วงจรลดระดับแรงดันเพื่อใช้ขับ LED

BUCK REGULATOR LED DRIVER CIRCUIT

วริศ วองวัจนะ
VARIS WONGWATJANA
วรุตม์ ประยุทธพงศ์
WARUT PRAYUTHPONG

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

วงจรลดระดับแรงดันเพื่อใช้ขับ LED

BUCK REGULATOR LED DRIVER CIRCUIT

T143937

โดย

นายวริศ ว่องวัจนะ รหัส 55011105

นายวรุตม์ ประยุทธพงศ์ รหัส 55011110

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. จิรวัฒน์ ปานกลาง

b. 12 ธ.ค. 2559

l.

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 143937

วัน.เดือน.ปี 04 ต.ค. 2559

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2558

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง วงจรลดระดับแรงดันเพื่อใช้ขับ LED

Buck Regulator LED Driver Circuit

ผู้จัดทำ นายวริศ ว่องวัจนะ รหัสนักศึกษา 55011105

นายวรุตม์ ประยุทธงพงศ์ รหัสนักศึกษา 55011110

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(รศ. จิรวัฒน์ ปานกลาง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	วงจรลดระดับแรงดันเพื่อใช้ขับ LED (โหมดแรงดัน)
นักศึกษา	นายวริศ ว่องวัจนะ รหัสนักศึกษา 55011105
	นายวรุตม์ ประยุทธพงศ์ รหัสนักศึกษา 55011110
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	รศ.จิรวัฒน์ ปานกลาง

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้จัดทำขึ้นเพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจในหลักการออกแบบและการสร้างวงจรการขับ LED แสงสว่างที่มีขนาด 5 วัตต์โดยใช้หลักการ offline switching power supply ที่เหมาะสมซึ่งวงจรการขับ LED แสงสว่างนี้ประกอบด้วยวงจรหลัก 3 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งคือวงจรป้องกันสนามไฟฟ้าแม่เหล็กรบกวนซึ่งช่วยป้องกันความถี่รบกวนจากการสวิทช์ย้อนกลับไปที่ AC Power line ส่วนที่สองวงจรเรียงกระแสทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าสลับเป็นแรงดันไฟตรงส่วนที่สามวงจรออฟไลน์สวิชชิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Buck Regulator LED Driver Circuit (Voltage Mode)
Student	Varis Wongwatjana
	Warut Prayuthpong
Degree	Bachelor of Engineering
Department	Electronic Engineering
Year	2015
Thesis Advisor	Assoc. Prof.Jirawath Parnklang

Abstract

This thesis is made to make understanding of design and assembly of 10W lighting LED driver circuit (voltage mode), which can drive 5W lighting LEDs by using offline switching power supply principle. The circuit consists of 3 main parts which are electromagnetic interference filter (to remove unwanted frequency interference insert back through AC power line), rectifier circuit (to convert AC to DC), and offline switching circuit (to regulates and drives output).

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงงานและรายงานเรื่อง วงจรลดระดับแรงดันเพื่อใช้ขับ LED (Buck Regulator LED Driver Circuit) โดยการเริ่มต้นทำโครงงานชิ้นนี้ ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน รศ. จิรวัฒน์ ปานกลาง ที่ให้คำแนะนำตั้งแต่เริ่มจนจบตลอดการทำงาน รวมไปถึงเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ ในการทำโครงงานครั้งนี้ เป็นอย่างดียิ่ง นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่มอบวิชาความรู้และให้คำแนะนำเรื่องต่างๆ

วริศ ว่องวัจนะ

วรุตม์ ประยุทธพงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญรูป V
สารบัญรูป(ต่อ) VI
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 แนวคิดพื้นฐาน 1
1.2 ความมุ่งหมายของการศึกษา 1
1.3 สมมติฐาน 1
1.4 องค์ประกอบ 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 วงจรกรองสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI Filter) 3
2.2 วงจรกรองสัญญาณกระเพื่อม (Ripple filter) 5
2.3 แหล่งจ่ายไฟ 6
2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า 10
2.5 หลอดไฟฟ้า 11
บทที่ 3 การคำนวณและการออกแบบ 15
3.1 การทำงานของวงจรโดยรวม 15
3.2 ส่วนประกอบหลักของวงจร 15
3.3 การออกแบบวงจรส่วน EMI Filter 15
3.4 การออกแบบวงจรกรองสัญญาณกระเพื่อม (Ripple filter) 17
3.5 การออกแบบวงจรส่วน Offline Switching 19
บทที่ 4 วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ 21
4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของวงจร 21
4.2 ผลการทดสอบสัญญาณรบกวนในส่วนของสวิตชิ่งของวงจรขับหลอดแอลอีดีส่องสว่าง 23
4.3 ผลการทดสอบวงจร EMI Filter 24
4.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติเพิ่มเติมของวงจร 26
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 29
เอกสารอ้างอิง 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 เส้นทางเดินกระแส I_{cm} และ I_{dm} ในระบบไฟฟ้าสามเฟสของ SMPS....3
2.2 วงจรสมมูลของคาปาซิเตอร์....4
2.3 เส้นทางเดินกระแสสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปยัง Power Line ใน SMPS....4
2.4 การต่ออุปกรณ์พาสซีพต่างๆเพื่อป้องกัน EMI....5
2.5 วงจรกรองสัญญาณ (Ripple Filter)....5
2.6 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย....6
2.7 วงจรพื้นฐานของฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์....8
2.8 ลักษณะกระแสและแรงดันในวงจรขณะทำงาน....9
2.9 หม้อแปลงจำลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ....10
2.10 ส่วนประกอบของหลอดไส้อย่างง่าย....11
2.11 ส่วนประกอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์....12
2.12 หลอดนีออนขนาดต่างๆ....13
2.13 ส่วนประกอบของหลอดเมทัลฮาไลด์....13
2.14 หลอด Tungsten Halogen....14
2.15 ส่วนประกอบของหลอด LED....14
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจร....15
3.2 วงจรส่วน EMI Filter....16
3.3 Schematic ของ Line filter....16
3.4 ลายวงจรของ Line filter....16
3.5 Schematic ของ Bridge Rectifier....18
3.6 ลายวงจรของ Bridge Rectifier....18
3.7 วงจรเบื้องต้นของ TOP224Y....19
3.8 Schematic ส่วน Offline Switching....19
3.9 ลายวงจรของวงจรจ่ายกำลังโหมดกระแสแบบออฟไลน์....20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.1 วงจรขณะที่ต่อโหลด LED....21
4.2 วงจรขณะที่ไม่ได้ต่อโหลด LED....21
4.3 สัญญาณ AC Output ขณะต่อโหลด LED 5W, f = 50.52 kH....22
4.4 สัญญาณ AC Output ขณะต่อโหลด LED 5W, ΔV = 138.75 mV....22
4.5 สัญญาณ Ripple AC ขณะต่อโหลด LED 5W....23
4.6 สัญญาณฝั่งบวกของหม้อแปลงด้านปฐมภูมิขณะต่อโหลด LED 5W....23
4.7 สัญญาณฝั่งกราวด์ของหม้อแปลงด้านทุติยภูมิขณะต่อโหลด LED 5W....24
4.8 สัญญาณ Ripple AC ขณะต่อโหลด LED 5W....24
4.9 สัญญาณฝั่งบวกของหม้อแปลงด้านปฐมภูมิขณะต่อโหลด LED 5W....25
4.10 สัญญาณฝั่งกราวด์ของหม้อแปลงด้านทุติยภูมิขณะต่อโหลด LED 5W....25
4.11 สัญญาณที่ยังไม่ผ่านการกรอง EMI Filter....26
4.12 สัญญาณที่ผ่านการกรอง EMI Filter....26
4.13 สัญญาณเอาท์พุตที่วงจรมีการกรองสัญญาณ....27
4.14 สัญญาณเอาท์พุตที่วงจรไม่มีการกรองสัญญาณ....27
4.15 ความสว่างของแสงขณะวงจรมีการกรองสัญญาณ....28
4.16 ความสว่างของแสงขณะวงจรไม่มีการกรองสัญญาณ....28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวคิดพื้นฐาน

เทคโนโลยีด้านการส่องสว่างในปัจจุบันเรียกได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตประจำวัน โดยเทคโนโลยีส่องสว่างได้ถูกพัฒนามาเริ่มจากหลอดไส้ หลอดฟลูออเรสเซนต์ และเป็น LED ในที่สุด ซึ่ง LED นี้ถูกค้นพบเป็นครั้งแรกในรูปของสารกึ่งตัวนำไดโอดโดยผู้พัฒนาคนแรกคือ Nick Holonyak, Jr. สามารถแยกแสงสีแดง ออกมาได้ ต่อมาหลังจากการค้นพบ LED สีแดง นักวิทยาศาสตร์ท่านอื่นๆได้ทำการพัฒนาและค้นพบ LED สีต่างๆเช่น สีเหลือง สีเขียว สีน้ำเงิน และนำมารวมกันเป็นสีขาวได้ในที่สุด ในปี ค.ศ. 2004

ข้อดีของหลอด LED ส่องสว่างนั้นเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีส่องสว่างอื่นๆแล้ว สามารถสรุปได้คือ อายุการใช้งานมากกว่าเมื่อเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดไฟฟ้าแบบขดลวด ซึ่งมากถึง 50,000-100,000 ชั่วโมง ในขณะที่หลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดไฟฟ้าแบบขดลวด มีอายุการใช้งาน 30,000 ชั่วโมง และ 1,000-2,000 ชั่วโมงตามลำดับ มีประสิทธิภาพสูง ใช้กำลังงานน้อยและปล่อยความร้อนต่ำ นอกจากนี้ LED ส่องสว่างจะไม่มีการปล่อยแสง UV ออกมาอีกด้วย ด้วยประโยชน์เหล่านี้จึงทำให้การใช้หลอด LED ส่องสว่างนั้นมีความน่าสนใจ และเป็นเทคโนโลยีส่องสว่างที่กำลังจะเข้ามาแทนที่เทคโนโลยีรุ่นเก่าในไม่ช้า

ในโครงงานนี้จะนำเสนอวงจรขับหลอด LED ส่องสว่าง โดยใช้ต้นกำลังไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดแรงดัน 230 V 50Hz จากนั้นแปลงแรงดันดังกล่าวให้เป็นแรงดันที่มีค่าเหมาะสมสำหรับขับLED ส่องสว่าง โดยใช้หลักการออฟไลน์สวิทช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย นอกจากนี้วงจรยังประกอบไปด้วยส่วนของวงจรปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ซึ่งช่วยในการลดการสูญเสียในวงจร และยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของวงจรอีกด้วย

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาและทดลองการทำงานของวงจรขับหลอด LED ส่องสว่าง
2. สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้
3. สร้างวงจรเพาเวอร์ซัพพลายโดยใช้หลักการออฟไลน์ได้
4. ศึกษาวิธีการ

1.3 สมมติฐาน

1. สามารถอธิบายการหลักการทำงานของวงจรขับ LED ส่องสว่างได้
2. สามารถพัฒนาวงจรลดแรงดันเพื่อขับ LED ส่องสว่างให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 องค์ประกอบ

วงจรลดระดับแรงดันเพื่อใช้ขับ LED ส่องสว่าง (โหมดแรงดัน)แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1. วงจรกรองสัญญาณสอดแทรกทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
2. วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น
3. วงจรออฟไลน์สวิตชิ่ง
4. วงจรกรองภาคแรงดันขาออก

1.5ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1 มีความรู้ความใจเกี่ยวกับการลดสัญญาณแทรกสอดทางแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เกิดจากการสวิทช์ชิ่งของวงจร

2. สามารถสร้างวงจรขับหลอด LED ส่องสว่างขนาด 5W ได้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารที่เกี่ยวข้อง

