



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

198 698

(11) (B1)

(61)
(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 20 04 78
(21) PV 2533 - 78

(51) Int. Cl.³ H 02 P 5/40

(40) Zveřejněno 17 09 79
(45) Vydáno 01 12 82

(75)
Autor vynálezu BOHATA SVATOPLUK ing., BRNO

(54) Zapojení pro řízení otáček třífázových asynchronních motorů s kotvou nakrátko

1

Vynález se týká zapojení pro řízení otáček třífázových asynchronních motorů s kotvou nakrátko s použitím třífázového převodového transformátoru. Je známo, že jednoduchost a spolehlivost třífázových motorů s kotvou nakrátko umožnila jejich velké rozšíření všude tam, kde nebylo nutno řídit jejich otáčky. Řízení jejich otáček, které musí být u těchto motorů prováděno nastavením napájecího kmitočtu, umožnil až rozvoj polovodičové techniky. K tomuto účelu je vyvinuta řada dokonalých i méně dokonalých napáječů, většinou s tyristorovými spínači. Jeden ze způsobů je zařízení nazývané nezávislý měnič, který pracuje tak, že třífázové napětí je usměrněno tyristorovým usměrňovačem a toto stejnosměrné napětí je převáděno třífázovým tyristorovým střídačem na nový žádaný kmitočet s napětím odpovídajícím požadovaným otáčkám motoru. Tato zařízení jsou však velmi drahá, i když v dokonalých verzích umožňují velmi přesnou regulaci a dovolují zvyšovat otáčky motoru nad synchronní otáčky se sítí.

Dalším typem napáječů jsou cyklokonvertory. Tato zařízení vytváří žádaný nový napájecí kmitočet motoru tyristorovými spínači přímo z třífázového napětí sítě 50 Hz bez meziusměrnění. U dosud známých zapojení se to provádí tak, že z třífázové sítě se přes tyristorové skupiny pouští do vinutí motoru vždy určitý počet půlvln kladných a pak záporných ze sítě, čímž se vytváří nové, přibližně obdélníkové napětí s kladnou nebo zápornou polaritou. Tyristorové skupiny jsou pak jednotlivě řízeny tak, aby do vinutí motoru měla tato nově tvořená napětí vzájemný posuv opět o 120°. Ve složitější verzi jsou ještě tyristory každé

198 898

skupiny vzájemně fázově zpožděně spínány, čímž se dosahuje současně i řízení výstupního napětí. Takovéto cyklokonvertory mívají pak 18 až 36 tyristorů. Složitější verze, se současnou regulací výstupního napětí musí mít pro každý tyristor samostatný řídící obvod a příslušně složité i další ovládací obvody. Jednodušší verze bez zpožděného řízení dává na výstupu napětí o amplitudě odpovídající amplitudě napájecího síťového napětí. To znamená, že toto zapojení dovoluje regulaci otáček motoru jen v poměrně malých mezích, neboť snížením kmitočtu dochází k příslušnému zvětšení efektivního proudu v jednotlivých vinutích motoru a tedy k jeho přetížení. Navíc oba typy uvedených cyklokonvertorů jsou používány pro získání kmitočtů značně nižších, než je kmitočet sítě. Dokonalé nezávislé měniče i dokonalé fázově řízené konvertory umožňují vytvoření pohonu s třífázovými asynchronními motory. Jejich vlastnosti se blíží výhodným vlastnostem pohonů se stejnosměrnými motory. Jejich nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady, které zabraňují jejich širšímu využití. V průmyslové praxi se aplikuje řada pohonů, u nichž se nevyžaduje extrémních vlastností, například konstantního zařízení, otáček či momentu motoru, ale sám charakter spotřebiče umožňuje nároky na jejich kvalitu snížit. Jsou to například ventilátory, čerpadla, turbokompresory a další spotřebiče. Tyto spotřebiče často vyžadují při provozu snížení obrátek, co možná jednoduchými prostředky. Tyto předpoklady dosavadní známá zapojení nemají a jak bylo již shora uvedeno realizují se s poměrně značnými náklady.

