

แหล่งจ่ายกำลังไฟตรงสองทิศทางขนาด 12 V / 24 V ด้วยวิธีการสวิตช์ความถี่สูง

Bi-directional 12 V/24 V dc Current Power Supply with High Frequency Switching

ดำรง จินขาว¹ และประสิทธิ์ จันทรมนตรี²

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการนำเสนอแหล่งจ่ายกำลังไฟตรงสองทิศทาง ซึ่งสามารถแปลงผันแรงดันจาก 12 V เป็น 24 V และจาก 24 V เป็น 12 V ด้วยพิกัดกำลัง > 100 W ประสิทธิภาพ > 75% การคงค่าแรงดัน < 4% และค่าตัวประกอบแรงดันความพลัว < 4% โครงสร้างประกอบขึ้นด้วยไอซี SG3524 เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดสัญญาณการมอดูเลตความกว้างของพัลส์ที่ความถี่ 25 kHz และไอซี IR2110 ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อน สำหรับวงจรกำลังจะใช้มอสเฟตกำลังต่อกันเป็นวงจรแปลงผันแบบบริดจ์เต็มสองชุด โดยมีหม้อแปลงความถี่สูงทำหน้าที่ในการเพิ่มหรือลดแรงดันและแยกโคจรทางไฟฟ้าระหว่างวงจรแปลงผันทั้งสอง ซึ่งถ้าวงจรกำลังชุดใดทำหน้าที่เป็นภาคอินพุต วงจรแปลงผันชุดนั้น จะทำหน้าที่เป็นอินเวอร์เตอร์ เพื่อจ่ายพลังงานให้หม้อแปลง และวงจรแปลงผันอีกชุดจะทำหน้าที่เป็นเอาต์พุตและเรียงกระแส จากผลการทดลอง พบว่า ถ้าอินพุตป้อนเข้าทางด้าน 12 V กำลังเอาต์พุตสูงสุดทางด้าน 24 V จะมีค่าเท่ากับ 125 W ด้วยประสิทธิภาพ > 66.26% การคงค่าแรงดัน < 0.33% และค่าตัวประกอบแรงดันความพลัว < 1.42% ในทำนองเดียวกัน ถ้าอินพุตป้อนเข้าทางด้าน 24 V กำลังเอาต์พุตสูงสุดทางด้านเอาต์พุต 12 V จะมีค่าเท่ากับ 121 W ด้วยประสิทธิภาพ > 63.12% การคงค่าแรงดัน < 0.33% และค่าตัวประกอบแรงดันความพลัว < 3.50%

คำสำคัญ : แปลงผันแรงดัน, ความถี่สูง, สองทิศทาง

Abstract

This research presents a bi-direction direct current converter, which can be converted voltage from 12 V input to 24 V and 24 V input to 12 V output. The power output rated was not less than 100 W, efficiency net more than 75%, voltage regulation < 4% and ripple factor < 4%. The construction of them consists of SG3524 IC for generating pulse width modulation at 25 kHz and IR2110 IC for driving gate circuits. The power MOSFETs which were connected two full – bridge converter to be power circuit parts. There was a high – frequency transformer for stepping up or stepping down voltage and isolate between two the converters. While working, one converter set works as inverter for apply energy to transformer and the other set works as rectifier circuit. The results of experimentation, if it was applied input voltage to 12 V, the output voltage able with a maximum power 125 W, efficiency net more than 66.26%, load regulation of < 0.33%, and ripple factor < 1.42%. Which were corresponded to apply input voltage to 24 V, the output voltage able with a maximum power 121 W, efficiency net more than 63.12%, load regulation of < 0.33%, and ripple factor < 3.50%.

Keywords : Voltage convert, High frequency, Bi-direction

¹รองศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

²อาจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1. บทนำ

เนื่องจาก พิกัดมาตรฐานของแรงดันในเรือประมง จะมีค่าเท่ากับ 24 V แต่ถ้าหากโหลดที่ใช้มีค่าพิกัดเท่ากับ 12 V การใช้งานก็สามารถทำได้ด้วยการต่อโหลดผ่านวงจรแปลงผันไฟตรง เพื่อลดขนาดแรงดันให้เหลือค่าเท่ากับ 12 V ในทำนองเดียวกัน ถ้าหากแรงดันแหล่งจ่ายไฟตรง มีค่าเป็นค่าแรงดันมาตรฐานทั่วไป ซึ่งเท่ากับ 12 V แล้วนำไปใช้งานกับโหลด ที่มีค่าพิกัดเท่ากับ 24 V การใช้งานก็สามารถทำได้ ด้วยการต่อโหลดผ่านวงจรแปลงผันไฟตรง เช่นกัน แต่ต้องเป็นวงจรแปลงผันแบบเพิ่ม เพื่อเพิ่มแรงดันให้ได้ค่าเท่ากับ 24 V สุดท้าย จะเห็นว่า ผู้ใช้จำเป็นต้องมีชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟตรง 2 ชุด คือ ชุดป้อนด้วยอินพุต 12 V เพื่อให้ได้เอาต์พุตเท่ากับ 24 V กับชุดป้อนอินพุต 24 V เพื่อให้ได้เอาต์พุตเท่ากับ 12 V

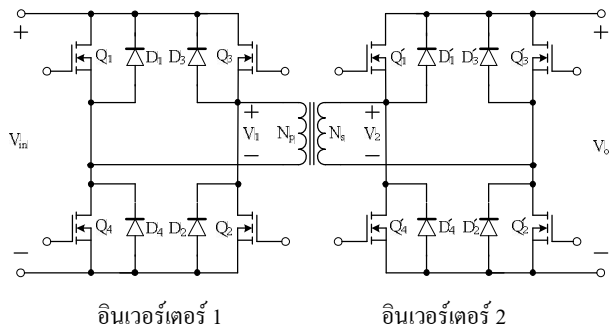
ถ้านำวงจรแปลงผันไฟตรง แบบทิศทางเดียว 12 V / 24 V กับ 24 V / 12 V จำนวน 2 ชุด มาสร้างรวมเป็นชุดเดียวกัน โดยกำหนดให้ทางด้าน 12 V กับ 24 V สามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ดังนั้น วงจรแปลงผันดังกล่าวจะมีขนาดเล็ก และน้ำหนักเบา จึงเหมาะสมมากกับการนำไปใช้งานบนเครื่องบิน และยานอวกาศ ทั้งนี้ เนื่องจากการประหยัดเนื้อที่ในการใช้งาน กับใช้พลังงานในการขับเคลื่อนน้อยและเรียกเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบนี้ว่า แหล่งจ่ายกำลังไฟตรงแบบสองทิศทาง

