



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2015 00894**

(22) Data de depozit: **26/11/2015**

(41) Data publicării cererii:
30/05/2017 BOPI nr. **5/2017**

(71) Solicitant:
• **ICPE ACTEL S.A., SPLAIUL UNIRII**
NR.313, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• **POTĂRNICHE ION,**
STR. DR. LOUIS PASTEUR NR. 27,
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;
• **NEAGU DAN ALEXANDRU,**
INT.CAROL KNAPPE NR.7, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;

• **RĂDULESCU CĂTĂLIN ALEXANDRU,**
STR.GEORGE VÂLSAN NR.12, BL.109,
SC.2, AP.68, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO;
• **MĂRCULESCU TUDOR RĂZVAN,**
BD.LACUL TEI NR.73, BL.17, SC.B, ET.2,
AP.44, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
• **JIANU IANINA FLORINELA,**
ALEEA POARTA ALBĂ NR.1-3, BL.110,
SC.B, ET.2, AP.52, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO

*Această publicație include și modificările descrierii,
revendicărilor și desenelor, depuse conform art. 35,
alin. (20), din HG nr. 547/2008.*

(54) SISTEM STATIC DE PORNIRE A MOTOARELOR SINCRONE DE MARE PUTERE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem static de pornire a motoarelor sincrone de mare putere. Sistemul conform invenției este alcătuit dintr-un circuit de putere, pentru pornirea în asincron a motorului sincron (1), format dintr-un contactor static (5), ce este realizat din două tiristoare (6, 7) împreună cu circuitele de comandă a conducerii aferente, montate antiparalel în serie cu o rezistență de putere (4) la bornele înfășurării de excitație (2) a motorului, acest contactor static fiind comandat de un circuit de control (25) al pornirii în asincron, realizat cu procesor rapid, și de un automat programabil (27), care sunt programate pentru detecția cu precizie a momentului optim de comutare din regim de pornire în regim de funcționare sincronă a motorului, și dintr-o punte redresoare (8), controlată de același automat programabil (27), ce are implementată o schemă de reglare a unghiului de defazaj dintre tensiunea motorului și curentul motorului, la care sunt adăugate funcții auxiliare, pentru protecția împotriva solicitărilor termice ale înfășurărilor motorului, și pentru compensarea consumului de putere reactivă a consumatorilor inductivi conectați la aceeași sursă de alimentare la care este conectat motorul sincron (1).

Revendicări: 2
Figuri: 3

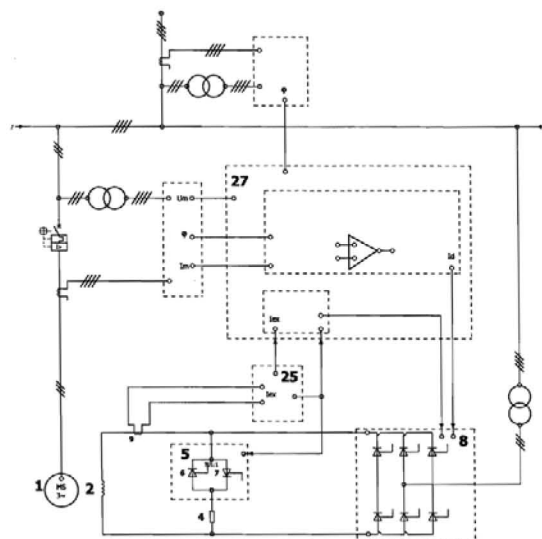


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



Sistem Static de Pornire a Motoarelor Sincrone de Mare Putere

Invenția se referă la un sistem static de pornire al unui motor sincron alimentat de la o rețea de tensiune trifazată de putere infinită.

În regim de motor mașina sincronă primește energie electrică de la rețeaua de c.a. trifazată prin stator pe care o transformă în energie mecanică furnizată axului motorului. Regimul de motor al mașinii sincrone se folosește în aplicațiile care necesită turație constantă datorită avantajelor față de motoarele asincrone: randament mai ridicat, factor de putere mergând până la unitate, cuplu invariabil cu turația, întrefier mai mare. Un alt avantaj al utilizării motorului sincron este funcționarea în regim supraexcitat cu factor de putere capacitiv, furnizând rețelei de alimentare putere reactivă reglabilă, putând astfel înlocui bateriile de condensatoare necesare compensării puterii reactive a consumatorilor inductivi.

Utilizarea mașinii sincrone ca motor a fost cu puțină numai după ce au fost rezolvate cu succes două deficiențe grave ale motorului sincron: absența cuplului de pornire și posibilitatea de pendulare cu pericolul desprinderii din sincronism (pierderea stabilității).

Deoarece mașina sincronă nu poate funcționa decât la sincronism, la pornire când viteza rotorului este nulă, nefiind îndeplinită condiția de sincronism, motorul sincron nu poate dezvolta cuplu electromagnetic. De aceea, pentru demarajul motorului este necesare utilizarea unor echipamente auxiliare care să suplinească acest inconvenient. Cea mai uzuală metodă de pornire a motorului sincron este în regim asincron, cu înfășurarea rotorică închisă pe o rezistență de valoare mare care va ușura accelerarea rotorului până în apropierea vitezei de sincronism. În momentul în care motorul se află în apropierea vitezei de sincronism se introduce curent continuu în înfășurarea de excitație (concomitent cu deconectarea rezistenței de la bornele înfășurării de excitație) și rotorul intră în sincronism datorită cuplului electromagnetic sincron. În momentul în care are loc stabilirea curentului continuu prin înfășurarea de excitație, începe procesul tranzitoriu de sincronizare care este dependent de mărimea unghiului dintre axa polilor inductori și axa câmpului resultant (unghiul intern δ). Situația cea mai favorabilă pentru sincronizare corespunde cazului când valoarea unghiului intern δ este nulă, adică în fața unui pol real se găsește un pol fictiv de semn contrar.

În cazul unui motor alimentat de la rețea, componenta activă a curentului absorbit este determinată de sarcina la ax (cuplul de sarcină). Pentru un anumit cuplu la ax, respectiv putere activă constantă, prin variația curentului de excitație poate avea un schimb de putere reactivă cu rețeaua. Funcționarea motorului sincron la un factor unitar, care corespunde unui curent de excitație optim, este cea mai avantajoasă, deoarece mașina lucrează cu cele mai mici pierderi, iar între rețea și motor nu există circulație de putere reactivă. Totuși motorul sincron poate fi utilizat, în măsura în care nu se depășesc limitele termice de funcționare, și drept compensator sincron pentru producerea energiei reactive necesare îmbunătățirii factorului de putere la consumator.

Altă problemă importantă a funcționării motorului sincron este aceea a funcționării sincrone stabile. Pierderea sincronismului poate duce la slăbirea și dezizolarea înfășurărilor statorice, suprasolicitarea arborelui și a cuplajelor mecanice, deteriorarea înfășurării de amortizare, a înfășurării de excitație. Cauze pentru instabilitate sunt: suprasarcini la axul mașinii;

funcționarea la un curent de excitație în afara limitelor admisibile; funcționare cu tensiune la borne în afara limitelor admisibile – scurtcircuitate în rețeaua de alimentare; dubla punere la pământ în rotor.

Stabilitatea funcționării motorului, în cazul unor perturbații ale sarcinii sau pe rețea, este determinată în mare măsură de timpul de răspuns al sistemului de excitație. Este necesar un răspuns rapid pentru a se menține constant cuplul sincron în condițiile unor șocuri ale cuplului la ax sau fenomene electrice în rețeaua de alimentare.

Funcțiile de bază ale sistemului static de pornire a motorului sincron sunt pornirea motorului în regim asincron, reglarea factorului de putere (unghi de putere), reglarea curentului de excitație, compensarea puterii reactive la consumator, protecția motorului sincron.

Sunt cunoscute sisteme de pornire pentru motoare sincrone care au dezavantajul că prezintă un timp de răspuns relativ mare la semnale de comandă ceea ce conduce la imprecizia comutării din regim asincron în cel sincron, cu efecte negative asupra calității energiei din sistem, au gabarite mari, număr de comutări limitat, transmit echipamentului șocuri mecanice în timpul acționării.

Sunt cunoscute sisteme de excitație statică pentru motoare sincrone care au dezavantajul că prezintă un timp de răspuns relativ mare al sistemului de reglare, ceea ce conduce la un răspuns întârziat al motorului în cazul necesității de a furniza cuplul sincron pentru menținerea funcționării stabile în situația unor perturbații ale rețelei electrice care alimentează motorul.

Problemele tehnice pe care le rezolvă invenția sunt:

- precizia scăzută de comutare din regim asincron în regim sincron și alimentarea cu curent continuu a înfășurării de excitație a motorului sincron la o valoare dată a turației motorului (alunecare), care generează solicitări electro-mecanice ale motorului, datorată utilizării aparatelor de comutație electromecanice tip contactor,.

