



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

225863

(11)

(B1)

(22) Přihlášeno 20 08 81
(21) (PV 6251-81)

(51) Int. Cl.³

H 02 M 7/00

(40) Zveřejněno 29 07 83

(45) Vydáno 15 10 85

(75)

Autor vynálezu

WINKLER JIŘÍ ing. CSc., KONDR MILAN ing., HLOUŠEK JAROSLAV, PRAHA

(54) Zapojení střídače proudu s vlastní komutací

1

Předmětem vynálezu je zapojení střídače proudu s vlastní komutací, které je výhodné pro jedno i vícemotorové pohony asynchronních a synchronních motorů, ale i jiných typů zatěžovacích impedancí.

Střídače proudu představují velmi progresivně směr ve frekvenčním řízení zejména asynchronních motorů. Novou kvalitu v koncepčním řešení střídače proudu představuje takzvaná třístupňová komutace střídače proudu, která umožňuje maximální nezávislost komutačních dějů ve střídači na poměrech zátěže. Díky třístupňové komutaci lze realizovat se stejným měničem jedno i vícemotorové pohony asynchronních motorů. U střídačů s třístupňovou komutací je důležité odvádění takzvaného akumulačního výkonu z akumulačního kondenzátoru měniče. Střídače proudu s třístupňovou komutací jsou většinou vybaveny takzvaným stejnosměrným akumulačním členem, tvořeným většinou diodovým usměrňovačem a filtračním kondenzátorem.

Akumulační výkon, který přichází do kondenzátoru z motoru přes usměrňovač je nutno odvádět pro udržení rovnováhy napětí na tomto kondenzátoru. Výkon je v praxi 5 až 20 % výkonu střídače podle zatížení a dynamických stavů motoru. Je nanejvýš žádoucí tento výkon bezdrátově odvádět a to do napájecí sítě, stejnosměrného meziobvodu, nebo do motoru. Dosavadní řešení střídačů s třístupňovou komutací řeší tento problém odváděním výkonu přes vyhlazovací indukčnost, střídač s vnější komutací a transformátor do napájecí sítě. Jiné řešení je vybíjení kondenzátoru speciálním měničem do stejnosměrného meziobvodu.

Řešení s transformátorem vyžaduje náročné a těžké indukčnosti a transformátor, řešení s měničem do stejnosměrného meziobvodu neumožňuje dobře zvládnout nárazové výkony při rychlých dynamických změnách otáček a momentu motoru.

Uvedené nedostatky odstraňuje zapojení střídače proudu s vlastní komutací dle vynálezu, jehož podstatou je, že střídač proudu připojený stejnosměrnými svorkami přes vyhlazovací indukčnost k stejnosměrným svorkám řízeného tyristorového usměrňovače, je spojen střídavými svorkami se zátěží, k níž je paralelně zapojen akumulací usměrňovač a opačně orientovaný tyristorový usměrňovač. Odpovídající stejnosměrné svorky akumulací a tyristorového usměrňovače jsou vzájemně propojeny přes první a druhou impedanci. Paralelně k stejnosměrným svorkám tyristorového usměrňovače jsou zapojeny dvě větve se sériově spojenými komutačními tyristory. Společné body prvního a druhého komutačního tyristoru a třetího a čtvrtého komutačního tyristoru v obou větvích jsou propojeny přes zdroj proudového komutačního pulsu, tvořený sériovým spojením komutační indukčnosti a komutačního kondenzátoru a dále první stejnosměrná svorka střídače proudu je přes první komutační diodu spojena se společným bodem anod prvního a čtvrtého komutačního tyristoru.

