

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

235536

(11) (B3)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

(22) Přihlášeno 26 04 82
(21) (PV 2954-82)

(32) (31)(33) Právo přednosti od 08 05 81
(1226/81) Maďarská lidová republika

(40) Zveřejněno 31 08 84

(45) Vydáno 15 11 86

(51) Int. Cl.³

H 01 J 61/56

(72) Autor vynálezu

KEREKES BÉLA dr. ing., BUDAPEŠT (MLR)

(73) Majitel patentu

EGYESÜLT IZZOLÁMPA ÉS VILÁMGYÁRT, BUDAPEŠT (MLR)

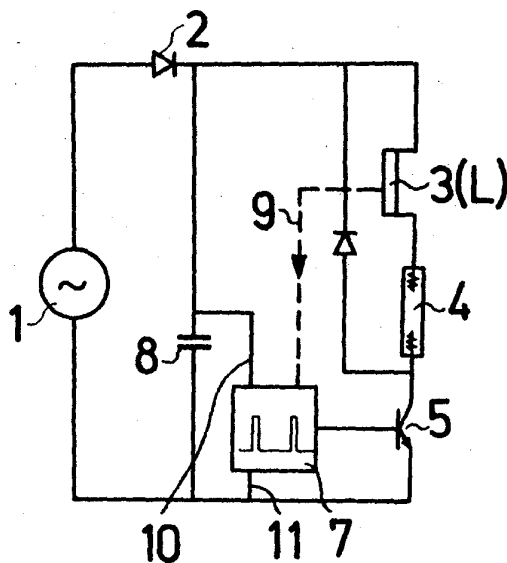
(54) Vysokofrekvenční předřadník k omezení proudu pro úsporné osvětlovací jednotky

Vynález se týká vysokofrekvenčního předřadníku k omezení proudu pro úsporné osvětlovací jednotky, zašroubovatelného přímo do objímek, normálních žárovek, s výhodou pro elektrické výbojky opatřené normálními paticemi, s výhodou pro zářivky, vysokotlakové sodíkové výbojky s kovovými parami, přičemž v předřadníku je použita tlumivka, spínací tranzistor a usměrňovač.

Účelem vynálezu je odstranění transformátoru zabírajícího mnoho místa, zjednodušení výroby úsporných svítidel a odstranění železného jádra tlumivky.

Tohoto účelu je dosaženo tím, že výbojka 4, tlumivka 3 a spínací tranzistor 5 jsou vzájemně spojeny v sérii, přičemž výbojka 4 a tlumivka 3 jsou spolu spojeny a přemostěny paralelně diodou 6 a směr propustnosti diody 6 je opačný vůči směru propustnosti spínacího tranzistoru 5 a ke vstupu spínacího tranzistoru 5 je připojen řídicí obvod 7, nezávislý na obvodu výbojky 4, pro vytváření obdélníkových vln o kmitočtu 1 až 100 kHz.

Tlumivka 3 je s výhodou typu se vzduchovým jádrem.



Obr. 1

Vynález se týká vysokofrekvenčního předřadníku k omezení proudu pro úsporné osvětlovací jednotky, zašroubovatelný přímo do objímek normálních žárovek, s výhodou pro elektrické výbojky opatřené normálními patičkami, s výhodou pro zářivky, vysokotlaké sodíkové výbojky nebo halogenové výbojky s kovovými parami, přičemž v předřadníku je použita tlumivka, spínací tranzistor a usměrňovač.

Je dobře známo, že proud elektrické výbojky musí být omezen sériovým odporem, a to na hodnotu, která je pro výbojku charakteristická. Toto omezení proudu se provádí předřadníkem k výbojce. Tento předřadník způsobuje energetickou ztrátu. Vzniká proto snaha, aby tato energetická ztráta byla co nejmenší. Nejčastěji používaný předřadník pro střídavé napájení výbojky sestává z tlumivky s jádrem, která jako impedance proud omezuje. Energie akumulovaná v magnetickém poli předřadníku je významná, ale způsobuje jen malé problémy, protože tato energie se v jak kladných, tak v záporných půlvlnách zpětně akumuluje. Geometrické rozměry tlumivky se železným jádrem a její hmotnost rovněž nezpůsobují žádné problémy, protože předřadník může být uspořádán v tělese výbojky, to jest v armatuře, která obsahuje patičku výbojky, zrcadla, ochranná skla a podobně, takže je pro předřadník dostatečně velký prostor.

