

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดแอคทีฟ

Electronic Active Ballast



จัดทำโดย

นายพรรัตน์	ช่วยชู	รหัสประจำตัว	41013100
นายอำนาจ	นวลนุช	รหัสประจำตัว	41013119
นายนิกร	กลองโคน	รหัสประจำตัว	41013140
นายสมพล	นาคหวัง	รหัสประจำตัว	41013158

อาจารย์ที่ปรึกษา

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

เลขหน้.....
 เลขทะเบียน 42616
 วัน, เดือน, ปี 4 ส.ค. 2545

.....

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
 คณะวิศวกรรมศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดแอคทีฟ

Electronic Active Ballast

ผู้จัดทำ	1. นายพรรัตน์ ช่วยชู	รหัสประจำตัว	41013100
	2. นายอำนาจ นวลนุช	รหัสประจำตัว	41013119
	3. นายนิกร กลองโคน	รหัสประจำตัว	41013140
	4. นายสมพล นาคหวัง	รหัสประจำตัว	41013158

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.วิริยะ พิเศษจูงำเรียม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.วิจิตร กิณเรต)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.สุรินทร์ คำฝอย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

นายพรรัตน์	ช่วยชู
นายอำนาจ	นवलนุช
นายนิกร	กลองโคน
นายสมพล	นาคหวัง
รศ.ดร.วิริยะ พิเศษจูจำเริญ	อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.วิจิตร	กิมเรศ อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.สุรินทร์	คำฝอย อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543	

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการวิเคราะห์และพัฒนาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อลดต้นทุนการผลิตต่อชิ้นลง โดยบัลลาสต์ที่ทำกรวิเคราะห์นี้จะเป็นแบบแอคทีฟคือระดับแรงดันเอาต์พุตจะคงที่เมื่อแรงดันอินพุตเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 180-240 โวลท์ โดยใช้วงจรบูทส์ (Boot Converter) ซึ่งสามารถแก้ไขค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ค่าเปอร์เซ็นต์ THDi และค่า Crest Factor โดยต้องการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้มีค่ามากกว่า 0.95 ค่าคิดเพี้ยนของกระแสต้านอินพุต (THDi; Total Harmonic Distortion of Current) มีค่าน้อยกว่า 15% ค่าตัวประกอบของค่าสูงสุดของแรงดันที่โหลด (Crest Factor) มีค่าน้อยกว่า 1.7 วงจรกำเนิดความถี่ใช้ IC 2155 และวงจรโซแนนท์ (Resonant Half-Bridge Inverter) การวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือแบบที่ใช้สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้หลายขนาดและแบบที่ใช้ได้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ จำนวนหลายหลอด (Multiple Fluorescent Lamp 36 watt) นอกจากนี้ยังเพิ่มวงจรป้องกัน (Protection) เพื่อป้องกันเมื่อเกิดการลัดวงจรเข้าไปด้วย

ELECTRONIC BALLAST

Pornrat	Chuaychoo	
Amnaj	Nualnuch	
Nikon	Klongkon	
Sompon	Nakewang	
Asso.Prof.Dr.Viriya Pichetchumroen		Adviser
Dr.Vijit	Kinnaras	Adviser
Surin	Khomfoi	Adviser

Abstract

The purpose of this thesis is to analyse and improve electronic ballast for increased efficiency, low cost and nearly unity power factor. This analytical ballast configuration is active form. It will benefit to keep output voltage constant when ac input voltage varies between 180-240 volt. By using boost converter, it is capable of improving power factor, %THDi and crest factor. With value of more than 0.95, less than 15% and less than 1.7, respectively. A half-bridge converter and a resonant half-bridge inverter are used. The design is for multiple fluorescent lamps i.e. two 36 watt fluorescent lamps ; Besides, a protection circuit is included for providing short circuit output.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญ	III
สารบัญภาพ	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 หลักการทำงานของบัลลาสต์ แบบแมกเนติกและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	3
2.1 การศึกษาและการวิเคราะห์ห้วงจรบัลลาสต์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์	3
2.2 หน้าที่ของบัลลาสต์	4
2.3 ข้อเสียของบัลลาสต์แบบแมกเนติก	4
2.4 การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	5
2.5 ข้อดีของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	6
2.6 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของบัลลาสต์แบบแมกเนติกและแบบอิเล็กทรอนิกส์	6
2.7 คุณสมบัติและประสิทธิภาพการทำงาน (Performance Parameter)	7
บทที่ 3 ทฤษฎีพื้นฐาน	10
3.1 วงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter)	11
3.1.1 AC-DC Converter (Rectifier)	11
3.1.2 DC-AC Converter (Inverter)	12
3.2 วงจร Resonant	15
3.2.1 วงจรเรโซแนนซ์อนุกรมกับ โหลด (Series-load-Resonant:SLR)	15
3.2.2 วงจรเรโซแนนซ์ขนานกับ โหลด (Parallel-load-Resonant:PLR)	16
3.2.3 วงจรพื้นฐานเรโซแนนซ์อนุกรม-ขนานกับ โหลด (SPLR)	18
3.3 ค่าเวลา เพื่อ t_p (Dead Time) สำหรับการสวิตช์ในคอนเวอร์เตอร์	20
3.4 หลักการเลือกตัวสวิตช์ในตัวอินเวอร์เตอร์	21
3.4.1 ไบโพลาร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ (Bipolar Junction Power Transistor)	21
3.4.2 เพาเวอร์มอสเฟต (MOSFET Power Transister)	24
3.5 วงจรกรองแบบพาสซีฟใช้ LC (Passive Filter)	26

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ การคัดลอก การเผยแพร่ การจำหน่าย หรือ การนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏ ไม่รับผิดชอบต่อการใช้งานใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 หลักการทำงานของวงจร และ วงจรการทดลอง	35
บทที่ 5 ผลการทดลอง	37
5.1 รูปวงจรแสดงการต่อเครื่องมือวัด	37
5.2 ตารางคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Active Ballast	39
5.3 การทดลองBallast ที่ใช้กับหลอด Fluorescent หลอดเคียว และกับหลายหลอด	45
5.3.1 การทดลองเมื่อใช้กับหลอด 40W	45
5.3.2 การทดลองเมื่อใช้กับหลอด 36	56
5.3.3 การทดลองเมื่อใช้กับหลอด 32 W	67
5.3.4 การทดลองเมื่อใช้กับหลอด 18W	77
5.3.5 สรุปผล	89
5.4 ผลการทดลองเมื่อใช้ Electronics Active Ballast กับหลอด FL ขนาดต่างๆ	90
5.4.1 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast และค่า Total Harmonic Distortion ของกระแสเมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 36 W	90
5.4.2 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast และค่า Total Harmonic Distortion ของกระแส เมื่อใช้กับหลอด FL 36+40 W	95
5.4.3 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast และค่า Total Harmonic Distortion ของกระแส เมื่อใช้กับหลอด FL 36+32 W	99
5.4.4 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast และค่า Total Harmonic Distortion ของกระแส เมื่อใช้กับหลอด FL 40+32 W	103
5.4.5 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast และค่า Total Harmonic Distortion ของกระแส เมื่อใช้กับหลอด FL 40+18 W	107
5.4.6 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast และค่า Total Harmonic Distortion ของกระแส เมื่อใช้กับหลอด FL 32+18 W	111
5.4.7 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast และค่า Total Harmonic Distortion ของกระแส เมื่อใช้กับหลอด FL 18+18 W	115
5. 4.8 รูปคลื่นแรงดันคร่อมหลอดและกระแสผ่านหลอดขนาดต่างๆ	119
5.4.9 รูปแสดงความถี่วิตซ์ของ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL ขนาดต่างๆ	121
5.4.10 แรงดัน DC LINK ที่ออกจากวงจร Boost	129
5.4.11 ผลการทดสอบความสว่างของหลอด FL 36 W ของ Electronics active ballast เทียบกับ ballast อื่นๆ (magnetic ballast)	129

5.4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของ Active Ballast เทียบกับ Magnetic Ballast	159
5.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง	159
บทที่ 6 บทวิจารณ์และสรุป	161
ภาคผนวก	163
กิตติกรรมประกาศ	190
เอกสารอ้างอิง	191



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. V-I Characteritic ของหลอดฟลูออเรสเซนต์	3
2. ลักษณะแรงดันและกระแสที่ตกคร่อมขั้วหลอด	3
3. วงจรการทำงานของบัลลาสต์แบบแมกเนติก	4
4. แสดง Block Diagram การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	10
5. วงจร Rectifier	11
6. แสดงวงจร Half-Bridge Converter	14
7. แสดงวงจรพื้นฐานเรโซแนนซ์อนุกรมกับโหลด	15
8. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายเทียบกับความถี่เรโซแนนซ์ของ วงจรเรโซแนนซ์ชนิดอนุกรมกับโหลด(SLR)	16
9. วงจรพื้นฐานเรโซแนนซ์ขนานกับโหลด	17
10. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายเทียบกับความถี่เรโซแนนซ์ของ วงจรเรโซแนนซ์ชนิดขนานกับโหลด(PLR)	17
11. วงจรพื้นฐานเรโซแนนซ์อนุกรม-ขนานกับโหลด	18
12. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายเทียบกับความถี่เรโซแนนซ์ของ วงจรเรโซแนนซ์ชนิดอนุกรม-ขนานกับโหลด (SPLR)	19
13. แสดงการหน่วงของเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เนื่องจากประจุ สะสมเมื่อเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแสพร้อมกัน	21
14. แสดงการกำหนดค่าเวลาเพื่อ t_d ให้กับเพาเวอร์ซิสเตอร์	21
15. แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันตกคร่อมไบโพลาร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เมื่อเริ่มนำกระแสและหยุดนำกระแส	23
16. แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟตเมื่อเริ่มนำกระแส และเริ่มหยุดนำกระแส	25
17. ตัวอย่างวงจรกรอง L-C แบบต่อวาริสเตอร์ก่อนหน้าไดโอดบริดจ์	26
18. รูปแบบของวงจรกรองหน้าสัมผัสแบบต่างๆ	26
19. วงจรป้องกันหน้าสัมผัส แบบคร่อมหน้าสัมผัสที่ควบคุมโหลด	31
20. แรงดันคร่อมหน้าสัมผัสกับแรงดันเบรคดาวน์	33

เอกสารนี้เป็นวงจรป้องกันทรานเซียนท์ที่เกิดจากตัวเหนี่ยวนำเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22. วงจร Boost	35
23. วงจร Inverter แบบขั้วหลอด 2 หลอด	35
24. วงจร Protection	36
25. แสดงการวัดกำลังไฟฟ้าด้าน INPUT	37
26. แสดงการวัดกำลังไฟฟ้าด้าน OUTPUT	37
27. แสดงการวัดรูปคลื่นกระแสด้าน INPUT	38
28. แสดงการวัดรูปคลื่นแรงดันด้าน INPUT	38
29. แสดงการวัดรูปคลื่นกระแสด้าน OUTPUT	38
30. แสดงการวัดรูปคลื่นแรงดันด้าน OUTPUT	39
31. แสดงสัญญาณรูปคลื่นต่างๆของหลอด ฟลูออเรสเซนต์ ที่ได้จากการทดลอง	45



บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันอย่างมาก โดยอุปกรณ์สำคัญที่ใช้กันร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ก็คือ บัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ ซึ่งบัลลาสต์ที่ใช้กันส่วนใหญ่เป็นบัลลาสต์แบบแมกเนติก (Magnetic Ballast) จากการศึกษพบว่าในการทำงานของบัลลาสต์ชนิดนี้ จะเกิดกำลังสูญเสียในตัวบัลลาสต์มาก ซึ่งเป็นข้อเสียประเด็นสำคัญที่ต้องคำนึงถึง นอกจากนี้ยังพบข้อเสียของการทำงานของบัลลาสต์แบบแมกเนติกอีกหลายประการ เช่น ทำให้หลอดเกิดการกระพริบ ส่งผลให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลง จากข้อเสียเหล่านี้จึงได้มีการพัฒนาบัลลาสต์ขึ้นมาเพื่อวัตถุประสงค์ที่จะลดข้อเสียต่างๆของบัลลาสต์แบบแมกเนติก

โดยทั่วไปส่วนใหญ่ในการเลือกใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เราจะคำนึงถึงตัวประกอบกำลังและ เปอร์เซนต์ความผิดเพี้ยนของสัญญาณกระแสอินพุท (THDi) แต่สิ่งหนึ่งที่เราไม่สามารถมองข้ามได้คือ การนำเอาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ไปใช้งานในสภาวะต่างๆ เช่น ถ้าเป็นการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นก็ควรจะมีการคำนึงถึง การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า ไฟฟ้าตก ไฟฟ้าเกิน และการกระชากของแรงดันไฟฟ้า เป็นต้น จากเหตุผลข้างต้นมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาถึงชนิดและการทำงานของมันอย่างละเอียด เพราะบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดนั้นจะมีคุณสมบัติและขอบเขตของการใช้งานแตกต่างกัน การเลือกใช้บัลลาสต์ให้ถูกต้องกับการใช้งานจะนำไปสู่การประหยัดอย่างแท้จริง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปนั้นจะมีอยู่ 2 ชนิดที่แตกต่างกัน คือ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แบบพาสซีฟ และ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แบบแอคทีฟ โดยที่การแบ่งชนิดของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในที่นี้นั้นจะแบ่งตามลักษณะการทำงานของส่วนที่ทำหน้าที่ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังและลดความผิดเพี้ยนของกระแสอินพุทในตัวของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

สำหรับบัลลาสต์ทั้ง 2 ชนิด สามารถแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังและค่าความผิดเพี้ยนของกระแสอินพุทได้ดีเท่าๆกันและ ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก (ค่าตัวประกอบกำลังจะไม่ต่ำกว่า 0.95 และค่าความผิดเพี้ยนของกระแสอินพุทจะไม่เกิน 20 %) แต่การเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ใช้ในการขับหลอดจะมีความแตกต่างกัน เมื่อแรงดันอินพุทที่จ่ายให้กับหลอดมีการเปลี่ยนแปลง แบบแอคทีฟจะสามารถรักษาแรงดันขับหลอดค่อนข้างคงที่ นั่นหมายถึงแสงของหลอดจะไม่เปลี่ยนแปลงความสว่างเมื่อแรงดันอินพุทมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งจะเหมือนกับตอนที่จ่ายไฟด้านเข้าในระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติ แต่สำหรับแบบ พาสซีฟ จะมีการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันที่ใช้ในการขับหลอดลดลง ความเข้มแสงลดลงตามแรงดันที่ตกไปแต่หลอดสามารถทำงานได้ โดยปริญญาโทฉบับนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อ วิเคราะห์หลักการทำงานและผลของบัลลาสต์ อีเล็กทรอนิกส์ชนิด แอคทีฟ เพื่อนำมาปรับปรุงบัลลาสต์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันให้ดีขึ้น

ในปริญญาโทฉบับนี้จะแบ่งออกเป็น 5 บทคือ

- บทที่ 2 กล่าวถึง หลักการทำงานของบัลลาสต์แบบแมกเนติก และบัลลาสต์อีเล็กทรอนิกส์
- บทที่ 3 กล่าวถึง ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ประกอบการทำงาน
- บทที่ 4 กล่าวถึง วงจรที่ใช้ในการทำงาน
- บทที่ 5 กล่าวถึง ผลการทดลอง
- บทที่ 6 กล่าวถึง บทวิจารณ์และสรุป



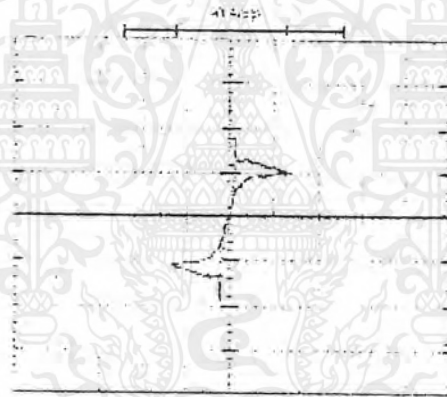
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

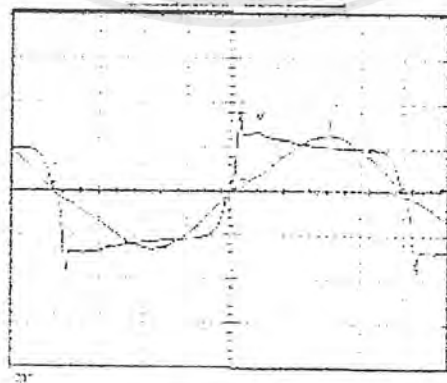
หลักการทํางานของบัลลาสต์แบบแมกเนติก และบัลลาสต์ อิเล็กทรอนิกส์

2.1 การศึกษาและการวิเคราะห์ห้วงจรบัลลาสต์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์

เนื่องจากหลอดฟลูออเรสเซนต์มีสมบัติเป็นแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear) และมีค่าความต้านทานพลวัตเป็นลบ (Dynamic Resistance) คือขณะจุดหลอด ความต้านทานของหลอดจะมีค่ามากและค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ จนถึงจุดที่แรงดันคงที่ ความต้านทานของหลอดจะคงที่ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า เมื่อเพิ่มกระแสให้กับหลอดทำให้หลอดมีแรงดันที่ตกคร่อมระหว่างขั้วหลอดลดลง ดังรูป



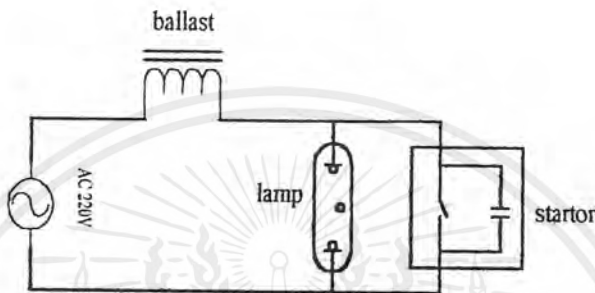
รูปที่ 1 V-I Characteristic ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ ความถี่ 50 Hz , 100V/div, 0.5 A/div



รูปที่ 2 ลักษณะแรงดันและกระแสที่ตกคร่อมขั้วหลอดที่ 50 Hz , 100V/div, 0.5 A/div

ดังนั้นในการจ่ายให้กับหลอด แหล่งจ่ายพลังงานจะต้องให้มีลักษณะใกล้เคียงแหล่งจ่ายกระแส (Current Source) เพื่อให้การทํางานของหลอดฟลูออเรสเซนต์มีเสถียรภาพ ลักษณะดัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งที่มิมีเหตุที่เบี่ยงเนื้อหาและต้องอ้างอิงของเอกสารนี้

กล่าวนี้สามารถทำได้โดยใช้อิมพีแดนซ์ (Impedance : Z) ที่มีค่าสูงมาต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายคือ ความต้านทานแบบรีซิสแตนซ์ (Resistant) แต่จะเกิดพลังงานสูญเสียมากจากการใช้ความต้านทาน โดยทั่วไปในแล้วปัจจุบันจึงได้ใช้ บัลลาสต์แบบแมกเนติก (Magnetic Ballast) ทำหน้าที่เป็นความต้านทานแบบรีแอกทีฟ (Reactive) ให้กับแหล่งจ่ายแรงดัน



รูปที่ 3 วงจรการทำงานของบัลลาสต์แบบแมกเนติก

2.2 หน้าที่ของบัลลาสต์

1. กำหนดค่ากระแสที่เหมาะสมให้ไหลผ่านหลอดทำให้หลอดทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ
2. ต้องสามารถให้แรงดันสูงพอขณะจุดหลอด
3. ต้องจ่ายกระแสที่คงที่ให้กับหลอด ไม่ว่าแรงดันที่แหล่งจ่ายไฟตก หรือเพิ่มขึ้นในช่วงที่กำหนด
4. ต้องมีการอุ่นไส้หลอดตลอดเวลา สำหรับหลอดที่เป็นชนิดพรีฮีท (Preheat) หรือ แรปปิดสตาร์ท (Rapidstart)
5. กระแสที่ไหลผ่านหลอดต้องสมมาตรมีการไหลกลับไปมาระหว่างทั้ง 2 ขั้วหลอด

2.3 ข้อเสียของบัลลาสต์แบบแมกเนติก

ในปัจจุบันบัลลาสต์ที่ใช้กันส่วนใหญ่จะเป็นบัลลาสต์แบบแมกเนติก โดยใช้ทำงานร่วมกับสตาร์ทเตอร์ซึ่งเราจะพบข้อเสียหลายประการ ในการทำงานของวงจรบัลลาสต์แบบแมกเนติกนี้สามารถจำแนกออกเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. ทำให้หลอดเกิดการกระพริบ ส่งผลให้สารเคลือบขั้วหลอด ที่ทำหน้าที่จ่ายอิเล็กตรอน หลุดหายไปมากเกินไป (ขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งของการกระพริบ) ซึ่งจะทำให้อายุการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
งานของหลอดสันลง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากการสูญเสียที่เกิดขึ้นในตัวบัลลาสต์แบบแมกเนติก
3. ค่าตัวประกอบกำลังต่ำ เป็นผลให้ค่ากระแสที่ใช้สูงเกินค่าความต้องการที่แท้จริงของหลอด
4. เกิดเสียงรบกวน ในกรณีที่แกนเหล็กของบัลลาสต์แบบแมกเนติกเริ่มเสื่อมสภาพ
5. เกิดผลของสโตรโบสโคปิก (Stroboscopic Effect) ความสว่างที่ได้ไม่นิ่ง ทำให้เห็นภาพวัตถุเคลื่อนเบลอ และทำให้สายตาได้อย่างรวดเร็ว เนื่องมาจากการทำงานที่ความถี่ต่ำ

จากข้อเสียที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าบัลลาสต์แบบแมกเนติกมีข้อเสียมาก อีกทั้งยังไม่ประหยัดพลังงาน ปัจจุบันได้มีการพัฒนาประสิทธิภาพของบัลลาสต์ซึ่งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของบัลลาสต์ที่เราสามารถนำมาใช้งานได้ในปัจจุบัน

2.4 การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ในการพัฒนาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีจุดประสงค์หลักคือ เพื่อลดการสูญเสียของบัลลาสต์แบบแมกเนติก และเพื่อการประหยัดพลังงาน ซึ่งพบว่าในบัลลาสต์แบบแมกเนติกนั้นพลังงานที่สูญเสียไปจะเกิดจากค่าตัวเหนี่ยวนำที่อยู่ในตัวบัลลาสต์ เนื่องจากค่าอิมพีแดนซ์ที่อยู่ในตัวบัลลาสต์ควรมีค่าสูง จึงทำให้ค่าของตัวเหนี่ยวนำมีค่ามากด้วยเพราะว่าบัลลาสต์แบบแมกเนติกทำงานที่ความถี่ต่ำ (50 Hz) ค่าตัวเหนี่ยวนำจึงจำเป็นต้องมีค่าสูง แต่ในขณะที่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าความถี่สูง จึงทำให้สามารถใช้ตัวเหนี่ยวนำขนาดเล็กลงได้ (ค่าอิมพีแดนซ์ของตัวเหนี่ยวนำ $X_L = 2\pi fL$) ดังนั้นเมื่อใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าความถี่สูงจะทำให้ค่าตัวเหนี่ยวนำลดลงได้ ส่งผลให้ความสูญเสียลดลงด้วย นอกจากนี้การทำงานที่ความถี่สูงจะทำให้ประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดสูงขึ้นอีกด้วย

ในการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ความถี่สูง ถึงแม้ว่าจะลดกำลังสูญเสียลงได้จริงแต่ก็จำเป็นต้องแหล่งจ่ายพลังงานความถี่สูง เนื่องจากว่าแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปจะเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 50 Hz จึงจำเป็นต้องใช้คอนเวอร์เตอร์ ในการสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง ซึ่งในการทำงานจะเกิดกำลังสูญเสียของคอนเวอร์เตอร์เอง และเพื่อให้สามารถลดกำลังสูญเสียรวมของระบบลงได้ ตัวคอนเวอร์เตอร์ต้องมีประสิทธิภาพสูง (กำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นต้องน้อยกว่ากำลังสูญเสียในตัวเหนี่ยวนำของบัลลาสต์แบบแมกเนติก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ข้อดีของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

1. ใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่าบัลลาสต์แบบแมกเนติก ทำให้ประหยัดพลังงาน
2. หลอดติดง่ายไม่มีการกระพริบหลายหน
3. แสงที่ใช้มีความนุ่มนวลกว่าการใช้บัลลาสต์แบบแมกเนติกเนื่องจากไม่มีการกระพริบของแสงจากผลของสโตรโบสโคปิก (Stroboscopic Effect) เหมาะที่จะใช้ในการอ่านหนังสือและการทำงานที่ใช้สายตา
4. ไม่มีปัญหาเรื่องหลอดกระพริบจากสแตร์ทเตอร์ (Starter) เสียหรือหลอดเสื่อมเนื่องจากไม่ต้องใช้สแตร์ทเตอร์ และเมื่อหลอดเสื่อมวงจรจะหยุดทำงานเองโดยอัตโนมัติ
5. เนื่องจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีกำลังสูญเสียน้อย จึงเกิดความร้อนน้อยกว่าบัลลาสต์แบบแมกเนติก จึงเหมาะที่จะติดตั้งในห้องที่มีเครื่องปรับอากาศ เพราะจะช่วยลดกำลังขาเข้าของเครื่องปรับอากาศลงได้
6. ไม่เกิดเสียงรบกวนเหมือนบัลลาสต์แบบแมกเนติก
7. หลอดที่ใช้งานกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ จะเกิดความร้อนน้อยกว่าหลอดที่ใช้กับบัลลาสต์แบบแมกเนติก ทำให้ยืดอายุการใช้งานของหลอด
8. ถ้าเกิดการลัดวงจรที่ขั้วออก (Output) จะไม่ทำให้เกิดความร้อนสูงผิดปกติที่ตัวบัลลาสต์และไม่ทำให้เกิดไฟไหม้

2.6 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของบัลลาสต์แบบแมกเนติกและแบบอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของบัลลาสต์แบบแมกเนติกและแบบอิเล็กทรอนิกส์

คุณสมบัติ	Magnetic	Electronic
1. ค่าตัวประกอบกำลัง	ต่ำ	สูง
2. ประสิทธิภาพการส่องสว่าง	ต่ำ	สูง
3. กำลังงานสูญเสียในบัลลาสต์	มาก	น้อย
4. ความร้อนที่เกิด	มาก	น้อย
5. การกินกระแส	มาก	น้อย
6. ผลของ stroboscopic	มาก	ไม่เกิด
7. เกิดเสียงรบกวน	มาก	ไม่เกิด
8. อุปกรณ์ร่วม	ใช้ starter	ไม่ใช้
9. อายุใช้งานของหลอด	สั้น	ยาว
10. การกระพริบของหลอด	มาก	น้อยมาก

11. ความสามารถในการทนแรงดันตก และ แรงดันเกิน	ทนได้น้อย	ทนได้มาก
12. ผลที่เกิดขึ้นเมื่อลัดวงจรที่ชั่วออก	เกิดความร้อนสูง	ไม่เกิดความร้อน
13. มีผลรบกวนที่เกิดจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	ไม่เกิดการรบกวน	เกิดการรบกวนมาก
14. ราคา	ถูก	แพง
15. ความทนทาน	สูง	ต่ำ

2.7 คุณสมบัติและประสิทธิภาพการทำงาน (Performance Parameter)

การออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ต้องคำนึงถึงรายละเอียดต่างๆดังนี้

1) ประสิทธิภาพโดยรวมของวงจร (System Efficiency)

การวัดประสิทธิภาพการทำงานของวงจร สามารถวัดได้จากการแปรเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า ด้านเข้าเป็นแสงสว่างที่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งมีหน่วยเป็นความสว่างต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้า (Lumens/Watt) โดยปกติค่าประสิทธิภาพของวงจรจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิผนังหลอดขณะทำงาน (The Lamp Wall Temperature) ในทางปฏิบัติแล้วอุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 35 ถึง 60 องศาเซลเซียส

2) ลักษณะรูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านหลอด (Lamp Input current Wave Shapes)

ทั้งนี้การวัดค่ากระแสที่ไหลผ่านหลอด เพื่อต้องการหาค่า The Lamp Current Crest Factor ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างค่ายอดของกระแส (Peak current) เทียบกับค่ากระแสอาร์เอ็มเอส (Rms Current) ที่ไหลผ่านหลอด จากมาตรฐานของ American Nation Standards Institus (ANSI) ค่า Current crest Factor (CCF) ต้องไม่เกิน 1.7 โดยที่ค่ากระแสไหลผ่านหลอดหากเป็นรูปคลื่น Sine แล้วค่า Current Crest Factor จะมีค่าเท่ากับ $\sqrt{2}$ ทั้งนี้หากค่า Current Crest Factor สูงจะเป็นผลให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลง

3) ลักษณะรูปคลื่นแรงดันที่ไหลผ่านหลอด (Lamp Input Vlotage Wave Shapes)

หน่วยวัดคุณสมบัติที่ดีของบัลลาสต์อีกอย่างหนึ่งคือ Voltage crest Factor (VCF) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างค่ายอดของแรงดันหารด้วยค่าอาร์เอ็มเอสของแรงดัน ตามสูตรนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$VCF = \frac{V_{pk}}{V_{rms}}$$

ทั้งโดยปกติสำหรับรูปคลื่นแรงดันที่เป็น Sine โดยสมมุติจะได้ค่า VCF เป็น $\sqrt{2}$ สำหรับบัลลาสต์โดยทั่วไปจะมีค่าเท่ากับ 2.0 ซึ่งจะประกอบไปด้วยฮาร์โมนิกส์ที่สาม ซึ่งเป็นผลมาจากการที่แกนเหล็กเข้าสู่ช่วงการอิ่มตัว (Saturation Region) เนื่องจากการจ่ายค่าแรงดันค่านำเข้า (Input) ขณะโหลดทำงาน

4) ฮาร์โมนิกส์ (Harmonic current)

การที่รูปไม่เป็น Sine ที่แท้จริงนั้น จะต้องประกอบไปด้วยฮาร์โมนิกส์ที่สูงกว่าฮาร์โมนิกส์พื้นฐาน (50 Hz) ในกรณีที่รูปคลื่นกระแสเป็น Sine ที่แท้จริง ค่ากระแสในนิวทรอน (Neutral Line) ในวงจรสามเฟสจะเป็นศูนย์และทั้งถ้าค่าฮาร์โมนิกส์ที่สามไม่ได้ถูกหักลบกันพอดีในทั้งสามเฟสก็จะมีค่ากระแสไหลผ่านนิวทรอน นอกจากนี้ยังจะทำให้เกิดสัญญาณไปรบกวนการทำงานของอุปกรณ์อื่นๆได้ด้วย เพราะฉะนั้นในการออกแบบบัลลาสต์ควรจะทำให้เกิดผลของฮาร์โมนิกส์น้อยที่สุด

5) การแพร่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Conducted Radiated Tromagnetic Energy)

การที่วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ให้การแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 50 Hz เป็นไฟฟ้ากระแสตรงแล้วใช้การสวิตช์ความถี่สูงไปจุดโหลดนั้น ค่าพลังงานความถี่สูงและความถี่ฮาร์โมนิกส์อาจย้อนกลับเข้าแหล่งจ่ายค่ากระแสได้ และไปรบกวนอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆที่ต่ออยู่กับสายไฟเส้นนั้น รวมไปถึงจะเกิดสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่ไปในอากาศ ซึ่งอาจนำไปสู่การรบกวนอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สายได้

6) ค่าความแสงสว่าง (Light output)

การที่จะวัดประสิทธิภาพของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ไม่สามารถวัดได้จากค่าพลังงานค่านำเข้าเพียงอย่างเดียว ต้องมีการตรวจวัดประสิทธิภาพของแสงสว่างที่ได้จากวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เทียบกับค่าความสว่างที่โรงงานผลิตโหลดกำหนด หรือที่เรียกว่าบัลลาสต์แฟกเตอร์ (Ballast Factor) โดยปกติบัลลาสต์ที่ผ่านการรับรอง และได้ Certificate Ballast Manufacturers (CBM) นั้นต้องมีค่าบัลลาสต์แฟกเตอร์อย่างน้อย $95 \pm 2.5\%$ ที่วัดได้จากโหลดที่อยู่ในมาตรฐาน ANSI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) Regulation

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งนั้น ต้องสามารถทำงานได้ในกรณีที่ค่าแรงจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าเพิ่มขึ้นหรือลดลงในช่วง 10 %

8) คุณสมบัติการจุดหลอด (Starting Characteristic)

ค่าแรงดันสูงสุดในการจุดหลอดของหลอดชนิด 40 W F40 ที่กำหนดโดย ANSI นั้นต้องไม่เกิน 360 V_{rms} ทั้งนี้หากมากกว่านี้จะมีผลโดยตรงให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลง บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับการออกแบบที่ดี จะมีการอุ่นไส้หลอดคาโทด (Cathode) และควบคุมค่าแรงดันในการจุดหลอดไม่ให้เกินข้อกำหนดของ ANSI

9) เพาเวอร์แฟกเตอร์ (Power factor)

ลักษณะรูปร่างและเฟสของค่ากระแสสลับและค่าแรงดัน จะเป็นตัวกำหนดค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ (Power Factor) โดยที่มี The inductance Chokes ที่ทำหน้าที่ในการจำกัดค่ากระแสผ่านหลอด นอกจากนั้นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้อายุการใช้งานไม่เป็น Sine จะเป็นผลให้ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ลดลง

10) ค่าพลังงานอุ่นไส้หลอด (Filament Power)

การอุ่นไส้หลอดที่ขั้วคาโทด (Filament) ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยปกติตามข้อกำหนดของ ANSI นั้นระบุว่าควรมีการอุ่นไส้หลอดตลอดเวลา โดยการให้แรงดันตกคร่อมที่ไส้หลอดประมาณ 2.5 – 4.1 โวลต์ ทั้งวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์บางชนิดที่มีการตัดการอุ่นไส้หลอดภายหลังที่หลอดได้ทำงานแล้ว ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณ 4 วัตต์ สำหรับวงจรที่มีการต่อหลอด 2 หลอดใช้งานพร้อมกัน แต่จะเป็นผลให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลง และเป็นผลกระทบมากขึ้นหากวงจรยังทำงานที่ความถี่สูงยิ่งทำให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลง เมื่อเทียบกับหลอดที่ทำงานที่ความถี่ 50 Hz โดยเฉพาะอย่างยิ่งวงจรที่สามารถปรับลดแสงสว่างได้จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการอุ่นไส้หลอดตลอดเวลา

11) การกระพริบ (Flicker)

จะกระพริบมากที่ความถี่ 50 Hz แต่เนื่องจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ทำงานที่ความถี่สูงดังนั้นปัญหาการกระพริบหมดไปโดยอัตโนมัติ

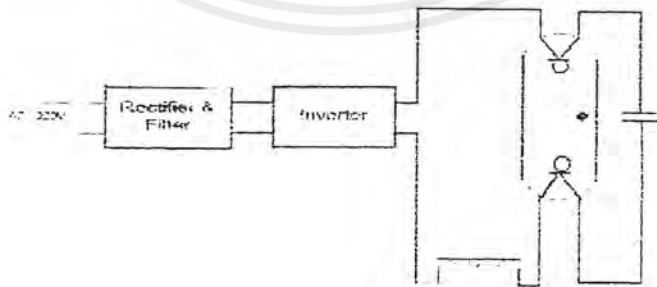
บทที่ 3

ทฤษฎีพื้นฐาน

ในการที่จะทำการวิเคราะห์การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์นั้นจำเป็นที่จะต้องทราบหลักการโดยพื้นฐานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เสียก่อน ซึ่งหลักการที่สำคัญจะถูกกล่าวถึงในบทนี้อื่นได้แก่ ส่วนประกอบหลักของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ , การเลือกใช้ตัวสวิตซ์ , เวลาในการสลับทำงานของตัวสวิตซ์หรือหน้าที่ของตัวเก็บประจุบล็อกกิ้ง (Blocking Capacitor) เป็นต้น โดยจะเน้นการทำงานของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้งานคอนเวอร์เตอร์แบบ Half-Brigde

ส่วนประกอบที่สำคัญของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

1. AC-DC Converter (Rectifier) เป็นส่วนที่ใช้เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ 50Hz มาเป็นไฟฟ้ากระแสตรง
2. DC-AC Converter (Inverter) เป็นส่วนที่ใช้แปลงไฟฟ้ากระแสตรงไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง
3. วงจร Resonant เป็นวงจรที่ทำให้โหลดที่ต่ออยู่ได้รับพลังงานมากที่สุด ซึ่งเป็นจุดการทำงานที่เหมาะสม โดยเป็นวงจรแปลงกระแสสลับที่การทำงานขึ้นอยู่กับโหลดที่ต่ออยู่ (Load Dependent)



รูปที่ 4 แสดง Block Diagram การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

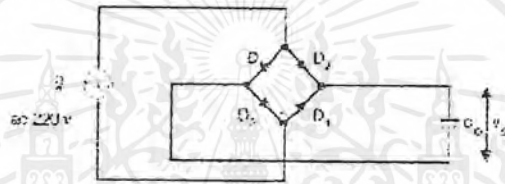
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 วงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter)

วงจรคอนเวอร์เตอร์ที่นำมาประยุกต์ใช้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์นั้นมี 2 แบบคือ AC-DC Converter และ DC-AC Converter มีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 AC-DC Converter (Rectifier)

เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 50 Hz ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อจ่ายให้กับส่วนของ Inverter อีกทีซึ่งในที่นี้เราใช้วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge rectifier) และใช้ตัวเก็บประจุทำหน้าที่เป็นวงจรกรองกระแสเพื่อลดการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง สาเหตุที่ใช้วงจรนี้เพราะง่ายและราคาถูก



รูปที่ 5 วงจร Rectifier

1) การเลือกใช้ไดโอดในวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

ไดโอดที่เลือกใช้ต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ 5 ประการ

1. ต้องสามารถทนกระแสกระชากได้ (Inrush Current : I_{FSM}) จะเกิดขึ้นเมื่อเริ่มเปิดสวิตช์จ่ายไฟให้แก่วงจร ซึ่งในขณะนั้นตัวเก็บประจุไม่มีประจุอยู่เลย ค่าความต้านทานของวงจรจะต่ำมากก็มีความต้านทานแฝงในตัวเก็บประจุ (ESR) กับ R_s เท่านั้น

$$\text{กระแสกระชาก} \quad I_{FSM} = \frac{V_{out(DC)}}{R_s + ESR}$$

อัตราทนกระแสกระชาก I_{FSM} ของไดโอด จะต้องไม่ต่ำกว่า I_{FSM} ที่คำนวณได้

2. ต้องสามารถทนกระแสสูงสุดได้ชั่วขณะ (I_{FRM}) เป็นกระแสสูงสุดที่เกิดขณะชาร์จตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ซึ่งก็จะทำให้มีค่ากระแสไหลผ่านตัวไดโอดจะเกิดในระยะเวลาสั้นๆ โดยทั่วไปจะกำหนดจากวงจรการทำงานของไฟกระแสสลับ (1/50 วินาที หรือ 20 มิลลิวินาที) กระแสจำนวนนี้มีค่าสูงมากและไม่ใช้กระแสตอนปฏิบัติงาน

3. อัตราทนกระแสไบแอสตรง (Forward Bias : I_{FM}) เป็นค่ากระแสสูงสุดที่ไดโอดทนได้โดยไม่พังเสียก่อน โดยทั่วไปควรมีค่ามากกว่า 1.5-2 เท่าของกระแสปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อัตราการทนแรงดันไบแอสกลับสูงสุด (Peak Reverse Bias : PRB) หรืออัตราการทนแรงดันย้อนกลับสูงสุด (Peak Inverse Voltage : PIV) เมื่อเราต่อไดโอดแบบบริดจ์จะมีแรงดันตกคร่อมไดโอดเมื่อไบแอสกลับเท่ากับแรงดันที่เอาต์พุต (Output) ของวงจร แต่เมื่อต่อแบบเรกติไฟร์จะพบว่าแรงดันไบแอสกลับจะเป็น 2 เท่าของแรงดันค้ำยอดตามปกติ และเป็น 2.83 เท่าของแรงดัน RMS

5. กระแสรั่วไหล (Leakage Current) เป็นค่ากระแสที่ไหลเมื่อไดโอดในวงจรเรียงกระแสได้รับไบแอสกลับ ซึ่งค่านี้โดยทั่วไปแล้วมีค่าน้อยมากเท่าใดก็จะดีเท่านั้น

จากข้อกำหนดที่กล่าวมาจะพบว่า ไดโอดที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์นี้คือ ไดโอดชนิด Rectifying Diode เบอร์ 1N4007 ซึ่งสามารถทนแรงดันย้อนกลับได้ 1000 โวลต์ ที่กระแส 1 แอมป์ ซึ่งไดโอดชนิดนี้เป็นเบอร์ที่มีราคาถูกและหาได้ง่าย

2) การเลือกใช้ตัวเก็บประจุในวงจรกรองกระแส

ในส่วนของตัวเก็บประจุที่ใช้เป็นวงจรกรองกระแสนั้น เราเลือกใช้ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโทรไลติก (Electrolytic capacitor) ซึ่งหลักการในการเลือกใช้นั้นขึ้นอยู่กับ

1. อัตราทนกระแสกระเพื่อม (Ripple Current) RMS กระแสกระเพื่อมขึ้นอยู่กับค่าของตัวเก็บประจุ โหลดและแรงดันอินพุต

2. แรงดันกระเพื่อม ข้อกำหนดนี้ใช้กำหนดค่าของตัวเก็บประจุอย่างต่ำในวงจร โดยทั่วไปในการออกแบบวงจรเรกติไฟร์และวงจรกรองกระแสกำหนดให้แรงดันกระเพื่อมได้ไม่เกิน 10% ของแรงดันไฟตรงที่ด้านออก แรงดันกระเพื่อมนี้จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อโหลดใช้กระแสมาก

3. อัตราทนแรงดัน ตัวเก็บประจุที่ใช้ควรทนแรงดันได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของแรงไฟตรงเอาต์พุต เช่นที่แรงดันไฟตรง 300 โวลต์ ตัวเก็บประจุของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์จะต้องทนได้ 450 โวลต์เป็นอย่างต่ำ

4. ช่วงเวลาโฮลด์อัฟ (Hold up time) เป็นระยะเวลาอย่างต่ำที่แหล่งจ่ายจะยังคงสามารถรักษาระดับแรงดันด้านออกให้อยู่ในขีดจำกัดของการรักษาระดับคงที่ด้านออก (Output regulation) ได้ โดยที่เมื่อแหล่งจ่ายทางด้านเข้า (Input) หยุดจ่ายหรือลดลงต่ำกว่าค่าการรักษาระดับแรงดันด้านเข้า (Input regulation) ที่กำหนด ช่วงเวลาโฮลด์อัฟนี้จะขึ้นอยู่กับค่าของตัวเก็บประจุ, โหลด, แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุในขณะที่แรงดันด้านเข้าตกหรือหยุดจ่ายไป

3.1.2 DC-AC Converter (Inverter)

คอนเวอร์เตอร์ มีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดวงจรภายใน โดยแต่ละแบบจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป โดยเราอาจจะแยกคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ทำงานที่พบกันบ่อยๆได้แก่

1. ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ (Flyback converter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2. ฟอว์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ (Forward Converter)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่แบบสงวนสิทธิ์และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. พูช-พูลคอนเวอร์เตอร์ (Push-Pull Converter)
4. ฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Half-Bridge converter)
5. ฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Full-Bridge Converter)

1. Flyback Converter

เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้กำลังงานได้ไม่สูงมากนัก โดยอยู่ในช่วงไม่เกิน 150 วัตต์ และให้ค่าสัญญาณรบกวน RFI/EMI ค่อนข้างสูง และใช้อุปกรณ์จำนวนน้อยและมีราคาถูก

2. Forward Converter

เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่สามารถจ่ายกำลังงานได้สูง ตั้งแต่ 500 วัตต์ขึ้นไป แต่มีข้อเสียคือ มักเกิดการไม่สมมาตรฟลักซ์แม่เหล็กของแกนหม้อแปลง ซึ่งมีผลต่อการเสียหายของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้ง่าย อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันเทคนิคการควบคุมแบบควบคุมกระแสจะทำให้ลดปัญหานี้ลงได้

3. Push-Pull

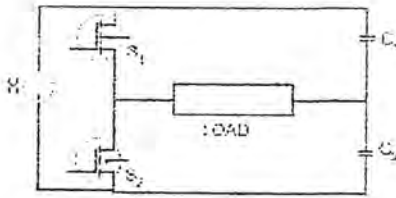
เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่มีข้อดีคือ ปริมาตรของแกนเหล็กลดลง กระแสคอลเล็กเตอร์สูงสุดที่ทรานซิสเตอร์แต่ละตัวต่ำ ทรานซิสเตอร์ทั้งสองถูกขับกราวด์เดียวกัน ทำให้วงจรขับเบสไม่ยุ่งยาก มีข้อเสียคือ ทรานซิสเตอร์ที่ใช้ต้องสามารถทนแรงดันได้มากกว่า 2 เท่าของแรงดันอินพุตบวกกับแรงดันสไปค์ซึ่งเกิดจากค่าความเหนี่ยวนำรั่วไหลของหม้อแปลง เป็นปัญหาในการนำไปใช้กับโหลดที่ต้องการกำลังสูงๆ เพราะทรานซิสเตอร์ที่ทนกระแสและแรงดันสูงๆหายากและราคาแพง

4. Half-Bridge converter

จัดเป็นคอนเวอร์เตอร์ในตระกูลเดียวกับ พูช-พูลคอนเวอร์เตอร์ และให้กำลังงานได้ค่อนข้างสูง ข้อดีของฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์คือ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรมีค่าแรงดันตกคร่อมขณะไม่นำกระแสต่ำกว่าคอนเวอร์เตอร์ทั้งสามแบบที่กล่าวมา และลดการเกิดไม่สมมาตรฟลักซ์ได้โดยกำลังงานสูงสุดสามารถทำได้อยู่ในช่วงไม่เกิน 500 วัตต์

5. Full-Bridge Converter

เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่สามารถจ่ายกำลังงานได้สูงสุด ตั้งแต่ 500 วัตต์ ถึง 1000 วัตต์ คอนเวอร์เตอร์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีหลายวงจรด้วยกัน เช่น วงจรแบบ Push-Pull , วงจรแบบ Full-Bridge แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะคอนเวอร์เตอร์แบบ Half-Bridge เนื่องจากเป็นวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่นิยมใช้กันมากในบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 6 แสดงวงจร Half-Bridge Converter

ข้อได้เปรียบของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ Half-Bridge

1. ค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวสวิตซ์ขณะหยุดนำกระแสจะมีค่าเท่ากับ ค่าแรงดันที่ด้านอินพุท ซึ่งน้อยกว่าการใช้งานแบบอื่นๆ เช่น Push-Pull ,Forward Converter
2. ลดการเกิดฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic Flux) ไม่สมมาตรในขดไพรมารีได้ (กรณีที่ใช้หม้อแปลงเป็นตัวเหนี่ยวนำ)
3. กระแสที่ไหลทางด้านเอาพุทค่อนข้างเรียบ
4. วงจรแบบ Half-Bridge เป็นวงจรที่ใช้สวิตซ์ทรานซิสเตอร์เพียง 2 ตัวจึงประหยัดกว่าวงจรแบบ Full-Bridge ที่ต้องใช้ทรานซิสเตอร์ถึง 4 ตัว และสามารถให้กระแสไหลผ่านโหลดมีรูปคลื่นเป็น Sine ได้
5. กำลังออกของวงจรไม่สูงนัก เมื่อเทียบกับ Full-Bridge Converter (สำหรับการใช้งานเป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์) ดังนั้นการใช้สวิตซ์เพียงสองตัว จะทำให้การขับนำสวิตซ์ไม่ยุ่งยากนัก

ข้อเสียเปรียบของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ Half-Bridge

เนื่องจากแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดไพรมารี (กรณีที่ใช้หม้อแปลงเป็นตัวเหนี่ยวนำ) มีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของแรงดันที่ด้านอินพุท ทำให้มีค่ากระแสไหลผ่านค่อนข้างสูง (มีค่าประมาณ 2 เท่าของ Push-pull)

ในการศึกษาของวงจร Half Bridge ส่วนประกอบที่สำคัญก็คือส่วนที่ใช้ในการขับ (Drive) Switch วงจร Half-Bridge ในรายงานเล่มนี้วงจรที่ใช้ในการ drive switch โดยหลักการ 2 วิธีคือ

1. ใช้หลักการของ Saturable Reactor
2. ใช้หลักการของอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ IC

ซึ่งจะกล่าวถึงในลำดับต่อไป

3.2 วงจร Resonant

ในสภาวะที่วงจรรอนุกรม R, L, C ค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรคือ $Z = R + X_L + X_C$ โดยค่าจะแปรเปลี่ยนตามความถี่ของวงจร

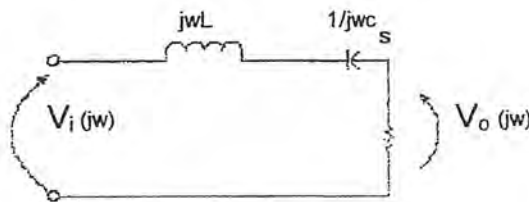
ปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ คือ ปรากฏการณ์ที่ค่าอิมพีแดนซ์ของวงจร (ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะเรโซแนนซ์แบบอนุกรม) มีค่าต่ำที่สุดที่ $Z = R$ เมื่อเราป้อนความถี่ที่ป้อนให้กับวงจรที่มีความถี่ค่าหนึ่ง ที่ทำให้ค่า $X_L = X_C$ ณ จุดนี้ค่ากระแสไหลผ่านวงจรมากที่สุด และให้กำลังงานกับวงจรมากที่สุด

ในวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ได้มีการวางพื้นฐานเรโซแนนซ์ มาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยในการจุดหลอดในสภาวะเริ่มต้น โดยวงจรเรโซแนนซ์อนุกรม (Series Resonant) สามารถจัดแบ่งออกเป็น 3 วงจรหลักคือ

1. วงจรเรโซแนนซ์อนุกรมกับ โหลด (Series-loaded-Resonant : SLR)
2. วงจรเรโซแนนซ์ขนานกับ โหลด (Parallel-loaded-Resonant : PLR)
3. วงจรเรโซแนนซ์อนุกรม-ขนานกับ โหลด (Series-parallel-loaded-Resonant : SPLR)

ในการพิจารณา เลือกชนิดของวงจรเรโซแนนซ์มาประยุกต์ใช้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ นั้น เราจะทำการพิจารณาที่ อัตราขยาย (Gain) ของวงจร โดยเปรียบเทียบระหว่างแรงดันเข้ากับแรงดันออก ซึ่งในการวิเคราะห์นี้ เราจะทำการสมมติอุปกรณ์ทุกตัวที่ใช้มีคุณสมบัติในอุดมคติและพิจารณาว่า หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นโหลดที่เป็นความต้านทานเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะเป็นจริงก็ต่อเมื่อหลอดทำงานที่ความถี่สูงมากพอ

3.2.1 วงจรเรโซแนนซ์อนุกรมกับโหลด (Series-loaded-Resonant : SLR)



รูปที่ 7 แสดงวงจรพื้นฐานเรโซแนนซ์อนุกรมกับโหลด

จากรูปจะเป็นวงจรพื้นฐานเรโซแนนซ์อนุกรมกับโหลด (Series-loaded-Resonant : SLR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ญาติเห็น ใบแจ้งประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งลักษณะของวงจรจะเป็น โหลดความต้านทานต่อลักษณะอนุกรมอยู่กับตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ซึ่งเราสามารถหาทรานเฟอร์ฟังก์ชัน (Transfer Function) ได้ดังนี้

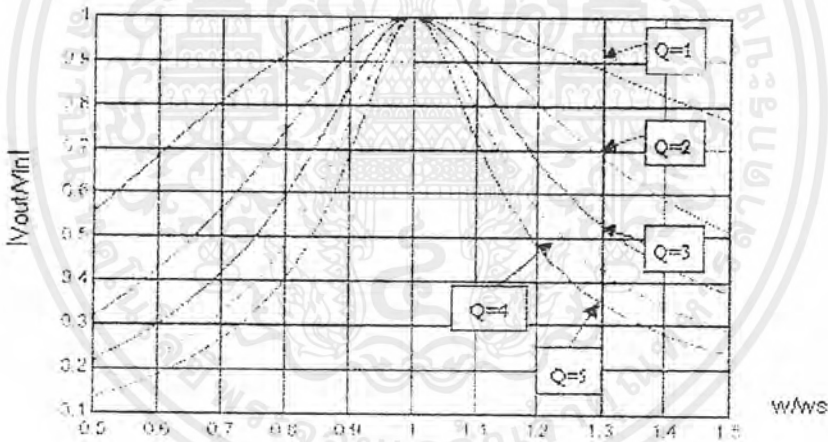
$$\left| \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + Q_s^2 \left[\frac{\omega}{\omega_s} - \frac{\omega_s}{\omega} \right]^2}}$$

โดยที่ $\omega_s = \frac{1}{\sqrt{LC_s}}$

และ

$$Q_s = \frac{\omega_s L}{R} = \frac{1}{\omega_s C_s R}$$

จากทรานเฟอร์ฟังก์ชันของวงจรเรโซแนนซ์ชนิดอนุกรมกับโหลด (SLR) เราสามารถนำมาพลอต (Plot) กราฟได้ดังรูปข้างล่าง

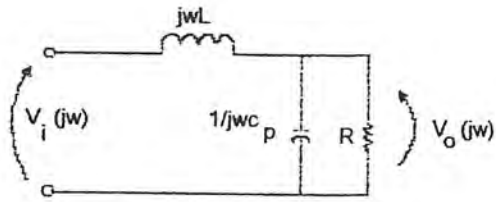


รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายเทียบกับความถี่เรโซแนนซ์ของ วงจรเรโซแนนซ์ชนิดอนุกรมกับ โหลด(SLR) โดยมีค่า Q=1-5

3.2.2 วงจรเรโซแนนซ์ขนานกับโหลด (Parallel-loaded-Resonant : PLR)

สำหรับวงจรพื้นฐานแบบนี้ ตัวต้านทานที่จะเป็นโหลดจะต้องขนานกับตัวเก็บประจุแล้วไปอนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



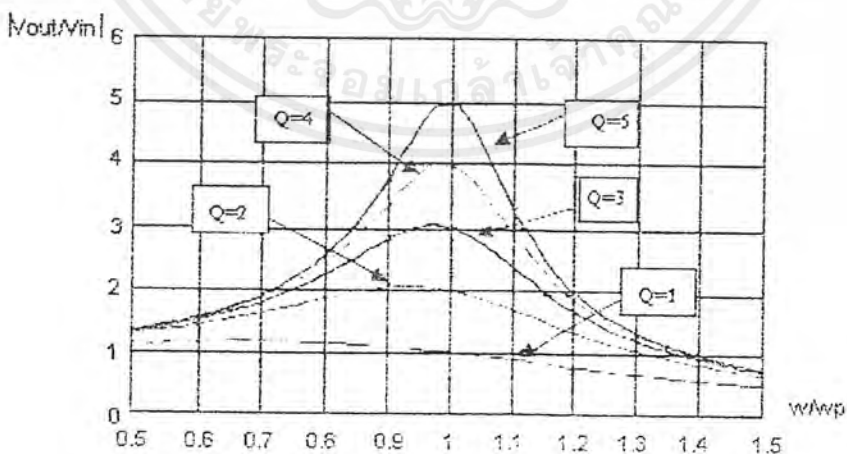
รูปที่ 9 วงจรพื้นฐานเรโซแนนซ์ขนานกับโหลด

จากรูปสามารถหาทรานเฟอร์ฟังก์ชัน ได้ดังนี้

$$\frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left[\frac{\omega}{\omega_p}\right]^2\right]^2 + \left[\frac{\omega}{\omega_p Q_p}\right]^2}}$$

โดยที่ $\omega_p = \frac{1}{\sqrt{LC_p}}$ และ $Q_p = \frac{R}{\omega_p L} = \omega_p C_p R$

จากทรานเฟอร์ฟังก์ชันของ Parallel-Resonant เราสามารถนำมาพลอตกราฟได้ดังรูปที่ 10



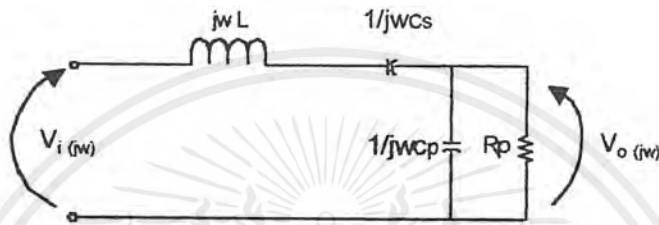
รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายเทียบกับความถี่เรโซแนนซ์ของวงจรเรโซแนนซ์ขนานกับโหลด (PLR) โดยมีค่า $Q = 1-5$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 วงจรพื้นฐานเรโซแนนซ์อนุกรม-ขนานกับโหลด (Series-parallel-loaded-Resonant

: SPLR)

ส่วนวงจรสุดท้ายเป็นวงจรที่มีการต่อทั้งอนุกรมและขนานอยู่ในวงจรเดียวกัน โดยสามารถเห็นลักษณะในการต่อวงจรดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 วงจรพื้นฐานเรโซแนนซ์อนุกรม-ขนานกับโหลด

จากรูปสามารถเขียนเป็นทรานเฟอร์ฟังก์ชัน ได้ดังนี้

$$\left| \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} \right| = \frac{1}{\sqrt{\left[1 + \frac{C_p}{C_s} - \left[\frac{\omega}{\omega_p} \right]^2 \right]^2 + Q_s^2 \left[\frac{\omega}{\omega_s} - \frac{\omega_s}{\omega} \right]^2}}$$

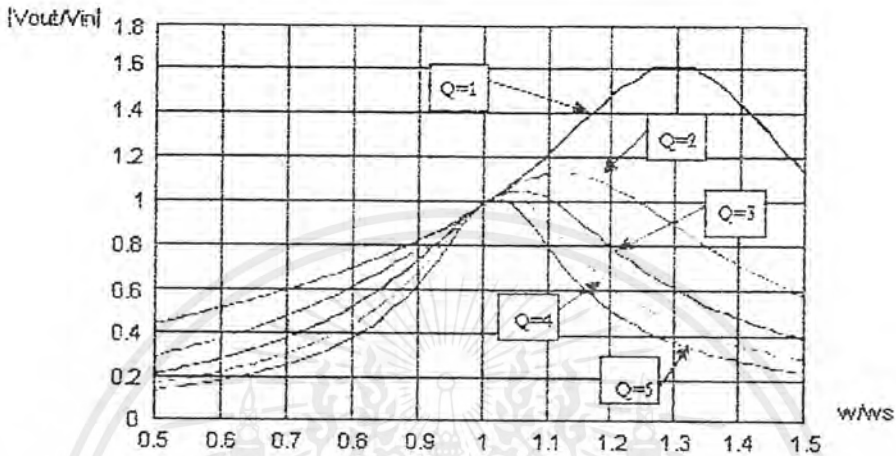
ทั้งนี้หาก $C_p = C_s$ จะได้สมการใหม่เป็น

$$\left| \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} \right| = \frac{1}{\sqrt{\left[2 - \left[\frac{\omega}{\omega_p} \right]^2 \right]^2 + Q_s^2 \left[\frac{\omega}{\omega_s} - \frac{\omega_s}{\omega} \right]^2}}$$

จากทรานเฟอร์ฟังก์ชันของ Series-Parallel loaded Resonant เราสามารถนำมาพลอตกราฟได้ดังรูปที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_s = C_p$$



รูปที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายเทียบกับความถี่ โซเนนซ์ของวงจรเรโซแนนซ์ชนิดอนุกรม-ขนานกับโหลด (SPLR) โดยมีค่า $Q = 1-5$

จาก กราฟทั้ง 3 แบบเราจะพบว่าวงจรเรโซแนนซ์ทุกแบบจะทำงานเป็นวงจรกรองความถี่ โดยที่ SLR และ SPLR จะเป็นวงจรกรองความถี่แบบ Band Pass Filter ในขณะที่วงจร PLR จะเป็นวงจรกรองความถี่แบบ Low Pass Filter ถึงอย่างไรก็ตาม จากการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีค่าความต้านทานที่สูงมากขณะจุดหลอด และจะมีความต้านทานที่ลดลงเมื่อหลอดทำงานอยู่ในสถานะที่มีเสถียรภาพ ดังนั้นวงจรที่นำมาประยุกต์ใช้ในการจุดหลอด และทำงานแทนบัลลาสต์แบบแมกเนติก จึงต้องเป็นวงจรแปลงกระแสสลับที่ทำงานขึ้นกับโหลดที่ต่ออยู่ (load dependent) ซึ่งก็คือจะต้องสามารถให้แรงดันค้ำออกที่สูงมากพอในขณะที่จุดหลอดและลดลงเมื่อหลอดทำงานในสถานะปกติ ทั้งนี้เมื่อหลอดทำงานที่ความถี่สูงนั้นจะเสมือนว่าเป็นโหลดที่เป็นความต้านทานเพียงอย่างเดียว ซึ่งต่างจากการทำงานที่ความถี่ต่ำ ซึ่งจะพบว่าค่าความต้านทานของโหลดจะประกอบไปด้วย ค่าอิมพีแดนซ์ในหลายรูปแบบต่อรวมกันอยู่ทั้งตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ และความต้านทาน

จากรูปที่ 8 เราจะพบว่าวงจร SLR นั้นจะให้ค่าอัตราการขยาย (gain) ได้มากที่สุดจะไม่เกิน 1 ซึ่งจะหมายความว่า การนำวงจร SLR มาประยุกต์ใช้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์นั้น แรงดันค้ำเข้าต้องมีค่ามากกว่าแรงดันที่ใช้ในการจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ หรือเราอาจจำเป็นต้องใช้หม้อ

แปลงปรับแรงดันสูงขึ้นมาเพื่อช่วยในการจุดหลอด ดังนั้นเราจึงไม่นำวงจรนี้มาใช้

จากรูปที่ 10 เราจะพบว่า Q (Quality Factor) นั้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความต้านทานของโหลด ดังนั้นจากคุณสมบัติดังกล่าวจะทำให้แรงดันด้านออกมีค่าสูงมากพอในการจุลหอดและค่า $gain$ ที่ได้จะมีค่ามากทำให้เหมาะสมที่จะใช้งาน โดยที่แรงดันด้านเข้ามีค่าแรงดันต่ำได้

จากรูปที่ 12 จะพบว่าค่า $gain$ ที่วงจรสามารถให้ได้มีค่ามากกว่า 1 แต่ถึงอย่างไรก็ตามหากแรงดันด้านเข้ามีค่าแรงดันต่ำ ก็อาจทำให้แรงดันด้านออกมีไม่มากพอที่จะจุลหอด จำเป็นต้องใช้หม้อแปลงปรับแรงดันให้สูงขึ้นมาเพื่อช่วยในการจุลหอด

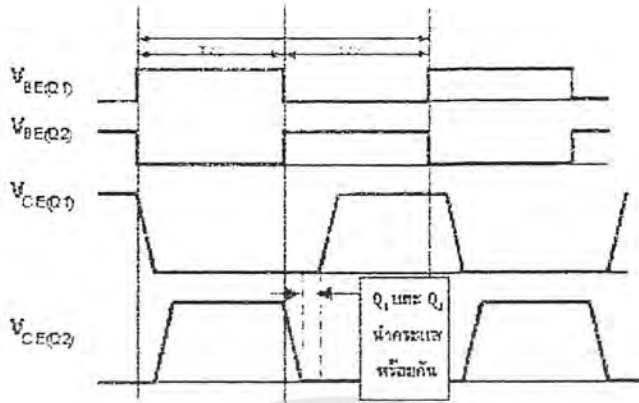
โดยสรุปแล้วจะเห็นได้ว่าหากมีการนำวงจรพื้นฐานเรโซแนนซ์มาประยุกต์เป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีแรงดันด้านเข้าต่ำแล้ว วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมชนิดขนานกับโหลด (PLR) จะเหมาะสมมากที่สุด

3.3 ค่าเวลาเพื่อ t_D (Dead Time) สำหรับการสวิตชิงในคอนเวอร์เตอร์

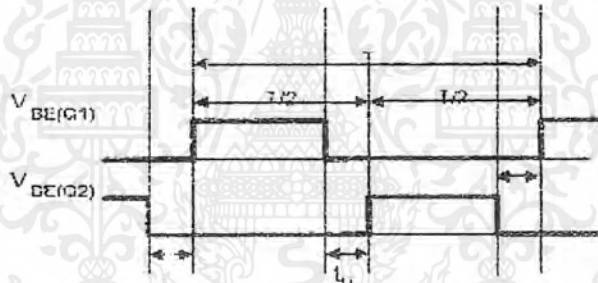
การกำหนดเวลาเพื่อไม่ให้ทรานซิสเตอร์มีช่วงนำกระแสมากเกินไปมีเหตุผลหลักสองประการ คือ

1. ถ้าไม่มีการจำกัดช่วงเวลานำกระแสเอาไว้เมื่อเกิดกรณี โหลดคิงกระแสมากขึ้นวงจรควบคุมจะสั่งงานให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ มีค่าช่วงนำกระแสเพิ่มขึ้นทำให้ช่วงเวลานำกระแสเพิ่มขึ้น ทำให้ช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ตัวที่เหลือมีค่าลดลงและเกิดการไม่สมมาตรฟลักซ์ขึ้นในแกนเฟอร์ไรต์ของหม้อแปลง แกนเฟอร์ไรต์จะเข้าสู่จุดอิ่มตัวอย่างรวดเร็วทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เสียหายได้

2. ถึงแม้ว่าจะกำหนดให้วงจรควบคุมสั่งงานเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่ครึ่งหนึ่งของคาบเวลาเท่านั้นแล้วก็ตาม เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ก็ยัง ไม่ปลอดภัยเพียงพอเพราะการตอบสนองของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์อาจเป็นไปได้ช้า เนื่องจากการเกิดประจุสะสมขึ้นในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะนำกระแส เมื่อหยุดจ่ายกระแสไบแอสให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่เวลา $t = T/2$ ประจุสะสมทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแสต่อไปอีกชั่วขณะหนึ่งก่อนที่กระแสจะมีค่าลดลงจนมีค่าเป็นศูนย์ ในขณะที่เดียวกันกับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ตัวที่เหลือเริ่มได้รับกระแสไบแอสที่เวลา $t = T/2$ เช่นเดียวกันทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวเกิดนำกระแสพร้อมกัน ในกรณีที่แรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวขณะนำกระแสจะเท่ากับค่าของแรงดันอินพุท และทำให้เกิดการเสียหายอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 13 แสดงการหน่วงของเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เนื่องจากประจุสะสมเมื่อเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแสพร้อมกัน



รูปที่ 14 แสดงการกำหนดค่าเวลาเพื่อ t_D ให้กับเพาเวอร์ซิสเตอร์

3.4 หลักการในการเลือกตัวสวิตช์ในตัวอินเวอร์เตอร์

ตัวสวิตช์ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมีอยู่ 2 ตัวคือ ไบโพลาร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ (Bipolar Junction Power Transistor) และเพาเวอร์มอสเฟต (MOSFET Power Transistor) ซึ่งก็มีลักษณะการทำงานแตกต่างกันออกไป

