SLOVENSKÁ REPUBLIKA

(19) **SK**

ÚRAD
PRIEMYSELNÉHO
VLASTNÍCTVA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ZVEREJNENÁ PRIHLÁŠKA ÚŽITKOVÉHO VZORU

(11), (21) Číslo dokumentu:

138-2016

(22) Dátum podania prihlášky: **8. 12. 2016**
(31) Číslo prioritnej prihlášky:
(32) Dátum podania prioritnej prihlášky:
(33) Krajina alebo regionálna organizácia priority:
(43) Dátum zverejnenia prihlášky: **4. 1. 2018**
Vestník ÚPV SR č.: **01/2018**
(62) Číslo pôvodnej prihlášky v prípade vylúčenej prihlášky:
(67) Číslo pôvodnej patentovej prihlášky v prípade odbočenia:
(86) Číslo podania medzinárodnej prihlášky podľa PCT:
(87) Číslo zverejnenia medzinárodnej prihlášky podľa PCT:
(96) Číslo podania európskej patentovej prihlášky:

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl. (2018.01):

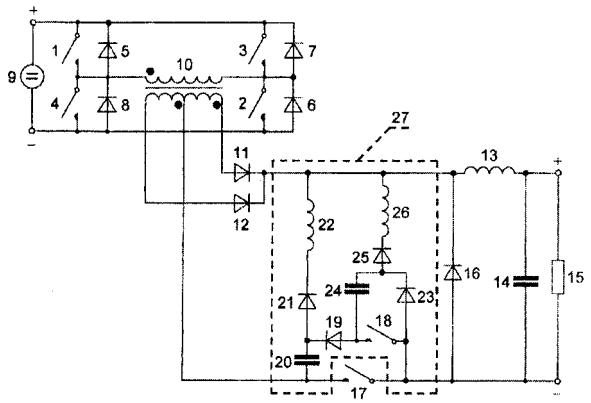
H02M 3/00

(71) Prihlasovateľ: **Technická univerzita v Košiciach, Košice, SK;**

(72) Pôvodca: **Dudrík Jaroslav, prof. Ing., CSc., Košice, SK;**
Lacko Milan, Ing., PhD., Košice, SK;
Pástor Marek, Ing., PhD., Čaňa, SK;
Žatkovič Róbert, Ing., Košice, SK;

(54) Názov **Obvod pre dosiahnutie mäkkého spínania v plnom rozsahu zaťaženia u sekundárneho spínača v nepriamom jednosmernom meniči s riadeným usmerňovačom**

(57) Anotácia:
Zapojenie bezstratového odľahčovacieho obvodu (27) na dosiahnutie mäkkého spínania v plnom rozsahu zaťaženia sekundárneho plnoriadeného spínača v nepriamych jednosmerných meničoch s riadeným usmerňovačom s jedným sekundárnym plnoriadeným spínačom je tvorené sériovým zapojením pomocného plnoriadeného spínača (18), diódy (19) a hlavného kapacitora (20), ktoré je paralelne pripojené k sekundárnemu plnoriadenému spínaču (17). Hlavný kapacitor (20) je pripojený cez sériové zapojenie diódy (21) a hlavného induktora (22) na katódu nulovej diódy (16). Paralelne k pomocnému plnoriadenému spínaču (18) je pripojené sériové zapojenie diódy (23) a vedľajšieho kapacitora (24). Vedľajší kapacitor (24) je pripojený cez sériové zapojenie diódy (25) a vedľajšieho induktora (26) na katódu nulovej diódy (16).



SK 138-2016 U1

Obvod na dosiahnutie mäkkého spínania v plnom rozsahu zaťaženia u sekundárneho spínača v nepriamom jednosmernom meniči s riadeným usmerňovačom

Oblasť techniky

Technické riešenie sa týka bezstratového odľahčovacieho obvodu určeného na zabezpečenie mäkkého spínania sekundárneho plnoriadeného spínača vo výkonových vysokofrekvenčných nepriamych jednosmerných meničoch so sekundárnym riadeným usmerňovačom použitých ako regulovateľné výkonové zdroje jednosmerného napätia alebo prúdu.

