



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBREVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

261758

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.⁴

H 02 M 7/48

(22) Přihlášeno 21 05 86
(21) PV 3709-86.L

(40) Zveřejněno 15 07 88

(45) Vydáno 15 06 89

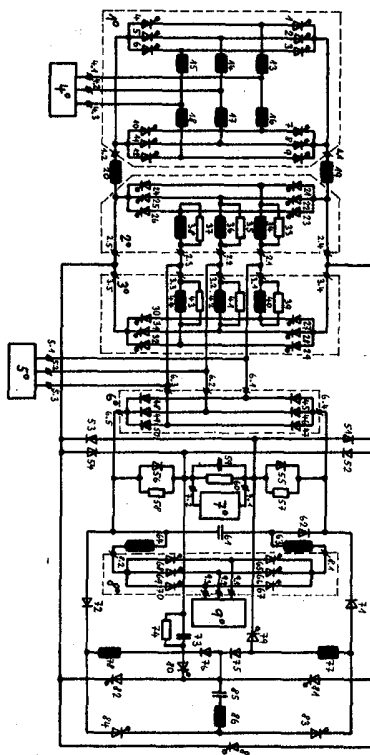
(75)

Autor vynálezu

WINKLER JIŘÍ ing. CSC., PRAHA

(54) Zapojení střídače proudu s vlastní komutací

Reší se nové zapojení silových obvodů střídače proudu s vlastní komutací, určeného pro napájení třífázových asynchronních motorů. Zapojení střídače proudu obsahuje napájecí zdroj proudu, tvořený třívlnovým transformátorem (40) a řízeným usměrňovačem (10), prvním a druhým tyristorovým můstkem (20), (30) střídače a komutačními obvody. Paralelně k střídavým vývodům prvního a druhého tyristorového můstku střídače (20, 30) je zapojen diodový usměrňovač (60), k jehož stejnosměrným vývodům je zapojen jednak přes první a druhou oddělovací diodu (55, 56) první dobíjecí kondenzátor 59 a jednak přes třetí oddělovací diodu (62) akumulací kondenzátor (61). Paralelně k prvnímu dobíjecímu kondenzátoru (59) je zapojen dobíjecí zdroj (70) stejnosměrného napětí a paralelně k akumulacímu kondenzátoru (61) je při první a druhou vyhlazovací tlumivku (64), (63) zapojen zpětný inverter (80) střídače. Vlastní komutační kondenzátor (85) zapojený v sérii s omezovací indukčností (86), má první pól spojený se společným uzlem katody a anody první a druhé překmitové diody (75, 76), jejichž opačné elektrody jsou přes první a druhou překmitovou indukčnost (77, 78) a přes čtvrtou a pátou oddělovací diodu (71, 72) spojeny s výstupními stejnosměrnými svorkami diodového usměrňovače (60). Druhý pól omezovací indukčnosti (86) komutačního kondenzátoru (85) je spojen s anodou a katodou komutačních tyristorů (83, 84), jejichž opačné elektrody jsou spojeny s čtvrtou a pátou oddělovací diodou (71, 72).



Vynález se týká zapojení střídače proudu s vlastní komutací, který je určen zejména pro napájení třífázových asynchronních motorů.

Střídače proudu s vlastní komutací se často používají pro pohony střídavých motorů. Mají proti střídačům napětí některé zřetelné výhody - zejména možnost změny toku výkonu měničem bez komplikace v zapojení silových obvodů. Střídače proudu s vlastní komutací se užívají buď s dvoustupňovou nebo třístupňovou komutací. Třístupňová komutace nabízí za cenu větší složitosti zapojení maximální nezávislosti dějů v měniči a motoru, což má velký technický i výrobně ekonomický význam.

Dosud známá zapojení střídačů proudu se stávajícími komutačními obvody však mají nespolehlivou komutaci při dynamicky náročných pohonech, zejména při těžkých rozbězích motorů.

Zároveň jsou v těchto zapojeních kladeny vysoké nároky na napěťové dimenzování hladiných tyristorů, popř. je snížena jejich bezpečnostní napěťová rezerva. Některé poruchové stavy elektroniky stávajících měničů vedou pak k napěťovému ohrožení tyristorů /nakmitávání/ a dále vedou ke kontaktnímu vybavení ochran /pojistek, jističů/.

