



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

252 272

(11)

(B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 03 07 85
(21) PV 4980-85

(51) Int. Cl.⁴

H 03 K 17/04,
H 03 K 17/12,
H 02 M 3/335

(40) Zveřejněno 15 01 87
(45) Vydáno 01 11 88

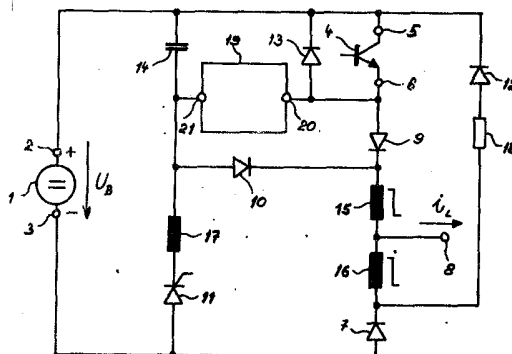
(75)
Autor vynálezu

PATOČKA MIROSLAV ing., BRNO

(54)

Zapojení spínače s vypínatelným výkonovým
spínacím prvkem

Řešení se týká zapojení spínače s vypínatelným výkonovým spínacím prvkem, jehož první elektroda je připojena na kladnou svorku zdroje stejnosměrného napětí a jehož druhá elektroda je připojena na katodu nulové diody, jejíž anoda je připojena na zápornou svorku zdroje stejnosměrného napětí. Účelem zapojení je dosáhnout podstatného snížení výkonových ztrát, vznikajících na vypínatelném výkonovém spínacím prvku při jeho vypínání a při jeho spínání a vyloučení ztrát vlastního celého odlehčovacího obvodu spínače a současně umožnit činnost spínače nejen v jednokvadrantovém pulsním měniči, ale i ve dvoukvadrantovém a čtyřkvadrantovém pulsním měniči. Uvedeného účelu se dosáhne zejména využitím rezonančních dějů při nabíjení a vybíjení kondenzátorů a použitím tyristoru a oddělovací diody, vhodně uspořádaných v zapojení odlehčovacího obvodu spínače.



Vynález se týká zapojení spínače s vypínatelným výkonovým spínacím prvkem, jehož první elektroda je připojena na kladnou svorku zdroje stejnosměrného napětí a jehož druhá elektroda je připojena na katodu nulové diody, jejíž anoda je připojena na zápornou svorku zdroje stejnosměrného napětí.

Spínač s vypínatelným výkonovým spínacím prvkem slouží k pulsní regulaci elektrické energie ze zdroje stejnosměrného napětí do zátěže. Spínač je zapojen jako jednekvadrantový pulsní měnič, v němž vypínatelný výkonový spínací prvek, ošetřený odlehčovacími obvody, omezujícími výkonové ztráty při jeho spínání i vypínání, je zapojen směrem ke kladné sverce zdroje stejnosměrného napětí a nulová dioda je zapojena směrem k záporné sverce zdroje stejnosměrného napětí. Tento spínač je předurčen zejména pro použití ve dvoukvadrantových a čtyřkvadrantových pulsních měničích, ve kterých musí spolupracovat se spínačem v zrcadlově převrácené konfiguraci, u kterého je vzájemně zaměněna poloha vypínatelného výkonového spínacího prvku a nulové diody.

Při spínání a vypínání vypínatelného výkonového spínacího prvku, například alespoň jednoho bipolárního tranzistoru, unipolárního tranzistoru, nebo vypínatelného tyristoru typu GTO, dochází k jeho výkonovému přetěžování, způsobenému tím, že během vypínací i spínací doby se na vypínatelném výkonovém spínacím prvkem objevuje současně velké napětí i velký proud. Při sepnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku vznikají v něm a v nulové diodě další výkonové ztráty, způsobené tím, že v době zotavování nulové diody protékají přes ni v závěrném

směru a tím i přes vypínatelný výkonový spínací prvek velké impulsní zetavovací proudy. U pulsních měničů, zpracovávajících velká napětí, řádově stovek voltů, a velké proudy, řádově desítek až stovek ampérů, vyvstávají tedy nutně problémy s výkonovou ztrátou na vypínatelném výkonovém spínacím prvku i na nulevé diodě, pracujících při vysokých přepínacích kmitočtech v oblasti jednotek až desítek kilohertzů. Proto bývá účelné ošetřit vypínatelný výkonový spínací prvek i nulevou diodu odlehčovacími obvody, omezujícími výkonovou ztrátu při vypínání i při spínání vypínatelného výkonového spínacího prvku. Tato snaha vedla ke konstrukci různých odlehčovacích obvodů ztrátových, obsahujících kondenzátory, cívky, odpory, diody, popřípadě i aktivní polevodičové prvky. V těchto ztrátových odlehčovacích obvodech je energie kondenzátorů a cívek mařena ve zmíněných odporech. Existují rovněž i bezztrátové odlehčovací obvody, které však obsahují velký počet prvků, přičemž aktivní i pasivní polevodičové prvky jsou v nich extrémně namáhány a konečně i doby, potřebné k navrácení odlehčovacího obvodu do výchozího stavu, bývají dlouhé. U některých odlehčovacích obvodů, obsahujících více kondenzátorů, bývají tyto kondenzátory připojeny k vypínatelnému výkonovému spínacímu prvku přes různý počet obvodových prvků a tím mají zákonitě v serii na sebe připojeny rezdílné parazitní indukčnosti, které nedevelopují rovnoměrné rozdělení nabíjecích proudů těchto kondenzátorů. Obvykle užívané odlehčovací obvody, pokud umí chránit vypínatelný výkonový spínací prvek při jeho sepnutí i při jeho vypnutí, bývají ztrátové. Jsou-li vytvořeny jako bezztrátové, mají některé nevýhodné vlastnosti, jako je složitost, dlouhé doby, potřebné k přípravě odlehčovacího obvodu do pracovního stavu, neschopnost akumulovat v cívkách energii, potřebnou ke změně pracovního stavu a podobně.