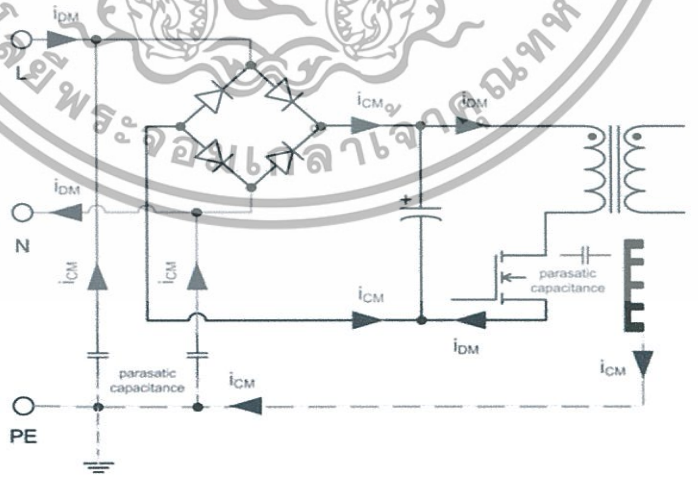
2.1 วงจรกรองสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI Filter)

วงจรในส่วนนี้เป็นวงจรที่กำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการสวิทช์ของวงจรสวิทช์ โดยการกรองสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าไม่ให้ไปรบกวนในส่วนของระบบ AC Line ซึ่งการรบกวนสามารถแก้ไขได้โดยการออกแบบแผ่นวงจร และการจัดวางอุปกรณ์ที่เหมาะสม ซึ่งสัญญาณรบกวนที่ว่านี้จะย้อนกลับไปทาง AC LINE และรบกวนระบบ รวมไปถึงอุปกรณ์อื่นๆในระบบ

การสวิตช์ของวงจรสวิตช์ชิงจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือเรียกว่า Electromagnetic Interference (EMI) โดย EMI แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ Conducted EMI และ Radiated EMI ซึ่งการเกิดจะเกิดขึ้นที่สายตัวนำและเกิดในอากาศซึ่งแผ่จากตัวอุปกรณ์ ตามลำดับแต่ในที่นี้จะพูดถึงการรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในส่วนของ Conducted EMIเท่านั้น ในส่วนของ Conducted EMI สามารถจำแนกได้เป็น 2 แบบคือ

2.1.1 คอมมอนโหมด (Common Mode)

คือสัญญาณรบกวนที่เดินทางจากAC Power Line ไปยังEarth Line และจากนั้นNeutral Line ไปยัง Earth Line สัญญาณรบกวนนี้เรียกว่า กระแสคอมมอน (I_{cm}) กระแสคอมมอนนี้มีลักษณะคือมีความถี่สูง และมีแอมพลิจูดต่ำ การเกิดคอมมอนโหมดจะทำให้เกิดคาปาซิเตอร์แฝง (Parasitic Capacitance) ขึ้น โดยการเกิดคอมมอนโหมดนี้เกิดได้จากหลายสาเหตุเช่น การประกอบวงจร การบัดกรีอุปกรณ์ต่างๆ การติดฮีตซิงค์ หรือความผิดพลาดเล็กน้อยอื่นๆ



รูปที่ 2.1 เส้นทางเดินกระแส I_{cm} และ I_{dm} ในระบบไฟฟ้าสามเฟสของ SMPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

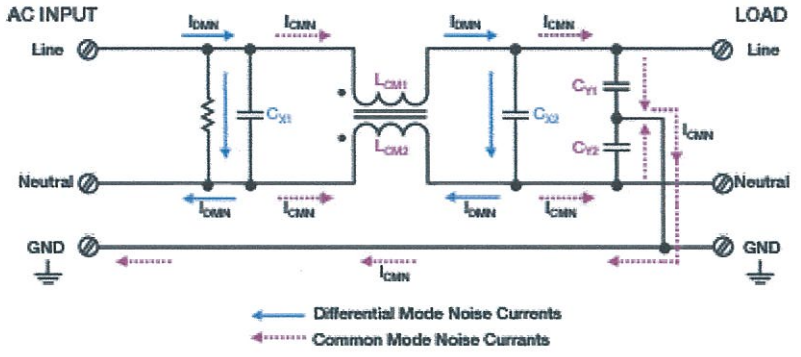
2.1.2 ดิฟเฟอเรนเชียลโหมด (Differential Mode)

กระแสดิฟเฟอเรนเชียล(I_{dm}) คือสัญญาณรบกวนที่เดินทางจาก AC Power Line ไปยัง Neutral Line กระแสดิฟเฟอเรนเชียลจะมีความถี่สูงและมีแอมพลิจูดต่ำ การเกิดสัญญาณในส่วนของดิฟเฟอเรนเชียลโหมดนั้นเกิดจากการใช้ตัวเก็บประจุหรือไอโอดร่วมในวงจร โดยไดโอดจะมีช่วงเวลาในการคืนตัวจึงทำให้เกิดกระแสไหลได้ในขณะเกิดไบอัสย้อนกลับส่งผลให้เกิดกระแสดิฟเฟอเรนเชียลโหมดไหลออกมาสู่ระบบได้ ส่วนในตัวเก็บประจุไม่ได้มีแค่ความจุไฟฟ้าเท่านั้นแต่ยังมีค่าความเหนี่ยวนำและความต้านทานอยู่ด้วยซึ่งค่าความเหนี่ยวนำและความต้านทานเป็นส่วนที่ไม่ต้องการให้เกิดในตัวคาปาซิเตอร์เนื่องจากเป็นแหล่งกำเนิดกระแสดิฟเฟอเรนเชียล บางครั้งในส่วนนี้จะถูกเรียกว่า พาราซิติก(Parasitic)

รูปที่ 2.2 วงจรสมมูลของคาปาซิเตอร์

รูปที่ 2.3 เส้นทางเดินกระแสสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปยังPower Line ใน SMPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

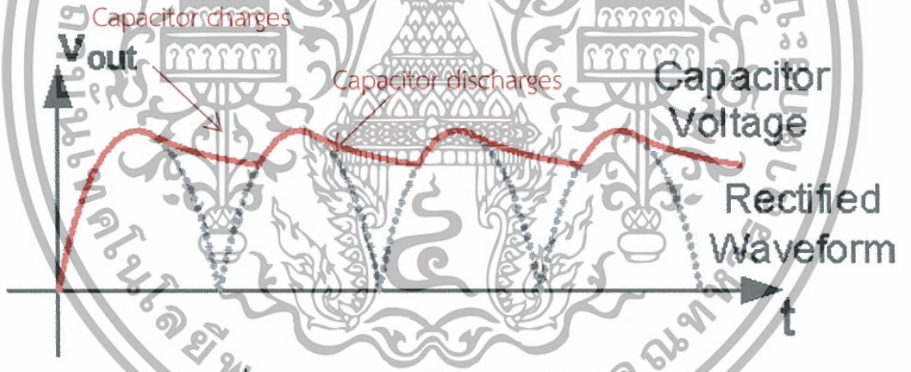


รูปที่ 2.4 การต่ออุปกรณ์พาสซีพต่างๆเพื่อป้องกัน EMI

2.2 วงจรกรองสัญญาณกระเพื่อม (Ripple filter)

วงจรกรองสัญญาณนั้นมีหน้าที่กรองไฟกระแสตรงที่กระเพื่อมให้มีลักษณะเรียบขึ้น โดยลดอัตราการกระเพื่อมให้ต่ำลง

วงจรกรองสัญญาณกระเพื่อมนั้นสามารถต่อได้หลายรูปแบบ ทั้งการใช้ตัวเก็บประจุหรือ ขดลวดเหนี่ยวนำ แต่วิธีที่เหมาะสมที่ใช้คือ การใช้ตัวเก็บประจุต่อขนานกับเอาท์พุทของวงจรเรียงกระแส เพราะราคาถูก ขนาดเล็กและน้ำหนักเบา กว่าการใช้ขดลวดเหนี่ยวนำ ซึ่งจะมีขนาดใหญ่ และราคาสูงกว่ามาก



รูปที่ 2.5 วงจรกรองสัญญาณ (Ripple Filter)

หลักการทำงานของวงจรกรองสัญญาณที่ใช้ตัวเก็บประจุ คือ เมื่อไดโอดนำกระแส ตัวเก็บประจุจะเก็บประจุไว้ และ คายประจุออกเพื่อจ่ายให้กับโหลด ในกรณีที่โหลดของวงจรมากค่าของตัวเก็บประจุนั้นก็จะต้องมากขึ้นตามไปด้วย เพื่อให้เพียงพอต่อการจ่ายประจุให้กับโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

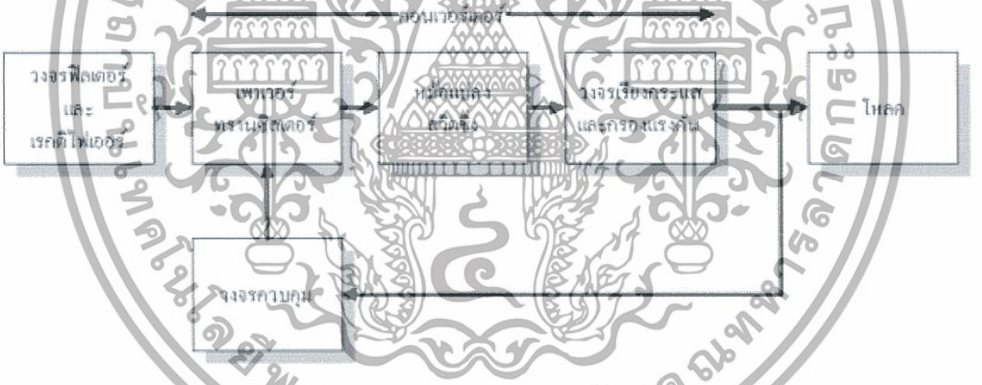
2.3 แหล่งจ่ายไฟ

2.3.1 วงจรออฟไลน์สวิทชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

สวิทชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไปสลับโวลต์สูงให้เป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำ เพื่อใช้ในงานอิเลคทรอนิกส์ได้ เช่นเดียวกันแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น (Linear Power Supply) ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบจะต้องมีการใช้หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำเช่นเดียวกัน แต่สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็ก และน้ำหนักน้อย

2.3.2 หลักการทำงาน

สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายโดยทั่วไปมีองค์ประกอบพื้นฐานที่คล้ายคลึงกัน และไม่ซับซ้อนมากนัก สิ่งสำคัญของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจะอยู่ที่คอนเวอร์เตอร์ เนื่องจากทำหน้าที่ทั้งลดทอนแรงดันและคงค่าแรงดันเอาต์พุตด้วย องค์ประกอบต่าง ๆ ทำงานตามลำดับดังนี้



รูปที่ 2.6 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

แรงดันไฟสลับค่าสูงจะผ่านเข้ามาทางวงจร RFI ฟิลเตอร์ เพื่อกรองสัญญาณรบกวนและแปลงเป็นไฟตรงค่าสูงด้วยวงจรเรกติไฟเออร์ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะทำงานเป็นเพาเวอร์คอนเวอร์เตอร์โดยการตัดต่อแรงดันเป็นช่วงๆ ที่ความถี่ประมาณ 20-200 KHz จากนั้นจะผ่านไปยังหม้อแปลงสวิตชิ่งเพื่อลดแรงดันลง เอาต์พุตของหม้อแปลงจะต่อกับวงจรเรียงกระแส และกรองแรงดันให้เรียบ การคงค่าแรงดันจะทำได้โดยการป้อนกลับคาแรงดันที่เอาต์พุตกลับมายังวงจรควบคุม เพื่อควบคุมให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแสมากขึ้นหรือน้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาต์พุต ซึ่งจะมีผลทำให้แรงดันเอาต์พุตคงที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนเวอร์เตอร์

คอนเวอร์เตอร์นับว่าเป็นส่วนสำคัญที่สุดในสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย มีหน้าที่ลดทอนแรงดันไฟตรงค่าสูงลงมาเป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำ และสามารถคงค่าแรงดันได้ คอนเวอร์เตอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดวงจรภายใน โดยคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบจะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป การจะเลือกใช้คอนเวอร์เตอร์แบบใดสำหรับสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายนั้นมีข้อควรพิจารณาจากลักษณะพื้นฐานของคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบดังนี้คือ

- ลักษณะการแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์
- ค่าแรงดันอินพุตที่จะนำมาใช้กับคอนเวอร์เตอร์
- ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์ขณะทำงาน
- ค่าแรงดันสูงสุดที่ตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์ขณะทำงาน
- การรักษาระดับแรงดันในกรณีที่คอนเวอร์เตอร์มีเอาต์พุตหลายค่าแรงดัน
- การกำเนิดสัญญาณรบกวน RFI/EMI ของคอนเวอร์เตอร์

จากข้อพิจารณาดังกล่าว จะทำให้ผู้ออกแบบทราบขีดจำกัดของคอนเวอร์เตอร์และตัดสินใจเลือกใช้คอนเวอร์เตอร์แบบใดได้ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาคอนเวอร์เตอร์ในรูปแบบต่างๆ ขึ้นมามากมาย ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะคอนเวอร์เตอร์ที่นิยมใช้เป็นในอุตสาหกรรมของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย คือ

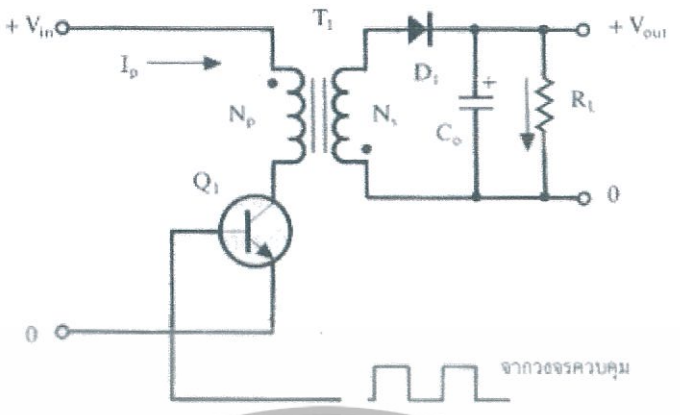
- ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ (Flyback converter)
- ฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ (Forward converter)
- พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ (Push-Pull converter)
- ฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Half-Bridge converter)
- ฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Full-Bridge converter)

คอนเวอร์เตอร์ทั้ง 5 แบบนี้ มีลักษณะการทำงานที่ไม่แตกต่างกันนัก และค่อนข้างง่ายต่อการทำความเข้าใจและศึกษา และยังสามารถแบ่งย่อยได้หลายประเภทตามลักษณะการใช้งาน

โดยในโครงงานนี้เลือกใช้งานเป็น Flyback Convert ซึ่งเป็นคอนเวอร์เตอร์ที่มีจำนวนอุปกรณ์น้อยที่สุดตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.7 วงจรพื้นฐานของฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

จากรูปภาพที่ 2.11เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 ในฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์จะทำงานในลักษณะเป็นสวิตช์ และจะนำกระแสตามคำสั่งของพัลส์สี่เหลี่ยมที่ป้อนให้ทางขาเบส เนื่องจากหม้อแปลง T1 จะกำหนดขดไพรมารี่และขดเซคันดารี่ให้มีลักษณะกลับเฟสกันอยู่ ดังนั้นเมื่อ Q1 นำกระแส ไดโอด D1 จึงอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับและไม่นำกระแส จึงมีการสะสมพลังงานที่ขดไพรมารี่ของหม้อแปลง T1 แทน เมื่อ Q1 หยุดนำกระแส สนามแม่เหล็ก T1 ยุบตัวทำให้เกิดการกลับขั้วแรงดันที่ขดไพรมารี่และเซคันดารี่ D1 ก็จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรง พลังงานที่สะสมในขดไพรมารี่ของหม้อแปลงก็จะถูกถ่ายเทออกไปยังขดเซคันดารี่ และมีกระแสไหลผ่านไดโอด D1 ไปยังตัวเก็บประจุเอาต์พุต Co และโหลดได้ ค่าของแรงดันที่เอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์จะขึ้นอยู่กับค่าความถี่การทำงานของ Q1 ช่วงเวลานำกระแสของ Q1 อัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลง และค่าของแรงดันที่อินพุต

เมื่อวงจรทำงานอยู่ในสภาวะคงที่ ค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากคอนเวอร์เตอร์จะเป็นไปตามสมการ

$$V_{out} = \frac{t_{ON} \times (N_s / N_p)(V_{in} - V_{CE(sat)})}{(T - t_{ON})} - V_D$$

T คือคาบเวลาการทำงานของ Q1 เป็นวินาที

t_{ON} คือช่วงเวลา

Np คือจำนวนรอบของขดไพรมารี่

Ns คือจำนวนรอบของขดเซคันดารี่

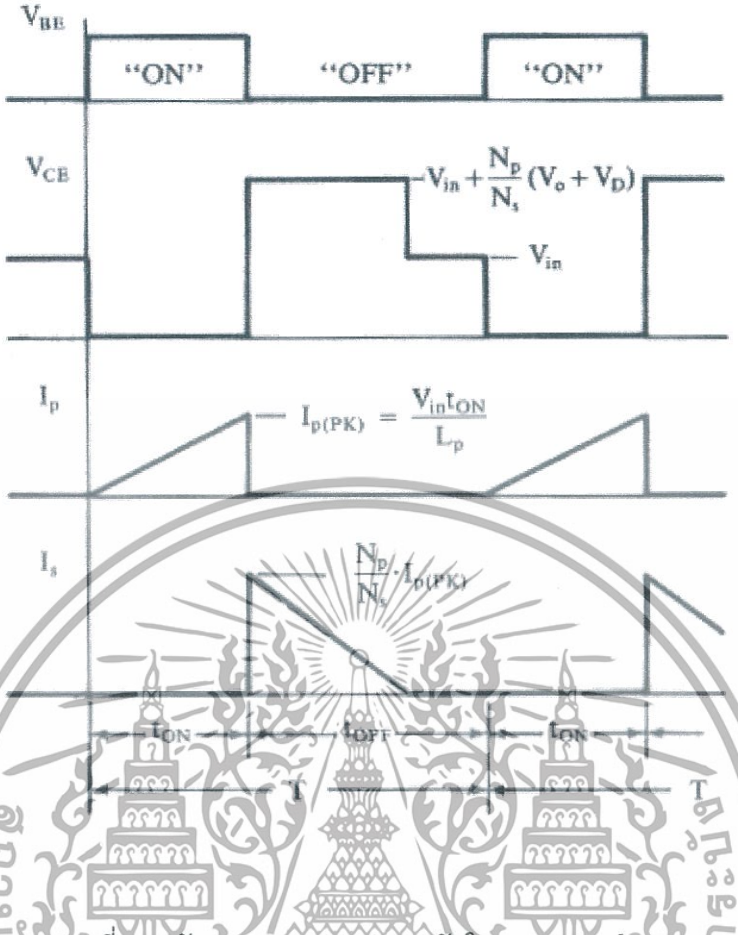
V_{out} คือแรงดันที่เอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ เป็นโวลต์

Vin คือแรงดันที่อินพุตของคอนเวอร์เตอร์ เป็นโวลต์

Vce(sat) คือแรงดันตกคร่อม Q1 ขณะนำกระแสที่จุดอิ่มตัว เป็นโวลต์

VD คือแรงดันคกคร่อมไดโอด D1 ขณะนำกระแส เป็นโวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ลักษณะกระแสและแรงดันในวงจรขณะทำงาน

ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่ให้กำลังงานได้ไม่สูงนัก โดยอยู่ในช่วงไม่เกิน 150 วัตต์ และให้ค่าสัญญาณรบกวน RFI/EMI ค่อนข้างสูง แต่ใช้อุปกรณ์น้อยและมีราคาถูก

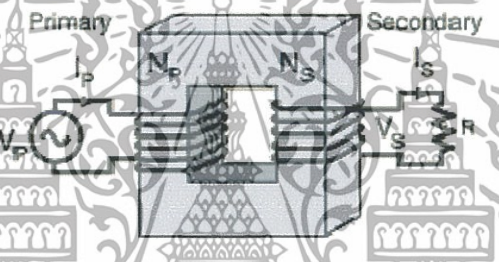
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้มีขนาดของแรงดันสูงขึ้นหรือต่ำลงตามต้องการโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของฟลักซ์แม่เหล็กในขดลวด โดยขดลวดด้านที่กระแสไฟเข้า เรียกว่า ขดลวดปฐมภูมิ (Primary) และขดลวดที่เป็นตัวจ่ายกระแสไฟออก เรียกว่า ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary) ในกรณีหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ (Ideal Transformer) จะได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแรงดัน ดังนี้

$$V_p I_p = V_s I_s$$

เมื่อ V_P คือ แรงดันที่ป้อนให้ขดปฐมภูมิ
V_S คือ แรงดันที่ป้อนให้ขดทุติยภูมิ
I_P คือ กระแสที่ป้อนให้ขดปฐมภูมิ
I_S คือ กระแสที่ป้อนให้ขดทุติยภูมิ



รูปที่ 2.9 หม้อแปลงจำลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ

สมการความสัมพันธ์ของแรงดันและจำนวนรอบหม้อแปลง ดังนี้

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_s}{N_p}$$

เมื่อ V_P คือ แรงดันที่ป้อนให้ขดปฐมภูมิ
V_S คือ แรงดันที่ป้อนให้ขดทุติยภูมิ
N_P คือ จำนวนรอบของขดปฐมภูมิ
N_S คือ จำนวนรอบของขดทุติยภูมิ

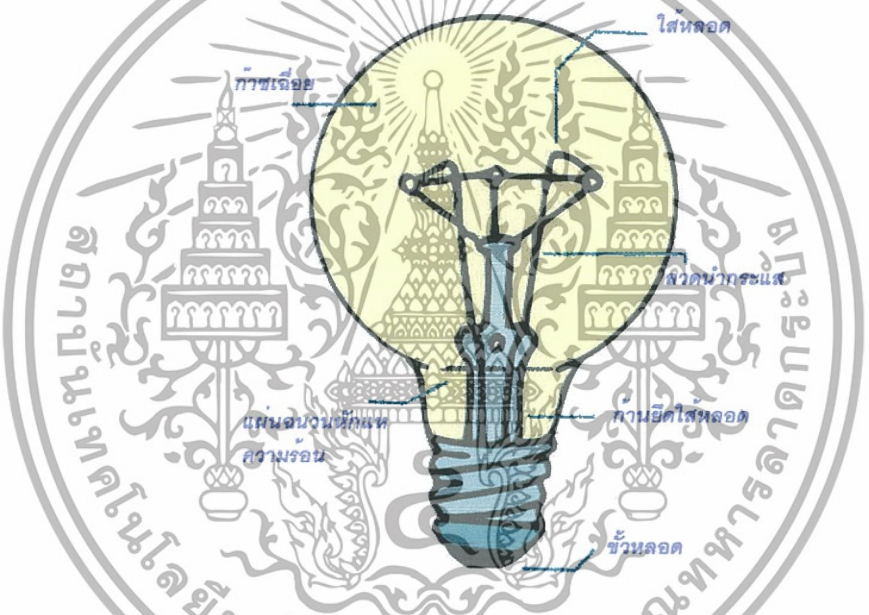
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 หลอดไฟฟ้า

หลอดไฟที่ใช้งานในปัจจุบันมีอยู่มากมายหลายประเภทเช่น หลอดไส้, หลอดนีออน, หลอดแสงจันทร์, หลอดฟลูออเรสเซนต์, หลอดทังสเตนฮาโลเจน, หลอดไลหะฮาไลด์, หลอดโซเดียม เป็นต้น

2.5.1 หลอดไส้ (Incandescent Lamp)

เป็นหลอดไฟที่ใช้กันในยุคแรก ๆ บางทีเรียกกันว่า หลอดดวงเทียน เพราะมีแสงแดง ๆ เหมือนแสงเทียน มีทั้งชนิดแก้วใสและแก้วฝ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอดจะเกิดความร้อนยิ่งความร้อนมากขึ้นเท่าใดแสงสว่าง ที่เปล่งออกมาจากไส้หลอดก็จะมากขึ้นเท่านั้นแต่ไม่ควรร้อนเกินขีดจำกัดที่จะรับได้ส่วนประกอบของหลอดไส้แสดงดังรูป