3.4.1 ไบโพลาร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ (Bipolar Junction Power Transistor)

ในการเลือกใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์สำหรับการออกแบบในตัวอินเวอร์เตอร์นั้นเราต้องคำนึงถึง

1. ความสามารถในการทนกระแสขณะเปิดวงจร
2. ความสามารถในการทนแรงดันขณะเปิดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อัตราทนกำลังสูญเสีย

ความสามารถในการทนกระแสขณะปิดวงจรและความสามารถในการทนแรงดันขณะเปิดวงจรมันเราจะพิจารณาว่าเราใช้ตัวทรานซิสเตอร์ร่วมกับวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบใด ส่วนความเร็วในการเปลี่ยนสถานะนั้นขึ้นอยู่กับความถี่ที่ใช้งาน

ส่วนอัตราทนกำลังสูญเสียนั้นขึ้นอยู่กับเงื่อนไข 2 ประการคือ

1. อุณหภูมิเฉลี่ยที่รอยต่อ (Average Junction Temperature)
2. เซกเมนต์คาร์เบรคดาวน์ (Secondary Breakdown)

โดยทั่วไปผู้ผลิตมักจะใช้กราฟแสดงพิกัดปลอดภัย SOA (Safe Operating Area) มาพร้อมกับข้อมูล (Data Sheet) ที่ให้มาเกี่ยวกับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์แต่ละเบอร์ กราฟ SOA จะแสดงพิกัดค่าต่างๆของกระแสและแรงดันขณะทำงานของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่จะไม่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยที่รอยต่อสูงเกินกว่าที่มันจะทนได้และไม่ทำให้เกิดเซกเมนต์คาร์เบรคดาวน์ (Secondary Breakdown) ขึ้น

นอกจากคุณสมบัติเฉพาะตัวที่กล่าวมาแล้ว เรายังพบว่าการทำงานเป็นสวิตช์ของทรานซิสเตอร์จะเกิดกำลังสูญเสียในรูปของความร้อนในตัวไบโพลาร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ซึ่งนี่คุณสมบัติที่สำคัญอีกข้อหนึ่งในการใช้งานทรานซิสเตอร์ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

กำลังสูญเสียในรูปความร้อนของไบโพลาร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ แบ่งออกได้ 2 ลักษณะคือ

1. กำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นขณะเปลี่ยนสถานะการทำงาน (Switching Loss)
2. กำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นขณะนำกระแสที่จุดอิ่มตัว (Saturation loss)

จากการเกิดกำลังสูญเสียทั้ง 2 ลักษณะจะส่งผลต่อกำลังงานโดยรวมของวงจรคอนเวอร์เตอร์ แต่กำลังงานสูญเสียที่สำคัญที่เราต้องนำมาพิจารณา คือกำลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นขณะเปลี่ยนสถานะการทำงาน (Switching Loss) โดยกำลังงานสูญเสียจะเกิดขึ้นได้ทั้งในขณะเริ่มนำกระแสและ ขณะเริ่มหยุดนำกระแส

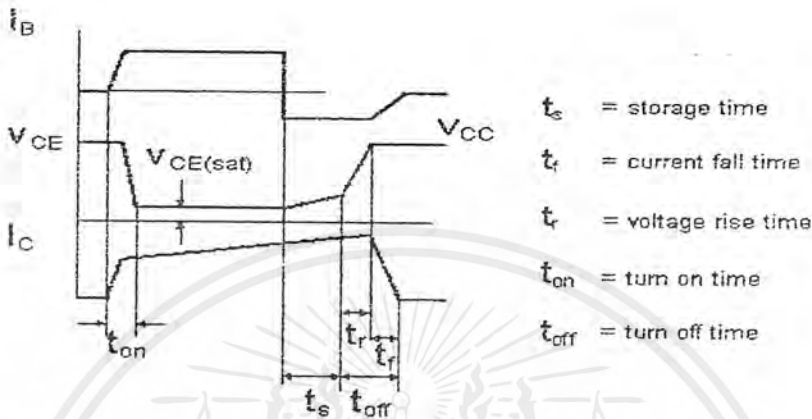
กำลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นขณะเปลี่ยนสถานะการทำงาน (Switching Loss)

1. กำลังสูญเสียขณะเริ่มนำกระแส

เมื่อเริ่มให้กระแสไบแอสที่ขาเบสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ กระแสคอลเลกเตอร์ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในขณะที่แรงดันตกคร่อมคอลเลกเตอร์และอิมิตเตอร์

(V_{CE}) จะยังคงมีค่าเท่ากับ V_{CC} และจะใช้เวลาช่วงหนึ่งคือ t_{rise} เพื่อลดค่าแรงดันลงมาเป็น $V_{CE(\text{sat})}$ ดังเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูช่างานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
รูปข้างล่าง กำลังสูญเสียที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลา t_{rise} นี้ เนื่องจากทรานซิสเตอร์มีแรงดันตกคร่อมตัวไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำใบใช้

มันสูงขณะมีกระแสไหล อย่างไรก็ตามช่วงเวลา t_{on} นี้ค่อนข้างสั้นและกระแสเริ่มต้นที่ไหลผ่านมักมีค่าต่ำ กำลังงานสูญเสียขณะเริ่มนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในช่วงนี้จึงมีค่าต่ำ



รูปที่ 15 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันคดกร่อมไบโพลาร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เมื่อเริ่มนำกระแสและหยุดนำกระแส

2. กำลังงานสูญเสียขณะเริ่มหยุดนำกระแส

เมื่อหยุดกระแสไบแอสและป้อนกระแสไบแอสลบให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เพื่อหยุดนำกระแส เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะยังคงนำกระแสต่อไปอีกเป็นเวลา t_s ซึ่งเป็นผลจากการเกิดประจุสะสมขึ้นในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะนำกระแส ช่วงเวลา t_s นี้เรียกว่า ช่วงสะสม (Storage time) และขณะช่วงเวลา t_s นี้แรงดันคดกร่อมทรานซิสเตอร์จะเริ่มเพิ่มขึ้นและเกิดกำลังสูญเสียมากกว่าเมื่อมันนำกระแสขณะมีกระแสไบแอสอยู่

จากนั้นแรงดันที่คอลเล็กเตอร์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ยังคงนำกระแสอยู่ในช่วงเวลา t_r (Voltage rise time) เมื่อประจุสะสมในตัวเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เริ่มลดลง กระแสที่คอลเล็กเตอร์จะเริ่มลดลงและใช้เวลาเท่ากับ t_f (Current fall time) เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จึงหยุดนำกระแส จะเห็นว่ากำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในช่วงเวลา t_s และ t_r จะมีค่าสูง และเป็ช่วงที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เกิดกำลังงานสูญเสียมากที่สุดขณะทำงาน ช่วงเวลา $t_s + t_r$ จะเรียกว่า ช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแส (turn off time)

จากข้างต้นเราจะเห็นว่าทำให้กำลังสูญเสียขณะเริ่มหยุดนำกระแสมีค่าน้อยที่สุด จะทำให้การใช้งานเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีประสิทธิภาพสูง และลดความร้อนที่เกิดขึ้นกับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะทำงานด้วย

วงจรขับกระแสไบแอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไบโพลาร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ต้องกระตุ้นการทำงาน โดยการให้กระแสไบแอสที่ขาเบส เพื่อให้มีกระแสและหยุดนำกระแสได้ และการลดประจุสะสมที่เกิดขึ้นในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะนำกระแสจะขึ้นอยู่กับลักษณะของกระแสไบแอสที่ให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ดังนั้นการจับวงจรขั้วกระแสไบแอสที่ถูกต้องจะช่วยลดกำลังสูญเสียให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้

วงจรขั้วกระแสไบแอสโดยทั่วไปจะทำได้ใน 2 ลักษณะใหญ่ๆคือ

1. วงจรขั้วกระแสไบแอสด้วยกระแสคงที่ (Fixed Base Drive)

สำหรับวงจรคอนเวอร์เตอร์โดยทั่วไปที่กัลังไม่สูงมากนักจะนิยมใช้วงจรขั้วกระแสไบแอสด้วยกระแสคงที่ (Fixed Base Drive) ด้วยค่ากระแสที่มากพอที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสที่จุดอิ่มตัวอยู่ตลอดเวลา แต่วิธีนี้จะทำให้ค่าประจุสะสมในทรานซิสเตอร์ค่อนข้างสูงและใช้เวลานานในการหยุดนำกระแส

2. วงจรขั้วกระแสไบแอสด้วยกระแสเบสเป็นสัดส่วนกับกระแสคอนเล็กเตอร์ (Proportion Base Drive)

วงจรขั้วกระแสไบแอสด้วยกระแสเบสเป็นสัดส่วนกับกระแสคอนเล็กเตอร์ (Proportion Base Drive) นี้ค่ากระแสไบแอสที่ขาเบสจะขึ้นอยู่กับค่ากระแสที่ไหลผ่านคอนเล็กเตอร์ ประจุสะสมจะเกิดเล็กน้อย การหยุดนำกระแสจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่วงจรค่อนข้างจะยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายมากกว่า จึงนิยมใช้กับคอนเวอร์เตอร์ที่มีกัลังสูงๆเท่านั้น

3.4.2 เพาเวอร์มอสเฟต (MOSFET Power transistor)

เพาเวอร์มอสเฟต (MOSFET Power Transistor) สามารถทำงานได้ดีที่ความถี่สูงตั้งแต่ 50 kHz ไปจนถึงประมาณ 200-400 kHz เนื่องจากตัวมันใช้เวลาในการเปลี่ยนสถานะค่อนข้างสั้น

และการพัฒนาปัจจุบันมีแนวโน้มจะทำให้เพาเวอร์มอสเฟตสามารถทำงานที่ความถี่สูงขึ้นไปอีกซึ่งจะเป็นผลดีในการลดขนาดของอินเวอร์เตอร์

ข้อพิจารณาในการเลือกใช้งานเพาเวอร์มอสเฟต

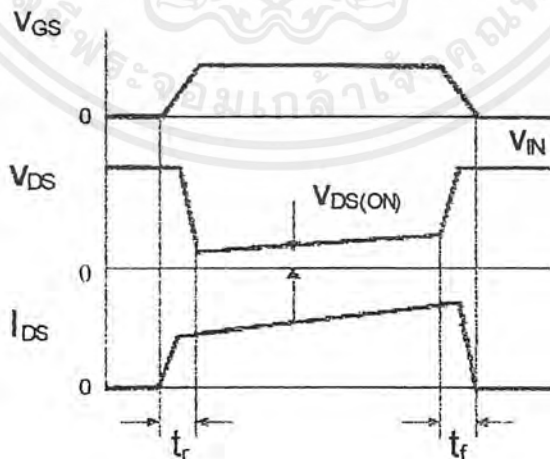
สำหรับเพาเวอร์มอสเฟตจะไม่เกิดเซคันดารีเบรคดาวน์เหมือนกับไบโพลาร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เพราะค่าความต้านระหว่างเดรน (Drain) และซอร์ส (Source) ขณะนำกระแสจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทำให้กระแสที่ไหลผ่านมีค่าน้อยลง ต่างจากในกรณีของไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ซึ่งเกิดเซคันดารีเบรคดาวน์เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นกระแสจะไหลมากขึ้น ซึ่งจะเกิดการพังทลายอย่างรวดเร็ว เพาเวอร์มอสเฟตจึงมีพิคคความปลอดภัยในกราฟ SOA กว้างกว่าเมื่อเทียบกับไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ และเนื่องจากเพาเวอร์มอสเฟตไม่เกิดเซคันดารีเบรคดาวน์ อัตราทนกำลังสูญเสียสูงสุดของมันจะถูกจำกัดด้วยค่าความร้อนที่เกิดขึ้นภายในรอยต่อที่ตัวมันเท่านั้น เช่นเดียวกับไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ในการทำงานเป็นสวิตช์ของเพาเวอร์มอสเฟต จะเกิดกำลังสูญเสียเกิดขึ้นซึ่งเราสามารถพิจารณาได้ดังนี้

กำลังสูญเสียในรูปความร้อนของเพาเวอร์มอสเฟต

กำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นในเพาเวอร์มอสเฟตขณะทำงาน จะเป็นไปได้ 2 ลักษณะ เช่นเดียวกับไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ คือ

1. กำลังสูญเสียขณะเปลี่ยนสถานะ
2. กำลังสูญเสียขณะนำกระแส

แต่สำหรับมอสเฟตแล้วจะมีช่วงเวลาริมนำกระแส และช่วงเวลาริมนหยุดนำกระแสสั้นกว่าไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์มาก เพราะตามโครงสร้างของเพาเวอร์มอสเฟตจะไม่มีประจุสะสมเกิดขึ้นจึงไม่มี



รูปที่ 16 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟตเมื่อริมนำกระแสและริมนหยุดนำกระแส

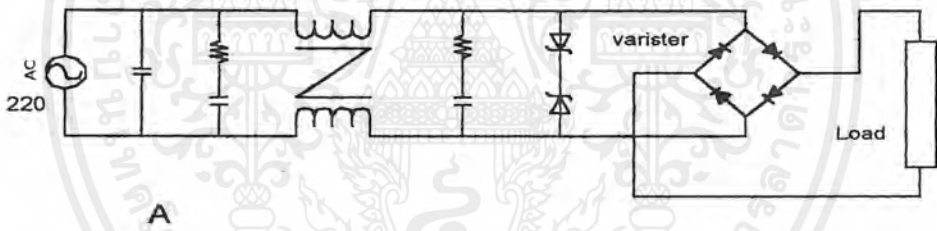
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาในลักษณะเดียวกับ ไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ อย่างไรก็ตามเพาเวอร์มอสเฟตจะมีค่าความต้านทานขณะนำกระแสค่อนข้างสูง การสูญเสียของขณะนำกระแสจึงสูงกว่าไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์

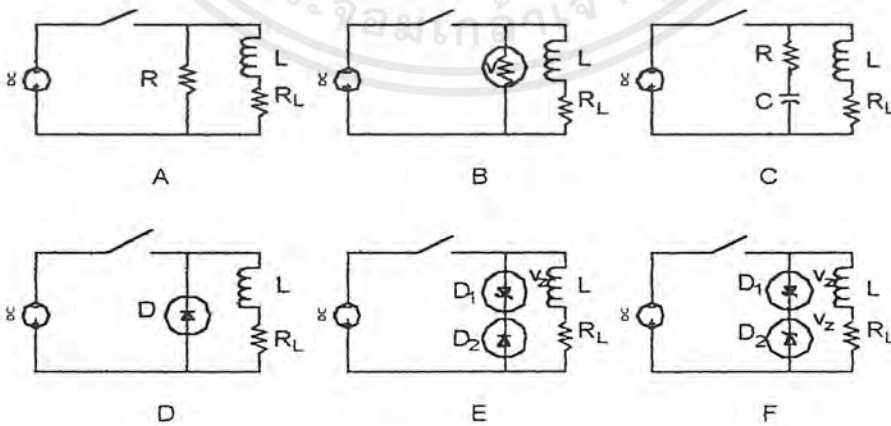
3.5 วงจรกรองแบบพาสซีฟใช้ LC (Passive Filter)

วงจรกรองค่านเข้า (input line filter) มีความสำคัญเพราะจะช่วยลดการรบกวนคลื่นวิทยุ (Radio-Frequency Interference : RFI) ที่ความถี่สูงและการรบกวน EMI ที่เกิดจากวงจรแปลงผัน (Converter) อีกทั้งยังช่วยลดผลของทรานเซียนต์จากสายส่งไม่ให้ไปทำความเสียหายให้วงจร โดยความถี่ที่เป็น lowpass cut off ของ filter นี้จะไม่สูงเกิน 2-3 เท่าของความถี่ในการทำงานของวงจร

วงจรกรองค่านเข้าแบบพาสซีฟมีได้หลายแบบ ซึ่งประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ และอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกิน (วาริสเตอร์) และแบบที่เราได้นำมาใช้คือแบบต่อวาริสเตอร์ไว้หน้าวงจรบริดจ์



รูปที่ 17 ตัวอย่างวงจรกรอง L-C แบบต่อวาริสเตอร์ก่อนหน้าไดโอดบริดจ์



รูปที่ 18 รูปแบบของวงจรกรองหน้าตัวสับแบบต่างๆ

3.6 การใช้อุปกรณ์ป้องกันแรงดันทรานเซียนต์

ในบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ควรต่ออุปกรณ์ป้องกันแรงดันทรานเซียนต์ (transient voltage suppressor) เพราะอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำมีจุดอ่อนอย่างหนึ่งคือ ไม่สามารถทนแรงดันเกินได้ ดังนั้นในวงจรจึงควรมีการป้องกันแรงดันเกิน ซึ่งสามารถทำได้ 3 แนวทางคือ

1. การชีลด์และการต่อกราวด์ (shielding and grounding) (หมายเหตุ วิธีไม่สามารถป้องกันแรงดันเกินจากฟ้าผ่า, สนามแม่เหล็ก หรือผลจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้ เช่นหากถ้ามากระแสปริมาณมากไหลลงดิน ก็จะทำให้แรงดันในสายกราวด์เปลี่ยนแปลงได้)

2. การใช้วงจรกรอง (filter)

3. การใช้อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear device) มาป้องกันแรงดันเกิน จำพวกอุปกรณ์ป้องกันแรงดันทรานเซียนต์ (surge protective device : SPD) ซึ่งมี 4 ประเภทได้แก่

3.1 ซีเนอร์ไดโอด (zener diode : ZD)

3.2 ซับเพรสเซอร์ไดโอด (suppressor diode : SD)

3.3 วาริสเตอร์ (varistor : MOV, VAR, SIOV)

3.4 แก๊สอาร์เรสเตอร์ (gas arrester : GA) (นิยมใช้ในระบบไฟฟ้ากำลัง)

ในที่นี้เลือกใช้วงจรกรอง ผสมกับการใช้อุปกรณ์ป้องกันแรงดันทรานเซียนต์ ซึ่งอุปกรณ์ที่ต่อให้วงจรทนแรงดันสปร้าจากแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าได้ นิยมใช้ซีเนอร์ไดโอดหรือใช้วาริสเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 17A โดยเกณฑ์การเลือกใช้คือ

1. หากต่อก่อนไดโอดบริดจ์ก็ต้องใช้อุปกรณ์ เช่น วงจร RC และใช้อุปกรณ์ที่ทนแรงดันทรานเซียนต์ได้ทั้ง 2 ทิศทาง หรือการต่อวาริสเตอร์คร่อมระหว่างสายไลน์กับนิวทรัล ก็จะช่วยป้องกันแรงดันเกินให้แก่วงจรซึ่งรวมไปถึงไดโอดบริดจ์ด้วย

2. หากต่อไว้หลังไดโอดบริดจ์ก็จะสามารถใช้ซีเนอร์ไดโอด 1 ตัวได้ (อาจใช้หลายตัวต่ออนุกรมกันเพื่อทนแรงดันได้สูงขึ้น) หรือใช้ซัพเพรสเซอร์ไดโอด หรือจะใช้วาริสเตอร์ก็ได้ (หรือจะใช้ไอซีป้องกันแรงดันทรานเซียนต์) ซึ่งจะช่วยป้องกันสวิตช์จากแรงดันเสิร์จได้ดี

การเลือกใช้ซีเนอร์ไดโอดหรือวาริสเตอร์ มีข้อจำกัดที่แตกต่างกันคือ

ก. ซีเนอร์ไดโอด มีขีดจำกัดว่าอุปกรณ์รับพลังงานได้จำกัด หากว่าแรงดันสูงขึ้น พิกัดการทนกระแสก็จะต่ำลง ตามความสัมพันธ์ $I_{\max} = P_{\max} / V_{\text{operating}}$ แต่วาริสเตอร์มีขีดจำกัดไม่ได้ขึ้นกับกำลังแต่เป็นความหนาแน่นของกระแส เพราะวาริสเตอร์มีโครงสร้างที่มีขีดจำกัดที่ความหนาแน่นกระแสสูงสุด (maximum current density) ด้วยเหตุนี้เองหากว่าแรงดันใช้งานจะเพิ่มสูงขึ้นหรือมีค่าลดลงก็ตาม พิกัดที่ทนกระแสได้ยังคงเท่าเดิม วาริสเตอร์จึงจัดเป็นอุปกรณ์ตัวต้านทานอย่างหนึ่งที่มีลักษณะค่ากระแสไม่ขึ้นอยู่กับแรงดัน โดยมีคุณสมบัติค่าความต้านทานลดลงเมื่อแรงดันไม่เหมาะสมใดๆ ทั้งสิ้น ออกทั้งห้ามมิเหตุใดประสงค์และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มาใช้

เพิ่มขึ้น

ข. การต่อซีเนอร์ไดโอดขนานกัน ไม่ได้ทำให้พิกัดทนกระแสรวมเพิ่มสูงขึ้น เพราะพิกัดการทนกระแสรวมมีค่าเท่ากับการทนกระแสของซีเนอร์ไดโอดตัวที่มีแรงดันสูงสุดเพียงตัว 1 ตัว แต่การต่อวาริสเตอร์ขนานกัน สามารถทำให้พิกัดการทนกระแสเพิ่มขึ้นได้ (เพิ่มขึ้นได้บ้าง แต่ไม่ได้เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนเชิงเส้นตามจำนวนวาริสเตอร์ที่ต่อขนานกัน) โดยการต่อวาริสเตอร์ขนานกันทำได้ก็ต่อเมื่อวาริสเตอร์ที่ต่อขนานกันจะต้องมีพิกัดการทนกระแสเท่ากัน และต้องเป็นวาริสเตอร์แบบดิสก์ (disk) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่เท่ากัน

ค. การต่อวาริสเตอร์อนุกรมกันได้ เพื่อให้มีค่าระดับการป้องกันแรงดันเพิ่มสูงขึ้นตามต้องการ แต่การต่อจะต้องเป็นวาริสเตอร์แบบเดียวกัน (เช่น เป็นแบบดิสก์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน) โดยพิกัดการทนแรงดันกระแสตรง หรือแรงดันกระแสสลับรวมที่ได้ จะเป็นผลรวมแบบอนุกรมของแต่ละวาริสเตอร์ย่อยที่นำมาต่ออนุกรมกัน โดยการต่ออนุกรมนี้มีข้อดีคือ ทำให้กระแสรั่วไหลมีค่าลดต่ำลงได้ ส่วนการใช้ซีเนอร์ไดโอดต่ออนุกรมกันนั้นจะมีลักษณะการใช้เหมือนวาริสเตอร์ ซึ่งสามารถตัดแปลงอีกเป็นการต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน หรือตัวเหนี่ยวนำก็สามารถทำได้

วาริสเตอร์มีข้อดีอีกประการคือ มีเวลาตอบสนอง (response time) ที่เร็วมาก (ต่ำกว่า 25 ns)

3.6.1 เกณฑ์การเลือกใช้วาริสเตอร์ป้องกันแรงดันเกิน

1. เลือกพิกัดการทนแรงดัน (maximum operating voltage) ให้เหมาะสมกับการป้องกันแรงดันเกินในการใช้งาน โดยควรเผื่อแรงดันเกินของแหล่งจ่ายที่อาจเป็นไปได้ไว้ด้วย เช่น เผื่อแรงดันแหล่งจ่ายเกิน 10% เป็นอย่างน้อย เช่น กรณีแรงดันแหล่งจ่าย 220 โวลต์ ก็ต้องเผื่อแรงดันแหล่งจ่ายเป็น 242 โวลต์ จึงวาริสเตอร์แรงสูงกว่า เช่น ในที่นี้เลือก 275 โวลต์เผื่อไว้ หากยังเลือกวาริสเตอร์แรงสูงมากขึ้น จึงมีผลดีคือกระแสรั่วไหลมีค่าน้อยลง แต่ก็มีผลเสียคือแรงดันเกินค่าต่ำๆ เช่น 265 โวลต์สามารถผ่านเข้าวงจรได้ จึงทำการเลือกอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในวงจรต้องสามารถทนแรงดัน $275 V_{ac}$ หรือ $390 V_{dc}$ ได้

2. พิจารณาถึง

ก) กระแสกระชาก (Inrush current)

ข) การดูดซับกำลังเกิน (energy absorption)

ค) การทนกำลังเฉลี่ย (average power dissipation) โดยคิดจากจำนวนครั้งของค่ากระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล็กร์และ/หรือ กำลังเกิน ซึ่งหมายความว่าค่ากระแสชั่วขณะ (I) , แรงดันชั่วขณะ (E) ,และกำลังชั่วขณะ (P) สูงสุดจากการทำงานจริงของวงจรต้องมีค่าไม่เกินขีดจำกัดสูงสุดของ I , E , P ของวาริสเตอร์ทนได้คือ

$$I \leq I_{\max}$$

$$E \leq E_{\max}$$

$$P \leq P_{\max}$$

ก) เลือกพิคการทนกระแสกระชาก (maximum inrush current) ขึ้นอยู่กับจำนวนพัลส์ของกระแสและความกว้างของพัลส์กระแสด้วย โดยปกติค่าที่วางในสเปกของวาริสเตอร์จะเป็นค่าที่ประมาณ ความกว้างพัลส์เป็นสี่เหลี่ยมขนาดความกว้าง (t) เป็น 20 μ F หรือ 2 nS ดังนั้นหากเป็นพัลส์ต่างๆ ก็ต้องแปลงเป็นพัลส์รูปสี่เหลี่ยมที่มีความกว้างพัลส์เป็นมาตรฐาน เพื่อหาค่ายอดของกระแสเล็กร์แล้วใช้กราฟการเล็กร์พิค (derating curve) ช่วย (หมายเหตุ เล็กร์พิคจากกระแสเล็กร์ ไม่ใช่แรงดันเล็กร์)

ข) เลือกพิคการทนกำลัง (maximum energy absorption) ซึ่งคำนวณได้ง่ายๆ โดยการแปลงรูปคลื่นที่ตรวจวัดได้จากออสซิลโคป ให้ประมาณเป็นรูปสี่เหลี่ยม เพื่อหาค่าพลังงานหรือพื้นที่ใต้กราฟจากสมการ

$$E_{\max} = V_{\max} I_{\max} t_R$$

โดยที่

E_{\max} = การดูดซับกำลังเกินสูงสุด (maximum energy absorption)

V_{\max} = แรงดันคร่อมวาริสเตอร์ขณะที่กระแสชั่วครู่มีค่าสูงสุด (voltage across the varistor at I_{\max})

t_R = ความกว้างพัลส์ (pulse width) (หน่วยเป็นวินาที)

ในการคิดโหลดที่วาริสเตอร์จะต้องทนได้นั้น ควรเผื่อกรณีที่เล็กร์ที่สุด (worst case condition) เช่น หากวาริสเตอร์ต่ออยู่ในวงจรที่มีตัวเหนี่ยวนำค่า L อยู่ในวงจร วาริสเตอร์จะต้องทนพลังงานทั้งหมด $0.5 LI^2$ ของการคายพลังงานจากตัวเหนี่ยวนำในวงจรซึ่งเป็นการคิดเผื่อไว้เพื่อความปลอดภัย

ค) เลือกพิคการกระจายกำลังเฉลี่ย (maximum average power dissipation) จากขั้นตอนในข้อ 2.1-2.2 ก็เพียงพอในการเลือกเบอร์วาริสเตอร์ได้ แต่ในการเลือกใช้วาริสเตอร์ควรตรวจสอบดูด้วยว่า วาริสเตอร์ที่เลือกมานั้นยังคงมีพิคการกระจายกำลังเฉลี่ยสูงกว่าพิคกำลังใช้งาน เช่น คำนวณจากสมการ

$$T_{\min} = E / P_{\max}$$

โดยที่ T_{\min} = คาบเวลาของกระแสเล็กร์ (วินาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E = ค่ากำลังเกินที่ดูดซับในแต่ละคาบ (value of an individual energy absorption cycle)

P_{max} = ค่ากำลังสูงสุด (maximum power dissipation) (หน่วยเป็นวัตต์)

- พิจารณาตรวจสอบว่าแรงดันเกินที่อาจเกิดขึ้นได้ในการทำงานของวาริสเตอร์เบอร์ที่เลือกมีค่าไม่มากกว่าความคงทนทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ในวงจรป้องกัน

3.7 ไดโอดคอมมิวเตตติ้ง (Commutating Diode)

ซึ่งต่อคร่อม Q_1 และ Q_2 มีหน้าที่อยู่ 2 อย่างคือ

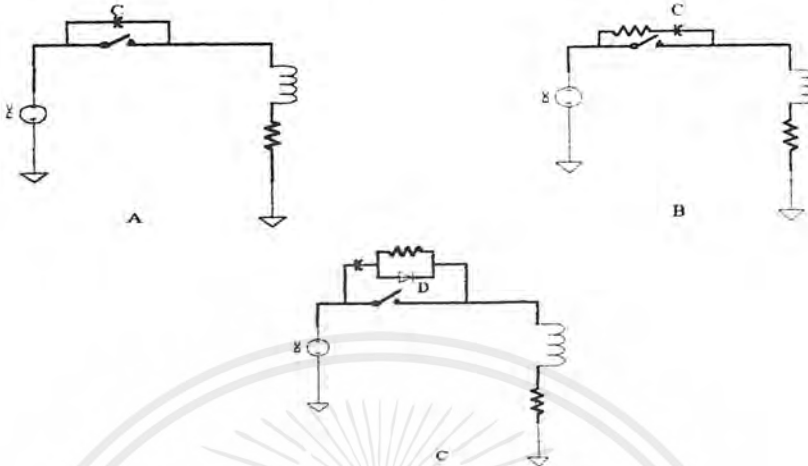
3.7.1 ป้องกันการเกิดแรงดันสไปค์ (spike) ในขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เริ่มหยุดนำกระแส เนื่องจากความเหนียวแฝงในหม้อแปลงโดยพลังงานที่สะสมอยู่ในตัวเหนียวนำแฝงนี้จะถูกถ่ายเทออกไปยังด้วยคอมมิวเตตติ้งไดโอดจึงเป็นการป้องกันการเกิดแรงดันสไปค์เมื่อเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เริ่มหยุดนำกระแส

3.7.2 ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ Q_1 หยุดนำกระแส ขดไพรมารี (primary) จะมีการกลับขั้วแรงดันเกิดขึ้น ถ้าไม่มีคอมมิวเตตติ้งไดโอด Q_2 จะได้รับแรงดันที่ตกคร่อมที่คอลเลกเตอร์ (Collector) เป็นลบ ในขณะที่ Q_1 จะมีแรงดันตกคร่อมมากกว่า $V_{in}/2$ ในกรณีนี้ D_{Q1} จะอยู่ในลักษณะไบแอสตรงจากแรงดันขดไพรมารีและจะทำการลดค่าแรงดันนี้ลงไปในทำนองเดียวกันเมื่อ Q_2 เริ่มหยุดนำกระแส ไดโอด D_{Q1} จะทำหน้าที่เช่นเดียวกันเป็นการป้องกันเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะพบว่าไดโอดที่นำมาใช้เป็นคอมมิวเตตติ้งไดโอดนั้น จะต้องเป็นชนิด Fast Recovery หรือ Ultrafast Recovery และต้องทนแรงดันย้อนกลับได้อย่างน้อย 2 เท่าของแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์ขณะหยุดนำกระแส

3.8 การกำจัดทรานเซียนท์ของโหลดประเภทเหนียวนำ

- มีไว้เพื่อ
1. ป้องกันสวิตช์ที่ควบคุมโหลดที่เป็นตัวเหนียวนำ
 2. ลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากตัวเหนียวนำ

3.8.1 วงจรป้องกันหน้าสัมผัสสำหรับโหลดที่เป็นตัวเหนี่ยวนำ (snubber)



รูปที่ 19 วงจรป้องกันหน้าสัมผัส แบบคร่อมหน้าสัมผัสที่ควบคุม โหลด

วงจรแบบ C network

รูปที่ 19 A เป็นการกำจัดอาร์คจากการหยุดไหลของกระแส ขณะหน้าสัมผัสเปิดออก (off) ถ้าตัวเก็บประจุมีค่ามากพอ ขณะที่เปิดสวิตช์ออกจะมีกระแสตกค้าง ซึ่งเป็นผลมาจากตัวเหนี่ยวนำ (L) จะทำให้กระแสไหลผ่านตัวเก็บประจุเก็บไว้จึงไม่ผ่านสวิตช์ หรือผ่านน้อยจึงไม่มีการอาร์คเกิดขึ้น โดยตัวเก็บประจุจะถูก charge จนมีแรงดัน $= V_{dc}$ เมื่อสวิตช์ปิดลง (on) จะทำให้ตัวเก็บประจุ discharge กระแสโดยผ่านสวิตช์ ยิ่งค่าตัวเก็บประจุมีค่ามากและแหล่งจ่ายไฟมีแรงดันสูงมากเท่าไร ก็จะทำให้สวิตช์เสียหายอันเนื่องจากการอาร์คมากขึ้น เพราะจะมีพลังงานที่สะสมในตัวเก็บประจุมาก

วงจรแบบ R-C network

เป็นการแก้ไขข้อเสียของวงจรแบบ รูป 19 A เมื่อสวิตช์ปิดตัวลงตัวต้านทานจะเป็นตัวช่วยจำกัดกระแส discharge ของตัวเก็บประจุ โดยมีข้อควรคำนึง 2 ข้อคือ

1) ขณะเปิดสวิตช์ (on) ควรเลือกค่าความต้านทานที่สุดที่ทำหน้าที่จำกัดกระแสไม่กระแส discharge ของตัวเก็บประจุไหลผ่านสวิตช์สูงกว่าค่ากระแสที่ทำให้เกิดอาร์ค

2) ขณะสวิตช์เปิด (off) ควรเลือกค่าความต้านทานที่สูงสุด เพราะเมื่อน้ำสัมผัสเริ่มเปิดออก กระแสจะไหลผ่านตัวต้านทาน ทำให้มีค่าแรงดันตกคร่อมสวิตช์ $= IR$ ถ้า $R = R_{load}$ แล้ว จะทำให้แรงดันตกคร่อมสวิตช์ $= V_{source}$ ดังนั้นโดยทั่วไปควรเลือกค่าตัวต้านทานที่ไม่ทำให้แรงดันตกคร่อมสวิตช์มากกว่า V_{source} เลือกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{V_{dc}}{I_A} < R < R_L$$

โดย R_L คือ ค่าความต้านทานของโหลด

สำหรับค่าของตัวเก็บประจุที่จะเลือกใช้มีข้อกำหนด 2 อย่างคือ แรงดันขดที่คร่อมหน้าสัมผัสต้องไม่เกิน 300 โวลต์เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดอาร์คคิสซาร์จ และอัตราการเพิ่มค่าแรงดันเริ่มแรกต้องน้อยกว่า 1 โวลต์/ไมโครวินาที เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดอาร์คคิสซาร์จ สำหรับในกรณีหลังจะเป็นได้เมื่อตัวเก็บประจุมีค่าน้อยกว่า 1 ไมโครฟารัดต่อกระแสโหลด 1 แอมป์

แรงดันขดของตัวเก็บประจุจะคำนวณได้ โดยสมมติว่า ค่าความต้านทานในวงจรมีค่าน้อยมาก และพลังงานจากขดลวดจะถ่ายเทให้แก่ตัวเก็บประจุเพียงอย่างเดียว ภายใต้เงื่อนไขนี้

$$V_{C(\text{peak})} = I_o \sqrt{LC}$$

โดยที่ I_o คือ กระแสไหลผ่านโหลดขณะที่หน้าสัมผัสเริ่มเปิดออก ซึ่งจะหาค่า C ได้โดยแทนค่า $V_{C(\text{peak})} = 300$ โวลต์ ดังนี้

$$C \geq \left(\frac{I_o}{300} \right)^2 L$$

และเพื่อป้องกันอัตราการเพิ่มแรงดันให้น้อยกว่า 1 โวลต์/ไมโครวินาที

$$C \geq I_o \times 10^{-6}$$

ในบางกรณีอาจเกิดรีโซแนนซ์ระหว่าง L กับ C ทำให้เกิดออสซิลเลตได้ เพื่อป้องกันการออสซิลเลต (วงจรจะต้อง overdamp) ค่าของตัวเก็บประจุ

$$C \geq \frac{4L}{R_1^2}$$

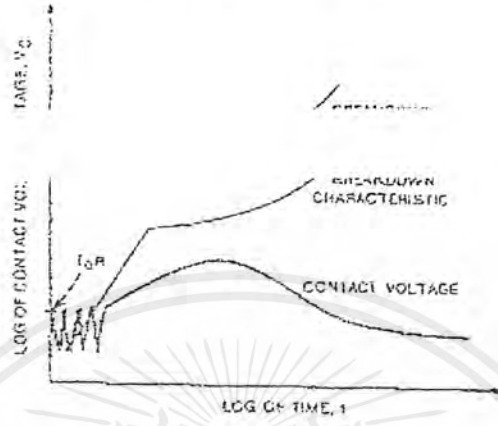
โดยที่ R_1 คือความต้านทานรวมทั้งหมัดที่ต้องอนุกรมกับ L และ C เช่น ในรูป 19 B

$R_1 = R_L + R$ บางครั้งอาจไม่คำนึงถึงการเกิดรีโซแนนซ์ เพราะค่าของตัวเก็บประจุมีค่ามากเกินไป

การใช้วงจร R-C เป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวางเพราะมีราคาถูก แต่ว่าให้ผลได้ไม่เต็มที่ เพราะเมื่อขณะที่หน้าสัมผัสเริ่มเปิด แรงดันคร่อมหน้าสัมผัสชั่วคราวมีค่าเท่ากับ $I_o R$ ซึ่งทำให้เกิดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลงนามและได้รับการเซ็นเซอร์เรียบร้อยแล้ว ในกรณีที่เห็นข้อผิดพลาดประการใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาร์คขึ้นได้ในช่วงสั้นๆ ดังรูปที่ 20 ซึ่งแสดงถึงแรงดันคร่อมหน้าสัมผัสกับแรงดันเบรคความถี่ลักษณะการเกิดอาร์คที่หน้าสัมผัสได้อธิบายไว้ในตอนต้นแล้ว



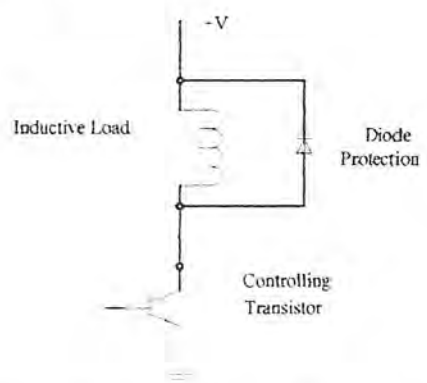
รูปที่ 20 แรงดันคร่อมหน้าสัมผัสกับแรงดันเบรคความถี่

วงจรแบบ R-C-D network

รูป 19 C แสดงถึงวงจรที่แก้ไขของรูป 19A, 19B แต่มีราคาแพงกว่า เมื่อหน้าสัมผัสเปิดตัวเก็บประจุจะถูกชาร์จโดยมีขั้วที่แสดงไว้ในรูป เมื่อหน้าสัมผัสเปิดไดโอดจะลัดวงจร ส่วนของ R เปรียบเหมือนไม่มีความต้านทานอยู่เลย เป็นการแก้ปัญหาของการเกิดอาร์คเริ่มต้นดังที่กล่าวแล้ว ไดโอดจะต้องมีแรงดันเบรคความถี่ (ของไดโอด) มากกว่าแรงดันของแหล่งจ่าย และมีอัตราทนกระแสที่จุดยอดมากเพียงพอ การคำนวณค่าของตัวเก็บประจุคิดเหมือนในกรณีวงจรแบบ R-C network ส่วนค่าความต้านทาน R นั้น เนื่องจากขณะที่หน้าสัมผัสเปิด ไดโอดลัดวงจรดังนั้น

$$R \geq \frac{10 V_{dc}}{I_d}$$

วงจรป้องกันแบบ R-C-D network นี้เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการป้องกันหน้าสัมผัส แต่มีราคาแพง และใช้ในวงจรกระแสสลับไม่ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 21 วงจรป้องกันทรานเซียนท์ที่เกิดขึ้นจากตัวเหนี่ยวนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

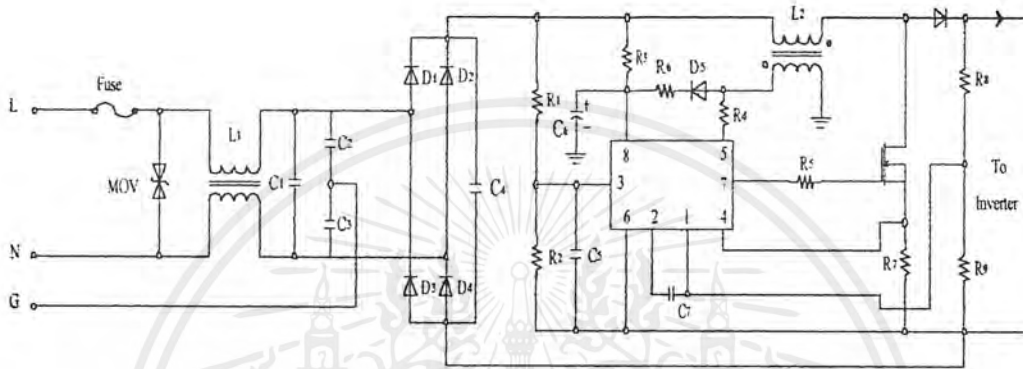
การแนะนำในการเลือกใช้การป้องกันหน้าสัมผัส

1. โหลดที่ไม่เป็นตัวเหนี่ยวนำ (noninductive load) และกระแสโหลดน้อยกว่า I_A ไม่ต้องมี วงจรป้องกัน
2. โหลดที่เป็นตัวเหนี่ยวนำและกระแสโหลดน้อยกว่า I_A ควรเลือกใช้ R-C-D network หรือ ไดโอดเป็นวงจรป้องกัน
3. โหลดที่เป็นตัวเหนี่ยวนำและกระแสโหลดมากกว่า I_A ควรใช้ R-C-D network หรือ ไดโอดเป็นวงจรมองป้องกัน
4. โหลดที่ไม่เป็นตัวเหนี่ยวนำและกระแสโหลดมากกว่า I_A เลือกใช้ R-C-D network เป็นวงจรป้องกัน



บทที่ 4

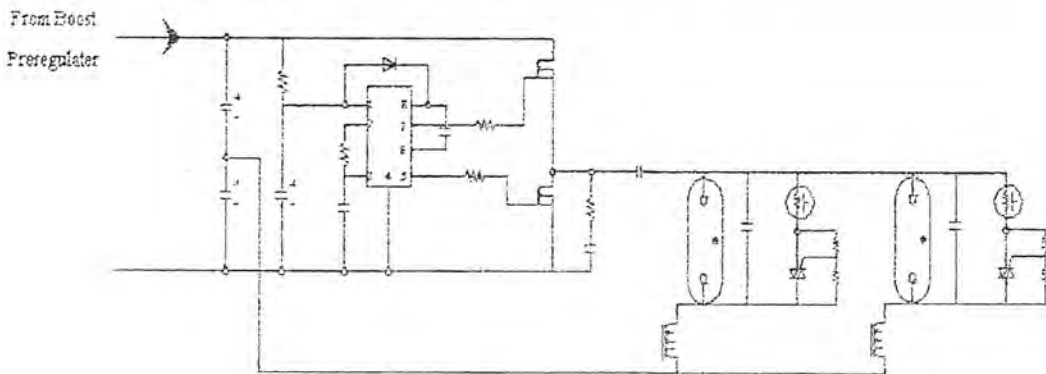
วงจรการทดลอง



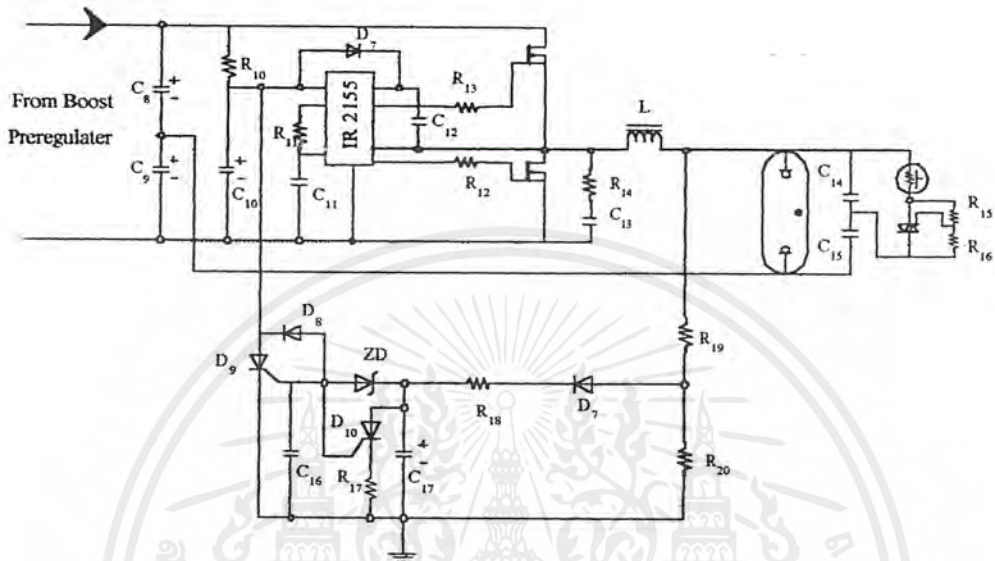
รูปที่ 22 วงจร Boost

การทำงานของวงจรบูสท์

ในที่นี้จะใช้ IC # KA 7526 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณขับสวิทซ์ซึ่งเป็น MOSFET ซึ่ง IC # KA 7526 นี้จะตรวจจับ แรงดันทางค่านขาเข้าและทางค่านขาออกแล้วนำสัญญาณทั้งสองมาเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงค่าหนึ่งที่ทำให้ได้ Output ที่คงที่ ถ้าแรงดันค่านขาเข้ามีค่าก็จะทำให้แรงดันขาออกต่ำไปด้วย IC จะนำสัญญาณขาออกมาเปรียบเทียบกับสัญญาณเพื่อปรับค่าเปอร์เซ็นต์ duty cycle ของสัญญาณที่ใช้ในการขับสวิทซ์ ให้สูงขึ้นนั่นเอง เมื่อสัญญาณขาเข้ามีค่าสูงเปอร์เซ็นต์ duty cycle จะมีค่าน้อย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



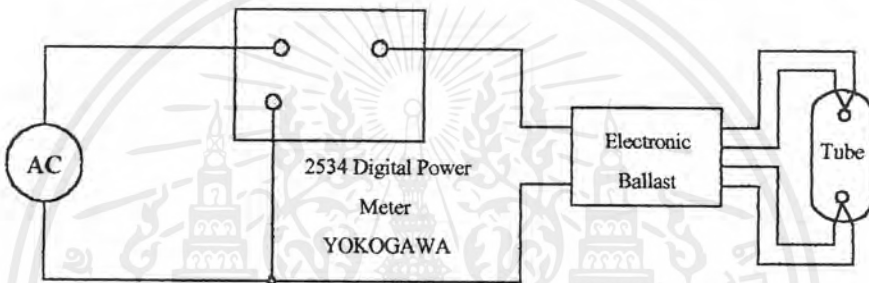
รูปที่ 24 วงจร Protection

การทำงานของวงจร Protection

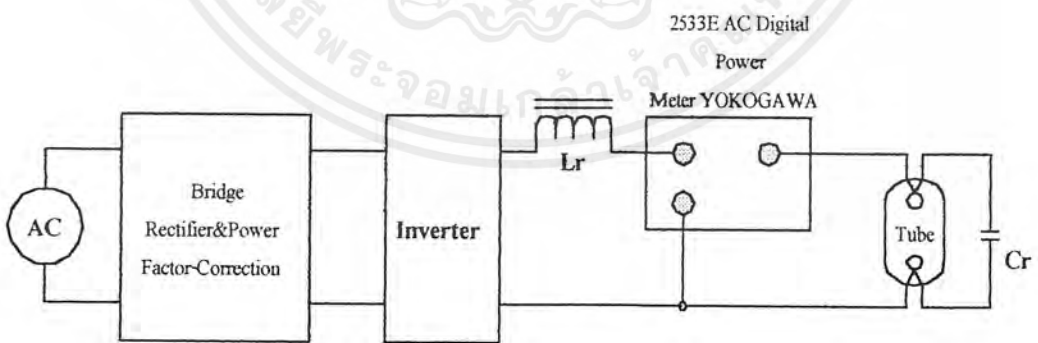
จากวงจร จะ sensor แรงดันจากขั้วโหลด ซึ่งเมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้นที่ขั้วโหลด จะทำให้วงจรป้องกันทำงานโดยลดค่าแรงดันไฟเลี้ยงของ IC # IR2155 ที่ใช้ขับสวิตช์ให้มีค่าเป็นศูนย์ คือวงจร inverter จะไม่ทำงาน และเมื่อต้องการให้วงจรทำงานได้อีกครั้ง โดยการปิดสวิตซ์ทางขาเข้าก่อน แล้วจึงค่อยเปิดใหม่ หลอดก็จะสว่างเช่นเดิม ทำให้ที่ขั้วโหลดไม่เกิดการลัดวงจรอีก ในวงจรป้องกันนี้สามารถป้องกันกรณีที่เกิดหลอดออก ในขณะที่ Switching กำลังทำงานอยู่ด้วย เพราะถ้าไม่มีวงจรป้องกันจะทำให้ Switch (MOSFET) อาจเกิดการเสียหายหรือพังได้ เมื่อไม่มีโหลด เพราะฉะนั้นเมื่อมีวงจรป้องกันจะลดส่วนนี้ลงไปด้วย วงจรป้องกันนี้จะไม่ส่งผลใดๆต่อวงจร inverter

บทที่ 5
ผลการทดลอง

5.1 รูปวงจรแสดงการต่อเครื่องมือวัด

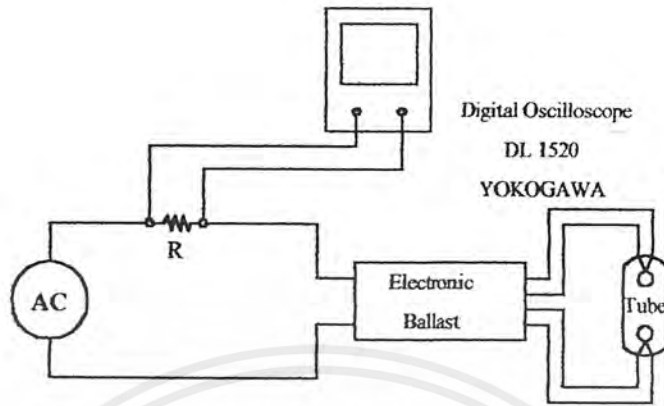


รูปที่ 25 แสดงการวัดกำลังไฟฟ้าด้าน INPUT

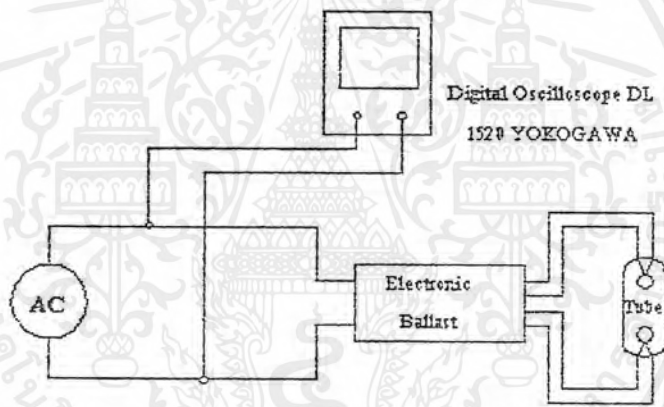


รูปที่ 26 แสดงการวัดกำลังไฟฟ้าด้าน OUTPUT

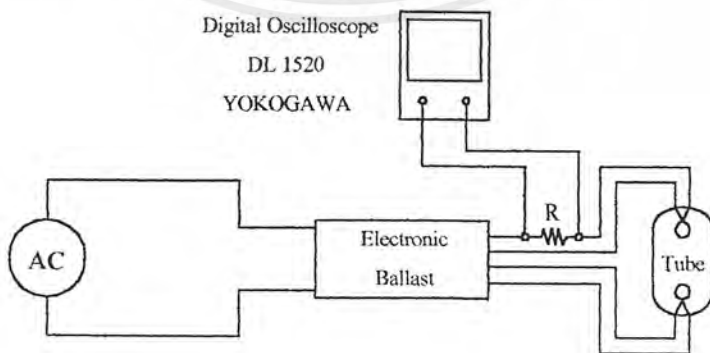
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 27 แสดงการวัดรูปคลื่นกระแสด้าน INPUT

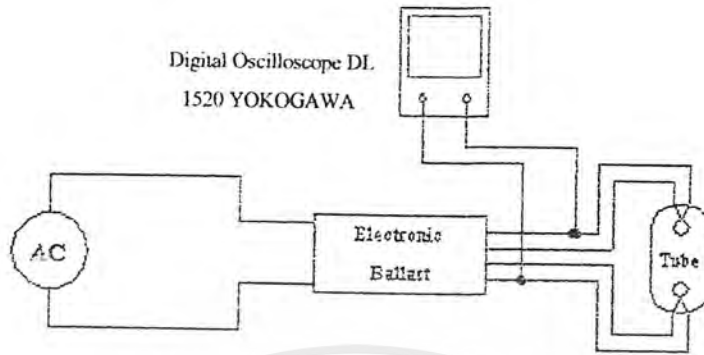


รูปที่ 28 แสดงการวัดรูปคลื่นแรงดันด้าน INPUT



รูปที่ 29 แสดงการวัดรูปคลื่นกระแสด้าน OUTPUT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 30 แสดงการวัดรูปคลื่นแรงดันด้าน OUTPUT

5.2 ตารางคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Active Ballast

ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Active Ballast เมื่อใช้กับหลอด 32 W ที่แรงดันต่างๆ

Voltage input คุณสมบัติ	180	190	200	210	220	230	240
Power input	30.9	30.3	30.3	30.4	30.3	30.4	30.2
Current input	0.172	0.161	0.153	0.145	0.146	0.134	0.128
Power Factor input	0.997	0.995	0.994	0.992	0.99	0.99	0.989
Power output	26.7	26.4	26.5	26.5	26.6	26.7	26.5
Voltage output	81.1	80.0	79.8	79.4	79.3	79.3	78.7
Current output	0.362	0.362	0.364	0.365	0.367	0.368	0.369
Power Factor output	0.907	0.913	0.914	0.913	0.914	0.917	0.917
Total Harmonic Distertion (%THD)	4.79	7.38	8.86	9.90	10.93	11.46	11.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Active Ballast เมื่อใช้กับหลอด 18 W ที่แรงดันต่างๆ

Voltage input คุณสมบัติ	180	190	200	210	220	230	240
Power input	21.3	21.5	21.6	21.6	21.7	21.7	21.7
Current input	0.120	0.114	0.110	0.105	0.103	0.097	0.093
Power Factor input	0.993	0.993	0.991	0.989	0.988	0.986	0.982
Power output	17.9	18.0	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2
Voltage output	53.5	53.7	53.8	53.7	53.8	53.4	53.3
Current output	0.349	0.351	0.352	0.353	0.354	0.355	0.356
Power Factor output	0.960	0.958	0.958	0.960	0.960	0.957	0.962
Total Harmonic Distortion (%THD)	8.46	9.16	9.59	10.47	11.57	11.32	13.46

ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Active Ballast เมื่อใช้กับหลอด 40W ที่แรงดันค่าต่างๆ

Voltage input คุณสมบัติ	180	190	200	210	220	230	240
Power input	40.2	40.1	40.0	39.7	39.8	39.8	39.7
Current input	0.274	0.212	0.199	0.191	0.183	0.175	0.168
Power Factor input	0.998	0.998	0.997	0.995	0.993	0.992	0.988
Power output	34.3	35.3	35.3	35.3	35.5	35.6	35.6
Voltage output	113.0	112.8	111.4	111.5	111.4	111.3	110.7
Current output	0.370	0.378	0.380	0.380	0.381	0.382	0.383
Power Factor output	3.92	3.15	3.55	6.18	7.79	9.60	11.55
Total Harmonic Distortion (%THD)	0.823	0.827	0.836	0.833	0.835	0.835	0.838

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Active Ballast เมื่อใช้กับหลอด 36W ที่แรงดันค่าต่างๆ

Voltage input คุณสมบัติ	180	190	200	210	220	230	240
Power input	36.2	36.2	35.9	36.3	36.4	36.5	36.6
Current input	0.202	0.192	0.178	0.175	0.168	0.161	0.155
Power Factor input	0.998	0.998	0.995	0.994	0.992	0.990	0.988
Power output	31.7	31.8	31.8	32.2	32.5	32.6	32.7
Voltage output	101.1	100.6	100.5	101.6	101.6	101.3	101.1
Current output	0.367	0.370	0.370	0.373	0.374	0.376	0.378
Power Factor output	0.854	0.855	0.856	0.851	0.853	0.856	0.855
Total Harmonic Distortion (%THD)	3.20	4.02	5.89	7.89	9.58	11.30	12.49

ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Active Ballast เมื่อใช้กับหลอด 36+36W ที่แรงดันค่าต่างๆ

Voltage input คุณสมบัติ	180	190	200	210	220	230	240
Power input	74	74	74	74	73.9	73.9	73.8
Current input	0.415	0.398	0.379	0.363	0.345	0.331	0.318
Power Factor input	0.982	0.981	0.979	0.976	0.971	0.970	0.967
Power output	56.6	56.7	56.9	57.4	57.2	58.2	57.4
Voltage output	112.3	112.1	112.2	112.2	112.3	111.7	112.5
Current output	0.707	0.708	0.709	0.711	0.710	0.712	0.713
Power Factor output	0.712	0.714	0.714	0.718	0.716	0.722	0.718
Total Harmonic Distortion (%THD)	5.05	5.42	5.98	6.54	7.1	7.72	8.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Active Ballast เมื่อใช้กับหลอด 36+40W ที่แรงดันค่าต่างๆ

Voltage input คุณสมบัติ	180	190	200	210	220	230	240
Power input	-	79	78.6	78.8	78.6	79	78.6
Current input	-	0.423	0.402	0.384	0.365	0.353	0.337
Power Factor input	-	0.984	0.982	0.978	0.977	0.975	0.973
Power output	-	65.5	65.5	65.5	65.5	67.2	66.2
Voltage output	-	127.2	127.1	127.2	126.2	126.8	127.2
Current output	-	0.723	0.723	0.723	0.738	0.729	0.726
Power Factor output	-	0.711	0.712	0.712	0.724	0.723	0.716
Total Harmonic Distortion (%THD)	-	5.09	5.77	6.13	6.69	7.47	8.20

ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Active Ballast เมื่อใช้กับหลอด 36+32 W ที่แรงดันค่าต่างๆ

Voltage input คุณสมบัติ	180	190	200	210	220	230	240
Power input	68.5	68.5	68.8	68.7	68.2	68.0	68.0
Current input	0.39	0.37	0.352	0.337	0.321	0.307	0.296
Power Factor input	0.981	0.978	0.975	0.974	0.968	0.965	0.964
Power output	48.5	48.8	49.5	49.5	49.3	49.0	49.8
Voltage output	93.2	92.9	92.6	92.9	92.8	93.0	93.2
Current output	0.684	0.692	0.696	0.695	0.695	0.692	0.696
Power Factor output	0.755	0.758	0.769	0.777	0.767	0.763	0.764
Total Harmonic Distortion (%THD)	4.79	5.32	5.96	6.36	7.42	7.97	8.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของActive Ballast เมื่อใช้กับหลอด 36+18 W ที่แรงดันค่าต่างๆ

Voltage input คุณสมบัติ	180	190	200	210	220	230	240
Power input	57.3	57.1	56.8	56.8	56.5	56.6	56.8
Current input	0.330	0.312	0.295	0.283	0.271	0.260	0.252
Power Factor input	0.972	0.969	0.963	0.960	0.951	0.948	0.948
Power output	33.7	33.8	33.7	33.7	33.6	33.7	34.0
Voltage output	61.3	61.4	61.3	61.3	61.2	61.6	61.6
Current output	0.654	0.653	0.654	0.654	0.651	0.653	0.655
Power Factor output	0.837	0.838	0.839	0.841	0.840	0.840	0.837
Total Harmonic Distortion (%THD)	6.05	6.22	7.06	7.65	8.95	9.75	10.30

ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของActive Ballast เมื่อใช้กับหลอด 40+32 W ที่แรงดันค่าต่างๆ

Voltage input คุณสมบัติ	180	190	200	210	220	230	240
Power input	73.0	74.0	73.3	73.3	72.6	71.9	72.4
Current input	0.414	0.398	0.376	0.360	0.340	0.325	0.313
Power Factor input	0.982	0.982	0.978	0.976	0.970	0.967	0.965
Power output	46.5	47.3	47.1	47.2	46.8	46.4	46.4
Voltage output	92.9	93.1	93.0	92.7	92.4	92.1	92.4
Current output	0.691	0.696	0.694	0.694	0.691	0.687	0.689
Power Factor output	0.724	0.729	0.729	0.733	0.735	0.732	0.727
Total Harmonic Distortion (%THD)	4.9	5.28	5.81	6.26	6.94	7.71	8.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของActive Ballast เมื่อใช้กับหลอด 40+18 W ที่แรงดันค่าต่างๆ

Voltage input คุณสมบัติ	180	190	200	210	220	230	240
Power input	62.2	63.0	63.0	62.3	61.9	62.7	63.0
Current input	0.353	0.341	0.322	0.305	0.292	0.282	0.272
Power Factor input	0.98	0.98	0.976	0.973	0.966	0.964	0.964
Power output	34.1	34.2	34.4	34.2	34.2	34.8	34.5
Voltage output	60.8	60.3	59.9	59.8	60.0	59.7	60.0
Current output	0.671	0.683	0.680	0.681	0.682	0.689	0.685
Power Factor output	0.827	0.833	0.836	0.836	0.835	0.838	0.835
Total Harmonic Distortion (%THD)	5.79	6.73	7.46	8.26	9.0	9.55	10.12

ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของActive Ballast เมื่อใช้กับหลอด 32+18 W ที่แรงดันค่าต่างๆ

Voltage input คุณสมบัติ	180	190	200	210	220	230	240
Power input	49.7	50.2	50.2	51.0	50.8	49.2	50.0
Current input	0.286	0.275	0.263	0.253	0.240	0.228	0.221
Power Factor input	0.97	0.964	0.959	0.959	0.958	0.948	0.947
Power output	47.4	47.8	48.3	48.5	49.3	47.8	47.9
Voltage output	90.2	91.6	92.1	89.7	89.0	88.9	90.0
Current output	0.636	0.636	0.648	0.668	0.657	0.639	0.642
Power Factor output	0.828	0.823	0.838	0.847	0.847	0.835	0.833
Total Harmonic Distortion (%THD)	61.3	7.23	8.14	8.78	9.33	9.94	10.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

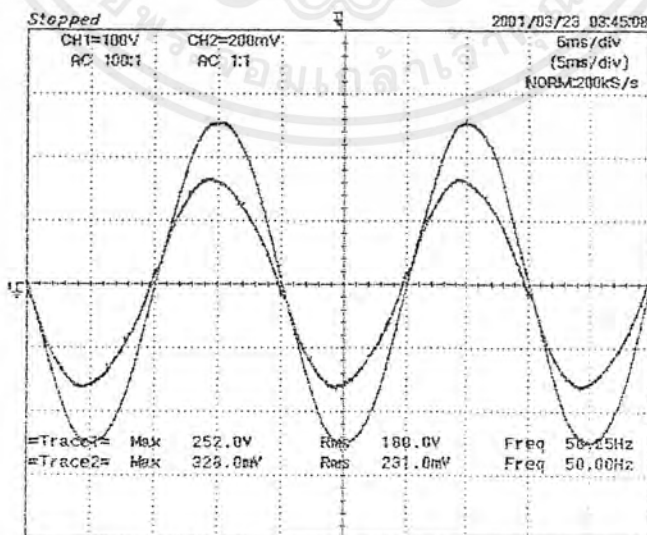
ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Active Ballast เมื่อใช้กับหลอด 18+18 W ที่แรงดันค่าต่างๆ

Voltage input คุณสมบัติ	180	190	200	210	220	230	240
Power input	42.1	42.2	42.1	42.2	42.1	42.1	42.4
Current input	0.247	0.236	0.226	0.219	0.210	0.203	0.196
Power Factor input	0.950	0.943	0.934	0.923	0.914	0.909	0.9.5
Power output	32.7	32.8	32.8	32.9	32.9	32.8	32.8
Voltage output	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6	61.7	61.8
Current output	0.603	0.603	0.603	0.602	0.603	0.602	0.602
Power Factor output	0.884	0.883	0.883	0.884	0.884	0.884	0.882
Total Harmonic Distortion (%THD)	6.95	8.16	8.83	9.66	10.21	10.84	11.79

5.3 การทดลอง BALLAST ที่ใช้กับหลอด FLUORESCENT หลอดเดี่ยว มีวงจรป้องกัน และสามารถใช้ได้กับหลอดหลายขนาด

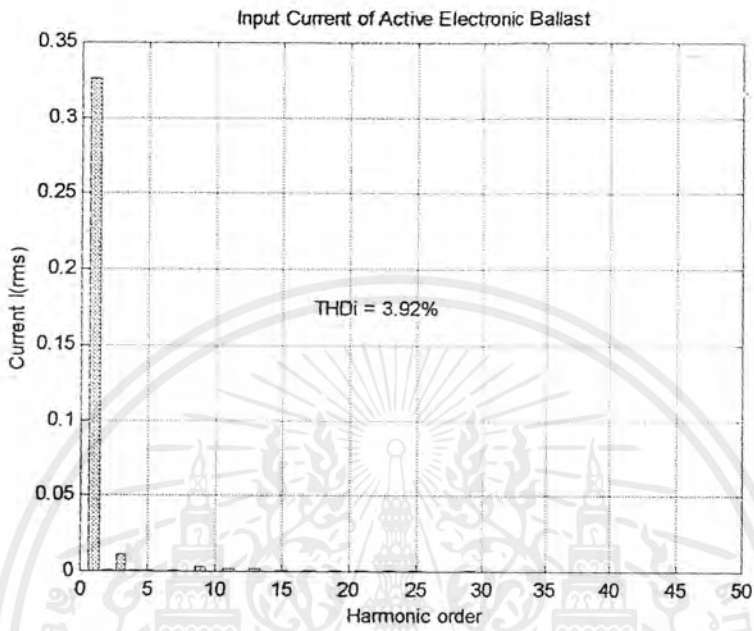
5.3.1 การทดลองเมื่อใช้กับหลอดขนาด 40 W

5.3.1.1 รูปคลื่นกระแสและแรงดันทางด้านเข้า ballast และค่า Total Harmonic Distortion ของกระแส