Výše uvedené nedostatky jsou odstraněny u zapojení spínače s vypínatelným výkonovým spínacím prvkem podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že mezi druhou elektrodu vypínatelného výkonového spínacího prvku a katedu nulevé diody jsou vřazeny v serii zapojené oddělovací diody, která je připojena

na druhou elektrodu vypínatelného výkonového spínacího prvku svou anodou, dále první hlavní přesytka, ke které je oddělovací dioda připojena svou katedou, a dále druhá hlavní přesytka, která je připojena na katedu nulové diody, ke které je přes hlavní odpor dále připojena anoda první hlavní diody, jejíž kateda je připojena na kladnou sverku zdroje stejnosměrného napětí, ke které je dále připojena kateda druhé hlavní diody, jejíž anoda je připojena na druhou elektrodu vypínatelného výkonového spínacího prvku, ke které je dále připojen odlehčovací dvoupól svou první sverkou, který je svou druhou sverkou připojen přes hlavní cívku na katedu tyristeru, jehož anoda je připojena na zápornou sverku zdroje stejnosměrného napětí, přičemž výstup spínače je připojen na spoj mezi první hlavní přesytkou a druhou hlavní přesytkou a na druhou sverku odlehčovacího dvoupólu je připojena jednak anoda záchytné diody, jejíž kateda je připojena na katedu oddělovací diody, a jednak záchytný kondenzátor svou jednou elektrodou, který je svou druhou elektrodou připojitelný na kladnou sverku zdroje stejnosměrného napětí nebo na zápornou sverku zdroje stejnosměrného napětí.

Další podstata vynálezu spočívá v tom, že odlehčovací dvoupól je tvořen první diodou, jejíž kateda je připojena na anodu třetí diody, jejíž kateda je připojena přes cívku a s ní v serii zapojený druhý kondenzátor na anodu první diody, jejíž kateda je dále připojena přes první kondenzátor na katedu druhé diody, jejíž anoda je připojena na spoj mezi cívku a druhým kondenzátorem, přičemž kateda druhé diody tvoří první sverku odlehčovacího dvoupólu a anoda první diody tvoří druhou sverku odlehčovacího dvoupólu.

Ještě další podstata vynálezu spočívá v tom, že odlehčovací dvoupól je tvořen první diodou, jejíž kateda je připojena na anodu třetí diody, jejíž kateda je připojena přes cívku a s ní v serii zapojený druhý kondenzátor na anodu první diody, jejíž kateda je dále připojena přes první kondenzátor na katedu druhé diody, jejíž anoda je připojena na spoj mezi cívku a druhým kondenzátorem a jejíž kateda je dále připojena přes odpor

na katodu čtvrté diody, jejíž anoda je připojena na katodu třetí diody, přičemž katoda druhé diody tvoří první sverku odlehčovacího dveupólu a anoda první diody tvoří druhou sverku odlehčovacího dveupólu.

Ještě další podstata vynálezu pak spočívá v tom, že odlehčovací dveupól je tvořen první diodou, jejíž katoda je připojena přes cívku na anodu třetí diody, jejíž katoda je připojena přes druhý kondenzátor na anodu první diody, ke které je dále připojena anoda čtvrté diody, jejíž katoda je připojena přes odpor na anodu třetí diody, jejíž katoda je dále připojena na anodu druhé diody, jejíž katoda je připojena přes první kondenzátor na katodu první diody, přičemž katoda druhé diody tvoří první sverku odlehčovacího dveupólu a anoda první diody tvoří druhou sverku odlehčovacího dveupólu.

U řešení zapojení podle vynálezu je spínač s vypínatelným výkonevým spínacím prvkem vybaven bezeztrátovým odlehčovacím obvedem, který omezuje výkonevé ztráty na vypínatelném výkonevém spínacím prvku při jeho vypínání i při jeho spínání. Výhodou rovněž je přítomnost oddělovací diody, která zabrání nabíjení prvního kondenzátoru a druhého kondenzátoru odlehčovacího dveupólu při spolupráci spínače podle vynálezu se spínačem zrcadlově převráceným, majícím vzájemně zaměněnou polohu vypínatelného výkonevého spínacího prvku a nulové diody, při prevozu ve dvoukvadrantových nebo čtyřkvadrantových pulsních měničích. Další výhoda zapojení spínače podle vynálezu spočívá v tom, že při vypínání vypínatelného výkonevého spínacího prvku přestává proud zátěže protékat tímto vypínatelným výkonevým spínacím prvkem a začíná protékat prvním kondenzátorem přes první diodu a druhým kondenzátorem přes druhou diodu odlehčovacího dveupólu do záchytného kondenzátoru. Pokud mají první kondenzátor a druhý kondenzátor odlehčovacího dveupólu stejně velkou kapacitu, proud zátěže se rozdělí rovnoměrně, protože protéká vždy přes shodný počet prvků, které prakticky mají i stejnou parazitní indukčnost. Za významnou výhodu zapojení spínače podle vynálezu lze považovat i skutečnost, že při vypnutí vypínatelného výkonevého spínacího prvku pra-

euji vlastně první kondenzátor a druhý kondenzátor odlehčovacího dvoupólu paralelně, kdy je jejich efektivní kapacita dvojnásobná, a naopak při sepnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku dochází k nabíjení prvního kondenzátoru a druhého kondenzátoru odlehčovacího dvoupólu hlavním sinusevým rezonančním proudovým půlkmitem přes třetí diodu a cívku odlehčovacího dvoupólu tak, že první kondenzátor a druhý kondenzátor odlehčovacího dvoupólu jsou zapojeny v serii a jejich efektivní kapacita je proto poloviční oproti kapacitě každého jednotlivého uvažovaného kondenzátoru. Výsledkem je tedy velmi výhodný poměr efektivní kapacity při vypnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku vůči efektivní kapacitě při jeho sepnutí o velikosti čtyři ku jedné, čímž je minimalizována amplituda hlavního sinusevého rezonančního proudového půlkmitu. Proto i případné proudové namáhání vypínatelného výkonového spínacího prvku tímto hlavním sinusevým rezonančním proudovým půlkmitem je malé. Další výhodou spínače v zapojení podle vynálezu je případné použití čtvrté diody a odporu v odlehčovacím dvoupólu, které zajistí zmaření energie, nashromážděné v cívce odlehčovacího dvoupólu vlivem zotavovacího proudu třetí diody odlehčovacího dvoupólu při skončení hlavního sinusevého rezonančního proudového půlkmitu. Tím je chráněna třetí dioda odlehčovacího dvoupólu, ve které by jinak byla tato energie mařena. Vzhledem k tomu, že zotavovací proud třetí diody odlehčovacího dvoupólu je však řádově menší, než amplituda hlavního sinusevého rezonančního proudového půlkmitu, je i parazitní energie cívky odlehčovacího dvoupólu, způsobená tímto zotavovacím proudem, tak malá, že nenarušuje princip bezeztrátovosti tohoto odlehčovacího dvoupólu. K dalším výhodám spínače v zapojení podle vynálezu lze uvažovat i skutečnost, že při vypínání vypínatelného výkonového spínacího prvku nabíjí odlehčovací dvoupól záchytný kondenzátor na určité napětí a tím urychluje demagnetizaci první hlavní přesytky a převedení proudu zátěže do druhé hlavní přesytky a nulové diody, přičemž naopak při sepnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku pomáhá odlehčovací dvoupól vybíjet záchytný kondenzátor a tím zmenšuje proudové namáhání tyristoru.

