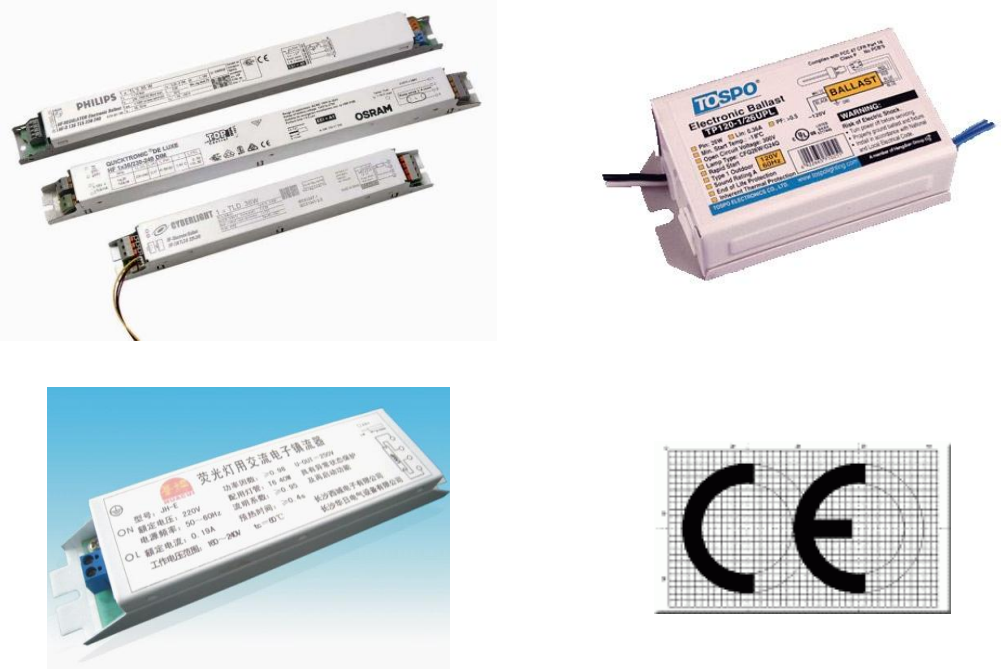
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้านับเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการดำรงชีวิตประจำวัน ปรับปรุงคุณภาพชีวิต และขับเคลื่อนการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศ จึงอาจกล่าวได้ว่า พลังงานไฟฟ้าเปรียบเสมือนเส้นเลือดใหญ่ของสังคมในทุกวันนี้และในอนาคต ซึ่งความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยนั้นมีความต้องการมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง และนับวันยิ่งมีปริมาณการใช้พลังงานเพิ่มสูงมากขึ้น ดังนั้นหากไม่ตระหนักถึงการลดปริมาณการใช้ เชื่อได้ว่า อนาคตพลังงานจะต้องหมดสิ้นไป การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้มีการรณรงค์ให้มีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงภายใต้สัญลักษณ์ฉลากเบอร์ 5 โดยกระทรวงพลังงานมีนโยบายให้ กฟผ. รณรงค์ฉลากเบอร์ 5 ให้เป็นที่แพร่หลายพร้อมกับพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ในระบบแสงสว่างจึงมีการสนับสนุนให้ใช้หลอดฟลูออเรสเซนซ์ (T5) ซึ่งเป็นอีกอุปกรณ์หนึ่งที่ กฟผ. สามารถดำเนินการพัฒนาให้เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2550 กฟผ. เปิดตัวโครงการ “เครือข่ายร่วมลดโลกร้อน ด้วยหลอดผอมใหม่เบอร์ 5” ตามมติคณะรัฐมนตรีให้ทุกกระทรวงให้ความร่วมมือในการดำเนินงานโครงการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุมภาครัฐตามที่กระทรวงพลังงานเสนอ และหนึ่งในแนวทางการดำเนินงานโครงการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุมภาครัฐคือ ส่งเสริมการใช้หลอดประหยัดพลังงานหรือหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 โดยมีเป้าหมายเปลี่ยนหลอด T8 เป็นหลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5 จำนวน 110 ล้านหลอด แต่อย่างไรก็ดี เนื่องจากความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางไฟฟ้าทำให้หลอด T5 ไม่สามารถเปลี่ยนใส่แทนหลอด T8 (หลอดผอม) และหลอด T12 (หลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา) ได้ นอกจากนี้หลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 ต้องใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นบัลลาสต์เฉพาะสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 โดยทั่วไปบัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 ไม่สามารถใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T12 ได้เช่นเดียวกัน และอีกทั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อยู่นั้นมีทั้งที่มีคุณภาพสูงและคุณภาพต่ำ ซึ่งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพสูงนั้นจะก่อให้เกิดฮาร์มอนิกส์ (ในย่านความถี่ต่ำ) หรือสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (ในย่านความถี่สูง) ที่น้อยแต่มีราคาแพง แต่ในทางตรงกันข้ามการที่ใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีราคาถูกจะส่งผลให้มีฮาร์มอนิกส์หรือสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่สูงเนื่องจากมีคุณภาพต่ำ และสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นนั้นจะส่งผลต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ไวต่อสัญญาณรบกวนตัวอื่นๆ ที่ต่อร่วมอยู่ในระบบด้วย ทำให้อายุการใช้ของงานอุปกรณ์นั้น ๆ ลดลงหรือเกิดความเสียหายได้ อีกทั้งในเรื่องของการอนุรักษ์พลังงาน ถ้าหากมีการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพต่ำรวมกันภายในระบบเป็นจำนวนมาก อาจจะส่งผลกระทบต่อมาตรวัดกำลังไฟฟ้าซึ่งจะทำให้ค่าที่มาตรวัดวัดออกมาได้มีความผิดเพี้ยนไป ด้วยเหตุนี้เองทำให้ผู้ใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 อาจจะต้องจ่ายเงินค่าไฟที่ไม่เป็นไปตามความเป็นจริง ซึ่งอาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าก็ได้ จะเป็นการส่งผลเสียต่อตัวผู้ใช้งานเอง ซึ่งแน่นอนว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ก็มีอยู่หลายยี่ห้อและหลายเกรด ทำให้ราคาแตกต่างกันตามคุณภาพ โดยในการติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ตามบ้านเรือนประชาชนอาจใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่ได้มาตรฐานหรือได้มาตรฐานแต่คุณภาพไม่ดีนัก เนื่องด้วยปัจจัยทางด้านราคา ซึ่งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้จะมีสัญญาณรบกวนที่สูงซึ่งจะส่งผลต่ออุปกรณ์ที่มีความไวสูงทำให้เกิด

