สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# วงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง

# High Power LED Driver

โดย

นายฉัตรชัย วิเศษบัณฑิตกุล
นายฉัตรชัย ศรีจันทร์ดี
นายชนชลิต มณีสุขเกษม
นายชวิษฐ์ ชูมณี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

# วงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง
# High Power LED Driver

โดย

นายฉัตรชัย วิเศษบัณฑิตกุล
นายฉัตรชัย ศรีจันทร์ดี
นายชนชลิต มณีสุขเกษม
นายชวิษฐ์ ชูมณี

วศ.
ส ๒๓๑๑
๒๕๕๐

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 82995
วัน,เดือน,ปี 30 ก.ค. 2551

b 11958418
i.....

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.สุพัฒน์ กิดดิรัตน์สัจจา
ดร.สมภพ ผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง วงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง

ผู้จัดทำ

1. นายฉัตรชัย วิเศษบัณฑิตกุล
2. นายฉัตรชัย ศรีจันทร์ดี
3. นายชนชลิด มณีสุขเกษม
4. นายชวิษฐ์ ชูมณี

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัฒน์ กิดติรัตน์สัจจา )

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
( ดร.สมภพ ผลไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# วงจรขับหลอด LED กำลังสูง

นายฉัตรชัย วิเศษบัณฑิตกุล
นายฉัตรชัย ศรีจันทร์ดี
นายชนชลิต มณีสุขเกษม
นายชวิษฐ์ ชูมณี
ผศ.ดร.สุพัฒน์ กิตติรัตน์สัจจา อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.สมภพ ผลไม้ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2550

## บทคัดย่อ

หลอด LED LUXEON K2 เป็นนวัตกรรมที่เป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมต่างๆอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง ฟลักซ์ส่องสว่างมาก อีกทั้งยังช่วยประหยัดพลังงานได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ในปัจจุบันจึงเริ่มมีการนำหลอด LED กำลังสูงมาใช้ในด้านอุตสาหกรรมยานยนต์ ด้านการตกแต่งห้างร้าน ตัวอาคาร รวมไปถึงด้านการแพทย์อีกด้วย จากที่เห็นถึงความสามารถและประโยชน์อย่างมากของหลอด LED กำลังสูงรุ่นนี้แล้ว จึงจำเป็นที่จะต้องมีวงจรเฉพาะที่ใช้ในการทำงานร่วมกับหลอด ปริญญานิพนธ์นี้ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์ของหลอดประเภทนี้ จึงได้นำเสนอชุดวงจรขับหลอด LED LUXEON K2 อีกทั้งยังได้ทำการสร้างและปรับปรุงชุดขับหลอด ให้มีประสิทธิภาพในการใช้เทียบเท่าและเหมาะสมต่อการใช้งานจริง และยังคำนึงถึงราคาที่ถูกกว่าในท้องตลาดเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# THE DRIVE CIRCUIT FOR HIGH POWER LED

Chatchai Visetbunditkun
Chatchai Srijundee
Chonchalit Maneesukkasem
Chawit Chumanee
Asst.Prof.Dr. Supat Kittiratsatcha Advisor
Dr. Sompob Polmai Advisor
2007

## ABSTRACT

LED LUXEON K2 bulb is the innovation popular among various industries extensively because there is high efficiency. Flux is so bright and it can save energy well. At present we start to use high energy in vehicle industry, building and store decoration including medical profession part.

After realization for capability and benefit of this model high energy LED bulb, it needs to have specific circuit that can use with bulb. We realize there is important and benefit of this model bulb in this T-sit so we would like to present bulb circuit project "LED LUXEON K2" including creation and adjustment of this circuit, it can use the same and suitable in the real situation and the price is cheaper than market price a lot.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำโครงงานรู้สึกซาบซึ้งต่อความกรุณาและความปรารถนาดีที่ ผศ.ดร.สุพัฒน์ กิดดิรัดน์สัจจา และ ดร.สมภพ ผลไม้ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำต่างๆในการดำเนินงานเกี่ยวกับโครงงาน ตลอดจนอาจารย์ในภาควิชาที่ประสิทธิประสาทความรู้ให้กับผู้จัดทำในครั้งนี้ โดยหากปราศจากท่านโครงงานนี้ก็คงไม่สำเร็จลุล่วงไปได้

นอกจากนี้ผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ พี่ๆปริญญาโทในห้องปฏิบัติการ(Lab) ตลอดจนเจ้าหน้าที่ห้องธุรการที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเบิกใบเสร็จของโครงงาน และผู้จัดทำต้องขอบคุณเพื่อนร่วมห้องปฏิบัติการที่คอยช่วยเหลือ ถามไถ่ และให้กำลังใจ ตลอดเวลา

ท้ายที่สุดนี้ ผู้จัดทำต้องขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยเป็นห่วงเป็นใย คอยให้กำลังใจในการทำโครงงานนี้ ตลอดจนคอยส่งเสียเงินทองให้ผู้จัดทำเรียนหนังสือจนจบในครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อ..... I

ABSTRACT.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญรูป..... IV

สารบัญตาราง..... V

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน.....2

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....2

1.5 แผนการดำเนินโครงงาน.....3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....4

1.7 การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์.....4

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิวัฒนาการของหลอดไฟฟ้า..... 5

2.2 คุณสมบัติและข้อมูลทางเทคนิคของหลอด LED กำลังสูง

2.2.1 คุณสมบัติของหลอด LED กำลังสูง .....11

2.2.2 การประยุกต์ใช้งานของหลอด LEDกำลังสูง.....11

2.2.3 ข้อมูลการใช้งานของหลอดชนิดต่างๆ ที่ใช้ในงานด้านตกแต่ง..... 12

2.3 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรแปลงผันไฟฟ้า

กระแสตรงเป็นกระแสตรง..... 16

2.4 ทฤษฎีและหลักการของวงจรทอนระดับแรงดันหรือวงจรบั๊กคอนเวอร์เตอร์..... 17

2.4.1 หลักการทำงานของวงจรลดทอนระดับแรงดัน..... 17

2.4.2 การหาค่าอัตราขยายแรงดันของวงจรลดทอนระดับแรงดัน.....19

2.4.3 การหาค่าตัวเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดของวงจรลดทอนระดับแรงดัน..... 19

2.4.4 ค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก.....20

2.5 การควบคุม DC – DC Converter..... 21

2.5.1 การควบคุมวงจรแบบเปิด..... 21

2.5.2 การควบคุมวงจรแบบปิด..... 22

2.6 การทำงานของวงจรควบคุม.....22



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 วงจรควบคุมในโหมดกระแสต่อเนื่อง..... 22

บทที่ 3 การออกแบบ

3.1 การออกแบบวงจรขับโดยใช้วงจรลดทอนระดับแรงดัน..... 25

3.1.1 วงจรกำลัง.....25

3.1.2 วงจรควบคุม PWM..... 25

3.2 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆภายในวงจรลดทอนระดับแรงดัน.....27

3.3 การจำลองวงจรด้วยโปรแกรม PSCAD..... 31

3.4 การหาค่าพารามิเตอร์ของวงจรลดทอนระดับแรงดัน.....34

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วงจรขับหลอดแอลอีดีโดยใช้วงจรลดทอนระดับแรงดัน .....37

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 46

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 46

5.3 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเพิ่มเติม..... 46

ภาคผนวก..... 47

เอกสารอ้างอิง.....50

ประวัติผู้เขียน.....51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงลักษณะของหลอดไส้ ..... 5
2.2 แสดงลักษณะของหลอดฮาโลเจน..... 7
2.3 แสดงลักษณะของหลอดฟลูออเรสเซนซ์..... 8
2.4 แสดงลักษณะของหลอดแอลอีดี..... 10
2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Luminous flux กับ forward current สำหรับหลอดสีขาวและสีเขียว..... 14
2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Luminous flux กับ forward current สำหรับหลอดสีแดง..... 15
2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Forward current กับ Forward voltage สำหรับหลอดสีขาว และสีเขียว..... 15
2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Forward current กับ Forward voltage สำหรับหลอดสีแดง..... 15
2.9 แสดงรูปวงจรสมมูลของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง..... 16
2.10 แสดงการทำงานในโหมดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบต่อเนื่อง ..... 17
2.11 แสดงรูปวงจรลดทอนระดับแรงดันขณะสวิตช์นำกระแส..... 18
2.12 แสดงรูปวงจรบั๊คคอนเวอร์เตอร์ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส..... 19
2.13 แสดงสัญญาณในการสร้างพัลส์..... 21
2.14 แสดงสัญญาณควบคุมพัลส์วิดท์มอดูเลชั่น..... 21
2.15 โครงสร้างของคอนเวอร์เตอร์ที่ควบคุมด้วยโหมดกระแส..... 23
3.1 แสดงวงจรสมมูลของวงจรลดทอนระดับแรงดัน..... 25
3.2 แสดงวงจรภายในของไอซี IRS2541..... 26
3.3 แสดงวงจรลดทอนระดับแรงดันที่ใช้ในการออกแบบ..... 27
3.4 แสดงวงจรลดทอนระดับแรงดันแบบOpen loop..... 31
3.5 แสดงคลื่นกระแสขาออกแบบ Open loop..... 32
3.6 แสดงคลื่นกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบ Open loop..... 32
3.7 วงจรลดทอนระดับแรงดันแบบ Close loop..... 33
3.8 แสดงคลื่นกระแสขาออกแบบ Close loop..... 33
3.9 แสดงคลื่นกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบ Close loop..... 34
4.1 แสดงการต่อหลอด LED K2 อนุกรมกัน 6 หลอด..... 37
4.2 แสดงรูปวงจรลดทอนระดับแรงดันที่ใช้ในการทดลองจริง..... 38
4.3 แสดงลายPCBของวงจรลดทอนระดับแรงดัน..... 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 แสดงรูปสัญญาณขาHO ของไอซีเมื่อใช้Function Generator เป็น
สัญญาณป้อนกลับที่ความถี่ 50 kHz.....40
4.5 แสดงรูปสัญญาณขาHO ของไอซีเมื่อใช้Function Generator เป็น
สัญญาณป้อนกลับที่ความถี่ 60 kHz.....40
4.6 แสดงรูปสัญญาณขาHO ของไอซีเมื่อใช้Function Generator เป็น
สัญญาณป้อนกลับที่ความถี่ 70 kHz.....40
4.7 แสดงรูปแรงดันที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำและกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ
ที่แรงดันด้านเข้า50Vขณะขับนำกระแสด้านออกที่350mA.....41
4.8 แสดงรูปสัญญาณขับสวิตช์และกระแสที่ไหลผ่านโหลดที่แรงดันด้านเข้า50V
ขณะขับนำกระแสด้านออกที่350mA .....41
4.9 แสดงรูปแรงดันที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำและกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ
ที่แรงดันด้านเข้า130 V ขณะขับนำกระแสด้านออกที่350mA.....41
4.10 แสดงรูปสัญญาณขับสวิตช์และกระแสที่ไหลผ่านโหลดที่แรงดันด้านเข้า130V
ขณะขับนำกระแสด้านออกที่350mA ..... 41
4.11 แสดงรูปแรงดันที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำและกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ
ที่แรงดันด้านเข้า 220 V ขณะขับนำกระแสด้านออกที่350mA.....42
4.12 แสดงรูปสัญญาณขับสวิตช์และกระแสที่ไหลผ่านโหลดที่แรงดันด้านเข้า 220V
ขณะขับนำกระแสด้านออกที่350mA.....42
4.13 แสดงรูปแรงดันที่ตกคร่อมตัว เหนี่ยวนำและกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ
ที่แรงดัน ด้านเข้า 130V ขณะขับนำกระแสด้านออกที่1500mA..... 42
4.14 แสดงรูปสัญญาณขับสวิตช์และกระแสที่ไหลผ่านโหลด
ที่แรงดันด้านเข้า 130V ขณะขับนำกระแสด้านออกที่1500mA..... 42
4.15 แสดงรูปแรงดันที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำและกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ
ที่แรงดันด้านเข้า 220V ขณะขับนำกระแสด้านออกที่1500mA .....43
4.16 แสดงรูปสัญญาณขับสวิตช์และกระแสที่ไหลผ่านโหลด
ที่แรงดันด้านเข้า220V ขณะขับนำกระแสด้านออกที่1500mA .....43
4.17 แสดงสัญญาณขา EN และ HO เมื่อทำการ Dimming.....44
4.18 แสดงสัญญาณขา EN และ LO เมื่อทำการ Dimming.....44
4.19 แสดงสัญญาณขา EN, HO และขา LOเมื่อทำการ Dimming.....44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ข้อมูลแบบ ทางเทคนิคของหลอด LED K2แบบ
Absolute Maximum Rating สำหรับหลอดสีขาว..... 13

2.2 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของหลอด LED K2
แบบ Absolute Maximum Rating สำหรับหลอดสีแดง.....13

2.3 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของหลอด LED K2
แบบ Absolute Maximum Rating สำหรับหลอดสีเขียว..... 13

2.4 แสดงค่าFlux ของหลอดสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน สีขาว..... 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันหลอด LED กำลังสูง ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาอย่างรวดเร็ว โดยมีความสามารถเทียบเท่ากับหลอดฟลูออเรสเซนส์และหลอดฮาโลเจนไม่ว่าจะเป็นในด้านประสิทธิภาพ ฟลักส์ส่องสว่าง ไม่มีรังสีอัลตร้าไวโอเลต อายุการใช้งานยาวนาน มีความร้อนของลำแสงน้อยมาก และมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับหลอดชนิดอื่นๆ มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายทั้งในวงการแพทย์ ยานยนต์ โทรทัศน์ และคอมพิวเตอร์ ซึ่งหลอด LED กำลังสูงนั้นเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ช่วยประหยัดพลังงานได้เป็นอย่างดี ในต่างประเทศนิยมนำหลอด LED กำลังสูงมาใช้เพื่อลดการใช้พลังงาน นอกจากนี้ LED ยังมีสีสันที่สวยงาม สมจริงกว่าหลอดไฟชนิดอื่นๆ และ LED ได้ถูกพัฒนามาจนมีพิกัดที่สูงกว่าในอดีตมาก โดย LED Luxeon K2 เป็นนวัตกรรมใหม่ล่าสุดของบริษัท Phillips ซึ่งมีข้อดีดังนี้

1) ฟลักซ์ส่องสว่างมากกว่า 140 Lumens ที่อุณหภูมิสี 6500 K White
2) รับกระแสได้สูงถึง 1.5 A
3) มี Thermal resistance ต่ำสุดเพียง 9 °C/W

เนื่องจากหลอด LED Luxeon K2 รับกระแสได้สูงถึง 1.5A ซึ่งเป็นกระแสที่สูงกว่าหลอด LED กำลังสูงในรุ่นก่อนๆ พอสมควร การใช้งานหลอดรุ่นนี้จึงต้องมีชุดขับที่มีพิกัดกำลังที่สูงตามไปด้วยโดยในท้องตลาดจะมีราคาที่ค่อนข้างแพง ดังนั้นจึงต้องทำการสร้างชุดขับขึ้นมาใช้กับหลอด LED ชนิดนี้โดยใช้การลงทุนที่ต่ำกว่าในท้องตลาด จึงเป็นที่มาของโครงงานนี้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่อศึกษาให้เข้าใจถึงหลักการทำงานของหลอด LED กำลังสูง
2) เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรลดทอนระดับแรงดันทั้งการควบคุมแบบเปิดและการควบคุมแบบปิด (วงจรแบบป้อนกลับ)
3) เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรลดทอนระดับแรงดันในโหมดควบคุมกระแส
4) เพื่อออกแบบและสร้างชุดขับ AC/DC สำหรับ LED Luxeon K2 ให้มี การลงทุนที่ต่ำ และมีประสิทธิภาพในการใช้งานสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน**

สำหรับโครงงานนี้เราแบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ส่วน

*ส่วนที่ 1* ศึกษาเกี่ยวกับหลักการทำงานของวงจร Buck Converter เพื่อใช้สร้างแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า AC/DC สำหรับหลอด LED Luxeon K2

*ส่วนที่ 2* ทำการออกแบบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า AC/DC สำหรับ LED Luxeon K2

*ส่วนที่ 3* สร้างแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า AC/DC สำหรับขับหลอด LED Luxeon K2 โดยใช้วงจร Buck Converter

*ส่วนที่ 4* ทำการวิเคราะห์ผลและปรับปรุงแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า AC/DC สำหรับ ขับหลอดLED Luxeon K2 ให้มี การลงทุนที่ต่ำ และมีประสิทธิภาพในการใช้งานสูง

**1.4 ขั้นตอนและวิธีการที่ใช้ในโครงงาน**

1. ศึกษาชนิดและขอบเขตของการทำงานของหลอด LED กำลังสูง
2. ศึกษาข้อมูลวงจรลดทอนระดับแรงดัน อย่างละเอียด
3. ออกแบบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า AC/DC สำหรับ LED Luxeon K2 โดยใช้โปรแกรม PSCAD ในการ Simulation
4. ทำการสร้างแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า AC/DC สำหรับ LED Luxeon K2 โดยใช้วงจร Buck เป็น Converter ของแหล่งจ่าย
5. ทำการปรับปรุงแก้ไขแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า AC/DC สำหรับ LED Luxeon K2 ให้ได้ประสิทธิภาพดีขึ้นตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 ผังเวลาการทำโครงงาน

| หัวข้อ | มิ.ย. | | | | ก.ค | | | | ส.ค. | | | | ก.ย. | | | | ต.ค. | | | | พ.ย. | | | | ธ.ค. | | | | ม.ค. | | | | ก.พ. | | | | มี.ค. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 |
| ศึกษาข้อมูลของหลอดLED ที่ใช้ | ← | | | → | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ศึกษาทฤษฎีของวงจรBuck Converter | | | ← | | | → | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ศึกษาทฤษฎีของวงจรฟลายแบ็คคอนเวอเตอร์ | | | | | ← | | | → | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ศึกษาข้อมูลของไอซี เบอร์ IRS 2541 | | | | | | ← | | → | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| จัดทำรายงานความคืบหน้าโครงงาน | | | | | | | | | ← | → | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ออกแบบวงจรขับLED | | | | | | | | | | | ← | | | | → | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ศึกษาข้อมูลและจัดซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงาน | | | | | | | | | | | | | | | ← | → | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| เริ่มจัดทำชิ้นงานวงจรตามวงจรที่ออกแบบไว้ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ← | | | | | | | → | | | | | | | | | | |
| ปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรเพื่อให้มีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ← | | | | → | | | | | | |
| ตรวจสอบชิ้นงานก่อนนำเสนอ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ← | → | | | | | |
| จัดทำปริญญานิพนธ์ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ← | | | → | |

## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อนำเสนอ LED Luxeon K2 ซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่ ที่เน้นความสวยงามและประหยัดพลังงาน
2. มีความรู้และความเข้าใจในทฤษฎีของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า AC/DC สำหรับ LED Luxeon K2
3. มีความรู้และความเข้าใจในการออกแบบวงจรควบคุมกระแสขาออก
4. สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในด้านการออกแบบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า AC/DC สำหรับ LED Luxeon K2 หรือหลอดไฟชนิดอื่นๆ
5. สามารถสร้างแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า AC/DC สำหรับ LED Luxeon K2 ได้

## 1.7 การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์

แบ่งออกเป็น 5 บท ได้ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ ประกอบด้วย

- ความสำคัญและที่มาของปัญหา
- วัตถุประสงค์ของโครงงาน
- ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน
- ขั้นตอนและวิธีการดำเนินโครงงาน
- ผังเวลาการดำเนินงาน

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย

- ข้อมูลวิวัฒนาการของหลอดไฟฟ้าและข้อดีข้อเสียของหลอดประเภทต่างๆ
- ข้อมูลเกี่ยวกับหลอดแอลอีดีกำลังสูง
- ทฤษฎีและหลักการของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง
- ทฤษฎีและหลักการของวงจรทอนระดับแรงดันหรือวงจรลดทอนระดับแรงดัน
- การควบคุม DC-DC Converter

บทที่ 3 การออกแบบ ประกอบด้วย

- การออกแบบวงจรลดทอนระดับแรงดัน โดยใช้โปรแกรม PSCAD ในการ simulation
- การคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในวงจรลดทอนระดับแรงดัน

บทที่ 4 การทดลอง และ ผลการทดลอง

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและ วิจารณ์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 วิวัฒนาการของหลอดไฟฟ้า

จากอดีตมาจนถึงปัจจุบันได้มีการนำหลอดไฟมาใช้เพื่อช่วยให้เกิดแสงสว่างเพื่อใช้ในการมองเห็นซึ่งเป็นที่จำเป็นอย่างยิ่งและจากที่ผ่านมาหลอดไฟที่พบเห็นได้ถูกพัฒนาขึ้นมาอย่างรวดเร็วเป็นลำดับเพื่อที่จะสามารถนำมาใช้งานได้อย่างเหมาะสมตามงานนั้นๆ โดยหลอดแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่ต่างกัน เช่นฟลักซ์ส่องสว่าง อายุการใช้งาน ความร้อนของหลอด ค่าพลังงานความสูญเสีย แรงดันไฟฟ้าและกระแสที่ใช้งานต่างกัน และราคาเป็นต้น โดยที่พบเห็นหลอดไฟฟ้าที่ถูกใช้งานในปัจจุบันมีหลากหลายชนิด เช่น หลอดเผาไส้ หลอดฮาโลเจน หลอดฟลูออเรสเซนต์ และหลอด LED เป็นต้น

**คุณสมบัติของหลอดไฟแต่ละชนิด**

**1. หลอดไส้**

แสงจากหลอดไส้จะมีความใกล้เคียงกับแสงจากดวงอาทิตย์มาก เพราะกำเนิดแสงมาจากวัตถุที่ร้อนแดงเช่นกัน หลอดไส้เป็นหลอดไฟรุ่นแรกที่มีในโลก และยังมีใช้ในปัจจุบัน มีข้อดีข้อเสีย ดังนี้

**ข้อดี**

- ให้แสงที่มีความถูกต้องของสีสูง
- สามารถทำงานได้ทันที
- สามารถหรี่แสงได้ง่าย
- ไม่กำเนิดคลื่นรบกวน

**ข้อเสีย**

- กินไฟสูง (ค่าไฟไม่คุ้มกับราคาหลอดที่ถูกมากๆ)
- อายุการใช้งานสั้น (500-2000 ชั่วโมง)
- เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน
- ประสิทธิภาพทางแสงต่ำ

**รูปที่ 2.1** แสดงลักษณะของหลอดไส้

**2. หลอดทังสเตน ฮาโลเจน**

เป็นหลอดไส้ที่พัฒนาต่อมาจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ บางครั้งเรียกว่าหลอดฮาโลเจน เพราะภายในกระเปาะหลอดจะบรรจุธาตุตระกูลฮาโลเจนไว้ภายใน ในหลอดอินแคนเดสเซนต์นั้น เมื่อไส้หลอดร้อนแดงและเกิดการระเหิดออกไปเกาะที่ผิวแก้ว ทำให้กระเปาะแก้วมีสีดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(เรียกว่า Blackening Effect) และไส้หลอดบางลง จนขาดในที่สุด เมื่อหลอดฮาโลเจนถูกพัฒนาขึ้น ไส้หลอดซึ่งทำด้วยโลหะทังสเตนที่ร้อนจนระเหิดขึ้นไป จะรวมตัวกับก๊าซฮาโลเจนกลายเป็นสารประกอบทังสเตน-ฮาโลเจน และกลับมาเกาะที่ไส้หลอดใหม่ ทำให้หลอดมีอายุการใช้งานนานขึ้น เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Halogen Regenerative Cycle

หลอดฮาโลเจนบางรุ่น จะเคลือบ Dichroic Film ที่แผ่นสะท้อนแสง ทำให้รังสีความร้อน (Infrared Ray) ประมาณ 60% ผ่านทะลุ Dichroic Film ออกไปด้านหลังหลอดไม่ออกมากับลำแสงด้วย บางครั้งจึงเรียกกันว่าลำแสงเย็น (Cool Beam) เหมาะสำหรับใช้ส่องวัตถุที่ไวต่อความร้อน เช่น ผลไม้ อาหาร หรืองานศิลปะ ที่ความร้อนจากลำแสงสามารถทำให้สีของวัตถุซีดจางได้ อย่างไรก็ตาม การเลือกโคมที่ใช้กับหลอดชนิดนี้จะต้องพิจารณาถึงการระบายความร้อนออกด้านหลังโคมด้วย หลอดฮาโลเจนบางรุ่นจะใช้กับไฟแรงต่ำ 12 โวลต์ หรือ 24 โวลต์ หลอดพวกนี้จะมีไส้หลอดหนาแต่สั้นเพื่อทนกระแสได้สูงขึ้น การที่ไส้หลอดสั้นนี้จะทำให้ต้นกำเนิดแสงมีลักษณะใกล้จะเป็นจุด เป็นผลให้การควบคุมลำแสงทำได้ง่าย และบางครั้งจะติดแผ่นสะท้อนแสงไว้ด้านหลังช่วยในการควบคุมลำแสง หลอดแบบนี้จะระบุมุมของลำแสงต่าง ๆ กันให้เลือกใช้ให้เหมาะกับสภาพการใช้งาน เช่น 12°,24°,38° และ 60° หลอดฮาโลเจนแรงดันต่ำนี้ จะต้องใช้หม้อแปลงในการแปลงแรงดันลงมาให้เหมาะสมกับหลอด ซึ่งในการคิดขนาดโหลดของหลอดชนิดนี้ จะต้องคิดรวมกำลังสูญเสียของหม้อแปลงด้วย

**ข้อดี**

- ความถูกต้องของสีสูง มักใช้ส่องสินค้าในตู้โชว์ งานศิลปะ ซึ่งจะให้สีที่ถูกต้อง
- อายุการใช้งานยาวกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ (ประมาณ 2,000 - 5,000 ชั่วโมงขึ้นอยู่กับรุ่นและชนิด)
- มี Lumen Output ค่อนข้างคงที่ตลอดการใช้งาน เนื่องจากปรากฏการณ์ Halogen Regenerative Cycleที่ทำให้ไส้หลอดมีอายุยาวนานและไม่เกิดคราบดำจับที่ผิวหลอด
- สามารถทำงานได้ทันที
- สามารถหรี่แสงได้ง่าย
- แสงเป็นประกายสวยงาม

**ข้อเสีย**

- ไม่ประหยัดไฟ
- LV. Halogen ต้องใช้หม้อแปลงร่วมด้วย ซึ่งหากหม้อแปลงไม่ดีอาจส่งเสียงรบกวนได้โดยเฉพาะขณะทำการหรี่ไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 2.2** แสดงลักษณะของหลอดฮาโลเจน

**3. หลอดฟลูออเรสเซนซ์**

หลอดฟลูออเรสเซนซ์ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ให้แสงสว่าง มีลักษณะเป็นหลอดแก้วรูปทรงกระบอก เป็นหลอดตรง หรือดัดโค้งเป็นรูปอื่นๆ เปล่งแสงออกมาจากสารฟลูออเรสเซนต์ที่เคลือบอยู่บนผิวภายในของหลอด เนื่องจากถูกกระตุ้น โดยรังสีอุลตราไวโอเลตไปกระทบกับสารเรืองแสงที่เคลือบไว้ที่ผิวด้านในของหลอด ทำให้เปล่งแสงสว่างออกมาได้

**หลอดฟลูออเรสเซนซ์ตามมาตรฐาน**

หลอดฟลูออเรสเซนซ์ที่ได้มาตรฐานมีลักษณะการจุดหลอดก่อนการบ่มคือ หลอดที่ต้องใช้สตาร์ตเตอร์ ต้องถูกจุดและติดสว่างอย่างสมบูรณ์ภายใน 1 นาที และสว่างอย่างคงที่ หลอดที่ไม่ต้องใช้สตาร์ตเตอร์ต้องถูกจุด และติดสว่างอย่างสมบูรณ์ภายในเวลา 10 วินาที และสว่างอย่างคงที่แต่ละหลอดมีอายุการใช้งานที่กำหนดมากกว่า 10,000 ชั่วโมงโดยในปัจจุบันได้มีการผลิตหลอดผอมออกมาจำหน่าย ซึ่งประหยัดไฟได้มากกว่าและมีอายุการใช้งานยาวนาน

**หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่**

- หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดตรง (Straight Fluorescent Lamp)
- หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดวงกลม (Circular Fluorescent Lamp)
- หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์ (Compact Fluorescent Lamp)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 2.3** แสดงลักษณะของหลอดฟลูออเรสเซนซ์

**ข้อดีของหลอดฟลูออเรสเซนซ์**

1. อายุการใช้งานสูง

2. ให้ฟลักซ์การส่องสว่างสูงกว่าหลอดไฟฟ้า กล่าวคือหลอดฟลูออเรสเซนซ์ขนาด 40 วัตต์ และให้ฟลักซ์การส่องสว่างประมาณ 4 เท่า ของหลอดไฟฟ้าขนาด60 วัตต์เมื่อเปรียบเทียบระหว่างหลอดฟลูออเรสเซนซ์กับหลอดไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าหลอดไฟฟ้ามีราคาถูกว่าหลอดฟลูออเรสเซนซ์ แต่เมื่อคำนึงถึงผลจากอายุการใช้งานและฟลักซ์การส่องสว่างที่ได้จากขนาดกำลังไฟฟ้าเท่ากันในระยะเวลานานหลอดฟลูออเรสเซนซ์จะให้ผลคุ้มค่ากว่าหลอดไฟฟ้า และนับว่าเป็นการช่วยชาติประหยัดพลังงานอีกด้วย

**ข้อเสียของหลอดฟลูออเรสเซนต์**

หลอดฟลูออเรสเซนต์เมื่อหมดอายุการใช้งานแล้ว ถือเป็นของเสียอันตราย เนื่องจากมีสารปรอทเป็นองค์ประกอบ ซึ่งสารปรอทเป็นโลหะหนักที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ สามารถระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย และแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นาน ซึ่งสารปรอทจากซากหลอดฟลูออเรสเซนต์สามารถส่งผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์ได้โดยวิธีการต่อไปนี้

1. เมื่อเกิดการแตกหัก ไอปรอทที่บรรจุอยู่ภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์ จะระเหยออกสู่สิ่งแวดล้อม และเข้าสู่ร่างกายได้โดยการหายใจ

2. หากทิ้งรวมไปกับขยะมูลฝอยทั่วไป ซากหลอดฟลูออเรสเซนต์มักถูกบดอัดรวมไปใน รถเก็บขนขยะ ส่งผลให้ไอปรอทแพร่กระจาย ออกสู่สิ่งแวดล้อม เป็นอันตรายต่อพนักงานเก็บขนขยะ และผู้ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง จากนั้นซากหลอดฟลูออเรสเซนต์จะถูกนำไปฝังกลบแบบไม่มีการป้องกันที่ถูกต้อง เมื่อฝนตก น้ำฝนที่ชะผ่านกองซากที่เป็นของเสียอันตราย จะทำให้สารพิษไหลปนเปื้อนเข้าสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และดูดซึมเข้าสู่สัตว์น้ำและพืชผัก เมื่อคนรับประทานสัตว์น้ำหรือพืชผักที่ปนเปื้อนสารพิษ ก็จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4. หลอด LED (Light Emitting Diode)**

ไดโอดเปล่งแสง หรือเราเรียกย่อๆ ว่า LED (Light Emitting Diode) เป็นอุปกรณ์ที่ให้แสงสว่าง เมื่อนำมาเชื่อมต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า ไดโอดมีหลายชนิด เช่น โฟโต้ไดโอด (Photo Diode) ทันเนลไดโอด (Tunnel Diode) ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode) และ LED เป็นไดโอดที่สามารถเปล่งแสงออกมาได้ ซึ่งแสงที่เปล่งออกมา ประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียวและเฟสต่อเนื่องกัน แตกต่างจากแสงธรรมดาที่ตาคนมองเห็น อันประกอบด้วย คลื่นซึ่งมีเฟสและความถี่ต่าง ๆ กันมารวมกัน ส่วนมากนิยมนำ LED มาทำตัวบ่งบอกสัญญาณปิด-เปิด ในอุปกรณ์ไฟฟ้า สัญญาณไฟจราจร อุปกรณ์ส่องสว่างแบบต่างๆ ต้นกำเนิดแสงให้กับจอภาพ แป้นตัวเลขของโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น โครงสร้างของ LED ถูกหุ้มด้วยเลนส์ที่ทำจากอีพ็อกซีสีใดสีหนึ่งเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิด กับตัวชิบกึ่งตัวนำ (semi-conductor chip) ที่อยู่ภายใน และเป็นส่วนที่กรองช่วงความยาวคลื่นแสงที่ต้องการออกมา การเปล่งแสงของ LED เกิดขึ้นจากการแผ่รังสีพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากชิปกึ่งตัวนำ ซึ่งจะให้แสงสีที่แตกต่าง กันไปตามวัสดุที่ใช้ทำชิป โดยทั่วไปมักเป็นสารประกอบของธาตุแกลเลียม อาร์เซนิค และฟอสฟอรัส การนำ LED มาทำหลอดไฟนั้น จำเป็นต้องมีกรรมวิธีสร้างแสงสีขาวซึ่งอาจจะใช้วิธีรวมแสงจากหลอดไฟ LED หลายๆ ดวงเข้า ด้วยกัน หรือการใช้ฟอสฟอรัสฉาบภายในเลนส์รวมแสงอีพ็อกซี ซึ่งจะทำให้เกิดแสงสีขาวนวล เช่นเดียวกับ หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอด LED มีแนวโน้มว่าจะถูกนำมาแทนที่หลอดไส้ที่เราใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เพราะมีอายุ การใช้งานที่ยาวนานและสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ

**ประเภทของหลอด LED**

1. ROUND SUPERBRIGHT LED

คุณสมบัติเฉพาะ

- เป็นหลอด LED ที่มีความสว่างมากกว่า LED ธรรมดา สว่างประมาณ 400 mcd
- เป็นหลอดแบบวงกลม มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม.
- เปล่งแสงเป็นแสงสีแดง
- มีมุมมองของแสง 40 องศา

2. OVAL SUPERBRIGHT LED

คุณสมบัติเฉพาะ

- เป็นหลอด LED ที่มีความสว่างพิเศษมากกว่า LED ธรรมดา สว่างประมาณ 750 mcd (มิลลิแคนเดลลา)
- เป็นหลอดแบบวงรี มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.7 มม. (ส่วนที่กว้างมากที่สุด)
- เปล่งแสงเป็นแสงสีส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. DOT MATRIX LED แบบ 3 สี

คุณสมบัติเฉพาะ

- เป็นหลอด LED ที่มีความสว่างน้อย ประมาณ 20 mcd (มิลลิแคนเดลลา)

เป็นหลอด LED ขนาด 8 จุด X 8 จุด ใน 1 ก้อน มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. และมีระยะห่าง ระหว่างดวงไฟ 7.62 มม.