- gabaritul ridicat, număr de acționări limitat, șocuri mecanice în echipamentele în care sunt montate aceste aparate de comutație electromecanice.

- utilizarea motorului sincron și a unui sistem de excitație statică fără a se lua în considerare capabilitatea întregului sistem de a compensa factorul de putere (consumul de putere reactivă) al unității industriale în cadrul căreia funcționează motorul sincron.

Sistemul static de pornire a motoarelor sincrone, conform invenției, înlătură dezavantajele de mai sus, prin aceea că mărește precizia de comutare din regim asincron în regim sincron, pentru alimentarea cu curent continuu a înfășurării de excitație a motorului sincron la o valoare dată a turației motorului (alunecare) în momentul favorabil când valoarea unghiului intern δ este nulă – la trecerea prin zero a curentului indus în circuitul de excitație la pornirea în asincron – prin utilizarea dispozitivelor semiconductoare de putere și a unui circuit de comanda a acestor dispozitive cu microcontroller, micșorându-se astfel durata regimului instabil la trecerea din regim asincron în cel sincron ("prindere în sincronism"); se micșorează spațiul în care sunt montate componentele de putere aferente circuitului de pornire în asincron ceea ce duce la micșorarea gabaritului echipamentului; crește fiabilitatea sistemului prin eliminarea componentelor mecanice în mișcare și contactelor electrice susceptibile a se defecta datorită

arcului electric apărut la comutație; utilizarea unei excitații statice cu reglare numerică rapidă va aduce pe lângă o siguranță mărită în funcționare și posibilitatea implementării unui regulator numeric de factor de putere (unghi de putere) cu ajutorul căruia se va putea realiza funcția de compensare factor de putere (consum de putere reactivă).

Sistemul static de pornire pentru motoare sincrone, conform invenției, are următoarele avantaje:

- precizie mărită de măsură a mărimilor electrice din procesul de pornire în asincron a motoarelor sincrone;
- detecție precisă a condițiilor optime pentru alimentarea înfășurării rotorice a motorului sincron cu curent continuu la finalizarea pornirii în asincron;
- micșorare solicitări electromecanice în momentul comutației regimurilor de funcționare și în timpul funcționării normale datorită monitorizării parametrilor electrici ai mașinii sincrone și reacției rapide a sistemului la perturbații;
- timp de răspuns mic, datorită utilizării unității de achiziție de date, care realizează conversia analog numerică a mărimilor analogice de sistem;
- o configurare optimă și facilă a parametrilor sistemului de reglare în automatul programabil;
- o comunicare rapidă și performantă între unitatea de achiziție de date și automatul programabil, pe principiul transmisiei paralele de date;
- o diagnoză a funcționării sistemului, și de aici, intervenții eficiente a operatorului;
- o siguranță mărită în funcționare, dată de sistemul numeric compact, și de supravegherea facilă a funcționării unor circuite importante ale sistemului;

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 2 și fig. 3 care reprezintă:

- fig. 2, schema bloc pentru circuitul de putere necesar pornirii în regim asincron a motorului sincron și schema de principiu a circuitului de control a dispozitivelor de putere utilizate în circuitul de putere;
- fig. 3, schema de principiu a sistemului de excitație statică cu reglare numerică a unghiului de putere a motoarelor sincrone cu funcție de compensare generatoare sincrone.

Sistemul static de pornire a motoarelor sincrone conform invenției (fig. 3) are în alcătuire înfășurarea de excitație 2 a unui motor sincron 1 conectat la o rețea trifazată prin intermediul unui întrerupător 3, la bornele căreia sunt conectate o rezistență de putere 4 prin intermediul unui contactor static 5 comandat de un "circuit de control al pornirii în asincron" 25 și un convertizor c.a./c.c. format dintr-o punte redresoare cu tiristoare, complet comandată 8. Contactorul static 5 este format din două tiristoare 6 și 7 montate antiparalel cu circuite de comanda a conducției pe grilă conectate la anodul tiristoarelor. Sistemul static de pornire în asincron este prevăzut de asemenea cu sistem de reglare implementat cu un automat programabil 27 și un bloc de achiziție de semnale 28. În automatul programabil sunt implementate funcțiile de reglare, protecție, control logic. Blocul de achiziție de semnale realizează funcția de adaptare și conversie analog-digitală a mărimilor electrice primare de la intrările sale, calculul mărimilor electrice care nu pot fi măsurate direct, conversia digital-analogică a mărimilor care vor fi transmise automatului programabil 27.

Mărimile electrice primare care sunt primite de blocul de achiziție semnale sunt: Curentul motorului (I_M) este măsurat cu trei transformatoare de măsură curent **47, 48, 49**; valoarea curentului determină gradul de încărcare al motorului. Tensiunea trifazată de alimentare a motorului (U_M) măsurată de un transformator trifazat de măsură tensiune **50**. Măsurile curentului și tensiunii motorului sunt utilizate pentru calculul unghiului de defazaj (φ) între tensiunea de alimentare a motorului și curentul absorbit de motor în funcționare; Curentul prin puntea redresoare (I_d) este măsurat cu două transformatoare de curent **45 și 46**; Măsura curentului redresat este utilizată ca măsură de reacție în schema de reglare. Mărimile electrice ale motorului sincron (U_M , I_M , φ) și curentul redresat (I_d) sunt transmise automatului programabil **27**. Automatul programabil mai poate primi din exterior măsura unghiului de defazaj (φ) între tensiunea de alimentare a motorului și curentul absorbit de toți consumatorii alimentați din aceeași rețea, de la bloc de achiziție exterior **51**.

În timpul pornirii, circuitul de control al pornirii în asincron **25**, realizat cu controller rapid, realizează următoarele operații: adaptează și convertește măsura și forma de undă a curentului de excitație din circuit, îi măsoară perioada și ia decizia de a întrerupe comanda pe grilele contactorului static în vederea deconectării sale și alimentării înfășurării de excitație a motorului sincron cu curent continuu (prindere în sincronism).

Circuitul de control al pornirii în asincron **25** (fig. 2) este format din următoarele blocuri: traductorul de curent **9** transmite măsura curentului de excitație (curent alternativ) din circuitul de pornire către un bloc de adaptare **10**. Ieșirea blocului de adaptare **10** este conectată la un convertor de formă de undă **12** prin intermediul unui releu **11** comandat atunci când poziția întrerupătorului motorului este închisă. Semnalul alternativ este convertit astfel în semnal pulsatoriu dreptunghiular, pulsurile dreptunghiulare având aceeași durată cu semialternanța pozitivă a curentului de excitație. Semnalul dreptunghiular este aplicat la intrarea unui numărător de intervale **13** (este măsurată durata pulsului dreptunghiular aplicat la intrare). Rezultatul măsurii realizate este transmisă în intrarea întâi a unui comparator **15** a cărui ieșire devine activă dacă valoare de la prima intrare este mai mare ca valoarea constantă primită pe intrarea a doua a comparatorului de la un bloc de referință **14**. Ieșirea circuitului **15** este aplicată unui circuit "sau logic" **16** care împreună cu releul **17** are funcția de a menține ieșirea activă atâta timp cât întrerupătorul motorului este închis. Ieșirea blocului **16** reprezintă semnalul de comandă pentru circuitul de comandă pe grilă a tiristoarelor contactorului static.

Semnalul analogic de la ieșirea releului **11** este transmis în același timp și către prima intrare unui sumator **18**, pe a doua intrare primind o valoare constantă nula de la un bloc de referință **19**. Dioda montată la intrarea blocului **18**, permite transmiterea numai a valorilor negative a semnalului analogic. Rezultatul sumei dintre valoarea negativă instantanee a semnalului aplicat pe prima intrare și valoarea constantă aplicată pe a doua intrare a circuitului **18** este trimisă pe prima intrare a unui comparator **20**. Comparatorul **20** primește pe a doua intrare o valoare constantă de la un bloc de referință **21**. Sunt comparate valorile de pe cele două intrări și dacă este îndeplinită inegalitatea impusă, ieșirea circuitului **20** devine activă și este transmis un semnal către circuitele de reglare și control **24** ale punții redresoare **8** prin intermediul a două rele **22**,

23. Circuitele 18 ÷ 24 fac parte dintr-un bloc de control 25 și sunt implementate în automatul programabil 27 cu care este echipat sistemul.

Pe toată durata alimentării înfășurării de excitație a motorului sincron cu curent continuu se execută schema de reglare a curentului redresat care constă într-o buclă de reglare principală a unghiului (ϕ) de defazaj între U_M și I_M cu semnal de limitare a curentului statoric la valoare nominală și o buclă de reglare secundară (subordonată) care cuprinde limitarea curentului de excitație (curentul redresat - I_d) într-un interval de valori prestabilit. Reglarea unghiului ϕ permite funcționarea motorului la factor de putere unitar care corespunde curentului statoric minim (pierderi minime, solicitări termice minime) sau poate funcționa supraexcitat ca generator de putere reactivă.