ความเสียหายหรืออายุการใช้งานสั้นลงได้ โดยที่ผู้บริโภคไม่รู้ ด้วยเหตุนี้เอง งานวิจัยนี้จึงได้พยายามหาวิธีการในการลดทอนฮาร์มอนิกส์หรือสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในระบบแสงสว่าง ซึ่งรวมถึงการใช้งานหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่มีชุดขับ (drive) เพื่อให้หลอดทำงานด้วย ชุดขับดังกล่าวทำงานด้วยการสวิตชิ่ง ดังนั้นก็จะเกิดสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นด้วยอย่างไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ในการลดทอนหรือควบคุมสัญญาณรบกวนให้อยู่ในระดับที่ไม่เกินตามเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด อาจทำได้โดยการออกแบบและติดตั้งวงจรกรองสัญญาณรบกวนในระบบเพื่อกรองสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการที่เกิดจากชุดขับของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) และที่เกิดจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่ได้มาตรฐานหรือได้มาตรฐานแต่คุณภาพไม่ดีออกไป เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือเทียบเท่ากับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพสูงแต่มีราคาแพง ซึ่งจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายให้กับผู้บริโภคทางหนึ่งด้วย



รูปที่ 1 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์คุณภาพต่าง ๆ

รูปที่ 2 หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) และชุดขับ (drive) ที่ใช้ในระบบแสงสว่าง

