



Universitatea Tehnică a Moldovei

Programul de masterat Inginerie Electrică

**ELABORAREA SURSEI DE ALIMENTARE
A MOTORULUI ASINCRON HEXAFAZAT ÎN
BAZA CONVERTOARELOR FRECVENȚIALE
TRIFAZATE**

Teză de master

Masterand: Tăruș Mihai-Adrian

Conducător: dr.conf. Ilie Nuca

Chişinău – 2020

Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea de Energetică și Inginerie Electrică
Departamentul Inginerie Electrică


Admis la susținere

Șef departament dr.conf. Ilie NUCA

_____ 2020

**ELABORAREA SURSEI DE ALIMENTARE A
MOTORULUI ASINCRON HEXAFAZAT ÎN
BAZA CONVERTOARELOR FRECVENȚIALE
TRIFAZATE**

Teză de master

Masterand:  (Tăruș Mihai-Adrian)

Conducător:  (Ilie Nuca)

Chișinău – 2020

CUPRINS

RREZUMAT	6
SUMMARY	7
INTRODUCERE	8
1. DOCUMENTAREA TEHNICĂ ÎN DOMENIUL SISTEMELOR ELECTROMECHANICE HEXAFAZATE	
1.1. Domenii de utilizare ale sistemelor electromecanice multifazate.....	10
1.2. Particularitățile Motoarelor Asincrone Hexafazate.....	16
1.3. Topologia convertoare statice de frecvență hexafazate	19
1.4. Sisteme de control de la distanța a convertoarelor statice de frecvență	22
1.5. Tendințe actuale în domeniul automatizării.....	26
2. ELABORAREA MACHETEI STANDULUI DE ÎNCERCARE AL MOTORULUI ASINCRON HEXAFAZAT	
2.1. Formularea sarcinii de lucru.....	28
2.2. Structura generală și dimensionarea geometrică a standului de încercare al motorului asincron hexafazat.....	30
2.3. Elaborarea părții electrice de putere al standului	31
2.4. Elaborarea sistemului de măsurare al mărimilor electrice și mecanice	32
2.5. Montarea echipamentelor standului	38
2.6. Vederea generală a machetei standului	43
3. ELABORAREA SISTEMULUI DE ALIMENTARE AL MOTORULUI ASINCRON HEXAFAZAT ÎN BAZA A DOUĂ CONVERTOARE DE FRECVENȚĂ SINCRONIZATE	
3.1. Elaboararea schemei de conectare a convertoarelor de frecvență trifazate pentru obținerea sursei hexazate de curent alternativ	44
3.2. Programarea convertoarelor de frecvență pentru alimentarea sincronizată a motorului asincron hexafazat.....	45
3.3. Cercetarea funcționării sistemului de alimentare hexafazat în baza convertoarelor frecvențiale trifazate sincronizate	48
CONCLUZII	50
BIBLIOGRAFIE	51

REZUMAT

Titlul tezei de master: Elaborarea sursei de alimentare a motorului asincron hexafazat în baza convertoarelor frecvențiale trifazate

Cuvinte cheie : vehicul electric, motor asincron hexafazat, convertor de frecvență, sursă de alimentare hexafazată, stand, încercări de laborator

Obiectul de studii: stand de încercări al machetei motorului asincron hexafazat cu alimentare de la două convertoare de frecvență trifazate.

Scopul general al tezei: Proiectarea și asamblarea standului de încercări al motorului asincron hexafazat cu alimentare de la două convertoare de frecvență trifazate industriale

A fost realizat stadiul actual al motoarelor electrice multifazate pentru tracțiunea vehiculelor electrice, inclusiv a celor urbane de pasageri. Au fost determinate tendințele actuale din domeniul și perspectivele utilizării motoarelor asincrone hexafazate pentru sistemele de tracțiune ale vehiculelor electrice urbane de pasageri.

A fost elaborat proiectul și asamblat standul de încercări al motorului asincron hexafazat cu alimentare de la două convertoare de frecvență trifazate industriale de tip Powtran. Pentru încercări a fost restabilită macheta a motorului asincron hexafazat $P_2=1$ kW, $m=3$, $f_1=50$ Hz, $2p=2$.

