การศึกษาเปรียบเทียบการออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สองชนิด

นาย กิตติ สุขุตมตันติ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2537

ISBN 974-584-961-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17010305

A Comparative Study of Two Electronic Ballast Designs

Mr. Kitti Sukutamatunti

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-584-961-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเปรียบเทียบการออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สองชนิด
โดย	นาย กิตติ สุขุตมตันติ
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศ.ดร. มงคล เดชนครินทร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตรจารย์ ดร. โคทม อารียา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตรจารย์ ดร. มงคล เดชนครินทร์)

..... กรรมการ

(รองศาสตรจารย์ ดร. เอกชัย ลีลารัศมี)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร. ยุทธนา กุลวิทิต)

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

กิตติ สุขุตมตันติ : การศึกษาเปรียบเทียบ การออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ สองชนิด (A COMPARATIVE STUDY OF TWO ELECTRONIC BALLAST DESIGNS) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร. มงคล เดชนครินทร์ , 75 หน้า , ISBN 974-584-961-8

วิทยานิพนธ์นี้เสนอการศึกษาเปรียบเทียบการออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 2 ชนิด สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 วัตต์ คือชนิดความถี่สูง และชนิดความถี่ต่ำยิ่ง วงจรบัลลาสต์ทั้ง 2 ชนิด รับกำลังจากแหล่งจ่ายกระแสสลับ 1 เฟส แรงดัน 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ โดยที่วงจรชนิดแรกให้แรงดันออกรูปคลื่นไซนูซอยด์ที่ความถี่ประมาณ 50 กิโลเฮิรตซ์ ส่วนวงจรชนิดที่ 2 ให้แรงดันออกรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่ความถี่ในช่วง 0.07 - 70 มิลลิเฮิรตซ์ วงจรส่วนหน้าของบัลลาสต์ทั้ง 2 ชนิดใช้ไอซีเบอร์ TDA 4814 ของบริษัท Siemens เป็นตัวควบคุม กระแสด้านเข้าให้มีรูปคลื่นใกล้เคียงรูปไซนูซอยด์ปรับค่าตัวประกอบกำลังให้ใกล้เคียง 1.00 และจ่ายแรงดันกระแสตรงให้แก่วงจรอินเวอร์เตอร์ซึ่งทำหน้าที่แปลงผันแรงดันกระแสตรง ให้เป็นแรงดันกระแสสลับก่อนที่จะป้อนให้แก่หลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อไป จากการเปรียบเทียบการออกแบบ การสร้าง และการทดลองวงจรในทางปฏิบัติ สรุปได้ว่าวงจรบัลลาสต์ชนิดความถี่สูงมีข้อได้เปรียบเหนือวงจรบัลลาสต์ชนิดความถี่ต่ำยิ่ง คือมีประสิทธิภาพสูงกว่า ใช้ชิ้นส่วนวงจรเป็นจำนวนน้อยกว่า อีกทั้งการควบคุมการจ่ายกำลังให้หลอด และการเริ่มจุดหลอดยังทำได้ง่ายกว่าอีกด้วย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ออกแบบอิเล็กทรอนิกส์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา ๒๕๓๗ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

วิทยานิพนธ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เท่านั้น

C415424 : MAJOR ELECTRONIC DESIGN
KEY WORD:
ELECTRONIC BALLAST / FLUORESCENT LAMP

KITTI SUKUTAMATUNTI: A COMPARATIVE STUDY OF TWO ELECTRONIC BALLAST DESIGNS
THESIS ADVISOR:PROF. MONGKOL DEJNAKARINTRA, Ph.D. 75 pp., ISBN 974-584-961-8

This thesis presents a comparative study of two types of electronic ballast for the 40-W fluorescent lamp, namely, the high-frequency (HF) type and the ultralow-frequency (ULF) type. Both types of the designated ballast obtain power from a single-phase, 220-volt, 50-hertz ac source. The HF ballast gives a sinusoidal output voltage at about 50 kHz whereas the ULF ballast gives a squarewave output voltage at a frequency in the 0.07 - 70 mHz range. The front end of both ballasts use the Siemens TDA4814 IC to obtain a nearly sinusoidal input current, correct the power factor to about 1.00, and deliver a dc voltage to the back-end inverter, which converts the dc voltage to an ac voltage to be fed to the fluorescent lamp. From comparison between the two types of ballast considering design, construction , and experimental appllication, it can be concluded that the HF-type ballast has advantages over the ULF-type because the former has a higher efficiency, uses fewer components, and can control the output power and the start-up of the fluoresent lamp more easily than the latter.

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา ออกแบบอิเล็กทรอนิกส์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา ๒๕๓๗ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ของ ศาสตราจารย์ ดร. มงคล เดชนครินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้คำแนะนำ และ ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยด้วยดีมาโดยตลอด รวมถึงกรรมการวิทยานิพนธ์ คือ ผศ.ดร. ยุทธนา กุลวิทิต , รศ.ดร.เอกชัย ลีลารัศมี และ รศ.ดร. โคทม อารียา ซึ่งได้ให้ อุปกรณ์และไอซี ที่ใช้ในการทดลอง , โปรแกรม LEK สำหรับการออกแบบ และ ทดลองวงจร อีกทั้งคำแนะนำอีกมากมาย

การวิจัยครั้งนี้ ได้รับทุนวิจัยบางส่วนจาก ทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ.ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุน และ ให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