Automatul programabil 27 are înregistrat în memoria sa programul care configurează schema de reglare după cum urmează:

Regulatorul unghiului ϕ (fig. 3) este realizat dintr-un multiplicator 29 care primește pe prima intrare valoarea de referință pentru unghiul ϕ , generată de un circuit de referință 30.

Pe a doua intrare a multiplicatorului 29 se transferă valoarea măsurată a unghiului ϕ al motorului calculat și reprezintă valoarea de reacție pentru regulator.

Pe a treia intrare a multiplicatorului 29 se primește valoarea măsurată a unghiului ϕ al tuturor consumatorilor alimentați din aceeași rețea, și reprezintă a doua valoare de reacție pentru regulator.

Intrarea a patra a multiplicatorului 29 se conectează, printr-o diodă 31 la ieșirea unui integrator cu limitare 37.

Controlul regimului termic al statorului motorului se realizează pe baza caracteristicii I_M^2t , implementată într-un circuit limitator de energie 35. Mărimea sa de ieșire este zero sau o valoare determinată conform funcției de transfer a circuitului, dependentă de pătratul curentului de generator măsurat, și se transmite la prima intrare a unui alt circuit cu caracteristica releu 36. A doua intrare a acestui circuit este legată la ieșirea unui al doilea multiplicator 33, care este comandat pe cele două intrări ale sale de ieșirea unui circuit de referință 34 și de valoarea măsurată a curentului motorului.

În acest mod, dacă curentul motorului depășește valoare nominală, sistemul de reglare intervine pentru scăderea sa după un timp determinat de caracteristica I_M^2t a statorului motorului, astfel încât regimul termic la funcționarea cu supracurent este controlat.

Pentru realizarea buclei de curent de reglare de curent de excitație (curentul redresat - I_d), mărimea de ieșire a multiplicatorului 29 este integrată de un integrator cu limitare 32 și se transferă ca valoare de referință pentru regulatorul curentului de excitație, pe prima intrare a circuitului multiplicator 38.

A doua intrare a multiplicatorului 38 primește informația de curent redresat măsurat de un circuit de măsurare 28 și reprezintă reacția regulatorului de excitație.

Intrarea a treia a multiplicatorului 38 are rolul de a controla regimul termic a rotorului, similar cu controlul regimului termic al statorului, pe baza caracteristicii I_d^2t , implementată într-un circuit limitator de energie 41.

Mărimea de ieșire a circuitului 41 este zero sau o valoare determinată conform funcției sale de transfer, dependentă de pătratul valorii măsurate a curentului de excitație, se transmite la prima intrare a unui circuit cu caracteristica releu 42.

A doua intrare a acestui circuit este legată la ieșirea unui multiplicator 39, care operează informațiile de pe prima și a doua intrare a sa, respectiv mărimea de ieșire a unui circuit de referință 40 și valoarea măsurată a curentului de excitație de către circuitul de măsurare 28. Mărimea de ieșire a circuitului cu caracteristica releu 42 este integrată de un circuit integrator cu limitare 43, a cărui mărime de ieșire reprezintă semnalul de control pentru regimul termic al înfășurării rotorice și operează pe a treia intrare a circuitului multiplicator 38.

Datele de la ieșirea circuitului multiplicator 38 sunt transferate către puntea redresoare 8 prin intermediul unui convertor digital analogic, astfel ca mărimea de ieșire a circuitelor de reglare să poată constitui mărime de comandă pentru dispozitivul generator impulsuri de comandă cu fază variabilă pentru comanda tiristoarelor inclus în puntea redresoare 8.

Ierarhizarea corectă a diverselor semnale și funcționarea corectă a sistemului de reglare este asigurată de structură specială a reguletoarelor și celorlalte elemente din schema de reglare numerică realizate pe baza circuitelor care au funcțiile de transfer după cum urmează:

Circuit limitator de bandă

Intrare: x

Date: $x_{\max}$, $x_{\min}$

$$\begin{aligned} \text{Funcție de transfer: } y &= x_{\min} && \text{dacă } x < x_{\min} \\ &= x && \text{dacă } x_{\min} < x < x_{\max}, \\ &= x_{\max} && \text{dacă } x > x_{\max} \end{aligned}$$

Integrator cu limitare

Intrare: x

Date: $y_{\max}$, $y_{\min}$, K, T

$$\begin{aligned} \text{Funcție de transfer: } y' &= \frac{1}{T}y + \frac{K}{T}x && \text{Dacă } y_{\min} < y < y_{\max}, \\ & && \text{sau } y = y_{\min}, \quad \frac{K}{T}x - \frac{1}{T}y > 0 \\ & && \text{sau } y = y_{\min}, \quad \frac{K}{T}x - \frac{1}{T}y < 0 \end{aligned}$$

Circuit de măsurare

Intrare: x_1 , x_2 , x_3

Date: K

$$\text{Funcție de transfer: } y = \frac{1.35(x_1x_2 + x_1x_3 + x_2x_3)}{3} K$$

MultiplicatorIntrare: x_1, x_2, x_3, x_4 Date: A_1, A_2, A_3, A_4 Funcție de transfer: $y = A_1 + A_2x_2 + A_3x_3 + A_4x_4 + B$ **Circuit referință**Date: $(y)_{Cl}, (y)_m, (y)_n$ Funcție de transfer: $y = (y)_o$

Acest bloc asigură o referință constantă ce poate fi modificată continuu de operator între o valoare minimă și o valoare maximă

Circuit limitator de energieIntrare: x

Funcție de transfer: $y = 1$ $x^2t \geq (2x_N)^2T$
 $y = 0$ $x^2t < (2x_N)^2T$

Circuit cu caracteristica releu

Funcție de transfer: $y = x_1$ $x_2 = 1$
 $y = 0$ $x_2 = 0$

Circuit cu caracteristica comparator

Funcție de transfer: $y = 1$ $x_1 < x_2$
 $y = 0$ $x_1 \geq 0$

Circuit cu caracteristica "sau logic"

Funcție de transfer: $y = 1$ $x_1 = 1 \text{ sau } x_2 = 1$
 $y = 0$ $x_1 = 0 \text{ și } x_2 = 0$

Circuit convertor forma de undă

Funcție de transfer: $y = 1$ $x \geq 0$
 $y = 0$ $x < 0$

REVENDICĂRI

1. Sistemul static de pornire a motoarelor de mare putere, **caracterizat prin aceea că** având în componență o rezistență de putere conectată la bornele înfășurării de excitație a unui motor sincron prin intermediul unui dispozitiv de comutație pentru realizarea pornirii în regim asincron a acestui motor circuit de putere și un automat programabil, mărește precizia de comutare din regim asincron în regim sincron, pentru alimentarea cu curent continuu a înfășurării de excitație a motorului sincron la o valoare dată a turației motorului (alunecare) în momentul favorabil când valoarea unghiului intern δ este nulă prin utilizarea unui contactor static (5) realizat din două tiristoare de putere montate antiparalel cu circuitele de comandă pe grilă aferente conectat în serie cu rezistența de putere (4) la bornele înfășurării de excitație (2) a motorului sincron și un circuit de control al pornirii în asincron (25) a motorului, format dintr-un traductor de curent (9), care transmite măsura curentului de excitație din circuitul de pornire către un bloc de adaptare (10). Ieșirea blocului de adaptare (10) este conectată la un convertor de formă de undă (12) prin intermediul unui releu (11) comandat atunci când poziția întrerupătorului motorului este închisă. Semnalul alternativ este convertit în pulsuri dreptunghiulare având aceeași durată. Semnalul dreptunghiular este aplicat la intrarea unui numărător de intervale (13). Rezultatul măsurii realizate este transmisă în intrarea întâi a unui comparator (15) a cărui ieșire devine activă dacă valoarea de la prima intrare este mai mare ca valoarea constantă primită pe intrarea a doua a comparatorului de la un bloc de referință (14). Ieșirea comparatorului (15) este aplicată unui circuit "sau logic" (16) care împreună cu un releu (17) are funcția de a menține ieșirea activă atâta timp cât întrerupătorul motorului este închis. Ieșirea blocului "sau logic" (16) reprezintă semnalul de comandă pentru circuitul de comandă pe grilă a tiristoarelor contactorului static.

