แหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่องขนาด 500 โวลต์แอมแปร์ที่ตัวประกอบกำลังด้านเข้ามีค่าสูง

นายกิตติศักดิ์ ดียา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-684-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16846338

A High Input Power Factor , 500-VA Uninterruptible Power Supply

MR. KITTISAK DEEYA

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-584-684-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : แหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่องขนาด 500 โวลต์แอมแปร์ ที่ตัวประกอบกำลังด้านเข้ามีค่าสูง

โดย : นาย กิตติศักดิ์ ดียา

ภาควิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. โคทม อารียา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา กุลวิทิต)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.โคทม อารียา)

..... กรรมการ

(อาจารย์ เจิดกุล โสภาวนิตย์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สมบูรณ์ แสงวงวาณิชย์)

กิตติศักดิ์ ดียา : แหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่องขนาด 500 โวลต์แอมแปร์ที่ตัวประกอบกำลังด้านเข้ามีค่าสูง (A HIGH INPUT POWER FACTOR, 500-VA UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร.โคทม อารียา, 118 หน้า
ISBN 974-584-684-8

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงการออกแบบสร้างและทดสอบ แหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่อง (UPS) ชนิดเฟสเดียวขนาด 500 โวลต์แอมแปร์ ที่มีการปรับปรุงตัวประกอบกำลังด้านเข้าให้มีค่ามากกว่า 0.9 และกระแสด้านเข้ามีลักษณะใกล้ไซน์ เพื่อเป็นการลดปัญหากระแสฮาร์มอนิก แหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่องประกอบด้วย วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อประจุแบตเตอรี่ และวงจรอินเวอร์เตอร์ ซึ่งจะเชื่อมต่อกันด้วยแรงดันไฟตรงที่มีระดับแรงดัน 450 โวลต์ อินเวอร์เตอร์ทำงานแบบมอดูเลตความกว้างพัลส์และมีการป้อนกลับแรงดันทำให้ได้แรงดันออกรูปไซน์ที่มีการคุมค่าที่ดี แหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่องที่สร้าง ทำงานได้อย่างน่าพอใจโดยมีประสิทธิภาพสูงประมาณร้อยละ 70 เมื่อจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2536

##C315497 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD : UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY / BACK UP TIME / SWITCH MODE RECTIFIER
KITTISAK DEEYA : A HIGH INPUT POWER FACTOR , 500-VA UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY
THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. DR. GOTHOM ARYA, 118 pp.
ISBN 974-584-684-8

This thesis presents the design , construction and testing of a single-phase 500 VA uninterruptible power supply (UPS). The rectifier of this UPS is designed to provide an input power factor higher than 0.9 with nearly sinusoidal input current waveform. The UPS comprises of a switchmode rectifier , a battery charger and an inverter. These circuits are connected together by a dc bus of 450 volts.The inverter uses PWM technique and voltage feedback to provide sinusoidal output voltage with good regulation. The UPS functions satisfactory with an efficiency of 70% when operate from battery.

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2536

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.โคทม อารียา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยตลอดมา ศาสตราจารย์ ดร.มงคล เดชนครินทร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา กุลวิทิต อาจารย์เจิดกุล โสภาวนิตย์ ซึ่งได้ให้ความรู้และข้อแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยนี้ ทั้งนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณคณาจารย์ผู้ที่ได้กล่าวนามมาข้างต้น ตลอดจนทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการจัดทำวิทยานิพนธ์

ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณบุพการีทั้งสอง ผู้ซึ่งให้โอกาสทางการศึกษา ให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน และให้กำลังใจอันแรงกล้าแก่ข้าพเจ้าเสมอมา

กิตติศักดิ์ ดียา

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญเรื่อง.....ช
สารบัญภาพ.....ซ
สารบัญตาราง.....ฑ

บทที่

1 บทนำ.....1
2 วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง.....12
3 วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง.....45
4 แบตเตอรี่.....61
5 วงจรประจุแบตเตอรี่.....67
6 วงจรอินเวอร์เตอร์.....77
7 การเชื่อมต่อระหว่างวงจรและการทำงานของระบบ.....90
8 การทดสอบ.....94
9 สรุปและข้อเสนอแนะ.....113

