หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเบื้องต้น

วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์(fluorescent lamp circuit) จำเป็นต้องมีบัลลาสต์(ballast) เพื่อช่วยจำกัดกระแสที่ไหลผ่านหลอด และช่วยในการจุดหลอด ในการใช้งานแบบดั้งเดิมได้ใช้ตัวเหนี่ยวนำแกนเหล็กทำหน้าที่เป็นบัลลาสต์ซึ่งเรียกว่าบัลลาสต์แมกเนติก (magnetic ballast) ต่อมาภายหลังได้มีเริ่มมีการทดลองนำวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาใช้งานเป็นบัลลาสต์ในปี ค.ศ. 1938 (Marian K.Kazimierczok,1993) โดยในยุคแรกเป็นการสร้างวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้หลอดทำงานที่ความถี่สูง หรือ เพื่อทำให้แรงดันของแหล่งจ่ายมีค่าต่าง ๆ กัน หลังจากนั้นก็มีการพัฒนาวงจรในยุคที่สองเพื่อจุดประสงค์ที่แตกต่างออกไป เช่น เพื่อการจุดหลอดติดเร็ว เพื่อใช้เป็นวงจรไฟฉุกเฉิน เพื่อลดผลทางสโตรโบสโคปิก (stroboscopic effect) หรือเพื่อให้ได้ บัลลาสต์ที่มีน้ำหนักเบาในการติดตั้งรวมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดกะทัดรัด (compact) ถัดมาถึงยุคที่สามเป็นช่วงที่วงจรได้รับการออกแบบอย่างซับซ้อนมากขึ้น เช่น สามารถปรับแสงสว่างได้ หรือ มีการป้อนกลับในวงจรควบคุม หรือ บัลลาสต์ตัวเดียวสามารถจุดหลอดได้หลายหลอด การพัฒนาที่ผ่านมาสามารถค้นพบ ลักษณะของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ทำงานที่ความถี่สูง (ในช่วง 10 kHz ขึ้นไป) และให้แรงดันคร่อมหลอดมีค่าสูงกว่าวงจรที่ทำงานที่ความถี่ต่ำ (50, 60 เฮิรตซ์) จะทำให้ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้หลอดเปล่งแสงสว่างได้เพิ่มมากขึ้น (E.Rasch,1971) จึงมี จุดเด่นที่ว่าหากต้องการให้หลอดทำงานโดยเปล่งแสงสว่างเท่าเดิม ก็ทำได้โดยการลดกำลังงานที่หลอดให้ต่ำลง ซึ่งก็เป็นการประหยัดพลังงานนั่นเอง ดังนั้นจากการพัฒนาบัลลาสต์ อิเล็กทรอนิกส์ในยุคแรกจนมาถึงยุคที่สี่ในปัจจุบัน(ALR,1992) เราจึงสรุปข้อดีของบัลลาสต์ อิเล็กทรอนิกส์ได้ 2 ประการ คือ

1. วงจรใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีน้ำหนักเบา
2. การออกแบบวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ดีช่วยให้ประหยัดพลังงานได้

อย่างไรก็ตามบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ก็มีข้อเสียหลายประการ ประการหนึ่งได้แก่ การที่กระแสด้านเข้าของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ไม่เป็นรูปไซน์ ถึงแม้ว่าวงจรจะประหยัดพลังงานได้ จากการที่กำลังจริงของวงจรมีค่าต่ำลง แต่การที่กระแสด้านเข้ามีรูปคลื่นที่เพี้ยนไปจากรูปไซน์นี้ จะทำให้ค่ายอดของกำลังปรากฏมีค่าเพิ่มสูงมากขึ้น และปริมาณฮาร์มอนิก (รวมถึง EMI [electromagnetic interference], RFI [radio frequency interference]) มีค่า เพิ่มสูงมากขึ้น โครงการวิทยานิพนธ์นี้ได้ทดลองสร้างวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ที่มีการควบคุมกระแสด้านเข้าให้เป็นรูปไซน์ เพื่อลดค่าฮาร์มอนิกและเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังให้ใกล้เคียง 1 และในขณะเดียวกันก็ประหยัดพลังงานได้ด้วยเมื่อเทียบกับบัลลาสต์แมกเนติก

