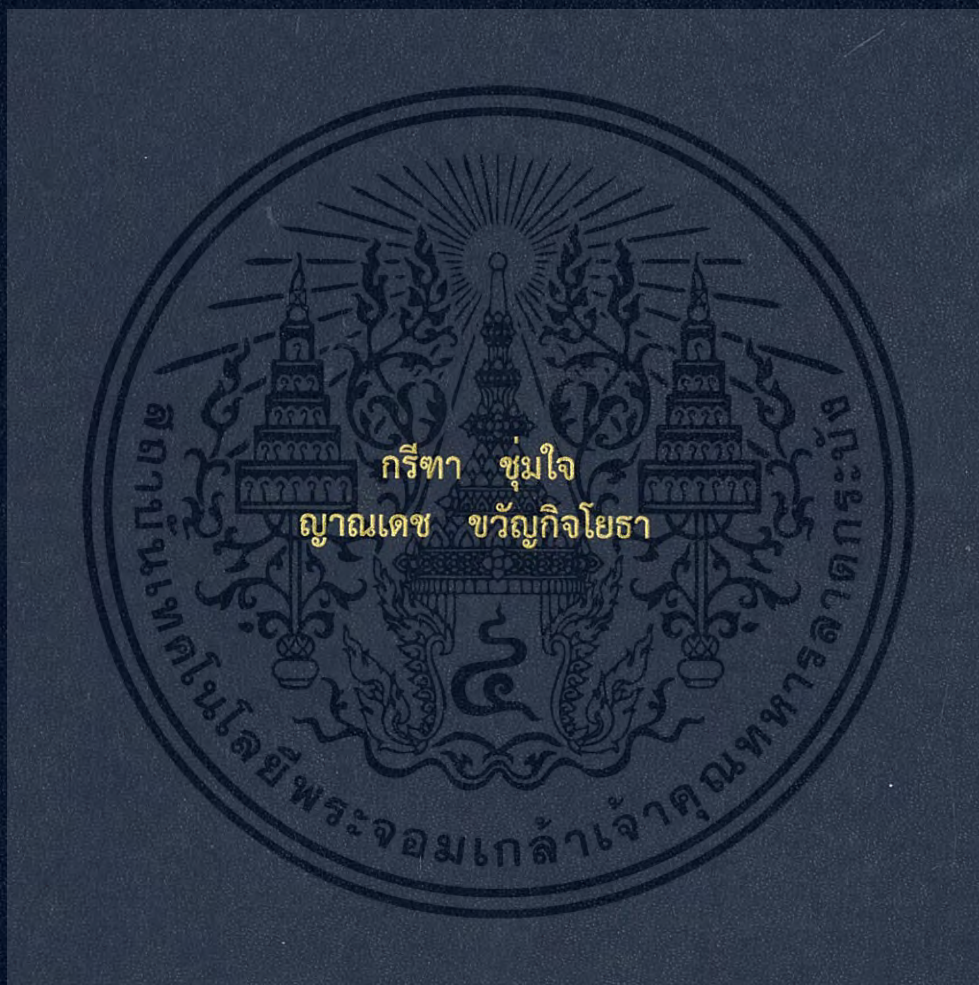


การศึกษาพัฒนาระบบตรวจตำแหน่งการรั่วของสายไฟในผนัง
อาคาร

STUDY AND DEVELOPMENT OF AN IN-WALL CABLE FAULT
LOCATOR



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

การศึกษาพัฒนาระบบตรวจตำแหน่งการรั่วของสายไฟในผนัง
อาคาร
STUDY AND DEVELOPMENT OF AN IN-WALL CABLE FAULT
LOCATOR



T149177



ร.ร.
๗๒๕๗
๒๐๕๘

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 149177
วันเดือนปี..... 29 ส.ค. 2561

b. 42576554
l.

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2558

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY AND DEVELOPMENT OF AN IN-WALL CABLE FAULT
LOCATOR



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ACADEMIC YEAR 2015
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาพัฒนาระบบตรวจตำแหน่งการรั่วของสายไฟในผนังอาคาร
ชื่อนักศึกษา	นายกริธา ชุ่มใจ รหัสนักศึกษา 55051445 นายญาณเดช ขวัญกิจโยธา รหัสนักศึกษา 55051485
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา	ฟิสิกส์
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.อนุพงศ์ สรงประภา

บทคัดย่อ

คุณภาพของวัสดุที่ใช้และการติดตั้งที่ไม่ได้มาตรฐานตลอดจนการเสื่อมหมดอายุของสายไฟ โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่ฝังอยู่ใต้ผนังอาคารก่อกำเนิดสภาวะไฟรั่ว ซึ่งถ้าละเลยเมื่อเวลาผ่านไปก็จะพัฒนาไปสู่การมีกระแสไฟฟ้าลัดวงจรอย่างรุนแรงและเกิดอัคคีภัย มีหลายกรรมวิธีในการเฝ้าระวังตรวจสอบแต่ส่วนต้องกระทำที่ระบบชุดเบรกเกอร์ส่วนกลางซึ่งมีความไม่สะดวกเป้าหมายหลักงานวิจัยเป็นการออกแบบสร้างและทดสอบระบบตรวจระบุตำแหน่งดังกล่าวที่ใช้งานง่าย มีประสิทธิภาพและราคาถูก โดยใช้หลักการเคลื่อนล้อเลื่อนพาวจอร์ชดลวดวัดสภาวะความไม่สมดุลของการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟบ้าน ตรวจไล่ระดับการเปลี่ยนแปลงไปตามแนวสายไฟ

