http://journal.rmutp.ac.th/

การลดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากอุปกรณ์ขับหลอดแอลอีดี

พีรวัจน์ มีสุข[1*] และ อิสราพงษ์ พูลพราหมณ์[2]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

[2] ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

[1] 1061 ซอยอิสรภาพ 15 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10600

[2] 111 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

รับบทความ 12 มกราคม 2017; ตอบรับบทความ 15 พฤษภาคม 2017

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้เสนอวิธีการลดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอุปกรณ์ขับหลอดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดแอลอีดีให้ได้ตามมาตรฐาน มอก. 1955 – 2551 ซึ่งตามมาตรฐานจะต้องทดสอบความเข้ากันได้ทางสนามแม่เหล็ก ประกอบด้วย Magnetic Field Emission : ME , Conducted Emission : CE และ Coupling Decoupling Network : CDN โดยทำการทดสอบหลอดแอลอีดีจำนวน 3 หลอด กำหนดให้เป็นชนิด A, B และ C แต่ละหลอดมีกำลังไฟฟ้า 16 วัตต์ และมีระดับสัญญาณรบกวนของแต่ละหลอดไม่เท่ากัน จากนั้นทำการออกแบบวงจรลดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งพิจารณาที่ความถี่ต่ำโดยได้ทำการทดสอบ Conducted Emission เท่านั้น เพื่อให้หลอดแอลอีดีชนิด A มีสัญญาณรบกวนตามมาตรฐาน มอก.1955-2551 แล้วใช้วงจรลดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้ออกแบบทดสอบกับอุปกรณ์ขับหลอดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดแอลอีดีชนิด B และ C เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของวงจรลดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ผลการทดลองพบว่าวงจรลดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถลดสัญญาณรบกวนให้หลอดแอลอีดีชนิด A และ B มีค่าสัญญาณรบกวนผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนชนิด C สามารถลดสัญญาณรบกวนได้เช่นเดียวกัน แต่ไม่สามารถลดสัญญาณรบกวนให้ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

คำสำคัญ: คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า; หลอดแอลอีดี; การลดสัญญาณรบกวน

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +669 7250 0448, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: scpeerawat@bsru.ac.th*

http://journal.rmutp.ac.th/

The Reduced Electromagnetic Interference from LED Lamp Drive Device

Peerawat Meesuk[1*] and Itsarapong Poolpram[2]

[1] Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University

[2] Electrical and Electronic Testing Center

[1] 1061 Soi Isaraphap 15, Isaraphap Road, Hiranruchi, Dhonburi, Bangkok 10600

[2] 111 Thailand Science Park, Phahonyothin Road, Khlongnueng, Khlongluang, Pathumthani 12120

Received 12 January 2017; accepted 15 May 2017

Abstract

This paper presents the method to reduced electromagnetic interference from electronic drive for LED lamp to achieve the TIS standard No.1955-2551. According to standard, it must have been tested for magnetic field compatibility that are included Magnetic Field Emission: ME, Conducted Emission: CE and Coupling Decoupling Network: CDN. The 3 LED lamp which defined as Type A, B and C were tested. Each lamps has 16 watt electric power and was different electromagnetic interference of electronic drive. After that, the reduce electromagnetic interference circuit has been designed for low frequency. This circuit test was based on Conducted Emission test only. The integrated design was preferable to reduces electromagnetic interference for LED lamp drive device type A to the TIS. standard No. 1955-2551. That design circuit was been trialled in LED lamp drive device type B and C in order monitor efficiency of reduce electromagnetic Interference. The results showed that design circuit can reduce electromagnetic interference from LED lamp drive device type A and B to the standard. For LED lamp drive device types C, the design circuit can reduce electromagnetic interference, but it still has not achieve the standard.

Keywords: Electromagnetic Interference; LED lamp; Reduce

**** Corresponding Author. Tel.: +669 7250 0448, E-mail Address: scpeerawat@bsru.ac.th***

1. บทนำ

ปัจจุบันเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีการใช้อย่างแพร่หลาย ซึ่งการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งในการเกิดสัญญาณรบกวนขณะใช้งาน โดยเฉพาะการเกิดปัญหาสัญญาณรบกวนสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่แพร่ออกมาจากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ส่งผลให้ไปรบกวนการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางประเภทที่อยู่รอบ ๆ บริเวณเป็นผลทำให้การทำงานของอุปกรณ์ที่ใกล้เคียงทำงานผิดปกติไปจากเดิม

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ได้กำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แพร่ออกมาตามสายตัวนำและแพร่กระจายออกทางอากาศให้ระดับสัญญาณรบกวนมีค่าตามที่มาตรฐานกำหนด [1], [2]

