ISBN: 973-9408-20-6

Radu PENTIUC Lorin CANTEMIR

TRACȚIUNE ELECTRICĂ

Radu PENTIUC Lorin CANTEMIR

TRACȚIUNE ELECTRICĂ

ACȚIONAREA UNITĂȚILOR MOTOARE DE CURENT CONTINUU ŞI ONDULAT

1999

TRACȚIUNE ELECTRICĂ
ACȚIONAREA UNITĂȚILOR MOTOARE DE CURENT CONTINUU ŞI ONDULAT

Radu PENTIUC *Lorin CANTEMIR*

REFERENȚI ȘTIINȚIFICI

prof. dr. ing. Iulian GRAUR - Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iaşi
prof. dr. ing. Gheorghe LIVINȚ - Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iaşi

Tehnoredactare

ing. Dan GEORGESCU
ing. Cristina CĂPREANU

Coperta

ing. Nelu CHIFAN
ing. Mugurel DUDICI

Redactor

ing. Constantin CIOBANU

Dr. ing. ***Radu PENTIUC*** *Dr. ing.* ***Lorin CANTEMIR***

TRACȚIUNE ELECTRICĂ

ACȚIONAREA UNITĂȚILOR MOTOARE DE CURENT CONTINUU ŞI ONDULAT

EDITURA UNIVERSITĂȚII SUCEAVA

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale
PENTIUC, RADU

Tracţiune electrică: acţionarea unităţilor motoare de curent continuu şi ondulat / Radu Pentiuc, Lorin Cantemir - Suceava; Editura Universităţii din Suceava, 1999
120p.: il. ; 23 cm.
Biblogr.
ISBN 973-9408-20-6
I. Cantemir, Lorin
631.33

ISBN 973-9408-20-6

Copyright © Editura Universităţii Suceava
Toate drepturile asupra prezentei ediţii sunt rezervate editurii. Nici o parte din acest volum nu poate fi copiată sau distribuită fără permisiunea scrisă a editurii.
Drepturile de distribuţie în străinătate aparţin în exclusivitate editurii.

EDITURA UNIVERSITĂŢII SUCEAVA

PREFAŢĂ

Lucrarea de faţă reprezintă rezultatul unei colaborări relativ îndelungate dintre autori din două centre universitare, Iaşi şi Suceava, între care distanţa nu a reprezentat un impediment semnificativ.

Impulsul de a trata probleme de tracţiune electrică a fost generat de o necesitate din ce în ce mai evidentă, atât pe plan didactic, cât şi pe planul exploatării reale, ca urmare a dezvoltării transportului urban cu tramvaie, troleibuze şi metrou, precum şi a transportului feroviar cu locomotive electrice şi diesel - electrice.

Aşa cum a fost concepută, lucrarea prezintă în special partea de forţă a acţionării electrice şi reglajul ei pentru unităţile motoare utilizate în România, concepute într-o construcţie clasică, având ca motor de tracţiune maşina electrică de tip serie, alimentată în curent continuu sau curent ondulat.

Ca urmare sunt prezentate caracteristicile specifice motoarelor electrice de tracţiune, principiile de reglaj a vitezei, modul de calcul al caracteristicilor artificiale de tracţiune pentru regimul de motor, cât şi pentru regimul de frânare electrică reostatică autoexcitată.

Pentru a înţelege mai bine cunoaşterea unui vehicul acţionat electric sunt prezentate şi rezistenţele opuse mersului, care în esenţă condiţionează stabilirea punctului de funcţionare, atât în regim tranzitoriu cât şi în regim stabilizat al mobilului considerat.

În măsura necesităţilor legate de înţelegerea funcţionării părţii electrice, sunt descrise şi unele elemente mecanice ale vehiculelor.

Aşa cum este prezentată, lucrarea se adresează în special studenţilor şi inginerilor de formaţie electrotehnică sau electromecanică. Prin exemplele numerice date, specifice exploatării curente, lucrarea reprezintă şi un îndrumar de proiectare sau reproiectare a acţionării electrice a unui vehicul echipat cu motoare de tip serie.

Autorii speră să asigure celor interesaţi a bună bază de plecare pentru înţelegerea funcţionării, proiectării şi utilizării unui vehicul acţionat electric, în acelaşi timp, fiind receptivi la eventualele sugestii care să contribuie la îmbogăţirea conţinutului informativ şi formativ al lucrării.

AUTORII

Cuprins

Capitolul 1 MOTORUL SERIE DE TRACȚIUNE 11
1.1. Caracteristicile de funcționare ale motoarelor de tracțiune 11
1.1.1. Caracteristica mecanică naturală a motorului de c. c. cu excitație serie 13
1.2. Particularități ale caracteristicilor motorului de curent continuu cu excitație serie. Caracteristica mecanică universală și caracteristica mecanică limită 18
1.2.1. Perspective 19

Capitolul 2 CARACTERISTICILE CONSTRUCTIVE ȘI FUNCȚIONALE ALE MOTOARELOR ELECTRICE DE TRACȚIUNE 22
2.1. Caracteristici energetice și constructive 22
2.2. Caracteristica magnetică 25
2.3. Inductivitatea motorului 29
2.4. Caracteristica vitezei unghiulare 31
2.5. Caracteristica randamentului 32
2.6. Caracteristicile cuplului 33

