



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
09.02.2011 Patentblatt 2011/06

(51) Int Cl.:
H05B 41/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10166293.0**

(22) Anmeldetag: **17.06.2010**

(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 SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME RS

(71) Anmelder: **Osram Gesellschaft mit Beschränkter Haftung**
81543 München (DE)

(72) Erfinder: **Mühlschlegel, Joachim**
82194, Gröbenzell (DE)

(30) Priorität: **14.07.2009 DE 102009032985**

(54) **Schaltungsanordnung und Verfahren zum Zünden einer Entladungslampe**

(57) Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zum Zünden einer Entladungslampe, mit einem Primärkreis, der aus der Serienschaltung einer Induktivität (L), einem Zündkondensator (C1) und einem ersten Schalter (SG) besteht, wobei der Schalter als Schwellwertschalter ausgeführt ist und die Induktivität aus der Primärwicklung (L1) des Zündtransformators (TR) besteht, und der Primärkreis ausgebildet ist, an der Sekundärwicklung (L2) eines Zündtransformators (TR) einen Zündpuls für die Entladungslampe zu generieren, wobei der Primärkreis zwei entkoppelte Spannungen aufweist, eine erste Spannung, die im wesentlichen mit der Energie des Zündpulses korreliert ist, und eine zweite Spannung, die den Schaltzeitpunkt des Schalters steuert, wobei die erste Spannung kleiner ist als der Schwellwert des ersten Schalters.

Die Erfindung betrifft ebenfalls ein Verfahren zum Zünden einer Entladungslampe, mit einem Primärkreis, der an der Sekundärwicklung eines Zündtransformators einen Zündpuls für die Entladungslampe generiert, wobei der Primärkreis aus der Serienschaltung einer Induktivität, einem Zündkondensator und einem ersten Schalter besteht, der als Schwellwertschalter ausgeführt ist, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- Aufladen des Zündkondensators auf eine erste Spannung,
- Anlegen einer zweiten Spannung an den ersten Schalter, um diesen einzuschalten.

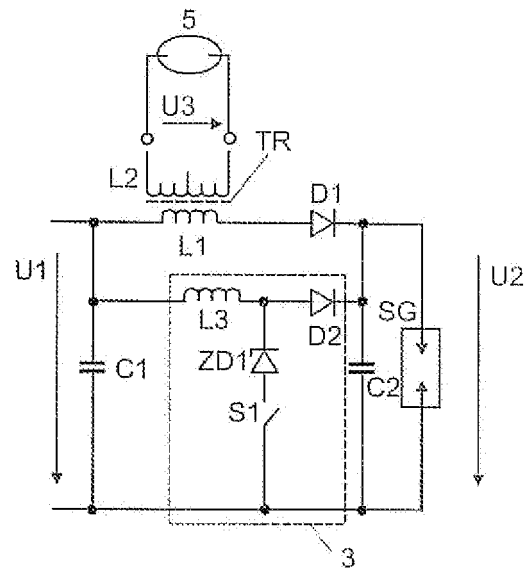


FIG 4

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zum Zünden einer Entladungslampe, mit einem Primärkreis, der aus der Serienschaltung einer Induktivität, einem Zündkondensator und einem ersten Schalter besteht, wobei der Schalter als Schwellwertschalter ausgeführt ist und die Induktivität aus der Primärwicklung des Zündtransformators besteht, und der Primärkreis ausgebildet ist, an der Sekundärwicklung eines Zündtransformators einen Zündpuls für die Entladungslampe zu generieren.

Stand der Technik

[0002] Die Erfindung geht aus von einer Schaltungsanordnung zum Zünden einer Entladungslampe nach der Gattung des Hauptanspruchs.

[0003] Fig. 1 zeigt eine Schaltungsanordnung zum Zünden einer Entladungslampe nach dem Stand der Technik, bei der im Primärkreis ein hoher Kreisstrom durch eine Primärwicklung L1 eines Zündtransformators TR erzeugt wird, die in eine hohe sekundärseitige Zündspannung U3 transformiert wird. Diese Zündspannung U3 wird an die Gasentladungslampe angelegt. Der Primärkreis besteht hierbei aus einer Serienschaltung der Primärwicklung L1 des Zündtransformators TR, eines Zündkondensators C1 und eines ersten Schalters in Form einer Funkenstrecke SG. Bei der im Stand der Technik üblichen Betriebsweise, bei der der Zündkondensator C1 langsam aufgeladen wird, bis die an ihm anliegende Spannung U1 groß genug ist, die Funkenstrecke durchbrechen zu lassen, ist die Spannung an der Funkenstrecke SG im wesentlichen gleich der Spannung am Zündkondensator C1, da die Induktivität der Primärwicklung des Zündtransformators TR für Gleichspannung durchlässig ist. Der Zündkondensator C1 wird hierbei über eine Spannungsquelle U11, R11 aufgeladen, bis seine Spannung die Durchbruchsspannung der Funkenstrecke erreicht hat, und diese Durchbricht. Dabei sinkt die Spannung U2 an der Funkenstrecke SG in sehr kurzer Zeit auf sehr niedrige Werte, was einen sehr hohen Strom durch die Primärwicklung L1 und die Funkenstrecke SG zur Folge hat. Die Ladung des Zündkondensators C1 entlädt sich dabei weitgehend. durch den hohen primärseitigen Strom entsteht an der Sekundärseite des Zündtransformators TR ein Zündpuls, der an die Gasentladungslampe angelegt wird. Der Strom und somit die Höhe des Zündpulses ist dabei abhängig von der Ladespannung U1 zum Zeitpunkt des Durchbruchs der Funkenstrecke SG. Der Primärkreis wird also mit einer Spannung U1 beaufschlagt, die für die Aufladung des Zündkondensators C1 sowie für das Einschalten der Funkenstrecke SG sorgt. Funkenstrecken weisen aber den Nachteil auf, dass die Durchbruchspannung stark Toleranzbehaftet ist, und die im Primärkreis durch die Aufladung des Zündkondensators C1 befindliche Zündenergie dadurch ebenfalls stark schwankt. Dies macht die Zündung der Gasentladungslampe zu einem statistischen Prozess, was sehr unerwünscht ist.

