schalter weniger und ist kostengünstiger in der Herstellung.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur schnellen Kommutierung beim Rechteckbetrieb von Hochdruckentladungslampen, aufweisend:

   - eine erste Halbbrückenanordnung mit einer Halbbrücke (Q1_HIGH, Q2_LOW), die an eine Zwischenkreisspannung angeschlossen ist,
   - eine Lampendrossel (L), deren erster Anschluss mit dem Mittelpunkt der Halbbrücke gekoppelt ist,
   - einen Konverterkondensator (C), dessen erster Anschluss mit dem zweiten Anschluss der Lampendrossel gekoppelt ist, und dessen zweiter Anschluss mit dem Bezugspotential der ersten Halbbrückenanordnung gekoppelt ist,
   - einen ersten Schalter (UQ_TRANS) zur Kopplung der Halbbrückenanordnung mit der Lampe, wobei der zweite Anschluss der Lampendrossel mit einem ersten Anschluss des ersten Schalters gekoppelt ist und wobei mittels des ersten Schalters die Lampe während der Umladevorgänge des Konverterkondensators weggekoppelt werden kann,
   - einen Blockkondensator (C_B), der die Lampe mit dem Bezugspotential der ersten Halbbrückenanordnung koppelt,

   dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltungsanordnung weiterhin aufweist:

   - einen zweiten Schalter (Q_COM_FW) zum Vollzug einer Vorwärts kommutierung, d.h. die Kommutierung von der Rückwärtsphase in die Vorwärtsphase, bei der der Lampenstrom von einem negativen Wert zu einem positiven Wert gewechselt wird, und zur Einleitung einer Vorwärtsphase, wobei in der Vorwärtsphase ein positiver Strom ausgehend von der Zwischenkreisspannung durch die Lampe auf den Blockkondensator geleitet wird,
   - einen dritten Schalter (Q_COM_BW) zum Vollzug einer Rückwärts kommutierung, d.h. die Kommutierung von der Vorwärtsphase in die Rückwärtsphase, bei der der Lampenstrom von einem positiven Wert zu einem ne-

gativen Wert gewechselt wird, und zur Einleitung einer Rückwärtsphase, wobei in der Rückwärtsphase ein negativer Strom ausgehend von der Spannung am Blockkondensator durch die Lampe auf das Bezugspotential der ersten Halbbrückenanordnung geleitet wird, wobei der zweite (Q_COM_FW) und der dritte (Q_COM_BW) Schalter eine zweite Halbbrückenanordnung bilden, die zur ersten Halbbrückenanordnung parallel geschaltet ist, wobei der Mittelpunkt der zweiten Halbbrückenanordnung mit dem Mittelpunkt der Halbbrücke der ersten Halbrückenordnung durch die Schaltung aus der Lampendrossel und dem ersten Schalter gekoppelt ist und wobei ein zweiter Anschluss des ersten Schalters mit dem Mittelpunkt der zweiten Halbbrückenanordnung gekoppelt ist.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaltungsanordnung weiterhin eine Zündinduktivität (L_ZÜND) und einen Zündkondensator (C_ZÜND) aufweist.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaltungsanordnung weiterhin eine Leistungsfaktorkorrekturschaltung aufweist.

4. Verfahren zum Betreiben einer Hochdruckentladungslampe (5) mittels einer Schaltungsanordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:

- vor dem Einleiten einer Kommutierung abkoppeln der ersten Halbbrückenanordnung von der Hochdruckentladungslampe (5) **durch** Öffnen des ersten Schalters (UQ_TRANS),
- Vollzug einer Vorwärtskommutierung **durch** Öffnen des dritten Schalters (Q_COM_BW) und **durch** Schließen des zweiten Schalters (Q_COM_FW) zur Einleitung einer Vorwärtsphase, oder Vollzug einer Rückwärtskommutierung **durch** Öffnen des zweiten Schalters (Q_COM_FW) und **durch** Schließen des dritten Schalters (Q_COM_BW) zur Einleitung einer Rückwärtsphase,
- Ankoppeln der ersten Halbbrückenanordnung an die Hochdruckentladungslampe (5) **durch** Schließen des ersten Schalters (UQ_TRANS),
- Öffnen des zweiten Schalters (Q_COM_FW) und des dritten Schalters (Q_COM_BW).