คำสำคัญ : สายไฟ, ใต้ผนัง, การเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก, กระแสไฟรั่ว, ระบบตำแหน่ง

Title	Study and Development of an in-wall cable fault locator	
Students	Mr. Kreetta Chumjai	Student ID 55051445
	Mr. Yannadech Khwankityotha	Student ID 55051485
Degree	Bachelor of Science (Applied Physics)	
Department	Physics	
Faculty	Science	
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)	
Academic Year	2015	
Advisor	Assoc.Prof.Anupong Srongprapa	

Abstract

The quality of materials used and improper installation as well as aging of wires, especially the in-wall part, originated current leakage, which, if leave unnoticeable over time will develop to hazardous short-circuit that cause a fire. There are many techniques available for inspect the situation but all have to be done in conveniently at the load center. The main objective of this research project is to design construct and testing of a low cost and efficient in-wall cable fault locations system based on the inductive detection of discontinuous change of magnetic field caused by the unbalance condition of AC current at the fault position. The wheels-structure installed allow user to track the probe along the direction of the underneath cable easily.

Keyword : cable, in-wall, magnetic induction, current leakage, Locator

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความร่วมมือของทุกๆท่าน ขอขอบพระคุณ รศ.อนุพงศ์ สรงประภา ที่คอยให้คำปรึกษาดูแลอย่างใกล้ชิดและให้ความช่วยเหลือแนะนำที่ดีในการปรับปรุงข้อบกพร่องในการทำโครงการพิเศษและขอขอบพระคุณกรรมการสอบโครงการพิเศษ คืออาจารย์ธรรมรัตน์ แต่งตั้งและอาจารย์ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์และดร.ภาณุพล โขลนกระโทก ที่ให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำช่วยเหลือในการทำโครงการพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทำและให้ความรู้ในเรื่องอุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิจัยเครื่องมือทางแพทย์และสิ่งแวดล้อม ภาควิชาฟิสิกส์ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวก ในการทำโครงการพิเศษให้สำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ให้ได้รับการศึกษา ตลอดจนคอยเลี้ยงดูและอบรมสั่งสอนและเป็นกำลังใจเป็นแรงผลักดันในการทำโครงการพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงเพื่อนๆ และบุคคลอื่นๆ ที่ได้กล่าวมา ผู้จัดทำโครงการขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

