

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
ELECTRONIC BALLAST



โดย
นายกิตติศักดิ์ เพชรไข
นายเกรียงไกร วรเดช
นายธนาวุฒิ นาคสีห์

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.วิริยะ	พิเชษฐจำริญ
ดร.วิจิตร	กิมเรศ
อ.สุรินทร์	คำฝอย

เลขหม.....
เลขทะเบียน..... 36975
วัน, เดือน, ปี..... 30 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า


คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง บัณฑิตอิเล็กทรอนิกส์

ผู้จัดทำ



1. นาย กิตติศักดิ์ เพชรไข
2. นาย เกรียงไกร วรเดช
3. นาย ธนาวุฒิ นาคสีห์


อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร.วิริยะ พิเศษฐจำเริญ)


อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.วิจิตร กิณเรศ)


อาจารย์ที่ปรึกษา
(อ.สุรินทร์ คำฝอย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

นายกิตติศักดิ์	เพชร ไข่	
นายเกรียงไกร	วรเดช	
นายธนาวุฒิ	นาคสีห์	
รศ.ดร.วิริยะ	พิเชษฐจำเริญ	อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.วิจิตร	กิมเรศ	อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.สุรินทร์	คำฝอย	อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการวิเคราะห์และพัฒนาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อลดต้นทุนการผลิตต่อชิ้นลง โดยใช้เทคนิคการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์(Power Factor)ด้วยวงจรอัด-คายประจุ (Charge Pump) โดยได้แบ่งส่วนของการวิเคราะห์ออกเป็น การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ วงจรกำเนิดความถี่ด้วยตัวเอง (Self Oscillate) และวงจรเรโซแนนท์(Resonant Haft-Bridge Inverter) การวิเคราะห์จะใช้สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ (Flurescent Lamp 36 Watt) จำนวน 1 หลอด ซึ่งจากการทดลองสามารถปรับปรุงให้มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์มีค่าเท่ากับ 0.99 ค่าผิดเพี้ยนของกระแสด้านอินพุท(THDi ;Total Harmonic Distortion ot Current) มีค่าเท่ากับ 3.84 % ค่าตัวประกอบของค่าสูงสุดของแรงดันที่หลอด(Crest Factor) มีค่าเท่ากับ 1.5 และได้มีการเปรียบเทียบกับบัลลาสต์ที่มีขายอยู่ในท้องตลาดในเมืองไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRONIC BALLAST

Kittisak Petkhai

Grianggri Woradet

Tanawut Naksee

Asso.Prof.Dr.Viriya Pichetchumroen Adviser

Dr.Vijit Kinnaras Adviser

Surin Khomfoi Adviser

Abstract

The purpose in this thesis is to analyse and improve electronic ballasts in for increased efficiency, low cost and nearly unity power factor. The principle of operation is based on Charge – Pump concept, self-oscillation , parallel load resonant and haft bridge inverter. The design for a 36 watt fluorescent lamp has been made and the experiment results show that 0.99 power factor , 3.84 % THDi and 1.5 crest factor can be achieved .

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	IV
สารบัญรูป	V
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	2
2.1 ข้อควรคำนึงในการออกแบบ	2
2.2 การออกแบบแบตเตอรี่อิเล็กทรอนิกส์	5
2.2.1 วงจรสร้างความถี่ด้วยตัวเอง	5
2.2.2 วงจรเรโซแนนท์	10
บทที่ 3 การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์โดยใช้เทคนิค Charge Pump	15
3.1 ส่วนประกอบวงจร	16
3.2 หลักการทำงานของวงจร	17
บทที่ 4 ผลการทดลอง	21
4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง	21
4.2 ผลการทดลองวงจร Charge – pump	22
เทียบกับวงจรจำลอง โดย โปรแกรม Pspice	
4.3 เปรียบเทียบแบตเตอรี่อิเล็กทรอนิกส์ Charge – pump	29
กับแบตเตอรี่ตัวอย่าง	
4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง	45
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	48
ภาคผนวก	49
กิตติกรรมประกาศ	52
เอกสารอ้างอิง	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่พิกัดแรงดันของ Charge Pump
Ballast เทียบกับ Ballast ตัวอย่าง

หน้า

41



สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 Input Filter with Protection	4
รูปที่ 2.2 วงจรที่ใช้อ้างอิง	6
รูปที่ 2.3 ฮิสเทอรีซิสลูป(Hysteresis Loop)	6
รูปที่ 2.4 กระแสและแรงดันที่ช่วงเวลาต่างๆ	6
รูปที่ 2.5 วงจรพื้นฐานเรโซแนนท์ขนานกับโหลด	11
รูปที่ 2.6 แสดงผลตอบสนองเชิงความถี่สำหรับวงจรเรโซแนนท์ขนานกับโหลด	11
รูปที่ 3.1 วงจร Charge Pump	16
รูปที่ 3.2 อธิบายช่วงเวลาการทำงานของวงจร Charge Pump	18
รูปที่ 3.3 รูปคลื่นอธิบาย Stage การทำงาน	19
รูปที่ 4.1 วงจร Charge Pump ที่ใช้งานจริง	22
รูปที่ 4.2 วงจรจำลอง โดยโปรแกรม Pspice	22
รูปที่ 4.3 รูปคลื่นกระแสและแรงดันจากการจำลองความถี่สูง	23
รูปที่ 4.4 รูปคลื่นกระแสและแรงดัน Input	24
รูปที่ 4.5 รูปคลื่นกระแส i_A จากการจำลองที่ความถี่ 100 Hz	24
รูปที่ 4.6 รูปคลื่นแรงดัน V_x จากการจำลองที่ความถี่ 100 Hz	25
รูปที่ 4.7 รูปคลื่นกระแส i_L เทียบกับ V_x จากการวัด	25
รูปที่ 4.8 รูปคลื่นกระแส i_A เทียบกับ V_x จากการวัด	26
รูปที่ 4.9 รูปคลื่นกระแส i_{X2} เทียบกับ V_x จากการวัด	26
รูปที่ 4.10 รูปคลื่นกระแส i_{CS} เทียบกับ V_x จากการวัด	27
รูปที่ 4.11 รูปคลื่นกระแส i_{X1} เทียบกับ V_x จากการวัด	27
รูปที่ 4.12 รูปคลื่นกระแสเทียบกับแรงดัน Input จากการทดลอง	28
รูปที่ 4.13 รูปคลื่นกระแส i_A ที่ความถี่ 100 Hz จากการวัด	28
รูปที่ 4.14 รูปคลื่น V_x ที่ความถี่ 100 Hz จากการวัด	29
รูปที่ 4.15 รูปคลื่นกระแส Input เทียบกับแรงดัน Input	30
ระหว่าง Ballast Charge Pump กับ Balast ชนิดต่างๆ	
รูปที่ 4.16 แสดงกระแส Harmonics วงจร Charge Pump	31
รูปที่ 4.17 แสดงกระแส Harmonics บิตลาดด์ D	31

	หน้า
รูปที่ 4.18 แสดงกระแส Harmonics บัลลาสต์ E	32
รูปที่ 4.19 แสดงกระแส Harmonics บัลลาสต์ Y	32
รูปที่ 4.20 แสดง Harmonics บัลลาสต์ M	33
รูปที่ 4.21แสดง Harmonics บัลลาสต์ O	33
รูปที่ 4.22 กราฟแสดงค่าCrest Factor เทียบกับแรงดันต่างๆ	34
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่ากระแส Input เทียบกับแรงดันต่างๆ	35
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่า Power Factor เทียบกับแรงดันต่างๆ	35
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่า THDi เทียบกับแรงดันต่างๆ	36
รูปที่ 4.26 กราฟแสดงกำลัง ไฟฟ้า Input เทียบกับแรงดันค่าต่างๆ	36
รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่ากระแส Output เทียบกับแรงดันต่างๆ	37
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงค่าแรงดันOutput เทียบกับแรงดันต่างๆ	37
รูปที่ 4.29 กราฟแสดงค่ากำลัง ไฟฟ้า Output เทียบกับแรงดันต่างๆ	38
รูปที่ 4.30 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพ Ballast เทียบกับแรงดันต่างๆ	38
รูปที่ 4.31 กราฟแสดง Crest Factor เทียบกับแรงดันต่างๆ	39
รูปที่ 4.32 กราฟแสดงค่าความต้านทาน LDR เทียบกับแรงดันต่างๆ	39
รูปที่ 4.33 กราฟแสดงการแผ่ความร้อน ณ.เวลาต่างๆ	40
รูปที่ 4.33 แผนภูมิแสดงค่า THDi ,Harmonic 3 rd ,5 th และ7 th ที่พิกัดแรงดัน 220 V	42
รูปที่ 4.34 แผนภูมิแสดงค่า Power Factor และ Crest Factor ที่ พิกัดแรงดัน220 V	42
รูปที่ 4.35 แผนภูมิแสดงค่า กระแส Input และกระแส Output ที่พิกัดแรงดัน 220 V	43
รูปที่ 4.36 แผนภูมิแสดงค่า กำลังไฟฟ้า Input ,กำลังไฟฟ้า Output และกำลังไฟฟ้า สูญเสียที่พิกัดแรงดัน 220 V	43
รูปที่ 4.37 แผนภูมิแสดงค่า ประสิทธิภาพ Ballast ที่พิกัดแรงดัน 220 V	44
รูปที่ 4.38 แผนภูมิแสดงค่าความต้านทาน (LDR, Ω) ที่พิกัดแรงดัน 220 V	44
รูปที่ 4.39 รูปคลื่นแรงดันคร่อมขั้วหลอดขณะ Start	45
ภาคผนวก	
รูป ก. แสดงการวัดกำลัง ไฟฟ้าอินพุท	50
รูป ข. แสดงการวัดกำลัง ไฟฟ้าเอาท์พุท	50
รูป ค. แสดงการวัดกระแสอินพุท	51
รูป ง. แสดงการวัดอุณหภูมิบัลลาสต์ ณ.ตำแหน่งต่างๆ	51

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เริ่มเป็นที่สนใจของผู้ประกอบการหรือผู้ใช้ไฟฟ้าที่ต้องการใช้พลังงานแสงสว่างจำนวนมาก เพราะบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพสูง ค่าประกอบกำลัง (Power Factor) สูง น้ำหนักเบาและมีการกระพริบของแสงต่ำ เมื่อเทียบกับบัลลาสต์แบบแมกเนติกส์ซึ่งทั้งหมดนี้จะนำไปสู่การประหยัดพลังงานอย่างคุ้มค่า แต่อย่างไรก็ตามบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ก็ยังมีข้อเสียที่จะต้องปรับปรุงเช่น ราคาและประสิทธิภาพ ดังนั้นปรวิญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อ

1. ปรับปรุงค่า THDi < 10 %
2. ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง > 0.97
3. ปรับปรุงค่าแครสเฟคเตอร์ (Crest Factor) < 1.7
4. มีอุปกรณ์ในการอุ่นไส้หลอดเพื่อยืดอายุการใช้งานของหลอด
5. ลดต้นทุนในการประกอบต่อขึ้น

ปรวิญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยวงจรที่ประหยัดให้ประสิทธิภาพตามต้องการโดยใช้วงจร Charge Pump ซึ่งมีข้อเด่นดังนี้คือ

- สามารถลดตัวเหนี่ยวนำที่ใช้ในการทำให้กระแสต่อเนื่องลง โดยการใช้คาร์ปาซิเตอร์แทน
- ลดสวิตช์และวงจรควบคุมตัวเหนี่ยวนำตามที่กล่าวข้างต้น
- ลดขนาดคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์

ในปรวิญญานิพนธ์ฉบับนี้จะแบ่งออกเป็น

- บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานและหลักการออกแบบ
- บทที่ 3 กล่าวถึงทฤษฎีการทำงานของวงจร Charge Pump
- บทที่ 4 กล่าวถึงผลการทดลอง
- บทที่ 5 กล่าวถึงบทวิจารณ์และสรุป

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐาน

ในการที่จะทำการวิเคราะห์การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์นั้นจำเป็นที่จะต้องทราบข้อควรคำนึงในการออกแบบและหลักการโดยพื้นฐานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งหลักการพื้นฐานที่จะกล่าวถึงในบทนี้ได้แก่ วงจรสร้างความถี่ด้วยตัวเอง(Self-oscillate controller), วงจรเรโซแนนท์(Resonant Circuit)และการอุ่นไส้หลอด

2.1 ข้อควรคำนึงในการออกแบบ

1) **ตัวประกอบกำลัง(Input power factor:PF)** : ตามมาตรฐาน โดยทั่วไปที่ใช้ควบคุมการผลิตบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่จะวางจำหน่ายในทางการค้า จะกำหนดค่าตัวประกอบกำลังทางด้านอินพุตไม่ต่ำกว่า 0.95 ซึ่งค่าตัว PF นี้จะลดลงเมื่อเมื่อค่า RMS ของกระแสอินพุตสูงขึ้นอีกทั้งยังมีผลของการเพิ่มขึ้นของฮาร์มอนิกส์อีกด้วย จะสังเกตเห็นว่าเมื่อ PF ต่ำจะมีผลทำให้กระแสสูงขึ้นเมื่อใช้จ่ายกำลังไฟฟ้าที่เท่ากันซึ่งจะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียในอุปกรณ์ภายในของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เช่น ค่าความเหนี่ยวนำ , ค่าความต้านทาน เป็นต้น โดยที่การแก้ไขปัญหานี้ได้มีการนำเทคนิค แพสซีฟ(Passive) และแอคทีฟ(Active) มาใช้ในบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน

2) **ความผิดเพี้ยนของแรงดัน(Line harmonic distortion)** : ความผิดเพี้ยนของแรงดันนั้นมีสาเหตุเนื่องมาจากแรงดันตกคร่อมอิมพีแดนซ์(Impedance)อนุกรมซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการไหลของกระแสฮาร์มอนิกส์ ซึ่งเป็นผลทำให้ Impedance สูงขึ้นแต่ในความเป็นจริงนั้นสาเหตุนี้ไม่สำคัญในการออกแบบบัลลาสต์มากนักเพราะได้มีมาตรฐานในการกำหนดค่า PF ก่อนข้างสูง (0.95) ด้วยสาเหตุนี้ความผิดเพี้ยนของแรงดัน Line จะต่ำไปด้วย

3) **ความผิดเพี้ยนของกระแส(Input current harmonics)** : กระแสฮาร์มอนิกส์ทางด้านอินพุตนั้นเป็นสาเหตุทำให้ปัญหา PF และ รูปคลื่นแรงดัน(Voltage waveform) เช่น การไหลของกระแสฮาร์มอนิกส์ทำให้เกิด ความร้อนขึ้นในหม้อแปลงที่จ่ายกระแสและการเพิ่มขึ้นการสูญเสียในระบอบอีกทั้งกระแสฮาร์มอนิกส์ที่ไหลเข้าสู่หม้อแปลงนั้นเป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของ

สัญญาณรบกวน(Audible noise), การสูญเสียในขดลวด, การสูญเสียในแกนเหล็ก และ การสูญเสีย
เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

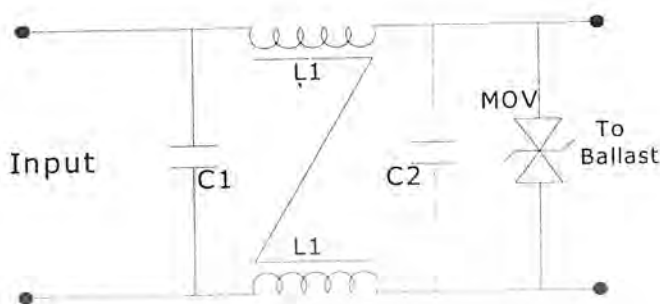
ที่เกิดจากสเตรฟลักซ์(Stray flux) ส่วนกระแสฮาร์มอนิกส์ที่ไหลในสายก็จะส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียในขดลวดมากขึ้นซึ่งสาเหตุนี้เกิดมาจาก เมื่อกระแสฮาร์มอนิกส์สูงจะทำให้ PF ต่ำลง(ถ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าเท่าเดิม) ดังนั้น ขนาดของกระแสอินพุตสูงขึ้นประกอบกับสกินเอฟเฟค(Skin effect) เนื่องจากความถี่สูงทำให้ค่าความต้านทานของสายเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้การสูญเสียในขดลวดมากขึ้นซึ่งถ้าในความเป็นจริงในระบบกำลังไฟฟ้าสาเหตุนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียในขดลวดของสายนิวทรัล(ในกรณีที่เป็นระบบ 3 เฟส 4 สาย)และมากไปกว่านั้นผลของฮาร์มอนิกส์สามารถทำให้ฟิวส์เสียหายหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ทริปได้ด้วย ส่วนผลกระทบอีกอย่างของกระแสฮาร์มอนิกส์ที่เกิดจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์อีกอย่างคือ KW-Hr มิเตอร์ ซึ่งเป็นมิเตอร์ที่ทำการบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยทั่วไปซึ่งมิเตอร์เหล่านี้ได้ออกแบบไว้ใช้งานกับแรงดันแบบไซน์เท่านั้น แต่เมื่อมีการรบกวนของกระแสฮาร์มอนิกส์ก็จะเป็นผลให้มิเตอร์นั้นหมุนเร็วขึ้น ดังนั้นผู้ผลิตและออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ได้มีการคำนึงถึงปัญหานี้อย่างมากและเป็นประเด็นที่ใช้ในการแข่งขันกันในการตลาดซึ่งจะบอกเป็นเปอร์เซ็นต์(%THD).

4)การกระเพื่อมของแรงดันดีซี(DC Link Voltage Ripple) :การกระเพื่อมของแรงดันดีซีจะส่งผลทำให้เกิดการกระพริบของแสง(Stroboscopic) ซึ่งโดยทั่วไปการกรองแรงดันกระเพื่อมจะใช้ตัวเก็บประจุ(Capacitor)หลังวงจรเรียงกระแส(Rectifier) ดังนั้น Capacitor ที่ใช้ก็ต้องมีการออกแบบให้เหมาะสมเพราะถ้า Capacitor มีขนาดมากเกินไปก็จะทำให้เกิดความเครียด(Stress) ที่ตัวไดโอดเรียงกระแสสูง และเป็นสาเหตุของการเพิ่มของกระแสฮาร์มอนิกส์ด้วย

5)อุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินชั่วขณะ(Line transient protection) :การผลิตเกินของกำลังไฟฟ้าที่เกิดจากผลของแรงดันเกินชั่วขณะ อาจทำให้เกิดความเสียหายให้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ได้เพราะเนื่องจากอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำมีความเปราะบางต่อการกระชากของกระแสและแรงดัน ดังนั้นผู้ผลิตส่วนมากจะใช้ Metal Oxide Varistor(MOV) ในการป้องกันแรงดันเกินชั่วขณะ

6)การรบกวนทางสนามแม่เหล็ก(Radio Frequency Interference:RFI,Electromagnetic Interference: EMI) :บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ก็เหมือนเป็นอุปกรณ์สื่อสารความถี่สูงชนิดหนึ่ง เราพิจารณาตั้งแต่ในส่วนของแหล่งจ่ายให้บัลลาสต์ กล่าวคือสามารถที่จะนำคลื่น RFI เข้ามาในตัวบัลลาสต์ ซึ่งอาจจะทำให้การทำงานของบัลลาสต์ผิดเพี้ยนไปได้ ในขณะที่เดียวกันบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ก็สามารถสร้างสัญญาณรบกวน(EMI)ออกไปรบกวนอุปกรณ์ภายนอก การป้องกันการรบกวนอันเนื่องจาก RFI และ EMI เราสามารถที่จะต่อวงจรได้ดังแสดงในรูปที่2.1 แล้วนำไปต่ออนุกรมกับวงจรเรียงกระแสอีกทีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 Input Filter with Protections

7) แรงดันจุดลลอด : จะต้องมีค่าสูงมากพอในตอนเริ่มแรกในการจุดลลอดซึ่งจะอาศัยหลักวงจรเรโซแนนซ์ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อหลักการพื้นฐาน

8) การกระพริบของลลอด (Flicker) : จะเกิดขึ้นเมื่อถึงจุดกระแสเป็นศูนย์ (Zero crossing) ของสวิตช์ ซึ่งการกระพริบของลลอดนี้จะก่อให้เกิดปัญหาในการทำงานจะมีผลต่อสายตา ซึ่งจะทำให้เกิดการมีนงง ดังนั้นเราควรลดแอมพลิจูดสูงในการทำงานของบัลลาสต์

9) รูปลักษณะของกระแสลลอด (Lamp current waveshape) : เราสามารถวัดได้จากการวัดค่า Crest Factor (ค่า MAX หรือค่า RMS) ซึ่งถ้าค่า Crest Factor มีค่าสูงจะทำให้อายุของลลอดสั้นลงซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาทางด้าน RFI / EMI ด้วย ดังนั้นเราจะต้องควบคุมให้ Crest factor มีค่าไม่เกิน 1.7 ตามมาตรฐาน