ปัจจุบันมีการนำหลอดแอลอีดีมาใช้แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งหลอดแอลอีดีจะมีอุปกรณ์ขับหลอดอิเล็กทรอนิกส์แทนการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ ดังนั้นเพื่อประโยชน์ของผู้บริโภคสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของหลอดแอลอีดีชนิด T8 มีอุปกรณ์ขับหลอดอิเล็กทรอนิกส์ในตัวใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ หลอดไฟแอลอีดีที่จำหน่ายโดยทั่วไปมีมากมายหลายชนิดและหลายราคา บางส่วนต้องการลดต้นทุนในการจำหน่ายจึงไม่มีการทดสอบค่าสัญญาณรบกวนตามมาตรฐานกำหนด และอีกสาเหตุมาจากการออกแบบทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ผู้ออกแบบวงจรส่วนใหญ่ยังไม่ให้ความสำคัญเกี่ยวกับสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ส่งผลให้ร้อยละ 90 ไม่ผ่านการทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro Magnetic Compatibility) ปัญหาสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นนี้แก้ไขได้โดยใช้หลักการของการเกิดสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างอุปกรณ์ป้องกันที่ลดผลกระทบของสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าจากการส่งผ่านทางสายตัวนำไฟฟ้าและการส่งผ่านทางอากาศไม่ให้ผ่านเข้าไปถึงอุปกรณ์อื่น ๆ ได้

2. ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สัญญาณรบกวน

ปัจจุบันได้มีการนำวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ไปใช้งานอย่างแพร่หลายทำให้วงจรต่าง ๆ ต้องทำงานระยะที่ใกล้กันมากขึ้นส่งผลให้วงจรเหล่านี้สร้างสัญญาณรบกวนซึ่งกันและกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า นอกจากนี้การนำวงจรมากมายมารวมกันภายใต้พื้นที่เล็กลงก็มีส่วนในการเพิ่มปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวน ดังนั้นเพื่อให้วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์สามารถทำงานได้ดีในสภาวะแวดล้อมนั้น ๆ ควรคำนึงถึงปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยบางวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์บางวงจรไม่สร้างสัญญาณรบกวนแก่วงจรอื่น ๆ อีกทั้งจะไม่ถูกรบกวนจากวงจรอื่นเช่นกัน สัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าในระบบจะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

2.1.1 แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน (Noise Source)

สัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นในระหว่างที่อุปกรณ์หรือระบบใด ๆ ทำงานอยู่หรือปนเข้ามากับสัญญาณที่พึงประสงค์ซึ่งบ่อยครั้งที่สัญญาณรบกวนเหล่านี้เป็นสาเหตุที่ทำให้การทำงานของอุปกรณ์หรือระบบเกิดการผิดพลาดถ้าระดับสัญญาณรบกวนอยู่ในระดับที่มากเกินกว่าอุปกรณ์หรือระบบจะรับได้ ซึ่งสัญญาณรบกวนมีหลายประเภทไม่ว่าจะเป็นสัญญาณเสียง สัญญาณไฟฟ้าและอื่น ๆ แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จะทำให้มีความเข้าใจถึงการเกิดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อที่จะเป็นพื้นฐานในการออกแบบและป้องกันสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยเน้นไปที่แหล่ง

กำเนิดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากมนุษย์สร้างขึ้น แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนภายนอก ได้แก่ เครื่องมือเครื่องใช้ข้างเคียงที่ทำงานใกล้กับแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น ฟ้าผ่า หรือแม้แต่ไฟฟ้าสถิต เป็นต้น การป้องกันสัญญาณรบกวนจากภายนอกวงจรนั้นบางครั้งอาจจะป้องกันได้ โดยวางอุปกรณ์ที่ทำงานในย่านความถี่เดียวกันไว้ห่าง ๆ กัน แยกวงจรที่ใช้กำลังสูงออกห่างจากวงจรควบคุมหรือวงจรกำลังต่ำใส่วงจรกรองทำกล่องชีลด์ให้กับวงจรก็จะสามารถป้องกันไม่ให้เกิดการรบกวนกันทางแม่เหล็กไฟฟ้าจากภายนอกได้

แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนภายในไม่สามารถหลีกเลี่ยงโดยการวางห่าง ๆ ได้จึงจำเป็นต้องมีการแก้ไขที่ตัววงจรเพื่อทำให้วงจรสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและลดความเสี่ยงต่อการรบกวนกันเองภายในวงจร วิธีการลดสัญญาณรบกวนที่พบมาก ได้แก่ การชีลด์ตัวนำ (Shielding) การต่ออุปกรณ์ลงกราวด์ (Grounding) ทำให้วงจรสมดุล (Balancing) การกรองสัญญาณ (Filtering) การวางตำแหน่งของวงจร (Separation and Orientation) การควบคุมระบบอิมพีแดนซ์ภายในวงจร (Circuit Impedance Control) การออกแบบสายสัญญาณ (Cable Design) และเทคนิคการหักล้าง (Cancellation Techniques)