สำหรับแรงดันแหล่งจ่ายกำลังไฟตรงแบบสองทิศทาง ที่ใช้งานบนเครื่องบินทั้งสองค่า [1] ได้แก่ 28 V กับ 270 V ซึ่งถ้าหากเป็นการนำไปใช้งานแบบทั่วไป แรงดันเอาต์พุต จะมีค่าเท่ากับ 28 V โดยอินพุตได้รับมาจากบัสไฟตรง 270 V แต่ถ้าหากเป็นระบบไฟฉุกเฉิน อินพุตจะได้รับมาจากแบตเตอรี่ 24 V แล้วแปลงผันเพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 270 V

นอกจากนี้ [2] ยังมีการนำไปใช้งานเป็นแหล่งจ่าย UPS (Uninterruptible Power Supplies) แต่แรงดันที่ใช้เป็นไฟสลับ ทั้งนี้เพื่อต้องการนำไปใช้งานที่ต้องการความเชื่อมั่นสูง เช่น ระบบงานเกี่ยวกับระบบการเงิน การผลิตยาและการสื่อสาร

หัวใจสำคัญของแหล่งจ่ายกำลังไฟตรง ที่มีการสวิตช์ด้วยความถี่สูงแบบสองทิศทาง ได้แก่ วงจรแปลงผัน โดยในที่นี้ได้

กำหนดให้วงจรแปลงผันเฟสเดียวแบบบริดจ์เต็ม ที่มีการมอดูเลตความกว้างของพัลส์ 2 ชุด ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แหล่งจ่ายกำลังไฟตรงสองทิศทางที่มีการสวิตช์ด้วยความถี่สูง

การทำงาน [3] วงจรนี้บางทีอาจจะเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการประจุและคายประจุให้กับแบตเตอรี่ วัตถุประสงค์ก็เพื่อให้พลังงานสามารถไหลได้สองทิศทาง ดังวงจรตามรูปที่ 1 โดยการไหลของพลังงาน จะขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันเอาต์พุต V_o และ V_{in} ที่ป้อนด้วยอัตราส่วน

$$a = \frac{N_s}{N_p} \quad (1)$$

เมื่อ	V_o	แทน แรงดันเอาต์พุต (V)
	V_{in}	แทน แรงดันอินพุต (V)
	a	แทน อัตราส่วนของหม้อแปลง
	N_p	แทน จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ (รอบ)
	N_s	แทน จำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ (รอบ)

โดยเมื่อพลังงานไฟฟ้าไหลจากแหล่งจ่ายกำลัง ไปยังโหลด วงจรแปลงผันนั้นก็จะทำงานแบบเรียงกระแส (Rectifier Mode) ด้วยสมการ

$$V_o < a V_{in} \quad (2)$$

ถ้าหากพลังงานไฟฟ้าที่ไหลจากเอาต์พุตไปยังอินพุต วงจรแปลงผันนั้นก็จะทำงานแบบผกผัน (Inverter Mode)

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ยังมีการวิจัยน้อยมาก ที่สามารถพบได้ ได้แก่ [1] แหล่งจ่ายกำลังไฟตรงสองทิศทางที่มีการสวิตช์ด้วยวงจรแปลงผันแบบ CUK โดยการทำงานแบบลดแรงดันอินพุต คือ 100 V แล้วได้เอาต์พุตเท่ากับ 8.1 V และแบบเพิ่มแรงดันอินพุต คือ 10 V แล้วได้เอาต์พุตเท่ากับ 100 V จากผลการวิจัยพบว่า แบบลดประสิทธิภาพมีค่าเท่ากับ 80% และแบบเพิ่มประสิทธิภาพเท่ากับ 94% สำหรับการวิจัยเกี่ยวกับแหล่งจ่าย UPS [2] พบว่า มีความเชื่อมั่นในการใช้งานสูงมาก และสามารถทำให้มีขนาดเล็กลงได้ 30% และประหยัดเนื้อที่ในการติดตั้ง 30% ด้วย

จากเหตุผลดังกล่าวตามข้างบน ผู้วิจัยจึงขอเสนอ ชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟตรงแบบสองทิศทางขนาด 12 V / 24 V โดยเลือกสร้างเป็นชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟตรง ที่มีการสวิตช์ด้วยความถี่สูง เพื่อจะได้ทำให้ชุดแหล่งจ่ายกำลังดังกล่าว มีขนาดเล็กลง และน้ำหนักเบาได้อีก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาแหล่งจ่ายกำลังไฟตรง ที่มีการสวิตช์ด้วยความถี่สูงให้สามารถทำงานแบบสองทิศทางได้

2. วิธีดำเนินการวิจัย

1) ศึกษามาตรฐานความปลอดภัยของแหล่งจ่ายไฟตรงที่มีการสวิตช์ด้วยความถี่สูงในต่างประเทศ ซึ่งถือว่าเป็นมาตรฐานสากล เช่น มาตรฐานความปลอดภัย UL VDE และ IEC

2) ศึกษารายละเอียด (Specify) ต่างๆ ของแหล่งจ่ายกำลังไฟตรงที่มีการสวิตช์ด้วยความถี่สูงภายในประเทศ เช่น ยี่ห้อ MEAN WELL ของบริษัทชิลลิก สเตเบิล

3) ศึกษาและออกแบบวงจร โดยวงจรรวมทั้งหมด จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ 1. วงจรกำลัง 2. วงจรควบคุม สำหรับวงจรกำลังประกอบด้วยวงจรแปลงผันบริดจ์เต็ม 2 ชุด โดยมีหม้อแปลงความถี่สูง ทำหน้าที่ในการแยกโคดทางไฟฟ้าซึ่งกันและกัน

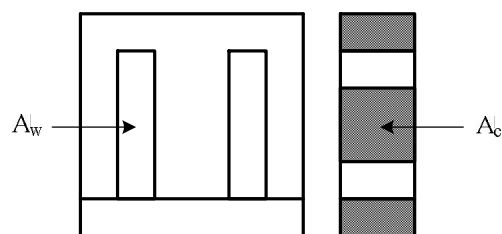
วงจรกำลัง ดังได้แสดงมาแล้วในรูปที่ 1 ซึ่งอินพุต 24 V ได้ป้อนเข้าทางด้าน 24 V และในทำนองเดียวกัน เมื่อต้องการป้อนกับแบตเตอรี่ 12 V ก็ทำได้ด้วยการป้อนเข้าทางเอาต์พุต