เอกสารอ้างอิง.....116
ประวัติผู้เขียน.....118

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	โครงสร้างทั่วไปของ UPS	2
1.2	ลักษณะการประจุแบตเตอรี่	4
1.3	รูปคลื่นของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบพัลส์บวกและพัลส์ลบ	5
1.4	รูปคลื่นของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบพัลส์บวกลบ	6
1.5	ระบบขนานเผื่อเกิน	8
1.6	โครงสร้างของ UPS ที่มีการเชื่อมต่อด้วยแรงดันกระแสตรงที่มีค่าสูงกว่าแรงดันอัดประจุลอยตัวของแบตเตอรี่	10
2.1	ชนิดของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง	12
2.2	วงจรแปลงผันที่มีการแยกโดดโดยใช้หม้อแปลงความถี่สูง	13
2.3	วงจรพุชพูล	14
2.4	วงจรฟลายแบ็ก	14
2.5	วงจรไปหน้า	15
2.6	วงจรบริดจ์เต็ม	15
2.7	วงจรกึ่งบริดจ์	16
2.8	วงจรบริดจ์อสมมาตร	16
2.9	วงจรควบคุมเฟสที่มีหม้อแปลงแยกโดด	17
2.10	วงจรเปลี่ยนจุดต่อแยกหม้อแปลง	18
2.11	วงจรเฟอร์โรเรโซแนนซ์	18
2.12	วงจรควบคุมเฟส	19
2.13	วงจรควบคุมเฟสที่มีหม้อแปลงลดแรงดัน	19
2.14	วงจรแปลงผันที่ไม่มีการแยกโดดและใช้สวิตช์ความถี่สูง	20
2.15	แผนภาพบล็อกของวงจร SMR	21

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.16	รูปคลื่นของกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำและกระแสด้านเข้าของวงจร SMR	22
2.17	แสดงวงจร SMR ทบระดับและรูปคลื่นของวงจร	23
2.18	แรงดันขาเข้าและกระแสขาเข้าของวงจร (ซีมูเลต)	27
2.19	แผนภาพบล็อกของวงจรควบคุมการทำงานของวงจร SMR	28
2.20	การขนานวงจร SMR	31
2.21	วงจรตรวจจับกระแสผ่านศูนย์	33
2.22	วงจรสมมูลของวงจรตรวจจับกระแสผ่านศูนย์	33
2.23	วงจรบวกแรงดัน	34
2.24	วงจรกรองผ่านต่ำ	36
2.25	วงจรไฟเลี้ยงไอซี	37
2.26	วงจรแบ่งแรงดันไซน์อ้างอิง	38
2.27	วงจรจุดชนวน	39
2.28	วงจรขับนำสวิตช์	40
2.29	วงจรคุมค่าแรงดัน	41
2.30	ผลตอบสนองเชิงความถี่ของวงจรคุมค่า (ซีมูเลต)	42
2.31	วงจรสร้างสัญญาณฟันเลื่อย (ramp)สำหรับการชดเชยด้วยความชัน	43
2.32	วงจรเพิ่มแรงดันออฟเซ็ท	44
2.33	วงจรรวมของวงจรขนาน SMR	44
3.1	วงจรพุชพูล	45
3.2	การทำงานของวงจรพุชพูลภาคกระแส	47
3.3	แรงดันออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำ (ซีมูเลต)	50
3.4	แผนภาพบล็อกของวงจรภาคควบคุม	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.5	วงจรขับน่าสวิตช์	52
3.6	วงจรสุ่มกระแสผ่านตัวเหนี่ยวน่า	53
3.7	วงจรสุ่มแรงดันขาออก	53
3.8	วงจรป้องกันกระแสเกินพิกัด	54
3.9	วงจรคุมค่า	56
3.10	ผลตอบเชิงความถี่ของวงจรคุมค่า (ชีมูเลต)	56
3.11	voltage clamp	57
3.12	weaving snubber diode	58
3.13	การใช้ซีเนอร์ไดโอดเป็นสนับเบอร์	59
3.14	วงจรรวมของวงจรพุชพูลภาคกระแส	60
4.1	กราฟแสดงลักษณะการจ่ายก่าลังของแบตเตอรี่	64
4.2	วงจรป้องกันการคายประจุเกิน	65
5.1	แผนภาพบล็อกของวงจรประจุแบตเตอรี่	67
5.2	วงจรบริดจ์อสมมาตร	68
5.3	แรงดันออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวน่า (ชีมูเลต)	71
5.4	แผนภาพบล็อกของวงจรภาคควบคุม	72
5.5	วงจรภาคควบคุม	72
5.6	วงจรสุ่มแรงดันด้านออก	72
5.7	วงจรขับน่าสวิตช์	73
5.8	แผนภาพบล็อกของวงจรจ่ากัดกระแสประจุแบตเตอรี่	74
5.9	วงจรจ่ากัดกระแสประจุแบตเตอรี่	74
5.10	วงจรรวมของวงจรประจุแบตเตอรี่	76
6.1	วงจรพุชพูล	78
6.2	วงจรกึ่งบริดจ์	78