Společný bod katod druhého a třetího komutačního tyristoru je přes druhou komutační diodu spojen s druhou stejnosměrnou svorkou střídače proudu. K stejnosměrným svorkám akumulací usměrňovače je připojen akumulací kondenzátor zapojený do série s pomocným pulsním měničem. Jeho první vstupní svorka je přes první omezovací diodu spojena s první stejnosměrnou svorkou střídače proudu, jehož druhá stejnosměrná svorka je přes druhou omezovací diodu spojena s katodou oddělovací diody, zapojené anodou na první stejnosměrnou svorku tyristorového usměrňovače. Do série s oddělovací diodou je zapojen dobíjecí kondenzátor, k němuž je paralelně zapojen pomocný dobíjecí zdroj. Katoda oddělovací diody je přes sériové spojení indukčnosti a tyristoru spojena se vstupní svorkou zdroje proudového komutačního pulsu, která je spojena s jedním pólem komutačního kondenzátoru.

Zapojení střídače proudu s vlastní komutací podle vynálezu odvádí energii z akumulací kondenzátoru do motoru bezztrátově přes speciální měnič s vlastní komutací. Obvody vlastní komutace tohoto měniče jsou společné pro tento speciální měnič a pro vlastní střídač proudu. Zapojení střídače proudu s vlastní komutací podle vynálezu je na výkresu, kde na obr. 1 je schéma zapojení a na obr. 2 jsou znázorněny v náhradních schématech jednotlivé fáze komutace.

Vlastní střídač proudu 2^0 je napájen proudovým zdrojem, tvořeným řízeným tyristorovým usměrňovačem 1^0 a vyhlazovací indukčností L_1 , střídavý vstup střídače proudu 2^0 je zátěž 8^0 . Paralelně k zátěži 8^0 je zapojen akumulací usměrňovač 3^0 a opačně orientovaný tyristorový usměrňovač 4^0 . Stejnosměrné strany akumulací usměrňovače 3^0 a tyristorového usměrňovače 4^0 jsou spojeny přes impedance Z_1 , Z_2 , které jsou tvořeny odporem, indukčností nebo kombinací odporu a indukčnosti. Komutační obvod střídače proudu 2^0 je tvořen komutačními tyristory 2_1 , 2_2 , 3_1 a 3_2 , komutačními diodami 2_1 , 2_2 a zdrojem proudového komutačního pulsu 6^0 , který je tvořen sériovým spojením komutační indukčnosti L_4 a komutačního kondenzátoru C_4 . Na stejnosměrné svorky $3_{1,1}$, $3_{1,2}$ akumulací usměrňovače 3^0 je připojen akumulací kondenzátor C_1 , který má v sérii zapojen pomocný pulsní měnič 5^0 .

Tento měnič sestává z hlavního tyristoru 5_0 , komutačního LC členu L_2 , C_3 , pomocného tyristoru 5_1 a pomocných diod 7_8 a 7_7 . Dále má pomocný pulsní měnič 5^0 do série s hlavním tyristorem 5_0 zapojenou úbytkovou impedanci Z_3 pro spolehlivé vypínání tyristoru 5_0 . Pro omezení přepětí na tyristorech jsou použity omezovací diody 9_3 , 9_4 a dobíjecí kondenzátor C_2 s oddělovací diodou 9_2 . Dobíjení komutačního kondenzátoru C_4 zajišťuje tyristor 4_1 s indukčností L_3 a dobíjecím kondenzátorem C_2 . Počáteční napětí na dobíjecím kondenzátoru C_2 zajišťuje pomocný dobíjecí zdroj 7^0 , obsahující obvykle oddělovací jednofázový nebo třífázový transformátor a diodový usměrňovač. Vlastní vybíjení akumulací kondenzátoru C_1 je zajištěno šesti tyristory tyristorového usměrňovače 4^0 , jejichž funkce je popsána následovně v souvislosti s celkovou funkcí střídače.