Semnalul analogic de la ieșirea releului 11 este transmis în același timp și către prima intrare unui sumator (18), pe a doua intrare acesta primind o valoare constantă nula de la un bloc de referință (19). Dioda montată la intrarea sumatorului (18), permite transmiterea numai a valorilor negative a semnalului analogic. Ieșirea sumatorului (18) este trimisă pe prima intrare a unui comparator (20). Comparatorul (20) primește pe a doua intrare o valoare constantă de la un bloc de referință (21). Ieșirea comparatorului (20) este transmisă către circuitele de reglare și control (24) al punții redresoare (8) prin intermediul a două relee (22, 23). Circuitele 18 ÷ 24 sunt implementate sunt grupate într-un bloc (25) și sunt implementate în automatul programabil 27.

2. Sistemul static de pornire a motoarelor de mare putere, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** are în componența sa un automat programabil care are implementat pe baza unui program într-un și are în alcătuire a sa un regulator numeric al unghiului (φ) de defazaj între tensiunea motorului și curentul motorului, având și funcția de compensare a consumului de putere reactivă a sarcinilor inductive alimentate de la aceeași sursă cu motorul sincron, realizat dintr-un multiplicator (29) care primește pe prima intrare valoarea de referință pentru unghiul φ , generată de un circuit de referință (30). Pe a doua intrare a multiplicatorului

(29) se transferă valoarea măsurată a unghiului ϕ al motorului calculat și reprezintă valoarea de reacție pentru regulator. Pe a treia intrare a multiplicatorului (29) se primește valoarea măsurată a unghiului ϕ al tuturor consumatorilor alimentați din aceeași rețea, și reprezintă a doua valoare de reacție pentru regulator. Intrarea a patra a multiplicatorului (29) se conectează, printr-o diodă (31) la ieșirea unui integrator cu limitare (37) cu ajutorul căruia se realizează controlul termic al înfășurărilor statorice ale motorului sincron. Pentru realizarea buclei de curent de reglare de curent de excitație (curentul redresat - I_d), mărimea de ieșire a unui multiplicator (29) este integrată de un integrator cu limitare (32) și se transferă ca valoare de referință pentru regulatorul curentului de excitație, pe prima intrare a unui circuit multiplicator (38). A doua intrare a multiplicatorului (38) primește informația de curent redresat măsurat de un circuit de măsurare (28) și reprezintă reacția regulatorului de excitație. Intrarea a treia a multiplicatorului (38) este conectată la un circuit limitator de energie (41) cu ajutorul căruia se realizează controlul termic al înfășurării rotorice ale motorului sincron. Datele de la ieșirea circuitului multiplicator (38) sunt transferate către puntea redresoare (8) prin intermediul unui convertor digital analogic, astfel ca mărimea de ieșire a circuitelor de reglare să poată constitui mărime de comandă pentru dispozitivul generator impulsuri de comandă cu fază variabilă pentru comanda tiristoarelor inclus în puntea redresoare (8).