Jestliže má být použita výbojka z úsporných nebo ekonomických důvodů místo žárovky s malou účinností, a to tak, že má být výbojka beze změny zapojení do dané objímky zašroubovatelná, musí konstrukce předřadníku vycházet ze zcela jiných předpokladů. Především je třeba respektovat to, že proudový obvod žárovky takový proud omezující systém neobsahuje, a že současně patička normální žárovky vytvoření předřadníku značně znesnadňuje. Tak se stávají geometrické rozměry předřadníku značným problémem a jeho hmotnost, estetický vzhled a nároky na tvar se stávají důležitými faktory. Je-li předřadník příliš velký, může se stát, že výbojková jednotka nemůže být uspořádána v armatuře, ve které byla předtím zašroubována žárovka.

K realizaci uvedených požadavků je známo řešení, podle kterého je výbojka napájena místo ze sítě 50 Hz nebo 60 Hz vysokofrekvenčním generátorem. V tomto případě je třeba vysokofrekvenční generátor a předřadník konstruovat spolu s výbojkou. Použití vysoké frekvence přináší výhodu, že geometrické rozměry induktivního předřadníku mohou být menší, protože - jak známo - impedance indukční cívky roste lineárně. Pod pojmem vysoká frekvence se rozumí rozsah 1 až 100 kHz, protože pod 1 kHz se nedají přednosti spojené s vysokou frekvencí účinně realizovat a nad 100 kHz vznikají problémy s vyzařováním. Vysokofrekvenční napájení výbojek je v praxi dobře známé řešení. Jeho výhoda je v tom, že například zvýšením frekvence stoupá i účinnost výbojek. Z úsporných důvodů se napájí 8 až 10 kusů výbojek z generátoru samo o sobě známým způsobem vytvořeného jako transformátor se železným jádrem. V tomto případě je způsob montáže předřadníku tradiční, to znamená, že je uspořádán v armatuře. Zmenšení geometrických rozměrů v tomto případě není významným úkolem, i když jsou rozměry předřadníku vzhledem k vysoké frekvenci pochopitelně menší.

Pro zapojení předřadníku o síťové frekvenci pro výbojky je charakteristické, že energie proudí mezi zdrojem proudu a výbojkou vždy oboustranně. Úspornost induktivního předřadníku, jak již bylo řečeno, je v tom, že když okamžitá hodnota síťového napětí právě stoupá, odbírá předřadník energii, akumuluje tuto energii v magnetickém poli a později, když napětí klesá, tuto energii dodává.

U výbojek je důležitým činitelem rytmus uvedeného zpětného zisku energie, to jest jinými slovy, časový průběh tohoto pochodu. Pulsy úspory energie jsou funkcí vlastní indukčnosti předřadníku a napětí mezi elektrodami výbojky, to jest napětí zapálené výbojky nebo napětí výbojky. Tyto hodnoty se volí při vytváření schématu zapojení tak, že v okamžiku, kdy je energie cívky vyčerpána, to jest proud výbojky má nulovou hodnotu a výbojka hasne, je okamžitá hodnota síťového napětí natolik vysoká, aby výbojku znovu zapálila. Tato okolnost znamená jinými slovy, že fázový posun mezi proudem výbojky a síťovým napětím

má být co největší, protože tak je znovuzapálení výbojky na konci periody lépe zajištěno.

Požadované napětí k znovuzapálení je tím vyšší, čím vyšší je tlak par ve výbojce. Jestliže si uvědomíme, že se stoupajícím tlakem se zlepšují optické parametry výbojky, například barevné složení světla výbojky atd., je zřejmé, že je třeba získat co největší fázový rozdíl. Aby se toho dosáhlo, je třeba vytvořit co největší vlastní indukčnost, čímž zase rostou geometrické rozměry.