Předpokládáme, že je nutno provést komutaci proudu z hlavního tyristoru 1_2 střídače proudu 2^0 do tyristoru 1_4 , tj. komutaci proudu z fáze T do fáze R . Proud v nekomutující fázi S se nemění. V okamžiku komutace je polarita + komutačního kondenzátoru C_4 zdroje

proudového komutačního pulsu 6^0 na svorce 6.1 . Sepnutím prvního a třetího komutačního tyristoru 21 , 31 se přivede proudový komutační puls na hlavní tyristor 12 střídače proudů. Ten se vypne přes třetí komutační tyristor 21 , impedanci 22 , diodu 72 akumulárního usměrňovače 3^0 , proti hlavnímu tyristoru 12 , přes první komutační diodu 21 a první komutační tyristor 21 zpět do svorky 6.2 zdroje proudového komutačního pulsu 6.0 . Sepnutím komutačních tyristorů 21 , 31 vypne proudový komutační puls také všechny tyristory tyristorového usměrňovače 4^0 , které vedou proud.

Cesta vypnutí tyristorů 61 , 63 , 65 tyristorového usměrňovače je přes třetí komutační tyristor 31 na katody tyristorů 61 , 63 , 65 přes diody 71 , 73 , 75 akumulárního usměrňovače 3^0 a první impedanci 21 a přes první komutační tyristor 21 zpět do svorky 6.2 zdroje proudového komutačního impulsu 6^0 . Cesta vypnutí tyristorů 64 , 66 , 62 tyristorového usměrňovače 4^0 je obdobně ze zdroje proudového komutačního pulsu 6^0 přes třetí komutační tyristor 31 , druhou impedanci 22 diody 74 , 76 a 72 na vypínané tyristory 64 , 66 , 62 a přes první komutační tyristor 21 do zdroje proudového komutačního pulsu 6^0 . Je tedy vidět, že sepnutím prvního a třetího komutačního tyristoru 21 , 31 s polaritou + na svorce 6.1 vypnou nejenom hlavní tyristory střídače proudů 2^0 , ale i všechny tyristory tyristorového usměrňovače 4^0 , které vedly proud. Po vypnutí tyristoru 12 pokračuje proud do fáze T v zátěži 8^0 přes první komutační diodu 21 , první komutační tyristor 21 , zdroj proudového komutačního pulsu 6^0 , třetí komutační tyristor 31 , druhou impedanci 22 a diodu 72 akumulárního usměrňovače 3^0 .

Komutační kondenzátor $C4$ se přebíjí proudem zátěže na opačnou polaritu. Nezávisle na proudu zátěže, tedy i při chodu naprázdno, se komutační kondenzátor $C4$ přebíjí překmitovým proudem přes komutační indukčnost $L4$, třetí komutační tyristor 31 , druhou impedanci 22 , diody 71 až 76 akumulárního usměrňovače 3^0 , první impedanci 21 a první komutační tyristor 21 . Po určité době, která je dána parametry LC kmitu se komutační kondenzátor $C4$ přebije na opačnou polaritu, polarita + na svorce 6.2 . Proud zátěže bude komutovat na obvod nového tyristoru 14 střídače proudů 2^0 a do nové fáze R . Nastává třetí stupeň komutace u střídače proudů s třístupňovou komutací, kdy ve staré fázi, fáze T , proud zaniká tím, že do staré fáze je připojen přes diody 71 a 72 akumulární kondenzátor $C1$ tak, že jeho polarita potlačuje proud ve staré fázi T .

Do nové fáze R přitéká proud ze zdroje přes nově sepnutý tyristor 14 . První a druhá impedance 21 a 22 jsou proti impedanci zdroje proudového komutačního pulsu 6^0 malé a vytvářejí úbytek na zhasínaných tyristorech. Pro zhasínání tyristoru 12 je úbytek na první impedanci 21 přiváděn na tyristor v závěrném směru a obnovuje blokovací vlastnosti tyristoru. Při zhasnutí některého tyristoru 61 , 63 , 65 tyristorového usměrňovače 4^0 je na tyto přiváděno závěrné napětí z úbytku na druhé impedanci 22 , obdobně při zhasnutí tyristorů 64 , 62 a 66 působí úbytek napětí na první impedanci 21 . Dosavadní popis funkce střídače proudů uvažoval počátek vyšetřovaného pkamžiku v době zhasnutí hlavního tyristoru 12 , tedy při sepnutí prvního a třetího komutačního tyristoru 21 , 31 .

