



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(22) Přihlášeno 23 06 82
(21) (PV 4651-82)

(40) Zveřejněno 26 08 83

(45) Vydáno 15 10 86

230320

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.³
H 02 P 5/28

(75)

Autor vynálezu

MRÁZ ZDENĚK ing. CSc., BRNO

(54) Způsob regulace rychlosti nebo polohy asynchronního motoru a zapojení k jeho provádění

1

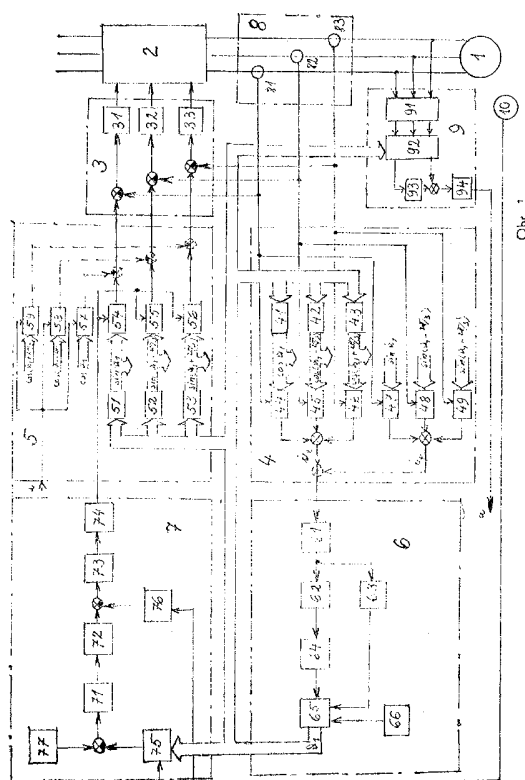
Vynález se týká regulace elektrického pohonu s asynchronním motorem napájeným z měniče frekvence s transformací fyzikálních veličin z trojfázového na dvoufázový systém.

Účelem vynálezu je zvětšení rozsahu regulace rychlosti nebo polohy pohonu s asynchronním motorem a zlepšení jeho statických a dynamických vlastností.

Uvedeného účelu se dosáhne transformací trojfázového proudu asynchronního motoru na dvoufázový systém, přičemž z podélné složky proudu se vyhodnotí frekvence a transformační úhel asynchronního motoru. Do obvodu regulace rychlosti a polohy se zavádí žádaná hodnota polohy a zpětná vazba z čidla rychlosti a polohy, přičemž výstupní signál z regulátoru rychlosti se zpětně transformuje na trojfázový systém a zavádí do regulátoru okamžitých hodnot trojfázového proudu. Výstupními signály regulátoru trojfázového proudu se řídí měnič frekvence napájející asynchronní motor. Kromě uvedených znaků existují ještě další varianty a zapojení.

Podstata vynálezu je nakreslena na obr. 1.

2



Vynález se týká způsobu regulace rychlosti nebo polohy pohonu asynchronního motoru a zapojení k jeho provádění. Asynchronní motor je napájený z měniče frekvence s řízeným napětí i frekvence ve střídači a s transformací fyzikálních veličin z trojfázového na dvoufázový systém.

Dosud známá zapojení a způsoby regulace rychlosti nebo polohy pohonu s asynchronním motorem používající transformace elektrických a magnetických veličin z trojfázového na dvoufázový systém snímají a vyhodnocují magnetický tok ve vzduchové mezeře motoru buď přímo snímáním pomocí Hallovy sondy, nebo nepřímo měřením napětí na vinutích asynchronního motoru, případně na speciálních cívkách ve statoru. Vyhodnocený magnetický tok a údaje o podélné a příčné složce proudu motoru se pak využívají při regulaci pohonu. Tyto způsoby regulace vyžadují vložení magnetických sond nebo cívek do statoru asynchronního motoru, což znamená konstrukční úpravy motoru. Vyhodnocení magnetického toku motoru z indukovaného napětí ve vinutí nebo cívkách statoru je nepřesné a nespolehlivé především při malých rychlostech motoru.