Na připojených výkresech jsou znázorněny příklady provedení spínače s vypínatelným výkonovým spínacím prvkem v zapojení podle vynálezu, přičemž obr. 1 ukazuje možné celkové zapojení spínače, u kterého je záchytný kondenzátor připojen svou druhou elektrodou na kladnou svorku zdroje stejnosměrného napětí, na obr. 2 je zobrazeno jiné možné celkové zapojení spínače, u kterého je záchytný kondenzátor připojen svou druhou elektrodou na zápornou svorku zdroje stejnosměrného napětí, obr. 3 ukazuje základní variantu zapojení odlehčovacího dvoupólu, obr. 4 představuje upravenou variantu zapojení odlehčovacího dvoupólu a na obr. 5 je znázorněna jiná možná upravená varianta zapojení odlehčovacího dvoupólu.

Spínač v zapojení podle vynálezu je tvořen vypínatelným výkonovým spínacím prvkem 4, jehož první elektroda 5 je připojena na kladnou svorku 2 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B . Tente vypínatelný výkonový spínací prvek 4 může být představován například alespoň jedním bipolárním tranzisterem typu NPN, jak je vyznačeno na obr. 1 a 2, ale mohou jím být jakékoliv jiné výkonové spínací prvky, vypínatelné řídicím signálem, jako například i bipolární tranzistory typu PNP, unipolární tranzistory, jejich paralelní řazení, jejich kombinace v Darlingtonově zapojení, vypínatelné tyristory typu GTO, popřípadě i mechanické kontaktní spínače a podobně. Druhá elektroda 6 vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 je připojena na katodu nulové diody 7, která je pak svou anodou připojena na zápornou svorku 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B . Mezi katodu nulové diody 7 a druhou elektrodu 6 vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 jsou vřazeny v sérii zapojené oddělovací dioda 9, dále první hlavní přesytka 15 a rovněž druhá hlavní přesytka 16, přičemž oddělovací dioda 9 je připojena na druhou elektrodu 6 vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 svou anodou a druhá hlavní přesytka 16 je svým druhým přípojem připojena na katodu nulové diody 7. Na katodu nulové diody 7 je potom dále připojena přes hlavní odpor 18 anoda první hlavní diody 12, která je svou katodou připojena na kladnou svorku 2 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B . Na kladnou svorku 2 zdroje 1

stejnosměrného napětí U_B je rovněž připojena i katoda druhé hlavní diody 13, která je svou anodou připojena na druhou elektrodu 6 vypínatelného výkonového spínacího prvku 4. Na tuto druhou elektrodu 6 vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 je současně připojen odlehčovací dvoupól 19 svou první sverkou 20, který je svou druhou sverkou 21 připojen přes hlavní cívkou 17 na katodu tyristeru 11. Tyrister 11 je pak svou anodou připojen na zápornou sverkou 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B . U spínače v zapojení podle vynálezu je jeho výstup 8 připojen na spoj mezi první hlavní přesýtkou 15 a druhou hlavní přesýtkou 16, přičemž na druhou sverkou 21 odlehčovacího dvoupólu 19 je připojena záchytná dioda 10 svou anodou a záchytný kondenzátor 14 svou jednou elektrodou. Záchytná dioda 10 je potom svou katedou připojena na katodu oddělovací diody 9 a záchytný kondenzátor 14 je svou druhou elektrodou připojen buď na kladnou sverkou 2 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B , jak je patrné podle obr. 1, nebo na zápornou sverkou 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B , jak je patrné podle obr. 2.

Odlehčovací dvoupól 19 spínače v zapojení podle vynálezu je ve své základní variantě zapojení, vyznačené na obr. 3, tvořen první diodou 22, která je svou katedou připojena na anodu třetí diody 24. Třetí dioda 24 je svou katodou připojena přes cívkou 28 a s ní v serii zapojený druhý kondenzátor 27 na anodu první diody 22, která je svou katedou dále připojena přes první kondenzátor 26 na katodu druhé diody 23. Druhá dioda 23 je potom svou anodou připojena na spoj mezi cívkou 28 a druhým kondenzátorem 27. U této základní varianty zapojení odlehčovacího dvoupólu 19 představuje katoda druhé diody 23 první sverkou 20 odlehčovacího dvoupólu 19 a anoda první diody 22 druhou sverkou 21 odlehčovacího dvoupólu 19.

U upravené varianty zapojení odlehčovacího dvoupólu 19, vyznačené na obr. 4, je tento odlehčovací dvoupól 19 tvořen první diodou 22, která je svou katedou připojena na anodu třetí diody 24. Třetí dioda 24 je svou katedou připojena přes cívkou 28 a s ní v serii zapojený druhý kondenzátor 27 na anodu první diody 22, která je svou katodou dále připojena přes první

kondenzátor 26 na katodu druhé diody 23. Druhá dioda 23 je svou anodou připojena na spoj mezi cívkou 28 a druhým kondenzátorem 27 a svou katedou je dále připojena přes odpor 29 na katodu čtvrté diody 25. Čtvrtá dioda 25 je pak připojena svou anodou na katodu třetí diody 24. Analogicky jako u základní varianty zapojení odlehčovacího dvoupólu 19 představuje i zde katoda druhé diody 23 první sverku 20 odlehčovacího dvoupólu 19 a anoda první diody 22 druhou sverku 21 odlehčovacího dvoupólu 19.

U jiné možné upravené varianty zapojení odlehčovacího dvoupólu 19, vyznačené na obr. 5, je tento odlehčovací dvoupól 19 tvořen první diodou 22, která je svou katedou připojena přes cívku 28 na anodu třetí diody 24. Třetí dioda 24 je svou katedou připojena přes druhý kondenzátor 27 na anodu první diody 22, ke které je současně připojena anoda čtvrté diody 25. Čtvrtá dioda 25 je svou katedou připojena přes odpor 29 na anodu druhé diody 23, která je svou katedou potom připojena přes první kondenzátor 26 na katodu první diody 22. Analogicky jako u předchozích variant zapojení odlehčovacího dvoupólu 19 představuje i v tomto případě katoda druhé diody 23 první sverku 20 odlehčovacího dvoupólu 19 a anoda první diody 22 druhou sverku 21 odlehčovacího dvoupólu 19.

Princip činnosti spínače s vypínatelným výkonovým spínacím prvkem 4 v zapojení podle vynálezu je následující.