Následek komutace proudu mezi fázemi je určitá energie, která přejde z komutujících fází T a R do akumulárního kondenzátoru $C1$, jehož napětí se zvýší o ΔU .

Pro udržení rovnováhy je nutno do následující komutace kondenzátor vybit o toto napětí ΔU . U střídače proudů dle obr. 1 je vybíjení kondenzátoru realizováno tyristory 61 až 66 tyristorového usměrňovače 4^0 . Před vypnutím hlavního tyristoru 12 se o určitý časový interval Δt dříve sepnou tyristory 64 , 65 , které přivedou mezi fáze R a T napětí akumulárního kondenzátoru $C1$ v takové polaritě, že akumulární kondenzátor $C1$, který je nyní zdrojem způsobí vzrůst proudu ve fázi R , nová fáze a zanikání proudu ve fázi T , stará fáze. Tímto způsobem se akumulární kondenzátor $C1$ vybíjí přímo do fází motoru a to bezetrátově. Navíc je toto vybíjení funkční tzn., že i při vybíjení akumulárního kondenzátoru $C1$ probíhá komutace proudu mezi fázemi T a R . Je tedy možno říci, že komutace proudu mezi fázemi začne probíhat v okamžiku sepnutí tyristorů 64 , 65 a hlavního tyristoru 50 pomocného pulsního měniče 2^0 , který je zapojen v sérii s akumulárním kondenzátorem $C1$.

Přehledně je funkce střídače proudu vidět z obr. 2. Na obr. 2a je stav před sepnutím tyristorů 64, 65. Proud přitéká přes hlavní tyristor 12 střídače proudu do fáze T, stará fáze a odtéká přes hlavní tyristor 13 střídače proudu z fáze S, nekomutující fáze. V okamžiku $\omega t = -\gamma/2$, γ = komutační úhel, viz obr. 2b, jsou sepnuty tyristory tyristorového usměrňovače 4⁰ a sice ta dvojice tyristorů, která připojí akumulaci kondenzátor C1 mezi starou a novou fází tak, že ve staré fázi proud zaniká a v nové fázi proud vzniká. Komutace proudu ve fázích začíná tedy ještě před vypnutím hlavního tyristoru 12 střídače proudu a zároveň vznikající proud fáze R vybíjí akumulaci kondenzátor C1. Před vlastní komutací hlavního tyristoru 12, tedy před sepnutím prvního a třetího komutačního tyristoru 21, 31, je nutno vypnout hlavní tyristor 50 pomocného pulsního měniče 5⁰, který je zapojen v sérii s tyristory 64, 65.

To se stane cca 100 až 200 μ s před sepnutím prvního a třetího komutačního tyristoru 21, 31 tím, že sepneme pomocný tyristor 51 pomocného pulsního měniče 5⁰. Nastává překmit kondenzátoru C3 přes pomocný hlavní tyristor 51, 50 a indukčnost L2 na opačnou polaritu a posléze zpětný překmit kondenzátoru C3 přes první pomocnou diodu 77, úbytkovou impedanci Z3 a drhou pomocnou diodu 78. Tento zpětný překmit zhasne hlavní tyristor 50. Pomocný pulsní měnič 5⁰ vypíná tyristor 50 ještě před komutací v okamžiku $t = 0$. Pomocný pulsní měnič se používá proto, aby při sepnutí prvního a třetího komutačního tyristoru 21, 31 se proudový komutační impuls zdroje 6⁰ neuzavřel přes cestu tvořenou: svorkou 6.1, prvky 31, Z2, Z3, 50, C1, Z1, Z1 a svorkou 6.2.