10) การอุ่นไส้ลลอด (Pre-heat) : จากการศึกษาเรื่องลลอดฟลูออเรสเซนต์ ปรากฏว่าการเสื่อมของลลอดนั้นเป็นผลจากการที่ไอซีที่เคลือบไส้ลลอดทั้งสแตน (Alkaline rare-earth) หายไป ซึ่งเป็นผลจากการระเหย (Evaporation) และการระเหิด (Sputtering) ในระหว่างการจุดลลอดแต่ละครั้ง และในช่วงสภาวะการทำงานปกติ (แต่ตอนจุดลลอดจะมีผลมากกว่า) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ขั้วลลอดดำและเสื่อมสภาพจนไม่สามารถใช้งานได้ ฉะนั้นเพื่อที่จะลดความเสียหายของไส้ลลอดในขณะที่จุดลลอด จึงจำเป็นต้องมีการอุ่นไส้ลลอด (Pre-heat) ให้กับลลอดก่อนที่ลลอดจะติด กล่าวคือต้องมีการทำให้อุณหภูมิของไส้ลลอดถึงจุดที่จะสามารถปล่อยประจุ (Ionisation ; เกิดที่อุณหภูมิประมาณ 1000°C) ได้ก่อนที่จะจ่ายแรงดันจุดลลอดให้ติด (200-300 V) ซึ่งการอุ่นไส้ลลอดจะต้องพิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กระแสส่องแสง (Glow Current) คือกระแสที่ใช้ในการอุ่นไส้หลอดให้ได้ อุณหภูมิปล่อยประจุก่อนที่หลอดจะติด ในทางอุดมคติจะมีเฉพาะกระแสอุ่นไส้หลอด (Glow current) ไหลผ่านไส้หลอด ณ. ขณะนี้เท่านั้น กระแสไหลผ่านหลอดจะต้องเป็นศูนย์ (ไม่เกิน 25 mA ตามมาตรฐาน NSI C82.11) ถ้ากระแสส่องแสงมากจะทำให้ไส้หลอดเกิดการระเหย (Evaporation) ของออกไซด์ที่ขั้วหลอด แต่ถ้ากระแสส่องแสงต่ำก็จะทำให้อุณหภูมิอุ่นไส้หลอดไม่สูงพอที่ปล่อยประจุ ทำให้ข้ามขั้นตอนการอุ่นไส้หลอดไปยังการจุดหลอดทันที ทำให้เกิดการระเหิด (Sputtering) ของออกไซด์เช่นกัน

2. ช่วงเวลาอุ่นหลอด (Lamp Preheat time) คือช่วงเวลาในการอุ่นไส้หลอดของ กระแสส่องแสง ซึ่งในมาตรฐาน มอก. กำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 400 mS (500 mS ตามมาตรฐาน ANSI C82.11) ถ้าช่วงเวลาอุ่นหลอดมากอาจทำให้เกิดความร้อนสูง (Over-heat) ซึ่งเป็นผลให้เกิดการระเหยของออกไซด์เคลือบขั้วหลอด ในทางกลับกันถ้าเวลาน้อยอาจจะทำให้อุณหภูมิอุ่นไส้หลอดไม่สูงพอที่จะปล่อยประจุ ซึ่งเป็นผลให้เกิดการระเหิดของออกไซด์เคลือบขั้วหลอดเช่นเดียวกัน

3. แรงดันอุ่นขั้วหลอดและอุณหภูมิขั้วหลอด (Electrode preheat voltage and electrode temperature)

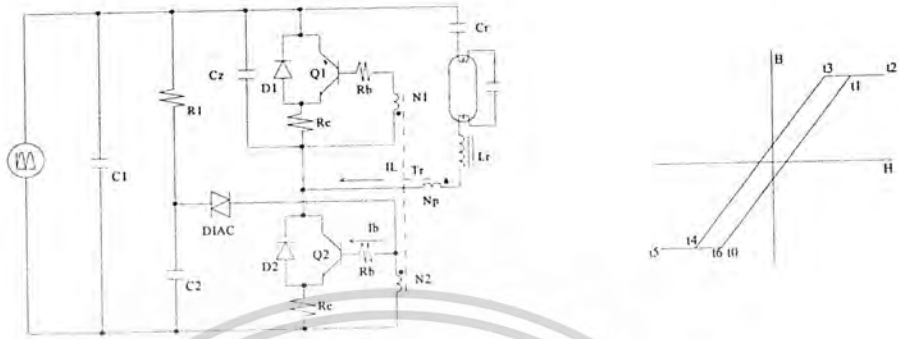
คือแรงดันที่ขั้วหลอด (Electrod voltage) ขณะอุ่นไส้หลอด การใช้แรงดันช่วยในการอุ่นไส้หลอดจะทำให้สามารถช่วยยึดอายุการใช้งานของหลอดได้ ถ้าใช้แรงดันอุ่นไส้หลอดสูงจะทำให้สามารถลดแรงดันจุดหลอดลงได้ แต่ก็ต้องระวังอย่าให้เกิดความร้อนเกิน (Over-heat) ที่ขั้วหลอด และการใช้แรงดันอุ่นขั้วหลอดต่ำอาจไม่ได้ความร้อนขั้วหลอด ณ จุดทำงาน ตามมาตรฐาน มอก. กำหนดไว้ที่ 3-6 V (3.4-4.5 V, ANSI C82.1-1985)

2.2 การออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

2.2.1 วงจรสร้างความถี่ด้วยตัวเอง (Self – oscillate controller)

หลักการทำงานและการออกแบบวงจรสร้างความถี่ด้วยตัวเอง สามารถแบ่งออกเป็นช่วง เวลา ได้ 6 ช่วงตาม ฮิสเทอรีซิสลูป (Hysteresis loop) ของแกนเฟอร์ไรต์ (Ferrite) บนพื้นฐานของการทำงานนี้ทำให้เห็นถึงการ ปิด-เปิด ของสวิตช์จะขึ้นอยู่กับ หม้อแปลงกระแส ช่วงเวลาสะสม ประจุของทรานซิสเตอร์ (storage–delay Time) และช่วงเวลากการเปลี่ยนสถานะของทรานซิสเตอร์ (Transistion time) ซึ่งจะอธิบายการทำงานตามรูปที่ 2.2, 2.3 และ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 วงจรที่ใช้อ้างอิง

รูปที่ 2.3 ฮิสเทอริซิสลูป



รูปที่ 2.4 กระแส และ แรงดันที่ช่วงเวลาต่างๆ

การวิเคราะห์การทำงาน(Analysis)

ช่วงเวลาที่ 1; $t_0 < t < t_1$:ช่วงเวลานี้ หม้อแปลงกระแส(Tr) จะทำงานช่วงหนึ่งวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Unsaturated) และทรานซิสเตอร์ Q_2 จะทำงานช่วงอิ่มตัว(Saturate Mode) ขดลวด N_{s2} เป็นตัวขับ ทรานซิสเตอร์ Q_2 ตอนกระแสไหลอด(i_L)เป็นลบ กระแสจะไหลผ่าน D_2 แต่เมื่อกระแสเป็นบวก กระแสจะไหลผ่าน ทรานซิสเตอร์ Q_2 ทันที กล่าวคือ N_{s2} นั้นจะขับให้กระแสเบส(i_b)ของ ทรานซิสเตอร์ Q_2 อิ่มตัวก่อนที่จะมีกระแสคอลเลกเตอร์(i_c)ไหล (i_b นำหน้า i_c) ฉะนั้นตอน Q_2 ปิด วงจร แรงดันคร่อมตัวมันเกือบเท่ากับศูนย์ (เท่ากับ -0.7 V ของ Diod)

ช่วงเวลาที่ 2 ; $t_1 < t < t_2$:ช่วงเวลา t_1-t_2 หม้อแปลงกระแสTr จะอิ่มตัว(Saturated) และ ทรานซิสเตอร์ Q_2 ก็ยังคงทำงานช่วงอิ่มตัว(Saturated)อยู่ เป็นเพราะประจุตกค้างที่ขา B-E ของ ทรานซิสเตอร์ Q_2 จึงทำให้ ทรานซิสเตอร์ Q_2 ยังสามารถทำงานต่อไปได้

ช่วงเวลาที่ 3 ; $t_2 < t < t_3$:เริ่มตั้งแต่ t_2 ทรานซิสเตอร์ Q_2 จะเปลี่ยนสถานะการทำงาน เป็นช่วงขยาย (Active Mode) อย่างรวดเร็วและมีค่าความต้านทานสูงมาก ทำให้กระแสไหลอด (i_L) เกือบทั้งหมดเปลี่ยนไปไหลผ่าน C_z เป็นผลให้แรงดันคร่อม Q_2 เพิ่มขึ้น ซึ่งกล่าวได้ว่า ทรานซิสเตอร์ Q_2 ปิดวงจรตอนกระแสเป็นศูนย์ ขณะแรงดันสูง ช่วงเวลา นี้จะขึ้นอยู่กับค่า C_z ที่เวลา t_3 ไดโอด D_1 จะเริ่มนำกระแส แรงดันคร่อมทรานซิสเตอร์ Q_2 เท่ากับแรงดันไฟตรง (V_{DC} Bus)

ช่วงเวลาที่ 4 ; $t_3 < t < t_4$:การทำงานก็ลักษณะเดียวกับช่วงเวลา 1 กล่าวคือ ไดโอด D_1 จะนำกระแสตอนกระแสไหลอด (i_L)ยังไหลเป็นบวกอยู่ และจะเปลี่ยนไปไหลผ่านทรานซิสเตอร์ Q_1 ทันทีเมื่อกระแสไหลอดเป็นลบ

ช่วงเวลาที่ 5 ; $t_4 < t < t_5$:การทำงานก็เช่นเดียวกับ ช่วงเวลาที่ 2 แต่ไม่มีแรงดันไฟตรง (V_{DC} Bus) ต่อยู่ในวงจร กระแสที่ไหลในวงจรจะเป็นกระแสย้อนกลับ(Oscillate) จากตัวเก็บประจุ

ช่วงเวลาที่ 6 ; $t_5 < t < t_6$:ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะทำงานช่วงขยาย(Active Mode) กระแสส่วนมากจะไหลผ่าน C_z และแรงดันคร่อม Q_1 จะเพิ่มเท่ากับ V_{DC} Bus

การออกแบบวงจร

จากช่วงเวลาการทำงานเห็นได้ว่า ช่วงเวลาที่ 1 และ 4 การทำงานจะขึ้นอยู่กับการทำงานของหม้อแปลงกระแสขณะไม่อิ่มตัว(Unsaturated) ช่วงเวลาที่ 2 และ 5 จะขึ้นอยู่กับเวลาสะสมประจุ (Storage-delay time) ของทรานซิสเตอร์ และ ช่วงเวลาที่ 3 และ 6 จะขึ้นอยู่กับค่า C_z ซึ่งในที่นี้ถือว่าน้อยมากไม่น่ามาคิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อสมมติฐานในการออกแบบ

1. กระแสขับ(i_c) จากหม้อแปลงเป็นฟังก์ชันไซน์
2. แรงดันไฟตรงที่ป้อนให้วงจร(V_{DC} Bus) คงที่
3. ความถี่ในการ ปิด-เปิด วงจร(Switching frequency) คงที่
4. การสูญเสียเนื่องจากการสวิตช์ (Switch losses) เท่ากับศูนย์

$$T_s = T_{tr} + 2T_{st} \quad (2.1)$$

เมื่อ T_s คือ คาบเวลาในการ ปิด-เปิดวงจร (Switching time) ในหนึ่งคาบ
 T_{tr} คือ คาบเวลาที่หม้อแปลงกระแสไม่อิ่มตัว ; $\frac{1}{2} T_s > T_{tr} > \frac{1}{3} T_s$
 T_{st} คือ เวลาสะสม (Storage time) ของทรานซิสเตอร์

ช่วงหม้อแปลงกระแสไม่อิ่มตัว (T_{tr}) เป็นเวลาในช่วงที่ 1 และ 4 สามารถใช้สูตรคำนวณหม้อแปลงแบบเชิงเส้น (Linear) เพื่อหาค่าองค์ประกอบของวงจรได้

$$e = \frac{4.44 N_p B A}{T_{tr}} \quad (2.2)$$

เมื่อ e คือ ค่าแรงดันก่อนการอิ่มตัวของหม้อแปลง เป็นค่า RMS (V)
 B : ค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก ณ จุดอิ่มตัวของแกน Ferrite (Teslar)
 T_{tr} : คาบเวลาของหม้อแปลงช่วงที่ไม่อิ่มตัว (second)
 N_p : จำนวนรอบขดลวดปฐมภูมิ
 A : พื้นที่หน้าตัดของแกนเฟอร์ไรต์ (m^2)

โดยที่ค่าแรงดันหม้อแปลง (e) ได้จากการประมาณค่า พิจารณาได้จาก BJTs ที่ใช้ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กเลือกใช้ประมาณ 0.5 เทสลา ฉะนั้นจากสมการจะเห็นว่า มีตัวแปรอยู่สองตัวที่ต้องการหา คือ A และ N_p ในการคำนวณจะต้องกำหนดตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งขึ้นมาก่อน ซึ่งในที่นี้จะกำหนด A ขึ้นมาเพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสม แล้วคำนวณหาค่า N_p การประมาณค่าอาจจะต้องทำหลาย ๆ ครั้งควบคู่ไปกับการทดลองเพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุด

ช่วงเวลาสะสมของ BJTs (Storage time of BJTs ; T_{st}) ช่วงเวลานี้จะต้องพิจารณาจากคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของทรานซิสเตอร์ กล่าวคือ เวลาในการเปิดวงจร (Turn-off) ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์ จะแปรผันโดยตรงกับค่าเวลาคงที่ของทรานซิสเตอร์ (τ ; Minority carrier life time) ซึ่งเป็นเวลาในการคืนกลับสภาพเดิม (Recombination) ของประจุอิสระ (Free Electron) หรือ โฮลด์ (Hold) เมื่อไม่มีพลังงานกระตุ้นจากภายนอก ซึ่งในที่นี้คือกระแสขาเบสของทรานซิสเตอร์ (ถ้า τ มากจะทำให้ขณะเปิดวงจร (Turn-on) มีการสูญเสียที่ทรานซิสเตอร์ต่ำ แต่จะเปิดวงจร (Turn-off) ได้ช้า ค่า τ จะถูกกำหนดโดยบริษัทผู้ผลิต สามารถดูได้จากตารางข้อมูลของอุปกรณ์ ซึ่งจะใช้ได้กับอุณหภูมิที่กำหนดไว้ โดยที่ τ จะแปรผันตามอุณหภูมิ) ซึ่งสามารถประมาณเวลา สะสมประจุได้จากสมการ

$$I_{st} = \tau \ln \frac{I_{Bon} + I_{Boff}}{I_{Boff} + I_C / h_{FE}}$$

$$= \tau \ln \frac{V_{N2}}{V_{BE} + R_B I_C / h_{FE}}$$
(2.3)

$$I_{Bon} = \frac{V_{N2} - V_{BE}}{R_B}$$
(2.4)

$$I_{Boff} = \frac{V_{BE}}{R_B}$$
(2.5)

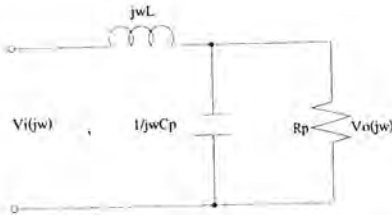
- เมื่อ t_{st} คือ เวลาสะสมของทรานซิสเตอร์
- τ : เวลาคงที่ของทรานซิสเตอร์ (Minority carrier lifetime)
- I_{Bon} : กระแสเฉลี่ยขาเบสของทรานซิสเตอร์ ขณะเปิดวงจร หม้อแปลงไม่อิมตัว
- I_{Boff} : กระแสเฉลี่ยขาเบสของทรานซิสเตอร์ ขณะเปิดวงจร หม้อแปลงอิมตัว
- I_C : กระแสเฉลี่ยคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ประมาณเท่ากับกระแสโหลด
- h_{FE} : อัตราขยายของทรานซิสเตอร์
- V_{BE} : แรงดันเฉลี่ยตกคร่อม ขา B-E ของทรานซิสเตอร์
- V_{N2} : แรงดันเฉลี่ยจากหม้อแปลงกระแส
- R_b : ตัวต้านทานที่นำมาต่อขาเบส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความสัมพันธ์ จะเห็นว่าสามารถปรับช่วงเวลาสะสม จากค่าตัวแปร 2 ตัว คือ V_{N2} และ R_b แต่ในทางปฏิบัติการปรับค่า R_b จะเหมาะสมกว่าเพราะจะได้ช่วงที่กว้างและละเอียดกว่า ซึ่งสามารถพิจารณาจากผลการทดลอง

2.2.2 วงจรเรโซแนนท์ (Resonant Circuit)

ในวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ได้มีการนำวงจรพื้นฐานเรโซแนนท์มาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยในการจุดหลอดในสถานะเริ่มต้น โดยวงจรเรโซแนนท์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้คือ วงจรเรโซแนนท์แบบอนุกรม (Series Resonant) ซึ่งสามารถจัดแบ่งออกได้เป็นสามแบบคือ วงจรเรโซแนนท์อนุกรมกับโหลด (Series-loaded-Resonant : SLR) , วงจรเรโซแนนท์ขนานกับโหลด (Parallel-loaded-Resonant : PLR) และ วงจรเรโซแนนท์อนุกรม-ขนานกับโหลด (Series-Parallel-loaded-Resonant : SPLR) แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวงจรเรโซแนนท์ขนานกับโหลดเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจาก วงจร SLR นั้นจะให้อัตราขยาย (gain) ได้มากที่สุดไม่เกิน 1 ซึ่งหมายความว่า การนำวงจร SLR มาประยุกต์ใช้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์นั้น แรงดันด้านเข้าต้องมีค่ามากกว่าแรงดันที่ใช้ในการจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ หรืออาจจำเป็นต้องใช้หม้อแปลงปรับแรงดันสูงขึ้นมาเพื่อช่วยในการจุดหลอด ดังนั้นเราจึงไม่นำวงจรนี้มาใช้ สำหรับวงจร SPLR นั้นสามารถให้อัตราขยายมากกว่าหนึ่งได้ แต่ถึงอย่างไรก็ตามหากแรงดันด้านเข้าต่ำ ก็หากทำให้แรงดันด้านออกมีค่าไม่มากพอที่จะจุดหลอด จำเป็นต้องใช้หม้อแปลงปรับแรงดันสูงขึ้นเพื่อช่วยในการจุดหลอด และวงจร PLR เราพบว่าค่า Q (Quality Factor) นั้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความต้านทานของโหลด ดังนั้นจากคุณสมบัติดังกล่าวจะทำให้แรงดันด้านออกมีค่าสูงมากพอในการจุดหลอด และอัตราขยายที่ได้จะมีค่ามากทำให้เหมาะที่จะนำไปใช้งานในกรณีแรงดันด้านเข้ามีค่าแรงดันต่ำ ดังนั้นวงจรเรโซแนนท์แบบอนุกรมขนานกับโหลด (PLR) จึงเหมาะที่จะนำมาประยุกต์ใช้เป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับวงจรพื้นฐานเรโซแนนท์ขนานกับโหลด แสดงดังรูป



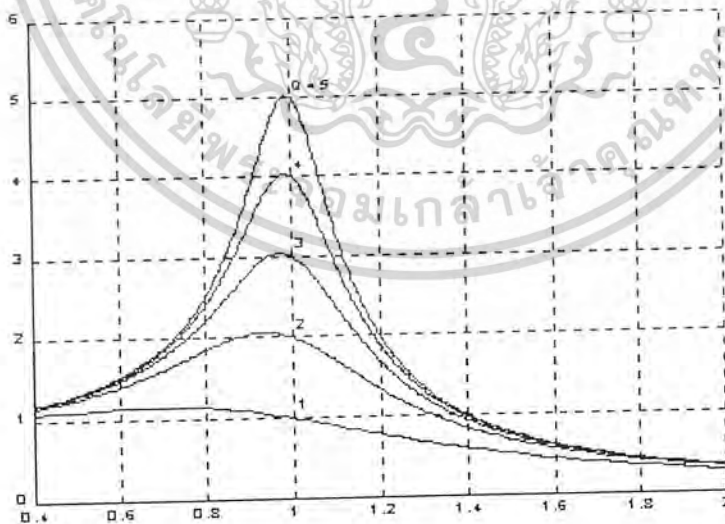
รูปที่ 2.5 วงจรพื้นฐานเรโซแนนซ์ขนานกับโหลด

จากรูปที่ 2.5 สามารถหาทรานเฟอร์ฟังก์ชันได้ดังนี้

$$\frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_o}\right)^2\right)^2 + \left(\frac{\omega}{\omega_o Q_o}\right)^2}} \quad (2.6)$$

เมื่อกำหนดให้ $Z = \frac{\omega}{\omega_o}$ ดังนั้นจากทรานเฟอร์ฟังก์ชันสามารถนำมาพลอตกราฟได้ดังรูป

ที่ 2.8



รูปที่ 2.6 แสดงผลตอบสนองเชิงความถี่สำหรับวงจรเรโซแนนซ์ขนานกับโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ห้วงจร

วงจรเรโซแนนซ์ในรูปที่ 2.5 เป็นลักษณะวงจรกรองผ่านต่ำอันดับสอง(second order low-pass filter) สามารถอธิบายได้ โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้

