สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

เรื่อง

สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย 24 โวลต์ 50 แอมแปร์

Switching Power Supply 24 Volt , 50 Ampere

โดย

อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ* ผศ. ประภาย ไพรสุวรรณา*

* อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เสนอ

คณะกรรมการสภาวิจัยแห่งชาติ

เลขหมู่ RCH TK 7868 .S9 02235
เลขทะเบียน 28195
วัน, เดือน, ปี 23 ก.ค. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายขนาด 24 โวลต์ 50 แอมแปร์ ที่มีขนาดเล็กลง แต่กำลังงานสูง โดยอาศัยหลักการความถี่สูง เมื่อเทียบกับเพาเวอร์ซัพพลายทั่วไปขนาด 24 โวลต์ 50 แอมแปร์ จะมีขนาดใหญ่มาก โดยปกติแล้วจะนำไปใช้งานกับอุปกรณ์สื่อสารทางโทรคมนาคม หรือจะเป็นเพาเวอร์ซับสเตชั่น หรือ การควบคุมรีเลย์

ประสิทธิภาพของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายที่ได้มีค่าเท่ากับ 76.43% แรงดันริปเปิลเอาต์พุต 0.24 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This paper describes switching power supply 24 V 50 A that is smal size but high power. It uses high frequency principle. It's compared with general power supply 24 V ,50 A that is very big size. Power Supply can be usually used for communication instrument , power substation or relay control.

Effieicency of this power supply is 76.43 % and ripple output voltage is 0.24 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

ในวงจรไฟฟ้าทั่วไปไม่ว่าจะเป็นวงจรในระบบอนาล็อก(Analog) หรือดิจิตอล(Digital) ย่อมมีความจำเป็นที่จะต้องมีแหล่งจ่ายไฟตรงเป็นภาคจ่ายกำลัง โดยทั่วไปแหล่งจ่ายไฟตรงที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

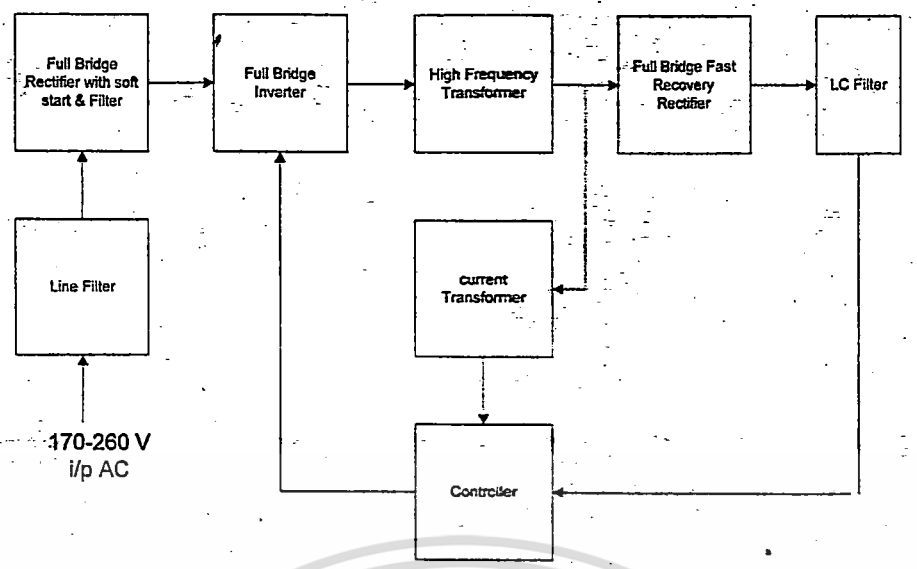
- สามาถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับวงจรได้อย่างเพียงพอ โดยที่ยังรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ไว้ได้
- มีการแยกกันทางไฟฟ้า
- สามารถจ่ายแรงดันและกระแสออกมาหลาย ๆระดับ
- ขนาดเล็กและน้ำหนักเบา
- ประสิทธิภาพสูง
- ราคาถูก

จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้จะเห็นได้ว่า แหล่งจ่ายไฟแบบเชิงเส้น แม้จะง่ายต่อการออกแบบและอุปกรณ์ที่ใช้มีราคาไม่แพงมากนัก แต่มีข้อเสียคือ ถ้าต้องการแหล่งจ่ายไฟที่มีกำลังไฟฟ้าสูงขึ้น ขนาดของภาคจ่ายไฟจะต้องมีขนาดใหญ่ และน้ำหนักมาก เนื่องจากหม้อแปลงที่ใช้ในวงจรเป็นหม้อแปลงความถี่ต่ำ จึงมีขนาดใหญ่กว่าหม้อแปลงความถี่สูงที่ใช้ในแหล่งจ่ายไฟตรงแบบสวิตชิ่งมาก และข้อเสียอีกข้อก็คือ มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียสูง ทำให้ประสิทธิภาพต่ำ แต่แหล่งจ่ายไฟตรงแบบสวิตชิ่งจะใช้การเปลี่ยนระดับหนึ่งไปเป็นอีกระดับหนึ่งด้วยวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง(DC-DC Converter) ซึ่งใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ เช่น มอสเฟตกำลัง ทรานซิสเตอร์กำลัง ไอจีบีที เป็นต้น ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อโดยอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ไม่จำเป็นต้องใช้งานในย่านแอคตีฟ (Active) จึงเป็นผลให้กำลังสูญเสียต่ำมาก การเพิ่มความเร็วในการสวิตช์จะเป็นการเพิ่มขนาดของแรงดันและกระแส ในอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูง และต้องการขนาดที่เล็ก กระทัดรัด เช่น คอมพิวเตอร์ โทรทัศน์ แม้กระทั่งในเครื่องมือวัดต่าง ๆ มักจะออกแบบภาคจ่ายไฟเป็นแบบสวิตชิ่ง แต่อย่างไรก็ตาม แหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่ง ก็ยังมีข้อเสีย เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟตรงแบบเชิงเส้น คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรมีราคาแพงและอุปกรณ์บางชิ้นหายากในประเทศ และการออกแบบวงจรมีความยุ่งยาก

2. หลักการและการออกแบบ

การทำงานของแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่ง ประกอบด้วยภาคต่าง ๆ หลายส่วน แสดงได้ดังในบล็อกไดอะแกรม รูปที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



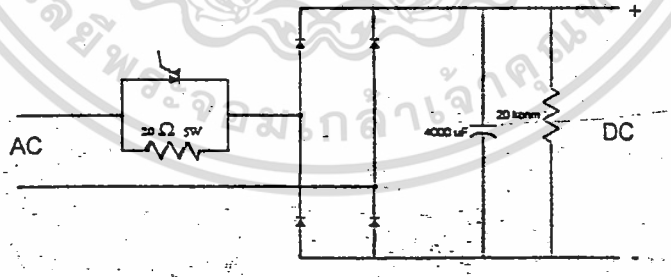
รูปที่ 1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายขนาด 24 โวลต์ 50 แอมป์

2.1. วงจรไลน์ฟิลเตอร์

ไลน์ฟิลเตอร์ใช้สำหรับลดสัญญาณรบกวนจากเครื่องสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย ออกไปในไลน์ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยการต่อ LC คั่นอินพุตกับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ ในที่นี้ใช้ขนาด 250 โวลต์ 15 แอมป์

2.2. วงจรเรียงกระแสและฟิลเตอร์

วงจรเรียงกระแสทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้วงจรบริดจ์ไดโอดขนาดไดโอดบริดจ์ 25 แอมป์ 600 โวลต์ พร้อมการซอฟสตาร์ทด้วยไตรแอค และทำการกรองรูปคลื่นที่ได้ให้เรียบยิ่งขึ้นด้วยตัวเก็บประจุ โดยมีลักษณะการต่อดังรูปที่ 2