<u>แนวทางการปรับปรุงสมรรถนะของวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์</u>

ในอดีตได้เคยมีนักวิจัยอื่น ๆ พยายามปรับปรุงสมรรถนะของวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยมีแนวทางดังนี้ (มงคล เดชนครินทร์ , 2525)

1. ใช้บัลลาสต์แมกเนติกแบบเดิม แต่ใช้ขนาดเส้นลวดในบัลลาสต์ให้โตขึ้นเพื่อลดความต้านทานของขดลวด และใช้วัสดุแกนเหล็กที่มีการสูญเสียพลังงานต่ำ ซึ่งหมายถึงการลดพลังงานสูญเสียในตัวบัลลาสต์ ทำให้ได้เป็นบัลลาสต์แบบกำลังสูญเสียต่ำ

2. ใช้วงจรไฟฟ้าอื่นแทนบัลลาสต์ ซึ่งอาจเป็นวงจรชนิดที่ใช้องค์ประกอบแบบพาสซีฟล้วน ๆ หรืออาจใช้วงจรชนิดที่มีองค์ประกอบแบบแอกทีฟประกอบด้วยก็ได้ คือ

2.1 การใช้ตัวเหนี่ยวนำกับตัวเก็บประจุแทนบัลลาสต์ ทำงานที่ความถี่ 50 - 60 เฮิรตซ์ แต่จะทำให้ได้บัลลาสต์ที่มีขนาดใหญ่

2.2 การใช้หม้อแปลงปรับแรงดันกระแสสลับเข้าหลอด ทำให้สามารถดัดแปลงการต่อหลอดได้ เพราะการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขึ้นกับเงื่อนไข เช่น

ก. เส้นผ่านศูนย์กลางของหลอด หลอด 40 W เดิมมีประสิทธิภาพ สูงสุดที่ขนาด 38 มม.(T12) หลอดรุ่นใหม่ 36 W มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ขนาด 26 มม.(T8)

ข. ความยาวหลอด

ค. ความถี่

ง. อุณหภูมิ

2.3 ใช้วงจรเรียงกระแสป้อนแรงดันกระแสตรงให้หลอด ซึ่งจะทำให้ใช้อุปกรณ์ขนาดเล็กกว่าข้อ 2.1 และมีการสูญเสียพลังงานต่ำ ทำให้การเสื่อมของสารเคลือบหลอด มีแนวโน้มที่จะช้ากว่าการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ แต่ประสิทธิผลทางแสงไม่สูงนัก

2.4 ใช้แรงดันความถี่สูงป้อนเข้าหลอด ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิผลทางแสง และอุปกรณ์มีขนาดเล็ก แต่ต้องใช้อุปกรณ์ซับซ้อน บัลลาสต์แบบนี้เรียกว่า บัลลาสต์ อิเล็กทรอนิกส์

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สามารถลดการสูญเสียพลังงานที่ไส้หลอด , ลดอุณหภูมิที่ผนังหลอดลงได้ [ALR (T) , 1991] และหากออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ให้ดีก็จะสามารถช่วยยืดอายุหลอดได้ (คือทำให้ขั้วหลอดดำช้า และอายุใช้งานของหลอดนาน) จึงทำให้มีนักวิจัยหลายท่านได้ให้ความสนใจศึกษาวงจรแทนบัลลาสต์ , บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น มงคล เดชนครินทร์ (2524,2525,2528,2532,2533,2534) , ยุทธนา กุลวิทิต (2535) , จิรธนา พริ้งรักษา (2533) , ศิริ นันทศรี (2533) , วิษณุ นิ่มปิติวัน (2533) , Byszewski, W.W. (1990) , Campbell,J.H.(1953) , Campbell, R.S. (1981) , Hammer ,E.E. (1985,1990) , Johnson D.R. (1981)