[0004] In einem weiteren Stand der Technik wird anstatt der Funkenstrecke ein steuerbarer Halbleiterschalter, z.B. ein Thyristor oder ein MOS-FET verwendet. Halbleiterschalter weisen aber den Nachteil eines im Vergleich zur Funkenstrecke hohen Innenwiderstandes auf, was einen signifikant geringeren Primärstrom zu Folge hat, und damit auch einen signifikant kleineren Zündpuls.

Aufgabe

[0005] Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Schaltungsanordnung zum Zünden einer Entladungslampe anzugeben, mit einem Primärkreis, der aus der Serienschaltung einer Induktivität, einem Zündkondensator und einem ersten Schalter besteht, wobei der Schalter als Schwellwertschalter ausgeführt ist und die Induktivität aus der Primärwicklung des Zündtransformators besteht, und der Primärkreis ausgebildet ist, an der Sekundärwicklung eines Zündtransformators einen Zündpuls für die Entladungslampe zu generieren, mittels der die Zündenergie deterministisch vorherbestimmt werden kann.

Darstellung der Erfindung

[0006] Die Lösung der Aufgabe bezüglich der Schaltungsanordnung erfolgt erfindungsgemäß mit einer Schaltungsanordnung zum Zünden einer Entladungslampe, mit einem Primärkreis, der aus der Serienschaltung einer Induktivität, einem Zündkondensator und einem ersten Schalter besteht, wobei der Schalter als Schwellwertschalter ausgeführt ist und die Induktivität aus der Primärwicklung des Zündtransformators besteht, und der Primärkreis ausgebildet ist, an der Sekundärwicklung eines Zündtransformators einen Zündpuls für die Entladungslampe zu generieren, wobei der Primärkreis zwei entkoppelte Spannungen aufweist, eine erste Spannung, die im wesentlichen mit der Energie des Zündpulses korreliert ist, und eine zweite Spannung, die den Schaltzeitpunkt des Schalters steuert, wobei die erste Spannung kleiner ist als der Schwellwert des ersten Schalters. Durch diese Maßnahme kann der Zündzeitpunkt der Entladungslampe von

der Zündenergie entkoppelt werden, und die Zündenergie auf einen vorbestimmten Wert eingestellt werden. Dadurch, dass der erste Schalter als Schwellwertschalter ausgebildet ist, wird er eingeschaltet, wenn die zweite Spannung seinem Schwellwert entspricht.

[0007] Je nach Anforderungsprofil können die Spannungen durch eine Diode oder eine Induktivität entkoppelt sein. Die Entkopplung durch eine Induktivität eignet sich besonders bei Einsatz eines schnell ansprechenden ersten Schalters, wohingegen die Entkopplung durch eine Diode ein breiteres Anwendungsgebiet aufweist.

[0008] Die Ausbildung als Schwellwertschalter eröffnet eine Vielzahl von möglichen physikalischen Schaltern, der erste Schalter kann z.B. eine Funkenstrecke sein, oder ein Sidac oder ein Bauteil mit einer ähnlichen Schwellwertcharakteristik sein. Eine Funkenstrecke als Schwellwertschalter bietet den Vorteil eines sehr geringen Innenwiderstandes und einer damit verbundenen hohen Zündeffizienz. Der Schwellwertschalter weist dabei bevorzugt eine Parallelkapazität auf, über die durch einen Ladungstransport auf die Kapazität eine Spannung über dem Schwellwertschalter aufgebaut werden kann. Bevorzugt wird zum Aufladen der Parallelkapazität eine steuerbare Spannungsquelle oder eine steuerbare Stromquelle oder ein Gleichspannungswandler oder eine Ladungspumpe verwendet. Besonders bevorzugt wird zum Aufladen der Parallelkapazität ein Gleichspannungswandler verwendet, der als Drosselaufwärtswandler mit einem zweiten Schalter ausgeführt ist.

[0009] Der Drosselaufwärtswandler ist vorzugsweise so ausgeführt, dass in Serie zum zweiten Schalter eine Zenerdiode angeordnet ist. Durch diese Maßnahme kann die Sperrspannung des Transistors kleiner ausfallen, und der Drosselwandler kostengünstiger ausgeführt werden.

[0010] Die Aufgabe bezüglich des Verfahrens erfolgt erfindungsgemäß mit einem Verfahren zum Zünden einer Entladungslampe, mit einem Primärkreis, der aus der Serienschaltung einer Induktivität, einem Zündkondensator und einem ersten Schalter besteht, wobei der Schalter als Schwellwertschalter ausgeführt ist und die Induktivität aus der Primärwicklung des Zündtransformators besteht, und der Primärkreis ausgebildet ist, an der Sekundärwicklung eines Zündtransformators einen Zündpuls für die Entladungslampe zu generieren, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- Aufladen des Zündkondensators auf eine erste Spannung,
- Anlegen einer zweiten Spannung an den ersten Schalter, um diesen einzuschalten. Durch diese Maßnahme kann der Zündzeitpunkt der Entladungslampe von der Zündenergie entkoppelt werden, und die Zündenergie auf einen vorbestimmten Wert eingestellt werden.

