



Digitally signed by
Library TUM
Reason: I attest to the
accuracy and integrity
of this document

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

**FACULTATEA ENERGETICĂ ȘI INGINERIE ELECTRICĂ
DEPARTAMENTUL ELECTROMECHANICĂ ȘI METROLOGIE**

TUDOR AMBROS

MAȘINI ELECTRICE

**MAȘINI SINCRONE ȘI
DE CURENT CONTINUU**

VOLUMUL II

**Chișinău
Editura „Tehnica-UTM”
2017**

CZU 621.313.3(075.8)

A 45

Manualul *Mașini electrice*, volumul doi, cuprinde bazele teoriei și domeniile de aplicare a mașinilor sincrone și de curent continuu.

Materialul expus în acest volum este destinat studenților și masteranzilor specialităților electrotehnice și energetice din universitățile de profil tehnic. Manualul poate fi de folos și specialiștilor electrotehnici preocupați de exploatarea și proiectarea mașinilor electrice.

Autor: prof. univ., dr. hab. Tudor Ambros

Recenzenți: prof. univ., dr. ing. Aurel Câmpeanu,

Universitatea din Craiova

conf. univ., dr. Ilie Nucă, UTM

Procesare computerizată: Ion Isac, Nicolae Madonici

DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII

Ambros, Tudor.

Mașini electrice: [în vol.] / Tudor Ambros; Univ. Tehn. a Moldovei, Fac. Energetică și Inginerie Electrică, Dep. Electromecanică și Metrologie. – Chișinău: Tehnica-UTM, 2017. – ISBN 978-9975-45-451-3.

Vol. 2: Mașini sincrone și de curent continuu. – 2017. – 387 p.

50 ex.

Bibliogr.: p. 382-383 (22 tit.).

ISBN 978-9975-45-484-1.

621.313.3(075.8)

A 45

ISBN 978-9975-45-484-1.

© T. Ambros

© UTM, 2017

PREFAȚĂ

Cursul de mașini electrice este inclus în noul plan de învățământ prevăzut pentru studiul mașinilor electrice de curent alternativ și continuu destinat studenților specialităților de electromecanică, electroenergetică și altele cu profil electrotehnic.

Conform acestui plan, reedităm volumul doi intitulat *Mașini sincrone și de curent continuu* cu introducerea unor precizări și lichidarea unor erori de conținut sau stilistice.

În capitolul întâi intitulat *Mașini sincrone*, conținutul textului nu a fost supus unor modificări esențiale, în afară de unele precizări textuale și corectarea figurilor la calculator. Capitolul se încheie cu reprezentarea mai multor desene ale lor.

În capitolul doi, *Transformarea sistemelor de axe*, este expusă într-o formă mai simplificată transformarea și folosirea diverselor sisteme de coordonate privind descrierea proceselor din cadrul mașinilor electrice. La funcționarea mașinii electrice în regimuri extreme, datorită șocurilor de curenți, se modifică și parametrii acesteia.

Pentru a lua în considerație aceste modificări, trebuie precizați parametrii respectivi. Precizările pot fi efectuate, fiind determinat câmpul magnetic. În capitolul doi s-au calculat componentele acestui câmp, folosind programul FEEM.

În capitolul trei intitulat *Mașini de curent continuu* a fost introdusă indexarea în figurile explicative. Capitolul trei se încheie cu reprezentarea diferitor construcții de mașini și elemente componente ale mașinilor de curent continuu.

Capitolul patru, *Procese tranzitorii în mașinile electrice*, este dedicat studiului proceselor tranzitorii și a câmpului magnetic în baza rezultatelor științifice selectate din publicațiile actuale. A fost obținută separat repartizarea fluxului magnetic produs de forța magnetizantă de excitație din secțiunea transversală a mașinii de curent continuu.

Folosind același program FEMM, s-a calculat repartizarea fluxului magnetic de reacție pe sectoarele circuitului magnetic și curbele variației inducției magnetice în diverse secțiuni.

S-a demonstrat că la suprapunerea fluxului de excitație și a fluxului de reacție câmpul magnetic rezultat este deformat, fenomen ce corespunde funcționării mașinii de curent continuu în regim de sarcină.

Autorul aduce sincere mulțumiri prof., dr.ing. A.Câmpeanu; acad. AȘM V.Postolatii; prof., dr.ing. I.Piroi, colaboratorilor Catedrei Electromecanică și Metrologie, masteranzilor I.Secară, C.Galațchi, studenților I.Isac, N.Madonici și nu în ultimul rând colaboratorilor Editurii „Tehnica-UTM“ pentru sprijinul acordat la editarea acestei lucrări.

Obiecțiile și propunerile referitoare la lucrare rugăm să fie expediate pe adresa Catedrei Electromecanică și Metrologie, UTM.

