

การออกแบบ เครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้วยวิธี
สวิตชิงของ เครื่องจ่ายไฟกระแสตรง



นาย ยืน ฐวรวรรณ

002437

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๑๙

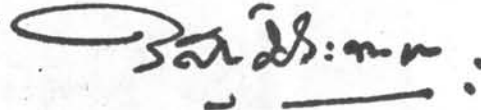
DESIGN OF SWITCHING REGULATOR
USED IN DC POWER SUPPLY.



Mr. Yuen Poovarawan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต



คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

.....กรรมการ

.....กรรมการ

.....กรรมการ

อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ผศ. ดร. เทียนชัย ประดิษฐายน

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้วยวิธีสวิตชิงของ เครื่องจ่ายไฟฟ้า
กระแสตรง
ชื่อ นาย ยืน ภู่วรรณ แผนกวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา ๒๕๑๘

บทคัดย่อ

เครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าของ เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวิธีสวิตชิงให้ผลทางด้าน
ประสิทธิภาพสูง น้ำหนักเบาและขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับ เครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้วยวิธี
ซีรึส งานวิจัยนี้เป็นงานออกแบบและสร้าง เครื่องควบคุมแรงดันด้วยวิธีสวิตชิงที่จ่ายแรงดัน ๕ โวลต์
กระแส ๑๐ แอมแปร์ โดยใช้อุปกรณ์จำพวกวงจรรีเลย์เกรเดต สวิตชิงทรานซิสเตอร์ชนิดกำลัง
ไดโอดชนิดฟาสรีโคฟเวอรีและอุปกรณ์การค้ำปลั่งทางอิเล็กทรอนิกส์ด้วยแสง



Thesis Title Design of Switching Regulator Used in DC Power Supply
Name Mr. Yuen Poovarawan
 Department of Electrical Engineering.
 Kasertsart University
Academic Year 1975



ABSTRACT

This switchine voltage regulator dc power supply is more conventional than series regulator dc power supply because it has better efficiency, smaller in size and weight. A switching regulator dc power supply has been designed for operating at a frequency of 20 KHz with the input voltage of 30 V and rated output voltage and current of 5V, and 10A respectively. In addition, integrated circuit elements, power switching transistors, fast recovery diodes, and an optoelectronic coupler are particularly chosen and used for this work.

ACKNOWLEDGEMENT

The author wishes to express his deep appreciation to Assistant Professor Dr. Tienchai Pradisthayon, his thesis supervisor, for his valuable advice and suggestions, especially his encouragement to a research valuable for our country.

Acknowledgements are due to the Department of Electrical Engineering, Kasertsart University for instrumental support in the experiment.

Finally, the author wishes to express his appreciation and thanks to anyone, unnamed, who directly or indirectly helped him in conducting the study.



TABLE OF CONTENTS

	Page
Abstract in Thai	i
Abstract in English	ii
Acknowledgements	iii
Table of Contents	iv
List of Figures	v
List of Symbols	
 Chapter	
I INTRODUCTION	1
II REGULATOR SYSTEM	5
III MATHEMATICAL ANALYSIS AND SUB-SYSTEM	12
IV FERRITE POWER TRANSFORMER	28
V DESIGN AND CONSTRUCTION	42
VI APPLICATIONS AND CONCLUSIONS	68
Reference	72
Appendices	74
Vita	98



LIST OF FIGURE

-v

Figure	Page
2.1 (a) Series regulator circuit	6
(b) Shunt regulator circuit	6
2.2 Series regulator system	7
2.3 Block diagram of a switching regulator	10
3.1 A π -type filter circuit	13
3.2 A switching regulator system	17
3.3 The voltage waveform at the output of the control pulse unit, L_A, L_B and the collector voltage, V_{C1}, V_{C2}	18
3.4 The waveform of voltage and current at various points of the system shown in Fig.3.2	19
3.5 (a) The waveform of the current deliver to load	20
(b) The collector voltage of transistor T_1	20
(c) The output ripple voltage waveform	20
4.1 An equivalent circuit of the impedance represented magnetic loss	31
4.2 Vector diagram of Fig. 4.1	31
4.3 Core dimension	33
4.4 Core dimension for 60 watts power transformer	39
5.1 Frequency response of RF noise filter	44
5.2 Fullwave rectifier circuit	45
5.3 The power inverter stage	46
5.4 The ripple voltage	48
5.5 The control circuit	49
5.6 The circuit of oscillator	50
5.7 40KHz clock	51



5.8	A phase spliter	52
5.9	The waveform of the output of the phase spliter	52
5.10	The pulse width control unit	53
5.11	The pulse at no load	54
5.12	The pulse at load 5 amperes	54
5.13	AND-gate circuit	55
5.14	Logic output I and II	55
5.15	An opto-couple and feedback amplifier circuit	56
5.16	The circuit of limiting current	57
5.17	A driver circuit	58
5.18	An auxillary power supply	63
5.19	The recovery time test	65
5.20	The result of the recovery time test	65
5.21	Output voltage V.S. Load current	66
5.22	The efficiency V.S. Load current	67
6.1	The switching regulator dc power supply 5V,10A.	69

List of Symbols

A_{Cu}	=	cross-sectional area of copper coil
A_w	=	area of window
A_F	=	cross-sectional area of ferrite core
A_x	=	cross-sectional area of wire
B	=	flux density
B_{mSAT}	=	saturation flux density
d	=	damping ratio
E_o	=	the output voltage at which transistor turn on
I_r	=	choke current
i	=	current
I_p	=	primary current
I_s	=	secondary current
I_L	=	output current deliver to load
I_C	=	capacitance current at filter output
I_i	=	input current
I_{max}	=	maximum choke current
I_o	=	minimum choke current
I_d	=	forward current in diode
I_{CT}	=	average collector current of transistor
J	=	current density
K_1, K_2	=	weighting factor
n	=	turn ratio
N	=	number of turn
P_C	=	energy per cycle



P_{TL}	=	conduction loss in transistor
P_{DL}	=	conduction loss in diode
P_{LL}	=	conduction loss in choke
P_{DR}	=	driver loss
P_{ST}	=	switching loss in transistor
P_{SD}	=	switching loss in diode
P_{max}	=	maximum power required
P_m	=	core loss
P_{Ω}	=	copper loss
P_{gm}	=	garantee core loss
$P_{g\Omega}$	=	garantee copper loss
P_{CON}	=	control circuit loss
P_f	=	insertion loss
Q	=	factor of merit
r	=	ripple factor
R_{LF}	=	load impedance of RF noise filter
R_{SF}	=	source impedance of RF noise filter
T	=	time period of one cycle
V_i	=	unregulate input voltage
V_o	=	regulated output voltage
V_r	=	voltage at point after rectifier
V_C	=	capacitor voltage
V_{Cl}	=	collector voltage
V_{pp}	=	peak to peak ripple voltage
V_{Cmax}	=	upper ripple voltage

V_{Cmin}	=	lower ripple voltage
ΔH	=	hysteresis voltage
ω	=	angular frequency
δ_m	=	loss angle
μ_o	=	permeability of air
μ	=	permeability of ferrite
ρ	=	resistivity
Z	=	optimizing function for transformer design