Uvedené nevýhody řeší zapojení střídače proudu s vlastní komutací podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že stejnosměrné svorky řízeného usměrňovače jsou spojeny se stejnosměrnými svorkami prvního a druhého tyristorového můstku střídače přes první a druhou vyhlazovací indukčnost. Oba můstky jsou paralelně spojeny přes první až šestý střídačový dělicí reaktor, s paralelně zapojeným prvním až šestým dělicím odporem. Dále svorky střídavé strany prvního a druhého tyristorového můstku střídače jsou spojeny se svorkami střídavé strany diodového usměrňovače, jehož stejnosměrná svorka anodové skupiny je spojena s katodou první oddělovací diody. K ní je paralelně zapojen první odpor a její katoda je spojena s prvním pólem prvního dobíjecího kondenzátoru, paralelně spojeného s prvním vybíjecím odporem a dobíjecím zdrojem stejnosměrného napětí. Druhý pól prvního dobíjecího kondenzátoru je spojen s katodou druhé oddělovací diody, paralelně spojené s druhým odporem. Její anoda je spojena jednak se stejnosměrnou svorkou katodové skupiny diodového usměrňovače a jednak s prvním pólem akumulárního kondenzátoru, který je zároveň přes první vyhlazovací tlumivku spojen se stejnosměrnou svorkou anodové skupiny zpětného invertoru střídače. Druhý pól akumulárního kondenzátoru je jednak spojen přes třetí oddělovací diodu se stejnosměrnou svorkou anodové skupiny diodového usměrňovače a jednak přes druhou vyhlazovací tlumivku se stejnosměrnou svorkou katodové skupiny zpětného invertoru střídače, jehož svorky střídavé strany jsou spojeny s transformátorem zpětného invertoru. Stejnosměrná svorka anodové skupiny diodového usměrňovače je spojena s katodou čtvrté oddělovací diody, jejíž anoda je spojena přes první překmitovou indukčnost s anodou první překmitové diody, jejíž katoda je spojena s prvním pólem komutačního kondenzátoru. Druhý pól komutačního kondenzátoru je přes omezovací indukčnost spojen s anodou třetího komutačního tyristoru, jehož katoda je spojena s anodou čtvrté oddělovací diody. Do série s první překmitovou diodou je zapojena druhá překmitová dioda, jejíž katoda je přes druhou překmitovou indukčnost spojena s katodou páté oddělovací diody, jejíž anoda je spojena se stejnosměrnou svorkou katodové skupiny diodového usměrňovače. Katoda páté oddělovací diody je spojena s anodou čtvrtého komutačního tyristoru, jehož katoda je spojena s anodou třetího komutačního tyristoru. Paralelně k stejnosměrným svorkám prvního a druhého tyristorového můstku střídače jsou jednak zapojeny svými katodami první dvě omezovací diody, jejichž anody jsou spojeny s katodou prvního dobíjecího tyristoru, jehož anoda je spojena s anodou první překmitové diody a jednak svými anodami dvě druhé omezovací diody. Jejich katody jsou spojeny s prvním pólem paralelní kombinace druhého dobíjecího kondenzátoru a druhého vybíjecího odporu. Druhý pól je spojen s anodou druhého dobíjecího tyristoru, jehož katoda je spojena se společným uzlem katody a anody prvního komutačního tyristoru a druhého komutačního tyristoru, jejichž anoda a katoda jsou spojeny se stejnosměrnými svorkami prvního a druhého tyristorového můstku střídače. Paralelně k nim je zapojen ochranný tyristor, zapojený katodou na stejnosměrnou svorku napětí tyristorových můstků.

Zapojení střídače proudu s vlastní komutací podle vynálezu vykazuje velmi spolehlivý komutační děj i při dynamicky náročných pohonech s velmi těžkým rozběhem, kdy je do asynchronního motoru při rozběhu vnucován vysoký proud /až po proudové omezení měniče/ a požaduje se samozřejmě spolehlivá komutace tyristorů.

Zapojení umožňuje nasazení vysokoparametrových tyristorů s vysokými dynamickými vlastnostmi. Tyto tyristory mají mj. i povolenou vysokou strmost proudu di/dt . Děje při komutaci jsou tak rychlé, že měnič se v určitých směrech chová jako obvod s rozloženými parametry a proto je nutno tyto aspekty brát v úvahu v obvodovém řešení i při konstrukci měniče.