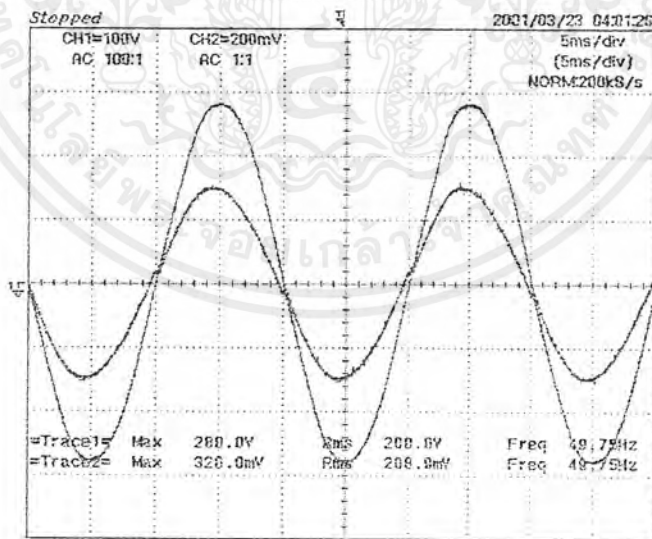


รูปที่ 31 คลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 180 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

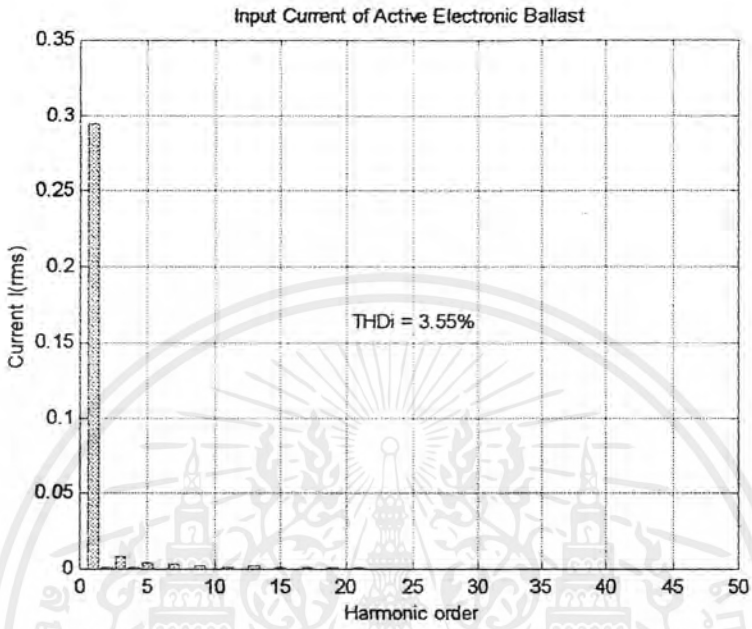


รูปที่ 32 กระแส Harmonics ที่แรงดันด้านเข้า 180 V

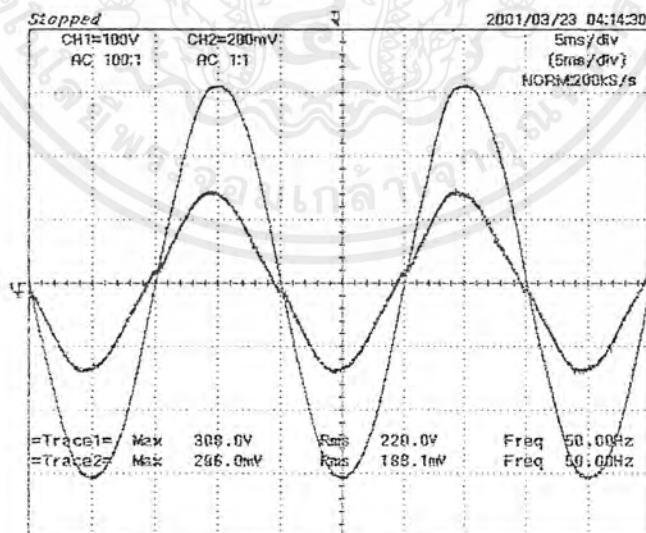


รูปที่ 33 คลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 200 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

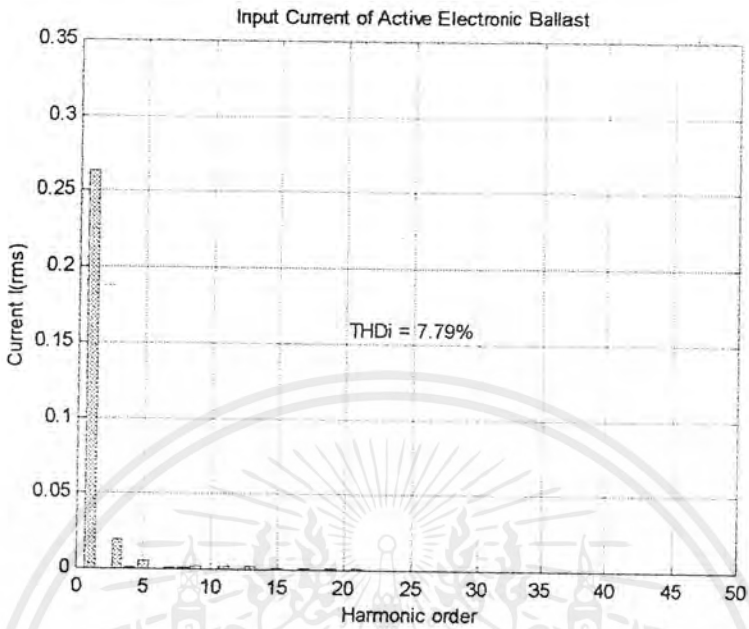


รูปที่ 34 กระแส Harmonics ที่แรงดันด้านเข้า 200 V

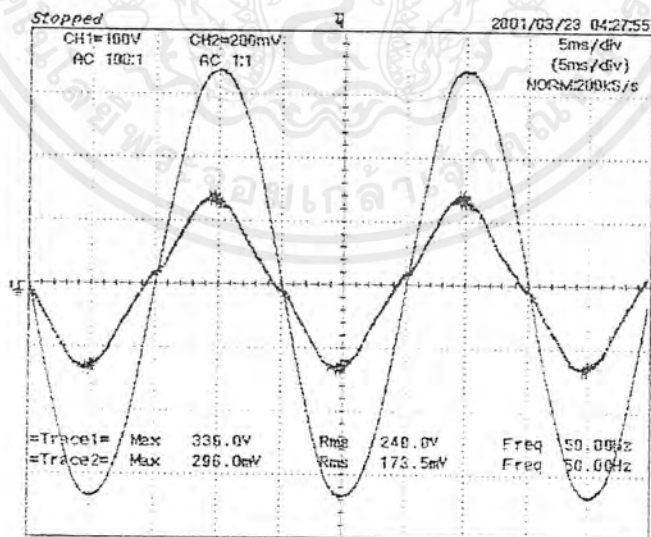


รูปที่ 35 คลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 220 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

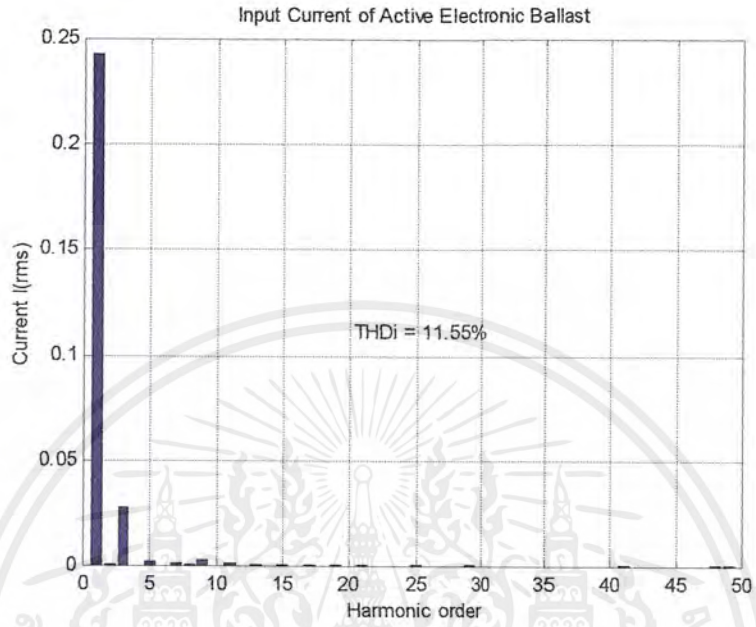


รูปที่ 36 กราฟ Harmonics ที่แรงดันด้านเข้า 220 V

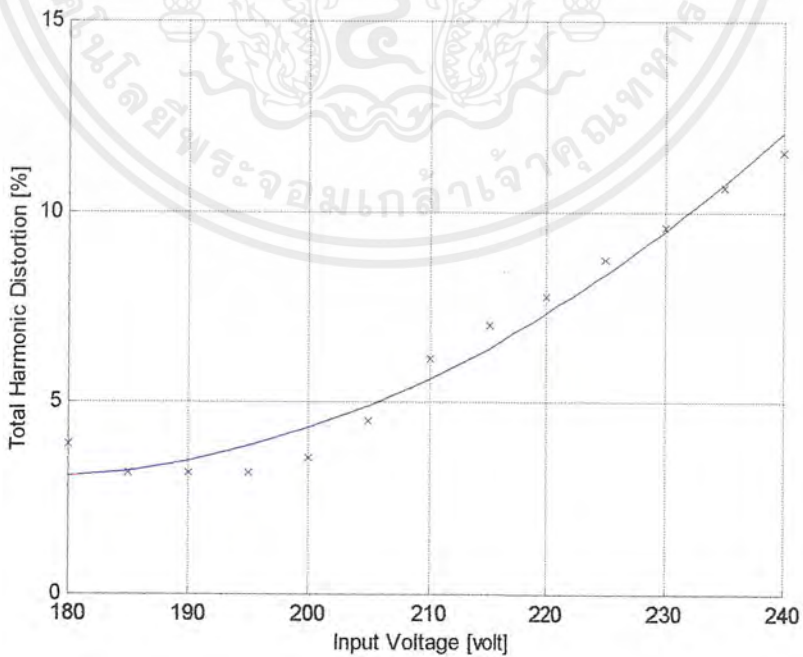


รูปที่ 37 คลื่นกระแสและแรงดันทางด้านเข้า ballast ที่แรงดันทางด้านเข้า 240 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 38 กระแส Harmonics ที่แรงดันด้านเข้า 240 V

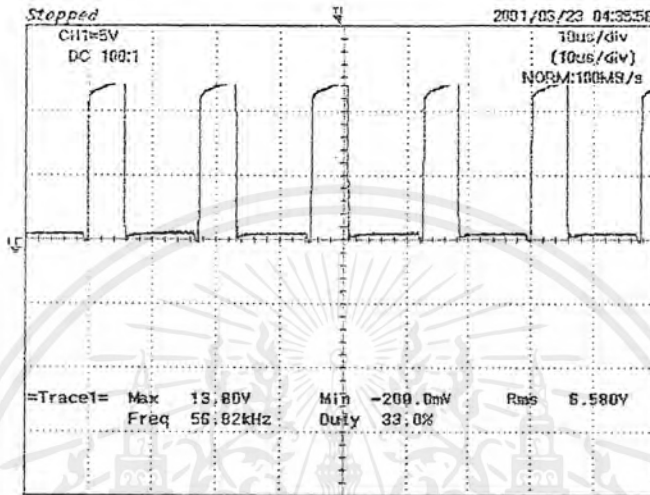


รูปที่ 39 กราฟแสดงค่า Total Harmonic Distortion ที่แรงดันด้านเข้า 180 V ถึง 240 V

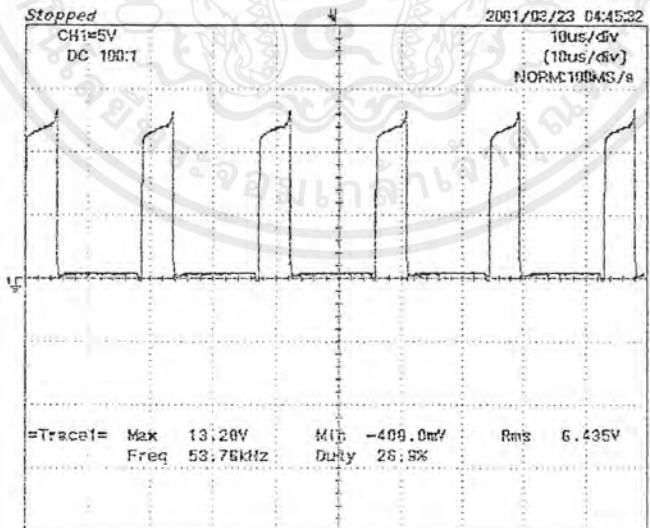
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.1.2 สัญญาณที่ gate ของวงจร Boost ที่แรงดันค่านเข้าค่าตั้งแต่ 180 V ถึง

240 V

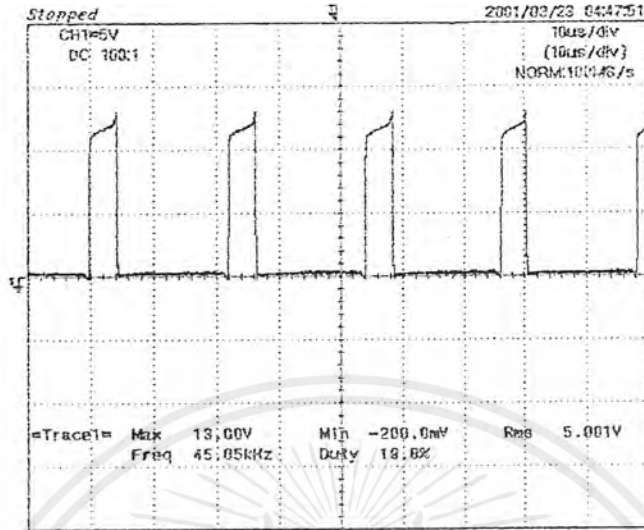


รูปที่ 40 สัญญาณ gate ที่แรงดันค่านเข้า 180 V

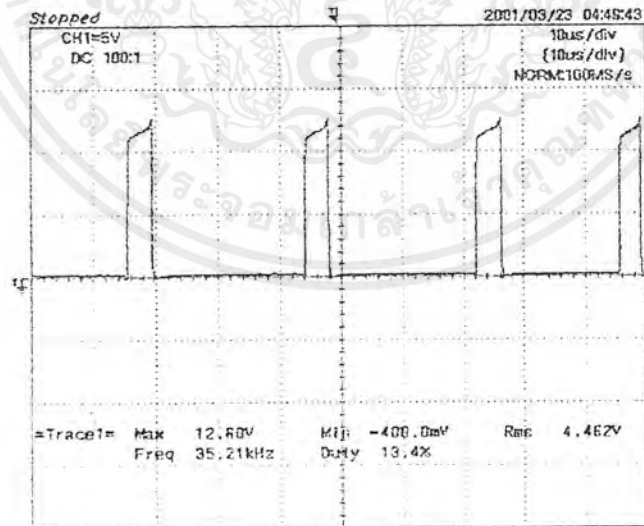


รูปที่ 41 สัญญาณ gate ที่แรงดันค่านเข้า 200 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

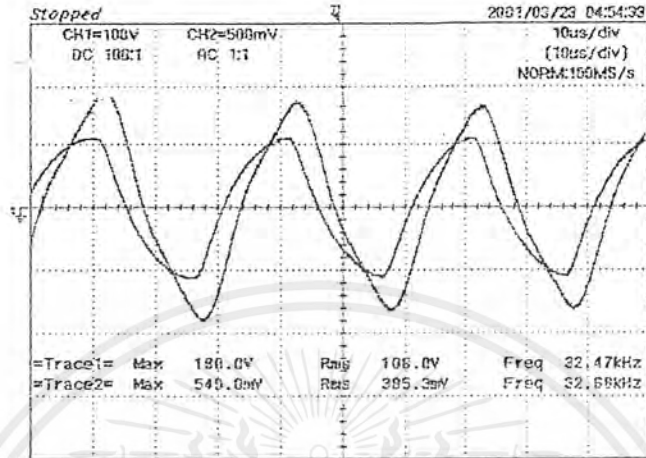


รูปที่ 42 สัญญาณ gate ที่แรงดันค่านเข้า 220 V

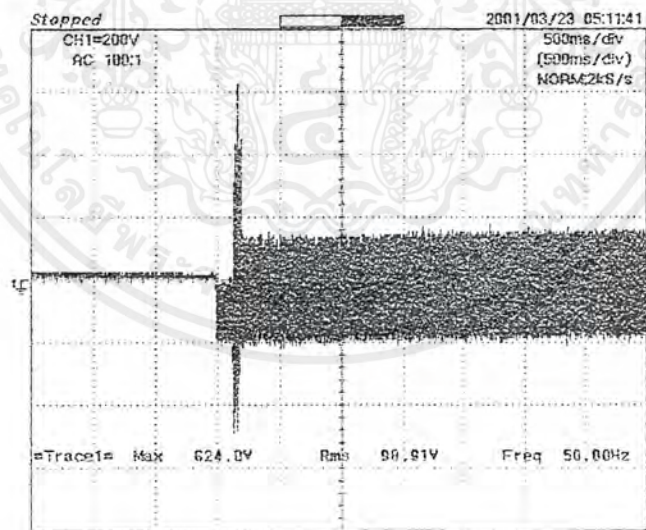


รูปที่ 43 สัญญาณ gate ที่แรงดันค่านเข้า 240 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

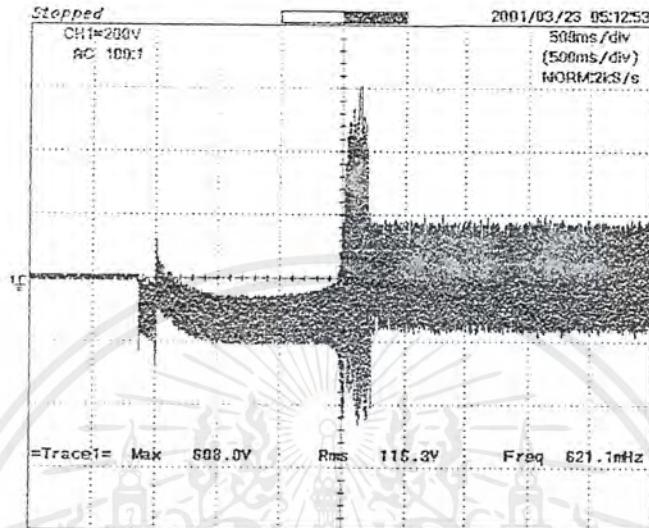


รูปที่ 44 คลื่นกระแสและแรงดันที่ออกจาก ballast เข้าสู่หลอดแรงดันที่ขั้วหลอดขณะเริ่มจุดหลอด



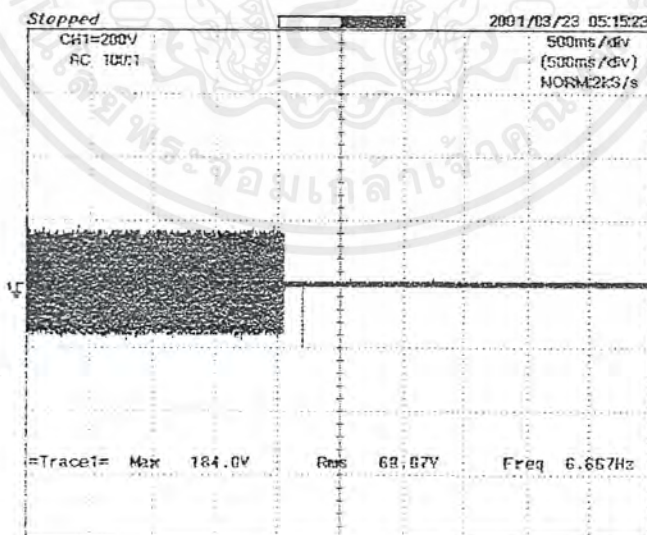
รูปที่ 45 แรงดันที่ขั้วหลอดขณะเริ่มจุดหลอดเมื่อไม่มี preheat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



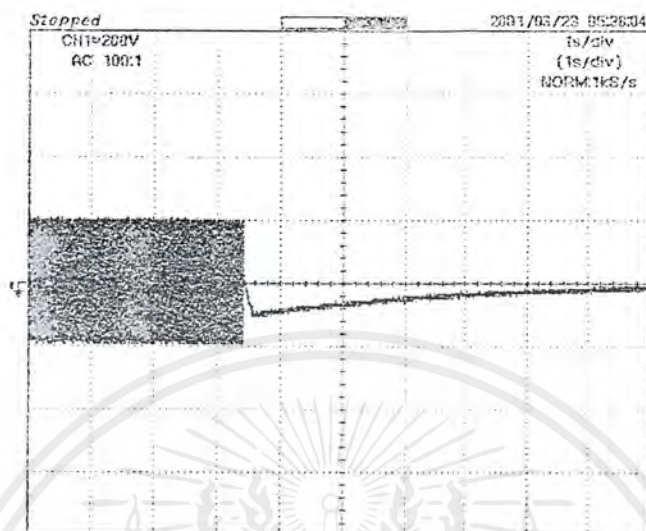
รูปที่ 46 แรงดันที่ขั้วหลอดขณะเริ่มจุดหลอดเมื่อมี preheat

5.3.1.4 การทดลองวงจรป้องกัน



รูปที่ 47 แรงดันที่ขั้วหลอดเมื่อตัดวงจรที่ขั้วหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 48 แรงดันที่ขั้วหลอดเมื่อถอดหลอดออก

5.3.1.5 การทดสอบค่าความสว่างโดยเทียบกับความสว่างของหลอดเมื่อใช้ Magnetic Ballast โดยเทียบให้ความสว่างของหลอดที่ใช้ Magnetic Ballast เป็น 100%

การทดสอบจะใช้ ค่าความต้านทานปรับค่าตามความสว่างของแสงวัดความต้านทานแล้วเอากำมาเปรียบเทียบกับ โดยในการวัดจะใช้กล่องที่ปิดมิดชิดไม่ให้แสงจากภายนอกผ่านเข้าไปได้ ทำการวัดเปรียบเทียบ 4 จุดได้ผลการทดลองดังนี้

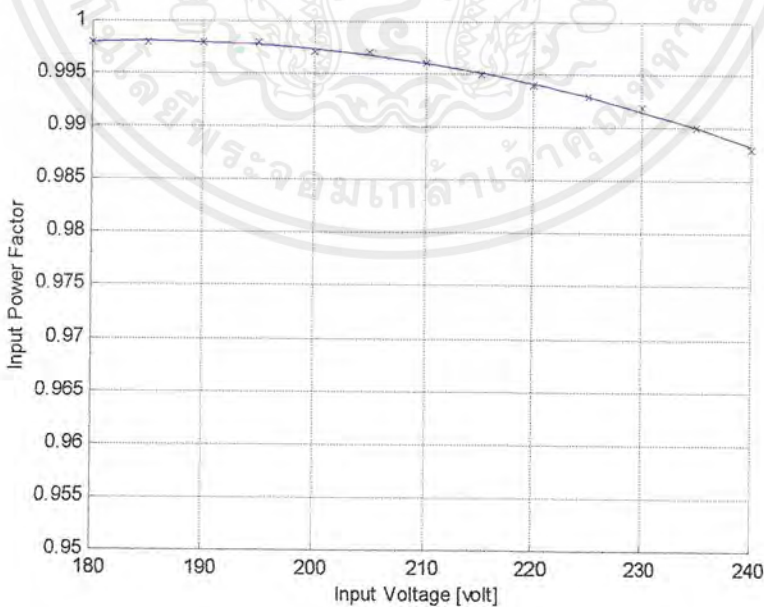
ตารางแสดงค่าความสว่างของหลอดเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ของ Magnetic Ballast

จุดที่	Magnetic Ballast(%)	Electronics ballast(%)
1	100	103
2	100	101
3	100	101
4	100	101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

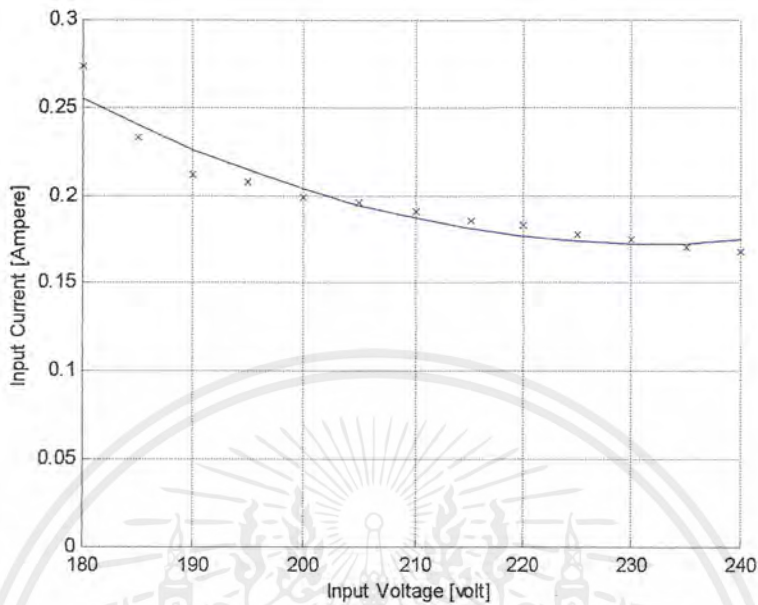
ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Active Ballast เมื่อใช้กับหลอด 40W ที่แรงดันค่าต่างๆ

Voltage input คุณสมบัติ	180	190	200	210	220	230	240
Power input	40.2	40.1	40.0	39.7	39.8	39.8	39.7
Current input	0.274	0.212	0.199	0.191	0.183	0.175	0.168
Power Factor input	0.998	0.998	0.997	0.995	0.993	0.992	0.988
Power output	34.3	35.3	35.3	35.3	35.5	35.6	35.6
Voltage output	113.0	112.8	111.4	111.5	111.4	111.3	110.7
Current output	0.370	0.378	0.380	0.380	0.381	0.382	0.383
Power Factor output	3.92	3.15	3.55	6.18	7.79	9.60	11.55
Total Harmonic Distortion (%THD)	0.823	0.827	0.836	0.833	0.835	0.835	0.838



รูปที่ 49 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า Power Factor ด้านเข้าเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านเข้า

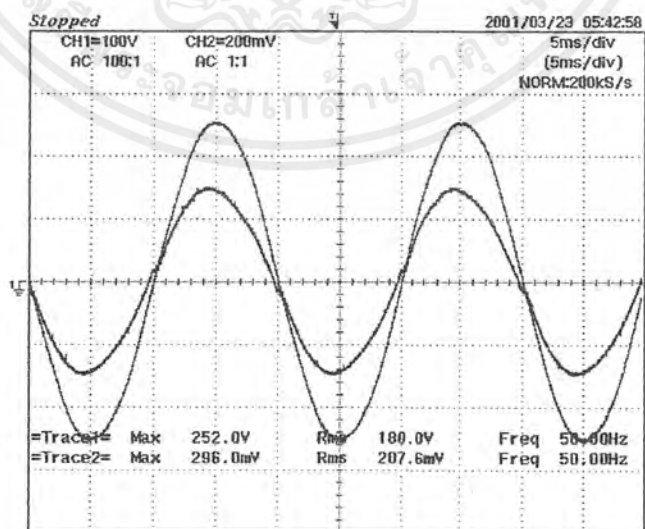
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 50 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสด้านเข้าเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านเข้า

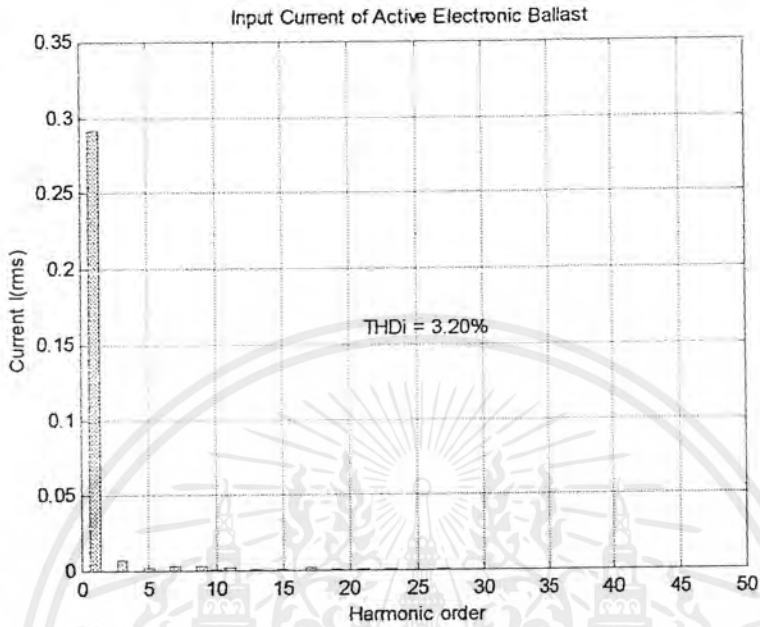
5.3.2 การทดลองเมื่อใช้กับหลอด 36 Watts

5.3.2.1 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า ballast และค่า Total Harmonic Distortion ของกระแส

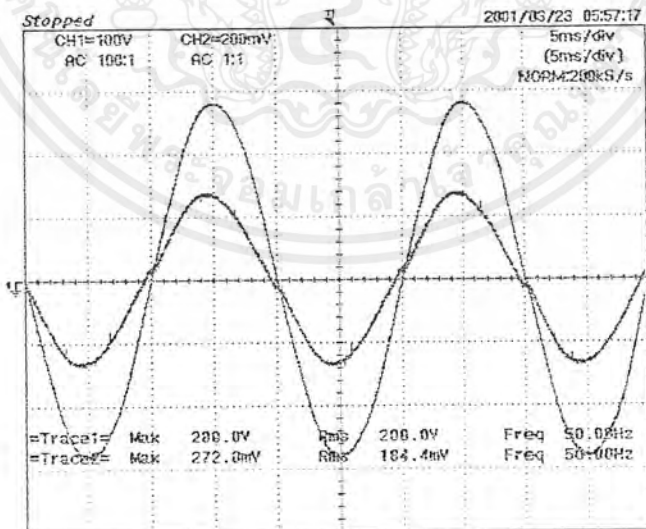


รูปที่ 51 คลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 180 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

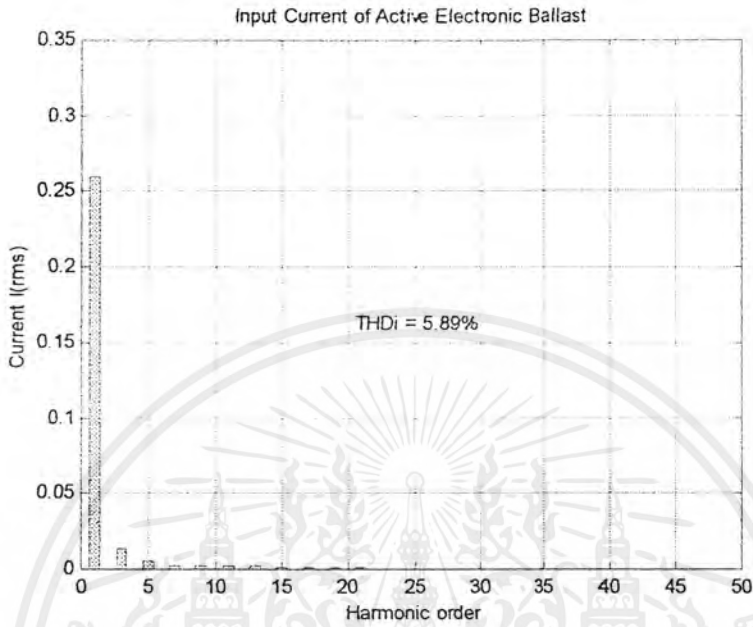


รูปที่ 52 กระแส Harmonics ที่แรงดันด้านเข้า 180 V

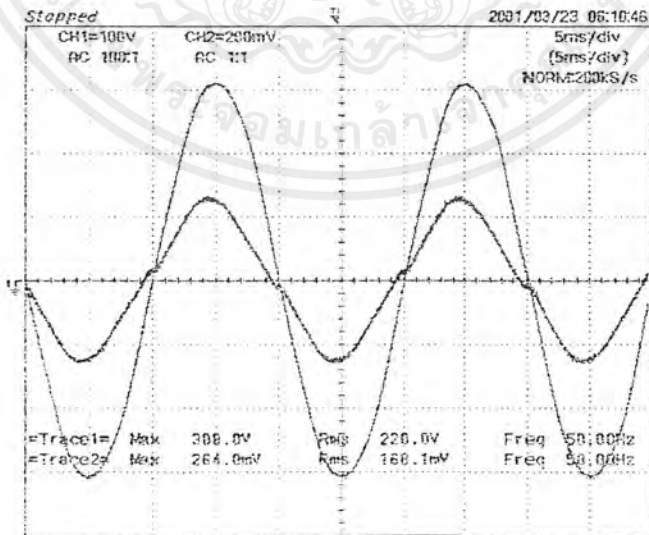


รูปที่ 53 คลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 200 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

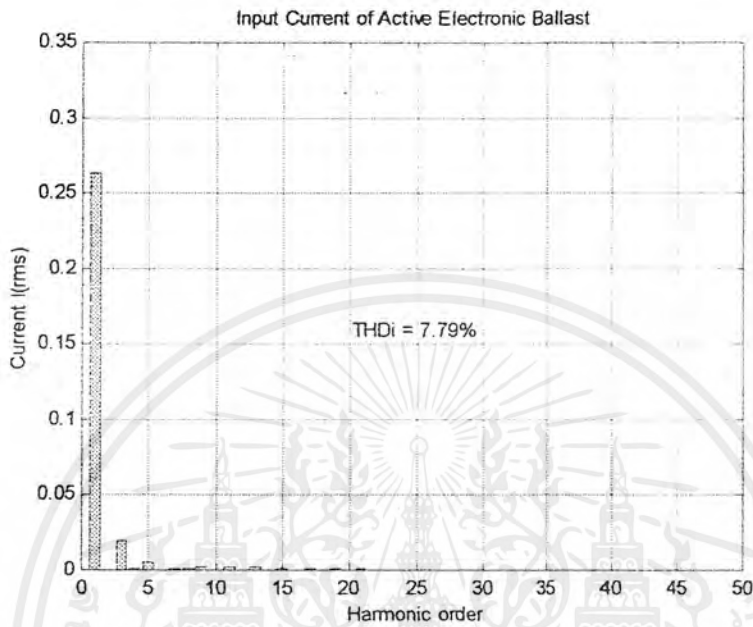


รูปที่ 54 กระแส Harmonics ที่แรงดันด้านเข้า 200 V

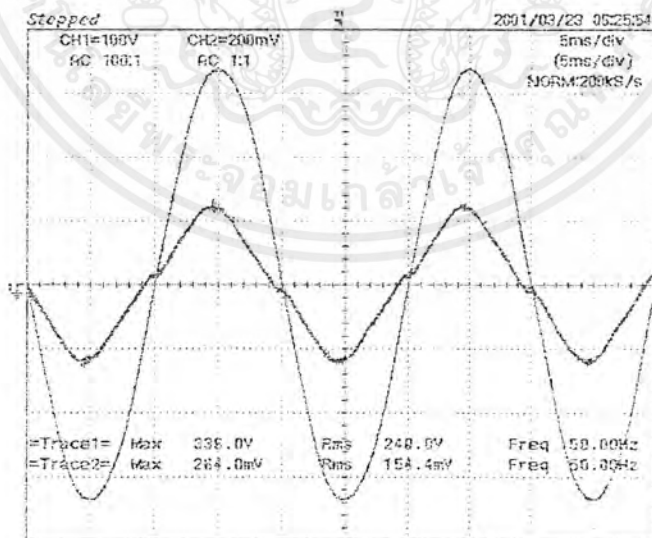


รูปที่ 55 คลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 220

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

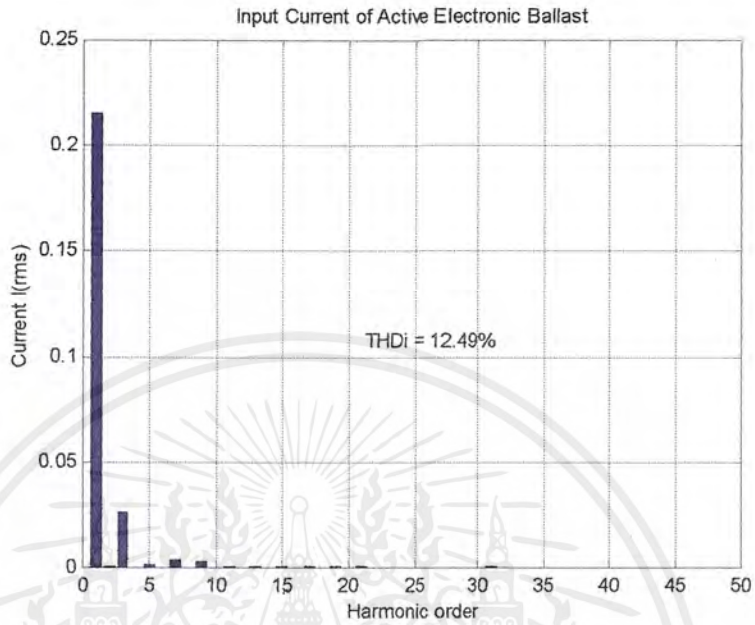


รูปที่ 56 กระแส Harmonics ที่แรงดันด้านเข้า 220 V

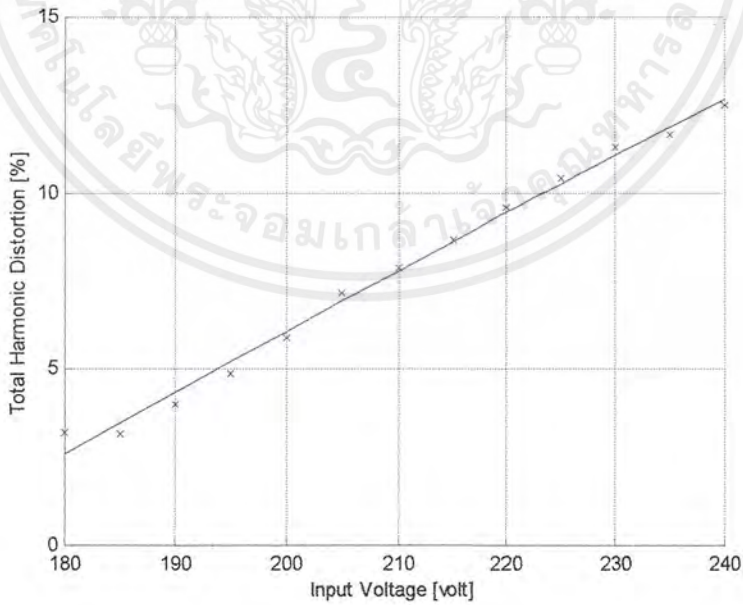


รูปที่ 57 คลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 240 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



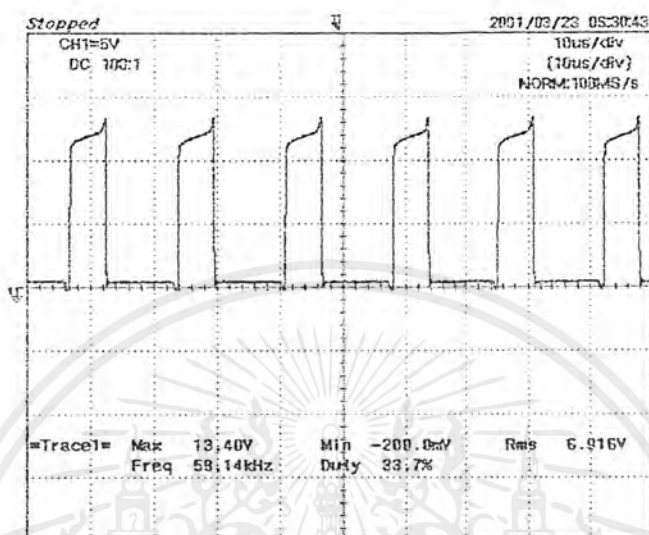
รูปที่ 58 กระแส Harmonics ที่แรงดันด้านเข้า 240 V



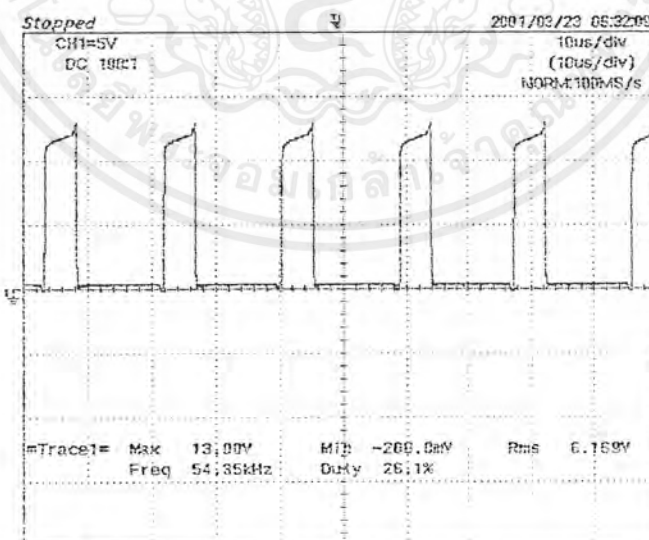
รูปที่ 59 กราฟแสดงค่า Total Harmonic Distortion ที่แรงดันด้านเข้า 180 V ถึง 240 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2.2 สัญญาณที่ gate ของวงจร Boost ที่แรงดันคั่นเข้าตั้งแต่ 180V ถึง 240 V

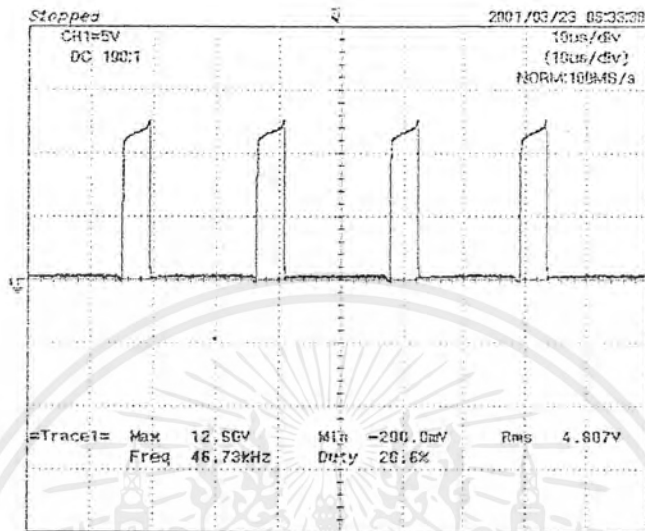


รูปที่ 60 สัญญาณ gate ที่แรงดันคั่นเข้า 180 V

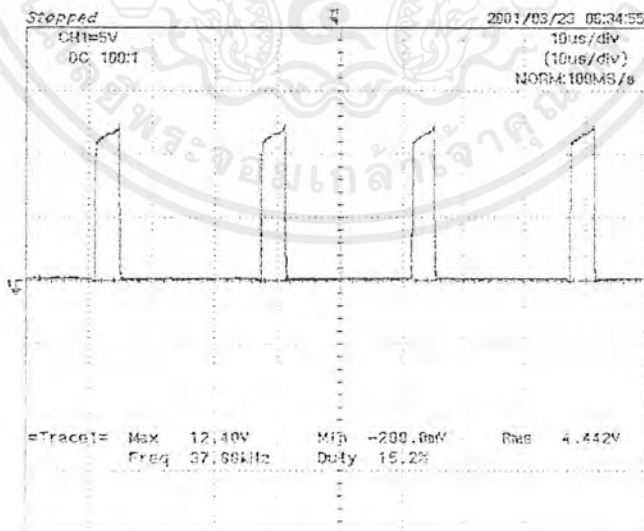


รูปที่ 61 สัญญาณ gate ที่แรงดันคั่นเข้า 200 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

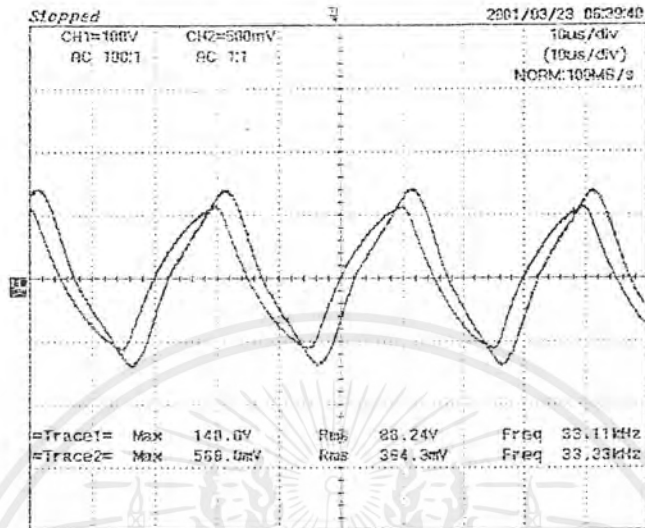


รูปที่ 62 สัญญาณ gate ที่แรงดันด้านเข้า 220 V



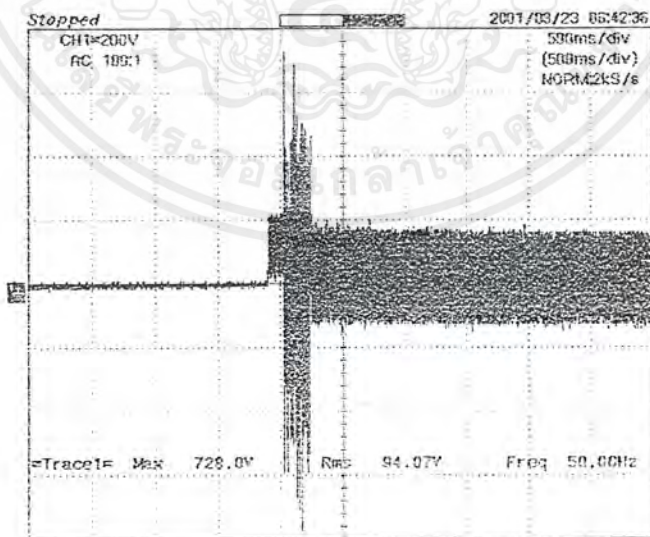
รูปที่ 63 สัญญาณ gate ที่แรงดันด้านเข้า 240 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



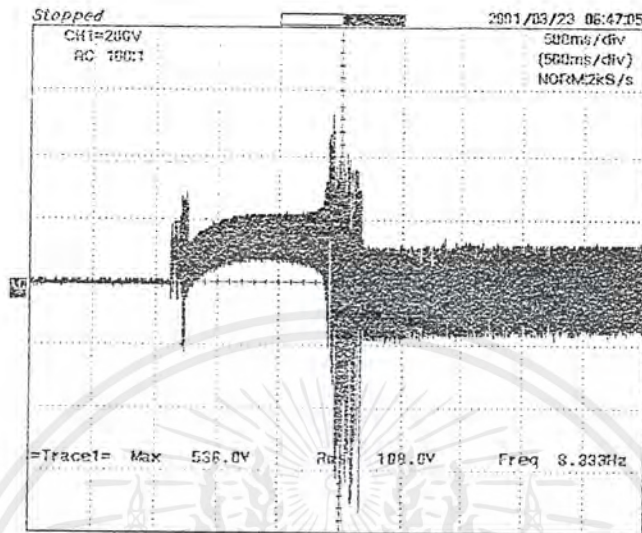
รูปที่ 64 คลื่นกระแสและแรงดันที่ออกจาก ballast เข้าสู่หลอด

5.3.2.3 แรงดันที่ขั้วหลอดขณะเริ่มจุดหลอด



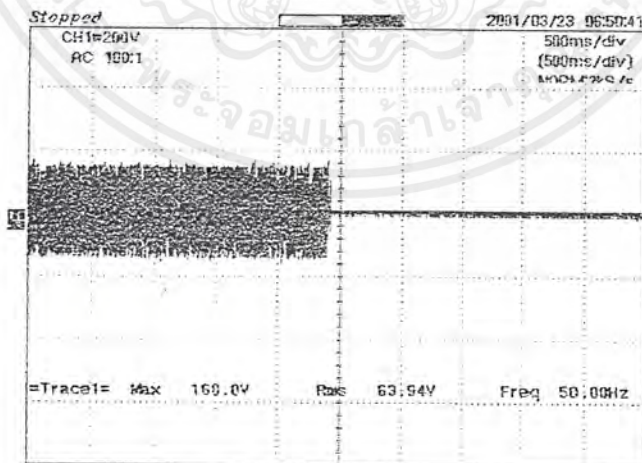
รูปที่ 65 แรงดันที่ขั้วหลอดขณะเริ่มจุดหลอดเมื่อไม่มี prchcat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



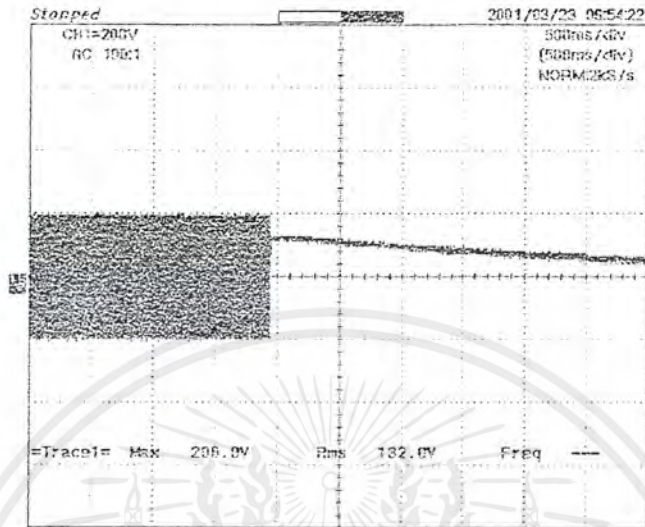
รูปที่ 66 แรงดันที่ขั้วหลอดขณะเริ่มจุดหลอดเมื่อมี preheat

5.3.2.4 การทดสอบวงจรป้องกัน ballast



รูปที่ 67 แรงดันที่ขั้วหลอดเมื่อถัดวงจรที่ขั้วหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 68 แรงดันที่ขั้วหลอดเมื่อถอดหลอดออก

5.3.2.5 การทดสอบความสว่างของหลอด

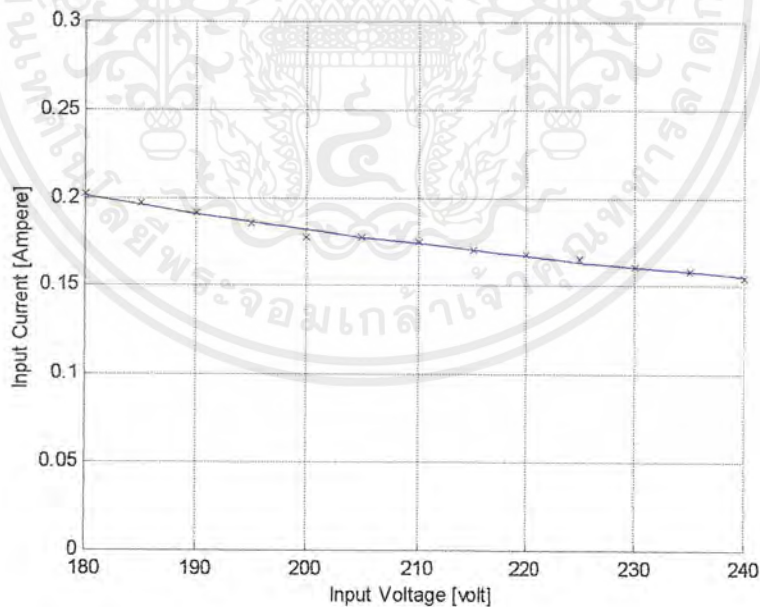
ตารางแสดงค่าความสว่างของหลอดเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของ Magnetic Ballast

จุดที่	Magnetic ballast(%)	Electronics Ballast(%)
1	100	104
2	100	105
3	100	105
4	100	103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

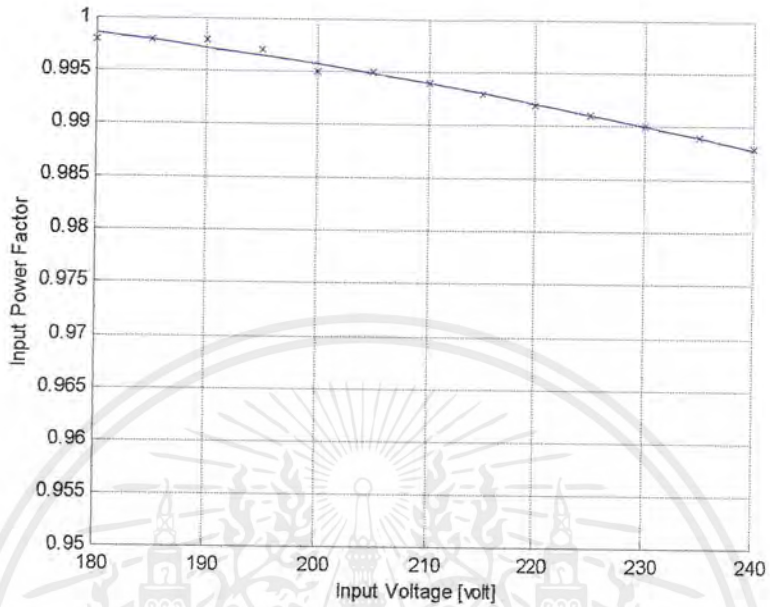
ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Active Ballast เมื่อใช้กับหลอด 36W ที่แรงดันค่าต่างๆ

Voltage input คุณสมบัติ	180	190	200	210	220	230	240
Power input	36.2	36.2	35.9	36.3	36.4	36.5	36.6
Current input	0.202	0.192	0.178	0.175	0.168	0.161	0.155
Power Factor input	0.998	0.998	0.995	0.994	0.992	0.990	0.988
Power output	31.7	31.8	31.8	32.2	32.5	32.6	32.7
Voltage output	101.1	100.6	100.5	101.6	101.6	101.3	101.1
Current output	0.367	0.370	0.370	0.373	0.374	0.376	0.378
Power Factor output	0.854	0.855	0.856	0.851	0.853	0.856	0.855
Total Harmonic Distortion (%THD)	3.20	4.02	5.89	7.89	9.58	11.30	12.49



รูปที่ 69 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสด้านเข้าเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

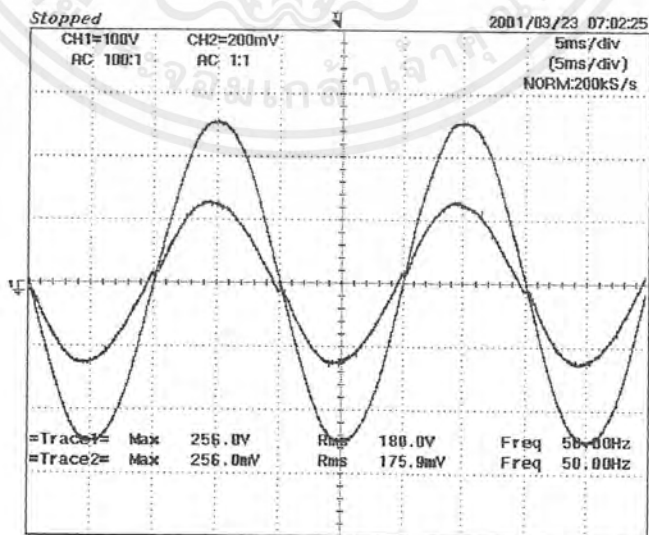


รูปที่ 70 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า Power Factor ด้านเข้าเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านเข้า

5.3.3 การทดสอบเมื่อใช้กับหลอด 32 Watts

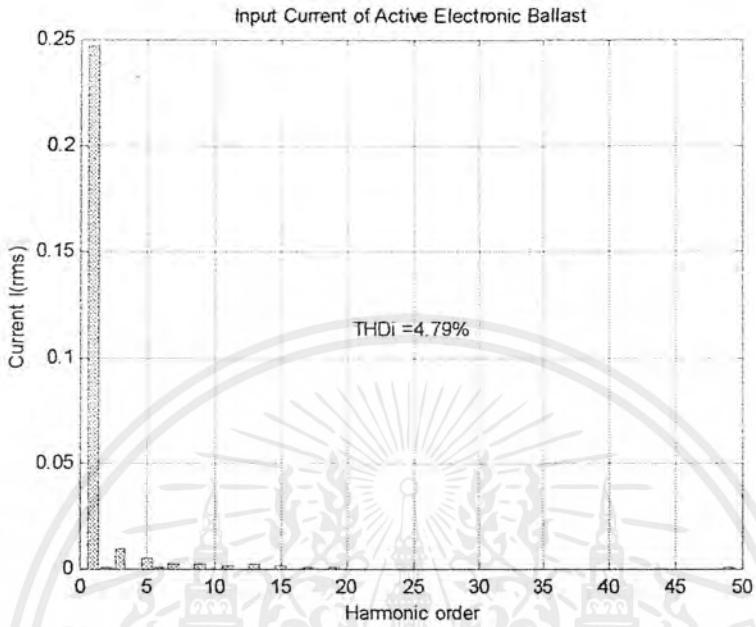
5.3.3.1 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า ballast และค่า Total Harmonic

Distortion ของกระแส

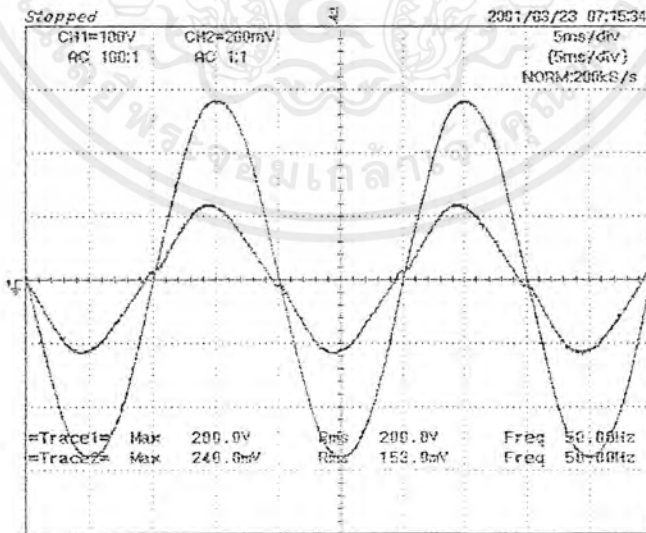


รูปที่ 71 คลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 180 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

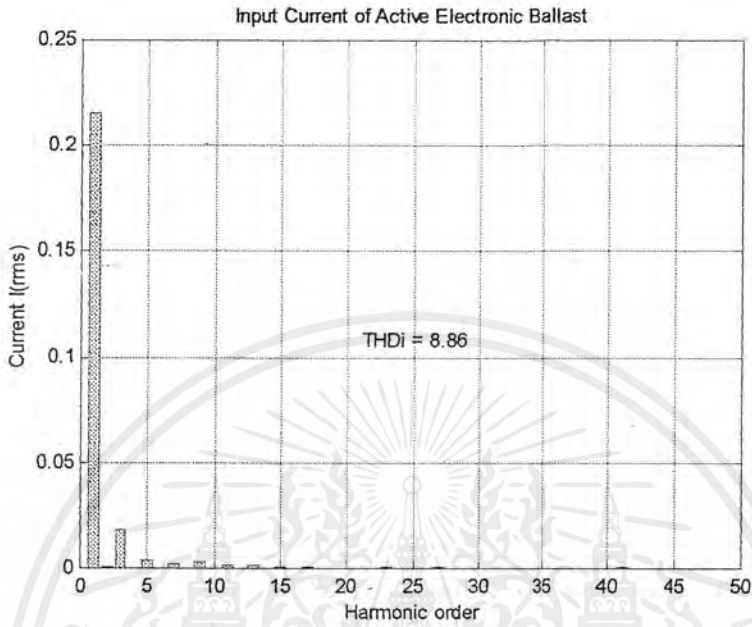


รูปที่ 72 กระแส Harmonics ที่แรงดันด้านเข้า 180 V

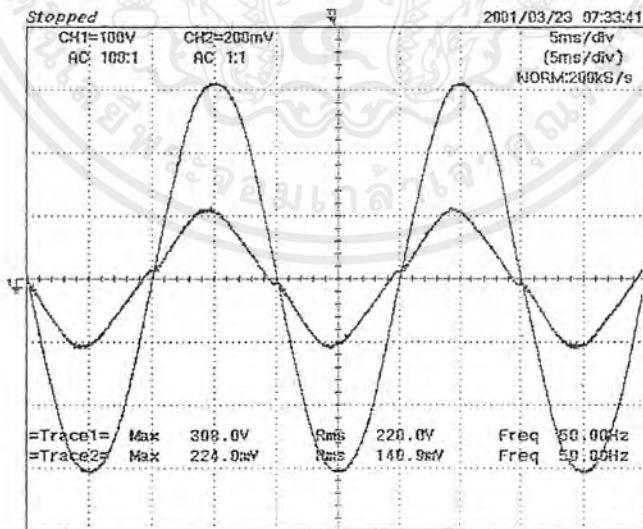


รูปที่ 73 คลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 200 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

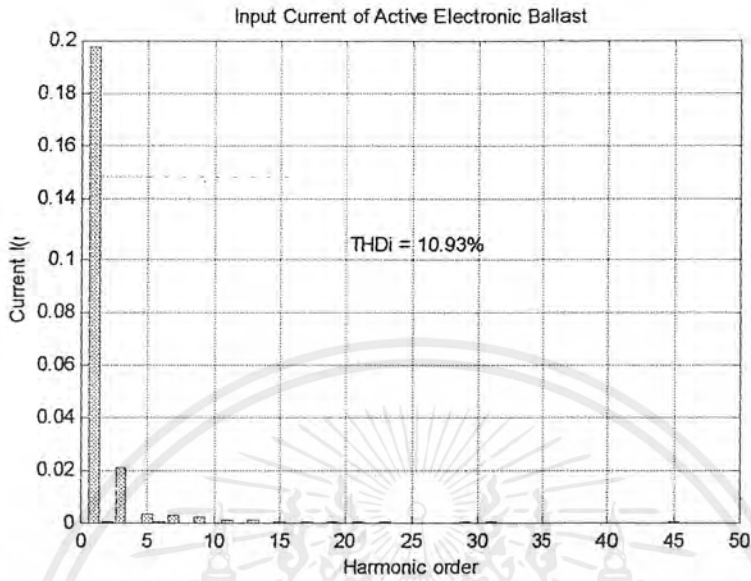


รูปที่ 74 กระแส Harmonics ที่แรงดันค่านเข้า 200 V

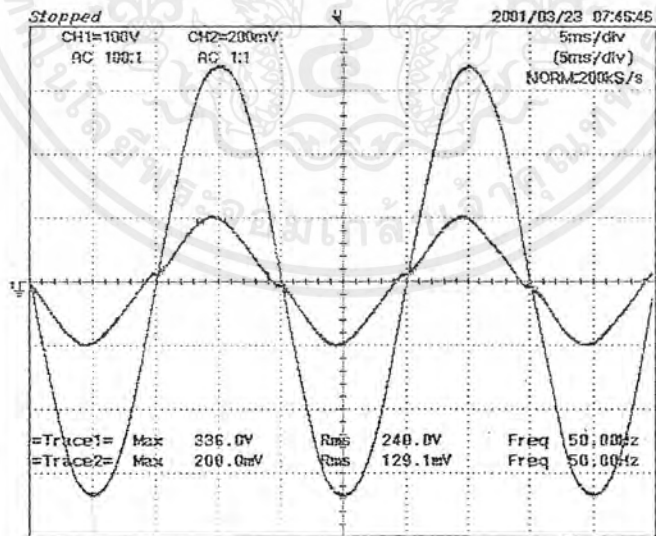


รูปที่ 75 คลื่นกระแสและแรงดันค่านเข้า Ballast ที่แรงดันค่านเข้า 220 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

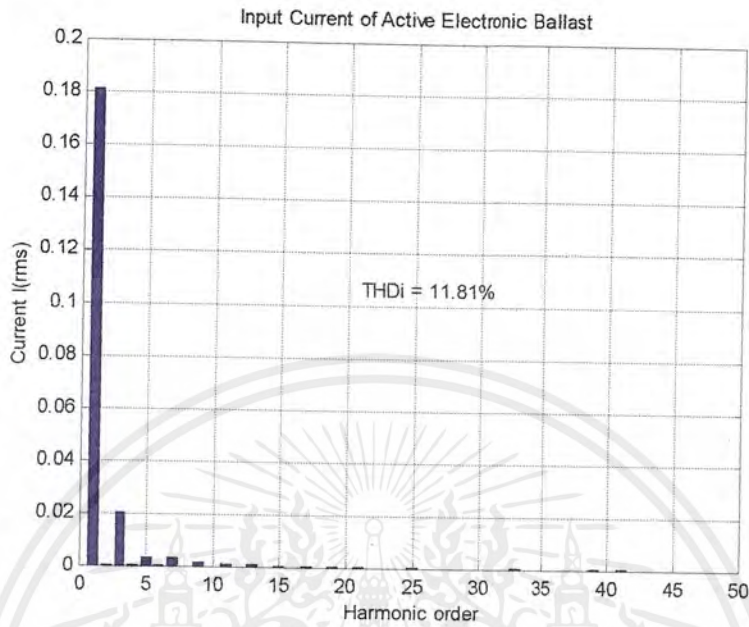


รูปที่ 76 กระแส Harmonics ที่แรงดันด้านเข้า 220 V

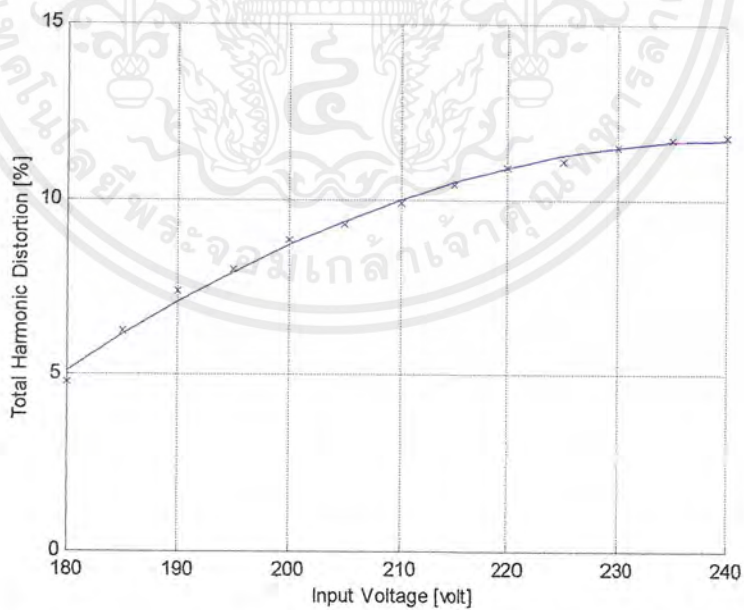


รูปที่ 77 คลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 240 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



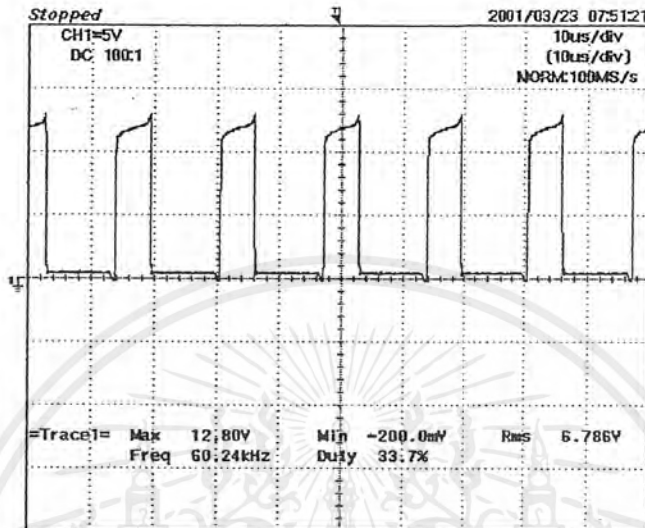
รูปที่ 78 กระแส Harmonics ที่แรงดันด้านเข้า 240 V