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
6.3	วงจรบริดจ์เต็ม	79
6.4	แผนภาพบล็อกของวงจรอินเวอร์เตอร์	80
6.5	แรงดันขาออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำของอินเวอร์เตอร์ในภาวะโหลด 0% (ชีมูเลต)	82
6.6	แรงดันขาออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำของอินเวอร์เตอร์ในภาวะโหลด 50% (ชีมูเลต)	82
6.7	แรงดันขาออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำของอินเวอร์เตอร์ในภาวะโหลด 100% (ชีมูเลต)	83
6.8	แรงดันขาออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำของอินเวอร์เตอร์ในภาวะโหลดเปลี่ยน 0%-50% (ชีมูเลต)	83
6.9	แรงดันขาออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำของอินเวอร์เตอร์ในภาวะโหลดเปลี่ยน 50%-100% (ชีมูเลต)	84
6.10	แรงดันขาออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำของอินเวอร์เตอร์ในภาวะโหลดเปลี่ยน 50%-0% (ชีมูเลต)	84
6.11	แรงดันขาออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำของอินเวอร์เตอร์ในภาวะโหลดเปลี่ยน 100%-50% (ชีมูเลต)	85
6.12	แผนภาพบล็อกวงจรกำเนิดคลื่นไซน์	85
6.13	คลื่นรูปไซน์ที่สร้างขึ้น	87
6.14	วงจรกำเนิดคลื่นไซน์	87
6.15	วงจรป้องกันกระแสเกิน	88
6.16	วงจรกำเนิดสัญญาณ PWM	88
6.17	วงจรรวมของวงจรอินเวอร์เตอร์	89
7.1	การเชื่อมต่อระหว่างวงจร	91
7.2	การทำงานของระบบในสภาวะปกติ	92

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
7.3	การทำงานของระบบในสภาวะจ่ายกำลังสำรอง	93
8.1	แรงดันด้านเข้าและกระแสด้านเข้าของวงจร SMR เมื่อโหลด 45 วัตต์	94
8.2	แรงดันด้านเข้าและกระแสด้านเข้าของวงจร SMR เมื่อโหลด 250 วัตต์	95
8.3	แรงดันด้านเข้าและกระแสด้านเข้าของวงจร SMR เมื่อโหลด 500 วัตต์	95
8.4	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังออกกับตัวประกอบกำลังของวงจร SMR	97
8.5	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังออกกับประสิทธิภาพของวงจร SMR	98
8.6	กระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำและแรงดันออกของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อจ่ายโหลดเต็มพิกัด	100
8.7	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังออกและประสิทธิภาพของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง	101
8.8	คุณลักษณะของวงจรประจุแบตเตอรี่	102
8.9	ลักษณะการประจุแบตเตอรี่ของวงจร	103
8.10	แรงดันออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำเมื่อจ่ายโหลด 1 แอมแปร์	103
8.11	แรงดันขาออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำในภาวะโหลด 0%	104
8.12	แรงดันขาออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำในภาวะโหลด 50%	104
8.13	แรงดันขาออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำในภาวะโหลด 100%	105
8.14	แรงดันขาออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำของอินเวอร์เตอร์ในภาวะโหลดเปลี่ยน 0%-50%	105
8.15	แรงดันขาออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำของอินเวอร์เตอร์ในภาวะโหลดเปลี่ยน 50%-100%	106

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
8.16	แรงดันขาออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำของอินเวอร์เตอร์ ในภาวะโหลดเปลี่ยน 50%-0%	106
8.17	แรงดันขาออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำของอินเวอร์เตอร์ ในภาวะโหลดเปลี่ยน 100%-50%	107
8.18	ความสัมพันธระหว่างกำลังออกกับแรงดันออก ของวงจรอินเวอร์เตอร์	109
8.19	ความสัมพันธระหว่างกำลังออกกับประสิทธิภาพ ของวงจรอินเวอร์เตอร์	110
8.20	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังออกของวงจรอินเวอร์เตอร์ กับประสิทธิภาพเมื่อจ่ายกำลังสำรอง	112

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
8.1	คุณลักษณะของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง	96
8.2	การคุมค่าเชิงสายป้อนของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง	96
8.3	คุณลักษณะของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง	99
8.4	คุณลักษณะของวงจรอินเวอร์เตอร์	108
8.5	การคุมค่าเชิงสายป้อนของวงจรอินเวอร์เตอร์	108
8.6	คุณลักษณะของ UPS เมื่อจ่ายกำลังสำรอง	111