CUPRINS

PREFAȚĂ	3
1. MAȘINI SINCRONE.....	6
1.1. Considerații generale asupra mașinilor sincrone.....	6
1.2. Construcția mașinii sincrone.....	7
1.3. Sisteme de excitație ale mașinii sincrone.....	18
1.4. Câmpul magnetic al mașinii sincrone la funcționarea în gol.....	30
1.5. Calculul circuitului magnetic al mașinii sincrone cu poli aparenți.....	40
1.6. Câmpul magnetic al mașinii sincrone la funcționarea în sarcină.....	49
1.7. Raportarea forțelor magnetizante.....	59
1.8. Ecuțiile tensiunilor și diagramele fazoriale ale mașinii sincrone la neglijarea saturației.....	68
1.9. Ecuțiile tensiunilor și diagrama fazorială la funcționarea mașinii sincrone în sarcină cu sistemul magnetic saturat.....	76
1.10. Transformarea electromecanică a energiei în generatorul sincron.....	80
1.11. Caracteristicile generatorului sincron la funcționarea în regim autonom.....	83
1.12. Funcționarea în paralel a mașinilor sincrone.....	98
1.13. Puterea electromagnetică și cuplul electromagnetic al generatorului cu sistem magnetic nesaturat.....	110
1.14. Puterea și cuplul electromagnetic maxim. Supraîncărcarea statică.....	117
1.15. Stabilitatea funcționării în paralel. Puterea și cuplul de sincronizare ale mașinii sincrone cu poli înecați.....	120
1.16. Motoare sincrone	127
1.17. Compensatoare sincrone.....	144

2. ECUAȚIILE MAȘINII SINCRONE ÎN DIVERSE SISTEME DE COORDONATE	151
2.1. Mașina electrică generalizată.	151
2.2. Cuplul electromagnetic calculat în diverse sisteme de coordonate.	161
2.3. Corelația dintre diverse mărimi ale înfășurărilor mașinii sincrone în axele α , β ; d , q ; U , V	162
2.4. Ecuțiile mașinii sincrone cu poli aparenti și cu înfășurarea de amortizare în sistemul axelor d , q	171
2.5. Transformarea sistemului trifazat în sistem de coordonate bifazat.	173
2.6. Vectorul complex reprezentativ în sistemul trifazat.....	176
3. MAȘINI DE CURENT CONTINUU	188
3.1. Destinația și domeniul de aplicare.	188
3.2. Elementele constructive principale ale mașinii de curent continuu.	189
3.3. Calculul sistemului magnetic al mașinii de curent continuu.	199
3.4. Reacția indusului.	219
3.5. Comutația curentului.	235
3.6. Înfășurările indusului mașinii de curent continuu.....	252
3.7. Calculul tensiunii electromotoare și cuplului electromagnetic.....	272
3.8. Generatoare de curent continuu.	276
3.9. Motoare de curent continuu.	299
3.10. Pornirea motorului de curent continuu.....	310
3.11. Reglarea vitezei motorului de curent continuu.....	317
3.12. Funcționarea motoarelor în regim de frână.....	322
3.13. Pierderile în mașinile de curent continuu.....	326
3.14. Randamentul mașinii de curent continuu. Caracteristicile de funcționare.	330

4. PROCESE TRANZITORII ÎN MAȘINILE ELECTRICE	334
4.1. Analiza proceselor tranzitorii în mașinile electrice.....	334
4.2. Metode de analiză a proceselor tranzitorii.....	335
4.3. Ecuațiile operaționale ale mașinii sincrone.....	337
4.4. Scheme echivalente. Parametrii schemelor echivalente în regim tranzitoriu.....	346
4.5. Scurtcircuitul brusc al generatorului sincron.....	350
4.6. Procesele tranzitorii în mașinile asincrone.....	354
4.7. Procese tranzitorii în mașinile de curent continuu. Modelul matematic în axele α , β	364
4.8. Câmpul magnetic în mașina de curent continuu.....	369
ANEXA I.....	373
ANEXA II.....	379
BIBLIOGRAFIE.....	382

BIBLIOGRAFIE

1. Adkins B. The general theory of electrical machins. Londra, Cliapman-Hall, 1957.
2. Ambros T. Mașini electrice. V.2. Chișinău, Universitas, 1992.
3. Câmpeanu A. Mașini electrice. Craiova, Editura „Scrisul românesc”, 1988.
4. Dordea T. Mașini electrice. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1970.
5. Dragonescu O. Încercările mașinilor electrice rotative. București. Editura Tehnică, 1987.
6. Fransua A., Măgureanu R. Mașini electrice și acționări electrice: elemente de execuție. București, Editura Tehnică, 1986.
7. Galan N., Ghifă C., Cislelecan M. Mașini electrice. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1981.
8. Măgureanu R. Mașini electrice pentru sisteme automate. București, Editura Tehnică, 1981.
9. Șora C. Bazele electrotehnicii. București, Editura Didactică și Pedagogică.
10. Kelemen A., Imecs M. Sisteme de reglare cu orientarea după câmp ale mașinilor de curent alternativ. București, Editura Academiei, 1989.
11. Абрамов А., Иванов-Смоленский А. Проектирование гидрогенераторов и синхронных компенсаторов. Москва, Высшая школа, 1978.
12. Андре Анго. Математика для электро- и радиоинженеров. Пер. с франц. Москва, Наука, 1965.
13. Бронштейн И., Семиндяев К. Справочник по математике. Москва, Наука, 1986.
14. Важнов А. Электрические машины. Ленинград, Энергия, 1974.

15. Вольдек А. Электрические машины. Ленинград, Энергия, 1974.
16. Иванов-Смоленский А. Электрические машины. Москва, Энергия, 1980.
17. Копылов И. Электрические преобразователи энергии. Москва, Энергия, 1973.
18. Костенко М., Пиотровский Л. Электрические машины. Ленинград, Энергия, 1972.
19. Проектирование электрических машин / Под ред. Копылова и др. Москва, Энергия, 1980.
20. Мишин В., Собор И. Моделирование аварийных режимов электродвигателей в с/х. Кишинев, Штиинца, 1991.
21. Сипайлов Г., Кононенко Е., Хорков К. Электрические машины (специальный курс). Москва, Высшая школа, 1988.
22. Хвостов В. Машины постоянного тока. Москва, Высшая школа, 1988.