Claims

1. Circuit arrangement for rapid commutation during squarewave operation of high-pressure discharge lamps, having:

- a first half-bridge arrangement comprising a half-bridge (Q1_HIGH, Q2_LOW), which is connected to an intermediate-circuit voltage,
- a lamp inductor (L), whose first connection is coupled to the centre point of the half-bridge,
- a converter capacitor (C), whose first connection is coupled to the second connection of the lamp inductor and whose second connection is coupled to the reference potential of the first half-bridge arrangement,
- a first switch (UQ_TRANS) for coupling the half-bridge arrangement to the lamp, wherein the second connection of the lamp inductor is coupled to a first connection of the first switch, and wherein the lamp can be uncoupled during the recharging operations of the converter capacitor by means of the first switch,
- a block capacitor (C_B), which couples the lamp to the reference potential of the first half-bridge arrangement, **characterized in that** the circuit arrangement further has:
- a second switch (Q_COM_FW) for performing a forward commutation, i.e. commutation from the reverse phase to the forward phase, in which the lamp current is changed from a negative value to a positive value, and for introducing a forward phase, wherein, in the forward phase, a positive current, starting from the intermediate-circuit voltage, is conducted through the lamp to the block capacitor,
- a third switch (Q_COM_BW) for performing a reverse commutation, i.e. commutation from the forward phase to the reverse phase, in which the lamp current is changed from a positive value to a negative value, and for introducing a reverse phase, wherein, in the reverse phase, a negative current, starting from the voltage at the block capacitor, is conducted through the lamp to the reference potential of the first half-bridge arrangement, wherein the second switch (Q_COM_FW) and the third switch (Q_COM_BW) form a second half-bridge arrangement, which is connected in parallel with the first half-bridge arrangement, wherein the centre point of the second half-bridge arrangement is coupled to the centre point of the half-bridge of the first half-bridge arrangement by the circuit comprising the lamp inductor and the first switch, and wherein a second connection of the first switch is coupled to the centre point of the second half-bridge arrangement.

2. Circuit arrangement according to Claim 1, **characterized in that** the circuit arrangement furthermore has a starting

inductance (L_START) and a starting capacitor (C_START).

3. Circuit arrangement according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the circuit arrangement furthermore has a power factor correction circuit.

4. Method for operating a high-pressure discharge lamp (5) by means of a circuit arrangement according to one of Claims 1 to 3, **characterized by** the following steps:

- decoupling the first half-bridge arrangement from the high-pressure discharge lamp (5) by opening the first switch (UQ_TRANS) prior to the introduction of commutation,
- performing forward commutation by opening the third switch (Q_COM_BW) and by closing the second switch (Q_COM_FW) for introducing a forward phase, or performing reverse commutation by opening the second switch (Q_COM_FW) and by closing the third switch (Q_COM_BW) for introducing a reverse phase,
- coupling the first half-bridge arrangement to the high-pressure discharge lamp (5) by closing the first switch (UQ_TRANS),
- opening the second switch (Q_COM_FW) and the third switch (Q_COM_BW).

Revendications

1. Agencement de circuit pour la commutation rapide en régime rectangulaire de lampes à décharge sous haute pression, présentant :

- un premier agencement en demi-pont avec un demi-pont (Q1_HIGH, Q2_LOW) qui est raccordé à une tension de circuit intermédiaire,
- une inductance de lampe (L), dont une première borne est couplée au point central du demi-pont,
- un condensateur de convertisseur (C), dont la première borne est couplée à la deuxième borne de l'inductance de lampe, et dont la deuxième borne est couplée au potentiel de référence du premier agencement en demi-pont,
- un premier commutateur (UQ_TRANS) pour le couplage de l'agencement en demi-pont à la lampe, la deuxième borne de l'inductance de lampe étant couplée à une première borne du premier commutateur et la lampe pouvant être découplée pendant les processus de recharge du condensateur de convertisseur au moyen du premier commutateur,
- un condensateur de blocage (C_B) qui couple la lampe au potentiel de référence du premier agencement en demi-pont,

caractérisé en ce que l'agencement de circuit comprend en outre :

