



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

252 273

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 03 07 85
(21) PV 4985-85

(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)

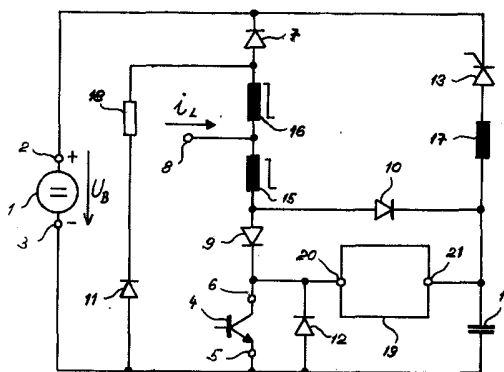
Autor vynálezu

PATOČKA MIROSLAV ing., BRNO

(54)

Zapojení spínače a vypínatelným výkonovým
spínacím prvkem

Řešení se týká zapojení spínače s vypínatelným výkonovým spínacím prvkem, jehož první elektroda je připojena na zápornou svorku zdroje stejnosměrného napětí a jehož druhá elektroda je připojena na anodu nulové diody, jejíž katoda je připojena na kladnou svorku zdroje stejnosměrného napětí. Účelem zapojení je docílit podstatného snížení výkonových ztrát, vznikajících na vypínatelném výkonovém spínacím prvku při jeho vypínání i 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 zápornou svorku zdroje stejnosměrného napětí a jehož druhá elektroda je připojena na anodu nulové diody, jejíž katoda je připojena na kladnou 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 jednokvadrantový pulsní měnič, v němž vypínatelný výkonový spínací prvek, ošetřený odlehčovacím obvodem, omezujícím výkonové ztráty při jeho spínání i vypínání, je zapojen směrem k záporné svorce zdroje stejnosměrného napětí a nulová dioda je zapojena směrem ke kladné svorce zdroje stejnosměrného napětí. Tento spínač je předurčen zejména pro použití ve dvoukvadrantových a čtyřkvadrantových pulsních měničích, ve kterých musí spolupracovat se spínačem zrcadlově převráceným, 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 zotavovací 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 nulové diodě, pracujících při vysokých přepínacích kmitočtech v oblasti jednotek až desítek kilohertzů. Proto bývá účelné ošetřit vypínatelný výkonový spínací prvek i nulovou 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, případně i aktivní polovodičové prvky. V těchto ztrátových obvodech je energie kondenzátorů a cívek mařena ve zmíněných odporech. Existují rovněž i bezeztrátové obvody, které však obsahují velký počet prvků, přičemž aktivní i pasivní polovodičové 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~~ sebou připojeny rozdílné parazitní indukčnosti, které nedovolují rovnoměrné rozdělení nabíjecích proudů těchto kondenzátorů. Obvykle užívané odlehčovací obvody, pokud umí chránit vypínatelný výkonový spínací prvek při sepnutí i při vypnutí, bývají ztrátové. Pokud jsou vytvořeny jako bezeztrátové, mají některé nevýhodné vlastnosti, jako je složitost, dlouhé doby, potřebné k přípravě odlehčovacího obvodu do pracovního stavu, neschopnost dlouhodobě 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 anodu nulové diody jsou vřazeny v serii zapojené oddělovací dioda, která je připojena

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

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

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

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

Ještě další podstata vynálezu pak spočívá v tom, že odlehčovací dvoupól je tvořen první diodou, jejíž katoda je připojena přes cívkou 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 anoda první diody tvoří první svorku odlehčovacího dvoupólu a katoda druhé diody tvoří druhou svorku odlehčovacího dvoupólu.

U řešení zapojení podle vynálezu je spínač s vypínatelným výkonovým spínacím prvkem vybaven bezeztrátovým odlehčovacím obvodem, který omezuje výkonové ztráty ve vypínatelném výkonovém spínacím prvku při jeho vypínání i při jeho spínání. Výhodou rovněž je přítomnost oddělovací diody, která zabrání nabíjení prvního kondenzátoru a druhého kondenzátoru odlehčovacího dvoupólu při spolupráci spínače podle vynálezu se spínačem zrcadlově převráceným, majícím vzájemně zaměněnou polohu vypínatelného výkonového spínacího prvku a nulové diody, při provozu ve dvoukvadrantových nebo čtyřkvadrantových pulsních měničích. Další výhoda zapojení spínače podle vynálezu spočívá v tom, že při vypínání vypínatelného výkonového spínacího prvku přestává proud zátěže protékat tímto vypínatelným výkonovým spínacím prvkem a začíná protékat prvním kondenzátorem přes první diodu a druhým kondenzátorem přes druhou diodu odlehčovacího dvoupólu do záchytného kondenzátoru. Pokud mají první kondenzátor a druhý kondenzátor odlehčovacího dvoupólu s výhodou 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 výkonového