Tyto dosavadní nevýhody odstraňuje zapojení pro řízení otáček třífázových motorů s kotvou nakrátko s použitím třífázového převodového transformátoru se třemi sekundárními vinutími se středními vývody. Podstatou zapojení je, že středové vývody tří sekundárních vinutí třífázového transformátoru jsou spojeny přes tři vinutí třífázového motoru se středovými vývody tří lineárních tlumivek, z nichž každá je spojena koncovými vývody přes dva páry střídavě v protisměru zapojenými tyristory s koncovými vývody sekundárních vinutí třífázového transformátoru, zatím co řídící elektrody tyristorů jsou spojeny s jednotlivými výstupy řídícího systému.

Řídící systém je vstupní svorkou spojen jednak přes volič nastavení s prvními vstupy šesti převodníků napětí - čas a jednak přes převodník napětí - kmitočet, dělič kmitočtu šesti opatřený vstupní svorkou pro reverzaci směru dělení, s dokodérem spojeným jednak prvními třemi výstupy s první trojicí součinnových hradel a s druhými vstupy druhé trojice převodníků napětí - čas a jednak druhými třemi výstupy s druhou trojicí součinnových hradel a s druhými vstupy první trojice převodníků napětí - čas, přičemž druhé vstupy všech šesti součinnových hradel jsou spojeny s výstupy po sobě následných převodníků napětí - čas, zatímco výstupy všech součinnových hradel jsou spojeny se vstupy po sobě následných řídících obvodů, jejichž výstupy jsou spojeny tak, že první řídící obvod je spojen s řídící elektrodou prvního a druhého tyristoru, druhý řídící obvod s řídící elektrodou jedenáctého a dvanáctého tyristoru, třetí řídící obvod pátého a šestého tyristoru, čtvrtý řídící obvod s řídící elektrodou třetího a čtvrtého tyristoru, pátý řídící obvod s řídící elektrodou devátého a desátého tyristoru, šestý řídící obvod s řídící elektrodou sedmého a osmého tyristoru.

Hlavní předností předloženého zapojení je, že tvoří přímý tyristorový měnič kmitočtu,

který umožňuje poměrně jednoduchými prostředky získat napájecí kmitočet s plynulou volbou kmitočtu od kmitočtu sítě směrem dolů. Zapojení vytváří napětí, blížíící se nesinusovému tvaru a současně dosahuje průběh nesinusových proudů ve vinutí motoru při zachování sledu fází posunutých o 120° .

Vynález blíže objasní přiložený výkres, kde na obr. 1 je uvedeno zapojení třífázového motoru s kotvou nakrátko přes třífázový transformátor, tyristory a ochranné tlumivky s řídicím systémem, na obr. 2 je uvedeno zapojení, řídicího systému a na obr. 3 grafické znázornění průběhu napětí.

Pro přehlednost zapojení je na obr. 1 třífázový motor s kotvou nakrátko naznačen jen třemi vinutími 16, 17, 18. Třífázový transformátor 20 má tři primární vinutí 21, 22, 23 s fázovým označením přívodů RST. Tři sekundární vinutí 24, 25, 26 jsou koncovými vývody spojeny vždy se dvěma páry střídavě v protisměru zapojenými tyristory 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, z nichž každý pár je připojen na jeden z vývodů každé ze tří lineárních tlumivky 13, 14, 15. Střední vývody tří tlumivek 13, 14, 15 jsou spojeny přes tři vinutí 16, 17, 18 třífázového motoru se třemi středními vývody sekundárních vinutí 24, 25, 26 třífázového transformátoru 20. Řídicí elektrody tyristorů 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 jsou spojeny každá se samostatným výstupem řídicího systému 19.