Doterajší stav techniky

V súčasnosti existuje viacero topológií nepriamych jednosmerných meničov s riadeným usmerňovačom s jedným alebo dvomi sekundárnymi plnoriadenými spínačmi, v ktorých sa pre dosiahnutie mäkkého spínania všetkých (primárnych aj sekundárnych) plnoriadených spínačov použitých v zapojení využívajú rôzne koncepcie prídavných odľahčovacích obvodov. Všetky tieto doteraz známe topológie nepriamych jednosmerných meničov s riadeným usmerňovačom však majú jedno spoločné – mäkké spínanie u niektorých (či už primárnych alebo sekundárnych) plnoriadených spínačov použitých v zapojení je zaistené len v určitom (nie veľkom) rozsahu zaťaženia meniča. Pri väčšej zmene zaťaženia tak takýto menič stráca mäkké spínanie, čo je pri jeho využití napríklad ako regulovateľného zdroja jednosmerného napätia alebo prúdu nevhodné. Pre takéto typy aplikácií meniča je najvhodnejšie aby bolo u všetkých (primárnych aj sekundárnych) plnoriadených spínačov použitých v zapojení zaistené mäkké spínanie v plnom rozsahu zaťaženia a aby tak menič nestratil mäkké spínanie ani pri ľubovoľnej zmene zaťaženia.

Podstata technického riešenia

Spomenutý problém je odstránený zapojením bezstratového odľahčovacieho obvodu pre dosiahnutie mäkkého spínania v plnom rozsahu zaťaženia u sekundárneho plnoriadeného spínača v nepriamych jednosmerných meničoch s riadeným usmerňovačom s jedným sekundárnym plnoriadeným spínačom podľa technického riešenia.

Bezstratový odľahčovací obvod pre dosiahnutie mäkkého spínania v plnom rozsahu zaťaženia pozostáva z jedného plnoriadeného spínača, dvoch kapacitorov, dvoch induktorov a štyroch diód, pričom hlavnú časť bezstratového odľahčovacieho obvodu tvorí pomocný plnoriadený spínač, hlavný kapacitor, hlavný induktor a prvá a druhá hlavná dióda, a vedľajšiu časť bezstratového odľahčovacieho obvodu tvorí vedľajší kapacitor, vedľajší induktor a prvá a druhá vedľajšia dióda.

Prvý vývod pomocného plnoriadeného spínača je pripojený na prvý vývod sekundárneho plnoriadeného spínača a druhý vývod je pripojený na anódu prvej hlavnej diódy. Katóda prvej hlavnej diódy je pripojená na anódu druhej hlavnej diódy a tiež na prvý vývod hlavného kapacitora, pričom jeho druhý vývod je pripojený na druhý vývod sekundárneho plnoriadeného spínača. Katóda druhej hlavnej diódy je pripojená na prvý vývod hlavného induktora, pričom jeho druhý vývod je pripojený na katódu nulovej diódy usmerňovača. Anóda prvej vedľajšej diódy je pripojená na prvý vývod pomocného plnoriadeného spínača a katóda je pripojená na prvý vývod vedľajšieho kapacitora, pričom

jeho druhý vývod je pripojený na druhý vývod pomocného plnoriadeného spínača. Anóda druhej vedľajšej diódy je pripojená na prvý vývod vedľajšieho kapacitora a katóda je pripojená na prvý vývod vedľajšieho induktora, pričom jeho druhý vývod je pripojený na katódu nulovej diódy usmerňovača.

Pomocný plnoriadený spínač odľahčovacieho obvodu je zapínaný s konštantným oneskorením voči sekundárnemu plnoriadenému spínaču usmerňovača, a vypínaný je tiež s konštantným oneskorením voči sekundárnemu plnoriadenému spínaču.