spínacího prvku pracují vlastně první kondenzátor i 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 sinusovým rezonančním proudovým půlkmitem přes třetí diodu a cívku odlehčovacího dvoupólu tak, že první kondenzátor a druhý kondenzátor jsou zapojeny v serii a jejich efektivní kapacita je proto poloviční oproti kapacitě každého jednotlivého uvažovaného kondenzátoru. Výsledkem je 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 sinusového rezonančního proudového půlkmítu. Proto i přídatné proudové namáhání vypínatelného výkonového spínacího prvku tímto hlavním sinusovým rezonančním proudovým půlkmitem je malé. Další výhodou zapojení spínače 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 sinusového rezonančního proudového půlkmítu. 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 sinusového rezonančního proudového půlkmítu, je i parazitní energie cívky odlehčovacího dvoupólu, způsobená tímto zotavovacím proudem, tak malá, že nenarušuje princip bezeztrátovosti tohoto odlehčovacího dvoupólu. K dalším výhodám zapojení spínače podle vynálezu lze přičítat 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 vybijet 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, kde obr. 1 ukazuje možné celkové zapojení spínače, u kterého je záchytný kondenzátor připojen svou druhou elektrodou na zápornou svorku zdroje stejnosměrného napětí, na obr. 2 je vyznačeno jiné možné celkové zapojení spínače, u kterého je záchytný kondenzátor připojen svou druhou elektrodou na kladnou svorku zdroje stejnosměrného napětí, obr. 3 představuje základní variantu zapojení odlehčovacího dvoupólu, obr. 4 ukazuje upravenou variantu zapojení odlehčovacího dvoupólu a obr. 5 znázorňuje jinou možnou upravenou variantu zapojení odlehčovacího dvoupólu.

Spínač v zapojení podle vynálezu je tvořen vypínatelným výkonovým spínacím prvkem 4, jehož první elektroda 5 je připojena na zápornou svorku 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B . Tento vypínatelný výkonový spínací prvek 4 může být představován například alespoň jedním bipolárním tranzistorem 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, případně i mechanické kontaktní spínače a podobně. Druhá elektroda 6 vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 je připojena na anodu nulové diody 7, která je pak svou katodou připojena na kladnou svorku 2 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B . Mezi anodu nulové diody 7 a druhou elektrodu 6 vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 jsou vřazeny v serií zapojené oddělovací dioda 9, dále první hlavní přesytka 15 a druhá hlavní přesytka 16, přičemž oddělovací dioda 9 je připojena na druhou elektrodu 6 vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 svou katodou a druhá hlavní přesytka 16 je svým druhým přípojem připojena na anodu nulové diody 7. Na anodu nulové diody 7 je pak dále připojena přes hlavní odpor 18 katoda první hlavní diody 11, která je svou anodou připojena na zápornou svorku 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B . Na zápornou svorku 3 zdroje 1 stejnosměr-