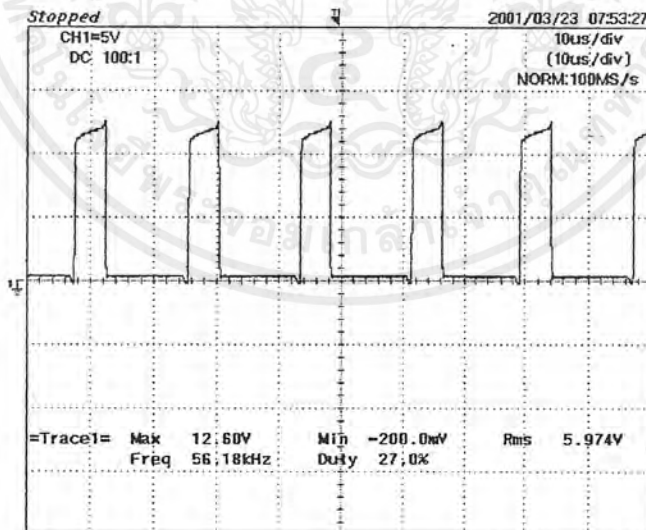
รูปที่ 79 กราฟแสดงค่ากระแส Harmonics ที่แรงดัน 180 V ถึง 240

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3.2 สัญญาณที่ gate ของวงจร boost ที่แรงดันค่านเข้าตั้งแต่ 180 V ถึง 240 V

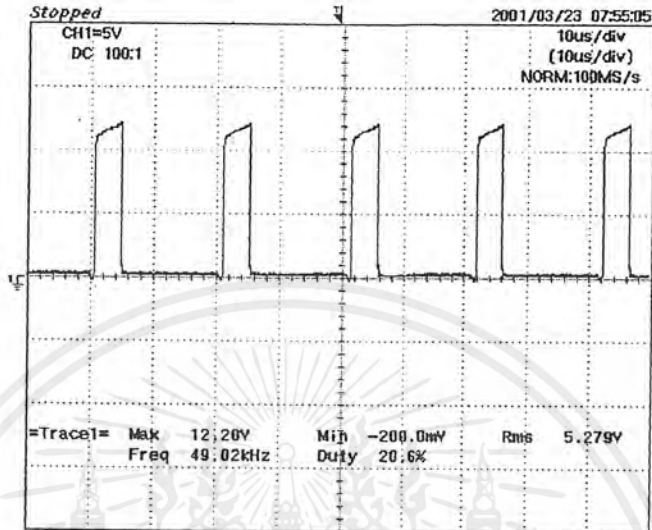


รูปที่ 80 สัญญาณ gate ที่แรงดันค่านเข้า 180 V

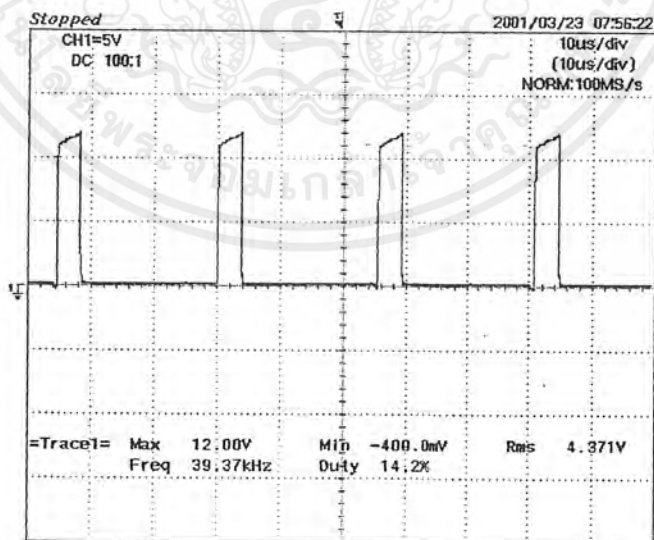


รูปที่ 81 สัญญาณ gate ที่แรงดันค่านเข้า 200 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

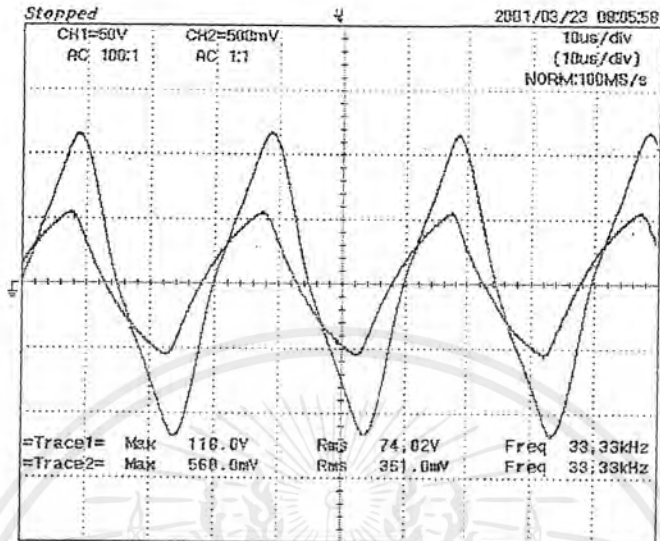


รูปที่ 82 สัญญาณ gate ที่แรงดันด้านเข้า 220 V



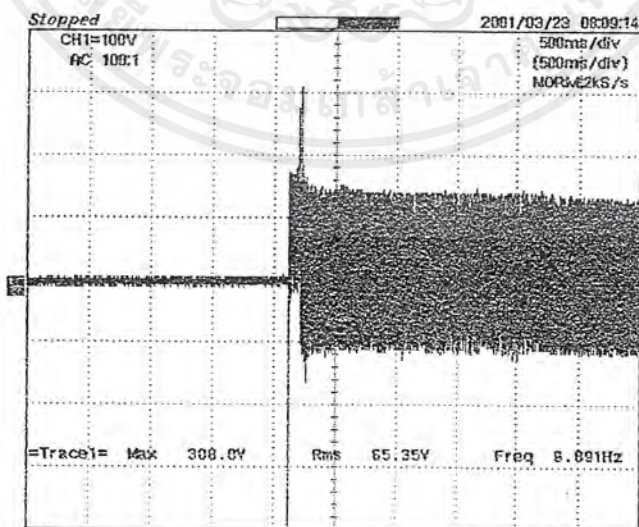
รูปที่ 83 สัญญาณ gate ที่แรงดันด้านเข้า 240 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



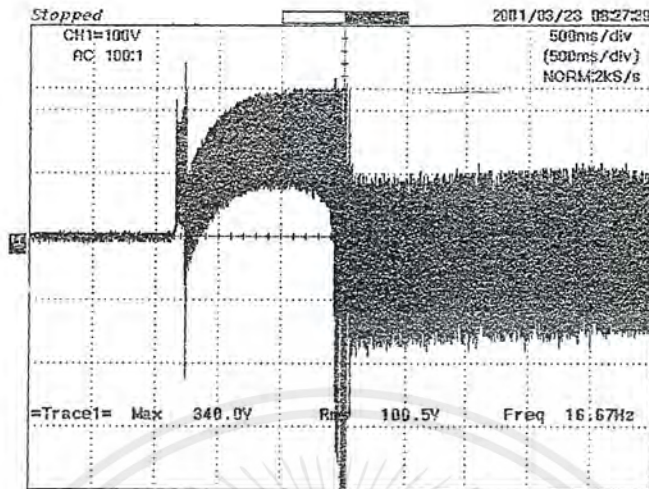
รูปที่ 84 คลื่นกระแสและแรงดันที่ออกจาก ballast เข้าสู่หลอด

5.3.3.3 แรงดันที่ขั้วหลอดขณะเริ่มจุดหลอด

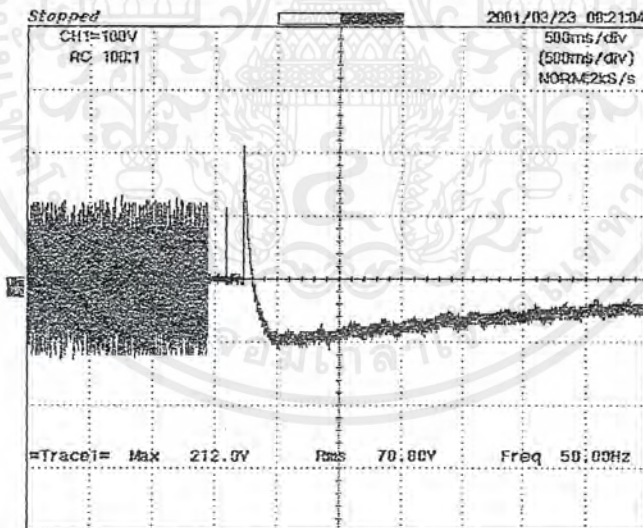


รูปที่ 85 แรงดันที่ขั้วหลอดขณะเริ่มจุดหลอดเมื่อ ไม่มี preheat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

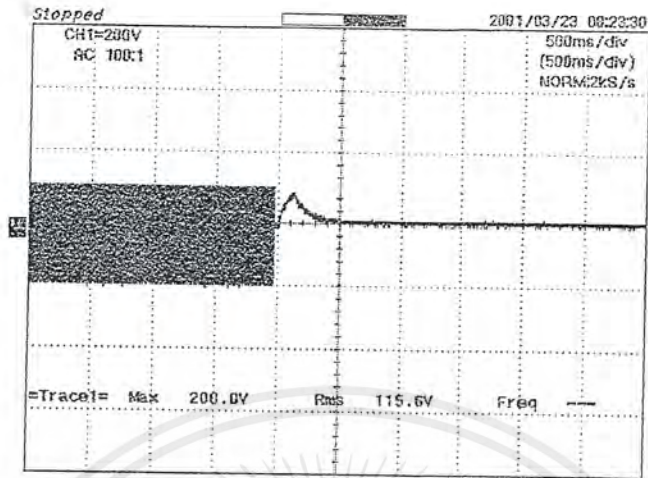


รูปที่ 86 แรงดันที่ขั้วหลอดขณะเริ่มจุดหลอดเมื่อมี preheat
 5.3.3.4 การทดลองวงจรป้องกัน Ballast



รูปที่ 87 แรงดันที่ขั้วหลอดเมื่อลัดวงจรที่ขั้วหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



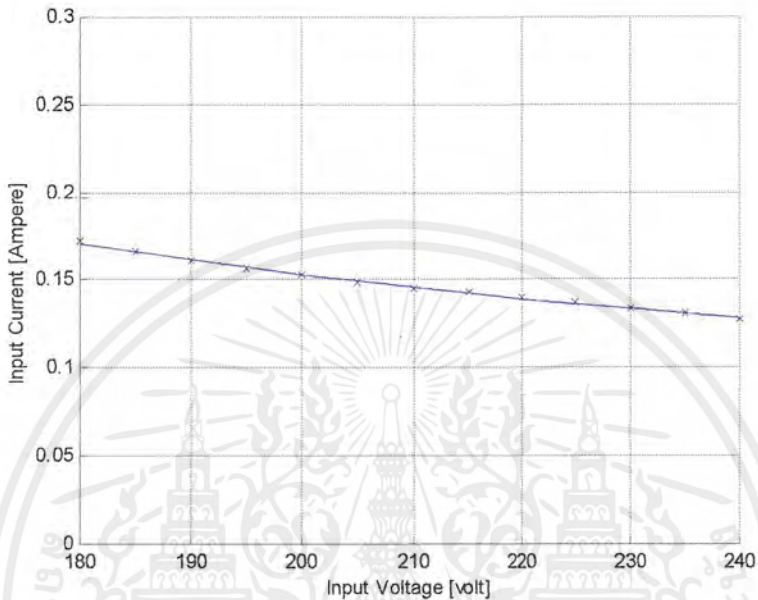
รูปที่ 88 แรงดันที่ขั้วหลอดเมื่อถอดหลอดออก

ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Active Ballast เมื่อใช้กับหลอด 32 W ที่แรงดันต่างๆ

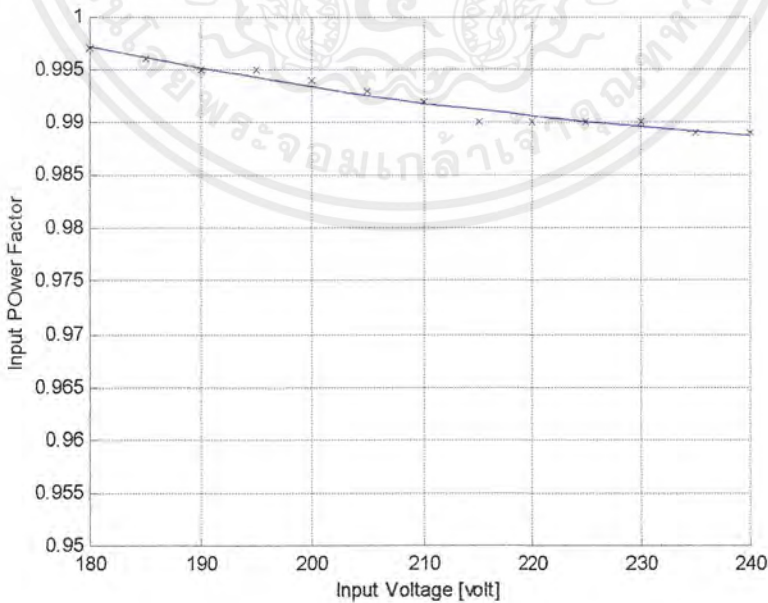
Voltage input คุณสมบัติ	180	190	200	210	220	230	240
Power input	30.9	30.3	30.3	30.4	30.3	30.4	30.2
Current input	0.172	0.161	0.153	0.145	0.146	0.134	0.128
Power Factor input	0.997	0.995	0.994	0.992	0.99	0.99	0.989
Power output	26.7	26.4	26.5	26.5	26.6	26.7	26.5
Voltage output	81.1	80.0	79.8	79.4	79.3	79.3	78.7
Current output	0.362	0.362	0.364	0.365	0.367	0.368	0.369
Power Factor output	0.907	0.913	0.914	0.913	0.914	0.917	0.917

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Total Harmonic Distortion (%THD)	4.79	7.38	8.86	9.90	10.93	11.46	11.81
----------------------------------	------	------	------	------	-------	-------	-------



รูปที่ 89 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสด้านเข้าเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านเข้า

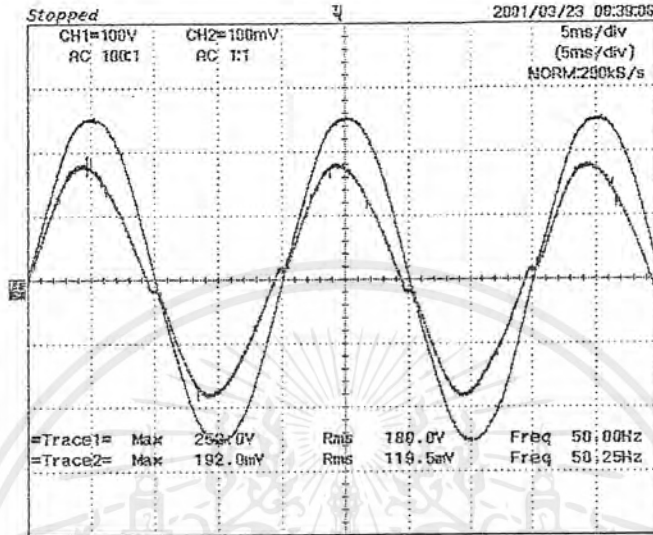


รูปที่ 90 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า Power Factor ด้านเข้าเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านเข้า

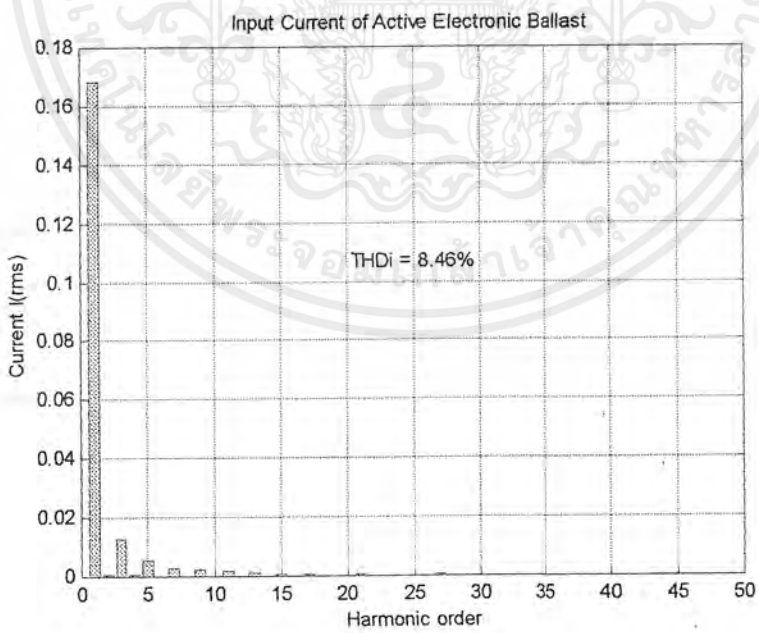
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.4.1 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast และค่า Total Harmonic

Distortion ของกระแส

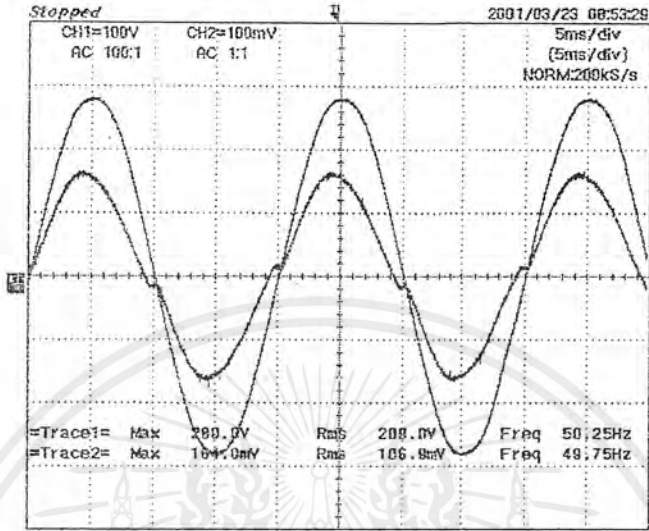


รูปที่ 91 คลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 180 V

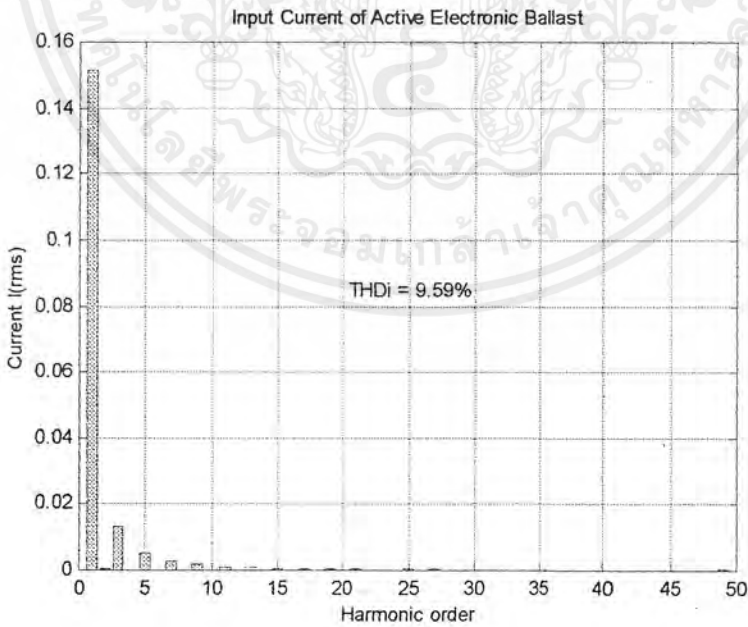


รูปที่ 92 กระแส Harmonics ที่แรงดันด้านเข้า 180 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

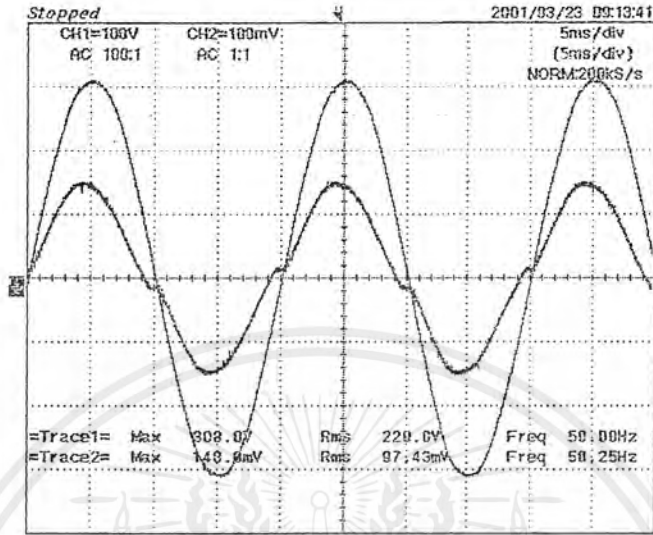


รูปที่ 93 คลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast ที่แรงดันด้านเข้า 200 V

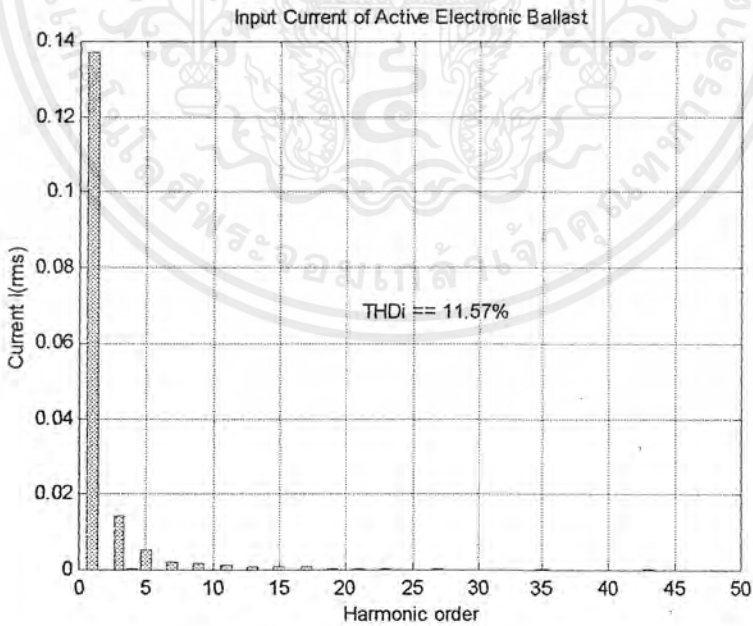


รูปที่ 94 กระแส Harmonics ที่แรงดันด้านเข้า 200 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

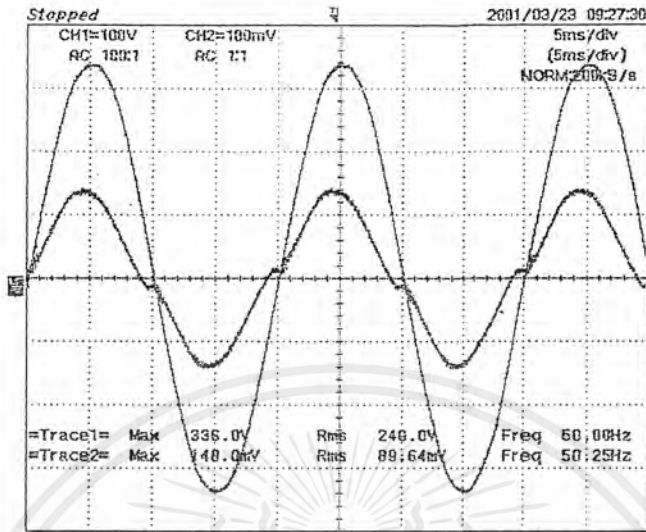


รูปที่ 95 คลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast ที่แรงดันด้านเข้า 220 V

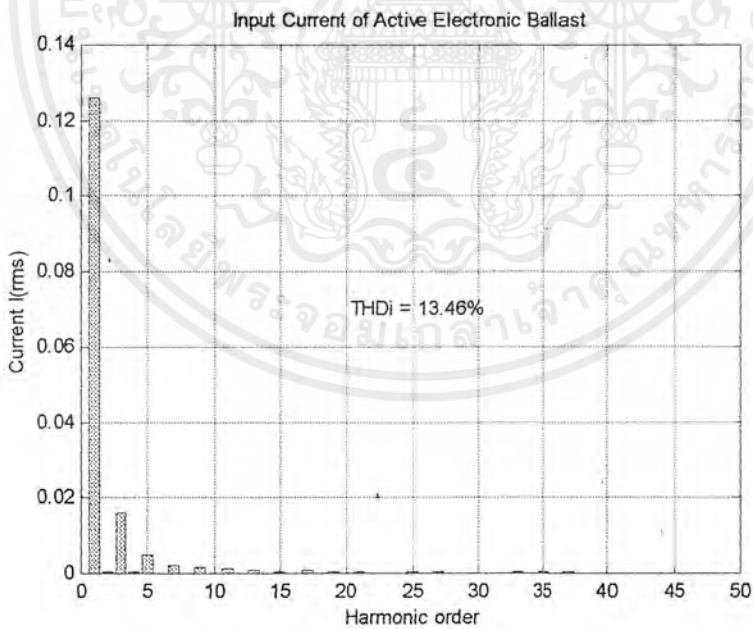


รูปที่ 96 กระแส Harmonics ที่แรงดันด้านเข้า 220V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

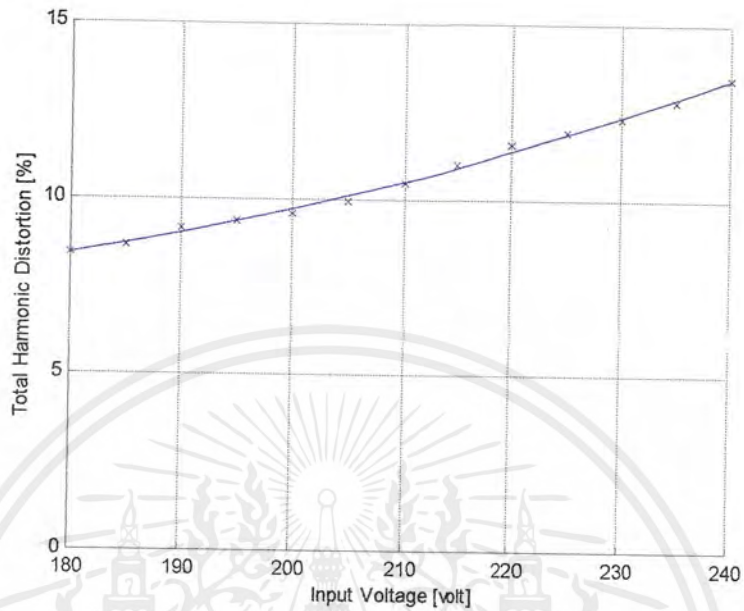


รูปที่ 97 คลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast ที่แรงดันด้านเข้า 240 V



รูปที่ 98 กระแส Harmonics ที่แรงดันด้านเข้า 240 V

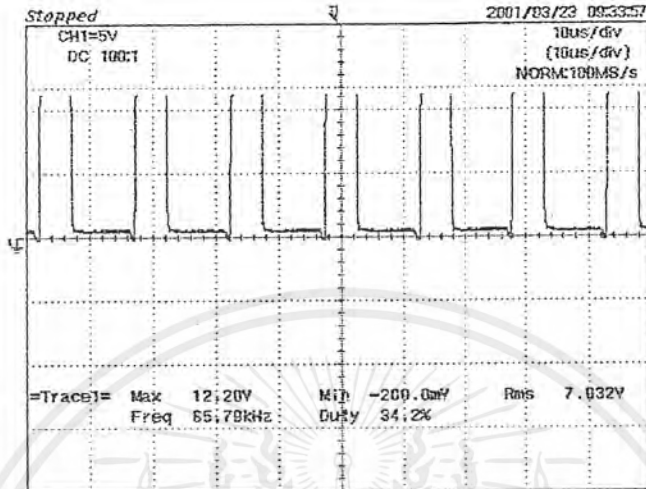
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



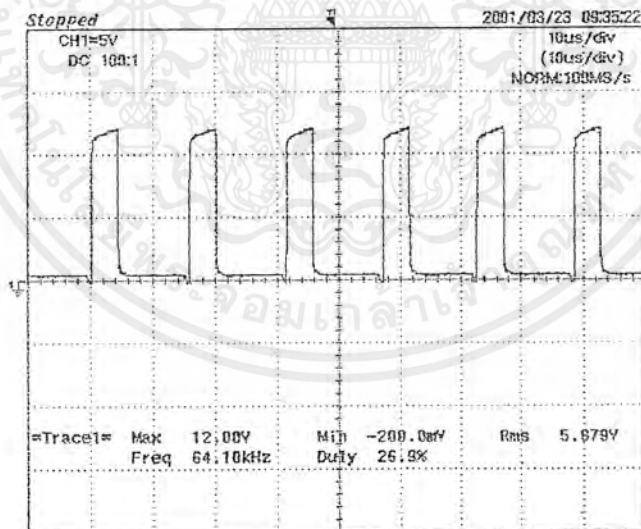
รูปที่ 99 กราฟแสดงค่า Total Harmonic Distortion ที่แรงดันเปลี่ยนแปลงระหว่าง 180 V ถึง 240 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.4.2 สัญญาณที่ gate ของวงจร boost ที่แรงดันคั่นเข้าตั้งแต่ 180 V ถึง 240 V

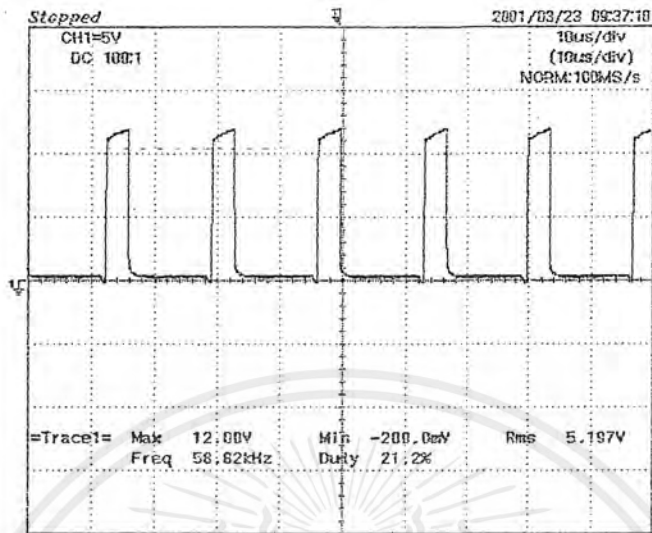


รูปที่ 100 สัญญาณ gate ที่แรงดันคั่นเข้า 180V

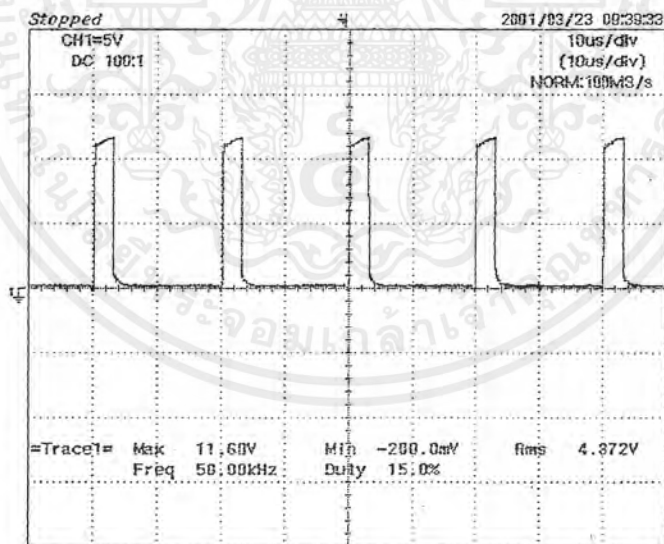


รูปที่ 101 สัญญาณ gate ที่แรงดันคั่นเข้า 200 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

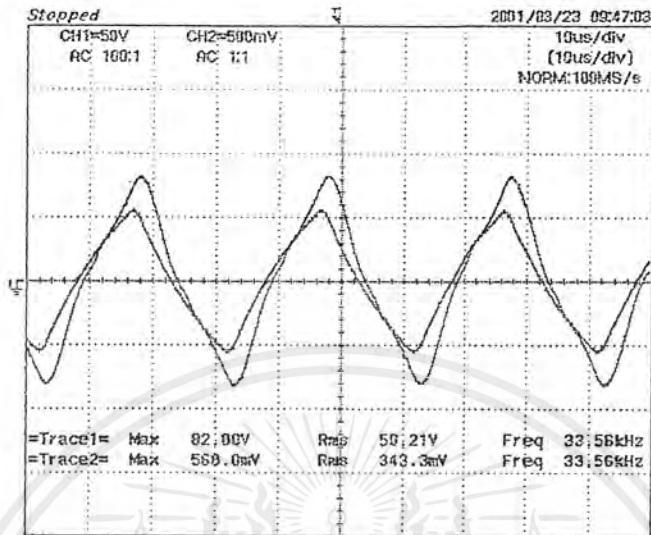


รูปที่ 102 สัญญาณ gate ที่แรงดันด้านเข้า 220V



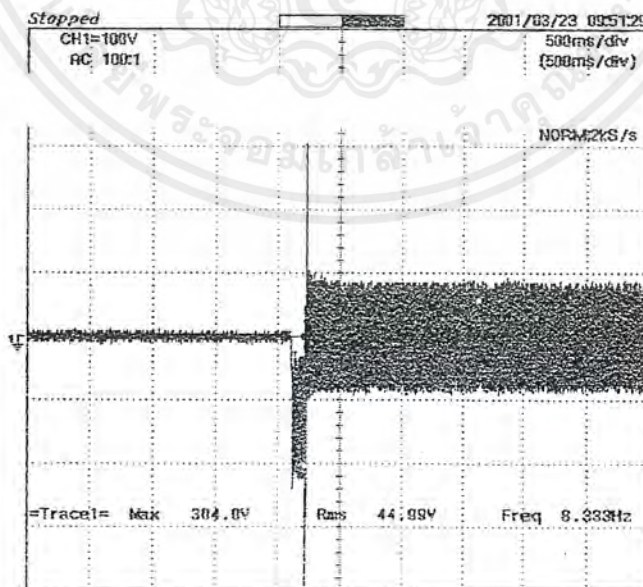
รูปที่ 103 สัญญาณ gate ที่แรงดันด้านเข้า 240 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

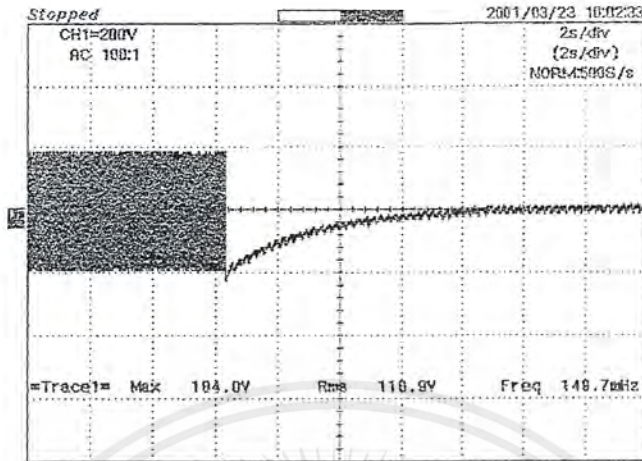


รูปที่ 104 คลื่นกระแสและแรงดันที่ออกจาก ballast เข้าสู่หลอด

5.3.4.3 แรงดันที่ขั้วหลอดขณะเริ่มจุดหลอด

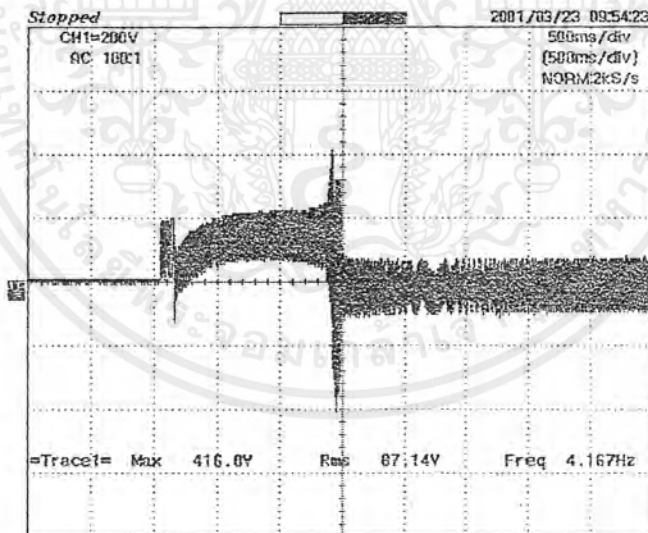


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 105 แรงดันที่ขั้วหลอดขณะเริ่มจุดหลอดเมื่อไม่มี preheat ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



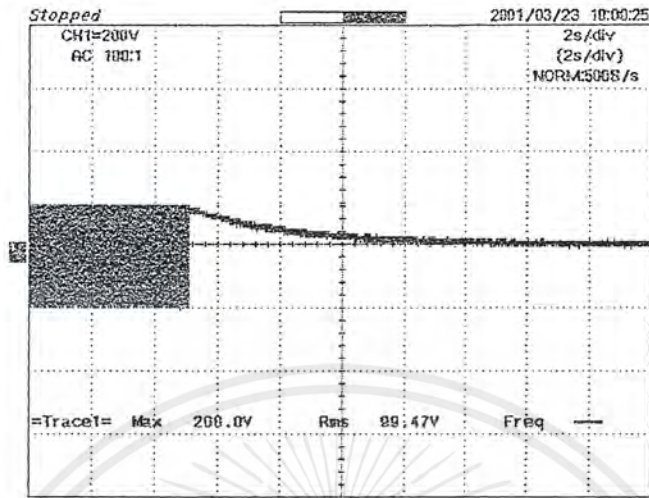
รูปที่ 106 แรงดันที่ขั้วหลอดขณะเริ่มจุดหลอดเมื่อมี preheat

5.3.4.4 การทดลองวงจรป้องกัน ballast



รูปที่ 107 แรงดันที่ขั้วหลอดเมื่อตัดวงจรที่ขั้วหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

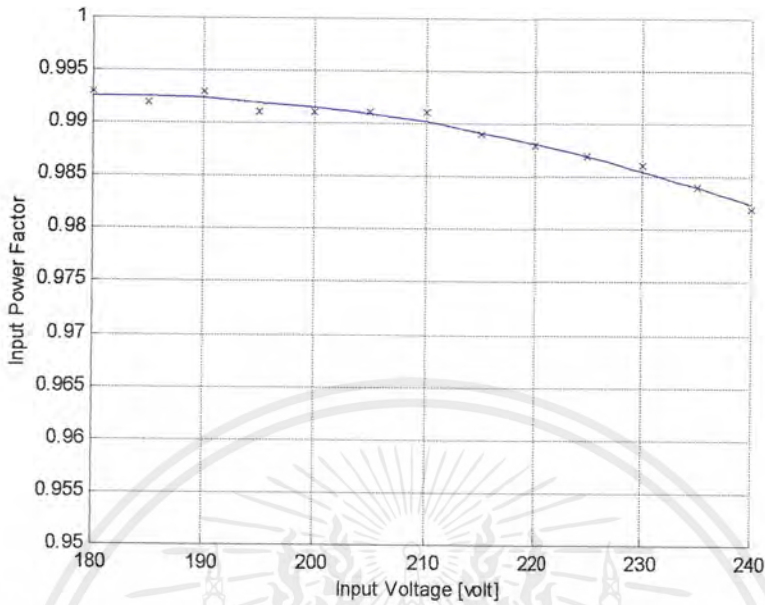


รูปที่ 108 แรงดันที่ขั้วหลอดเมื่อถอดหลอดออก

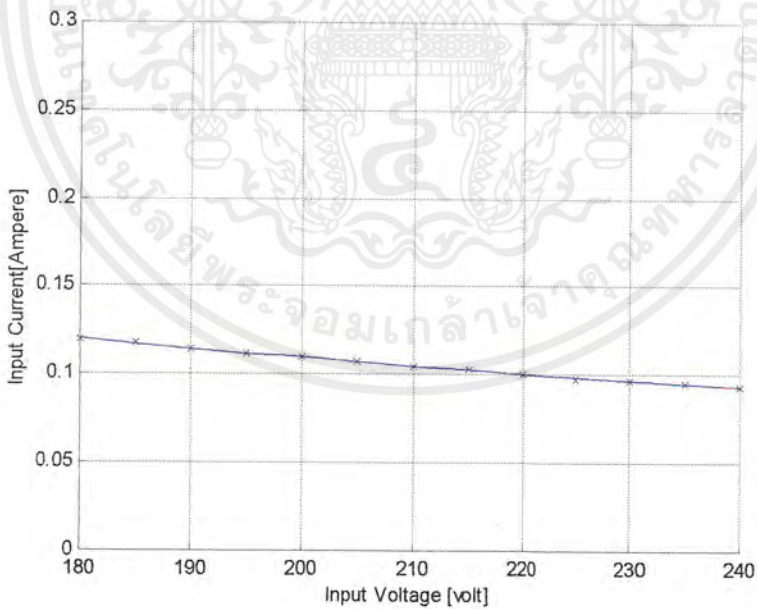
ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Active Ballast เมื่อใช้กับหลอด 18 W ที่แรงดันต่างๆ

Voltage input คุณสมบัติ	185	190	200	210	220	230	240
Power input	21.5	21.5	21.6	21.6	21.7	21.7	21.7
Current input	0.118	0.114	0.110	0.105	0.103	0.097	0.093
Power Factor input	0.992	0.993	0.991	0.989	0.988	0.986	0.982
Power output	18.0	18.0	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2
Voltage output	53.7	53.7	53.8	53.7	53.8	53.4	53.3
Current output	0.350	0.351	0.352	0.353	0.354	0.355	0.356
Power Factor output	0.957	0.958	0.958	0.960	0.960	0.957	0.962
Total Harmonic Distortion (%THD)	8.67	9.16	9.59	10.47	11.57	11.32	13.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



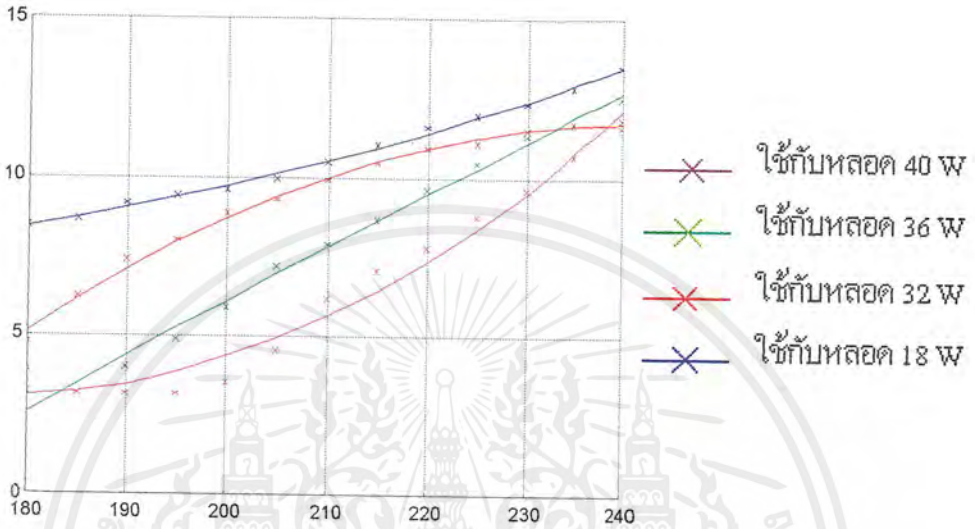
รูปที่ 109 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสด้านเข้าเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านเข้า



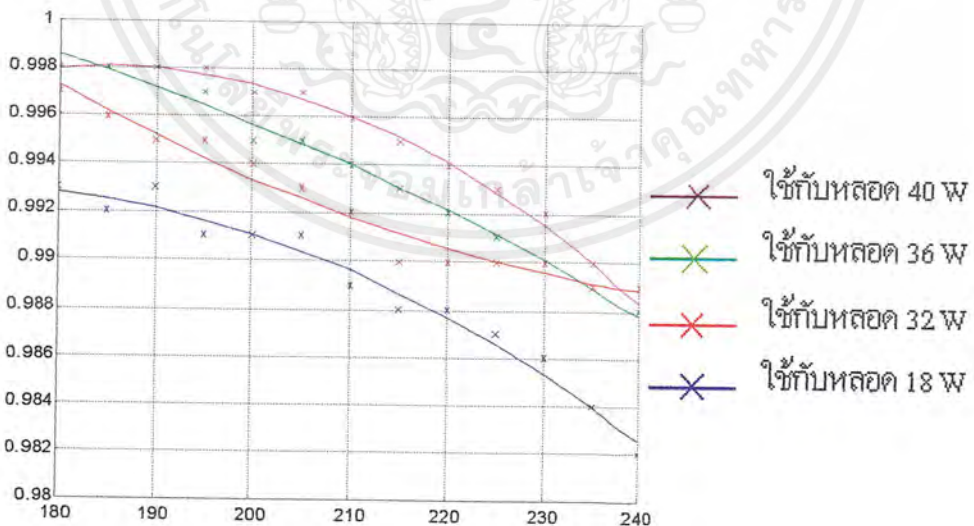
รูปที่ 110 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า Power Factor ด้านเข้าเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.5 สรุปผล

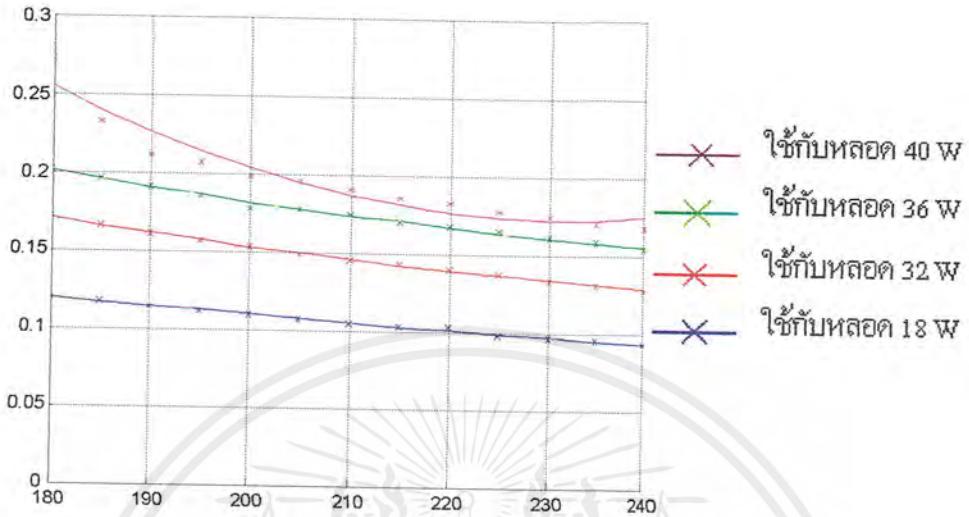


รูปที่ 111 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับค่า Total Harmonic Distortion ของ Ballast เมื่อใช้หลอดขนาดต่างๆกัน

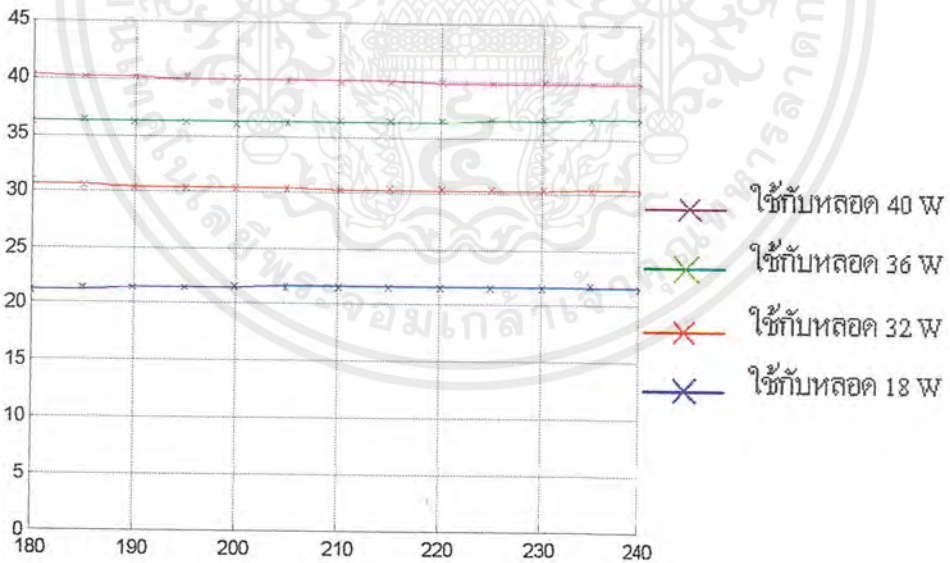


รูปที่ 112 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับค่า Input Power Factor ของ Ballast เมื่อใช้หลอดขนาดต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 113 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับค่ากระแสด้านเข้าของ Ballast เมื่อใช้กับหลอดขนาดต่างๆกัน

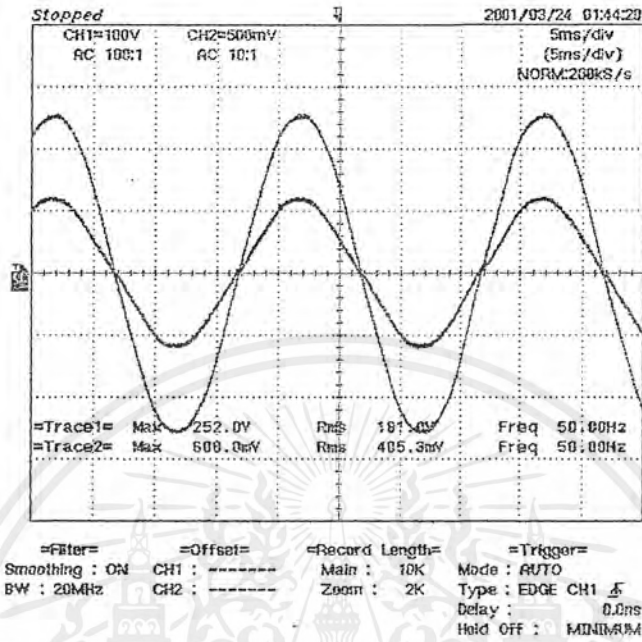


รูปที่ 114 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับค่ากำลังด้านเข้าของ Ballast เมื่อใช้กับหลอดขนาดต่างๆกัน

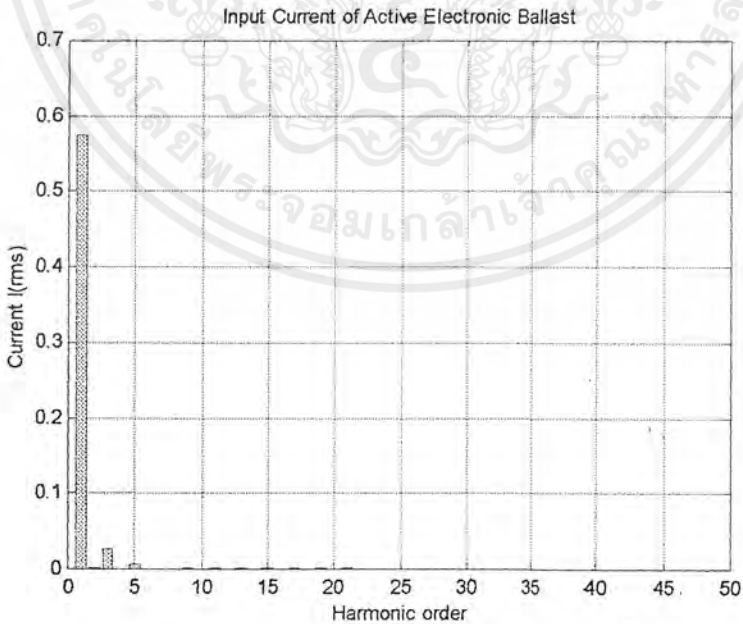
5.4. ผลการทดลองเมื่อใช้ Electronics Active Ballast กับหลอด FL ขนาดต่างๆ

5.4.1 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast และค่า Total Harmonic Distortion ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 กระแสเมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 36 W
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

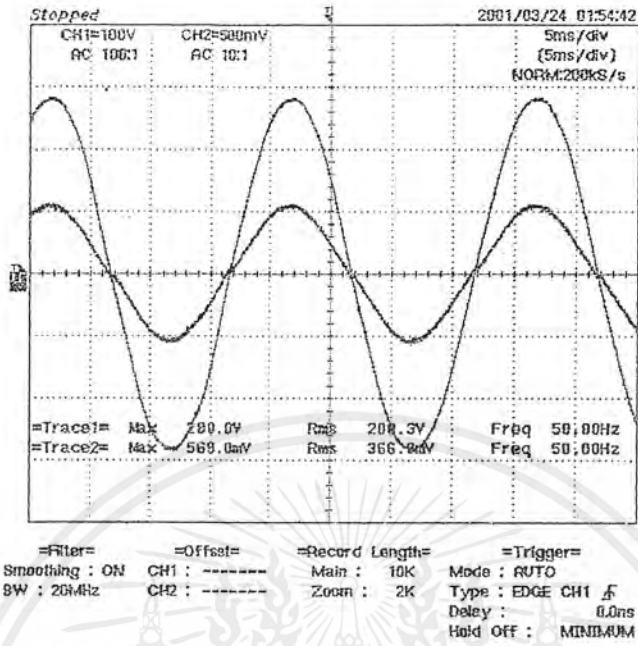


รูปที่ 115 แสดงแรงดันและกระแสค่านเข้า ballast ที่แรงค่านด้านเข้า 180 V

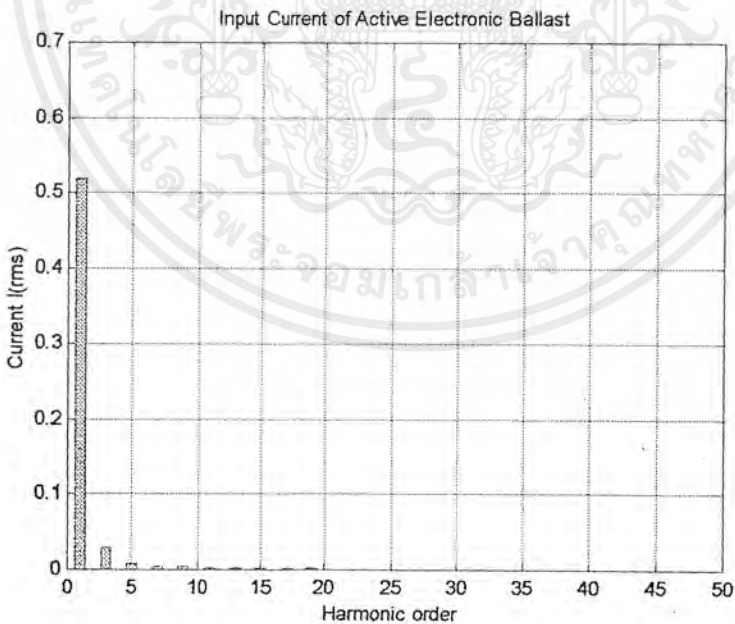


รูปที่ 116 แสดง Harmonic ของกระแสค่านเข้า ballast (THDi = 5.05%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

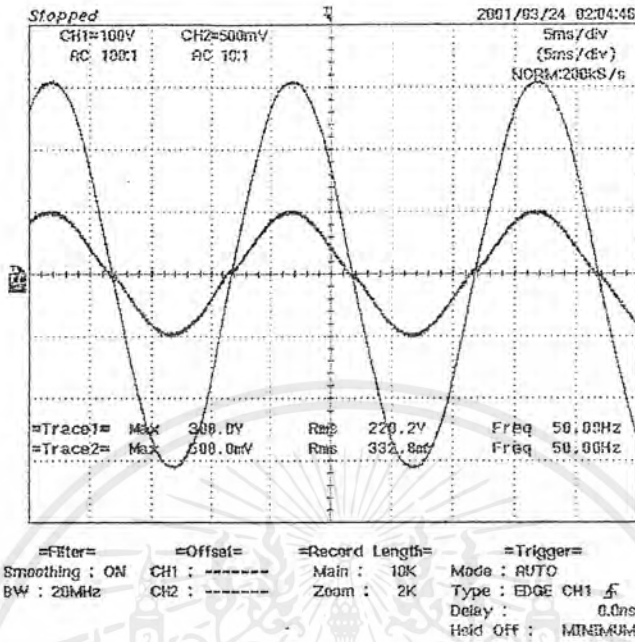


รูปที่ 117 แสดงแรงดันและกระแสด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 200 V

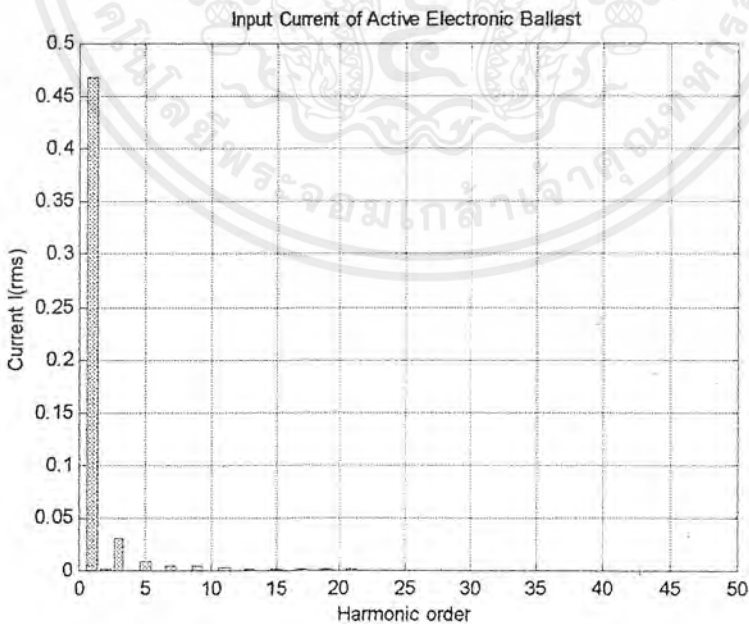


รูปที่ 118 แสดง Harmonics ของกระแสด้านเข้า ballast (THDi = 5.98%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

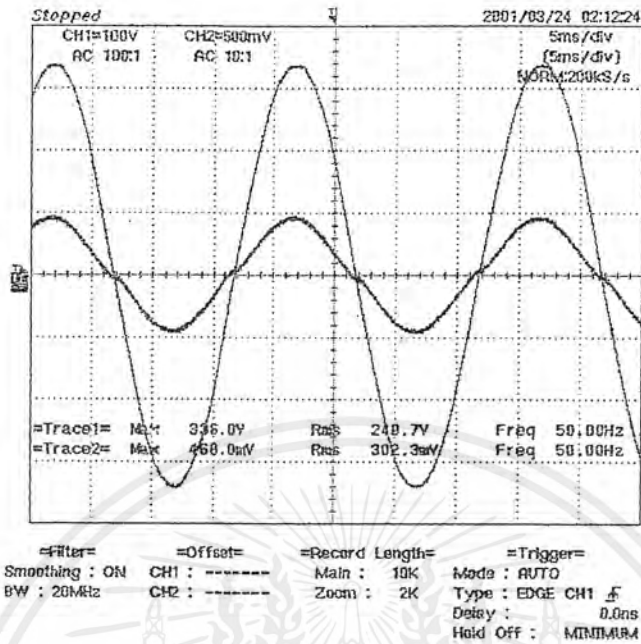


รูปที่ 119 แสดงแรงดันและกระแสค่านเข้า ballast ที่แรงค่านค่านเข้า 220V

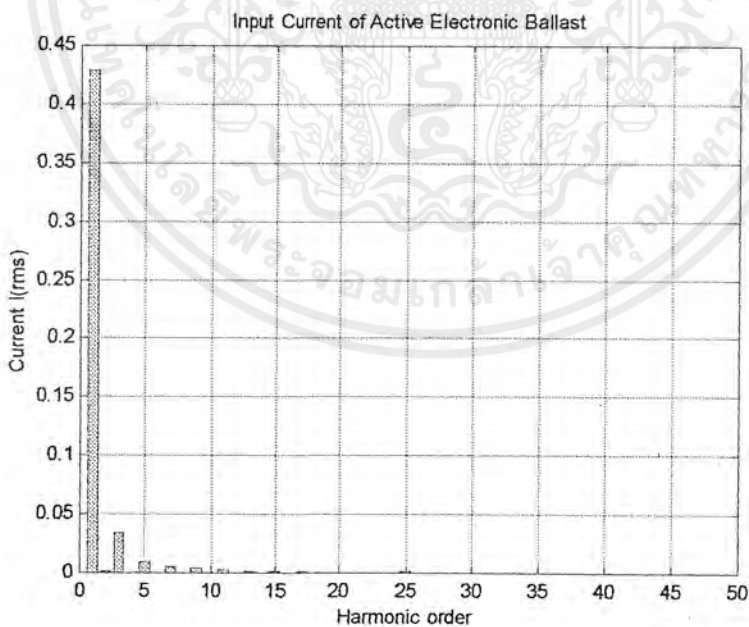


รูปที่ 120 แสดง Harmonics ของกระแสค่านเข้า ballast (THDi = 7.1%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



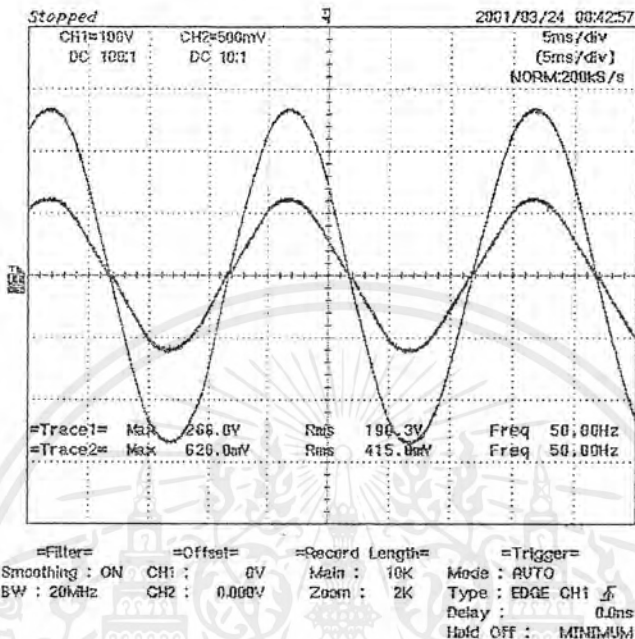
รูปที่ 121 แสดงกระแสและแรงดันด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 240 V



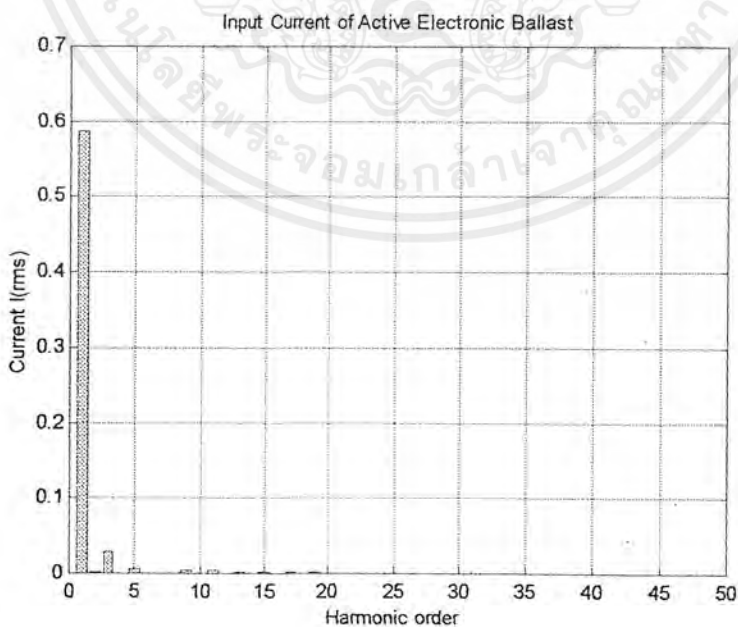
รูปที่ 122 แสดง Harmonics ของกระแสด้านเข้า ballast (THDi = 8.42%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.2 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast และค่า Total Harmonic Distortion ของกระแส เมื่อใช้กับหลอด FL 36+40 W

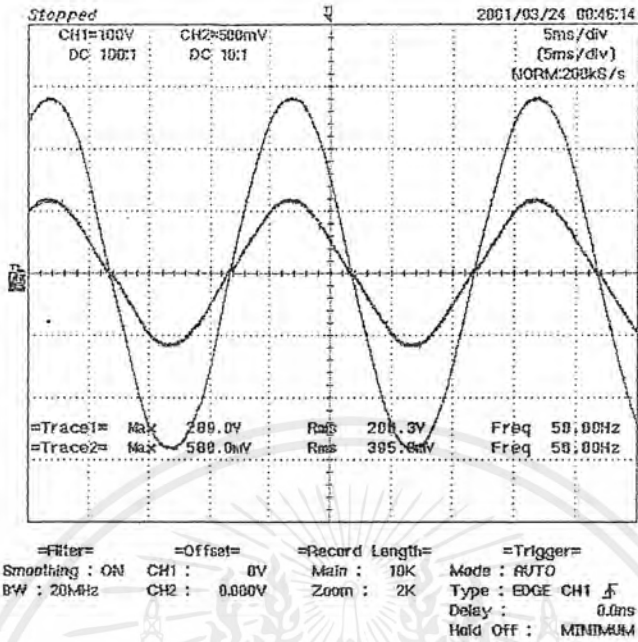


รูปที่ 123 แสดงแรงดันและกระแสด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 190 V

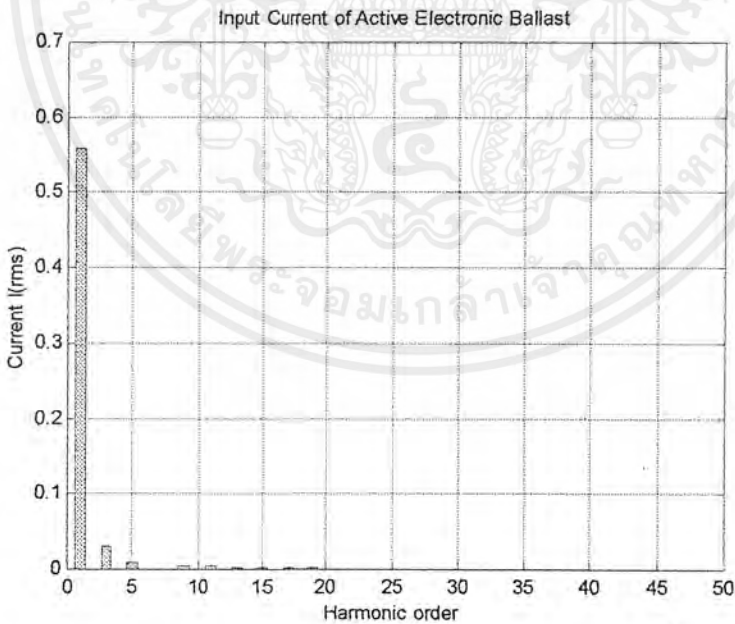


รูปที่ 124 แสดง Harmonics ของกระแสด้านเข้า ballast (THDi = 5.09%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