แต่การไหลของพลังงานไปยังโหลดวงจรการมอดูเลตความกว้างของพัลส์ จะต้องแปลงรูปคลื่นเอาต์พุตอินเวอร์เตอร์ด้านอินพุตของแหล่งจ่ายกำลังให้เกิดเป็นรูปคลื่นจัตุรัสก่อน ด้วยอัตราส่วนหน้าที่ 50% และความถี่ 25 kHz หลังจากนั้น จึงจะป้อนเข้าหม้อแปลงเพื่อเหนี่ยวนำแรงดัน พร้อมกับป้อนไปยังโหลด โดยผ่านการเรียงกระแสมาจากไดโอดที่ต่อกันภายในแบบขนานและสลับขั้ว ในวงจรสมมูลมอดูเลตกำลังเบอร์ IRFZ48N ในวงจรแปลงผันด้านเอาต์พุตของแหล่งจ่ายกำลัง

สำหรับการออกแบบหม้อแปลงความถี่สูง [4] ในที่นี้ได้เลือกแกนเฟอร์ไรต์แบบ EI โดยขนาดสามารถกำหนดได้จากสมการข้างล่างนี้

$$P = \frac{14\Delta B_{\max} f_s A_c A_w}{D_i} \quad (3)$$

เมื่อ	P	แทน	กำลังไฟฟ้าสูงสุด (W)
	$\Delta B_{\max}$	แทน	ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กสูงสุด (T)
	f_s	แทน	ความถี่การสวิตช์ (Hz)
	A_c	แทน	พื้นที่หน้าตัดแกนเฟอร์ไรต์ (cm ²)
	A_w	แทน	พื้นที่หน้าตัดช่องหน้าต่างที่ใช้พันขดลวด (cm ²)
	D_i	แทน	ค่าความหนาแน่นของกระแส (c.c.m./A)



รูปที่ 2 รูปแบบและตำแหน่ง A_c และ A_w ในแกนเฟอร์ไรต์ EI

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนด $P \geq 100$ W, $f_s = 25$ kHz, $D_i = 400$ c.c.m./A สำหรับแกนเฟอร์ไรต์ จะกำหนดใช้แบบ EI Core ของบริษัท Ferroxcube และจากเอกสารข้อมูลจะได้

$\Delta B_{\max} = 0.2355 \text{ T}$ ดังนั้น ได้ขนาด $A_c A_w = 0.857$ แต่สำหรับการใช้งานจริง GEORGE C. CHRYSIS กล่าวว่าขนาด $A_c A_w$ จะต้องมีการเผื่อ 2 เท่า ดังนั้น ได้ขนาดแกนเฟอร์ไรต์ใหม่เป็นเบอร์ EI40 ซึ่งจากเอกสารข้อมูลจะได้ขนาด $A_c A_w = 1.59$ ซึ่งถือว่าสามารถใช้งานได้จริง

การคำนวณจำนวนรอบด้านปฐมภูมิ หรือ N_p ของหม้อแปลงการสวิตช์ สามารถกำหนดได้จากสมการที่ (4)

$$N_p = \frac{V_{in} \times t_{on, \max}}{\Delta B_{\max} \times A_c} \times 10^4 \quad (4)$$

เมื่อ $t_{on, \max}$ แทน ช่วงเวลาเวลาการนำกระแสสูงสุด (s)

โดยเริ่มต้นแรงดันอินพุต V_{in} เท่ากับ 12 V, แต่สำหรับเวลา $t_{on, \max}$ จะกำหนดเท่ากับ $0.4T_s$ เมื่อ f_s เท่ากับ 25 kHz ดังนั้น $t_{on, \max}$ เท่ากับ 16 μs เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แทนลงในสมการที่ (4) ดังนั้น จำนวนรอบด้านปฐมภูมิ หรือ N_p ของหม้อแปลงการสวิตช์ จะมีค่าเท่ากับ 8 รอบ

สำหรับการคำนวณค่าอัตราส่วนของจำนวนรอบขดลวด หรือ a ของหม้อแปลงการสวิตช์ สามารถกำหนดได้จากสมการที่ (5)

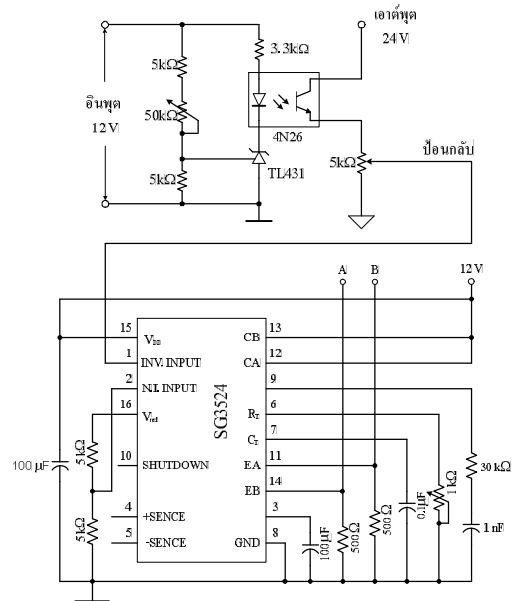
$$a = \frac{(V_{in} - V_{DS, \text{sat}}) \times t_{on, \max}}{(V_o + V_D) \times T_s / 2} \quad (5)$$

เมื่อ $V_{DS, \text{sat}}$ แทน แรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์ของมอสเฟตขณะนำกระแสเต็มตัว
(V) V_D แทน ค่าแรงดันตกคร่อมไดโอดกำลังทางด้านปฐมภูมิ (V)