ného napětí U_B je rovněž připojena i anoda druhé hlavní diody 12, která je svou katodou připojena na druhou elektrodu 6 vypínatelného výkonového spínacího prvku 4. Na tuto druhou elektrodu 6 vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 je současně připojen i odlehčovací dvoupól 19 svou první svorkou 20, který je svou druhou svorkou 21 připojen přes hlavní cívku 17 na anodu tyristoru 13. Tyristor 13 je pak svou katodou připojen na kladnou svorku 2 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 svorku 21 odlehčovacího dvoupólu 19 je připojena záchytná dioda 10 svou katodou a záchytný kondenzátor 14 svou jednou elektrodou. Záchytná dioda 10 je potom svou anodou připojena na anodu oddělovací diody 9 a záchytný kondenzátor 14 je svou druhou elektrodou připojen buď na zápornou svorku 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B , jak je patrné podle obr. 1, nebo na kladnou svorku 2 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 katodou připojena na anodu třetí diody 24. Třetí dioda 24 je svou katodou připojena přes cívku 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 pak svou anodou připojena na spoj mezi cívkou 28 a druhým kondenzátorem 27. U této základní varianty zapojení odlehčovacího dvoupólu 19 představuje anoda první diody 22 první svorku 20 odlehčovacího dvoupólu 19 a katoda druhé diody 23 druhou svorku 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 katodou připojena na anodu třetí diody 24. Třetí dioda 24 je svou katodou připojena přes cívku 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 katodou je dále připojena přes odpor 29 na katodu čtvrté diody 25. Čtvrtá dioda 25 je nakonec připojena svou anodou na katodu třetí diody 24. Analogicky jako u základní varianty zapojení odlehčovacího dvoupólu 19 představuje i zde anoda první diody 22 první svorku 20 odlehčovacího dvoupólu 19 a katoda druhé diody 23 druhou svorku 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 katodou připojena přes cívkou 28 na anodu třetí diody 24. Třetí dioda 24 je svou katodou připojena přes druhý kondenzátor 27 na anodu první diody 22, ke které je současně připojena anoda čtvrté diody 25. Čtvrtá dioda 25 je svou katodou připojena přes odpor 29 na anodu třetí diody 24, která je svou katodou dále připojena na anodu druhé diody 23. Druhá dioda 23 je potom svou katodou připojena přes první kondenzátor 26 na katodu první diody 22. Analogicky jako u předchozích variant zapojení odlehčovacího dvoupólu 19 představuje i zde anoda první diody 22 první svorku 20 odlehčovacího dvoupólu 19 a katoda druhé diody 23 druhou svorku 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 užít 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 zápornou svorku 3 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 kladnou svorku 2 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B , neboť obě zapojení jsou funkčně zcela shodná. Dále se předpokládá, že zdroj 1

stejnoseměrného napětí U_B má schopnost energii v sobě též 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 záchytný kondenzátor 14 má oproti nim kapacitu větší.

Za výchozí situaci se považuje stav, kdy vypínatelný výkonový spínací prvek 4 je sepnut a proud i_L zátěže protéká směrem, naznačeným na obr. 1 a 2, přes výstup 8 spínače, první hlavní přesytka 15, oddělovací diodu 9 a sepnutý vypínatelný výkonový spínací prvek 4 do záporné svorky 3 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B . Tyristor 13 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 druhou svorkou 21 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. 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 záchytný kondenzátor 14 tak, že druhá svorka 21 odlehčovacího dvoupólu 19 se může nacházet na potenciálu vyšším, než je potenciál kladné svorky 2 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B , přičemž uvedený potenciálový rozdíl

závisí na poměru kapacit prvního kondenzátoru 26 a druhého kondenzátoru 27 odlehčovacího dvoupólu 19 vůči kapacitě záchytného kondenzátoru 14 a rovněž 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 vybijí 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 katoda záchytné diody 10 na potenciálu vyšším, než je potenciál kladné svorky 2 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 do kladné svorky 2 zdroje 1 stejnosměrného napětí $\underline{U_B}$, přičemž uvedený potenciálový rozdíl sice 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 dovoluje 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 vypnut, proud i_L zátěže protéká směrem, naznačeným na obr. 1 a 2, přes druhou hlavní přesýtku 16 a nulovou diodu 7 do kladné svorky 2 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B , přičemž výstup 8 spínače podle vynálezu se nachází na potenciálu kladné svorky 2 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 nižší, začne být oddělovací dioda 9 pólována v závěrném směru a zabrání 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 záporné svorky 3 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 spínací 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 4 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 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 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 2, 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 předchozím vypnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4. To znamená, že proud i_L zátěže vtéká přes druhou hlavní přesytka 16 a nulovou diodu 7 do kladné svorky 2 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B , první kondenzátor 26 a druhý kondenzátor 27 odlehčovacího dvoupólu 19 jsou oba vybity na nulové napětí, zachytný