2.1.2 ทางเดินของสัญญาณรบกวน (Coupling Mode)

เป็นการเชื่อมต่อของสัญญาณทางแม่เหล็กไฟฟ้า หมายถึง วิธีการหรือทางเดินของสัญญาณรบกวนจากแหล่งกำเนิดสัญญาณไปยังตัวรับสัญญาณรบกวน การเชื่อมต่อจะสามารถเกิดขึ้นได้ 2 แบบ ดังนี้

การเกิดสัญญาณรบกวนภายในสายตัวนำ การรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าทางสายตัวนำ (Conducted Interference) จะเกิดกับอุปกรณ์ที่ใช้ความถี่ต่ำและความถี่สูง การรบกวนเกิดจากสัญญาณที่มีความถี่ในย่านตั้งแต่ 9 kHz ถึง 30 MHz ผ่านตัวกลางที่เป็นตัวนำไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ข้างเคียง ทำให้เกิดการทำงานที่ผิดพลาดการเกิดสัญญาณรบกวนในสายตัวนำ คือ สัญญาณที่ไม่พึงประสงค์ที่ส่งออกมาทางสายตัวนำเกิดจากการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

การเกิดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยการแผ่กระจาย (Radiated Interference) เกิดขึ้นในอุปกรณ์ที่ใช้ความถี่สูงช่วงความถี่ 30 MHz ถึง 1 GHz โดยเฉพาะอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในวงจร วิธีการป้องกันสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถป้องกันด้วยวิธีการชีลด์ และการใช้เทคนิคร่วมอื่น ๆ การรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยการแพร่กระจายมักเกิดการชีลด์สายเคเบิล และสัญญาณที่ไม่ดีหรือเกิดจากสัญญาณที่เปิดโล่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งแผ่น PCB บริเวณจุดบักกรีที่เปิดเผย

2.1.3 สิ่งที่รับผลกระทบจากสัญญาณรบกวน (Receiver on Victim)

สัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นอาจมีผลทำให้เกิดความเสียหายต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความไวต่อสัญญาณรบกวน เช่น Integrated Circuit (IC) และอาจทำให้เกิดการรบกวนต่อตัวรับ เช่น รบกวนการทำงานในเครื่องวิทยุ โทรทัศน์ หรือทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะในวงจรดิจิทัลผลจากการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าจะทำให้ตัวรับ (Victim) ได้รับผลกระทบซึ่งขึ้นอยู่กับความรุนแรงของสัญญาณรบกวน

รูปที่ 1 สิ่งที่รับผลกระทบจากสัญญาณรบกวน

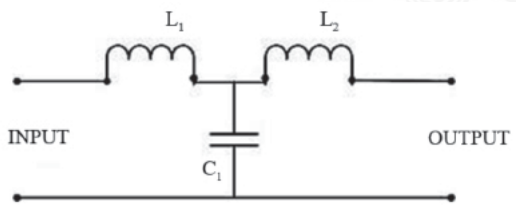
2.2 วงจรกรองสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

วงจรกรองความถี่ (Filter) คือ วงจรเลือกความถี่ซึ่งยอมให้สัญญาณความถี่ที่กำหนดผ่านได้และลดทอนสัญญาณนอกเหนือจากความถี่ที่กำหนด ซึ่งปกติสัญญาณดังกล่าวอยู่ในรูปแบบของแรงดัน

2.2.1 วงจรกรองความถี่ต่ำ

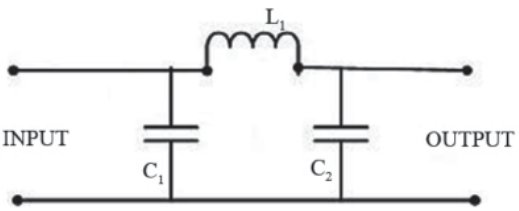
สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท [3] คือ

วงจรกรองความถี่ต่ำชนิด T (T Type Low Pass Filter) วงจรนี้ใช้ตัวเหนี่ยวนำ หรือตัวเก็บระจุเพียงตัวเดียว ไม่สามารถกำจัดสัญญาณความถี่สูงได้หมด ตรงจุด Cut Off ทำให้ความถี่สูงผ่านไปได้ จึงแก้ปัญหาโดยการเพิ่มตัวเหนี่ยวนำเข้าไปในวงจรอีกชุด เมื่อต่อแล้วลักษณะวงจรคล้ายตัว T จึงเรียกว่าวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบที การกรองความถี่ถ้าต้องการประสิทธิภาพอาจจะใช้วงจรนี้หลายชุด