Příklad praktického provedení řídicího systému 19 je patrný z obr. 2. Hlavní spojovací článek tvoří dekodér 65, jehož vstup je spojen se vstupní svorkou 61 řídicího signálu přes převodník 62 napětí - kmitočet a dělič kmitočtu 63 šesti doplněný svorkou 64 vstupu pro reverzaci směru dělení. Vstupní svorka 61 je ještě spojena přes volič 67 nastavení s prvními vstupy šesti převodníků 31, 32, 33, 34, 35, 36 napětí - čas. První tři výstupy dekodéru 65 jsou spojeny s prvními výstupy první trojice součinnových hradel 41, 42, 43 a s druhými vstupy druhé trojice převodníků 34, 35, 36 napětí - čas. Druhé tři výstupy dekodéru 65 jsou spojeny se druhou trojicí součinnových hradel 44, 45, 46 a s druhými vstupy první trojice převodníků 31, 32, 33 napětí - čas. Druhé vstupy všech šesti součinnových hradel 41, 42, 43, 44, 45, 46 jsou spojeny s výstupy po sobě následujících převodníků 31, 32, 33, 34, 35, 36 napětí - čas. Výstupy šesti součinnových hradel 41, 42, 43, 44, 45, 46 jsou spojeny se vstupy po sobě následných řídicích obvodů 51, 52, 53, 54, 55, 56, přičemž jejich výstupy nejsou zapojeny za sebou v řadě. První řídicí obvod 51 je spojen s řídicí elektrodou prvního a druhého tyristoru 1 a 2. Druhý řídicí obvod 52 je spojen s řídicí elektrodou jedenáctého a dvanáctého tyristoru 11, 12. Třetí řídicí obvod 53 je spojen s řídicí elektrodou pátého a šestého tyristoru 5 a 6. Čtvrtý řídicí obvod 54 je spojen s řídicí elektrodou třetího a čtvrtého tyristoru 3 a 4. Pátý řídicí obvod 55 je spojen s řídicí elektrodou devátého a desátého tyristoru 9 a 10. Šestý řídicí obvod 56 s řídicí elektrodou sedmého a osmého tyristoru 7 a 8.

Pro objasnění funkční podstaty vynálezu je připojen grafický diagram napěťových průběhů pro kmitočet 25 Hz na obr. 3. Na prvním řádku shora jsou naznačeny průběhy síťového napětí na vstupních svorkách třífázového transformátoru ve vstupních fázích R S T. Na druhém řádku vstupní fáze R převedená na výstupní fázi X. Na třetím řádku vstupní fáze S převedená na

198 898

výstupní fázi Y na čtvrtém řádku vstupní fáze T převedená na výstupní fázi Z. Princip spočívá v tom, že původní síťový kmitočet, jež v třífázovém zapojení vstupních fází RST tvoří točivé pole 50 Hz a jež při napájení dvojčinného třífázového transformátoru 20 umožňuje získání napětí ještě i o 180° posunutých, je připínáno tyristory 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 v začátcích period nového, nižšího kmitočtu bez ohledu na okamžitou velikost, přičemž jsou vždy vybrány polarities síťového napětí odpovídající požadované okamžité polaritě nového kmitočtu, který má svoje výstupní fázová napětí XYZ opět vzájemně posunuta o 120° , přičemž efektivní proudy v jednotlivých, samostatně napájených vinutích 16, 17, 18 motoru jsou omezovány jednak lineárními tlumivkami 13, 14, 15 v těchto obvodech a jednak délkou trvání proudu - proudového impulsu složeného z jednotlivých půlperiod částečných i celých původního napájecího síťového kmitočtu.