Zapojením bezstratového odľahčovacieho obvodu v nepriamom jednosmernom meniči s riadeným usmerňovačom s jedným sekundárnym plnoriadeným spínačom sa zaistí zapínanie v nule prúdu a vypínanie v nule napätia u sekundárneho plnoriadeného spínača v plnom rozsahu zaťaženia. Súčasne sa zaistí zapínanie v nule prúdu a vypínanie v nule napätia aj u pomocného plnoriadeného spínača v plnom rozsahu zaťaženia. U primárnych plnoriadených spínačov je mäkké spínanie v plnom rozsahu zaťaženia meniča prirodzene zaistené už samotnou základnou topológiou nepriameho jednosmerného meniča s riadeným usmerňovačom s jedným spínačom bez odľahčovacieho obvodu.

Prehľad obrázkov na výkresoch

Na obr. 1 je znázornený príklad zapojenia navrhovaného bezstratového odľahčovacieho obvodu, konkrétne v nepriamom jednosmernom meniči s mostíkovým striedačom a uzlovým riadeným usmerňovačom.

Príklady uskutočnenia

Príklad uskutočnenia navrhovaného bezstratového odľahčovacieho obvodu v nepriamom jednosmernom meniči s riadeným usmerňovačom s jedným sekundárnym plnoriadeným spínačom je na obr. 1.

Zapojenie nepriameho jednosmerného meniča s riadeným usmerňovačom s jedným sekundárnym plnoriadeným spínačom podľa príkladu uskutočnenia pozostáva zo zdroja 9 jednosmerného napätia; mostíkového (môže aj z polomostíkového) striedača tvoreného primárnymi plnoriadenými spínačmi (ľubovoľný typ tranzistorov) 1, 2, 3, 4 a spätnými diódami 5, 6, 7, 8; výkonového transformátora 10 s ľubovoľným prevodom; uzlového (môže aj z mostíkového) riadeného usmerňovača tvoreného usmerňovacími diódami 11, 12, nulovou diódou 16 a sekundárnym plnoriadeným spínačom (ľubovoľný typ tranzistora) 17; výstupného filtra tvoreného výstupným induktorom 13 a výstupným kapacitorom 14; a záťaže tvorenej záťažným rezistorom 15.

K tomuto známemu zapojeniu je zapojený navrhovaný bezstratový odľahčovací obvod 27 pre dosiahnutie mäkkého spínania v plnom rozsahu zaťaženia u sekundárneho plnoriadeného spínača. Tento bezstratový odľahčovací obvod 27 pozostáva z hlavnej časti tvorenej pomocným plnoriadeným spínačom (ľubovoľný typ tranzistora) 18, hlavným kapacitorom 20, hlavným induktorom 22, prvou hlavnou diódou 19 a druhou hlavnou diódou 21; a vedľajšej časti tvorenej vedľajším kapacitorom 24, vedľajším induktorom 26, prvou vedľajšou diódou 23 a druhou vedľajšou diódou 25.

Prvý vývod pomocného plnoriadeného spínača 18 je pripojený na prvý vývod sekundárneho plnoriadeného spínača 17, pričom druhý vývod pomocného plnoriadeného spínača 18 je pripojený na anódu prvej hlavnej diódy 19. Katóda prvej hlavnej diódy 19 je pripojená na anódu druhej hlavnej diódy 21 a tiež na prvý vývod hlavného kapacitora 20, pričom druhý vývod hlavného kapacitora 20 je pripojený na druhý vývod sekundárneho

plnoriadeného spínača 17. Katóda druhej hlavnej diódy 21 je pripojená na prvý vývod hlavného induktora 22, pričom druhý vývod hlavného induktora 22 je pripojený na katódu nulovej diódy 16. Anóda prvej vedľajšej diódy 23 je pripojená na prvý vývod pomocného plnoriadeného spínača 18 a katóda prvej vedľajšej diódy 23 je pripojená na prvý vývod vedľajšieho kapacitora 24, pričom druhý vývod vedľajšieho kapacitora 24 je pripojený na druhý vývod pomocného plnoriadeného spínača 18. Anóda druhej vedľajšej diódy 25 je pripojená na prvý vývod vedľajšieho kapacitora 24 a katóda druhej vedľajšej diódy 25 je pripojená na prvý vývod vedľajšieho induktora 26, pričom druhý vývod vedľajšieho induktora 26 je pripojený na katódu nulovej diódy 16.