- เปล่งแสงได้ 3 สี ได้แก่ สีแดง, สีเขียว และสีส้ม
- มีมุมมองของแสงมากกว่า 120 องศา

4. CLUSTER LED

คุณสมบัติเฉพาะ

เป็นหลอดแบบกันน้ำได้ โดยทำด้วยวัสดุพลาสติกสีดำ แบบสี่เหลี่ยม มีหมวก (CAP) สำหรับกันแสงอยู่ข้างบนและภายในห่อด้วยสารห่อหุ้ม LED ที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นได้, มีสีดำ และไม่ดิดไฟ ภายใน CLUSTER LED ใช้ LED แบบ OVAL SUPERBRIGHT LED

**ข้อดี**

1. ประหยัดพลังงานกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ 10-15 เท่า
2. หลอดไฟชนิดนี้ไม่มีไส้ อายุการใช้งานจึงนานถึง 1 แสนชั่วโมง ถือว่าสูงกว่าหลอดธรรมดา
3. ไม่ใช้บัลลาส
4. การปลดปล่อยความร้อนออกมาน้อยกว่าหลอดธรรมดา
5. แสงที่ออกมามีลักษณะเป็นรูปโคม ไม่กระจายรอบทิศทาง

**รูปที่ 2.4** แสดงลักษณะของหลอดแอลอีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่เห็นวิวัฒนาการของหลอดชนิดต่าง ๆจะเห็นได้ว่าหลอดLEDกำลังสูงนั้นเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานด่าง ๆได้อย่างมีประสิทธิภาพเพราะรูปร่างที่มีขนาดเล็กกระทัดรัดและมีประสิทธิภาพเหนือกว่าหลอดชนิดอื่น ๆจึงเป็นที่มาของการนำเสนอคุณสมบัติของหลอดLED กำลังสูง

**2.2 คุณสมบัติและข้อมูลทางเทคนิคของหลอด LED กำลังสูง**

จากที่ได้กล่าวมาในตอนต้นแล้วว่าหลอดLEDมีประสิทธิภาพและการประหยัดพลังงานที่สูงจึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในอนาคตอันใกล้ อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านด่าง ๆได้อีกมากมาย โดยเฉพาะหลอดLEDจะมีสีสันที่หลากหลายสวยงามสามารถนำไปประดับตกแต่งเพื่อเพิ่มความสวยงามได้

**2.2.1 คุณสมบัติของหลอด LED กำลังสูง**

1. มีฟลักซ์ส่องสว่างสูงกว่าหลอด LED ทั่วไป
2. มีอายุการใช้งานของหลอดโดยเฉลี่ยประมาณ 100,000 ชั่วโมง (11.41 ปี) โดยใช้งานวันละ 24 ชั่วโมง
3. มีประสิทธิภาพของพลังงานมากกว่าหลอดไส้ และหลอดฮาโลเจน
4. ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงต่ำในการทำงาน
5. ลำแสงที่ออกมาจากหลอด LED กำลังสูงจะเย็นไม่ร้อนเหมือนหลอดไส้ และหลอดฮาโลเจน
6. ไม่มีรังสีอัลตร้าไวโอเลต
7. มีให้เลือกหลายสี เช่น สีแดง เขียว น้ำเงิน อำพัน ขาว เป็นต้น
8. สามารถนำไปใช้งานในงานด้านด่าง ๆได้อีกมากมายตามต้องการ

**2.2.2 การประยุกต์ใช้งานของหลอด LED กำลังสูง**

1. ทางด้านการแพทย์มีการนำหลอด LED กำลังสูงมาใช้ทำไฟส่องในการผ่าตัด
2. ทางด้านยานยนต์มีการนำหลอด LED กำลังสูงมาใช้แทนหลอดธรรมดาซึ่งจะให้ความสว่างมากกว่าและมีความสวยงามมากกว่าหลอดทั่ว ๆไป
3. ทางด้านการตกแต่งภายนอกและภายในอาคาร สถานที่ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความสวยงาม
4. หลอดไฟใช้งานทั่ว ๆไป
5. จอ LED และป้ายแสดงข้อความต่าง ๆ
6. หลอดไฟจราจร ไฟตามทางรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.2.3 ข้อมูลการใช้งานของหลอดชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในงานด้านตกแต่ง**

หลอดอินแคนเดสเซนต์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มหลอดไส้และกลุ่มหลอดทังสเตนฮาโลเจน โดยหลอดไส้จะมีลักษณะเด่นในการให้แสงสีเหลืองอมส้ม สีของวัสดุภายใต้แสงจะไม่ผิดเพี้ยนจากสีจริง วัตถุที่มีสีเหลืองหรือสีแดงจะถูกขับให้เด่นมากขึ้นเมื่อใช้แสงจากหลอดชนิดนี้ เช่น ไม้ธรรมชาติสีน้ำตาลอมแดงในบ้านไม้โบราณ ช่วยขับสีสันของอาหารให้น่ารับประทานมากขึ้น เหมาะสำหรับการให้แสง ใช้เพื่อการจัดแสดงต่างๆ ตามพิพิธภัณฑ์แต่อาจมีปัญหาเรื่องความร้อน อายุการใช้งานสั้นแต่ว่าประสิทธิภาพต่ำ เพราะว่าพลังงานส่วนใหญ่สูญเสียไปในรูปของพลังงานความร้อนที่เผาไส้หลอด แต่ก็สามารถปรับหรี่แสงได้และราคาถูกสามารถแบ่งได้ดังนี้

หลอดแก้วสีฟ้า เป็นหลอดไส้ทรงธรรมดาที่มีกระเปาะแก้วใสสีฟ้าอ่อน แสงที่ได้จะใกล้เคียงกับธรรมชาติ จึงนิยมใช้ในการเทียบสี หรือใช้ในการสร้างสรรค์ศิลปะ งานหัตถกรรม และเหมาะกับการอ่านหนังสือ

หลอดไส้กระเปาะสี มีตั้งแต่กระเปาะสีเข้มสดไปถึงกระเปาะสีอ่อน มักนำมาใช้เพื่อสร้างบรรยากาศสนุกสนานดื่นเด้นเร้าใจ ใช้ในการตกแต่งสถานที่ มีให้เลือกใช้หลายสี เช่น สีแดง สีเขียว สีน้ำเงินเป็นต้น

หลอดแสงนวล เป็นหลอดไส้ที่ภายในกระเปาะเคลือบสีอ่อน เช่น สีชมพูหรือสีอ่อน มีลักษณะเปนรูปหลอดทรงที (T) ให้แสงที่นุ่มนวล สีเหลืองอมชมพูหรืออมส้มนำมาใช้กับโคมไฟตั้งโต๊ะ หรือโคมส่องลงเพื่อต้องการแสงที่นวลตา

หลอดคริปตอน เป็นหลอดที่ไส้หลอดที่เติมก๊าซคริปตอนลงไป เพื่อให้แสงสว่างมากกว่าและแสงมีสีขาวนวลมากกว่าหลอดไส้ธรรมดาเล็กน้อย กระเปาะแก้วผิวฝ้าที่ผ่านการเคลือบเป็นอย่างดีจะช่วยให้แสงสม่ำเสมอและลดแสงแยงตาสามารถใช้แทนหลอดไส้ธรรมดาได้เพราะมีกำลังไฟฟ้าใกล้เคียงกัน

หลอดทรงลูกแพร์ เป็นหลอดไส้ขนาดเล็กคล้ายลูกแพร์ เหมาะสำหรับใช้ในด้านงานตกแต่งเป็นไฟตกแต่งฝ้าเพดาน ผนังและใช้กับโคมตั้งพื้น

หลอดปิงปอง มีขนาดเล็กกว่าหลอดไส้ธรรมดา นิยมดิดตั้งหลอดปิงปองเป็นแนวต่อรอบกระจกแต่งหน้าหรือซ่อนหลอดไฟเป็นระยะรอบกระจกแต่งหน้า เพราะว่าหลอดชนิดนี้มีกระเปาะเป็นฝ้าที่มีแสงนวลตากว่า มักทำมาใช้เท่อไม่ต้องการเห็นเงาคมชัดหรือมองเห็นตัวหลอด

หลอดนีออนได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นสื่อทางด้านการออกแบบศิลปะ ด้วยคุณสมบัติที่ให้แสงที่สดใส การบำรุงรักษาต่ำ มีให้เลือกสีสันมากมาย มีปริมาณแสงประมาณ 500 ลูเมนต่อฟุต หลอดนีออนสามารถปรับหรี่แสงได้เมื่อใช้กับชุดอุปกรณ์ปรับหร่แสงสว่าง หลอดนีออนสามารถให้แสงสีขาวได้ทั้งวอร์มไวท์ ขาวหิมะ ขาวธรรมดาและขาวสดใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.1** แสดงข้อมูลทางเทคนิคของหลอด LED K2 แบบ Absolute Maximum Rating สำหรับหลอดสีขาว

| Parameter | Symbol | Rating | Unit |
|---|---|---|---|
| DC forward current | $I_f$ | 1500 | mA |
| Peak pulse current | $I_{pulse}$ | 1500 | mA |
| Average forward current | $I_{avg}$ | 1500 | mA |
| Storage Temperature | $T_{stg}$ | 185 | $^oC$ |
| LED Junction Temperature | $T_j$ | 150 | $^oC$ |

**ตารางที่ 2.2** แสดงข้อมูลทางเทคนิคของหลอด LED K2 แบบ Absolute Maximum Rating สำหรับหลอดสีแดง

| Parameter | Symbol | Rating | Unit |
|---|---|---|---|
| DC forward current | $I_f$ | 1500 | mA |
| Peak pulse current | $I_{pulse}$ | 1500 | mA |
| Average forward current | $V_r$ | 1500 | mA |
| Storage Temperature | $T_{stg}$ | 185 | $^oC$ |
| LED Junction Temperature | $T_j$ | 185 | $^oC$ |

**ตารางที่ 2.3** แสดงข้อมูลทางเทคนิคของหลอด LED K2 แบบ Absolute Maximum Rating สำหรับหลอดสีเขียว

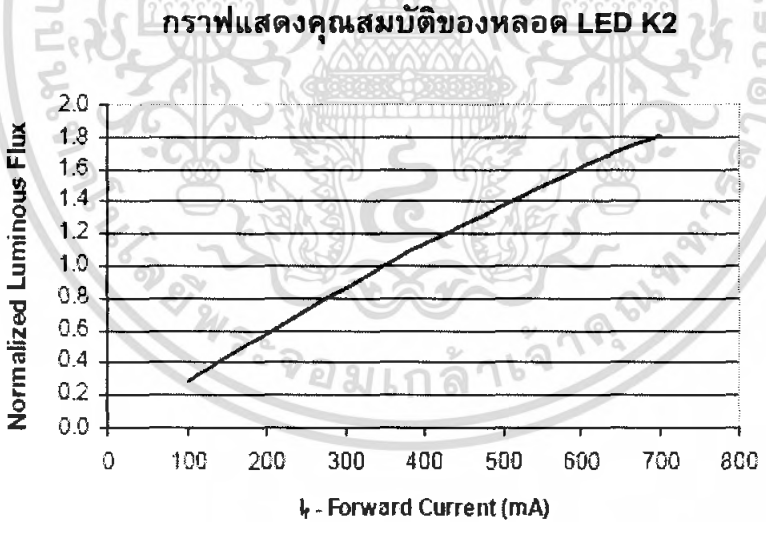
| Parameter | Symbol | Rating | Unit |
|---|---|---|---|
| DC forward current | $I_f$ | 700 | mA |
| Peak pulse current | $I_{pulse}$ | 700 | mA |
| Average forward current | $V_r$ | 700 | mA |
| Storage Temperature | $T_{stg}$ | 185 | $^oC$ |
| LED Junction Temperature | $T_j$ | 150 | $^oC$ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลในตารางที่ 2.1, 2.2 และ 2.3 จะพบว่าหลอด LED K2 นั้นถูกพัฒนาให้ Junction Temperature มีค่าสูงขึ้นโดยหลอดสีขาวจะมีพิกัดอยู่ที่ 150 $^{o}$C หลอดสีแดงมีพิกัดอยู่ที่ 185 $^{o}$C และหลอดสีแดงมีพิกัดอยู่ที่ 150 $^{o}$C ซึ่งมีข้อดีคือหลอด LED K2 สามารถทำงานได้ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงกว่าหลอด LED กำลังสูงรุ่นก่อนๆนอกจากนี้หลอดสีขาวและหลอดสีแดงยังสามารถทนกระแสได้สูงถึง 1500 mA ซึ่งเป็นกระแสที่ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับ หลอด LED รุ่นก่อนหน้านี้

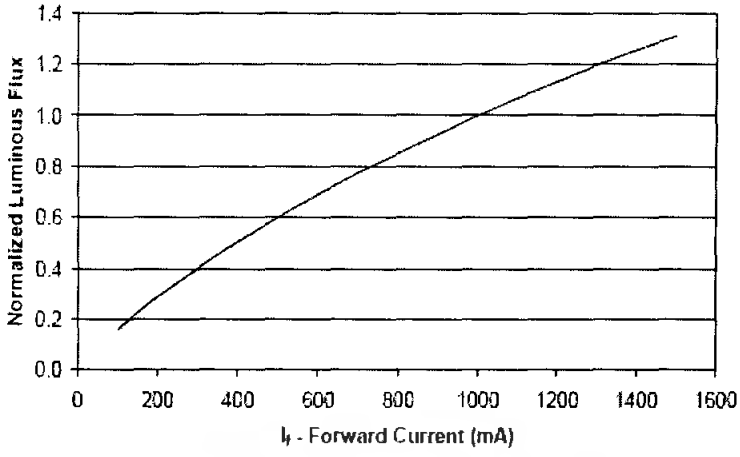
**ตารางที่ 2.4** แสดงค่าฟลักซ์ของหลอดสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน สีขาว

| LED item | color | Flux (lm) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Min | Typical | Max |
| LED K2 | Green | 87.4 | 100 | - |
| | Blue | 30.6 | 35 | - |
| | Red | 51.7 | 60 | - |
| | White | 113.6 | 120 | - |

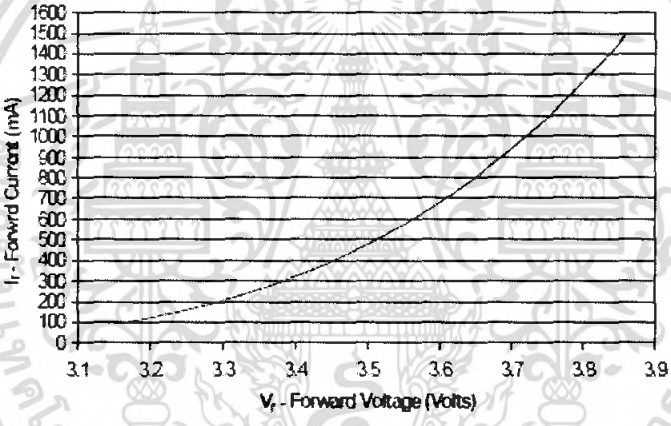



**รูปที่ 2.5** แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Luminous flux กับ forward current สำหรับหลอดสีขาวและสีเขียว

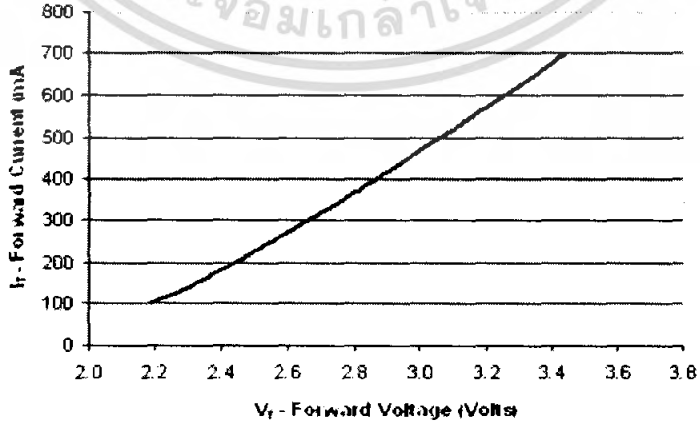
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.6** แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Luminous flux กับ forward current สำหรับหลอดสีแดง




**รูปที่2.7** แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Forward current กับ Forward voltage สำหรับหลอดสีขาว และสีเขียว

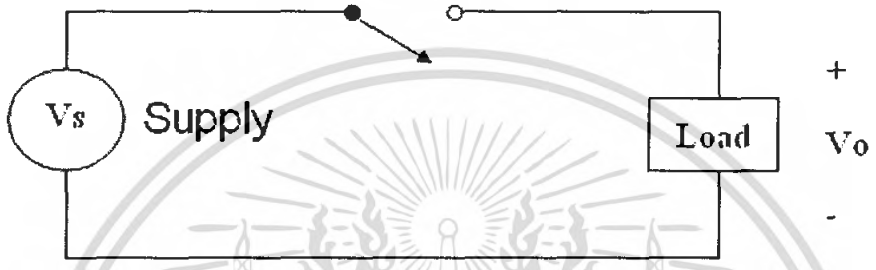



**รูปที่2.8** แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Forward current กับ Forward voltage สำหรับหลอดสีแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาจากตารางแสดงค่าฟลักซ์ของหลอด LED K2 สีต่างๆ และกราฟที่แสดงคุณสมบัติระหว่าง Luminous flux กับ forward current ของหลอดแต่ละสีจะพบว่าเมื่อจ่ายกระแสให้กับหลอดมากขึ้นเท่าใดค่า Luminous flux ก็ยิ่งมีค่าสูงตามขึ้นไปด้วย แสดงให้เห็นว่าหลอด LED K2 ที่สามารถทนกระแสที่มีค่าสูงๆ ได้ ก็จะสามารถให้แสงสว่างที่มากตามไปด้วย

## 2.3 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง




**รูปที่ 2.9** แสดงรูปวงจรสมมูลของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง

เป็นวงจรที่นิยมมากในอุตสาหกรรมและคอมพิวเตอร์เพราะมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าวงจรแปลงผันกำลังเชิงเส้น เมื่อทำการออกแบบจะต้องคำนึงถึงความต้องการของแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุท ซึ่งจะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สวิตชิ่ง เช่น มอสเฟต ไอจีบีที มีโหมดการทำงานคือ โหมดนำกระแสและหยุดนำกระแส

ช่วงเวลานำกระแสกำหนดให้เป็น $t_{on}$ และช่วงเวลาไม่นำกระแส $t_{off}$และช่วงเวลาหนึ่งคาบการสวิตชิ่งเท่ากับ T จะได้ความสัมพันธ์คือ

$$t_{on} + t_{off} = T \tag{2.1}$$

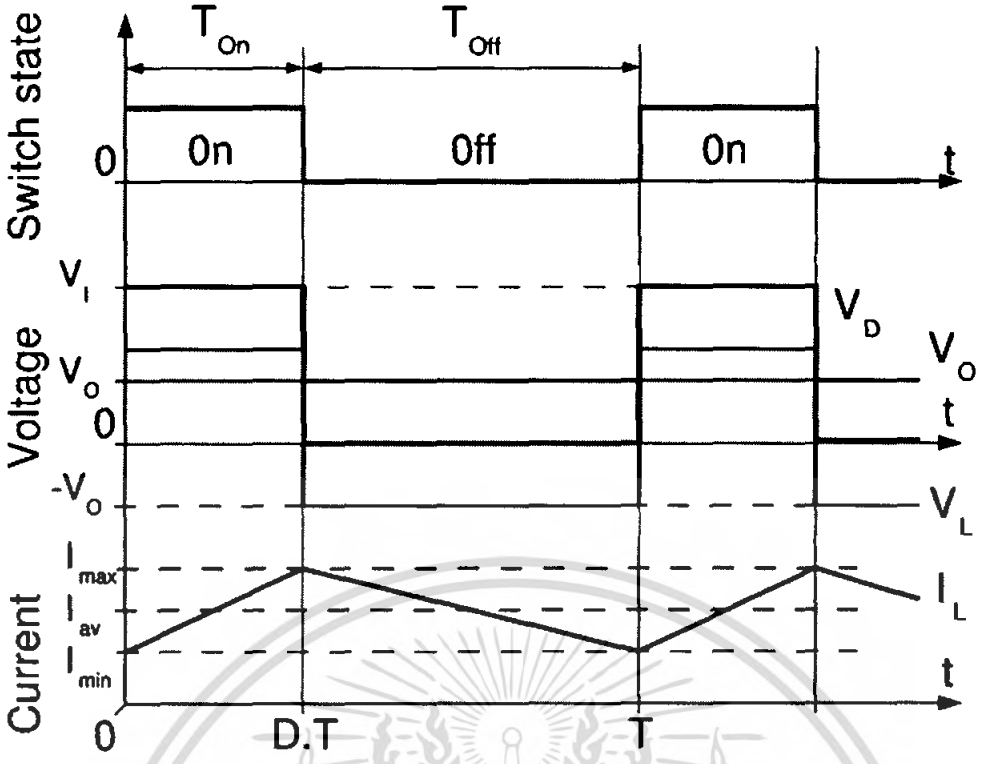
$$D = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}}, t_{on} = DT, t_{off} = (1 - D)T \tag{2.2}$$

โดยที่D :Duty cycle คือ อัตราส่วนของช่วงเวลาที่สวิตช์นำกระแสต่อช่วงเวลาหนึ่งคาบการสวิตชิ่ง ดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง






**รูปที่ 2.10** แสดงการทำงานในโหมดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบต่อเนื่อง

## 2.4 ทฤษฎีและหลักการของวงจรทอนระดับแรงดันหรือวงจรบั๊กคอนเวอร์เตอร์

วงทอนระดับแรงดันหรือ วงจรบั๊กคอนเวอร์เดอร์ คือวงจรที่ทำให้ระดับแรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าต่ำกว่าด้านเข้าและเพื่อให้ได้ระดับแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกที่มีแรงดันกระเพื่อมต่ำ จะนิยมใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านโดยมีเงื่อนไขการทำงานดังนี้

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละคาบ จะมีค่าเท่ากัน
2. แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์ หมายถึงผลรวมของผลคูณระหว่างแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำกับเวลา ในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์
3. กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยของตัวเก็บประจุในแต่ละคาบเวลามีค่าเท่ากับศูนย์
4. กำลังไฟฟ้าด้านเข้าเท่ากับกำลังไฟฟ้าด้านออก กรณีนี้ไม่คำนึงถึงการสูญเสียเนื่องจากการทำงานของวงจร โดยกำหนดให้อุปกรณ์ทุกตัวเป็นอุดมคติ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของวงจรเป็นหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์

### 2.4.1 หลักการทำงานของวงจรลดทอนระดับแรงดัน

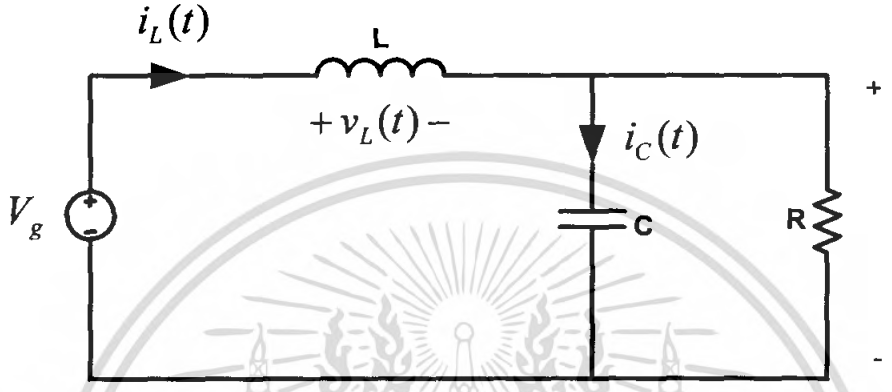
หลักการทำงานของวงจรลดทอนระดับแรงดัน จะออกแบบให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกตามที่ต้องการคือต้องเริ่มจากเงื่อนไขที่ว่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ ในแต่ละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
82995

คาบเวลามีค่าเท่ากับศูนย์ จากนั้นก็จะสามารถหากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำได้ จากการวิเคราะห์การทำงานของสวิตช์ในแต่ละโหมดต้องวิเคราะห์ในสภาวะอยู่ตัว

**2.4.1.1 ขณะสวิตช์นำกระแส**

กระแสที่ไหลจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านสวิตช์ผ่านตัวเหนี่ยวนำไปยังโหลด โดยกระแสในส่วนหนึ่งจะไปเก็บที่ตัวเก็บประจุเขียนเป็นสมการได้ดังนี้




**รูปที่ 2.11** แสดงรูปวงจรลดทอนระดับแรงดันขณะสวิตช์นำกระแส

$$-V_s + v_l + V_o = 0 \tag{2.3}$$

$$v_l = V_s - V_o \tag{2.4}$$

$$v_l = L\frac{di_l}{dt} \tag{2.5}$$

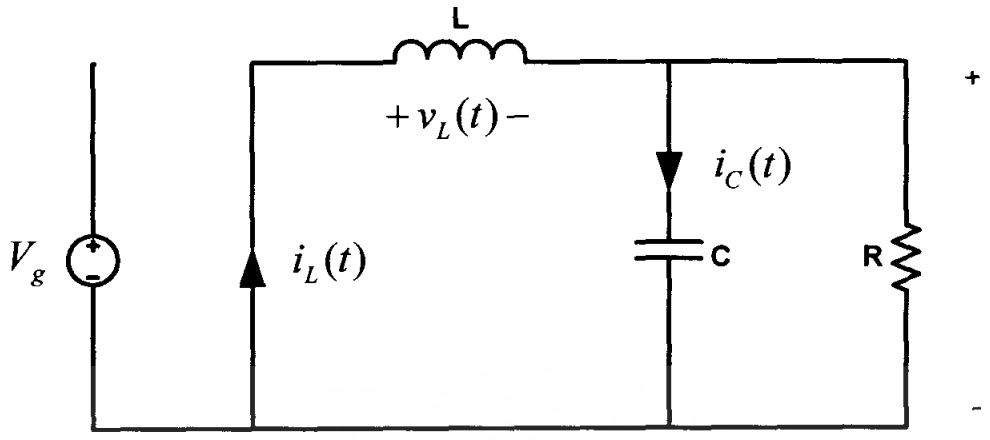
$$\frac{di_l}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L} \tag{2.6}$$

$$\Delta i_{l,on} = \left(\frac{V_s - V_o}{L}\right)DT \tag{2.7}$$

**2.4.1.2 ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส**

เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแสไดโอดจะถูกไบอัสไปข้างหน้าให้นำกระแสทำให้กระแสไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเกิดการไหลอย่างต่อเนื่องจะได้สมการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.12** แสดงรูปวงจรวงจรลดทอนระดับแรงดันขณะสวิตช์ไม่นำกระแส

$$v_l = -v_o \tag{2.8}$$

$$v_L = -V_o = L\frac{di_l}{dt} \tag{2.9}$$

$$\frac{di_l}{dt} = \frac{\Delta i_{l,off}}{\Delta t} = \frac{-V_o}{L} \tag{2.10}$$

### 2.4.2 การหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรลดทอนระดับแรงดัน

ในสภาวะคงตัวการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในขณะสวิตช์นำกระแส จะมีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้น เท่ากับการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในขณะที่สวิตช์ไม่นำกระแสหรืออาจกล่าวได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์โดยเราสามารถหาอัตราขยายแรงดันได้จากสมการ

$$\frac{V_o}{V_s} = D \tag{2.11}$$

### 2.4.3 การหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดของวงจรลดทอนระดับแรงดัน

การหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดจะทำให้วงจรลดทอนระดับแรงดันทำงานในโหมดกระแสต่อเนื่อง โดยเริ่มจากการหากระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำซึ่งจะเท่ากับกระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านโหลดเนื่องจากขณะที่อยู่ในสภาวะทำงานอยู่ตัว กระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุจะมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_{L,\max} = \frac{V_o}{R} + \frac{1}{2}\left[\frac{V_o}{L}(1-D)T\right] \quad (2.12)$$

$$I_{l,\max} = V_o\left[\frac{1}{R} + \frac{(1-D)}{2Lf}\right] \quad (2.13)$$

$$I_{l,\min} = \frac{V_o}{R} - \frac{V_o}{2}\left[\frac{(1-D)}{L}T\right] \quad (2.14)$$

$$I_{l,\min} = V_o\left[\frac{1}{R} - \frac{(1-D)}{2Lf}\right] \quad (2.15)$$

เงื่อนไขที่สำคัญในการทำงานในโหมดกระแสต่อเนื่องคือกระแสที่ไหลจะต้องเป็นบวกเสมอ สามารถหาค่าความเหนี่ยวนำและความถี่สวิตชิ่ง $I_{l,min}$มีค่าเท่ากับศูนย์

$$I_{l,\min} = \left[\frac{1}{R} - \frac{(1-D)}{2Lf}\right] = 0 \quad (2.16)$$

$$L_{\min} = \left(\frac{(1-D)R}{2f}\right) \quad (2.17)$$

จากสมการจะใช้ในการหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดที่ทำให้วงจรสามารถทำงานได้ในโหมดกระแสต่อเนื่อง

### 2.4.4 การหาค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก

ในปกติวงจรกรองแรงดันความถี่ต่ำที่อยู่ในวงจรลดทอนระดับแรงดันนั้นจะมีขนาดใหญ่เพื่อรักษาแรงดันให้คงที่ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำได้เพราะมีราคาแพงจึงควรเลือกใช้ในขนาดที่เหมาะสมและให้ค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออกอยู่ในค่าที่ยอมรับได้

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{1-D}{8LCf^2} \quad (2.18)$$

สมการที่ (2.18) เรียกว่าค่าอัตราระลอกคลื่น (ripple ratio) มักใช้แสดงเป็นอัตรส่วนของระลอกคลื่นแรงดันไฟฟ้าด้านออกระหว่างยอดถึงยอดกับค่าแรงดันไฟฟ้าด้านออก ในที่นี้หมายถึงเฉพาะแรงดันไฟฟ้า หากต้องการทำให้อัตราระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของวงจรลดทอนระดับแรงดันมีค่าน้อยลง (อัตราระลอกคลื่น ยิ่งน้อย หมายถึงการที่ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เรียบมากขึ้น) สามารถเลือกได้สองแนวทางคือกรณีที่หนึ่งการพยายามทำให้เศษในสมการ (2.18) มีค่าน้อยที่สุด โดยการทำให้ค่า D มีค่าเข้าใกล้หนึ่ง ส่วนอีกกรณีหนึ่งคือการพยายามทำให้ค่าส่วนในสมการ (2.18) มีค่ามากๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 การควบคุม DC – DC Converter

การควบคุม DC – DC Converter ให้ได้แรงดันขาออกตามที่ต้องการนั้น ระดับแรงดันขาออกจะขึ้นอยู่กับ สัญญาณควบคุมการสวิตชิ่ง (Switch Control Signal) ฉะนั้นการจะบังคับให้แรงดันที่ต้องการก็คือการบังคับ สัญญาณควบคุมการสวิตชิ่งตามที่ต้องการ

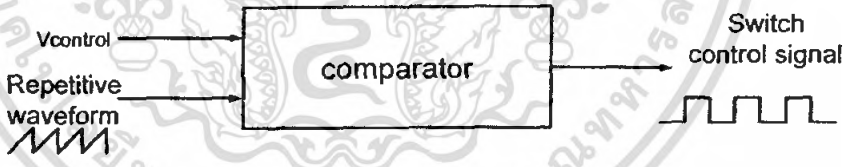
ในขั้นตอนนี้เป็นการทดลองควบคุมแรงดันคงที่ ซึ่งมีวิธีการควบคุมอยู่ 2 แบบ ด้วยกัน

### 2.5.1 การควบคุมวงจรแบบเปิด

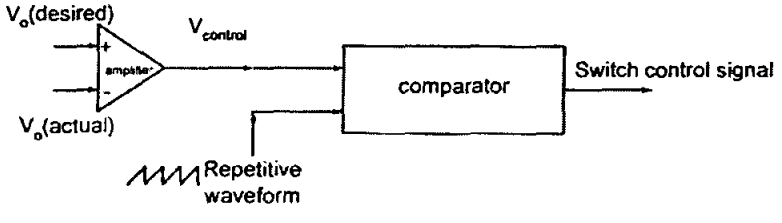
เป็นการควบคุมแบบที่ไม่มีการป้อนกลับของสัญญาณขาออก จึงทำให้เป็นระบบที่ไม่ตอบสนองต่อการถูกรบกวนสัญญาณของระบบ ทำให้ระบบมีเสถียรภาพต่ำไม่เหมาะแก่การใช้งานในระบบที่มีปัจจัยเข้ามารบกวนระบบมากๆ ในที่นี้เราสร้างสัญญาณควบคุมการ สวิตชิ่งโดยอาศัยหลักการพัลส์วิดท์มอดูเลชั่น (Pulse Width Modulation) ในการสร้างพัลส์ขึ้นมาเป็นสัญญาณควบคุม

โดยค่าของ D (Duty ratio) ขึ้นอยู่กับค่าของ $V_c$ (แรงดันควบคุม) กับ $V_{st}$ (Sawtooth Voltage) ดังนี้

$$D = \frac{V_c}{V_{st}} \qquad (2.19)$$




**รูปที่ 2.13** แสดงสัญญาณในการสร้างพัลส์




**รูปที่ 2.14** แสดงสัญญาณควบคุมพัลส์วิดท์มอดูเลชั่น (Pulse Width Modulation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5.2 การควบคุมวงจรแบบปิด**

การควบคุมวงจรแบบปิดจะมีเสถียรภาพมากกว่าการควบคุมวงจรแบบเปิดโดยการในการควบคุมแบบวงปิดนั้นจะมีการป้อนกลับของสัญญาณ (Feed Back Control) เพื่อตรวจสอบแรงดันขาออกที่ออกมา ให้ได้แรงดันที่ต้องการออกมา

ในการสร้างสัญญาณควบคุมเราเลือกใช้วิธีการพัลส์วิดท์มอดูเลชั่น (Pulse Width Modulation) ในการสร้างสัญญาณควบคุมโดยมีหลักการเหมือนการควบคุมวงจรแบบเปิด (หลักการในการหาค่า Duty ratio) มีขั้นตอนการสร้างสัญญาณดังรูป

**2.6 การทำงานของวงจรควบคุม**

**2.6.1 วงจรควบคุมในโหมดกระแสต่อเนื่อง (คอนเวอร์เตอร์ที่ควบคุมด้วยโหมดกระแสต่อเนื่อง)**

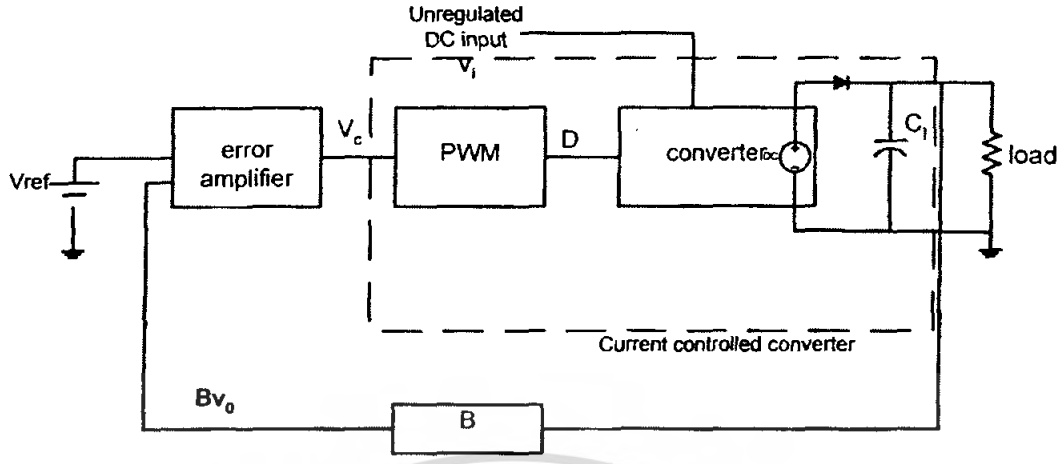
กระแสเฉลี่ยที่เอาท์พุทของคอนเวอร์เดอร์ที่ควบคุมด้วยโหมดกระแสต่อเนื่องเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันควบคุม $V_c$ ดังนั้น

$$I_o = GV_c \tag{2.20}$$

การทำงานของเร็คกูเลเดอร์สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. สมมุติการทดลองว่า $V_o$ น้อยลง ด้วยเหตุผลบางอย่าง เช่น การลดลงของแรงดันอินพุทและการเพิ่มขึ้นของกระแสไฟฟ้าที่โหลด ทำให้แรงดันผิดพลาด $V_e$ และแรงดันควบคุม $V_c$ เพิ่มขึ้น
2. การเพิ่มขึ้นของแรงดัน $V_c$ มีผลต่อการเพิ่มกระแสเอาท์พุท $I_o$ ทำให้แรงดันเฉลี่ยที่เอาท์พุท $V_o$ เพิ่มขึ้น เพื่อชดเชยแรงดัน $V_o$ ที่ลดลงมาตามข้อ 1
3. ในทางตรงกันข้ามกับข้อที่ 1 แรงดันเอาท์พุท $V_o$ เพิ่มขึ้น ข้อที่ 1 และ 2 จะเกิดการรักษาให้แรงดันเอาท์พุทกลับมาอยู่ที่ค่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.15** แสดงโครงสร้างของคอนเวอร์เตอร์ที่ควบคุมด้วยโหมดกระแส

ภายใต้สภาวะที่คงตัวแรงดันผิดพลาด $V_c$ ต้องเพียงพอที่จะรักษา $I_o$ ของวงจรให้คงที่ ขนาดของแรงดันผิดพลาดนี้สามารถหาได้จากการพิจารณาสมการดังต่อไปนี้

$$V_e = V_{ref} - \beta v_o \tag{2.21}$$

$$= V_{ref} - \beta G_c V R_l$$

$$= V_{ref} - \beta G_c A_e V_e R_l \tag{2.22}$$

เมื่อ $A_e$ คือ อัตราขยายของ error amplifier $\left( A_e = \frac{V_c}{V_e} \right)$

$$V_e = \frac{V_{ref}}{1 + \beta A_e G R_l} \tag{2.23}$$

$$\beta V_o = V_{ref} \frac{\beta A_e G R_l}{1 + \beta A_e G R_l} \tag{2.24}$$

$$V_o = V_{ref} \frac{A_e G R_l}{1 + \beta A_e G R_l} \tag{2.25}$$

สังเกตได้จากสมการ $A_eGR_l$ มากกว่า 1 มากๆ แรงดันเอาท์พุทจะใกล้เคียง $\frac{V_{ref}}{\beta}$ และเป็นอิสระต่อ $V_i$ และ $R_l$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาถึงหลักการทำงาน คุณสมบัติและปัญหาของคอนเวอร์เตอร์ที่ควบคุมด้วยโหมดกระแสต่อเนื่องสามารถแบ่งได้เป็นสองชนิด คือ

1. ชนิดฮีสเตอร์รีติก
2. ชนิดความถี่คงที่

การควบคุมด้วยโหมดกระแสชนิดฮีสเตอร์รีติก จะมีลักษณะใกล้เคียงกับคอนเวอร์เตอร์ที่ควบคุมด้วยโหมดกระแสทางอุดมคติมากกว่าชนิดความถี่คงที่ แต่มีข้อเสียต้องใช้ความถี่สวิตช์ชิ่งที่สามารถเปลี่ยนค่าได้ในการทำงาน ทำให้เกิดปัญหาสำหรับวงจรที่มีความไวต่อการรบกวนการเปลี่ยนแปลงความถี่ เช่น หน่วยแสดงผลภาพและเครื่องรับทางด้านสื่อสารโทรคมนาคม ส่วนชนิดความถี่คงที่จะทำงานด้วยความถี่สวิตชิ่งคงที่ แต่ยังมีปัญหาความไม่เสถียรภาพเมื่อคอนเวอร์เตอร์ทำงานในโหมดกระแสต่อเนื่องดิวตี้ไซเคิลของการสวิตช์มีค่ามากกว่า 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่3
# การออกแบบ