V případě provozu při vysoké frekvenci je třeba použít výkonový zesilovač, který se realizuje v zapojení, které je samo o sobě známé, formou výkonového oscilátoru, který funguje jako vysokofrekvenční generátor. Vysokofrekvenční generátory je možné napájet jen stejnosměrným napětím, takže síťové napětí se musí usměrnit. Zavedení usměrňovače má ale za následek, že se zamezí oboustrannému proudění energie mezi sítí jako hlavním zdrojem energie a výbojkou. Požadované oboustranné spojení se dosahuje ve smyslu známých řešení pomocí transformátoru, takže spojení je místně regenerováno. Tento transformátor je výkonovým transformátorem výkonového oscilátoru a na primární straně transformátoru teče proud vždy jedním směrem, většinou jde o kolektorový proud tranzistoru, i když jeho amplituda kmitá v rytmu vysoké frekvence. Na sekundární cívce, která přes předřadník napájí výbojku, je ale normální střídavé napětí. Tímto způsobem je možné realizovat v sekundárním proudovém obvodu oboustranné energetické spojení mezi zdrojem proudu - sekundární cívka a výbojkou přes předřadník. Energie v rozptylové indukčnosti transformátoru je však ztracena.

Takový předřadný vysokofrekvenční systém je popsán v řešení kombinované lampy v US-PS4 170744. U tohoto řešení je lampa vybavena normální objímkou a výbojková trubice i žhavicí spirála jsou uspořádány ve společné baňce a předřadník výbojkové trubice a vysokofrekvenční generátor jsou rovněž připojeny k objímce. Tato lampa patří k úsporným světelným zdrojům, popřípadě k té kategorii výbojek, které se dají beze změn nebo doplňků použít místo normálních žárovek. Následkem toho hmotnost předřadného systému a geometrické rozměry jsou velmi důležité. Zapojení generátoru, předřadníku a výbojky je podle tohoto řešení tradiční a předřadník je řešen pomocí transformátoru se železným jádrem, ve kterém sekundární cívka známým způsobem představuje funkci předřadníku, přičemž sekundární cívka je volně vázána s primárním proudovým okruhem - rozptylový transformátor.

Jiná známá kompaktní výbojka je rovněž vybavena obvyklým předřadníkem, a to tak, že její kulová baňka se závitem E 26 obsahuje výbojku ve tvaru U-trubice a část předřadníku.

Obě řešení svítidel mají tu nevýhodu, že transformátor obsažený v předřadníku zabírá příliš mnoho místa, což má za následek neúměrnou hmotnost.

Cílem vynálezu je odstranit výše uvedené nedostatky, a to vytvořením předřadného systému, který umožňuje výrobu úsporných svítidel jednodušeji, snadněji a v menších rozměrech, a to tak, že napětí ke znovuzapálení je možno v širších mezích zvýšit, takže u některých vysokotlakých výbojek je možno zvýšit tlak a tím zajistit z toho plynoucí výhody.

Dalším cílem vynálezu bylo zjednodušení předřadníku a tím zjednodušení výroby úsporných svítidel, především odstraněním železného jádra a s ohledem na elektrody možnost vytvoření asymetrických výbojek.

Vynález spočívá na poznatku, že je-li připojen na vstup spínacího tranzistoru zapojeného do série s proudovým obvodem výbojky vysokofrekvenční proudový obvod s asymetrickým časováním a obdélníkového průběhu napětí, nebo je-li část obvodu sestávajícího z výbojky a přímo k ní připojené tlumivky s diodou v paralelním zapojení přemostěna tak, že směr vodivosti diody je opačný než spínacího tranzistoru, mohou být výše uvedené požadavky plně uspokojeny a pro úsporné osvětlovací jednotky lze vytvořit výhodnější předřadný systém a lze též s ohledem na dosud neřešené elektrody zhotovit asymetrické výbojky, jako

například vysokotlaké sodíkové výbojky.

Uvedené nevýhody jsou odstraněny u vysokofrekvenčního předřadníku podle vynálezu, jehož podstatou je, že výbojka, tlumivka a spínací tranzistor jsou vzájemně spojeny v sérii, přičemž výbojka a tlumivka jsou spolu spojeny a přemostěny paralelně diodou a směr propustnosti diody je opačný vůči směru propustnosti spínacího tranzistoru a ke vstupu spínacího tranzistoru je připojen řídicí obvod, nezávislý na obvodu výbojky, pro vytváření obdélníkových vln o kmitočtu 1 až 100 kHz.

Další podstatou vynálezu je, že tlumivka je typu se vzduchovým jádrem.