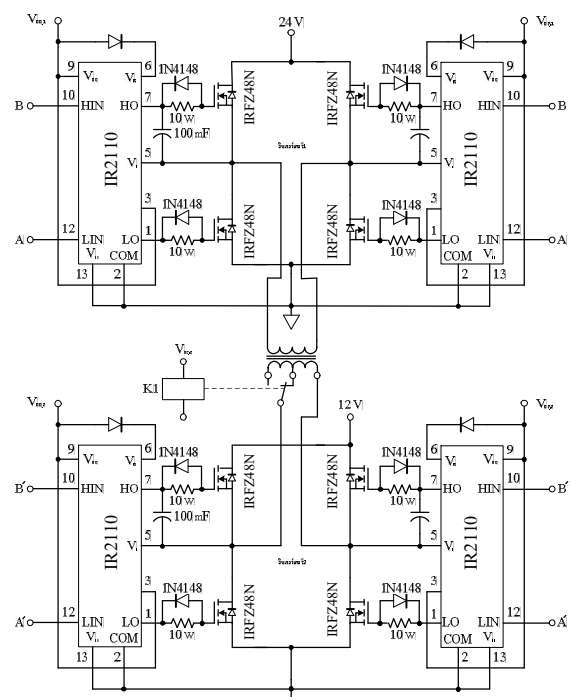
จากเอกสารข้อมูล จะได้ค่าแรงดันทรานซิสเตอร์ของมอสเฟตกำลังเบอร์ IRFZ48N มีค่าเท่ากับ 0.18 V ดังนั้น จากสมการที่ (5) จะได้ a เท่ากับ 0.367 และสุดท้ายจะได้ N_s เท่ากับ 22 รอบ

วงจรการมอดูเลตความกว้างของพัลส์ ซึ่งได้กำหนดใช้ไอซี SG3524 ที่ความถี่ 25 kHz และเมื่อกำหนดตัวเก็บประจุ C_T มีค่าเท่ากับ 0.1 μF ดังนั้น จากสมการที่เอกสารข้อมูลกำหนดไว้ จะได้ความต้านทาน R_T มีค่าเท่ากับ 472 Ω แต่สำหรับในการวิจัย

ครั้งนี้ จะเลือกใช้ค่าเท่ากับ 1 k Ω และวงจรการมอดูเลตความกว้างของพัลส์ที่สมบูรณ์ จะได้ตามรูปที่ 3 โดยมีการต่อวงจรป้อนกลับสำหรับการคงค่าแรงดันเอาต์พุตด้วย



รูปที่ 3 วงจรการมอดูเลตความกว้างของพัลส์



รูปที่ 4 วงจรแหล่งจ่ายกำลังที่ใช้สำหรับวิจัย

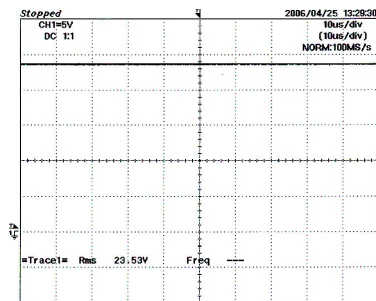
วงจรการป้อนกลับเพื่อการคงค่าแรงดันเอาต์พุต ได้กำหนดใช้ ออปโต เบอร์ 4N26 เป็นอุปกรณ์แยกโคด แต่ในการนำเสนอครั้งนี้ จะแสดงแค่ด้านเดียว คือที่ด้านอินพุตเท่ากับ 12 V

สำหรับรูปแบบที่สมบูรณ์ ของวงจรแหล่งจ่ายกำลัง ไฟตรงที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จะได้ดังรูปที่ 4 ซึ่งประกอบด้วย วงจรกำลัง วงจรขับและวงจรแยกโคดทางไฟฟ้า

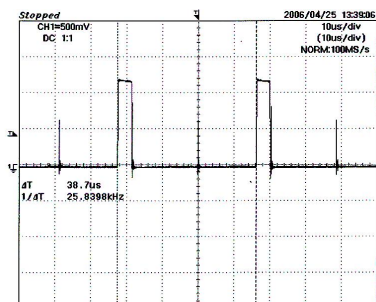
3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 รูปคลื่นพัลส์ที่ใช้ขับเคลื่อน-ซอร์สของชุดแหล่งจ่ายกำลัง

เนื่องจากการป้อนกลับเอาต์พุตที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ต่อเข้ากับไอซีควบคุม SG3524 โดยตรง โดยไม่ผ่านวงจรควบคุม PI ซึ่งเมื่อโหลดเปลี่ยนแปลงจึงทำให้รูปคลื่นพัลส์ขับเคลื่อนมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ดังนั้นในที่นี้ จึงได้ทดลองเปรียบเทียบกัน ระหว่างขณะไม่มีโหลดกับมีโหลดเท่ากับ 100%



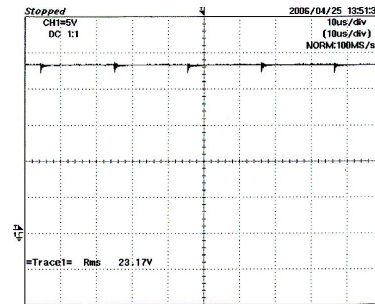
a.



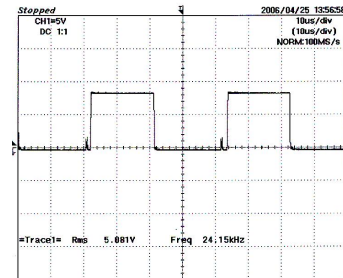
b.

รูปที่ 5 ผลของการทดลองเอาต์พุต 24 V ขณะไม่มีโหลด

a. รูปคลื่นเอาต์พุต b. พัลส์ขับเคลื่อน-ซอร์ส



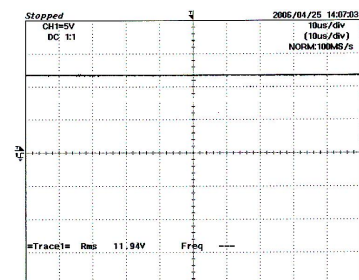
a.



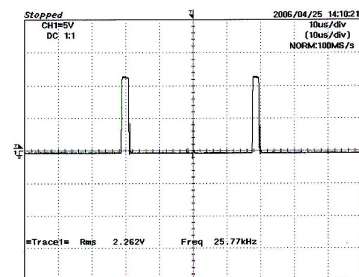
b.

รูปที่ 6 ผลการทดลองเอาต์พุต 24 V ด้วยโหลด 100%

a. รูปคลื่นเอาต์พุต b. รูปคลื่นพัลส์ขับเคลื่อน - ซอร์ส



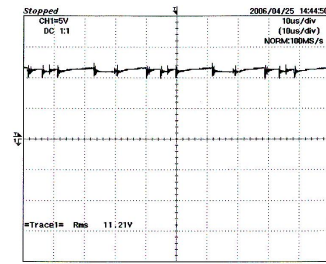
a.



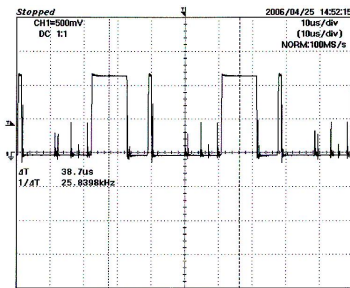
b.