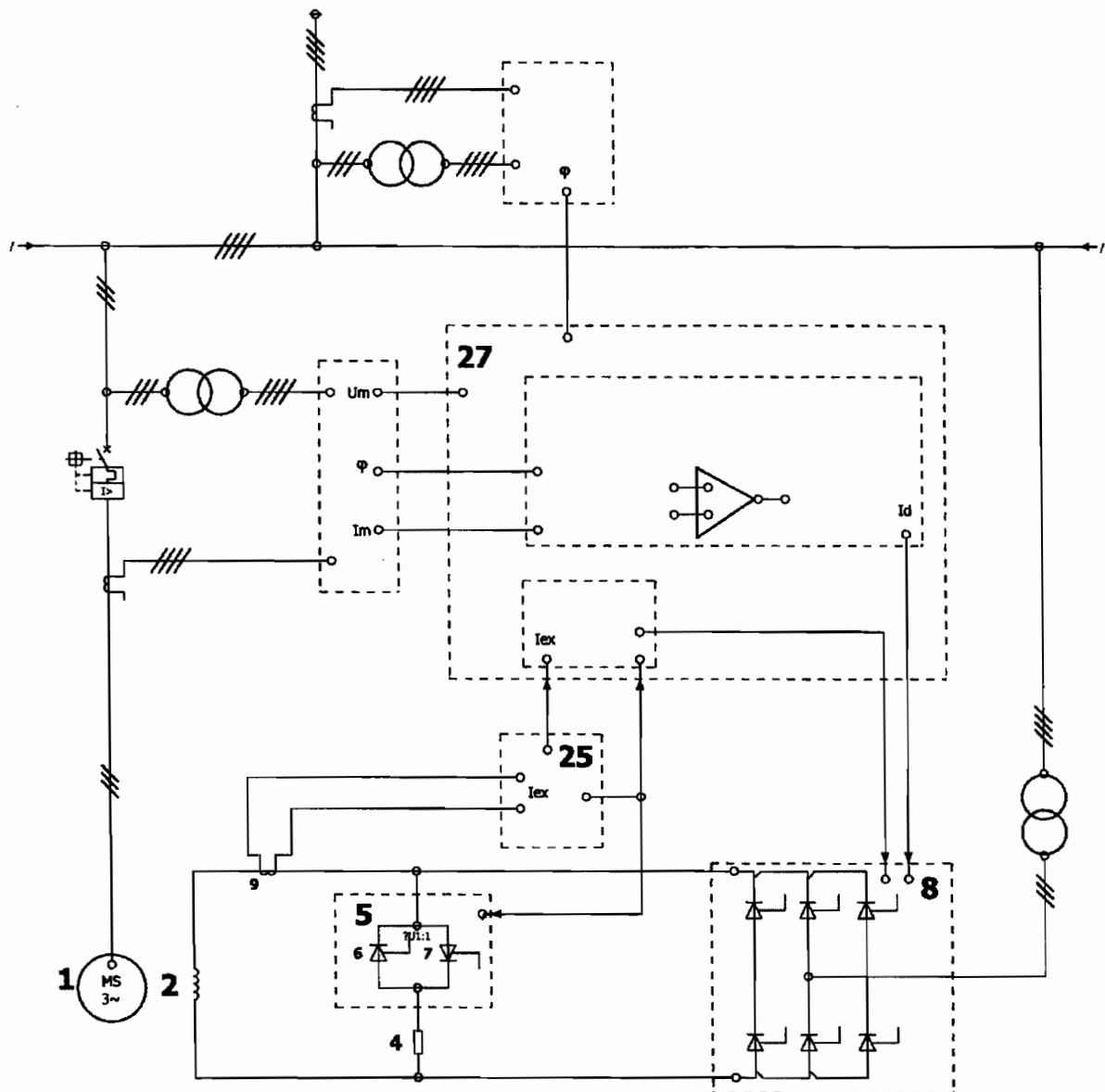


FIG. 1



28

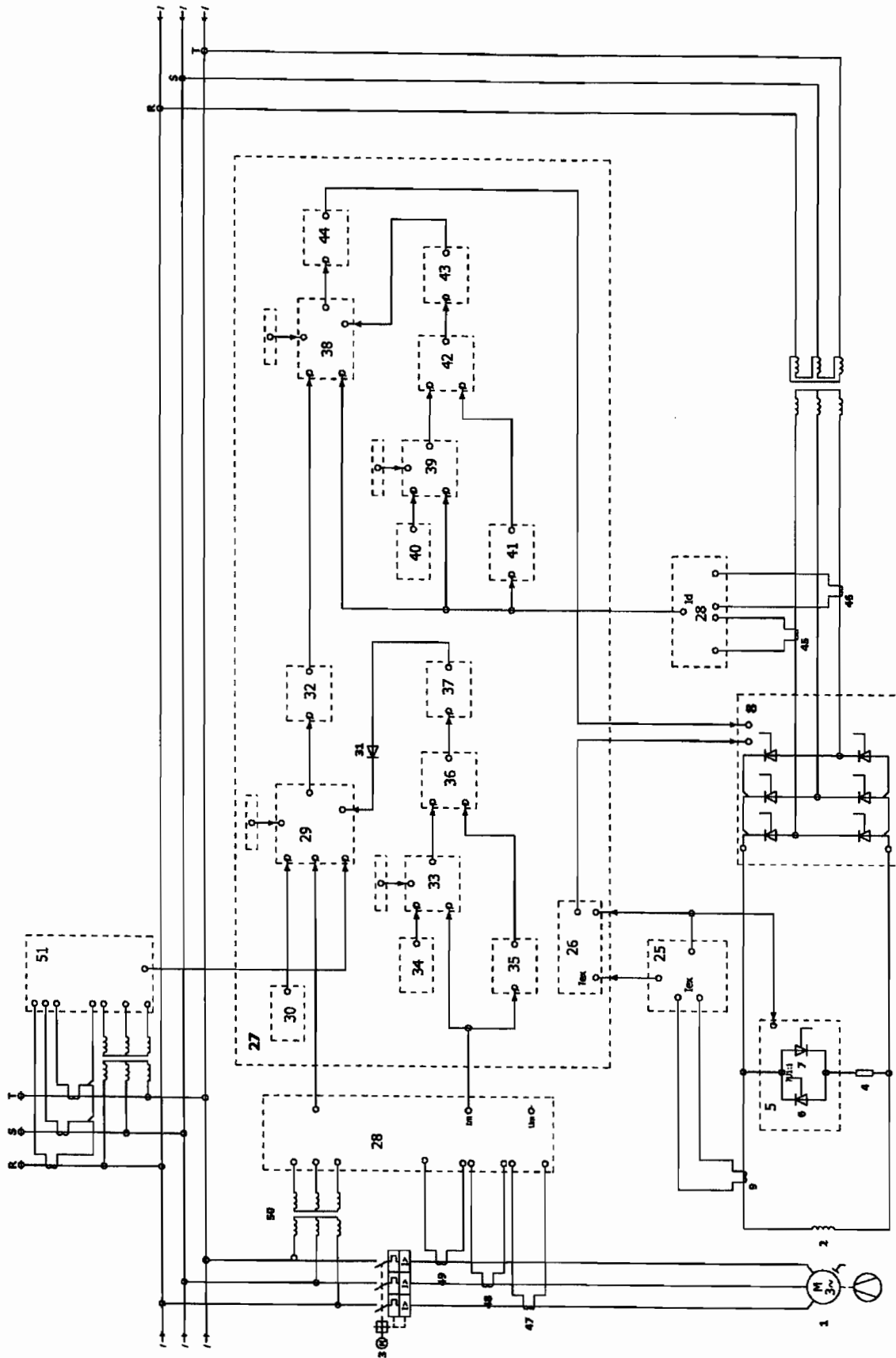


FIG. 3

Sistem Static de Pornire a Motoarelor Sincrone de Mare Putere

Invenția se referă la un sistem static de pornire al unui motor sincron alimentat de la o rețea de tensiune trifazată de putere infinită.

În regim de motor mașina sincronă primește energie electrică de la rețeaua de c.a. trifazată prin stator pe care o transformă în energie mecanică furnizată axului motorului. Regimul de motor al mașinii sincrone se folosește în aplicațiile care necesită turație constantă datorită avantajelor față de motoarele asincrone: randament mai ridicat, factor de putere mergând până la unitate, cuplu invariabil cu turația, întrefier mai mare. Un alt avantaj al utilizării motorului sincron este funcționarea în regim supraexcitat cu factor de putere capacitiv, furnizând rețelei de alimentare putere reactivă reglabilă, putând astfel înlocui bateriile de condensatoare necesare compensării puterii reactive a consumatorilor inductivi.

Utilizarea mașinii sincrone ca motor a fost cu puțință numai după ce au fost rezolvate cu succes două deficiențe grave ale motorului sincron: absența cuplului de pornire și posibilitatea de pendulare cu pericolul desprinderii din sincronism (pierderea stabilității).

Deoarece mașina sincronă nu poate funcționa decât la sincronism, la pornire când viteza rotorului este nulă, nefiind îndeplinită condiția de sincronism, motorul sincron nu poate dezvolta cuplu electromagnetic. De aceea, pentru demarajul motorului este necesară utilizarea unor echipamente auxiliare care să suplinească acest inconvenient. Cea mai uzuală metodă de pornire a motorului sincron este în regim asincron, cu înfășurarea rotorică închisă pe o rezistență de valoare mare care va ușura accelerarea rotorului până în apropierea vitezei de sincronism. În momentul în care motorul se află în apropierea vitezei de sincronism se introduce curent continuu în înfășurarea de excitație (concomitent cu deconectarea rezistenței de la bornele înfășurării de excitație) și rotorul intră în sincronism datorită cuplului electromagnetic sincron. În momentul în care are loc stabilirea curentului continuu prin înfășurarea de excitație, începe procesul tranzitoriu de sincronizare care este dependent de mărimea unghiului dintre axa polilor inductori și axa câmpului rezultat (unghiul intern δ). Situația cea mai favorabilă pentru sincronizare corespunde cazului când valoarea unghiului intern δ este nulă, adică în fața unui pol real se găsește un pol fictiv de semn contrar.

În cazul unui motor alimentat de la rețea, componenta activă a curentului absorbit este determinată de sarcina la ax (cuplul de sarcină). Pentru un anumit cuplu la ax, respectiv putere activă constantă, prin variația curentului de excitație poate avea un schimb de putere reactivă cu rețeaua. Funcționarea motorului sincron la un factor unitar, care corespunde unui curent de excitație optim, este cea mai avantajoasă, deoarece mașina lucrează cu cele mai mici pierderi, iar între rețea și motor nu există circulație de putere reactivă. Totuși motorul sincron poate fi utilizat, în măsura în care nu se depășesc limitele termice de funcționare, și drept compensator sincron pentru producerea energiei reactive necesare îmbunătățirii factorului de putere la consumator.

Altă problemă importantă a funcționării motorului sincron este aceea a funcționării sincrone stabile. Pierderea sincronismului poate duce la slăbirea și dezizolarea înfășurărilor statorice, suprasolicitarea arborelui și a cuplajelor mecanice, deteriorarea înfășurării de amortizare, a înfășurării de excitație. Cauze pentru instabilitate sunt: suprasarcini la axul mașinii;



funcționarea la un curent de excitație în afara limitelor admisibile; funcționare cu tensiune la borne în afara limitelor admisibile – scurtcircuitate în rețeaua de alimentare; dubla punere la pământ în rotor.

Stabilitatea funcționării motorului, în cazul unor perturbații ale sarcinii sau pe rețea, este determinată în mare măsură de timpul de răspuns al sistemului de excitație. Este necesar un răspuns rapid pentru a se menține constant cuplul sincron în condițiile unor șocuri ale cuplului la ax sau fenomene electrice în rețeaua de alimentare.

Funcțiile de bază ale sistemului static de pornire a motorului sincron sunt pornirea motorului în regim asincron, reglarea factorului de putere (unghi de putere), reglarea curentului de excitație, compensarea puterii reactive la consumator, protecția motorului sincron.

Sunt cunoscute sisteme de pornire pentru motoare sincrone care au dezavantajul că prezintă un timp de răspuns relativ mare la semnale de comandă ceea ce conduce la imprecizia comutării din regim asincron în cel sincron, cu efecte negative asupra calității energiei din sistem, au gabarite mari, număr de comutări limitat, transmit echipamentului șocuri mecanice în timpul acționării.

Sunt cunoscute sisteme de excitație statică pentru motoare sincrone care au dezavantajul că prezintă un timp de răspuns relativ mare al sistemului de reglare, ceea ce conduce la un răspuns întârziat al motorului în cazul necesității de a furniza cuplul sincron pentru menținerea funcționării stabile în situația unor perturbații ale rețelei electrice care alimentează motorul.

O problema tehnică pe care o rezolvă invenția este precizia scăzută de comutare din regim asincron în regim sincron și alimentarea cu curent continuu a înfășurării de excitație a motorului sincron la o valoare dată a turației motorului (alunecare), care generează solicitări electro-mecanice ale motorului, datorată utilizării aparatelor de comutație electromecanice tip contactor,

O altă problema tehnică pe care o rezolvă invenția este gabaritul ridicat, număr de acționări limitat, șocuri mecanice a aparatelor de comutație electromecanice utilizate în acest tip de echipamente.

O altă problema tehnică pe care o rezolvă invenția este utilizarea motorului sincron și a unui sistem de excitație statică fără a se lua în considerare capacitatea întregului sistem de a compensa factorul de putere (consumul de putere reactivă) al unității industriale în cadrul cărei funcționează motorul sincron.

Sistemul static de pornire a motoarelor sincrone, conform invenției, înlătură dezavantajele de mai sus, prin aceea că mărește precizia de comutare din regim asincron în regim sincron, pentru alimentarea cu curent continuu a înfășurării de excitație a motorului sincron la o valoare dată a turației motorului (alunecare) în momentul favorabil când valoarea unghiului intern δ este nulă – la trecerea prin zero a curentului indus în circuitul de excitație la pornirea în asincron – prin utilizarea dispozitivelor semiconductoare de putere și a unui circuit de comanda a acestor dispozitive cu microcontroller, micșorându-se astfel durata regimului instabil la trecerea din regim asincron în cel sincron ("prindere în sincronism"); se micșorează spațiul în care sunt montate componentele de putere aferente circuitului de pornire în asincron ceea ce duce la micșorarea gabaritului echipamentului; crește fiabilitatea sistemului prin eliminarea



componentelor mecanice în mișcare și contactelor electrice susceptibile a se defecta datorită arcului electric apărut la comutație; utilizarea unei excitații statice cu reglare numerică rapidă va aduce pe lângă o siguranță mărită în funcționare și posibilitatea implementării unui regulator numeric de factor de putere (unghi de putere) cu ajutorul căruia se va putea realiza funcția de compensare factor de putere (consum de putere reactivă).