Došlo by k zvyšování napětí, tzv. nakmitávání, na komutačním kondenzátoru C4 a posléze by mohlo dojít k napěťovému průrazu. Těsně po dokončení vypnutí hlavního tyristoru 50 jsou sepnuty první a třetí komutační tyristor 21, 31. Tento okamžik v souladu s běžnou praxí volíme jako okamžik $t = 0$. Stav po vypnutí hlavního tyristoru 12 střídače proudu je vidět na obr. 2c. Proud protéká starou fází T a novou fází R tak, že zhruba polovina komutace je mezi fázemi již ukončena tzn., že ve staré fázi T teče pouze poloviční proud a novou fází R již protéká poloviční proud I_d . Po vypnutí hlavního tyristoru 12 střídače proudu se proud ze zdroje uzavírá přes komutační obvod tvořený prvky: 21, 21, C4, L4, Z2 a větví se přes diody 72, 74 akumulaci kondenzátoru 3⁰ do fází T a R. Proud opět odtéká z fáze S, nekomutující, přes hlavní tyristor 13 střídače proudu.

Současně v intervalu 0 až t_1 nastává překmit komutačního kondenzátoru C4 přes komutační indukčnost L4 a dále prvky 31, Z2, diody akumulaci kondenzátoru 3⁰, Z1, Z1 zpět do komutačního kondenzátoru C4. Doba t_1 daná parametry prvků L4, C4 se pohybuje kolem 100 až 200 μ s v souladu s dobou vypnutí tyristorů střídače proudu 2⁰ a tyristorového usměrňovače 4⁰. Po dokončení překmitu a přepólování kom. kondenzátoru C4 je sepnut nový hl. tyristor 14, který přivádí proud do nové fáze R, obr. 2d.

V tomto okamžiku má stará fáze T proud přibližně rovný $I_d/2$ a novou fází R již protéká také proud $I_d/2$. Na obr. 2d je vidět, že hlavním tyristorem 14 přitéká proud I_d do nové fáze R a přes diody 71, 72, 77 a akumulaci kondenzátor C1 přitéká proud do staré fáze T. Za dobu $\gamma/2$ dozní proud ve staré fázi T a v nové fázi R naroste na hodnotu I_d .

Z popisu funkce střídače proudu při komutaci proudu z fáze T na R je zřejmé, že vybíjení akumulaci kondenzátoru C1 a jeho nabíjení je symetrický děj před a po komutaci hlavních tyristorů, který zajistí rovnováhu napětí na kondenzátoru. Přitom se vybíjení i nabíjení akumulaci kondenzátoru C1 děje při komutaci proudu mezi výstupními fázemi.

U střídače proudu jsou nebezpečné přepěťové stavy. Pro omezení přepětí na komutačních tyristorech 21, 22, 31, 32, 41 a 51 slouží přepěťové ochrany např. varistory nebo RC členy. Pro omezení přepětí na hlavních tyristorech střídače proudu 2⁰ slouží omezovací diody 23, 24, které spolupracují s diodami akumulaci kondenzátoru 3⁰ a s akumulaci kondenzátorem C1 a dobíjecím kondenzátorem C2. Např. při vypnutí hlavního tyristoru 12 střída-