## 3.1 การออกแบบวงจรขับโดยใช้วงจรลดทอนระดับแรงดัน

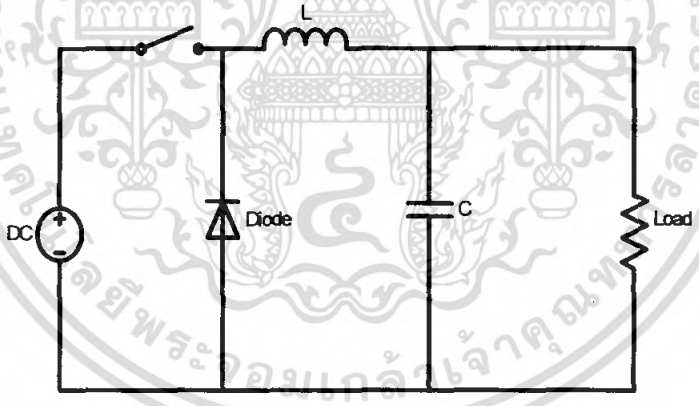
จะแบ่งวงจรออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.วงจรภาคกำลัง

2.วงจรควบคุมPWM

### 3.1.1 วงจรกำลัง

วงจรภาคกำลังของวงจรลดทอนระดับแรงดันดังรูปที่ 3.1 จะประกอบด้วยมอสเฟตกำลัง ($M_1$) ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์, ไดโอดกำลัง ($D_1$) ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ขณะสวิตช์ไม่นำกระแสโดยมี Lเป็นค่าความเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุทำหน้าที่เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน โดยมีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อสวิตช์นำกระแส ไดโอดจะไบอัสย้อนกลับกระแสจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำไปยังโหลด เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแสไดโอดจะไบอัสไปข้างหน้า และมีกระแสไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง




**รูปที่ 3.1** แสดงวงจรสมมูลของวงจรลดทอนระดับแรงดัน

### 3.1.2 วงจรควบคุม PWM

วงจรควบคุมมีหน้าที่ในการปรับค่าดิวตี้ไซเคิลเพื่อควบคุมกระแสไฟฟ้าเอาต์พุต($I_o$) ให้มีค่าคงที่ โดยในที่นี้ไอซี IRS2541 ซึ่งให้สัญญาณ PWM ที่ความถี่ที่ต้องการ

ในการออกแบบวงจรควบคุมของวงจรลดทอนระดับแรงดันสำหรับโครงงานนี้ ได้ตัดสินใจใช้ไอซี IRS2541 เป็นชุดขับสวิทช์ในวงจร เนื่องจากไอซี IRS2541 มีความสามารถในการจ่ายกระแสและแรงดันได้ใกล้เคียงกับพิกัดที่ต้องการ ซึ่งไอซี IRS2541 สามารถใช้ได้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่3
# การออกแบบ

## 3.1 การออกแบบวงจรขับโดยใช้วงจรลดทอนระดับแรงดัน

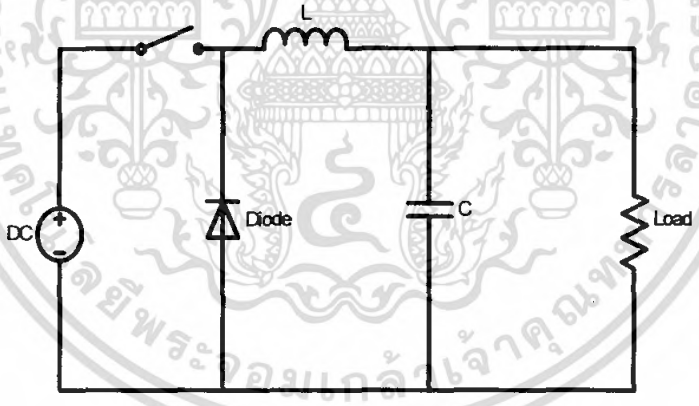
จะแบ่งวงจรออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.วงจรภาคกำลัง

2.วงจรควบคุมPWM

### 3.1.1 วงจรกำลัง

วงจรภาคกำลังของวงจรลดทอนระดับแรงดันดังรูปที่ 3.1 จะประกอบด้วยมอสเฟตกำลัง ($M_1$) ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์, ไดโอดกำลัง ($D_1$) ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ขณะสวิตช์ไม่นำกระแสโดยมี Lเป็นค่าความเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุทำหน้าที่เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน โดยมีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อสวิตช์นำกระแส ไดโอดจะไบอัสย้อนกลับกระแสจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำไปยังโหลด เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแสไดโอดจะไบอัสไปข้างหน้า และมีกระแสไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง




**รูปที่ 3.1** แสดงวงจรสมมูลของวงจรลดทอนระดับแรงดัน

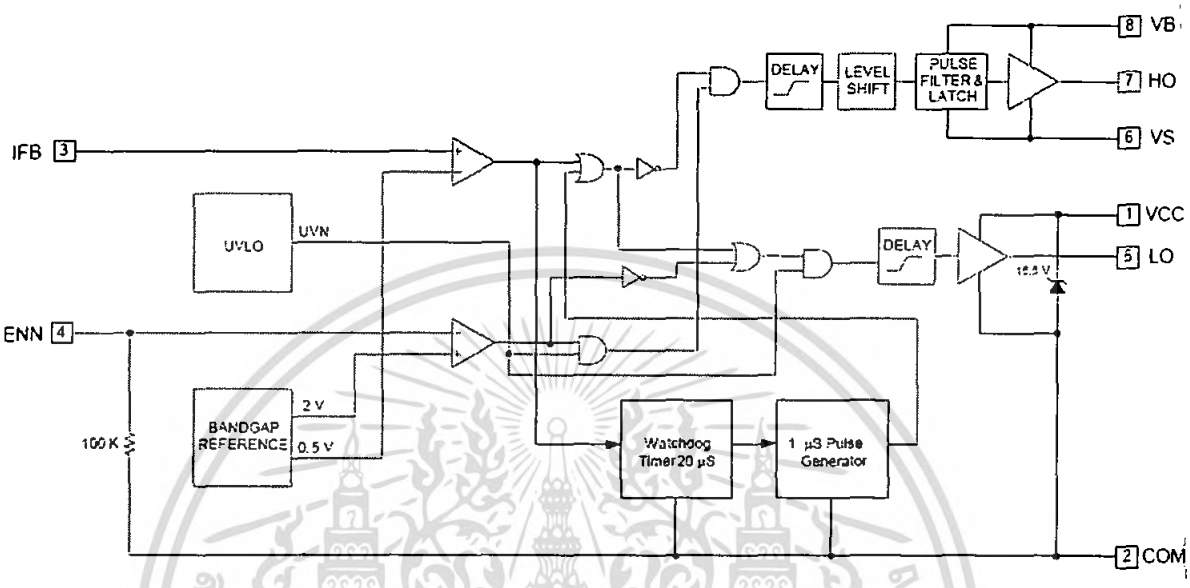
### 3.1.2 วงจรควบคุม PWM

วงจรควบคุมมีหน้าที่ในการปรับค่าดิวตี้ไซเคิลเพื่อควบคุมกระแสไฟฟ้าเอาต์พุต($I_o$) ให้มีค่าคงที่ โดยในที่นี้ไอซี IRS2541 ซึ่งให้สัญญาณ PWM ที่ความถี่ที่ต้องการ

ในการออกแบบวงจรควบคุมของวงจรลดทอนระดับแรงดันสำหรับโครงงานนี้ ได้ตัดสินใจใช้ไอซี IRS2541 เป็นชุดขับสวิทช์ในวงจร เนื่องจากไอซี IRS2541 มีความสามารถในการจ่ายกระแสและแรงดันได้ใกล้เคียงกับพิกัดที่ต้องการ ซึ่งไอซี IRS2541 สามารถใช้ได้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟฟ้าที่สูงถึง600 V ความถี่ในการใช้งาน สูงถึง 500 kHz และกระแสด้านออกสูงสุดที่ไอซีสามารถขับได้สูงสุดคือ 1.5 A โดยไอซีจะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมสัญญาณ PWM ให้กับวงจร Buck converter



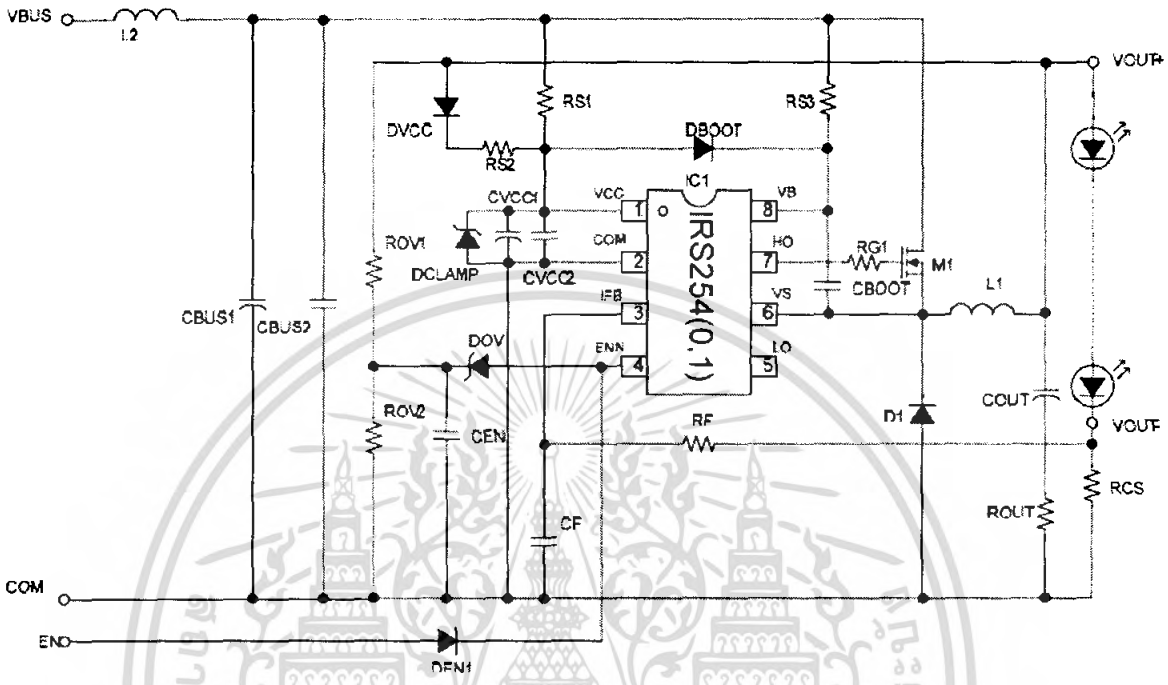

**รูปที่3.2** แสดงวงจรภายในของไอซี IRS2541

จากรูปที่ 3.2 จะแสดงให้เห็นว่า วงจรภายในไอซีจะประกอบไปด้วยขาต่าง ๆซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกันไป โดย Vcc จะเป็นไฟเลี้ยงไอซี ซึ่งจะมีย่านการทำงานที่ประมาณ14V และภายในไอซีจะมี zener diode 15.6 V ต่อตร่อมอยู่ภายในระหว่างขา Vcc กับขา COM , ขา HO จะ เชื่อมต่ออยู่กับ Mosfet และมีหน้าที่สร้างสัญญาณPWM ไปขับ Mosfet

ส่วนของการป้อนกลับ จะเกิดขึ้นที่ขา IFB ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณป้อนกลับ โดยสัญญาณอ้างอิงจะมีค่าเท่ากับ0.5 V ถ้าสัญญาณที่ป้อนกลับมาจากโหลดมีค่าต่ำกว่า0.5Vจะทำให้ขา HO มีสถานะ ON แต่หากสัญญาณที่ป้อนกลับมาจากโหลดมีค่ามากกว่า 0.5Vจะทำให้ขา HO มีสถานะ OFF โดยขา HO จะมีการทำงานสลับกับขา LO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆภายในวงจรลดทอนระดับแรงดัน




**รูปที่ 3.3** แสดงวงจรลดทอนระดับแรงดันที่ใช้ในการออกแบบ

ทำการออกแบบวงจรขับหลอดแอลอีดีโดยใช้ไอซีIRS2541 ให้ได้แรงดันขาออก 30 โวลต์ จ่ายกระแสได้ 1500 มิลลิแอมป์ จากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ310โวลต์ (จากไฟฟ้ากระแสสลับ220โวลต์ผ่านวงจรเรียงกระแส) กำหนดความถี่สวิตชิ่ง 60 กิโลเฮิรตซ์ จึงออกแบบวงจรลดทอนระดับแรงดันได้ดังนี้

- $V_{in}$= 220±20% Vac
- $V_{out}$=30 V
- $I_{out}$=1500 mA

- การหาค่าRS1ที่ใช้ในวงจร

จาก

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = \frac{(V_{Bus,\max} - 14)^2}{RS1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{1}{2} = \frac{(311-14)^2}{RS1}$$

$$RS1 = 180k\Omega$$

เราจะประมาณค่าเพิ่ม 25% ของกำลัง watt ที่ใช้
ดังนั้นใช้ค่า RS1 = 180k$\Omega$, 1W

- การหาค่า RS3 ที่ใช้ในวงจร

Min duty ratio ~ 10%

$$\frac{1}{2} = \frac{(1-0.1)(V_{Bus,\max} - 14)^2}{RS3}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{(1-0.1)(311-14)^2}{RS3}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{(0.9)(297)^2}{RS3}$$

$$RS3 = 150k\Omega$$

เราจะประมาณค่าเพิ่ม 25% ของกำลัง watt ที่ใช้
ใช้ค่า RS3 = 150k$\Omega$, 1W

- การหาค่า RS2 ที่ใช้ในวงจร
กำหนดใช้ $V_{out,\max}$ ~ 30Volt

$$\frac{1}{2} = \frac{(30-14)^2}{RS2}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{16^2}{RS2}$$

$$RS2 = 1k\Omega$$

ใช้ค่า RS2 = 1k$\Omega$, 1W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การคำนวณ $R_{ov1}, R_{ov2}$

$$V_{Out,\max} = \frac{(2.5V + DZ)(R_{ov1} + R_{ov2})}{R_{ov2}}$$

DZ = Zener Diode Nominal Rated Voltage

DZ ที่ใช้คือ 7.5Volt

$R_{ov2}$ ใช้ $390\,\Omega$ เพื่อช่วยให้ $C_{Boot}$ ชาร์จได้เหมาะสม

$V_{Out,\max}$ คิดที่ 30 Volt

$$30 = \frac{(2.5 + 7.5)(R_{ov1} + 390)}{390}$$

$$(R_{ov1} + 390) = \frac{390 \times 30}{10}$$

$$R_{ov1} = 780\Omega$$

เลือกค่า $R_{ov1} \cong 820\Omega$

- คำนวณค่า L ที่ใช้ในวงจร Buck Converter

กำหนดให้ Switching Frequency = 60 KHZ

ดังนั้นค่าของการ Switching = $\frac{1}{60KHZ}$ หรือ 16.6 $\mu s$

ขณะ Switch นำกระแส

$$V_L = L\frac{di}{dt}$$

$$V_L = V_S - V_O$$

ให้ $V_O$ = 23.1volt

$$V_L = 311 - 23.1$$

$$V_L = 288 \text{ volt}$$

$$d_{iL,on} = \frac{V_L dt}{L}$$

$$d_{iL,on} = \frac{288dt}{L} \quad ******** \quad (1)$$

เมื่อ $dt = DT$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะ Switch ไม่นำกระแส

$$V_L = \frac{Ldi}{dt}$$

$$V_L = -V_O$$

$$d_{iL,off} = \frac{-V_{Odt}}{L}$$

$$d_{iL,off} = \frac{-23.1dt}{L} \text{ ******** } (2)$$

เมื่อ $dt = (1-D)T$

อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสขณะ Switch on มีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสขณะ switch off

$$d_{iL,on} = d_{iL,off}$$

สมการที่ $(1) = (2)$

$$\frac{288dt}{L} = \frac{-23.1dt}{L}$$

$$288DT = -23.1(1-D)T$$

$$288D = 23.1(1-D)$$

$$311.1D = 23.1$$

$$D = 0.074$$

การหาค่า L ต้องใช้สมการที่สภาวะนำกระแสมาคำนวณ

$$V_L = L\frac{di}{dt}$$

$$\frac{dt}{di}V_L = L$$

$$L = \frac{288 \times DT}{di}$$

$$L = \frac{288 \times 0.074 \times 16.6\mu s}{0.15}$$

$$L = 2.368 \times 10^{-3}$$

$$L = 2368\mu H$$

$$L \cong 2400\mu H$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การคำนวณหาค่า R ที่ใช้ในการจำกัดกระแสด้านออก