- un deuxième commutateur (Q_COM_FW) pour l'exécution d'une commutation avant, c'est-à-dire la commutation de la phase arrière à la phase avant, lors de laquelle le courant de la lampe passe d'une valeur négative à une valeur positive, et pour le déclenchement d'une phase avant, dans la phase avant un courant positif étant dirigé en partant de la tension de circuit intermédiaire à travers la lampe vers le condensateur de blocage,
- un troisième condensateur (Q_COM_BW) pour l'exécution d'une commutation arrière, c'est-à-dire la commutation de la phase avant à la phase arrière, lors de laquelle le courant de la lampe passe d'une valeur positive à une valeur négative, et pour le déclenchement d'une phase arrière, dans la phase arrière un courant négatif étant dirigé en partant de la tension au niveau du condensateur de blocage à travers la lampe vers le potentiel de référence du premier agencement en mi-pont, le deuxième (Q_COM_FW) et le troisième commutateur (Q_COM_BW) formant un deuxième agencement en demi-pont, qui est branché en parallèle au premier agencement en demi-pont, le point central du deuxième agencement en demi-pont étant couplé au point central du demi-pont du premier agencement en demi-pont par l'intermédiaire du circuit formé par l'impédance de lampe et le premier commutateur, et une deuxième borne du premier commutateur étant couplée au point central du deuxième agencement en demi-pont.

2. Agencement de circuit selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'agencement de circuit présente en outre une induction à l'allumage (L_ZÜND) et un condensateur d'allumage (C_ZÜND).

3. Agencement de circuit selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'agencement de circuit présente en outre un circuit de correction de facteur de puissance.

4. Procédé permettant de faire fonctionner une lampe à décharge sous haute pression (5) au moyen d'un agencement de circuit selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé par** les étapes suivantes :

- avant le déclenchement d'une commutation, découpler le premier agencement en demi-pont de la lampe à décharge sous haute pression (5) par l'ouverture du premier commutateur (UQ_TRANS),
- exécuter une commutation avant par l'ouverture du troisième commutateur (Q_COM_BW) et par la fermeture du deuxième commutateur (Q_COM_FW) pour le déclenchement d'une phase avant, ou exécuter une commutation arrière par l'ouverture du deuxième commutateur (Q_COM_FW) et par la fermeture du troisième commutateur (Q_COM_BW) pour le déclenchement d'une phase arrière,
- coupler le premier agencement en demi-pont à la lampe à décharge sous haute pression (5) par la fermeture du premier commutateur (UQ_TRANS),
- ouvrir le deuxième commutateur (Q_COM_FW) et le troisième commutateur (Q_COM_BW).