กริธา ชุ่มใจ

ญาณเดช ขวัญกิจโยธา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน	4
2.1 ตัวเหนี่ยวนำ	4
2.1.1 ความเหนี่ยวนำตัวเอง	4
2.3.1.1 ผลของจำนวนรอบของขดลวดต่อค่าความเหนี่ยวนำ	6
2.3.1.2 ผลของพื้นที่ของขดลวดต่อค่าความเหนี่ยวนำ	6
2.2.1.3 ผลของความยาวของขดลวดต่อค่าความเหนี่ยวนำ	6
2.3.1.4 ผลของวัสดุที่นำมาทำแกนภายในขดลวดต่อค่าความเหนี่ยวนำ	7
2.2 ระบบไฟฟ้า	8
2.2.1 ระบบไฟฟ้ากระแสตรง	8
2.2.2 ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ	8
2.3 ความแตกต่างกันของสายไฟปกติกับสายไฟที่เกิดการรั่ว	9
2.3.1 การทำงานของสายไฟปกติ	9
2.3.2 การทำงานของสายไฟที่เกิดการผิดปกติ	10
2.4 วงจรขยายสัญญาณ	11
2.4.1 วงจรขยายสัญญาณออปแอมป์	11
2.4.2 วงจรขยายแบบกลับเฟส	12
2.4.3 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส	13
2.4.4 วงจรบัฟเฟอร์	14
2.5 เครื่องที่ใช้ในการตรวจตำแหน่งสายไฟ	14
2.5.1 การตรวจวัดกระแสไฟฟ้าในสายไฟโดยมัลติมิเตอร์	15
2.5.2 การวัดกระแสไฟรั่วด้วยแคลมป์มิเตอร์	17
2.5.3 เครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟโดยการสะท้อนกลับของสัญญาณ	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5.4 เครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟโดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันสูง	21
2.5.5 เครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟรั่วหรือขาดด้วยกระแสไฟสลับความถี่เฉพาะ	24
2.5.6 เครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วในงานวิจัย	26
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	28
3.1 การออกแบบและการสร้างวงจร	28
3.1.1 แบบวงจรเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว	28
3.1.2 ลายวงจรเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว	29
3.1.3 วงจรเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วที่สร้างขึ้น	29
3.2 ทดสอบประสิทธิภาพของวงจรเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว	30
3.2.1 ทดสอบอัตราการขยายของวงจรเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว	30
3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของหัวโพรบ	32
3.3.1 การสร้างหัวโพรบ	32
3.3.2 การทดลองเปรียบเทียบจำนวนการพันขดลวดที่แตกต่างกัน	33
3.4 ประสิทธิภาพในการเหนี่ยวนำของหัวโพรบแต่ละตำแหน่ง	36
3.4.1 การทดลองประสิทธิภาพของหัวโพรบในตำแหน่งที่ต่างกัน	36
3.5 เปรียบเทียบค่าการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กเมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้าแตกต่างกัน	40
3.5.1 การทดลองการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กเมื่อค่ากำลังวัตต์ต่างกัน	40
3.6 เปรียบเทียบสายไฟปกติกับสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่ว	42
3.6.1 จำลองการเกิดไฟรั่วโดยการจำลองจะแยกออกเป็น 2 กรณี	42
3.6.2 การทดลองการเปรียบเทียบสายไฟปกติกับสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่ว	43
3.7 ทดสอบความแม่นยำในการตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว	44
3.7.1 วิธีการทดสอบความแม่นยำในการตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว	44
3.8 ตรวจสอบปัญหาของเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วเมื่อมีสนามแม่เหล็กรบกวน	45
3.8.1 วิธีการทดสอบปัญหาของเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว	45
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	49
4.1 ทดสอบประสิทธิภาพกำลังขยายของวงจร	49
4.1.1 ป้อนสัญญาณรูปไซน์ V_{p-p} ขนาด 24 mV ที่จุด L_1	50
4.1.2 ป้อนสัญญาณรูปไซน์ V_{p-p} ขนาด 26 mV ที่จุด L_1	51
4.1.3 ป้อนสัญญาณรูปไซน์ V_{p-p} ขนาด 35 mV ที่จุด L_1	52
4.2 ประสิทธิภาพในการเหนี่ยวนำเมื่อจำนวนรอบของการพันขดลวดแตกต่างกัน	53
4.3 ทดสอบประสิทธิภาพของหัวโพรบตัวอยู่ในตำแหน่งที่แตกต่างกัน	54
4.3.1 ทดสอบประสิทธิภาพหัวโพรบตำแหน่งต่างๆ ที่ระดับความหนา 0 cm	55
4.3.2 ทดสอบประสิทธิภาพหัวโพรบตำแหน่งต่างๆ ที่ระดับความหนา 1.2 cm	56
4.3.3 ทดสอบประสิทธิภาพหัวโพรบตำแหน่งต่างๆ ที่ระดับความหนา 2.4 cm	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.3.4 ทดสอบประสิทธิภาพหัวโพรบตำแหน่งต่างๆ ที่ระดับความหนา 3.6 cm	57
4.4 ทดสอบค่าความต่างศักย์ของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดในระดับต่าง ๆ	58
4.5 เปรียบเทียบค่าต่างศักย์ของสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่วในระดับต่าง ๆ	59
4.6 ทดสอบความแม่นยำในการหาตำแหน่งไฟรั่ว	60
4.6.1 ทดสอบการหาตำแหน่งไฟรั่วเมื่อสายไฟอยู่ใต้กระเบื้องหนา 1.2 ซม.	60
4.6.2 ทดสอบการหาตำแหน่งไฟรั่วเมื่อสายไฟอยู่ใต้กระเบื้องหนา 2.4 ซม.	61
4.6.3 ทดสอบการหาตำแหน่งไฟรั่วเมื่อสายไฟอยู่ใต้กระเบื้องหนา 3.6 ซม.	62
4.7 การทดสอบประสิทธิภาพของหัวโพรบเมื่อถูกสนามแม่เหล็กของสายไฟรบกวน	63
4.7.1 การทดสอบการรบกวนเมื่อสายไฟอยู่ใต้แผ่นกระเบื้องหนา 1.2 ซม.	63
4.7.2 การทดสอบการรบกวนเมื่อสายไฟอยู่ใต้แผ่นกระเบื้องหนา 2.4 ซม.	64
4.7.3 การทดสอบการรบกวนเมื่อสายไฟอยู่ใต้แผ่นกระเบื้องหนา 3.6 ซม.	65
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	66
5.1 สรุปผลการวิจัย	66
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	67
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
2.1 ค่าความเข้มของวัสดุชนิดต่างๆ	7
4.1 แสดงค่า V_{p-p} ที่จุด V_1, V_2 และ V_3 เมื่อป้อนสัญญาณรูปไซน์ที่จุด L_1	49
4.2 เปรียบเทียบ V_{p-p} ในการพันขดลวดที่แตกต่างกันกับระดับความหนาของกระเบื้อง	53
4.3 เปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของหัวโพรบในตำแหน่งต่างๆ ในระยะห่างต่างๆ ที่ความหนา 0 ซม.	54
4.4 เปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของหัวโพรบในตำแหน่งต่างๆ ในระยะห่างต่างๆ ที่ความหนา 1.2 ซม.	55
4.5 เปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของหัวโพรบในตำแหน่งต่างๆ ในระยะห่างต่างๆ ที่ความหนา 2.4 ซม.	56
4.6 เปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของหัวโพรบในตำแหน่งต่างๆ ในระยะห่างต่างๆ ที่ความหนา 3.6 ซม.	57
4.7 เปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของเครื่องใช้ไฟฟ้ากำลังวัตต์ 60 W และ 110 W ระดับต่างๆ	58
4.8 แสดงค่า V_{p-p} ของสายไฟปกติกับสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่วในระดับความหนาต่างๆ	59
4.9 เปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 w ที่ถูกรบกวนที่ 1.2 ซม.	60
4.10 เปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 w ที่ถูกรบกวนที่ 2.4 ซม.	61
4.11 เปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 w ที่ถูกรบกวนที่ 3.6 ซม.	62
4.12 เปรียบเทียบค่า V_{p-p} สายไฟถูกสายไฟอ้างอิงรบกวนที่ระยะต่างๆ ที่ความหนา 1.2 ซม.	63
4.13 เปรียบเทียบค่า V_{p-p} สายไฟถูกสายไฟอ้างอิงรบกวนที่ระยะต่างๆ ที่ความหนา 2.4 ซม.	64
4.14 เปรียบเทียบค่า V_{p-p} สายไฟถูกสายไฟอ้างอิงรบกวนที่ระยะต่างๆ ที่ความหนา 3.6 ซม.	65

