ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
248672

รายงานวิจัย

เรื่อง

การออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงชนิดสวิตชิ่งขนาดเล็ก
Design of Small Size High Voltage DC Switching Power Supply

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริโรจน์ เรณุมาศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคล

งานวิจัยนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชมงคล
ปีงบประมาณ 2553

b00255701

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
248672

รายงานวิจัย

เรื่อง

การออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงขนาดเล็ก

Design of Small Size High Voltage DC Switching Power Supply

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิศีโรตม์ เกตุแก้ว

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

งานวิจัยนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยรามคำแหง

ประจำปี 2553

248672

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงขนาดเล็กแบบสวิตชิ่ง ซึ่งอาศัยหลักการของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ โดยใช้ไอซีเบอร์ TL494 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณพัลส์และทำการปรับดิวตี้ไซเคิลที่ 10 เปอร์เซ็นต์ 20 เปอร์เซ็นต์ 30 เปอร์เซ็นต์ และ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยคงค่าความถี่สวิตชิ่งไว้ที่ 14 กิโลเฮิร์ต และใช้ไอซีเบอร์ TLP250 เป็นตัวแยกกราวด์และทำการขยายสัญญาณ เพื่อนำไปขับเพาเวอร์มอสเฟตเบอร์ IRFP460 ให้ทำงาน เพื่อควบคุมการทำงานของหม้อแปลงฟลายแบคเบอร์ TLF14690 ของบริษัทเนชั่นเนล ให้ได้ขนาดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงมากกว่าหรือเท่ากับ 1 กิโลโวลท์ โดยใช้โหลดเป็นแผ่นอิเล็กโตรดของระบบฟอกอากาศแบบไฟฟ้าสถิตย์ ผลการทดลองที่ได้ คือ เมื่อทำการขยายความกว้างสัญญาณพัลส์ให้เพิ่มขึ้นจะทำให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงเพิ่มขึ้นที่ขนาด 1 กิโลโวลท์ และมีแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อม 220 โวลท์พีคทูพีค ที่ดิวตี้ไซเคิล 20 เปอร์เซ็นต์ และขนาด 2 กิโลโวลท์ และมีแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อม 400 โวลท์พีคทูพีค ที่ดิวตี้ไซเคิล 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่งผลให้กำลังไฟฟ้าอินพุตเพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้สามารถพัฒนาให้เป็นงานวิจัยเชิงประยุกต์ และต่อยอดให้เป็นนวัตกรรมในเชิงพานิชย์ได้ในอนาคต

248672

Abstract

This research presents the design of small-size high voltage dc switching power supply. The power supply comprises of a pulse generator using IC#TL494 at the constant cycle at 14 kHz, by using IC#TLP250. The power MOSFET switching using Power MOSFET driver IRFP460 to control flyback transformer using TLF14690 (NATIONAL COMPANY) to generate 1 kV_{DC} or more by using electrode plates load of electrostatic air cleaner. The experimental results are duty cycle increasing of high voltage DC at 1 kV , voltage ripple 220 Vp-p at duty cycle 20 % and high voltage DC at 2 kV , voltage ripple 400 Vp-p at duty cycle 40 % which power increasing respectively. Then this research can be developed further for commercial in electrical appliances industry in the future.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนการวิจัย จากมหาวิทยาลัยรามคำแหง พ.ศ. 2553 ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือโครงการวิจัยนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณท่านคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ให้การสนับสนุนโครงการวิจัยนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ให้ข้อเสนอแนะและสนับสนุนโครงการวิจัยนี้

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ให้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณคุณยาย คุณพ่อ และคุณแม่ ของผู้วิจัย ที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือทุกด้านในการทำวิจัย จนทำให้สำเร็จได้ด้วยดี

และขอขอบคุณ ดร.มัลลิกา เกตุแก้ว ที่คอยให้กำลังใจ และช่วยเหลือทุกด้านในการทำวิจัยนี้ จนทำให้สำเร็จได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I
กิตติกรรมประกาศ II
สารบัญ III
สารบัญตาราง V
สารบัญรูป VI
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมา 1
1.2 วัตถุประสงค์วิจัย 1
1.3 ขอบเขตการวิจัย 1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.5 แผนการดำเนินงานวิจัย 2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 3
2.2 ตัวประกอบกำลัง 5
2.3 เพาเวอร์มอสเฟต 7
2.4 ออปโต้คัปเปอร์ 15
2.5 วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ 16
2.6 ภาควงจรควบคุม 17
2.7 หม้อแปลงความถี่สูง 22
บทที่ 3 การออกแบบ 30
3.1 การออกแบบวงจรเร็กติไฟร์และฟิลเตอร์ด้านอินพุต 30
3.2 การออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์ 31
3.3 การออกแบบวงจรควบคุมและวงจรขับเกท 33
3.4 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงขนาดเล็กที่ออกแบบ 34
บทที่ 4 ผลการทดสอบ 32
4.1 ทดสอบวัดสัญญาณภาคควบคุม 36
4.2 ทดสอบวัดสัญญาณภาคกำลัง 37
4.3 ทดสอบวัดสัญญาณภาคอินพุต คือ แรงดันไฟฟ้าอินพุต
กระแสไฟฟ้าอินพุต และสัญญาณ FFT ด้านอินพุตของวงจรคอนเวอร์เตอร์ 38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 ทดสอบวัดสัญญาณภาคเอาต์พุต คือ สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงด้านเอาต์พุต (V_{OUT}) ของหม้อแปลงฟลายแบค ในขณะต่อโหลด (โหลดที่ใช้เป็นแผ่นอิเล็กโตรดในระบบฟอกอากาศแบบไฟฟ้าสถิตย์) 39