Výše uvedené nedostatky odstraňuje způsob regulace rychlosti nebo polohy asynchronního motoru a zapojení k jeho provádění podle vynálezu, jehož podstatou je transformace okamžitých hodnot trojfázového proudu asynchronního motoru v obvodu přímé transformace trojfázového na dvoufázový systém. Tím se získají stejnosměrné signály podélné a příčné složky proudu asynchronního motoru. Signál podélné složky proudu se zavádí do obvodu pro vyhodnocení transformačního úhlu, kde se z něho vyhodnotí signály frekvence a transformačního úhlu asynchronního motoru. Získaný signál transformačního úhlu se použije jako úhlový vstup do obvodů přímé a zpětné transformace trojfázového na dvoufázový systém. Žádaná hodnota polohy se spolu se signálem zpětné vazby z čidla rychlosti a polohy zavádí na vstup obvodu regulace rychlosti a polohy, přičemž výstupní signál obvodu regulace rychlosti a polohy se zpětně transformuje jako signál příčné složky proudu v obvodu zpětné transformace dvoufázového na trojfázový systém při nepoužitém nebo uzemněném vstupu podélné složky proudu. Trojfázovým výstupním signálem obvodu zpětné transformace dvoufázového na trojfázový systém se řídí regulátor trojfázového proudu, který pak dále řídí měnič frekvence.

Předností uvedeného způsobu regulace rychlosti nebo polohy asynchronního motoru je přesná regulace rychlosti a polohy v celém regulačním rozsahu včetně nejmenších rychlostí, což je dáno způsobem vyhodnocení frekvence ω_1 a transformačního úhlu δ_1 asynchronního motoru z okamžitých hodnot trojfázového proudu i_a , i_b , i_c .

Protože transformace trojfázového systému na dvoufázový se provádí při nulové podélné složce proudu $i_d = 0$, jsou obvody přímé a zpětné transformace trojfázového na dvoufázový systém jednoduché ve srovnání s dosud známými řešeními. Pohon je z hlediska energetického staticky i dynamicky optimální, zvláště použije-li se obvodu účinníku.

Na připojených výkresech je nakresleno na obr. 1 zapojení regulačních obvodů pro regulaci rychlosti nebo polohy trojfázového asynchronního motoru napájeného z měniče frekvence s čidlem rychlosti a polohy, na obr. 2 je nakreslena úprava části zapojení regulačních obvodů zahrnující obvod pro vyhodnocení transformačního úhlu včetně obvodu pro regulaci rychlosti a na obr. 3 je nakresleno jiné možné zapojení regulace proudu s regulátorem příčné složky proudu.

Trojfázový asynchronní motor 1 podle obr. 1 je napájen z tranzistorového nebo tyristorového měniče frekvence 2 a v přívodu k motoru 1 je umístěno čidlo okamžité hodnoty trojfázového proudu 8, jež je tvořeno třemi samostatnými čidly proudu 81, 82, 83 zapojenými v každé fázi motoru 1. Výstup z čidla trojfázového proudu 8 je zapojen jednak na zpětnovazební vstup obvodu regulátoru proudu 3 a jednak na trojfázový vstup obvodu přímé transformace 4 trojfázového na dvoufázový systém. Výstup podélné složky obvodu přímé transformace 4 trojfázového na dvoufázový systém je připojen na vstup obvodu pro vyhodnocení transformačního úhlu 6. Výstup příčné složky obvodu přímé transformace 4 není použit, takže v tomto případě číslicově analogové převodníky 47, 48, 49 by bylo možno vypustit.