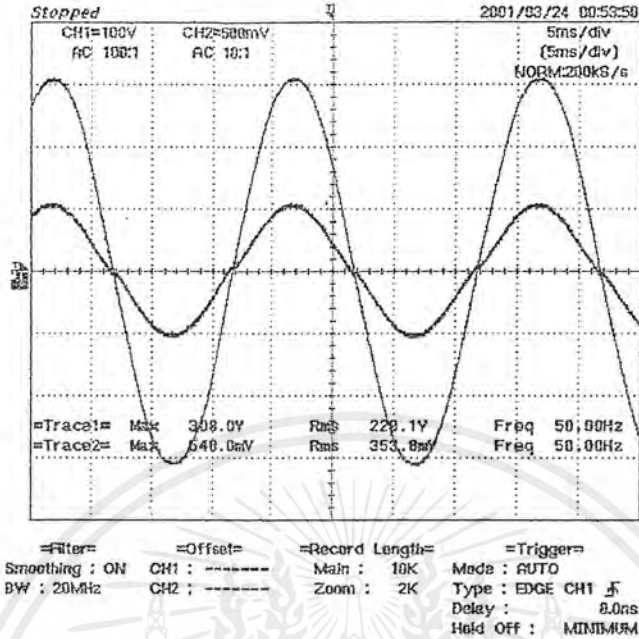


รูปที่ 125 แสดงแรงดันและกระแสด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 200 V

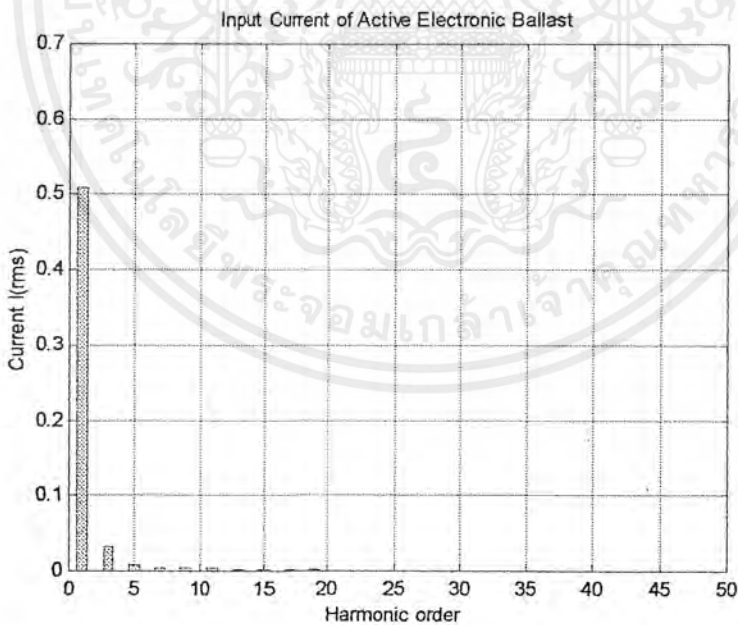


รูปที่ 126 แสดง Harmonics ของกระแสด้านเข้า ballast (THDi = 5.77%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

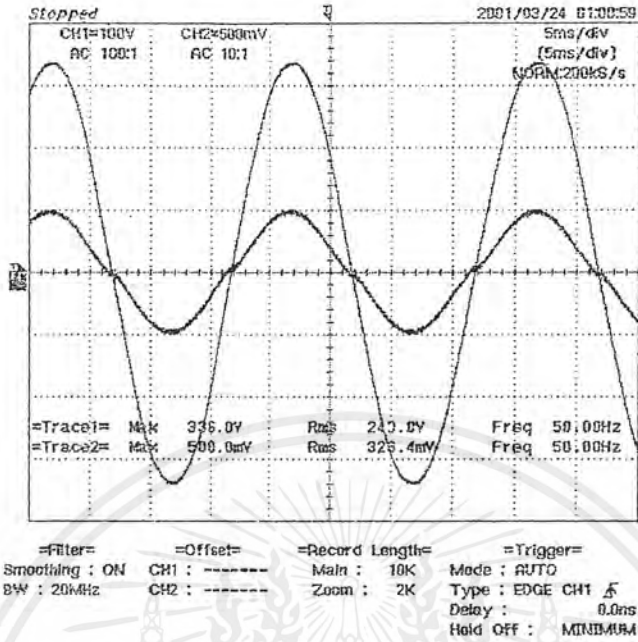


รูปที่ 127 แสดงแรงดันและกระแสค่านเข้า ballast ที่แรงค่านค่านเข้า 220 V

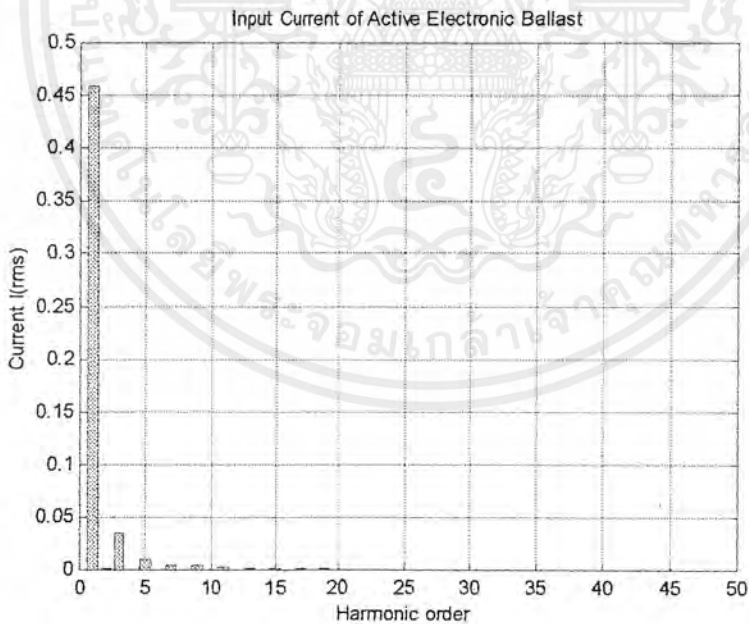


รูปที่ 128 แสดง Harmonics ของกระแสค่านเข้า ballast (THDi = 6.69%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 129 แสดงแรงดันและกระแสค่านเข้า ballast ที่แรงค่านค่านเข้า 240 V

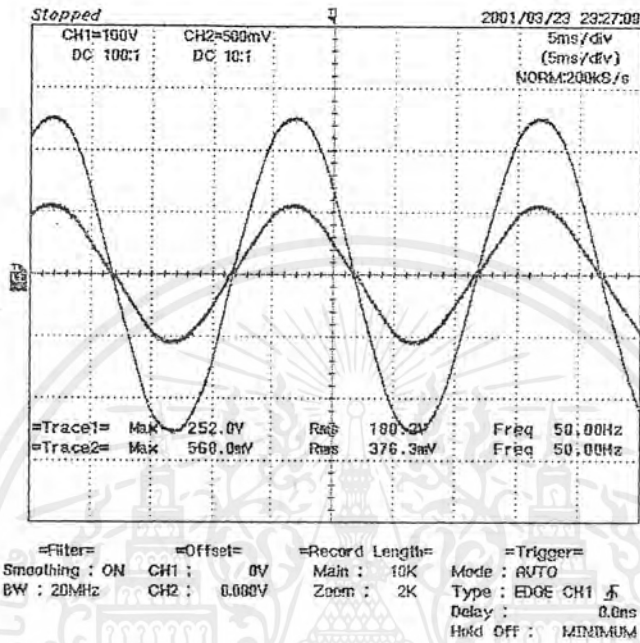


รูปที่ 130 แสดง Harmonics ของกระแสค่านเข้า ballast (THDi = 8.20%)

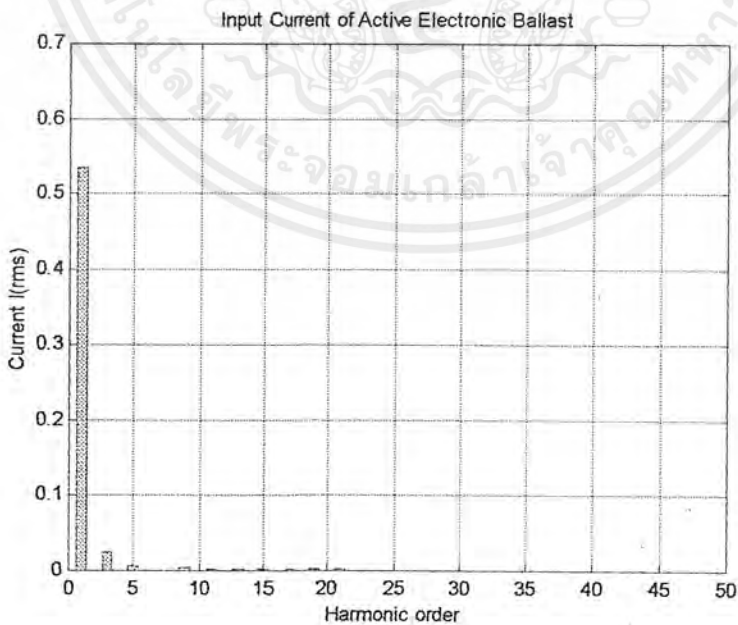
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.3 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast และค่า Total Harmonic

Distortion ของกระแส เมื่อใช้กับหลอด FL 36+32 W

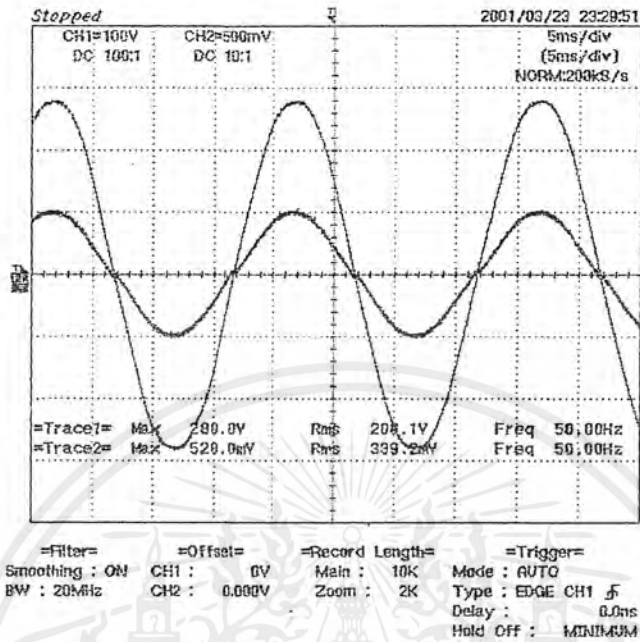


รูปที่ 131 แสดงแรงดันและกระแสด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 180 V

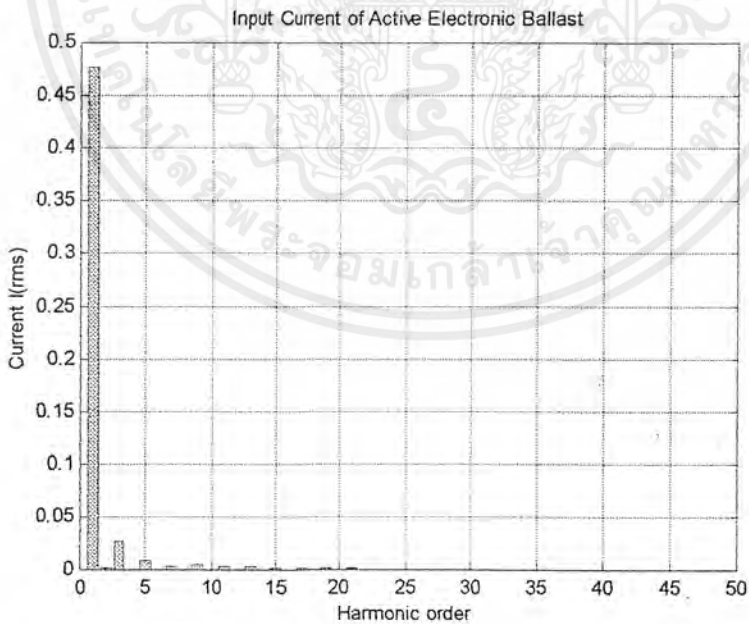


รูปที่ 132 แสดง Harmonics ของกระแสด้านเข้า ballast (THDi = 4.79%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

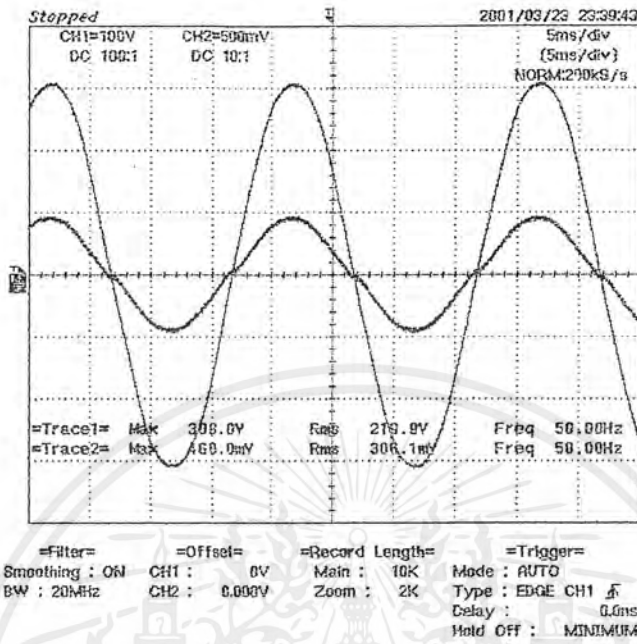


รูปที่ 133 แสดงแรงดันและกระแสค่านเข้า ballast ที่แรงค่านค่านเข้า 200 V

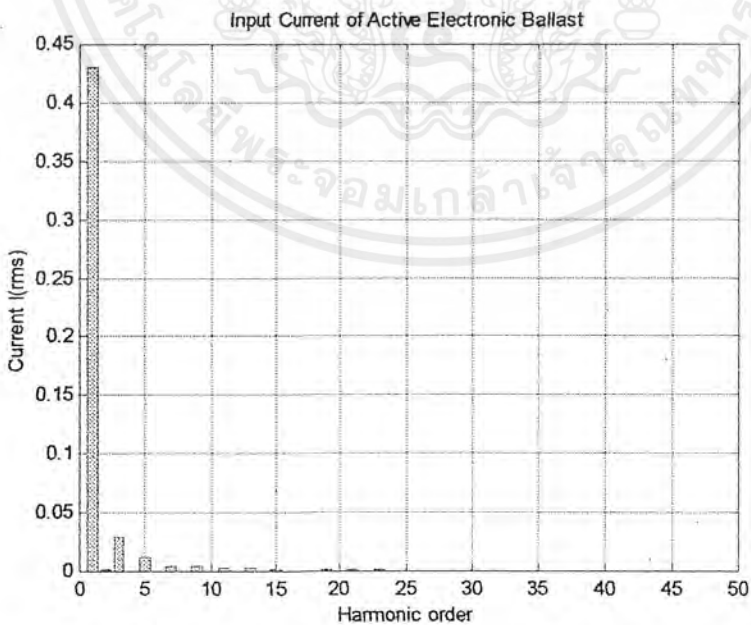


รูปที่ 134 แสดง Harmonics ของกระแสค่านเข้า ballast (THDi = 5.96%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

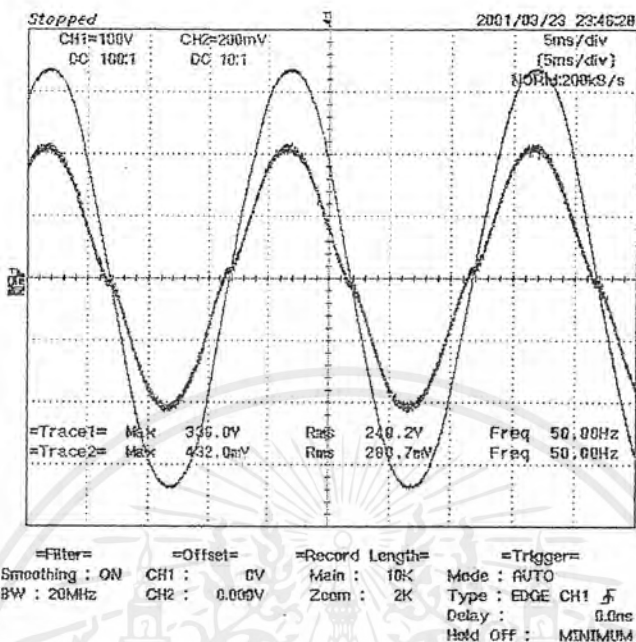


รูปที่ 135 แสดงแรงดันและกระแสค่านเข้า ballast ที่แรงค่านเข้า 220 V

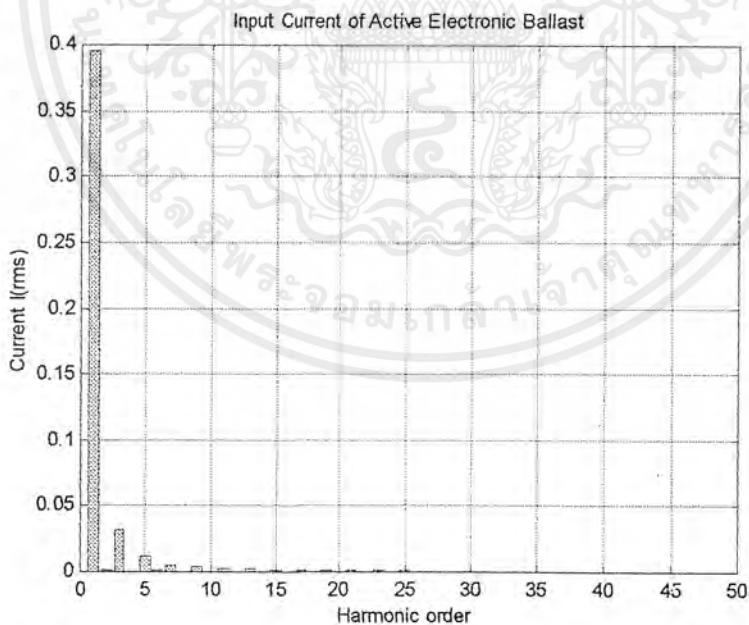


รูปที่ 136 แสดง Harmonics ของกระแสค่านเข้า ballast (THDi = 7.42%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



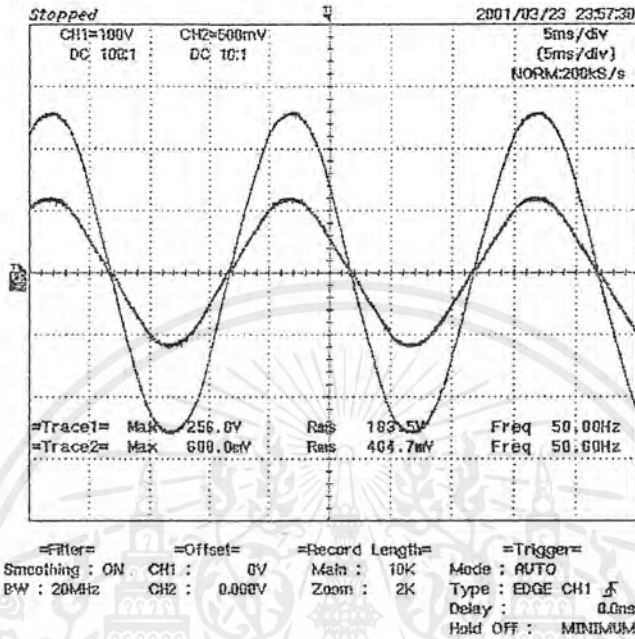
รูปที่ 137 แสดงแรงดันและกระแสค่านเข้า ballast ที่แรงคั้นค่านเข้า 240 V



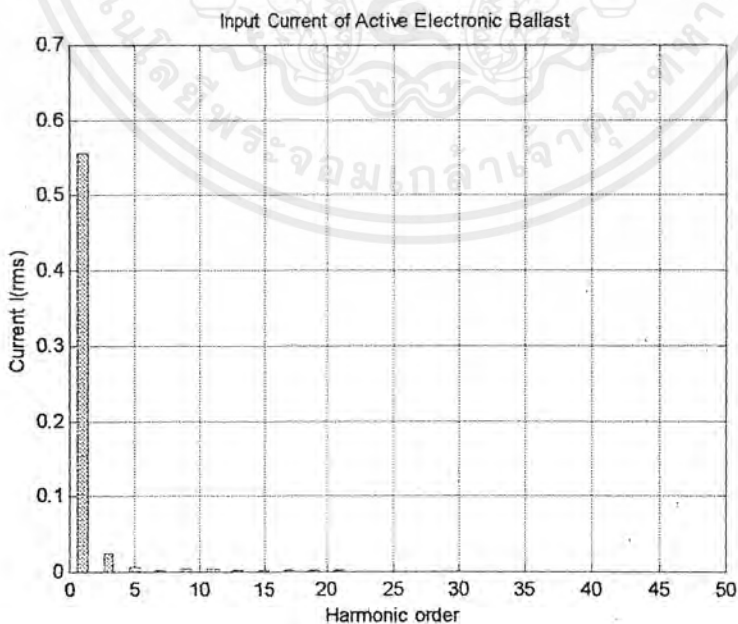
รูปที่ 138 แสดง Harmonics ของกระแสค่านเข้า ballast (THDi = 8.7%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.4 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast และค่า Total Harmonic Distortion ของกระแส เมื่อใช้กับหลอด FL 40+32 W

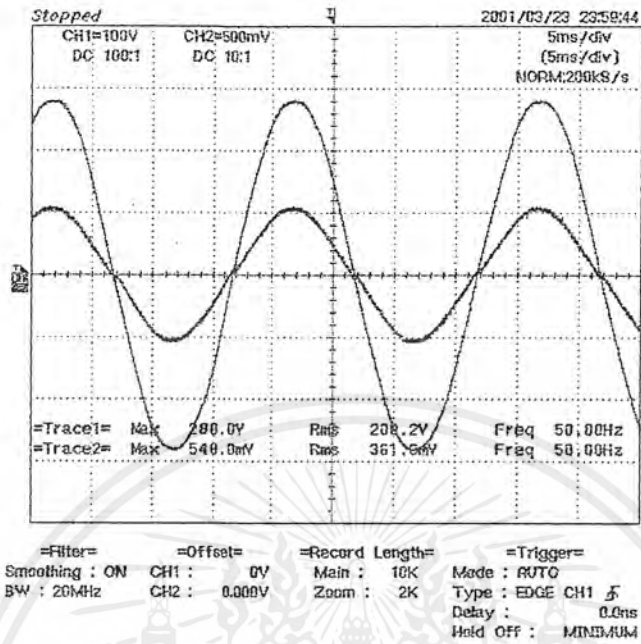


รูปที่ 139 แสดงแรงดันและกระแสด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 180 V

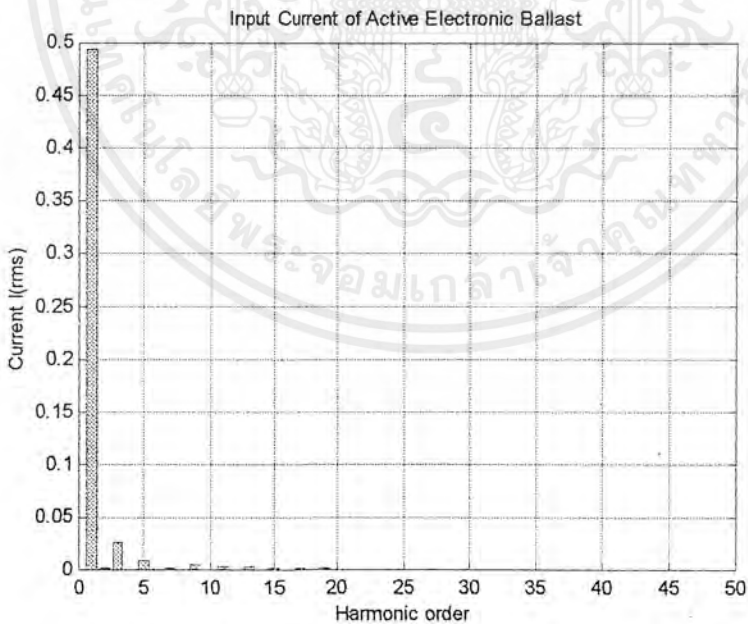


รูปที่ 140 แสดง Harmonics ของกระแสด้านเข้า ballast (THDi = 4.9%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

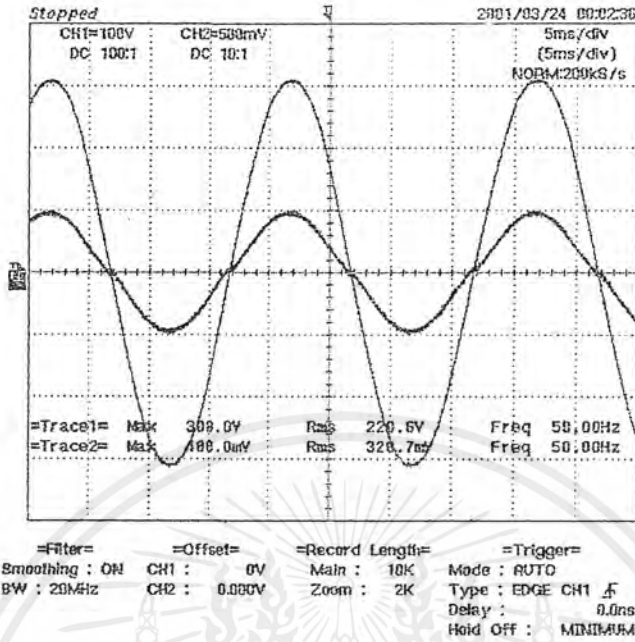


รูปที่ 141 แสดงแรงดันและกระแสค่านเข้า ballast ที่แรงดันค่านเข้า 200 V

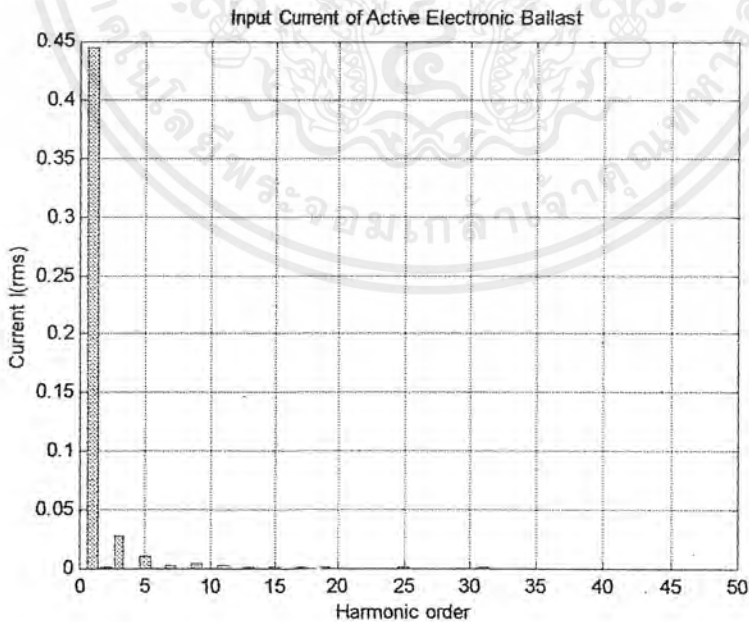


รูปที่ 142 แสดง Harmonics ของกระแสค่านเข้า ballast (THDi = 5.81%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

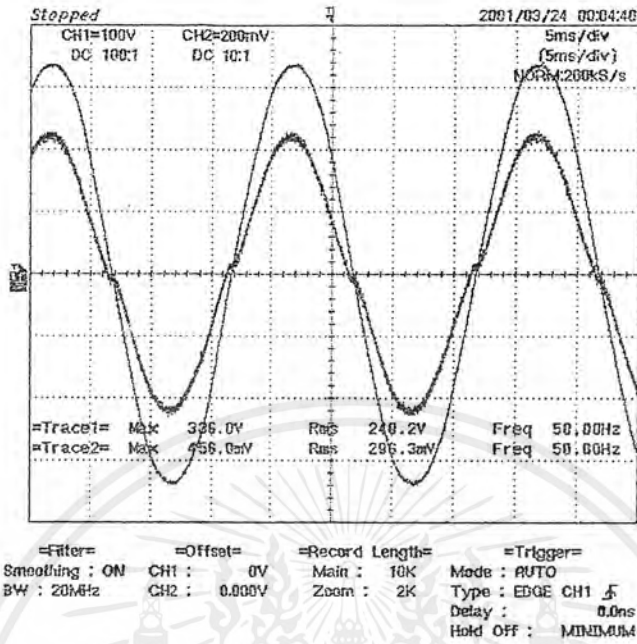


รูปที่ 143 แสดงแรงดันและกระแสด้านเข้า ballast ที่แรงคั้นด้านเข้า 220 V

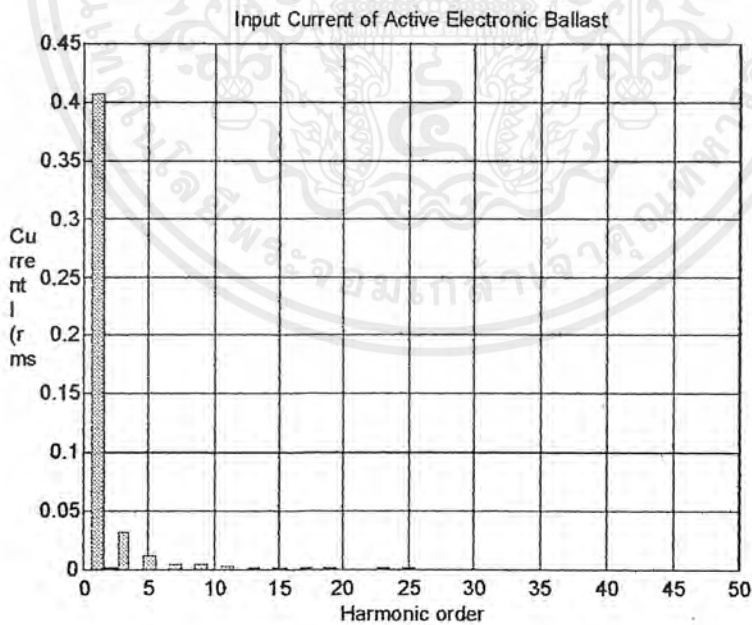


รูปที่ 144 แสดง Harmonics ของกระแสด้านเข้า ballast (THDi = 6.94%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



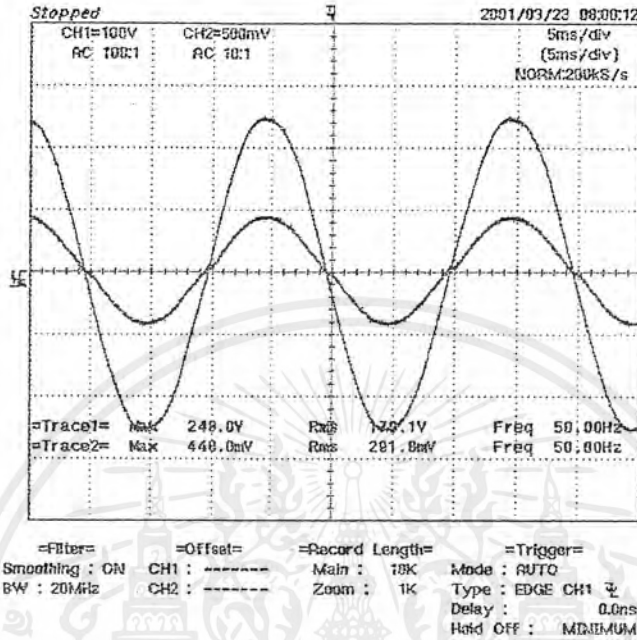
รูปที่ 145 แสดงแรงดันและกระแสเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 240 V



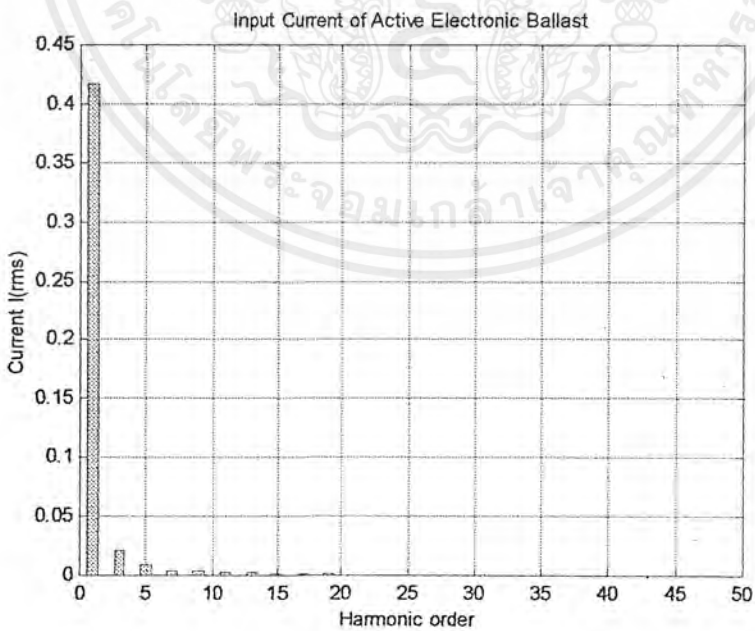
รูปที่ 146 แสดง Harmonics ของกระแสด้านเข้า ballast (THDi = 8.58%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.5 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast และค่า Total Harmonic Distortion ของกระแส เมื่อใช้กับหลอด FL 40+18 W

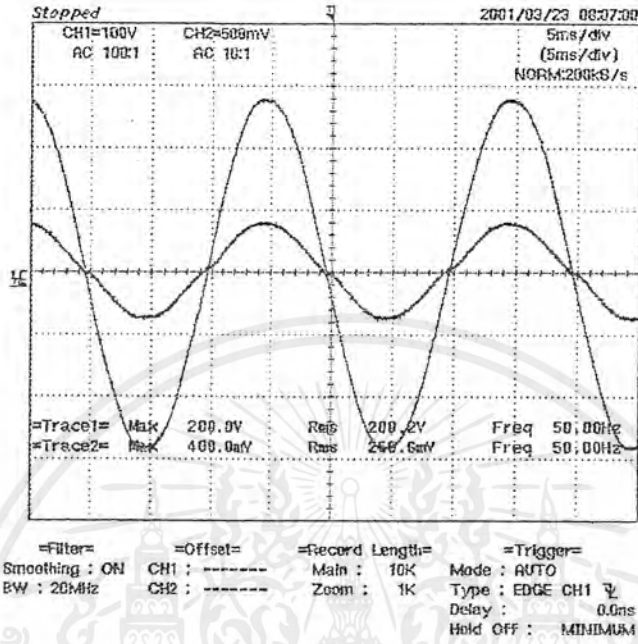


รูปที่ 147 แสดงแรงดันและกระแสด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 180 V

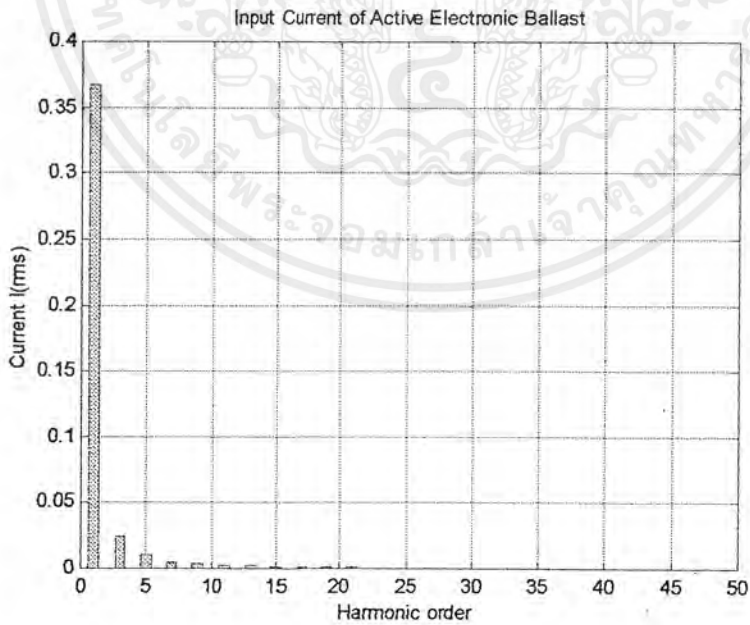


รูปที่ 148 แสดง Harmonic ของกระแสด้านเข้า ballast (THDi = 5.79%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

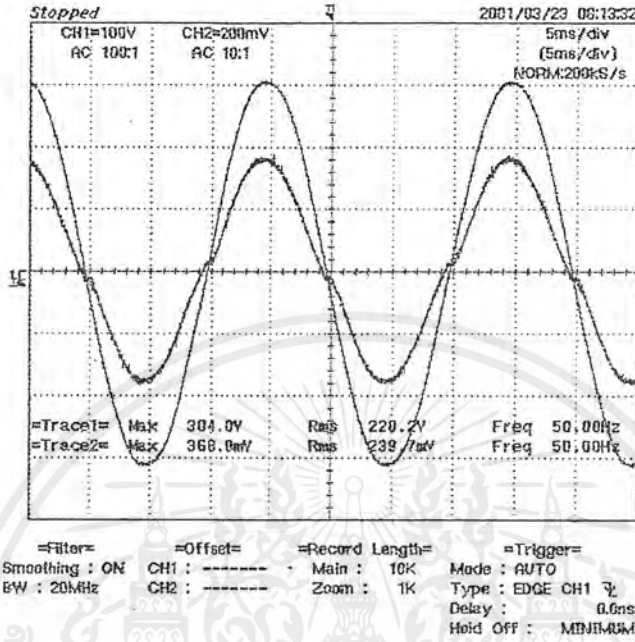


รูปที่ 149 แสดงแรงดันและกระแสค่านเข้า ballast ที่แรงค่านค่านเข้า 200 V

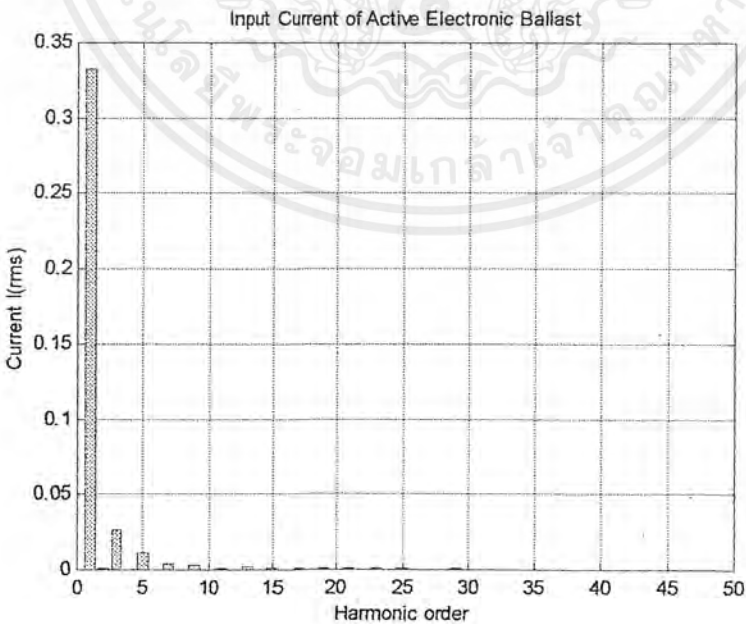


รูปที่ 150 แสดง Harmonics ของกระแสค่านเข้า ballast (THDi = 7.46%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

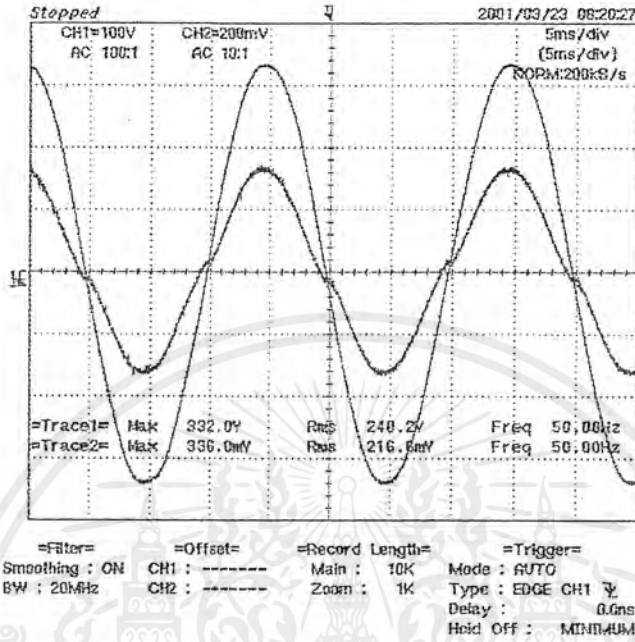


รูปที่ 151 แสดงแรงดันและกระแสต้านเข้า ballast ที่แรงดันค่านเข้า 220V

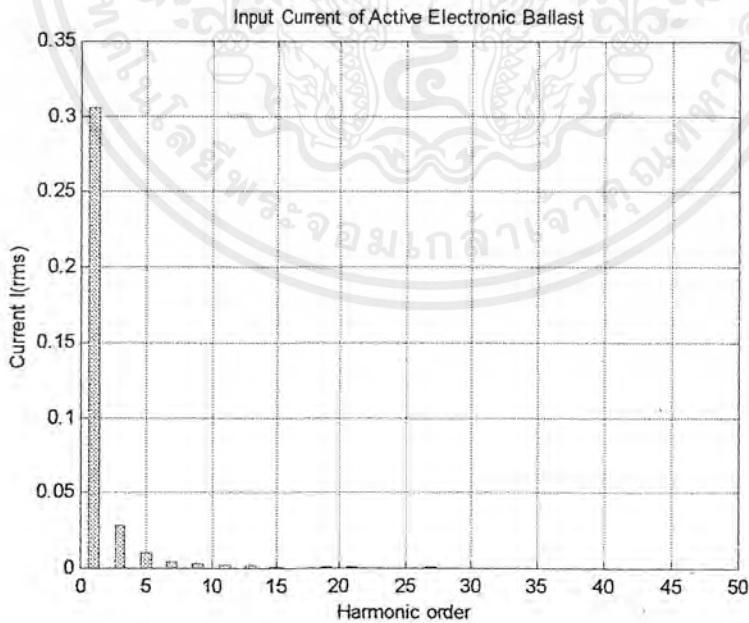


รูปที่ 152 แสดง Harmonics ของกระแสต้านเข้า ballast (THDi = 9.0%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



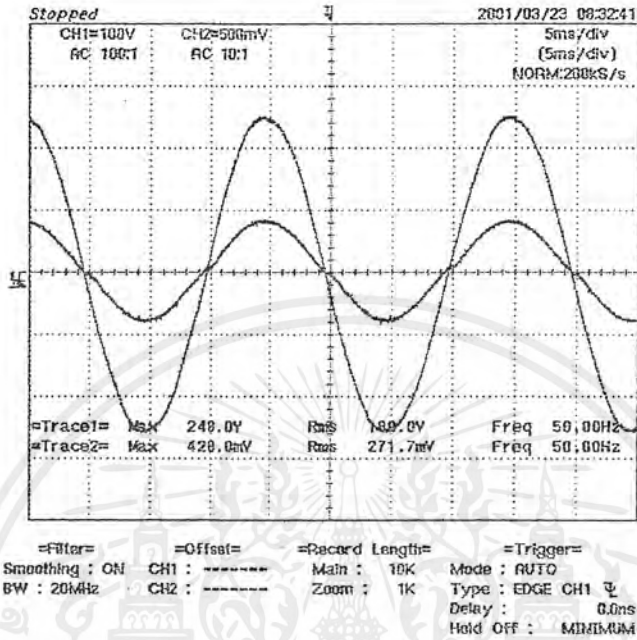
รูปที่ 153 แสดงแรงดันและกระแสค่านเข้า ballast ที่แรงค่านเข้า 240 V



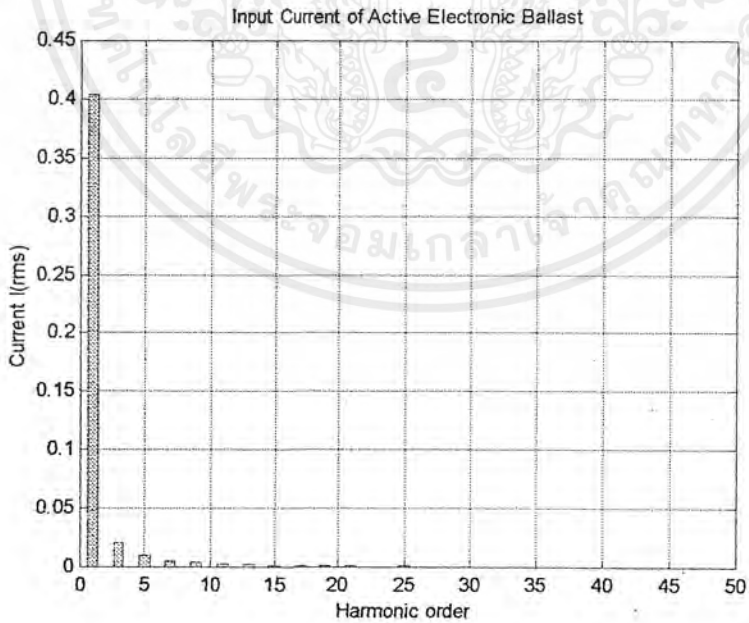
รูปที่ 154 แสดง Harmonics ของกระแสค่านเข้า ballast (THDi = 10.12%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.6 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast และค่า Total Harmonic Distortion ของกระแส เมื่อใช้กับหลอด FL 32+18

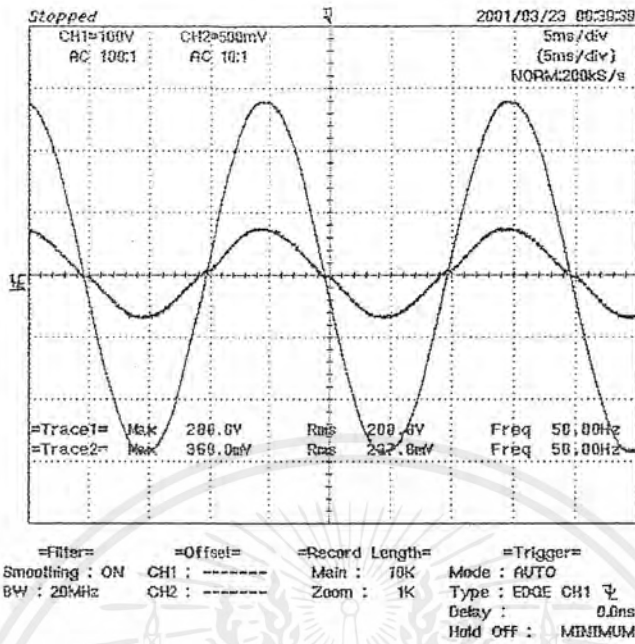


รูปที่ 155 แสดงแรงดันและกระแสด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 180 V

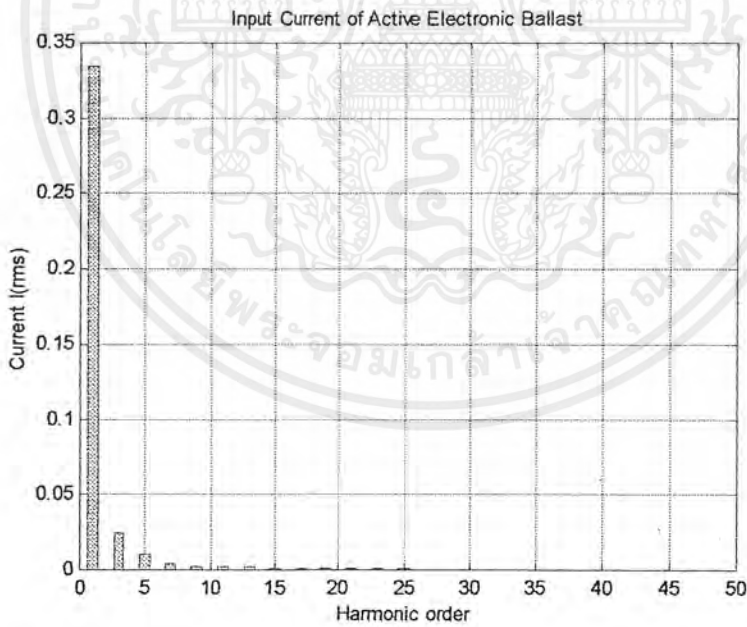


รูปที่ 156 แสดง Harmonics ของกระแสด้านเข้าballast (THDi = 6.13%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

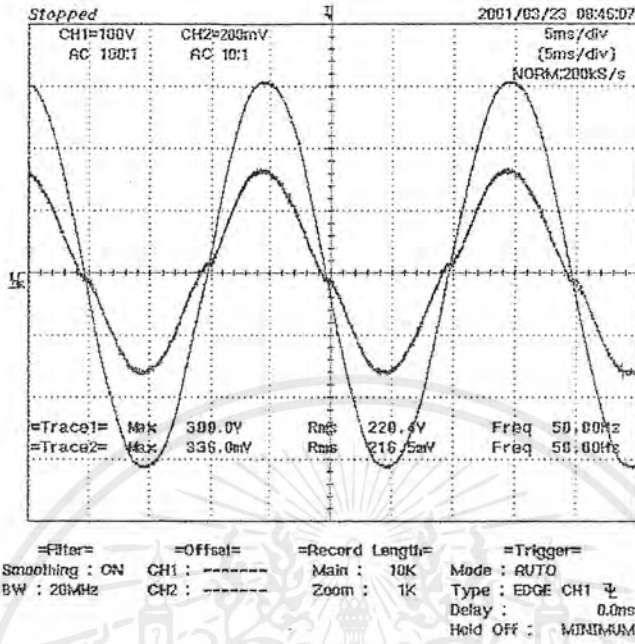


รูปที่ 157 แสดงแรงดันและกระแสค่านเข้า ballast ที่แรงค่านค่านเข้า 200 V

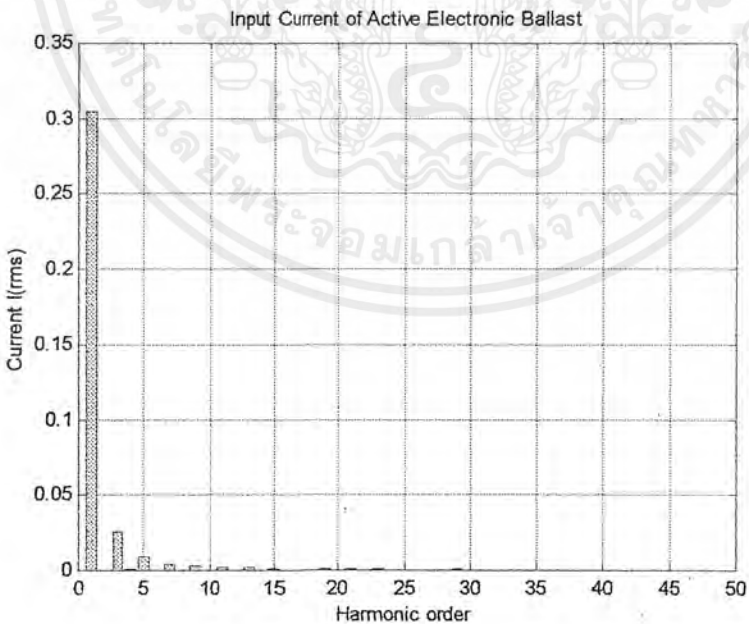


รูปที่ 158 แสดง Harmonics ของกระแสค่านเข้า ballast (THDi = 8.14%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

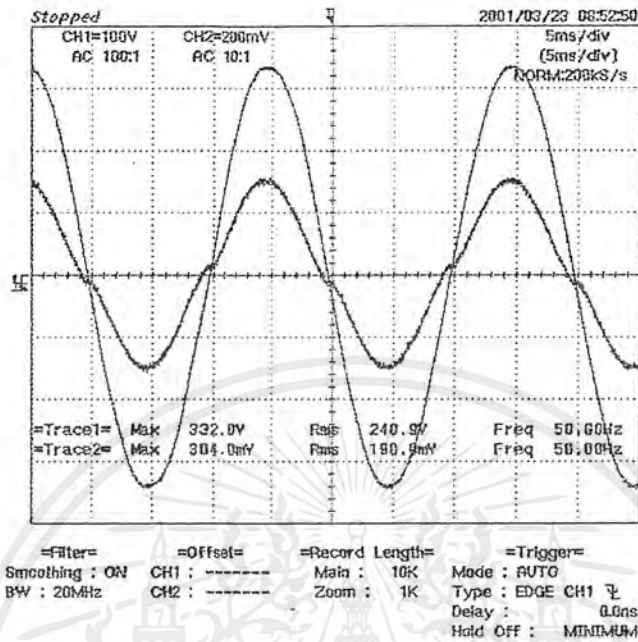


รูปที่ 159 แสดงแรงดันและกระแสค่านเข้า ballast ที่แรงค่านค่านเข้า 220 V

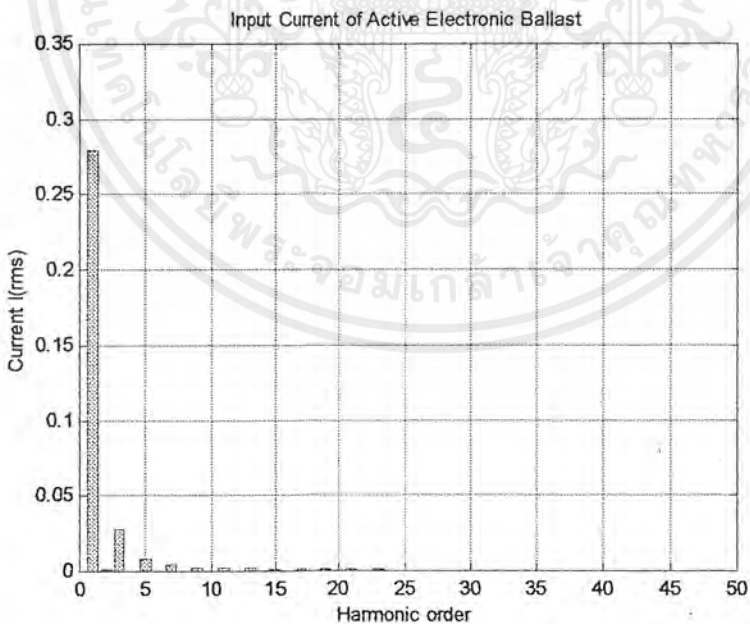


รูปที่ 160 แสดง Harmonics ของกระแสค่านเข้า ballast (THDi = 9.33%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



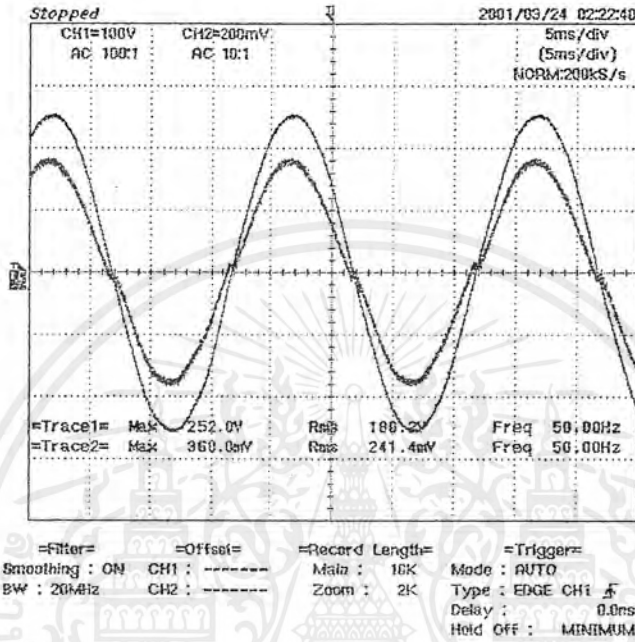
รูปที่ 161 แสดงแรงดันและกระแสด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 240 V



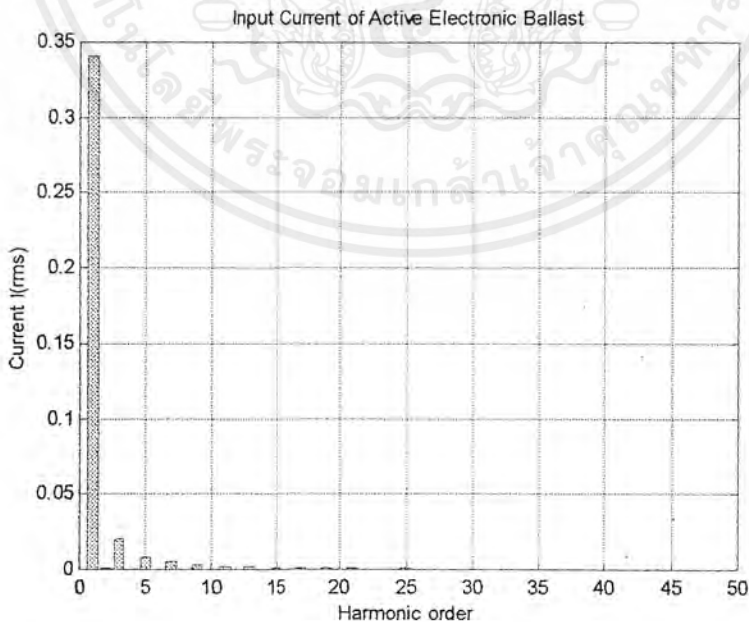
รูปที่ 162 แสดง Harmonics ของกระแสด้านเข้า ballast (THDi = 10.68%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.7 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้า Ballast และค่า Total Harmonic Distortion ของ
กระแส เมื่อใช้กับหลอด FL 18+18 W

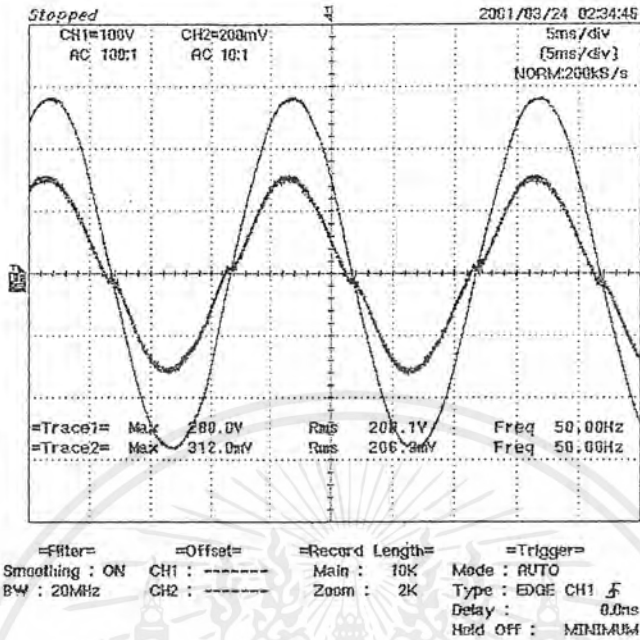


รูปที่ 163 แสดงแรงดันและกระแสด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 180 V

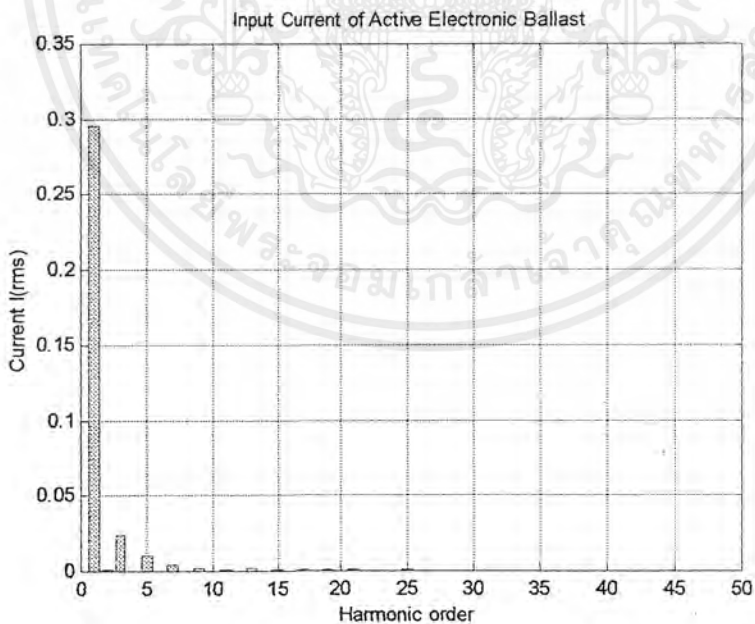


รูปที่ 164 แสดง Harmonics ของกระแสด้านเข้า ballast (THDi = 6.95%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

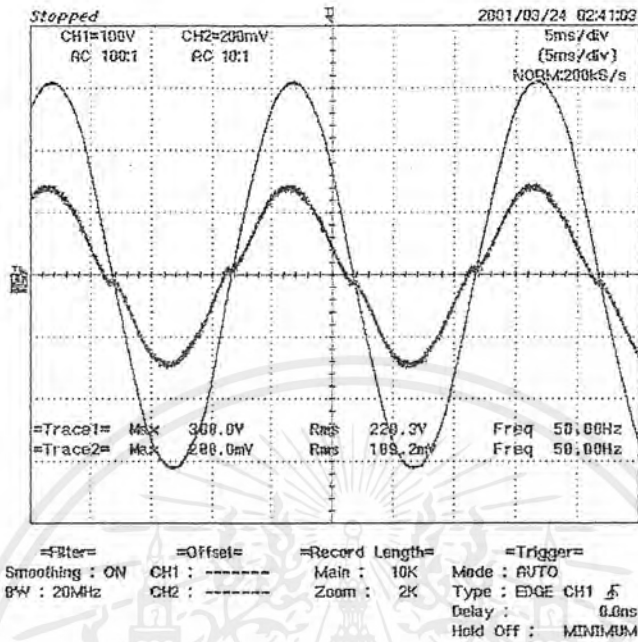


รูปที่ 165 แสดงแรงดันและกระแสด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 200 V

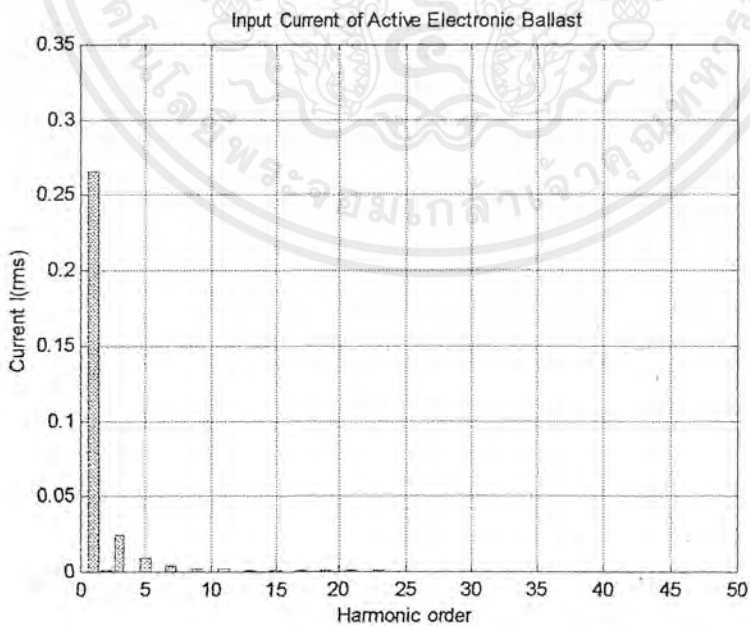


รูปที่ 166 แสดง Harmonics ของกระแสด้านเข้า ballast (THDi = 8.83%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

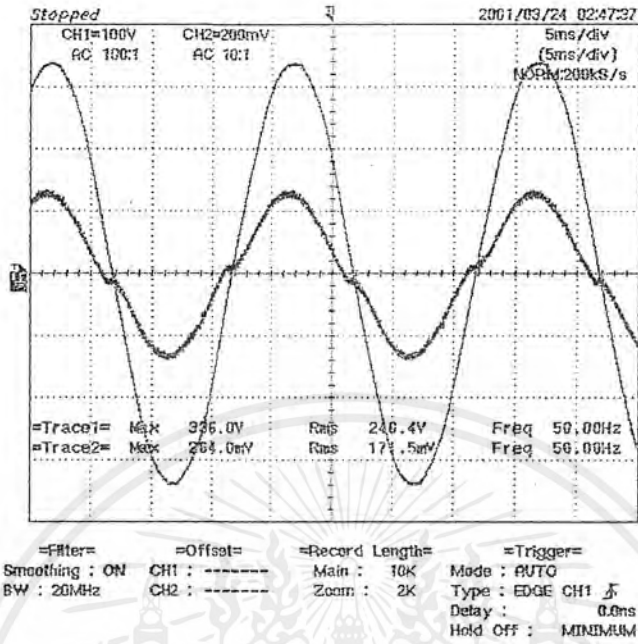


รูปที่ 167 แสดงแรงดันและกระแสด้านเข้า ballast ที่แรงดันด้านเข้า 220 V

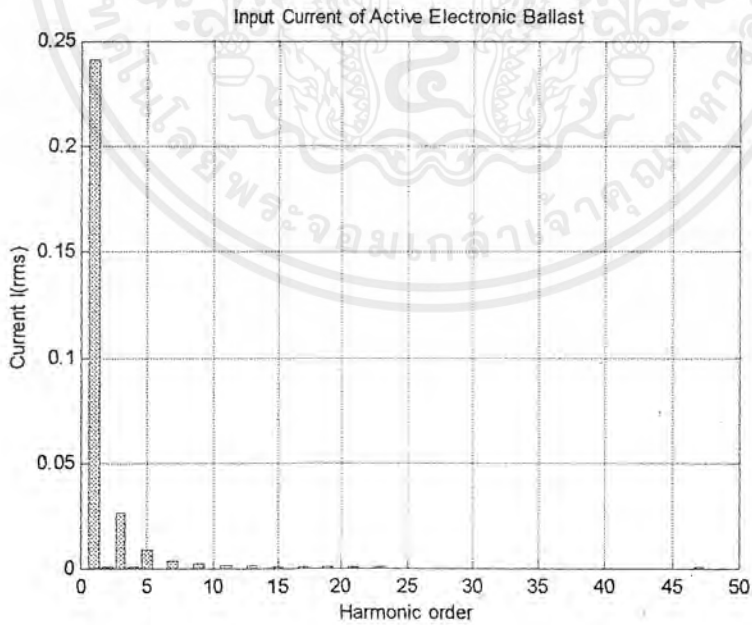


รูปที่ 168 แสดง Harmonics ของกระแสด้านเข้า ballast (THDi = 10.21%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