$$I_{out(avg)} = \frac{V_{IFBTH}}{RCS}$$

โดยที่ $V_{IFBTH} = 0.5V$

ต้องการ $I_{out} = 1.5A$

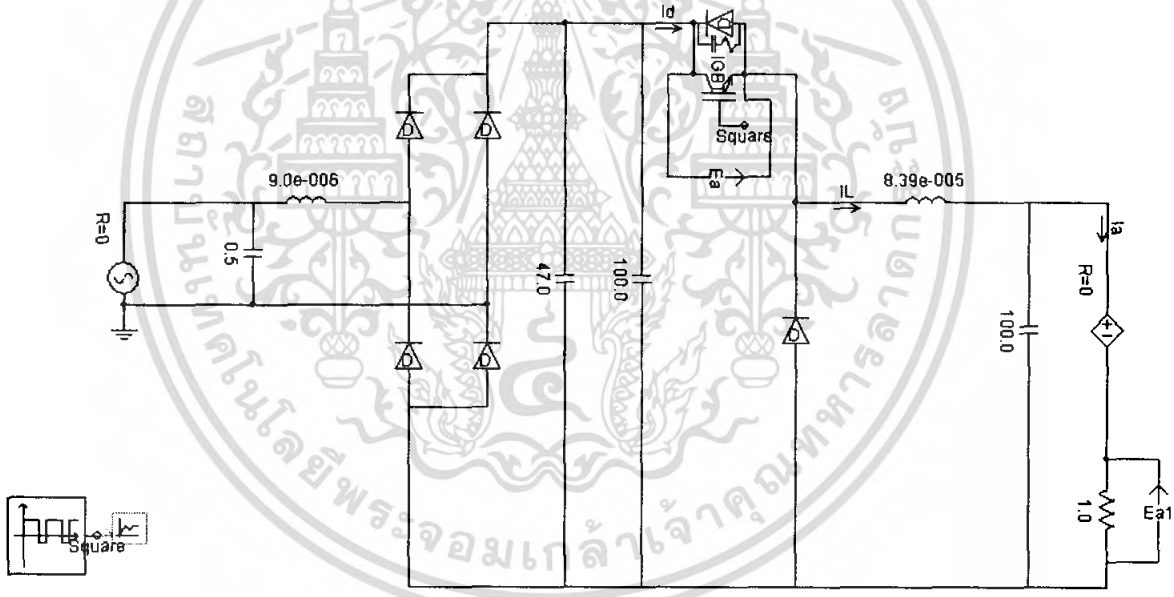
$$RCS = \frac{0.5}{1.5}$$

$$RCS = 0.33\Omega$$

โดยหากต้องการกระแสด้านออกที่ 350 mA ค่าความต้านทาน RCSจะมีค่าเท่ากับ 1.43 Ω

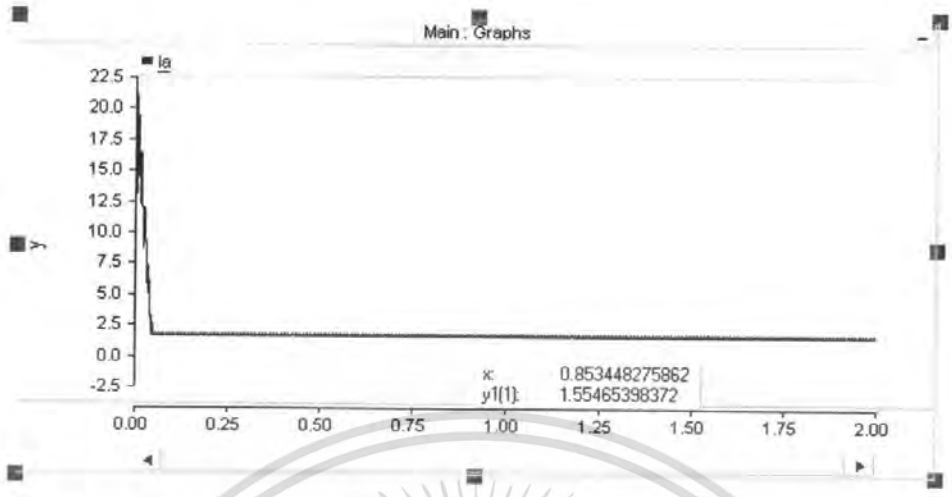
### 3.3 การจำลองวงจรด้วยโปรแกรม PSCAD

**แบบ Open loop**

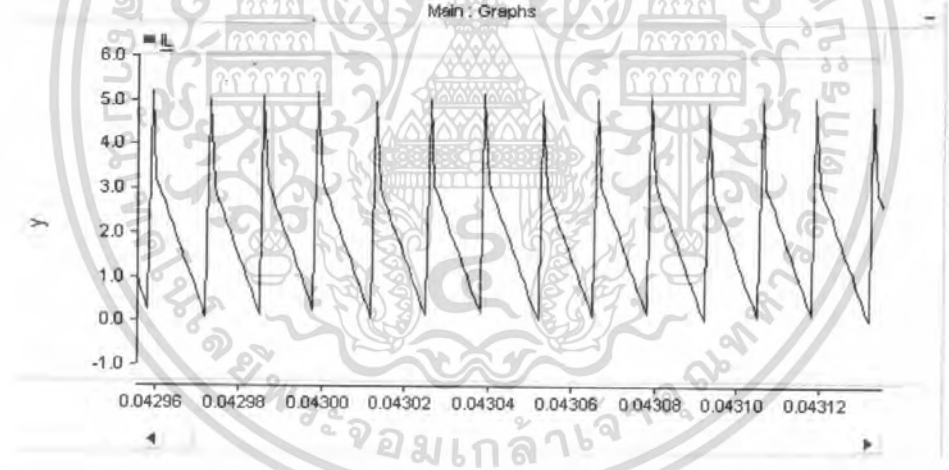



**รูปที่ 3.4** แสดงวงจรลดทอนระดับแรงดันแบบOpen loop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



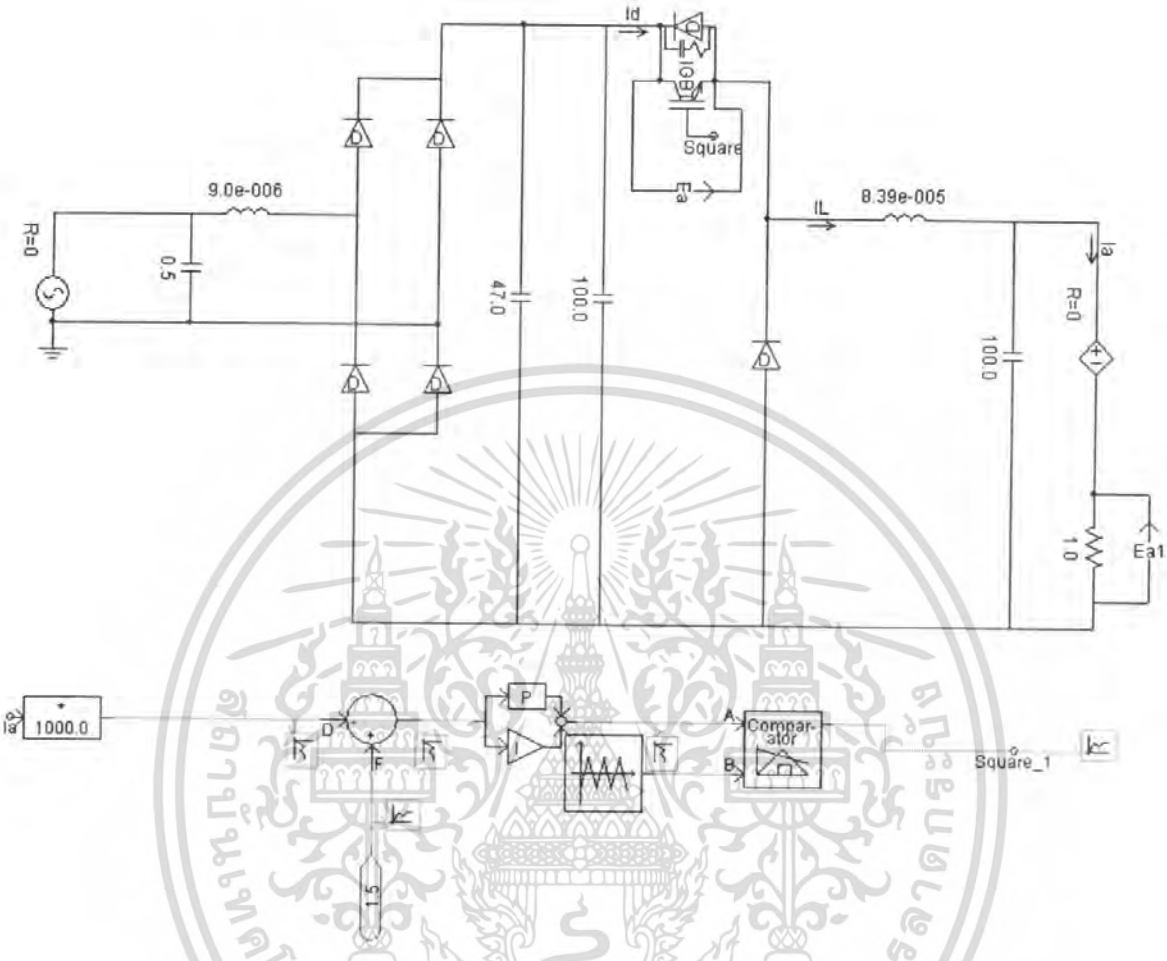

**รูปที่ 3.5** แสดงคลื่นกระแสขาออกแบบ Open loop



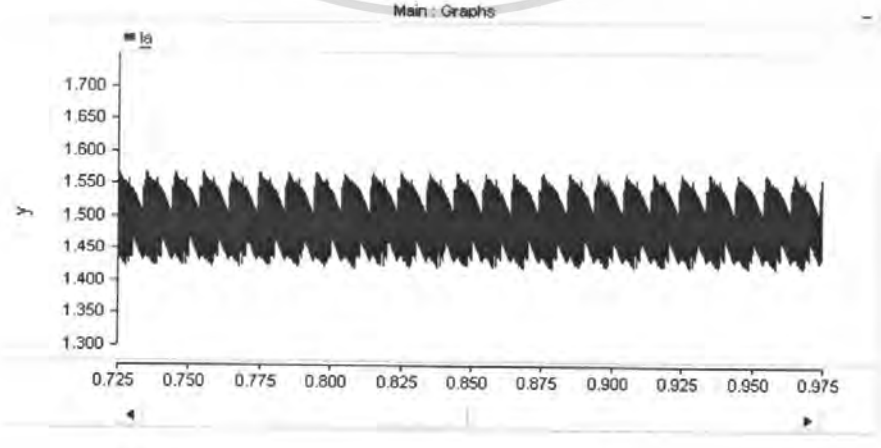

**รูปที่ 3.6** แสดงคลื่นกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบ Open loop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบ Close loop**

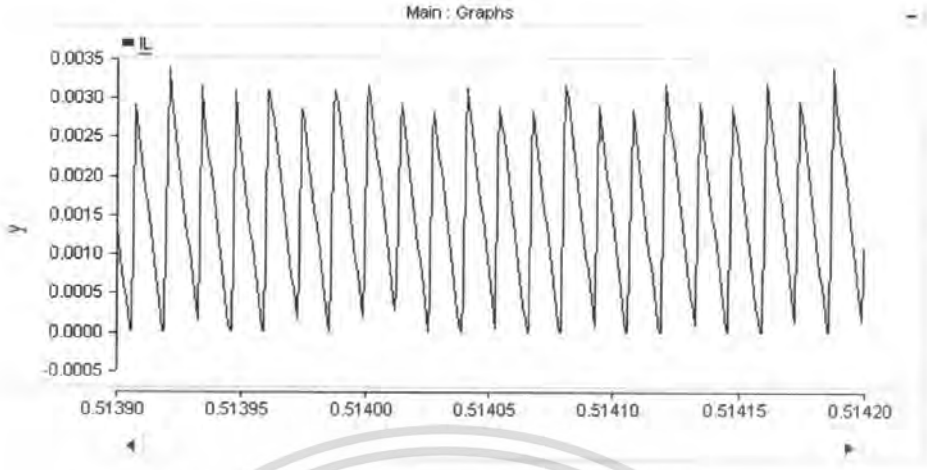



**รูปที่ 3.7** วงจรลดทอนระดับแรงดันแบบ Close loop




**รูปที่ 3.8** แสดงคลื่นกระแสขาออกแบบ Close loop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.9** แสดงคลื่นกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบ Close loop

**3.4 การหาค่าพารามิเตอร์ของวงจรลดทอนระดับแรงดัน( ที่ใช้ในการsimulation)**

กำหนดให้ $V_{in}$ = 311. 08 V

$I_{out}$ = 1500 mA

**ส่วนของวงจรRectifier กำหนดค่าดังนี้**

LC filter L= 9 [uH]

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

กำหนดให้ f = 75 kHz

แทนค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดจะได้

$$C = 1/4\pi^2 f^2 L$$

$$= 1/(4)(3.14)^2(75\times10^3)^2(9\times10^{-6})$$

= 0.5 [uF]

จากนั้นกำหนดค่า C เพิ่มอีก2 ค่า 47,100 [uF] เพื่อกรองกระแสให้เรียบมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ค่าพารามิเตอร์ของวงจรลดทอนระดับแรงดัน**

$$D = \frac{V_0}{V_S}$$

$V_S$ คือ แรงดันไฟฟ้าทางด้านเข้า

กำหนดให้ 311. 08 V

$V_O$ คือ แรงดันไฟฟ้าทางด้านออก

กำหนดให้ 23.1 V

$$D = \frac{23.1}{311.08}$$

$$= 7.4\ \%$$

**การหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดของวงจรลดทอนระดับแรงดัน**

กำหนดค่าพารามิเตอร์ ดังนี้

R = 15.4 Ω

f = 75 kHz

D = 7.4 %

$$L_{min} = \left( \frac{(1-D)R}{2f} \right)$$

$$L_{min} = \left( \frac{(1-0.074)15.4}{2(75\times10^3)} \right)$$

$L_{min}$ = 83.9 [uH]

**การหาค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก**

กำหนดค่าพารามิเตอร์ ดังนี้

F = 75 kHz

D = 7.4 %

C = 100 [uF]

L = 83.9 [uH]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{1-D}{8LCf^2}$$

$$= \frac{1-0.074}{8(0.0000839)(100\times10^{-6})(75\times10^{3})^2}$$

$$= 0.24 \times 10^{-6}$$

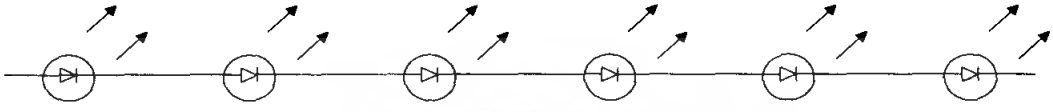
จากการ Simulation วงจรด้วยโปรแกรมด้วยโปรแกรม PSCAD จะพบว่ากระแสด้านออกจะมีค่ามากกว่า1500m Aเล็กน้อย และรูปคลื่นของกระแสจะเป็นแบบต่อเนื่อง แต่ในทางปฏิบัติจะต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ในวงจรใหม่บางตัว เพื่อให้ได้พิกัดของกระแสด้านออกตรงตามที่ต้องการ ผล Simulation จึงเป็นเพียงแค่แนวทางในการศึกษาเพื่อนำไปปฏิบัติจริง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองในบทนี้จะเป็นการทดสอบวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงที่ได้สร้างขึ้น โดยใช้หลอด LED K2 ต่ออนุกรมกันจำนวน 6 หลอด เป็นโหลดในการทดลอง การต่ออนุกรมของ LED K2 แสดงในรูปที่ 4.1 โดยจะทำการทดสอบแหล่งจ่ายของวงจรลดทอนระดับแรงดันที่ใช้ไอซีเบอร์ IRS2541



**รูปที่ 4.1** แสดงการต่อหลอด LED K2 อนุกรมกัน 6 หลอด

## 4.1 วงจรขับหลอดแอลอีดีโดยใช้วงจรลดทอนระดับแรงดัน

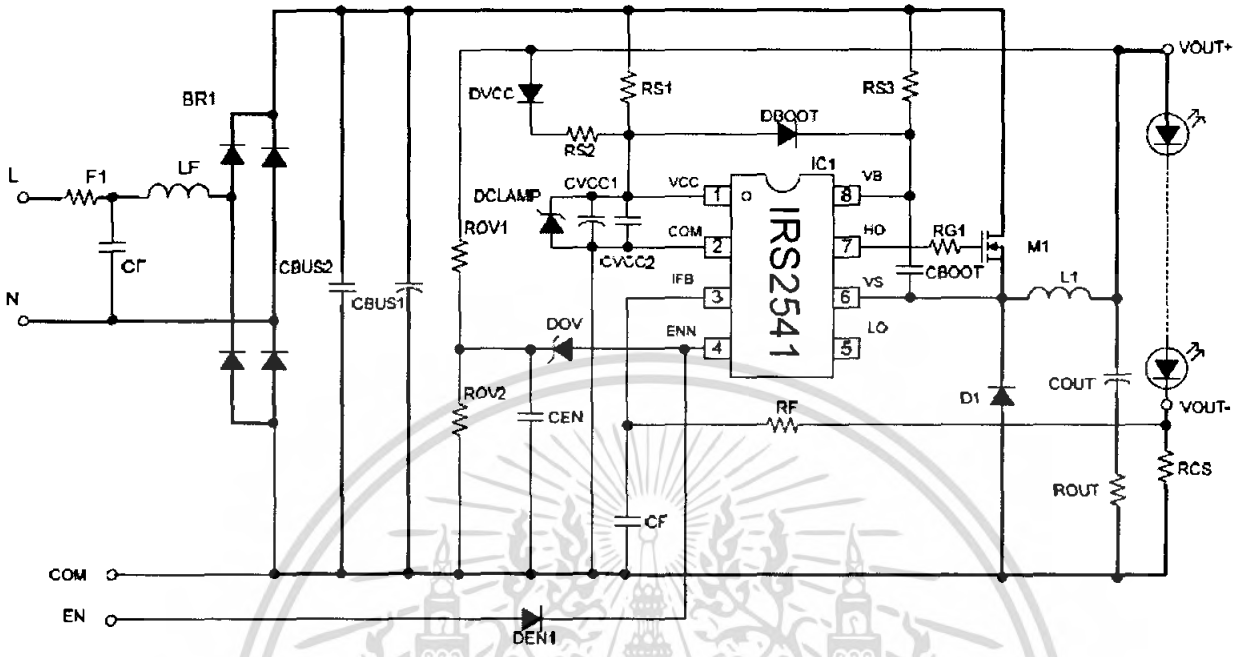
การทดลองในขั้นต้นได้ทำการต่อวงจรคอนโทรลลงใน Base Board แล้วได้ใช้ Function Generaterทำการจ่ายสัญญาณป้อนกลับให้กับ ไอซี เบอร์ IRS2541 เพื่อทดลองดูว่า ไอซีสามารถทำการสวิตช์ได้หรือไม่

หลังจากนั้นได้ทำการทดลองดูว่าค่า ความเหนี่ยวนำที่ออกแบบมานั้น สามารถใช้งานได้ที่การทำงานความถี่สูง และยังคงสถานะเป็นตัวเหนี่ยวนำอยู่ ซึ่งได้ทำการทดลองโดยนำวงจรกำลัง ซึ่งประกอบไปด้วย มอสเฟต, ไดโอด, ตัวเหนี่ยวนำ และใช้ชุดขับทดลองขับที่ความถี่สูง

เมื่อตรวจสอบดูแล้วว่าวงจรควบคุมและวงจรกำลังสามารถทำงานได้ จึงได้นำวงจรทั้งสองมาต่อร่วมกันและควบคุมกระแสด้านออกให้คงที่โดยควบคุมผ่านขาป้อนกลับของไอซี