Au fost ridicate oscilogramele ale tensiunilor de ieșire ale ambelor convertoare frecvențiale de alimentare a machetei motorului asincron hexafazat. Studiile și încercările sistemului electromecanic hexafazat au demonstrat că elaborarea sursei hexafazate de alimentare în baza a două convertoare de frecvență sincronizate este posibilă, dar întâmpină anumite dificultăți.

Teza de master a fost elaborată la Departamentul Inginerie Electrică UTM în cadrul proiectului de cercetare ”Sisteme integrate autohtone de tracțiune electrică pentru vehicule urbane de pasageri”

SUMMARY

Master's thesis title: Development of the power supply of the hexaphase asynchronous motor based on three-phase frequency converters

Keywords: electric vehicle, hexaphase asynchronous motor, frequency converter, hexaphase power supply, stand, laboratory tests

Object of studies: test stand of the hexaphase asynchronous motor with power supply from two three-phase frequency converters.

General purpose of the thesis: Design and assembly of the test stand of the hexaphase asynchronous motor with power supply from two three-phase industrial frequency converters

The current state of multi-phase electric motors for the traction of electric vehicles, including urban passenger ones, has been achieved. Current trends in the field and prospects for the use of hexaphase asynchronous motors for the traction systems of urban passenger electric vehicles have been determined.

The project was developed and the test stand was assembled to the test stand of the hexaphase asynchronous motor with power supply from two Powtran type three-phase industrial frequency converters. For tests, the model of the hexaphase asynchronous motor $P_2 = 1 \text{ kW}$, $m = 3$, $f_1 = 50 \text{ Hz}$, $2p = 2$ was restored.

The output voltage oscillograms of both frequency converters to supply the model of the hexaphase asynchronous motor were raised. Studies and tests of the hexaphase electromechanical system have shown that the elaboration of the hexaphase power supply based on two synchronized frequency converters is possible, but it encounters certain difficulties.

The master's thesis was developed at the Department of Electrical Engineering TUM within the research project "Integrated domestic electric traction systems for urban passenger vehicles"

BIBLIOGRAFIE

- 1) <https://ieeexplore.ieee.org/document/7781416> Mașini și unități electrice multifazice: o soluție viabilă pentru generarea energiei și electrificarea transportului; Radu Bojoi, Silvio Vaschetto.
- 2) <https://www.manualslib.com/manual/1192464/Powtran-Pi9000-Series.html?page=231#manual>
- 3) http://amsdottorato.unibo.it/7141/1/Ph.D._Thesis_Final.pdf ; ANALYSIS AND DESIGN OF HIGH PERFORMANCE MULTIPHASE ELECTRIC DRIVES FOR VEHICLE AND AIRCRAFT APPLICATIONS; Giovanni Serra, pag. 50-72;
- 4) <https://www.ijert.org/research/performance-analysis-of-six-phase-induction-motor-IJERTV4IS020488.pdf>; Performance Analysis of Six-Phase Induction Motor; Sumit Mandal; pag.1-3;
- 5) <https://uni-t.ua/products/oscilloscopes/utdm-12052cel/>;
- 6) http://repository.utm.md/bitstream/handle/5014/3310/Conf_UTM_2011_I_pg300-303.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 7) V.F. Brajnicov, B. P. Soustin, Teoria ustanovivshihya electromagnitnyh procesov v mnogofaznom asinhronnom invertornom electroprivode, Editura universității din Crasnoiarsc – 1984
- 8) Iu. Rata, I. Nuca, D. Dimov, L`étude des priorités du moteur asynchrone hexaphasé déséquilibré, Proceedings of the 8th International Conference on ELECTROMECHANICAL AND POWER SYSTEMS,
- 9) Electrical Buses: Development and Implementation in Chisinau Municipality, Moldova; Ilie Nuca, Iurie Nuca;
- 10) Bojoi, R.; Neacsu, M.G.; Tenconi, A. Analysis and survey of multi-phase power electronic converter topologies for the more electric aircraft applications. In Proceedings of the 2012 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), Sorrento, Italy, 20–22 June 2012; pp. 440–445.
- 11) Modelling and Simulation of Multiphase Induction Machine; E. J. Akpama, L. U. Anih,
- 12) Multiphase Induction motor-a Novel Design; Dr.Archana S. Nanoty, Principal, Dr. Jivraj Mehta Institute of Technology, Mogar, Anand, Gujarat
- 13) Analiza și studierea topologiilor convertoarelor electronice multifazate de putere pentru aplicațiile mai electrice ale avioanelor; A. Tenconi, MG Neascu:
<https://ieeexplore.ieee.org/document/6264566>