รูปที่ 2 วงจร T type low pass filter

วงจรกรองความถี่ต่ำชนิด Pi (Pi Type Low Pass Filter) วงจรนี้จะใช้ตัวเก็บประจุ จำนวน 2 ตัว และตัวเหนี่ยวนำ จำนวน 1 ตัวต่อกันมีรูปร่างคล้ายตัว Pi จึงเรียกกันว่าวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบ Pi [4]

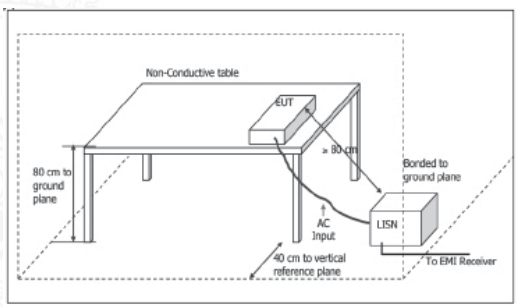


รูปที่ 3 วงจร Pi type low pass filter

2.3 การทดสอบความเข้ากันได้ทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

2.3.1 การทดสอบ Conducted Emission (CE)

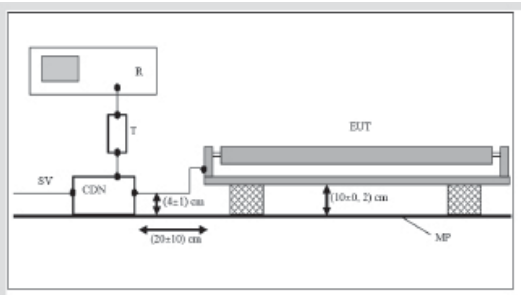
เป็นการทดสอบหาระดับสัญญาณรบกวนที่ออกมาจากผลิตภัณฑ์ที่ย้อนกลับเข้าไปในแหล่งจ่ายไฟฟ้า (AC Main Supply) ช่วงความถี่ 9 kHz ถึง 30 MHz โดยมีสายตัวนำเป็นตัวกลางในการส่งผ่าน (Coupling Path) ในการทดสอบนี้ต้องนำตัวอย่างที่จะทำการทดสอบไปจัดวางในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Shielded Room) แล้ววัดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการทำงานของตัวอย่าง โดยอ่านค่าที่วัดได้ที่เครื่องวัดสัญญาณรบกวน (EMI Receiver) ผ่านตัวตรวจวัด แล้วเทียบค่าที่วัดได้กับค่าขีดจำกัดที่ระบุในมาตรฐาน แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนผังการจัดวางตัวอย่างทดสอบ CE

2.3.2 การทดสอบ Coupling Decoupling Network Testing (CDN)

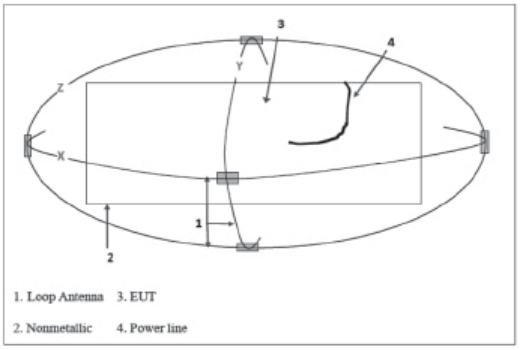
ถ้าบริภัณฑ์ส่องสว่างเป็นไปตามข้อกำหนดสัญญาณรบกวนที่แผ่ออกในพิสัยความถี่ 30 MHz ถึง 300 MHz ทดสอบบนโต๊ะที่ไม่มีวัสดุนำไฟฟ้าสูง 80 เซนติเมตร จากพื้นกราวด์อ้างอิงโดยทำการต่อสายไฟฟ้าประธานของตัวอย่างทดสอบเข้ากับชุดทดสอบ CDN ในห้องทดสอบ และต่อสายสัญญาณจากชุดทดสอบ CDN เข้าเครื่อง EMI Receiver ที่จะทำการวัดแรงดันไฟฟ้ารบกวนที่เกิดจากตัวอย่างทดสอบ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนผังการจัดวางตัวอย่างทดสอบ CDN

2.3.3 การทดสอบ Magnetic Field Emission Testing (ME)

เป็นการทดสอบสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกทดสอบช่วงความถี่ 9 kHz ถึง 30 MHz ส่งสัญญาณเข้าสู่เครื่อง EMI Receiver ที่จะวัดค่าสัญญาณรบกวนที่แผ่กระจายออกมาจากตัวอย่างทดสอบตลอดย่านความถี่ตามมาตรฐานกำหนด ทดสอบบนโต๊ะที่ไม่มีวัสดุนำไฟฟ้าตรงกลางสายอากาศแบบลูป 3 แกน ดังรูปที่ 6