จากรูปที่ 1 ได้แสดงให้เห็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพแตกต่างกันออกไป ซึ่งมีทั้งที่ได้มาตรฐานและไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งบางชนิดไม่ได้รับการรับรองมาตรฐาน เช่น มาตรฐาน CE ซึ่งเป็นเครื่องหมายแสดงว่าสินค้านั้นมีการออกแบบและการผลิตที่ได้มาตรฐานความปลอดภัยตามข้อกำหนดในระเบียบข้อบังคับด้านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของยุโรป หรือ EU เพื่อให้ผู้บริโภคใน EU มีความมั่นใจถึงความปลอดภัยในการใช้สินค้าและการจัดการตามมาตรการพิทักษ์รักษาและลดผลกระทบที่อาจมีต่อสิ่งแวดล้อม

จากความต้องการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าในระบบแสงสว่าง จึงมีการรณรงค์ให้มีการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 แทนหลอดรุ่นเดิม รวมถึงการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) แต่สิ่งที่ตามมาก็คือการเกิดฮาร์มอนิกส์หรือสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า [1, 2] อันเกิดจากการทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์และชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatibility; EMC) ในระบบแสงสว่างและระบบที่อยู่ใกล้เคียง กล่าวคือเพื่อให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมทางแม่เหล็กไฟฟ้าเดียวกันทำงานได้อย่างปกติและไม่เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน จึงจำเป็นอย่างยิ่งต้องศึกษาหาวิธีลดฮาร์มอนิกส์หรือสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น ซึ่งมีวิธีการด้วยกันหลายวิธี [3-6] เช่น การใช้วงจรกรองสัญญาณรบกวน (EMI filter) การออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรือชุดขับอย่างเหมาะสม การชีลด์ (shielding) การกราวด์ (grounding) เป็นต้น โดยอาจเลือกเพียงวิธีใดวิธีหนึ่งที่เหมาะสมหรือหลายวิธีร่วมกัน

เมื่อในระบบมีฮาร์มอนิกส์เกิดขึ้นจะส่งผลต่อคุณภาพสัญญาณ (Power quality) กล่าวคือสัญญาณกระแสสลับจะไม่เป็นรูปคลื่นไซน์อีกต่อไป จะมีความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวม (Total Harmonic Distortion; THD) มากขึ้น ส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบที่พิจารณา ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงคุณภาพสัญญาณดังกล่าวเพื่อให้อยู่ในลักษณะที่เหมาะสมและปลอดภัยต่อระบบ โดยทั่วไปแล้วการวิเคราะห์หาวิธีการลดทอนฮาร์มอนิกส์หรือสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า จะเริ่มจากการทำแบบจำลองระบบที่ศึกษาด้วย circuit type simulators เช่น PSpice, Simplorer หรือ Saber ซึ่งจะทำให้ได้ผลของสัญญาณหรือพารามิเตอร์ที่ศึกษาในโดเมนเวลา แต่การวิเคราะห์ปัญหา Electromagnetic interference (EMI) จะพิจารณาในโดเมนความถี่เป็นส่วนใหญ่เพื่อดูสเปกตรัมของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น ดังนั้นหลังจากที่ได้สัญญาณในโดเมนเวลา ต้องมีการแปลง (convert) ให้อยู่ในโดเมนความถี่โดยใช้คำสั่ง FFT ซึ่งมีอยู่ในซอฟต์แวร์ที่ใช้ทำแบบจำลอง
ในงานวิจัยนี้จะ

กล่าวโดยสรุป จากนโยบายด้านการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดที่จะช่วยเผยแพร่ข้อมูลและส่งเสริมการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 และหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) อีกทั้งยังช่วยเสนอแนะแนวทางในการลดปัญหาด้านฮาร์มอนิกส์หรือสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากระบบดังกล่าว โดยเลือกใช้วิธีการใส่วงจรกรองในระบบโดยการหาค่าองค์ประกอบ (element) ของวงจรกรอง (filter) ที่เหมาะสม ซึ่งอาจคำนวณจากการพิจารณา cut-off frequency ของวงจรกรอง เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 และ/หรือ หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) เพื่อให้เกิดผลประหยัดพลังงาน