Funkce zapojení třífázového motoru s řídícím systémem pracuje za provozu takto. Zdrojem řídícího kmitočtu je převodník 62 napětí - kmitočet, jež při extrému řídícího stejnosměrného napětí na vstupu dává kmitočet 6-ti násobně větší než je kmitočet sítě. Při menších napětích pak dává kmitočet úměrně nižší. Výstupní kmitočet z převodníku 62 napětí - kmitočet je pak dělen děličem kmitočtu 63 šesti, jež může být vybaven i vstupem 64 pro reverzaci směru dělení. Po dekodování dekodérem 65 se získají postupně se opakující záporné řídící impulsy na jeho výstupech. Tyto impulsy jsou přivedeny na druhé vstupy součinných hradel 41, 42, 43, 44, 45, 46 jako sled šesti po sobě jdoucích impulsů v intervalech $1/6$ nového kmitočtu, takže na jednotlivých vstupech následují po sobě impulsy s kmitočtem $1/6$ kmitočtu převodníku 62 napětí - kmitočet. Se zpožděním třech impulsů výstupů z dekodéru jsou přivedeny k prvním vstupům součinných hradel přes k nim příslušné převodníky 31, 32, 33, 34, 35, 36 napětí - čas, které spouštěné zápornou hranou impulsů z dekodérů 65 dávají vždy impuls o délce přímo úměrné velikosti řídícího stejnosměrného napětí na řídící vstupní svorce 61 upraveného voličem nastavení 67 pro nastavení velikosti kroutícího momentu motoru. Délky impulsů těchto převodníků 31, 32, 33, 34, 35, 36, napětí - čas určuje u všech společně a souhlasně napětí přivedené na jejich ovládací vstupy. Jejich nejkratší časový impuls je při nejvyšším kmitočtu převodníku 62 napětí - kmitočet a je to impuls délky $1/6$ kmitočtu. Při nastavení nejnižšího řídícího vstupního stejnosměrného napětí a nastavení nejmenší vlivnosti voliče nastavení 67 jsou pak generované impulsy těchto převodníků 31, 32, 33, 34, 35, 36 souhlasně nastaveny tak, aby doba trvání jejich impulsu nepřesáhla poloviční dobu nového kmitočtu - tedy třech impulsů z dekodéru 65 s odečtením doby trvání půlperiody síťového kmitočtu, což při síťovém kmitočtu 50 Hz je 10 milisekund. Tím je zajištěno, že nebude přes tyristory 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 připojena poslední půlperioda síťového napětí, která by mohla přejít přes žádanou nulovou hodnotu nového kmitočtu, ve které již příslušný tyristor je zapalován a který přivádí do příslušného vinutí napětí s opačnou polaritou, tím nemůže dojít ke zkratovým obvodovým proudům. Aby tato podmínka byla zvláště u nižších kmitočtů zajištěna, je na součinných hradlech 41, 42, 43, 44, 45, 46 prováděn logický součin, který zajistí, že i po případném prodloužení impulsu z převodníku 31, 32, 33, 34, 35, 36 napětí - čas impulsu z dekodéru 65 zpožděný o tři impulsy zablokuje součinné hradlo a vliv prodlouženého impulsu a eliminuje. Na výstupech součinných hradel 41, 42, 43, 44, 45, 46 se tedy

postupně objevují záporné impulsy v rytmu nového kmitočtu, jejichž délka je podle nastavení napětí na převodnicích 31, 32, 33, 34, 35, 36 napětí - čas maximálně taková, že nemůže přesáhnout délku trvání jedné půlperiody nového kmitočtu s odečtením doby trvání půlperiody síťového napětí, tj. 10 milisekund. Výstupní impulsy součinnových hradel 41, 42, 43, 44, 45, 46 pak přímo ovládají připojené řídicí obvody 51, 52, 53, 54, 55, 56 jež po dobu otevření impulsu z příslušného součinnového hradla na úrovni "L" generují stálou řadu opakujících se zapalovacích impulsů s poměrně vysokým vlastním kmitočtem několika kHz do řídicích elektrod výkonových tyristorů 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 a to vždy současně do dvou. Přitom výběr, který z dvojice tyristorů se má otevřít určuje ještě okamžitá polarita napájecího síťového napětí na sekundárních vinutích napájecího transformátoru 19. Řídicí obvody 51, 52, 53, 54, 55, 56 pak spínají výkonové tyristory 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, jak patrně z obr. 3, takže jde do prvního vinutí 16 motoru kladná polarita napětí sítě jako výstupní fáze X, v dalším kroku do třetího vinutí 18 motoru záporná polarita ze sítě jako výstupní fáze Z, dále do druhého vinutí 17 motoru kladná polarita ze sítě jako výstupní fáze Y a opět do prvního vinutí 16 motoru záporná polarita ze sítě jako výstupní fáze X, dále do třetího vinutí 18 kladná polarita ze sítě jako výstupní fáze Z a nakonec do druhého vinutí 17 záporná polarita sítě Y a stále dokola. V případě, že je na vstupní svorce 64 pro reverzaci směru k dělení čítače změněný směr, vymění se i smysl postupných kroků opačným směrem. Což znamená změnu smyslu otáčení poháněného motoru.