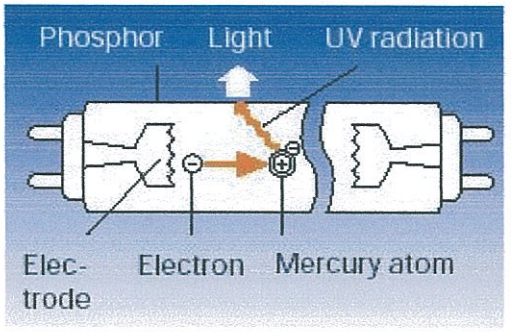


รูปที่ 2.10 ส่วนประกอบของหลอดไส้อย่างง่าย

2.5.2 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent)

เป็นหลอดไฟฟ้าที่นิยมใช้กันทั่วไป เพราะว่าให้แสงสว่างนวลสบายตา และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าหลอดไส้ถึง 8 เท่า ลักษณะของหลอดเป็นรูปทรงกระบอก รูปวงกลมและตัวยู มีขนาดอัตราทนกำลัง 10 วัตต์, 20 วัตต์, 32 วัตต์, และ 40 วัตต์เป็นต้น ขนาด 40 วัตต์มีอายุการใช้งาน 8,000 ถึง 12,000 ชั่วโมง ให้ความสว่างของแสงประมาณ 3,100 ลูเมน ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



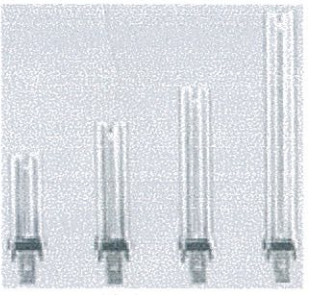
รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ภายในหลอดจะบรรจุด้วยก๊าซเฉื่อยประเภทอาร์กอนและไอปรอทบริเวณหลอดแก้วด้านในเคลือบด้วยสารเรืองแสงก๊าซที่บรรจุอยู่ภายในหลอดจะแตกตัวเป็นไอออนเมื่อแรงดันที่ขั้วแคโถดทั้งสองข้างของหลอดมีค่าสูงพอความต้านทานภายในหลอดก็จะต่ำลงทันทีทำให้กระแสไฟฟ้าหลผ่านหลอดแก้วไปกระทบไอปรอททำให้ไอปรอทเปล่งรังสีอัลตราไวโอเลตออกมาและจะกระทบกับสารเรืองแสงที่เคลือบผิวด้านในของหลอดแก้วหลอดจึงสว่างขึ้น

2.5.3 หลอดนีออน (Neon Lamp)

เป็นหลอดไฟฟ้าชนิดที่มีการบรรจุก๊าซต่างๆ เข้าไปเพื่อทำให้ เกิดแสงสว่างเป็นสีต่าง ๆ ตามชนิดของสารหรือก๊าซที่บรรจุเข้าไป ส่วนใหญ่จะใช้เป็นไฟประดับหรือติดป้ายโฆษณาตามสถานที่ต่าง ๆ บางครั้งอาจดัดหลอดให้มีรูปร่างเป็นตัวอักษรและข้อความต่าง ๆ โดยทั่วไปหลอดนีออนจะแบ่งประเภทตามแรงดันได้ 2ประเภทคือแรงดันสูงและแรงดันต่ำ เป็นหลอดปล่อยประจุความดันไอต่ำ สีของหลอดมี 3 แบบคือ daylight ,cool white และ warm white เช่นเดียวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบที่ใช้งานกันมากคือหลอดเดี่ยว มีขนาดวัตต์ 5 7 9 11 วัตต์และหลอดคู่ มีขนาดวัตต์ 10 13 18 26 วัตต์ เป็นหลอดที่พัฒนาขึ้นมาแทนที่หลอดอินแคนเดสเซนต์ และมีประสิทธิผลสูงกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ คือประมาณ 50-80 ลูเมนต่อวัตต์ และ อายุการใช้งานประมาณ 5,000-8,000 ชม จัดเป็นหลอดประหยัดไฟที่นิยมใช้กันมากขึ้นในปัจจุบันเนื่องจากให้แสงสว่างสูง อายุการใช้งานยาวนาน แสงสีที่นุ่มนวล และความร้อนที่ตัวหลอดน้อยกว่า เมื่อเทียบกับหลอด incandescent คุณลักษณะดังกล่าวจึงเหมาะกับการนำไปใช้ ให้แสงสว่างในอาคารแทนหลอด incandescent และนอกอาคารเป็นบางแห่ง โดยเฉพาะบริเวณที่ต้องเปิดไฟทิ้งไว้ เป็นเวลานานๆ ชนิดของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์1.แบบใช้บัลลาสต์ภายนอก แต่ที่ตัวหลอดจะมีสตาร์ทเตอร์ติดตั้งไว้ภายในเรียบร้อยแล้ว เรียกทั่วไปว่าหลอดตะเกียบ อาจมีลักษณะรูปร่างต่างกันออกไปในแต่ละรุ่นและยี่ห้อ

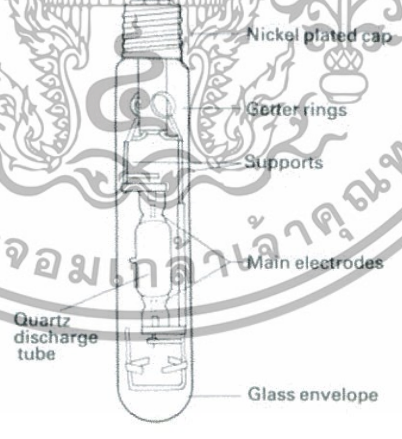
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 หลอดนีออนขนาดต่างๆ

2.5.4 หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal Halide Lamp)

โดยทั่วไปคล้ายกับหลอดไอปรอท ซึ่ง arc tube ทำด้วย fuse silica แต่มีขนาดเล็กกว่า arc tube ของหลอดไอปรอท ภายในบรรจุ electrode ที่ทำด้วยทังสเตนล้วนๆ ไม่นิยมเคลือบด้วย สาร เร่ง electron เนื่องจากสารนี้จะถูกทำลาย เมื่อรวมกับฮาโลเจน ภายในกระเปาะเองมีการเติมสาร ตระกูล halide ลงไปได้แก่ thalium, sodium, scandium iodide นอกเหนือไปจาก argon, neon, krypton, sodium และหยดปรอท สารฮาไลด์ที่เติมเข้าไปทำให้ ได้รับปริมาณแสงเพิ่มขึ้น เกือบ เท่าตัวเมื่อเทียบกับหลอดไอปรอท และมีแสงสีสมดุลขึ้น จนดูใกล้เคียงแสงแดด ดังนั้นกระเปาะแก้ว จึงไม่ จำเป็นต้องเคลือบสารฟอสเฟอร์ แต่อาจเคลือบเพื่อให้แสงสีนุ่มนวลขึ้น เท่านั้น นิยมใช้ในสนาม กีฬาโดยเฉพาะที่มีการถ่ายทอดทางโทรทัศน์, สวนสาธารณะ, ไฟสาดอาคารเป็นต้น การติดตั้งหลอด ต้องเป็นไปตามที่ ผู้ผลิตกำหนดในเรื่องมุมของการจุดไส้หลอด เพื่อให้ได้ปริมาณแสงและ อายุการใช้ งานรวมทั้งแสงสีที่ถูกต้อง

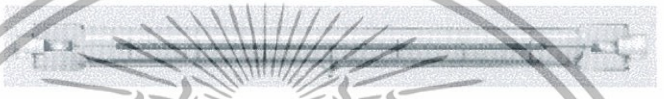


รูปที่ 2.13 ส่วนประกอบของหลอดเมทัลฮาไลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 หลอด Tungsten Halogen

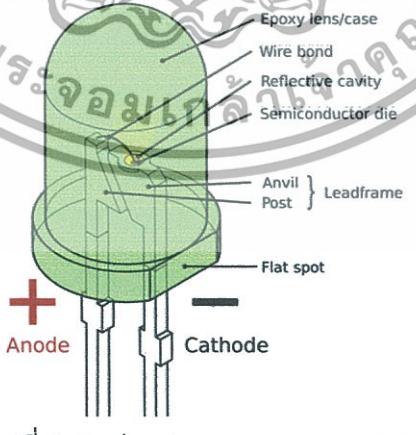
เป็นหลอดที่อาศัยการกำเนิดแสงจากความร้อนโดยการให้กระแสไหลผ่านไส้หลอดที่ทำด้วยทังสเตนจนร้อน แล้วเปล่งแสงออกมา เช่นเดียวกับหลอด incandescent ต่างกันตรงที่มีการบรรจุสารตระกูลฮาโลเจน ได้แก่ ไอโอดีน คลอรีน , โบรมีนและฟลูออรีนลงในหลอดแก้วที่ทำด้วยควอทซ์ สารที่เติมเข้าไปนี้จะป้องกันการระเหิดตัวของไส้หลอด ซึ่งทำงานที่อุณหภูมิสูงประมาณ 3000-3400 องศาเคลวิน ช่วยให้หลอดมีอายุยาวนานขึ้นกว่าหลอด incandescent ราว 2-3 เท่า คือ 1500-3000 ชั่วโมง มีประสิทธิผลสูงกว่าหลอด incandescent คือประมาณ 12 - 22 lm/w และสีของลำแสงขาวกว่าคือมีอุณหภูมิสีประมาณ 2800 องศาเคลวิน ทำให้มีค่าดัชนีความถูกต้องของสีสูงถึง 100% ปกติหลอดจะมีลักษณะยาวตรง แต่ก็มีรูปทรงอย่างอื่นเพื่อให้เหมาะกับลักษณะงานที่ต่างกัน เช่นหลอดที่ใช้ใน เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ หรือเครื่องฉายสไลด์เป็นต้น



รูปที่ 2.14 หลอด Tungsten Halogen

2.5.6 หลอด LED

หลอดแอลอีดี (LED: Light Emitting Diode) เป็น หลอดไฟ ชนิดที่แตกต่างออกไป เป็นหลอดที่มีขนาดเล็ก กำลังต่ำ มีหลักการทำงานคือเมื่อมีการผ่านกระแสไฟฟ้าให้กับสารกึ่งตัวนำแล้วจะทำให้บริเวณรอยต่อของขั้ว ที่เรียกว่าพี-เอ็นจังชั่น เกิดการเปล่งแสงออกมา หลอดไฟแอลอีดีมีคุณสมบัติเด่นคือ มีอายุการใช้งานที่ยาวนานที่สุด (50,000-100,000 ช.ม.) มีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง มีความถูกต้องของสีสูง ความร้อนต่ำ ไม่มีรังสี UV ไม่มีก๊าซพิษ หรือโลหะหนักในการบรรจุ



รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบของหลอด LED

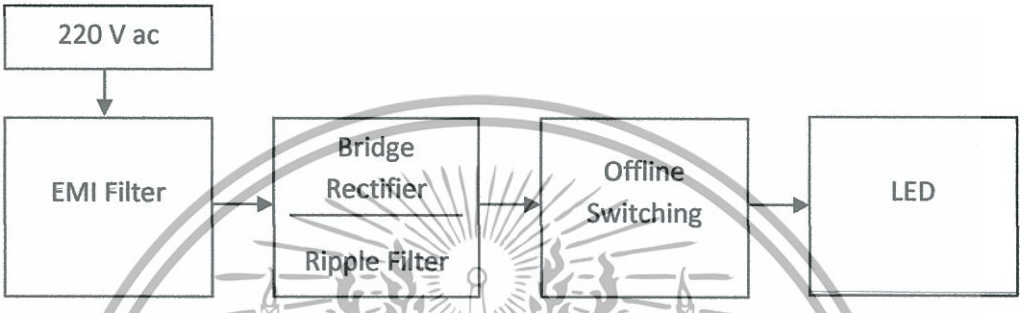
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการออกแบบ

3.1 การทำงานของวงจรโดยรวม

การทำงานของวงจรสามารถแสดงเป็นบล็อคไดอะแกรม และวงจรสามารถแบ่งเป็น 4 ส่วนหลัก ดังนี้



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจร

3.2 ส่วนประกอบหลักของวงจร

วงจรลดระดับแรงดันเพื่อใช้ขับ LED แบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ

3.2.1 EMI Filter - ทำหน้าที่ในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กรบกวนจากวงจรสวิทช์ชิ่งย้อนกลับไปในส่วนไฟฟ้ากระแสสลับ

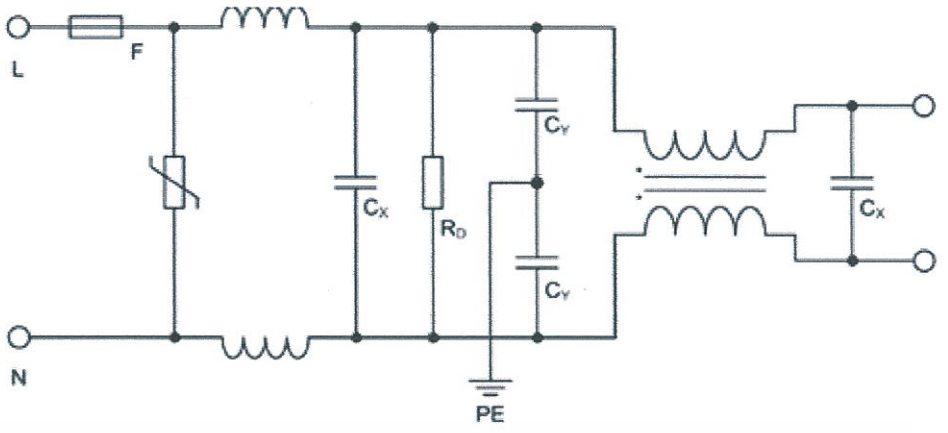
3.2.2 Bridge Rectifier - ทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง

3.2.3 Offline Switching – ทำหน้าที่ในลดระดับแรงดัน และขับโหลด LED

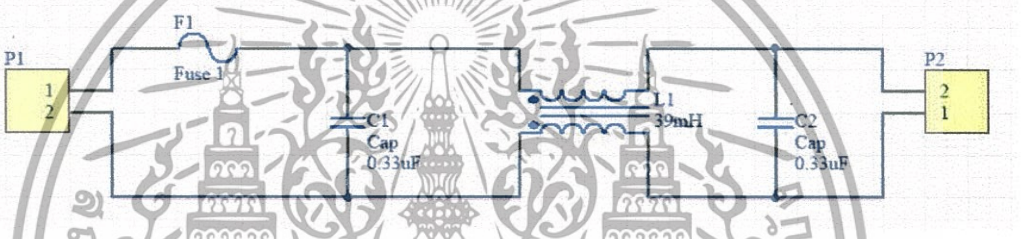
3.3 การออกแบบวงจรส่วน EMI Filter

การออกแบบวงจรส่วน EMI Filter ทำได้โดยคำนวณความถี่ที่จะกำจัด เพื่อหาค่าของตัวเก็บประจุและขดลวดเหนี่ยวนำที่เหมาะสม

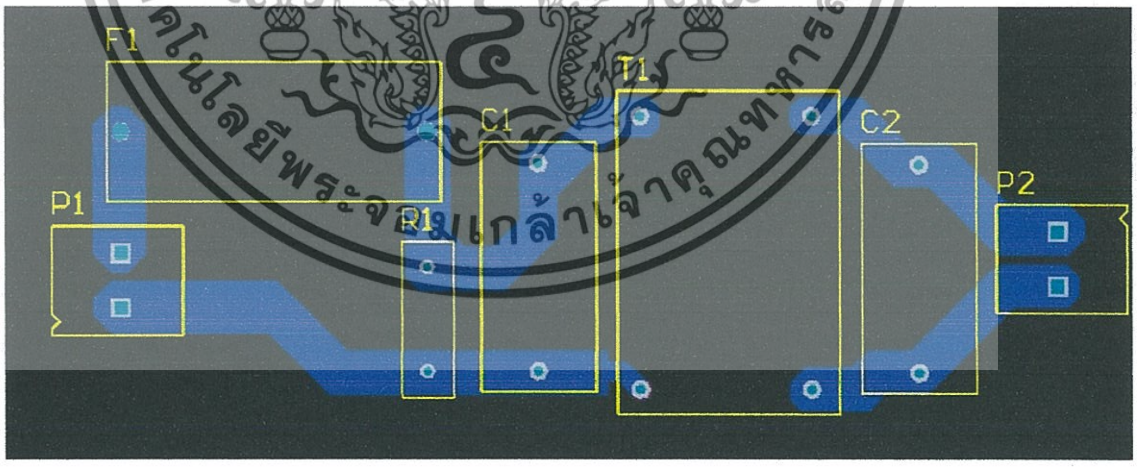
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงจรส่วน EMI Filter



รูปที่ 3.3 Schematic ของ Line filter



รูปที่ 3.4 ลายวงจรของ Line filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ

$$2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}} \tag{3.1}$$

กำหนดให้ $f = 50\ Hz, L=39mH$

$$2\pi(50) = \frac{1}{\sqrt{39x10^{-3} \cdot C}} \tag{3.2}$$

ดังนั้น จะได้ค่าตัวเก็บประจุ คือ

$C = 260\ uF$

โดยค่าตัวเก็บประจุเลือกที่มีจำหน่ายคือ *330nF* และ ความถี่สวิตชิ่งของ *TOP224-II* ที่ต้องการกำจัด อยู่ที่ *100kHz* ดังนั้น

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \tag{3.3}$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{39x10^{-3}x330x10^{-9}}}$$

$f = 1.4\ kHz$

3.4 การออกแบบวงจรกรองสัญญาณกระเพื่อม (Ripple filter)

3.4.1 การเลือกบริดจ์ไดโอด

$$V_p = Vac \cdot \sqrt{2} \tag{3.4}$$

ดังนั้น

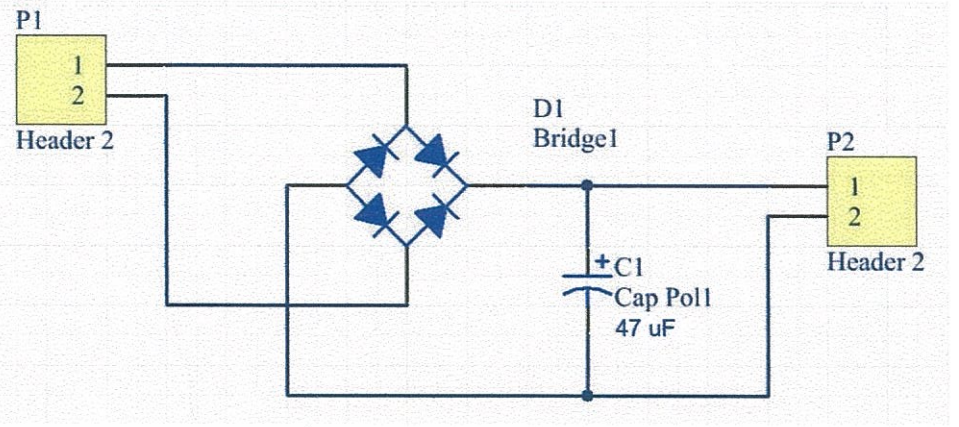
$$V_p = 220 \cdot \sqrt{2}$$

$$V_p = 311.12\ V$$

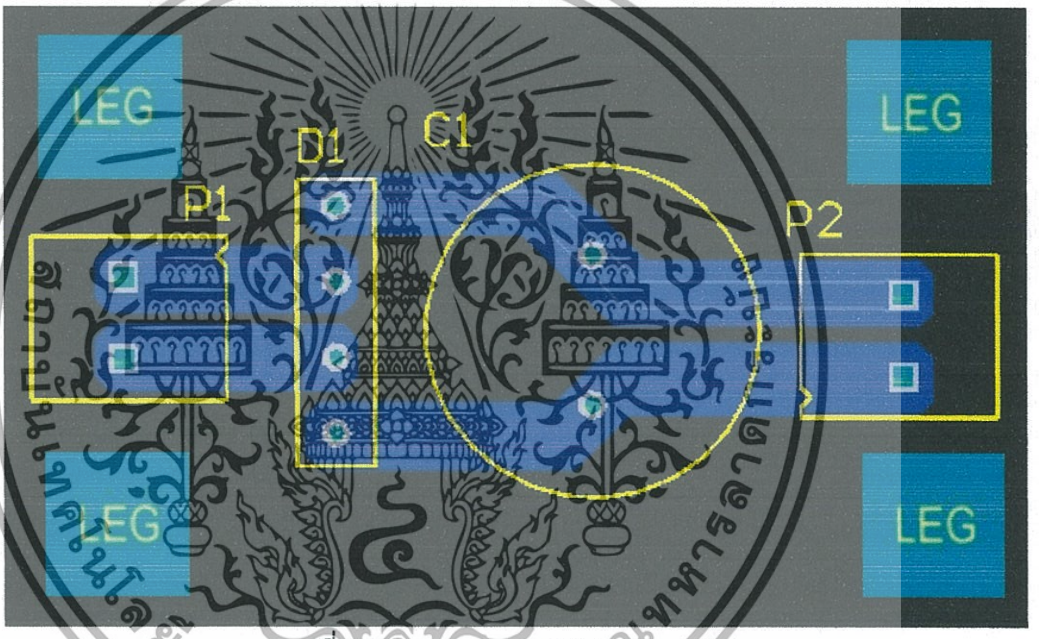
ซึ่งได้ 311.12 โวลต์ จึงเลือกอุปกรณ์บริดจ์ เบอร์ DBL106G โดยบริดจ์ไดโอดเบอร์นี้สามารถทนแรงดันย้อนกลับได้ 800 โวลต์

143937

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 Schematic ของ Bridge Rectifier



รูปที่ 3.6 ลายวงจรของ Bridge Rectifier

3.4.2 การหาค่าตัวเก็บประจุในวงจรเรียงกระแส

โดยในกรณีนี้ กำหนดให้% Ripple = 5%

$$\Delta V_{(V\,pp)} = \frac{2\sqrt{3}(\%\text{Ripple}\cdot V_{0(DC)})}{100} \qquad (3.5)$$

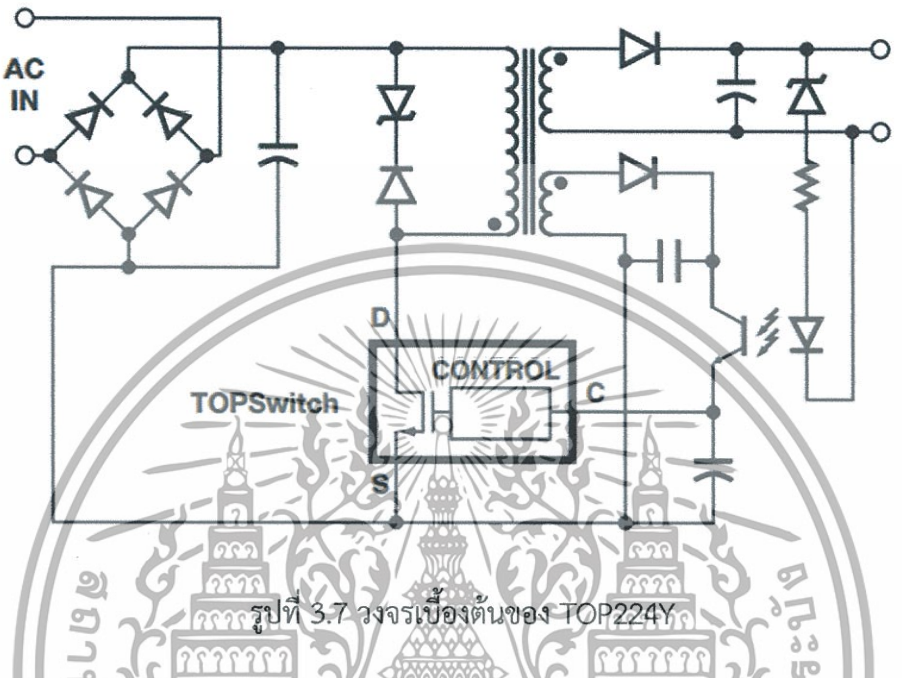
และ $$C \geq \frac{Io}{\Delta V \cdot F_R} \qquad (3.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