Předpokládá se, že v zapojení spínače s vypínatelným výkonovým spínacím prvkem 4 je užit odlehčovací dvoupól 19 v jeho základní variantě zapojení, vyznačené na obr. 3, přičemž je lhostejné, zda se jedná o zapojení spínače podle vynálezu, vyznačené na obr. 1, u kterého je záchytný kondenzátor 14 připojen svou druhou elektrodou na kladnou sverku 2 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B , nebo zda se jedná o zapojení spínače podle vynálezu, vyznačené na obr. 2, u kterého je záchytný kondenzátor 14 připojen svou druhou elektrodou na zápornou sverku 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B , neboť obě zapojení jsou funkčně zcela shodná. Dále se předpokládá, že zdroj 1 stejnosměrného napětí U_B má schopnost energie v sobě

těž akumulovat a že zátěž spínače má odporově induktivní charakter s případným v serii zapojeným zdrojem proměnného napětí. Pro vlastní činnost spínače v zapojení podle vynálezu se za výhodné rovněž považuje, že první kondenzátor 26 a druhý kondenzátor 27 odlehčovacího dvoupólu 19 mají oba stejně velkou kapacitu a zachytný kondenzátor 14 má oproti nim kapacitu větší.

Za výchozí situací se považuje stav, kdy vypínatelný výkonový spínací prvek 4 je sepnut a proud i_L zátěže protéká směrem, naznačeným na obr. 1 a 2, z kladné svorky 2 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B přes sepnutý vypínatelný výkonový spínací prvek 4, oddělovací diodu 9 a první hlavní přesytku 15 na výstup 8 spínače. Tyristor 11 je ve vypnutém stavu. První kondenzátor 26 odlehčovacího dvoupólu 19 je nabit na napětí o velikosti poněkud nižší, než je velikost napětí U_B zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B v takové polaritě, že jeho kladná elektroda je spojena s první svorkou 20 odlehčovacího dvoupólu 19 a druhý kondenzátor 27 odlehčovacího dvoupólu 19 je nabit na stejně velké napětí v takové polaritě, že jeho kladná elektroda je připojena na anodu druhé diody 23 odlehčovacího dvoupólu 19. Třetí dioda 24 odlehčovacího dvoupólu 19 je tedy v tomto okamžiku pólována v závěrném směru napětím o velikosti poněkud menší, než je velikost napětí U_B zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B . Při uvažovaném předpokladu, že první kondenzátor 26 a druhý kondenzátor 27 odlehčovacího dvoupólu 19 mají stejně velkou kapacitu, rozdělí se proud i_L zátěže v okamžiku vypnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 na dvě poloviny, z nichž jedna vybíjí první kondenzátor 26 přes první diodu 22 a druhá vybíjí druhý kondenzátor 27 přes druhou diodu 23 odlehčovacího dvoupólu 19 z původního napětí o velikosti poněkud menší, než je velikost napětí U_B zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B na nulové napětí. Současně celý proud i_L zátěže, protékající odlehčovacím dvoupólem 19, nabíjí zachytný kondenzátor 14 tak, že druhá svorka 21 odlehčovacího dvoupólu 19 se může nacházet na potenciálu nižším, než je potenciál záporné svorky 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B , přičemž uvedený potenciálový rozdíl závisí na poměru kapacit prvního

kondenzátoru 26 a druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19 a rovněž i na velikosti počátečního napětí záchytného kondenzátoru 14 a na velikosti napětí $\underline{U_B}$ zdroje 1 stejnosměrného napětí $\underline{U_B}$.

V okamžiku, kdy první kondenzátor 26 a druhý kondenzátor 27 odlehčovacího dvoupólu 19 se vybíjí na nulové napětí, přestává proud i_L zátěže protékat oddělovací diodou 9 a jeho vedení přebírá záchytná dioda 10. Vzhledem k tomu, že v této chvíli je již anoda záchytné diody 10 na potenciálu nižším, než je potenciál záporné svorky 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí $\underline{U_B}$, dochází tímto potenciálovým rozdílem k rychlé demagnetizaci první hlavní přesytky 15 a současně k převedení proudu i_L zátěže směrem přes druhou hlavní přesytku 16 a nulovou diodu 7 ze záporné svorky 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí $\underline{U_B}$, přičemž uvedený potenciálový rozdíl způsobuje zvýšené napěťové namáhání vypínatelného výkonového spínacího prvku 4, avšak urychluje demagnetizaci první hlavní přesytky 15 a převedení proudu i_L zátěže do druhé hlavní přesytky 16. Výsledkem je, že záchytný kondenzátor 14 pojme celkovou energii první hlavní přesytky 15 a druhé hlavní přesytky 16, přičemž velikost potenciálového rozdílu bude závislá na velikosti proudu i_L zátěže v okamžiku vypínání vypínatelného výkonového spínacího prvku 4. Záchytný kondenzátor 14 tedy zůstává nabit a jeho vybíjení přes třetí diodu 24 a cívku 28 odlehčovacího dvoupólu 19 zabráňuje oddělovací dioda 9. Druhá důležitá funkce oddělovací diody 9 spočívá v tom, že doveduje spolupráci spínače v zapojení podle vynálezu se spínačem zrcadlově převráceným, se vzájemně zaměněnými polohami vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 a nulové diody 7, kdy oba tyto spínače spolupracují ve dvoukvadrantovém pulsním měniči, ve kterém je zátěž připojena mezi výstupy obou spínačů, nebo ve čtyřkvadrantovém pulsním měniči, ve kterém jsou výstupy obou spínačů spojeny a tvoří spolu výstup jedné větve známého můstkového uspořádání.

Činnost oddělovací diody 9 bude potom následující.

Je-li vypínatelný výkonový spínací prvek 4 ve vypnutém stavu, proud i_L zátěže protéká směrem, naznačeným na obr. 1 a 2, ze záporné svorky 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B přes nulovou diodu 7 a druhou hlavní přesytku 16, přičemž výstup 8 spínače podle vynálezu se nachází na potenciálu záporné svorky 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B a první kondenzátor 26 i druhý kondenzátor 27 odlehčovacího dvoupólu 19 jsou vybity na nulové napětí. Bude-li nyní výstupu 8 spínače podle vynálezu vnucován vlivem činnosti spolupracujícího zrcadlově převráceného spínače potenciál vyšší, začne být oddělovací dioda 9 pólována v závěrném směru a zabráni nabíjení prvního kondenzátoru 26 a druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19.