Vynález bude blíže objasněn na příkladech provedení pomocí obrázků, kde obr. 1 představuje možné zapojení předřadného systému podle vynálezu, obr. 2 ukazuje změny napětí na svorkách tlumivky jako funkci času a obr. 3 představuje možnou formu provedení předřadníku podle vynálezu, která je použita v úsporné osvětlovací jednotce.

Jak je vidět na obr. 1, sestává hlavní proudový obvod 1 ze síťového usměrňovače 2 připojeného k síti tlumivky 3, výbojky 4 a spínacího tranzistoru 5. Tlumivka 3 a výbojka 4 jsou přemostěny diodou 6, jejíž vodivostní směr vzhledem k síťovému napětí je opačný než vodivostní směr usměrňovače 2.

Na vstup spínacího tranzistoru 5 je připojena řídicí jednotka 7, která vytváří obdélníkové napětí a spíná, popřípadě vypíná spínací tranzistor 5. Tato řídicí jednotka 7 může být provedena jako generátor obdélníků, ale řízení je možné převzít z hlavního proudového obvodu 1, takže vznikne oscilátor. Tato možnost je na obr. 1 znázorněna jako zpětná vazba 9. Zpětná vazba se může uzavírat na spínací tranzistor 5, ale tato varianta provedení nemá pro podstatu vynálezu žádný význam.

Usměrněné napětí se filtruje kondenzátorem 8, který má ale důležitou úlohu v již uvedeném vytváření napětí znovuzapálení a je-li v obvodu řídicí jednotka 7, je tato napájena vedením 10 a 11.

Obvod pracuje takto: otevře-li řídicí jednotka 7 spínací tranzistor 5, dostane se usměrněné síťové napětí na výbojku 4 a výbojka zapálí. Tento způsob zapálení je velmi výhodný, protože kondenzátor 8 akumuluje téměř špičkovou hodnotu síťového napětí, která je k dispozici v téměř každé fázi periody, a to v protikladu k běžným zapojením, nebo u řešení pomocí vysokofrekvenčního transformátoru, u kterých musí být posuvem fáze zajištěno, aby napětí pro znovuzapálení bylo k dispozici a tedy za cenu určitých kompromisů.

Lze předpokládat, že proud výbojky 4 začíná nulou. O předpokladech startování bude pojednáno dále. Dioda 6 ještě nevede, protože napětí na tlumivce 3 a výbojce 4 má předpětí v závěrném směru. Takto se usměrněné napětí rozdělí na tři členy.

Úbytek napětí na svorkách spínacího tranzistoru 5, nezávisle na hodnotě napětí, je menší než 1 V, který v případě napájecího napětí, 100-200 V není vůbec třeba uvažovat. Napětí na svorkách výbojky 4 je vzhledem ke známé charakteristice elektrického obloukového výboje prakticky nezávislé na proudu a je tedy konstantní. Napětí na výbojce závisí na tlaku par výbojového prostoru. Při prvním zapnutí, dokud je výbojka 4 ještě studená, tj., její tlak par je ještě nízký, je 20 až 30 V, později po přibližně 5 minutách ohřátí dosahuje asi poloviny síťového napětí, to jest v případě síťového napětí 200 V asi 90 až 100 V.

Napětí na svorkách předřadníku bude rovněž konstantní, protože během spínací doby je svou hodnotou nižší než napětí napájecí, nižší než napětí zapálené výbojky. Přírůstek proudu je určen těmito uvedenými napěťovými rozdíly a vlastní indukčností tlumivky 3, a to ve smyslu tohoto samo o sobě známého vztahu:

$$i = \frac{U - U_1}{L} t,$$

kde

- i proud výbojky,
 U usměrněné síťové napětí,
 U_1 napětí zapálené výbojky,
 t doba, která uplynula od zapnutí,
 L vlastní indukčnost předřadníku.

Spínací tranzistor se s výhodou zapíná na tak dlouho, dokud proud nedosáhne dvojnásobku vypočtené průměrné hodnoty jako podílu výkonu a napětí na výbojce za předpokladu, že napětí na výbojce je konstantní a střední hodnota proudu tvoří polovinu špičkového napětí lineárně rostoucího proudu.

