



Universitatea Tehnică a Moldovei

Programul de masterat **Inginerie Electrică**

**ELABORAREA ȘI CERCETAREA
SISTEMULUI DINAMIC CU LEVITAȚIE
ELECTROMAGNETICĂ**

Teză de master

Masterand: Vadim PANTAZ

Conducător: dr.conf. Ilie NUCĂ

Chișinău – 2016

REZUMAT

Teza conține: 87 pagini, 63 ilustrații, 1 tabel, 25 surse bibliografice

Cuvinte cheie: *electromagnetism, sistem magnetic, levitație, câmp magnetic, senzor cu efect Hall, sistem de reglare automat, maglev.*

Obiect de studiu: Stand demonstrativ a unui sistem de levitație electromagnetic.

Scopul general al tezei: Elaborarea și cercetarea unui sistem de levitație electromagnetic, analiza și controlul sistemului pe baza a trei butoane care ajustează poziția verticală a magnetului de levitat și aplică un semnal de referință sinusoidal, dreptunghiular, fierăstrău.

În cadrul lucrării a fost realizat o cercetare teoretică a levitației electromagnetice, s-a analizat structura sistemului de reglare automată și problema reglării, principiul de funcționare a electromagnetului, a senzorilor cu efect Hall, tehnicile ale levitației magnetice și domeniile de utilizare a acestui fenomen având atât avantaje cât și dezavantaje.

Astfel a fost montat un sistem de levitație electromagnetic și realizată cercetarea acestuia privind poziția verticală a magnetului, care levitează, folosind un senzor liniar cu efect Hall, iar curentul în electromagnet este controlat activ pentru a obține o levitație stabilă.

În funcție de semnalul dat de senzor, electromagnetul este condus în sus sau în jos. Dacă obiectul feromagnetic este deasupra poziției dorite, regulatorul reduce curentul din electromagnet și forța electromagnetică. Dacă obiectul este sub poziția dorită, curentul din electromagnet va fi crescut.

În acest mod s-a realizat o modelare (identificare analitică) fiind obligatorie când sistemul fizic nu este disponibil pentru o investigație experimentală, ci doar sub formă de proiect. Plecând de la o documentație detaliată a sistemului fizic, obținerea modelului analitic permite – în conjuncție cu tehnici de simulare adecvate – studiul previzional al sistemului, sub aspectul performanțelor sale.

RÉSUMÉ

La thèse contient: 87 pages, 63 illustrations, 1 table, 25 sources bibliographiques.

Mots-clés: *électromagnétisme, système magnétique, lévitation, champ magnétique, capteur à effet Hall, système de réglage automat, maglev.*

Objet d'étude: Stand de démonstration d'un système de lévitation électromagnétique.

L'objectif général de la thèse: Le développement et la recherche d'un système de lévitation électromagnétique, l'analyse et le contrôle du système basé sur trois boutons qui permet de régler la position verticale de l'aimant en lévitation et de appliquer un signal de référence sinusoïdal, rectangulaire, scie.

Dans ce travail, on a mené une recherche théorique de la lévitation électromagnétique, l'analyse de la structure du système de contrôle automatique et la problème de réglage, le principe de fonctionnement du électroaimant, du capteur à effet Hall, les techniques de lévitation électromagnétique et les utilisations de ce phénomène comme ayant des avantages et des inconvénients.

Ainsi, il a été monté le système de lévitation électromagnétique et réalisé sa recherche sur la position verticale de l'aimant qui lévite en utilisant un capteur à effet Hall linéaire et le courant dans l'électroaimant est activement contrôlée pour obtenir la lévitation stable.

En fonction du signal provenant du capteur, électroaimant est entraîné vers le haut ou vers le bas. Si objet ferromagnétique est supérieure à la position souhaitée, le régulateur réduit le courant dans l'électroaimant et la force électromagnétique. Si l'objet se trouve en dessous de la position souhaitée, le courant dans l'électroaimant sera augmenté.

De cette façon, la modélisation a été effectuée (identification analytique), obligatoire lorsque le système physique n'est pas disponible pour une étude expérimentale, mais seulement sous forme de projet. Basé sur une documentation détaillée du système physique, l'obtention du modèle analytique permet - en combinaison avec des techniques de simulation appropriés - l'étude prospective du système.

CUPRINS

INTRODUCERE	6
1. BAZELE TEORETICE ALE LEVITAȚIEI MAGNETICE	7
1.1. Câmpul magnetic. Inducția magnetică	7
1.2. Intensitatea câmpului magnetic	11
1.3. Fluxul magnetic.....	13
1.4. Magnetizarea substanțelor (corpurilor)	15
1.5. Fenomenul de histerezis	18
1.6. Legea fundamentală a circuitului magnetic (legea curentului total).....	20
1.7. Circuite magnetice.....	27
1.8. Fenomenul de inducție electromagnetică.....	30
1.9. Autoinducția.....	36
1.10. Inducție mutuală.....	38
1.11. Curenții turbionari (Foucault)	42
1.12. Energia câmpului magnetic	44
1.13. Electromagneți. Forță portantă	45
2. SISTEM DE LEVITAȚIE MAGNETICĂ	47
2.1. Sisteme de reglare automată (SRA).....	47
2.1.1. Structură. Mărimi caracteristice. Clasificare	47
2.1.2. Problema reglării. Analiza SRA	50
2.2. Structura și principiul de funcționare a electromagnetului	52
2.3. Senzori cu efect Hall.....	54
3. TEHNOLOGII ȘI APLICAȚII	59
3.1. Tehnici ale levitației magnetice	59
3.2. Principalele limitări ale tehnicilor electromagnetice ale levitației magnetice	59
3.2.1. Levitația folosind magneți permanenți	60
3.2.2. Levitația folosind materiale diamagnetice	61
3.2.3. Levitația folosind supraconductori	61

3.3. Construcția și principiul de funcționare a unei electropompe centrifuge ermetice.....	63
3.3.1. Electropompa centrifugă ermetică 2ЦГ 12,5 /50-4	63
3.3.2. Modernizarea prin sistemele de rulmenți magnetici.....	66
3.3.2.1. Rulmentul magnetic activ FAG	67
3.3.2.2. Rulmenții de prindere (de siguranță)	67
3.3.3. Sistemul electronic de putere și de comandă	68
3.4. Trenurile Maglev	69
3.4.1. Principiu de funcționare.....	69
3.4.2. Istoria Maglev	70
3.5. Turbina Maglev	71
4. APARATUL EXPERIMENTAL	73
4.1. Sistem de levitație Zeltom	73
4.2. Schema electrică.....	76
4.3. Modelul matematic al sistemului Zeltom.....	78
4.4. Identificarea standard a parametrilor.....	81
4.4.1. Identificarea parametrilor modelului Zeltom.....	81
CONCLUZII	85
BIBLIOGRAFIE	86