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อความเหนียวนำ	5
2.2 ค่าความเหนียวนำ	6
2.3 ค่าปริมาณกระแสของระบบไฟฟ้ากระแสตรงคงที่กับเวลา	8
2.4 ปริมาณค่าของระบบไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมากับเวลา	8
2.5 ลักษณะการกระจายสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบๆ คู่สายไฟปกติ	9
2.6 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายไฟปกติ	10
2.7 การไหลของกระแสไฟฟ้าที่เกิดการช็อตภายในสายไฟ	10
2.8 การไหลของกระแสไฟฟ้าที่มีการไหลแยกกลางกราวด์	11
2.9 แสดงสัญลักษณ์ออปแอมป์	12
2.10 วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟส	12
2.11 วงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส	13
2.12 วงจรบัฟเฟอร์	14
2.13 มัลติมิเตอร์แบบเข็ม	15
2.14 ภาพจำลองการวัดกระแสไฟด้วยมัลติมิเตอร์	16
2.15 ภาพจำลองการวัดกระแสไฟที่รั่วด้วยมัลติมิเตอร์	16
2.16 ภาพจำลองการวัดกระแสไฟที่รั่วด้วยมัลติมิเตอร์	16
2.17 แคลมป์มิเตอร์แบบดิจิตอล	17
2.18 วิธีการใช้แคลมป์มิเตอร์ในการวัดกระแสไฟที่ถูกต้อง	17
2.19 สนามแม่เหล็กบริเวณเส้นฮอตไลน์(L) และนิวทรัล(N) ทักล้างกัน	18
2.20 การจำลองการวัดกระแสไฟรั่วด้วยมัลติมิเตอร์	19
2.21 การเกิดความไม่ต่อเนื่องบนสายเกลียวและสายโคแอกเซียล	19
2.22 เครื่องวัดการสะท้อนแบบเวลา	20
2.23 สัญญาณ TDR ของสายโคแอกเซียลที่ปลายสายต่อกับโหลด	20
2.24 สัญญาณ TDR บนสายที่มีความไม่ต่อเนื่องสองจุด	21
2.25 เครื่องแหล่งจ่ายแรงดันสูง	22
2.26 เครื่องหาตำแหน่งของเสียง	22
2.27 หลักการของเครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟโดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันสูง	23
2.28 การทำงานของเครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟโดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันสูง	23
2.29 เครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟขาดของ Fluke 2042	24
2.30 แสดงภาพเมื่อเจอสายไฟกับเมื่อสายไฟขาด	24
2.31 FF310 เครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟขาด	25
2.32 ภาพจำลองในการตรวจหาตำแหน่งสายไฟขาด	25
2.33 การจำลองเมื่อเครื่องอยู่ห่างจากสายไฟ	26
2.34 การจำลองเมื่อเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วพบตำแหน่งสายไฟ	27

สารบัญญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.35 การจำลองเมื่อเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วพบตำแหน่งสายไฟรั่ว	27
3.1 รูปภาพวงจรที่ออกแบบผ่านโปรแกรม Proteus	28
3.2 ลายวงจรเครื่องตรวจวัดไฟรั่วโดยโปรแกรมอีเกิ้ล (Eagle)	29
3.3 วงจรเครื่องตรวจวัดไฟรั่วแบบสมบูรณ์	29
3.4 วงจรเครื่องตรวจวัดไฟรั่ว	30
3.5 ป้อนสัญญาณรูปไซน์เข้าไปที่วงจรเครื่องตรวจวัดไฟรั่ว	30
3.6 แสดงรูปสัญญาณในออสซิลโลสโคป	31
3.7 ขดลวดทองแดงเบอร์ 25 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 0.50 มิลลิเมตร	32
3.8 แกนเฟอไรต์รูปตัวอี	32
3.9 สายไฟต่อเข้ากับหลอดไฟ 60 W	33
3.10 แกนเฟอไรท์ที่พันด้วยขดลวดทองแดง	33
3.11 หัวโพรบที่ต่อเข้ากับวงจรเครื่องตรวจวัดไฟรั่ว	34
3.12 การจำลองในการวางตำแหน่งหัวโพรบกับสายไฟ	34
3.13 การวางตำแหน่งของหัวโพรบ	35
3.14 แสดงการวัดค่า V_{p-p} ของวงจรเครื่องวัดไฟรั่ว	35
3.15 ภาพวงจรสมบูรณ์ของเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว	36
3.16 เครื่องตรวจวัดไฟรั่วที่สมบูรณ์แล้ว	37
3.17 การลองการวางหัวโพรบแต่ละตำแหน่งบนสายไฟ	37
3.18 การวางหัวโพรบแต่ละตำแหน่งในระยะห่างสายไฟ 0 ซม.	38
3.19 กระเบื้องหนา 1.2 ซม. ทับลงบนสายไฟ	38
3.20 กระเบื้องหนา 2.4 ซม. ทับลงบนสายไฟ	39
3.21 กระเบื้องหนา 3.6 ซม. ทับลงบนสายไฟ	39
3.22 ตำแหน่งในการวางเครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟรั่ว	40
3.23 พัดลมเครื่องใช้ไฟฟ้า 50 W	41
3.24 ภาพการจำลองไฟรั่วบริเวณสายไฟเส้นนิวทรัล(N) แยกลงสายดิน(G)	42
3.25 ภาพการจำลองไฟรั่วบริเวณสายไฟเส้นฮอตไลน์(L) ซ้อนกับเส้นนิวทรัล(N)	42
3.26 สายที่จำลองการเกิดไฟรั่วทั้ง 2 กรณี	43
3.27 วางกระเบื้อง 1.2 ซม. ทับบนสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่ว	43
3.28 การทดสอบความแม่นยำในการตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วในระยะต่างๆ	44
3.29 สายไฟอ้างอิงและสายไฟรบกวนที่ระยะห่าง 20 ซม.	46
3.30 สายไฟอ้างอิงและสายไฟรบกวนที่ระยะห่าง 20 ซม. โดยวางกระเบื้องขนาด 1.2 ซม.	46
3.31 เพิ่มความหนาของกระเบื้องเป็น 2.4 ซม.	47
3.32 เพิ่มความหนาของกระเบื้องเป็น 3.6 ซม.	48

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2 รูปสัญญาณที่จุด V_1 (สีส้ม) เทียบกับจุด V_2 (สีเขียว) เมื่อป้อนสัญญาณไซน์ขนาด 24 mV	50
4.3 รูปสัญญาณที่จุด V_2 (สีส้ม) เทียบกับจุด V_3 (สีเขียว) เมื่อป้อนสัญญาณไซน์ขนาด 24 mV	50
4.4 รูปสัญญาณที่จุด V_1 (สีส้ม) เทียบกับจุด V_2 (สีเขียว) เมื่อป้อนสัญญาณไซน์ขนาด 26 mV	51
4.5 รูปสัญญาณที่จุด V_2 (สีส้ม) เทียบกับจุด V_3 (สีเขียว) เมื่อป้อนสัญญาณไซน์ขนาด 26 mV	51
4.6 รูปสัญญาณที่จุด V_1 (สีส้ม) เทียบกับจุด V_2 (สีเขียว) เมื่อป้อนสัญญาณไซน์ขนาด 35 mV	52
4.7 รูปสัญญาณที่จุด V_2 (สีส้ม) เทียบกับจุด V_3 (สีเขียว) เมื่อป้อนสัญญาณไซน์ขนาด 35 mV	52
4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับความหนาแน่นกระแสเบื้องในการพันขดลวดขนาดต่างๆ	53
4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระยะห่างหัวโพรบกับสายไฟในความหนา 0 ซม.	54
4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระยะห่างหัวโพรบกับสายไฟในความหนา 1.2 ซม.	55
4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระยะห่างหัวโพรบกับสายไฟในความหนา 2.4 ซม.	56
4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระยะห่างหัวโพรบกับสายไฟในความหนา 3.6 ซม.	57
4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} ของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ กับระดับความหนาของกระเบื้อง	58
4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} ของสายไฟปกติที่จำลองการเกิดไฟรั่วกับระดับความหนา	59
4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{p-p} ของสายไฟปกติและการเกิดไฟรั่วที่ความหนา 1.2 ซม.	60
4.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{p-p} ของสายไฟปกติและการเกิดไฟรั่วที่ความหนา 2.4 ซม.	61
4.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{p-p} ของสายไฟปกติและการเกิดไฟรั่วที่ความหนา 3.6 ซม.	62
4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระยะห่างระหว่าง 2 สายคู่ขนานในระดับ 1.2 ซม.	63
4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระยะห่างระหว่าง 2 สายคู่ขนานในระดับ 2.4 ซม.	64
4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระยะห่างระหว่าง 2 สายคู่ขนานในระดับ 3.6 ซม.	65