[0011] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung und des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Zünden einer Entladungslampe ergeben sich aus weiteren abhängigen Ansprüchen und aus der folgenden Beschreibung.

Kurze Beschreibung der Zeichnung(en)

[0012] 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 Schaltungsanordnung zum Zünden einer Entladungslampe nach dem Stand der Technik,

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zum Zünden einer Entladungslampe in einer ersten Ausführungsform mit einer Diode als Entkopplungselement,

Fig. 3 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zum Zünden einer Entladungslampe in einer zweiten Ausführungsform mit einer Diode als Entkopplungselement, die Teil eines Drosselaufwärtswandlers ist, der die Primärwicklung des Zündtransformators als Drossel verwendet,

Fig. 4 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zum Zünden einer Entladungslampe in einer dritten Ausführungsform mit einer Diode als Entkopplungselement und einem Drosselaufwärtswandler,

Fig. 5 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zum Zünden einer Entladungslampe in einer vierten Ausführungsform mit der Primärwicklung des Zündtransformators als Entkopplungselement und einer Schaltstrecke zur Erhöhung der zweiten Spannung,

Fig. 6 einige relevante Signale, die die Arbeitsweise der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung bei einer Ladspannung des Zündkondensators von 500V verdeutlichen,

Fig. 7 einige relevante Signale, die die Arbeitsweise der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung bei einer Ladspannung des Zündkondensators von 700V verdeutlichen,

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

[0013] Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zum Zünden einer Entladungslampe in einer ersten Ausführungsform mit einer Diode D1 als Entkopplungselement und einer Funkenstrecke SG als erstem Schalter. Durch die Diode D1 ist es möglich, an der Funkenstrecke SG eine höhere Spannung U2 anzulegen als an dem Zündkondensator C1. Dazu ist die Kathode der Diode mit der Funkenstrecke SG verbunden. Der Zündkondensator C1 wird hierbei erfindungsgemäß immer auf eine vorbestimmte erste Spannung U1 aufgeladen, um eine konstante Zündenergie zu gewährleisten. An die Funkenstrecke SG wird eine zweite Spannung U2 angelegt, die hoch genug ist, die Funkenstrecke SG durchbrechen zu lassen, also einzuschalten. Dies kann z.B. durch eine externe, hier nicht gezeigte Spannungsquelle erfolgen. Durch die Diode D1 sind die beiden Spannungen voneinander entkoppelt und können so unabhängig eingestellt werden. Voraussetzung hierfür ist natürlich, dass die minimale Durchbruchsspannung der Funkenstrecke oberhalb der ersten Spannung U1 liegt. Die erste Spannung U1 am Zündkondensator C1 wird auf einen Wert eingestellt, der eine vorbestimmte gewünschte Zündpulsenergie ermöglicht. Diese Spannung kann entweder fest eingestellt sein, oder aber je nach Betriebszustand variabel eingestellt werden. Generell existiert ein Zusammenhang zwischen der Zündpulsenergie und der Maximalspannung des Zündpulses, so dass ein Zündpuls mit höherer Zündpulsenergie bei sonst gleichen Primärkreisparametern immer auch eine höhere Maximalspannung des Zündpulses zur Folge hat. Um die Isolation des Gesamtsystems zu schonen, kann also der Zündpuls so generiert werden, dass er die Lampe je nach dem gerade herrschenden Betriebszustand immer sicher zünden kann, gleichzeitig aber nicht unnötig hoch ist, um die Isolation des Systems nicht über Gebühr zu belasten.

[0014] Grundsätzlich kann eine genügend hohe Spannung an die Funkenstrecke auf zwei Arten angelegt werden: Es kann, wie oben bereits beschrieben, eine Spannungsquelle an die Funkenstrecke angelegt werden, die genügend hoch ist, um sie durchbrechen zu lassen. Es kann aber auch eine Ladung auf den der Funkenstrecke parallel geschalteten Kondensator C2 aufgebracht werden, durch die dann die zweite Spannung U2 am Kondensator und somit auch an der Funkenstrecke erzeugt wird. Die Kapazität C2 kann aus der parasitären Kapazität der Funkenstrecke und daran angeschlossener Bauteile wie z.B. der Diode D1 bestehen. Die Kapazität kann sich aber auch aus dieser Kapazität und der Kapazität eines parallel zur Funkenstrecke geschalteten realen Kondensators zusammensetzen. Dies hängt von den realen Bedingungen und der Auslegung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ab. Bevorzugt wird die Kapazität C2 deutlich kleiner als die Kapazität des Zündkondensators C1 gewählt, vorzugsweise ist $C2 < 0,3 \cdot C1$. Damit wird erreicht, dass der Einfluss der Kapazität C2 auf die Zündenergie vernachlässigbar klein bleibt.