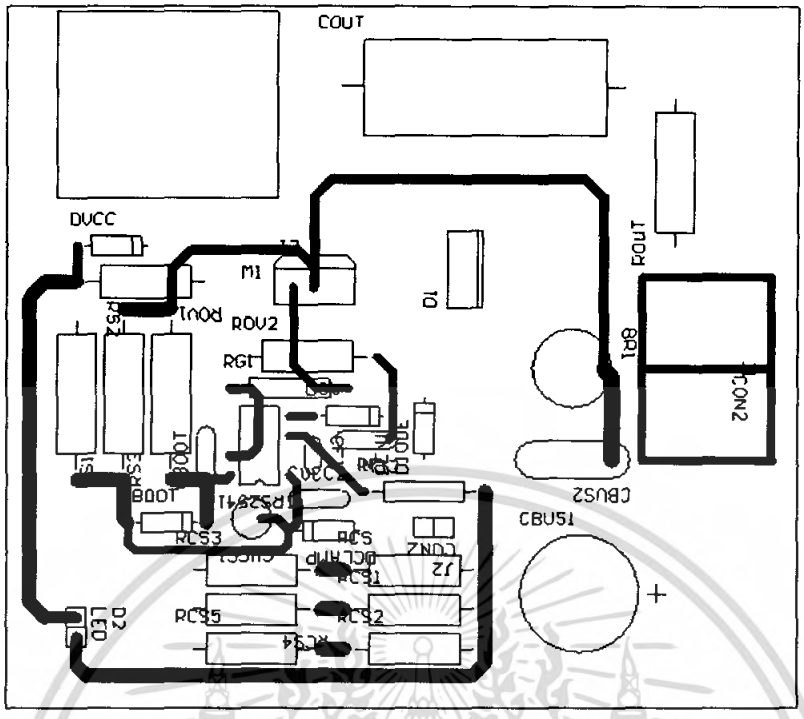
หลังจากนั้นได้ทำการออกแบบPCBที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

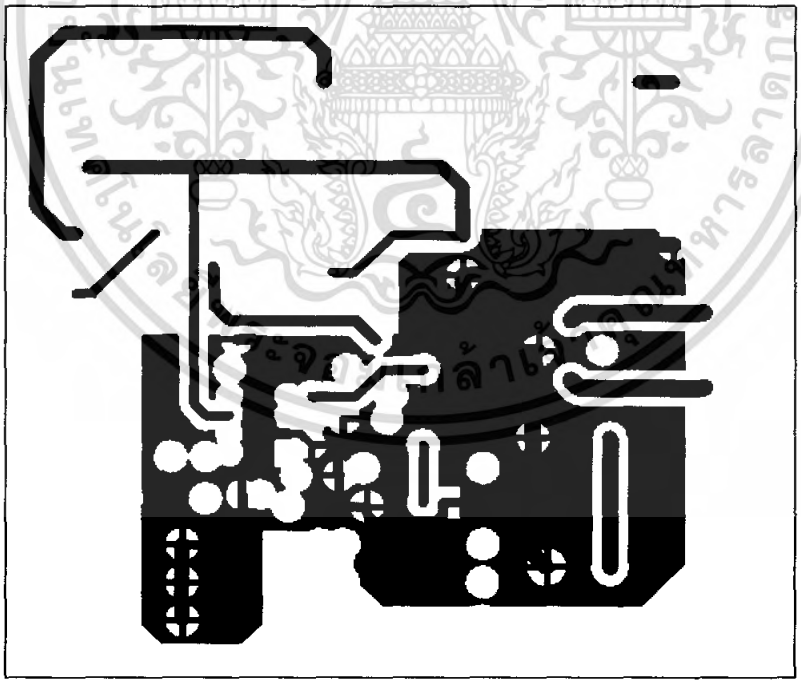



**รูปที่4.2** แสดงรูปวงจรลดทอนระดับแรงดันที่ใช้ในการทดลองจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




Top Layer

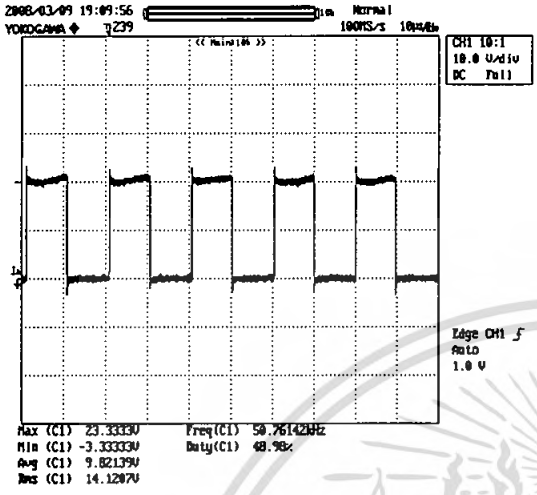


Buttom Layer

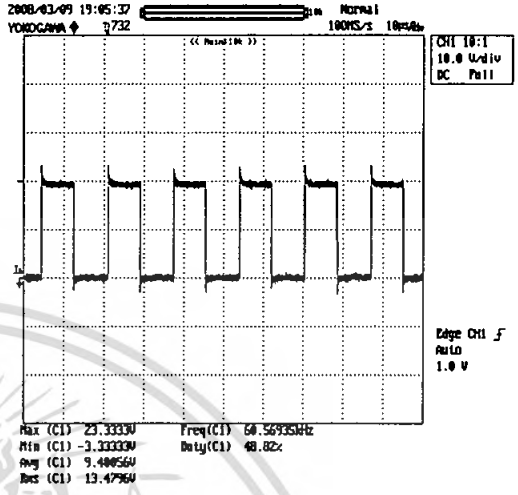
**รูปที่4.3** แสดงลายPCBของวงจรลดทอนระดับแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

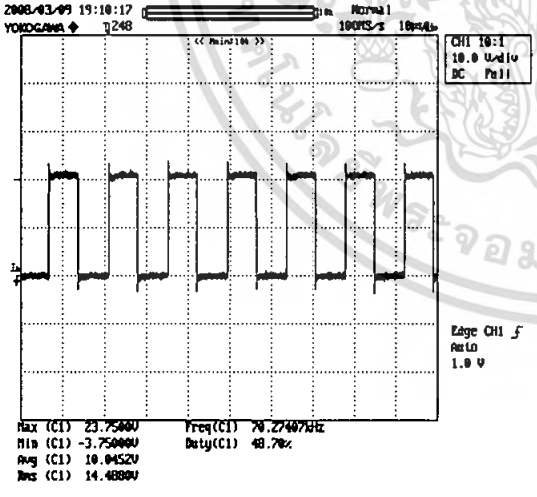
ในการทดลองได้ทำการจับสัญญาณกระแสขาออก กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ แรงดันที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ และสัญญาณการสวิตช์




**รูปที่ 4.4** แสดงรูปสัญญาณขาHO ของไอซี เมื่อใช้Function Generator เป็นสัญญาณป้อนกลับที่ความถี่ 50 kHz



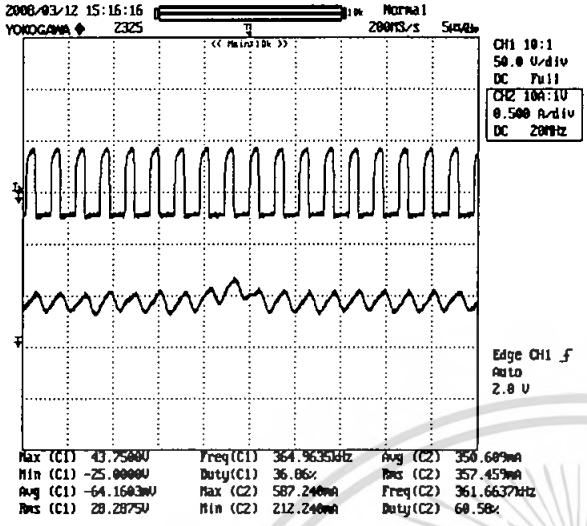

**รูปที่ 4.5** แสดงรูปสัญญาณขาHO ของไอซี เมื่อใช้ Function Generator เป็นสัญญาณป้อนกลับที่ความถี่ 60kHz



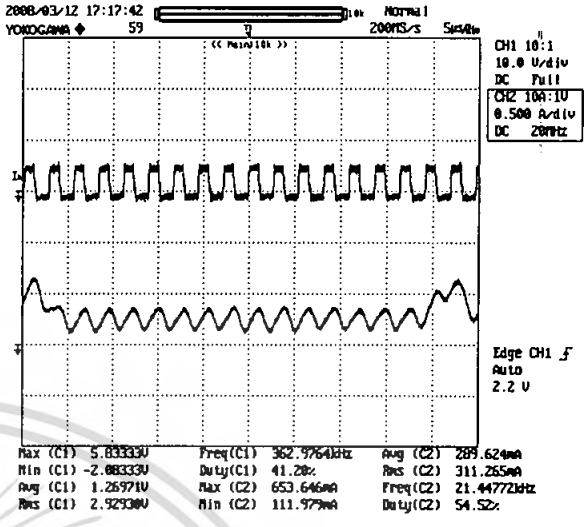

**รูปที่ 4.6** แสดงรูปสัญญาณขาHO ของไอซี เมื่อใช้Function Generator เป็นสัญญาณป้อนกลับที่ความถี่ 70kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

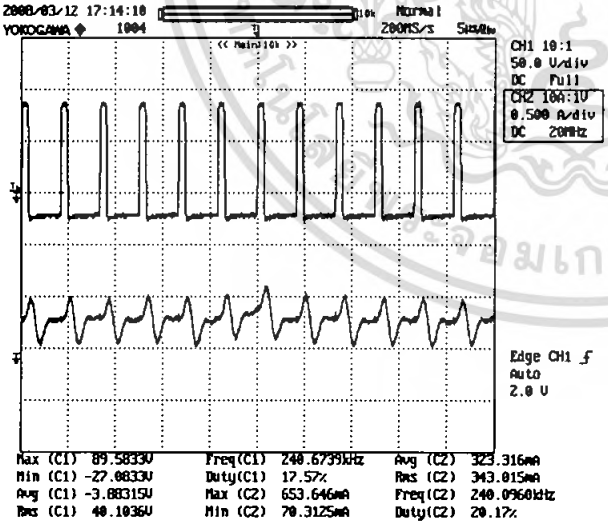
ขณะขับนำกระแสด้านออกที่350 mA



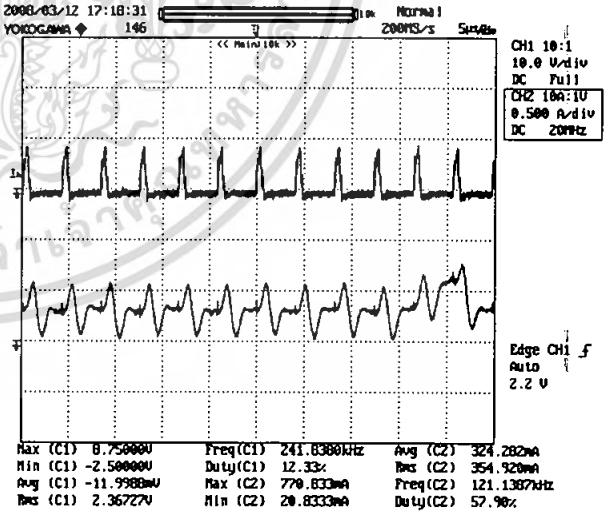

**รูปที่ 4.7** แสดงรูปแรงดันที่ดกคร่อมตัวเหนี่ยวนำและกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ที่แรงดันด้านเข้า50V




**รูปที่ 4.8** แสดงรูปสัญญาณขับสวิตช์และกระแสที่ไหลผ่านโหลดที่แรงดันด้านเข้า50V

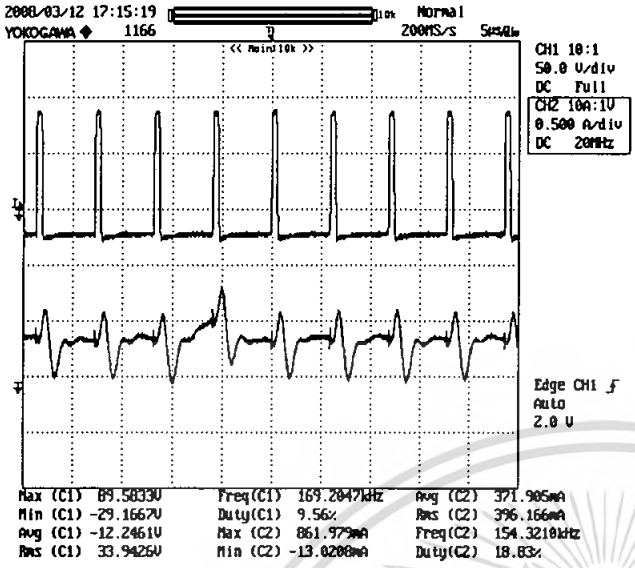



**รูปที่ 4.9** แสดงรูปแรงดันที่ดกคร่อมตัวเหนี่ยวนำและกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ที่แรงดันด้านเข้า130V

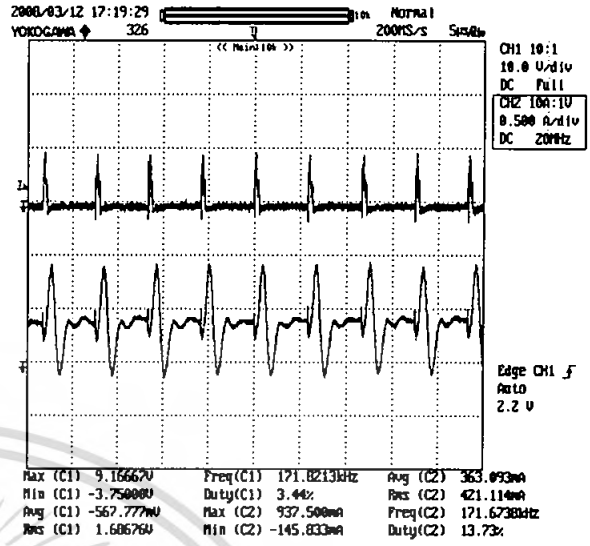



**รูปที่ 4.10** แสดงรูปสัญญาณขับสวิตช์และกระแสที่ไหลผ่านโหลดที่แรงดันด้านเข้า130V

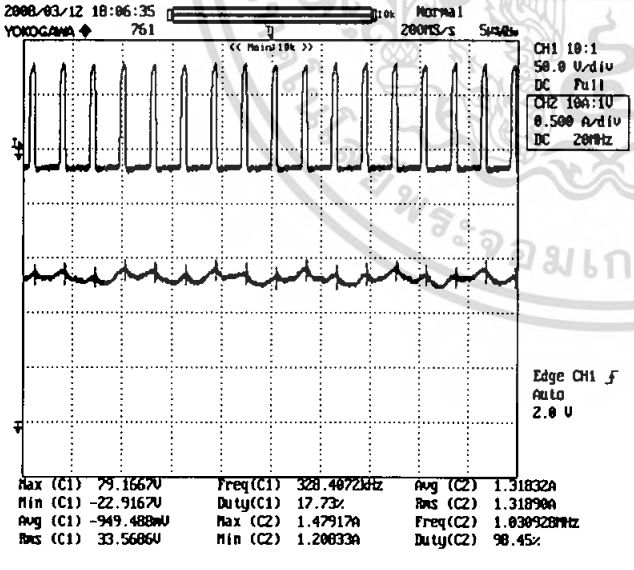
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



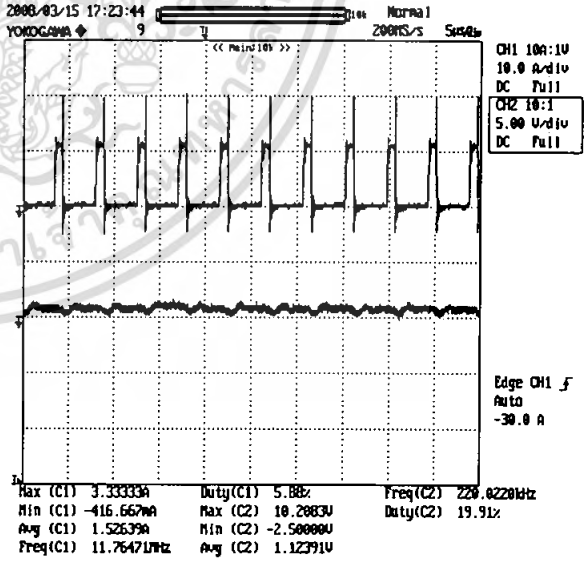

**รูปที่ 4.11** แสดงรูปแรงดันที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำและกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ที่แรงดันด้านเข้า220V ขณะขับนำกระแสด้านออกที่1500mA




**รูปที่ 4.12** แสดงรูปสัญญาณขับสวิตช์และกระแสที่ไหลผ่านโหลดที่แรงดันด้านเข้า220V

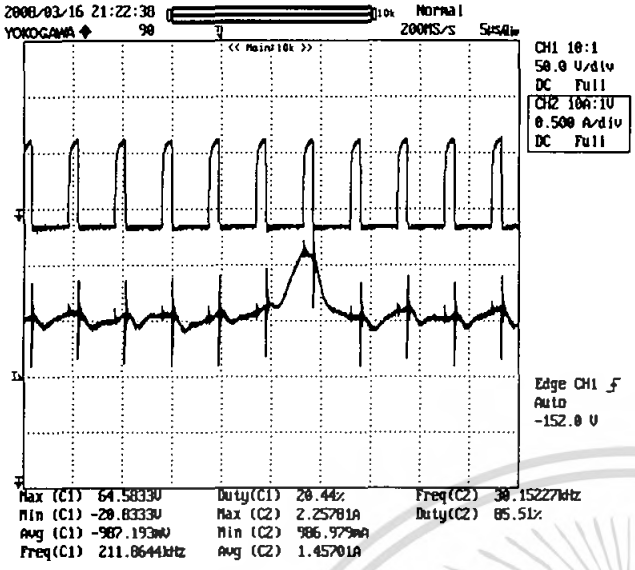



**รูปที่ 4.13** แสดงรูปแรงดันที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำและกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ที่แรงดันด้านเข้า130V

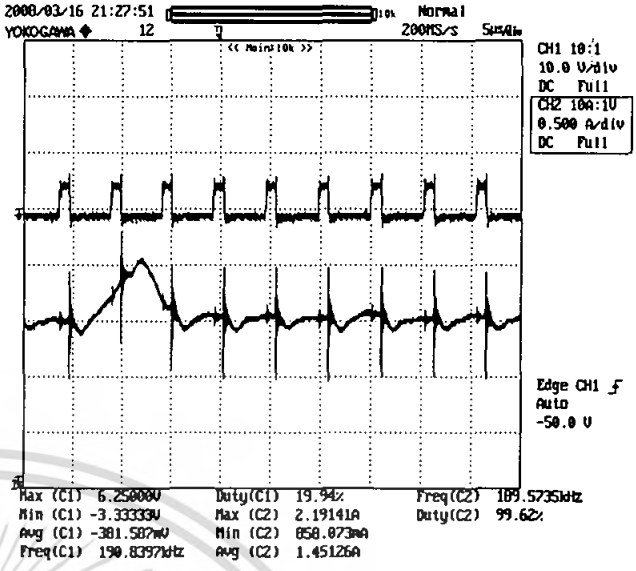



**รูปที่ 4.14** แสดงรูปสัญญาณขับสวิตช์และกระแสที่ไหลผ่านโหลดที่แรงดันด้านเข้า130V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