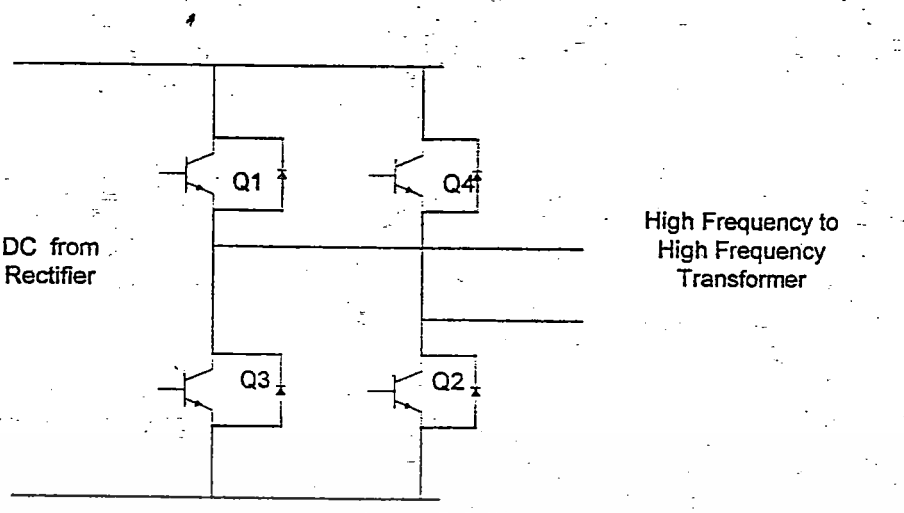


รูปที่ 2 แสดงวงจรเรียงกระแส

2.3 วงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่สูง

วงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่สูงประกอบด้วย วงจรอินเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์(Full Bridge Inverter) ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ 310 โวลต์ เป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงรูปคลื่นสี่เหลี่ยม โดยมีขนาดความถี่ 20 kHz โดยในที่นี้จะใช้ทรานซิสเตอร์กำลังเบอร์ 2SC3498 โดยมีการต่อดังรูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



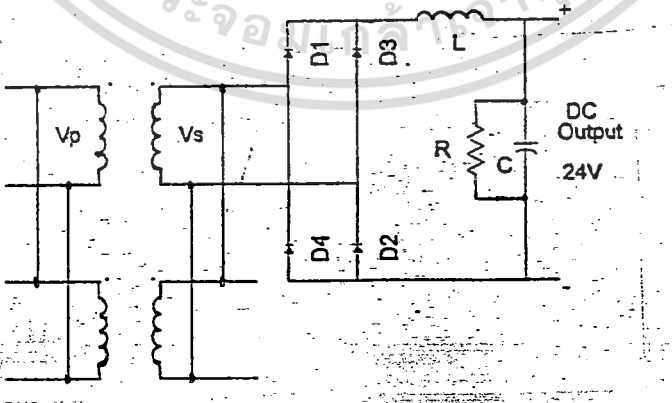
รูปที่ 3 แสดงวงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่สูง

2.4. หม้อแปลงกำลังความถี่สูง

หม้อแปลงกำลังความถี่สูงทำหน้าที่ลดระดับแรงดันไฟสลับรูปคลื่นสี่เหลี่ยมความถี่สูง 20 kHz ทางด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงที่มีค่า ± 310 โวลต์ เป็นแรงดันที่มีขนาดต่ำลงทางด้านทุติยภูมิมีค่าประมาณ ± 25 โวลต์ ในที่นี้เราจะใช้หม้อแปลงแกนเฟอร์ไรต์ 3C8 ขนาด EE80 2 แกนขนานกัน โดยมีอัตราส่วนขดปฐมภูมิต่อขดทุติยภูมิเท่ากับ 44 : 3

2.5 วงจรเรียงกระแสและฟิลเตอร์ด้านเอาต์พุต

วงจรเรียงกระแสจะใช้วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ความถี่ 20 kHz เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีริปเปิล และผ่านวงจรฟิลเตอร์เพื่อกรองรูปคลื่นให้เป็นไฟตรงที่มีริปเปิลของแรงดันต่ำ โดยจะใช้ LC ในการกรอง



รูปที่ 4 แสดงส่วนของหม้อแปลงกำลัง
วงจรเรียงกระแสและฟิลเตอร์ ด้านเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