Signál podélné složky proudu přichází na vstup regulátoru frekvence 61 a výstup regulátoru frekvence 61 je spojen jednak se vstupem členu absolutní hodnoty 62 a jednak vstupem komparátoru 63. Výstup členu absolutní hodnoty 62 řídí napětím řízený oscilátor 64 a impulsy z napětím řízeného oscilátoru, jejichž četnost je úměrná frekvenci ω_1 motoru 1, přicházejí na čítací vstup obousměrného čítače 65. Směr čítání udává komparátor 63, jehož výstup je připojen na směrový vstup obousměrného čítače 65. Výstup obousměrného čítače 65 je současně výstupem obvodu pro vyhodnocení transformačního úhlu 6, udávající hodnotu transformačního úhlu δ_1 . Nastavení počátečního obsahu obousměrného čítače 65 se provádí obvodem nastavení 66.

Signál z čidla rychlosti a polohy 10 vstupuje do obvodu regulace rychlosti a polohy 7 a přichází jednak na vstup převodníku rychlosti 76, a jednak na vstup převodníku polohy 75. Signál z převodníku polohy 75 vstupuje do regulátoru polohy 71 spolu se signálem žádané hodnoty polohy z obvodu zadání polohy 77.

Po zpracování výstupního signálu z re-

gulátoru polohy 71 v optimalizačním členu 72 vstupuje signál do regulátoru rychlosti 73, přičemž skutečná hodnota signálu rychlosti přichází na vstup regulátoru rychlosti 73 z převodníku rychlosti 76. Po omezení výstupního signálu z regulátoru rychlosti 73 v omezovači žádané hodnoty proudu 74 vstupuje signál do obvodu zpětné transformace 5 dvoufázového na trojfázový systém. Vstup obvodu zpětné transformace 5 je vstupem příčné složky žádané hodnoty proudu, přičemž vstup podélné složky proudu je uzemněn, takže tato část zpětné transformace 5 není použita. Zpětně přetransformované signály žádané hodnoty trojfázového proudu na výstupu obvodu zpětné transformace 5 dvoufázového na trojfázový systém jsou zavedeny na řídicí vstup obvodu regulátoru trojfázového proudu 3, který má tři samostatné regulátory okamžité hodnoty proudu 31, 32, 33. Výstupními signály z obvodu regulátoru trojfázového proudu 3 je řízen měnič frekvence 2.

Výstup z obvodu pro vyhodnocení transformačního úhlu 6, udávající transformační úhel ϑ_1 v číslicové formě je spojen s úhlovým vstupem obvodu přímé 4 a zpětné 5 transformace trojfázového na dvoufázový systém. Obvody přímé 4 a zpětné 5 transformace trojfázového na dvoufázový systém tvoří permanentní paměti 41, 42, 43; 51, 52, 53, v nichž se číslicový údaj transformačního úhlu ϑ_1 převádí na trigonometrické funkce

$$\cos\vartheta_1, \cos\left(\vartheta_1 - \frac{2\pi}{3}\right), \cos\left(\vartheta_1 + \frac{2\pi}{3}\right);$$

$$i_a = -\frac{2}{3} \frac{1}{k_d} i_d \cos\vartheta_1 - \frac{2}{3} \frac{1}{k_q} i_q \sin\vartheta_1$$

$$i_b = \frac{2}{3} \frac{1}{k_d} i_d \cos\left(\vartheta_1 - \frac{2\pi}{3}\right) - \frac{2}{3} \frac{1}{k_q} i_q \sin\left(\vartheta_1 - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$i_c = \frac{2}{3} \frac{1}{k_d} i_d \cos\left(\vartheta_1 + \frac{2\pi}{3}\right) - \frac{2}{3} \frac{1}{k_q} i_q \sin\left(\vartheta_1 + \frac{2\pi}{3}\right)$$

přičemž $i_d = 0$,

$$\frac{d\vartheta_1}{dt} = \omega_1$$

a kde $k_d = k_q = \text{konstanta}$

Má-li regulační pohon pracovat při konstantním, nebo předem zadnaném účinníku $\cos\varphi$, je zapojení doplněno obvodem účinníku 9. Obvod účinníku 9 je připojen na trojfázové napětí asynchronního motoru 1. Měřením okamžitých hodnot napětí trojfázového motoru 1 čidlem napětí 91 a provedením transformace měřeného napětí na dvoufázovém systému v obvodu transformace napětí 92 se získají podélná u_d a příčná u_q složka napětí. Obě složky napětí se přivádějí na vstup regulátoru účinníku 94. Poměr veli-

$$\sin\vartheta_1, \sin\left(\vartheta_1 - \frac{2\pi}{3}\right), \sin\left(\vartheta_1 + \frac{2\pi}{3}\right)$$