Zapojení dle vynálezu v maximální míře řeší pomocné obvody měniče tak, aby nestandardní stavy měniče /například havarijní stav měniče vyvolaný selháním elektroniky/ nevedly k destrukci tyristorů, popř. ostatních polovodičových součástek. I za cenu obvodové komplikace měniče je dosaženo toho, že naprostá většina havarijních stavů vede na uzavření proudového zdroje do zkratu a odstavení měniče. To má značný význam pro průmyslovou využitelnost vynálezu.

Silové obvody měniče dle vynálezu jsou řešeny tak, aby nedocházelo k podstatným nerovnováhám při rozdělování napětí mezi jednotlivými uzly zapojení a zemí /kostrou měniče/. To má příznivý dopad na namáhání izolací elektrických strojů, na vznik rušivých napětí a tím i na funkci měniče.

Vynález umožňuje řešit střídač proudu pro vyšší výkony s možností paralelního chodu tyristorů. Obvodově řeší optimalizaci komutačního děje při dvou tyristorech paralelně, kdy je nutno užití paralelní rozdělovací reaktory, na druhé straně je nutno chránit tyristory proti komutačním přepětím sumární diodovou ochranou.

Příklad zapojení střídače proudu s vlastní komutací podle vynálezu je na přiloženém výkresu, kde je schéma obvodu v třífázovém provedení tak, jak je nejužívanější pro napájení třífázových asynchronních motorů. S popisem obvodu bude zároveň popsána funkce zapojení.

Napájecí zdroj proudu pro střídač je tvořen řízeným usměrňovačem 1° , obsahujícím dva tyristorové můstky s tyristory 1 až 12 , které jsou z výkonových důvodů spojeny paralelně přes dělicí reaktory 13 až 18 . Vývody střídavé strany můstků jsou připojeny k napájecí síti nebo k napájecímu třívínutovému transformátoru, potom jsou střídavé svorky 4.1 , 4.2 , 4.3 napájecího bloku 4° svorkami sekundárního vinutí transformátoru. Proud je vyhlazován první a druhou vyhlazovací indukčností 19 , 20 , které jsou symetricky zapojeny mezi stejnosměrné svorky 1.1 , 2.4 a 3.4 a 1.2 , 2.5 a 3.5 řízeného usměrňovače 1° a prvního a druhého tyristorového můstku střídače 2° a 3° . První tyristorový můstek 2° střídače je tvořen tyristory 21 až 26 a druhý tyristorový můstek 3° střídače je tvořen tyristory 27 až 32 . Oba můstky střídače jsou paralelně spojeny přes první až šestý střídačový dělicí reaktor 34 , 36 , 38 , 40 , 42 , 44 s paralelně zapojeným prvním až šestým dělicím odporem 33 , 35 , 37 , 39 , 41 , 43 pro vysokofrekvenční zkrat na těchto střídačových dělicích reaktorech. Blok 5° zátěže je připojen svými vstupními svorkami 5.1 , 5.2 , 5.3 ke svorkám 2.1 , 2.2 , 2.3 a 3.1 , 3.2 , 3.3 střídavé strany prvního a druhého tyristorového můstku 2° a 3° střídače a zároveň se svorkami střídavé strany 6.1 , 6.2 , 6.3 diodového usměrňovače 6° , tvořeného diodami 45 až 50 . Stejnosměrná svorka 6.4 anodové skupiny diodového usměrňovače 6° je spojena s katodou první oddělovací diody 55 , k níž je paralelně zapojen první odpor 57 a jejíž katoda je spojena s prvním pólem prvního dobíjecího kondenzátoru 59 , který zajišťuje dobíjení komutačního kondenzátoru 85 a tvoří přepětovou ochranu tyristorů prvního a druhého tyristorového můstku 2° a 3° střídače. K prvnímu dobíjecímu kondenzátoru 59 je paralelně zapojen první vybíjecí odpor 60 a dobíjecí zdroj 7° stejnosměrného napětí, který může být tvořen například transformátorem a diodovým usměrňovačem a zajišťuje nabití prvního dobíjecího kondenzátoru 59 na dostatečné napětí před spuštěním střídače. Druhý pól prvního dobíjecího kondenzátoru 59 je spojen s katodou druhé oddělovací diody 56 , paralelně spojené s druhým odporem 58 . Anoda druhé oddělovací diody 56 je spojena jednak se stejnosměrnou svorkou 6.5 katodové skupiny diodového usměrňovače 6° a jednak s prvním pólem akumulárního