ความถี่มุม (corner frequency)

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC_p}} \quad (2.7)$$

ความถี่เรโซแนนซ์ (resonant frequency)

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC_s}} \quad (2.8)$$

เมื่อ $Z_s = \frac{j\omega C_p}{R_p + j\omega C_p} = R_s + jX_c$

ค่าอิมพีแดนซ์คุณลักษณะ (characteristic impedance)

$$Z_o = \omega_o L = \frac{1}{\omega_o C_p} = \sqrt{\frac{L}{C_p}} \quad (2.9)$$

ค่าตัวประกอบคุณภาพ(load quality factor) ที่ ความถี่มุม

$$Q_l = \omega_o C_p R_p = \frac{R_p}{\omega_o L} = \frac{R_p}{Z_o} \quad (2.10)$$

อัตราส่วนระหว่างความถี่เรโซแนนซ์(f_r) ต่อความถี่มุม(f_o) ก็คือ

$$\frac{f_r}{f_o} = \sqrt{1 - \frac{1}{Q_l^2}} \quad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายใต้เงื่อนไขการทำงานความถี่สวิตช์ (f) ควรมีค่ามากกว่าความถี่เรโซแนนท์ เพื่อจะให้วงจรมีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือ

สรุปจากสมการ (2.11)

- 1) เมื่อ $Q_L \leq 1$ ความถี่เรโซแนนท์จะไม่มีอยู่จริง และวงจรจะแสดงคุณสมบัติเป็นโหลดอินดักทีฟ (inductive load) ทุกย่านความถี่การทำงาน
- 2) เมื่อ $Q_L > 1$ อัตราส่วนระหว่างความถี่เรโซแนนท์ต่อความถี่มุม จะเพิ่มขึ้นตามค่า Q_L เมื่อความถี่สวิตช์มากกว่าความถี่เรโซแนนท์ วงจรจะแสดงคุณสมบัติเป็นโหลดอินดักทีฟ กระแสจะล่าหลังแรงดัน ซึ่งเป็นสิ่งที่เราต้องการ เมื่อความถี่สวิตช์น้อยกว่าความถี่เรโซแนนท์ วงจรจะแสดงคุณสมบัติเป็นโหลดคาปาซิทีฟ (capacitive load) กระแสจะนำหน้าแรงดัน ก่อให้เกิดกระแสไปค้ (spike) โหลดผ่านสวิตช์ ซึ่งเป็นผลมาจาก revers recovery ของ antiparallel diode

เนื่องจากคุณสมบัติของวงจรเรโซแนนท์ขนานกับโหลดนั้น แรงดันคร่อมโหลดและกำลังเอาต์พุตจะเพิ่มตามความต้านทานของโหลด ดังนั้นวงจรเรโซแนนท์แบบนี้ สามารถทำงานด้วยความปลอดภัยภายใต้สภาวะลัดวงจร (short circuit) เนื่องจากมี L จำกัดกระแสอยู่ แต่ถ้าหากวงจรนี้ทำงานที่ความถี่เรโซแนนท์ขณะวงจรเปิด (open circuit) จะไม่ปลอดภัย ดังนั้นการเลือกความถี่ในการสวิตช์ ต้องเลือกให้มีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าความถี่เรโซแนนท์เพียงพอ แต่จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ถ้าหากเลือกความถี่สวิตช์ต่ำกว่าจะก่อให้เกิดปัญหาเรื่องกระแสไปค้ ดังนั้นการเลือกความถี่สวิตช์ที่เหมาะสมนั้นจึงควรเลือกให้ความถี่สวิตช์สูงกว่าความถี่เรโซแนนท์

การออกแบบวงจรเรโซแนนท์ขนานกับโหลด

ในการคำนวณเพื่อความสะดวกในการคำนวณจะประมาณให้ความถี่สวิตช์เท่ากับความถี่มุม ดังนั้นสามารถหาค่าต่างๆในวงจรได้นี้

1. หาค่า Q_L จากสมการ $Q_L = \frac{\pi V_o}{\sqrt{2V_{DC}}}$ เมื่อ V_o คือแรงดันเอาต์พุต และ V_{DC} แรงดันไฟฟ้า

กระแสตรงที่ป้อนให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์

2. คำนวณหาค่า L และ C_p จากสมการ (2.10)

ในการวิเคราะห์และการคำนวณหาค่าในวงจรเรโซแนนท์ข้างต้นนั้นจะสมมุติให้ ค่า Q_L คงที่ และกระแสที่ไหลผ่าน L, C_p และ R_p เป็นรูปคลื่นไซน์ (sine wave) ซึ่งการสมมุตินี้จะเป็นจริงได้เมื่อค่า Q_L มีค่าสูงเพียงพอ แต่สำหรับในกรณีของโหลดฟลูออเรสเซนต์นั้นค่า Q_L ไม่คงที่ เนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดมีความต้านทานพลวัตเป็นลบ และจะเปลี่ยนแปลงแปลงไปตามอายุการใช้งานของหลอด และอุณหภูมิโดยรอบ ค่า Q_L จะมีค่าต่ำ (Q_L น้อยกว่า 1) ดังนั้นค่ากระแสในวงจรไม่เป็นรูปคลื่น ไซน์ ดังนั้นการวิเคราะห์และการคำนวณที่ถูกต้องนั้นทำได้ยาก แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์และการคำนวณข้างต้นก็ยังให้ผลที่ใกล้เคียงและสามารถยอมรับได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์โดยใช้เทคนิคการอัด-คายประจุ (Charge Pump)

เนื่องจากจุดเด่นของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ อยู่ที่การประหยัดพลังงานและการปรับปรุง Power factor ซึ่งการประหยัดพลังงานจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพทั้งหมดของวงจร ส่วนค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ จะขึ้นอยู่กับวงจร Filter หรือ วงจรปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์โดยตรง ฉะนั้นการเลือกใช้วงจรปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์ จึงมีความสำคัญมาก ซึ่งเมื่อพิจารณาวงจรแบบต่างๆแล้ว สามารถเห็นข้อดี-ข้อเสียของวงจรแบบต่างๆ ได้ดังนี้

- วงจรแบบ C-Filter วงจรแบบนี้จะทำให้กระแสอินพุตมีลักษณะรูปร่างแหลมตามจังหวะการอัดประจุของ คาร์ปาซิเตอร์ที่ใช้ในการกรองซึ่งทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ THDi สูง ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำ แต่จะมีข้อดีตรงที่สามารถทำให้ DC-Link มีลักษณะที่เรียบซึ่งเป็นผลให้ความเครียดของสวิตช์ต่ำลงและเป็นผลให้ค่า crest factor ของเอาต์พุตอยู่ในค่าที่เหมาะสม แต่เมื่อเปรียบเทียบผลทางไฟฟ้าทางด้าน อินพุตแล้ววงจรแบบนี้ไม่เหมาะสมในการใช้งาน(ตามเอกสารอ้างอิงที่ 12)
- วงจรแบบ Valley-Fill ซึ่งเป็นวงจรที่สามารถปรับปรุงค่า THDi ค่า เพาเวอร์แฟกเตอร์ ให้ดีได้ในระดับหนึ่งเมื่อเทียบกับวงจร C-Filter แต่ก็ยังอยู่ในระดับที่ไม่ดีพอและเป็นผลให้ค่าความเครียดที่สวิตช์สูงขึ้นเนื่องจากแรงดันที่ DC-Link มีลักษณะเป็นแรงดัน Valley และยังทำให้ความถี่ในการสวิตช์ไม่คงที่ เกิดการแกว่ง(ในกรณีที่ใช้การกำเนิดความถี่ด้วยตัวเอง (Self-Oscillate) เป็นผลให้ค่า Crest Factor มีค่าที่สูงกว่ามาตรฐาน
- วงจรแบบใช้หลักการ Boost ถึงแม้ว่า ตามข้อเสียที่กล่าวมาตามสองแบบข้างต้นจะสามารถแก้ไขได้หมดเมื่อใช้วงจร Boost ไม่ว่าจะ เป็น ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ค่าเปอร์เซ็นต์ THDi การควบคุมแรงดันที่ DC-Link และ Crest Factor แต่วงจร Boost ก็มีข้อเสียคือ การสูญเสียเนื่องจากการใช้วงจร Boost และยังทำให้ค่าจ่ายสูงขึ้น

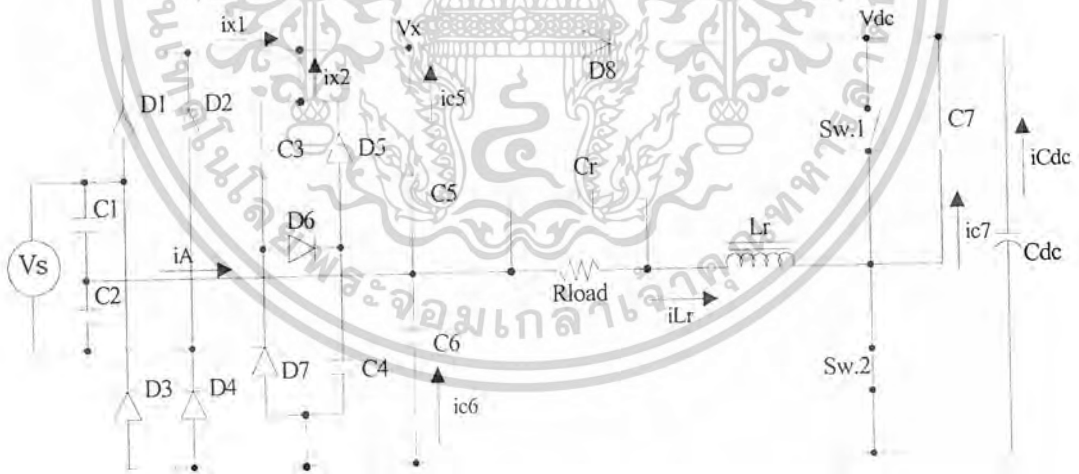
จากข้อดีข้อเสียดังที่ได้กล่าวมาของวงจรแบบต่างๆข้างต้น จึงได้นำเสนอวงจรปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์และค่าเปอร์เซ็นต์ THDi โดยใช้หลักการ การอัด-คายประจุ(Charge Pump) ซึ่งสามารถปรับปรุงให้มีค่าเทียบเท่ากับวงจรแบบ Boost ได้ ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจร Charge-Pump เป็นวงจรปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์โดยอาศัยวงจรเรโซแนนท์ด้านเอาต์พุตซึ่งเปรียบเสมือนแหล่งจ่ายกระแสความถี่สูง เป็นตัวอ้างอิงในการอัดประจุและคายประจุผ่านคาปาซิเตอร์ Charge-Pump เพื่อส่งผ่านพลังงานจากอินพุตไปยังเอาต์พุต เป็นผลให้กระแสอินพุตไหลอย่างต่อเนื่องตามจังหวะการเปลี่ยนแปลงของความถี่สูง ไม่ว่าจะแรงดันด้านอินพุตจะมีค่าสูงหรือว่าต่ำ ทำให้ได้รูปคลื่นกระแสอินพุตที่มีลักษณะเป็นไซน์และอินเฟสกับแรงดันส่งผลให้เพาเวอร์แฟคเตอร์สูงและ THDi ต่ำ

3.1 ส่วนประกอบวงจร

ลักษณะของวง Charge-Pump แสดงดังรูปที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆของวงจรดังนี้



รูปที่ 3.1 วงจร Charge-Pump

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

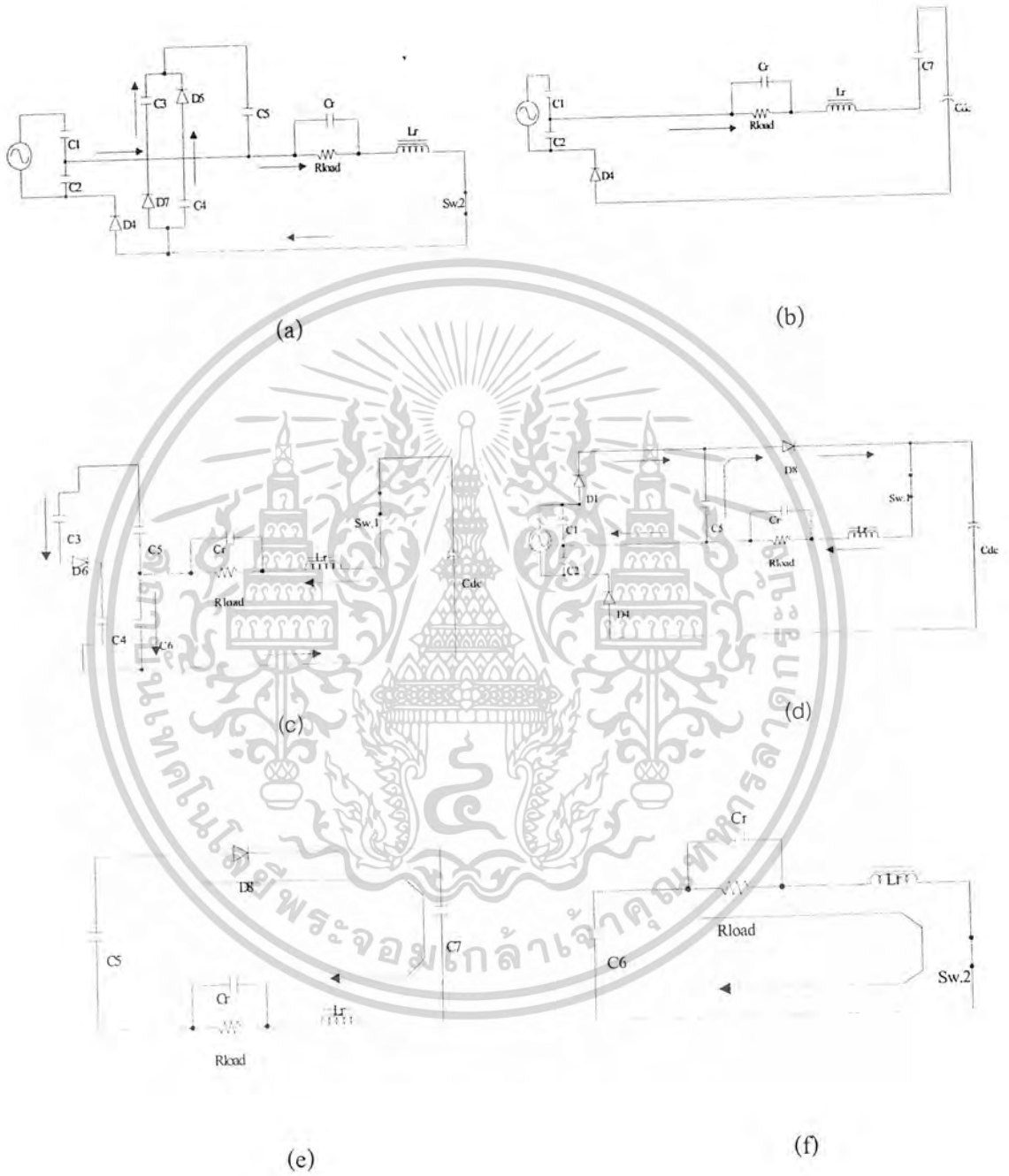
1. วงจรParallel-load-Resonant ซึ่งประกอบด้วย L_r, C_r และ R_{load} ส่วนนี้เปรียบเสมือนแหล่งจ่ายกระแสความถี่สูง(High Frequency Current Source)
2. C_1 และ C_2 เป็นคาปาซิเตอร์ Charge-Pump ทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานจากอินพุตไปยังเอาต์พุต โดยจะสลับกันทำงานตามกรเปลี่ยนแปลงของแหล่งจ่ายกระแสความถี่สูง
3. C_5 เป็นตัวกรองกระแสดีซีและเป็นคาปาซิเตอร์ Charge-Pump ขณะแรงดันเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส ($|V_s|$) มีค่าต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของ DC-link
4. C_3, C_4, D_5, D_6 และ D_7 ทำหน้าที่เก็บและจ่ายพลังงานในช่วงแรงดัน $|V_s|$ มีค่าต่ำเพื่อให้กระแส i_{Lr}
5. Half-Bridge Inverter ซึ่งประกอบด้วย $Sw.1$ และ $Sw.2$ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวสวิตช์ความถี่สูง ซึ่งในที่นี้จะรวมถึงแหล่งจ่ายดีซี (C_{dc})
6. C_6 และ C_7 เป็นคาปาซิเตอร์ snubber(Snubber)
7. D_8 ทำหน้าที่สวิตช์ส่งผ่านพลังงาน ไปยัง DC-link

3.2 หลักการทำงานของวงจร

ข้อสมมุติฐานในการวิเคราะห์

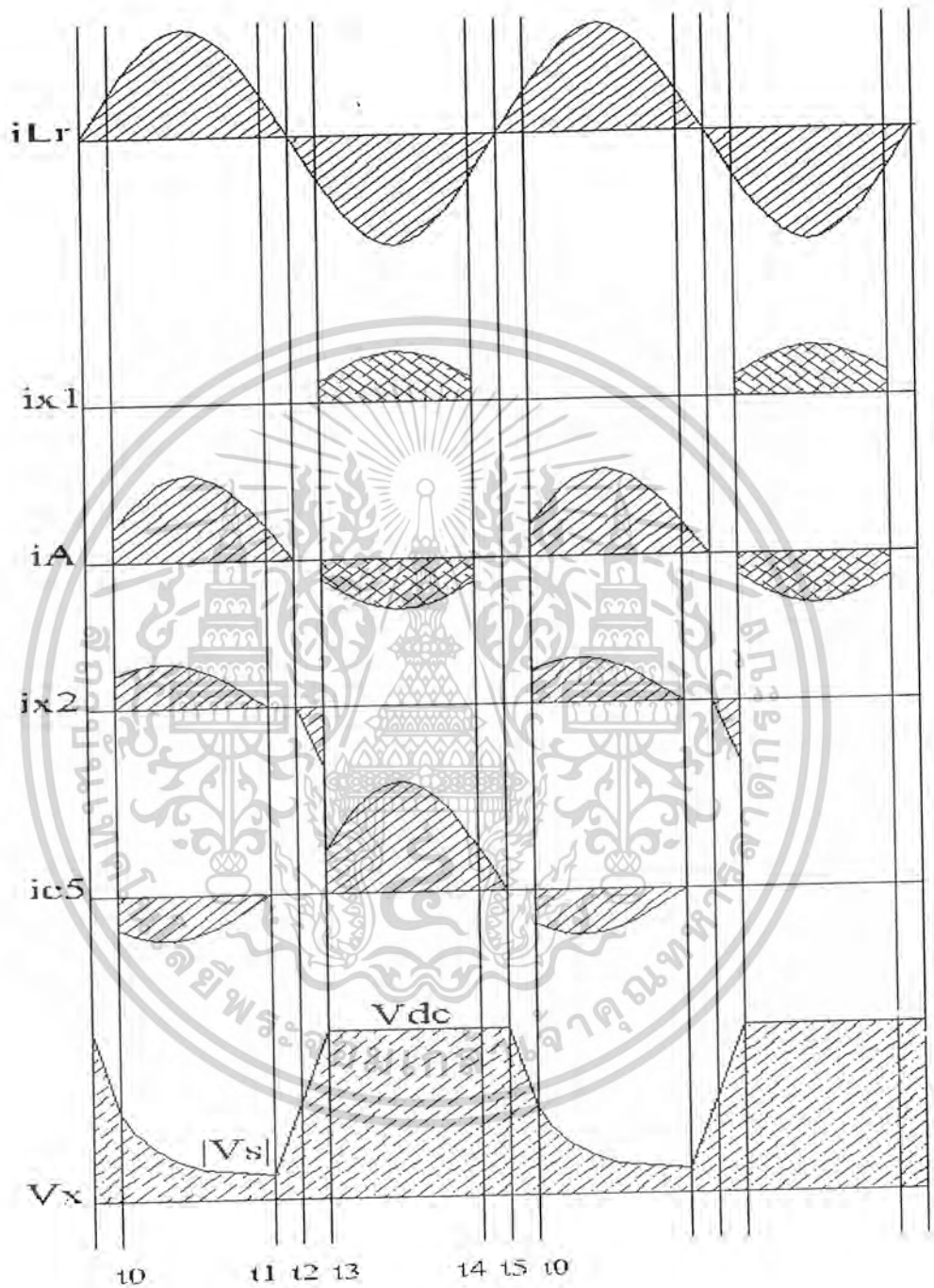
1. พิจารณาให้แรงดันเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสมีค่าคงที่เมื่อเทียบกับความถี่สูง
2. แหล่งจ่าย V_s มีค่าเป็นบวกหรือลบคงที่ตามจังหวะการเปลี่ยนแปลงของความถี่ต่ำ
3. แรงดัน DC-link มีค่าคงที่
4. แหล่งจ่ายกระแสความถี่สูงมีค่าคงที่ (I_{load} มีค่าคงที่)
5. ความถี่ในการสวิตช์มีค่าคงที่

การวิเคราะห์การทำงานของวงจรจะเป็นการวิเคราะห์ในช่วง Steady stage ซึ่งสามารถแบ่งได้ 6 ช่วงเวลาดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 อธิบายช่วงการทำงานของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 รูปคลื่นอธิบาย Stage การทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานแต่ละช่วงเวลา

