คอนเวอร์เตอร์ฮาล์ฟบริดจ์แบบสามระดับ

THREE LEVEL HALF - BRIDGE CONVERTERS

นายชลชาติ หีดฤทธิ์

นายเกษม กราพงค์

นายเลิศชาย รัตนะ

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปีการศึกษา 2551

50EE207

หัวข้อโครงงาน	คอนเวอร์เตอร์ฮาล์ฟบริดจ์แบบสามระดับ	
โดย	นายชลชาติ	หีดฤทธิ์
	นายเกษม	กราพงค์
	นายเลิศชาย	รัตนะ
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปรากฤต	เหลี่ยงประดิษฐ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อนุมัติให้นับโครงงานวิศวกรรมฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

……หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กีรติ ชยะกุลคีรี)

……...อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ปรากฤต เหลี่ยงประดิษฐ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.2551

รหัสโครงงาน 50EE207

คอนเวอร์เตอร์ฮาล์ฟบริดจ์แบบสามระดับ

THREE LEVEL HALF - BRIDGE CONVERTERS

บทคัดย่อ (Abstract)

วงจรคอนเวอร์เตอร์ นั้นเป็นส่วนหนึ่งของแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่ง โดยแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่งที่มีกำลังสูงนั้น นิยมใช้คอนเวอร์เตอร์แบบฟลูบริดจ์และฮาล์ฟบริดจ์ ซึ่งการทำงานของอุปกรณ์สวิตช์จะรับแรงดันเท่ากับแรงดันอินพุท เมื่อมีการออกแบบแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่งที่ใช้กับไฟฟ้าสามเฟส ทำให้มี แรงดัน ไฟฟ้าตรงด้าน อินพุทมีค่า 540 โวลท์ เพื่อที่จะให้อุปกรณ์สวิตช์ทำงานได้ ต้องเลือกใช้อุปกรณ์สวิตช์ที่สามารถทนแรงดันอินพุทดังกล่าว ซึ่งมีราคาแพง และหายาก

โครงงานนี้เป็นการนำเสนอการออกแบบ ชุดวงจร คอนเวอร์เตอร์ฮาล์ฟบริดจ์แบบสามระดับ การนำวงจรคอนเวอร์เตอร์ฮาล์ฟบริดจ์แบบสามระดับมาประยุกต์ใช้ ทำให้แรงดันที่อุปกรณ์สวิตช์มีค่าแรงดันเพียงครึ่งหนึ่งของแรงดันอินพุท เมื่อแรงดัน ที่อุปกรณ์สวิตช์มีค่าต่ำลง เหลือเพียง 275 โวลท์ ทำให้สามารถเลือกใช้อุปกรณ์สวิตช์ที่มีขายทั่วไปได้ และมีราคาถูก โดยชุดทดลองของโครงงานนี้มี ขนาด 1000 วัตต์ ความถี่ที่หม้อแปลง 50 กิโลเฮิรตซ์และสามารถควบคุมแรงดันด้านเอาท์พุทขนาด 100 โวลท์ ให้คงที่ได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้จะสำเร็จและสมบูรณ์แบบได้โดยได้รับความร่วมมือ และช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านโดยมี อาจารย์ปรากฤต เหลี่ยงประดิษฐ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานซึ่งท่านได้ช่วยให้คำแนะนำคำปรึกษาเกี่ยวกับแนวทางในการแก้ปัญหาต่างๆ และช่วยตรวจสอบรายละเอียดต่างๆอย่างครบถ้วนจนทำให้โครงงานฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอขอบคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ผู้ปกครองทางคณะผู้จัดทำ เจ้าหน้าที่ทุกๆท่าน จึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย สิ่งใดที่โครงงานนี้มีข้อผิดพลาด คณะผู้จัดทำขอรับแต่เพียงผู้เดียว ส่วนความดีความชอบทั้งหลายคณะผู้จัดทำขอมอบให้กับผู้สนับสนุนทุกๆท่าน