kondenzátoru 61, který akumuluje energii s indukčností bloku 5^o zátěže při komutaci a je nabíjen přes diody diodového usměrňovače 6^o. Rovnováha na akumulacním kondenzátoru 61 /jeho správné vybíjení/ je zajištěna odváděním energie pře zpětný inverter 8^o střídače, tvořený tyristory 65 až 70, který je připojen svými stejnosměrnými svorkami 8.1 a 8.2 k akumulacnímu kondenzátoru 61 přes asymetricky zapojenou druhou a první vyhlazovací tlumivku 63 a 64. Střídavá strana zpětného invertoru 8^o střídače je spojena s výstupy 9.1, 9.2, 9.3 sekundárního vinutí transformátoru 9^o zpětného invertoru, které může být tvořeno druhým sekundárním vinutím napájecího třívínutového transformátoru. Mezi stejnosměrnou svorku 6.4 anodové skupiny diodového usměrňovače 6^o a druhou vyhlazovací tlumivku 63 je zapojena třetí oddělovací dioda 62, jejíž katoda je spojena katodou čtvrté oddělovací diody 71, spojené anodou přes první překmitovou indukčnost 77 s anodou první překmitové diody 75, jejíž katoda je spojena s prvním pólem komutačního kondenzátoru 85, jehož druhý pól je přes omezovací indukčnost 86 spojen s anodou třetího komutačního tyristoru 83, jehož katoda je spojena s anodou čtvrté oddělovací diody 71. Do série s první překmitovou diodou 75 je zapojena druhá překmitová dioda 76, jejíž katoda je přes druhou překmitovou indukčnost spojena s katodou páté oddělovací diody 72, jejíž anoda je spojena se stejnosměrnou svorkou 6.5 katodové skupiny diodového usměrňovače 6^o a katoda páté oddělovací diody 72 je spojena s anodou čtvrtého komutačního tyristoru 84, jehož katoda je spojena s anodou třetího komutačního tyristoru 83. Paralelně k stejnosměrným svorkám 2.4, 3.4 a 2.5, 3.5 prvního a druhého tyristorového můstku 2^o a 3^o střídače jsou jednak zapojeny svými katodami první dvě omezovací diody 51 a 53, jejichž anody jsou spojeny s katodou prvního dobíjecího tyristoru 79, jehož anoda je spojena s anodou první překmitové diody 75 a jednak svými anodami druhé dvě omezovací diody 52 a 54, jejichž katody jsou spojeny s prvním pólem paralelní kombinace druhého dobíjecího kondenzátoru 73 a druhého vybíjecího odporu 74, jejíž druhý pól je spojen s anodou druhého dobíjecího tyristoru 80, jehož katoda je spojena se společným uzlem katody a anody prvního a druhého komutačního tyristoru 81 a 82, jejichž anoda a katoda jsou spojeny se stejnosměrnými svorkami 2.4, 3.4 a 2.5, 3.5 prvního a druhého tyristorového můstku 2^o a 3^o střídače a paralelně k nim je zapojen ochranný tyristor 87.

Vlastní komutace střídače proudu je prováděna komutačním kondenzátorem 85, který má v sérii zapojenou omezovací indukčnost 86, omezující strmost nárůstu proudu při vypínání tyristorů. Komutační kondenzátor 85 je společný pro zhasínání jak katodových, tak i anodových skupin prvního a druhého tyristorového můstku 2^o a 3^o střídače. Při zhasínání anodových skupin je komutační vypínací proudový puls veden přes třetí a první komutační tyristor 83 a 81 přes čtvrtou oddělovací diodu 71 a přes anodovou skupinu diodového usměrňovače 6^o. Včasné a spolehlivé přepřelování komutačního kondenzátoru 85 v obou polaritách a ve všech provozních stavech střídače je dosaženo první a druhou překmitovou diodou 75, 76 a první a druhou překmitovou indukčností 77, 78. Pro spolehlivou komutaci ve všech provozních stavech /například při těžkém rozběhu motorů/ je jedna polarita komutačního kondenzátoru 85 dobíjena z prvního dobíjecího kondenzátoru 59, který je stabilizován dobíjecím zdrojem 7^o stejnosměrného napětí. Dobíjení se děje jen v jedné polaritě sepnutím prvního a druhého dobíjecího tyristoru 79 a 80 a třetího komutačního tyristoru 83. Komutační kondenzátor 85 se dobíje přes omezovací indukčnost 86 a první překmitovou indukčnost 77.