ช่วงเวลา 10-11 : ช่วงเวลานี้ Sw.2 จะปิดวงจรให้พลังงานจาก V_s ไหลไปยังโหลดโดยตรงมีกระแส i_A ไหลอย่างต่อเนื่องและกระแส i_{x1} ไหลผ่าน C7 กระแส i_L คือ ผลรวมระหว่าง i_{x1} กับ i_A

ช่วงเวลา 11-12 : ช่วงนี้จะเป็นช่วงเวลาเปลี่ยนการสวิตช์ โดยที่ Sw.2 เปิดวงจรแต่กระแสยังคงไหลเป็นบวก ฉะนั้นกระแสจะถูกประจุเข้า C7 และ Cdc จนก่อนจะถึง t2 (Zero Voltage Crossing Switch)

ช่วงเวลา 12-13 : กระแส i_L จะกลับทิศทางเป็นลบ Sw.1 จะเปิดวงจรทันที กระแสชั่วขณะจะประจุให้ C6 ส่วนกระแสที่เหลือจะประจุให้ C3 และ C4 ผ่าน D6 ช่วงนี้แรงดัน V_s จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงเวลา t3

ช่วงเวลา 13-14 : ช่วงเวลานี้ V_x จะมีค่าเท่ากับ V_{dc} กระแส i_L จะไหลผ่าน D8 วนอยู่ใน Loop ของวงจร Resonant ส่วนกระแส i_{x1} จะมีการประจุให้ Cdc ชั่วขณะหนึ่งและจะไหลเท่ากับ i_A จนถึงช่วงเวลา t4

ช่วงเวลา 14-15 : จังหวะนี้จะเป็นช่วงเวลาการเปลี่ยนสวิตช์ Sw.1 เปิดวงจร กระแส i_L ส่วนที่เหลือจะประจุเข้า C1 ทำให้เกิดการสวิตช์ที่กระแสเป็นศูนย์ การสูญเสียในสวิตช์ต่ำเป็นศูนย์

ช่วงเวลา 15-16(10) : เป็นจังหวะการสวิตช์ Sw.2 เปิดวงจร กระแส i_L จะไหลอย่างต่อเนื่องประจุผ่าน C6 เป็นช่วงเวลาสั้นๆ

จังหวะต่อไปก็จะวนกลับไปยังช่วงเวลาที่ 1 ใหม่

บทที่ 4

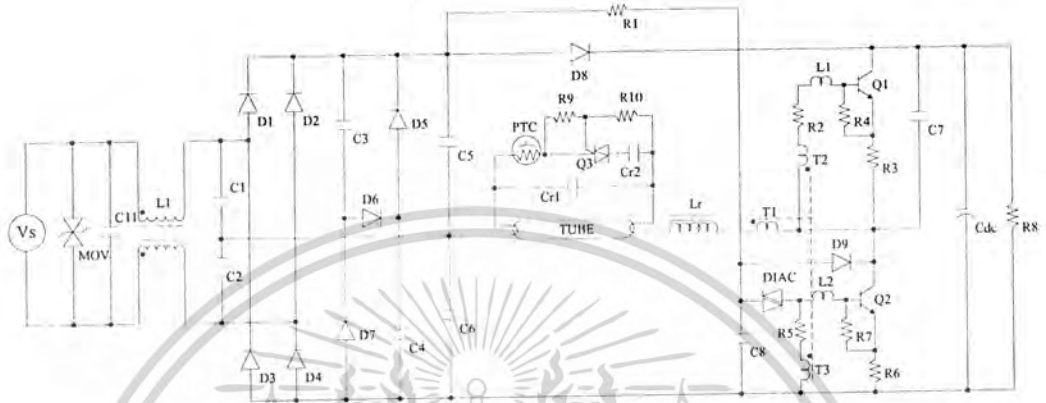
ผลการทดลอง

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

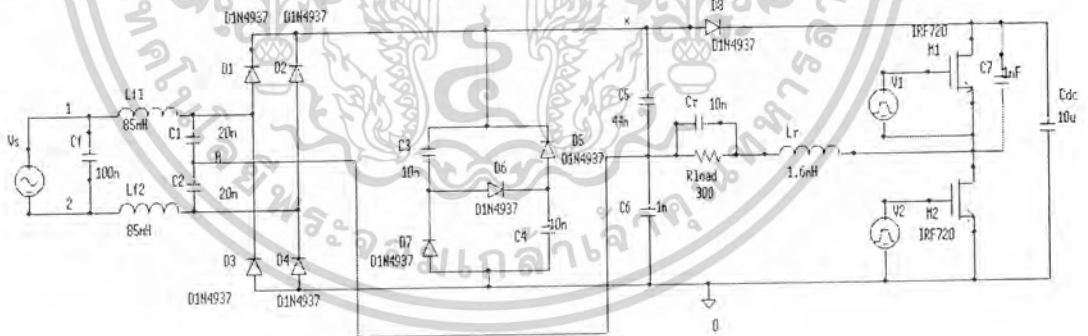
1. LEM CE LA25-NP 00-9611
2. SANWA Multimeter
3. HEWLETT PACKARD 973A Digital Multimeter
4. Volts & AMPARES AC Meter Yokogawa
5. Wattmeter Yokogawa
6. Volts Meter Yokogawa
7. RLC-6METER ANDO Universal Bridge
8. Digital Oscilloscope DL 1520 Yokogawa
9. หลอด PHILIPS 2600 Lm 36 W
10. Magnetic Ballast Bovo 36 W
11. 2531 Digital Power Meter

การวัดความสว่างของหลอด จะใช้ค่าความต้านทานที่มีค่าแปรตามแสง (LDR) สองตัว ต่ออนุกรมวางห่างกัน 40 cm และห่างจากหลอด 35 cm โดยอุปกรณ์ดังกล่าวจะติดตั้งไว้ในกล่องที่ ปิดสนิท เพื่อป้องกันแสงสว่างจากภายนอก ซึ่งกล่องที่ใช้มีขนาดความกว้าง 23.5 cm ความสูง 40.5 cm ความยาว 123 cm ความต้านทานของ LDR ทั้งสองที่ต่ออนุกรมกันขณะไม่มีแสงมีค่าเท่ากับ $4.8 M\Omega$ และในการวัดนั้นจะกระทำเมื่อได้จ่ายไฟให้กับวงจรแล้วเป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้ระบบเข้าสู่สภาวะอยู่ตัว

4.2 ผลการทดลองวงจร Charge Pump เทียบกับวงจรจำลองโดยโปรแกรม Pspice

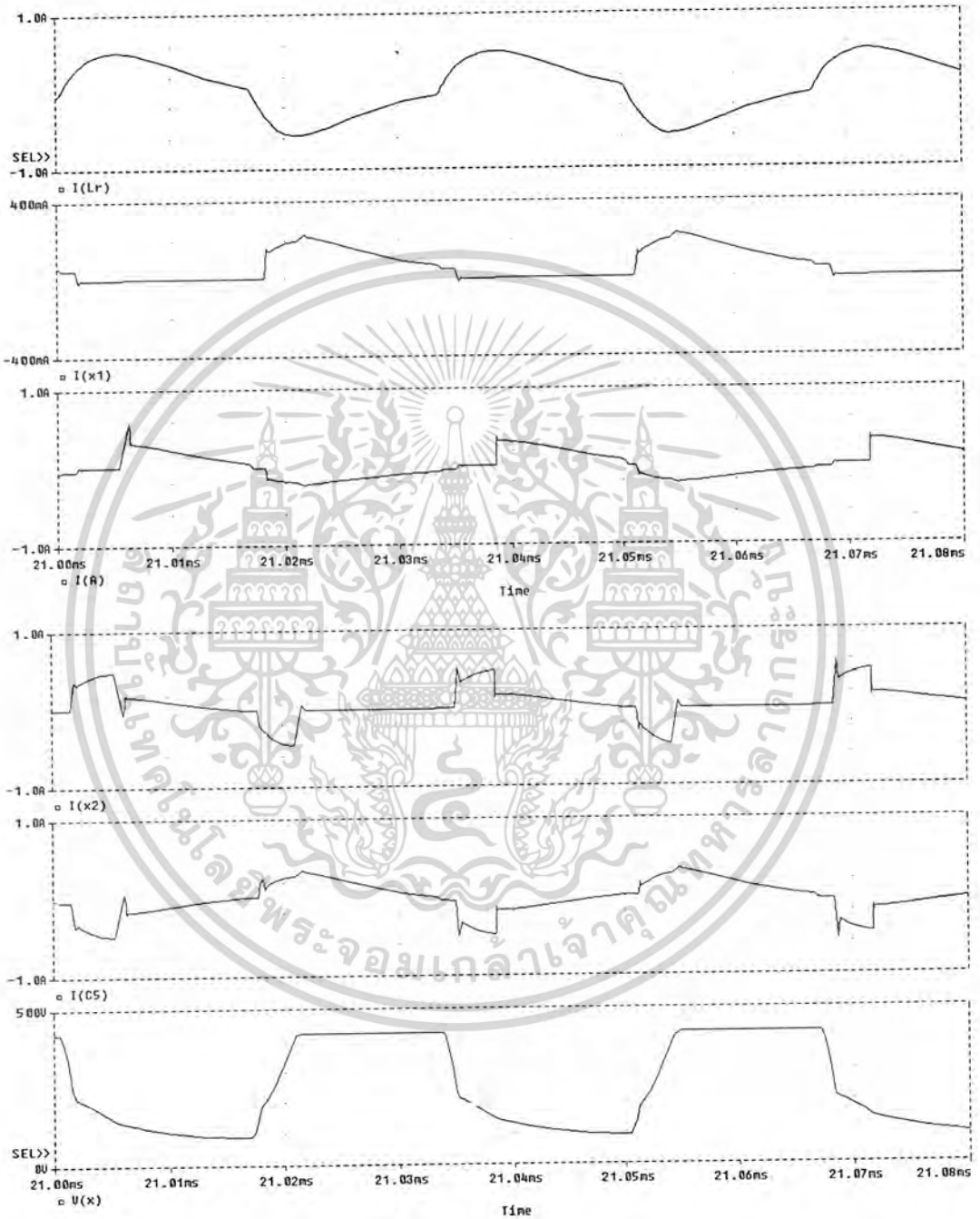


รูปที่ 4.1 วงจร Charge - Pump ที่ใช้งานจริง



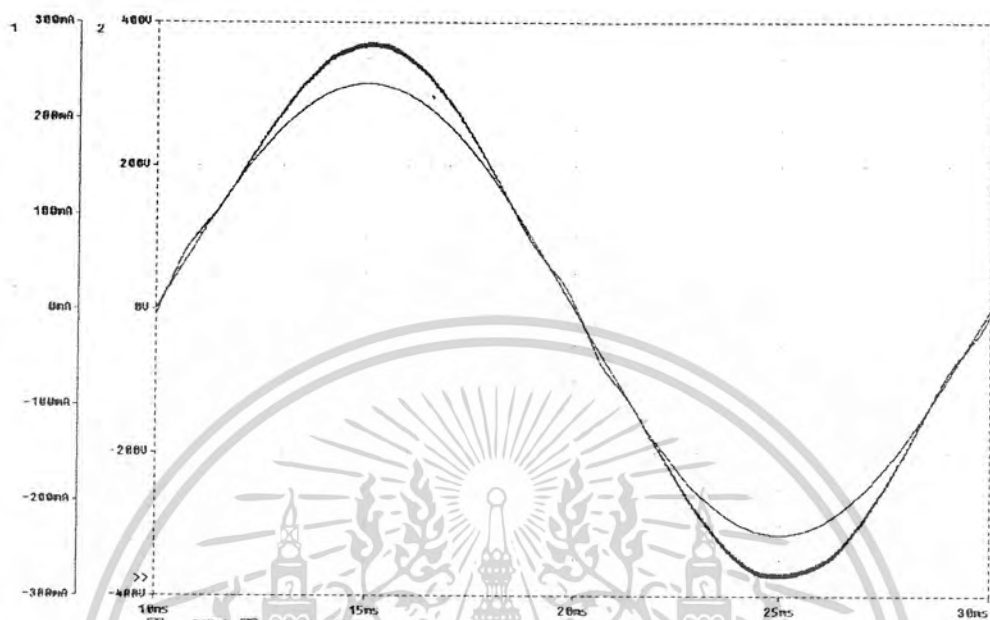
รูปที่ 4.2 วงจรจำลองโดยโปรแกรม Pspice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

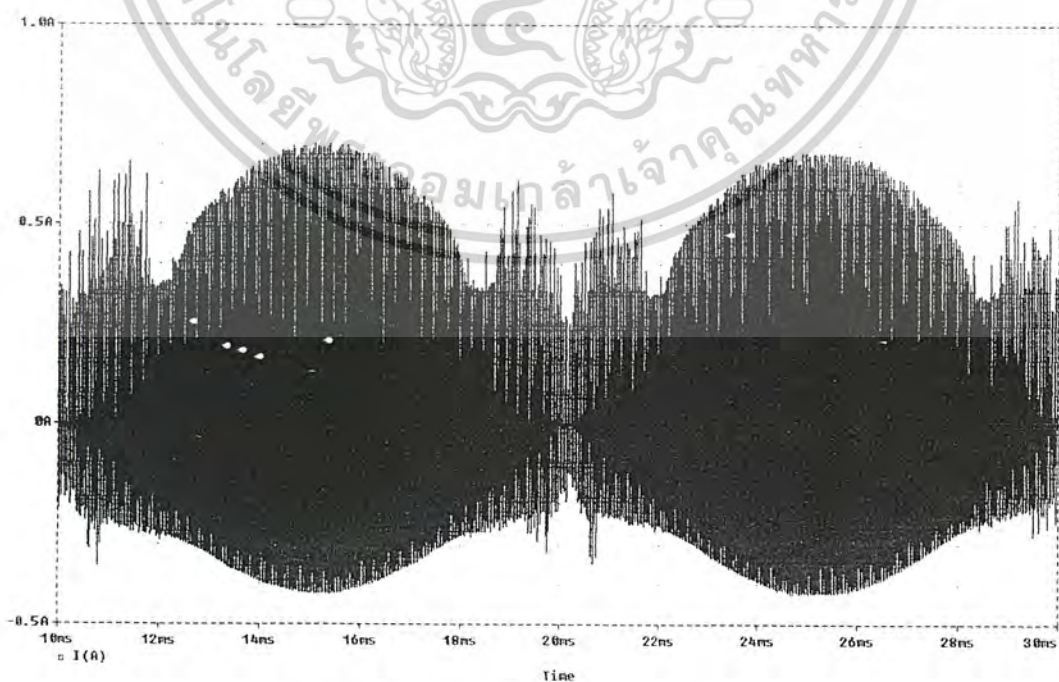


รูปที่ 4.3 รูปกระแสและแรงดันจากการจำลองที่ความถี่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

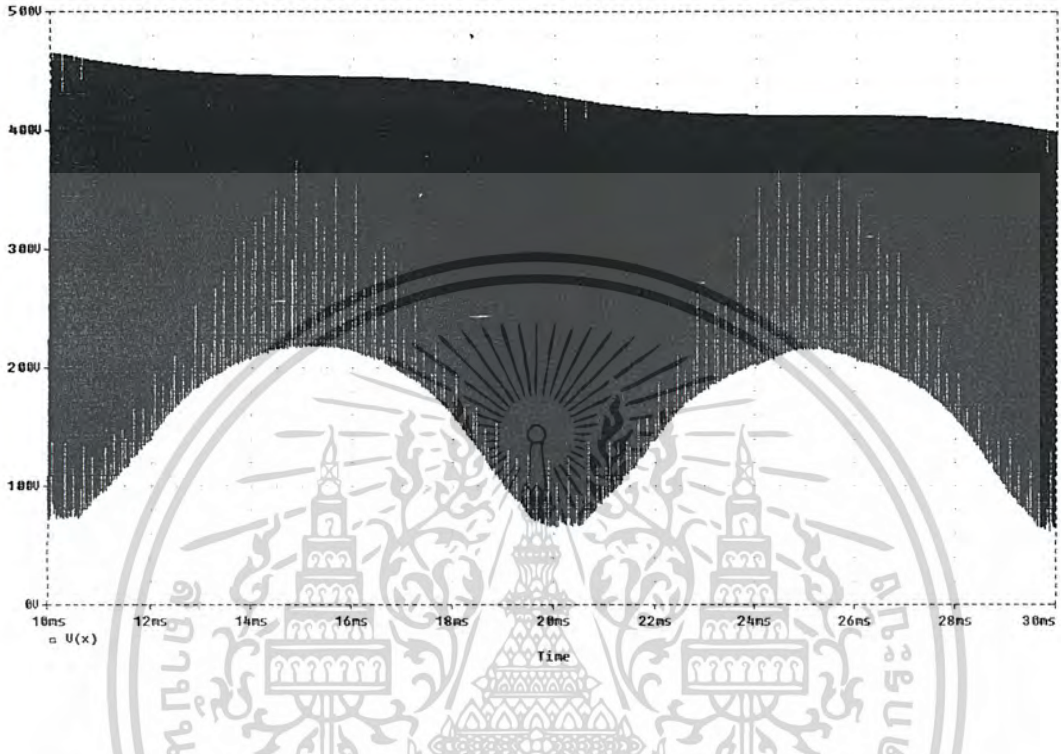


รูปที่ 4.4 รูปคลื่นกระแสและแรงดันอินพุทจากการจำลอง

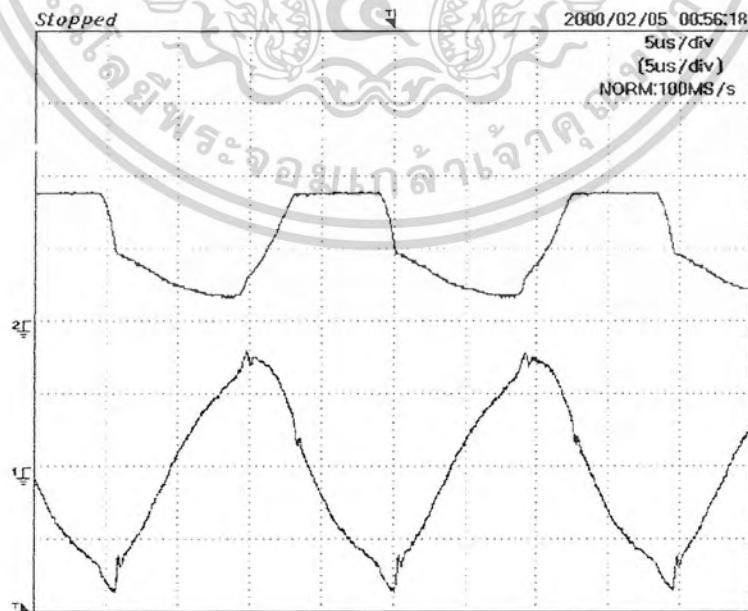


รูปที่ 4.5 รูปคลื่นกระแส i_A จากการจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

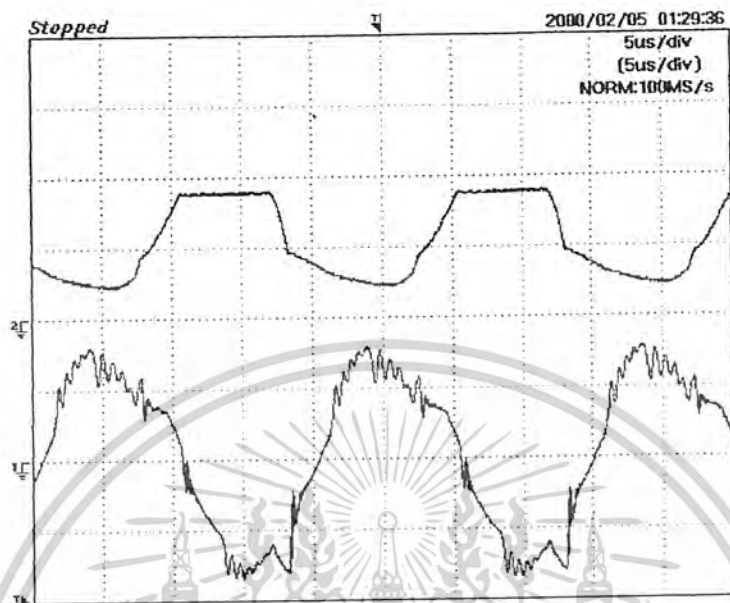


รูปที่ 4.6 รูปคลื่นแรงดัน V_x จากการจำลอง

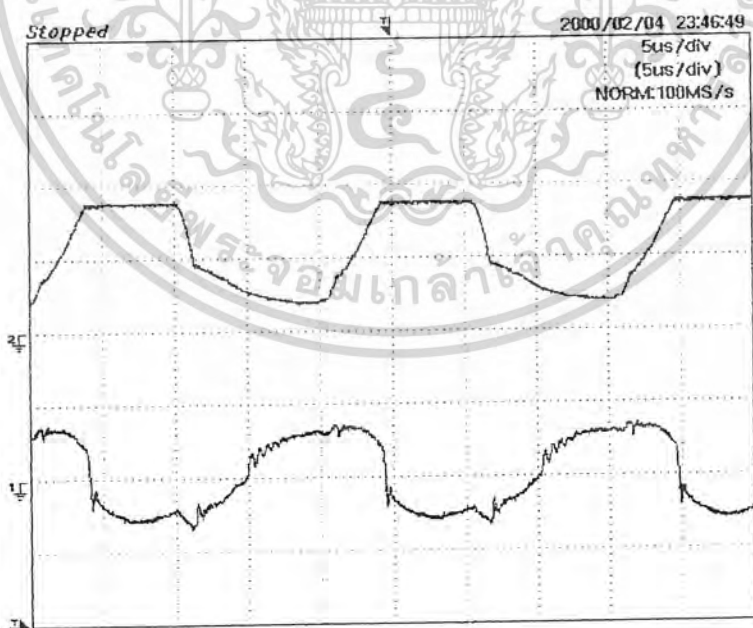


รูปที่ 4.7 รูปคลื่นกระแส i_r เทียบกับ V_x จากการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