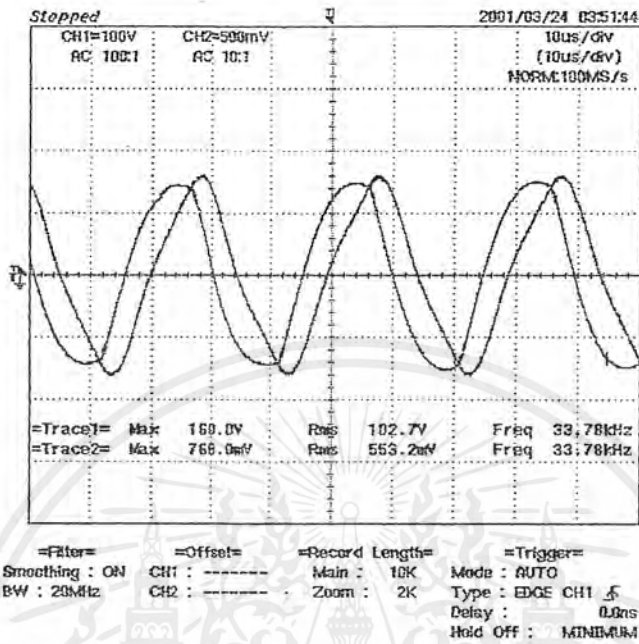
รูปที่ 169 แสดงแรงดันและกระแสค่านเข้า ballast ที่แรงค่านเข้า 240 V



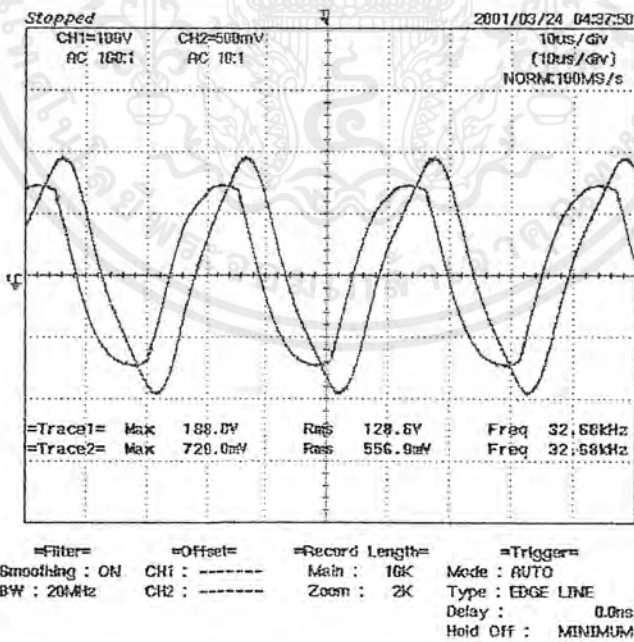
รูปที่ 170 แสดง Harmonics ของกระแสค่านเข้า ballast (THDi = 11.79%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.8 รูปคลื่นแรงดันคร่อมหลอดและกระแสผ่านหลอดขนาดต่างๆ



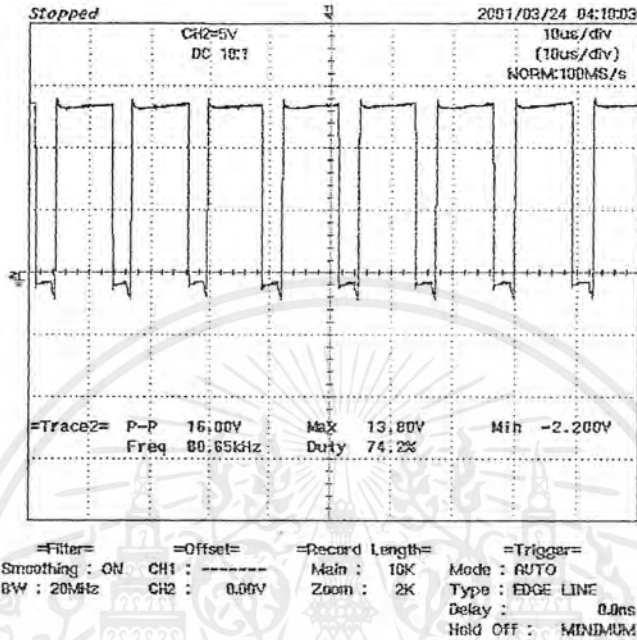
รูปที่ 171 แสดงแรงดันคร่อมหลอดและกระแสผ่านหลอด FL 36 + 36 W



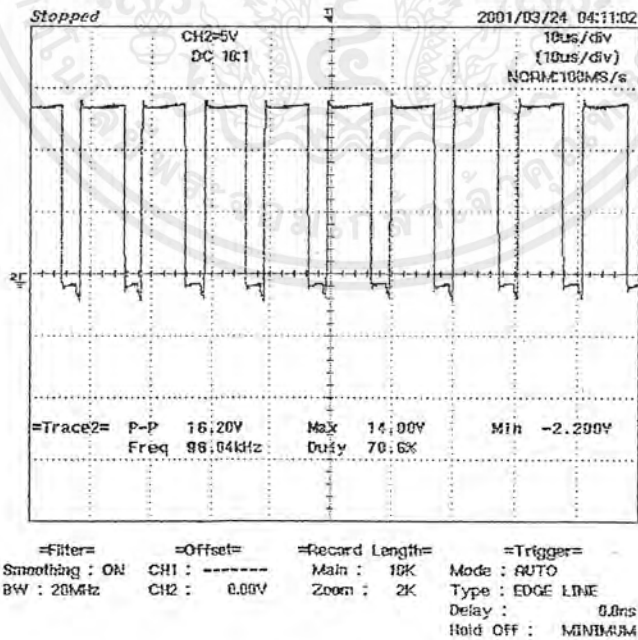
รูปที่ 172 แสดงแรงดันคร่อมหลอดและกระแสผ่านหลอด FL 36 + 40 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.9 รูปแสดงความถี่สวิตช์ของ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL ขนาดต่างๆ

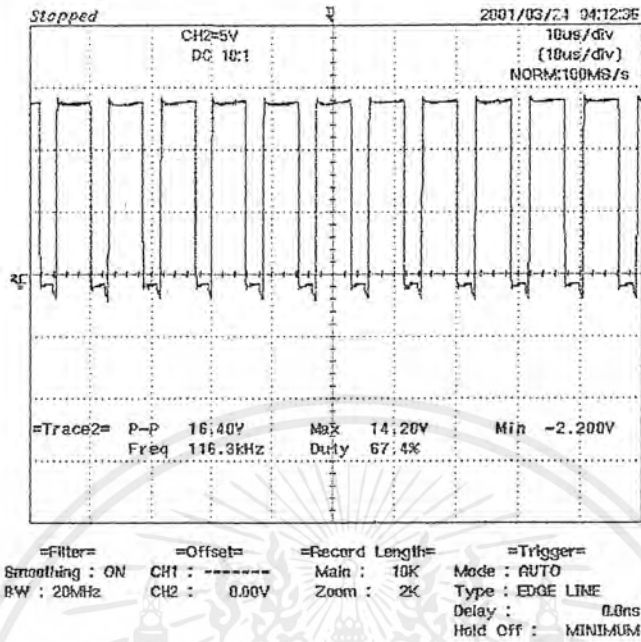


รูปที่ 175 แสดงความถี่สวิตช์ของ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL 36 +36 W ที่แรงดันด้านเข้า 180 V

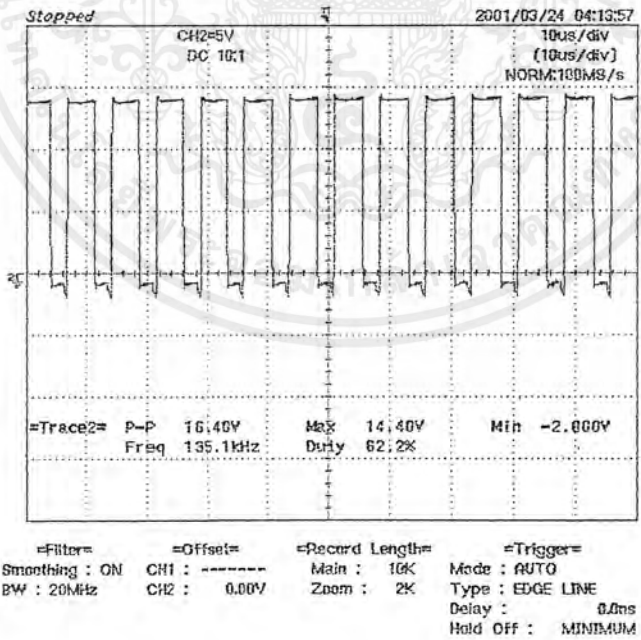


รูปที่ 176 แสดงความถี่สวิตช์ของ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 36 W ที่แรงดันด้านเข้า 200V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

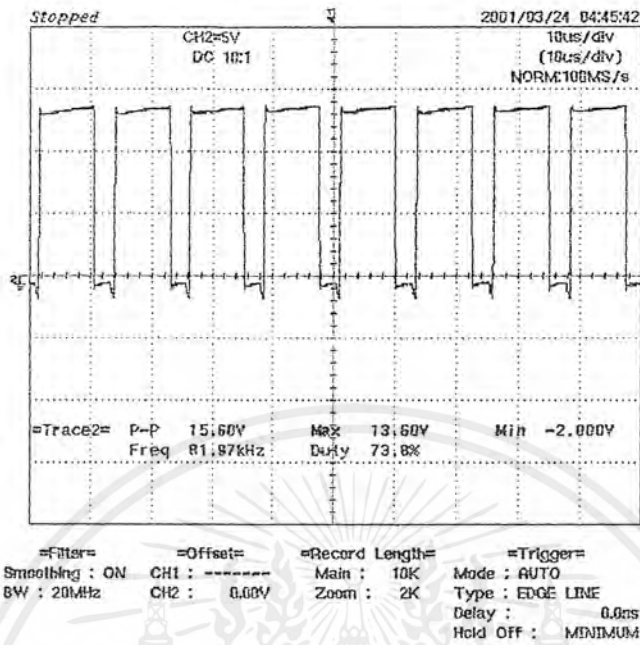


รูปที่ 177 แสดงความถี่สวิตช์ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 36 W ที่แรงดันด้านเข้า 220 V

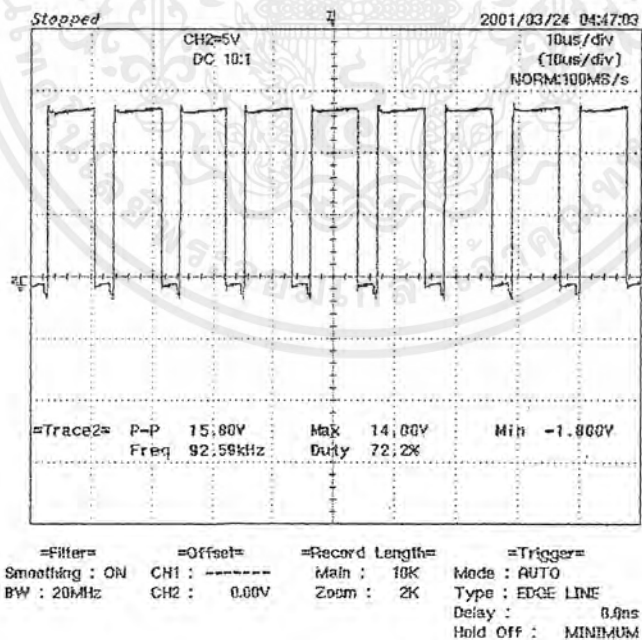


รูปที่ 178 แสดงความถี่สวิตช์ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 36 W ที่แรงดันด้านเข้า 240 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

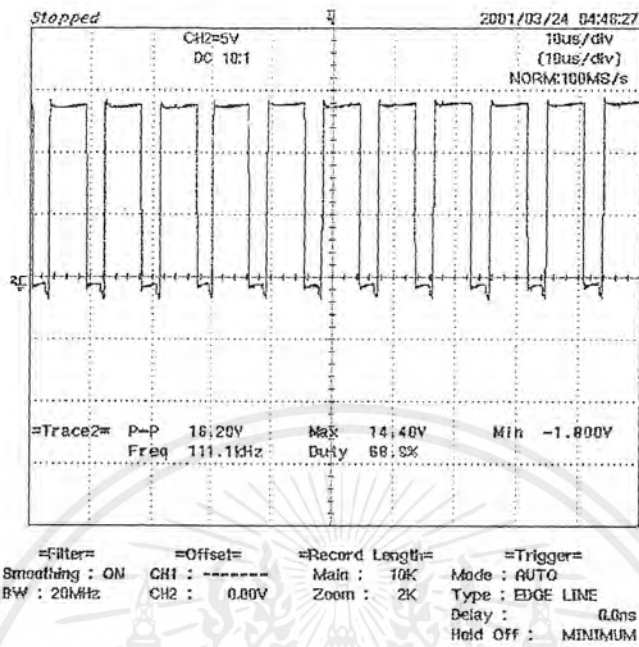


รูปที่ 179 แสดงความถี่สวิตช์ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 40 W ที่แรงดันด้านเข้า 190 V

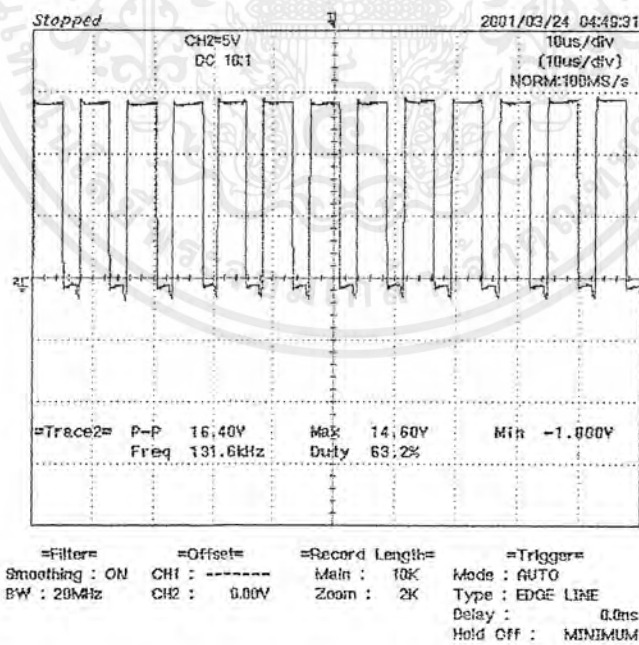


รูปที่ 180 แสดงความถี่สวิตช์ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 40 W ที่แรงดันด้านเข้า 200 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

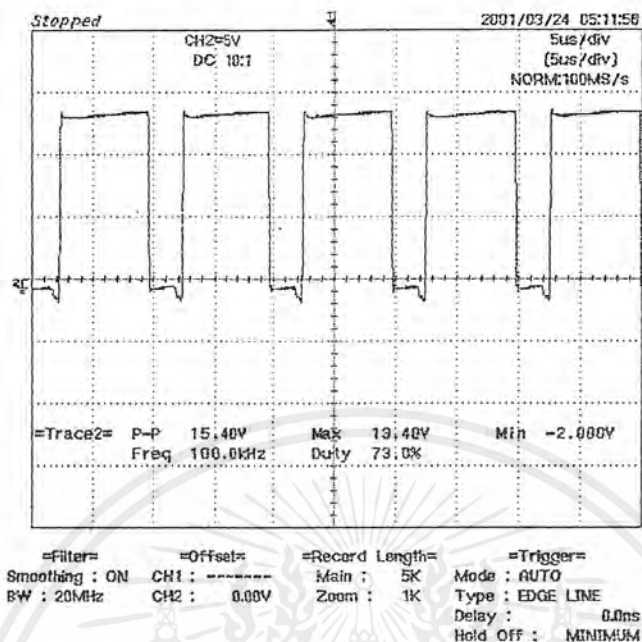


รูปที่ 181 แสดงความถี่สวิตช์ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 40 W ที่แรงดันด้านเข้า 220 V

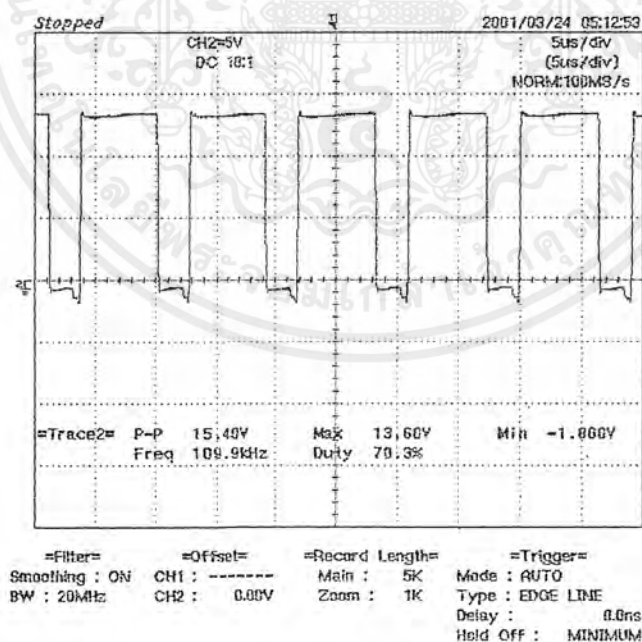


รูปที่ 182 แสดงความถี่สวิตช์ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 40 W ที่แรงดันด้านเข้า 240 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

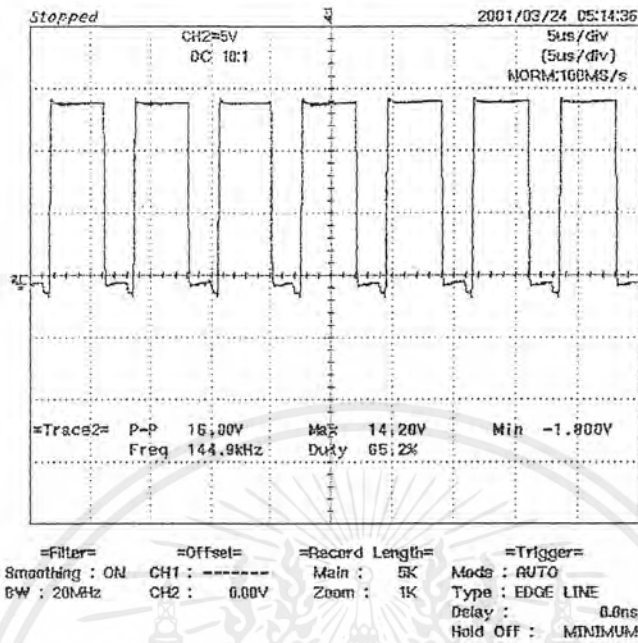


รูปที่ 183 แสดงความถี่สวิตช์ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 18 W ที่แรงดันด้านเข้า 180 V

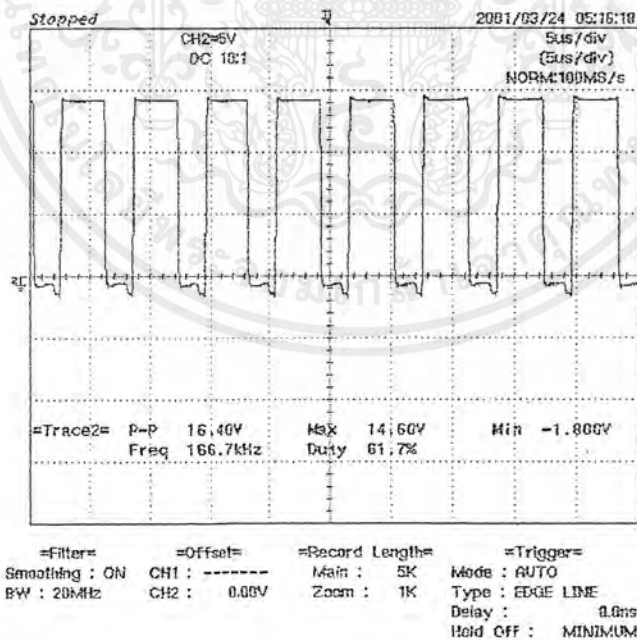


รูปที่ 184 แสดงความถี่สวิตช์ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 18 W ที่แรงดันด้านเข้า 200 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

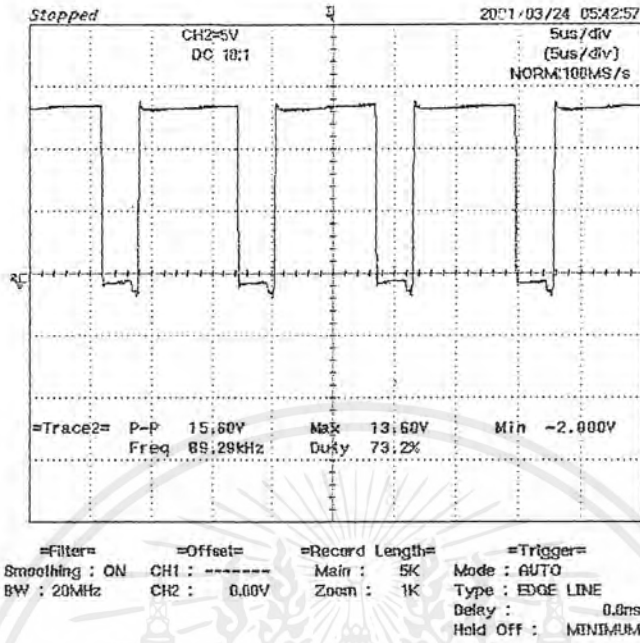


รูปที่ 185 แสดงความถี่สวิตช์ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 18 W ที่แรงดันด้านเข้า 220V

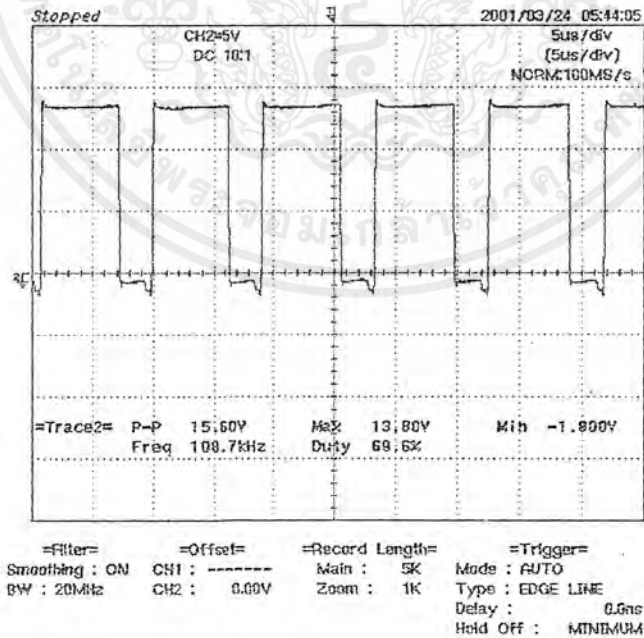


รูปที่ 186 แสดงความถี่สวิตช์ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 18 W ที่แรงดันด้านเข้า 240 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

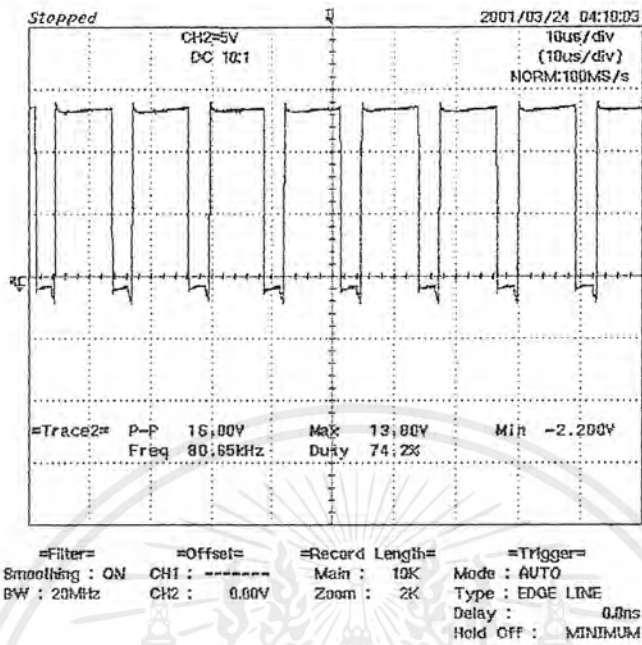


รูปที่ 187 แสดงความถี่สวิตช์ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 32 W ที่แรงดันด้านเข้า 180 V

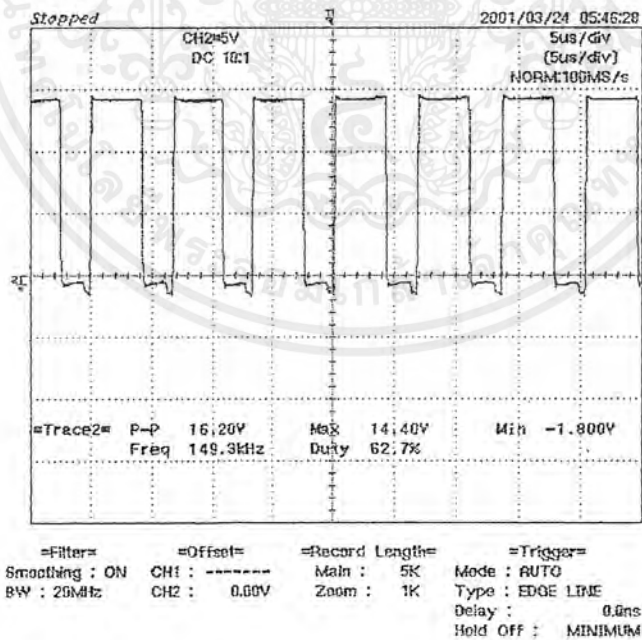


รูปที่ 188 แสดงความถี่สวิตช์ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 32 W ที่แรงดันด้านเข้า 200 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



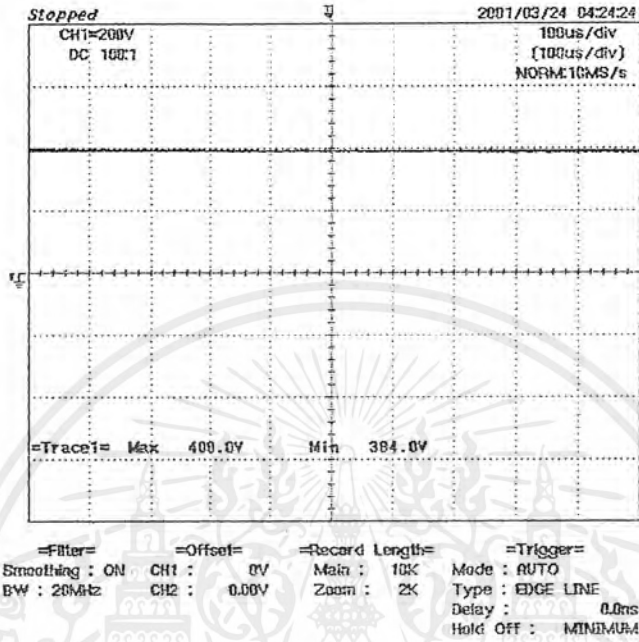
รูปที่ 189 แสดงความถี่สวิทช์ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 32 W ที่แรงดันด้านเข้า 220 V



รูปที่ 190 แสดงความถี่สวิทช์ KA 7526 เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 32 W ที่แรงดันด้านเข้า 240 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.10 แรงดัน DC LINK ที่ออกจากวงจร Boost



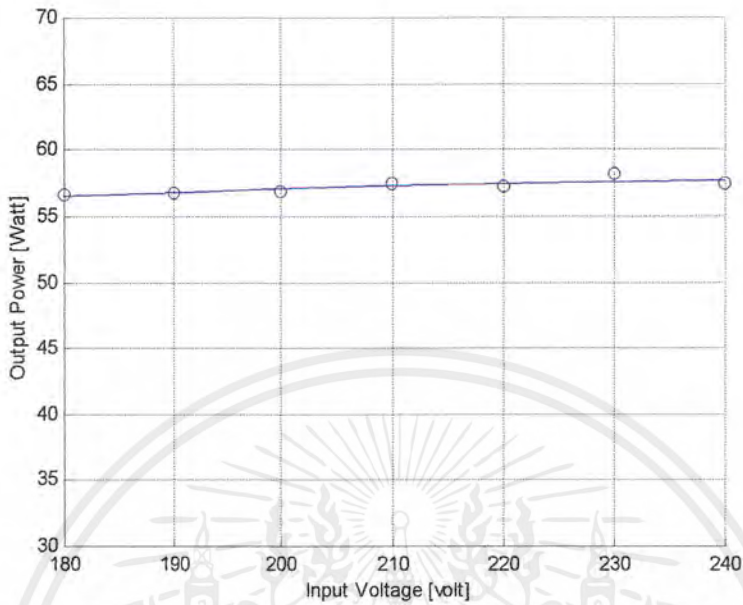
รูปที่ 191 แสดงแรงดัน DC LINK ที่แรงดันต่างๆ

5.4.11 ผลการทดสอบความสว่างของหลอด FL 36 W ของ Electronics active ballast เทียบกับ ballast อั้งอิง (magnetic ballast)

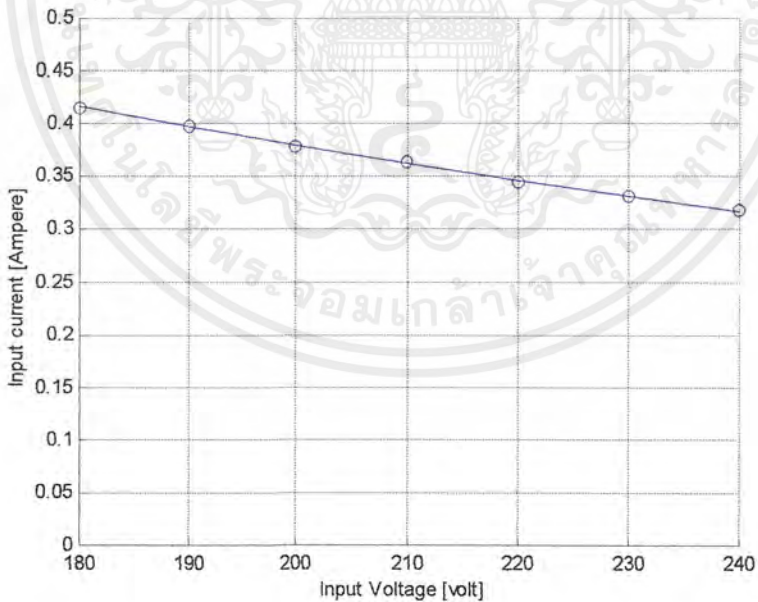
จุดที่	1	2	3	4
ชนิด ballast				
Magnetic	781Ω	875Ω	824Ω	782Ω
%ความสว่าง	100%	100%	100%	100%
Electronic Active	793Ω	902Ω	850Ω	807Ω
%ความสว่าง	98.486%	97.0%	96.94%	96.9%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับค่าต่างๆ



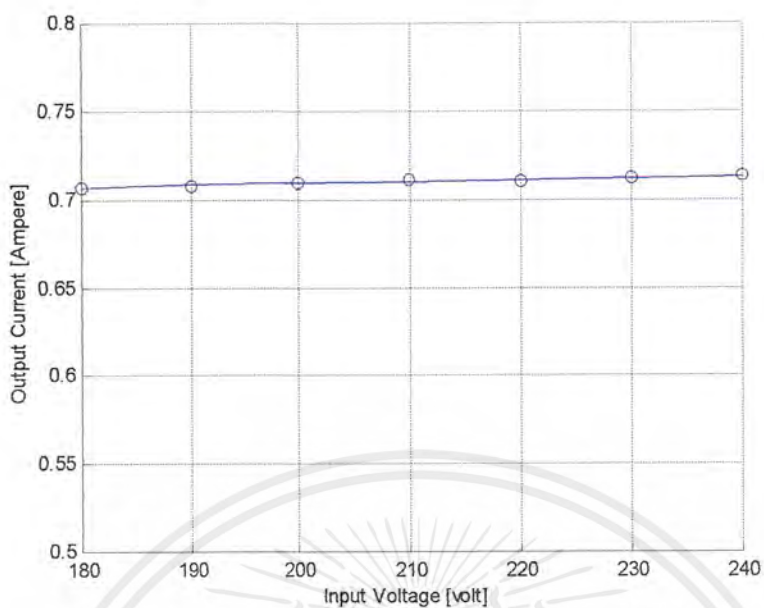
รูปที่ 192 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกำลังไฟฟ้าด้านออก เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 36 W



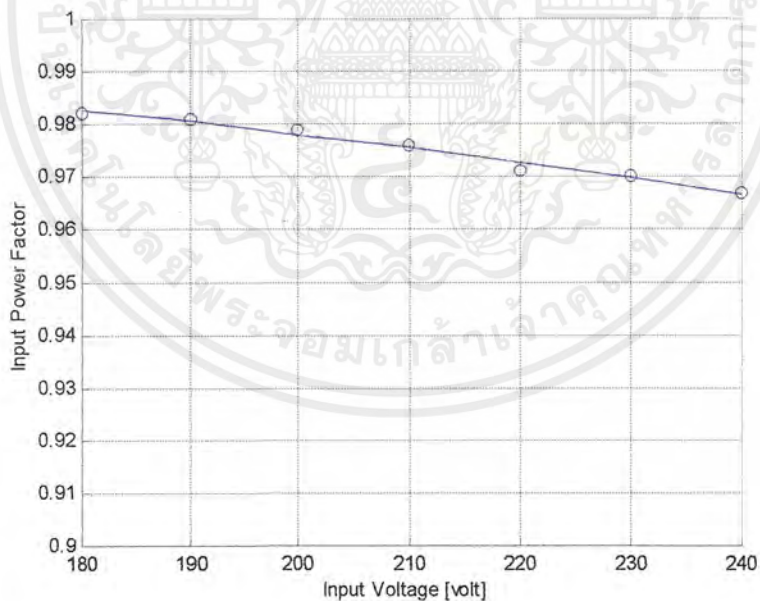
รูปที่ 193 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกระแสด้านเข้าเมื่อใช้กับ

หลอด FL 36 + 36 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

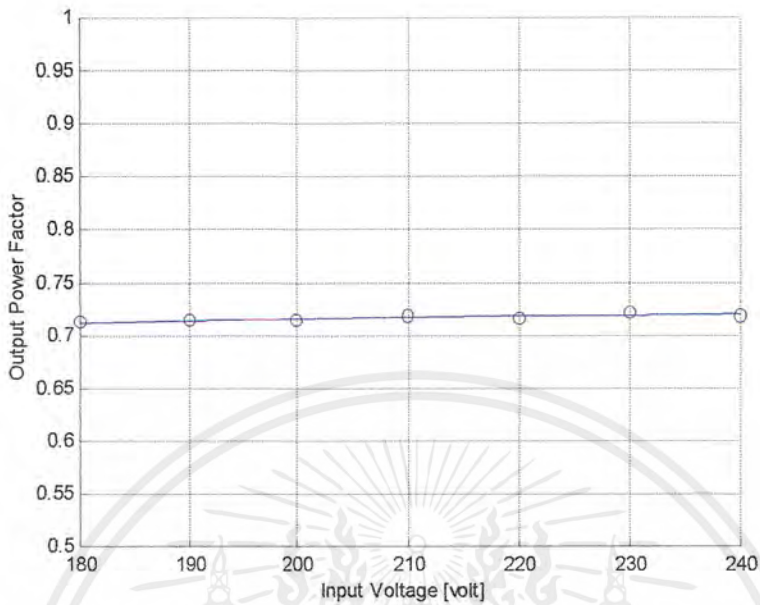


รูปที่ 194 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกระแสด้านออก
เมื่อใช้กับโหลด FL 36 + 36 W

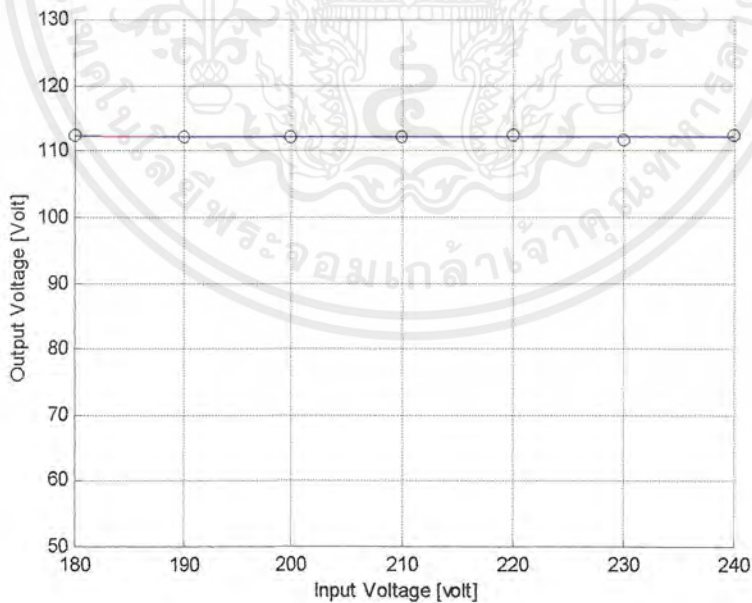


รูปที่ 195 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ power factor ด้านเข้าเมื่อใช้กับโหลด
36 + 36W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

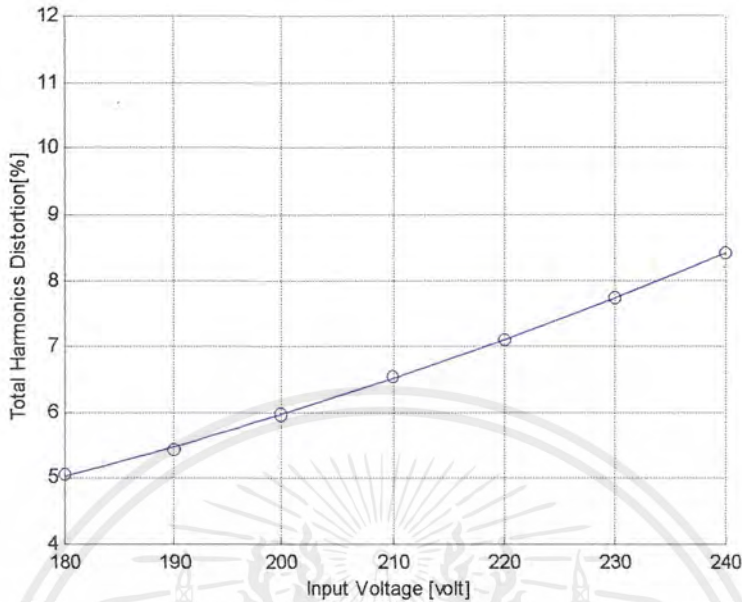


รูปที่ 196 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ power factor ด้านออก
เมื่อใช้กับโหลด FL 36 + 36 W

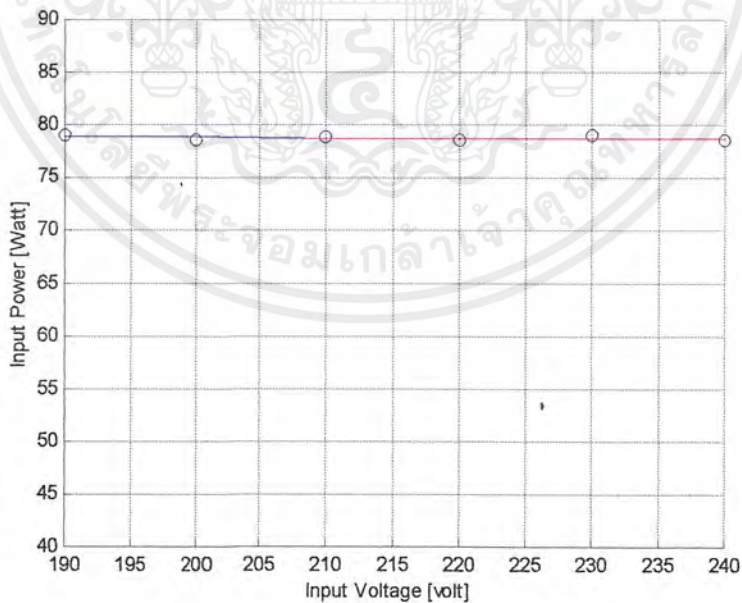


รูปที่ 197 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับแรงดันด้านออกเมื่อใช้กับโหลด FL
36 + 36 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

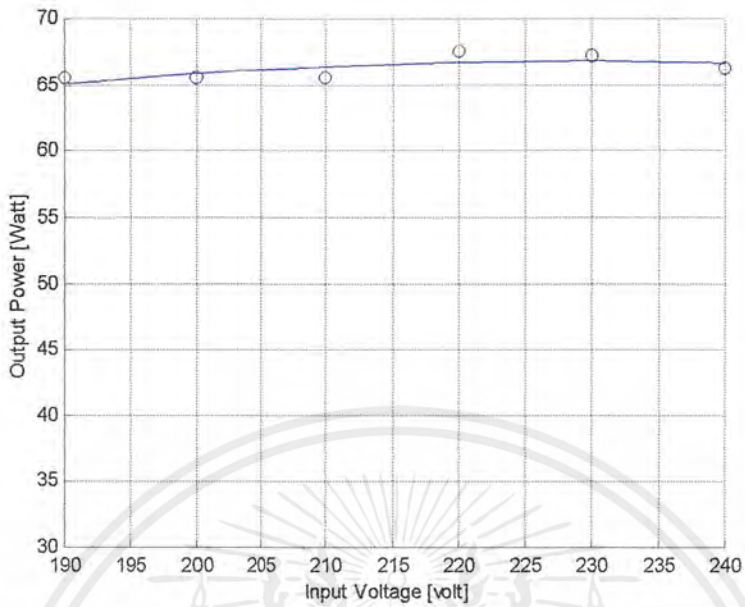


รูปที่ 198 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ Total Harmonic Distortion
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 36 W

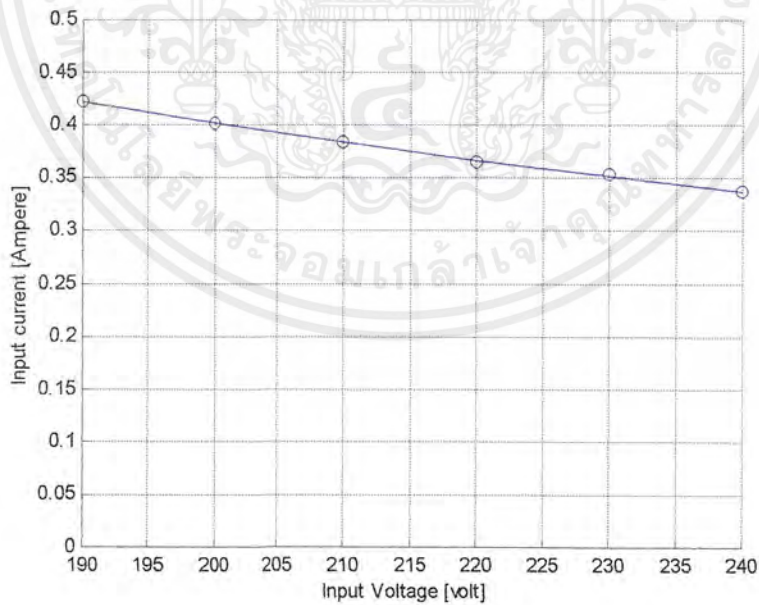


รูปที่ 199 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกำลังไฟฟ้าด้านเข้า
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 40 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

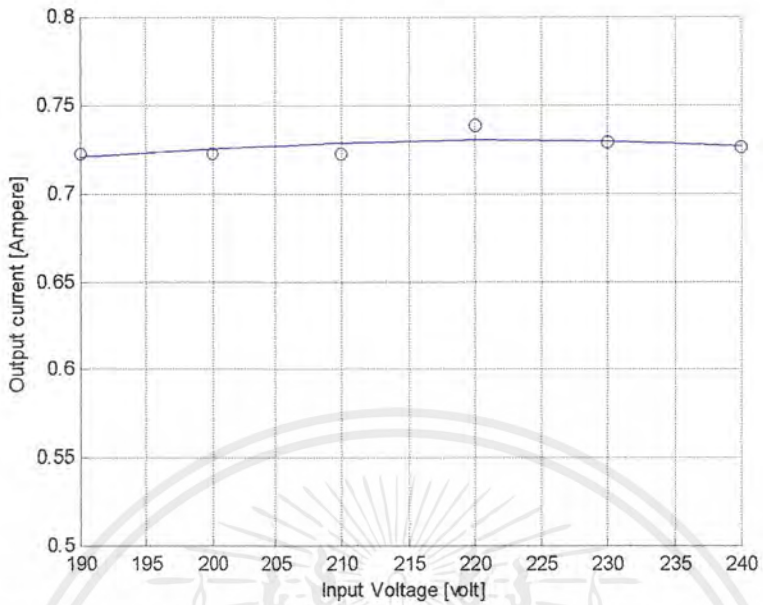


รูปที่ 200 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกำลังไฟฟ้าด้านออก
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 40 W

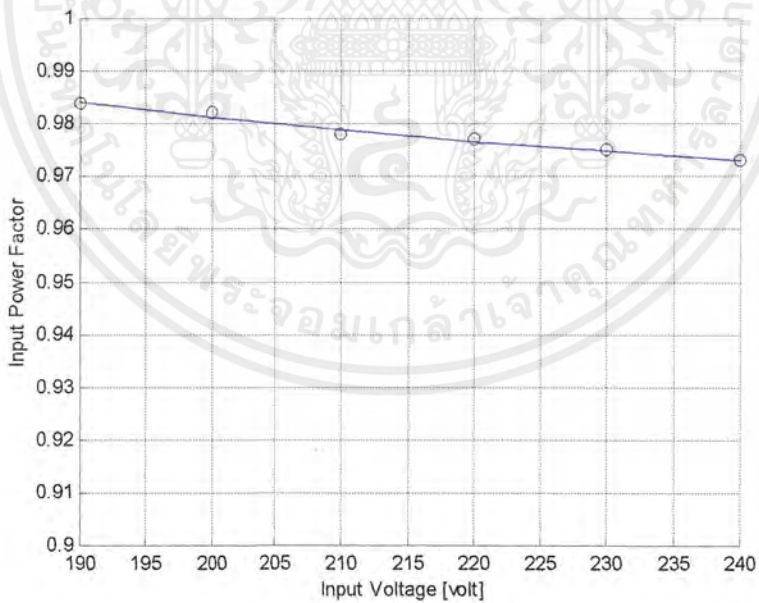


รูปที่ 201 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกระแสด้านเข้า
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 40 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

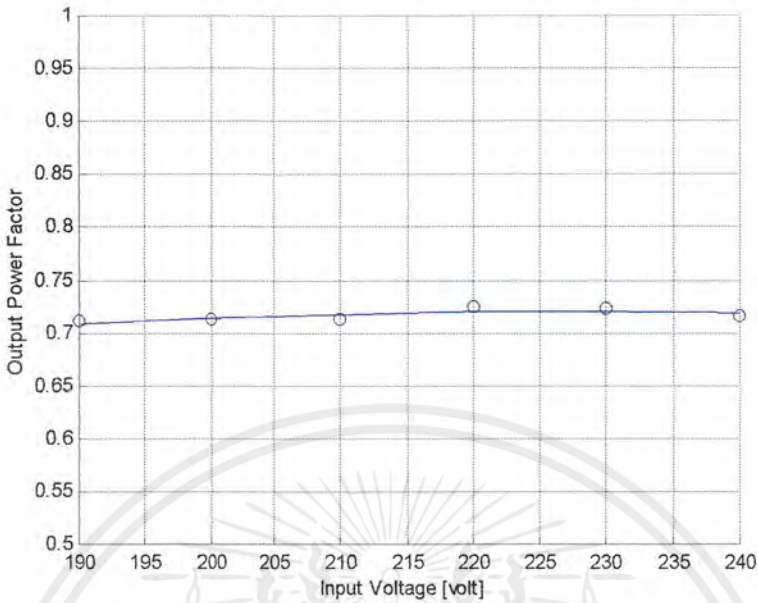


รูปที่ 202 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกระแสด้านออก
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 40 W

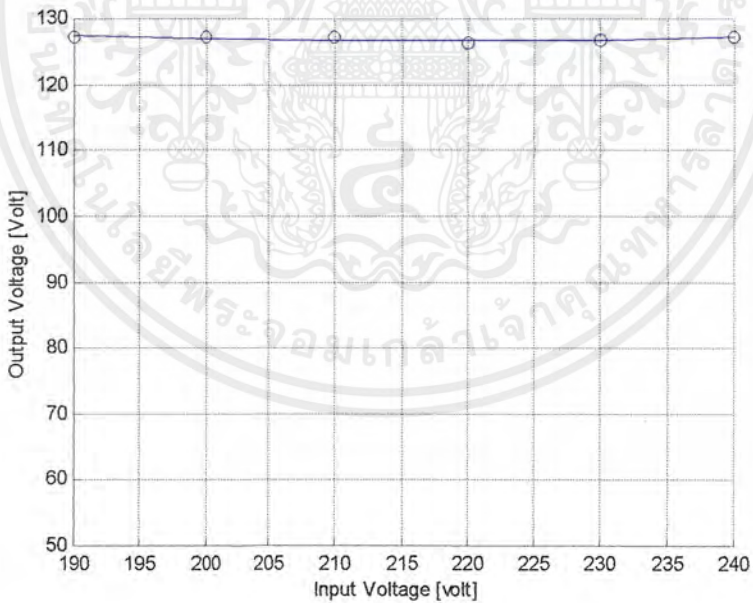


รูปที่ 203 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ power factor ด้านเข้า
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 40 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

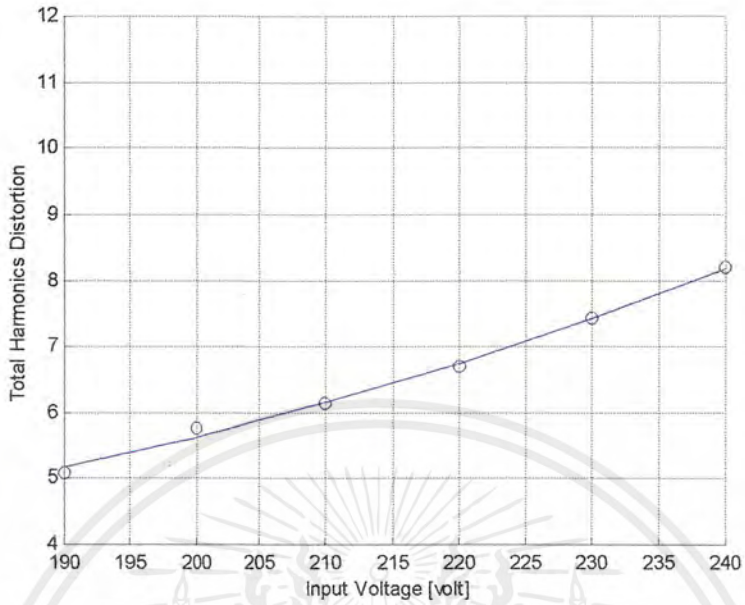


รูปที่ 204 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ power factor ด้านออก

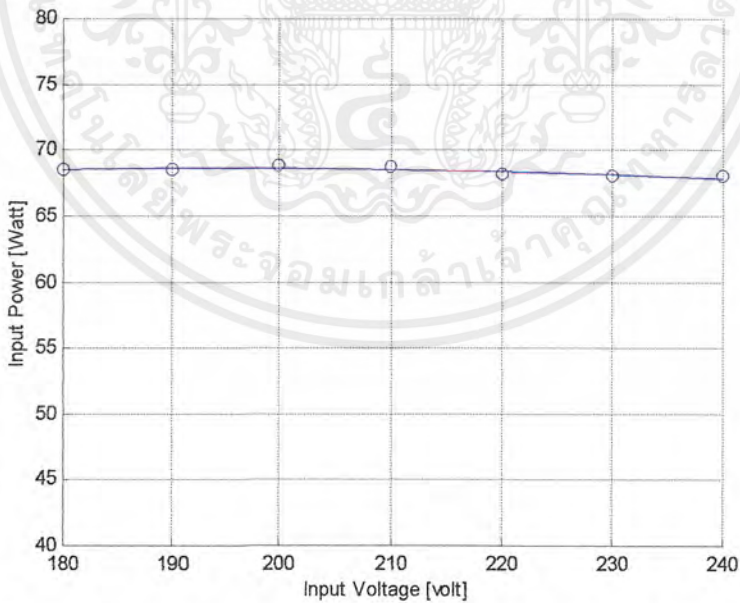


รูปที่ 205 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับแรงดันด้านออก
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 40 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

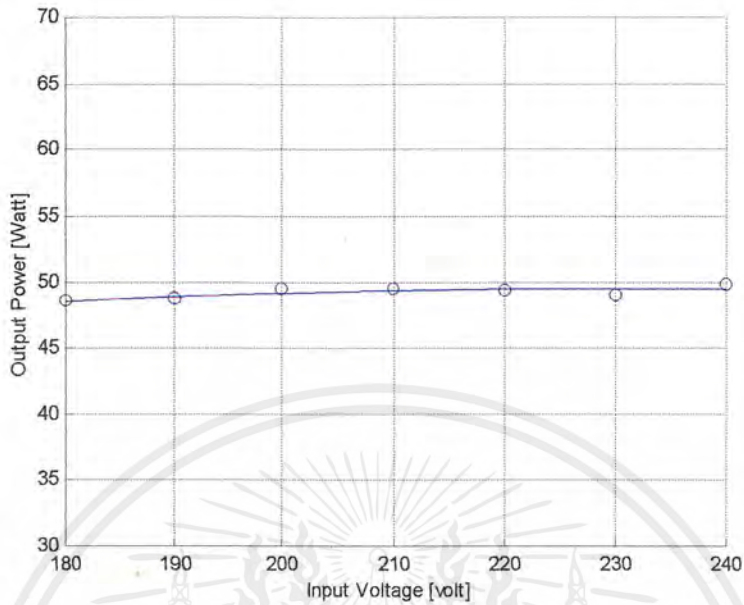


รูปที่ 206 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ Total Harmonics Distortion
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 40 W

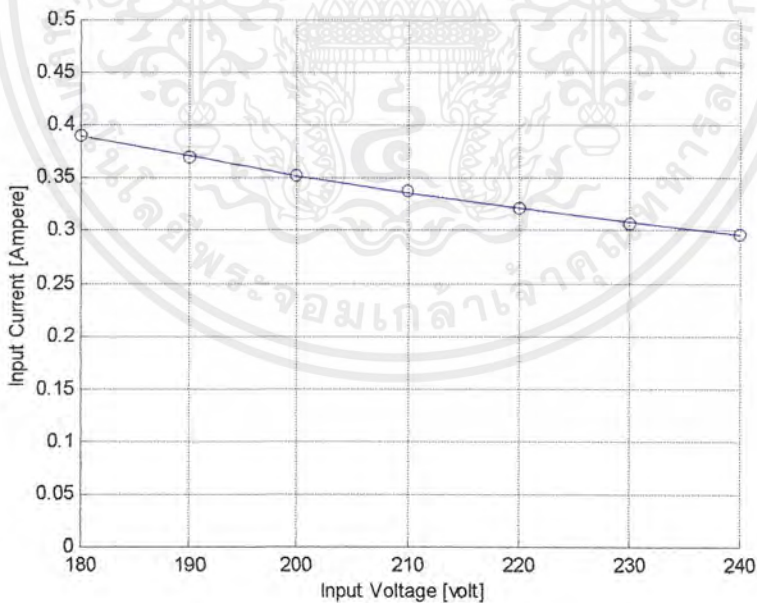


รูปที่ 207 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกำลังไฟฟ้าด้านเข้า
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 32 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

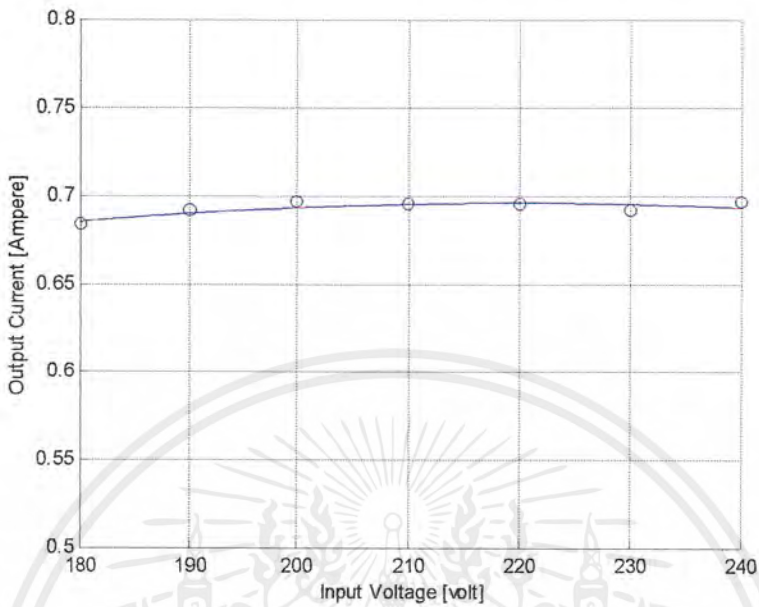


รูปที่ 208 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกำลังไฟฟ้าด้านออก
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 32 W

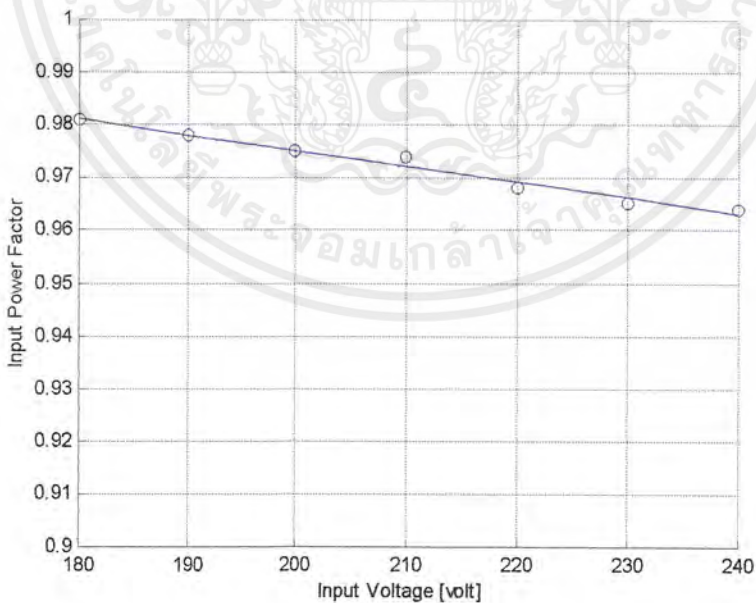


รูปที่ 209 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกระแสด้านเข้า
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 32 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

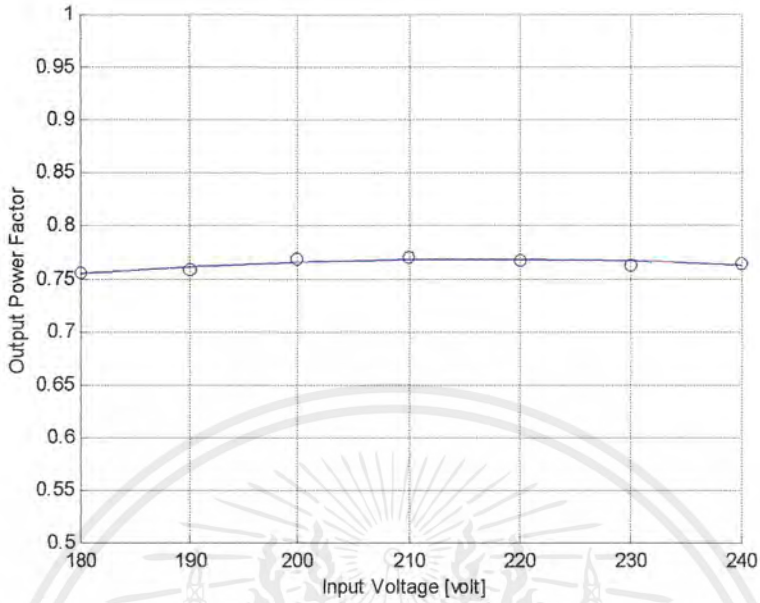


รูปที่ 210 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกระแสด้านออก
เมื่อใช้กับโหลด FL 36 + 32 W

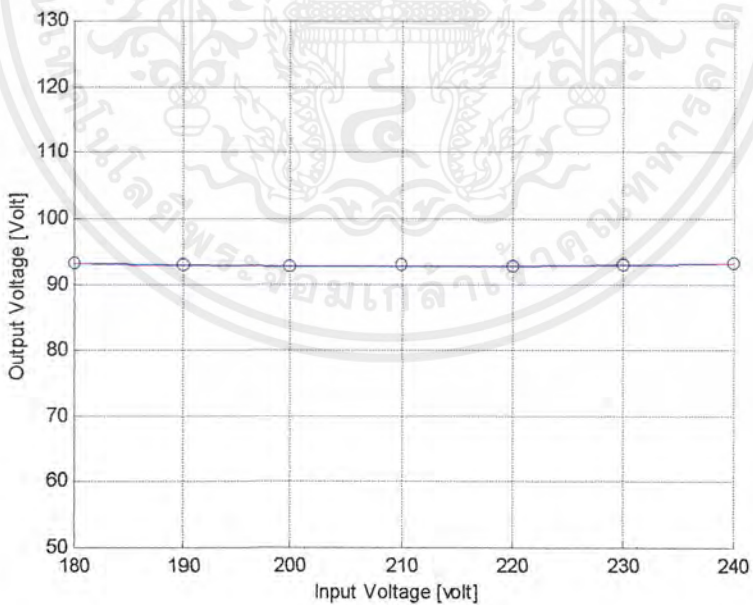


รูปที่ 211 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ power factor ด้านเข้า
เมื่อใช้กับโหลด FL 36 + 32 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

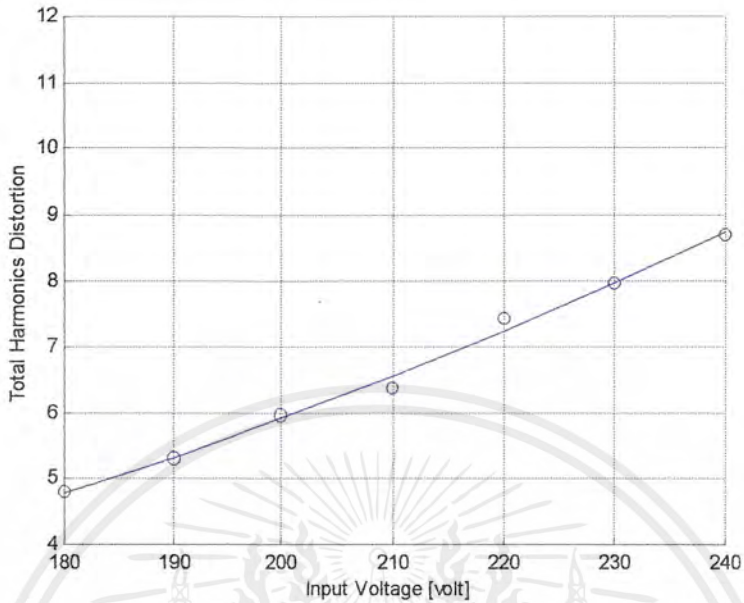


รูปที่ 212 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ power factor ด้านออก
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 32 W

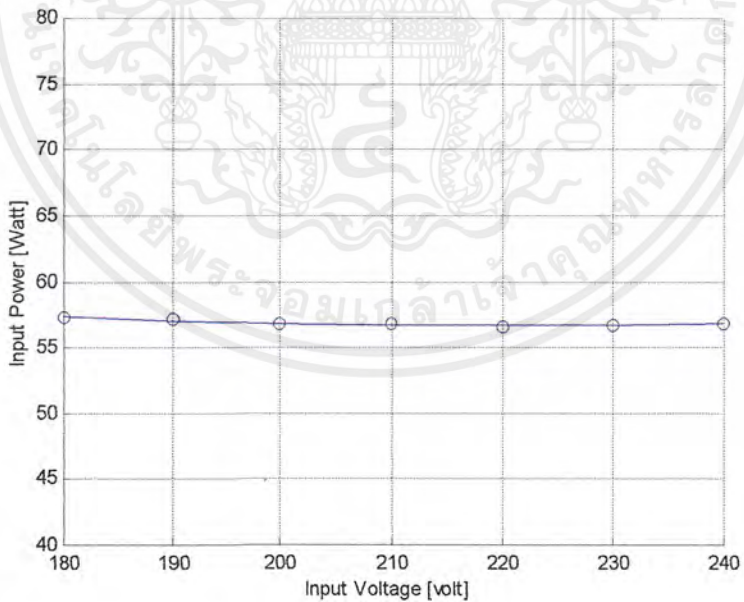


รูปที่ 213 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับแรงดันด้านออก
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 32 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

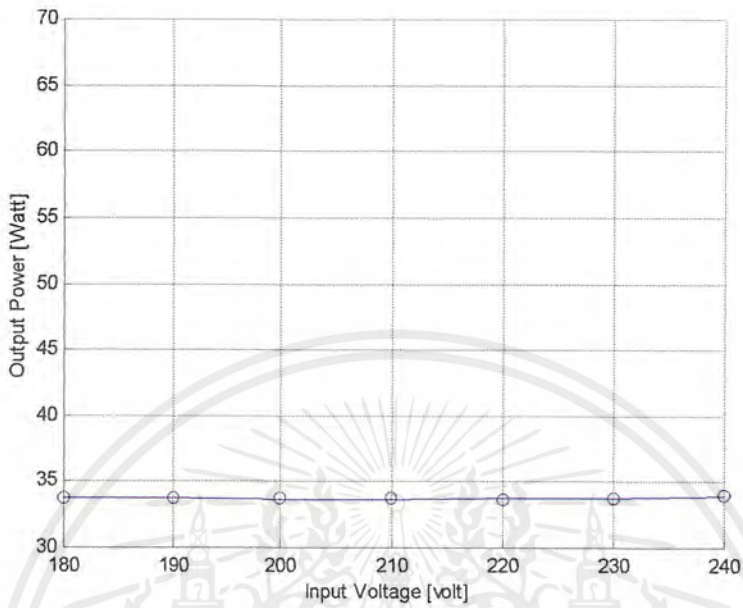


รูปที่ 214 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ Total Harmonics Distortion
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 32 W

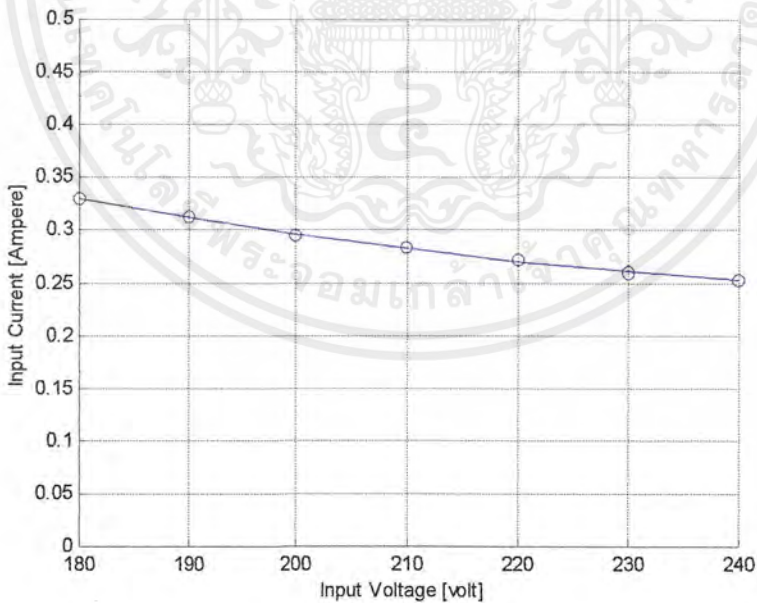


รูปที่ 215 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกำลังไฟฟ้าด้านเข้า
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 18 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