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ในการศึกษาเรื่องเครื่องตรวจวัดไฟฟ้ารั่วภายในอาคารบ้านเรือน ซึ่งสาเหตุของการเกิดไฟฟ้ารั่วนั้นเกิดจากสายไฟที่ใช้งานนั้นเกิดการชำรุด การชำรุดของสายไฟนั้นเกิดขึ้นได้หลายสาเหตุ เช่น ความสะเพร่าของช่างเดินสายไฟที่ไม่ได้ตรวจเช็คสายไฟที่นำมาใช้นั้นมีรอยชำรุดตั้งแต่ก่อนจะเริ่มเดินสายไฟหรืออาจเกิดจากสายไฟที่ใช้อยู่ที่มีอายุการใช้งานที่นานแล้ว จึงส่งผลให้สายไฟเกิดการชำรุดทรุดโทรมได้ เมื่อเกิดไฟฟ้ารั่วอาจส่งผลกระทบต่อมาหลายๆอย่าง เช่น ไฟไหม้อาคารบ้านเรือน การเสียค่าไฟมากเกินไปกว่าการใช้งานและเมื่อเกิดไฟฟ้ารั่วนั้นอาจทำให้ผู้อยู่อาศัยได้รับอันตรายถึงชีวิตได้ การตรวจหาสายไฟที่มีรอยชำรุดนั้นถ้าเป็นบริเวณที่สายตาเรามองเห็นเราก็สามารถแก้ไขได้ แต่ถ้าสายไฟนั้นถูกฝังอยู่ภายในผนังจะยากต่อการตรวจสอบ ถ้าสายไฟมีรอยชำรุดเพียงเล็กน้อยเราก็ไม่สามารถรู้ได้เลยว่าสายไฟนั้นมีการชำรุด เมื่อมีอากาศชื้นมากพอสมควรส่งผลให้ปูนซีเมนต์มีความชื้นความชื้นนั้นจะเป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าจากสายไฟที่มีรอยชำรุดเพียงเล็กน้อยได้ จากปัญหาที่เกิดขึ้นจึงมีงานวิจัยและเทคนิคต่าง ๆ ในการตรวจเช็คสายไฟที่ชำรุดภายในผนังหรือแม้กระทั่งที่ฝังอยู่ใต้พื้นดิน ในปัจจุบันมีเครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟชำรุดเป็นจำนวนมาก แต่เครื่องตรวจหาสายไฟชำรุดในปัจจุบันส่วนมากจะต้องเข้ามายุงกับส่วนระบบของไฟในส่วนของเบรกเกอร์กันเป็นส่วนใหญ่ งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดและวิธีการที่ไม่ต้องนำเครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟชำรุดไปยุ่งกับระบบของไฟ ที่ใช้งานง่าย และราคาไม่แพง จากทฤษฎีสนามแม่เหล็ก เมื่อมีกระแสไหลผ่านเส้นลวดจะมีการสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นบริเวณรอบ ๆ สายไฟ บริเวณที่มีการชำรุดของสายไฟสนามแม่เหล็กบริเวณนั้นจะค่าที่แตกต่างไปจากบริเวณสายไฟปกติ โดยหลักการนี้จึงนำไปสู่การสร้างตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กของสายไฟ โดยใช้เครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟชำรุดลากไปตามแนวของสายไฟ เพื่อใช้หาตำแหน่งสายไฟที่ฝังอยู่ภายในผนังหรือแม้กระทั่งใต้พื้นดิน และตรวจสอบการชำรุดของสายไฟ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการต่าง ๆ ในการตรวจเช็คหาตำแหน่งของไฟฟ้ารั่วภายในอาคาร บ้านเรือน ซึ่งสายไฟที่ตรวจเช็คกันนั้นถูกฝังอยู่ภายในผนังปูนซีเมนต์จึงยากต่อการตรวจเช็คด้วยสายตา
2. เพื่อประดิษฐ์เครื่องตรวจสอบไฟฟ้ารั่วภายในอาคารที่มีคุณภาพ ใช้งานได้จริง ราคาถูก และใช้งานง่าย
3. เพื่อลดปัญหาที่ตามมาเมื่อเกิดไฟฟ้ารั่ว เช่น ไฟไหม้อาคารบ้านเรือน เสียค่าไฟเกินกว่าจำนวนที่ใช้และอันตรายจากไฟฟ้ารั่วไปสู่ผู้อยู่อาศัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องตรวจตำแหน่งสายไฟรั่วโดยใช้หลักการตรวจสอบความผิดปกติของค่าการเหนี่ยวนำแม่เหล็กที่เกิดจากการไหลของกระแสไฟฟ้า

