



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**  
**CATEDRA ELECTROMECHANICĂ ȘI METROLOGIE**

**TUDOR AMBROS**

**MAȘINI ELECTRICE**

**TRANSFORMATOARE  
ȘI MAȘINI ASINCRONE**

**VOLUMUL I**

**Chișinău**  
**Editura „Tehnica-UTM”**  
**2016**

**CZU 621.31(075.8)**

**A 45**

Lucrarea cuprinde bazele teoretice ale mașinii electrice: construcția, principiile de funcționare și analiza regimurilor statice și tranzitorii ale transformatoarelor și mașinilor asincrone.

Partea întâi a cursului de studiu al mașinilor electrice, recomandată ca manual, este destinată studenților specialităților electrotehnice și electroenergetice de la instituțiile de învățământ superior. De asemenea, poate fi de real folos inginerilor electricieni, care activează în domeniul proiectării și exploatării mașinilor electrice.

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

Recenzenți: Aurel Câmpeanu, prof., dr.ing., Universitatea din  
Craiova, România

Vitalie Postolatii, academician AȘM

Ion Piroi, prof., dr. ing., Universitatea Eftimie

Murgu din Reșița

Procesare computerizată: Ion Isac

**DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII**

**Ambros, Tudor.**

Mașini electrice: Transformatoare și mașini asincrone: [în vol.] / Tudor Ambros; Univ. Tehn. a Moldovei, Fac. Energetică și Inginerie Electrică, Catedra Electromecanică și Metrologie. – Chișinău: Tehnica-UTM, 2016 – . – ISBN 978-9975-45-451-3.

Vol.1. – 2016. – 528 p. – Bibliogr.: p. 524-525 (19 tit.). –

ISBN 978-9975-45-452-0.

621.31(075.8)

A 45

Redactor: E. Balan

Bun de tipar 15.11.16

Hârtie ofset. Tipar RISO

Coli de tipar 33,0

Formatul 60x84 1/16

Tirajul 50 ex.

Comanda nr.83

**ISBN 978-9975-45-452-0.**

**© Tudor Ambros, 2016**

**© UTM, 2016**

# CUPRINS

Prefață.....	4
I. INTRODUCERE.....	5
I.1. Electromecanica în economia națională.....	5
I.2. Clasificarea mașinilor electrice.....	8
I.3. Sistemul de unități fizice și relative utilizate în convertizoarele electrice și electromecanice.....	13
I.4. Ipotezele de bază adoptate la cercetarea Convertizoarelor electrice și electromecanice.....	16
1.1. Legile și teoremele de bază ale electrotehnicii și electromecanicii utilizate în teoria convertizoarelor electromecanice.....	17
1.2. Legile electromecanicii.....	34
1.3. Variante constructive de mașini electrice.....	35
1.4. Producerea câmpului magnetic învârtitor.....	50
1.5. Materiale utilizate în construcția mașinilor electrice.....	59
1.6. Construcția de bază ale mașinilor electrice moderne.....	63
2. TRANSFORMATORUL ELECTRIC.....	78
2.1. Considerări generale.....	78
2.2. Clasificarea transformatoarelor de putere.....	81
2.3. Elemente constructive ale transformatorului.....	83
2.4. Principiul de funcționare a transformatorului monofazat.....	102
2.5. Funcționarea în gol a transformatorului monofazat.....	106
2.6. Inductivitățile înfășurărilor cuplate magnetic.....	120
2.7. Funcționarea transformatorului în sarcină.....	130
2.8. Calculul reactanțelor de dispersie.....	151
2.9. Bilanțul puterilor și diagram energetică.....	155
2.10. Căderea de tensiune în transformator.....	156
2.11. Transformatorul trifazat.....	163
2.12. Transformatorul cu multe înfășurări.....	189
2.13. Autotransformatorul.....	196
2.14. Funcționarea transformatoarelor în paralel.....	201
2.15. Funcționarea transformatorului în sarcină nesimetrică.....	209
2.16. Procese tranzitorii în transformatoare.....	221
2.17. Forțele electromagnetice dintre înfășurările transformatorului în regim de scurtcircuit.....	231