[0015] Fig. 3 zeigt eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zum Zünden einer Entladungslampe in einer zweiten Ausführungsform mit einer Diode D1 als Entkopplungselement, die Teil eines Drosselaufwärtswandlers 3 ist, der die Primärwicklung des Zündtransformators als Drossel verwendet. Mit dieser Schaltungsanordnung ist keine Spannungsquelle mehr nötig, um die zweite Spannung U2 bereitzustellen. Der Drosselaufwärtswandler 3 arbeitet als Ladungspumpe auf die Kapazität C2, und erzeugt mit wenigen Zyklen eine Spannung über der Kapazität C2, die Ausreicht, um die Funkenstrecke zu zünden. Dadurch, dass die zweite Spannung U2 mittels weniger Zyklen erzeugt wird, lässt sich der Zündzeitpunkt der an die Zündspannung U3 angeschlossenen Gasentladungslampe 5 sehr präzise einstellen. Die Zenerdiode ZD1 dient hierbei der Verringerung der Spannung am zweiten Schalter S1, der als Transistor ausgeführt ist. Da bei den wenigen Zyklen bis zum Durchbruch der Funkenstrecke die Effizienz des Drosselaufwärtswandlers 3 unerheblich ist, kann die Zenerdiode ZD1 in Serie zum zweiten Schalter, beziehungsweise Schalttransistor S1 eingebaut werden. Dadurch muss der Schalttransistor S1 für weniger Sperrspannung ausgelegt sein. Die Verluste in der Zenerdiode ZD1 spielen dabei keine Rolle. Da Schalttransistoren mit weniger Sperrspannung deutlich kostengünstiger sind, hilft dieser Kniff, die Kosten der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung niedrig zu halten. Die Zenerspannung der Zenerdiode ZD1 muss kleiner gewählt werden, als der stationäre Wert der ersten Spannung U1, d.h. der Spannung U1, auf die der Zündkondensator C1 letztlich aufgeladen wird. Dies ist notwendig, da sonst beim Durchschalten des Schalters/Transistors S1 kein Strom durch ihn fließen würde. In Zahlen ausgedrückt sollte die

[0016] Zenerspannung U_{zener} der Zenerdiode ZD1 dem 0,2 bis 0,95 fachen der Spannung U1 am Zündkondensator C1 betragen: $U_{\text{zener}} = (0,2 \dots 0,95) \cdot U1$. Der Drosselaufwärtswandler 3 verwendet die Primärwicklung eines Zündtransformators TR als Drossel. Dies erfordert eine genaue Abstimmung aller Komponenten, damit der Zündtransformator und der Drosselaufwärtswandler ihre Funktionen optimal erfüllen können. In manchen Fällen lässt sich aber für die Wicklung L1 die Funktion als Primärwicklung für den Zündtransformator TR und die Funktion als Drossel für den Drosselaufwärtswandler 3 nicht vereinen, da sich die für beide Anwendungen geforderten Induktivitätswerte der Wicklung L1 nicht vereinen lassen. In diesem Fall kommt eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung zum Einsatz.

[0017] Fig. 4 zeigt eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zum Zünden einer Entladungslampe in einer dritten Ausführungsform mit einer Diode als Entkopplungselement und einem Drosselaufwärtswandler. Der Drosselaufwärtswandler

wandler umfasst hier eine zusätzliche Drossel L3, eine zusätzliche Diode D2 und die aus der zweiten Ausführungsform bekannte Serienschaltung einer Zenerdiode ZD1 und eines Schalters S1. Der Eingang des Drosselwandlers ist hier an die Ladespannung des Zündkondensators C1 angeschlossen. Es kann jedoch in bestimmten Anwendungen sinnvoll sein, eine andere interne Spannungsquelle zu verwenden, um den Drosselwandler 3 zu versorgen. Diese Ausführungsform benötigt zwar mehr Bauteile als die zweite Ausführungsform, es können damit aber auch schwieriger zu startende Gasentladungslampen bei gleichzeitig komplexeren Randbedingungen sicher gezündet werden. Diese Ausführungsform weist die meisten Freiheitsgrade im Design auf, somit kann über die entsprechende Anpassung der Bauteilewerte praktisch jede noch so komplexe Zündaufgabe gelöst werden. Der Drosselaufwärtswandler arbeitet hier wieder auf die Kapazität C2, die als parasitäre Kapazität oder als Parallelschaltung einer parasitären Kapazität und eines realen Kondensators ausgeführt sein kann. Durch kurzes Ein- und wiederausschalten des Schalters beziehungsweise Schalttransistors S1 wird die in der Drossel L3 gespeicherte Ladung auf die Kapazität transferiert, was zu einer signifikanten Spannungserhöhung über der Kapazität C2 führt. Dies entspricht der Arbeitsweise der zweiten Ausführungsform, nur dass hier die Drossel L3 und die Kapazität C2 besser aufeinander abgestimmt werden können. Der Schalter beziehungsweise Schalttransistor S1 kann mehrere Male hintereinander Ein- und wieder Ausgeschaltet werden. In speziellen Fällen ist es aber auch möglich, dass die notwendige zweite Spannung U2 mit einem einmaligen Ein- und Wiederaus-

[0018] In der folgenden Tabelle sind die Bauteilewerte einer bevorzugten Ausgestaltung der dritten Ausführungsform angegeben:

C1	68nF
C2	0..5nF
L1	1,3uH
L2	700uH
LD	Nicht vorhanden
U1	200V..700V
D1	Diode mit 600V Sperrspannung
D2	Diode mit 600V Sperrspannung
ZD1	Z-Diode mit 400V Z-Spannung
L3	470uH
SG	Funkenstrecke mit 800V $\pm$ 20% Durchbruchsspannung