Princíp činnosti navrhovaného bezstratového odľahčovacieho obvodu v nepriamom jednosmernom meniči s riadeným usmerňovačom s jedným sekundárnym plnoriadeným spínačom podľa obr. 1 je nasledovný:

Pri vypínaní sekundárneho plnoriadeného spínača 17 je tok energie parazitnej rozptylovej indukčnosti výkonového transformátora 10 (ktorá je v obvode komutácie) presmerovaný cez pomocný plnoriadený spínač 18 a prvú hlavnú diódu 19 do hlavného kapacitora 20, v ktorom sa následne táto energia akumuluje. Sekundárny plnoriadený spínač 17 tak pri vypínaní neprerušuje tok tejto energie, čím na ňom nedochádza k neprípustným vypínacím stratám a prepätiam. Jeho napätie narastá pomaly, čo je spôsobené pomalým nárastom napätia hlavného kapacitora 20, a preto vypína v nule napätia. Pri zapínaní sekundárneho plnoriadeného spínača 17 sa spúšťa tok energie zo zdroja 9 jednosmerného napätia do výstupného filtra (záťaže), pričom nárast prúdu (a tým aj toku energie) je spomalený parazitnou rozptylovou indukčnosťou výkonového transformátora 10, ktorá je v ceste. V sekundárnom plnoriadenom spínači 17 tak tento prúd narastá pomaly, čo je charakteristické pre zapínanie v nule prúdu. Pri zapínaní sekundárneho plnoriadeného spínača 17 sa však súčasne spúšťa aj tok energie z hlavného kapacitora 20 cez druhú hlavnú diódu 21 a hlavný induktor 22 do výstupného filtra (záťaže). Hlavný kapacitor 20 sa tak vybíja, pričom naakumulovaná energia sa rekuperuje, čo je charakteristické pre bezstratovosť obvodu. Nárast vybíjacieho prúdu je pritom spomalený indukčnosťou hlavného induktora 22. V sekundárnom plnoriadenom spínači 17 tak aj táto zložka prúdu narastá pomaly, a tým aj výsledne sekundárny plnoriadený spínač 17 zapína v nule prúdu. V okamihu ukončenia vybíjania hlavného kapacitora 20 (okamih keď už je kapacitor vybitý) však energia hlavného induktora 22 nie je ani zďaleka nulová, a tak indukčnosť hlavného induktora 22 vyvolá okruhový prúd, ktorý tečie cez pomocný plnoriadený spínač 18, prvú hlavnú diódu 19 a druhú hlavnú diódu 21 do výstupného filtra (záťaže). Hlavný induktor 22 sa tak do výstupného filtra (záťaže) vybíja. Pre tento proces vybíjania je ideálne, ak sa stihne ukončiť ešte pred vypnutím sekundárneho plnoriadeného spínača 17. To však závisí na konkrétnom zaťažení meniča, teda na veľkosti záťaže (veľkosti výstupného prúdu meniča) a striedy (pomernej doby zapnutia) sekundárneho plnoriadeného spínača 17. Keď nastane taká zmena zaťaženia meniča, že sa daný proces vybíjania nestihne ukončiť ešte pred vypnutím sekundárneho plnoriadeného spínača 17, začne po vypnutí sekundárneho plnoriadeného spínača 17 pretekať cez pomocný plnoriadený spínač 18, prvú hlavnú diódu 19, druhú hlavnú diódu 21 a hlavný induktor 22 časť prúdu nulovej diódy 16, o veľkosti rovnej aktuálnej veľkosti prúdu hlavného induktora 22 pri vypnutí sekundárneho plnoriadeného spínača 17. Hlavný induktor 22 sa už však počas intervalu vedenia nulovej diódy 16 vybíja nepatrne, a tak aj veľkosť jeho prúdu klesá nepatrne. Pre dosiahnutie zapínania v nule prúdu u sekundárneho plnoriadeného spínača 17 však je potrebné, aby prúd hlavného induktora 22 v priebehu intervalu vedenia nulovej diódy 16 jednoznačne nadobudol nulovú veľkosť. Na zaistenie toho slúži pomocný plnoriadený spínač 18, ktorý sa vypína s konštantným oneskorením voči sekundárnemu plnoriadenému spínaču 17. Takto sa preruší tok prúdu, ktorý preteká cez pomocný plnoriadený spínač 18, prvú hlavnú diódu 19, druhú hlavnú diódu 21 a hlavný induktor 22, čo následne vyústi