รูปที่ 7 ผลของการทดลองเอาต์พุต 12 V ขณะไม่มีโหลด

a. รูปคลื่นเอาต์พุต b. รูปคลื่นพัลส์ขับเคลื่อน-ซอร์ส



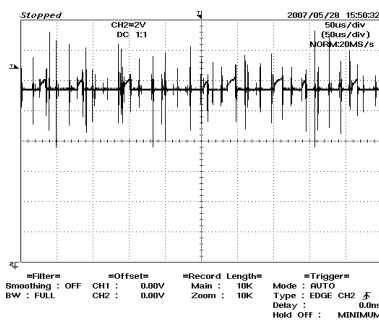
a.



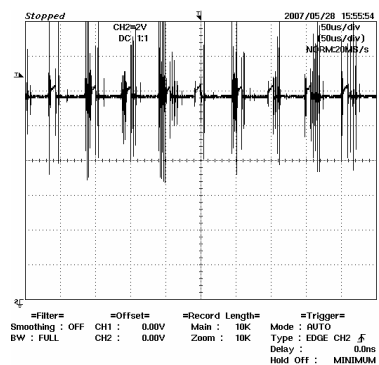
b.

รูปที่ 8 ผลการทดลองเอาต์พุต 12 V ด้วยโหลด 100%

a. รูปคลื่นเอาต์พุต b. พัลส์ซิงเกิล-ชอร์ส



a.

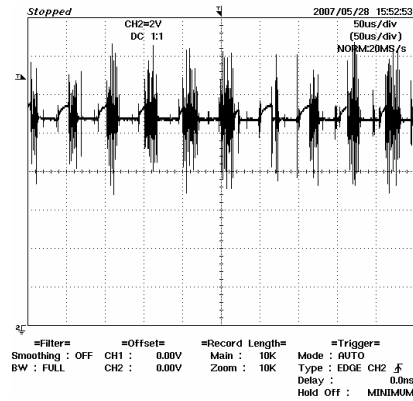


b.

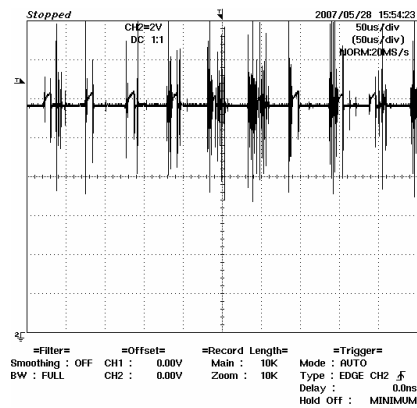
รูปที่ 9 ผลการทดลองเอาต์พุต 24 V a. รูปคลื่นความพลัวเอาต์พุตด้วยโหลด 50% b. ขณะมีโหลด 100%

3.2 รูปคลื่นแรงดันความพลัวเอาต์พุต

เนื่องจากการแปรค่าโหลดจะเป็นผลทำให้รูปคลื่นแรงดันความพลัวเอาต์พุตมีการเปลี่ยนแปลงด้วย และเพื่อแสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงจริง ดังนั้นในที่นี้จึงได้ทดลองเปรียบเทียบกันระหว่างขณะมีโหลด 50% กับ 100% ดังผลการทดลอง



a.



b.

รูปที่ 10 ผลการทดลองเอาต์พุต 12 V a. รูปคลื่นความพลัวเอาต์พุตด้วยโหลด 50% b. ขณะมีโหลด 100%

3.3 ประสิทธิภาพ การคงค่าแรงดัน และแรงดันความพลัว

3.3.1 การหาประสิทธิภาพ การคงค่าแรงดันและแรงดันความพลัวเอาต์พุตของการทดลองเอาต์พุต 24 V

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองด้วยการสวิตซ์แรงดันจากอินพุต 12 V เพื่อให้ได้เอาต์พุตเท่ากับ 24 V ก่อน ด้วยโหลดที่ได้จากการนำหลอดไฟฟ้า 12 V 25 W หลายๆ หลอดมาต่อกันแบบขนาน

สำหรับการทดลองเพื่อการเพิ่มโหลดในแต่ละลำดับชั้น ได้กระทำด้วยการเพิ่มหลอดไฟฟ้าทีละ 1 หลอด แล้วจึงวัดแรงดันและกระแส ทั้งทางด้านอินพุตและเอาต์พุต พร้อมกับบันทึกลงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองที่ได้จากการสวิตช์แรงดันจาก 12 V เพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 24 V

ลำดับที่	อินพุตด้าน 12 V			เอาต์พุตด้าน 24 V			ประสิทธิภาพ (%)	การลดค่าแรงดัน (%)	แรงดันความถี่ (V)	ค่าตัวประกอบความถี่ (%)
	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลัง (W)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลัง (W)				
1	11.90	0.17	2.02	24.03	0	0	-	-	-	-
2	11.65	2.33	27.23	24.01	0.82	19.68	72.27	0.08	0.12	0.50
3	11.54	4.81	55.61	23.98	1.66	39.80	71.15	0.17	0.20	0.83
4	11.40	6.89	78.58	23.97	2.30	55.13	68.71	0.24	0.30	1.25
5	11.25	10.73	120.75	23.95	3.35	80.23	66.26	0.33	0.34	1.42
6	11.09	13.62	151.12	23.94	4.10	108.33	64.12	0.38	0.38	1.59

นำค่าแรงดันและกระแสที่วัดได้จากด้านอินพุตและเอาต์พุต มาคำนวณกำลังไฟฟ้าประสิทธิภาพ เปอร์เซ็นต์การคงค่าแรงดัน และค่าตัวประกอบแรงดันความถี่ พร้อมกับบันทึกลงในตารางที่ 1 เช่นกัน

3.3.2 การหาประสิทธิภาพ การคงค่าแรงดันและแรงดันความถี่เอาต์พุตของการทดลองขณะเอาต์พุต 12 V

ทำการทดลองวัด และคำนวณเหมือนกับข้อ 4.3.1 ยกเว้นได้เปลี่ยนแหล่งจ่ายกำลังจาก 12 V เป็น 24 V แล้ว ป้อนเข้าทางด้าน 24 V กับโหลดด้วยค่าเท่ากับ 12 V 21 W หลอดมาต่อกันอย่างขนาน สำหรับผลลัพธ์จะได้ตามตารางที่ 2