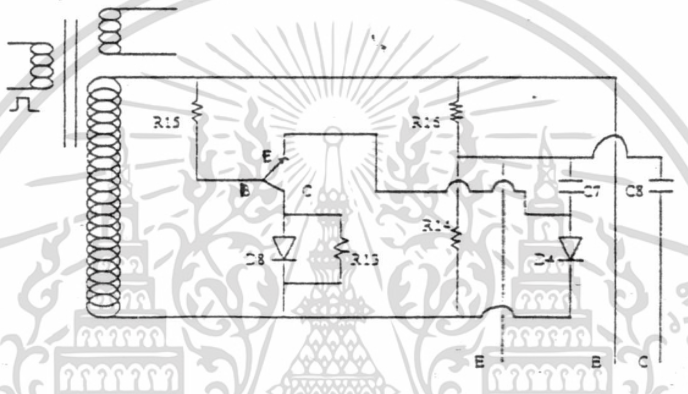
2.6 วงจรควบคุม

วงจรควบคุมประกอบด้วย

2.6.1 วงจรควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์

วงจรควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์กำลัง โดยมีการสร้างสัญญาณเป็นพัลส์ ด้วยไอซี TL494 ส่งผ่านหม้อแปลงพัลส์ เพื่อทำการแยกกราวด์วงจรควบคุมออกจากวงจรอินเวอร์เตอร์ และทำการขยายสัญญาณเพื่อให้ได้กระแสในการขับเบส โดยในที่นี้จะสร้างสัญญาณขับเบสทั้งหมด 4 ชุด ให้กับทรานซิสเตอร์กำลัง โดยในการทำงานจะทำงานเป็นคู่ ๆ สลับกัน

วงจรขับเบสแสดงได้ดังในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงวงจรขับเบส

2.6.2. วงจรป้อนกลับ(Feed Back)

วงจรป้อนกลับใช้การตรวจจับแรงดันทางด้านเอาต์พุตและกระแสทางปฐมภูมิของหม้อแปลงโดยการใช้หม้อแปลงกระแส(Current transformer) เป็นตัวตรวจเช็คแล้วเปลี่ยนเป็นแรงดัน ถ้าแรงดันเอาต์พุตที่ได้มีค่าน้อยลงจากพิกัด จะส่งผลให้วงจรควบคุมทำหน้าที่ควบคุมให้ทรานซิสเตอร์กำลังในวงจรอินเวอร์เตอร์นำกระแสมากขึ้น และถ้าแรงดันเอาต์พุตมีค่ามากขึ้น วงจรควบคุมจะทำให้ทรานซิสเตอร์กำลังนำกระแสน้อยลง และถ้ากระแสเกินที่ปฐมภูมิเกินพิกัดก็จะจำกัดกระแสให้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ โดยการทำให้ทรานซิสเตอร์กำลังนำกระแสอยู่ในพิกัดที่ตั้งไว้

2.6.4. วงจรป้องกันกระแสเกิน

วงจรป้องกันกระแสเกินจะทำการตรวจเช็คกระแสจากเอาต์พุต โดยใช้หม้อแปลงกระแสอีกชุดหนึ่ง เมื่อกระแสผ่านโหลดหรือเอาต์พุตมากเกินกว่าที่พิกัดจะรับได้ ให้ทำการตัดกระแสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ออกจากวงจร ทำให้ไม่มีแรงดันเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3. ผลการทดลอง

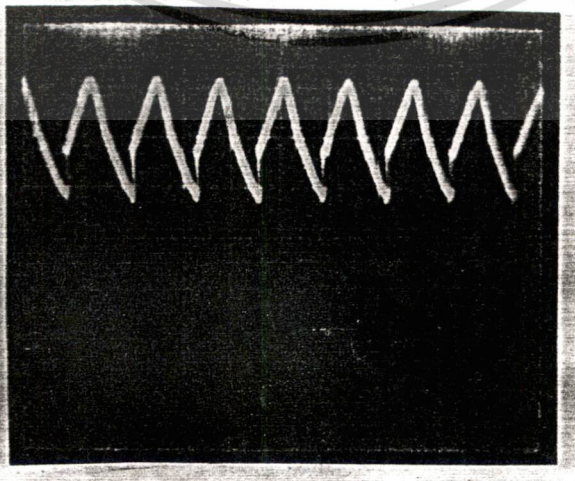
จากการทดสอบสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายที่สร้างขึ้น โดยทำ การเปลี่ยนค่าโหลดไปเรื่อย ๆ เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับค่าโหลดที่พิกัด คือ 10% , 20% , 30% เป็นต้น โดยพิจารณาคงค่าแรงดันที่เอาต์พุตที่โหลดต่าง ๆ และโหลดเกินพิกัด ได้ผลดังนี้