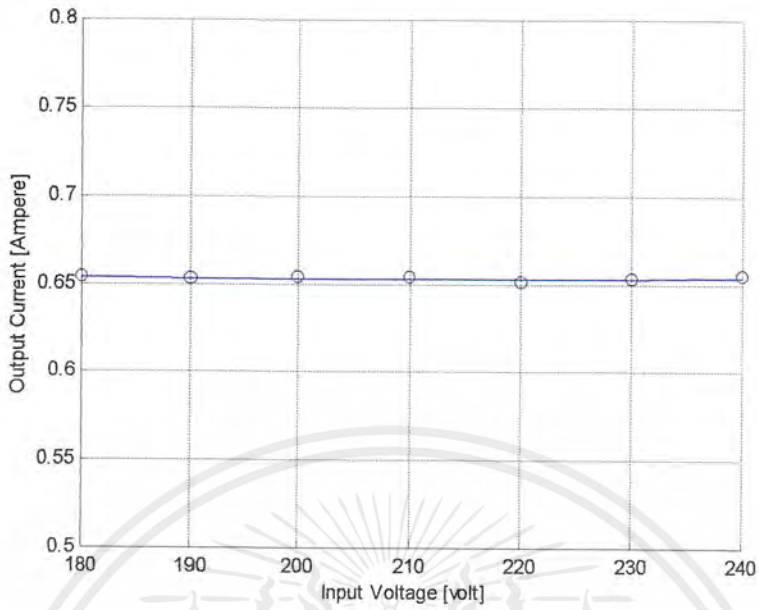


รูปที่ 216 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกำลังไฟฟ้าด้านออกเมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 18 W

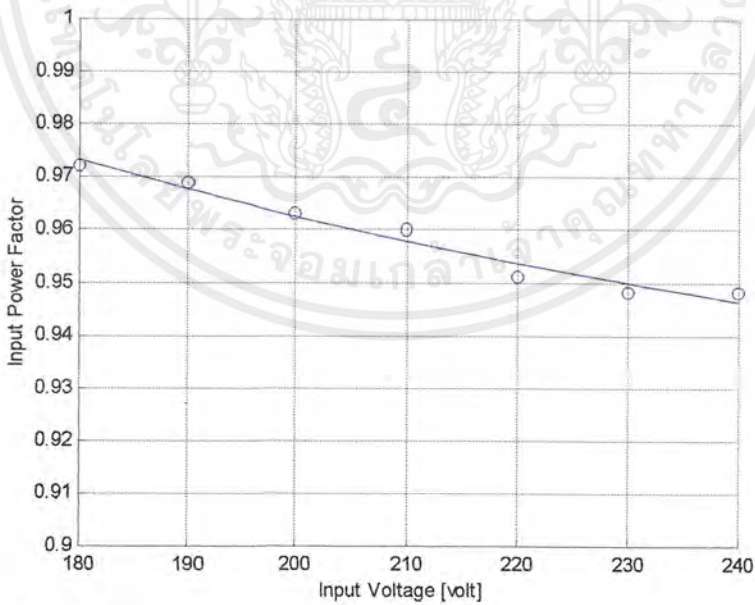


รูปที่ 217 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกระแสด้านเข้าเมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 18 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

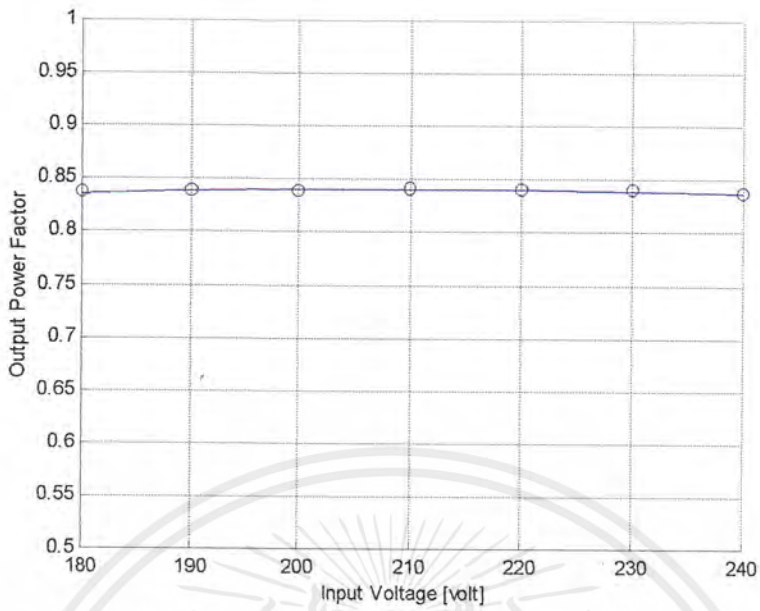


รูปที่ 218 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกระแสด้านออก
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 18 W

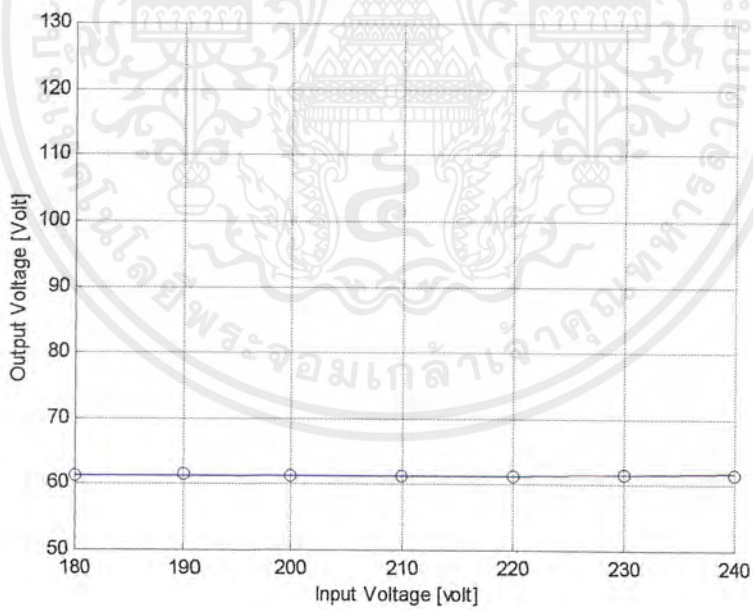


รูปที่ 219 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ power factor ด้านเข้า
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 18 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

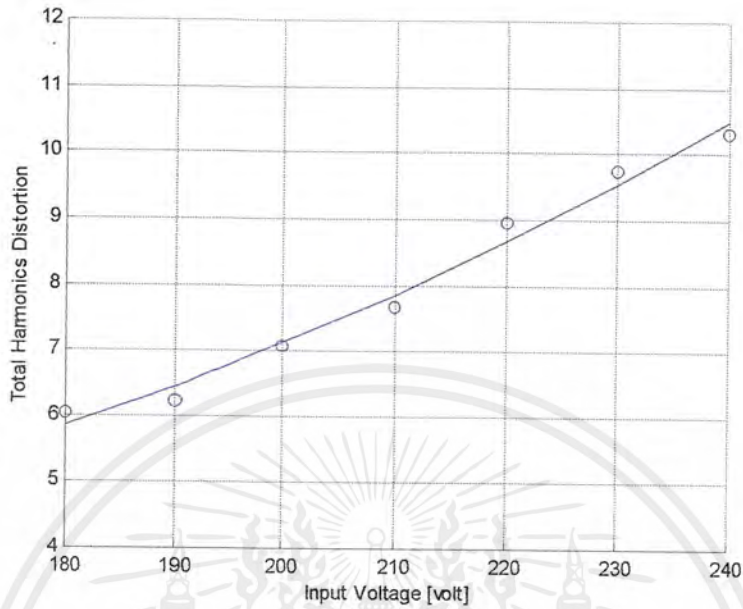


รูปที่ 220 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ power factor ด้านออก
เมื่อใช้กับโหลด FL 36 + 18 W

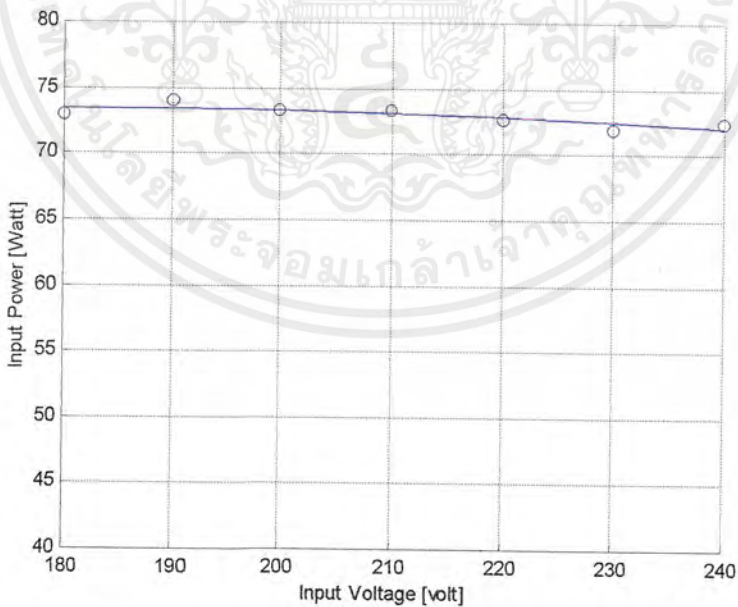


รูปที่ 221 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับแรงดันด้านออก
เมื่อใช้กับโหลด FL 36 + 18 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

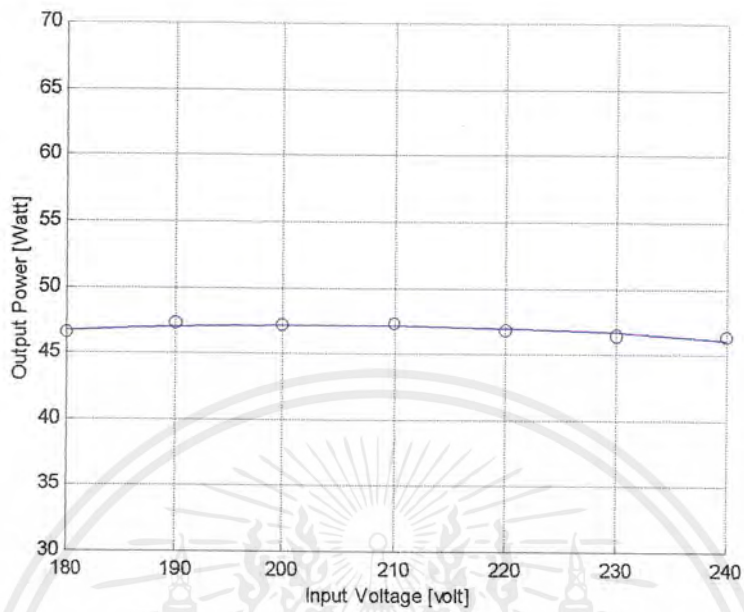


รูปที่ 222 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ Total Harmonics Distortion
เมื่อใช้กับหลอด FL 36 + 18 W

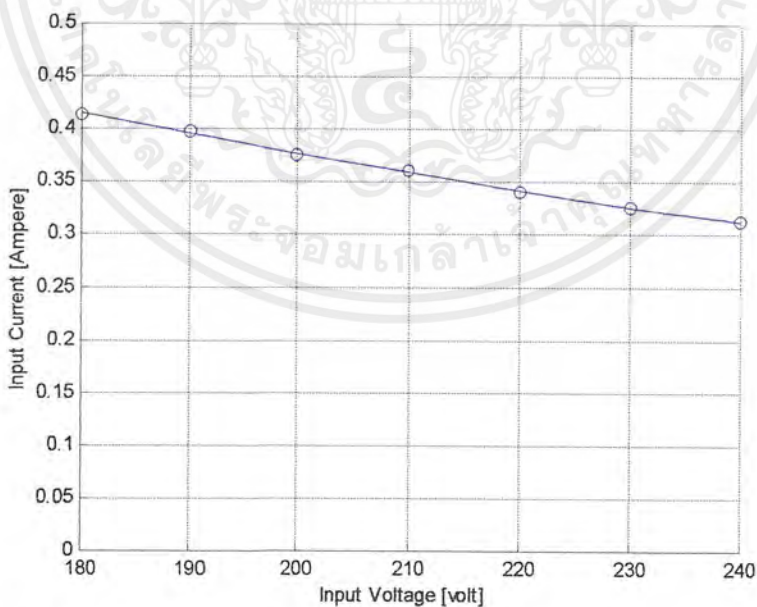


รูปที่ 223 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกำลังไฟฟ้าด้านเข้า
เมื่อใช้กับหลอด FL 40 + 32 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

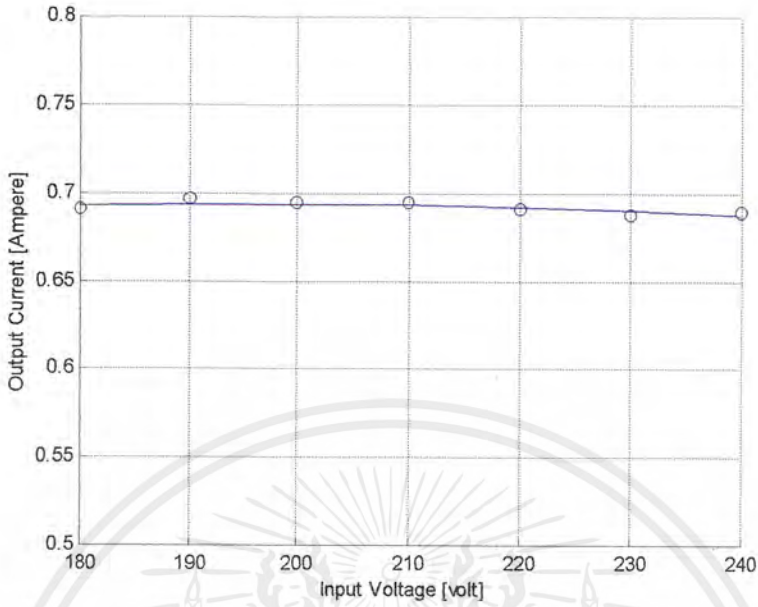


รูปที่ 224 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกำลังไฟฟ้าด้านออก
เมื่อใช้กับโหลด FL 40 + 32 W

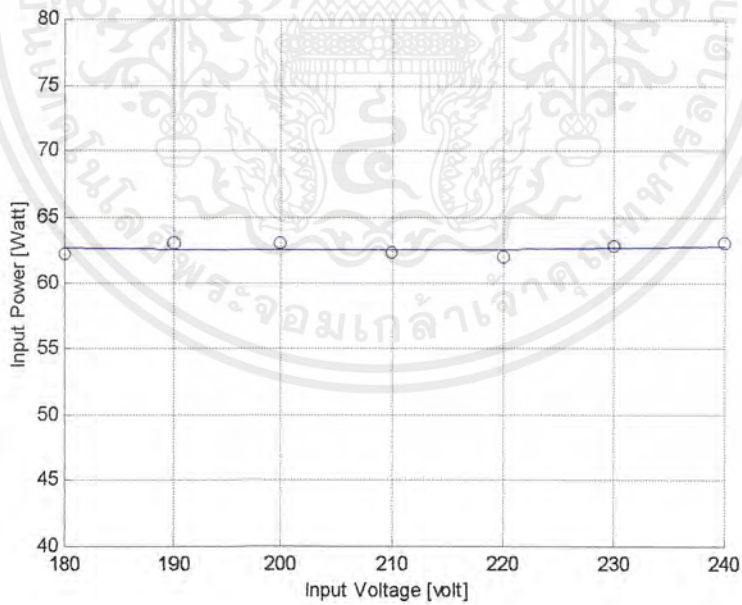


รูปที่ 225 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกระแสด้านเข้า
เมื่อใช้กับโหลด FL 40 + 32 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

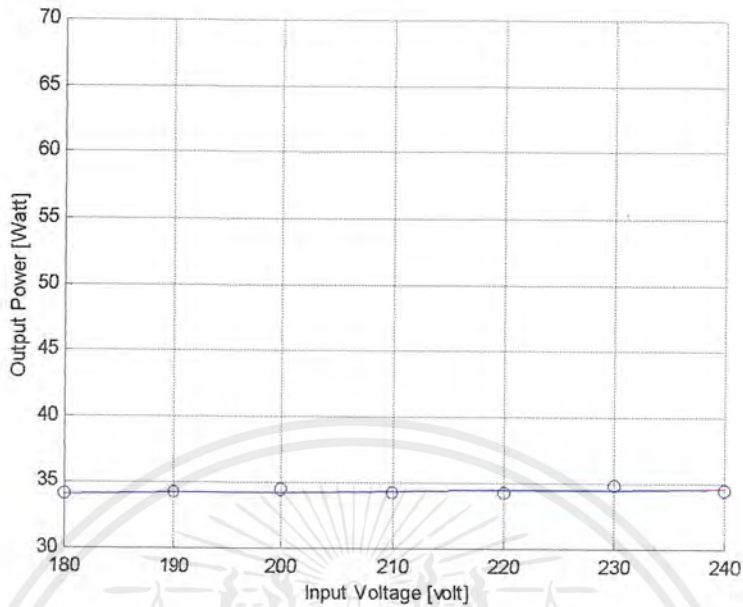


รูปที่ 226 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกระแสด้านออก
เมื่อใช้กับหลอด FL 40 + 32 W

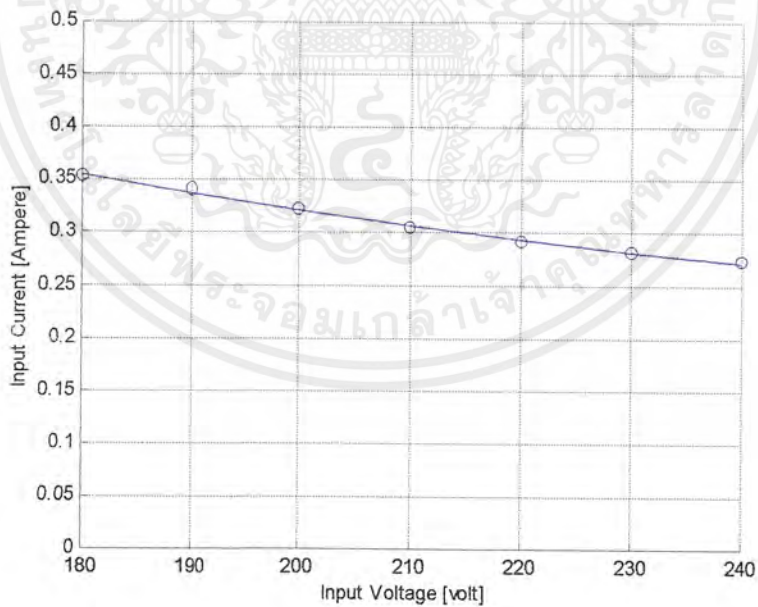


รูปที่ 227 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับการกำลังไฟฟ้าด้านเข้า
เมื่อใช้กับหลอด FL 40 + 18 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

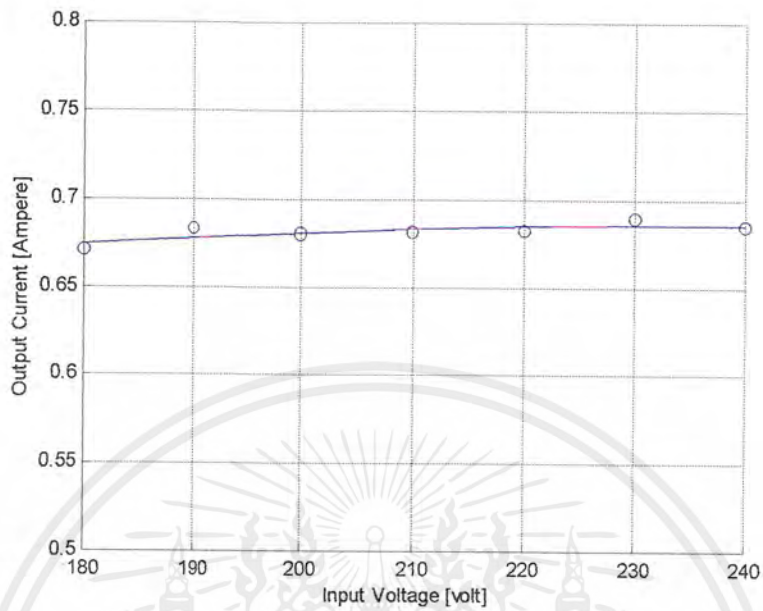


รูปที่ 228 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกำลังไฟฟ้าด้านออก
เมื่อใช้กับหลอด FL 40 + 18 W

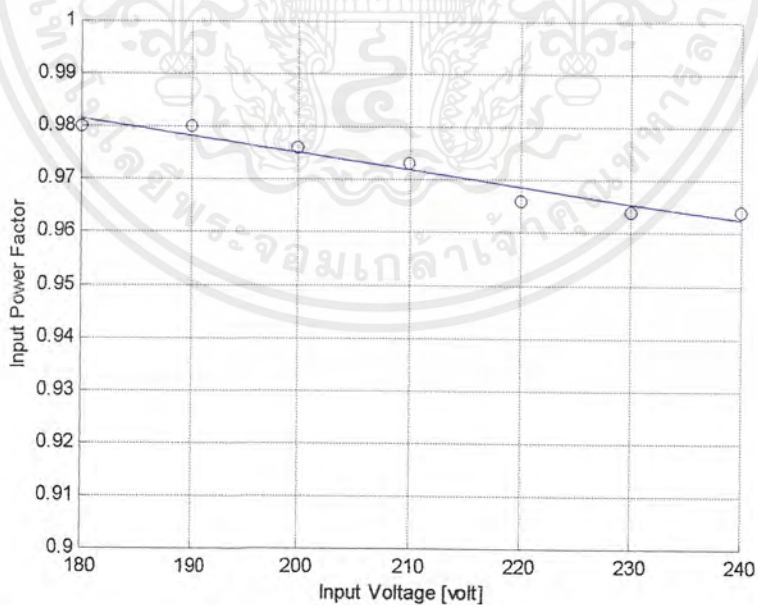


รูปที่ 229 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกระแสด้านเข้า
เมื่อใช้กับหลอด FL 40 + 18 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

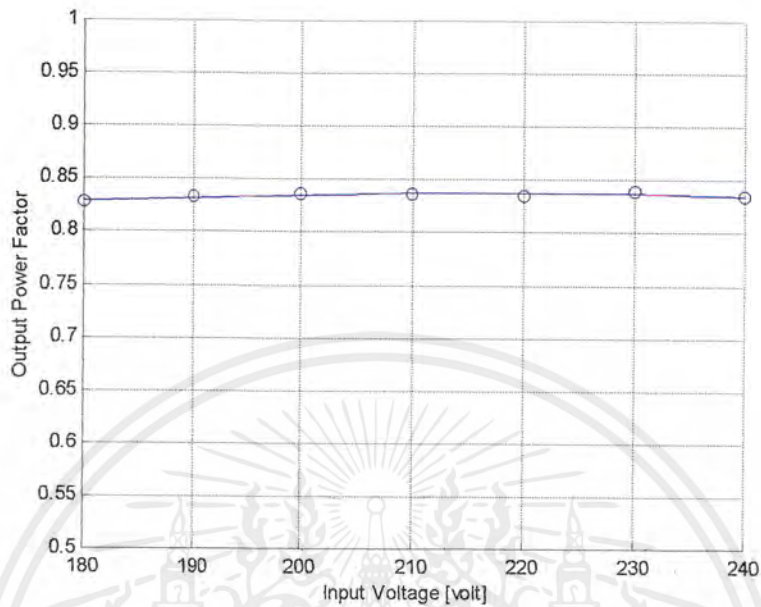


รูปที่ 230 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกระแสด้านออก
เมื่อใช้กับโหลด FL 40 + 18 W

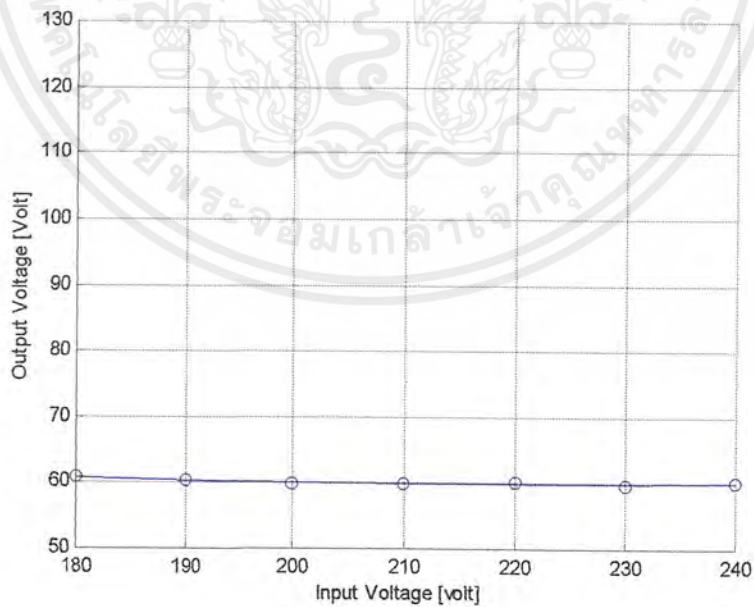


รูปที่ 231 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ power factor ด้านเข้า
เมื่อใช้กับโหลด FL 40 + 18 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

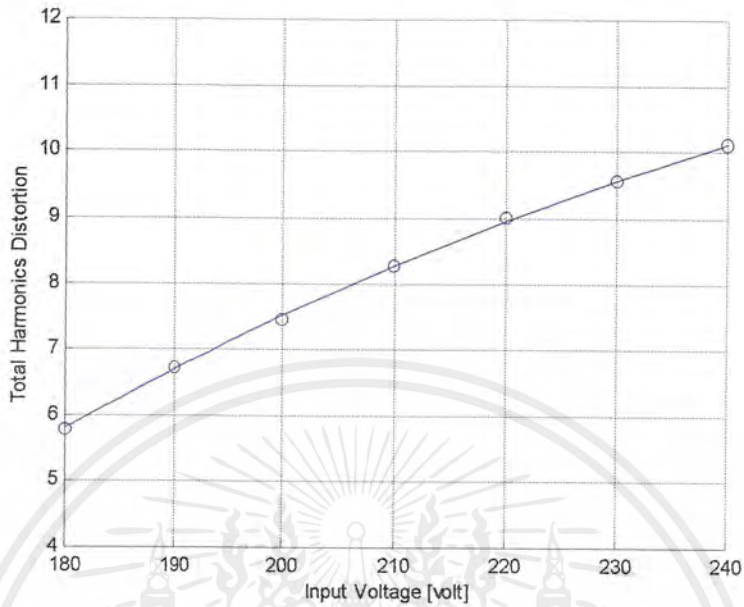


รูปที่ 232 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ power factor ด้านเข้า
เมื่อใช้กับหลอด FL 40 + 18 W

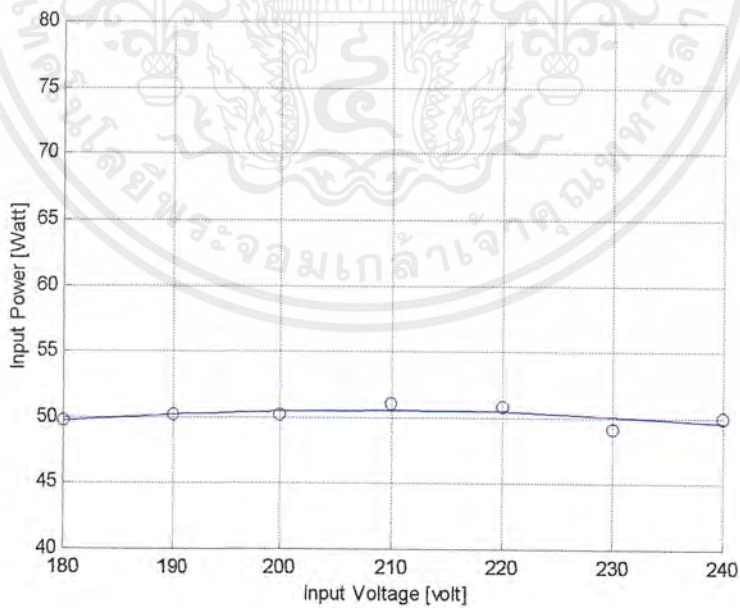


รูปที่ 233 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับแรงดันด้านออก
เมื่อใช้กับหลอด FL 40 + 18 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

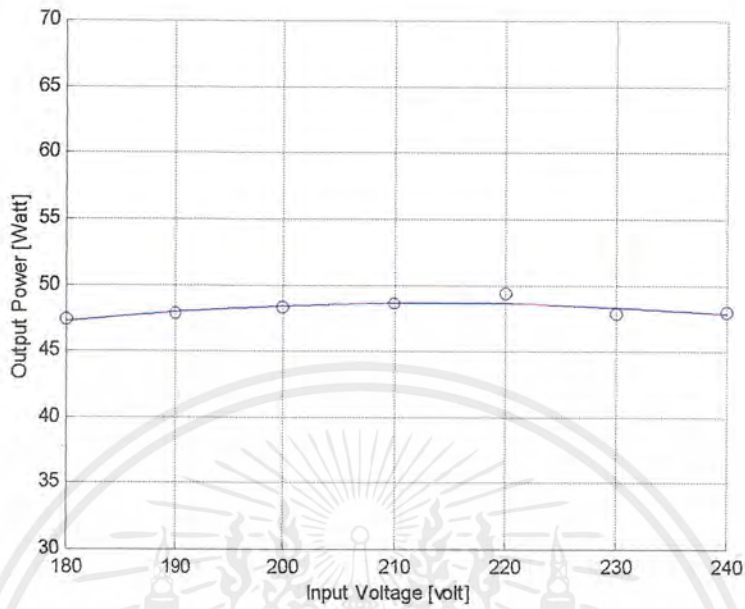


รูปที่ 234 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ Total Harmonics Distortion
เมื่อใช้กับหลอด FL 40 + 18 W

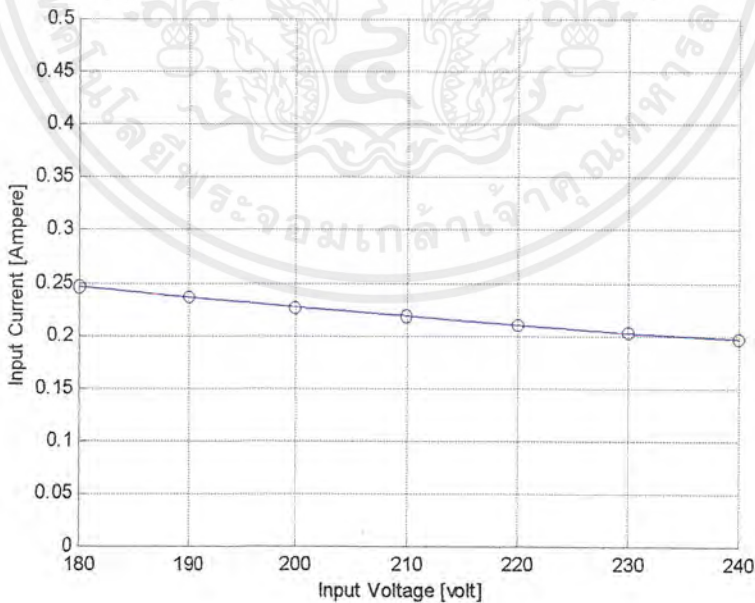


รูปที่ 235 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกำลังไฟฟ้าด้านเข้า
เมื่อใช้กับหลอด FL 32 + 18 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



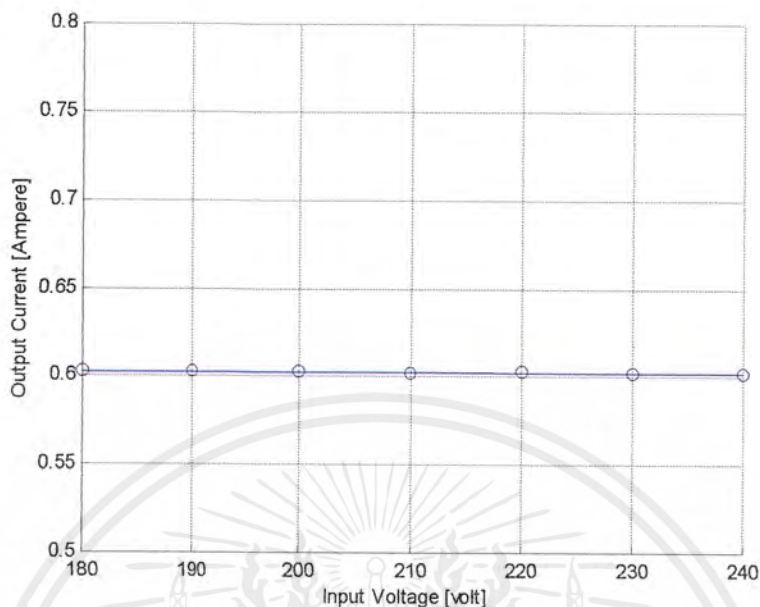
รูปที่ 236 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกำลังด้านออก
เมื่อใช้กับโหลด FL 32 + 18 W



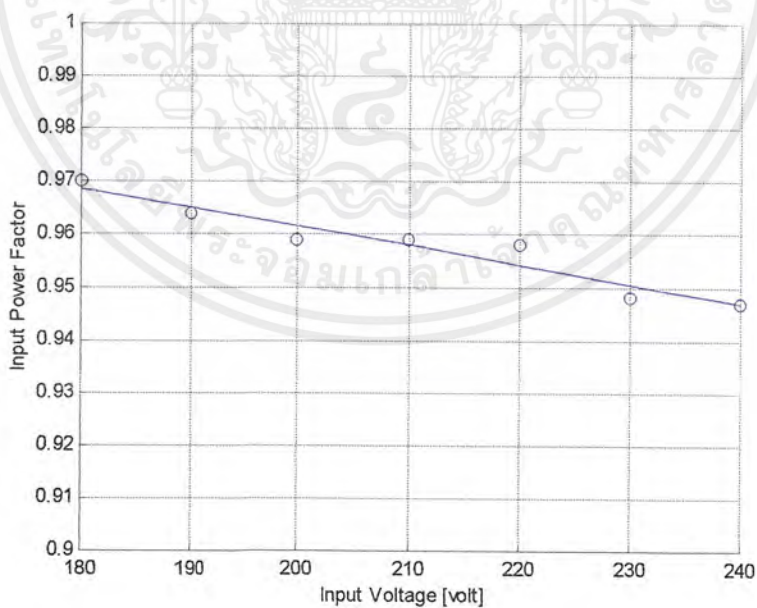
รูปที่ 237 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกระแสด้านเข้าเมื่อใช้กับ

โหลด FL 32 + 18 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

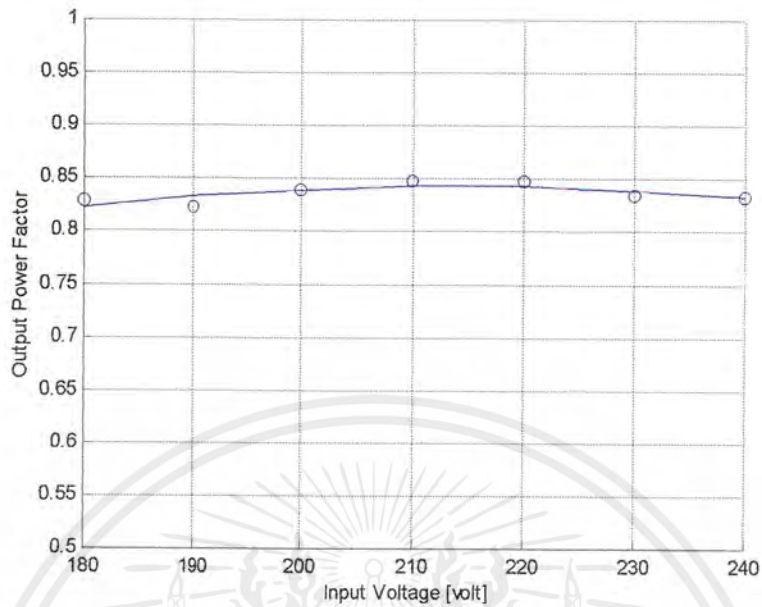


รูปที่ 238 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกระแสด้านออก
เมื่อใช้กับหลอด FL 32 + 18 W

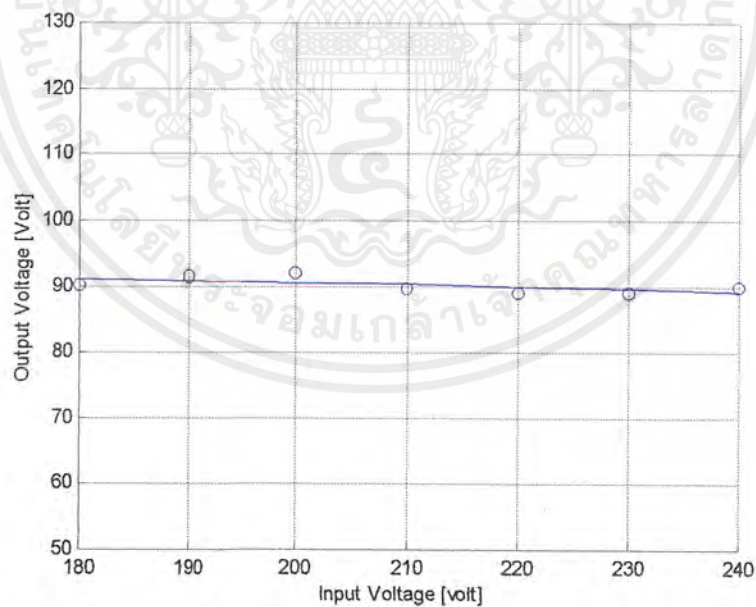


รูปที่ 239 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ power factor ด้านเข้า
เมื่อใช้กับหลอด FL 32 + 18 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

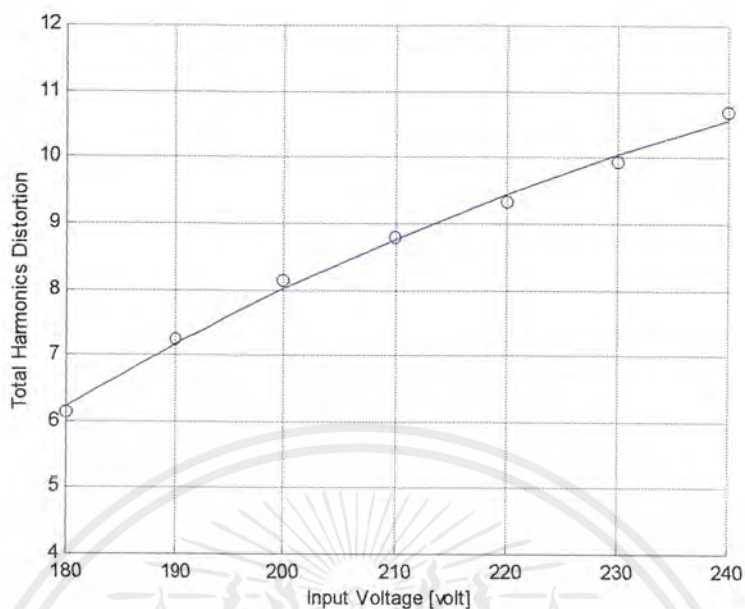


รูปที่ 240 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ power factor ด้านออก
เมื่อใช้กับโหลด FL 32 + 18 W

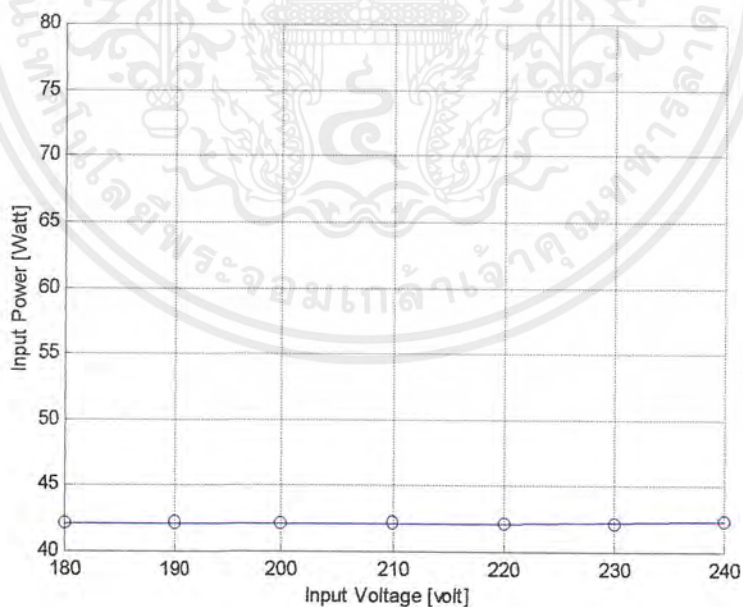


รูปที่ 241 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับแรงดันด้านออก
เมื่อใช้กับโหลด FL 32 + 18 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

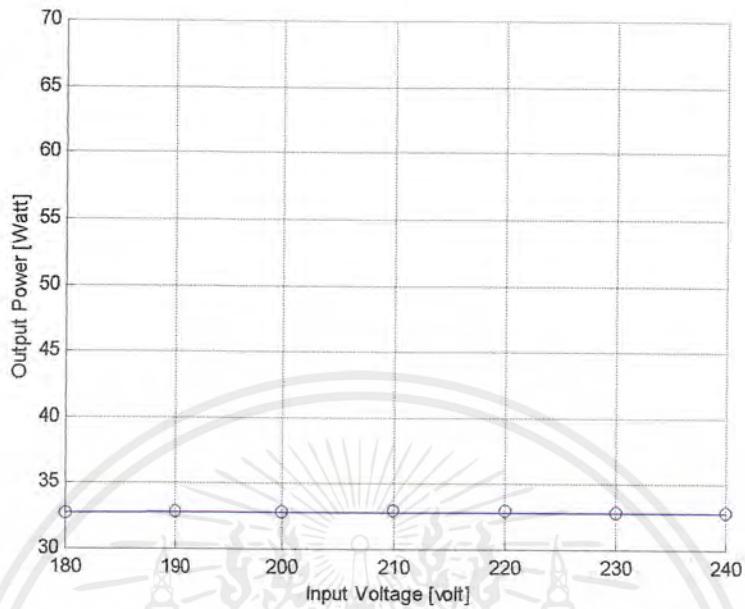


รูปที่ 242 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ Total Harmonics Distortion
เมื่อใช้กับหลอด FL 32 + 18 W

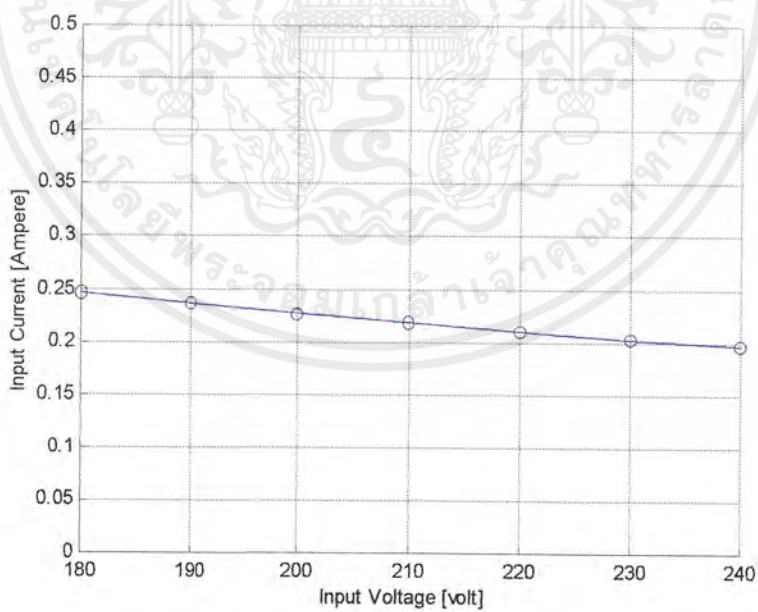


รูปที่ 243 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกำลังไฟฟ้าด้านเข้า
เมื่อใช้กับหลอด FL 18 + 18 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

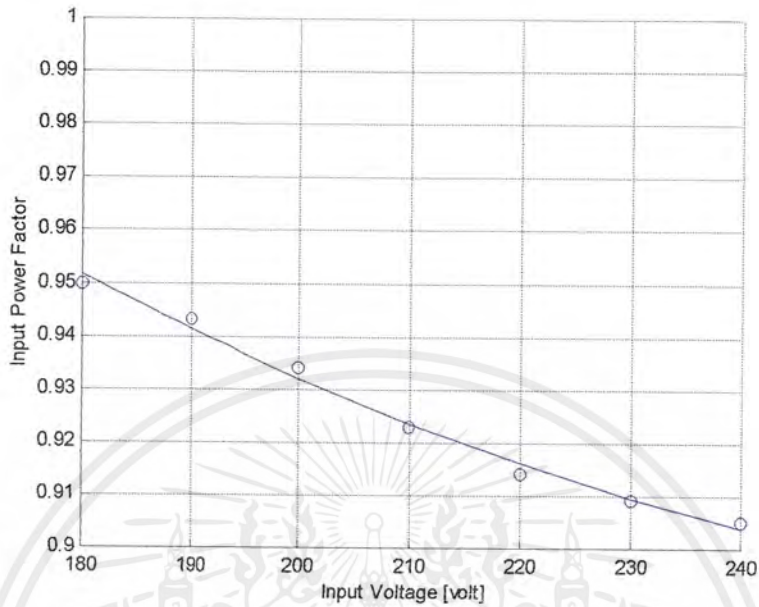


รูปที่ 244 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกำลังไฟฟ้าด้านออก
เมื่อใช้กับหลอด FL 18 + 18 W

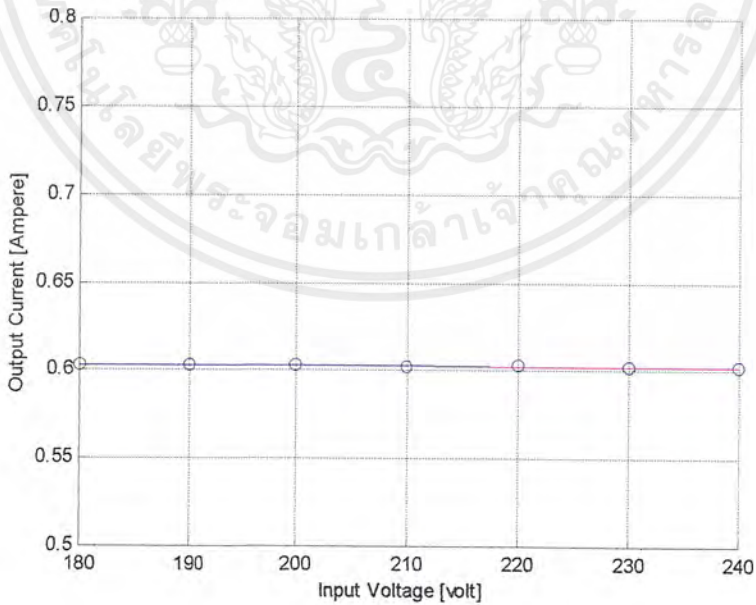


รูปที่ 245 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับกระแสด้านเข้า
เมื่อใช้กับหลอด FL 18 + 18 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

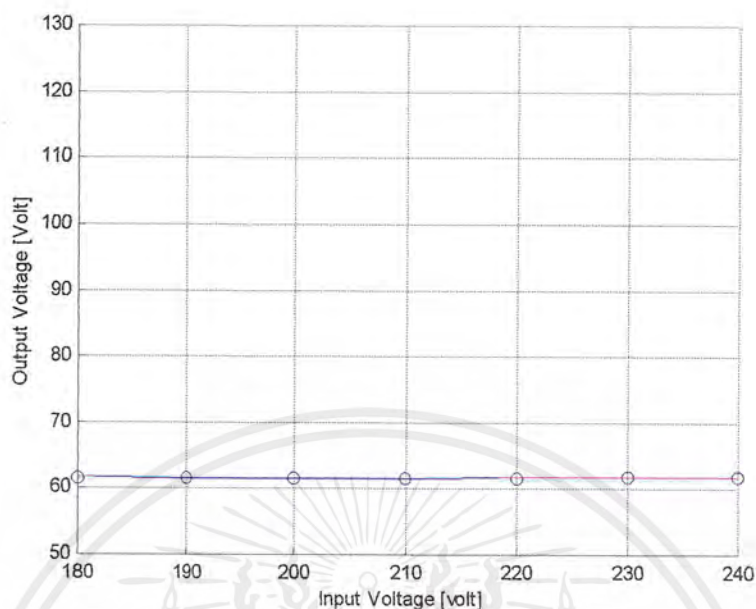


รูปที่ 246 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ power factor ด้านเข้า
เมื่อใช้กับหลอด FL 18 + 18 W

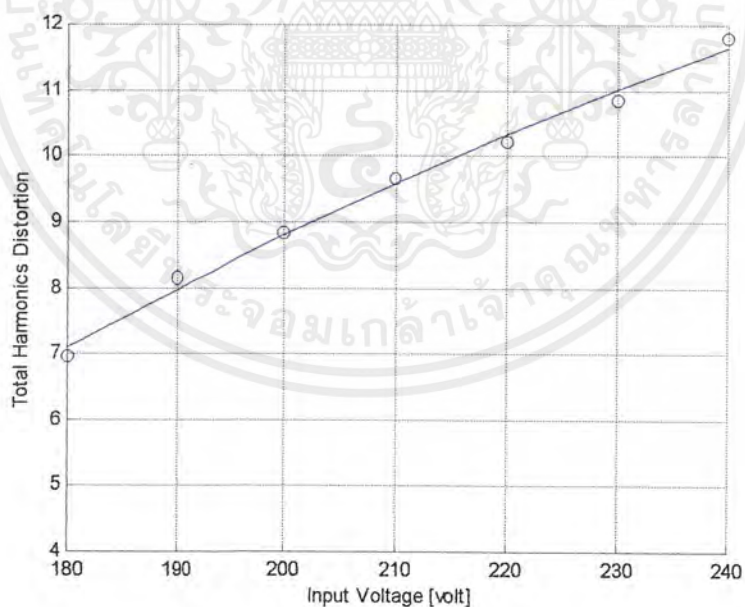


รูปที่ 247 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ power factor ด้านออก
เมื่อใช้กับหลอด FL 18 + 18 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 248 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับแรงดันด้านออก
เมื่อใช้กับหลอด FL 18 + 18 W

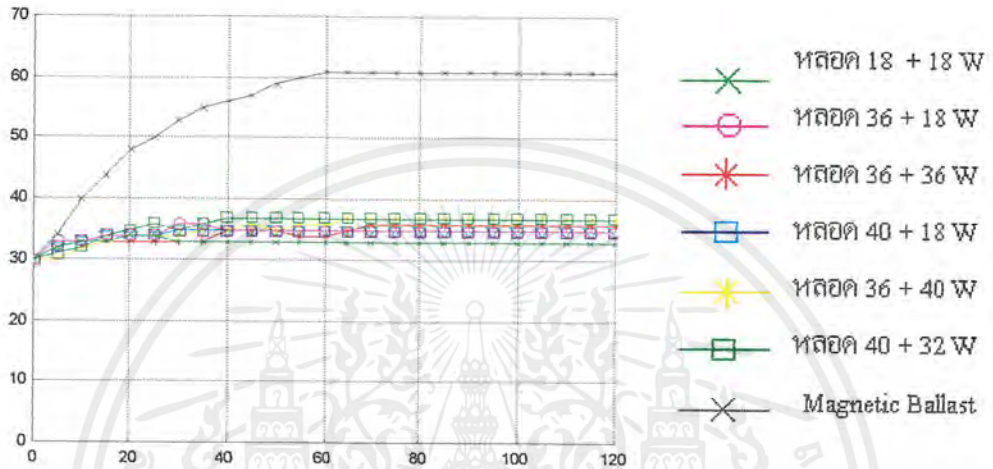


รูปที่ 249 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้ากับ Total Harmonic Distortionเมื่อใช้กับหลอด
FL 18 + 18 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของ Active Ballast เทียบกับ Magnetic Ballast

ในการวัดอุณหภูมินี้วัดที่จุดห่างจากตัวบัลลาสต์ประมาณ 10 เซนติเมตรรอบตัวบัลลาสต์ 10 จุด แต่อุณหภูมิของตัวบัลลาสต์ของจุดต่างๆมีค่าไม่เท่ากันในที่นี้ได้นำมาเปรียบเทียบเฉพาะจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเพียงหนึ่งจุดเท่านั้น



รูปที่ 250 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของ Active Ballast กับ Magnetic Ballast

5.5. วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลที่ได้จากการทดลอง จะเห็นได้ว่า ค่าบางค่าที่ได้ออกมา อาจจะดูแปลกๆไปบ้าง ซึ่งแตกต่างไปจากทฤษฎีที่เราได้พบมา แต่นี่คือความเป็นจริง จากการวิเคราะห์ได้ผลเป็นดังนี้ ค่าเปอร์เซ็นต์ของ Total Harmonics Distortion จะมีค่ามากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับแรงดันด้านเข้าซึ่งเมื่อแรงดันด้านเข้าน้อย ค่า %THDi จะมีค่าน้อย เมื่อแรงดันด้านเข้ามีค่าเพิ่มสูงขึ้น ค่า %THDi ก็จะมีค่าสูงตามแรงดันด้วย องค์ประกอบที่มีผลต่อค่า %THDi อีกอย่างซึ่งก็คือค่ากำลังไฟฟ้าด้านออกที่โหลดดึงออกไปใช้ ซึ่งถ้ากำลังไฟฟ้าด้านออกมีค่ามาก (แต่ต้องอยู่ในขอบเขตที่ได้ออกแบบไว้) ค่า %THDi จะมีค่าน้อย เมื่อนำไปใช้กับโหลดที่ต่ำลงค่า %THDi จะเพิ่มขึ้นแต่ก็ไม่มากนักเกินไปแรงดันคร่อมหลอดและกระแสที่ไหลผ่านหลอดจะขึ้นอยู่กับค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดนั้นๆ ซึ่งถ้าหลอดมีค่ากำลังไฟฟ้าสูงแรงดันคร่อมหลอดและกระแสไหลผ่านหลอดก็จะสูงขึ้นด้วย DC - LINK จะมีค่าคงที่ไม่ว่าแรงดันด้านเข้าจะเปลี่ยนแปลงจาก 180 - 240 V ก็ตามความถี่สวิทซ์ของ IC #

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KA7526 ปกติจะมีค่าคงที่แต่ในที่นี้จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปบ้างแต่ก็ไม่มากเมื่อแรงดันด้านเข้ามีค่าเปลี่ยนแปลง แต่ตัวที่จะเปลี่ยนแปลงเมื่อแรงดันด้านเข้าเปลี่ยนแปลงก็คือค่า duty cycle ของ สัญญาณขับสวิตช์โดยที่เมื่อแรงดันด้านเข้ามีค่าน้อยค่า duty cycle จะมีค่ามาก และเมื่อแรงดันด้านเข้าเพิ่มขึ้นค่า duty cycle ก็จะมีค่าลดลงกำลังไฟฟ้าทางด้านเข้าและด้านออกจะมีค่าแปรตามค่าโหลด โดยที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามแรงดัน ไฟฟ้าทางด้านเข้าความแตกต่างระหว่างกำลังไฟฟ้าทางด้านเข้าและออกที่วัดออกมาได้ไม่ถือว่าเป็นค่าความสูญเสียในตัว ballast เนื่องจากความถี่ของแรงดันและกระแสทางด้านเข้าและด้านออกไม่เท่ากันตัวประกอบกำลังทางด้านเข้าจะมีค่าไม่คงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับแรงดันทางด้านเข้าโดยที่แรงดันด้านเข้าจะเป็นตัวไปเปลี่ยนค่า % THDi และค่า %THDi นี้จะเป็นตัวกำหนดค่าตัวประกอบกำลังทางด้านเข้านั่นเองกระแสทางด้านเข้าจะมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ magnetic ballast ซึ่งกระแสทางด้านเข้าจะขึ้นอยู่กับแรงดันด้านเข้าและกำลังไฟฟ้าทางด้านออก โดยที่เมื่อแรงดันด้านเข้ามีค่าน้อยค่ากระแสทางด้านเข้าจะมีค่ามาก เมื่อแรงดันด้านเข้าเพิ่มขึ้นค่ากระแสด้านเข้าจะต่ำลง และเมื่อกำลังไฟฟ้าด้านออกเพิ่มขึ้นกระแสทางด้านเข้าก็จะเพิ่มขึ้นด้วย Current Crest Factor จะมีค่าขึ้นอยู่กับกำลังไฟฟ้าทางด้านออกโดยที่ค่า Current Crest Factor จะมีค่าต่ำเมื่อกำลังไฟฟ้าทางด้านออกมีค่ามาก และจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อกำลังไฟฟ้าทางด้านออกมีค่าน้อย

อุณหภูมิของตัว active ballast จะมีค่าน้อยกว่า magnetic ballast โดยอุณหภูมิของ active ballast ขึ้นอยู่กับกำลังไฟฟ้าทางด้านออก เมื่อกำลังไฟฟ้าทางด้านออกมาก อุณหภูมิของ active ballast จะสูง และเมื่อกำลังไฟฟ้าด้านออกน้อย อุณหภูมิของ active ballast จะลดลง

จากประสบการณ์การทำโครงการนี้จะพบปัญหามากมาย จนไม่อาจที่จะอธิบายได้หมด แต่ปัญหาทุกอย่างสามารถแก้ไขได้โดยพยายามถามผู้รู้ รุ่นพี่ อาจารย์ เพื่อนๆ เพราะปัญหาบางอย่างท่านสามารถถามได้จากผู้มีประสบการณ์เท่านั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KA7526

Power Factor Correction Controller

Features

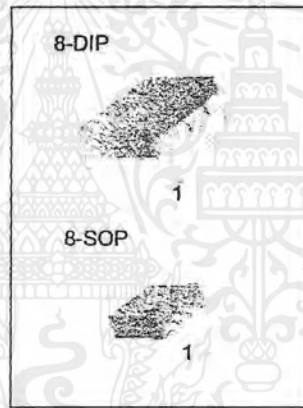
- Internal Startup Timer
- Internal R/C filter which eliminates the Need for an External R/C filter
- Overvoltage Comparator eliminates Runaway Output Voltage
- Zero Current Detector
- One Quadrant Multiplier
- Trimmed 1.5% Internal Bandgap Reference
- Under Voltage Lock Out with 5V of Hysteresis
- Totem Pole Output with High State Clamp
- Low Startup and Operating Current
- 8-Pin DIP or 8-Pin SOP

Applications

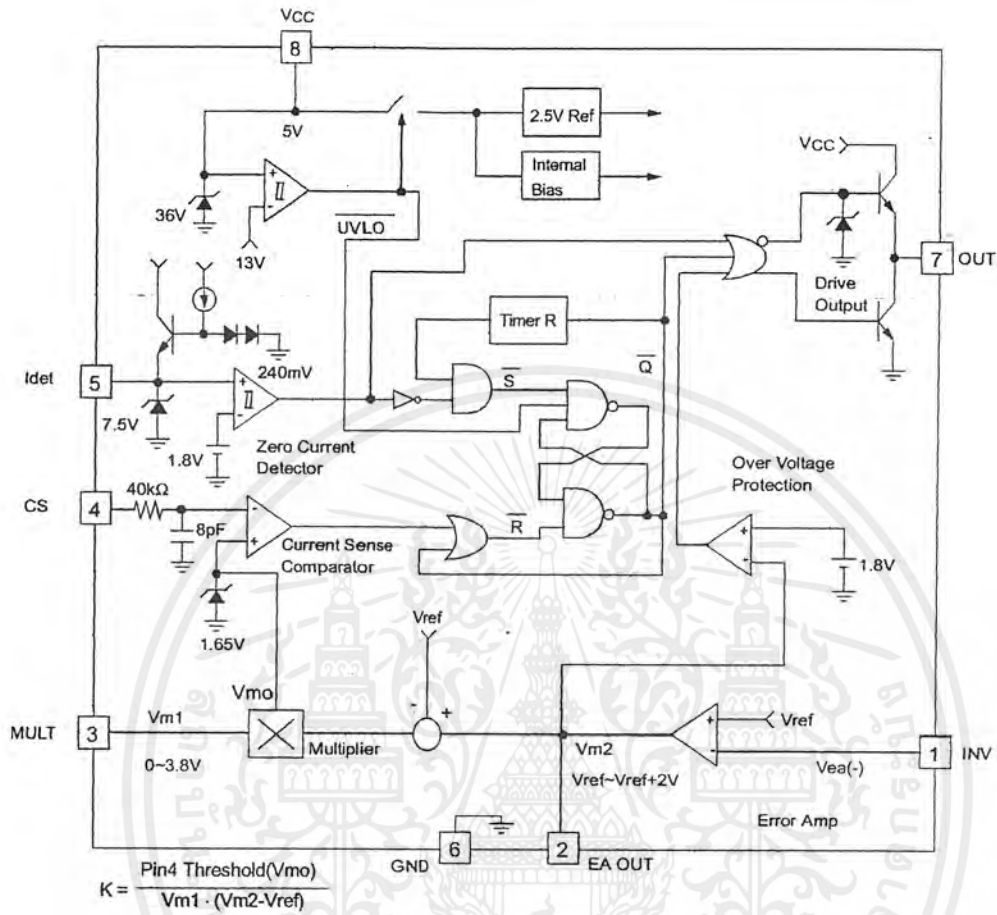
- Electronic Ballast
- SMPS

Descriptions

The KA7526 provides simple and high performance active power factor correction. KA7526 is optimized for electronic ballast and low power, high density power supplies requiring a minimum board area, reduced component count and low power dissipation. Addition of internal R/C filter eliminates the need for an external R/C filter. Internal clamping of the error amplifier and multiplier outputs improves turn on overshoot characteristics and current limiting. Special circuitry has also been added to prevent no load runaway conditions. The output drive clamping circuit limits overshoot of the power MOSFET gate drive Independent of supply voltage, so that it greatly enhance the system reliability.



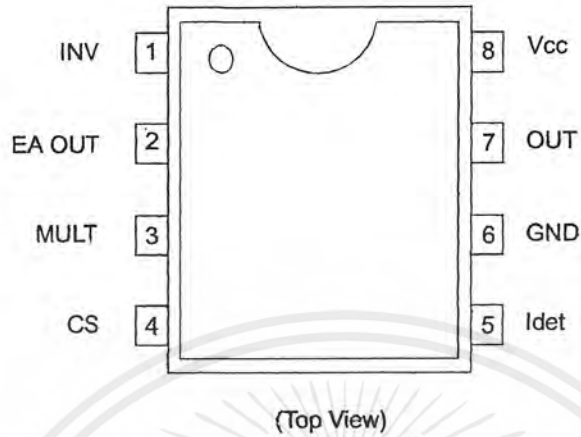
Internal Block Diagram



IC Characteristics

Parameter	KA7526
UVLO	8/13V
Multiplier Input Range (Vm1)	0 ~ 3.8V
Multiplier Input Range (Vm2)	Vref ~ Vref + 2V
Maximum Current Sense Voltage	1.65V

PIN Assignments



Pin Definitions

Pin Number	Pin Name	Pin Function Description
1	INV	Inverting input of the error amplifier. The output of the boost converter should be resistively divided to 2.5V and connected to this pin.
2	EA OUT	The output of the error amplifier. A feedback compensation network is placed between this pin and the INV pin
3	MULT	Input to the multiplier stage. The full-wave rectified AC is divided to less than 3.8V and is connected to this pin.
4	CS	Input to the PWM comparator. The Current is sensed in the boost stage by a resistor in the source lead of MOSFET. An internal leading edge blanking circuitry has been included to reject any high frequency noise present on the current waveform.
5	Idet	The zero current detector senses the inductor current by monitoring when the boost inductor auxiliary winding voltage falls below 1.8V.
6	GND	The ground potential of all the pins.
7	OUT	The output of a high-current power driver capable of driving the gate of a power MOSFET.
8	Vcc	The logic and control power supply connection.

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Supply voltage	V _{CC}	30	V
Peak drive output current	I _{OH} , I _{OI}	± 500	mA
Driver output clamping diodes V _O >V _{CC} or V _O <-0.3V	I _{clamp}	± 10	mA
Detector clamping diodes	I _{det}	± 3	mA
Error amp, multiplier and comparator input voltage	V _{IN}	-0.3 to 6	V
Operating temperature range	T _{opr}	-25 to 125	°C
Storage temperature range	T _{stg}	-65 to 150	°C
Power dissipation ^(Note)	P _d	0.8	W
Thermal resistance ^(Note) (Junction-to-air)	q _{ja}	100	°C/W

Note :

Based in 8-DIP

Temperature Characteristics (-25°C ≤ T_a ≤ 125°C)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Temperature stability for reference voltage(V _{ref})	ΔV _{ref} (Typ)	20	mV
Temperature stability for multiplier gain(K)	ΔK/ΔT (Typ)	-0.2	%/°C

Electrical Characteristics

Unless otherwise specified, for typical values $V_{CC}=12V$, $T_a=25^\circ C$, for Min/Max values T_a is the operating ambient temperature range with $-25^\circ C \leq T_a \leq 125^\circ C$.