[0019] Die Spannung U1 kann dabei je nach gewünschter Zündenergie von 200V bis 700V variieren. Die Zündenergie kann dabei vom Lampenzustand der Gasentladungslampe 5 abhängen, z.B. kann sie bei heißer Lampe höher ausfallen. Bei einer Spannung U1 von 500V beträgt die Zündenergie z.B. $0,5 \cdot 70nF \cdot (500V)^2 = 8,75mJ$ entsprechend einer Zündpulshöhe von 17kV. Bei einer Spannung U1 von 700V beträgt die Zündenergie z.B. $0,5 \cdot 70nF \cdot (700V)^2 = 17,15mJ$ entsprechend einer Zündpulshöhe von 22kV. Die Einschaltzeit des Schalters/Schalttransistors S1 wird dabei entsprechend der Spannung U1 so variiert, dass die Zeitdauer, während der der Schalter/Schalttransistor geschlossen ist, bei höherer Spannung U1 abnimmt, um die Spannungs- und Strombelastung des Schalters/Schalttransistors S1 zu verringern. Die Einschaltdauer des Schalters/Schalttransistors S1 beträgt demnach bei einer ersten Spannung U1 von 500V 2,5us, und bei einer ersten Spannung U1 von 700V 0,2us.

[0020] Fig. 5 zeigt eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zum Zünden einer Entladungslampe in einer vierten Ausführungsform mit der Primärwicklung des Zündtransformators als Entkopplungselement und einer Schaltstrecke zur Erhöhung der zweiten Spannung. Dies stellt eine etwas vereinfachte Ausführungsform der zweiten Ausführungsform dar. Hier wird die Primärwicklung des Zündtransformators TR als Entkopplungselement benutzt, was zur Folge hat, dass alle für die Zündung notwendigen Vorgänge sehr schnell ablaufen müssen, da die Primärwicklung des Zündtransformators TR als induktives Bauteil für Gleichspannung und Wechselspannung niedriger Frequenz durchlässig ist. Idealerweise wird hier die Spannung über der Kapazität U2 mit nur einem Schaltvorgang des zweiten Schalters S1 erzeugt. Durch kurzes Einschalten von S2 entsteht am Schwellwertschalter S1 eine resonante Überspannung. Dadurch ist für kurze Zeit die Spannung U2 wesentlich höher als die Spannung U1. Die resonante Spannungsüberhöhung liegt nur für kurze Zeit am Schwellwertschalter an. Dies führt dazu, dass der Schwellwertschalter respektive die Funkenstrecke SG sehr schnell schalten muss, um diesen Effekt ausnutzen zu können. Schaltet die Funkenstrecke SG zu langsam, haben sich die Spannungen U1 und U2 schon wieder egalisiert, und die Zündmimik funktioniert nicht. Um das Ansprechen

des Schwellwertschalters zu verbessern, ist es vorteilhaft die zeitliche Dauer der resonanten Spannungsüberhöhung zu verlängern. Dies kann über eine Vergrößerung der wirksamen Primärinduktivität und durch eine Vergrößerung der Kapazität C2 erreicht werden. Dazu kann eine zusätzliche Induktivität in Serie zur Primärwicklung (L1) geschaltet werden und/oder eine zusätzliche Kapazität parallel zum Schwellwertschalter geschaltet werden. Die zusätzliche Induktivität kann dabei so ausgeführt sein, dass sie nach dem Einschalten von SG beim Entladen von C1 in Sättigung geht. Das hat den Vorteil, dass beim Durchbruch von SG nur wenig Spannung an der zusätzlichen Induktivität abfällt und damit die Zündpulshöhe nur geringfügig vermindert wird.

[0021] In der folgenden Tabelle sind die Bauteilewerte einer bevorzugten Ausgestaltung der vierten Ausführungsform angegeben:

C1	68nF
C2	0,5..5nF
L1	1,3uH
LD	1..5uH
L2	700uH
U1	500..600V
ZD1	Z-Diode mit 400V Z-Spannung
SG	Funkenstrecke mit 800V+70% Durchbruchsspannung

[0022] Diese Schaltmimik mit einem sehr schnellen Schwellwertschalter beziehungsweise einer schnellen Funkenstrecke SG lässt sich in erfindungsgemäßer Weise natürlich auch auf eine an sich bekannte Schaltungsanordnung wie die aus **Fig. 1** anwenden. Wird hier von einer externen, hier nicht gezeigten Spannungsquelle eine Spannung an die Funkenstrecke SG angelegt, und die Funkenstrecke SG schaltet schnell, so kann mittels L1 die an dem Zündkondensator C1 angelegte Spannung U1 von der den Schwellwertschalter beziehungsweise die Funkenstrecke SG auslösenden Spannung U2 entkoppelt werden, ohne das zusätzliche Bauteile notwendig werden. Dies stellt die einfachste Ausführungsform für ein erfindungsgemäßes Zündverfahren dar und benötigt lediglich einen schnell schaltenden ersten Schwellwertschalter und eine Spannungsquelle, die in der Lage ist, die Spannung mit einer hohen Spannungsänderungsgeschwindigkeit an den Schwellwertschalter anzulegen.