4.5 ผลการทดสอบวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงขนาดเล็ก 40

4.6 ผลการทดสอบวัดสัญญาณกำลังไฟฟ้าอินพุท (P_{in}) พร้อมทั้งแรงดันไฟฟ้าอินพุต และกระแสไฟฟ้าอินพุต ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูง 40

บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบ และแนวทางการพัฒนา 42

5.1 สรุปผลการทดสอบ 42

5.2 สรุปโดยรวม 43

5.3 แนวทางการพัฒนา 44

บรรณานุกรม 45

ภาคผนวก ก ดาต้าชีตไอซีเบอร์ TLP250 ก-1

ภาคผนวก ข ดาต้าชีตเพาเวอร์มอสเฟต เบอร์ IRFP460 ข-1

ภาคผนวก ค ดาต้าชีตไอซีเบอร์ TL494 ค-1

ภาคผนวก ง การออกแบบและเลือกใช้แผ่นอิเล็กโตรดในระบบฟอกอากาศแบบไฟฟ้าสถิตย์ (โหลดของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงขนาดเล็ก) ง-1

ภาคผนวก จ ขนาดแผ่นระบายความร้อนของเพาเวอร์มอสเฟต จ-1

ภาคผนวก ฉ ดาต้าชีตไดโอด เบอร์ MUR860 ฉ-1

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงขนาดเล็ก ในขณะจ่ายโหลด (โหลดที่ใช้เป็นแผ่นอิเล็กโตรดในระบบฟอกอากาศแบบไฟฟ้าสถิตย์) 40

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงขนาดเล็ก ในขณะจ่ายโหลด (โหลดที่ใช้เป็นแผ่นอิเล็กโตรดในระบบฟอกอากาศแบบไฟฟ้าสถิตย์) 40

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบสวิตชิ่ง 4
รูปที่ 2.2 กระแสไฟฟ้าในสาย 5
รูปที่ 2.3 สัญลักษณ์ของมอสเฟตชนิด N-CHANNEL ENHANCEMENT MODE 8
รูปที่ 2.4 ตัวเก็บประจุที่แฝงที่ขาต่างๆ ภายในตัวเพาเวอร์มอสเฟต 8
รูปที่ 2.5 สัญญาณในการสวิตชิ่งของมอสเฟต 9
รูปที่ 2.6 ลักษณะกระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟต ขณะเริ่มนำกระแสและหยุดนำกระแส 10
รูปที่ 2.7 วงจรสมมูลของการถ่ายเทความร้อนออกจากเพาเวอร์มอสเฟตด้วยแผ่นระบายความร้อนไปยังอากาศรอบข้าง 11
รูปที่ 2.8 SOA Curve ของเพาเวอร์มอสเฟต 13
รูปที่ 2.9 วงจร Common Source 13
รูปที่ 2.10 การขับเพาเวอร์มอสเฟตให้นำกระแสด้วยไอซี CMOS โดยตรง 14
รูปที่ 2.11 โครงสร้างภายในของออปโต้คัปเปลอร์ 15
รูปที่ 2.12 ตัวเชื่อมโยงทางแสงโดยทั่วไป 16
รูปที่ 2.13 ลักษณะวงจรพื้นฐานของฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ 17
รูปที่ 2.14 วงจรพื้นฐานสำหรับการควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดันไฟฟ้า 18
รูปที่ 2.15 ลักษณะความกว้างของพัลส์จาก PWM 19
รูปที่ 2.16 บล็อกไดอะแกรมของไอซีเบอร์ TL494 20
รูปที่ 2.17 Timing Diagram ของไอซีเบอร์ TL494 20
รูปที่ 2.18 กราฟความสัมพันธ์ของค่า R_T และC_T ในการกำหนดความถี่ 21
รูปที่ 2.19 ลักษณะการเลือกใช้เอาท์พุตของไอซีเบอร์ TL494 22
รูปที่ 2.20 การเกิดฟลักซ์แม่เหล็กใน Coil แกนอากาศ 22
รูปที่ 2.21 การเกิดฟลักซ์แม่เหล็กใน Coil ที่ใช้แกนวัสดุแม่เหล็ก 23
รูปที่ 2.22 การเกิดฟลักซ์แม่เหล็กในแกนปิด 23
รูปที่ 2.23 ฮีสเตอร์รีซีสลูปของแกนที่ไม่มีช่องอากาศ 25
รูปที่ 2.24 ฮีสเตอร์รีซีสลูปของแกนที่มีช่องอากาศ 26
รูปที่ 2.25 Magnetization Curve แสดงย่านเชิงเส้นและย่านอิ่มตัว 26
รูปที่ 2.26 หม้อแปลงไฟฟ้า 27
รูปที่ 2.27 ลักษณะการพันหม้อแปลง 29
รูปที่ 2.28 ลักษณะการต่อวงจรภายในของหม้อแปลงฟลายแบค 29