Špičkové napětí, které má být dosaženo, bude

$$I_{\max} = \frac{2 \cdot P}{U_1},$$

kde

P příkon výbojky

V okamžiku vypnutí spínacího tranzistoru 2 překlopí napětí na svorkách tlumivky 3 do obráceného směru, takže se otevře dioda 6 a napětí vzniklé z odeznívání magnetického pole se dostane přímo na svorky výbojky 4. Protože je napětí na výbojce konstantní a nezávislé na proudu, poklesne předchozí špičkové napětí lineárně podle následujícího vztahu:

$$i = I_{\max} - \frac{U_1}{L} \cdot t$$

kde

t doba měřená od vypnutí.

Mezitím je magnetická energie akumulovaná v předřadníku předána výbojce 4.

Při měření obvodu podle vynálezu je třeba vzít v úvahu, že energie tlumivky 3 se plně vyčerpá, to znamená, že tato energie dosáhne v průběhu vypínací periody nulovou hodnotu proudu. Je-li známa vlastní indukčnost, je možné k tomu potřebný čas z výše uvedeného vztahu vypočítat. Jestliže proud diodou 6 neklesne na nulu, může se dioda 6 a spínací tranzistor 2, než se znovu otevře spínací tranzistor 2, vlivem velkého proudu zničit.

Obrázek 2 znázorňuje změny napětí na svorkách tlumivky 3 jako funkci času a znázorňuje současně zapínací a vypínací pochody. Na obrázku znamená t_1 zapnutí, t_2 dobu dozívání proudu, t_3 bezpečnostní interval, se kterým nutno počítat s ohledem na rozptyl parametrů součástek, provozní dobu diody 6 v závěrném směru a vodivý stav diody 6. Nepřerušovaná křivka představuje v uvedených provedeníh ideální případ, kdy je napětí na výbojce skutečně konstantní. Ve skutečnosti je charakteristika jak při zapálení, tak při vypnutí poněkud odlišná. Tyto poměry jsou znázorněny čárkovaně; budiž ale zdůrazněno, že tyto okolnosti nemají v souvislosti s vynálezem žádný význam.

Obrázek 3 představuje použití výbojky s předřadníkem podle vynálezu. Na hrdle úsporné výbojky 21 je uspořádáno těleso 22 cívky, které obsahuje předřadnou cívku 23, která tvoří vícevrstvý solenoid se vzduchovým jádrem. Baňka 21a úsporné výbojky má rozměry i tvar

normální žárovky, ale místo žhavicí spirály je výbojka 4 umístěna do baňky. Prvky 25 a 26 jsou umístěny v elektronické jednotce 27 pod hrdlem 21b. Elektronická jednotka 27 obsahuje další prvky předřadného systému popsané na obr. 1. Tlumivka 3, k ní připojená elektronická jednotka 27a mezi nimi uspořádaná stínící destička 28 jsou vsazeny do ochranné objímky 29, ke které je připevněna závitová patice 30 úsporné výbojky. Jednotka 33 obsahující celý předřadný systém, je k baňce 21a přitmelena.

Při výpočtu hlavních parametrů předřadného systému se vychází ze síťového napětí, usměrněného napětí U , výkonu výbojky P a napětí zapálené výbojky U_2 , jakož i z vlastní indukčnosti L předřadné cívky. Úlohou je přesné určení spínací doby t_1 , vypínací doby t_2 a bezpečnostní doby t_3 . Tyto tři časy určují dobu periody T , jejíž převratná hodnota je hledaná vysoká frekvence f .

Touto měřicí metodou je zdůrazněna primární úloha předřadné cívky před frekvencí, protože hlavním úkolem vynálezu je omezení rozměrů, hmotnosti, provedení a uspořádání předřadné cívky, která je určujícím prvkem zabírajícím největší prostor v konstrukci úsporných osvětlovacích jednotek, zvláště s cílem nahradit běžné žárovky úspornými osvětlovacími jednotkami, přednostně výbojkami.

Zvláště výhodné je použití vícevrstevných cívek, to jest solenoidů, se vzduchovým jádrem, protože je to nejlacinější a nejsnadnější, je možno je uspořádat esteticky a prakticky nezvětšují původní rozměry žárovky. Nedostatkem ale je, že oproti cívkám se železným jádrem potřebují k dosažení stejné hodnoty vlastní indukčnosti větší prostor. To lze však kompenzovat tak, že je možno cívku uspořádat na hrdle výbojky, čímž vzniká nárok jen na nepodstatný dodatečný prostor. Její menší indukčnost je kompenzována ve smyslu obvodu podle vynálezu. Podle zkušeností s příkladným provedením výbojky podle vynálezu může být úsporná 20 až 50 W vysokotlaká výbojka v zašroubovatelném provedení o indukčnosti 1 až 3 mH vytvořena tak výhodně, jak to znázorňuje obr. 3.