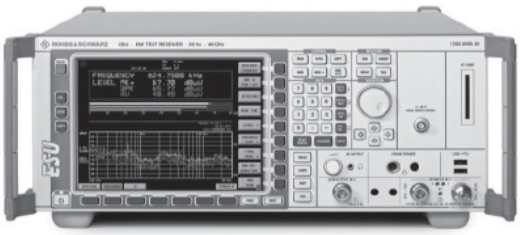
รูปที่ 6 แผนผังการจัดวางตัวอย่างทดสอบ ME

3. การลดสัญญาณรบกวนด้วยวงจรกรองความถี่

3.1 อุปกรณ์ [5]

3.1.1 เครื่อง EMI Receiver

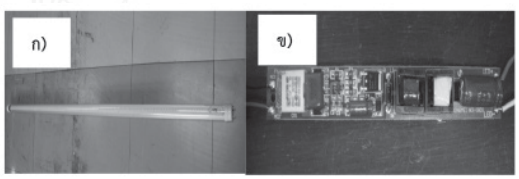
ในการวัดค่าระดับสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อนำหลอดไฟแอลอีดีเข้าห้องทดสอบตามตามมาตรฐานแล้วอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบจะส่งสัญญาณเข้าสู่เครื่อง EMI Receiver เป็นเครื่องมือวัดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 เครื่อง EMI Receiver

3.1.2 หลอดไฟแอลอีดี

หลอดแอลอีดี ชนิด T8 มีอุปกรณ์ขับหลอดอิเล็กทรอนิกส์ในตัว กำลังไฟฟ้า 16 วัตต์ แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ก) หลอดแอลอีดี ข) อุปกรณ์ขับหลอดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดแอลอีดี

3.2 วิธีการตรวจสอบการแพร่กระจายทางสายตัวนำหลอดแอลอีดี

3.2.1 การทดสอบ Conducted Emission (CE)

มีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

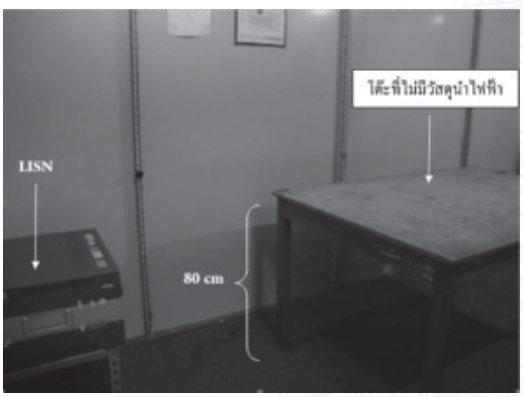
1) นำหลอดไฟแอลอีดีชนิด T8 กำลังไฟฟ้า 16 วัตต์ ติดตั้งบนโต๊ะที่ไม่มีวัสดุนำไฟฟ้าสูง 80 เซนติเมตร จากพื้นกราวด์อ้างอิง

2) ต่อสายไฟจากหลอดแอลอีดีเข้ากับ LISN ในห้องทดสอบมีย่านการทำงานช่วงความถี่ 9 kHz ถึง 30 MHz

3) ต่อสายสัญญาณจาก LISN เข้าเครื่อง EMI Receiver ที่จะทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ารบกวนที่เกิดจากหลอดไฟแอลอีดี

4) ต่อสายสัญญาณจากเครื่อง EMI Receiver เข้าเครื่อง Computer เพื่อเทียบสัญญาณรบกวนกับมาตรฐาน มอก.1955-2551

5) ทำการทดสอบวัดสัญญาณรบกวน จากขั้นตอนการทดสอบ Conducted Emission Testing (CE) เป็นการทดสอบแรงดันไฟฟ้ารบกวนที่แพร่กระจายออกมาตามสายตัวนำช่วงความถี่ 9 KHz ถึง 30 MHz ทดสอบในห้องที่ปิดกั้นสัญญาณรบกวนไม่ให้สัญญาณรบกวนจากภายนอกเข้ามารบกวนการทดสอบแสดงดังรูปที่ 9 [6] , [7]



รูปที่ 9 ห้องทดสอบ CE

3.2.2 การทดสอบ Coupling Decoupling Network (CDN)

มีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

1) นำแผ่นกราวด์ต่อลงกราวด์กับห้องทดสอบวางบนโต๊ะ 80 เซนติเมตร ที่ไม่มีวัสดุนำไฟฟ้า