Například v uvažované jedné větvi čtyřkvadrantového pulsního měniče má proud i_L zátěže v době, kdy je v činnosti spolupracující zrcadlově převrácený spínač, opačný směr průtoku, než jak je naznačeno na obr. 1 a 2. Pak v době, kdy proud i_L zátěže protéká nulovou diodou spolupracujícího zrcadlově převráceného spínače, má výstup 8 spínače podle vynálezu potenciál stejný, jako je potenciál kladné svorky 2 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B a nutně by tedy došlo k nabíjení prvního kondenzátoru 26 i druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19. Oddělovací dioda 9 je však v této chvíli pólována v závěrném směru a nedovolí nabíjení prvního kondenzátoru 26 a druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19. V případě, že by oddělovací dioda 9 nebyla ve spínači podle vynálezu použita, došlo by k nabití prvního kondenzátoru 26 a druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19 a v okamžiku dalšího sepnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku spolupracujícího zrcadlově převráceného spínače by došlo k vybití prvního kondenzátoru 26 a druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19 zkratovým proudem přes vypínatelný výkonový spínací prvek spolupracujícího zrcadlově převráceného spínače se zvýšenou pravděpodobností jeho zničení.

Při uvažovaném užití spínače podle vynálezu ve dvoukvadrantovém pulsním měniči, může během jeho činnosti nastat situace,

kdy dochází k zániku proudu i_L zátěže, to znamená, že proud i_L zátěže klesne na nulovou hodnotu při vypnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 spínače podle vynálezu a při současném vypnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku spolupracujícího zrcadlově převráceného spínače. V okamžiku zániku proudu i_L zátěže přestává proud i_L zátěže protékat nulovou diodou 7 spínače podle vynálezu a nulovou diodou spolupracujícího zrcadlově převráceného spínače a dojde k nabíjení prvního kondenzátoru 26 a druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19 přes impedanci zátěže a přes stejně se nabíjející první kondenzátor a druhý kondenzátor spolupracujícího zrcadlově převráceného spínače. Vlivem odporově induktivního charakteru zatěžovací impedance dojde buď k aperiodickému tlumenému nabíjení prvního kondenzátoru 26 a druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19 na napětí o velikosti rovné polovině napětí U_B zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B , nebo dojde k periodickým tlumeným kmitům a výměně energie mezi induktivní složkou zatěžovací impedance a prvním kondenzátorem 26 a druhým kondenzátorem 27 odlehčovacího dvoupólu 19. V obou případech pak při opětovném sepnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 spínače podle vynálezu nemůže dojít ke správnému nabití prvního kondenzátoru 26 a druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19 na plné napětí o velikosti napětí U_B zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B , potřebné ke správné činnosti odlehčovacího dvoupólu 19. Tomuto jevu právě zabrání oddělovací dioda 9, která nedovolí nabíjení prvního kondenzátoru 26 a druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19 přes zatěžovací impedanci v době vypnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 spínače podle vynálezu.

Při popisu dějů, souvisejících se sepnutím vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 spínače v zapojení podle vynálezu, je nutno vycházet ze situace, která nastala při předcházejícím vypnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4. To znamená, že proud i_L zátěže vytéká ze záporné svorky 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B přes druhou hlavní přesytku 16 a nulovou diodu 7, první kondenzátor 26 a druhý kondenzátor 27

odlehčovacího dveupólu 19 jsou oba vybity na nulové napětí, záchytný kondenzátor 14 je nabit tak, že druhá svorka 21 odlehčovacího dveupólu 19 se nachází na potenciálu poněkud nižším, než je potenciál záporné svorky 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B a tyristor 11 je vypnut. Dojde-li nyní k sepnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4, je tím způsoben pokles a zánik proudu i_L zátěže druhou hlavní přesýtkou 16, doprovázený současným nárůstem proudu první hlavní přesýtkou 15, oddělovací diodou 9 a vypínatelným výkonovým spínacím prvkem 4, přičemž strmest nárůstu proudu, protékajícího vypínatelným výkonovým spínacím prvkem 4 při jeho spínání, je dána v každém okamžiku součtem okamžitých indukčností první hlavní přesýtky 15 a druhé hlavní přesýtky 16 a velikostí napětí U_B zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B . Tím je výrazně omezena výkonová ztráta na vypínatelném výkonovém spínacím prvkem 4 spínače v zapojení podle vynálezu při jeho spínání. Navíc první hlavní přesýtky 15 a druhé hlavní přesýtky 16 omezují v průběhu zotavovací doby nulové diody 7 nárůst zotavovacího proudu, protékajícího v jejím závěrném směru a tím opět výrazně zmenšují výkonové ztráty na vypínatelném výkonovém spínacím prvkem 4 i na nulové diodě 7. Hlavní odpor 18 a první hlavní dioda 12 odvádějí a maří energii, nashromážděnou v první hlavní přesýtkce 15 a ve druhé hlavní přesýtkce 16 právě vlivem zotavovacího proudu nulové diody 7. Vzhledem k tomu, že zotavovací proud nulové diody 7 je účinně omezen, je jeho velikost řádově menší, než velikost proudu i_L zátěže, čímž je energie, mařená v hlavním odporu 18, přibližně o dva řády menší, než energie, akumulovaná v první hlavní přesýtkce 15 a ve druhé hlavní přesýtkce 16 vlivem proudu i_L zátěže, což ve svém důsledku znamená, že přítomnost hlavního odporu 18 nenarušuje princip bezeztrátovosti celého odlehčovacího obvodu spínače v zapojení podle vynálezu.

V okamžiku vypnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 spínače v zapojení podle vynálezu je rovněž úmyslně sepnut tyristor 11, který svým sepnutím zahájí pomocný rezonanční děj v rezonančním obvodu, tvořeném hlavní cívkou 17 a záchytným kondenzátorem 14. Tyristor 11 zajišťuje ukončení