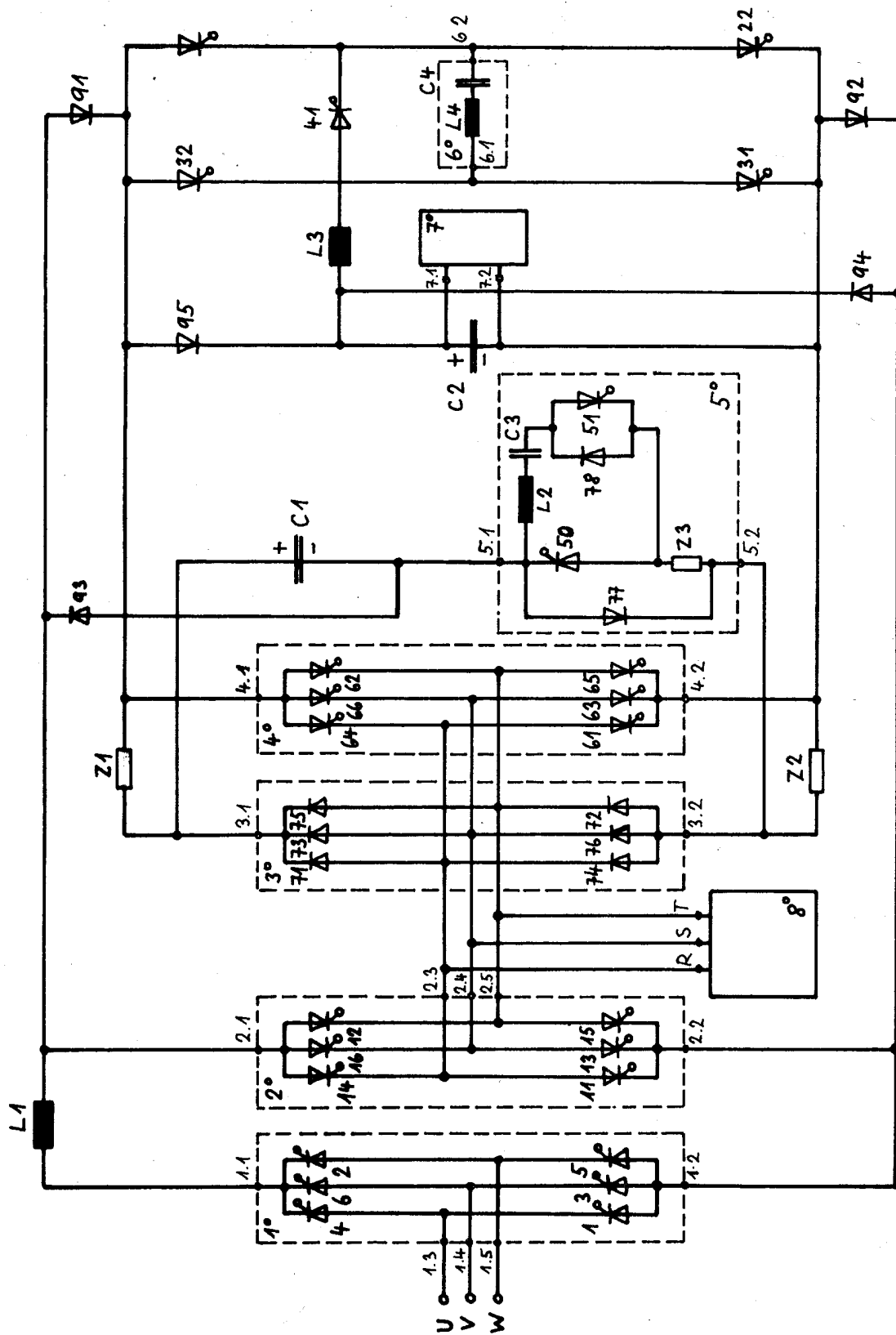
že se přepětí na něm omezí přes diodu 75 akumulací kondenzátor C1 a první omezovací diodu 93 na úroveň akumulací kondenzátoru C1.

K dobíjecímu kondenzátoru C2 je paralelně připojen pomocný dobíjecí zdroj 7⁰, takže i při nízkých otáčkách nebo chodu naprázdno má dobíjecí kondenzátor C2 napětí. Přes tyristor 41 a indukčnost L3 je toto napětí přiveďeno na komutační kondenzátor C4. Obvod se dále uzavírá přes komutační indukčnost L4 a třetí komutační tyristor 31 do svorky dobíjecího kondenzátoru C2. Tím je dosažena dostatečná komutační schopnost střídače i při nízkých otáčkách motoru a velkých záběrových prouděch. Oddělovací dioda 95 odděluje napětové úrovně akumulací kondenzátoru C1 a dobíjecího kondenzátoru C2, zejména při malých otáčkách, kdy napětí na dobíjecím kondenzátoru C2 je vyšší než na akumulacím kondenzátoru C1. Vyrovnávání napětí obou kondenzátorů by mělo za následek vysoké výkonové zatížení pomocného dobíjecího zdroje 7⁰.