2.18.	Procese termice în transformatoare.....	234
2.19.	Transformatoare speciale.....	241
2.20.	Studiul câmpului magnetic al transformatorului aplicația metodei elementului finit.....	253
3.	TEORIA MAȘINILOR ELECTRICE DE CURENT ALTERNATIV.....	266
3.1.	Înfășurările mașinilor electrice de curent alternativ.....	267
3.2.	Forțele magnetizante ale înfășurărilor statorice de curent alternative.....	275
3.3.	Producerea câmpului magnetic învârtitor circular de sistemul trifazat de curenți.....	287
3.4.	Producerea câmpului magnetic învârtitor circular de sistemul bifazat de curenți.....	293
3.5.	Scheme de înfășurări trifazate.....	297
3.6.	Componentele câmpului magnetic și inductivităților înfășurărilor.....	308
3.7.	Tensiunile electromotoare induse în înfășurările mașinilor de curent alternativ.....	321
3.8.	Cuplul electromagnetic al mașinilor de curent alternativ.....	329
3.9.	Pierderile și randamentul mașinilor de curent alternativ.....	332
3.10.	Încălzirea și răcirea mașinilor de curent alternativ.....	339
4.	MAȘINI ASINCRONE.....	350
4.1.	Considerări generale.....	350
4.2.	Mașina asincronă cu rotorul calat.....	360
4.3.	Forța magneizantă, fluxurile câmpului învârtitor și inductivitățile înfășurărilor.....	364
4.4.	Ecuțiile tensiunilor și curenților mașinii asincrone. Schema echivalentă în T a mașinii asincrone.....	368
4.5.	Schemele echivalente ale mașinii asincrone la considerarea pierderilor în miez.....	375
4.6.	Diagrama energetică.....	380
4.7.	Puterea și cuplul electromagnetic al motorului asincron.....	383
4.8.	Caracteristicile mecanice ale motorului asincron.....	385
4.9.	Stabilitatea statică a motorului asincron.....	393
4.10.	Acțiunea armonicilor de ordin superior asupra funcționării motorului asincron.....	396
4.11.	Diagrama cercului a motorului asincron.....	408
4.12.	Încercările mașinii asincrone în gol și în scurtcircuit.....	416
4.13.	Caracteristicile de funcționare în sarcină.....	422

4.14.	Pornirea motorului asincron trifazat.....	436
4.15.	Motoare asincrone cu caracteristicile de pornire îmbunătățite.....	449
4.16.	Dinamica pornirii motorului asincron.....	457
4.17.	Reglarea vitezei motorului asincron.....	462
4.18.	Regimul de frânare ale mașinii asincrone.....	477
4.19.	Generatorul asincron cu autoexcitație.....	486
4.20.	Motorul asincron monofazat.....	489
4.21.	Utilizarea motoarelor trifazate ca motoare monofazate.....	500
4.22.	Mașini asincrone convertizoare.....	501
4.23.	Studiul câmpului magnetic în mașina asincronă cu aplicația metodei elementului finit.....	507
4.24.	Câmpul magnetic în motorul ermetizat sincron cu magneți permanenți.....	519
	Bibliografie .....	524

## BIBLIOGRAFIE

1. Voldec A.I. Electricieschie mașini. Izd. Energhia, 1978. - 832 c.
2. Kopîlov I.P. Electricieschie mașini. Moskva, Vîșsaia școla, 2002. - 607 c.
3. Tudor Ambros. Mașini electrice. Vol.I. Chișinău: Universitas, 1992. – 448 p.
4. Tudor Ambros. Convertoare electrice și electromecanice speciale. Chișinău: „Tehnica-INFO”, 2008. - 288 p.
5. T.Ambros, Gr.Tofan. Metoda elementelor finite în calculul câmpului magnetic al transformatorului de sudare // Conferința tehnico-științifică a studenților și doctoranzilor, 17.11.2007, Chișinău.
6. I.A. Viorel, R.C. Ciorba. Mașini electrice și sisteme de acționare. Cluj-Napoca: Editura U.T. PRES, 2002. - 261 p.
7. A.Câmpeanu. Inducerea în dinamica mașinilor electrice de curent alternativ. București: Editura Academiei Române, 1998.
8. A.Câmpeanu. Mașini electrice – probleme fundamentale. Craiova: Editura Scrisul Românesc, 1988.
9. T.Dordea. Proiectarea și construcția mașinilor electrice. Timișoara: Editura Litografia U.P., 1981.
10. I.A.Viorel, V.Iancu. Mașini și acționări electrice. Cluj-Napoca: Editura Litografia U.T., 1990.
11. Al.Simion. Mașini electrice. Vol.I. Transformatoare electrice. Iași: Editura „Gh.Asachi”, 2000.
12. Al.Simion. Mașini electrice. Vol.II. Mașina sincronă, Iași: Editura „Gh.Asachi”, 2003.
13. I.Piroi. Mașini electrice. Timișoara: Editura Politehnica, 2004.
14. N.Galan, C.Chiță, M.Cistelian. Mașini electrice. București: E.D.P., 1994.

15. I.Cioc, C.Nică. Proiectarea mașinilor electrice. București: E.D.P., 1994.
16. T.Ambros, I.Nuca. Le reglaj de la tension du generator asynchrone a autoexcitation – ICATE-93. Craiova, România, 1993.
17. T.Ambros, V.Arion, A.Guțu, I.Sobor, P.Todos, D.Ungureanu. Surse regenerabile de energie. Chișinău: Ed. „Tehnica-INFO”, 1999, p.434.
18. T. Ambros, Gr. Tofan. Projection optimaie des transformateus de soudare // Chișinău, The 5th International Conference on Electromechanical and Power Systems. SIELMEN'2005, October 6–8 2005, Proceedings. V.2. - pp.794-796. ISBN: 973–716–230–7.
19. T.Ambros, Gr.Tofan. Metoda elementelor finite în calculul câmpului magnetic al transformatorului de sudare // Conferința tehnico-științifică a studenților și doctoranzilor, 17.11.2007, Chișinău.