Načež tyto funkční hodnoty signálu vstupují do číslicově analogových násobících převodníků 44, 45, 46; 54, 55, 56 a případně 47, 48, 49; 57, 58, 59, v nichž se uskutečňuje násobení trigonometrických funkcí fázovými proudy v případě přímé transformace, anebo žádanou hodnotou příčné složky proudu v případě zpětné transformace trojfázového na dvoufázový systém. Jelikož transformace je do souřadných os d, q, 0 otáčejících se synchronně s magnetickým polem statoru, jsou transformované signály harmonických proudů stejnoměrné veličiny a platí:

Pro přímou transformaci trojfázového na dvoufázový systém

$$i_d = k_d \left[i_a \cos\vartheta_1 + i_b \cos\left(\vartheta_1 - \frac{2\pi}{3}\right) + i_c \cos\left(\vartheta_1 + \frac{2\pi}{3}\right) \right]$$

$$i_q = -k_q \left[i_a \sin\vartheta_1 + i_b \sin\left(\vartheta_1 - \frac{2\pi}{3}\right) + i_c \sin\left(\vartheta_1 + \frac{2\pi}{3}\right) \right]$$

Pro zpětnou transformaci dvoufázového na trojfázový systém

kosti podélné a příčné složky napětí udává vztah

$$\frac{u_d}{u_q} = -\operatorname{tg}\varphi$$

Tento poměr je konstantní, když $\cos\varphi = \text{konst.}$, nebo závislý na zatížení motoru 1, což určuje hodnota zadávaného členu 93 v příčné složce. Zadávací člen 93 má charakter absolutní hodnoty. Výstup regulátoru účinníku 94 se přivádí na vstup podélné nebo příčné složky proudu obvodu zpětné transformace 5 dvoufázového na trojfázový systém. Signálem z výstupu regulátoru účinníku 94 se koriguje proud, aby účinník pohonu měl žádanou velikost. Obvod účinníku 9 může být vytvořen též použitím čidla spráže-

ných toků ($\psi_a, \psi_b, \psi_c, \psi_d, \psi_q$) místo použití čidla napětí (u_a, u_b, u_c, u_d, u_q).

Zapojení pro regulaci rychlosti asynchronního motoru 1 bez použití tachodynamy umožňuje úprava obvodu pro regulaci rychlosti a polohy 7 podle obr. 2. Na první vstup převodníku rychlosti 76 přicházejí nyní impulsy z výstupu napětím řízeného oscilátoru 64. Počet impulsů oscilátoru 64 za jednotku času je úměrný frekvenci asynchronního motoru 1. Na druhý vstup převodníku rychlosti 76 je zapojen výstup z komparátoru 63, který udává směr otáčení asynchronního motoru 1. Od výstupního signálu převodníku rychlosti 76 se odečítá signál z výstupu regulátoru rychlosti 73 zesílený v zesilovači 79.

Výsledný signál daný rozdílem signálů z výstupu převodníku rychlosti 76 a zesilovače 79, který je úměrný rychlosti asynchronního motoru 1, přicházejí na zpětnovazební vstup regulátoru rychlosti 73. Žádaná hodnota rychlosti z obvodu zadání rychlosti 70 je připojena na řídicí vstup regulátoru rychlosti 73. Po omezení výstupního signálu regulátoru rychlosti 73 v omezovači žádané hodnoty proudu 74 vstupuje signál do obvodu zpětné transformace 5 dvoufázového na trojfázový systém.

Ostatní části zapojení pro regulaci rychlosti asynchronního motoru s měničem frekvence jsou stejné jako na obr. 1. Zapojení pro regulaci rychlosti podle obr. 2 se použije při menších nárocích na přesnost regulace nebo pro mnohomotorový pohon.