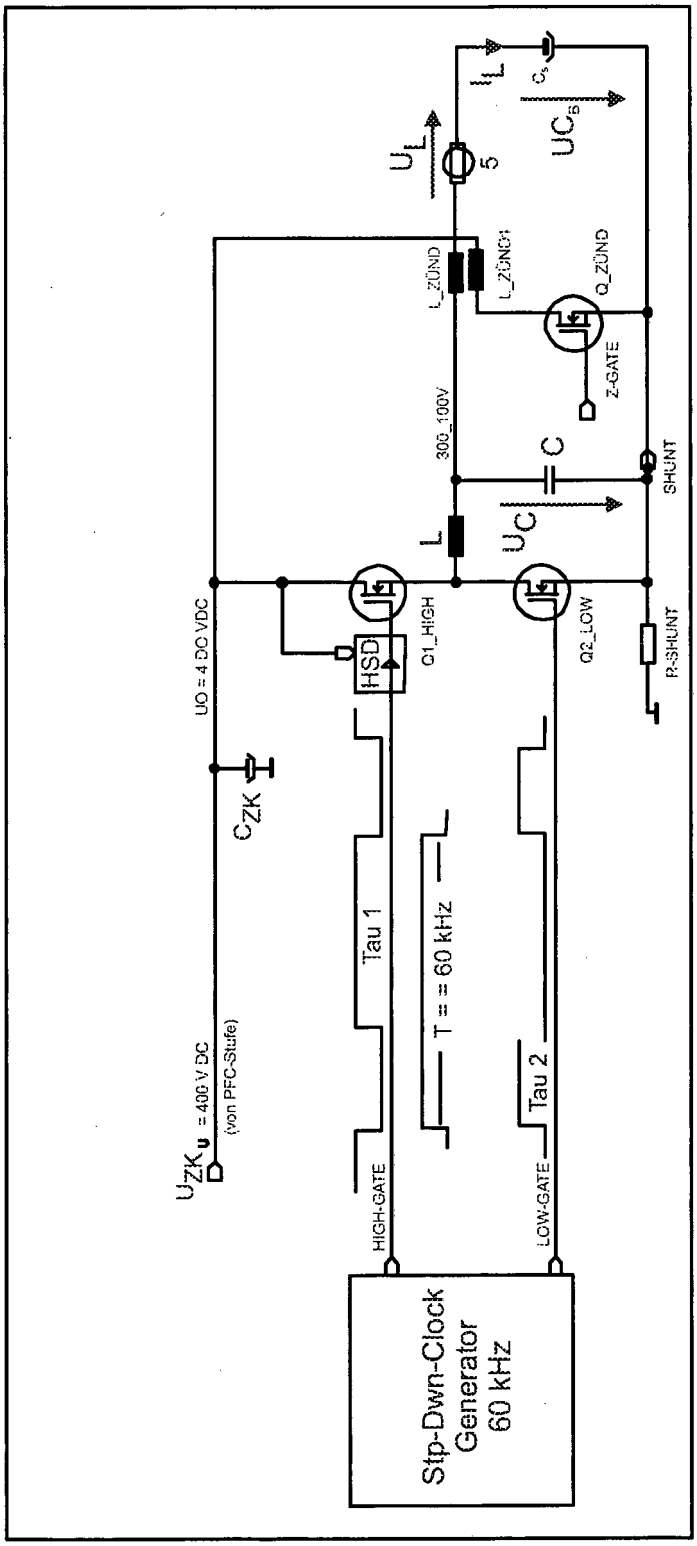


FIG 1
(Stand der Technik)