แนวโน้มในอนาคต ผู้ใช้ต้องการบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีสมรรถนะดีขึ้น เช่น ประหยัดพลังงานได้มากขึ้น และ กำเนิดฮาร์มอนิกน้อยลง วิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาถึงการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์กับ หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบพรีฮีต (pre-heat) และ ได้แสดงตัวอย่างการพัฒนาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ โดยสร้างวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีกระแสด้านเข้าเป็นรูปใกล้เคียงรูปไซน์ และมีค่าตัวประกอบกำลังใกล้เคียง 1 จำนวน 2 วงจร คือ

ก. วงจรใช้หลักการความถี่สูง (high frequency : f > 20 kHz) และ

ข. วงจรใช้หลักความถี่ต่ำยิ่ง (ultra low frequency : f < 0.01 Hz)

<u>วัตถุประสงค์ของการวิจัย</u>

เพื่อศึกษา ค้นคว้า การทำงานของวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ และปรับปรุงวงจรนี้ให้ประหยัดพลังงาน เพิ่มประสิทธิภาพทางไฟฟ้า และยืดอายุหลอด โดยออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 2 ชนิด ชนิดหนึ่งใช้หลักความถี่สูง และอีกชนิดหนึ่งใช้หลักความถี่ต่ำยิ่ง เพื่อใช้แทนบัลลาสต์แบบแมกเนติก นอกจากนี้ผู้วิจัยจะศึกษาถึง

ก. คุณสมบัติที่เหมาะสมของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ว่าควรเป็นเช่นไร จึงจะสามารถ ทำให้วงจร ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และ อายุการใช้งานยาวนาน

ข. ผลการทดสอบและเปรียบเทียบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นทั้ง 2 ชนิด

<u>ขอบเขตของการวิจัย</u>

ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ และสร้างวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ต้นแบบ 2 ชนิดสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบพรีฮีต ขนาด 40 วัตต์ ที่มีฮาร์มอนิกด้านเข้าประมาณ 10 % ตัวประกอบกำลังอย่างต่ำประมาณ 0.9 และประสิทธิภาพทางไฟฟ้าของวงจรสูงกว่า 85 %

<u>ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัยโดยย่อ</u>

1. ค้นคว้า ศึกษาข้อมูล
2. ออกแบบระบบของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดความถี่สูงและชนิดความถี่ต่ำยิ่ง
3. จำลองแบบการทำงาน(simulate) และทดลองสร้างต่อวงจรในแต่ละส่วน
4. ทดสอบการทำงาน ปรับปรุง และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น
5. แก้ไขปรับปรุงวงจร แล้วสร้างวงจรต้นแบบของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 2 ชนิดในข้อ 2.
6. ทดลอง ประเมินผล และ สรุปผล

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบว่าวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบใดเหมาะที่จะใช้ในบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ โดยมีสมรรถนะดีกว่าบัลลาสต์แมกเนติก

2. ทำให้ทราบถึงคุณสมบัติที่ดีของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบในอนาคต

3. เป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาการออกแบบทางวิศวกรรมในเชิงอุตสาหกรรม

4. ผลการศึกษา วิจัยและพัฒนา อาจสามารถนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อประเทศในด้านการประหยัดพลังงาน การสร้างอุตสาหกรรมใหม่ การสร้างตลาดแรงงาน การประหยัดเงินตราในการสั่งซื้อบัลลาสต์จากต่างประเทศ

เนื้อหาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ในบทต่อ ๆ ไปของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 2 พื้นฐานวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ และ ทฤษฎีการทำงาน
กล่าวถึงหน้าที่การทำงานของบัลลาสต์ และกลไกในการจุดหลอด

บทที่ 3 การออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
กล่าวถึงหลักการใช้งานไอซี TDA 4814 และการออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

บทที่ 4 ผลการทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
กล่าวถึงผลการทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 2 แบบที่ทดลองสร้างขึ้น

บทที่ 5 ผลการศึกษาเปรียบเทียบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 2 ชนิด
กล่าวถึงการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ต้นแบบ

บทที่ 6 สรุป วิจารณ์ และ ข้อเสนอแนะ
กล่าวถึงผลสรุปจากการศึกษา และข้อเสนอแนะในวิทยานิพนธ์นี้