

ผลของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติอุปกรณ์และปัจจัยภายนอกต่อพฤติกรรมของ
บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

นายสมชาย เปรมรุ่งพันธ์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-1064-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF DEVICE CHARACTERISTIC VARIATIONS AND
EXTERNAL FACTORS ON THE BEHAVIORS OF ELECTRONIC BALLASTS

Mr. Somchai Pramrungpun

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-13-1064-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : ผลของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติอุปกรณ์และปัจจัยภายนอกต่อพฤติกรรม
ของบัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์

โดย : นายสมชาย เปรมรุ่งพันธุ์

สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า

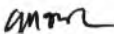
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา กุลวิทิต

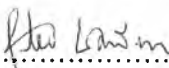
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.สมบุรณ์ แสงวงศ์วานิชย์)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา กุลวิทิต)


.....กรรมการ
(อาจารย์สุวิทย์ นาคพิระยุทธ)

สมชาย เปรมรุ่งพันธุ์ : ผลของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติอุปกรณ์และปัจจัยภายนอกต่อพฤติกรรมของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (EFFECTS OF DEVICE CHARACTERISTIC VARIATIONS AND EXTERNAL FACTORS ON THE BEHAVIORS OF ELECTRONIC BALLASTS)

อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. บุทธนา กุลวิทิต, 95 หน้า. ISBN 974-13-1064-1

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอผลการศึกษากการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ป้อนให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่างๆ ในระบบ โดยการคำนวณความไวในการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันด้านเข้า ความถี่การทำงาน รวมทั้งค่าของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุในวงจรอินเวอร์เตอร์ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ สมการที่ใช้คำนวณค่าต่าง ๆ ได้จากวงจรสมมูลสำหรับความถี่หลักมูลที่ใช้ตัวต้านทานแบบเชิงเส้นแทนหลอด แต่มีการคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานของหลอดกับจุดทำงานด้วย เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของหลอดตามจุดทำงานทำให้ต้องใช้การวิธีทางกราฟเพื่อวิเคราะห์หาจุดทำงานของบัลลาสต์และหลอด ได้มีการคำนวณความไวในการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับแรงดันพิกัดสามค่า และสำหรับแรงดันพิกัดแต่ละค่า ได้มีการศึกษาความไวสำหรับการออกแบบค่าอุปกรณ์ด้านโหลดที่ออกแบบแตกต่างกันสามแบบ ผลการคำนวณแสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของกำลังออกเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทุกตัว ล้วนแต่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของค่าพหุคูณของความถี่การทำงาน อัตราส่วนของแรงดันอินเวอร์เตอร์ต่อแรงดันหลอด รวมทั้งค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของแรงดันหลอดกับตัวแปรที่พิจารณา วิทยานิพนธ์นี้ได้ทดลองวัดค่าความไวต่าง ๆ เพื่อการเปรียบเทียบกับผลการคำนวณทางทฤษฎี

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....ลายมือชื่อนิสิต.....*สมชาย เปรมรุ่งพันธุ์*.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*กมล*.....
ปีการศึกษา.....2543.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4070447521: MAJOR POWER ELECTRONICS

KEY WORD: ELECTRONIC BALLASTS / OUTPUT POWER SENSITIVITY / INPUT
VOLTAGE VARIATION / FREQUENCY

SOMCHAI PRAMRUNGPUN : EFFECTS OF DEVICE CHARACTERISTIC
VARIATIONS AND EXTERNAL FACTORS ON THE BEHAVIORS OF ELECTRONIC
BALLASTS. THESIS ADVISOR : YOUTHANA KULVITIT, 95 pp.
ISBN 974-13-1064-1

The alteration of output power of an electronic ballast feeding a fluorescent lamp in a lamp ballast system caused by the variation of the system parameters was studied. Differential sensitivities of ballast's output power with respect to supply voltage, operating frequency, as well as inverter circuit inductor and capacitor were calculated. Fundamental approximation analytical technique and linear fluorescent lamp model were used to establish the circuit equations, but power dependent of the linear lamp resistance was included in the calculations. Due to the power dependence of fluorescent lamp I-V characteristic, graphical technique had been used to determine the operating point of the lamp ballast system. The calculations were made for three different rated voltages. Three different combinations of load circuit parameters were investigated for each rated voltage value. Theoretical calculations reveal that, all the parameters considered influence the output power through normalized operating frequency, rated inverter voltage to lamp voltage ratio as well as differential sensitivity of lamp voltage with respect to the parameter under consideration. Experimental results are also given for comparison.