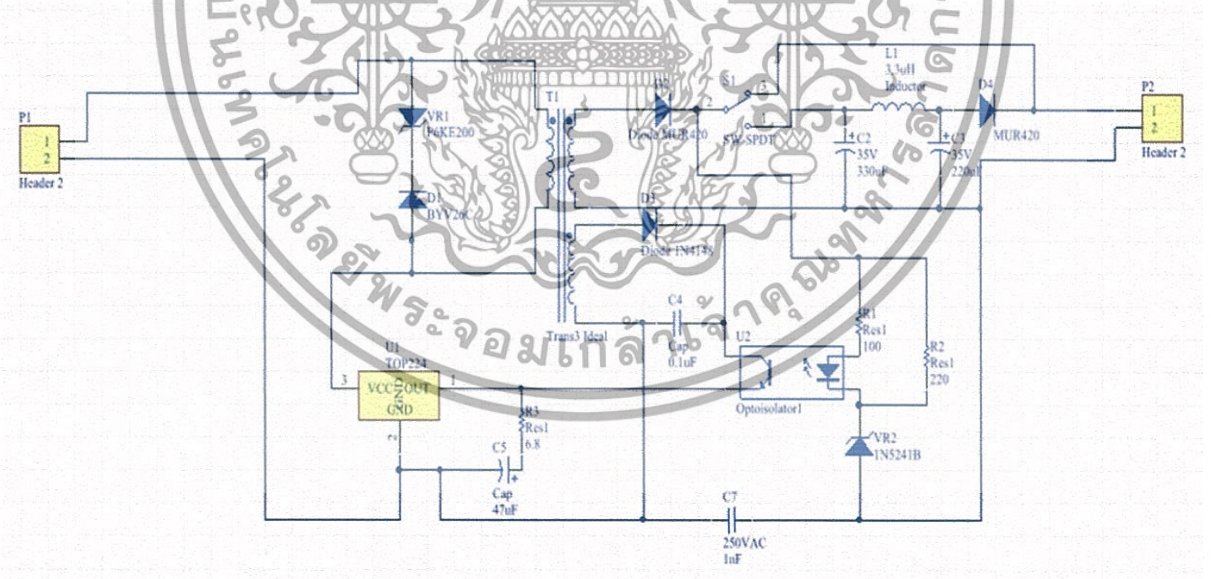
3.5 การออกแบบวงจรส่วน Offline Switching

3.5.1. ไอซีที่ใช้ในวงจรส่วนOffline Switching

เนื่องจากเราต้องการวงจรขับหลอดแอลอีดีขนาด 5 W จึงเลือกไอซีเบอร์ TOP224Y ซึ่งมีวงจรทั่วไปดังนี้

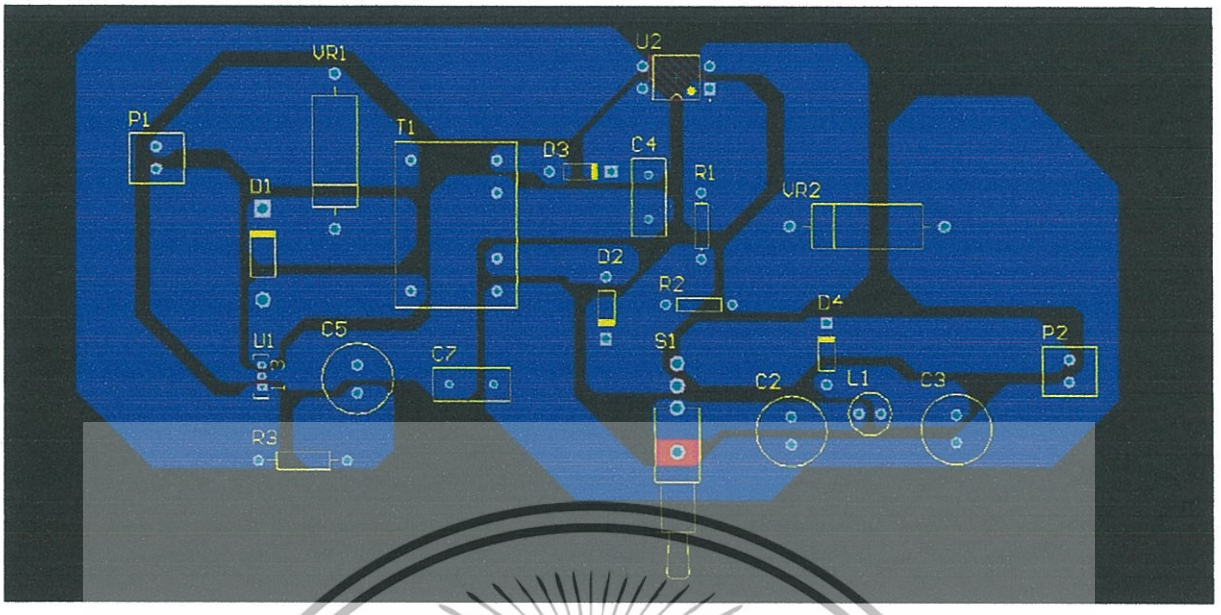


รูปที่ 3.7 วงจรเบื้องต้นของ TOP224Y



รูปที่ 3.8 Schematic ส่วน Offline Switching

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ลายวงจรของวงจรจ่ายกำลังโหมดกระแสแบบออฟไลน์

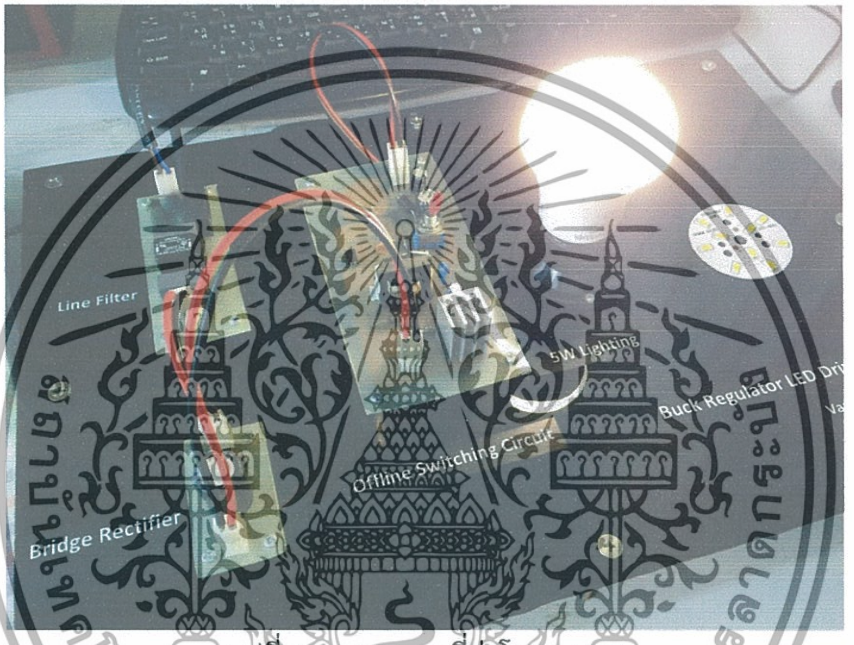
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของวงจร

ในส่วนของการทดสอบนี้ได้ทำการวัดค่าและบันทึกรูปสัญญาณต่างๆของวงจรซึ่งเป็นวงจรแบบ Offline switching ที่ใช้ขับ LED ขนาด 5W โดยทำการวัด Output ขณะที่ต่อโหลด LED และไม่ได้ต่อ Load LED (Open circuit voltage) โดยใช้ Oscilloscope

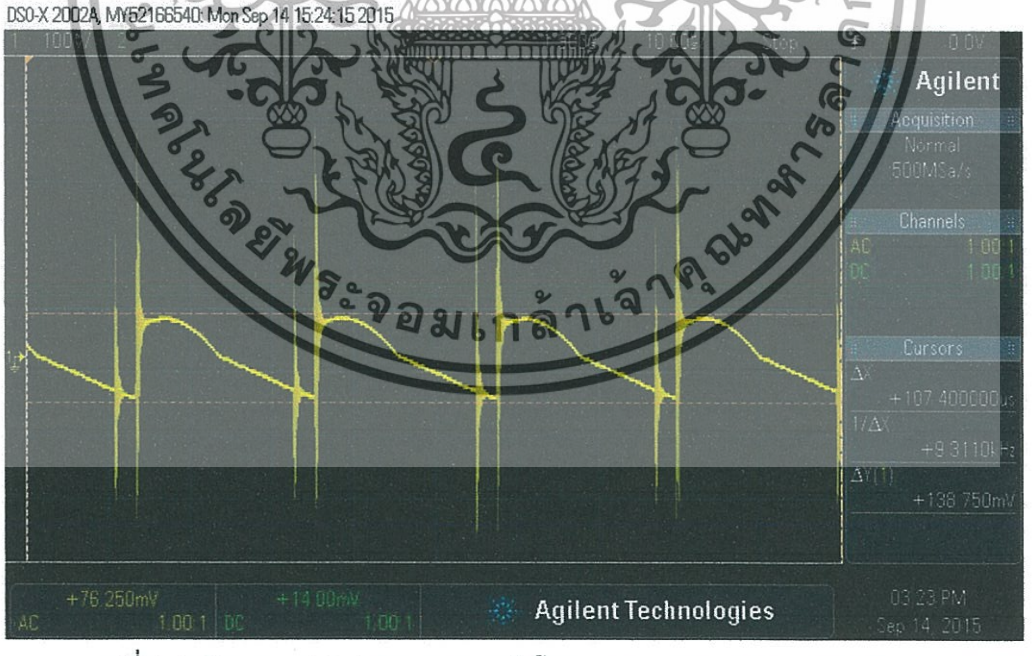


รูปที่ 4.1 วงจรขณะที่ต่อโหลด LED

รูปที่ 4.2 วงจรขณะที่ไม่ได้ต่อโหลด LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

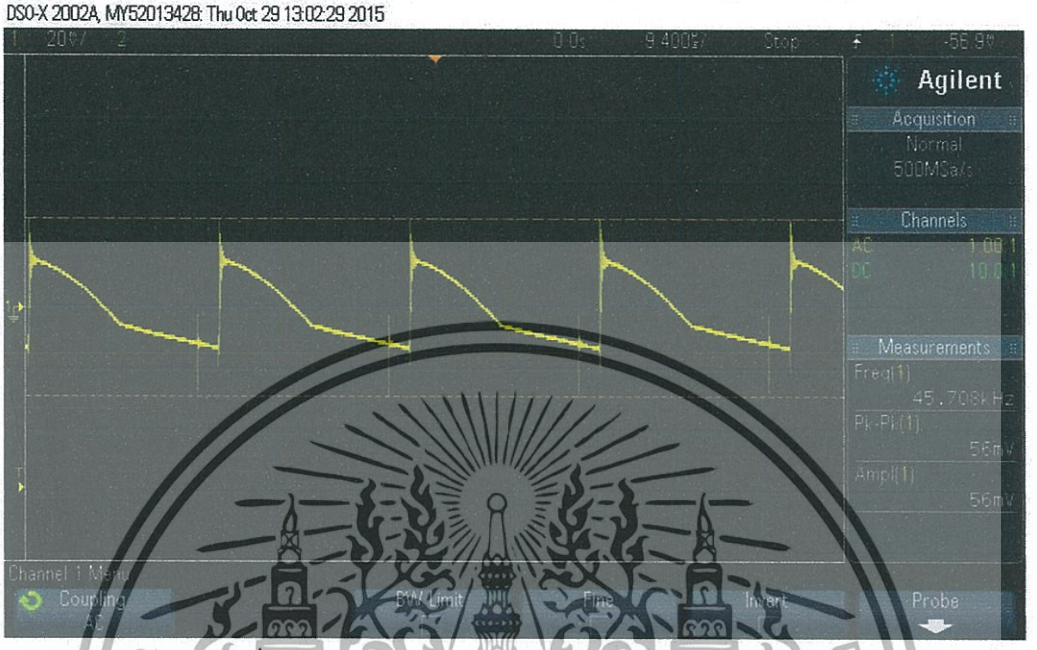
รูปที่ 4.3 สัญญาณ AC Output ขณะต่อโหลด LED 5W, f = 50.52 kH