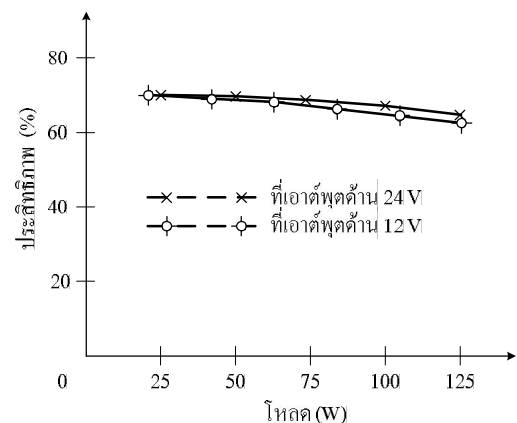
จากค่าประสิทธิภาพที่คำนวณได้จากตารางที่ 1 และที่ 2 เมื่อนำมาพล็อตกราฟขณะกระทำ (Function) กับโหลดที่แปรค่ากราฟที่ได้จะได้ตามรูปที่ 11 และพบว่าเมื่อจ่ายโหลดมากขึ้น ประสิทธิภาพของชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟตรงแบบสองทิศทางจะมีค่าลดลง ที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากการแปรค่าโหลดให้เพิ่มขึ้น ได้ไปเป็นผลทำให้กระแสที่ไหลผ่านค่าความต้านทานภายใน ของชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟตรง แบบสองทิศทางที่ใช้ในการวิจัย มีค่ามากขึ้น พร้อมทั้งทำให้ได้แรงดันตกคร่อมภายใน มีค่าสูงขึ้นตาม หรือได้แรงดันเอาต์พุตมีค่าลดลงและเมื่อแรงดันเอาต์พุตลดลง ประสิทธิภาพของวงจร ก็จะลดลงด้วย

ตารางที่ 2 ผลการทดลองที่ได้จากการสวิตช์แรงดันจาก 24 V เพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 12 V

ลำดับที่	อินพุตด้าน 24 V			เอาต์พุตด้าน 12 V			ประสิทธิภาพ (%)	การคงค่าแรงดัน (%)	แรงดันความถี่ (V)	ค่าตัวประกอบความถี่ (%)
	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลัง (W)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลัง (W)				
1	23.90	0.10	2.39	12.00	0	0	-	-	-	-
2	23.65	1.12	26.51	12.00	1.55	18.60	70.16	0	0.09	0.75
3	23.50	2.34	55.12	12.00	3.17	38.04	69.01	0.05	0.21	1.75
4	23.35	3.59	83.93	11.99	4.75	56.95	67.85	0.08	0.31	2.58
5	23.17	4.92	114.05	11.98	6.31	75.59	66.27	0.16	0.36	3.00
6	23.01	6.22	143.34	11.97	7.76	92.88	64.79	0.25	0.39	3.25
7	22.80	7.68	175.25	11.96	9.25	110.63	63.12	0.33	0.42	3.50

สำหรับเหตุผลที่ต้องใช้หลอดไฟฟ้า มีขนาดกำลังไม่เท่ากัน เพราะหลอดทั้งสองขนาดสามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด

สุดท้าย ได้ประสิทธิภาพเฉลี่ยของการทดลองของแหล่งจ่ายกำลังไฟตรงสองทิศทางด้านเอาต์พุต 24 V มีค่าเท่ากับ 68.50% และประสิทธิภาพเฉลี่ยของการทดลองทางด้านเอาต์พุต 12 V มีค่าเท่ากับ 66.87%

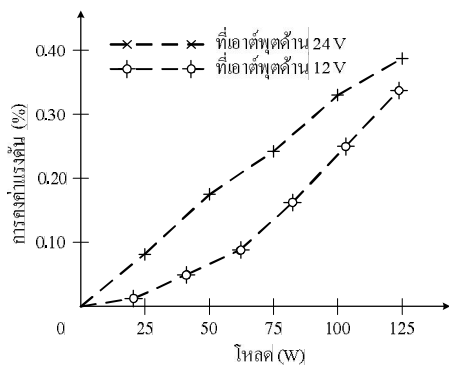


รูปที่ 11 ผลการเปรียบเทียบกราฟประสิทธิภาพ ระหว่างเอาต์พุต 12 V กับ 24 V ขณะโหลดแปรค่า

สำหรับการนำกราฟประสิทธิภาพ ระหว่างการทดลองด้านเอาต์พุต 24 V กับ 12 V มาเปรียบเทียบกัน จะเห็นว่า กราฟประสิทธิภาพขณะกระทำ (Function) กับโหลดของการทดลองขณะเอาต์พุต 12 V จะมีค่าต่ำกว่าของการทดลองขณะเอาต์พุต

24 V ที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากสมการกำลัง ซึ่งมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างกระแสกับแรงดัน และเมื่อกำหนดให้กำลังเอาต์พุตของทั้งสองมีค่าเท่ากัน ดังนั้น กระแสของการทดลองขณะเอาต์พุต 12 V จึงมีค่าสูงกว่ากระแสของการทดลองขณะเอาต์พุต 24 V และกระแสนี้ได้ไปเป็นผลทำให้เกิดเป็นแรงดันตกคร่อมภายในแหล่งจ่ายกำลัง โดยเมื่อกระแสของการทดลองขณะเอาต์พุตเท่ากับ 12 V มีค่าสูงกว่า เพราะฉะนั้น แรงดันตกคร่อมภายใน ก็จะมีค่าสูงขึ้นตาม หรือได้แรงดันเอาต์พุตของการทดลองขณะเอาต์พุต 12 V มีค่าลดลงมากกว่า เมื่อเทียบกับการทดลองขณะเอาต์พุต 24 V สุดท้าย ได้ประสิทธิภาพของการทดลองทางด้านเอาต์พุต 12 V มีค่าต่ำกว่าประสิทธิภาพของการทดลองทางด้านเอาต์พุต 24 V

เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์การคงค่าแรงดันที่คำนวณได้ ในแต่ละลำดับชั้นในตารางที่ 1 และที่ 2 มาพล็อตกราฟขณะกระทำ (Function) กับโหลดที่แปรค่า กราฟที่ได้ จะได้ตามรูปที่ 12