Department..... ELECTRICAL ENGINEERING Student's signature..... SOMCHAI PRAMRUNGPUN
Field of study..... ELECTRICAL ENGINEERING Advisor's signature..... Youthana Kulvitit.
Academic year..... 2000 Co-advisor's signature.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือ และเอาใจใส่อย่างดียิ่งของอาจารย์ รศ. ดร.ยุทธนา กุลวิทิต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ที่ให้คำแนะนำตลอดจนความช่วยเหลือด้านต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยตลอดมา รวมทั้งอาจารย์ ดร.สมบูรณ์ แสงวงศ์วานิชย์ ที่ได้ให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ และกรุณาให้ยืมเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ตลอดจนรุ่นน้องๆ ในห้องปฏิบัติการวิจัยอิเล็กทรอนิกส์กำลังทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ รวมทั้งสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ(สพช.) และสำนักงานกองทุนวิจัยแห่งชาติ(สกว.) กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาของข้าพเจ้า และนายสุรจิต ทิพย์พรหม ผู้อำนวยการกองประสานงานทางเทคนิค(ผก.สพป) องค์การโทรศัพท์ฯ ผู้ซึ่งให้โอกาสทางการศึกษา ให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน และให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญเรื่อง.....	ช
สารบัญตาราง.....	ซ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
2 ทฤษฎีการทำงานวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์และสมการความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลัง ออกต่อการเปลี่ยนแปลง V_{dc} , f_s , L , และ C_{ig}	5
3 ผลการคำนวณค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลง V_{dc} , f_s , L , และ C_{ig}	21
4 ผลการทดลองวัดค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลง V_{dc} , f_s , L , และ C_{ig}	39
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	62
รายการอ้างอิง.....	64
ภาคผนวก.....	66
ประวัติผู้เขียน.....	95

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ง.1 สัญลักษณ์และความหมายของตัวแปรต่างๆ.....	93

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์และลักษณะการต่อกับหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	6
2.2 โครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดอุ่นไส้.....	7
2.3 หลักในการให้แสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดอุ่นไส้.....	8
2.4 คุณลักษณะกระแส-แรงดันพลวัตของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ความถี่ค่าต่างๆ.....	10
2.5 วงจรสมมูลของหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	11
2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส-แรงดันของหลอดเมื่อใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง แสดงการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของหลอดฟลูออเรสเซนต์กับกำลังที่หลอด.....	11
2.7 กราฟลักษณะสมบัติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ได้จากการทดลองและเส้นกราฟที่ได้จากการใช้Curve-fitting.....	12
2.8 โครงสร้างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์.....	13
2.9 วงจรสมมูลของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์และวงจรสมมูลของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เป็นโหลด.....	15
2.10 วงจรสมมูลของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์และวงจรสมมูลของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่พัฒนา...16	
3.1 ลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Ballast Line)และของหลอดฟลูออเรสเซนต์(Lamp Line)ที่ใช้สำหรับหาจุดทำงานของวงจร.....	22
3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเหนี่ยวนำ(L)กับค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) ที่พิกัด $V_{dc} = 230 \text{ V}$, $P_{lamp} = 32 \text{ W}$	23
3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเหนี่ยวนำ(L)กับค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) ที่พิกัด $V_{dc} = 280 \text{ V}$, $P_{lamp} = 32 \text{ W}$	24
3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเหนี่ยวนำ(L)กับค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) ที่พิกัด $V_{dc} = 350 \text{ V}$, $P_{lamp} = 32 \text{ W}$	24
3.5 ความสัมพันธ์ของความไว $\left(S_{V_{dc}}^{P_{lamp}} \right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับแรงดันไฟตรงด้านเข้า (Vdc) ที่พิกัด $V_{dc} = 230 \text{ V}$	26
3.6 ความสัมพันธ์ของความไว $\left(S_{V_{dc}}^{P_{lamp}} \right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับแรงดันไฟตรงด้านเข้า (Vdc) ที่พิกัด $V_{dc} = 280 \text{ V}$	27

สารบัญญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.7 ความสัมพันธ์ของควมวไ $\left(S_{V_{dc}}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับแรงดันไฟตรงด้านเข้า (V_{dc}) ที่พิกัด $V_{dc} = 350$ V.....	27
3.8 ความสัมพันธ์ของควมวไ $\left(S_{\omega_S}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับความถี่การทำงานของ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (f_s) ที่พิกัด $V_{dc} = 230$ V.....	30
3.9 ความสัมพันธ์ของควมวไ $\left(S_{\omega_S}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับความถี่การทำงานของ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (f_s) ที่พิกัด $V_{dc} = 280$ V.....	30
3.10 ความสัมพันธ์ของควมวไ $\left(S_{\omega_S}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับความถี่การทำงานของ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (f_s) ที่พิกัด $V_{dc} = 350$ V.....	31
3.11 ความสัมพันธ์ของควมวไ $\left(S_L^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับค่าความเหนี่ยวนำ (L) ที่พิกัด $V_{dc} = 230$ V.....	33
3.12 ความสัมพันธ์ของควมวไ $\left(S_L^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับค่าความเหนี่ยวนำ (L) ที่พิกัด $V_{dc} = 280$ V.....	33
3.13 ความสัมพันธ์ของควมวไ $\left(S_L^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับค่าความเหนี่ยวนำ (L) ที่พิกัด $V_{dc} = 350$ V.....	34
3.14 ความสัมพันธ์ของควมวไ $\left(S_{C_{ig}}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับค่าความจุของตัวเก็บประจุ (C_{ig}) ที่พิกัด $V_{dc} = 230$ V.....	36
3.15 ความสัมพันธ์ของควมวไ $\left(S_{C_{ig}}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับค่าความจุของตัวเก็บประจุ (C_{ig}) ที่พิกัด $V_{dc} = 280$ V.....	36
3.16 ความสัมพันธ์ของควมวไ $\left(S_{C_{ig}}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับค่าความจุของตัวเก็บประจุ (C_{ig}) ที่พิกัด $V_{dc} = 350$ V.....	37
4.1 เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณวัดค่าควมวไ การเปลี่ยนแปลงของกำลังออก ต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า (V_{dc}) ที่พิกัด $V_{dc} = 230$ V.....	40
4.2 เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณวัดค่าควมวไ การเปลี่ยนแปลงของกำลังออก ต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า (V_{dc}) ที่พิกัด $V_{dc} = 280$ V.....	41

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณวัดค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) ที่พิกัด $V_{dc} = 350$ V.....	42
4.4 เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณวัดค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_s) ที่พิกัด $V_{dc} = 230$ V.....	44
4.5 เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณวัดค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_s) ที่พิกัด $V_{dc} = 280$ V.....	45
4.6 เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณวัดค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_s) ที่พิกัด $V_{dc} = 350$ V.....	46
4.7 เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณวัดค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อค่าความเหนี่ยวนำ(L) ที่พิกัด $V_{dc} = 230$ V.....	48
4.8 เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณวัดค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อค่าความเหนี่ยวนำ(L) ที่พิกัด $V_{dc} = 280$ V.....	49
4.9 เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณวัดค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อค่าความเหนี่ยวนำ(L) ที่พิกัด $V_{dc} = 350$ V.....	50
4.10 เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณวัดค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) ที่พิกัด $V_{dc} = 230$ V.....	52
4.11 เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณวัดค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) ที่พิกัด $V_{dc} = 280$ V.....	53
4.12 เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณวัดค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) ที่พิกัด $V_{dc} = 350$ V.....	54
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้าปัทสถาน(V_{dcn}) ที่พิกัด $V_{dc} = 280$ V.....	57
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_s) กับความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ปัทสถาน(ω_{Sn}) ที่พิกัด $V_{dc} = 280$ V.....	57
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ(L) กับค่าความเหนี่ยวนำปัทสถาน(L_n) ที่พิกัด $V_{dc} = 280$ V.....	58

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลง ค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) กับค่าความจุของตัวเก็บประจุปัทสถาน(C_{ig2}) ที่พิกัด $V_{dc} = 280$ V.....	58
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดัน ไฟตรงด้านเข้า และกำลังออก กับแรงดันด้านเข้าปัทสถานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เปรียบเทียบกับบัลลาสต์แกนเหล็ก.....	61