k dosiahnutiu nulovej veľkosti prúdu hlavného induktora 22. Pritom, pri vypínaní pomocného plnoriadeného spínača 18 je tok energie hlavného induktora 22 (ktorý je v obvode komutácie) presmerovaný cez prvú vedľajšiu diódu 23 do vedľajšieho kapacitora 24, v ktorom sa následne táto energia akumuluje. Pomocný plnoriadený spínač 18 tak pri vypínaní priamo neprerušuje tok tejto energie, čím na ňom nedochádza k neprípustným vypínacím stratám a prepätiam. Jeho napätie narastá pomaly, čo je spôsobené pomalým nárastom napätia vedľajšieho kapacitora 24, a preto vypína v nule napätia. Pri zapínaní pomocného plnoriadeného spínača 18 sa spúšťa tok energie z vedľajšieho kapacitora 24 cez druhú vedľajšiu diódu 25 a vedľajší induktor 26 do výstupného filtra (záťaže). Vedľajší kapacitor 24 sa tak vybíja, pričom naakumulovaná energia sa rekuperuje, čo je charakteristické pre bezstratovosť obvodu. Nárast vybíjacieho prúdu je pritom spomalený indukčnosťou vedľajšieho induktora 26. V pomocnom plnoriadenom spínači 18 tak tento prúd narastá pomaly, a tým zapína v nule prúdu. V okamihu ukončenia vybíjania vedľajšieho kapacitora 24 (okamih keď už je kapacitor vybitý) však energia vedľajšieho induktora 26 nie je ani zďaleka nulová, a tak indukčnosť vedľajšieho induktora 26 vyvolá okruhový prúd, ktorý tečie cez prvú vedľajšiu diódu 23 a druhú vedľajšiu diódu 25 do výstupného filtra (záťaže). Vedľajší induktor 26 sa tak do výstupného filtra (záťaže) vybíja. Pre tento proces vybíjania je ideálne, ak sa stihne ukončiť ešte pred vypnutím sekundárneho plnoriadeného spínača 17. To však závisí na konkrétnom zaťažení meniča, teda na veľkosti záťaže (veľkosti výstupného prúdu meniča) a striedy (pomernej doby zapnutia) sekundárneho plnoriadeného spínača 17. Keď nastane taká zmena zaťaženia meniča, že sa daný proces vybíjania nestihne ukončiť ešte pred vypnutím sekundárneho plnoriadeného spínača 17, začne po vypnutí sekundárneho plnoriadeného spínača 17 pretekať cez prvú vedľajšiu diódu 23, druhú vedľajšiu diódu 25 a vedľajší induktor 26 časť prúdu nulovej diódy 16, o veľkosti rovnej aktuálnej veľkosti prúdu vedľajšieho induktora 26 pri vypnutí sekundárneho plnoriadeného spínača 17. Vedľajší induktor 26 sa už však počas intervalu vedenia nulovej diódy 16 vybíja nepatrne, a tak aj veľkosť jeho prúdu klesá nepatrne. Pre dosiahnutie zapínania v nule prúdu u pomocného plnoriadeného spínača 18 však je potrebné, aby prúd vedľajšieho induktora 26 jednoznačne nadobudol nulovú veľkosť, ešte pred začatím jeho zapínania. To je zaistené tým, že pomocný plnoriadený spínač 18 sa zapína s konštantným oneskorením voči sekundárnemu plnoriadenému spínaču 17. Totiž zapnutím sekundárneho plnoriadeného spínača 17 sa naň prekomutuje celý prúd nulovej diódy 16 (a teda aj časť prúdu nulovej diódy 16, ktorá preteká cez prvú vedľajšiu diódu 23, druhú vedľajšiu diódu 25 a vedľajší induktor 26), čo vyústi k dosiahnutiu nulovej veľkosti prúdu vedľajšieho induktora 26.