กิตติ สุขุตมตันติ

สารบัญ

บทที่		*หน้า*
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญตาราง	ช
	สารบัญภาพ	ฌ
1	บทนำ	1
2	พื้นฐานวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ และทฤษฎีการทำงาน	5
3	การออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	19
4	ผลการทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 2 ชนิด	45
5	ผลการศึกษาเปรียบเทียบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 2 ชนิด	56
6	สรุป วิจารณ์ และ ข้อเสนอแนะ	62
รายการอ้างอิง (reference)		64
ภาคผนวก		68
	ภาคผนวก ก ไอซี TDA 4814	69
	ภาคผนวก ข ข้อดี/ข้อเสียของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	74
ประวัติผู้เขียน		75

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ระดับแรงดันสูงและต่ำของสัญญาณการทำงานภายในไอซี TDA4814..... 35

4.1 ผลการทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง 46

4.2 ผลการทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่ต่ำยิ่ง 46

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	วงจรบัลลาสต์แกนเหล็ก(แบบพรีฮีต)ทั่วไป	5
2.2	รูปคลื่นกระแสและแรงดันในช่วงการจุดหลอดของหลอดก๊าซดิสชาร์จ แบบเมทัลฮาไลด์ 100 วัตต์	8
2.3	การจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์แรปิดสตาร์ตขนาด 40 W ด้วยบัลลาสต์แมกเนติก	9
2.4	การจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ด้วยบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แบบไม่มอดูเลต	9
2.5	การจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ด้วยบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แบบมอดูเลต	9
2.6	แรงดันคร่อมหลอดขณะจุดหลอด ตามมาตรฐานสากลสำหรับ หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบ T8 ที่ทำงานที่ความถี่สูง	12
2.7	แรงดันคร่อมหลอดขณะจุดหลอด ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบ T8	12
2.8	กราฟเพื่อใช้หาขอบเขตของค่ากระแสพรีฮีตของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 26 W	13
2.9	การเลือกจุดทำงานของวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์กับบัลลาสต์	14
2.10	รูปคลื่นแรงดันคร่อมหลอดและกระแสผ่านหลอดก๊าซดิสชาร์จ	15
2.11	แรงดันจุดหลอด (และแรงดันจุดหลอดซ้ำ)	16
2.12	การเพิ่มประสิทธิผลการส่องสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ทำงานที่ความถี่ต่าง ๆ	17
3.1	แผนภาพแสดงโครงสร้างส่วนประกอบของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์.....	19
3.2	ลักษณะโครงสร้าง บล๊อกไดอะแกรมของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	20
3.3	ตัวอย่างวงจรกรอง L-C แบบต่าง ๆ	21
3.4	ผลตอบสนองเชิงความถี่ และวงจรกรองที่เลือกใช้ในการป้องกันการรบกวน	21
3.5	วงจรเรียงกระแส	25
3.6	วงจรกรองฮาร์มอนิกแบบแอกทีฟ	26
3.7	กระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำและกระแสด้านเข้าของวงจรทบระดับ.....	27
3.8	วงจรภายในไอซี TDA 4814	30
3.9	รูปอธิบายการทำงานของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง	31
3.10	วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่ต่ำยิ่งที่ใช้ไอซี TDA 4814	36
3.11	วงจรอินเวอร์เตอร์แบบกึ่งบริดจ์ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง	37
3.12	วงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่สูงที่ใช้ในการวิเคราห์ และวงจรสมมูล	39
3.13	วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูงที่ใช้ไอซี TDA 4814 เป็นวงจรกรองด้านเข้า	41
3.14	วงจรอินเวอร์เตอร์ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่ต่ำยิ่ง	42
3.15	วงจรควบคุมรีเลย์กลับขั้วการจ่ายไฟให้หลอดของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่ต่ำยิ่ง	42
3.16	วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่ต่ำยิ่งที่ใช้ไอซี TDA 4814 เป็นวงจรกรองด้านเข้า	44

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
4.1	ไดอะแกรมการต่อเครื่องมือวัดทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	45
4.2	รูปคลื่นกระแสด้านเข้าวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง	47
4.3	สเปกตรัมของกระแสด้านเข้าวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง	47
4.4	รูปคลื่นกระแสด้านเข้าวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่ต่ำยิ่ง	48
4.5	สเปกตรัมของกระแสด้านเข้าวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่ต่ำยิ่ง	48
4.6	รูปคลื่นแรงดันคร่อมหลอดจากการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง	49
4.7	รูปคลื่นแรงดันคร่อมหลอดจากการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่ต่ำยิ่ง	50
4.8	รูปคลื่นแรงดันคร่อมหลอดจากการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่ต่ำยิ่ง	51
4.9	รูปคลื่นแรงดันคร่อมหลอดจากการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่ต่ำยิ่ง	51
4.10	รูปคลื่นแรงดันคร่อมหลอดจากการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่ต่ำยิ่ง	52
4.11	รูปคลื่นแรงดันคร่อมหลอดจากการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่ต่ำยิ่ง	52
4.12	รูปคลื่นแรงดันคร่อมหลอดจากการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่ต่ำยิ่ง	53
4.13	กราฟเปรียบเทียบกำลังด้านเข้าวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 2 แบบ	53
4.14	กราฟเปรียบเทียบกำลังที่บัลลาสต์จ่ายให้หลอดที่แรงดันต่าง ๆ	54
4.15	กราฟเปรียบเทียบค่าตัวประกอบกำลังด้านเข้า	54
4.16	กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวงจรบัลลาสต์	55