Je zřejmé, že při snížení kmitočtu motor se vyžaduje rovněž snížení napájecí napětí, aby nebyla jednotlivá vinutí motoru přílišnými proudy přetížena. Toto omezení proudů z částečně provádí omezovací lineární tlumivky 13, 14, 15. Další omezení je pak provedeno nastavením ovlivňovacího momentu, jímž se nastaví poměr ovlivňování řídicích vstupů převodníků 31, 32, 33, 34, 35, 36 napětí - čas řídicím vstupním stejnosměrným napětím na vstupní svorce 61. Nastavením malé vlivnosti pak zůstává i při snižování řídicího napětí, aby se určuje nový kmitočet sledu kroků na výstupech řídicích obvodů 51, 52, 53, 54, 55, 56, zůstává řídicí napětí na převodnicích 31, 32, 33, 34, 35, 36 stále vysoké a tyto generují krátké impulsy. V této délce jsou pak generovány i impulsy z řídicích obvodů 51, 52, 53, 54, 55, 56 a tedy i příslušné tyristory 1 až 12 jsou spínány s vinutím 16, 17, 18 motoru i odpovídající krátkou dobu. Motor se takto nepřetíží, i když jeho činnost pak spíše odpovídá činnosti krokového motoru. Není však nadměrnými efektivními proudy přetěžována. Je-li třeba zvednout krouticí moment motoru v nižších otáčkách, přestaví se volič 67 nastavení velikosti krouticího momentu až tak, že současně zůstávají řídicí impulsy u jednotlivých kroků tak dlouhé, že výkonové tyristory připojují v příslušných polaritách síťového napětí celou půlperiodu nové frekvence jednotlivé cívky motoru k síti. A v tomto režimu je motor zřejmě přetížen, což však může být při některých aplikacích žádoucí a nemusí být na vadu, trvá-li jen krátce. Takový stav je výhodný například při rozběhu zařízení s velkým setrvačným momentem nebo s velkým momentem setrvačnosti. To například při pohonu pístových motorů.

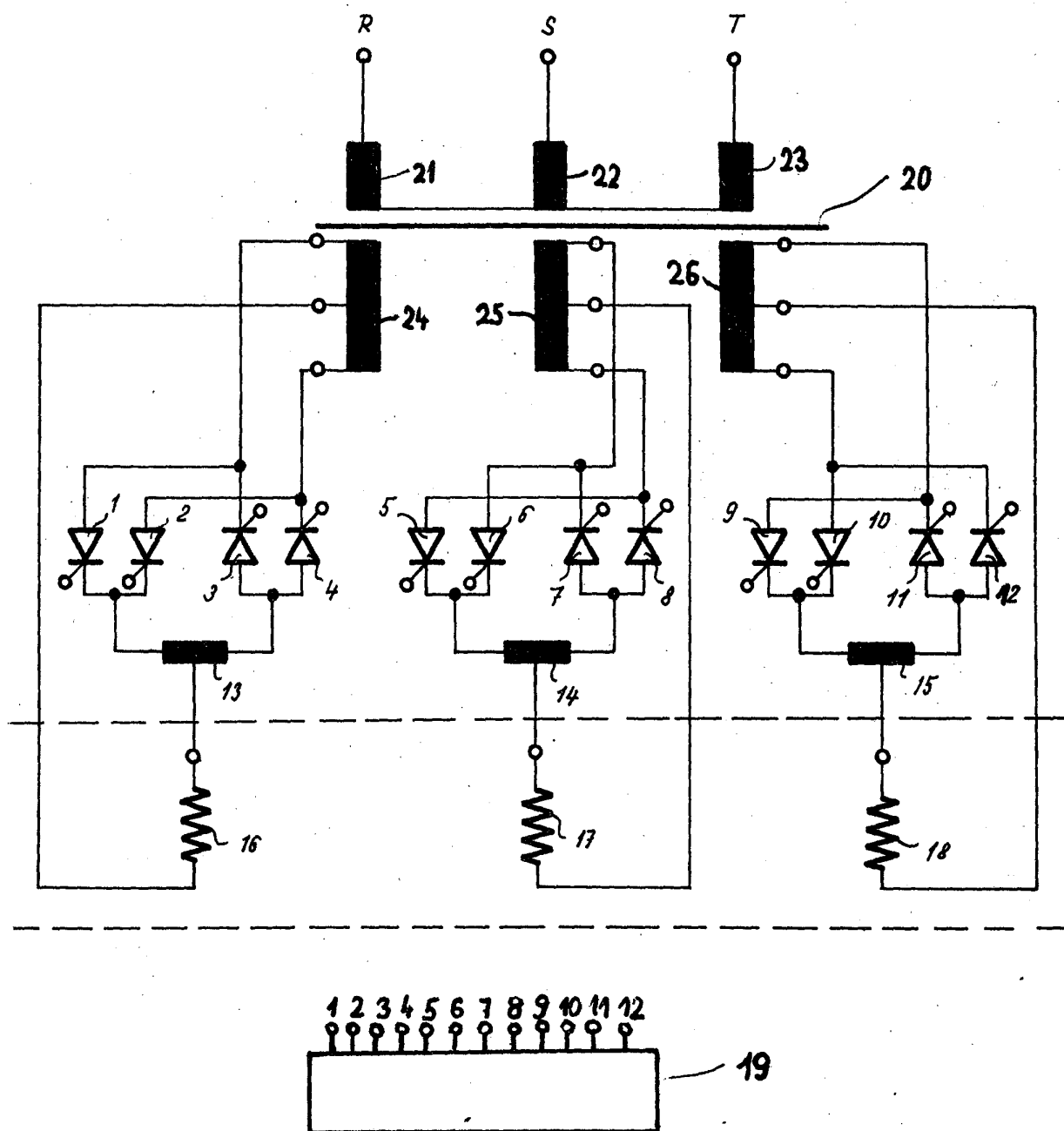
Z příkladného zapojení je zřejmé, že nový způsob řízení otáček třífázových asynchronních