pomocného rezonančního děje právě v okamžiku skončení jeho prvního pomocného sinusového rezonančního proudového půlkmitu, kdy proud chce měnit svůj směr a tím dochází k přirozené komutaci tyristoru 11. Vzhledem k tomu, že před zahájením pomocného rezonančního děje byl záchytný kondenzátor 14 nabit tak, že druhá svorka 21 odlehčovacího dvoupólu 19 byla na potenciálu poněkud nižším, než je potenciál záporné svorky 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B , bude pak po skončení prvního pomocného sinusového rezonančního proudového půlkmitu druhá svorka 21 odlehčovacího dvoupólu 19 na potenciálu poněkud vyšším, než je potenciál záporné svorky 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B . V okamžiku sepnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 je zahájen rovněž hlavní rezonanční děj, při němž dochází k nabíjení prvního kondenzátoru 26 a druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19 přes třetí diodu 24 a cívku 28 tohoto odlehčovacího dvoupólu 19, přičemž energie, potřebná k nabití prvního kondenzátoru 26 a druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19, je odebírána ze záchytného kondenzátoru 14. Protože první kondenzátor 26 a druhý kondenzátor 27 odlehčovacího dvoupólu 19 mají s výhodou stejně velkou kapacitu, nabíjí se každý na napětí o velikosti poněkud menší, než je velikost napětí U_B zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B . Ve stejném hlavním rezonančním ději by se jeden ekvivalentní kondenzátor nabil na dvojnásobné napětí. Třetí dioda 24 odlehčovacího dvoupólu 19 ukončuje hlavní rezonanční děj právě v jeho první půlperiodě a nedovoluje změnu směru toku proudu v daném rezonančním obvodu odlehčovacího dvoupólu 19. Vzhledem k tomu, že reálná třetí dioda 24 odlehčovacího dvoupólu 19 má vždy určitou dobu zotavení ve svém závěrném směru, dovolí během této doby protékání proudu v závěrném směru. V okamžiku jejího zotavení a uzavření je však v cívce 28 odlehčovacího dvoupólu 19 akumulována určitá energie, způsobená špičkovou hodnotou zotavovacího proudu třetí diody 24 odlehčovacího dvoupólu 19. Pokud nemá dojít k maření této, byť i malé, energie ve třetí diodě 24 odlehčovacího dvoupólu 19 a pokud se má současně zabránit jejímu přidavnému napěťovému namáhání, pak místo

odlehčovacího dvoupólu 19 v jeho základní variantě zapojení podle obr. 3, lze použít buď upravené varianty zapojení odlehčovacího dvoupólu 19 podle obr. 4, popřípadě jiné možné upravené varianty zapojení odlehčovacího dvoupólu 19 podle obr. 5. Funkce těchto odlehčovacích dvoupólů 19 je zcela stejná, jsou však navíc vybaveny čtvrtou diodou 25 a odporem 29, v němž dochází ke zmaření energie, nashromážděné v cívce 28 odlehčovacího dvoupólu 19 a způsobené zotavovacím proudem třetí diody 24 tohoto odlehčovacího dvoupólu 19. U upravené varianty zapojení odlehčovacího dvoupólu 19 podle obr. 4 dochází k demagnetizaci cívky 28 tak, že proud protéká cestou od druhé svorky 21 odlehčovacího dvoupólu 19 přes druhý kondenzátor 27, cívku 28, čtvrtou diodu 25 a odpor 29 na první svorku 20 odlehčovacího dvoupólu 19. U jiné možné upravené varianty zapojení odlehčovacího dvoupólu 19 podle obr. 5 dochází k demagnetizaci cívky 28 tak, že proud protéká cestou od druhé svorky 21 odlehčovacího dvoupólu 19 přes čtvrtou diodu 25, odpor 29 cívku 28 a první kondenzátor 26 na první svorku 20 odlehčovacího dvoupólu 19. Vzhledem k tomu, že špička zotavovacího proudu třetí diody 24 odlehčovacího dvoupólu 19 je řádově menší, než amplituda hlavního sinusového rezonančního proudového půlkmitu, je energie, mařená v odporu 29, přibližně o dva řády menší, než energie, soustředěná v prvním kondenzátoru 26 a druhém kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19, což znamená, že použití odporu 29 nenarušuje princip bezetrátovosti tohoto odlehčovacího dvoupólu 19.

Vypínatelný výkonový spínací prvek 4 je sice při sepnutí přídatně proudově namáhán hlavním sinusovým rezonančním proudovým půlkmitem, ale vzhledem k tomu, že v době trvání hlavního sinusového rezonančního proudového půlkmitu jsou první kondenzátor 26 a druhý kondenzátor 27 odlehčovacího dvoupólu 19 zapojeny v serii, kdy je jejich efektivní kapacita poloviční, přičemž v době vypínání vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 pracují první kondenzátor 26 a druhý kondenzátor 27 odlehčovacího dvoupólu 19 paralelně, kdy je jejich efektivní kapacita dvojnásobná, je pak poměr jejich efektivních kapacit při vybíjení vůči nabíjení čtyři ku jedné, což zajišťuje mini-

malizaci amplitudy a doby trvání hlavního sinusového rezonančního proudového půlkmitu. Proto je přídatné proudové namáhání vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 spínače v zapojení podle vynálezu velmi malé i při krátké době trvání hlavního sinusového rezonančního proudového půlkmitu. Krátká doba trvání hlavního sinusového rezonančního proudového půlkmitu je důležitá i z toho hlediska, že určuje minimální potřebnou dobu sepnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4.

Vzhledem k tomu, že během pomocného sinusového rezonančního proudového půlkmitu klesá napětí na záchytném kondenzátoru 14, nesmí se první kondenzátor 26 a druhý kondenzátor 27 odlehčovacího dvoupólu 19 nabít na napětí o velikosti, odpovídající velikosti původního napětí na záchytném kondenzátoru 14, protože jinak by mohlo dojít k namáhání vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 v inverzním režimu. Tomuto jevu zabráňuje druhá hlavní dioda 13, která odvádí přebytečnou energii z cívky 28 odlehčovacího dvoupólu 19 zpět do záchytného kondenzátoru 14 v tom případě, kdy proud i_L zátěže je malý a nestačí ke krytí proudu cívky 28 odlehčovacího dvoupólu 19.

Z hlediska energetických přeměn, probíhajících v celém odlehčovacím obvodu spínače v zapojení podle vynálezu během jednoho vypnutí a sepnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4, je nutno zajistit, aby při vypínání vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 nebyla energie, uvolněná vlivem převedení proudu i_L zátěže z první hlavní přesytky 15 do druhé hlavní přesytky 16, mařena, t.j. přeměňována v teplo na vhodných odporech, ale aby byla vhodným způsobem akumulována v určitém obvodovém prvku, z něhož by mohla být odebírána a využívána k následné činnosti celého odlehčovacího obvodu spínače v zapojení podle vynálezu, nebo aby mohla být vhodným způsobem bezeztrátově převedena do zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B . Dále je nutno zajistit, aby při sepnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 došlo k bezeztrátovému nabití prvního kondenzátoru 26 a druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19, to znamená, že nabíjecí proud nesmí protékat přes určité nabíjecí odpory, ve kterých by docházelo opět k energie-

tickým ztrátám, ale jejich nabíjení musí probíhat prostřednictvím hlavního rezonančního děje přes cívku 28 odlehčovacího dvoupólu 19.

Pro ozřejnění energetických přeměn v celém odlehčovacím obvodu spínače v zapojení podle vynálezu se uvažuje jeho možné celkové zapojení, vyznačené na obr. 1.