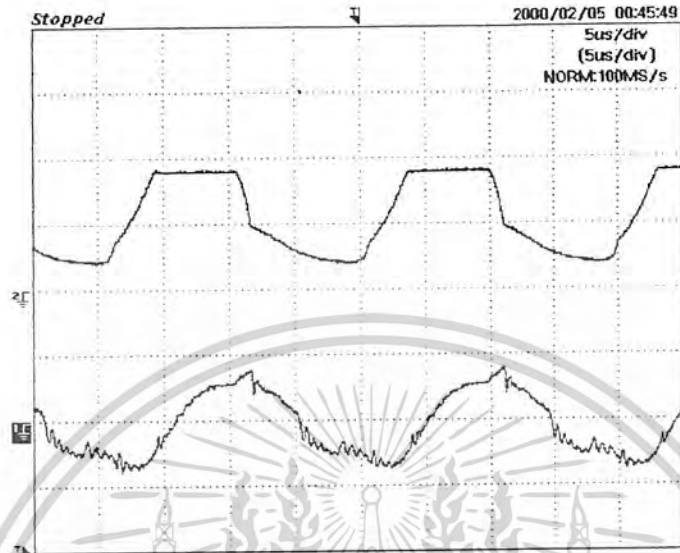


รูปที่ 4.8 รูปคลื่นกระแส i_A เทียบกับ V_x จากการวัด

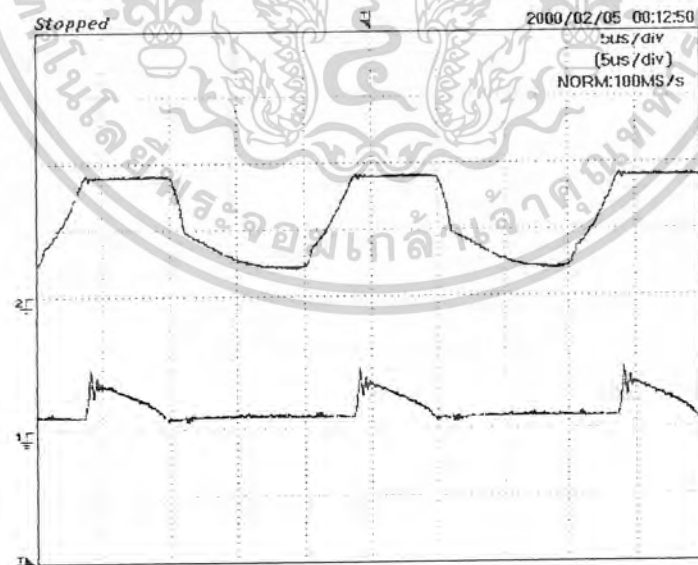


รูปที่ 4.9 รูปคลื่นกระแส i_{x2} เทียบกับ V_x จากการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

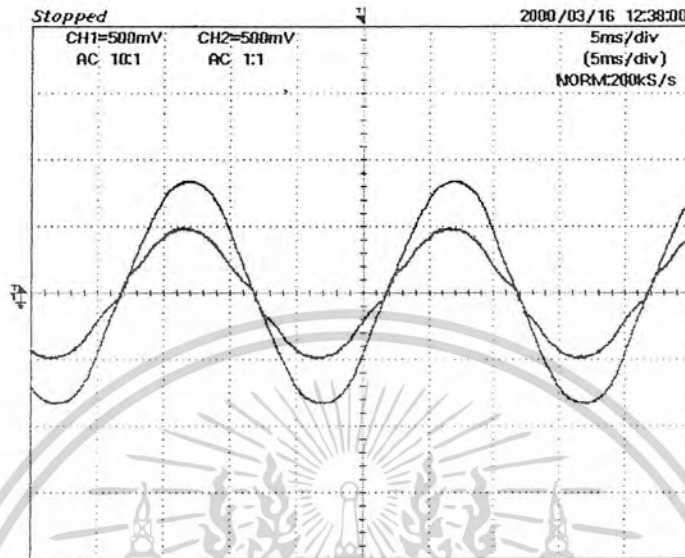


รูปที่ 4.10 รูปคลื่นกระแส i_{cs} เทียบกับ V_x จากการวัด

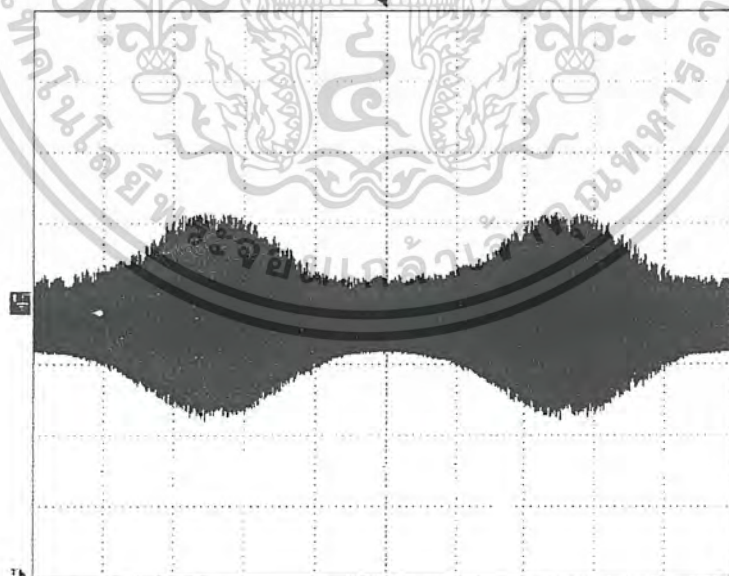


รูปที่ 4.11 รูปคลื่นกระแส i_{x1} เทียบกับ V_x จากการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

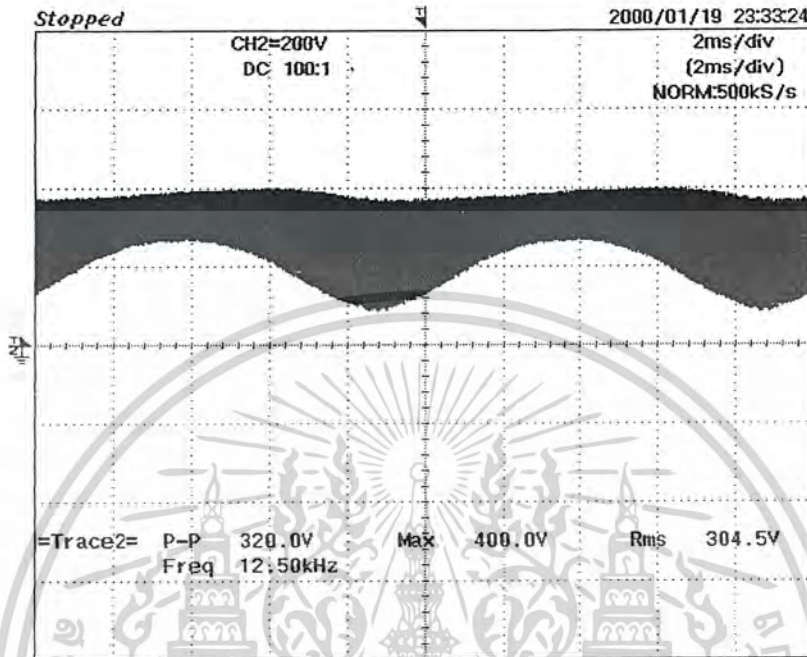


รูปที่ 4.12 รูปคลื่นกระแสเทียบกับแรงดันอินพุทจากการทดลอง



รูปที่ 4.13 รูปคลื่นกระแส i_A ความถี่ 100 Hz จากการวัด

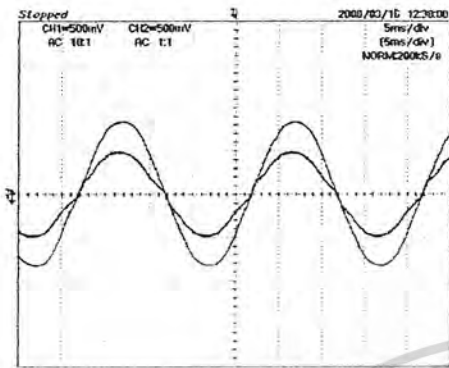
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



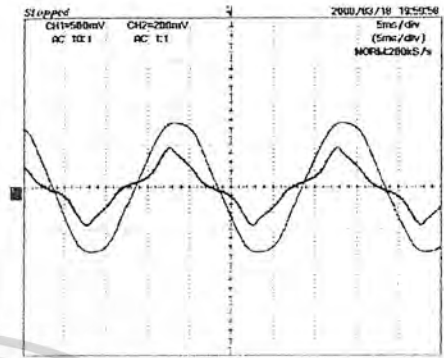
รูปที่ 4.14 รูปคลื่น V_x ที่ความถี่ 100 Hz จากการวัด

4.3 เปรียบเทียบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แบบ Charge Pump กับบัลลาสต์ตัวอย่าง

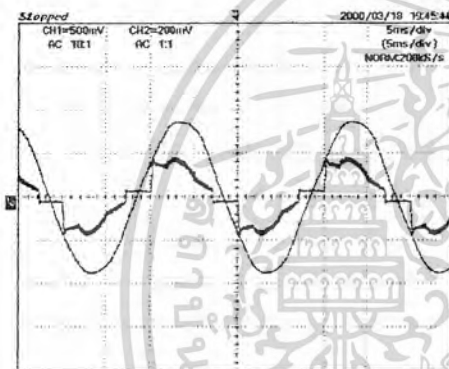
เพื่อต้องการดูประสิทธิภาพและความสามารถของบัลลาสต์แบบ Charge Pump ที่ได้พัฒนาขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบกับบัลลาสต์ที่มีขายในท้องตลาดซึ่งมีมาตรฐานรองรับ โดยเปรียบเทียบผลทางไฟฟ้าทั้งด้านเอาต์พุตและอินพุตที่ย่านพิกัดการทำงาน 220 โวลต์และกรณีที่ย่านแรงดันเปลี่ยนแปลงจาก 180 โวลต์ถึง 250 โวลต์ซึ่งมีผลดังนี้



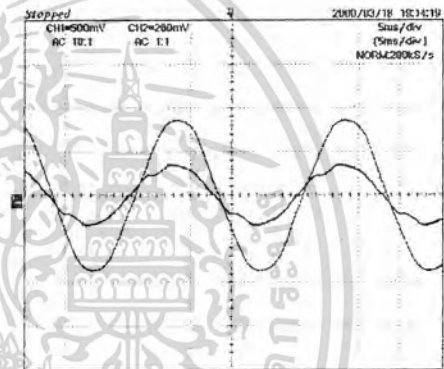
(a)



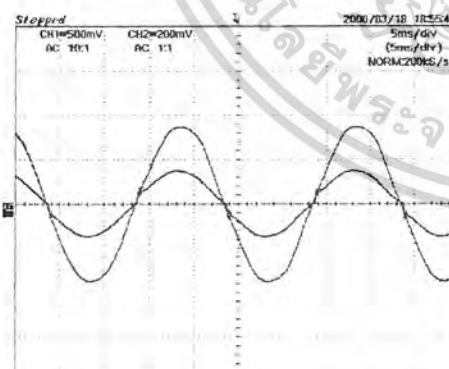
(b)



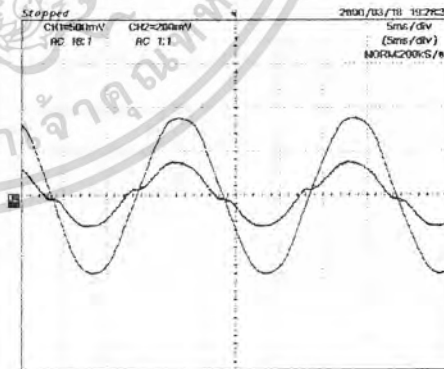
(c)



(d)



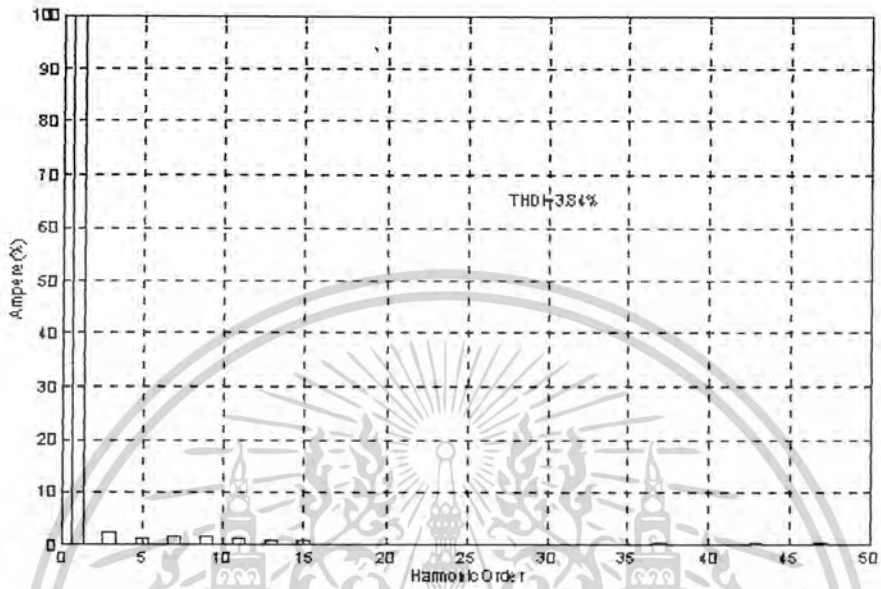
(e)



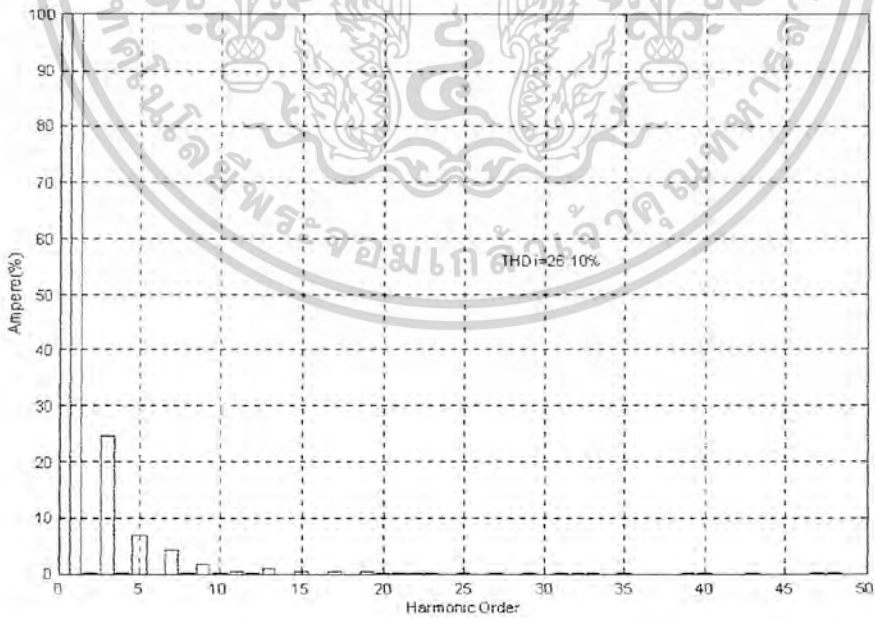
(f)

รูปที่ 4.15 รูปคลื่นกระแสเทียบกับแรงดัน (a) บัลดาสต์แบบ Charge Pump (b) บัลดาสต์ D (c) บัลดาสต์ E (d) บัลดาสต์ Y (e) บัลดาสต์ M (f) บัลดาสต์ O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

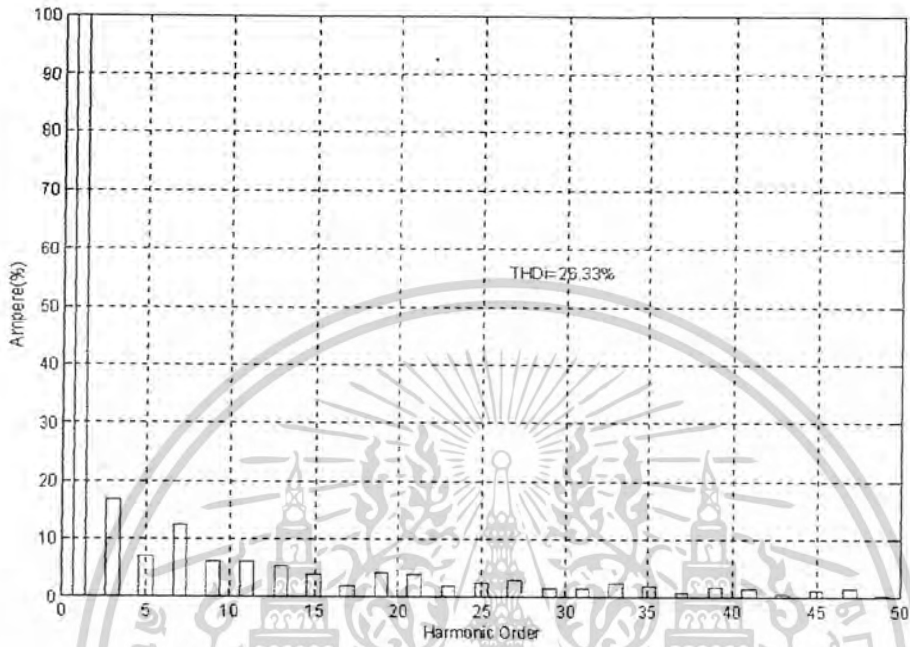


รูปที่ 4.16 แสดงกระแสฮาร์โมนิกส่วจกร Charge Pump

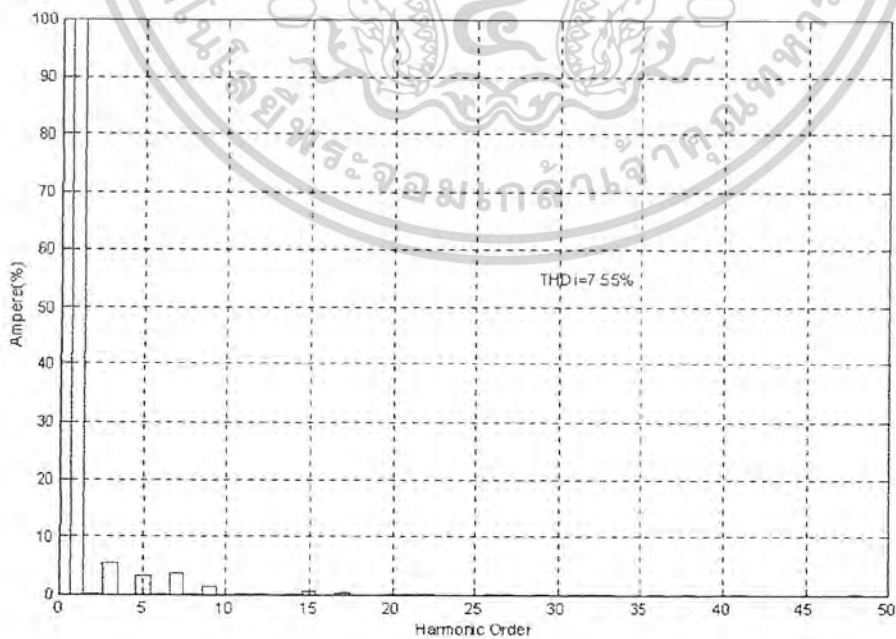


รูปที่ 4.17 แสดงกระแสฮาร์โมนิกส่วตัลลาคส์ E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