Odvod regulátoru trojfázového proudu 3 je možno vypustit a nahradit ho jediným regulátorem momentu 30 podle obr. 3 tak, že výstup z obvodu regulace rychlosti a polohy 7 vstupuje do regulátoru momentu 30 jako žádaná hodnota momentu, přičemž zpětnovazebním vstupem tohoto regulátoru 30 je výstup příčné složky proudu obvodu

přímé transformace 4 trojfázového na dvoufázový systém. Výstup regulátoru momentu 30 je spojen se vstupem příčné složky proudu obvodu zpětné transformace 5 dvoufázového na trojfázový systém, jehož trojfázový výstup řídí měnič frekvence 2. Vstup podélné složky proudu obvodu zpětné transformace 5 dvoufázového na trojfázový systém není použit nebo je uzemněn.

Uvedené zapojení je možno použít pro regulaci polohy servomechanismu s podřazenou regulační smyčkou rychlosti, nebo jen pro regulaci rychlosti, vyřadí-li se z činnosti regulátor polohy 71 a na vstup regulátoru rychlosti 73 se připojí obvod zadání rychlosti. Při realizaci zapojení je možno některé části zařízení nebo všechny řídicí a regulační obvody řešit jako číslicové použitím mikroprocesoru a dalších pomocných obvodů. Regulační pohon s asynchronním motorem 1 je možno provozovat bez obvodu účinníku 9, nebo při zadaném $\cos\varphi$, případně s obvodem účinníku 9, jež nahradí použití obvodu přímé transformace 4. Místo uvedených tří čidel proudů 81, 82, 83 je možno použít pouze dvou čidel proudu a vyhodnotit okamžité hodnoty trojfázového proudu z měření okamžitých proudů dvou fází.

Na vstup regulátoru frekvence 61 je možno zapojit výstup podélné a příčné složky proudu obvodu přímé transformace 4 trojfázového na dvoufázový systém a současně na oba vstupy zpětné transformace 5 dvoufázového na trojfázový systém zapojit výstup obvodu regulace rychlosti a polohy 7, čím se umožní obecné použití obvodů regulace pohonu. Přitom je možno vytvořit opačné uspořádání, kdy se funkce obou složek podélné a příčné zamění. Výstup obvodu účinníku 9 je možno zapojit též na vstup obvodu pro vyhodnocení transformačního úhlu 6.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob regulace rychlosti nebo polohy asynchronního motoru s měničem frekvence, s regulátorem trojfázového proudu a nadřazenými regulátory rychlosti a polohy, s obvodem přímé a zpětné transformace trojfázového na dvoufázový systém, vyznačený tím, že okamžité hodnoty trojfázového proudu asynchronního motoru se transformují z trojfázového na dvoufázový systém na signály podélné a příčné složky proudu asynchronního motoru, přičemž signál podélné složky proudu se zavádí na vstup obvodu pro vyhodnocení transformačního úhlu, v němž se vyhodnotí signály frekvence a transformačního úhlu asynchronního motoru, načež vyhodnocený signál transformačního úhlu se použije jako vstupní úhlový signál do obvodů přímé a zpětné transformace trojfázového na dvou-

fázový systém, a že na vstup obvodu regulace rychlosti a polohy se přivádí signál žádané hodnoty polohy současně se signálem zpětné vazby z čidla rychlosti a polohy, přičemž výstupní signál obvodu regulace rychlosti a polohy se zpětně transformuje jako příčná složka proudu z dvoufázového na trojfázový systém a získaným výstupním trojfázovým signálem se řídí regulátor trojfázového proudu, jehož zpětnou vazbu tvoří signály okamžitých hodnot trojfázového proudu asynchronního motoru, načež výstupními signály regulátoru trojfázového proudu se řídí měnič frekvence.