Záchytný kondenzátor 14 je přibližně nabit na napětí o velikosti, odpovídající velikosti napětí U_B zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B , a má kapacitu vždy větší, než je kapacita prvního kondenzátoru 26 nebo druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19. Pak lze snadno dospět k závěru, že v okamžiku vypnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 dodává odlehčovací dvoupól 19 v součinnosti s proudem i_L zátěže do záchytného kondenzátoru 14 energii, která je vždy větší, než energie, kterou si odlehčovací dvoupól 19 odebere ze záchytného kondenzátoru 14 v okamžiku sepnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4. Vzájemný poměr těchto energií je závislý na vzájemném poměru kapacit záchytného kondenzátoru 14 a prvního kondenzátoru 26, respektive druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19 tak, že leží-li poměr kapacit v intervalu jedna až nekonečno, pak tomu odpovídá poměr energií, ležící v intervalu jedna až dvě, přičemž lze fyzikálně interpretovat nekonečně velkou kapacitu záchytného kondenzátoru 14 ideálním zdrojem napětí s nulovým vnitřním odporem, a odlehčovací dvoupól 19 potom dodává do tohoto zdroje dvakrát větší energii, než jakou z něho odebírá. Bude-li tedy kapacita záchytného kondenzátoru 14 konečná, ale větší, než kapacita prvního kondenzátoru 26 nebo druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19, pak odlehčovací dvoupól 19 dodává do záchytného kondenzátoru 14 vždy větší energii, než jakou z něho odebírá, přičemž rozdíl energií je kryt z energie induktivní složky zátěže, která i v době vypínání vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 dodává proud i_L zátěže, potřebný k vybití prvního kondenzátoru 26 a druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19. Záchytný kondenzátor 14 obdrží tedy při vypnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 energii větší, než je energie, odebíraná při jeho

sepnutí a navíc je tento rozdíl energií zvětšen ještě o energii, která se uvolňuje při převodu proudu i_L zátěže z první hlavní přesytky 15 na druhou hlavní přesytku 16 v okamžiku vypínání vypínatelného výkonového spínacího prvku 4.

Při sepnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 odebere odlehčovací dvoupól 19 ze záchytného kondenzátoru 14 určitou energii, která je však menší, než energie dodaná, a zbylý rozdíl energie je převeden pomocným sinusovým rezonančním proudovým půlknitem ze záchytného kondenzátoru 14 přes hlavní cívku 17 a sepnutý tyristor 11 do zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B .

Uvedené energetické vztahy mezi odlehčovacím dvoupólem 19 a záchytným kondenzátorem 14 jsou tedy u spínače v zapojení podle vynálezu velmi výhodné i z toho hlediska, že při vypínání vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 zajišťují nabíjení záchytného kondenzátoru 14 tak, že vzniklý potenciálový rozdíl mezi druhou svorkou 21 odlehčovacího dvoupólu 19 a zápornou svorkou 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B způsobuje rychlou demagnetizaci první hlavní přesytky 15 a rychlé převedení proudu i_L zátěže do druhé hlavní přesytky 16. Při sepnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 jsou energetické vztahy výhodné zejména proto, že odlehčovací dvoupól 19 pomáhá v tuto chvíli vybijet záchytný kondenzátor 14 a tím jsou kladeny menší nároky na tyristor 11.

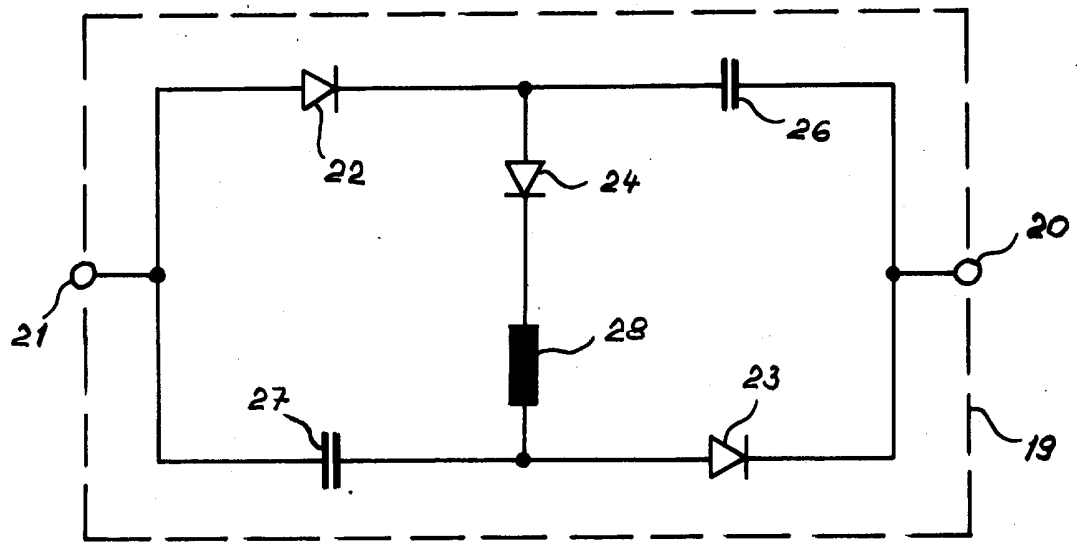
P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