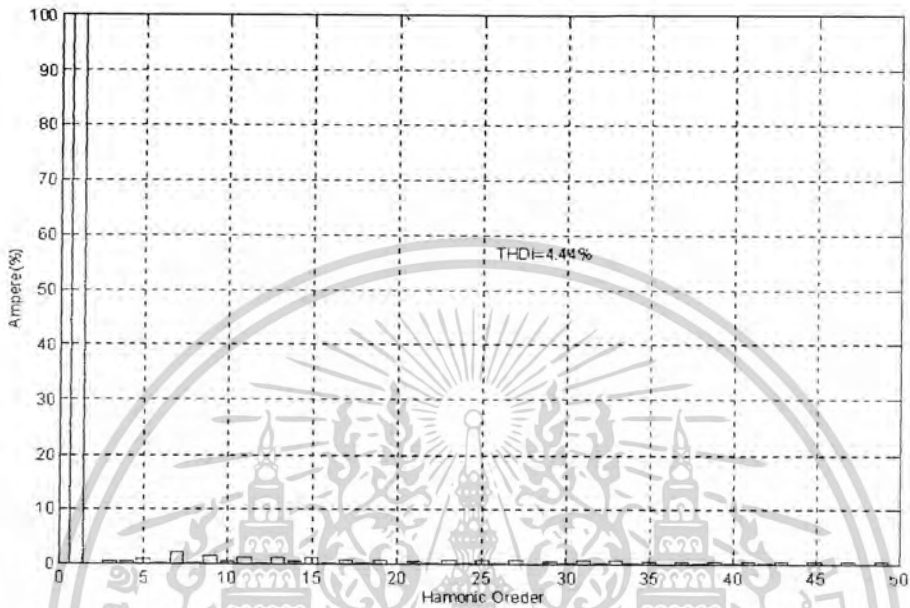


รูปที่ 4.18 แสดงกระแสฮาร์โมนิกสับคลาสต์ E

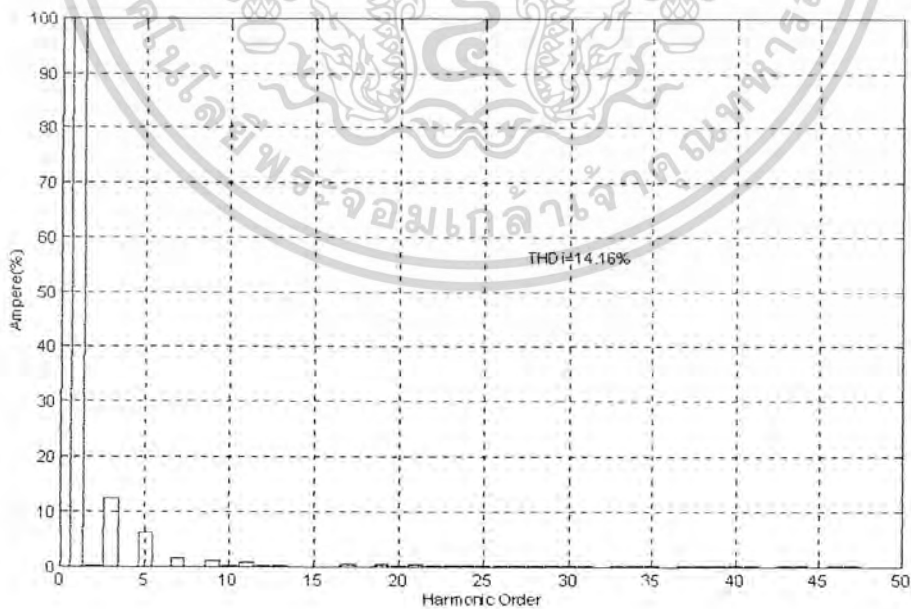


รูปที่ 4.19 แสดงกระแสฮาร์โมนิกสับคลาสต์ Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

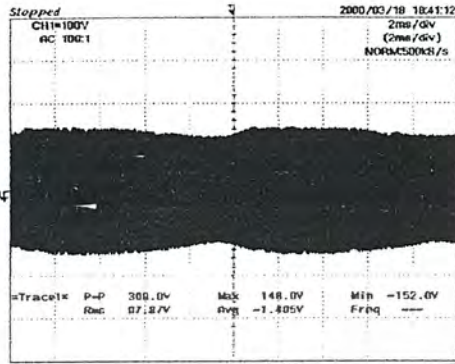


รูปที่ 4.20 แสดงกระแสฮาร์โมนิกสับบลัสต์ M

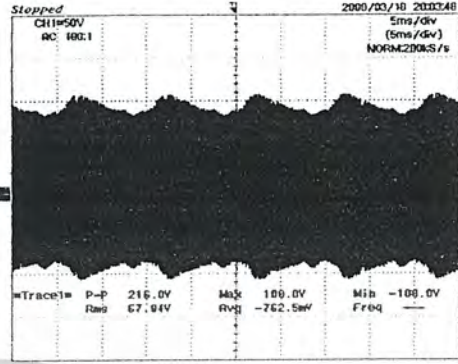


รูปที่ 4.21 แสดงกระแสฮาร์โมนิกสับบลัสต์ O

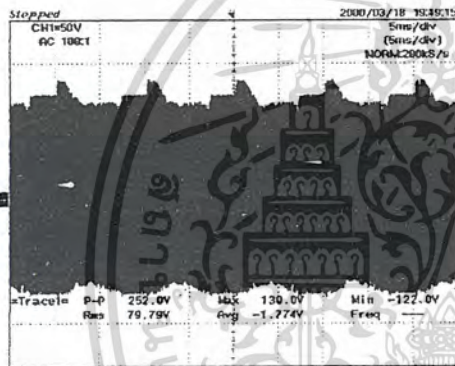
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



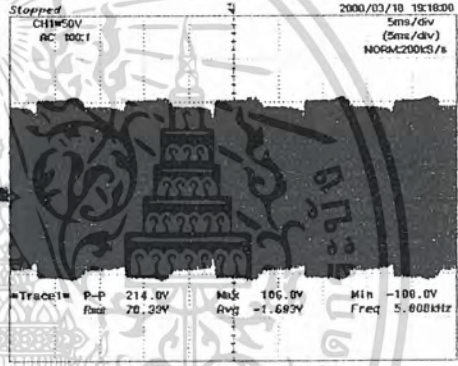
(a)



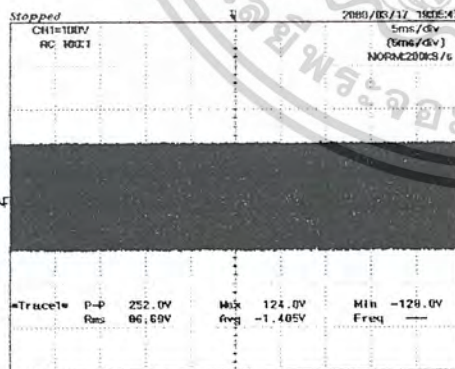
(b)



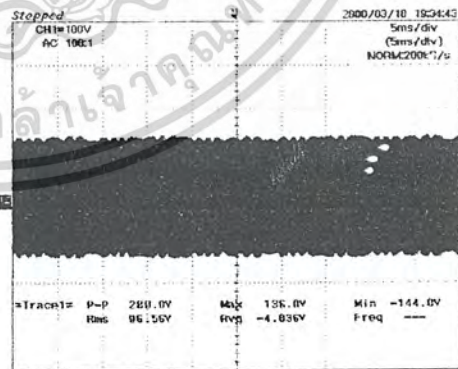
(c)



(d)



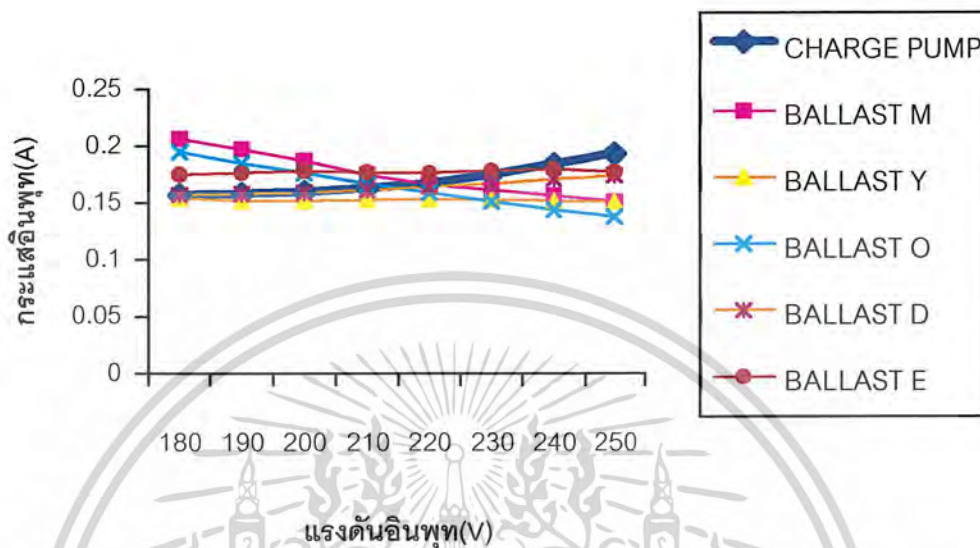
(e)



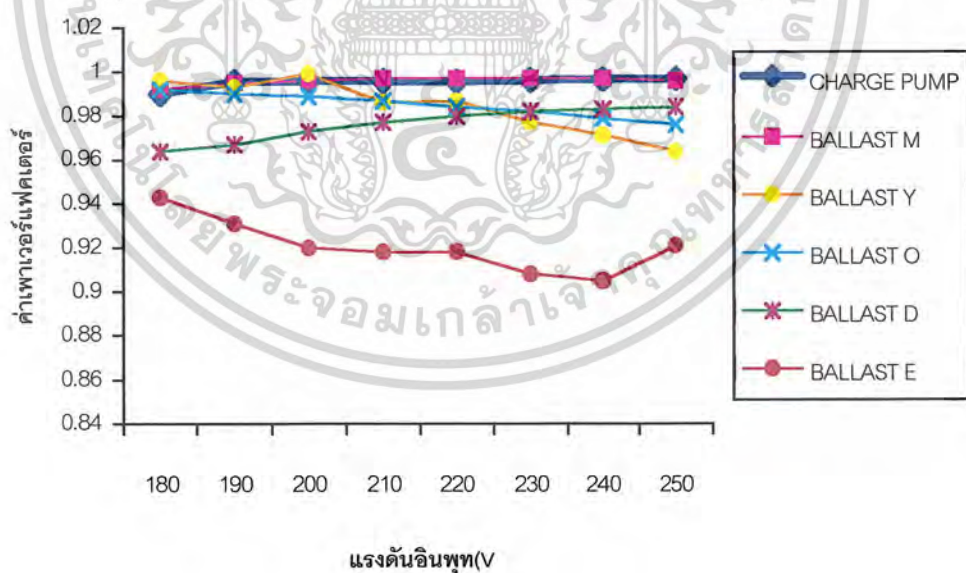
(f)

รูปที่ 4.22 แสดงค่า Crest factor วงจร Charge-pump เทียบกับ Ballast ตัวอย่าง (a) Charge-pump (b) Ballast D (c) Ballast E (d) Ballast Y (e) Ballast M (f) ballast O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

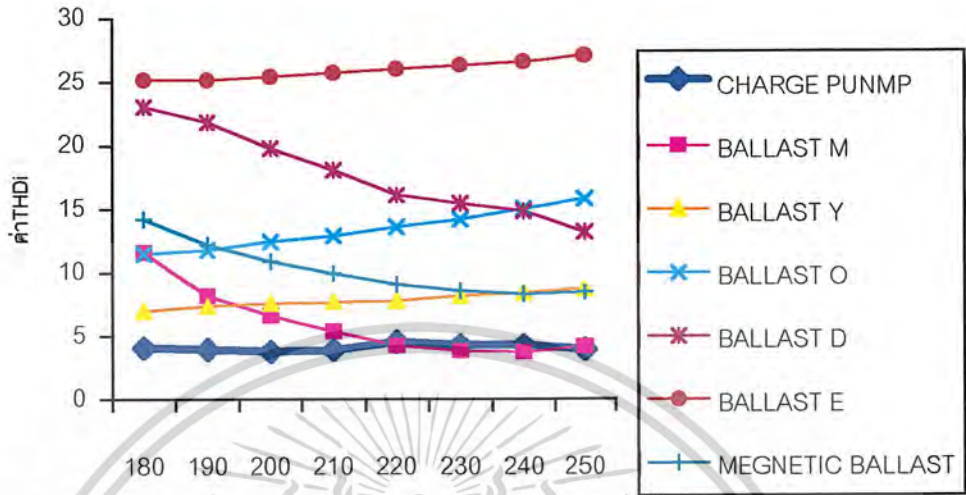


รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่ากระแส Input เทียบกับแรงดันค่าต่างๆ

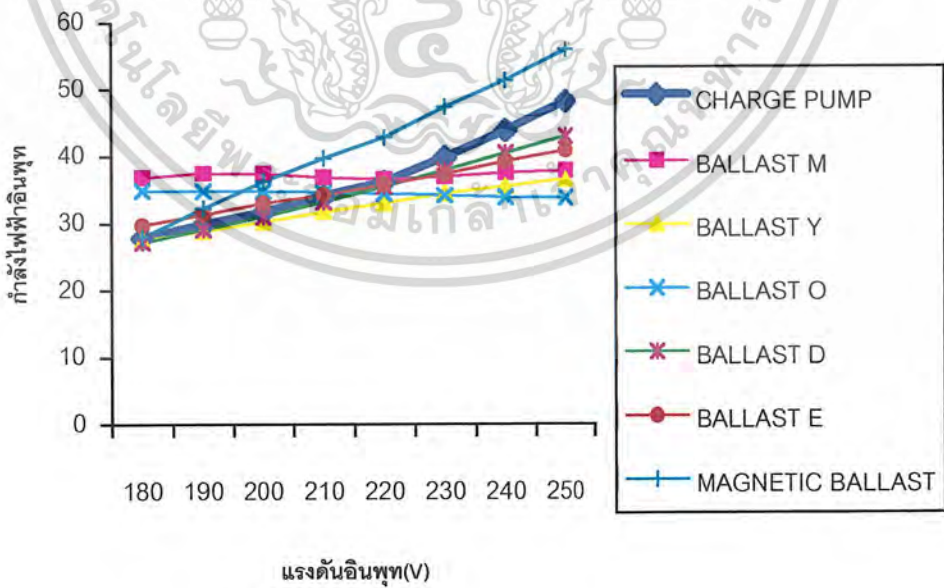


รูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่า Power factor เทียบกับแรงดันค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

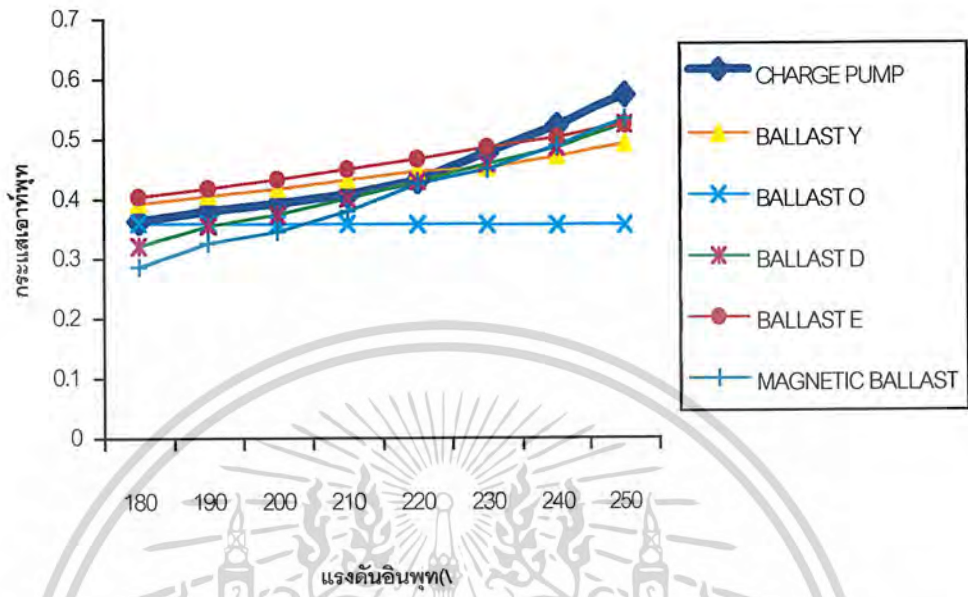


รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่า THDi เทียบกับแรงดันค่าต่างๆ

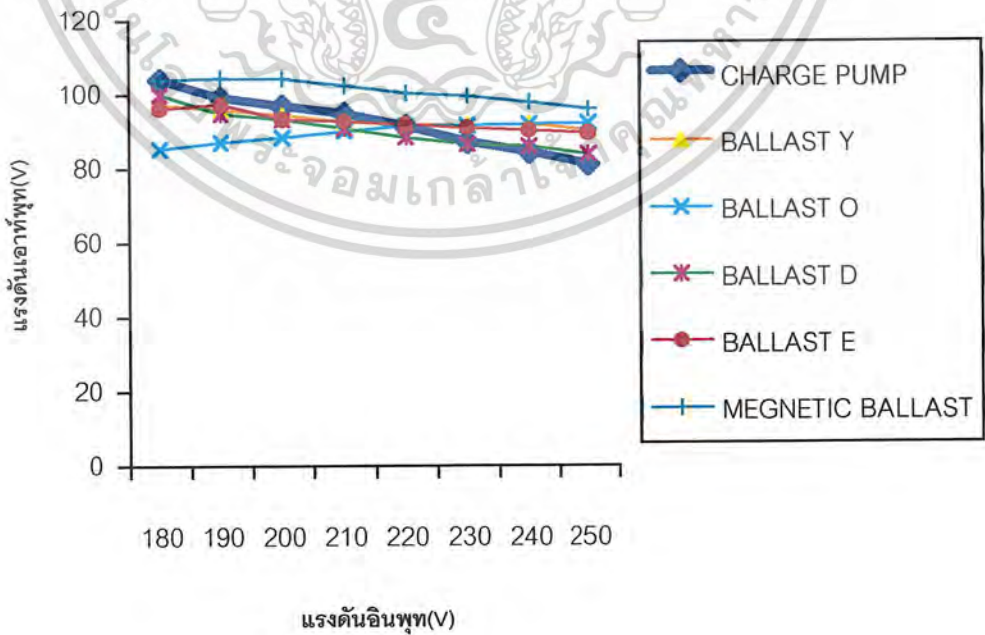


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า Input เทียบกับแรงดันค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

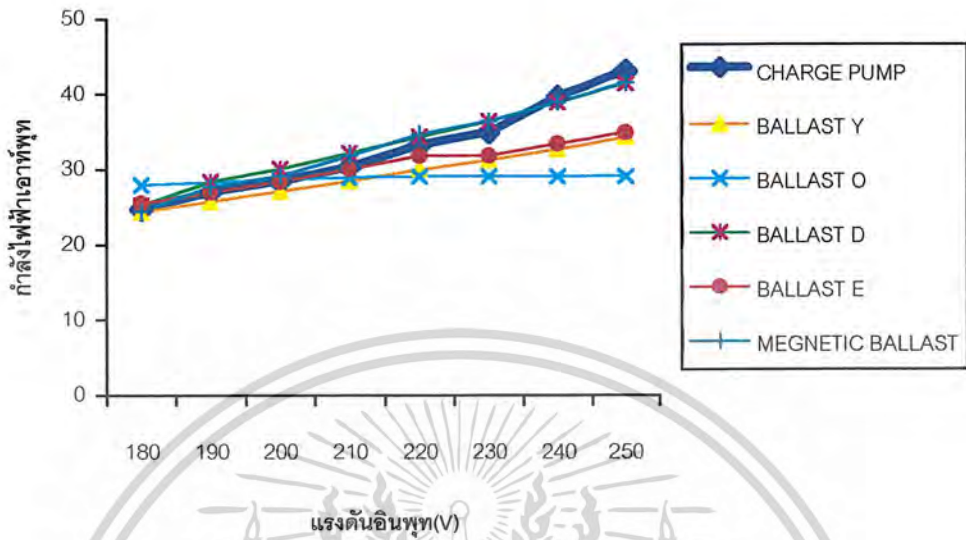


รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่ากระแส Out put เทียบกับแรงดันค่าต่างๆ

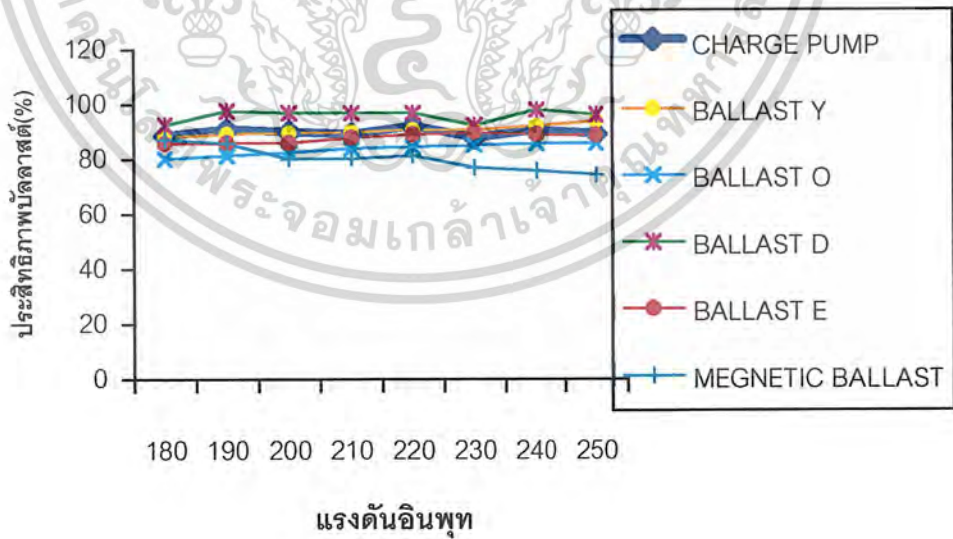


รูปที่ 4.28 กราฟแสดงค่าแรงดัน Out put เทียบกับแรงดันค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