2) เพื่อรณรงค์ให้ประชาชนชาวไทยลดความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศโดยใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพและประหยัดหลังงาน
3) เพื่อศึกษาและหาวิธีการลดทอนสัญญาณรบกวน โดยการออกแบบวงจรกรองสัญญาณรบกวนเพื่อช่วยลดฮาร์มอนิกส์หรือสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์คุณภาพต่ำและจากชุดขับของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED)
4) เพื่อให้ได้วงจรกรองสัญญาณรบกวนที่ออกแบบร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีราคาไม่สูงแทนที่จะใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีราคาสูงเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่าย

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) ระบบแสงสว่างที่พิจารณาคือหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ที่ใช้งานร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ และหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้ชุดขับเพื่อให้เกิดแสงสว่าง
2) วัดสัญญาณฮาร์มอนิกส์หรือสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากระบบแสงสว่างที่พิจารณา
3) ออกแบบวงจรกรองสัญญาณรบกวนเพื่อลดระดับสัญญาณเพื่อให้สอดคล้องตามมาตรฐานที่กำหนด
4) ตรวจสอบประสิทธิภาพของวงจรกรองที่ออกแบบโดยการนำไปใส่ในระบบจริงที่พิจารณาแล้ววัดค่าของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมหรือสอดคล้องตามมาตรฐานที่พิจารณาหรือไม่

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1) จัดเตรียมอุปกรณ์หลักที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยทั้งหมด ได้แก่ มิเตอร์วัดปริมาณทางไฟฟ้า ออสซิลโลสโคป บัลลาสต์ขดลวด บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ชุดหลอดไฟ หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชุดขับหลอด เป็นต้น
2) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ รุ่น T5 ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) และการออกแบบวงจรกรองสัญญาณรบกวน ตลอดจนปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 และชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED)
3) ติดตั้งอุปกรณ์และทำการวัดค่าและเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดจากการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพต่างๆ กัน เช่น ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน, power factor, total harmonic distortion เป็นต้น และพิจารณาในทำนองเดียวกันสำหรับการใช้งานหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) พร้อมชุดขับ
4) ทำการออกแบบและติดตั้งวงจรกรองสัญญาณรบกวนที่เกิดจากระบบแสงสว่างที่พิจารณาเพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง จากนั้นนำผลที่ได้จากการติดตั้งในแต่ละกรณีศึกษามารวบรวมเพื่อศึกษาถึงข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไขที่เหมาะสมก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป
5) นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาปรับปรุงวงจรกรองต้นแบบ
6) สรุปผลการศึกษาวิจัยเพื่อจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ และเขียนบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของโครงการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัยนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ประโยชน์จากองค์ความรู้ใหม่ และ ประโยชน์ในด้านการพัฒนาทางด้านอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมของประเทศ ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

ประโยชน์ในด้านการพัฒนาด้านอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมของประเทศ

1) ส่งเสริมงานวิจัยให้มีการพัฒนาทางด้านการอนุรักษ์พลังงานให้เกิดผลการประหยัดพลังงานอย่างยั่งยืนต่อไป
2) เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจในการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5
3) สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลงได้ในระดับหนึ่ง โดยยังคงประสิทธิภาพของการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเช่นเดิม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากองค์ความรู้ใหม่

1) สามารถเป็นแนวคิดในการออกแบบวงจรกรองสัญญาณรบกวน
2) เผยแพร่ความรู้ในการตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาฮาร์มอนิกส์หรือสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ และที่เกิดจากชุดขับของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับวิศวกร นักวิจัย นักศึกษา ตลอดจนผู้สนใจอื่นๆ เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาต่อไป อีกทั้งยังนำไปใช้ประโยชน์แก่หน่วยงานที่สนใจ เพื่อเป็นการส่งเสริมลดโลกร้อน
3) เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจในการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 และหลอดไดโอดเปล่งแสง โดยชุดตัวต้นแบบให้ความรู้