V sérii s dobíjecím obvodem je spojen dobíjecí kondenzátor 73 s druhým vybíjecím odporem 74. Má za úkol odstraňovat možné havarijní stavy při špatném spínání tyristorů a dále způsobuje ztrátu dobíjecí schopnosti při vyšších frekvencích střídače, kdy již není dobíjení nutné.

Komutační přepěťové špičky na hlavních tyristorech prvního a druhého tyristorového můstku 2^o, 3^o střídače jsou odstraňovány ochranou plovoucího typu s využitím diod diodového usměrňovače 6^o, prvního dobíjecího kondenzátoru 59 a první a čtvrté omezovací diody 51 a 54. Předpětí na anodové skupině prvního a druhého tyristorového můstku 2^o a 3^o střídače je omezeno katodovou skupinou diodového usměrňovače 6^o druhou oddělovací diodou 56, prvním dobíjecím kondenzátorem 59 a první omezovací diodou 51. Předpětí katodové skupiny je analogicky omezeno čtvrtou omezovací diodou 54, prvním dobíjecím kondenzátorem 59, první oddělovací

diodou 55 a anodovou skupinou diodového usměrňovače 6⁰. První a druhý odpor 57, 58 zapojený paralelně k první a druhé oddělovací diodě 55, 56 umožňuje počáteční nabití akumulací kondenzátoru 61, které je nutné pro spolehlivou komutaci při těžkých rozbězích motorů. Druhá a třetí omezovací dioda 53 a 52 omezuje napětí na komutačním kondenzátoru 85 zejména v některých havarijních stavech /například nesepnutí hlavního tyristoru v prvním a druhém tyristorovém můstku 2⁰ a 3⁰ střídače/, tím, že svedou proud z první a druhé vyhlazovací indukčnosti 19, 20 do prvního dobíjecího kondenzátoru 59. Přepěťovou ochranou je i ochranný tyristor 87, který při podobných havarijních stavech, kdy už nestačí omezovací schopnost prvního dobíjecího kondenzátoru 59 při překročení napětí ve stejnosměrném meziobvodu /na stejnosměrných svorkách 2.4, 2.5/, sepne a zkratuje řízený usměrňovač 1⁰. Tento tyristor má tedy ochrannou přepěťovou funkci nezávislou na elektronických obvodech střídače.

První a druhá vyhlazovací indukčnost 19, 20 řízeného usměrňovače 1⁰ i první a druhá vyhlazovací tlumivka 64, 63 zpětného invertoru 8⁰ střídače jsou v příslušných obvodech zapojeny symetricky, tzn. jak v katodových, tak i v anodových skupinách tyristorů. Toto zapojení má vliv na symetrizaci potenciálu obvodu střídače proti kostře skříně a zlepšuje napěťové namáhání vinutí zátěžného motoru na střídači.

Je zřejmé, že až na nesymetrický způsob dobíjení komutačního kondenzátoru 85 (obvody druhého dobíjecího kondenzátoru 73, druhého vybíjecího odporu 74, druhého dobíjecího tyristoru 80 a prvního dobíjecího tyristoru 79), které je ve střídači pouze pomocným obvodem, je zapojení střídače (viz chéma na obr.) symetrické podle vodorovné osy a rozděluje celý střídač na horní a spodní polovinu.

Nedílnou součástí úspěšné realizace vynálezu je respektování zásad elektromagnetické kompatibility. Při konstrukci měniče dle vynálezu je nutno brát v úvahu vzájemné ovlivňování silových obvodů, parazitní induktivní a kapacitní vazby, vlastní indukčnosti vodičů atd.

Za předpokladu respektování těchto zásad je zapojení dle vynálezu určeno pro náročné pohony střídavých motorů s vysokou dynamikou, přesností a velkým frekvenčním rozsahem.