Parameter	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
UNDER VOLTAGE LOCK OUT SECTION						
Start Threshold Voltage	$V_{th}(st)$	V_{CC} Increasing	12	13	14	V
UVLO Hysteresis	$HY(st)$	-	4	5	6	V
Supply Zener Voltage	V_z	$I_{CC}=10mA$	30	36	-	V
SUPPLY CURRENT SECTION						
Start Up Supply Current	I_{st}	$V_{CC} < V_{th}(st)$	-	0.3	0.4	mA
Operating Supply Current	I_{CC}	Output not switching	-	4	8	mA
Dynamic Operating Supply Current	I_{dCC}	50kHz, $C_I=1nF$	-	5	10	mA
ERROR AMPLIFIER SECTION						
Voltage Feedback Input Threshold	V_{ref}	$I_{ref}=0mA, -25^\circ C \leq T_a \leq 125^\circ C$	2.44	-	2.56	V
Line Regulation	ΔV_{ref1}	$12V \leq V_{CC} \leq 25V$	-	0.1	10	mV
Load Regulation (Note1)	ΔV_{ref2}	$0mA \leq I_{ref} \leq 2mA$	-	0.1	10	mV
Temperature Stability of V_{ref} (Note2)	ΔV_{ref3}	$-25^\circ C \leq T_a \leq 125^\circ C$	-	20	-	mV
Input Bias Current	$I_{b(ea)}$	-	-0.5	-	0.5	μA
Output Source Current	I_{source}	$V_{m2}=3V$	-2	-4.5	-	mA
Output Sink Current	I_{sink}	$V_{m2}=2V$	3	4.5	-	mA
Output Voltage Range (Note2)	ΔV_{ea0}	No Load on E.A Output	1.2	-	5.6	V
Slew Rate	SR	-	-	0.6	-	V/ μs
MULTIPLIER SECTION						
Input Bias Current (pin3)	$I_{b(m)}$	-	-0.5	-	0.5	μA
M1 Input Voltage Range (pin3)	ΔV_{m1}	-	0	-	3.8	V
M2 Input Voltage Range (pin2)	ΔV_{m2}	-	V_{ref}	-	$V_{ref}+2$	V
Multiplier Gain (Note3)	K	$V_{m1}=1V, \Delta V_{m2}=2.7$ to $3.3V$	0.49	0.62	0.74	1/V
Maximum Multiplier Output Voltage	$V_{omax(m)}$	$V_{ea(-)}=0V, V_{m1}=2V$	1.55	1.65	1.75	V
Temperature Stability of K (Note2)	$\Delta K/\Delta T$	$-25^\circ C \leq T_a \leq 125^\circ C$	-	-0.2	-	%/ $^\circ C$

Electrical Characteristics (Continued)

Parameter	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
CURRENT SENSE SECTION						
Input Offset Voltage ^(Note2)	V _{io(cs)}	V _{m1} =0V, V _{m2} =2.2V	-10	3	10	mV
Input Bias Current	I _{b(cs)}	0V ≤ V _{CC} ≤ 1.7V	-1	-0.3	1	μA
Current Sense Delay to Output ^(Note2)	t _{d(cs)}	-	-	200	500	ns
DETECT SECTION						
Detect Input Threshold	V _{th(det)}	V _{det} Increasing	1.5	1.8	2.1	V
Detect Hysteresis	H _{Y(det)}	-	180	240	400	mV
Input Low Clamp Voltage	V _{clamp(l)}	I _{det} =-100μA	0.45	0.75	1	V
Input High Clamp Voltage	V _{clamp(h)}	I _{det} =3mA	6.7	7.5	8.3	V
Input Bias Current	I _{b(det)}	1V ≤ V _{det} ≤ 6V	-1	-0.2	1	μA
Input High/low Clamp Diode Current ^(Note2)	I _{clamp}	-	-	-	±3	mA
OUTPUT DRIVER SECTION						
Output Voltage High	V _{OH}	I _O =-10mA, V _{CC} =12V	8.5	9	-	V
Output Voltage Low	V _{OL}	I _O =10mA, V _{CC} =12V	-	0.8	1	V
Rising Time ^(Note2)	t _r	C _I =1nF	-	130	200	ns
Falling Time ^(Note2)	t _f	C _I =1nF	-	50	120	ns
Maximum Output Voltage	V _{omax(o)}	V _{CC} =20V	12	13	15	V
Output Voltage With U _{vlo} Activated	V _{omin(o)}	V _{CC} =5V, I _O =100μA	-	-	1	V
RESTART TIMER SECTION						
Restart Time Delay	t _{d(rst)}	V _{m1} =1V, V _{m2} =3.5V	-	300	-	μs
OVERVOLTAGE PROTECTION SECTION						
Voltage Feedback Input Threshold	V _{th(ovp)}	V _{cs} =-0.5V, V _{m1} =1V V _{det} =0V	1.7	1.8	1.9	V

Notes :

1. Because the reference is not brought out externally, this specification cannot be tested on the package part. It is guaranteed by design.
2. This parameter, although guaranteed, is not tested in production.

$$3. K = \frac{\text{Pin4 Threshold}}{V_{m1} \times (V_{m2} - V_{ref})} \quad (V_{m1} = V_{pin3}, V_{m2} = V_{pin2})$$

Typical Performance Characteristics

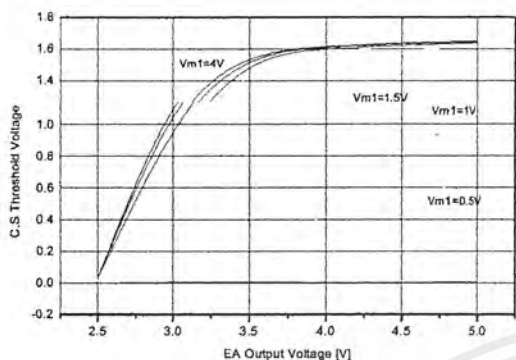


Figure 1. EA Output Voltage vs C.S. Threshold

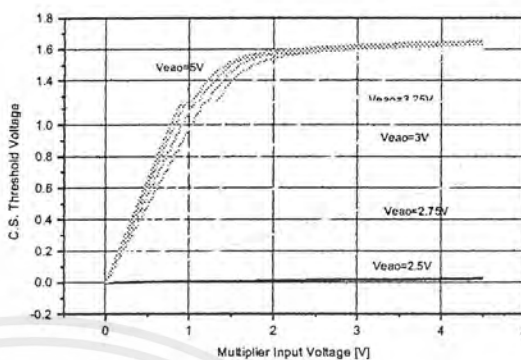


Figure 2. Multiplier Input Voltage vs C.S. Threshold

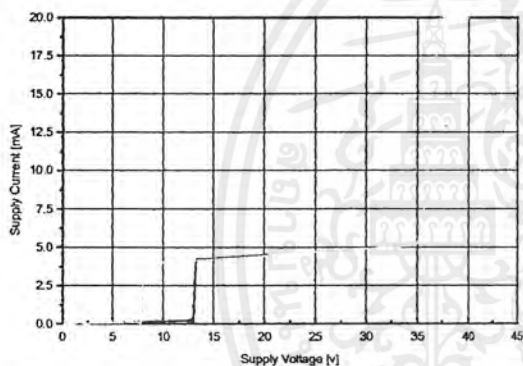


Figure 3. Supply Current vs Supply Voltage

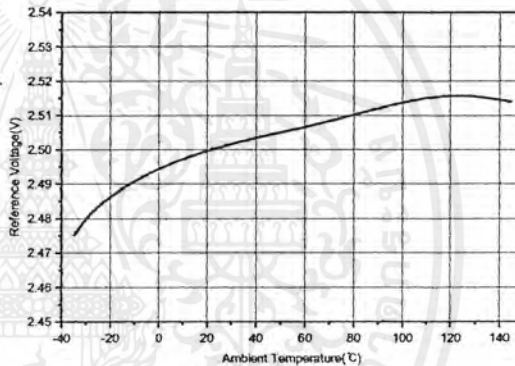


Figure 4. Reference Voltage vs Temperature

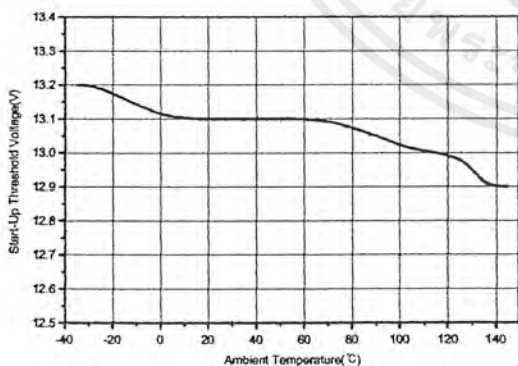


Figure 5. Start-Up Threshold vs Temperature

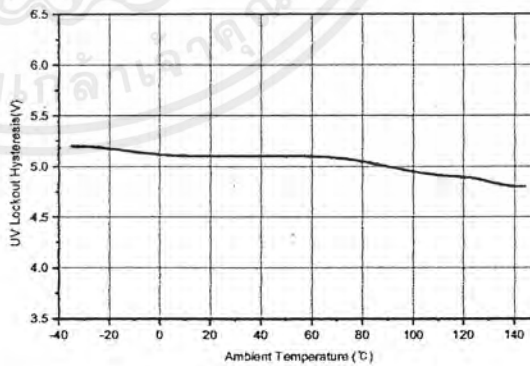


Figure 6. UV Lockout Hysteresis vs Temperature

Typical Performance Characteristics (continued)

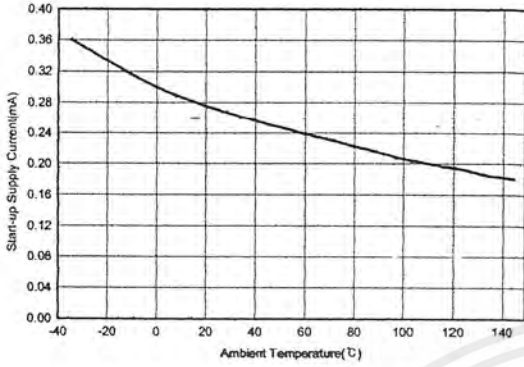


Figure 7. Start-Up Supply Current vs Temperature

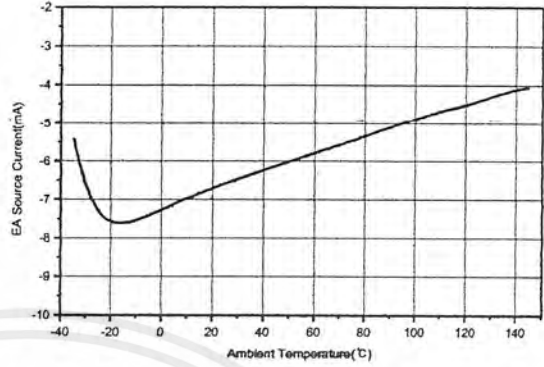


Figure 8. EA Source Current vs Temperature

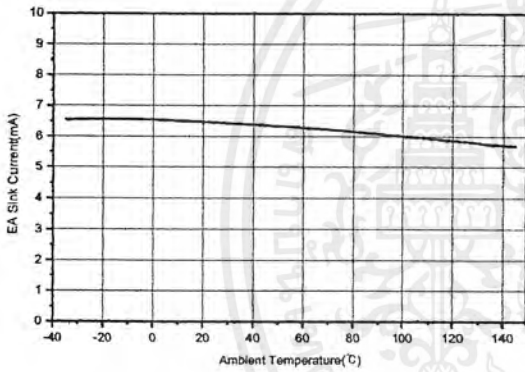


Figure 9. EA Sink Current vs Temperature

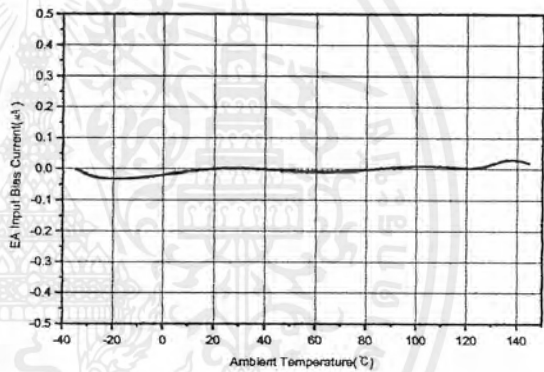


Figure 10. EA Input Bias Current vs Temperature

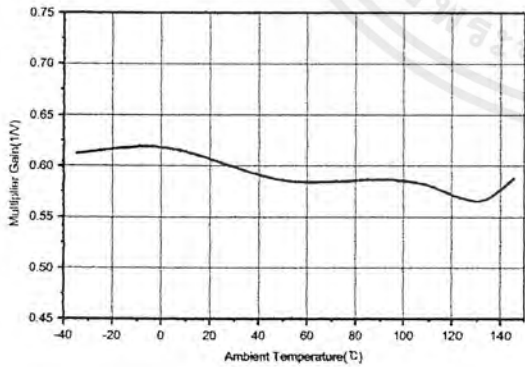


Figure 11. Multiplier Gain vs Temperature

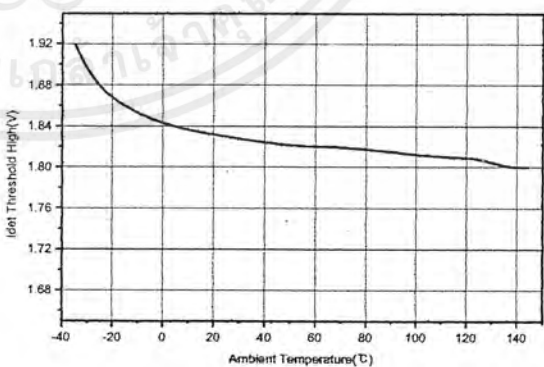


Figure 12. Idet Threshold Volyage vs Temperature

Typical Performance Characteristics (continued)

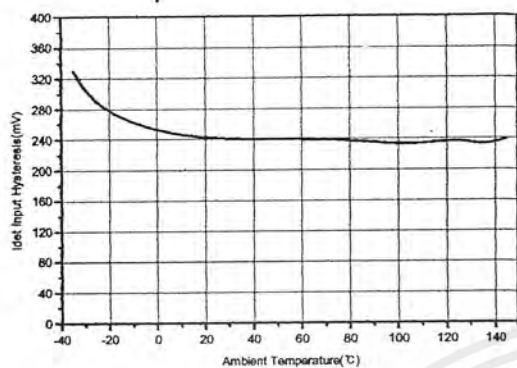


Figure 13. Idet Input Hysteresis vs Temperature

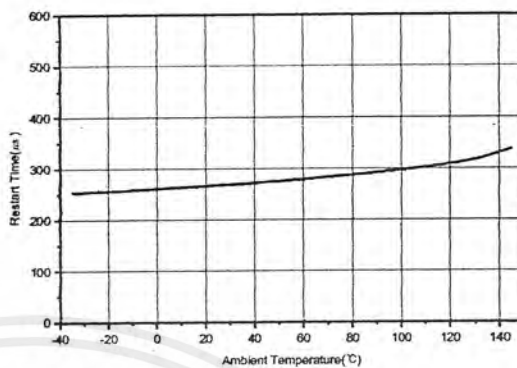


Figure 14. Restart Time vs Temperature

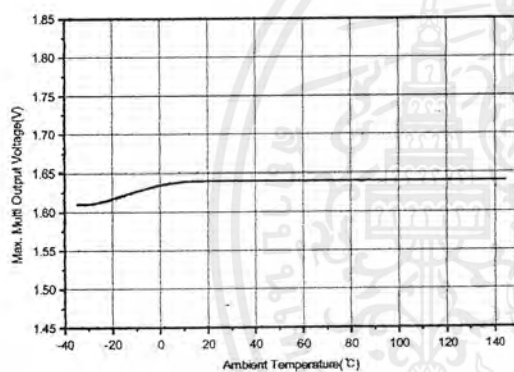


Figure 15. Max. Mult. Output Voltage vs Temperature

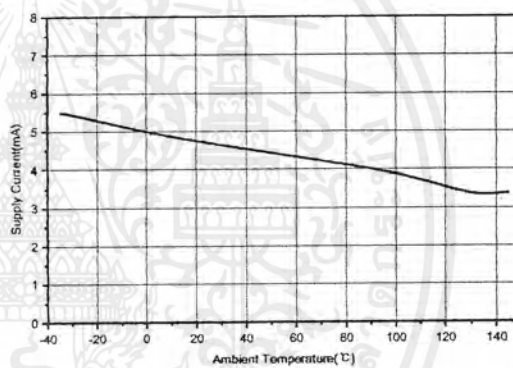


Figure 16. Supply Current vs Temperature

Operating Description

KA7526 is high performance, critical conduction, current-mode power factor controller specifically designed for use in off-line active preconverters with minimal external components. This device provides the necessary features which are required to significantly enhance poor power factor loads by keeping the ac line current sinusoidal and in phase with the line voltage.

KA7526 contains many of the building blocks and protection features that are employed in modern high performance current mode power supply controllers. A description of each of the function blocks is given below.

START-UP

An Undervoltage Lockout comparator has been incorporated to guarantee that IC is fully functional before enabling the output stage. The positive power supply terminal (V_{cc}) is monitored by the UVLO comparator with the upper threshold set at 13V and the lower threshold at 8V. In the stand-by mode, with V_{cc} at 12.5V, the required supply current is less than 0.3mA. This large hysteresis and low start-up current allow the implementation of efficient bootstrap start-up techniques, making this device ideally suited for wide range off-line preconverter applications.

Fig.1.1 shows the start-up circuit. Circuit operation is as follows:

The start-up capacitor (C_{st}) is charged by current through start-up resistor (R_{st}) minus the start-up current drawn by the IC. Once the capacitor voltage reaches the start-up threshold, the IC turns on, starting the switching of the MOSFET. The operation of the IC demands an increase in operating current which results in discharging the capacitor. Before the start-up capacitor voltage is discharged below hysteresis voltage, the auxiliary winding voltage takes over as the supply voltage as shown in Fig. 1.2.

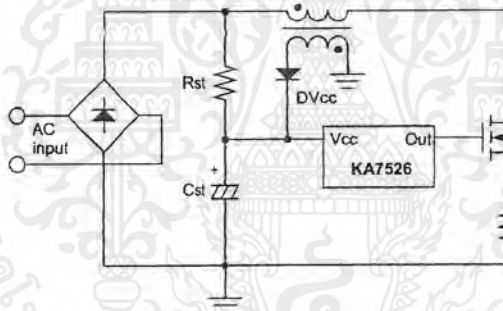


Fig.1.1 Start-up Circuit

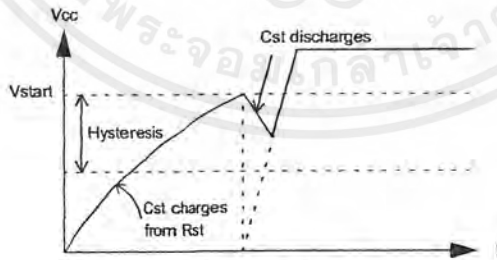


Fig.1.2 Start-up Capacitor Voltage

Error Amplifier

An Error Amplifier with access to the inverting input and output is provided. The noninverting input is internally biased at 2.5V and is not pinned out. The output voltage of the power factor converter is typically divided down and monitored by the inverting input. The error amp output is internally connected to the multiplier and is pinned out for external loop compensation. Typically, the loop bandwidth is set below 20Hz, so that the amplifier's output voltage is relatively constant over a given ac line cycle. In effect, the error amp monitors the average output voltage of the converter over several line cycles. Input bias current (0.5uA, max) can cause an output voltage error that is equal to the product of the input bias current and the value of the upper divider resistor, R1 in Fig. 2.1.

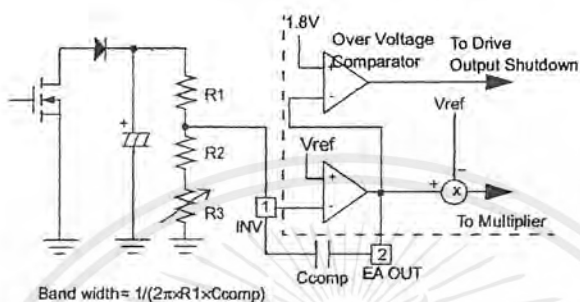


Fig.2.1 Error Amp and Over Voltage Comparator

Over Voltage Protection

The low bandwidth (typically below 20Hz) characteristic of Error Amplifier control loop results in output voltage runaway condition. This condition can occur during initial start-up, sudden load removal, or during output arcing. The over voltage comparator monitors the output voltage of the error amplifier. When load is removed, error amp output swings lower than 1.8V, comparator is triggered high and output driver is turned off till the error amp inverting input voltage drops below 2.5V. At this point, the error amp output swings positive, turns the output driver back on.

Multiplier

A single quadrant, two input multiplier is the critical element that enables this device to get power factor correction. One input of multiplier (Pin 3) is connected to an external resistor divider which monitors the rectified ac line. The other input is internally driven by a DC voltage which is the difference of error amplifier output (Pin 2) and reference voltage, Vref. The multiplier is designed to have an extremely linear transfer curve over a wide dynamic range, 0V to 3.8V for Pin 3, and 2.5V to 4.5V for error amplifier output under all line and load conditions.

The multiplier output controls the current sense comparator threshold as the ac voltage traverses sinusoidally from zero to peak line. This allows the inductor peak current to follow the ac line thus forcing the average input current to be sinusoidal. In other words, this has the effect of forcing the MOSFET on-time to track the input line voltage, resulting in a fixed drive output on-time, thus making the preconverter load appear to be resistive to the ac line.

The equation below describes the relationship between multiplier output and inputs.

$$V_{mo} = K \times V_{m1} \times (V_{m2} - V_{ref})$$

K : Multiplier gain

V_{m1}: Voltage at Pin 3

V_{m2}: Error amp output voltage

V_{mo}: Multiplier output voltage

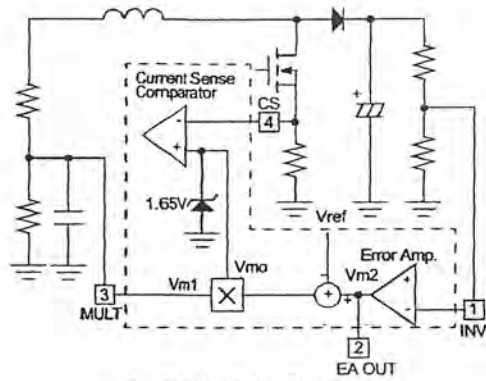


Fig.3.1 Multiplier Block

Current Sense Comparator

The current sense comparator adopt the RS latch configuration to ensure that only a single pulse appears at the drive output during a given cycle. MOSFET drain current is converted to voltage using an external sense resistor in series with the external power MOSFET. When sense voltage exceeds the threshold set by the multiplier output, the current sense comparator terminates the gate drive to the MOSFET and resets the PWM latch. The latch insures that the output remains in a low state after the MOSFET drain current falls back to zero.

The peak inductor current under normal operating conditions is controlled by the multiplier output, Vmo. Abnormal operating conditions occur during preconverter start-up at extremely high line or as output voltage sensing is lost.

Under these conditions, the multiplier output and current sense threshold will be internally clamped to 1.65V. Therefore, the maximum peak switch current is limited to:

$$I_{pk(max)} = 1.65V / R_{sense}$$

An internal R/C filter has been included to attenuate any high frequency noise that may be present on the current waveform. This circuit block eliminates the need for an external R/C filter otherwise required for proper operation of the circuit.

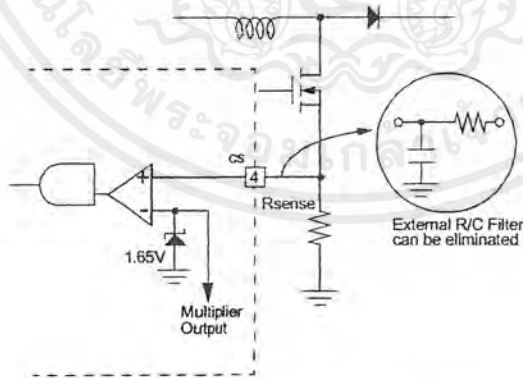


Fig. 4.1 Current Sense Circuit

Zero Current Detector

KA7526 operates as a critical conduction current mode controller. The power MOSFET is turned on by the zero current detector and turned off when the peak inductor current reaches the threshold level established by the multiplier output. The slope of the inductor current is indirectly detected by monitoring the voltage across a separate winding and connecting it to the zero current detector Pin 5.

Once the inductor current reaches ground level, the voltage across the winding reverses polarity. When the Idet input falls below 1.8V, the comparator output is triggered to the low state.

To prevent false tripping, 240mV of hysteresis is provided. The zero current detector input is internally protected by two clamps.

The upper 7.5V clamp prevents input over voltage breakdown while the lower 0.75V clamp prevents substrate injection. An internal current limit resistor protects the lower clamp transistor in case the Idet pin is accidentally shorted to ground.

A watchdog timer function was added to the IC to eliminate the need for an external oscillator when used in stand-alone applications. The timer provides a means to automatically start or restart the preconverter if the drive output has been off for more than 300us after the inductor current reaches zero.

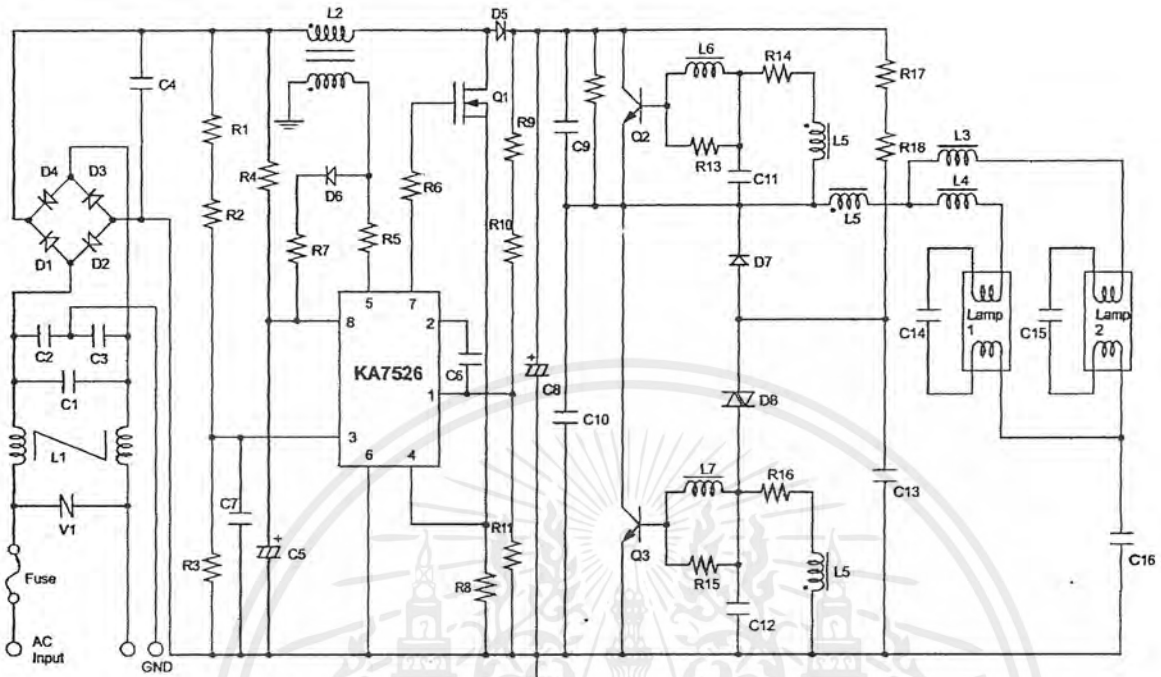
Drive Output

The KA7526 contains a single totem-pole output stage specifically designed for direct drive of power MOSFET. The drive output is capable of up to 500mA peak current with a typical rise and fall time of 130ns, 50ns each with a 1.0nF load. Additional internal circuitry has been added to keep the drive output in a sinking mode whenever the UVLO is active. This characteristic eliminates the need for an external gate pull-down resistor. Internal voltage clamping ensures that output driver is always lower than 13V when supply voltage variation exceeds more than rated Vgs threshold (typ 20V) of the external MOSFET. This eliminates an external zener diode and extra power dissipation associated with it that otherwise is required for reliable circuit operation.



APPLICATION CIRCUIT #1

< 90 ~ 265VAC Input, 400VDC, 32Wx2 Lamps Self-oscillating Ballast >



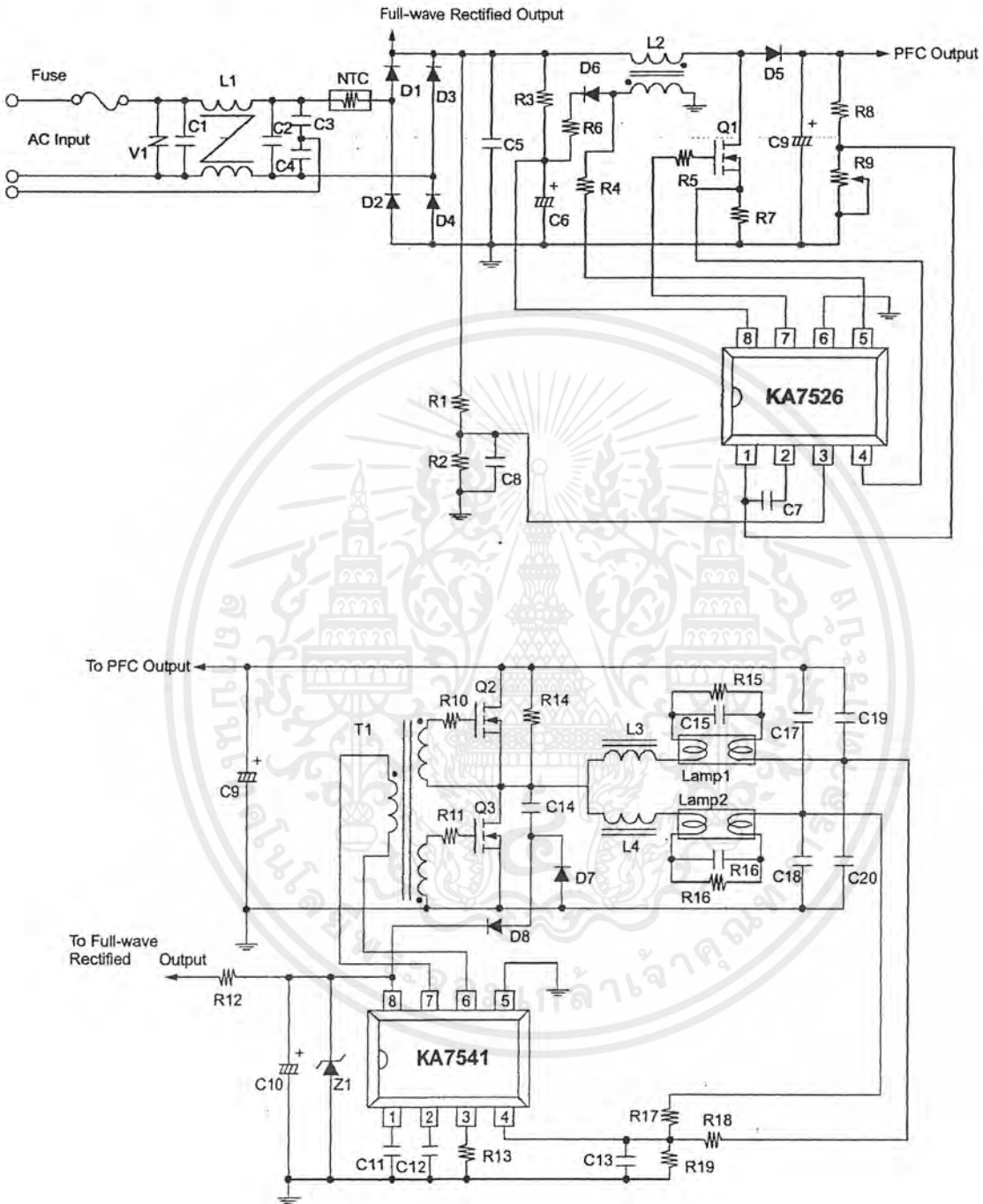
Component Listing (for Application circuit #1)

Reference	Value	Part Number	Manufacturer
R1, 2	1.2M Ω -F, 1/4W	26mm Type	-
R3	11k Ω -F, 1/4W	26mm Type	-
R4	150k Ω , 1/2W	26mm Type	-
R5	22k Ω -J, 1/4W	26mm Type	-
R6, 13, 15	47 Ω -J, 1/4W	26mm Type	-
R7	3.3 Ω , 1/4W	26mm Type	-
R8	1 Ω -J, 1W	26mm Type	-
R9	180k Ω -F, 1/4W	26mm Type	-
R10	820k Ω -F, 1/4W	26mm Type	-
R11	6.8k Ω -F, 1/4W	26mm Type	-
R12, 17, 18	390k Ω -J, 1/4W	26mm Type	-
R14, 16	8.2 Ω -J, 1/4W	26mm Type	-
C1	0.15 μ F, 630V	MEP-CAP	-
C2, 3	2200pF, 3000V	Y-CAP	-
C4	0.22 μ F, 630V	MPE-CAP	-
C5	22 μ F, 35V	Electrolytic	-
C6	0.33 μ F, 25V	Ceramic	-
C7	1000pF, 50V	Ceramic	-
C8	47 μ F, 450V	Electrolytic	-
C9	4700pF, 630V	PPF-CAP	-
C10	2200pF, 630V	PPF-CAP	-
C11, 12	0.15 μ F, 63V	MPF-CAP	-
C13	0.1 μ F, 50V	Ceramic	-
C14, 15	8200pF, 1000V	PP-CAP	-
C16	0.15 μ F, 630V	MEP-CAP	-
D1, 2, 3, 4, 7	1000V, 1A	IN4007GP	-
D5	1000V, 1.5A	BYV26C	Philips
D6	75V, 150mA	IN4148	-
D8	-	N413N (DIAC)	-
L1	DR 10x12	DIT-010	-
L2	EI 2519	DBT-002	-
L3, 4	EI 2820	DPT-086	-
L5	SB5S 8x3x4	DDT-005	-
L6, 7	10 μ H	BS24-100K	-
Fuse	-	52NM250V, 3A	-
V1	430V	INR140, 431	-
IC1	-	KA7526	FairChild
Q1	500V, 4.5A	QFP6N50	FairChild
Q2, 3	400V, 5A	KSC5305D	FairChild

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Circuit #2

< 90 ~ 265VAC Input, 400VDC, 32Wx2 Lamps External-oscillating Ballast >



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Component Listing (for Application Circuit #2)

Reference	Value	Part Number	Manufacturer
R1	2.2M Ω -F, 1/4W	26mm Type	-
R2	12k Ω -F, 1/4W	26mm Type	-
R3, 12	150k Ω , 1/2W	26mm Type	-
R4	22k Ω -J, 1/4W	26mm Type	-
R5, 10, 11	47 Ω -J, 1/4W	26mm Type	-
R6	3.3 Ω , 1/4W	26mm Type	-
R7	1 Ω -J, 1W	26mm Type	-
R8	1.2M Ω -F, 1/4W	26mm Type	-
R9	10k Ω Variable Resistor	-	-
R13	22k Ω -F, 1/4W	26mm Type	-
R14	180k Ω -J, 1/4W	26mm Type	-
R15, 16	330k Ω -J, 1/4W	26mm Type	-
R17, 18	680k Ω -J, 1/4W	26mm Type	-
R19	8.2k Ω -J, 1/4W	26mm Type	-
C1, 2	0.15 μ F, 630V	MEP-CAP	-
C3, 4	2200pF, 3000V	Y-CAP	-
C5	0.1 μ F, 400V	MPE-CAP	-
C6	22 μ F, 35V	Electrolytic	-
C7	0.33 μ F, 25V	MPE-CAP	-
C8	0.01 μ F, 25V	MPE-CAP	-
C9	47 μ F, 450V	Electrolytic	-
C10	47 μ F, 35V	Electrolytic	-
C11	0.22 μ F, 25V	MPE-CAP	-
C12	180pF, 25V	Ceramic	-
C13	0.1 μ F, 25V	MPE-CAP	-
C14	1000pF, 630V	MPE-CAP	-
C15, 16	4700pF, 1000V	MPE-CAP	-
C17, 18, 19, 20	6800pF, 630V	MPE-CAP	-
D1, 2, 3, 4	1000V, 1A	1N4007	-
D5	FRD(25nS)	BYV26C	Philips
D6	75V, 150mA	1N4148	-
D7,8	1000V, 1.5A	1N4937	-
L1	80mH	BSF2125	-
L2	1.2mH (100T: 7T) Litz Wire or USTC	EI2820	-
L3, 4	3.1mH Litz Wire or USTC	EI2820	-
T1	1.2mH(35T:24T:24T)	EE1614	-
Fuse	-	52NM250V, 3A	-
V1	430V	INR140, 431	-
Q1, 2, 3	500V, 6A	SKP6N50	FairChild
Z1	15V, 1W	-	-

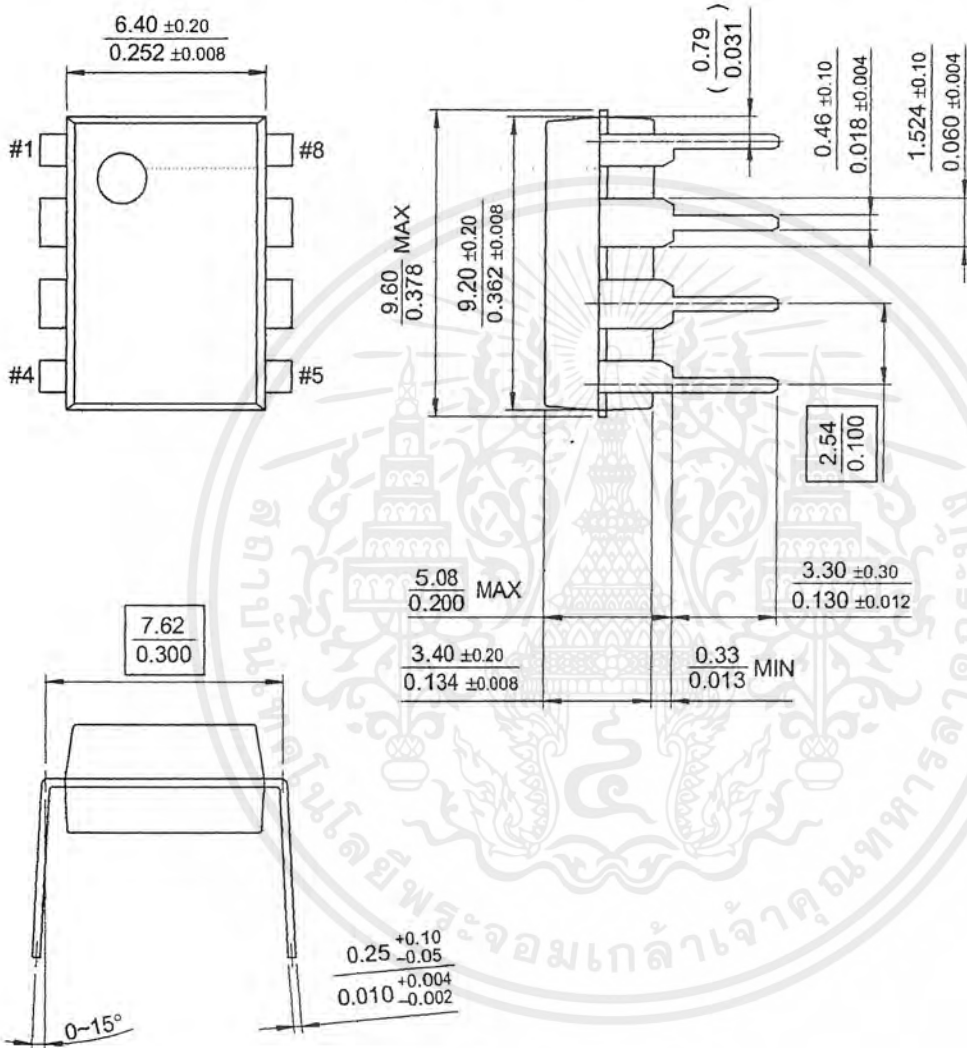
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical Dimensions

Package

Dimensions in millimeters

8-DIP

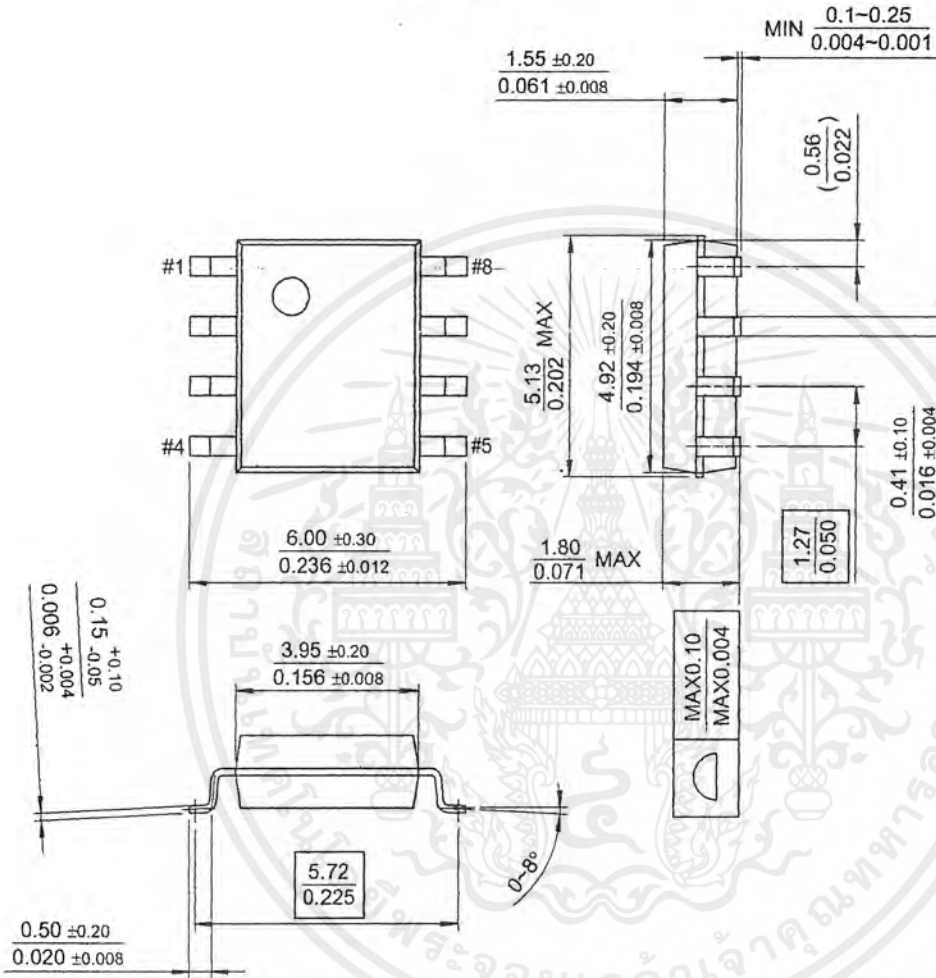


Mechanical Dimensions (Continued)

Package

Dimensions in millimeters

8-SOP



Ordering Information

Product Number	Package	Operating Temperature
KA7526	8-DIP	-25 ~ +125°C
KA7526D	8-SOP	



4.5A, 500V, 1.500 Ohm, N-Channel Power MOSFET

This N-Channel enhancement mode silicon gate power field effect transistor is an advanced power MOSFET designed, tested, and guaranteed to withstand a specified level of energy in the breakdown avalanche mode of operation. All of these power MOSFETs are designed for applications such as switching regulators, switching converters, motor drivers, relay drivers, and drivers for high power bipolar switching transistors requiring high speed and low gate drive power. These types can be operated directly from integrated circuits.

Formerly developmental type TA17415.

Ordering Information

PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
IRF830	TO-220AB	IRF830

NOTE: When ordering, include the entire part number.

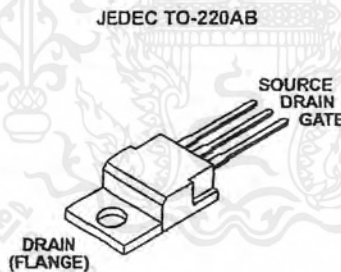
Features

- 4.5A, 500V
- $r_{DS(ON)} = 1.500\Omega$
- Single Pulse Avalanche Energy Rated
- SOA is Power Dissipation Limited
- Nanosecond Switching Speeds
- Linear Transfer Characteristics
- High Input Impedance
- Related Literature
 - TB334 "Guidelines for Soldering Surface Mount Components to PC Boards"

Symbol



Packaging



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRF830

Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

	IRF830	UNITS
Drain to Source Voltage (Note 1)	500	V
Drain to Gate Voltage ($R_{GS} = 20k\Omega$) (Note 1)	500	V
Continuous Drain Current	4.5	A
$T_C = 100^\circ\text{C}$	3.0	A
Pulsed Drain Current (Note 3)	18	A
Gate to Source Voltage	± 20	V
Maximum Power Dissipation	75	W
Linear Derating Factor	0.6	$\text{W}/^\circ\text{C}$
Single Pulse Avalanche Energy Rating (Note 4)	300	mJ
Operating and Storage Temperature	-55 to 150	$^\circ\text{C}$
Maximum Temperature for Soldering		
Leads at 0.063in (1.6mm) from Case for 10s	300	$^\circ\text{C}$
Package Body for 10s, See Techbrief 334	260	$^\circ\text{C}$

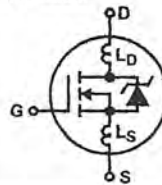
CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:

- $T_J = 25^\circ\text{C}$ to 125°C .

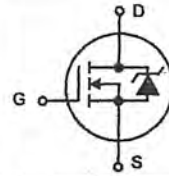
Electrical Specifications $T_C = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage	BV_{DSS}	$V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu\text{A}$ (Figure 10)	500	-	-	V
Gate to Threshold Voltage	$V_{GS(TH)}$	$V_{GS} = V_{DS}, I_D = 250\mu\text{A}$	2.0	-	4.0	V
Zero-Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	$V_{DS} = \text{Rated } BV_{DSS}, V_{GS} = 0V$ $V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}, V_{GS} = 0V, T_J = 125^\circ\text{C}$	-	-	25	μA
On-State Drain Current (Note 2)	$I_{D(ON)}$	$V_{DS} > I_{D(ON)} \times r_{DS(ON)MAX}, V_{GS} = 10V$	4.5	-	-	A
Gate to Source Leakage	I_{GSS}	$V_{GS} = \pm 20V$	-	-	± 100	nA
Drain to Source On Resistance (Note 2)	$r_{DS(ON)}$	$V_{GS} = 10V, I_D = 2.5A$ (Figures 8, 9)	-	1.3	1.5	Ω
Forward Transconductance (Note 2)	g_{fs}	$V_{DS} \geq 10V, I_D = 2.7A$ (Figure 12)	2.5	4.2	-	S
Turn-On Delay Time	$t_{d(ON)}$	$V_{DD} = 250V, I_D = 4.5A, R_G = 12\Omega, R_L = 54\Omega$ MOSFET Switching Times are Essentially Independent of Operating Temperature.	-	10	17	ns
Rise Time	t_r		-	15	23	ns
Turn-Off Delay Time	$t_{d(OFF)}$		-	33	53	ns
Fall Time	t_f		-	16	23	ns
Total Gate Charge (Gate to Source + Gate to Drain)	$Q_g(TOT)$	$V_{GS} = 10V, I_D = 4.5A, V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}$ $I_{g(REF)} = 1.5mA$ (Figure 14) Gate Charge is Essentially Independent of Operating Temperature.	-	22	32	nC
Gate to Source Charge	Q_{gs}		-	3.5	-	nC
Gate to Drain "Miller" Charge	Q_{gd}		-	11	-	nC
Input Capacitance	C_{ISS}	$V_{GS} = 0V, V_{DS} = 25V, f = 1.0MHz$ (Figure 11)	-	600	-	pF
Output Capacitance	C_{OSS}		-	100	-	pF
Reverse-Transfer Capacitance	C_{RSS}		-	20	-	pF
Internal Drain Inductance	L_D	Measured from the Contact Screw on Tab to Center of Die	-	3.5	-	nH
		Measured from the Drain Lead, 6mm (0.25in) From Package to Center of Die	-	4.5	-	nH
Internal Source Inductance	L_S	Measured from the Source Lead, 6mm (0.25in) From Header to Source Bonding Pad	-	7.5	-	nH
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$		-	-	1.67	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	Free Air Operation	-	-	62.5	$^\circ\text{C}/\text{W}$



Source to Drain Diode Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Continuous Source to Drain Current	I_{SD}	Modified MOSFET Symbol Showing the Integral Reverse P-N Junction Diode	-	-	4.5	A
Pulse Source to Drain Current (Note 3)	I_{SDM}		-	-	18	A
Source to Drain Diode Voltage (Note 2)	V_{SD}	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{SD} = 4.5\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$ (Figure 13)	-	-	1.6	V
Reverse Recovery Time	t_{rr}	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{SD} = 4.5\text{A}$, $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	180	350	760	ns
Reverse Recovered Charge	Q_{RR}	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{SD} = 4.5\text{A}$, $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	0.96	2.2	4.3	μC



- NOTES:
2. Pulse test: pulse width $\leq 300\mu\text{s}$, duty cycle $\leq 2\%$.
 3. Repetitive rating: pulse width limited by Max junction temperature. See Transient Thermal Impedance curve (Figure 3).
 4. $V_{DD} = 50\text{V}$, starting $T_J = 25^\circ\text{C}$, $L = 25\text{mH}$, $R_G = 25\Omega$, peak $I_{AS} = 4.5\text{A}$.

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified

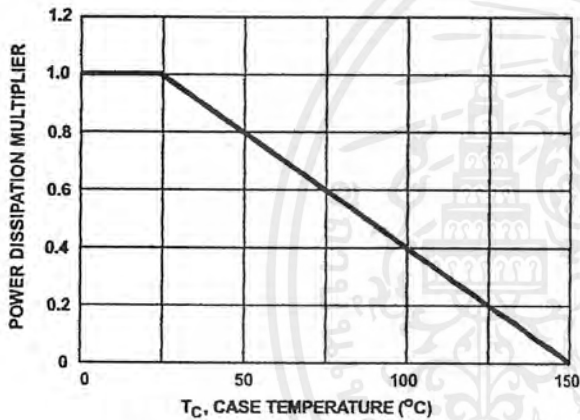


FIGURE 1. NORMALIZED POWER DISSIPATION vs CASE TEMPERATURE

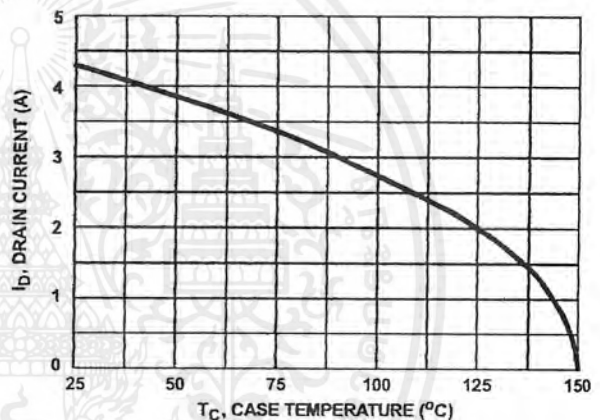


FIGURE 2. MAXIMUM CONTINUOUS DRAIN CURRENT vs CASE TEMPERATURE

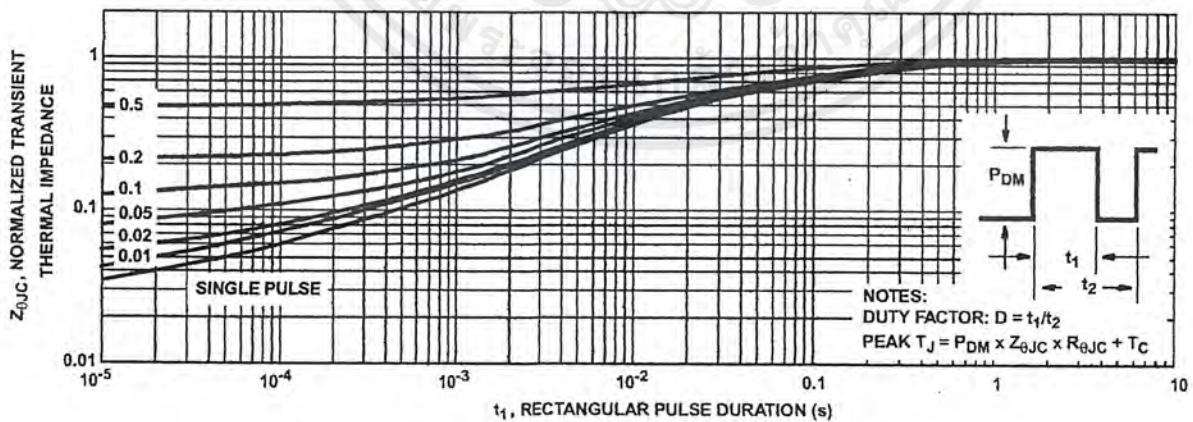


FIGURE 3. NORMALIZED MAXIMUM TRANSIENT THERMAL IMPEDANCE

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

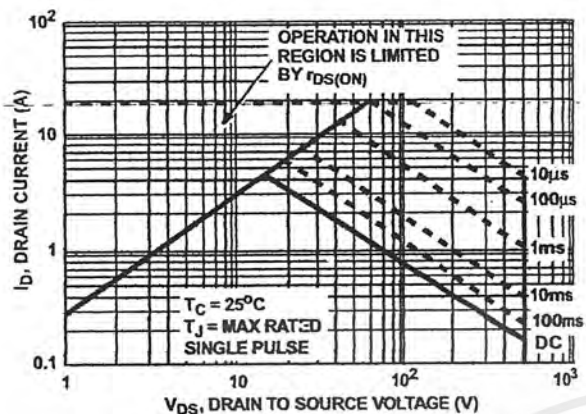


FIGURE 4. FORWARD BIAS SAFE OPERATING AREA

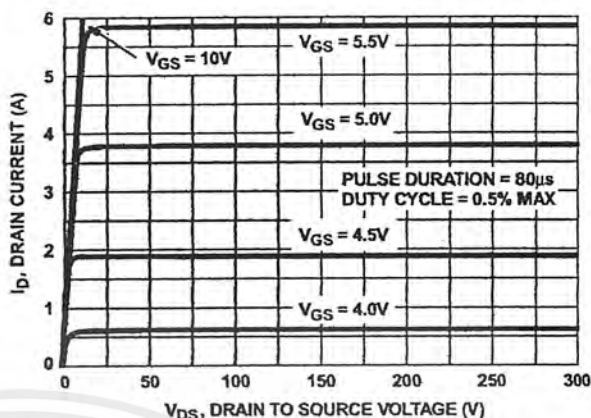


FIGURE 5. OUTPUT CHARACTERISTICS

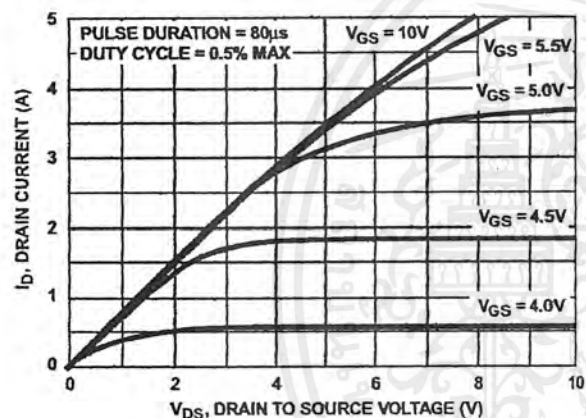


FIGURE 6. SATURATION CHARACTERISTICS

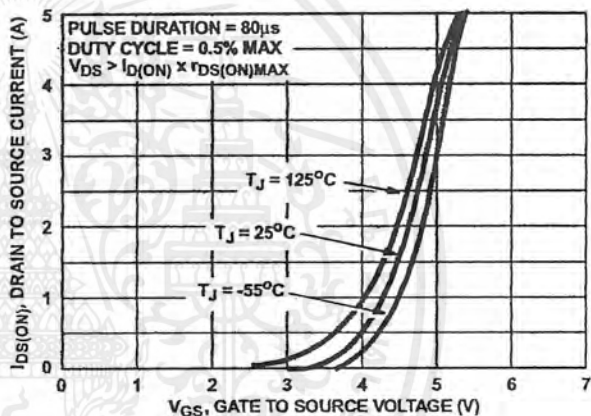


FIGURE 7. TRANSFER CHARACTERISTICS

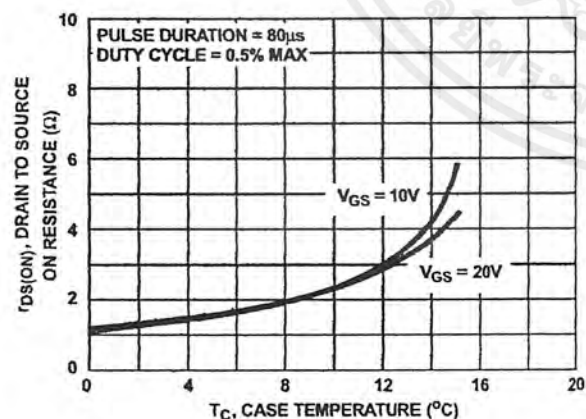


FIGURE 8. DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs GATE VOLTAGE AND DRAIN CURRENT

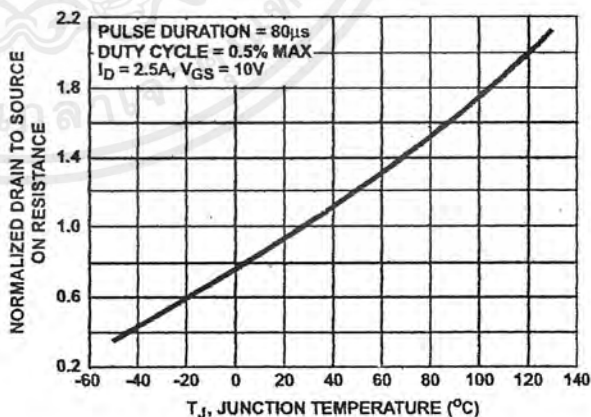


FIGURE 9. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs JUNCTION TEMPERATURE

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

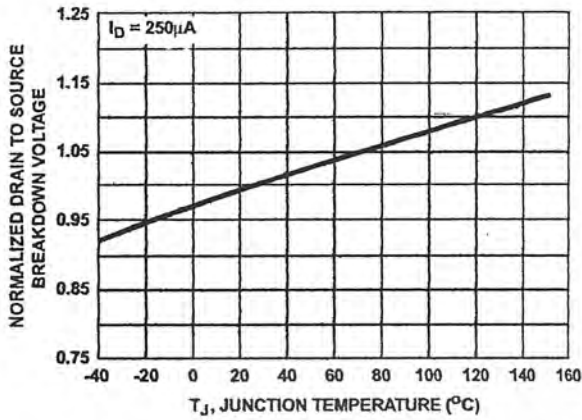


FIGURE 10. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE BREAKDOWN VOLTAGE vs JUNCTION TEMPERATURE

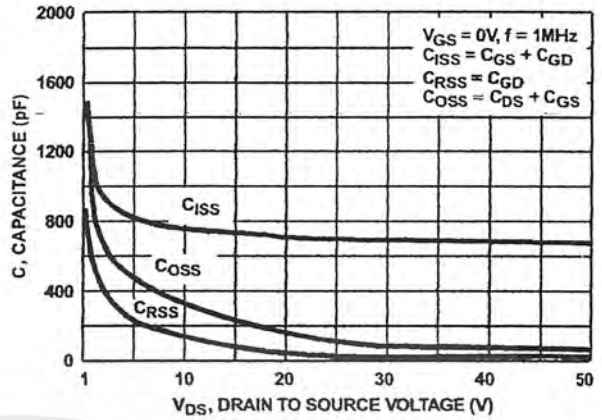


FIGURE 11. CAPACITANCE vs DRAIN TO SOURCE VOLTAGE

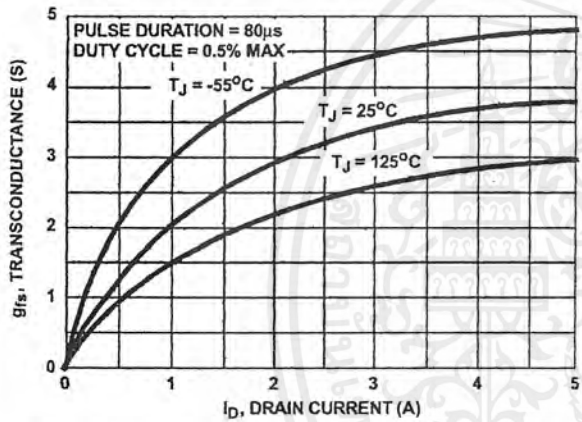


FIGURE 12. TRANSCONDUCTANCE vs DRAIN CURRENT

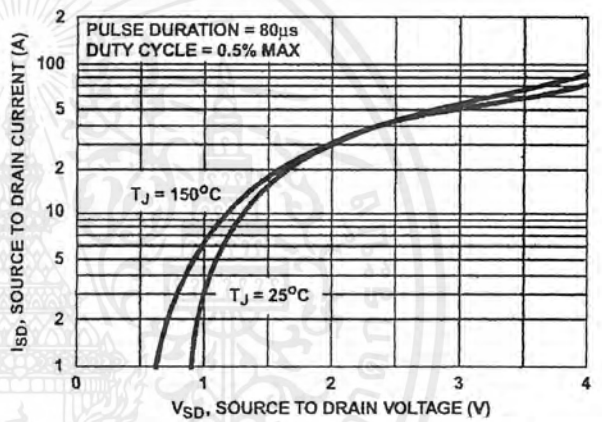


FIGURE 13. SOURCE TO DRAIN DIODE VOLTAGE

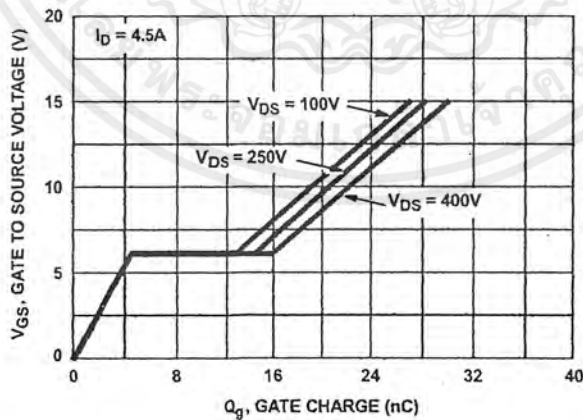


FIGURE 14. GATE TO SOURCE VOLTAGE vs GATE CHARGE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuits and Waveforms

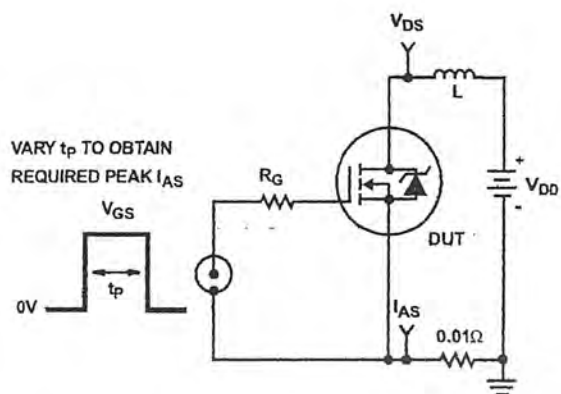


FIGURE 15. UNCLAMPED ENERGY TEST CIRCUIT

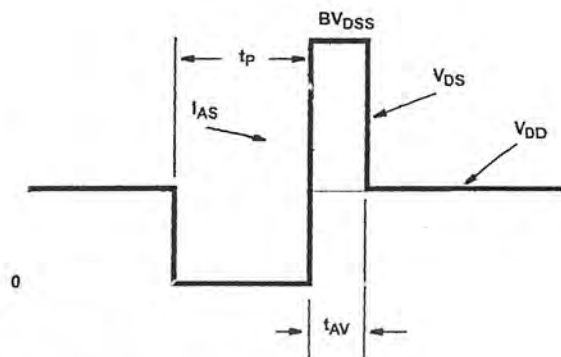


FIGURE 16. UNCLAMPED ENERGY WAVEFORMS

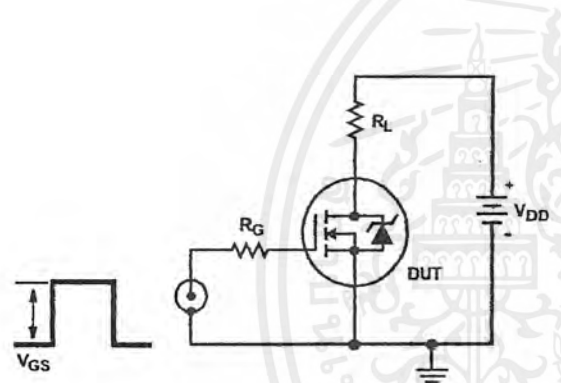


FIGURE 17. SWITCHING TIME TEST CIRCUIT

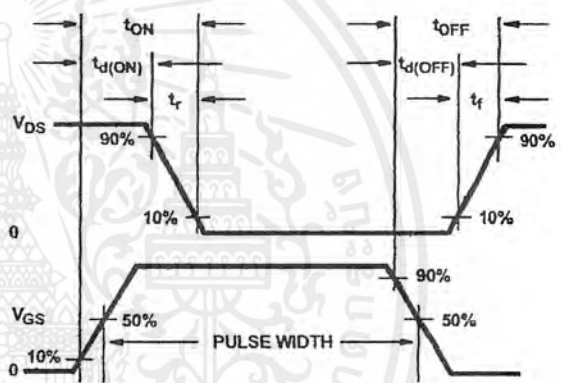


FIGURE 18. RESISTIVE SWITCHING WAVEFORMS

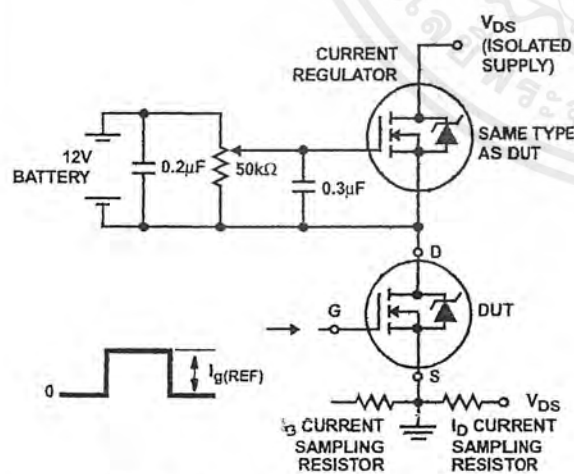


FIGURE 19. GATE CHARGE TEST CIRCUIT

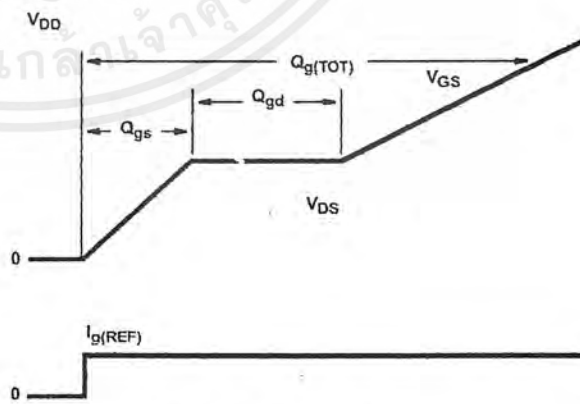


FIGURE 20. GATE CHARGE WAVEFORMS

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีก็เพราะได้รับความช่วยเหลือ ให้การสนับสนุนที่ดีมาโดยตลอดจากหน่วยงาน บริษัท และบุคคล ดังรายนามต่อไปนี้

รศ.ดร.วิริยะ พิเศษฐเจ้าเรณู ดร.วิจิตร กิณเรศ และ อ.สุรินทร์ คำฝอย อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำที่ดีในการทดลองและได้อำนวยความสะดวกเรื่องเครื่องมือในการทดลอง และติดต่อกับทางองค์กรภายนอก

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

ภาควิชาวิศวกรรมควบคุมที่ได้อำนวยความสะดวกเรื่องเครื่องมือในการวัดกำลังไฟฟ้า เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรม ชั้น 3 ตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ ลาดกระบัง ที่ได้อำนวยความสะดวกในเรื่องเครื่องมือวัดต่างๆ

ขอขอบคุณพี่โรมัสและพี่กิตติศักดิ์ เพชรใจที่ได้ให้คำปรึกษาในบางเรื่องเกี่ยวกับการทำงานของวงจร

ขอขอบคุณพี่ธนาวุฒิ นาคสีห์ ที่ได้ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการทำงานของวงจรและให้ความช่วยเหลือในเรื่องของ IC#KA7526

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ Store ที่ได้อำนวยความสะดวกในเรื่องเครื่องมือที่ใช้ในการทำการทดลอง

ขอขอบคุณบิดา - มารดาที่ได้ให้กำเนิดมาและให้เงินทุนในการศึกษาและการทำการทดลอง
ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

คณะผู้จัดทำ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Michael Bairanzade , “Electronic LampBallastDesign”Power Semiconductor Applications
Engineer Motorola SPS Toulouse
- [2] Michael Bairanzade , “Efficient Safety Circuit for Electronic Ballast” Power Semiconductors
Application Engineer Motorola SPS Toulouse
- [3] ปริญญาธิพนธ์ , “บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์” ปีการศึกษา 2542



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้