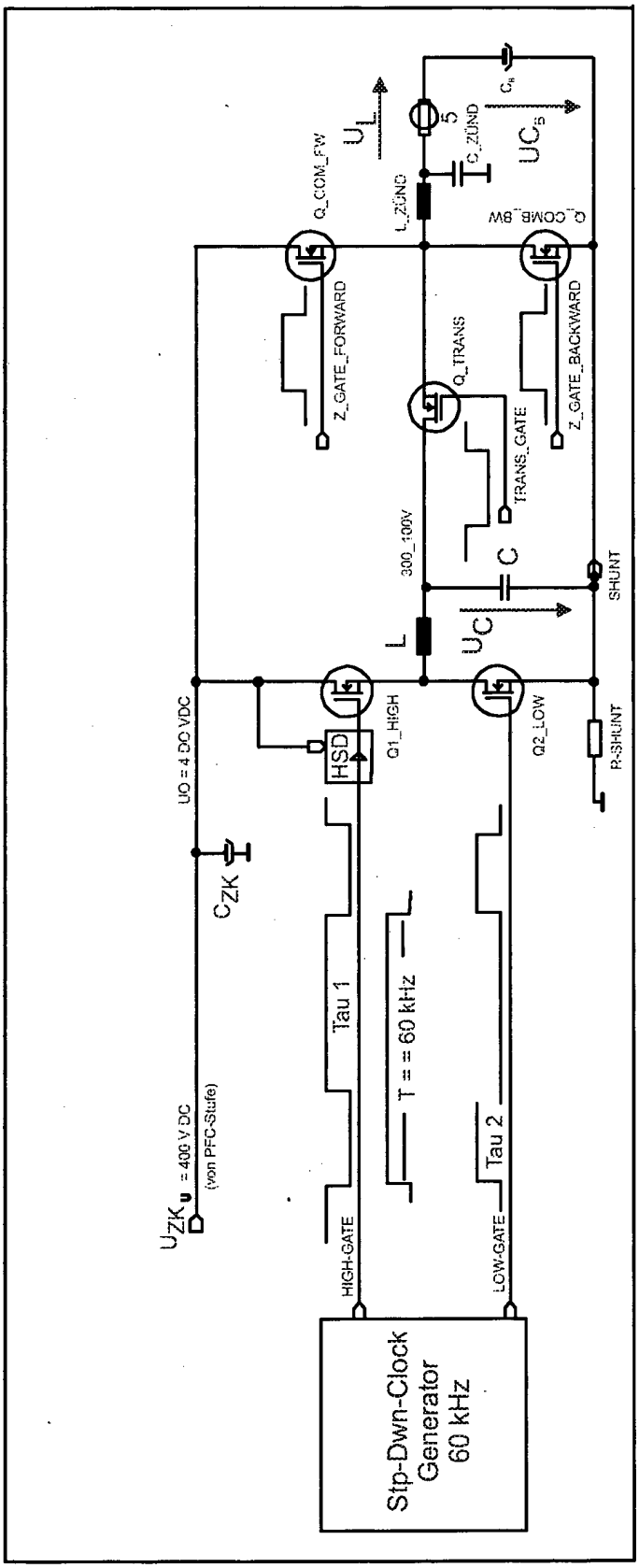

Stp-Dwn-Clock Generator 60 kHz
HIGH-GATE
LOW-GATE
Tau 1
T = = 60 kHz
Tau 2
UZK = 400 V DC
(von PFC-Stufe)
UO = 4 DO VDC
CZK
HSD
Q1_HIGH
Q2_LOW
R-SHUNT
SHUNT
L
UC
300_100V
C
Q_TRANS
TRANS_GATE
Z_GATE_FORWARD
Z_GATE_BACKWARD
Q_COM_FW
Q_COMB_BW
L_ZÜND
C_ZÜND
UL
UCB