Sistemul static de pornire pentru motoare sincrone, conform invenției, are următoarele avantaje:

- precizie mărită de măsură a mărimilor electrice din procesul de pornire în asincron a motoarelor sincrone;
- detecție precisă a condițiilor optime pentru alimentarea înfășurării rotorice a motorului sincron cu curent continuu la finalizarea pornirii în asincron;
- micșorare solicitări electromecanice în momentul comutației regimurilor de funcționare și în timpul funcționării normale datorită monitorizării parametrilor electrici ai mașinii sincrone și reacției rapide a sistemului la perturbații;
- timp de răspuns mic, datorită utilizării unității de achiziție de date, care realizează conversia analog numerică a mărimilor analogice de sistem;
- o configurare optimă și facilă a parametrilor sistemului de reglare în automatul programabil;
- o comunicare rapidă și performantă între unitatea de achiziție de date și automatul programabil, pe principiul transmisiei paralele de date;
- o diagnoză a funcționării sistemului, și de aici, intervenții eficiente a operatorului;
- o siguranță mărită în funcționare, dată de sistemul numeric compact, și de supravegherea facilă a funcționării unor circuite importante ale sistemului;

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1, fig. 2 și fig. 3 care reprezintă:

- fig. 1, schema bloc pentru sistemul static de pornire a motoarelor sincrone de mare putere;
- fig. 2, schema bloc pentru circuitul de putere necesar pornirii în regim asincron a motorului sincron și schema de principiu a circuitului de control a dispozitivelor de putere utilizate în circuitul de putere;
- fig. 3, schema de principiu a sistemului de excitație statică cu reglare numerică a unghiului de putere a motoarelor sincrone cu funcție de compensare generatoare sincrone.

Sistemul static de pornire a motoarelor sincrone conform invenției (fig. 3) are în alcătuire o înfășurare de excitație 2 a unui motor sincron 1 conectat la o rețea trifazată prin intermediul unui întrerupător 3, la bornele căreia sunt conectate o rezistență de putere 4 prin intermediul unui contactor static 5 comandat de un "circuit de control al pornirii în asincron" 25 și un convertizor c.a./c.c. format dintr-o punte redresoare cu tiristoare, complet comandată 8. Contactorul static 5 este format din două tiristoare 6 și 7 montate antiparalel cu circuite de comanda a conducției pe grilă conectate la anodul tiristoarelor. Sistemul static de pornire în asincron este prevăzut de asemenea cu un sistem de reglare implementat cu un automat programabil 27 și un bloc de achiziție de semnale 28. În automatul programabil sunt implementate funcțiile de reglare, protecție, control logic. Blocul de achiziție de semnale realizează funcția de adaptare și conversie analog-digitală a mărimilor electrice primare de la intrările sale, calculul mărimilor electrice care



nu pot fi măsurate direct, conversia digital-analogică a mărimilor care vor fi transmise automatului programabil 27.

Mărimile electrice primare care sunt primite de blocul de achiziție semnale sunt: Curentul motorului (I_M) este măsurat cu trei transformatoare de măsură curent 47, 48, 49; valoarea curentului determină gradul de încărcare al motorului. Tensiunea trifazată de alimentare a motorului (U_M) măsurată de un transformator trifazat de măsură tensiune 50. Măsurile curentului și tensiunii motorului sunt utilizate pentru calculul unghiului de defazaj (φ) între tensiunea de alimentare a motorului și curentul absorbit de motor în funcționare; Curentul prin puntea redresoare (I_d) este măsurat cu două transformatoare de curent 45 și 46; Măsura curentului redresat este utilizată ca măsură de reacție în schema de reglare. Mărimile electrice ale motorului sincron (U_M , I_M , φ) și curentul redresat (I_d) sunt transmise automatului programabil 27. Automatul programabil mai poate primi din exterior măsura unghiului de defazaj (φ) între tensiunea de alimentare a motorului și curentul absorbit de toți consumatorii alimentați din aceeași rețea, de la bloc de achiziție exterior 51.

În timpul pornirii, circuitul de control al pornirii în asincron 25, realizat cu controller rapid, realizează următoarele operații: adaptează și convertește măsura și forma de undă a curentului de excitație din circuit, îi măsoară perioada și ia decizia de a întrerupe comanda pe grilele contactorului static în vederea deconectării sale și alimentării înfășurării de excitație a motorului sincron cu curent continuu (prindere în sincronism).

Circuitul de control al pornirii în asincron 25 (fig. 2) este format din următoarele blocuri: traductorul de curent 9 transmite măsura curentului de excitație (curent alternativ) din circuitul de pornire către un blocul de adaptare 10. Ieșirea blocului de adaptare 10 este conectată la un convertor de formă de undă 12 prin intermediul unui releu 11 comandat atunci când poziția întrerupătorului motorului este închisă. Semnalul alternativ este convertit astfel în semnal pulsatoriu dreptunghiular, pulsurile dreptunghiulare având aceeași durată cu semialternanța pozitivă a curentului de excitație. Semnalul dreptunghiular este aplicat la intrarea unui numărător de intervale 13 (este măsurată durata pulsului dreptunghiular aplicat la intrare). Rezultatul măsurii realizate este transmisă în intrarea întâi a unui comparator 15 a cărui ieșire devine activă dacă valoare de la prima intrare este mai mare ca valoarea constantă primită pe intrarea a doua a comparatorului de la un bloc de referință 14. Ieșirea circuitului 15 este aplicată unui circuit "sau logic" 16 care împreună cu releul 17 are funcția de a menține ieșirea activă atâta timp cât întrerupătorul motorului este închis. Ieșirea blocului 16 reprezintă semnalul de comandă pentru circuitul de comandă pe grilă a tiristoarelor contactorului static.

Semnalul analogic de la ieșirea releului 11 este transmis în același timp și către prima intrare unui sumator 18, pe a doua intrare primind o valoare constantă nula de la un bloc de referință 19. Dioda montată la intrarea blocului 18, permite transmisia numai a valorilor negative a semnalului analogic. Rezultatul sumei dintre valoarea negativă instantanee a semnalului aplicat pe prima intrare și valoarea constantă aplicată pe a doua intrare a circuitului 18 este trimisă pe prima intrare a unui comparator 20. Comparatorul 20 primește pe a doua intrare o valoare constantă de la un bloc de referință 21. Sunt comparate valorile de pe cele două intrări și dacă



este îndeplinită inegalitatea impusă, ieșirea circuitului 20 devine activă și este transmis un semnal către circuitele de reglare și control 24 ale punții redresoare 8 prin intermediul a două rele 22, 23. Circuitele 18 ÷ 24 fac parte dintr-un bloc de control 26 și sunt implementate în automatul programabil 27 cu care este echipat sistemul.

Pe toată durata alimentării înfășurării de excitație a motorului sincron cu curent continuu se execută schema de reglare a curentului redresat care constă într-o buclă de reglare principală a unghiului (φ) de defazaj între U_M și I_M cu semnal de limitare a curentului statoric la valoare nominală și o buclă de reglare secundară (subordonată) care cuprinde limitarea curentului de excitație (curentul redresat - I_d) într-un interval de valori prestabilit. Reglarea unghiului φ permite funcționarea motorului la factor de putere unitar care corespunde curentului statoric minim (pierderi minime, solicitări termice minime) sau poate funcționa supraexcitat ca generator de putere reactivă.

Automatul programabil 27 are înregistrat în memoria sa programul care configurează schema de reglare după cum urmează:

Regulatorul unghiului φ (fig. 3) este realizat dintr-un multiplicator 29 care primește pe prima intrare valoarea de referință pentru unghiul φ , generată de un circuit de referință 30.

Pe a doua intrare a multiplicatorului 29 se transferă valoarea măsurată a unghiului φ al motorului calculat și reprezintă valoarea de reacție pentru regulator.

Pe a treia intrare a multiplicatorului 29 se primește valoarea măsurată a unghiului φ al tuturor consumatorilor alimentați din aceeași rețea, și reprezintă a doua valoare de reacție pentru regulator.

Intrarea a patra a multiplicatorului 29 se conectează, printr-o diodă 31 la ieșirea unui integrator cu limitare 37.

Controlul regimului termic al statorului motorului se realizează pe baza caracteristicii $I_M^2 t$, implementată într-un circuit limitator de energie 35. Mărimea sa de ieșire este zero sau o valoare determinată conform funcției de transfer a circuitului, dependentă de pătratul curentului de generator măsurat, și se transmite la prima intrare a unui alt circuit cu caracteristica releu 36. A doua intrare a acestui circuit este legată la ieșirea unui al doilea multiplicator 33, care este comandat pe cele două intrări ale sale de ieșirea unui circuit de referință 34 și de valoarea măsurată a curentului motorului.