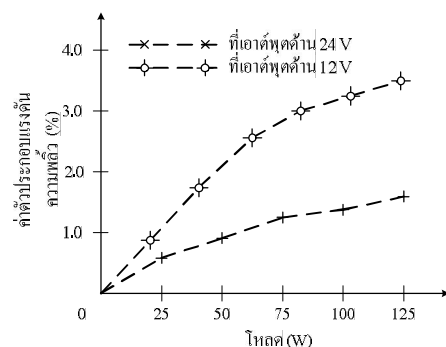
รูปที่ 12 ผลการเปรียบเทียบกราฟเปอร์เซ็นต์การคงค่าแรงดันระหว่างเอาต์พุต 12 V กับ 24 V ขณะโหลดแปรค่า

กราฟการเปรียบเทียบที่ได้จากเปอร์เซ็นต์การคงค่าแรงดันขณะโหลดมีการแปรค่าในรูปที่ 12 จะเห็นว่า เมื่อจ่ายโหลดมากขึ้น เปอร์เซ็นต์การคงค่าแรงดัน จะมีค่ามากขึ้นอย่างค่อนข้างจะเป็นเชิงเส้น (Linear) ซึ่งถือว่าไม่ดี ทั้งนี้ เนื่องจาก เมื่อโหลดเพิ่มขึ้น ได้ไปเป็นผลทำให้กระแสที่ไหลผ่านค่าความต้านทานภายในของชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟตรง ที่มีการสวิตช์ด้วยความถี่สูงสองทิศทางมีค่ามากขึ้นตามพร้อมกันเป็นผลทำให้ได้แรงดันตกคร่อมภายในมีค่ามากขึ้น หรือได้แรงดันเอาต์พุตที่ตกคร่อม

โหลดมีค่าลดลง และเมื่อแรงดันเอาต์พุตมีค่าลดลง เปอร์เซ็นต์การคงค่าแรงดัน ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น สุดท้าย ได้เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของการคงค่าแรงดันขณะเอาต์พุต 24 V มีค่าเท่ากับ 0.15% และเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของการคงค่าแรงดันขณะเอาต์พุต 12 V มีค่าเท่ากับ 0.24%

สำหรับการนำกราฟเปอร์เซ็นต์การคงค่าแรงดันทั้งสองแบบ มาเปรียบเทียบกัน จะเห็นว่า กราฟเปอร์เซ็นต์การคงค่าแรงดันขณะกระทำกับโหลดของการทดลองขณะเอาต์พุต 12 V จะมีค่าสูงกว่าการทดลองขณะเอาต์พุต 24 V ทั้งนี้ เนื่องจากเหตุผลเดียวกันกับการเปรียบเทียบกราฟประสิทธิภาพ คือ เมื่อกำหนดให้กำลังเอาต์พุตของทั้งสอง มีค่าเท่ากัน ดังนั้น กระแสของการทดลองขณะเอาต์พุต 12 V จะมีค่าสูงกว่ากระแสของการทดลองขณะเอาต์พุต 24 V พร้อมกับเป็นผลทำให้ได้แรงดันตกคร่อมภายใน มีค่าสูงขึ้นตาม หรือได้แรงดันเอาต์พุตของการทดลองขณะเอาต์พุต 12 V มีค่าลดลงมาก สุดท้าย จึงได้เปอร์เซ็นต์การคงค่าแรงดันของการทดลองขณะเอาต์พุต 12 V มีค่าสูงกว่าเปอร์เซ็นต์การคงค่าแรงดันขณะเอาต์พุต 24 V

สำหรับการนำเปอร์เซ็นต์ค่าตัวประกอบความพลัวเอาต์พุตที่คำนวณได้ในตารางที่ 1 และที่ 2 มาพล็อตกราฟขณะกระทำกับโหลดที่แปรค่า กราฟที่ได้ จะได้ตามรูปที่ 13



รูปที่ 13 ผลการเปรียบเทียบ กราฟเปอร์เซ็นต์ค่าตัวประกอบความพลัวเอาต์พุตระหว่าง 12 V กับ 24 V ขณะมีการแปรค่าโหลด

จากกราฟการเปรียบเทียบกัน ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของค่าตัวประกอบความพลัวเอาต์พุต ขณะกระทำกับโหลดในรูปที่ 13 จะเห็นว่า เมื่อป้อนโหลดมากขึ้น เปอร์เซ็นต์ตัวประกอบแรงดัน

ความพลัว จะมีค่ามากขึ้นตาม ทั้งนี้ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของ โหลด จะไปเป็นผลให้กระแสโหลดมีค่ามากขึ้น พร้อมทั้งทำให้แรงดันความพลัวช่วงลง ซึ่งเกิดจากตัวเก็บประจุเอาต์พุต C คายประจุ ได้คายประจุเป็นจำนวนมาก ดังนั้น แรงดันตกคร่อม C ซึ่งเป็นค่าเดียวกันกับแรงดันเอาต์พุต จึงต้องมีค่าลดลง และจากผลการทดลอง จะได้เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของค่าตัวประกอบความพลัวเอาต์พุตขณะเอาต์พุต 24 V มีค่าเท่ากับ 0.15% และขณะเอาต์พุต 12 V มีค่าเท่ากับ 0.24%

เมื่อได้นำกราฟเปอร์เซ็นต์ค่าตัวประกอบความพลัวเอาต์พุตของทั้งสองมาเปรียบเทียบกัน พบว่า กราฟเปอร์เซ็นต์ค่าตัวประกอบความพลัวเอาต์พุตขณะเอาต์พุต 12 V จะมีค่าสูงกว่าขณะทดลองกับเอาต์พุต 24 V ทั้งนี้ เนื่องจากการกำหนดกำลังเอาต์พุตและค่าความจุไฟฟ้ากรองเอาต์พุต C ของการทดลองทั้งสองแบบมีค่าเท่ากัน เพราะฉะนั้น จากเหตุผลเดียวกันกับการเปรียบเทียบกราฟประสิทธิภาพ คือ กระแสของการทดลองขณะเอาต์พุต 12 V จะมีค่าสูงกว่ากระแสของการทดลองขณะเอาต์พุต 24 V พร้อมทั้งเป็นผลทำให้แรงดันความพลัวช่วงลงขณะเอาต์พุต 12 V ซึ่งเกิดจาก C คายประจุ จะต้องคายประจุมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแรงดันความพลัวช่วงลง ขณะที่ได้จากการทดลองกับเอาต์พุต 24 V

ตารางที่ 3 ผลจากการเปรียบเทียบกันระหว่างแหล่งจ่ายกำลังไฟตรง 12 V / 24 V กับแหล่งจ่ายกำลังไฟตรงที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดยี่ห้อ MEAN WELL