FIG 2

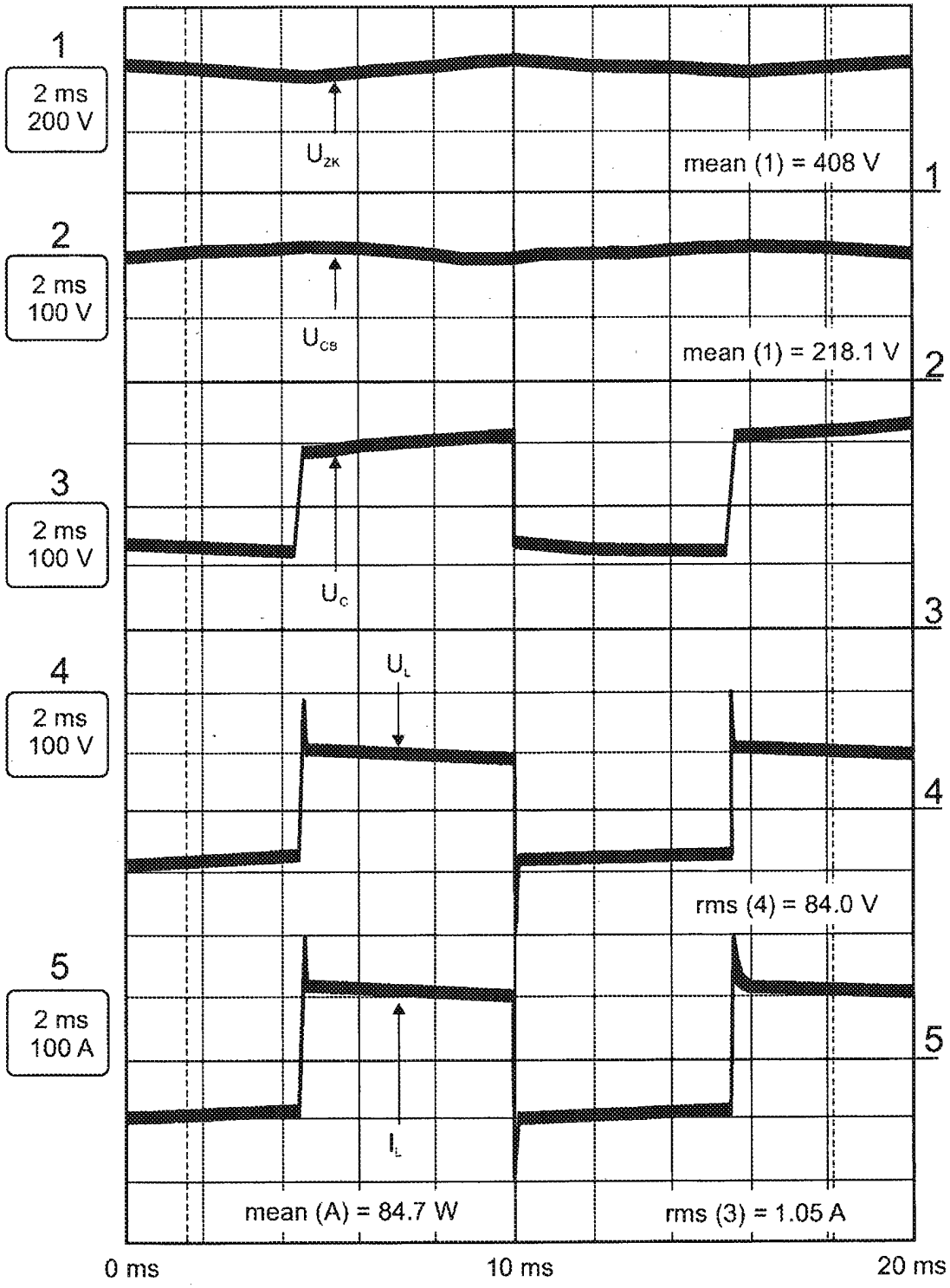

1
2 ms
200 V
2
2 ms
100 V
3
2 ms
100 V
4
2 ms
100 V
5
2 ms
100 A
U_ZK
mean (1) = 408 V
1
U_CS
mean (1) = 218.1 V
2
U_C
3
U_L
4
rms (4) = 84.0 V
I_L
5
mean (A) = 84.7 W
rms (3) = 1.05 A
0 ms
10 ms
20 ms

FIG 3a

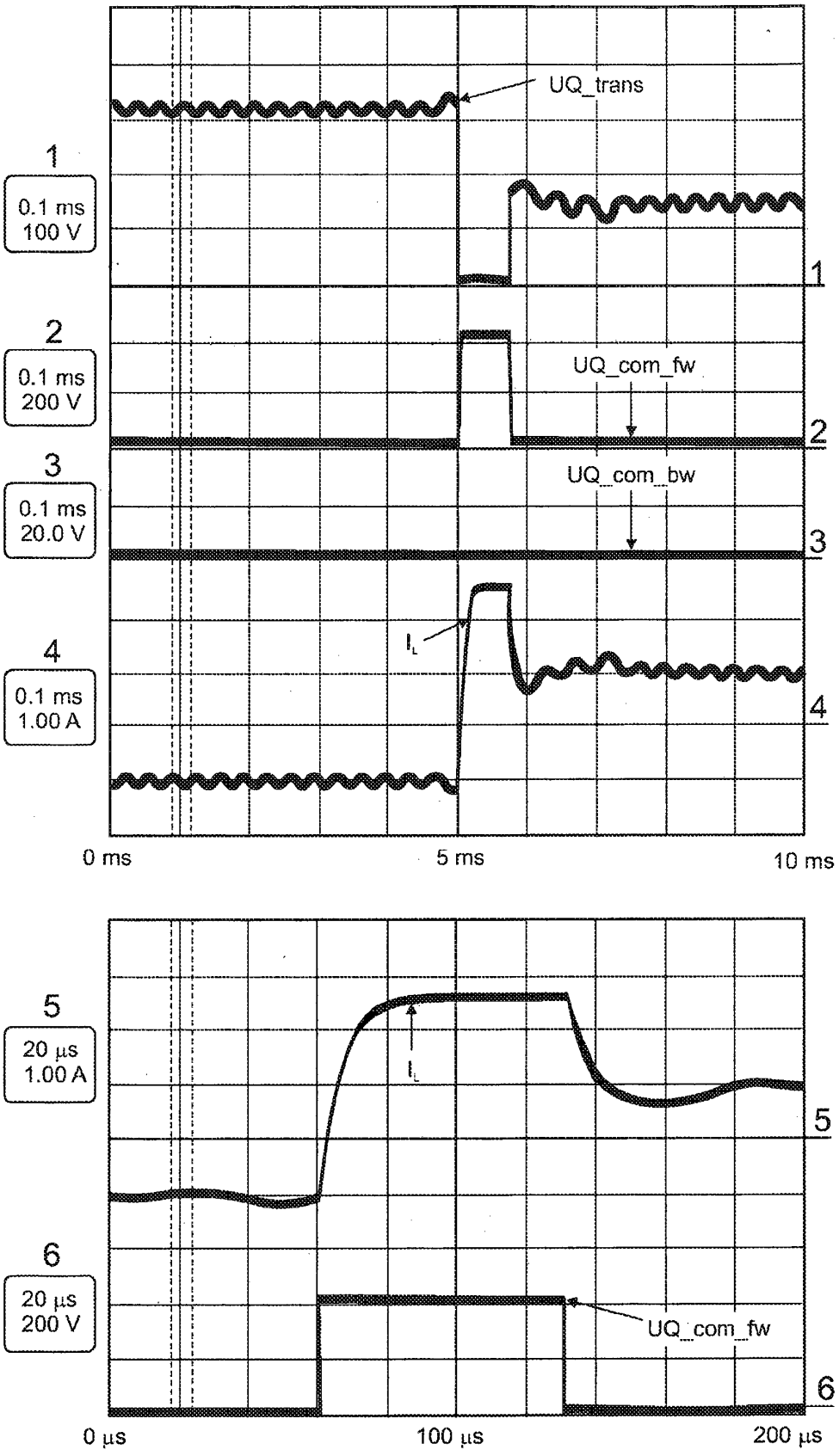

1
0.1 ms
100 V
UQ_trans
1
2
0.1 ms
200 V
UQ_com_fw
2
3
0.1 ms
20.0 V
UQ_com_bw
3
4
0.1 ms
1.00 A
I_L
4
0 ms
5 ms
10 ms
5
20 µs
1.00 A
I_L
5
6
20 µs
200 V
UQ_com_fw
6
0 µs
100 µs
200 µs