2. Zapojení k provádění způsobu podle bodu 1, vyznačené tím, že asynchronní motor (1) je připojen na výstup trojfázového měniče frekvence (2), přičemž v převodu

k asynchronnímu motoru (1) je zapojeno čidlo trojfázového proudu (8), obsahující tři samostatná jednofázová čidla proudu (81, 82, 83), zapojená v každé fázi asynchronního motoru (1), a že výstup z čidla trojfázového proudu (8) je připojen jednak na zpětnovazební trojfázový vstup obvodu regulátoru trojfázového proudu (3) a jednak na trojfázový vstup obvodu přímé transformace (4) trojfázového na dvoufázový systém, a že výstup podélné složky obvodu přímé transformace (4) trojfázového na dvoufázový systém je spojen se vstupem obvodu pro vyhodnocení transformačního úhlu (6), a že výstup obvodu pro vyhodnocení transformačního úhlu (6) je zapojen na úhlový vstup obvodu přímé transformace (4) trojfázového na dvoufázový systém a současně na úhlový vstup obvodu zpětné transformace (5) dvoufázového na trojfázový systém, a že výstup z čidla rychlosti a polohy (10) je zapojen jednak na zpětnovazební polohový vstup obvodu regulace rychlosti a polohy (7), přičemž řídicí polohový vstup obvodu regulace rychlosti a polohy (7) je spojen s obvodem zadání polohy (77), a jednak na rychlostní zpětnovazební vstup obvodu regulace rychlosti a polohy (7), a že výstup obvodu regulace rychlosti a polohy (7) je spojen se vstupem příčné složky obvodu zpětné transformace (5) dvoufázového na trojfázový systém, přičemž vstup podélné složky obvodu zpětné transformace (5) je uzemněn a že trojfázový výstup obvodu zpětné transformace (5) dvoufázového na trojfázový systém je spojen s trojfázovým řídicím vstupem obvodu regulátoru trojfázového proudu (3) a trojfázový výstup obvodu regulátoru trojfázového proudu (3) je spojen s trojfázovým řídicím vstupem měniče frekvence (2).