[0023] Die **Fig. 6 & 7** zeigen einige relevante Signale, die die Arbeitsweise der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung bei einer Ladespannung des Zündkondensators von 500V beziehungsweise 700V verdeutlichen. Aufgetragen sind hier über eine Zeitachse von $2\mu\text{s}/\text{DIV}$ die Spannungen U1, U2, U3 und die Spannung über dem zweiten Schalter beziehungsweise Schalttransistor S1. Grundlage für diese Signale ist eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung in der dritten Ausführungsform. Zum Zeitpunkt t_1 schaltet der zweite Schalter S1 respektive der Transistor des Drosselwandlers durch, was gut an der Spannung US1 zu erkennen ist, die auf null zusammenbricht. Zum Zeitpunkt t_2 schaltet der zweite Schalter S1 respektive der Transistor des Drosselwandlers wieder ab, woraufhin eine Schwingung einsetzt, die sich auch in der Funkenstreckenspannung U2 niederschlägt. Diese Spannung erhöht sich zum Abschaltzeitpunkt schlagartig um einen bestimmten Wert. In diesem Beispiel ist die Auslegung so gewählt, dass die Spannung zum Durchbruch der FA schon bei einem Schaltvorgang erreicht wird. Prinzipiell kann dies aber auch erst nach mehreren Schaltvorgängen der Fall sein. Es ist deutlich zu sehen, dass die Spannung U1 am Zündkondensator unabhängig von der Spannung U2 an der Funkenstrecke ist. Zum Zeitpunkt t_3 bricht die Funkenstrecke durch, und die Spannung U1 entlädt sich in einen Kreisstrom im Primärkreis, der auf der Sekundärseite des Zündtransformators TR einen hohen Zündspannungsverlauf der Zündspannung U3 generiert. Vergleicht man die beiden Fig. 6 und 7, so kann der Zusammenhang zwischen der Spannung U1 am Zündkondensator C1 und der Zündspannung U3 gut erkannt werden. In Fig. 6 wird der Zündkondensator C1 auf eine Spannung von 500V aufgeladen, und die resultierende maximale Zündspannung beträgt ca. 17 kV. In der Fig. 7 wird der Zündkondensator auf eine Spannung von 700V aufgeladen, und die maximale Zündspannung beträgt etwa 22kV. Gut zu erkennen ist auch der eingangs erwähnte Zusammenhang zwischen der Einschaltzeit des zweiten Schalters S1 und der Spannung U1 am Zündkondensator C1. Ist der Zündkondensator C1 auf 500V aufgeladen (Fig. 6), so wird der zweite Schalter S1 für etwa $2,5\mu\text{s}$ eingeschaltet. Dies entspricht der Zeitspanne zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_2 . Ist der Zündkondensator C1 auf 700V aufgeladen (Fig. 7), so wird der zweite Schalter S1 nur noch für etwa 200ns eingeschaltet.

[0024] **Fig. 8** zeigt eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zum Zünden einer Entladungslampe in einer fünften

Ausführungsform mit einer Diode D1 als Entkopplungselement und einer Funkenstrecke SG als erstem Schalter, die ähnlich zu ersten Ausführungsform ist. In dieser Ausführungsform ist beispielhaft gezeigt, dass die Induktivität im Zündkreis nicht nur aus der Primärinduktivität L1 des Zündtransformators bestehen muss, sondern in Serie dazu auch eine Drossel LD geschaltet sein kann, die zusammen die Induktivität L bilden. Diese Schaltungsvariante kann natürlich auch in allen anderen Ausführungsformen Anwendung finden. Durch diese Maßnahme ist es möglich, den Induktivitätswert von L besser an die Erfordernisse der Schaltung anpassen zu können. Dies kann vor allem in der zweiten Ausführungsform und der vierten Ausführungsform von Vorteil sein, da hier eine genaue Abstimmung der Komponenten, vor allem des Induktivitätswertes des Aufwärtswandlers, regelmäßig zur Steigerung der Wandlereffizienz führt. Dadurch ist es möglich, in ungünstigen Fällen mit einem einzigen kostengünstigen Bauteil die Wandlereffizienz und somit die Leistung der gesamten Schaltungsanordnung signifikant zu steigern.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zum Zünden einer Entladungslampe, mit einem Primärkreis, der aus der Serienschaltung einer Induktivität (L), einem Zündkondensator (C1) und einem ersten Schalter (SG) besteht, wobei der Schalter als Schwellwertschalter ausgeführt ist und die Induktivität aus der Primärwicklung (L1) des Zündtransformators (TR) besteht, und der Primärkreis ausgebildet ist, an der Sekundärwicklung (L2) eines Zündtransformators (TR) einen Zündpuls für die Entladungslampe zu generieren, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Primärkreis zwei entkoppelte Spannungen aufweist, eine erste Spannung (U1), die im wesentlichen mit der Energie des Zündpulses korreliert ist, und eine zweite Spannung (U2), die den Schaltzeitpunkt des Schalters (SG) steuert, wobei die erste Spannung (U1) kleiner ist als der Schwellwert des ersten Schalters (SG).
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der ersten Spannung (U1) und der zweiten Spannung (U2) die Induktivität (L) oder die Induktivität (L) in Serie mit einer Diode (D1) angeordnet ist, wobei die Kathode der Diode (D1) mit dem ersten Schalter (SG) verbunden ist.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Induktivität (L) aus einer Serienschaltung der Primärwicklung (L1) des Zündtransformators (TR) mit einer Zusatzdrossel (LD) besteht.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusatzdrossel (LD) beim Entladen des Zündkondensators (C1) im Zündmoment sättigt.
5. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Schalter (SG) eine Funkenstrecke oder ein Sidac oder ein Bauteil mit einer wirkungsgleichen Schwellwertcharakteristik ist.
6. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Schwellwertschalter (SG) eine Kapazität (C2) parallel geschaltet ist.
7. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine steuerbare Spannungsquelle oder eine steuerbare Stromquelle oder einen Gleichspannungswandler oder eine Ladungspumpe zum Aufladen der Parallelkapazität (C2) aufweist.
8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gleichspannungswandler ein Drosselaufwärtswandler (3) mit einem zweiten Schalter (S1) ist.
9. Schaltungsanordnung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Serie zum zweiten Schalter (S1) eine Zenerdiode (ZD1) angeordnet ist, wobei die Anode der Zenerdiode (ZD1) mit dem Schalter verbunden ist.
10. Verfahren zum Zünden einer Entladungslampe, mit einem Primärkreis, der aus der Serienschaltung einer Induktivität (L), einem Zündkondensator (C1) und einem ersten Schalter (SG) besteht, wobei der Schalter als Schwellwertschalter ausgeführt ist und die Induktivität aus der Primärwicklung (L1) des Zündtransformators (TR) besteht, und der Primärkreis ausgebildet ist, an der Sekundärwicklung (L2) eines Zündtransformators (TR) einen Zündpuls für die Entladungslampe zu generieren, **gekennzeichnet durch folgende Schritte:**
 - Aufladen des Zündkondensators (C1) auf eine erste Spannung (U1),
 - Anlegen einer zweiten Spannung (U2) an den ersten Schalter (SG), um diesen einzuschalten.