แหล่งจ่ายกำลังไฟตรง	แรงดัน (V)	กระแส (A)	ประสิทธิภาพ (%)	การคงกำลังแรงดัน (%)	แรงดันความพลัว (V)	ค่าตัวประกอบความพลัว (%)
ชุดที่ใช้วิจัย	12	8.50	67.49	0.29	0.32	2.67
SD-100C-12	12	8.50	77.00	0.50	0.12	1.00
ชุดที่ใช้วิจัย	24	4.20	63.47	0.41	0.39	1.63
SD-100C-24	24	4.20	81.00	0.50	0.15	0.63

เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟตรงสองทิศทางขนาด 12 V / 24 V ที่มีการสวิตช์ด้วยความถี่สูง ยังไม่ได้มีการผลิตเพื่อการจำหน่าย

ภายในประเทศ ดังนั้น ในการเปรียบเทียบกัน ในที่นี้จึงสามารถทำได้เพียงเปรียบเทียบกันกับแหล่งจ่ายกำลังไฟตรง ทิศทางเดียวขนาด 12 V กับ 24 V เท่านั้น เช่น ยี่ห้อ MEAN WELL รุ่น SD-100C-12 กับ รุ่น SD-100C-24 ของบริษัทซิลลิคสเตเบิล ดังผลการเปรียบเทียบตามตารางที่ 3

จากการเปรียบเทียบกัน ระหว่างแหล่งจ่ายกำลังไฟตรงแบบสองทิศทางที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น กับแหล่งจ่ายกำลังไฟตรงแบบทิศทางเดียวขนาด 12 V กับ 24 V ของบริษัทซิลลิคสเตเบิล ยี่ห้อ MEAN WELL ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด จะเห็นว่าประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายกำลังไฟตรงสองทิศทางที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จะมีค่าต่ำกว่า รวมทั้งแรงดันความพลัวจะมีค่าสูงกว่า ทั้งนี้ เนื่องจากการจ่ายกระแสของแหล่งจ่ายกำลังไฟตรงสองทิศทางจากด้านอินพุตไปยังด้านเอาต์พุต จะต้องไหลผ่านวงจรแปลงผัน 2 ชุด หรือป้อนผ่านอุปกรณ์การสวิตช์รวมทั้งหมด 4 ตัว นอกจากนี้ การนำกระแสของไดโอดที่ต่อกันอย่างขนานแบบกระแสไหลสลับทิศทาง ในวงจรสมมูลของอุปกรณ์การสวิตช์เบอร์ IRFZ48N จะมีค่าเท่ากับ 1.3 V ซึ่งถือว่ามีความสูงมาก สุดท้ายจึงได้ประสิทธิภาพมีค่าต่ำ

4. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยที่ได้ พบว่า ค่าประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายกำลังไฟตรงแบบสองทิศทางที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ยังคงได้ค่าต่ำกว่ามาก เมื่อเปรียบเทียบกับค่าประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายกำลังไฟตรงแบบทิศทางเดียวขนาด 12 V กับ 24 V ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดของบริษัทซิลลิคสเตเบิล ยี่ห้อ MEAN WELL ทั้งนี้ เนื่องจาก

1) การจ่ายกระแสของแหล่งจ่ายไฟตรง แบบสองทิศทางจากทางด้านอินพุตไปยังด้านเอาต์พุต จะต้องมีการป้อนผ่านวงจรแปลงผัน 2 ชุด ดังนั้น การทำงานของวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟตรงดังกล่าว กระแสจึงต้องไหลผ่านอุปกรณ์การสวิตช์ที่ต่ออนุกรมกันในแต่ละชุด เท่ากับ 2 ตัว หรือได้แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์การสวิตช์ในวงจรแปลงผัน 2 ชุด รวมทั้งหมด 4 ตัว จึงเป็นผลทำให้เกิดเป็นแรงดันตกคร่อมภายในแหล่งจ่ายกำลังไฟตรงสองทิศทางมีค่าสูงมาก หรือได้แรงดันเอาต์พุตมีค่าต่ำ สุดท้าย จึงได้ค่าประสิทธิภาพมีค่าต่ำตาม

2) เนื่องจากแรงดันเอาต์พุตของแหล่งจ่ายกำลังไฟตรงแบบสองทิศทางมีค่าต่ำเพียง 12 V กับ 24 V จึงเป็นผลทำให้อัตราส่วนระหว่างแรงดันตกคร่อมภายในแหล่งจ่าย ต่อแรงดันเอาต์พุตมีค่าสูงมาก โดยเฉพาะค่าแรงดันตกคร่อมไดโอดในวงจรสมมูลของมอสเฟตกำลัง เบอร์ IRFZ48N ซึ่งมีค่าถึง 1.3 V

3) ในการคงค่าแรงดันของงานวิจัยครั้งนี้ ได้ออกแบบใช้คุณสมบัติของไอซีกำเนิดความกว้างของพัลส์อย่างเดียว โดยไม่มีวงจรควบคุม PI จากภายนอกมาต่อร่วม จึงทำให้การคงค่าแรงดันมีค่าค่อนข้างสูง พร้อมกับได้ประสิทธิภาพต่ำกับค่าตัวประกอบความพลัวของแรงดันเอาต์พุตมีค่าสูง แต่ถ้านำวงจร PI มาต่อร่วมในส่วนการป้อนกลับด้วย ค่าการคงค่าแรงดัน ก็จะดีขึ้น สำหรับผลวิจัยครั้งนี้ เมื่อนำเปรียบเทียบกับแหล่งจ่ายกำลังไฟตรง แบบทางเดียวขนาด 12 V และ 24 V ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดของบริษัทซิลิคัสเตเบิล ยี่ห้อ MEAN WELL ดังแสดงในตารางที่ 3 จัดว่ายังมีข้อดี หรือได้ผลการวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จแล้ว

เอกสารอ้างอิง

- 1 Marian K. Kazimierczuk, Senior Member, "Topologies of Bidirection PWM DC-DC Power Converters," IEEE, and Dung Q. Vuong Wrigth State University, 1993.
- 2 Ken Doishita, Masahiro Hashiwaki, and Naoki Murakami, "High Reliable Uninterruptible Power Supply Using a Bidirection Converters," NTT Power and Building Facilities Inc. 1999, IEEE.
- 3 Rashid, M.H. Power Electronics : Circuit, Devices, and Application. New Jersey : Pearson Education, Inc., 2004.
- 4 George Chryssis. High Frequency Switching Power Supplies : Theory and Design. New York : McGraw, 1989.