



Universitatea Tehnică a Moldovei

Programul de masterat **Inginerie Electrică**

**SISTEME DE COMANDĂ ALE  
MOTOARELOR CU RELUCTANȚĂ  
VARIABILĂ**

Teză de master

Masterand: Vitalie ROTARU

Conducător: dr.conf. Ilie NUCA

Chișinău – 2016

## REZUMAT

**Teza conține:** 93 pagini, 50 ilustrații, 2 tabele, 28 surse bibliografice, 3 anexe.

**Cuvinte cheie:** Motor cu reluctanță variabilă, sistem electromecanic, sistem de comandă, controlul direct al cuplului

În ultimul timp sistemele electromecanice cu motor reluctant au devenit obiect de studiu pentru o multitudine de cercetări științifice și aplicații practice. În mod special se urmărește realizarea unor sisteme fiabile și eficiente, cu posibilități largi de comandă și cu o reducere semnificativă a principalelor deficiențe ale funcționării motorului cu reluctanță variabilă.

**Obiectul de studiu** al acestei lucrări este un sistem electromecanic cu motor reluctant, de configurație 8/6 alimentat de la un convertor de putere cu două tranzistoare și două diode de fuga pe fiecare fază. Sistemul urmează a fi dotat cu un regulator ce ar permite comanda în buclă deschisă a cuplului electromecanic al motorului.

**Scopul principal** al tezei constă în îmbunătăți indicilor de reglare a sistemului electromecanic cu controlul direct în buclă deschisă.

Pentru atingerea acestui scop a fost studiată construcția și principiul de funcționare a motorului cu reluctanță variabilă, au fost detaliate tehnicile de comandă a cuplului electromagnetic al motorului cu reluctanță variabilă. În baza studiului a fost elaborat modelul unui sistem de comandă în buclă deschisă cu control direct al cuplului. Modelul elaborat a fost testat și analizat, fiind determinate posibilitățile de reglaj și indicii de performanță a motorului în special nivelul de ripple al cuplului.

În lucrare a fost propus un algoritm specific pentru determinarea structurii și elaborarea modelului funcțional al sistemului de comandă pentru motorul cu reluctanță variabilă. Rezultatele simulărilor efectuate, arată o îmbunătățire semnificativă a posibilităților de reglaj a cuplului motorului reluctant pe un interval de viteză până la 2500 rot/min, cât și reducerea cu 14% a vibrațiilor cuplului.

## SUMMARY

*The thesis contains:* 93 pages, 50 figures, 2 tables, 28 bibliographical sources, 3 appendices.

**Keywords:** Switched reluctance motor (SRM), electrical drive, control system, direct torque control

Recently, switched reluctance drives became object for multiple researches and practical applications. The specific goal of these works is to design reliable and efficient systems with large control possibilities and to reduce the main drawbacks of the switched reluctance machines.

**The subject** of this research is an electrical drive composed of a switched reluctance motor with 8 stator and 6 rotor poles, fed by a power converter with two transistors and two drive-by diodes on each phase. The drive has to be provided with a direct torque controller with open-loop control of motor torque.

**The main aim** of this thesis is to improve the controlling possibilities of the switched reluctance drive with open-loop control.

To achieve this goal there has been studied the construction and functioning of the switched reluctance motor. Also, there was performed a detailed analysis of the methods of torque control in a switched reluctance drive. Based on this analysis there has been developed the model of an open-loop direct torque controller. The model designed has been tested and analyzed in order to determine control possibilities and its performance especially the level of torque ripple.

The project work includes a specific algorithm for determining the structure and designing the functional model of the torque controller for a switched reluctance drive. The simulations performed show a significant improvement of torque control possibilities for a range of speed up to 2500 rpm as well as reduction of the torque ripple with 14%.

## CUPRINS

<b>INTRODUCERE .....</b>	<b>5</b>
<b>1. DOCUMENTAREA TEHNICĂ ÎN DOMENIUL SISTEMELOR ELECTROMECHANICE CU MOTOR RELUCTANT (MRV).....</b>	<b>7</b>
1.1. Tendințe actuale, domenii de aplicare și implementare a sistemelor cu motor reluctant .....	7
1.2. Direcții curente de cercetare în domeniul sistemelor cu MRV .....	18
1.3. Construcția și principiul de funcționare a sistemelor electromecanice cu motor reluctant .....	25
1.4. Concluzii la capitolul 1.....	38
<b>2. CONTROLUL DIRECT AL CUPLULUI ÎN SISTEMELE ELECTROMECHANICE CU MRV .....</b>	<b>40</b>
2.1. Formarea și comanda cuplului MRV .....	40
2.1.1. Funcționarea în regim de motor la viteze reduse .....	48
2.1.2. Funcționarea în regim de motor la viteze mari .....	50
2.1.3. Funcționarea în regim de motor la viteze foarte mari.....	51
2.2. Regulatorul de curent.....	52
2.2.1. Modularea PWM a tensiunii .....	57
2.2.2. Regulator de curent cu histerezis .....	59
2.2.3. Tehnici adiționale de comandă .....	60
2.3. Configurația și modul de funcționare al sistemul de comandă .....	61
2.4. Concluzii la capitolul 2.....	66
<b>3. MODELAREA SISTEMULUI ELECTROMECHANIC CU MOTOR RELUCTANT.....</b>	<b>67</b>
3.1. Sarcinile modelării sistemului electromecanic cu motor reluctanț .....	67
3.2. Determinarea parametrilor motorului cu reluctanță variabilă și inițializarea modelului Simulink .....	68
3.3. Calculul regulatorului de tip ANFIS pentru realizare comenzii DTC a motorului cu reluctanță variabilă.....	73

3.4. Testarea modelului regulatorului DTC cu ANFIS .....	80
3.5. Concluzii la capitolul 3.....	82
<b>CONCLUZII.....</b>	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFIE.....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXE.....</b>	<b>86</b>