În acest mod, dacă curentul motorului depășește valoare nominală, sistemul de reglare intervine pentru scăderea sa după un timp determinat de caracteristica $I_M^2 t$ a statorului motorului, astfel încât regimul termic la funcționarea cu supracurent este controlat.

Pentru realizarea buclei de curent de reglare de curent de excitație (curentul redresat - I_d), mărimea de ieșire a multiplicatorului 29 este integrată de un integrator cu limitare 32 și se transferă ca valoare de referință pentru regulatorul curentului de excitație, pe prima intrare a circuitului multiplicator 38.

A doua intrare a multiplicatorului 38 primește informația de curent redresat măsurat de un circuit de măsurare 28 și reprezintă reacția regulatorului de excitație.



Intrarea a treia a multiplicatorului **38** are rolul de a controla regimul termic a rotorului, similar cu controlul regimului termic al statorului, pe baza caracteristicii $I_d^2 t$, implementată într-un circuit limitator de energie **41**.

Mărimea de ieșire a circuitului **41** este zero sau o valoare determinată conform funcției sale de transfer, dependentă de pătratul valorii măsurate a curentului de excitație, se transmite la prima intrare a unui circuit cu caracteristica releu **42**.

A doua intrare a acestui circuit este legată la ieșirea unui multiplicator **39**, care operează informațiile de pe prima și a doua intrare a sa, respectiv mărimea de ieșire a unui circuit de referință **40** și valoarea măsurată a curentului de excitație de către circuitul de măsurare **28**. Mărimea de ieșire a circuitului cu caracteristica releu **42** este integrată de un circuit integrator cu limitare **43**, a cărui mărime de ieșire reprezintă semnalul de control pentru regimul termic al înfășurării rotorice și operează pe a treia intrare a circuitului multiplicator **38**.

Datele de la ieșirea circuitului multiplicator **38** sunt transferate către puntea redresoare **8** prin intermediul unui convertor digital analogic, astfel ca mărimea de ieșire a circuitelor de reglare să poată constitui mărime de comandă pentru dispozitivul generator impulsuri de comandă cu fază variabilă pentru comanda tiristoarelor inclus în puntea redresoare **8**.

Ierarhizarea corectă a diverselor semnale și funcționarea corectă a sistemului de reglare este asigurată de structură specială a reglatoarelor și celorlalte elemente din schema de reglare numerică realizate pe baza circuitelor care au funcțiile de transfer după cum urmează:

Circuit limitator de bandă

Intrare: x

Date: $x_{\max}$, $x_{\min}$

$$\begin{aligned} \text{Funcție de transfer:} \quad y &= x_{\min} && \text{dacă } x < x_{\min} \\ & y = x && \text{dacă } x_{\min} < x < x_{\max}, \\ & y = x_{\max} && \text{dacă } x > x_{\max} \end{aligned}$$

Integrator cu limitare

Intrare: x

Date: $y_{\max}$, $y_{\min}$, K , T

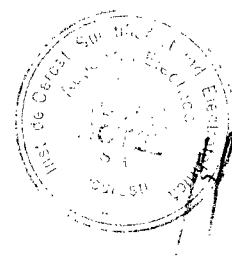
$$\begin{aligned} \text{Funcție de transfer:} \quad y' &= \frac{1}{T}y + \frac{K}{T}x && \text{Dacă } y_{\min} < y < y_{\max}, \\ & \text{sau } y = y_{\min}, \quad \frac{K}{T}x - \frac{1}{T}y > 0 && \\ & \text{sau } y = y_{\min}, \quad \frac{K}{T}x - \frac{1}{T}y < 0 && \end{aligned}$$

Circuit de măsurare

Intrare: x_1 , x_2 , x_3

Date: K

$$\text{Funcție de transfer:} \quad y = \frac{1.35(x_1x_2 + x_1x_3 + x_2x_3)}{3}K$$





71

Multiplicator

Intrare: x_1, x_2, x_3, x_4

Date: A_1, A_2, A_3, A_4

Funcție de transfer: $y = A_1 + A_2x_2 + A_3x_3 + A_4x_4 + B$

Circuit referință

Date: $(y)_{C1}, (y)_m, (y)_n$

Funcție de transfer: $y = (y)_o$

Acest bloc asigură o referință constantă ce poate fi modificată continuu de operator între o valoare minimă și o valoare maximă

Circuit limitator de energie

Intrare: x

Funcție de transfer: $y = 1$ $x^2t \geq (2x_N)^2T$
 $y = 0$ $x^2t < (2x_N)^2T$

Circuit cu caracteristica releu

Funcție de transfer: $y = x_1$ $x_2 = 1$
 $y = 0$ $x_2 = 0$

Circuit cu caracteristica comparator

Funcție de transfer: $y = 1$ $x_1 < x_2$
 $y = 0$ $x_1 \geq 0$

Circuit cu caracteristica "sau logic"

Funcție de transfer: $y = 1$ $x_1 = 1$ sau $x_2 = 1$
 $y = 0$ $x_1 = 0$ și $x_2 = 0$

Circuit convertor forma de undă

Funcție de transfer: $y = 1$ $x \geq 0$
 $y = 0$ $x < 0$





06/04/2017

REVENDICĂRI

1. Sistemul static de pornire a motoarelor de mare putere, **caracterizat prin aceea că** având în componență o rezistență de putere conectată la bornele înfășurării de excitație a unui motor sincron prin intermediul unui dispozitiv de comutație pentru realizarea pornirii în regim asincron a acestui motor, un circuit de comandă și un automat programabil, mărește precizia de comutare din regim asincron în regim sincron, pentru alimentarea cu curent continuu a înfășurării de excitație a motorului sincron la o valoare dată a turației motorului (alunecare) în momentul favorabil când valoarea unghiului intern δ este nulă prin utilizarea unui contactor static (5) realizat din două tiristoare de putere montate antiparalel cu circuitele de comandă pe grilă aferente conectat în serie cu rezistența de putere (4) la bornele înfășurării de excitație (2) a motorului sincron și un circuit de control al pornirii în asincron (25) a motorului, format dintr-un traductor de curent (9), care transmite măsura curentului de excitație din circuitul de pornire către un bloc de adaptare (10) a cărui ieșire este conectată prin intermediul unui releu (11), comandat atunci când întrerupătorul motorului este închis, atât la un convertor de formă de undă (12) care face conversia semnalului alternativ în pulsuri dreptunghiulare având aceeași durată, impulsuri dreptunghiulare aplicate la intrarea unui numărător de intervale (13) al cărui rezultat este transmis în intrarea întâi a unui comparator (15) a cărui ieșire, devenind activă dacă valoarea de la prima intrare este mai mare ca valoarea constantă primită pe intrarea a doua a comparatorului de la un bloc de referință (14), este aplicată atât unui circuit "sau logic" (16) care împreună cu un releu (17) are funcția de a menține ieșirea comparatorului (15) activă atâta timp cât întrerupătorul motorului este închis, ieșirea blocului "sau logic" (16) reprezentând semnalul de comandă pentru circuitul de comandă pe grilă a tiristoarelor contactorului static, cât și pe intrarea blocului (26) implementat în automatul programabil (27), blocul (26) fiind format dintr-un sumator (18), a cărui primă intrare fiind intrarea în blocul (26) și, utilizând dioda montată la intrarea sumatorului (18), primește numai valorile negative a semnalului analogic de la ieșirea releului (11), valoare care se însumează cu o valoare constantă nula primită de la un bloc de referință (19), ieșirea sumatorului (18) fiind trimisă pe prima intrare a unui comparator (20), care primește pe a doua intrare o valoare constantă de la un bloc de referință (21), și a cărui ieșire este transmisă către circuitele de reglare și control (24) al punții redresoare (8) prin intermediul a două relee (22, 23).