รูปที่ 4.4 สัญญาณ AC Output ขณะต่อโหลด LED 5W, ΔV = 138.75 mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดสอบสัญญาณรบกวนในส่วนของสวิตชิ่งของวงจรขับหลอดแอลอีดีส่องสว่าง



รูปที่ 4.5 สัญญาณ Ripple AC ขณะต่อโหลด LED 5W

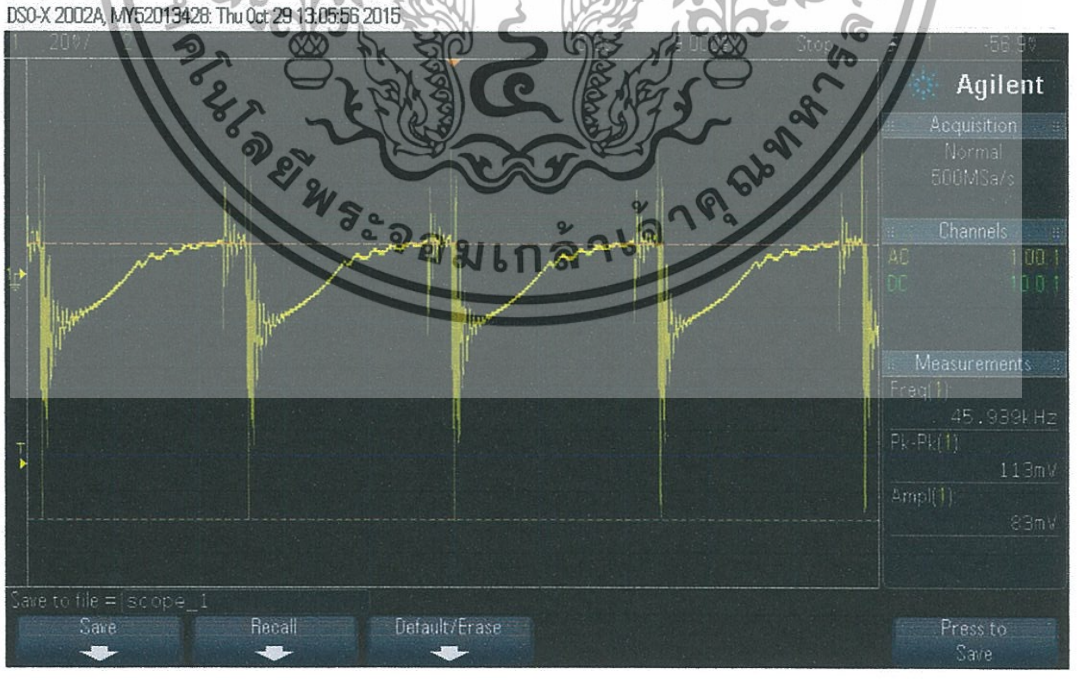
รูปที่ 4.6 สัญญาณฝั่งบวกของหม้อแปลงด้านปฐมภูมิขณะต่อโหลด LED 5W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 สัญญาณฝั่งกราวด์ของหม้อแปลงด้านทุติยภูมิขณะต่อโหลด LED 5W

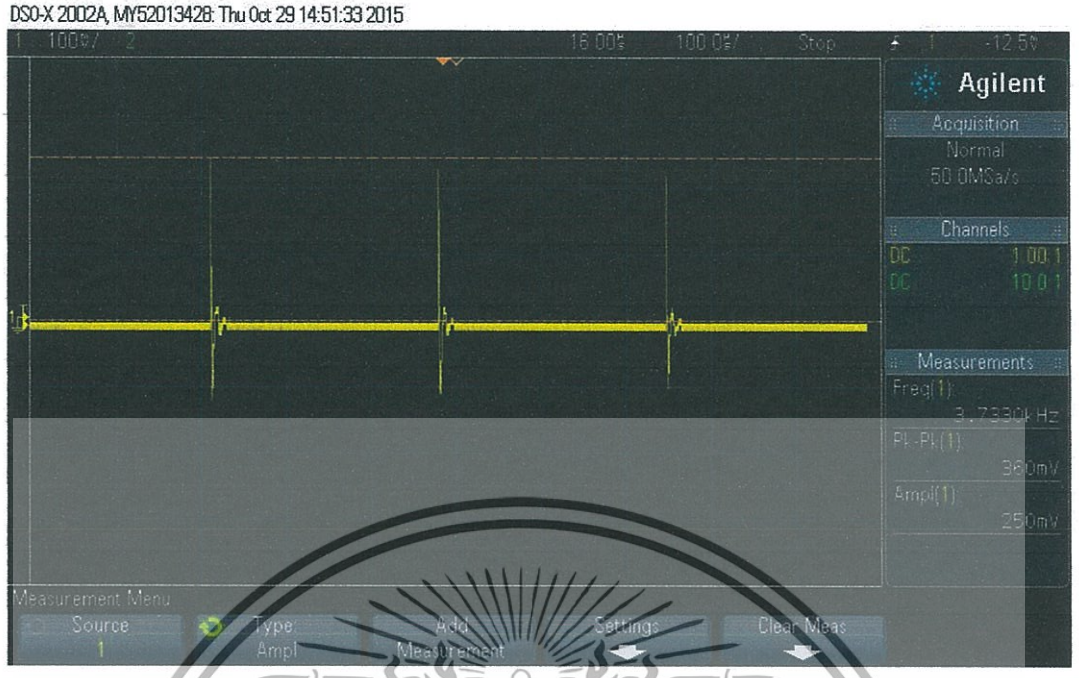
4.3 ผลการทดสอบวงจร EMI Filter

ซึ่งเมื่อใช้ Oscilloscope จับสัญญาณแล้วได้ดังนี้

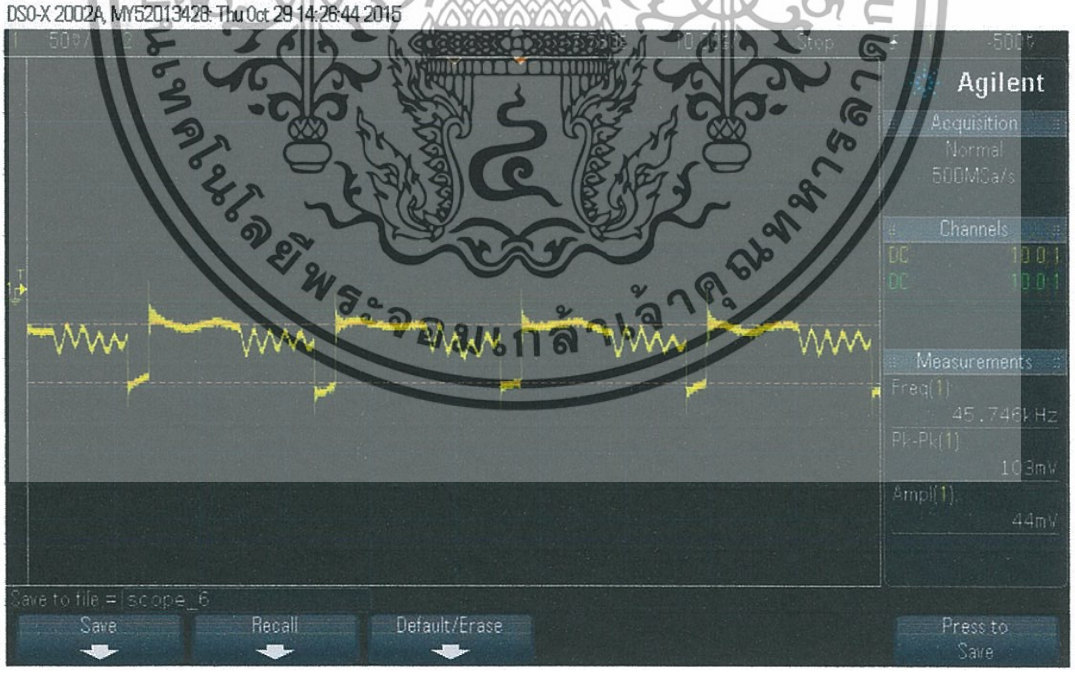


รูปที่ 4.8 สัญญาณ Ripple AC ขณะต่อโหลด LED 5W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



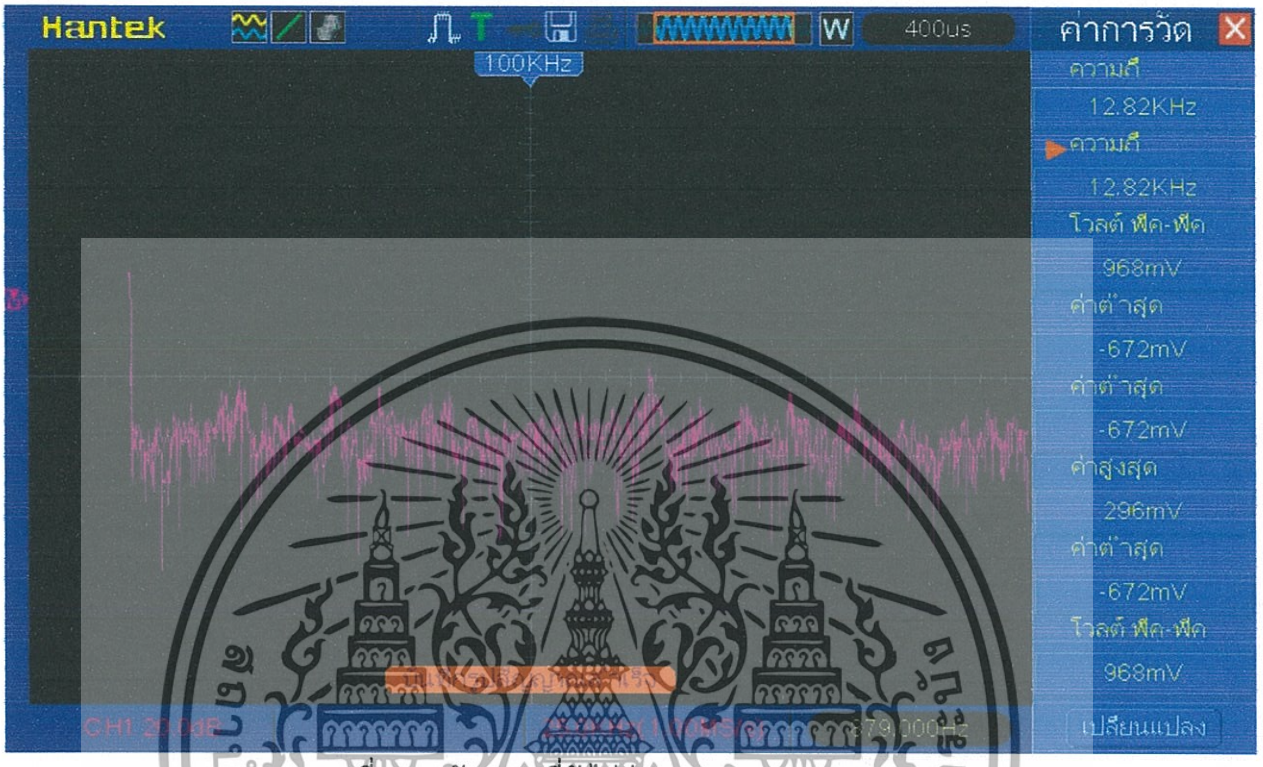
รูปที่ 4.9 สัญญาณฝั่งบวกของหม้อแปลงด้านปฐมภูมิขณะต่อโหลด LED 5W