2) นำโต๊ะที่ไม่มีวัสดุนำไฟฟ้าสูง 10 เซนติเมตร วางบนแผ่นกราวด์

3) ติดตั้งหลอดแอลอีดีชนิด T8 กำลังไฟฟ้า 16 วัตต์ บนโต๊ะที่ไม่มีวัสดุนำไฟฟ้าสูง 10 เซนติเมตร

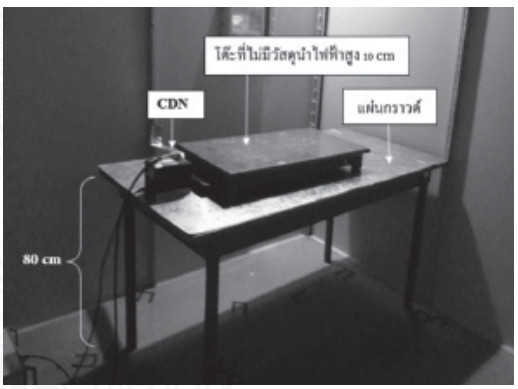
4) ต่อสายไฟจากหลอดแอลอีดีเข้ากับ CDN ในห้องทดสอบมีย่านการทำงานช่วงความถี่ 30 MHz ถึง 300 MHz

5) ต่อสายสัญญาณจาก CDN เข้าเครื่อง EMI Receiver ที่จะทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ารบกวนที่เกิดจากหลอดแอลอีดีชนิด T8 กำลังไฟฟ้า 16 วัตต์

6) ต่อสายสัญญาณจากเครื่อง EMI Receiver เข้าเครื่อง Computer เพื่อเทียบสัญญาณรบกวนกับมาตรฐาน

7) ทำการทดสอบวัดสัญญาณรบกวน

โดยทดสอบในห้องที่ปิดกั้นสัญญาณรบกวนไม่ให้สัญญาณรบกวนจากภายนอกเข้ามารบกวนการทดสอบแสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ห้องทดสอบ CDN

3.2.3 การทดสอบ Magnetic Field Emission (ME)

มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

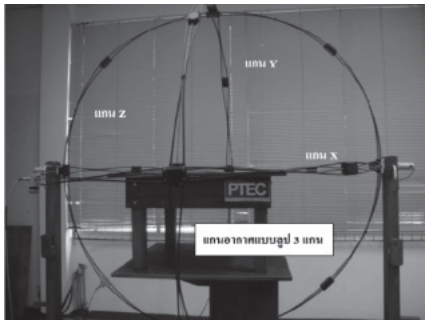
1) นำหลอดไฟแอลอีดีชนิด T8 กำลังไฟฟ้า 16 วัตต์ ติดตั้งบนโต๊ะที่ไม่มีวัสดุนำไฟฟ้าตรงสายอากาศแบบลูป 3 แกน ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร มีย่านการทำงานช่วงความถี่ 9 kHz ถึง 30 MHz

2) ต่อสายสัญญาณจากสายอากาศแบบลูป 3 แกนเข้าเครื่อง EMI Receiver วัดสัญญาณรบกวนแม่เหล็กที่แผ่กระจายเป็นคลื่นที่เกิดจากหลอดไฟแอลอีดีชนิด T8 กำลังไฟฟ้า 16 วัตต์

3) ต่อสายสัญญาณจากเครื่อง EMI Receiver เข้าเครื่อง Computer เพื่อเทียบสัญญาณรบกวนกับมาตรฐาน

4) ทำการทดสอบวัดสัญญาณรบกวน

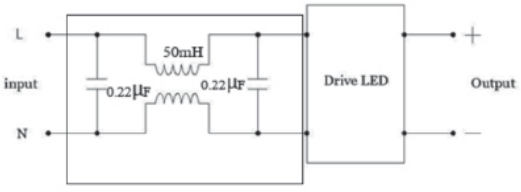
ทดสอบโดยการใช้ลูปแกนอากาศ 3 แกนเพื่อวัดค่าสัญญาณรบกวนที่แพร่กระจายออกมาจากผิวของหลอดไฟแสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ห้องทดสอบ ME

3.3 วงจรที่ใช้ในการลดสัญญาณรบกวน

การลดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าใช้วงจรกรองแบบ PI (Pi Filter) ในการลดสัญญาณรบกวนซึ่งภายในวงจรประกอบไปด้วยตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุต่อใช้งานทางฝั่งด้านขาเข้าของแหล่งจ่าย (AC Input) แสดงวงจรลดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 วงจรลดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