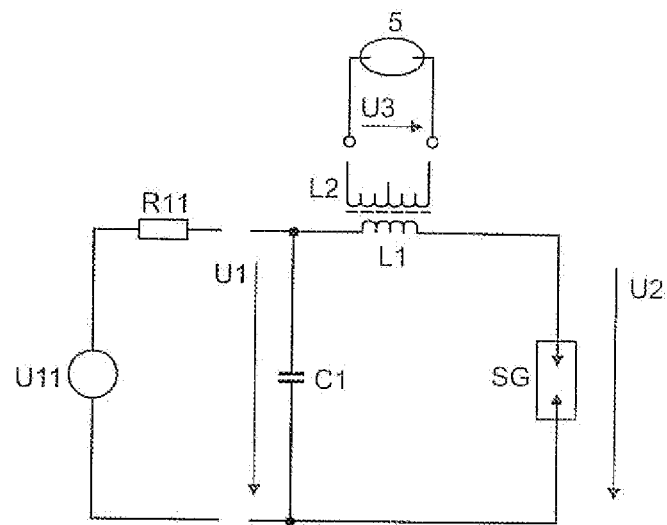


FIG 1

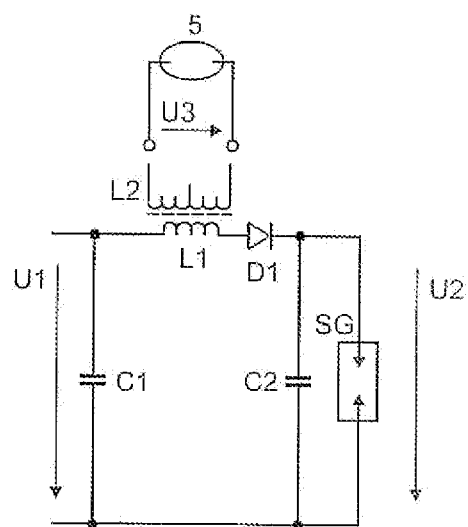


FIG 2

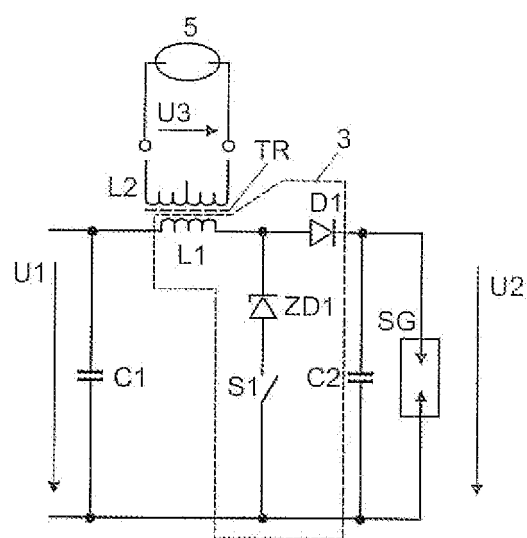


FIG 3

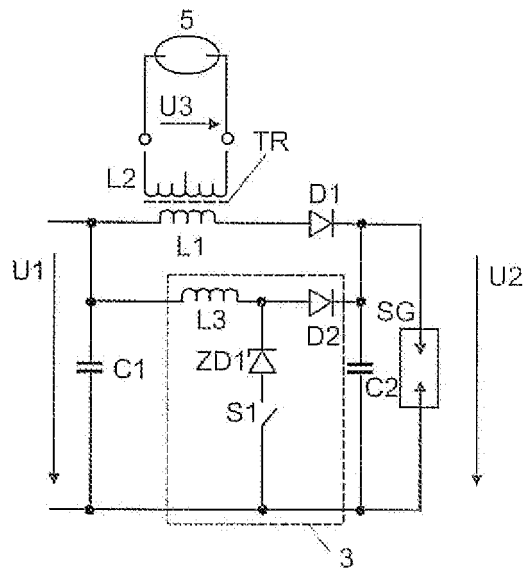