S ohledem na určení bezpečnostní doby t_3 byla dosud uvažována jen ochrana spínacího tranzistoru 2. Obvod podle vynálezu nabízí ale v širokých mezích možnost zvýšit bezpečnostní dobu, takže světelné parametry některých vysokotlakých výbojek je možno zlepšit.

Je známo, že účinnost vysokotlakých sodíkových výbojek při stejném příkonu může být zvýšena zvýšením proudu. U známých zapojení, u kterých je průměrná životnost výbojky a špičkové napětí vždy v jednoznačném souladu, je možné tuto možnost využít jen tak, že napětí zapálené výbojky se udržuje co nejnižší. To má však za následek, že vlastní indukčnost předřadníku a tedy geometrické rozměry, hmotnost a jalový proud jsou větší. U našeho zapojení můžeme prodloužením bezpečnostní doby při stejném středním proudu dosáhnout i vyšších špičkových proudů. Jestliže například je bezpečnostní doba tak dlouhá jako součet doby zapnutí a vypnutí, nebude špičkový proud dvojnásobkem středního proudu, ale čtyřnásobkem. Při určování provozního režimu výbojky mohou rozhodovat tato a podobná hlediska. Tak je pochopitelné, že názor na bezpečnostní dobu t_3 je dán určením doby zapnutí t_1 a vypnutí t_2 .

Lze například vypočítat provozní parametry 35 W vysokotlaké sodíkové výbojky v případě, že bude použit předřadník podle vynálezu. Je nutno uvažovat následující předpoklady:

síťové napětí 220 V

usměrněné napětí $U = 230$ V

příkon $P = 35$ W

napětí zapálené výbojky $U_1 = 70$ V

vlastní indukčnost tlumivky $L = 2,2$ mH

bezpečnostní doba $t_3 = 0,0$ s

Protože je bezpečnostní doba rovna nule, bude špičkový proud

$$I_{\max} = \frac{2 \cdot P}{U_1} = \frac{2 \cdot 35}{70} = 1 \text{ A}$$

Dobu zapnutí a vypnutí počítáme podle rovnice I a III;

Doba zapnutí:

$$t_1 = \frac{I_{\max} \cdot L}{U - U_1} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{230 - 70} = 0,0137 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

Doba vypnutí:

$$t_2 = \frac{I_{\max} \cdot L}{U_1} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{70} = 0,0314 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

Bezpečnostní doba: $t_3 = 0,0 \text{ s}$

Trvání periody: $T = t_1 + t_2 + t_3 = 0,0451 \cdot 10^{-3} \text{ s}$

Frekvence: $f = \frac{1}{T} = 22,172 \text{ kHz}$

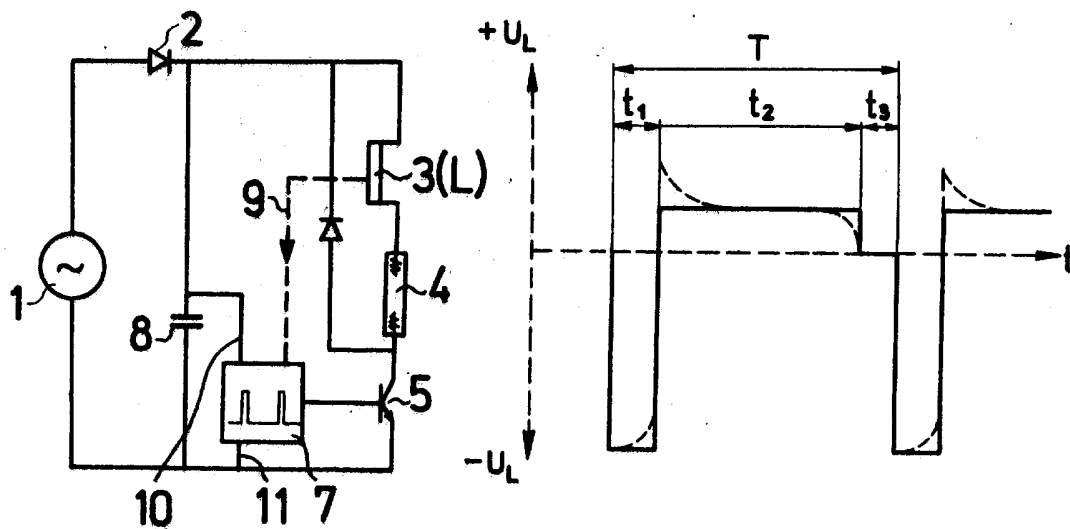
Je-li bezpečnostní doba zvolena tak dlouhá, že je řádově v mezích doby zapnutí a vypnutí, počítá se i v tomto případě napřed špičkový proud, a to jednoduchým výpočtem plochy na diagramu proud-čas, protože napětí výbojky je konstantní. Dále je průběh výpočtu stejný.