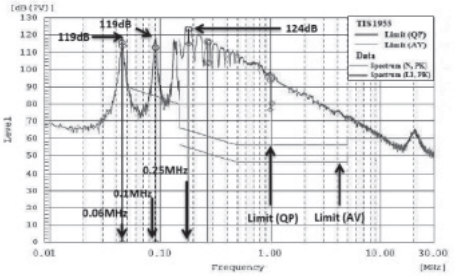
จากรูปที่ 12 แสดงถึงวงจรลดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอุปกรณ์ขับหลอดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดแอลอีดี กำลังไฟฟ้า 16 วัตต์ โดยตัวเหนี่ยวนำ ทำหน้าที่กรองสัญญาณรบกวนช่วงความถี่ 9 kHz ถึง 30 MHz ไม่ให้สัญญาณรบกวนที่มีค่ามากผ่านไปได้ในช่วงความถี่ที่กำหนด และตัวเก็บประจุทำหน้าที่สะสมพลังงานในสนามไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นระหว่างคู่ฉนวนให้ระดับสัญญาณรบกวนมีค่าเท่ากันทั้ง L และ N

4. ผลการลดสัญญาณรบกวน

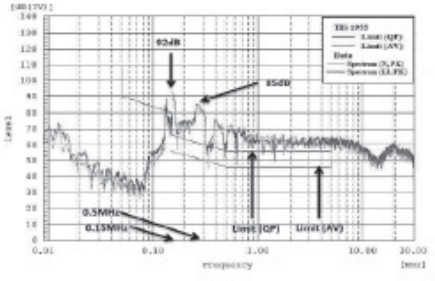
ในบทความนี้จะเป็นการออกแบบวงจรกรองความถี่ด้วยวิธีพื้นฐานซึ่งส่งผลต่อสัญญาณรบกวนในช่วงความถี่ต่ำอย่างชัดเจน จึงแสดงผลการทดสอบเฉพาะในช่วงความถี่ต่ำ 9 kHz ถึง 30 MHz ในการทดสอบ Conducted Emission Testing เท่านั้น

4.1 ก่อนการต่อวงจรกรองสัญญาณรบกวน

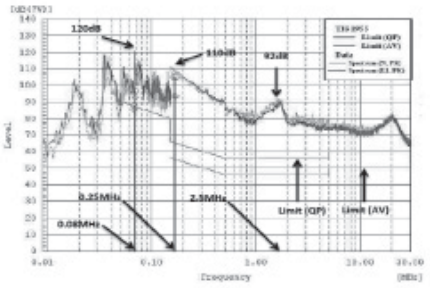
การทดสอบ Conducted Emission Testing (CE) ของหลอดไฟแอลอีดีเพื่อดูค่าสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แพร่กระจายทางสายตัวนำช่วงความถี่ 9 kHz ถึง 30 MHz ของหลอดไฟแอลอีดีจำนวน 3 หลอด แสดงดังรูปที่ 13



1) หลอด A



2) หลอด B

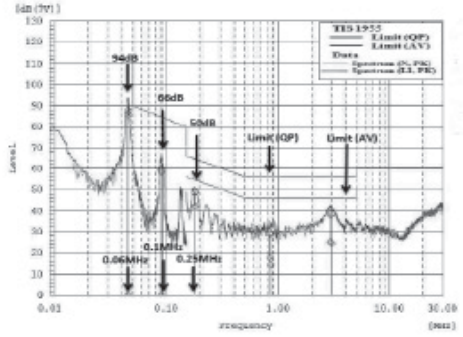


3) หลอด C

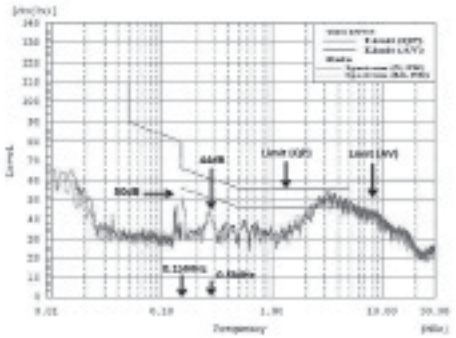
รูปที่ 13 ผลการทดสอบ Conducted Emission Testing ของหลอดแอลอีดี

4.2 หลังการต่อวงจรกรองสัญญาณรบกวน

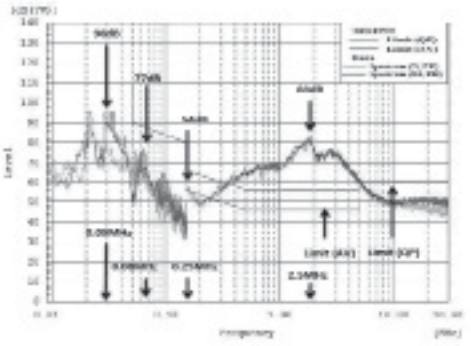
การทดสอบ Conducted Emission Testing (CE) ของหลอดไฟแอลอีดีทั้ง 3 หลอด เมื่อเพิ่มวงจรกรองความถี่ผลการทดสอบ แสดงได้ดังรูปที่ 14