% load	Vin (V)	Iin(A)	Pin (kW)	cos ϕ	Vo (V)	Io (A)	P (kW)	Eff (%)	Ripple (Vp-p)
0	223	1.22	0.16	0.58	24	0	0	0	0.4
20	221	2.88	0.39	0.61	24	10	0.24	61.54	0.48
40	221	4.68	0.67	0.65	24	20	0.48	71.64	0.5
80	218	8.86	1.33	0.69	24	40	0.96	72.18	0.48
100	213	10.55	1.57	0.71	24	50	1.2	76.43	0.48
110	213	11.72	1.8	0.72	22	50	1.1	61.11	0.52
120	213	7.91	1.18	0.70	18	50	0.9	76.27	0.6

ตารางที่ 1 แสดงผลจากการวัดค่า

โดยที่ Vin แรงดันอินพุต หน่วย V , Iin กระแสอินพุต หน่วย A , Pin กำลังงานอินพุต หน่วย kW
Vo แรงดันเอาต์พุต หน่วย V , Io กระแสเอาต์พุต หน่วย A , Po กำลังงานเอาต์พุต หน่วย kW
Eff ประสิทธิภาพ , Ripple Voltage แรงดันกระเพื่อม

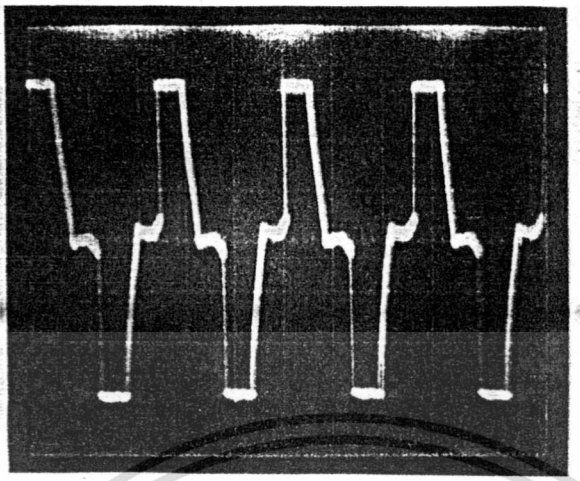
ผลการทดลองจากการวัดรูปคลื่นด้วยออสซิลโลสโคป ได้ผลดังนี้



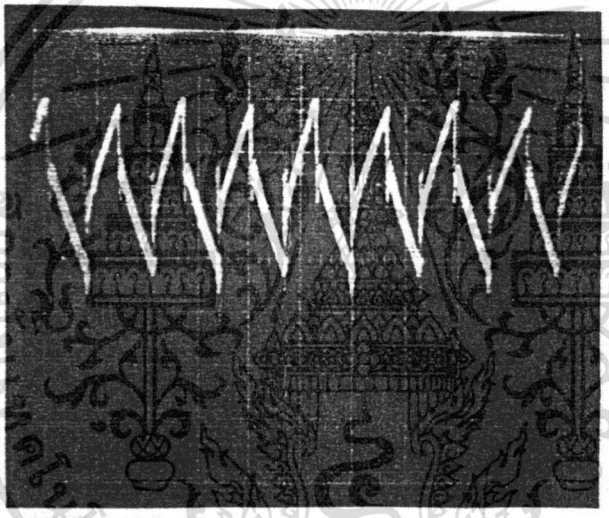
รูปที่ 6 แสดงแรงดันกระเพื่อม(Ripple Voltage)ขณะที่ไม่มีโหลด [0.2 V/div , 20 µsec]

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

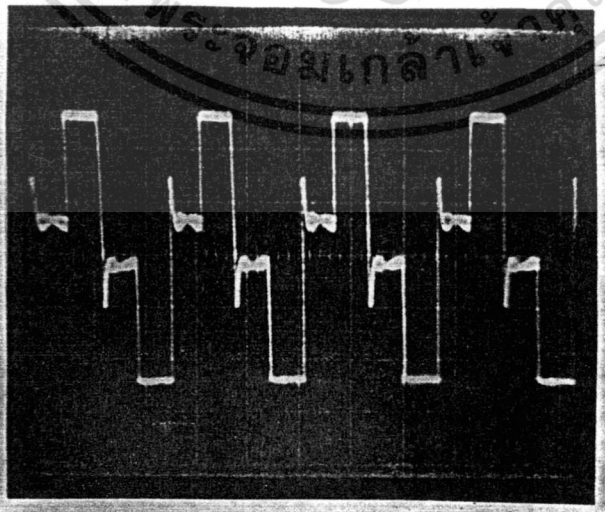
28195



รูปที่ 7 แสดงแรงดันคอลเล็กเตอร์-อิมิตเตอร์ ที่ไม่มีโหลด[100 V/div , 20 μsec]