P R E D M Ě T V Y N Á L E Z U

Zapojení střídače proudu s vlastní komutací obsahující napájecí zdroj proudu, tvořený přívinuťovým transformátorem řízeným usměrňovačem, dvěma tyristorovými můstky střídače s komutačními obvody, vyznačené tím, že stejnosměrné svorky /1.1 a 1.2/ řízeného usměrňovače /1⁰/ jsou spojeny se stejnosměrnými svorkami /2.4, 3.4 a 2.5, 3.5/ prvního a druhého tyristorového můstku /2⁰ a 3⁰/ střídače přes první a druhou vyhlazovací indukčnost /19 a 20/, přičemž oba můstky jsou paralelně spojeny přes první až šestý střídačový dělicí reaktor /34, 36, 38, 40, 42, 44/ s paralelně zapojeným prvním až šestým dělicím odporem /33, 35, 37, 39, 41, 43/ a dále svorky /2.1, 2.2, 2.3 nebo 3.1, 3.2, 3.3/ střídavé strany prvního a druhého tyristorového můstku /2⁰ a 3⁰/ střídače jsou spojeny se svorkami střídavé strany /6.1, 6.2, 6.3/ diodového usměrňovače /6⁰/, jehož stejnosměrná svorka /6.4/ anodové skupiny je spojena s katodou první oddělovací diody /55/, k níž je paralelně zapojen první odpor /57/ a jejíž katoda je spojena s prvním pólem prvního dobíjecího kondenzátoru /59/, paralelně spojeného s prvním vybíjecím odporem /60/ a dobíjecím zdrojem /7⁰/ stejnosměrného napětí a druhý pól prvního dobíjecího kondenzátoru /59/ je spojen s katodou druhé oddělovací diody /56/, paralelně spojené s druhým odporem /58/, jejíž anoda je spojena jednak se stejnosměrnou svorkou /65/ katodové skupiny diodového usměrňovače /6⁰/ a jednak s prvním pólem akumulací kondenzátoru /61/, který je zároveň přes první vyhlazovací tlumivku /64/ spojen se stejnosměrnou svorkou /8.2/ anodové skupiny zpětného invertoru /8⁰/ střídače a druhý pól akumulací kondenzátoru /61/ je jednak spojen přes třetí oddělovací diodu /62/ se stejnosměrnou svorkou /6.4/ anodové skupiny diodového usměrňovače /6⁰/ a jednak

přes druhou vyhlazovací tlumivku /63/ se stejnosměrnou svorkou /8.1/ katodové skupiny zpětného invertoru /8^o/ střídače, jehož svorky /9.1, 9.2, 9.3/ střídavé strany jsou spojeny s transformátorem /9^o/ zpětného invertoru a dále stejnosměrná svorka /6.4/ anodové skupiny diodového usměrňovače /6^o/ je spojena s katodou čtvrté oddělovací diody /71/, jejíž anoda je spojena přes první překmitovou indukčnost /77/ s anodou první překmitové diody /75/, jejíž katoda je spojena s prvním pólem komutačního kondenzátoru /85/, jehož druhý pól je přes omezovací indukčnost /86/ spojen s anodou třetího komutačního tyristoru /83/, jehož katoda je spojena s anodou čtvrté oddělovací diody /71/ a do série s první překmitovou diodou /75/ je zapojena druhá překmitová dioda /76/, jejíž katoda je přes druhou překmitovou indukčnost /78/ spojena s katodou páté oddělovací diody /72/, jejíž anoda je spojena se stejnosměrnou svorkou /6.5/ katodové skupiny diodového usměrňovače /6^o/ a katoda páté oddělovací diody /72/ je spojena s anodou čtvrtého komutačního tyristoru /84/, jehož katoda je spojena s anodou třetího komutačního tyristoru /83/ a dále paralelně k stejnosměrným svorkám /2.4, 3.4 a 2.5, 3.5/ prvního a druhého tyristorového můstku /2^o a 3^o/ střídače jsou jednak zapojeny svými katodami první dvě omezovací diody /51 a 53/, jejichž anody jsou spojeny s katodou prvního dobíjecího tyristoru /79/, jehož anoda je spojena s anodou první překmitové diody /75/ a jednak svými anodami druhé dvě omezovací diody /52/ a /54/, jejichž katody jsou spojeny s prvním pólem paralelní kombinace druhého dobíjecího kondenzátoru /73/ a druhého vybíjecího odporu /74/, jejíž druhý pól je spojen s anodou druhého dobíjecího tyristoru /80/, jehož katoda je spojena se společným uzlem katody a anody prvního a druhého komutačního tyristoru /81/ a /82/, jejichž anoda a katoda jsou spojeny se stejnosměrnými svorkami /2.4, 3.4 a 2.5, 3.5/ prvního a druhého tyristorového můstku /2^o a 3^o/ střídače a paralelně k nim je zapojen ochranný tyristor /87/, zapojený katodou na stejnosměrnou svorku /2.5/ nebo /3.5/ prvního a druhého tyristorového můstku /2^o a 3^o/.

1 výkres

261758