198 898

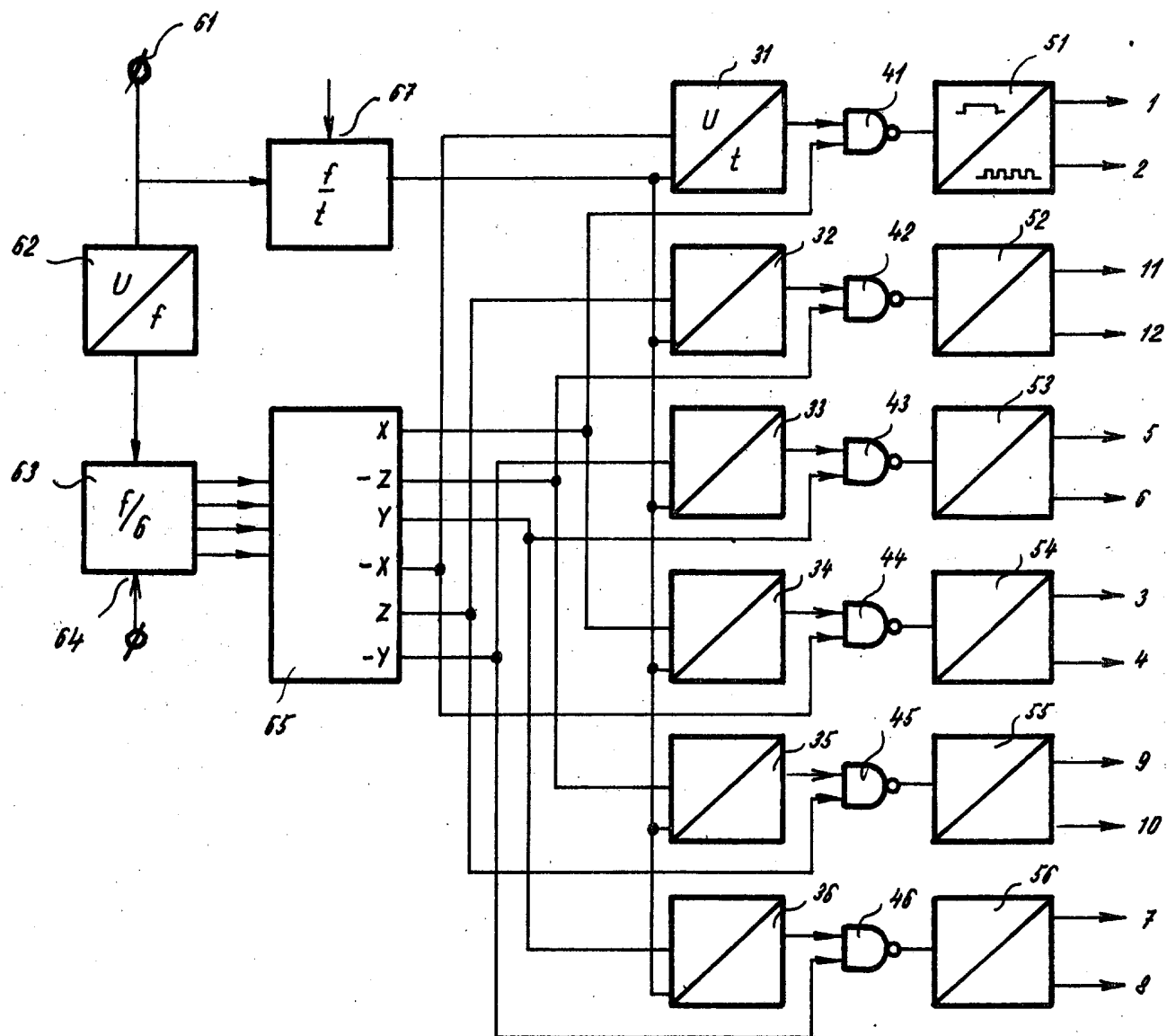
motorů je poměrně vůči jiným zapojením jednoduchý, neboť ke komutaci výkonových tyristorů je využíváno napětí sítě a proti známým cyklokonvertorům má ještě možnost regulovat otáčky motoru od synchronních otáček se sítí směrem dolů.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

