

CUPRINS

| | |
|---|-----------|
| 1. Structura generală a unui sistem de acționare electrică..... | 9 |
| 1.1. Clasificarea sistemelor de acționare electrică (S.A.E.) | |
| în funcție de convertorul static | 12 |
| 1.1.1. Noțiuni generale – caracterizarea energiei electrice | |
| la ieșirea convertorului static | 12 |
| 1.1.2. Clasificarea S.A.E..... | 15 |
| 2. Elemente de mecanica acționărilor electrice..... | 19 |
| 2.1. Cinematica acționărilor electrice | 19 |
| 2.2. Cupluri | 23 |
| 2.3. Ecuația fundamentală a mișcării | 26 |
| 2.4. Raportarea cuplurilor statice și a momentelor de inerție | 29 |
| 2.5. Stabilitatea statică a acționării electrice | 31 |
| 3. Acționări electrice cu motoare de curent continuu cu excitație separată | 35 |
| 3.1. Ecuațiile de funcționare. Schema structurală bloc..... | 35 |
| 3.1.1. Funcționarea în regim staționar. Ecuația caracteristicilor | |
| electromecanice | 38 |
| 3.1.2. Caracteristicile electromecanice | 41 |
| 3.1.2.1. Caracteristica electromecanică naturală | 41 |
| 3.1.2.2. Caracteristicile electromecanice artificiale | 42 |
| 3.2. Comanda acționării cu motor de curent continuu cu excitație separată | 45 |
| 3.2.1. Pornirea | 46 |
| 3.2.1.1. Pornirea prin cuplarea directă..... | 46 |
| 3.2.1.2. Pornirea cu tensiune redusă | 48 |
| 3.3. Reglarea vitezei acționării cu motor de curent continuu | |
| cu excitație separată..... | 49 |
| 3.3.1. Metode de reglare a vitezei..... | 51 |
| 3.3.1.1. Reglarea vitezei prin modificarea tensiunii de alimentare | 51 |
| 3.3.1.2. Reglarea vitezei prin introducerea unei rezistențe | |
| suplimentare în circuitul rotoric | 52 |
| 3.3.1.3. Reglarea vitezei prin modificarea fluxului..... | 53 |
| 3.4. Frânarea acționării cu motor de curent continuu | |
| cu excitație separată..... | 55 |
| 3.4.1. Frânarea cu recuperare..... | 55 |
| 3.4.1.1. Frânarea recuperativă sub acțiunea cuplului static activ | 55 |
| 3.4.1.2. Frânarea cu recuperare prin micșorarea tensiunii..... | 56 |
| 3.4.1.3. Reversarea sensului de rotație..... | 57 |
| 4. Sistem de acționare cu motor de curent continuu cu excitație | |
| separată și variator de tensiune continuă..... | 59 |
| 4.1. Principiul, schema de principiu, regimul de curent neîntrerupt | 59 |
| 4.2. Expresia curentului prin motor | 64 |