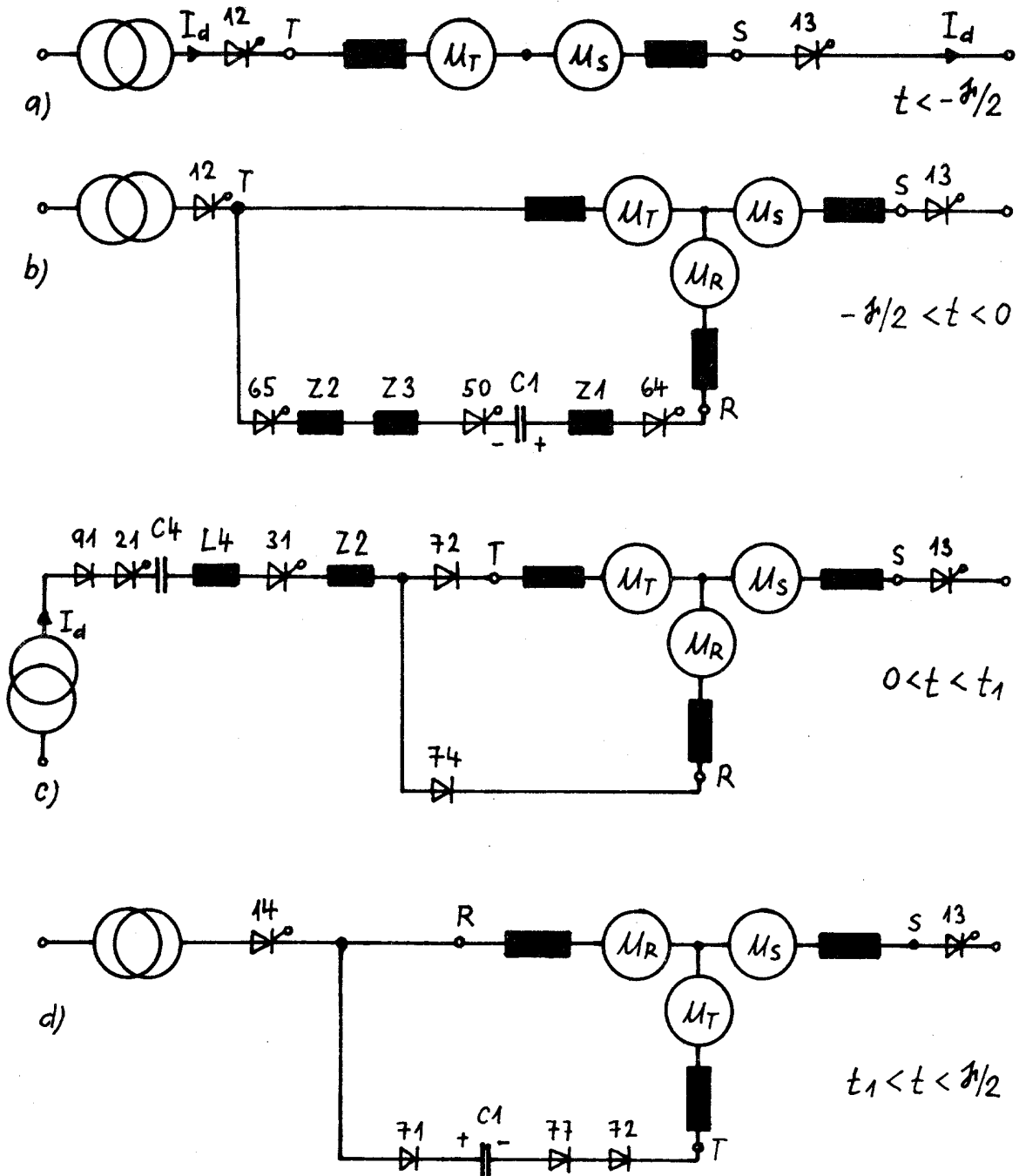
P R E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Zapojení střídače proudu s vlastní komutací napájené ze zdroje proudu, který je tvořen řízeným tyristorovým usměrňovačem a vyhlazovací indukčností a které obsahuje akumulací usměrňovač, střídač, tyristorový usměrňovač, pomocný pulsní měnič a zdroj proudového komutačního pulsu, vyznačené tím, že střídač proudu (2⁰) připojený stejnosměrnými svorkami (2.1, 2.2) přes vyhlazovací indukčnost (L1) k stejnosměrným svorkám (1.1, 1.2) řízeného tyristorového usměrňovače (1⁰), je spojen střídavými svorkami (2.3, 2.4, 2.5) se zátěží (8⁰), k níž je paralelně zapojen akumulací usměrňovač (3⁰) a opačně orientovaný tyristorový usměrňovač (4⁰), přičemž odpovídající stejnosměrné svorky (3.1), (4.1) a (3.2), (4.2) akumulacího a tyristorového usměrňovače (3⁰) a (4⁰) jsou vzájemně propojeny přes první a druhou impedanci (Z1) a (Z2) a paralelně k stejnosměrným svorkám (4.1), (4.2) tyristorového usměrňovače (4⁰) jsou zapojeny dvě větve se sériově spojenými komutačními tyristory (21, 22) a (31, 32), přičemž společné body prvního a druhého komutačního tyristoru (21), (22) a třetího a čtvrtého komutačního tyristoru (31) a (32) v obou větvích jsou propojeny přes zdroj (6⁰) proudového komutačního pulsu, tvořený sériovým spojením komutační indukčnosti (L4) a komutačního kondenzátoru (C4) a dále první stejnosměrná svorka (2.1) střídače proudu (2⁰) je přes první komutační diodu (91) spojena se společným bodem anod prvního a čtvrtého komutačního tyristoru (21) a (32) a společný bod katod druhého a třetího komutačního tyristoru (22) a (31) je přes druhou komutační diodu (92) spojen s druhou stejnosměrnou svorkou (2.2) střídače proudu (2⁰), přičemž k stejnosměrným svorkám (3.1, 3.2) akumulacího usměrňovače (3⁰) je připojen akumulací kondenzátor (C1), zapojený do série s pomocným pulsním měničem (5⁰), jehož první vstupní svorka (5.1) je přes první omezovací diodu (93) spojena s první stejnosměrnou svorkou (2.1) střídače proudu (2⁰), jehož druhá stejnosměrná svorka (2.2) je přes druhou omezovací diodu (94) spojena s katodou oddělovací diody (95), zapojené anodou na první stejnosměrnou svorku (4.1) tyristorového usměrňovače (4⁰), přičemž do série s oddělovací diodou (95) je zapojen dobíjecí kondenzátor (C2) k němuž je paralelně zapojen pomocný dobíjecí zdroj (7⁰) a dále katoda oddělovací diody (95) je přes sériové spojení indukčnosti (L3) a tyristoru (41) spojena se vstupní svorkou (6.2) zdroje proudového komutačního pulsu (6⁰), která je spojena s jedním pólem komutačního kondenzátoru (C4).

2. Zapojení střídače proudu s vlastní komutací podle bodu 1, vyznačené tím, že pomocný pulsní měnič (5⁰), je tvořen hlavním tyristorem (50), jehož katoda je spojena s první svorkou (5.1) a jehož anoda je přes úbytkovou impedanci (Z3) spojena s druhou svorkou (5.2) pomocného pulsního měniče (5⁰), přičemž paralelně k hlavnímu tyristoru (50) je zapojen obvod sestávající ze sériového spojení indukčnosti (L2), kondenzátoru (C2) a antiparalelní kombinace pomocného tyristoru (51) a první pomocné diody (78), a dále antiparalelně k hlavnímu tyristoru (50) a úbytkové impedanci (Z3) je zapojena druhá pomocná dioda (77).



obr 1



obr. 2