Priemyselná využiteľnosť

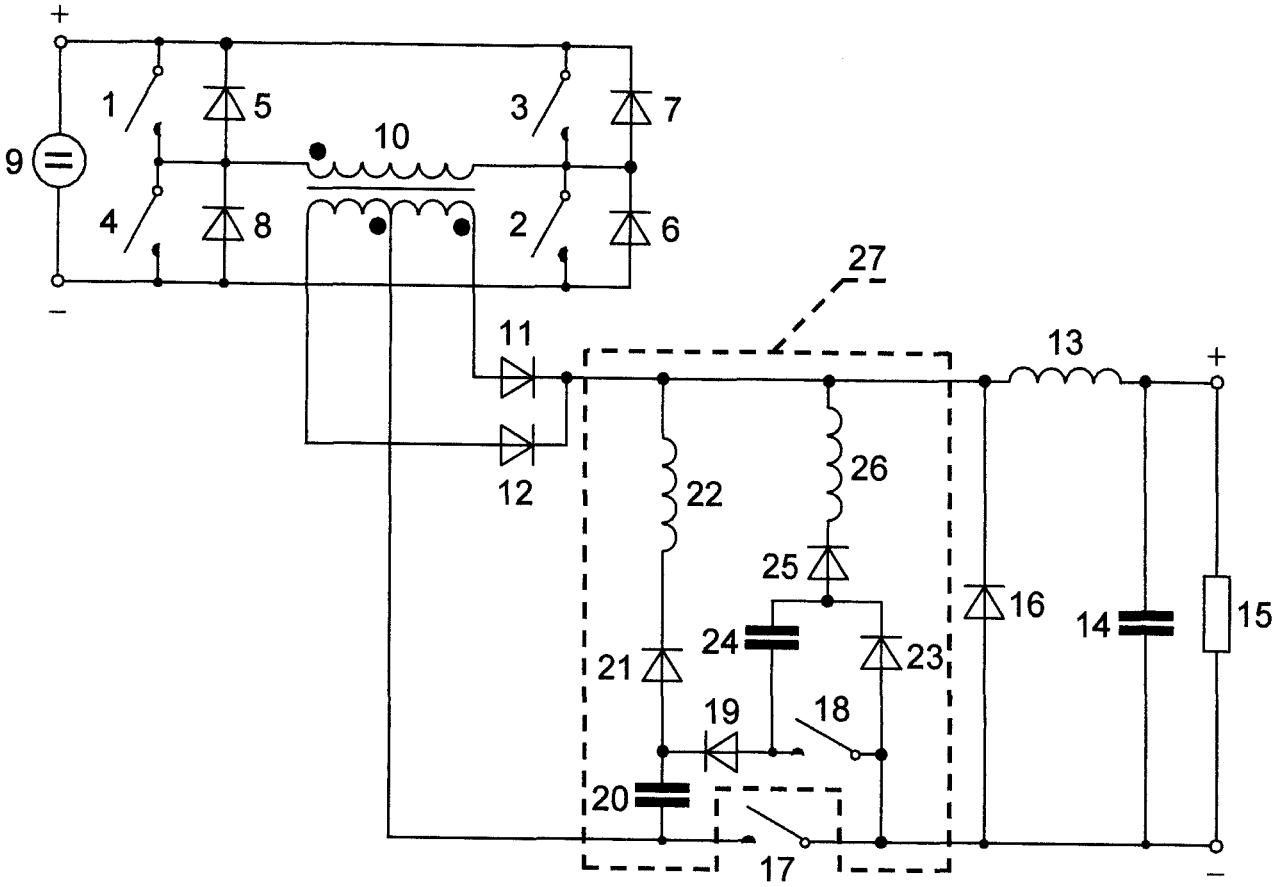
Technické riešenie je možné využiť pre výrobu vysokofrekvenčných spínaných regulovateľných zdrojov jednosmerného napätia alebo prúdu ľubovoľného výkonu. Mäkké spínanie je u všetkých plnoriadených spínačov použitých v zapojení meniča zaistené v plnom rozsahu zaťaženia, čím takýto menič nestratí mäkké spínanie ani pri ľubovoľnej zmene zaťaženia.