| | |
|--|-----|
| 4.3. Limitarea regimului de curent întrerupt și elemente de dimensionare | 66 |
| 4.4. Regimul de curent întrerupt..... | 69 |
| 4.5. Sistem de acționare cu m.c.c. și V.T.C.: funcționarea în regim de frână..... | 71 |
| 4.6. Funcționarea S.A. cu m.c.c. și V.T.C. în 4 cadrane (S.A. reversibile) | 73 |
| 5. Sistem de acționare cu m.c.c. cu excitație separată și redresor complet comandat | 75 |
| 5.1. Principiu, schema de principiu..... | 75 |
| 5.2. Caracteristicile electromecanice în regim de curent neîntrerupt..... | 76 |
| 6. Acționarea cu motoare asincrone trifazate | 79 |
| 6.1. Noțiuni generale..... | 79 |
| 6.2. Caracteristicile mecanice..... | 80 |
| 6.2.1. Caracteristica mecanică naturală..... | 82 |
| 6.2.2. Caracteristicile mecanice artificiale de tensiune | 84 |
| 6.2.3. Caracteristicile mecanice artificiale reostatice | 85 |
| 6.2.4. Caracteristicile mecanice artificiale de frecvență..... | 86 |
| 6.2.5. Caracteristicile mecanice artificiale de tensiune și frecvență | 87 |
| 6.3. Comanda acționării electrice cu motor asincron trifazat..... | 88 |
| 6.4. Sistem de acționare electrică cu motor asincron trifazat și CSITF cu modulație în amplitudine și sursă de tensiune..... | 90 |
| 6.4.1. Comanda inverterului..... | 91 |
| 7. Alegerea și verificarea motoarelor electrice..... | 95 |
| 7.1. Încălzirea motoarelor electrice în regim staționar | 95 |
| 7.2. Alegerea motorului electric | 97 |
| 7.2.1. Alegerea puterii motoarelor electrice..... | 98 |
| 7.2.2. Verificarea motoarelor electrice de acționare | 99 |
| 7.2.2.1. Verificarea motoarelor electrice de acționare..... | 99 |
| 7.2.2.2. Verificarea motorului electric la cuplul de pornire | 104 |
| 7.2.2.3. Verificarea la suprasarcină mecanică | 104 |
| 7.3. Corectarea puterii motorului..... | 105 |
| 8. Metode de modulare utilizate în comanda sistemelor de acționare electrică cu motoare asincrone | 107 |
| 8.1. Generalități | 107 |
| 8.2. Metode de comandă prin semnale de comandă variabile | 110 |
| 8.3. Modulația sinusoidală..... | 113 |
| 8.4. Modulația vectorială..... | 118 |
| 8.5. Modulația trapezoidală | 124 |
| 9. Studiu de caz – elemente de proiectare ale unui ascensor | 131 |
| 9.1. Generalități | 131 |
| 9.2. Echipamentul mecanic al ascensoarelor | 132 |
| 9.2.1. Cabina..... | 133 |
| 9.2.2. Cutia cabinei | 133 |
| 9.2.3. Jugul cabinei | 134 |
| 9.2.4. Suspensia cabinei | 135 |

| | |
|--|------------|
| 9.2.5. Ghidajul..... | 135 |
| 9.2.6. Paracăzătoarele..... | 135 |
| 9.2.7. Echipamentul suplimentar | 135 |
| 9.2.8. Contragreutatea | 136 |
| 9.2.9. Troliul..... | 136 |
| 9.2.10. Frâna | 136 |
| 9.3. Calcule proiect | 137 |
| 9.4. Diagrame cinematice..... | 137 |
| 9.5. Determinarea caracteristicii statice $M_1=f(x)$ | 154 |
| 9.5.1. Urcarea cabinei pline..... | 155 |
| 9.5.2. Urcarea cabinei goale | 155 |
| 9.5.3. Coborârea cabinei pline | 155 |
| 9.5.4. Coborârea cabinei goale..... | 156 |
| 9.6. Calculul diagramei cuplului static $M_s = f(t)$ pentru urcarea și coborârea cabinei pline/goale | 157 |
| 9.6.1. Urcarea cabinei pline..... | 158 |
| 9.6.2. Urcarea cabinei goale | 160 |
| 9.6.3. Coborârea cabinei pline | 161 |
| 9.6.4. Coborârea cabinei goale..... | 163 |
| 9.7. Calculul diagramei cuplului static mediu | 165 |
| 9.7.1. Algoritm de calcul | 166 |
| 9.7.2. Urcare cabină plină..... | 168 |
| 9.7.3. Urcare cabină goală..... | 170 |
| 9.7.4. Coborâre cabină plină | 171 |
| 9.7.5. Coborâre cabină goală..... | 172 |
| 9.8. Stabilirea numărului de conectări/oră și încadrarea în serviciul tip de funcționare | 173 |
| 9.8.1. Alegerea puterii motorului | 174 |
| 9.8.2. Determinarea raportului de transmitere a mișcării | 176 |
| 9.8.3. Calculul randamentelor corespunzătoare intervalelor de funcționare | 183 |
| 9.9. Elemente de proiectare a convertorului static | 185 |
| 9.9.1. Principiul de funcționare..... | 185 |
| 9.9.2. Elemente de proiectare a redresorului comandat..... | 196 |
| 9.9.2.1. Alegerea tiristoarelor | 196 |
| 9.9.2.2. Verificarea termică..... | 199 |
| 9.9.2.3. Protecția tiristoarelor | 204 |
| Bibliografie..... | 211 |