252 272

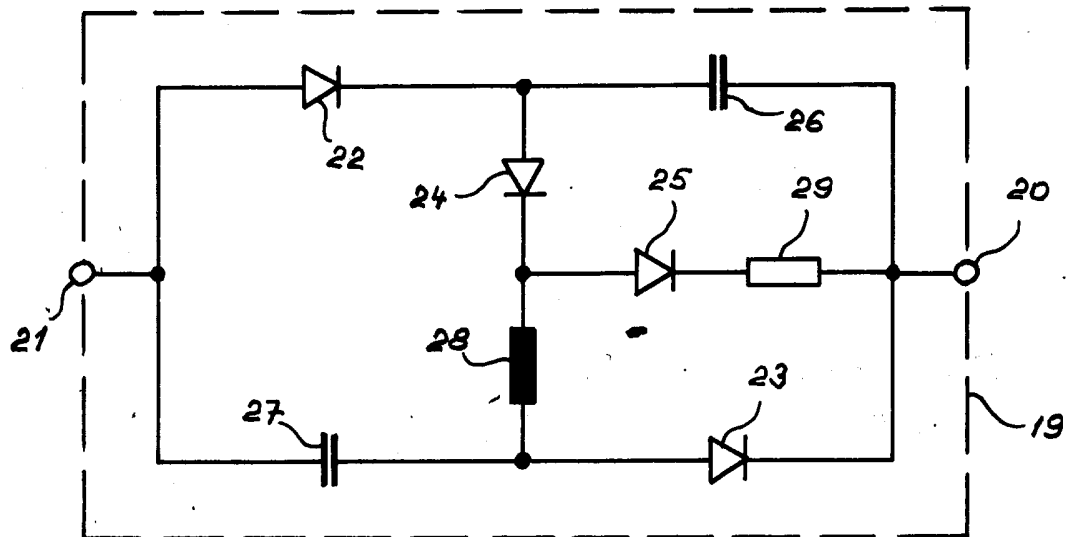
1. Zapojení spínače s vypínatelným výkonovým spínacím prvkem, jehož první elektroda je připojena na kladnou svorku zdroje stejnosměrného napětí a jehož druhá elektroda je připojena na katodu nulové diody, jejíž anoda je připojena na zápornou svorku zdroje stejnosměrného napětí, vyznačující se tím, že mezi druhou elektrodou (6) vypínatelného výkonového spínacího prvku (4) a katodu nulové diody (7) jsou vřazeny v serii zapojené oddělovací dioda (9), která je připojena na druhou elektrodou (6) vypínatelného výkonového spínacího prvku (4) svou anodou, dále první hlavní přesytka (15), ke které je oddělovací dioda (9) připojena svou katodou, a dále druhá hlavní přesytka (16), která je připojena na katodu nulové diody (7), ke které je přes hlavní odpor (18) dále připojena anoda první hlavní diody (12), jejíž katoda je připojena na kladnou svorku (2) zdroje (1) stejnosměrného napětí (U_B), ke které je dále připojena katoda druhé hlavní diody (13), jejíž anoda je připojena na druhou elektrodou (6) vypínatelného výkonového spínacího prvku (4), ke které je dále připojen odlehčovací dvoupól (19) svou první svorkou (20), který je svou druhou svorkou (21) připojen přes hlavní cívkou (17) na katodu tyristoru (11), jehož anoda je připojena na zápornou svorku (3) zdroje (1) stejnosměrného napětí (U_B), přičemž výstup (8) spínače je připojen na spoj mezi první hlavní přesytkou (15) a druhou hlavní přesytkou (16) a na druhou svorku (21) odlehčovacího dvoupólu (19) je připojena jednak anoda záchytné diody (10), jejíž katoda je připojena na katodu oddělovací diody (9), a jednak záchytný kondenzátor (14) svou jednou elektrodou, který je svou druhou elektrodou připojitelný na kladnou svorku (2) zdroje (1) stejnosměrného napětí (U_B) nebo na zápornou svorku (3) zdroje (1) stejnosměrného napětí (U_B).
2. Zapojení podle bodu 1, vyznačující se tím, že odlehčovací dvoupól (19) je tvořen první diodou (22), jejíž katoda je

připojena na anodu třetí diody (24), jejíž katoda je připojena přes cívku (28) a s ní v serii zapojený druhý kondenzátor (27) na anodu první diody (22), jejíž katoda je dále připojena přes první kondenzátor (26) na katodu druhé diody (23), jejíž anoda je připojena na spoj mezi cívku (28) a druhým kondenzátorem (27), přičemž katoda druhé diody (23) tvoří první svorku (20) odlehčovacího dvoupólu (19) a anoda první diody (22) tvoří druhou svorku (21) odlehčovacího dvoupólu (19).

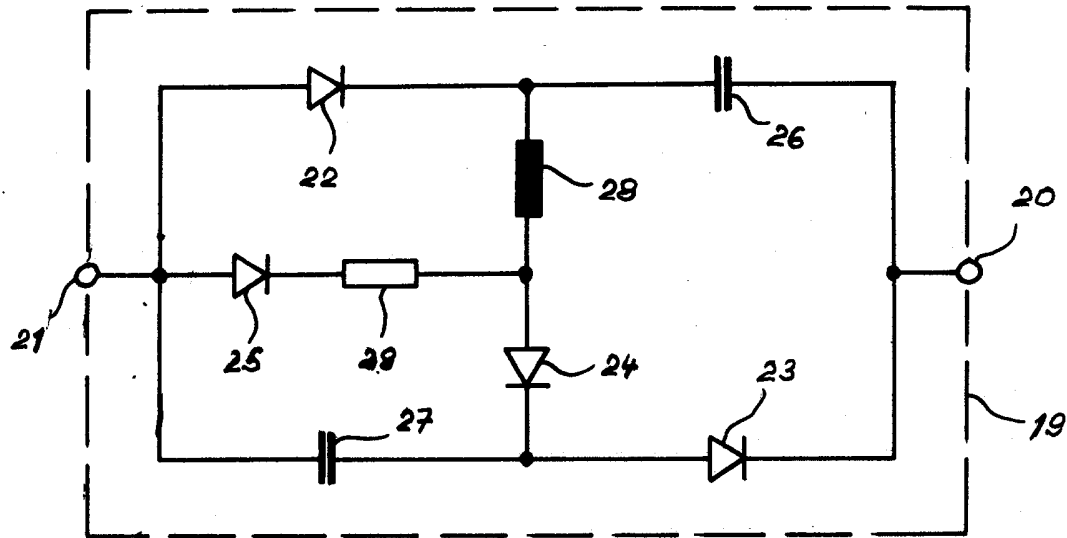
3. Zapojení podle bodu 1, vyznačující se tím, že odlehčovací dvoupól (19) je tvořen první diodou (22), jejíž katoda je připojena na anodu třetí diody (24), jejíž katoda je připojena přes cívku (28) a s ní v serii zapojený druhý kondenzátor (27) na anodu první diody (22), jejíž katoda je dále připojena přes první kondenzátor (26) na katodu druhé diody (23), jejíž anoda je připojena na spoj mezi cívku (28) a druhým kondenzátorem (27) a jejíž katoda je dále připojena přes odpor (29) na katodu čtvrté diody (25), jejíž anoda je připojena na katodu třetí diody (24), přičemž katoda druhé diody (23) tvoří první svorku (20) odlehčovacího dvoupólu (19) a anoda první diody (22) tvoří druhou svorku (21) odlehčovacího dvoupólu (19).
4. Zapojení podle bodu 1, vyznačující se tím, že odlehčovací dvoupól (19) je tvořen první diodou (22), jejíž katoda je připojena přes cívku (28) na anodu třetí diody (24), jejíž katoda je připojena přes druhý kondenzátor (27) na anodu první diody (22), ke které je dále připojena anoda čtvrté diody (25), jejíž katoda je připojena přes odpor (29) na anodu třetí diody (24), jejíž katoda je dále připojena na anodu druhé diody (23), jejíž katoda je připojena přes první kondenzátor (26) na katodu první diody (22), přičemž katoda druhé diody (23) tvoří první svorku (20) odlehčovacího dvoupólu (19) a anoda první diody (22) tvoří druhou svorku (21) odlehčovacího dvoupólu (19).



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5