- 14) Comparative Study of a Fault-Tolerant Multiphase Wound-Field Doubly Salient Machine for Electrical Actuators; Aero-Power Science Technology Center, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, China;
- 15) Che, H.S.; Duran, M.J.; Levi, E.; Jones, M.; Hew, W.P.; Rahim, N.A. Postfault operation of an asymmetrical six-phase induction machine with single and two isolated neutral points. *IEEE Trans. Power Electron.* 2014
- 16) https://www.mdpi.com/19961073/12/6/1102?utm_source=TrendMD&utm_medium=cpc&utm_campaign=Energies_TrendMD_0
- 17) Levi, E. Maşini electrice multifazice pentru aplicaţii cu viteză variabilă. *IEEE Trans. Ind. Electron.* **2008**
- 18) <https://www.atelierulelectric.ro/articole/Convertizoare%20de%20frecventa.pdf>
- 19) <https://novatek-electro.com/en/products/three-phase-voltage-sensitive-relays/rnpp-302-three-phase-voltage-and-phase-monitoring-relay.html>
- 20) DIRECT TORQUE AND FLUX CONTROL OF ASYMMETRICAL SIX-PHASE INDUCTION MOTOR WITH ZERO SEQUENCE COMPONENTS ELIMINATION
NAVID REZA ABJADI , DAVOUD GHANBARI; *Rev. Roum. Sci. Techn.– Électrotechn. et Énerg.* Vol. 62, 1, pp. 36–41, Bucarest, 2017
- 21) <https://core.ac.uk/download/pdf/51401031.pdf>
- 22) SPACE VECTOR PWM CONTROL OF A SPLIT-PHASE INDUCTION MACHINE USING THE VECTOR CLASSIFICATION TECHNIQUE A.R. Bakhshai G. Joos H. Jin;
Department of Electrical and Computer Engineering Concordia University Montreal
- 23) Dual Stator Induction Motor Operation from Two PWM Voltage Source Inverters Ben Slimene Marwa, Khelifi Mohamed Larbi, Ben Fredj Mouldi, Rehaoulia Habib;
- 24) An Equivalent Carrier-based Implementation of a Modified 24-Sector SVPWM Strategy for Asymmetrical Dual Stator Induction Machines Kun Wang , Xiaojie You , and Chenchen Wang, School of Electrical Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing, China
- 25) <https://www.hbm.com/en/6522/article-power-measurements-on-a-6-phase-motor-with-real-time-power-calculation/>
- 26) <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045790603000363>
- 27) <http://www.iosrjournals.org/iosr-jeec/Papers/Vol13%20Issue%201/Version-4/F1301046166.pdf>
- 28) High Torque-Density Seven-Phase Induction Motor Drives for Electric Vehicle Applications
<http://www.iri.upc.edu/people/riera/VPPC10/vppc2010.univlille1.fr/uploads/PDF/papers/SS14/95-27605-final.pdf>

- 29) Performance Analysis of Open Loop V/f Control Technique for Six-Phase Induction Motor Fed By A Multiphase Inverter; Autori: Ahmed Gundogdu, Resat Celikel;
https://www.researchgate.net/publication/344363901_Performance_Analysis_of_Open_Loop_Vf_Control_Technique_for_Six-Phase_Induction_Motor_Fed_By_A_Multiphase_Inverter
- 30) <https://www.vitra.md/ro/mobilier-comercial/rafturi-metalice/rafturi-universale/rafturi-universale-columbus>