kondenzátor 14 je nabit tak, že druhá svorka 21 odlehčovacího dvoupólu 19 se nachází na potenciálu poněkud vyšším, než je potenciál kladné svorky 2 zdroje 1 stejnosměrného napětí U_B a tyristor 13 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 strmost 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 druhá hlavní přesýtky 16 omezují v průběhu zotavovací doby nulové diody 7 nárůst zotavovacího proudu, protékajícího v jejím závěrném směru a tím opět zmenšují výkonové ztráty na vypínatelném výkonovém spínacím prvkem 4 i na nulové diodě 7. Hlavní odpor 18 a první hlavní dioda 11 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 je rovněž úmyslně sepnut tyristor 13, který svým sepnutím zahájí pomocný rezonanční děj v rezonančním obvodu, tvořeném hlavní cívkou 17 a záchytným kondenzátorem 14. Tyristor 13 zajišťuje ukončení pomocného rezonančního děje právě v okamžiku skončení jeho prvního pomocného sinusového rezonančního proudu-

vého půlkmitu, kdy proud chce měnit svůj směr a tím dochází k přirozené komutaci tyristoru 13. 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 vyšším, než je potenciál kladné svorky 2 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 nižším, než je potenciál kladné svorky 2 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 nabíjel 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 v 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 a pokud se má současně zabránit jejímu přídavnému 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 dochází k demagnetizaci cívky 28 tak, že proud protéká cestou od první svorky 20 odlehčovacího dvoupólu 19 přes druhý kondenzátor 27, cívku 28, čtvrtou diodu 25 a odpor 29 na druhou svorku 21 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 první svorky 20 odlehčovacího dvoupólu 19 přes čtvrtou diodu 25, odpor 29, cívku 28 a první kondenzátor 26 na druhou svorku 21 odlehčovacího dvoupólu 19. Vzhledem k tomu, že špička zotavovacího proudu třetí diody 24 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 minimalizaci amplitudy a doby trvání hlavního sinusového rezonančního proudového půlkmitu. Proto je přídatné proudové namáhání vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 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 12, 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 energetickým ztrátám, ale jejich nabíjení musí probíhat prostřednictvím hlavního rezonančního děje přes cívku 28 odlehčovacího dvoupólu 19.

Pro ozřejmění energetických přeměn v celém odlehčovacím obvodu spínače v zapojení podle vynálezu se uvažuje jeho možné

celkové zapojení, vyznačené na obr. 1.

252 273

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 jako náhradu tohoto 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 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 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.

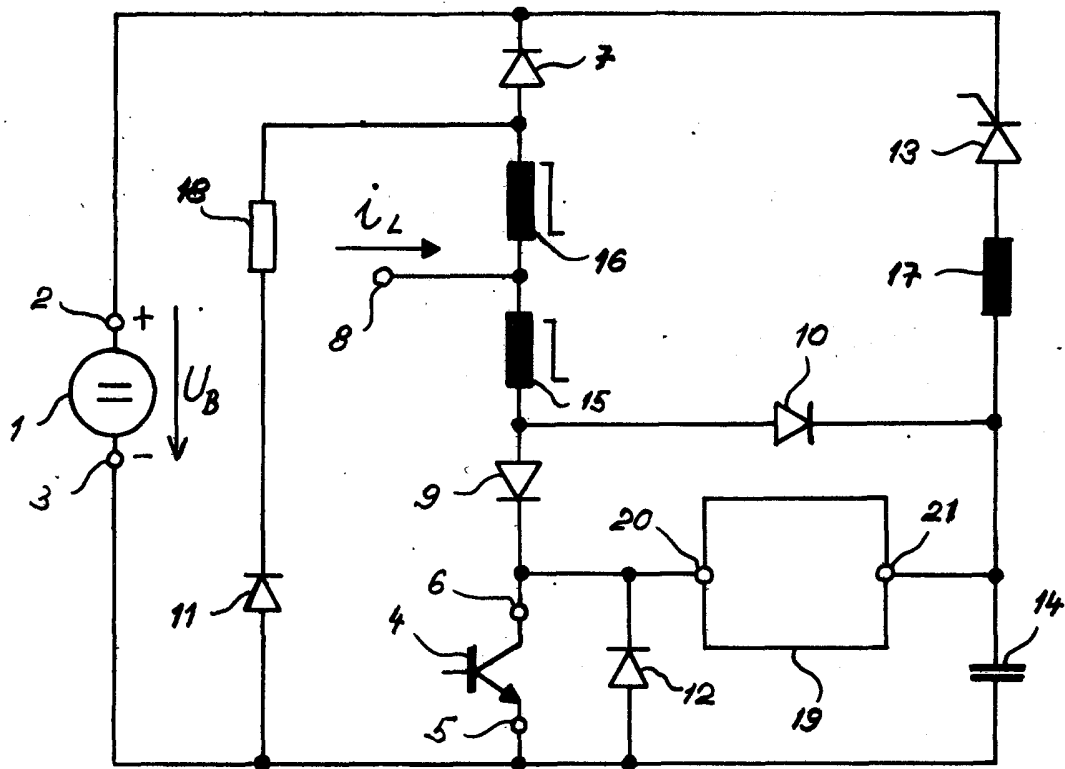
Při sepnutí vypínatelného výkonového spínacího prvku 4 odebere odlehčovací dvoupól 19 ze záchytného kondenzátoru 14 určitou energii, která je však menší, než energie dodaná, a zbylý rozdíl energie je převeden pomocným sinusovým rezonančním proudovým půlkmitem ze záchytného kondenzátoru 14, přes hlavní cívku 17 a sepnutý tyristor 13 do zdroje 1 stejnosměrného napětí $\underline{U_B}$.

