แหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่องชนิดเฟสเดียว ขนาด 3 กิโลวัลต์แอมแปร์

นาย เจิดกุล โสภาวนิตย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-758-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016006
I175A949x

A SINGLE-PHASE 3-kVA UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY

Mr. Cherdkul Sopavanit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-576-758-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์ แหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่องชนิดเฟสเดียว ขนาด 3 กิโลโวลต์แอมแปร์

โดย นายเจิดกุล โสภาวนิตย์

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ดร.โคทม อารียา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา กุลวิทิต)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.โคทม อารียา)

.....กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.มงคล เดชนครินทร์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัศมี)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สัณห์ ศิวารัตน์)

เจิดกุล โสภาวนิตย์ : แหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่องชนิดเฟสเดียว ขนาด 3 กิโลโวลต์แอมแปร์ (A SINGLE-PHASE 3-kVA UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY) อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร.โคทม อารียา 125 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงการออกแบบสร้างและทดสอบ แหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่อง (UPS) ชนิดเฟสเดียว ขนาด 3 กิโลโวลต์แอมแปร์ ซึ่งใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์อื่นๆที่ต้องการไฟเลี้ยงตลอดเวลา UPS จะจ่ายไฟให้กับโหลดตลอดเวลาไม่ว่าไฟจากการไฟฟ้าจะอยู่ในสภาพปกติหรือไม่ UPS ที่สร้างขึ้นประกอบด้วย วงจรเรียงกระแส วงจรแปลงผันพลังงานไฟตรง-ไฟตรง แบตเตอรี่ วงจรอินเวอร์เตอร์ วงจรกำเนิดสัญญาณไซน์ วงจรสวิตช์โอนย้าย วงจรแสดงสถานะ และวงจรป้องกัน ในส่วนของวงจรอินเวอร์เตอร์ได้ออกแบบให้มีการตอบสนองเร็ว เมื่อเปลี่ยนแปลงโหลดทันทีทันใด แรงดันขาออกสามารถคืนสู่รูปไซน์ภายในเวลา 2 ms และแรงดันขาออกมีความเพี้ยนต่ำ(น้อยกว่า 5 %) ถึงแม้โหลดมีค่าตัวประกอบกำลังต่ำถึง 0.7 UPS ที่สร้างขึ้นมีระบบป้องกันดังนี้ เมื่อแรงดันจากการไฟฟ้ามีค่าสูงหรือต่ำกว่าปกติ UPS จะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่แทน เมื่อโหลดมีค่าสูงกว่าที่อินเวอร์เตอร์จะจ่ายกระแสให้ได้ วงจรสวิตช์โอนย้ายก็จะสับเปลี่ยนโหลดจากอินเวอร์เตอร์ไปต่อกับสายไฟจากการไฟฟ้า การทดสอบ UPS ที่สร้างขึ้นได้ผลตามข้อกำหนดทุกประการ

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2532 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHERDKUL SOPAVANIT : A SINGLE-PHASE 3-kVA UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY. THESIS ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR GOTHOM ARYA 125 PP.

This thesis presents the design, construction and testing of a single-phase 3-kVA uninterruptible power supply (UPS). The inverter of this UPS is designed to respond very fast (within 2 ms) to step load change and to provide an output voltage having low total harmonic distortion (less than 5 %). The UPS includes a transfer switch, an alarm circuit and other protections. The alarm circuit will send out a buzz whenever the main AC lines or inverter is in fault.The transfer switch normally connects load to the inverter but will transfer it to the main AC lines in case of overload or when the inverter is in fault. The load transfer does not affect the sinusoidal waveform of the output voltage. The constructed UPS has been tested; its performances were in accordance with the specifications.

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2532 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจาก รศ.ดร.โคทม อารียา ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา อีกทั้ง ผศ.ดร.ยุทธนา กุลวิทิต ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆของการวิจัยด้วยดีตลอดมา อีกทั้ง ศ.ดร.มงคล เดชนครินทร์ และ รศ.สัณห์ ศิวารัตน์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์นี้ และ รศ.ดร. เอกชัย ลีลารัศมี ที่ให้โปรแกรม LEC ใช้ในการซีมูเลตวงจร ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้กล่าวมาข้างต้น คุณวิจิตร เหล็องเจริญโต และบุคลากรทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

เจิดกุล โสภาวนิตย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่

1. บทนำ 1

2. วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 11

3. แบตเตอรี่ 50

4. วงจรอินเวอร์เตอร์ 57

5. วงจรกำเนิดคลื่นรูปไซน์ 77

6. วงจรสวิตช์รอนย้ายวงจรแสดงสถานะและวงจรเริ่มเดินเครื่อง 92

7. สรุปและข้อเสนอแนะ 103

เอกสารอ้างอิง 107

ภาคผนวก 110

ประวัติผู้เขียน 125

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1. หม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันต่ำ 3 เฟส 4 สาย..... 20
2. ความยาวสายสูงสุด(m)ที่แรงดันตกในสายสูงสุดไม่เกิน 3 %.... 21
3. คุณลักษณะของวงจรทอนระดับ..... 45
4. ข้อมูลใน EPROM..... 112