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.1 บล็อคไดอะแกรมของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูง 30

รูปที่ 3.2 การต่อไอซีเบอร์ TL494 33

รูปที่ 3.3 วงจรขับเกท โดยใช้ไอซีเบอร์ TLP250 ในการแยกกราวด์และขยายสัญญาณภายในตัว 33

รูปที่ 3.4 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงขนาดเล็กที่ออกแบบ 34

รูปที่ 3.5 ลายปริ้นซ์ของวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงขนาดเล็กที่ออกแบบ 35

รูปที่ 4.1 (ก) สัญญาณเอาท์พุตของไอซีเบอร์ TL494 (ดิวตี้ไซเคิล 10%) และ (ข) สัญญาณเอาท์พุตของไอซีเบอร์ TL494 (ดิวตี้ไซเคิล 20%) 36

รูปที่ 4.2 (ก) สัญญาณเอาท์พุตของไอซีเบอร์ TL494 (ดิวตี้ไซเคิล 30%) และ (ข) สัญญาณเอาท์พุตของไอซีเบอร์ TL494 (ดิวตี้ไซเคิล 40%) 36

รูปที่ 4.3 (ก) สัญญาณ V_{GS} ของเพาเวอร์มอสเฟต (ดิวตี้ไซเคิล 10%) และ (ข) สัญญาณ V_{GS} ของเพาเวอร์มอสเฟต (ดิวตี้ไซเคิล 20%) 37

รูปที่ 4.4 (ก) สัญญาณ V_{GS} ของเพาเวอร์มอสเฟต (ดิวตี้ไซเคิล 30%) และ (ข) สัญญาณ V_{GS} ของเพาเวอร์มอสเฟต (ดิวตี้ไซเคิล 40%) 37

รูปที่ 4.5 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟต (V_{DS}) ขณะต่อโหลด 38

รูปที่ 4.6 (ก) สัญญาณแรงดันไฟฟ้าอินพุต (I_{in}) ของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ และ (ข) สัญญาณ FFT ของแรงดันไฟฟ้าอินพุต (V_{in}) ของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ 38

รูปที่ 4.7 (ก) สัญญาณกระแสไฟฟ้าอินพุต (I_{in}) ของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ และ (ข) สัญญาณ FFT ของกระแสไฟฟ้าอินพุต (I_{in}) ของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ 39

รูปที่ 4.8 (ก) สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงด้านเอาต์พุต (V_{OUT}) ของหม้อแปลงฟลายแบคที่ 1 กิโลโวลท์ ที่ดิวตี้ไซเคิล 20 % และ (ข) สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงด้านเอาต์พุต (V_{OUT}) ของหม้อแปลงฟลายแบคที่ 2 กิโลโวลท์ ที่ดิวตี้ไซเคิล 40 % ขณะต่อโหลด 39

รูปที่ 4.9 (ก) สัญญาณกำลังไฟฟ้าอินพุต (P_{in}) : (CH1 x CH2) โดยที่ (CH1 : สัญญาณกระแสไฟฟ้าอินพุต (I_{in}) และ CH2 : สัญญาณแรงดันไฟฟ้าอินพุต (V_{in})) (ดิวตี้ไซเคิล 10%) และ (ข) สัญญาณกำลังไฟฟ้าอินพุต (P_{in}) : (CH1 x CH2) โดยที่ (CH1 : สัญญาณกระแสไฟฟ้าอินพุต (I_{in}) และ CH2 : สัญญาณแรงดันไฟฟ้าอินพุต (V_{in})) (ดิวตี้ไซเคิล 20%) 41

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.10 (ก) สัญญาณกำลังไฟฟ้าอินพุต (P_{in}): (CH1 x CH2) โดยที่ (CH1 : สัญญาณกระแสไฟฟ้าอินพุต (I_{in}) และ CH2 : สัญญาณแรงดันไฟฟ้าอินพุต (V_{in})) (ดิวตี้ไซเคิล 30%) และ (ข) สัญญาณกำลังไฟฟ้า (P_{in}) : (CH1 x CH2) โดยที่ (CH1 : สัญญาณกระแสไฟฟ้าอินพุต (I_{in})และ CH2 : สัญญาณแรงดันไฟฟ้าอินพุต (V_{in})) (ดิวตี้ไซเคิล 40%) 41