Uvedené energetické vztahy mezi odlehčovacím dvoupólem 19 a záchytným kondenzátorem 14 jsou tedy u spínače v zapojení podle vynálezu velmi výhodné 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 kladnou svorkou 2 zdroje 1 stejnosměrného napětí $\underline{U_B}$ způsobuje rychlou demagnetizaci první hlavní přesytky 15 a rychlé převedení proudu $\underline{i_L}$ 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 vybíjet záchytný kondenzátor 14 a tím jsou kladeny menší nároky na tyristor 13.

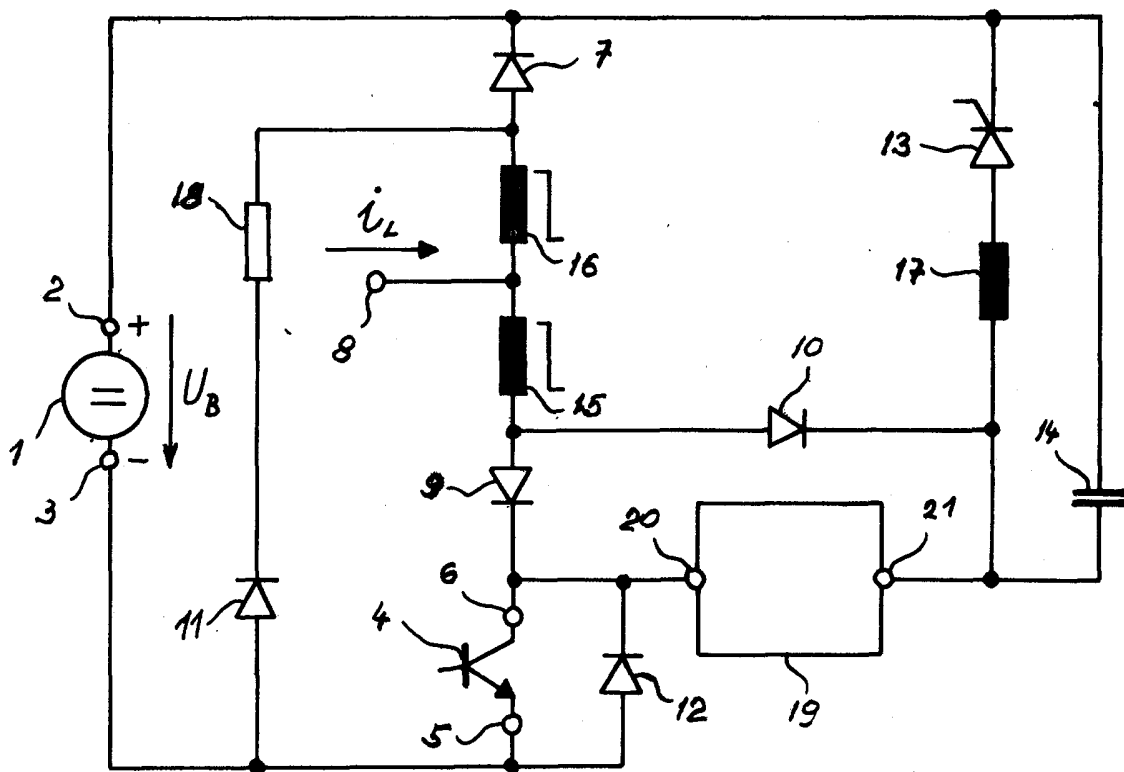
1. Zapojení spínače s vypínatelným výkonovým spínacím prvkem, jehož první elektroda je připojena na zápornou svorku zdroje stejnosměrného napětí a jehož druhá elektroda je připojena na anodu nulové diody, jejíž katoda je připojena na kladnou svorku zdroje stejnosměrného napětí, vyznačující se tím, že mezi druhou elektrodou (6) vypínatelného výkonového spínacího prvku (4) a anodu nulové diody (7) jsou vřazeny v serii zapojené oddělovací dioda (9), která je připojena na druhou elektrodu (6) vypínatelného výkonového spínacího prvku (4) svou katodou, dále první hlavní přesytka (15), ke které je oddělovací dioda (9) připojena svou anodou, a dále druhá hlavní přesytka (16), která je připojena na anodu nulové diody (7), ke které je přes hlavní odpor (18) dále připojena katoda první hlavní diody (11), jejíž anoda je připojena na zápornou svorku (3) zdroje (1) stejnosměrného napětí (U_B), ke které je dále připojena anoda druhé hlavní diody (12), jejíž katoda je připojena na druhou elektrodu (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 cívku (17) na anodu tyristoru (13), jehož katoda je připojena na kladnou svorku (2) 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 katoda záchytné diody (10), jejíž anoda je připojena na anodu 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 anoda první diody (22) tvoří první svorku (20) odlehčovacího dvoupólu (19) a katoda druhé diody (23) tvoří druhou svorku (21) odlehčovacího dvoupólu (19).