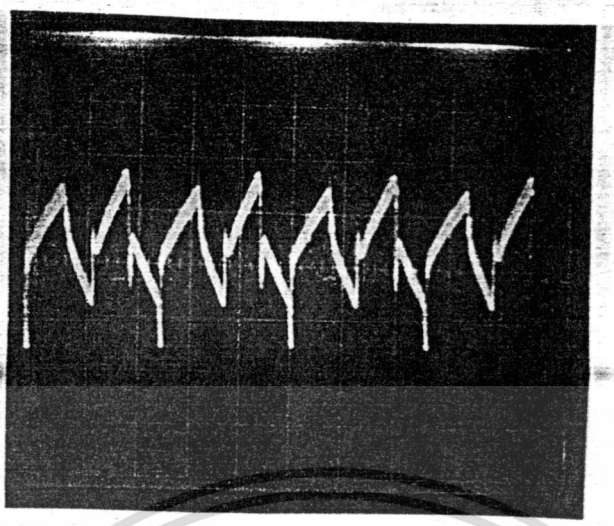


รูปที่ 8 แสดงแรงดันกระเพื่อมที่โหลด 40 %[0.2 V/div , 20 μsec]

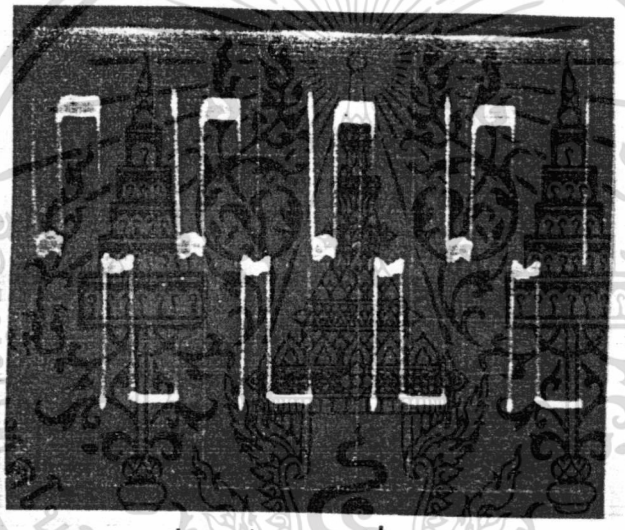


รูปที่ 9 แสดงแรงดันคอลเล็กเตอร์-อิมิตเตอร์ที่โหลด 40%[100 V/div, 20 μsec]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น-อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 แสดงแรงดันกระเพื่อมที่โหลด 100 % [0.2 V/div , 20 μsec]



รูปที่ 11 แสดงแรงดันคอลเล็กเตอร์-อิมิตเตอร์ที่โหลด 100 % [100 V/div , 20 μsec]

4. <u>สรุปและวิจารณ์</u>

สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายที่สร้างขึ้น ได้ทำการทดสอบกับโหลดซึ่งเป็นน้ำเกลือ ซึ่งสามารถเปลี่ยนค่าโหลด และทนกำลังการทดสอบได้สูง ทำให้สามารถทดสอบกับโหลดที่สูง ๆ ได้ ในงานวิจัยนี้ได้ขนาดเครื่อง 1200 วัตต์ 24 V , 50 A ประสิทธิภาพ 76.4 % แรงดันกระเพื่อมที่เอาต์พุตเท่ากับ 0.24 V เปอร์เซ็นต์เรกูเลชั่นเท่ากับ 0.26 เป็นขนาดแหล่งจ่ายพลังงานที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา

5. <u>เอกสารอ้างอิง</u>

5.1 อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ และ ประภาษ ไพรสุวรรณา, "สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย" , บทความประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 18 , พ.ย. 2538, หน้า 182-185.

5.2 สุวัฒน์ ดั่น , สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย , บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด มหาชน, กรุงเทพ , 2538 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 **Fisher , M.J., Power Electronics** , PWS Kent, Boston , 1991.

5.4 **Pressman, A.I., Switching Power Supply Design** , McGraw-Hill, 1991.

5.5 **Chrysis, G., High-Frequency Switching Power Supplies-Theory and Design** , McGraw-Hill, 1989.

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณสภาวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้