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางขั้นตอนการดำเนินงาน

ช่วงเวลา	ขั้นตอนการดำเนินงาน
มิถุนายน – กรกฎาคม พ.ศ.2558	-ศึกษาวิธีการต่างๆ ของการวัดกระแสไฟฟ้าผ่านสิ่งกีดขวางหรือผนังและหลักการของแม่เหล็กที่ใช้ในการตรวจวัด - ศึกษาหลักการอุปกรณ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้อง
สิงหาคม – ตุลาคม พ.ศ.2558	- ทดลองวัดห้วค่าสนามแม่เหล็กที่สัญญาณความถี่ต่างๆ - ทดลองวัดสนามแม่เหล็กที่เกิดจากสถานการณ์จำลองกระแสไฟรั่ว - เปรียบเทียบตัวรับสนามแม่เหล็กในการทดลองในย่านความถี่ต่างๆ กับข้อมูลมาตรฐานศึกษาความเป็นไปได้ของการวัดค่าการแปรปรวนของสนามแม่เหล็กค่าต่ำๆ
พฤศจิกายน – กุมภาพันธ์ พ.ศ.2558	- ออกแบบระบบทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สร้างต้นแบบเครื่องวัดการรั่วของกระแสไฟฟ้าโดยใช้หลักการตรวจสอบการแปรปรวนของสนามแม่เหล็กและศึกษาการอ้างอิงจากทฤษฎีเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนความเป็นไปได้ของการทดลองใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจในหลักการทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อนำมาสร้างตัวตรวจเช็คไฟฟ้ารั่วภายในอาคาร
2. มีความรู้ความเข้าใจในหลักการเหนี่ยวนำของขดลวดเพื่อใช้ตรวจหาสายไฟที่ถูกฝังอยู่ภายในผนังของอาคาร
3. สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับเครื่องวัดชนิดต่างๆ หรือนำมาสานต่องานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
4. สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเชิงพาณิชย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีเบื้องต้นของเครื่องตรวจหาตำแหน่งของสายไฟรั่วและเครื่องมืออื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับการหาตำแหน่งของสาย ในปัจจุบันระบบไฟฟ้ามีอยู่ในทุกที่ทุกครัวเรือนมีการใช้ไฟฟ้าจำนวนมากซึ่งสาเหตุของการเกิดอัคคีภัยและการสูญเสียส่วนใหญ่จะมาจากระบบไฟฟ้าทั้งสิ้น ในประเทศไทยสาเหตุของการเกิดไฟรั่วนั้นส่วนใหญ่เกิดจากสายไฟที่ใช้นั้นมีอายุใช้งานที่นานแล้วไม่มีการเปลี่ยนระบบของสายไฟใหม่จึงเป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุอื่นๆ ตามมา ในปัจจุบันจึงมีการสร้างเครื่องตรวจวัดที่สามารถหาตำแหน่งของสายไฟรั่วที่อยู่ภายในผนัง โดยแต่ละเครื่องมือวัดนั้นก็จะมีหลักการในการหาตำแหน่งของสายไฟแตกต่างกันออกไป ซึ่งในแต่ละเครื่องมือวัดก็จะมีข้อดีและข้อเสียของแต่ละเครื่อง บางเครื่องมือจะต้องเข้าไปยุ่งเกี่ยวกับระบบของสายไฟ เช่น ต้องปิดเบรกเกอร์ก่อนถึงจะทำการตรวจหาตำแหน่งได้ เป็นต้น

2.1 ตัวเหนี่ยวนำ (inductor)

ตัวเหนี่ยวนำ (inductor) เป็นส่วนประกอบที่เก็บสะสมพลังงานในรูปของสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน เมื่อกระแสไฟฟ้าหยุด มันจะปล่อยพลังงานในรูปกระแส ตัวเหนี่ยวนำถูกนำมาใช้ในหลายๆ วงจรที่เราต้องการไม่ให้เกิดกระแสเปลี่ยนแปลงเร็วเกินไปเช่น วงจรกรองสัญญาณ (filters) ในเครื่องเล่นสเตอริโอและวิทยุ การทำงานของตัวเหนี่ยวนำอาศัยสมบัติที่เรียกว่าความเหนี่ยวนำตัวเอง (self-inductance) ปรากฏการณ์เหนี่ยวนำตนเอง (self-induction) ค้นพบโดยชาวอเมริกัน โจเซฟ เฮนรี (Joseph Henry) ในปีค.ศ. 1832

กระแสสลับในขดลวดทำให้เกิดสนามแม่เหล็กเปลี่ยนกับเวลาซึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดในทิศทางที่ตรงกันข้ามกับการเปลี่ยนของกระแส เมื่อกระแสไหลผ่านขดลวดจะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นซึ่งข้อนไขขดลวดนั้น ถ้ากระแสที่ผ่านขดลวดเปลี่ยนแปลง ฟลักซ์ที่เชื่อมผ่านขดลวดจะเปลี่ยนแปลงด้วย ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำซึ่งจะมีทิศทางที่ตรงกันข้ามกับการเปลี่ยนแปลงของกระแส นั่นคือถ้าสร้างกระแสกำลังเพิ่มขึ้น แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะอยู่ในทิศทางที่พยายามให้กระแสลดลง แต่ถ้ากระแสกำลังลดลง แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะอยู่ในทิศทางที่ทำให้กระแสเพิ่มขึ้น ตามกฎของฟาราเดย์และกฎของแลนซ์