2. Sistemul static de pornire a motoarelor de mare putere, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** are în componența sa un automat programabil care are implementat pe baza unui program într-un și are în alcătuire a sa un regulator numeric al unghiului (φ) de defazaj între tensiunea motorului și curentul motorului, având și funcția de compensare a consumului de putere reactivă a sarcinilor inductive alimentate de la aceeași sursă cu motorul sincron, realizat dintr-un multiplicator (29) care primește pe prima intrare valoarea de referință pentru unghiul φ , generată de un circuit de referință (30), pe a doua intrare valoarea măsurată a unghiului φ al motorului calculat care reprezintă valoarea de reacție pentru regulator, pe a treia intrare valoarea măsurată a unghiului φ al tuturor consumatorilor alimentați din aceeași rețea care





06/04/2017

reprezintă a doua valoare de reacție pentru regulator, pe intrarea a patra se conectează, printr-o diodă (31) la ieșirea unui integrator cu limitare (37) cu ajutorul căruia se realizează controlul termic al înfășurărilor statorice ale motorului sincron, și a cărei valoare de ieșire după ce este integrată de un integrator cu limitare (32), este mărime de intrare pentru regulatorul de curent de excitație (curentul redresat - I_d), realizat cu un multiplicator (38), care primește pe prima intrare mărimea de ieșire a integrator cu limitare (32), pe doua intrare informația de curent redresat măsurat de un circuit de măsurare (28) care reprezintă reacția regulatorului de excitație, pe intrarea a treia ieșirea unui circuit limitator de energie (41) cu ajutorul căruia se realizează controlul termic al înfășurării rotorice ale motorului sincron, și a cărei mărime de ieșire este transferată către puntea redresoare (8) prin intermediul unui convertor digital analogic, astfel ca mărimea de ieșire a circuitelor de reglare să poată constitui mărime de comandă pentru dispozitivul generator impulsuri de comandă cu fază variabilă pentru comanda tiristoarelor inclus în puntea redresoare (8).





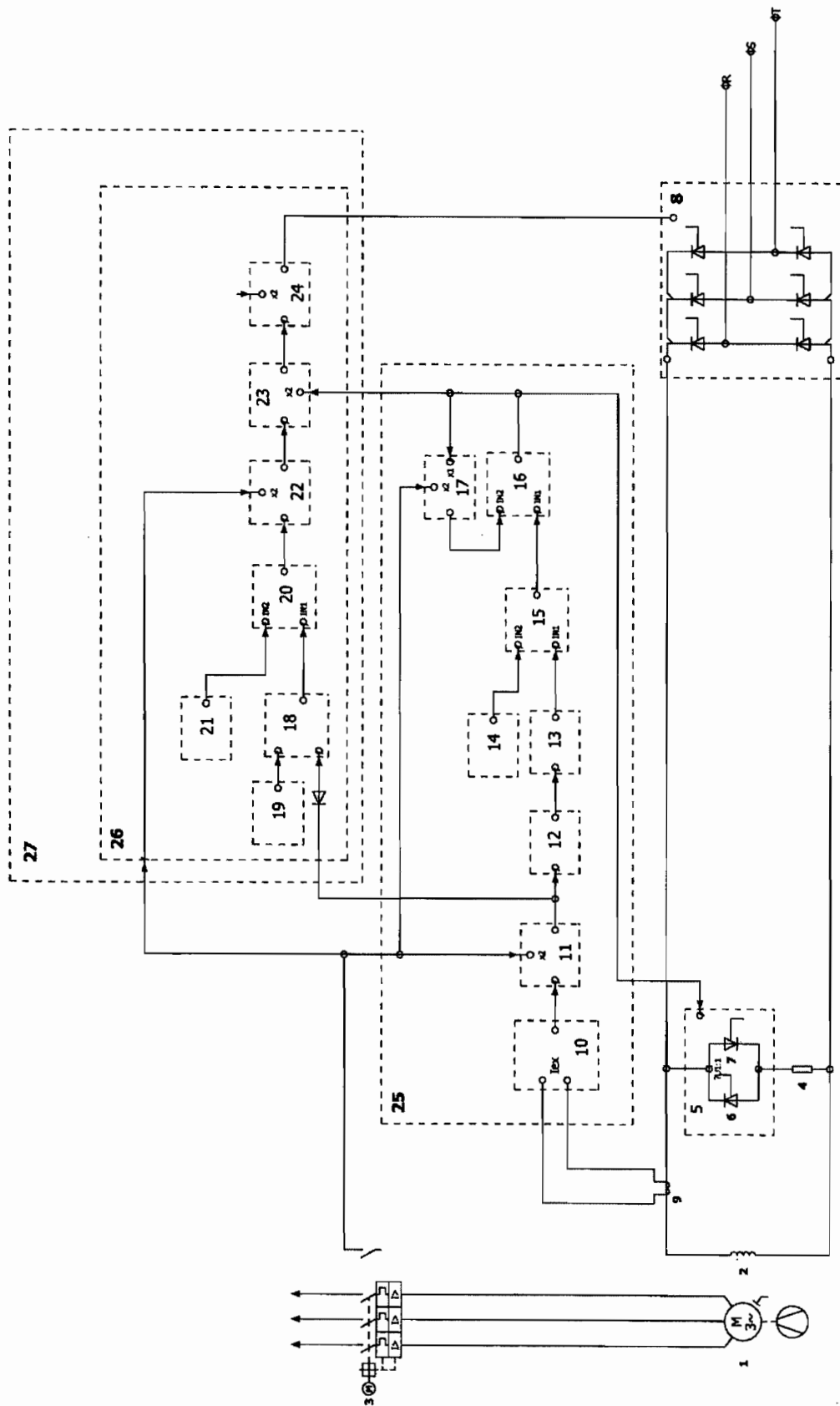


FIG. 2



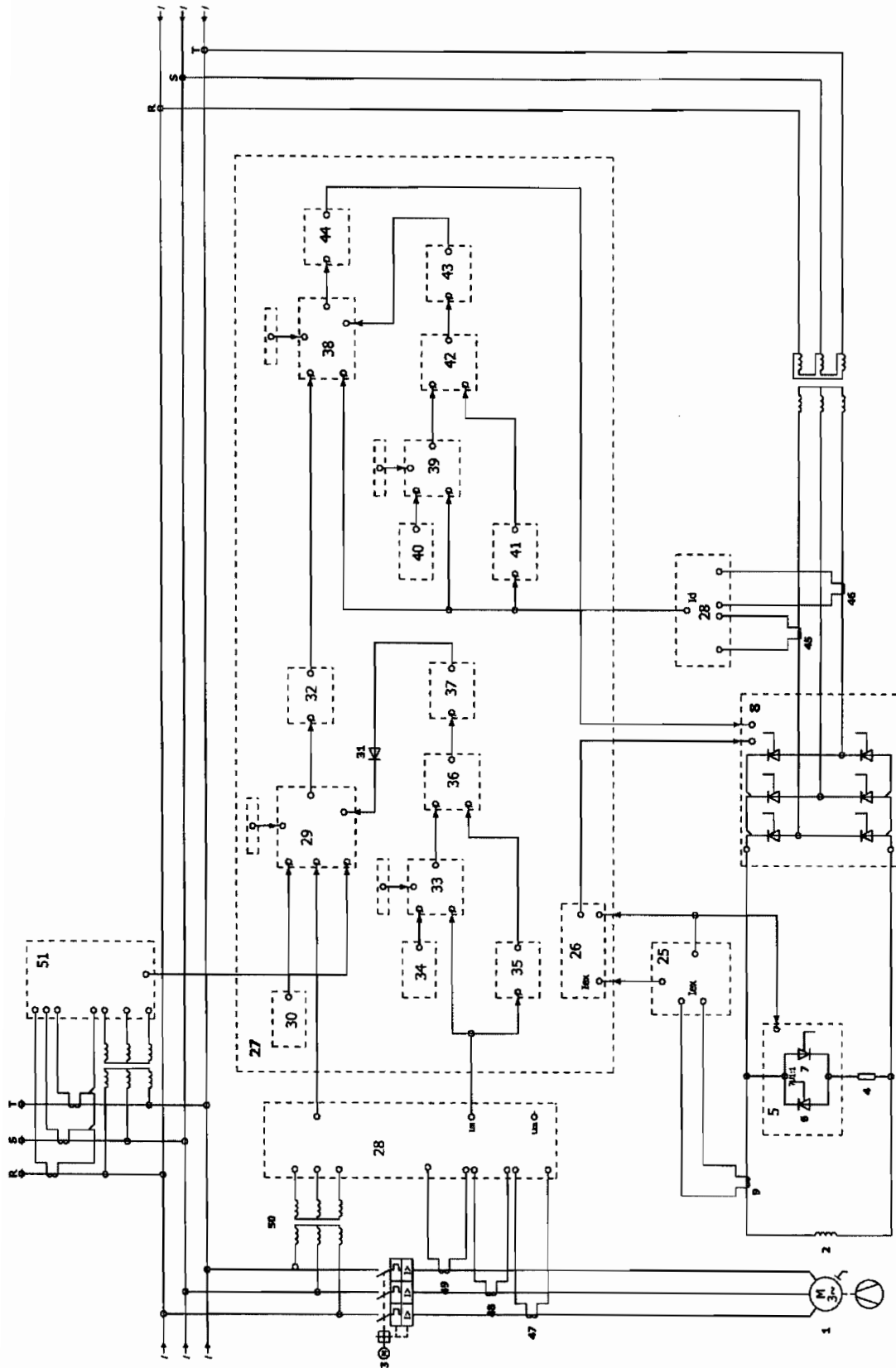


FIG. 3