1) หลอด A



2) หลอด B



3) หลอด C

รูปที่ 14 ผลการทดสอบ Conducted Emission Testing ของหลอดแอลอีดี หลังลดสัญญาณรบกวน

จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อต่อวงจรกรองความถี่ที่ออกแบบด้วยวิธีพื้นฐาน เมื่อทดสอบสอบกับหลอดแอลอีดีจำนวน 3 หลอด พบว่าวงจรกรองความถี่สามารถลดสัญญาณรบกวนของหลอดแอลอีดีได้ทั้ง 3 หลอด แต่หลอดแอลอีดีชนิด A และ B สัญญาณรบกวนสามารถลดลงได้ตามมาตรฐาน ส่วนหลอดแอลอีดีชนิด C สัญญาณรบกวนลดลงแต่ยังไม่ได้ตามมาตรฐาน

วงจรลดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถลดระดับสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้ลดลง ขึ้นอยู่กับค่าตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุของค่าที่เหมะสมกับค่าระดับสัญญาณรบกวนแต่ละช่วงความถี่จึงจะสามารถลดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงเหล่านั้นได้แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 สรุปผลการทดสอบการลดสัญญาณรบกวนของหลอดแอลอีดี ชนิด A

ความถี่ (MHz)	มาตรฐานกำหนด (dBμV)	สัญญาณรบกวนก่อนและหลังต่อวงจรกรองสัญญาณ		
		ก่อน (dBμV)	หลัง (dBμV)	ลดลง (dBμV)
0.06	110	119	94	25
0.1	84	119	66	53
0.25	64	124	50	74
1	56	98	35	63
28	60	64	40	24

ตารางที่ 2 สรุปผลการทดสอบการลดสัญญาณรบกวนของหลอดแอลอีดี ชนิด B

ความถี่ (MHz)	มาตรฐานกำหนด (dBμV)	สัญญาณรบกวนก่อนและหลังต่อวงจรกรองสัญญาณ		
		ก่อน (dBμV)	หลัง (dBμV)	ลดลง (dBμV)
0.15	80	92	50	42
0.5	62	85	44	41
1	56	68	36	32
5	56	65	54	11
28	60	62	22	40

ตารางที่ 3 สรุปผลการทดสอบการลดสัญญาณรบกวนของหลอดแอลอีดี ชนิด C

ความถี่ (MHz)	มาตรฐานกำหนด (dBμV)	สัญญาณรบกวนก่อนและหลังต่อวงจรกรองสัญญาณ		
		ก่อน (dBμV)	หลัง (dBμV)	ลดลง (dBμV)
0.08	86	120	77	43
0.25	64	110	54	56
2.5	56	92	83	9
5	56	80	72	8
0.08	86	120	77	43

5. สรุป

การลดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอุปกรณ์ขับหลอดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดแอลอีดีกำลังไฟฟ้า 16 วัตต์ โดยการออกแบบวงจรลดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับหลอดแอลอีดีให้ตรงตามมาตรฐาน มอก.1955-2551 ด้วยวิธีพื้นฐาน ผลการทดลองพบว่าวงจรกรองความถี่ที่ออกแบบสามารถลดสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ทุกหลอด แต่จะลดค่าให้ได้ตามมาตรฐานได้เพียงบางหลอดเท่านั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างและวงจรภายในของอุปกรณ์ขับหลอด

6. เอกสารอ้างอิง

[1] K. Unchaleeworapan, *Electronic equipment standards and testing standards*, Bangkok: Chulalongkorn University, 2006.

[2] *Lighting and similar equipment: Radio disturbance limits*, TIS Standard No. 1955-2551.

[3] W. Khanngoen, *Power Electric*, Bangkok: King Mongkut's Institute of Technology Kadkrabang, 2004.

[4] P. Sripodok, "Reduction of electromagnetic interference Switching," M.Eng. Thesis Dept. Electrical. Eng., King Mongkut's Institute of Technology Kadkrabang, Bangkok, Thailand, 2015.

[5] T. Dachasakun, *Study of EMI Filter Design,* Bangkok: King Mongkut's Institute of Technology Kadkrabang, 2001.

[6] R. Panpraseert, "Circuit design reduces electromagnetic interference standards," M.Eng. Thesis Dept. Electrical. Eng., King Mongkut's Institute of Technology

Kadkrabang, Bangkok, Thailand, 2002.

[7] S. Poeoiamlap, "The reduction of electromagnetic interference from the inverter," M.Eng. Thesis Dept. Electrical. Eng., Rangsit University, Pathumthani, Thailand, 2005.