1. Structura generală a unui sistem de acționare electrică

Noțiunea de acționare presupune efectuarea unui lucru mecanic. Prin acționare electrică se înțelege faptul că energia mecanică se obține de la un motor electric. În sensul clasic o acționare electrică cuprinde [23], [24], [67], [81], [84] (Fig. 1.1):

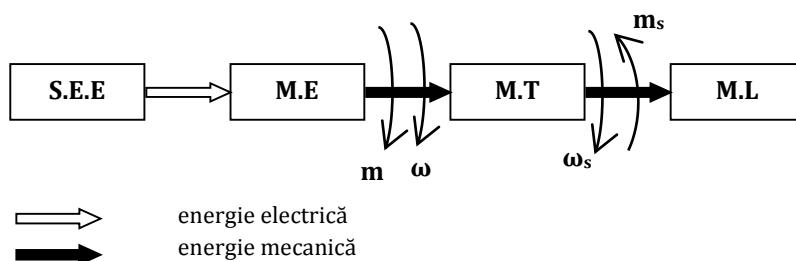


Fig. 1.1. Schema bloc a unei acționări electrice

S.E.E. – sursa de energie electrică, care furnizează energia electrică având parametrii corespunzători funcționării motorului electric.

M.E. – motorul electric; transformă energia electrică în energie mecanică cu anumiți parametri. De regulă această energie se materializează printr-o mișcare de rotație astfel încât parametrii ce o caracterizează sunt:

m – cuplu [N·m];

ω – viteza unghiulară [rad/s];

$p = m \cdot \omega$ – puterea mecanică [W].

M.T. – mecanismul de transmisie. Are rolul de a adapta parametrii energiei mecanice furnizate de motorul electric la cerințele mașinii de lucru [M.L]. Uneori poate schimba și tipul mișcării (de exemplu mecanismul bielă-manivelă care transformă mișcarea de rotație în mișcare de translație sau invers). Parametrii ce caracterizează mecanismul de transmisie sunt [24]:

$i = \omega / \omega_s$ – raportul de transmisie;

$\eta_{M.T}$ – randamentul mecanismului de transmisie.

M.L. – mașina de lucru, reprezintă instalația care transformă energia mecanică în lucru mecanic util, sau în produs finit. Exemple: tramvai, locomotivă, mașini-unelte, roboți industriali, roboți casnici, etc [81], [84].

A acționările electrice au ponderea cea mai mare în consumul de energie electrică. Se apreciază că peste 60% din energia electrică produsă este folosită în acționările electrice.

Dezvoltarea electronicii de putere și a electronicii de comandă a determinat apariția unui flux informațional foarte important, dar și completarea structurii energetice, astfel încât, în prezent, se discută despre sisteme de acționare electrică [67], [81], [84].