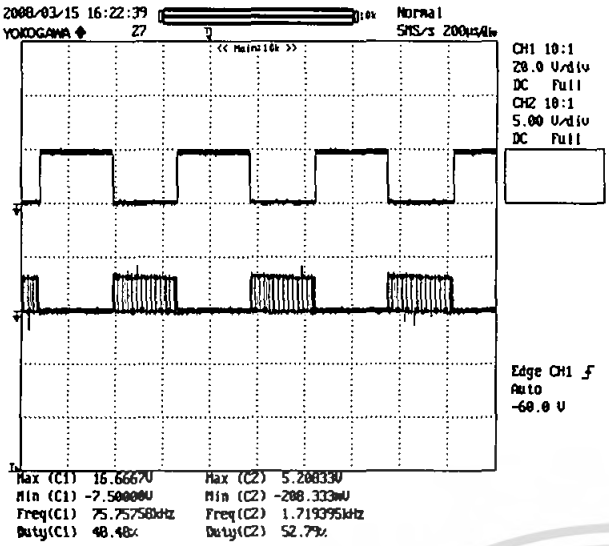

**รูปที่ 4.15** แสดงรูปแรงดันที่ดกคร่อมตัวเหนี่ยวนำและกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ที่แรงดันด้านเข้า220V



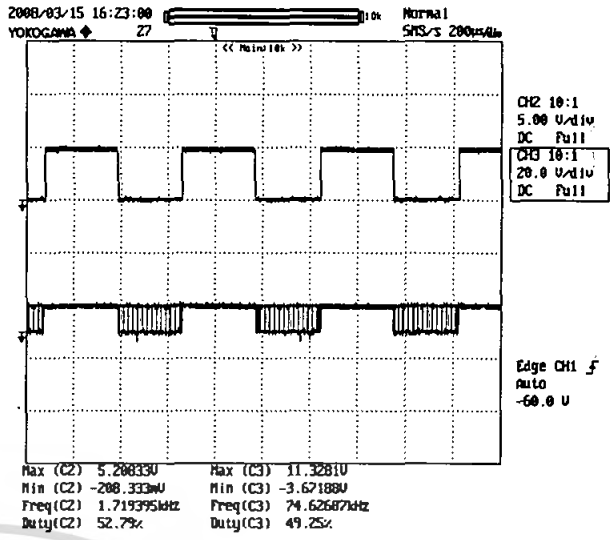

**รูปที่ 4.16** แสดงรูปสัญญาณขับสวิตช์และกระแสที่ไหลผ่านโหลดที่แรงดันด้านเข้า220V

การทดลองเรื่อง Dimming หรือการปรับหรี่แสง ในการทดลองครั้งนี้เราได้ทำการทดลองโดยป้อนสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม(Square wave) ความถี่สูง 1.7kHz โดยมีแรงดันต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ 0 และ 5 โวลต์ ตามลำดับ เข้าขา EN โดยในช่วงนี้ไอซีจะทำงานที่ความถี่สวิตชิ่ง 75 kHz จะได้รูปคลื่นสัญญาณ HO และ LO ดังรูปที่ 4.17 และ 4.18 ซึ่งสามารถนำสัญญาณที่ได้ ไปทำการปรับหรี่แสงได้ โดย Duty Cycle ของสัญญาณ EN มาก ความสว่างของแสงที่ออกจะน้อยและในทางกลับกัน Duty Cycle ของสัญญาณ EN น้อย ความสว่างของแสงที่ออกมาจะมาก

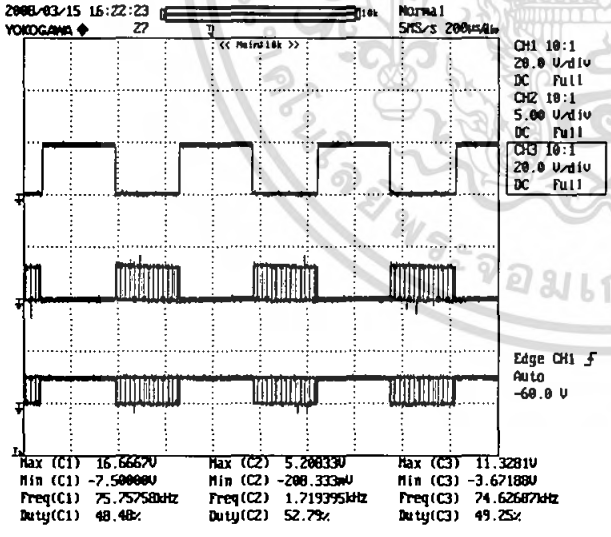
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่4.17** แสดงสัญญาณขา ENและHO
เมื่อทำการ Dimming




**รูปที่4.18** แสดงสัญญาณขา ENและLO
เมื่อทำการ Dimming




**รูปที่4.19** แสดงสัญญาณขา EN, HOและขา LO
เมื่อทำการ Dimming

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การคำนวณหาประสิทธิภาพ**

ที่กระแสขาออก 350 mA

$V_{in} = 311Vdc$

$I_{in} = 50mA$

$V_{out} = 18.6V$

$I_{out} = 340mA$

จากสมการ ประสิทธิภาพ $= \left(\frac{V_{out} * I_{out}}{V_{in} * I_{in}}\right) * 100$

$= \left(\frac{18.6 * 340}{311 * 50}\right) * 100$

= 40.66 %

ที่กระแสขาออก 1500 mA

$V_{in} = 311Vdc$

$I_{in} = 102mA$

$V_{out} = 12V$

$I_{out} = 1500mA$

จากสมการ ประสิทธิภาพ $= \left(\frac{V_{out} * I_{out}}{V_{in} * I_{in}}\right) * 100$

$= \left(\frac{12 * 1500}{311 * 102}\right) * 100$

= 56.74 %

จากการทดลองจะพบว่าสามารถขับหลอดแอลอีดีได้ที่220 V ขณะดึงกระแสที่350 mA โดยเมื่อปรับแรงดันที่ 50 V รูปคลื่นกระแสจะมีลักษณะขึ้นนำกระแสดังรูป และที่220 V รูปคลื่นจะมีลักษณะผิดเพี้ยนเล็กน้อย เนื่องจากสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองของวงจรลดทอนระดับแรงดันเมื่อใช้หลอด LED กำลังสูง 6 หลอด ต่ออนุกรมกัน จะสามารถคงที่พิกัดกระแสที่ต้องการ 350 mA โดยควบคุมผ่าน RCS (Resistor Current Sensor) ซึ่งมีค่าประมาณ 1.5 โอห์มโดยหากต้องการพิกัดกระแสด้านออกที่ 1500 mA จะต้องใช้ RCS ที่มีค่าประมาณ 0.33 โอห์มและต้องเปลี่ยนมาใช้หลอด LED K2 แทนเนื่องจากสามารถขับได้ที่กระแสพิกัดที่สูงถึง 1500 mA

หากต้องการประสิทธิภาพที่สูง จะต้องเพิ่มแรงดันด้านออกให้มากขึ้น(เพิ่มจำนวนหลอด LED กำลังสูงให้มากขึ้นกว่าเดิม

## 5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

วงจรขับหลอด LED กำลังสูงแบบควบคุมกระแสด้านออกให้คงที่นั้น จะพบว่ามีข้อจำกัดในการใช้งานที่ค่อนข้างเห็นชัด เนื่องจากจำเป็นต้องมีตัวต้านทานจำกัดกระแสเพื่อไม่ให้กระแสด้านออกของหลอด LED เกินกว่าพิกัดมิฉะนั้นจะทำให้หลอด LED เกิดความเสียหายได้

สำหรับการออกแบบโดยใช้วงจรลดทอนระดับแรงดันนั้น จะทำได้ค่อนข้างยากเนื่องจากเป็นการลดระดับแรงดันจากแรงดัน 220 โวลต์ (VAC) ให้เหลือประมาณ 20-30 โวลต์(VDC) ดังนั้นค่าของอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรจำเป็นจะต้องออกแบบให้เหมาะสมเพื่อให้ทนกระแสและแรงดันได้ นอกจากนี้การทำงานของวงจรจะมีความถี่ในการ Switching ที่สูงจึงทำให้มีสัญญาณรบกวนมาก ดังนั้นในการออกแบบลาย PCB จึงต้องใช้ความละเอียดรอบคอบค่อนข้างสูง

## 5.3 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเพิ่มเติม

ในการออกแบบวงจรขับหลอด LED กำลังสูงโดยใช้วงจรลดทอนระดับแรงดันนี้ ควรจะมีค่าตัวต้านทานจำกัดกระแส (RCS) ที่สามารถเลือกได้ว่าจะต้องการกระแสด้านออกที่เท่าไรเพื่อที่จะสามารถใช้ขับหลอด LED ที่ต้องการกระแสด้านออกในย่านต่างๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง


[1] วีระเชษฐ์ ขันเงิน **" อิเล็กทรอนิกส์กำลัง ",หจก.วี.เจ พริ้นติ้ง, 2547**

[2] นัสรุล อับดุลลี, นิธิพนธ์ ศุภนิธินันท์, ปฏิญญา อินทะแสง **" แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเอซี/ดีซี สำหรับแอลอีดีลักซีออนเคทู "** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคณทหารลาดกระบัง, 2549

[3] ปิติพงษ์ อิสระ, พงศ์พิศุทธิ์ เมฆนิติกุล และ ไพรัตน์ ถวิล **" การออกแบบชุดส่องสว่างโดยใช้ LED กำลังสูง"** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคณทหารลาดกระบัง,2548

[4] **"ไฟฉุกเฉินโดยใช้ หลอดเออีดีกำลังสูง"** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[5] สุมาลี อุณหวณิชย์, **"ระบบควบคุม"** , บริษัท ว. เพ็ชรกุล จำกัด, 2545

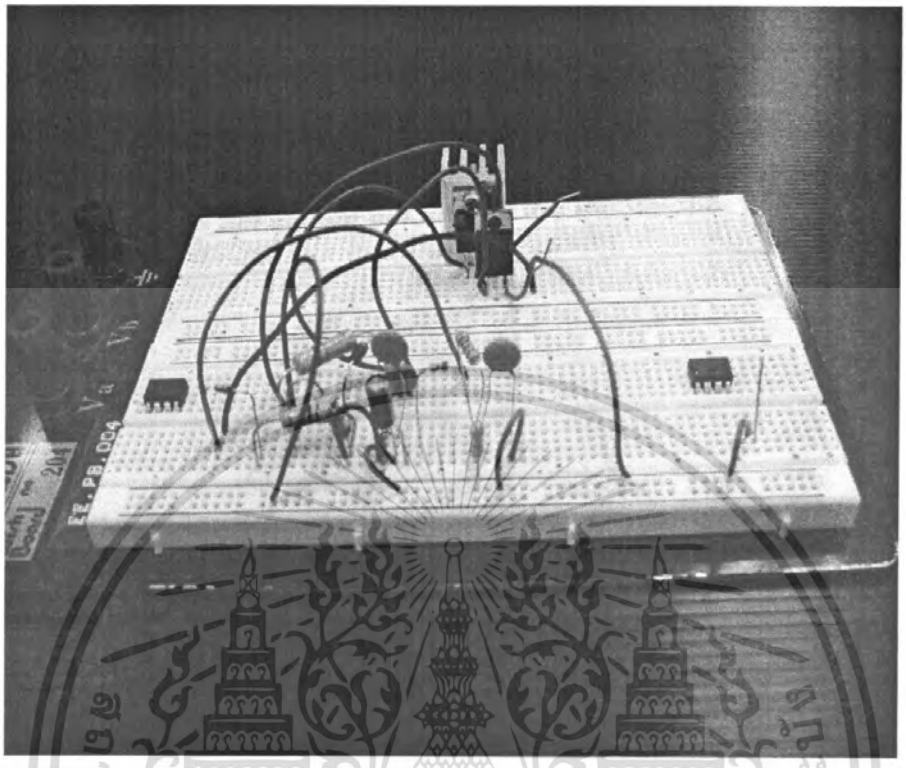
[6] www.alldatasheet.com

[7] www.irf.com


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

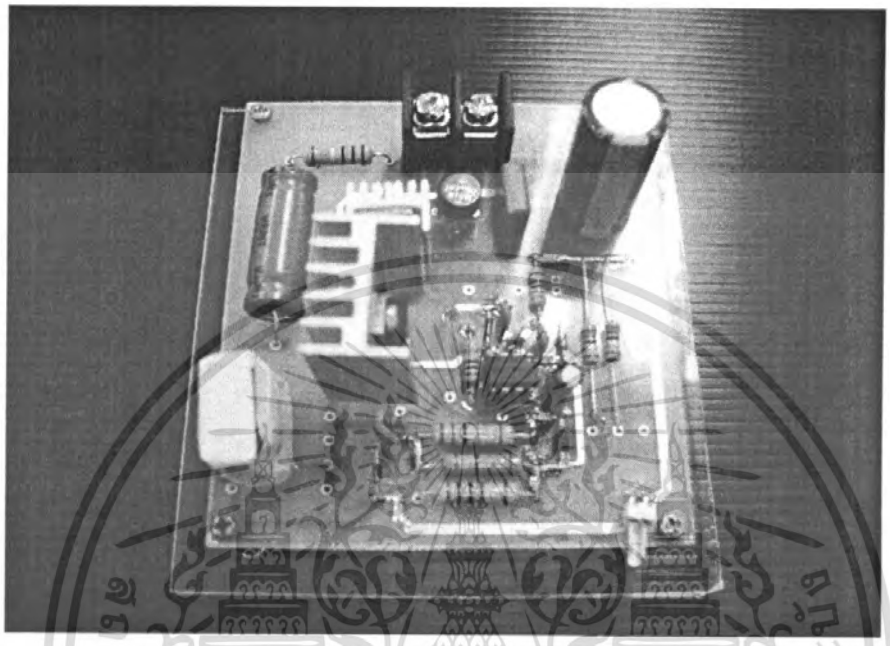


- ชุดวงจรควบคุมที่ใช้ในการทดลองดูการทำงานของไอซี IRS2541

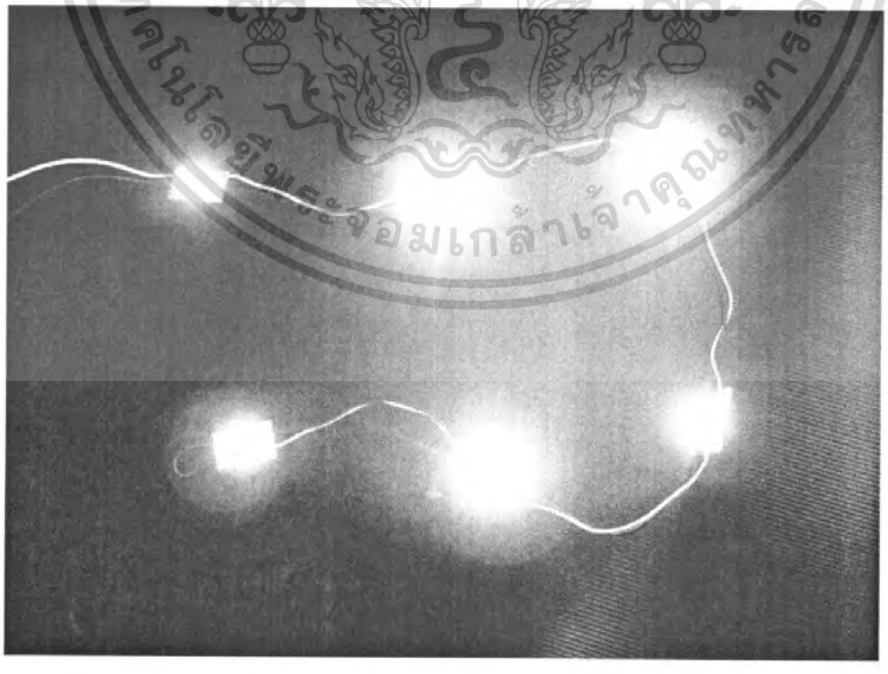
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

## วงจรและอุปกรณ์ต่าง ๆที่ใช้ในการทดลองชุดขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง



- ชุดวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงโดยใช้วงจรลดทอนระดับแรงดันโดยใช้ไอซี IRS2541



- ชุดหลอดแอลอีดีกำลังสูงต่ออนุกรมกัน6หลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

นายฉัตรชัย วิเศษบัณฑิตกุล เกิดวันที่ 20 ตุลาคม พ.ศ. 2528
ที่กรุงเทพมหานคร
สำเร็จมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี
สำเร็จมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี
เข้าศึกษาที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในปี พ.ศ. 2547 มีความสนใจและความถนัดในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าแขนงไฟฟ้ากำลัง
ความสามารถทางคอมพิวเตอร์และการใช้โปรแกรม Microsoft Office, AutoCAD
ทักษะภาษาต่างประเทศ ภาษาอังกฤษ
ฝึกงานที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค แผนกหม้อแปลง ระหว่างวันที่ 2 เมษายน – 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2550

นายฉัตรชัย ศรีจันทร์ดี เกิดวันที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2528
ที่กรุงเทพมหานคร
สำเร็จมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนพิริยาลัย จังหวัดแพร่
สำเร็จมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนดอนเมืองทหารอากาศบำรุงกรุงเทพมหานคร
เข้าศึกษาที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในปี พ.ศ. 2547 มีความสนใจและความถนัดในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าแขนงไฟฟ้ากำลัง
ความสามารถทางคอมพิวเตอร์และการใช้โปรแกรม Microsoft Office, AutoCAD
ทักษะภาษาต่างประเทศ ภาษาอังกฤษ
ฝึกงานที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค แผนกหม้อแปลง ระหว่างวันที่ 2 เมษายน – 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายชนชลิต มณีสุขเกษม เกิดวันที่ 24 ธันวาคม พ.ศ. 2528
ที่นครศรีธรรมราช
สำเร็จมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนภูเก็ตวิทยาลัย
สำเร็จมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนภูเก็ตวิทยาลัย
เข้าศึกษาที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในปี พ.ศ. 2547 มีความสนใจและความถนัดในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าแขนงไฟฟ้ากำลัง
ความสามารถทางคอมพิวเตอร์และการใช้โปรแกรม Microsoft Office, AutoCAD
ทักษะภาษาต่างประเทศ ภาษาอังกฤษ
ฝึกงานที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค แผนกออกแบบสายส่ง ระหว่างวันที่ 2 เมษายน – 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2550

นายชวิษฐ์ ชูมณี เกิดวันที่ 3 มีนาคม พ.ศ. 2529
ที่กระบี่
สำเร็จมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนอำมาตย์พานิชนุกูล
สำเร็จมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนอำมาตย์พานิชนุกูล
เข้าศึกษาที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในปี พ.ศ. 2547 มีความสนใจและความถนัดในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าแขนงไฟฟ้ากำลัง
ความสามารถทางคอมพิวเตอร์และการใช้โปรแกรม Microsoft Office, Protel
ทักษะภาษาต่างประเทศ ภาษาอังกฤษ
ฝึกงานที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค แผนกทดสอบ ระหว่างวันที่ 2 เมษายน – 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้