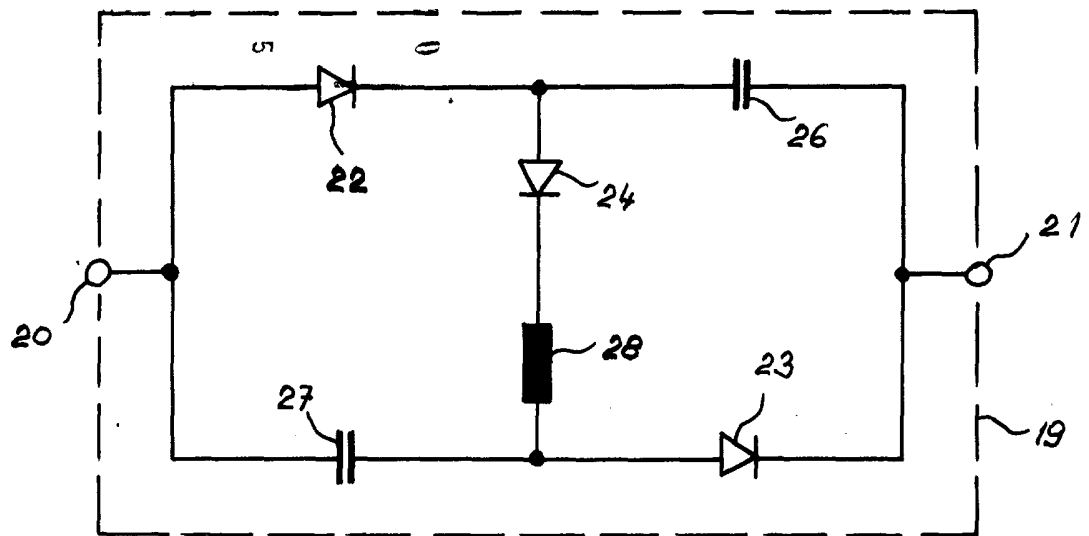
3. Zapojení podle bodu 1, vyznačující se tím, že odlehčovací dvoupól (19) je tvořen první diodou (22), jejíž katoda je připojena na anodu třetí diody (24), jejíž katoda je připojena přes cívku (28) a s ní v serii zapojený druhý kondenzátor (27) na anodu první diody (22), jejíž katoda je dále připojena 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 anoda první diody (22) tvoří první svorku (20) odlehčovacího dvoupólu (19) a katoda druhé diody (23) 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 anoda první diody (22) tvoří první svorku (20) odlehčovacího dvoupólu (19) a katoda druhé diody (23) tvoří druhou svorku (21) odlehčovacího dvoupólu (19).