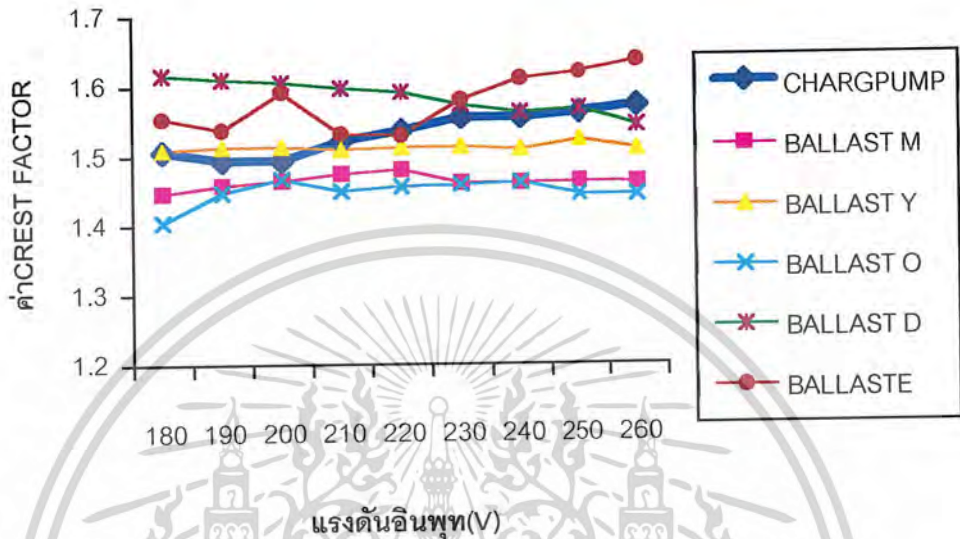


รูปที่ 4.29 กราฟแสดงค่ากำลัง ไฟฟ้า Out put ของอินเวอร์เตอร์ เทียบกับแรงดันค่าต่างๆ

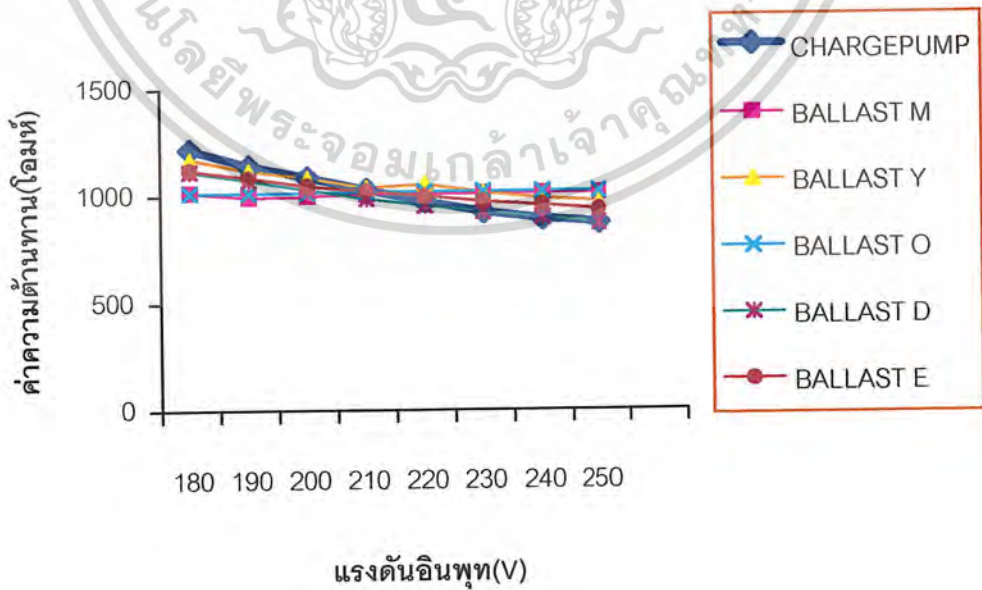


รูปที่ 4.30 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพ Ballast เทียบกับแรงดันค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



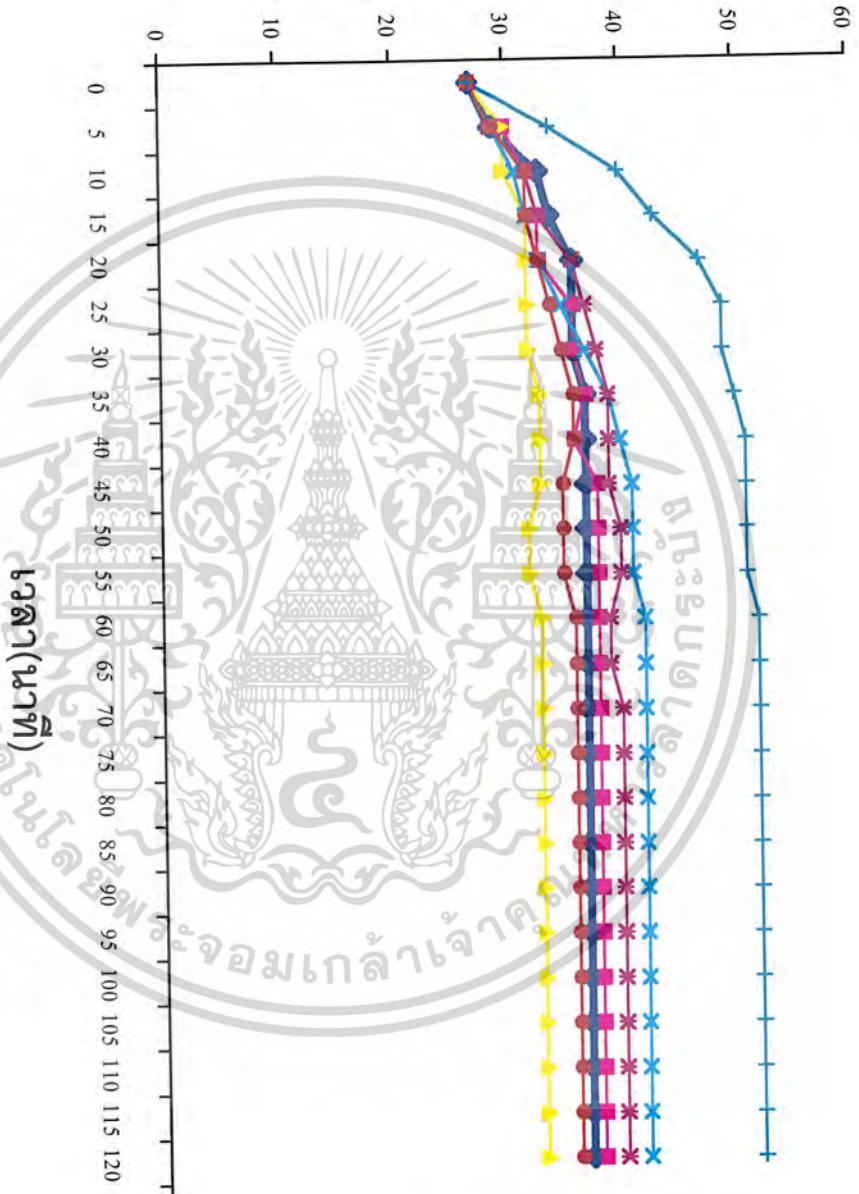
รูปที่ 4.31 กราฟแสดงค่า Crest factor เทียบกับแรงดันค่าต่างๆ



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงค่าความต้านทาน (LDR) เทียบกับแรงดันค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)



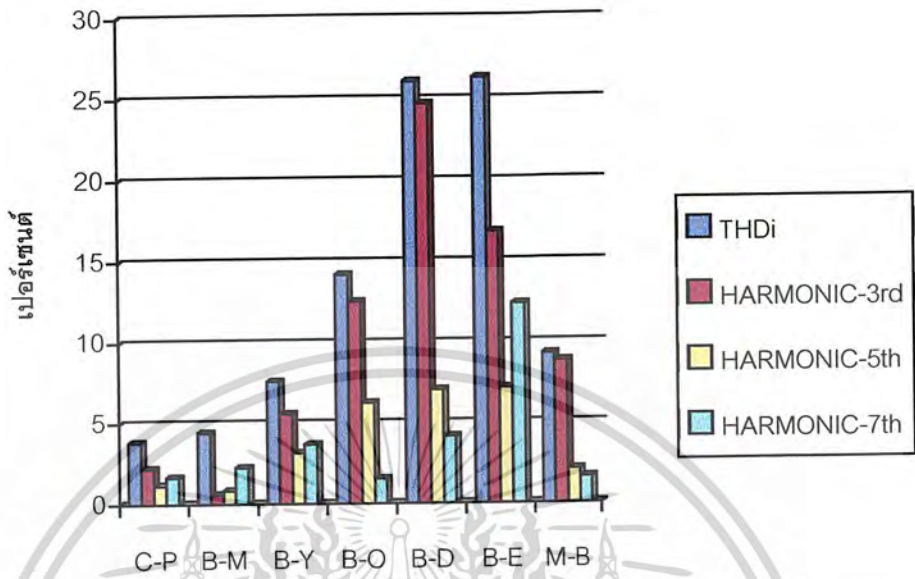
รูปที่ 4.3.3 กราฟแสดงการแผ่ความร้อน ณ.เวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

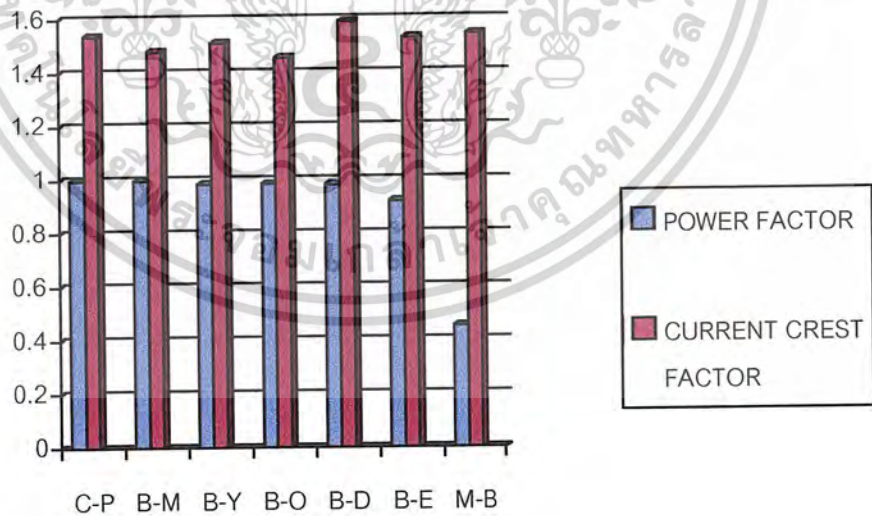
ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่พิกัดแรงดัน 220V ของ Charge-pump Ballast เทียบ
กับ Ballast ตัวอย่าง

คุณสมบัติ	CHARIE PUMP	BALLAST M (BOOST)	BALLAST Y	BALLAST O (BOOST)	BALLAST D	BALLAST E	MAGNETIC
INPUT POWER(W)	36.2	36.6	33	34.4	35.5	35.8	42.7
INPUT CURRENT(A)	0.167	0.166	0.153	0.159	0.164	0.176	0.427
POWER FACTOR	0.996	0.997	0.982	0.984	0.980	0.918	0.451
OUTPUT POWER(W) OF INVERTER	33.33	31.84	30	29.1	34.4	31.9	34.8
LAMP VOLTAGE(V)	91.3	91.6	92	91.5	88.3	91.9	100.3
OUTPUT CURRENT(A)	0.431	0.360	0.447	0.358	0.430	0.467	0.427
POWER LOSS(W)	2.87	4.75	3	5.3	1.1	3.9	7.9
EFFICIENCY BALLAST (%)	92.07	87	90.9	84.59	96.9	89.1	81.49
TOTAL HARMONIC DISTORTION(%)	3.84	4.44	7.55	14.16	26.1	26.33	9.25
HARMONIC-3 rd (%)	2.177	0.57	5.54	12.51	24.7	16.82	8.787
HARMONIC-5 th (%)	1.15	0.83	3.14	6.23	7.02	7.12	2.08
HARMONIC-7 th (%)	1.65	2.25	3.68	1.54	4.13	12.36	1.588
CURRENT CREST FACTOR	1.536	1.479	1.511	1.455	1.591	1.529	1.543
RESISTANT(Ω)	970	1007	1050	1017	952	995	957

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

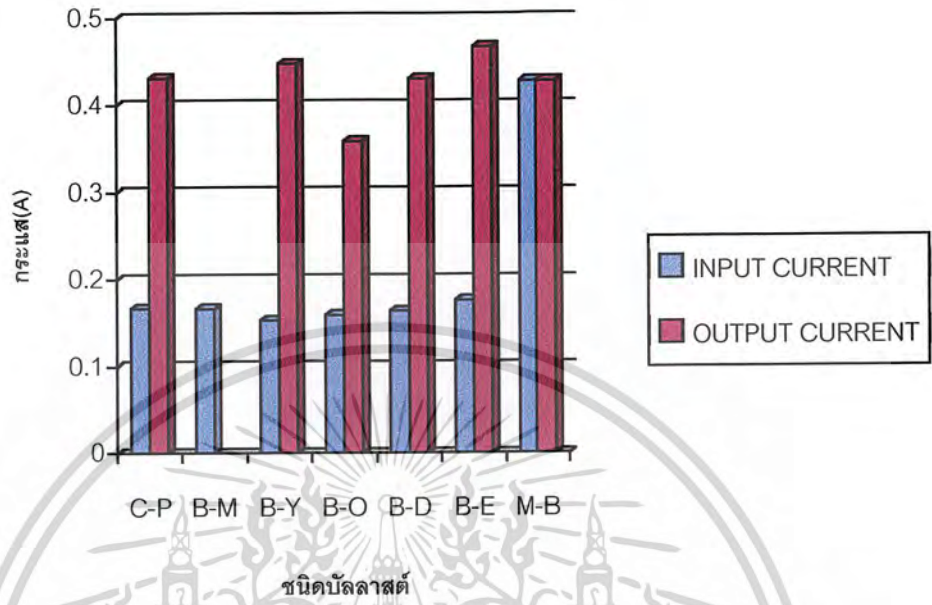


รูปที่ 4.33 แผนภูมิแสดงค่า %THDi, Harmonic 3rd, 5th และ 7th ที่พิกัดแรงดัน 220V

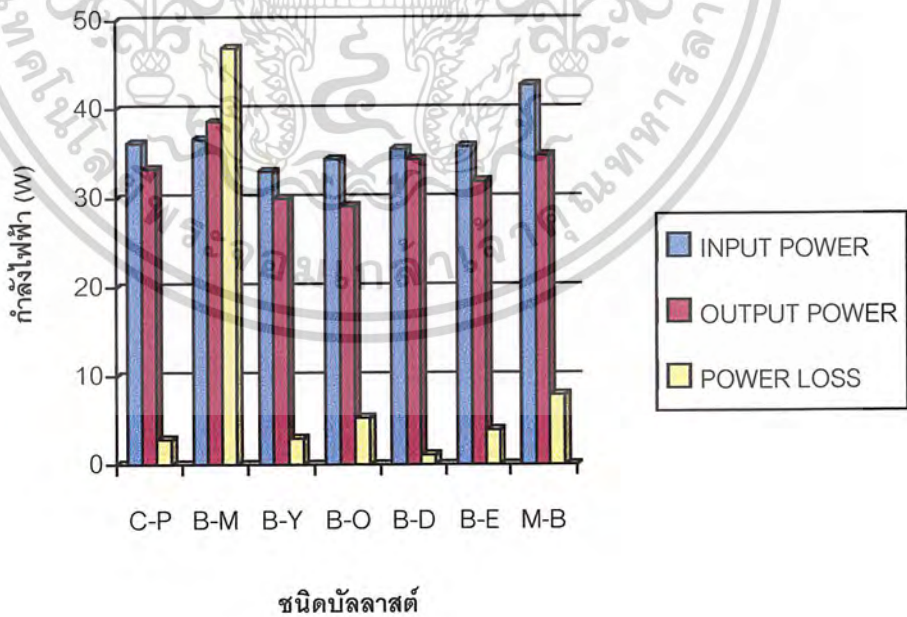


รูปที่ 4.34 แผนภูมิแสดงค่า Power factor และ Crest factor ที่พิกัดแรงดัน 220V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

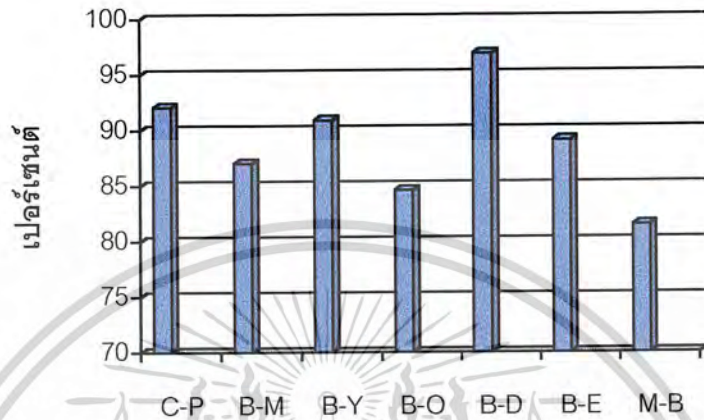


รูปที่ 4.35 แผนภูมิแสดงค่ากระแส Input และ กระแส Out put ที่พิกัดแรงดัน 220V

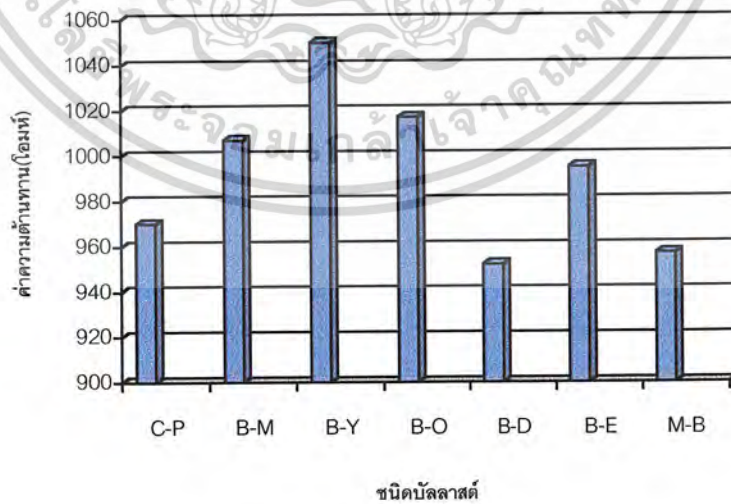


รูปที่ 4.36 แผนภูมิแสดงค่า กำลังไฟฟ้า Input กำลังไฟฟ้า Out put และ กำลังสูญเสียที่พิกัดแรงดัน 220V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

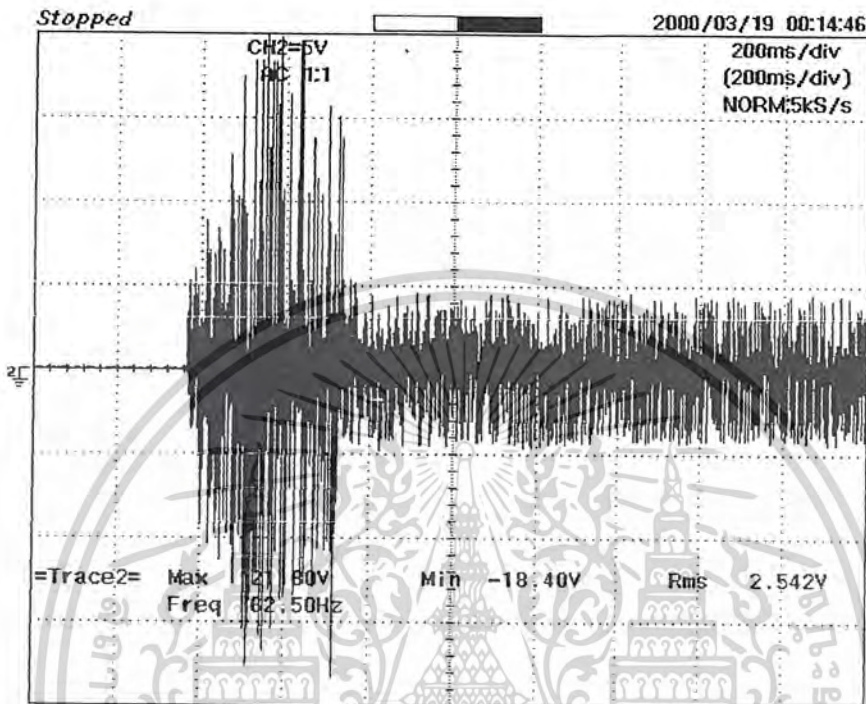


ชนิดบัลลาสต์
รูปที่ 4.37 แผนภูมิแสดงประสิทธิภาพ Ballast ที่พิกัดแรงดัน 220V



รูปที่ 4.38 แผนภูมิแสดงค่าความต้านทาน (LDR; Ω) ที่พิกัดแรงดัน 220V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.40 รูปคลื่นแรงดันคร่อมขั้วหลอดขณะ Start