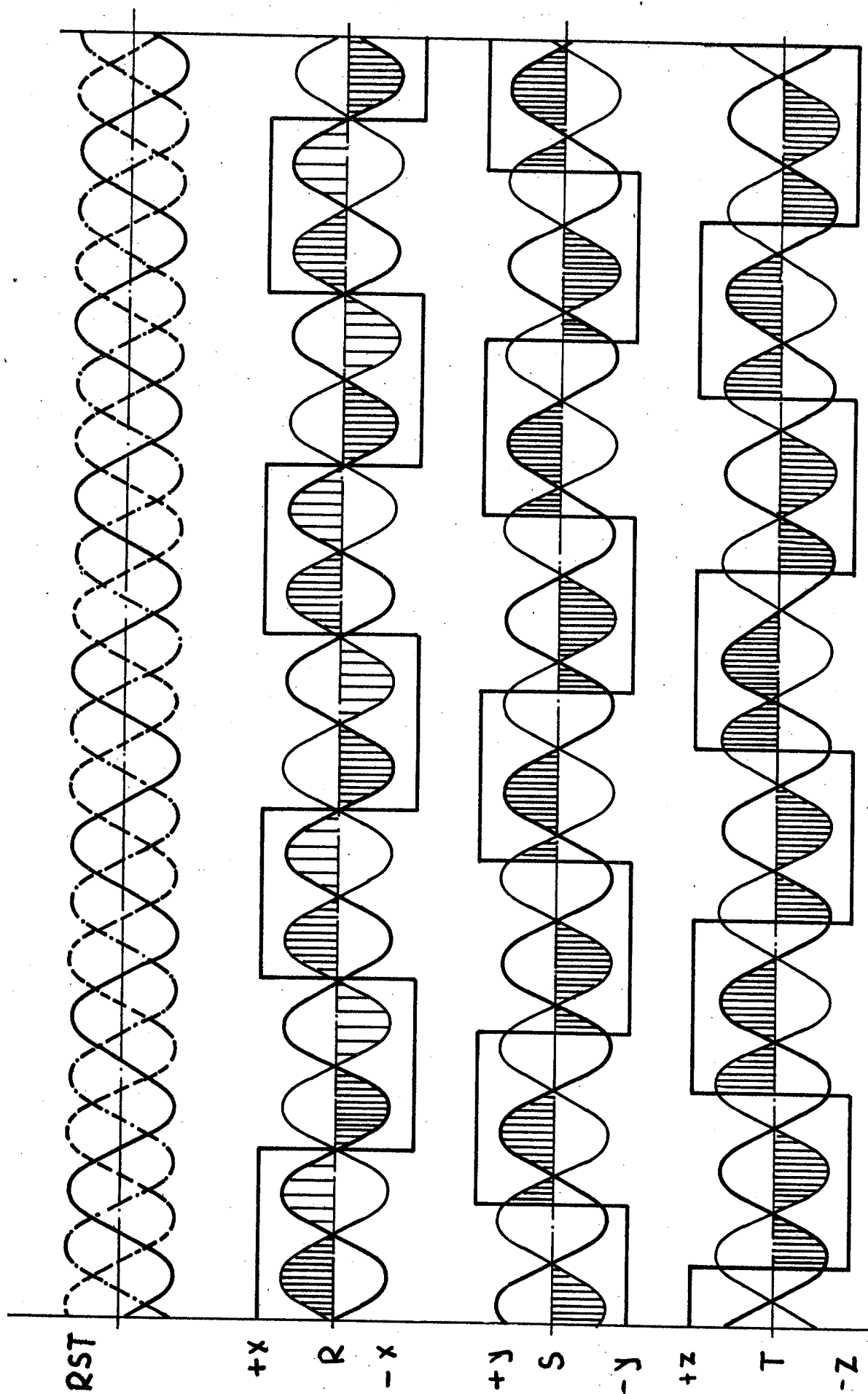
1. Zapojení pro řízení otáček třífázových asynchronních motorů s kotvou nakrátko s použitím třífázového převodového transformátoru se třemi sekundárními vinutími se středovými vývody, vyznačené tím, že středové vývody tří sekundárních vinutí (24, 25, 26) třífázového transformátoru (20) jsou spojeny přes vinutí (16, 17, 18) třífázového motoru se středovými vývody tří lineárních tlumivek (13, 14, 15) z nichž každá je spojena koncovými vývody přes dva páry střídavě v protisměru zapojenými tyristory (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12) s koncovými vývody sekundárních vinutí (24, 25, 26) třífázového transformátoru (20), zatímco řídicí elektrody tyristorů (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12) jsou spojeny každá se samostatným výstupem řídicího systému (19).
2. Zapojení podle bodu 1, vyznačené tím, že řídicí systém (19) je vstupní svorkou (61) spojen jednak přes volič (67) nastavení s prvními vstupy šesti převodníků (31, 32, 33, 34, 35, 36) napětí - čas a jednak přes převodník (62) napětí - kmitočet, dělič kmitočtu (63) šesti, opatřený vstupní svorkou (64) pro reverzaci směru dělení, s dekodérem (65) spojeným jednak