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่

1. โครงสร้างพื้นฐานของระบบ UPS 2
2. ลักษณะการประจุแบตเตอรี่ 3
3. รูปคลื่นของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบพัลส์บวกและพัลส์ลบ 5
4. รูปคลื่นของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบพัลส์บวกลบ 5
5. ระบบขนานเผื่อเกินไว้ 7
6. ชนิดของวงจรแปลงผันพลังงาน 11
7. วงจรแปลงผันที่มีการแยกโดดโดยใช้หม้อแปลงความถี่สูง 12
8. **วงจรพุชพูล** 12
9. **วงจรฟลายแบ็ก** 13
10. **วงจรไปหน้า** 13
11. **วงจรบริดจ์เต็ม** 13
12. **วงจรกึ่งบริดจ์** 14
13. **วงจรบริดจ์อสมมาตร** 14
14. วงจรควบคุมเฟสที่มีหม้อแปลงแยกโดด 15
15. วงจรเปลี่ยน Tap หม้อแปลง 15
16. **วงจรเฟอร์โรเรโซแนนซ์** 16
17. วงจรควบคุมเฟส 16
18. วงจรควบคุมเฟสแบบมีหม้อแปลงลดแรงดัน 16
19. วงจรแปลงผันที่ไม่มีการแยกโดดและใช้สวิตช์ความถี่สูง 17
20. วงจรเรียงกระแส 19
21. วงจรที่ใช้ในการซีมูเลตวงจรเรียงกระแส 23
22. แรงดันคร่อมตัวเก็บประจุในรูปที่ 21 23
23. กระแสผ่านไดโอดในรูปที่ 21ซึ่งเป็นผลจากการซีมูเลต 24
24. กระแสโดยประมาณผ่านไดโอดโดยสมมุติเป็นรูปไซน์ครึ่งคาบ 25

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่

25. วงจรที่ใช้ในการซีมูเลตกระแสตอนเริ่มทำงาน..... 26

26. ลักษณะแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำเมื่อต่อวงจรในขณะที่มุมเฟสของแรงดันด้านเข้าเป็น 0°..... 27

27. ลักษณะแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำเมื่อต่อวงจรในขณะที่มุมเฟสของแรงดันด้านเข้าเป็น 30° 27

28. ลักษณะแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำเมื่อต่อวงจรในขณะที่มุมเฟสของแรงดันด้านเข้าเป็น 60° 28

29. ลักษณะแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำเมื่อต่อวงจรในขณะที่มุมเฟสของแรงดันด้านเข้าเป็น 90° 28

30. ลักษณะแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำเมื่อต่อวงจรในขณะที่มุมเฟสของแรงดันด้านเข้าเป็น 120° 29

31. ลักษณะแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำเมื่อต่อวงจรในขณะที่มุมเฟสของแรงดันด้านเข้าเป็น 150° 29

32. **วงจรทอนระดับ** 30

33. แรงดันและกระแสของโหลดขนาด 3 kVA P.F.= 0.7 32

34. **กำลังที่จ่ายให้โหลด 3 kVA P.F.= 0.7** 33

35. วงจรที่ใช้ในการซีมูเลตเพื่อใช้หาผลตอบเชิงความถี่ของวงจร Buck 36
ทอนระดับ..... 35