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ก

กิตติกรรมประกาศ ข

สารบัญ ค

สารบัญตาราง จ

สารบัญภาพ ฉ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1

1.4 ประโยชน์ของโครงงาน 2

1.5 โครงสร้างของโครงงาน 2

1.6 แผนการดำเนินงานโครงงาน 3

1.7 งบประมาณของโครงงาน 3

บทที่ 2 ทฤษฎีเกี่ยวข้อง

2.1 ชนิดของวงจรคอนเวอร์เตอร์ 4

2.2 มอสเฟทกำลัง 9

2.3 การควบคุมระดับแรงดันแบบ PWM 18

2.4 คอนเวอร์เตอร์ฮาล์ฟบริดจ์แบบสามระดับ 20

2.5 การเลือกใช้งานไอซีสำเร็จรูปในงาน PWM 25

บทที่ 3 การออกแบบโครงงาน

3.1 โครงสร้างของวงจรควบคุมสำหรับแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่ง 31

3.2 โครงสร้างของวงจรเลื่อนเฟส 34

3.3 โครงสร้างของวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟท 35

3.4 โครงสร้างของวงจรเพาเวอร์ส่วนอินพุทและเอาท์พุท 36

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

4.1 รูปสัญญาณตำแหน่งต่างๆ ของชุดวงจร DC to DC Converter 47

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป 65

5.2 ข้อเสนอแนะ 66

เอกสารอ้างอิง 67

ภาคผนวก

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 รายละเอียดและขั้นตอนการวางแผนดำเนินงานโครงงานวิศวกรรม 3

ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่างขนาดมาตรฐานของแกนเฟอร์ไรต์ แบบ EE, EI และ ETD 38

ตารางที่ 3.2 แสดงขนาดมาตรฐาน AWG และข้อมูลอื่นๆของลวดทองแดง 43

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าที่ได้ตามสภาวะโหลดต่างๆ 61

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 ขั้นตอนการทำงานของชุดคอนเวอร์เตอร์ 2

ภาพที่ 2.1 ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ 4

ภาพที่ 2.2 ฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ 5

ภาพที่ 2.3 พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ 6

ภาพที่ 2.4 ฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ 7

ภาพที่ 2.5 ฟลู-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ 8

ภาพที่ 2.6 มอสเฟทมีด้วยกัน 2 ชนิด 9

ภาพที่ 2.7 สภาวะของมอสเฟท 11

ภาพที่ 2.8 ลักษณะสมบัติโอนย้ายของมอสเฟท 12

ภาพที่ 2.9 ลักษณะสมบัติทางเอาท์พุทของ Enhancement-type MOSFET 12

ภาพที่ 2.10 โมเดลการสวิตชิ่งที่ Steady State ของมอสเฟท 13

ภาพที่ 2.11 โมเดลสวิตชิ่งของมอสเฟท 13

ภาพที่ 2.12 รูปสัญญาณในการสวิตชิ่งของมอสเฟท 14

ภาพที่ 2.13 ลักษณะสมบัติทางเอาท์พุท 14

ภาพที่ 2.14 ลักษณะสมบัติโอนย้าย 15

ภาพที่ 2.15 ค่าทรานส์คอนดักแตนซ์เทียบกับกระแสเดรน 15

ภาพที่ 2.16 ลักษณะสมบัติอิ่มตัว 16

ภาพที่ 2.17 ค่าความต้านทานขณะทำงานเทียบกับอุณหภูมิที่รอยต่อ 16

ภาพที่ 2.18 ค่าความต้านทานขณะทำงานเทียบกับกระแสเดรน 17

ภาพที่ 2.19 ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเทียบกับอุณหภูมิที่ตัวถัง 17