Použitím předřadníku podle vynálezu mohou být vytvořeny a provozovány takové výbojky, jejichž elektrody nejsou stejné, to jest jedna elektroda působí jako katoda a druhá je anoda. Takto vytvořená asymetrická zářivka, vysokotlaká sodíková výbojka nebo halogenová výbojka s kovovými parami se liší od známých a běžných typů a vztahuje se na ně rozsah ochrany vynálezu.

P R E D M Ě T V Y N Á L E Z U

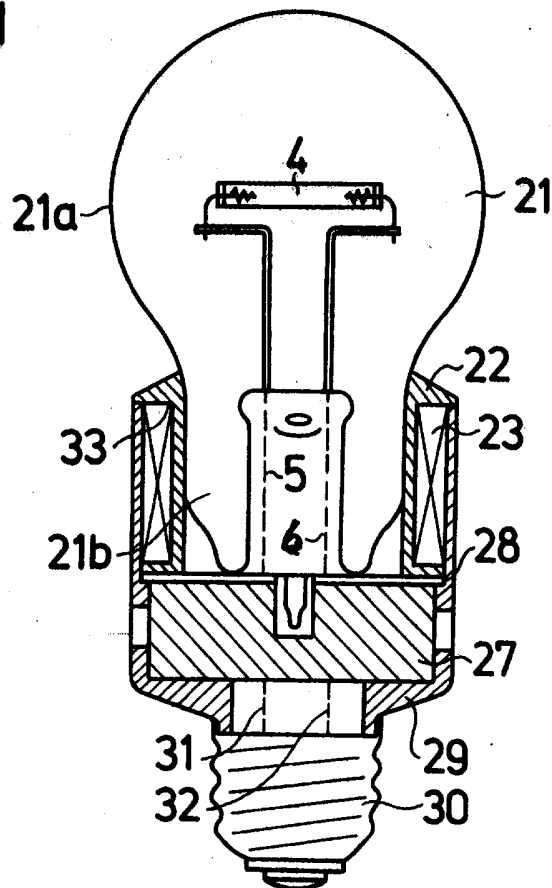
1. Vysokofrekvenční předřadník k omezení proudu pro úsporné osvětlovací jednotky, zasroubovatelný přímo do objímek normálních žárovek, s výhodou pro elektrické výbojky opatřené normálními patičkami, s výhodou pro zářivky, vysokotlaké sodíkové výbojky nebo halogenové výbojky s kovovými parami, přičemž v předřadníku je zapojena tlumivka, spínací tranzistor a usměrňovač, vyznačující se tím, že výbojka (4), tlumivka (3) a spínací tranzistor (5) jsou vzájemně zapojeny v sérii, přičemž výbojka (4) a tlumivka (3) jsou spolu spojeny a přemostěny paralelně diodou (6), jejíž směr propustnosti je opačný vůči směru propustnosti spínacího tranzistoru (5) a ke vstupu spínacího tranzistoru (5) je připojen řídicí obvod (7), nezávislý na obvodu výbojky (4) pro vytváření obdélníkových vln o kmitočtu 1 až 100 kHz.

2. Vysokofrekvenční předřadník podle bodu 1, vyznačující se tím, že tlumivka (3) je typu se vzduchovým jádrem.



Obr. 1

Obr. 2



Obr. 3