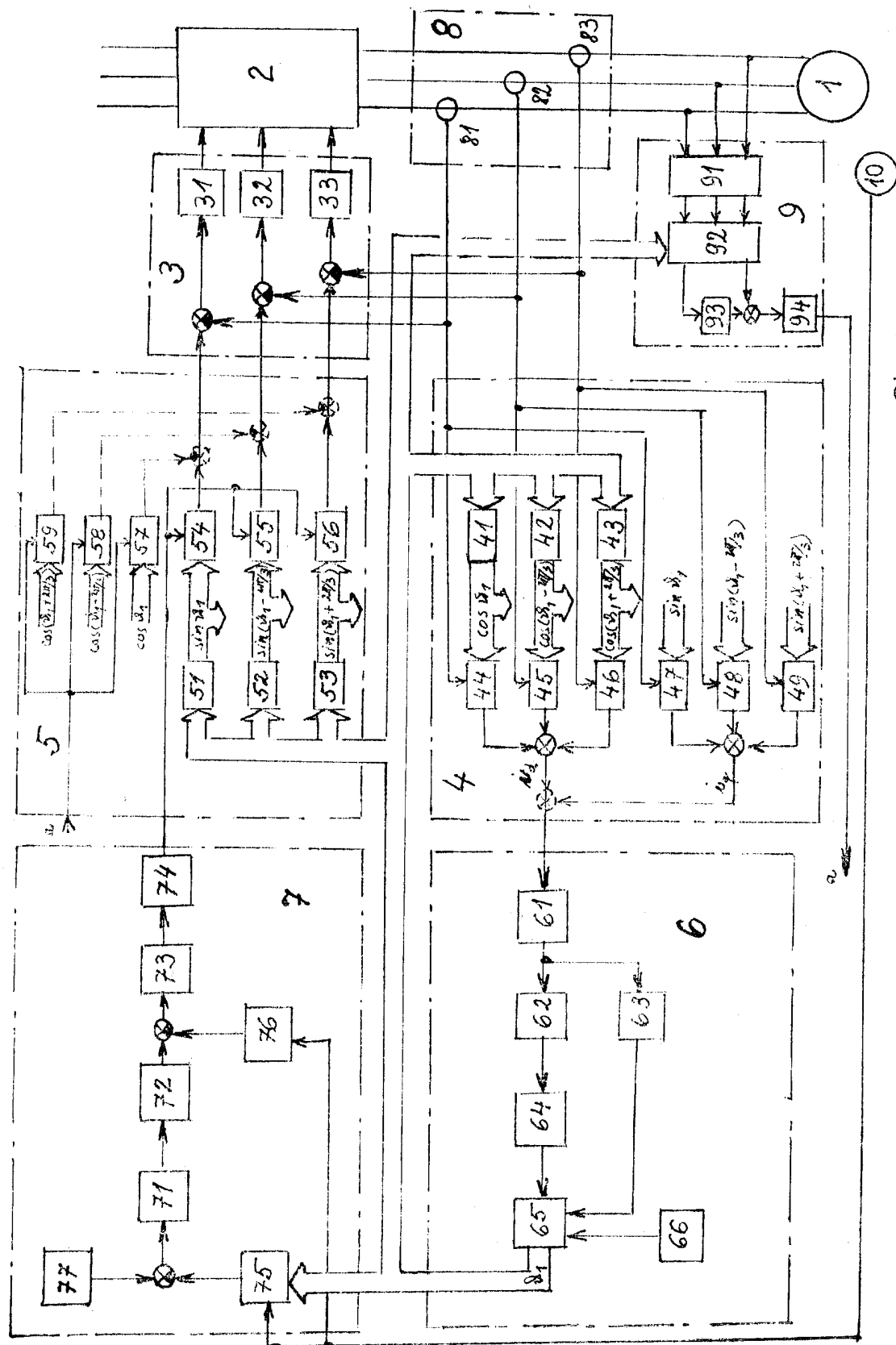
3. Zapojení podle bodu 2, vyznačené tím, že vstup obvodu pro vyhodnocení transformačního úhlu (6) je spojen se vstupem regulátoru frekvence (61), a že výstup regulátoru frekvence (61) je zapojen jednak na vstup členu absolutní hodnoty (62) a jednak na vstup komparátoru (63), přičemž výstup členu absolutní hodnoty (62) je spojen s řídicím vstupem napětím řízeného oscilátoru (64), a že výstup napětím říze-

ného oscilátoru (64) je připojen na čítací vstup obousměrného čítače (65), a že výstup komparátoru (63) je spojen se směrovým vstupem obousměrného čítače (65), přičemž výstup obousměrného čítače (65) je výstupem obvodu pro vyhodnocení transformačního úhlu (6), kdežto nastavovací vstup obousměrného čítače (65) je spojen s výstupem obvodu nastavení (66).

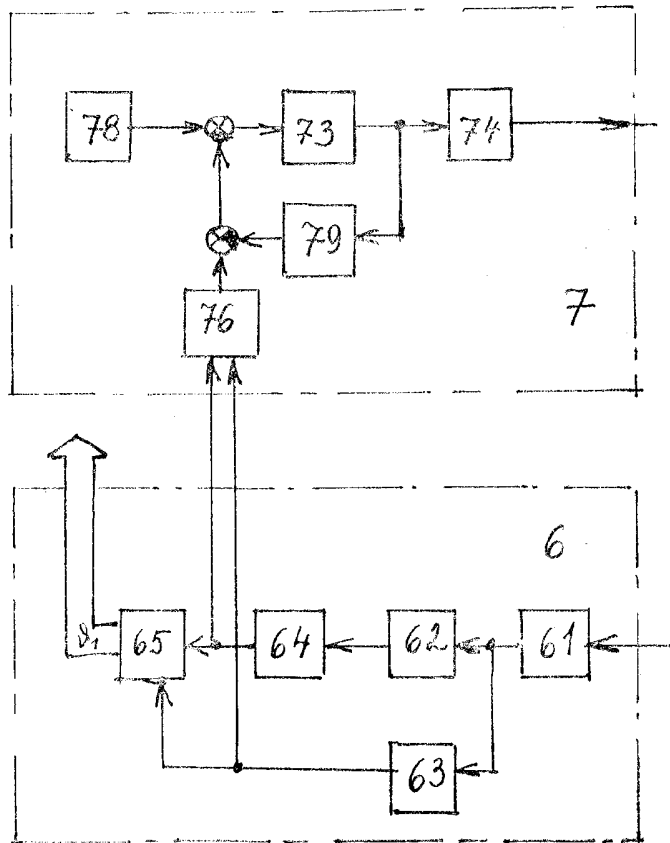
4. Zapojení podle bodu 2, vyznačené tím, že zapojení je doplněno obvodem účinníku (9), jehož trojfázový vstup je připojen na trojfázové napětí asynchronního motoru (1), přičemž výstup obvodu účinníku (9) je připojen na vstup podélné nebo příčné složky obvodu zpětné transformace (5) dvoufázového na trojfázový systém.