Menič s mäkkým spínaním môže pracovať pri vysokej spínacej frekvencii, pretože spínacie straty na plnoriadených spínačoch použitých v zapojení sú ideálne nulové, a reálne veľmi malé. Zvyšovaním pracovnej spínacej frekvencie nepriameho jednosmerného meniča s mäkkým spínaním sa znižuje jeho hmotnosť a rozmery, a zlepšuje manipulovateľnosť a výsledná aplikovateľnosť aj do zariadení s obmedzeným priestorom, pri zachovaní potrebného výkonu a účinnosti.

Primárnu aplikačnú oblasť technického riešenia predstavujú regulovateľné výkonové zdroje jednosmerného napätia alebo prúdu, kde sa prejavia všetky výhody technického riešenia, pričom aplikácia je možná aj v neregulovateľných vysokofrekvenčných spínaných zdrojoch jednosmerného napätia alebo prúdu. Konkrétne je možná aplikácia napríklad v regulovateľných laboratórnych zdrojoch, univerzálnych regulovateľných adaptéroch, regulovateľných nabíjacích zariadeniach, regulovateľných napájacích zdrojoch výkonových LED osvetľovacích sústav, zváracích zdrojoch a podobne.

Nároky na ochranu

1) Obvod (27) pre dosiahnutie mäkkého spínania v plnom rozsahu zaťaženia u sekundárneho spínača v nepriamom jednosmernom meniči s riadeným usmerňovačom vyznačujúci sa tým, že prvý vývod pomocného plnoriadeného spínača (18) je pripojený na prvý vývod sekundárneho plnoriadeného spínača (17), pričom druhý vývod pomocného plnoriadeného spínača (18) je pripojený na anódu prvej hlavnej diódy (19); katóda prvej hlavnej diódy (19) je pripojená na anódu druhej hlavnej diódy (21) a tiež na prvý vývod hlavného kapacitora (20), pričom druhý vývod hlavného kapacitora (20) je pripojený na druhý vývod sekundárneho plnoriadeného spínača (17); katóda druhej hlavnej diódy (21) je pripojená na prvý vývod hlavného induktora (22), pričom druhý vývod hlavného induktora (22) je pripojený na katódu nulovej diódy (16); anóda prvej vedľajšej diódy (23) je pripojená na prvý vývod pomocného plnoriadeného spínača (18) a katóda prvej vedľajšej diódy (23) je pripojená na prvý vývod vedľajšieho kapacitora (24), pričom druhý vývod vedľajšieho kapacitora (24) je pripojený na druhý vývod pomocného plnoriadeného spínača (18); anóda druhej vedľajšej diódy (25) je pripojená na prvý vývod vedľajšieho kapacitora (24) a katóda druhej vedľajšej diódy (25) je pripojená na prvý vývod vedľajšieho induktora (26), pričom druhý vývod vedľajšieho induktora (26) je pripojený na katódu nulovej diódy (16).



Obr. 1

ÚRAD PRIEMYSELNÉHO VLASTNÍCTVA SLOVENSKEJ REPUBLIKY
Švermova 43, 974 04 Banská Bystrica 4

VÝSLEDOK REŠERŠE

PÚV 138-2016

A. Zatriedenie predmetu prihlášky úžitkového vzoru podľa MPT	
H02M 3/00	
B. Prehľadávané oblasti	
Prieskum v minimálnej PCT dokumentácii: ***H02M 3***	
Prieskum v dokumentoch nepatriacich do minimálnej PCT dokumentácie: ***H02M 3***	
C. Dokumenty, ktoré sú považované za relevantné	
SK332008 A3 (DUDRIK JAROSLAV) 8.2.2010 CS8902439 A2 (UNIV TECH KOSICIACH) 12.11.1991 SK1122006 A3 (DUDRIK JAROSLAV) 5.3.2008 JP2008136326 A (DENSEI LAMBDA KK) 12.6.2008 US5701243 A (KOREA TELECOMMUNICATION) 23.12.1997	
Dátum skutočného ukončenia rešerše: 14. 11. 2017	Rešerš urobil: Ing. Katarína Švecová