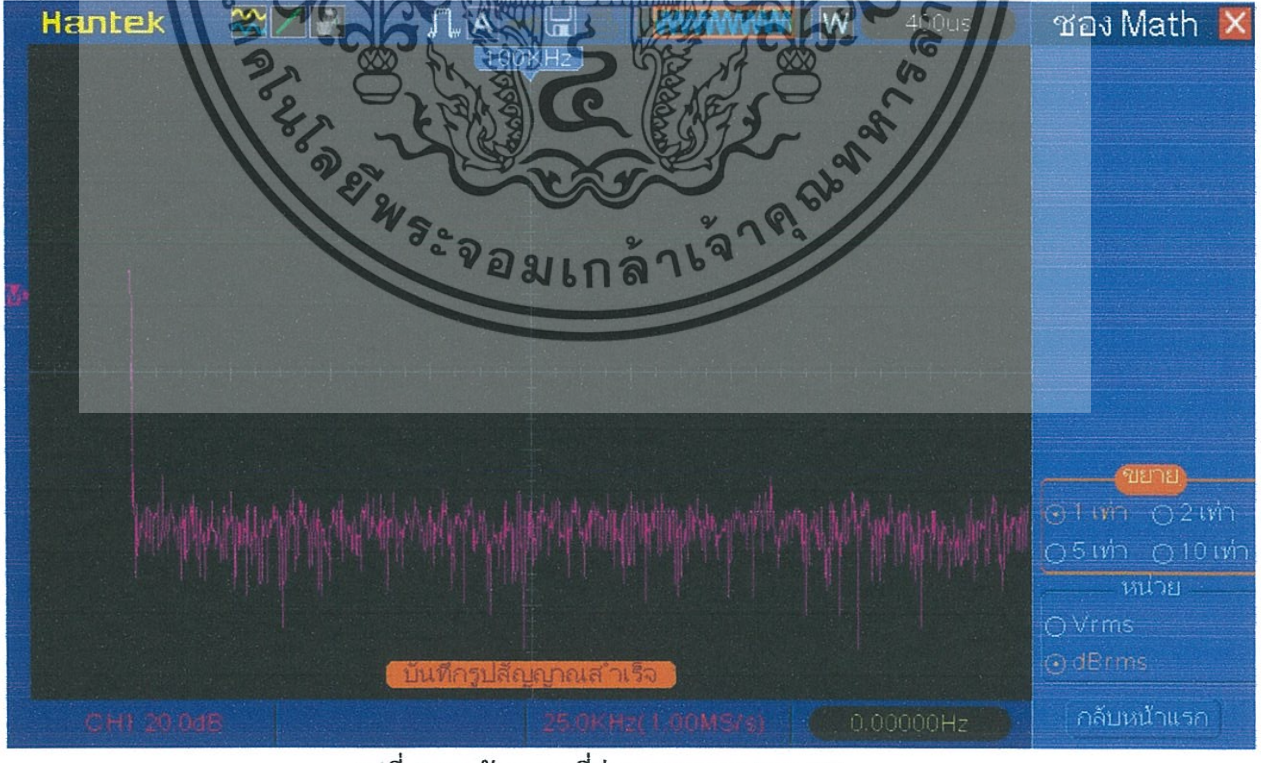
รูปที่ 4.10 สัญญาณฝั่งกราวด์ของหม้อแปลงด้านทุติยภูมิขณะต่อโหลด LED 5W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติเพิ่มเติมของวงจร

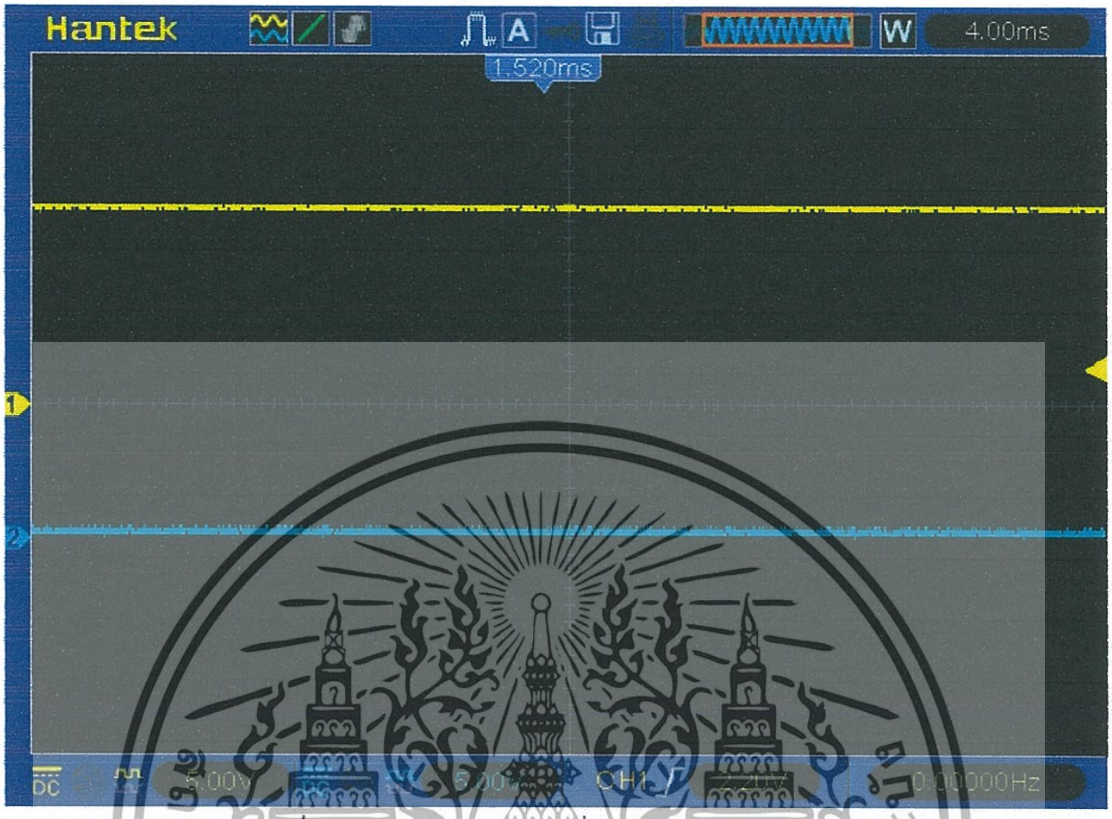


รูปที่ 4.11 สัญญาณที่ยังไม่ผ่านการกรอง EMI Filter

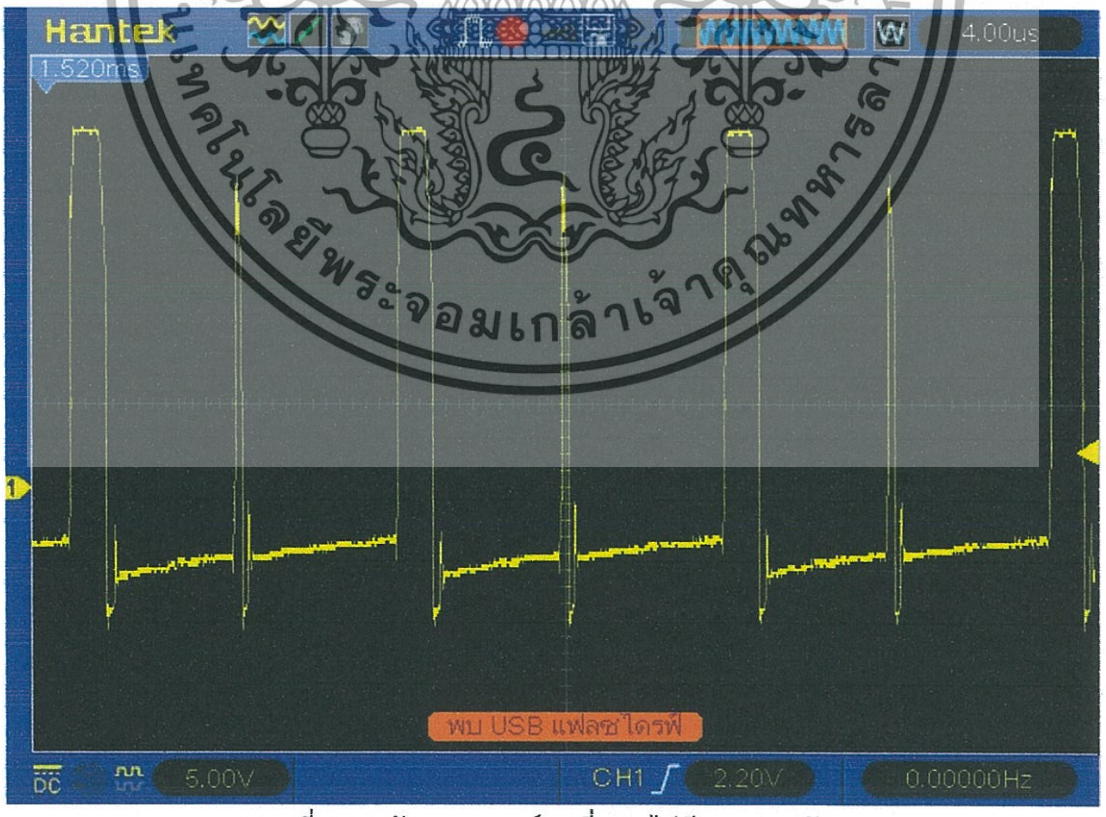


รูปที่ 4.12 สัญญาณที่ผ่านการกรอง EMI Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 สัญญาณเอาท์พุตที่วงจรมีการกรองสัญญาณ



รูปภาพที่ 4.14 สัญญาณเอาท์พุตที่วงจรไม่มีการกรองสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.15 ความสว่างของแสงขณะวงจรมีการกรองสัญญาณ

รูปที่ 4.16 ความสว่างของแสงขณะวงจรไม่มีการกรองสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดสอบวงจรกรองสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า พบว่ามีสัญญาณอื่นนอกเหนือจากที่มาจาก AC line จริงแต่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากสัญญาณวัดได้นั้นมีความถี่ไม่ใกล้เคียงความถี่สวิตชิ่ง จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าเป็นสัญญาณรบกวนจริงหรือไม่

ในส่วนของ Offline Switching Power Supply นั้นที่ Output สามารถเลือก Filter หรือ No Filter ได้ทำการทดลองวัดความสว่างและแรงดัน Output ผ่าน Filter สามารถจ่ายแรงดันขนาด 14V 350mA ซึ่งเหมาะสมกับโหลด LED ขนาด 5W และให้ความสว่างของ LED 5W ที่ 112 lux และ Output ไม่ผ่าน Filter จ่ายให้กับโหลด LED ขนาด 5W ได้ ให้ความสว่างของ LED 5W ที่ 129 lux ซึ่งไม่ผ่าน Filter จะให้ความสว่างมากกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะด้านแนวทางการพัฒนาวงจรสามารถทำได้โดย ลดขนาดหม้อแปลและอุปกรณ์หรือเปลี่ยนเป็นอุปกรณ์ประเภท Surface Mount ซึ่งมีขนาดเล็กและราคาถูกกว่า และออกแบบโดยรวมใหม่ให้มีขนาดเล็กลงขนาดที่สามารถใส่ลงไปใน LED Bulb Housing ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ศิริชัย คล่องการพานิช, **"เข้าใจไม่ยากกับการทำงานของสวิตชิ่งเรกูเลเตอร์"**, เซมิคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 160, มิถุนายน 2539

[2] สุวัฒน์ ดั่น, **"เทคนิคและการออกแบบสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย"**, เอนเทลไทย, มิถุนายน 2538

[3] วิสุทธิ์ อัศวนนทวงศ์, วารสารคอมพิวเตอร์ อีเลคทรอนิคส์เวิลด์ ฉบับที่ 137, 2535

[4] ค้นหาเมื่อ 19 กุมภาพันธ์ 2559 จาก
http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=TOP224

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้