FIG 3b

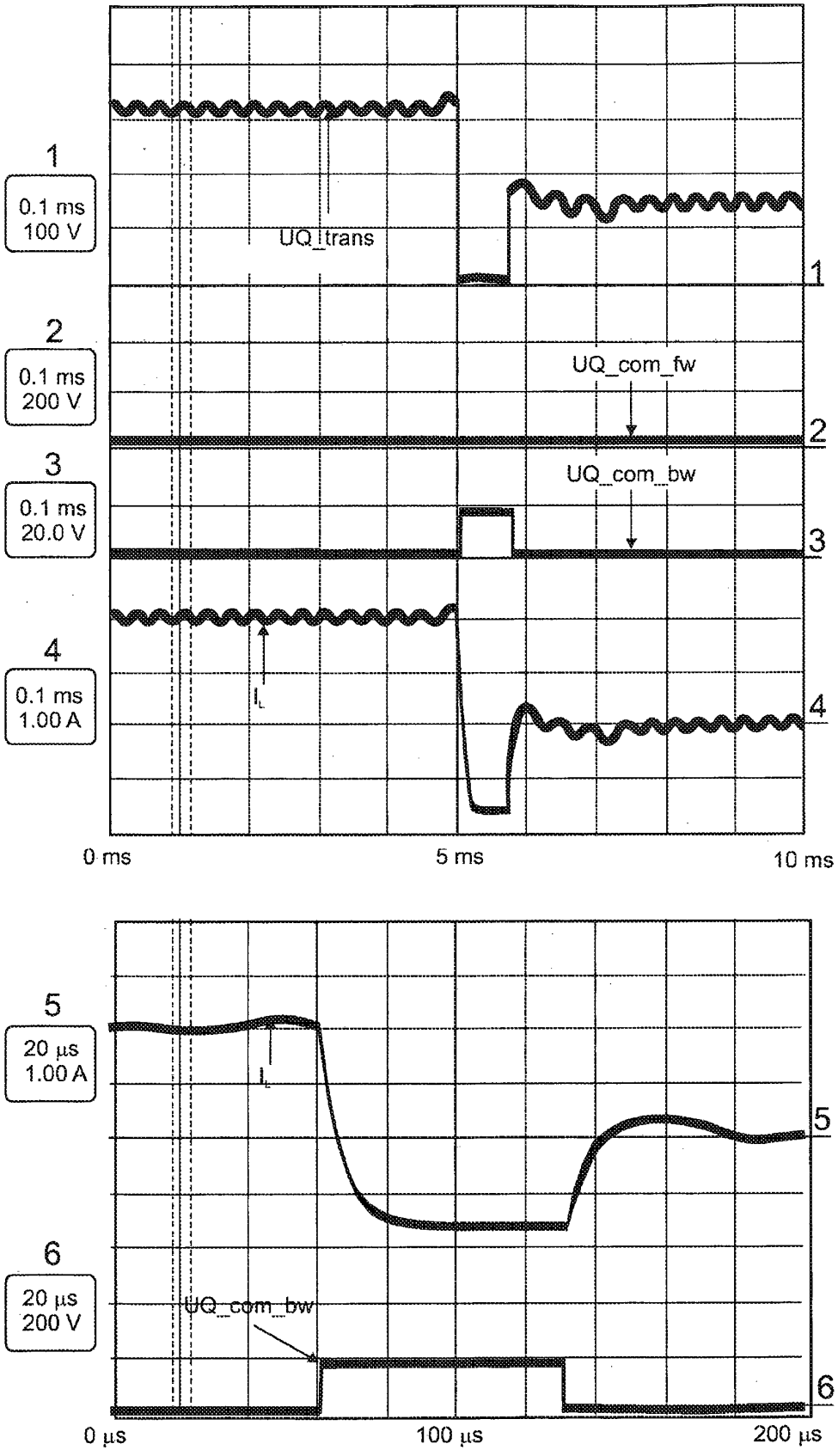

1
0.1 ms
100 V
UQ_trans
1
2
0.1 ms
200 V
UQ_com_fw
2
3
0.1 ms
20.0 V
UQ_com_bw
3
4
0.1 ms
1.00 A
I_L
4
0 ms
5 ms
10 ms
5
20 µs
1.00 A
I_L
5
6
20 µs
200 V
UQ_com_bw
6
0 µs
100 µs
200 µs