5. Zapojení podle bodu 4, vyznačené tím, že trojfázový vstup obvodu účinníku (9) je spojen s trojfázovým vstupem čidla napětí (91), přičemž trojfázový výstup čidla napětí (91) je spojen s trojfázovým vstupem obvodu transformace napětí (92), a že úhlový vstup obvodu transformace napětí (92) je spojen s výstupem obvodu pro vyhodnocení transformačního úhlu (6), přičemž výstup podélné složky obvodu transformace napětí (92) je spojen s prvním vstupem regulátoru účinníku (94), kdežto výstup příčné složky obvodu transformace napětí (92) je spojen se vstupem zadávacího členu (93), jehož výstup je spojen s druhým vstupem regulátoru účinníku (94), a že výstup regulátoru účinníku (94) je spojen s výstupem obvodu účinníku (9).

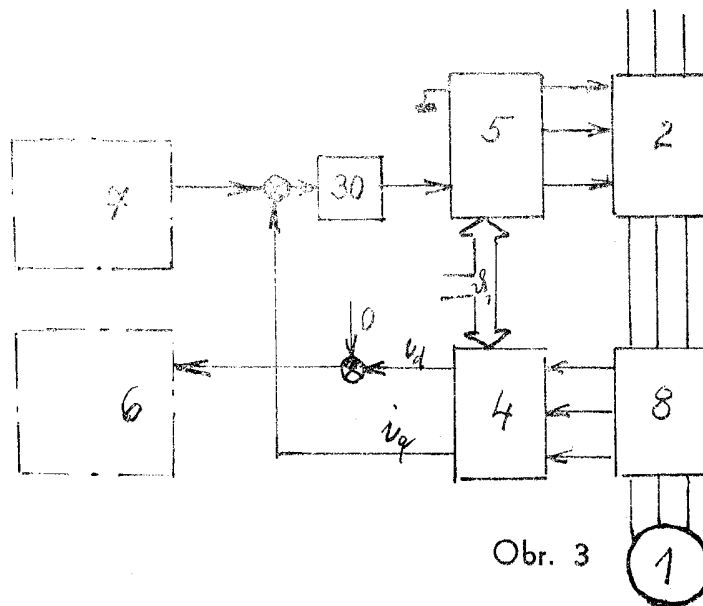
6. Zapojení podle bodu 2, vyznačené tím, že výstup z obvodu regulace rychlosti a polohy (7) je spojen s řídicím vstupem regulátoru momentu (30), přičemž zpětnovazební vstup regulátoru momentu (30) je spojen s výstupem příčné složky obvodu přímé transformace (4) trojfázového na dvoufázový systém, a že výstup regulátoru momentu (30) je spojen se vstupem příčné složky obvodu zpětné transformace (5) dvoufázového na trojfázový systém, přičemž vstup podélné složky obvodu zpětné transformace (5) je uzemněn, a že trojfázový výstup obvodu zpětné transformace dvoufázového na trojfázový systém je spojen s řídicím trojfázovým vstupem měniče frekvence (2).



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3