ภาพที่ 2.20 พื้นที่การทำงานที่ปลอดภัยที่สุด 18

ภาพที่ 2.21 กระบวนการ PWM 20

ภาพที่ 2.22 สภาวะของการปฏิบัติการระหว่างวงจรสวิตช์แบบครึ่ง 21

ภาพที่ 2.23 การทำงานของสวิตช์แต่ละตัว 24

ภาพที่ 2.24 (a) วงจรภายในของไอซีเบอร์ CA 3524 25

(b) วงจรภายนอกสำหรับ Error Amplifier 25

ภาพที่ 2.25 แสดงขาที่ใช้งานของไอซีเบอร์ CA 3524 26

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 2.26 ไอซีเบอร์CA 3524 ในงานเรกกูเลเตอร์แบบ Step-down 27
ภาพที่ 3.1 ภาพแสดงการทำงานของวงจรควบคุมและรูปสัญญาณ 31
ภาพที่ 3.2 แสดงกราฟเปรียบเทียบเพื่อพิจารณาหาค่าตัวต้านทานและคาปาซิเตอร์ 32
ภาพที่ 3.3 ภาพแสดงการทำงานของวงจรเลื่อนเฟสและรูปสัญญาณ 34
ภาพที่ 3.4 ภาพแสดงการทำงานของวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟท 35
ภาพที่ 3.5 ภาพแสดงการทำงานของวงจรเพาเวอร์ส่วนอินพุทและเอาท์พุท 36
ภาพที่ 3.6 แสดงวงจรที่ใช้ในการทำชุดคอนเวอร์เตอร์ 45
ภาพที่ 4.1 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ Saw Tooth 47
ภาพที่ 4.2 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ Pulse 48
ภาพที่ 4.3 แสดงรูปคลื่นสัญญาณการแอนเกทและการอินเวิร์ด 48
ภาพที่ 4.4 แสดงรูปคลื่นสัญญาณของ J-K FLIP-FLOPS 49
ภาพที่ 4.5 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ J-K FLIP-FLOPS ที่มีการเลื่อนเฟส 49
ภาพที่ 4.6 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ J-K FLIP-FLOPS ที่มีการเลื่อนเฟส 50
ภาพที่ 4.7 แสดงรูปคลื่นสัญญาณของไอซียกระดับแรงดัน 50
ภาพที่ 4.8 แสดงรูปคลื่นสัญญาณของไอซียกระดับแรงดันในการกลับเฟส 51
ภาพที่ 4.9 แสดงรูปคลื่นสัญญาณของไอซียกระดับแรงดันในการเลื่อนเฟส 51
ภาพที่ 4.10 แสดงรูปคลื่นสัญญาณในการเลื่อนเฟส 52
ภาพที่ 4.11 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่มีการสูญเสียให้กับ RC time-constant 52
ภาพที่ 4.12 แสดงรูปคลื่นสัญญาณของไอซีเลื่อนเฟสที่อินเวิร์ดสองครั้ง 53
ภาพที่ 4.13 แสดงรูปคลื่นสัญญาณของไอซีเลื่อนเฟสและแอนเกท 53
ภาพที่ 4.14 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่มีการกลับเฟสของไอซีแอนเกท 54
ภาพที่ 4.15 แสดงรูปคลื่นสัญญาณการเลื่อนเฟสจากแอนเกท 54
ภาพที่ 4.16 แสดงรูปคลื่นสัญญาณของวงจรควบคุมและวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟท 55
ภาพที่ 4.17 แสดงรูปคลื่นสัญญาณของมอสเฟท 55
ภาพที่ 4.18 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ $V_{Drain\ Source}$ เทียบกับ $V_{Primary}$ ในสภาวะโหลดต่างๆ 56
ภาพที่ 4.19 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ $V_{Drain\ Source}$ เทียบกับ $I_{Primary}$ ในสภาวะโหลดต่างๆ 57
ภาพที่ 4.20 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ $V_{Drain\ Source}$ เทียบกับ $V_{Secondary}$ ในสภาวะโหลดต่างๆ 58

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.21 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ $V_{Primary}$ เทียบกับ $V_{Secondary}$ ในสภาวะโหลดต่างๆ 59

ภาพที่ 4.22 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ $V_{Primary}$ เทียบกับ $I_{Primary}$ ในสภาวะโหลดต่างๆ 60

ภาพที่ 4.23 กราฟแสดงค่า V_{in} เทียบกับสภาวะโหลดต่างๆ 61

ภาพที่ 4.24 กราฟแสดงค่า I_{in} เทียบกับสภาวะโหลดต่างๆ 62

ภาพที่ 4.25 กราฟแสดงค่า P_{in} เทียบกับสภาวะโหลดต่างๆ 62

ภาพที่ 4.26 กราฟแสดงค่า V_{out} เทียบกับสภาวะโหลดต่างๆ 63

ภาพที่ 4.27 กราฟแสดงค่า I_{out} เทียบกับสภาวะโหลดต่างๆ 63

ภาพที่ 4.28 กราฟแสดงค่า P_{out} เทียบกับสภาวะโหลดต่างๆ 64

ภาพที่ 4.29 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพ ($\%\eta$) เทียบกับสภาวะโหลดต่างๆ 64