FIG 3c

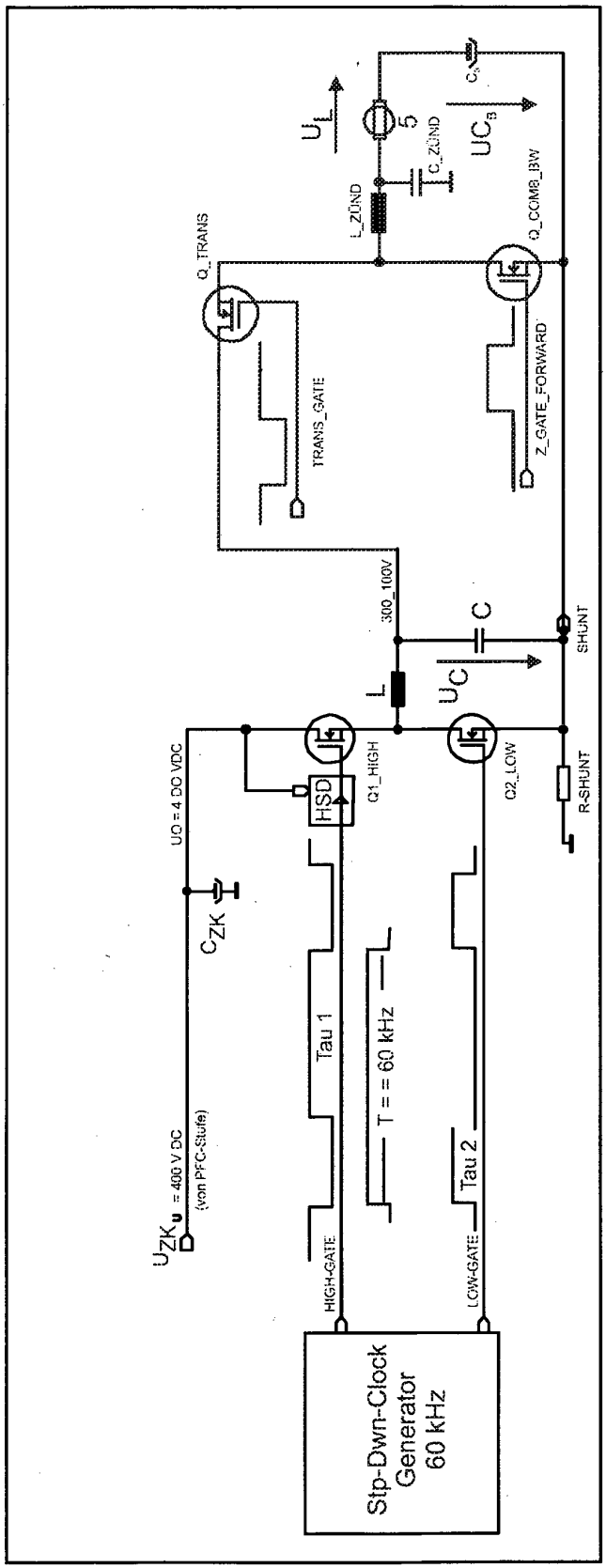

Stp-Dwn-Clock Generator 60 kHz
HIGH-GATE
LOW-GATE
Tau 1
T = = 60 kHz
Tau 2
UZK = 400 V DC (von PFC-Stufe)
UQ = 4.00 VDC
CZK
HSD
Q1_HIGH
Q2_LOW
R-SHUNT
SHUNT
L
UC
C
300_100V
Q_TRANS
TRANS_GATE
Z_GATE_FORWARD
Q_COMB_BW
L_ZÜND
C_ZÜND
UL
UCB

FIG 4

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

- DE 102009016579 A1 **[0004]**
- DE 102008016888 A1 **[0005]**
- WO 2007003171 A1 **[0006]**