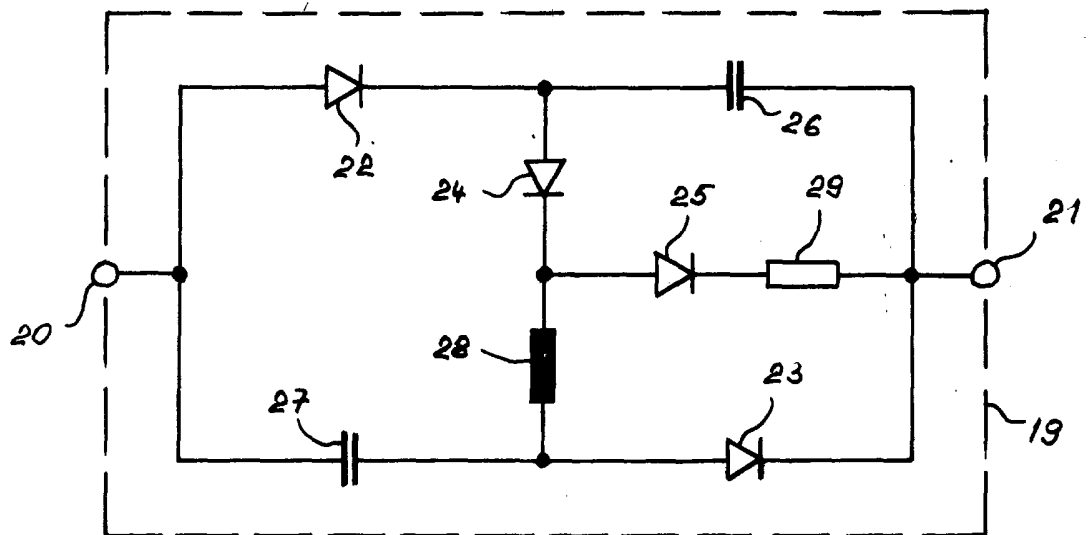
Obr. 1



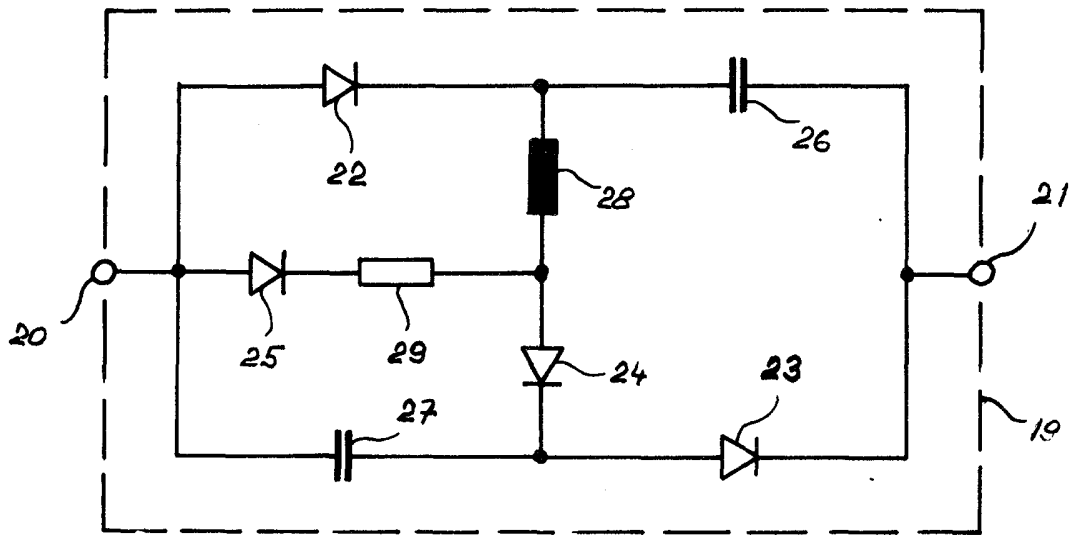
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5