36. ผลตอบเชิงความถี่ของวงจร**ทอนระดับขณะไม่มี** RL..... 36

37. ผลตอบเชิงความถี่ของวงจร**ทอนระดับขณะต่อ** RL..... 37

38. บล็อกไดอะแกรมของวงจร**ทอนระดับที่ป้อนกลับแรงดัน**..... 37

39. บล็อกไดอะแกรมของวงจร**ทอนระดับที่ป้อนกลับทั้งกระแสและแรงดัน** 38

40. บล็อกไดอะแกรมของวงจร**ทอนระดับ** 39

41. อัตราขยายวงรอบเปิด (Vo/แรงดันออกป้อนกลับ) 40

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
42.	วงจรป้องกันวงจรตัดต่อสวิตช์	41
43.	แรงดันคร่อมตัวเก็บประจุและกระแสในไดโอดของวงจรเรียงกระแสขณะต่อโหลดความต้านทานขนาด 3.5 kW	43
44.	แรงดันขาออกและกระแสในตัวเหนี่ยวนำของวงจรทอนระดับขณะต่อโหลดความต้านทานขนาด 3.5 kW	43
45.	กระแสและแรงดันคร่อมสวิตช์ของวงจรทอนระดับขณะโหลด 3 kW	44
46.	กระแสและแรงดันของวงจรเรียงกระแสขณะเริ่มเดินเครื่องที่มุมเฟสของแรงดันด้านเข้าเป็น 60 องศา	44
47.	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันออกกับกำลังออกของวงจรทอนระดับเมื่อแรงดันไฟสลับด้านเข้ามีค่าต่างกัน	48
48.	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับกำลังออกของวงจรทอนระดับเมื่อแรงดันไฟสลับด้านเข้ามีค่าต่างกัน	49
49.	แสดงลักษณะของแบตเตอรี่	52
50.	การต่อวงจรประจุแบตเตอรี่	54
51.	วงจรประจุแบตเตอรี่	54
52.	วงจรป้องกันการคายประจุเกิน	55
53.	กราฟแสดงคุณลักษณะของวงจรประจุแบตเตอรี่	56
54.	วงจรอินเวอร์เตอร์แบบคลื่นรูป	57
55.	วงจรพุชพูล	58
56.	วงจรกึ่งบริดจ์	58
57.	วงจรบริดจ์เต็ม	59
58.	วงจรอินเวอร์เตอร์และวงจรกรอง	60
59.	หลักการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์	61
60.	บล็อกไดอะแกรมวงจรกำเนิดสัญญาณควบคุมสวิตช์ที่สร้างขึ้น	62

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่

61. แรงดันขาออกขณะโหลดเต็มที่..... 64
62. กระแส I1 ของอินเวอร์เตอร์ในรูปที่ 58 ขณะโหลดเต็มที่..... 63
63. แรงดันขาออกของอินเวอร์เตอร์ในรูปที่ 58 ขณะไม่ต่อโหลด.... 64
64. กระแส I1 ของอินเวอร์เตอร์ในรูปที่ 58 ขณะไม่ต่อโหลด..... 64
65. แรงดันขาออกของอินเวอร์เตอร์ในรูปที่ 58ขณะเปลี่ยนโหลดจาก 0-100 % ที่เวลา 5 ms..... 65
66. กระแส I1 ของอินเวอร์เตอร์ในรูปที่ 58 ขณะเปลี่ยนโหลดจาก 0-100 % ที่เวลา 5 ms..... 65
67. แรงดันขาออกของอินเวอร์เตอร์ในรูปที่ 58 ขณะเปลี่ยนโหลดจาก 100-0 % ที่เวลา 5 ms..... 66
68. กระแส I1 ของอินเวอร์เตอร์ในรูปที่ 58 ขณะเปลี่ยนโหลดจาก 100-0 % ที่เวลา 5 ms..... 66
69. วงจรขับนำทรานซิสเตอร์ที่ใช้เป็นสวิตช์ของอินเวอร์เตอร์..... 67
70. แรงดันขาออกและกระแส I1 ของอินเวอร์เตอร์ในรูปที่ 58 ขณะโหลดเต็มที่..... 68
71. แรงดันขาออกและกระแส I1 ของอินเวอร์เตอร์ในรูปที่ 58 ขณะไม่ต่อโหลด..... 69
72. แรงดันขาออกและกระแส I1 ของอินเวอร์เตอร์ในรูปที่ 58 ขณะเปลี่ยนโหลดจาก 0-100 % 69
73. แรงดันขาออกและกระแส I1 ของอินเวอร์เตอร์ในรูปที่ 58 ขณะเปลี่ยนโหลดจาก 100-0 % 70
74. ขนาดของแรงดันที่ออกจากอินเวอร์เตอร์..... 71
75. ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพรวมวงจรทอนระดับและวงจรอินเวอร์เตอร์..... 73

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
76.	ส่วนต่างๆของวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์	77
77.	วงจรเลื่อนเฟส	79
78.	แรงดันส่วนต่างๆของวงจรเลื่อนเฟสในรูปที่ 77	79
79.	วงจรตรวจจับความถี่	81
80.	วงจร PLL หมายเลข 4046	84
81.	กราฟความถี่กลางของวงจร PLL	85
82.	วงจร PLL และวงจรนับ	86
83.	การต่อวงจรส่วนของ EPROM	88
84.	DAC	90
85.	คลื่นรูปไซน์ที่สร้างขึ้น	91
86.	ภาคควบคุมของวงจรสวิตช์โอนย้าย	93
87.	วงจรส่งสัญญาณเตือน	95
88.	วงจรสวิตช์โอนย้ายภาคกำลัง	96
89.	SCR และวงจรสนับเบอร์	97
90.	กราฟที่ใช้ในการหาค่าตัวประกอบการหน่วง	98
91.	กราฟที่ใช้ในการหาค่า dv/dt	98
92.	วงจรเริ่มเดินเครื่อง	100
93.	แรงดันออกและกระแสอินเวอร์เตอร์ในขณะโอนย้ายโหลด	101
94.	UPS ที่สร้างขึ้น	111