Schema bloc a unui sistem de acționare electrică este prezentată în figura 1.2 [11], [12], [84]:

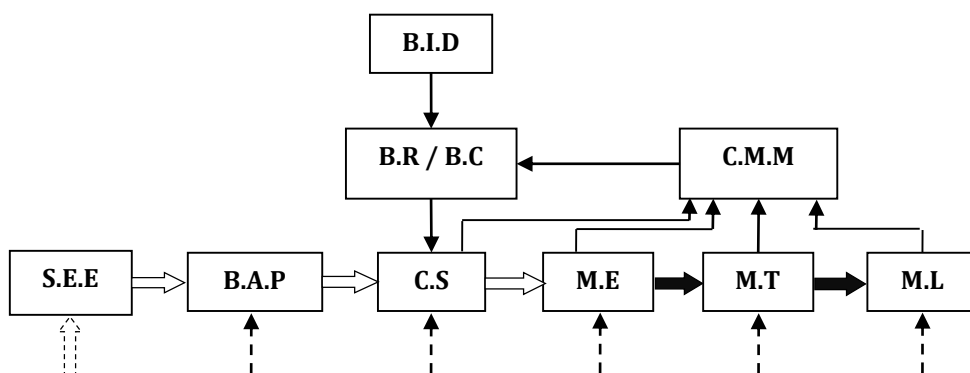


Fig. 1.2. Schema bloc a unui sistem de acționare electrică

Pe fluxul energetic constatăm apariția a două noi blocuri:

B.A.P. – bloc de adaptare și protecție, care are rolul de a adapta parametrii energiei electrice (de ex. transformatoarele electrice) și îndeplinește anumite funcții de protecție (exemplu: protecția la scurtcircuit, la supratensiuni);

C.S. – convertor static, transformă energia electrică de un anumit tip (c.c. sau c.a.), având de regulă parametrii constanți, tot într-o energie electrică ai cărei parametrii pot fi modificați prin comandă.

Convertoarele statice sunt echipamente electrice realizate cu elemente specifice electronicii de putere (diode, tiristoare, tranzistoare) având și o parte de comandă importantă.

Partea de comandă are rolul de a furniza și distribui semnalele de comandă în funcție de topologia părții de forță, astfel încât, să se comande puterea electrică transmisă motorului.

Astfel, convertoarele statice (C.S.) au, într-un sistem de acționare, o importanță cel puțin egală cu cea a motorului electric [11], [12], [15].

Pe fluxul informațional (săgeata continuă simplă) se identifică:

B.I.D – bloc de introducere a datelor. Acesta poate fi constituit dintr-un sistem de chei și butoane, poate fi terminalul de intrare pentru un sistem de calcul (tastatură, unitate de disc, etc.) și are rolul de a introduce în sistem datele primare necesare funcționării acestuia.

B.R. – blocul regulator, are rolul de a realiza o anumită lege de comandă în funcție de tipul reguletoarelor componente. Funcționează pe baza erorii dintre mărimile prescrise (dorite) primite de la blocul de introducere a datelor și mărimile reale existente în sistem.

În sistemele moderne între B.I.D. și C.S. se interpune un bloc de calcul (B.C.). Blocul de calcul conține un microsistem sau un calculator specializat ce realizează sub formă numerică inclusiv legea de comandă. Se vorbește în acest caz de un sistem de conducere numerică directă.

Pe fluxul informațional invers este prezent blocul C.M.M. – convertor al mărimilor măsurate. Acesta are rolul de a culege din sistem anumite mărimi (tensiune, curent, cuplu, viteză, etc.) și de a le transforma în mărimi electrice de nivel și formă corespunzătoare și apoi de a le transmite către B.R. sau B.C.

C.M.M. conține un set de traductoare, convertoare analog-numerice, blocuri de eșantionare, de memorare, etc.

În concepția modernă C.M.M. are structura unui sistem de achiziție și prelucrare de date.

Pe lângă fluxul informațional util, în sistemele de acționare apar o serie de mărimi, independente de voința noastră, care își exercită influența asupra acestuia. Aceste mărimi poartă denumirea de mărimi perturbatoare. Exemple de perturbații: temperatura mediului ambiant, fenomene atmosferice (descărcări electrice), variații ale energiei primite de la sursa primară, cuplul static ca perturbație asupra motorului electric, etc.