Capitolul 3 REGLAJUL DE VITEZĂ 34
3.1. Schema de principiu a unei unități motoare de curent continuu 34
3.2. Determinarea caracteristicii mecanice a motorului când sunt date $n = f(I)$ și $M_{el} = f(I)$ 36
3.2.1. Determinarea caracteristicii $M_u = f(I)$ 36
3.2.2. Determinarea caracteristicii mecanice naturale $M_u = f(n)$ 38
3.2.3. Determinarea caracteristicilor de tracțiune 39
3.3. Determinarea caracteristicilor motorului de tracțiune când sunt date caracteristicile unității motoare 46
3.4. Determinarea caracteristicilor artificiale ale motoarelor de tracțiune 47
3.4.1. Reglajul vitezei prin modificarea tensiunii de alimentare 48
3.4.2. Reglarea vitezei și a forței de tracțiune la vehiculele de curent continuu 49
3.4.2.1. Vehicule electrice de curent continuu 49
3.4.2.2. Schema electrică 50
3.4.2.3. Determinarea caracteristicilor mecanice artificiale și a caracteristicilor de tracțiune la modificarea tensiunilor de alimentare 51
3.5. Pornirea motoarelor de curent continuu cu excitație serie 54

3.6. Funcționarea motoarelor de tracțiune la tensiune pulsatorie. Pulsația curentului redresat 57
3.6.1. Măsuri de reducere a pulsației curentului la motoarele de tracțiune de curent ondulat 60
3.7. Pornirea motoarelor prin modificarea tensiunii de alimentare la vehiculele de curent ondulat 62
3.7.1. Calculul treptelor de tensiune 62
3.8. Calculul rezistențelor de pornire 64
3.8.1. Determinarea caracteristicilor artificiale $v = f(I)$ și $F = f(v)$ 65
3.9. Reglajul vitezei prin subexcitare 68
3.9.1. Determinarea grafo-analitică a caracteristicilor artificiale obținute prin reglajul prin subexcitare 69
3.9.2.Trasarea caracteristicilor artificiale 73
3.9.3. Stabilirea coeficientului de subexcitare 74
3.9.4. Trasarea caracteristicilor de tracțiune 75
3.9.5. Ansamblul caracteristicilor $v = f(I)$ 76

Capitolul 4. MIȘCAREA CONVOIULUI 78
4.1. Notarea simbolică a locomotivelor și troleibuzelor 78
4.2. Schimbarea sensului de mers 80
4.3. Forța de aderență 81
4.4. Forțele ce se opun deplasării 83
4.4.1. Rezistențe principale 83
4.4.2. Rezistențe secundare datorate declivității 88

Capitolul 5 REGIMUL DE FRÂNARE ELECTRICĂ 90
5.1. Probleme generale ale regimului de frânare 90
5.2. Determinarea curbelor de magnetizare 92
5.3. Calculul rezistenței maxime de frânare 96
5.4. Determinarea treptelor de rezistențe 98
5.5. Determinarea caracteristicilor de frânare 99
5.6. Caracteristicile de frânare 102

Capitolul 6 VERIFICAREA LA ÎNCĂLZIRE A MOTOARELOR DE TRACȚIUNE 105
6.1. Trasarea curbelor de încălzire 105
6.2. Analiza ansamblului caracteristicilor de tracțiune 106

Bibliografie 109

1. MOTORUL SERIE DE TRACȚIUNE

1.1. Caracteristicile de funcționare ale motoarelor de tracțiune serie

Profilul căii de-a lungul unei secții de remorcare este divers ceea ce face ca să varieze funcție de acesta și regimul de lucru al motoarelor de tracțiune. Aceasta înseamnă că vor suferi variații și mărimile caracteristice ale motorului: cele mecanice (viteza de rotație n și cuplul motor M) și cele electrice (intensitatea curentului I, eventual și tensiunea U la bornele motorului). Din expresiile acestor parametri (§.1.1.1.) rezultă că în funcționarea motoarelor se stabilesc anumite legături reciproce între viteza de rotație n, cuplul motor M și curentul de sarcină I, pentru toate regimurile de funcționare posibile. Aceste interdependențe exprimate prin relații matematice se reprezintă grafic sub forma unor curbe numite *caracteristici de funcționare* sau pe scurt *caracteristici*, având în general un caracter neliniar.

Aceste curbe se obțin prin calcul sau prin încercări pe standuri speciale ale motoarelor de tracțiune deja realizate. Dacă mărimile ce intră în relația de calcul sunt nominale, **caracteristica se numește naturală**. Valori diferite de cele nominale ale mărimilor în relația de definiție determină **caracteristici artificiale**. Se deduce că există o singură caracteristică naturală și mai multe artificiale.

În principiu se pot identifica două posibilități pentru dimensionarea sistemului de acționare electrică:

I. Când se cunosc datele motorului:
- caracteristica cuplului electromagnetic în funcție de curent $M_{el} = f(I)$;
- caracteristica vitezei de rotație funcție de curent $n = f(I)$;
- caracteristica randamentului în funcție de curent $\eta = f(I)$ sau $\eta = f(I/I_n)$.

II. Când se cunosc performanțele unității motoare:
- caracteristica de tracțiune $F_{ob} = f(v)$;
- caracteristica vitezei $v = f(I)$;
- caracteristica randamentului $\eta = f(I)$ sau $\eta = f(I/I_n)$.

Dacă nu se cunoaște caracteristica randamentului în cazurile I și II se folosește tabelul 1 (orientativ pentru un motor).

Caracteristica universală a randamentului — Tabelul 1

	I/I_n	0,3	0,4	0,6	0,8	1	1,4	2
P > 300 kW	η	0,821	0,863	0,889	0,896	0,888	0,880	0,850
P < 300 kW	η	-	0,824	0,869	0,884	0,877	0,863	0,831

EDITURA UNIVERSITĂȚII SUCEAVA

5800 Suceava str. Universității nr. 1

Tiparul executat la
Tipografia Universității "Ștefan cel Mare" Suceava

ISBN 973-9408-20-6