prvními třemi výstupy s první trojicí součinných hradel (41, 42, 43) a s druhými vstupy z druhé trojice převodníků (34, 35, 36) napětí - čas a jednak druhými třemi výstupy a s druhou trojicí součinných hradel (44, 45, 46) a s druhými vstupy první trojice převodníků (31, 32, 33) napětí - čas, přičemž druhé vstupy všech šesti součinných hradel (41, 42, 43, 44, 45, 46) jsou spojeny s výstupy po sobě následných převodníků (31, 32, 33, 34, 35, 36) napětí - čas, zatímco výstupy všech součinných hradel (41, 42, 43, 44, 45, 46) jsou spojeny se vstupy po sobě následných řídicích obvodů (51, 52, 53, 54, 55, 56), jejichž výstupy jsou spojeny tak, že první řídicí obvod (51) je spojen s řídicí elektrodou prvního a druhého tyristoru (1 a 2), druhý řídicí obvod (52) s řídicí elektrodou jedenáctého a dvanáctého tyristoru (11 a 12), třetí řídicí obvod (53) s řídicí elektrodou pátého a šestého tyristoru (5 a 6), čtvrtý řídicí obvod (54) s řídicí elektrodou třetího a čtvrtého tyristoru (3 a 4), pátý řídicí obvod (55) s řídicí elektrodou devátého a desátého tyristoru (9 a 10) a šestý řídicí obvod (56) s řídicí elektrodou sedmého a osmého tyristoru (7 a 8).



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3