FIG 4

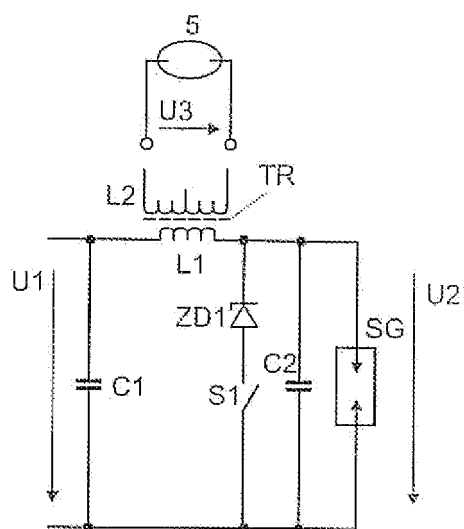


FIG 5

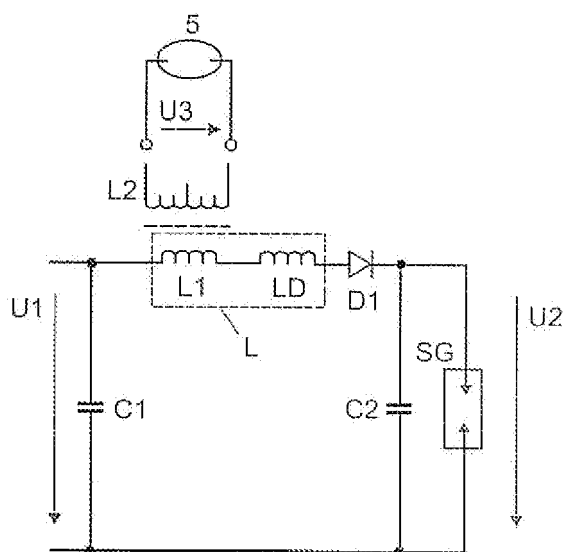


FIG 8

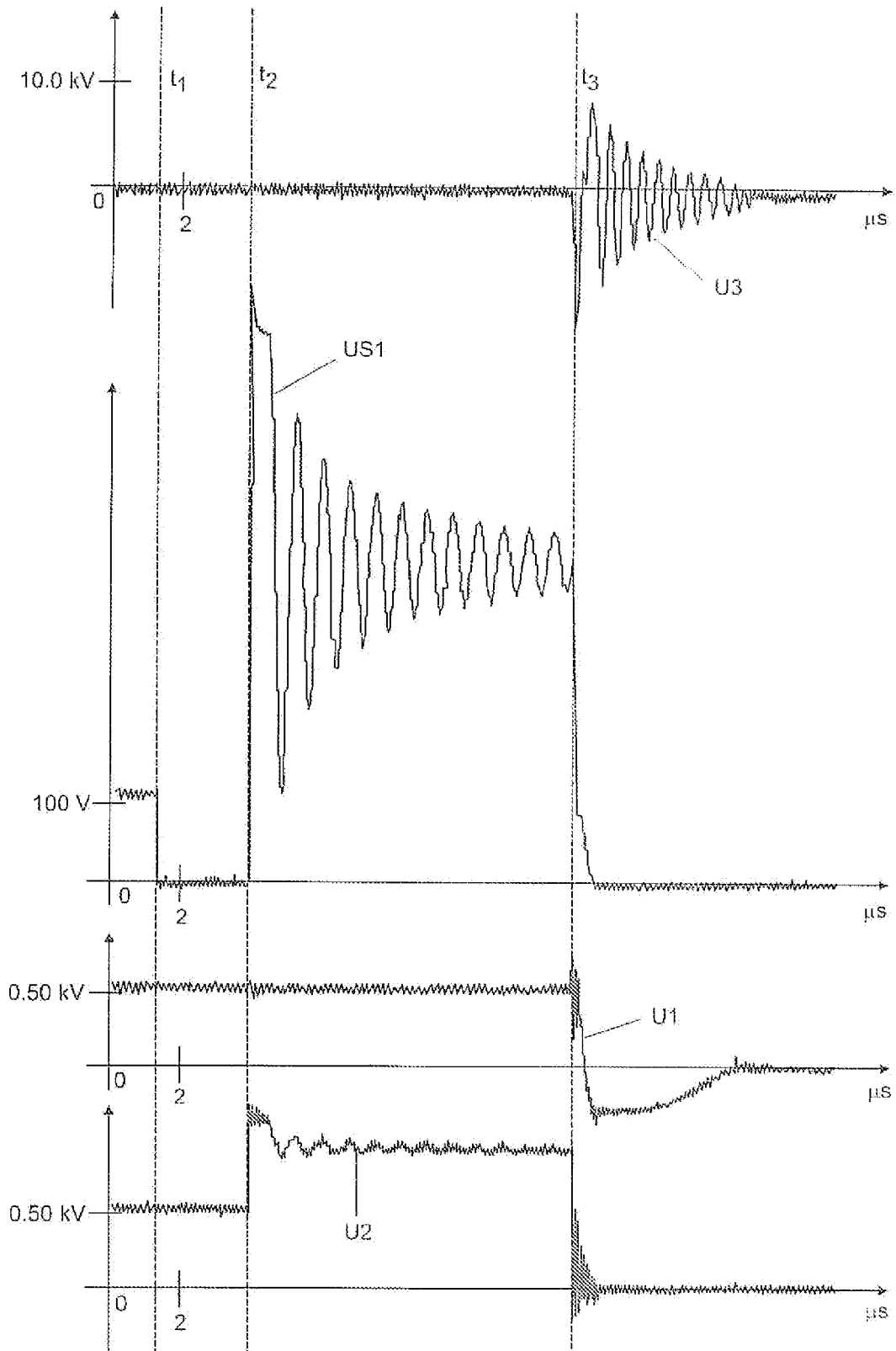


FIG 6

