การออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 10 – 25 กิโลวัตต์

นายศักดิ์ชัย ตาลทิพย์

004963

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
แผนกวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2521

I 17432897

DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR FOR 10 - 25 KW ALTERNATOR

Mr. Sakchai Talthip

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1978

Thesis Title	Design and Construction of an Automatic Voltage Regulator for 10 - 25 KW Alternator
By	Mr. Sakchai Talthip
Department	Electrical Engineering
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Pairoj Fuangtura

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirements for the Master's degree.

Visid Prachuabmoh ..... Dean of Graduate School

(Professor Visid Prachuabmoh, Ph.D.)

Thesis Committee

Sootin Wetwatana ..... Chairman

(Asst. Prof. Sootin Wetwatana, Ph.D.)

Dr. Pairoj Fuangtura ..... Member

(Asst. Prof. Pairoj Fuangtura, Dr.-Ing.)

P. Chaiyanil ..... Member

(Asst. Prof. Paibul Chaiyanil, M.Phil.)

P. Nilsena ..... Member

(Asst. Prof. Pairaj Nilsena, B.Eng.Hons)

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 10 – 25 กิโลวัตต์
ชื่อนิสิต	นายศักดิ์ชัย ตาลทิพย์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร. ไพโรจน์ เฟื่องธุระ
แผนกวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2520

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติระบบโซลิดสเตต (solid state system) สำหรับใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับทั้งแบบ 1 ยก และ 3 ยก ขนาดตั้งแต่ 10 กิโลวัตต์ ถึง 25 กิโลวัตต์ โดยให้มีเรกูเลชั่น (regulation) ไม่เกิน ± 2.5 เปอร์เซนต์ ตลอดช่วงภาระไฟฟ้าซึ่งมีเพาเวอร์แฟคเตอร์ (power factor) ตั้งแต่ 1.0 จนถึง 0.8 แบบล้าหลัง (lagging)

ผลการทดสอบปรากฏว่า เครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ออกแบบสร้างขึ้นนี้มีสมรรถนะและคุณสมบัติต่าง ๆ ได้ผลเป็นไปตามจุดประสงค์ที่ต้องการทุกประการ

Thesis Title	Design and Construction of an Automatic Voltage Regulator for 10 - 25 KW Alternator
Name	Mr. Sakchai Talthip
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Pairoj Fuangtura
Department	Electrical Engineering
Acadamic Year	1977

ABSTRACT

This research is concerned with a design and construction of an automatic voltage regulator to be used with either single phase and three phase alternator of sizes from 10 kilowatts to 25 kilowatts. The voltage regulation shall be within ± 2.5 percent from noload to full load and from unity power factor to 0.8 power factor lagging. Solid state electronic circuits are particularly chosen and used for this work.

The designed is aimed to meet all the requirements specified.

ACKNOWLEDGEMENT

The author wishes to express his gratitude to Asst. Prof. Dr. Pairoj Fuangtura, his thesis advisor, for his helpful guidance and supervisions, expecially his encouragement in preparing this thesis. He also wishes to acknowledge his indebtness to Asst. Prof. Paibul Chaiyanil for his kindly help in giving valuable advice and suggestions.

Thanks are also due to Asst. Prof. Dr. Sootin Wetwatana, Asst. Prof. Pairaj Nilsena, Asst. Prof. Dr. Sukumvit Phoomvuthisarn and Asst. Prof. Sun Sivaratana, for their valuable advices. Deeply appreciation is also expressed to his friend, Mr. Surapol Leepraditwan, for his active supporting useful informations and suggestions.

The author devotes all good parts of this thesis to his parents and everyone who has given him assistances, encouragements and motivation.

CONTENTS

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Page

Abstract (Thai) IV

Abstract (English) V

Acknowledgement VI

List of Illustrations VIII

List of Symbols X

Chapter

I. INTRODUCTION 1

II. THEORETICAL BACKGROUND 4

III. DESIGN OF REGULATOR SYSTEM 17

IV. DESIGN OF REGULATOR CIRCUIT 29

V. CONSTRUCTION OF THE REGULATOR 57

VI. TEST AND RESULTS 61

VII. CONCLUSION AND DISCUSSION 71

References 73

Appendix 74

Vita 79

LIST OF ILLUSTRATIONS

Figure No.		Page
2.1	Alternator Voltage Transient Response VS. Time for Load Application	11
2.2	Self-Excited Voltage Regulator System	14
3.1	Voltage Regulator System Block Diagram	18
3.2	Sensing Circuit	19
3.3	Comparison and Error Amplifier Stage	19
3.4	Firing Circuit	21
3.5	UJT Emitter Characteristic Load Lines	22
3.6	Power Controller Stage	26
3.7	Stabilizing Network	27
4.1	Voltage Across Emitter Capacitor at Maximum Regulator Output	37
4.2	Voltage Across Emitter Capacitor at Minimum Regulator Output	42
4.3	Complete Circuit Diagram of the Automatic Voltage Regulator for Alternator	54
4.4	Voltage Waveforms at Minimum Specified Regulator Output Voltage	55
4.5	Voltage Waveforms at Maximum Specified Regulator Output Voltage	56

LIST OF ILLUSTRATIONS (CONTINUE)

Figure No.		Page
5.1	Printed Circuit Wiring Board	58
5.2	Layout of Components on the Printed Circuit Board	58
5.3	Components Layout of Power Controller Stage	59
5.4	Assembly of the Automatic Voltage Regulator for Alternator	60
6.1	Separately Excited Voltage Regulation Test Circuit	62
6.2	Closed Loop Control Voltage Regulation Test Circuit	63
6.3	Comparison of the Voltage Regulation Curves	64
6.4	Field Current VS, Load Current Curves	65
6.5	Voltage Regulation when Varying Prime-mover Speed	66
6.6	Field Current VS. Speed Curves	67
6.7	Transient Characteristic at Rated Load	68
6.8	Separately Excited Waveforms	69
6.9	Closed Loop Control Waveforms (with Voltage Regulator).	70

LIST OF SYMBOLS

C_E	:	Emitter capacitance
h_{FE}	:	DC forward current transfer ratio
I_b	:	Base current
I_c	:	Collector current
I_E	:	Emitter current
I_p	:	Peak-point current
I_v	:	Valley current
Q	:	Charge (Coulomb)
r	:	Ripple factor
r_{BB}	:	UJT's interbase resistance
R_E	:	Emitter resistance
T	:	Time constant
t	:	Oscillation period
T_J	:	Junction temperature
V_{av}	:	Average voltage
V_{EE}	:	DC Supply voltage
V_D	:	Emitter diode forward voltage
V_E	:	Emitter voltage
V_i	:	Input voltage
V_m	:	Peak or crest voltage
V_o	:	Output voltage
V_p	:	Peak-point voltage
V_v	:	Valley voltage

LIST OF SYMBOLS (CONTINUE)

Δ	:	Difference
θ	:	Firing angle
ω	:	Angular velocity
η	:	Intrinsic standoff ratio