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลที่ได้จากการทดลองเมื่อเทียบกับผลจากการจำลองโดยโปรแกรม Pspice จะเห็นว่าผลที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกันนัก จากการวิเคราะห์การทำงานของ ทรานซิสเตอร์ Charge pump ทั้ง 2 ชุด จะเห็นว่าแต่ละชุดสามารถดึงกระแส Input ได้เป็นจังหวะตามการเปลี่ยนแปลงของความถี่สูง แต่กระแสที่ได้จะไม่ต่อเนื่อง แต่เมื่อพิจารณาที่ความถี่ต่ำซึ่งผ่านวงจร Filter ทางด้าน Input แล้วกระแสอินพุทจะมีลักษณะต่อเนื่องเป็นรูปคลื่นไซน์และมีลักษณะที่ Inphase กับแรงดันอินพุท ซึ่งจากการใช้เทคนิคของการ Charge pump เราสามารถที่จะลด C-Filter ลงได้ โดยที่สามารถรักษา DC -Link ให้คงที่ขึ้นได้ ซึ่งค่านี้จะมีผลต่อค่า Crest Factor ของกระแสที่โหลด และลดความเครียดที่ สวิตช์จึงสามารถออกแบบ Inverter ให้มีความถี่สูงๆได้(50 kHz)

- จากรูปที่ 4.15 ,4.21 และ 4.34 แสดงให้เห็นถึงสัญญาณของกระแส Input เทียบกับแรงดัน และ THDi ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระแสกับแรงดันของ Ballast Electronic นั้นเกือบอินเฟสกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โดยเฉพาะบัลลาสต์แบบ Charge – Pump ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีรูปคลื่นกระแสที่เป็นไซน์มากที่สุดทำให้ได้ค่า %THDi 3.84 % ซึ่งมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับบัลลาสต์ตัวอื่นชนิดต่างๆ
- รูปที่ 4.22 , 4.31 และรูปที่ 4.34 แสดงให้เห็นลักษณะของแรงดันที่คร่อมหลอดเมื่อที่ความถี่ต่ำและค่า Crest Factor ที่หลอด บัลลาสต์ Charge – Pump มีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันน้อยมากเมื่อเทียบกับ Ballast D ,Ballast E และ Ballast Y แต่ Ballast M และ Ballast O เกือบจะ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลยทั้งนี้เพราะบัลลาสต์ทั้งสองแบบนี้เป็นแบบ Boost ดังกราฟรูปที่ 4.31 และ 4.35 จะเห็นได้ว่า Crest Factor มีค่าประมาณ 1.5 ซึ่งถือว่ายอมรับได้ Crest Factor จะเป็นค่าที่บอกถึงลักษณะความเป็นไซน์ในวงจร Resonant ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ ค่า Peak / ค่า RMS
- รูปที่ 4.23 และ รูปที่ 4.26 เป็นกราฟที่แสดงค่ากระแส Input เทียบกับแรงดัน Input ที่ค่าต่างๆ จะเห็นว่า Ballast O และ Ballast M จะมีค่ากระแสลงเมื่อแรงดันเพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่าบัลลาสต์ทั้งสองแบบนี้มีการรักษากำลังคงที่ ส่วน Ballast Charge-Pump ,Ballast Y , Ballast D และ Ballast E กระแสจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยแต่ทั้งนี้ทั้งนั้นจะต้องอยู่ในพิสัยที่บัลลาสต์นั้นทนได้ นี่ก็เป็นข้อเสีย
- รูปที่ 4.24 เป็นกราฟแสดงค่า Power Factor ที่แรงดันค่าต่างๆ ซึ่งจะเห็นว่า Ballast Charge – Pump และ Ballast M จะมีค่า Power Factor คงที่ไม่ว่าแรงดันจะเปลี่ยนแปลงไปก็ตาม ส่วน Ballast ตัวอย่างอื่นค่า Power Factor จะเปลี่ยนไป
- รูปที่ 4.27 และ 4.28 แสดงให้เห็นถึงกระแส Output และแรงดัน Output (กระแสในวงจร Resonant และแรงดันที่คร่อมหลอด)เมื่อเทียบกับแรงดัน Input ค่าต่างๆ จะเห็นว่า Ballast Charge – Pump ,Ballast Y , Ballast D , Ballast E และ Ballast แบบ Magnetic เมื่อแรงดัน Input ค่าต่างๆ แรงดัน Output จะมีค่าสูงและกระแสจะมีค่าต่ำ และ จะมีการแปรค่าต่ำลงและสูงขึ้นตามลำดับเมื่อแรงดัน Input สูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากคุณสมบัติของหลอดและวงจร Resonant เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ DC-Link ส่วน Ballast แบบ O จะมีค่าคงที่ ทั้งกระแสและแรงดัน เนื่องจากเป็นวงจร Boost ซึ่งจะมี DC-Link เรียบทำให้กำลัง Output คงที่
- รูปที่ 4.29 แสดงให้เห็นกำลังไฟฟ้า Output ซึ่ง บัลลาสต์แบบ Charge – Pump , Y , D , E และ Magnetic จะมีค่ากำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อแรงดัน Input เพิ่มขึ้นแต่บัลลาสต์แบบ O จะมีค่ากำลังไฟฟ้า Output คงที่เพราะเป็นวงจร Boost

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รูปที่ 4.30 และรูปที่ 4.38 แสดงถึงประสิทธิภาพของ Ballast ซึ่งจะเห็นว่า Ballast แบบ Charge – Pump มีประสิทธิภาพมากกว่า 90 % ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่สูงเมื่อเทียบกับบัลลาสต์แบบอื่นๆ
- รูปที่ 4.33 เป็นกราฟแสดงถึงการแพร่กระจายของอุณหภูมิบัลลาสต์ที่พิกัดแรงดัน Input 220 V ซึ่งผลที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยจากการวัด ณ ตำแหน่งต่างๆ ของบัลลาสต์ 6 จุด ดังรูป แสดงการวัดในภาคผนวก ซึ่งจะเห็นว่า Electronic Ballast จะมีอุณหภูมิต่ำกว่า Magnetic Ballast มากซึ่ง Ballast Charge-Pump มีค่าประมาณ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจถือว่ายังมีค่าที่สูงอยู่ควรจะมีการปรับปรุงต่อไป
- รูปที่ 4.37 เป็นกราฟแสดงค่าความต้านทาน (LDR) ที่แรงดัน Input ค่าต่าง ๆ ซึ่งจะเห็นว่าบัลลาสต์แบบ Charge-Pump , Y , E , D จะมีค่า ความต้านทานลดลงเมื่อแรงดันเพิ่มขึ้นซึ่งจะแสดงให้เห็นว่ากำลัง Output เพิ่มขึ้น ส่วนบัลลาสต์แบบ O และ M จะมีค่าความต้านทานคงที่ แสดงว่ากำลัง Output คงที่

จากการทดสอบเมื่อวัดค่าทาง ไฟฟ้าเทียบกับ Ballast ตัวอย่าง 5 ตัว จะเห็นว่าค่า Power Factor ,ค่าTHDi Ballast แบบ Charge Pump จะอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก เพราะสามารถปรับปรุงค่า Power Factor ได้ถึง 0.99 และ มีค่า THDi 3.84 % ประสิทธิภาพและค่า Crest Factor ก็อยู่ในเกณฑ์ที่ดี และเมื่อเปรียบเทียบกับเรื่องการสูญเสียแล้วจะเห็นว่ามีความประมาณ 5 วัตต์ เมื่อเทียบกับแบบเมกเนติก และเมื่อเทียบกับ Ballast ตัวอย่างแล้วจะเห็นว่ามีความต่ำกว่า และจากการทดสอบได้มีการใส่วงจรอุ่นไส้หลอดเพื่อยืดอายุการใช้งานของหลอดให้ยาวนานยิ่งขึ้นผลที่ได้ก็สามารถที่จะห้วงเวลาการทำงานของหลอดได้ตามเวลาที่กำหนดใน มอก.1506-2541 ได้ซึ่งสามารถที่จะยืดอายุการใช้งานของหลอดได้แสดงดังรูปที่ 4.40

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

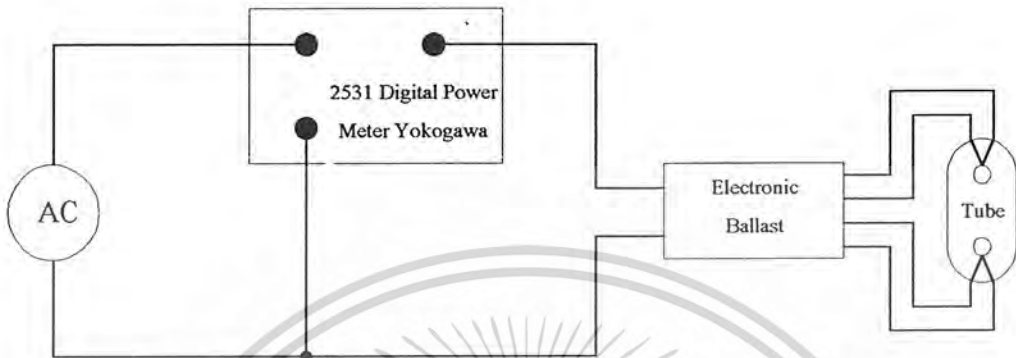
ในปัจจุบันการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ได้มีการคำนึงถึงกันมากขึ้น จึงได้มีการนำบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้แทนบัลลาสต์แบบแมกเนติกกันมากขึ้นเนื่องจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีคุณสมบัติที่ดีกว่าแบบแมกเนติกหลายประการ เช่น มีค่าตัวประกอบกำลังที่สูง มีความร้อนน้อย มีการสูญเสียต่ำ กินกระแสไฟฟ้าที่ต่ำกว่ามากและสามารถให้แสงสว่างที่ดีขึ้น แต่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาใช้โดยทั่วไปในปัจจุบันยังมีข้อเสียอยู่อีกคือ ต้นทุนที่ใช้ยังสูงอยู่เมื่อเทียบกับบัลลาสต์แบบแมกเนติก ดังนั้นจึงเป็นการยากพอสมควรที่จะทำให้มีการหันมาใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์กันอย่างจริงจัง แต่อย่างไรก็ตามค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าก็มีความสำคัญเช่นเดียวกันไม่ว่าเรื่องของค่า เพาเวอร์แฟคเตอร์ ค่าTHDi ทางด้านอินพุท เป็นต้น ถึงแม้ว่าค่าเหล่านี้เมื่อเปรียบเทียบกับแบบแมกเนติกแล้วจะดีกว่าแบบแมกเนติกมาก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันด้วยกันแล้วจะต้องมีการพัฒนาให้มีค่าที่ดีที่สุด

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้มีการวิจัยและทดลอง ทั้งการจำลองจาก คอมพิวเตอร์และการทำจริงเพื่อให้ได้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีต้นทุนต่ำลงและมีค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยกันดังจะเห็นได้จากผลการทดลองที่ได้ตามที่ได้อ้างมาตามการเสนอมาแล้วนั้นและอยู่ภายใต้มาตรฐาน มอก. 1506-2541

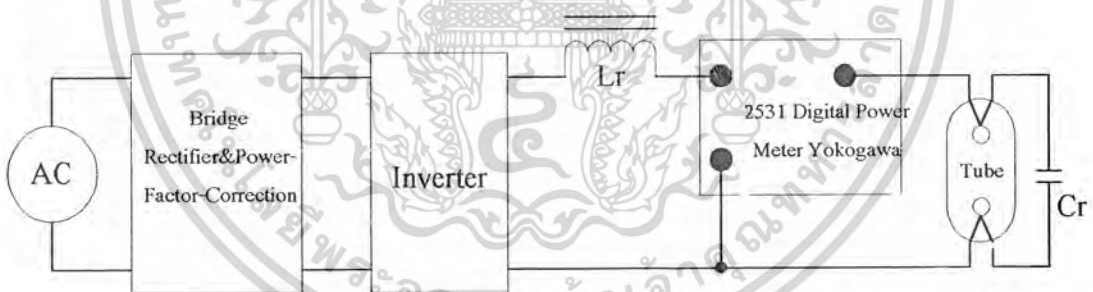
ดังนั้นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ทดลองและวิจัย ตามวิทยานิพนธ์ที่ได้เสนอนี้เหมาะที่จะนำไปใช้งานได้จริง เพื่อการประหยัดพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและมีค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าที่ดีกว่าได้แก่ ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์มีค่า 0.99 ค่าTHDi มีค่า 3.84 % เป็นค่าอยู่ในระดับที่สูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

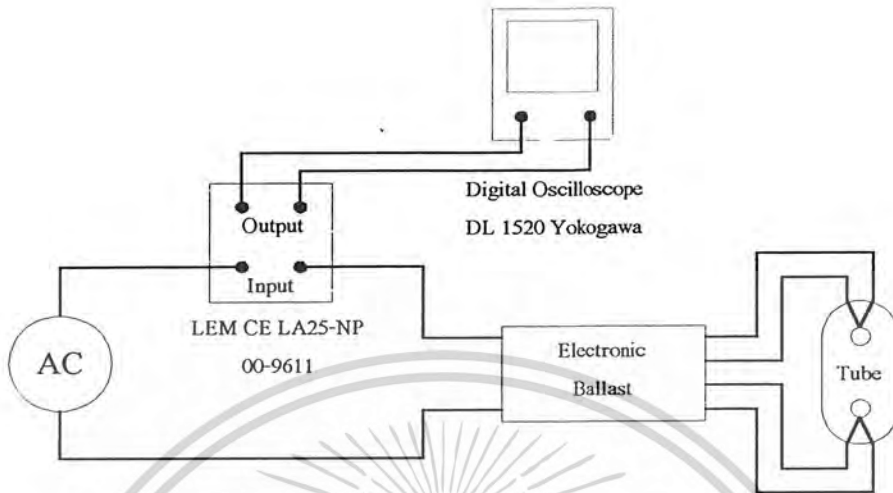


รูป ก. แสดงการวัดกำลังไฟฟ้า Input ด้วย 2531 Digital Power Meter Yokogawa

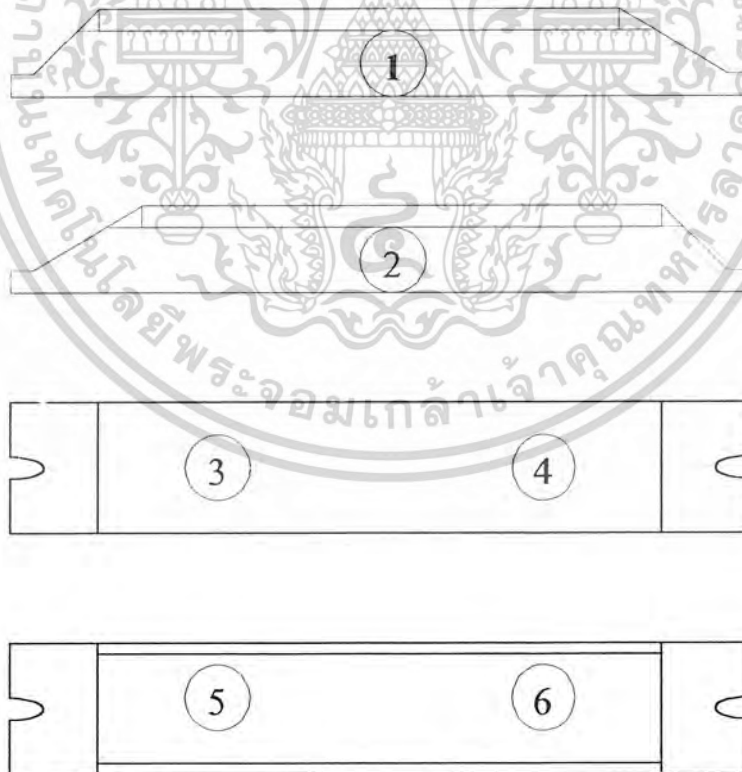


รูป ข. แสดงการวัดกำลังไฟฟ้า Output ด้วย 2531 Digital Power Meter Yokogawa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ค. แสดงการวัดกระแส Input โดยใช้ LEM CE LA25-NP 00-9611



รูป ง แสดงการวัดอุณหภูมิบัลลาสต์ ณ ตำแหน่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีก็เพราะความช่วยเหลือ ให้การสนับสนุนที่ตีมา โดยตลอดจากหน่วยงาน บริษัท และ บุคคล ดังรายนามต่อไปนี้

รศ.ดร.วิริยะ พิเศษจจำเริญ ดร.วิจิตร กิณเรศ และ อ.สุรินทร์ คำฝอย อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำที่ดีที่ทำให้มองการวิเคราะห์ที่กว้างขึ้นและได้อำนวยความสะดวกเรื่องเครื่องมือในการทดลอง และติดต่อทางองค์กรภายนอก

บ.รุ่งแสงฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ จำกัด 77/25 ถ. สวนผัก แขวงตลิ่งชัน เขตตลิ่งชัน กทม. ที่ได้ อำนวยความสะดวกในการทดสอบแสง และการสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

คุณศุภชัย สายพิมพ์ Head of Engineering Department KV Electronic Assembly Co.,Ltd. ที่ได้อำนวยความสะดวกในเรื่องของตัวเหนี่ยวนำความถี่สูงแกนเฟอร์ไรต์

เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรม ชั้น 3 ตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ ลาดกระบัง ที่ได้อำนวยความสะดวกในเรื่องเครื่องมือในการทดสอบบัลลาสต์

ขอขอบคุณพี่ทัชและพี่โรมัสที่ได้ให้คำแนะนำในบางเรื่องเกี่ยวกับหลักการของวงจร

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ Store ที่ได้อำนวยความสะดวกในเรื่องเครื่องมือที่ใช้ในการทำการทดลอง

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

คณะผู้จัดทำ

เอกสารอ้างอิง

- [1]. Jinrong Qian and Fred C. Lee, "Current –Source Charge –Pump Power – Factor Correction Electronic Ballast "in IEEE Transaction on Power Electronics, Vol. 13 , NO.3, May 1998 Page : 564-571.
- [2]. Jinrong Qian and Fred C. Lee, "Voltage –Source Charge – Pump Power-Factor-Correction AC/DC Converters" in IEEE Transaction on Power Electronic , Vol.14.NO.2, March 1999, Page :350-358.
- [3]. Gyun Chae, Yong –Sik Youn and Gyu-Hyeong Cho, "High Power Factor Correction Circuit using Valley Charge-Pumping for Low Cost Electronic Ballasts ", Department of Electrical Engineering Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), 1998 IEEE , Page: 2003-2008.
- [4]. Jinrong Qian , Fred C. Lee and Naoki Onishi , "New Charge Pump Power – Factor – Correction Electronic Ballast with a Wide Range of Line Input Voltage " in IEEE Transaction on Power Electronics, VOL. 14 NO.1 , January 1999, Page:193-200.
- [5]. Yunfen Ji and Robert Davis, "Starting Performance Of High-Frequency Electronic Ballasts For 4 – Foot Fluorescent Lamps" Lighting Research Center Rensselaer Polytechnic Institute Watervliet Facility, 1995 IEEE, Page :2083-2089.
- [6]. Jinrong Qian, Fred C. Lee and Tokushi Yamauchi , " Analysis , Design , and Experiments of High – Power – Factor Electronic Ballast " in IEEE Transaction on Industry Applications, VOL.34, NO.2. May/June 1998, Page: 616-622.
- [7]. Y.R. Yang and C.L. Chen , "Analysis of self – Excited electronic ballast using BJTs/MOSFETs as switching devices " in IEEE Proc.-Circuit Devices Syst, Vol. 145 , No.2 , April 1998. Page :95-103.
- [8]. Sujit K. Biswas and R.P. Dhanuka , " Design Considerations for Economical Electronic Ballasts " in IEEE Catalogue No.95 TH 8025. Page :411-415.
- [9]. Wen –Jian Gu and Koosuke Harada , " Novel Self-Excited PWM Converter with Zero-Voltage –Switched Resonant Transition Using a Saturable Core" , Department of Electronics Kyushu University , 1992 IEEE, Page : 58-64.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [10]. T.H. Yu ,H.M.Huang and T.F.Wu,” Self Excited Half –Bridge Series Resonant Parallel Loaded Fluorescent Lamp Electronic Ballasts” , Power Electronics Applied Research Laboratory Department of Electrical Engineering National Chung Cheng University ,1995 IEEE,Page:657-664.
- [11]. Yueh-Ru Yang and Chern-Lin Chen ,” A Self-Excited Half-Bridge Series-Resonant Ballast with Automatic Input Current Shaping “,Power Electronics Laboratory Deptment of Electrical Engineering National Taiwan University , 1996 IEEE , Page : 881-886.
- [12]. ผศ.ดร.ยุทธนา กุลวิทิต, “การใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์”, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, BUYER’S GUIDE ,Page :79-84.
- [13]. ปริญญานิพนธ์, “บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์” ปีการศึกษา 2541