2.1.1 ความเหนี่ยวนำตัวเอง (Self Inductance)

วงจรมแม่เหล็กมีขดลวดพันอยู่บนแกนแม่เหล็กจำนวน N รอบ ซึ่งขดลวดดังกล่าวนี้เรียกว่าความเหนี่ยวนำตัวเองหรือความเหนี่ยวนำ โดยที่กำหนดให้เส้นแรงเชื่อมโยงขดลวด (flux linkage) ต่อแอมแปร์ของกระแสที่ไหลผ่านตัวมันมีความสัมพันธ์ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\lambda = N\phi \quad (2.1)$$

$$L = \frac{\lambda}{i} \quad (2.2)$$

เมื่อ λ คือ เส้นแรงเชื่อมโยง

L คือ ความเหนี่ยวนำ

$$L = \frac{N\phi}{i} \quad (2.3)$$

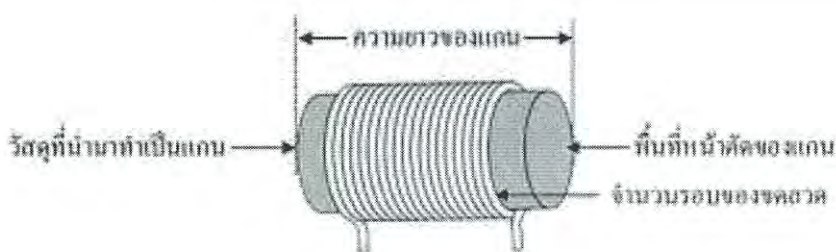
หรือจากสมการค่าความเหนี่ยวนำหาได้ดังนี้ คือ N^2

$$L = \frac{N^2}{R} \quad (2.4)$$

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเหนี่ยวนำ

ค่าความเหนี่ยวนำถูกกำหนดโดย 4 ปัจจัยดังนี้

1. จำนวนรอบของขดลวด
2. พื้นที่ของขดลวด
3. ความยาวของขดลวด
4. วัสดุที่นำมาทำแกนภายในขดลวด

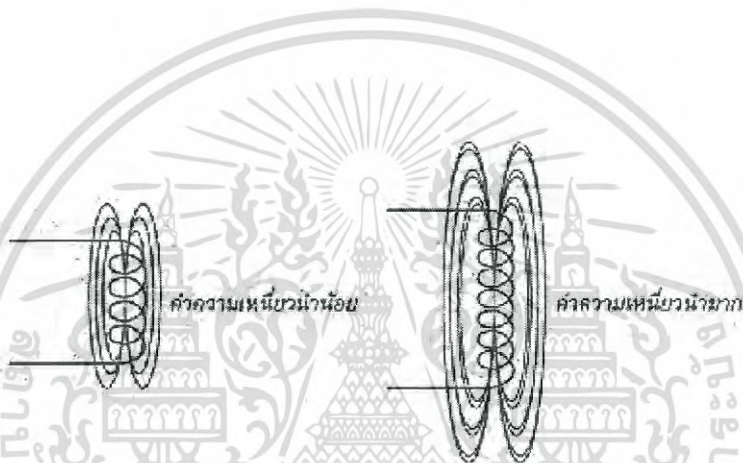


รูปที่ 2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อความเหนี่ยวนำ

2.1.1.1 ผลของจำนวนรอบของขดลวดต่อค่าความเหนี่ยวนำ

ถ้าตัวเหนี่ยวนำมีจำนวนรอบของขดลวดมากขึ้น ดังแสดงในรูป 2.1 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าในขดลวดก็จะเกิดขึ้นมากด้วย สนามแม่เหล็กปริมาณมากนี้ จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นในตัวเหนี่ยวนำที่เรียกว่า “Counter EMF” หรือ “Back EMF” และจากการที่มีเส้นแรงแม่เหล็กจำนวนมากตัดกับขดลวด จึงส่งผลให้ค่าความเหนี่ยวนำมากตามไปด้วย ดังนั้นค่าความเหนี่ยวนำ (L) จึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนรอบของขดลวด (N)

$$L \propto N \quad (2.5)$$



รูปที่ 2.2 ค่าความเหนี่ยวนำ

(ที่มา : <http://kpp.ac.th/elearning/elearning3/book-04.html>)

2.1.1.2 ผลของพื้นที่ของขดลวดต่อค่าความเหนี่ยวนำ

ถ้าพื้นที่ของขดลวดเพิ่มขึ้นสำหรับขดลวดที่มีจำนวนรอบใดๆ ดังแสดงในรูป จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กมีจำนวนมากขึ้นด้วยและการมีสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นตาม ดังนั้นค่าความเหนี่ยวนำ (L) จึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ของขดลวด (A)

2.1.1.3 ผลของความยาวของขดลวดต่อค่าความเหนี่ยวนำ

ถ้าทำให้ขดลวดจำนวน 4 รอบ ขยายพื้นที่ออก(นั่นคือความยาวของขดลวดเพิ่มขึ้น) ดังแสดงในรูป ผลรวมของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากขดลวดแต่ละขดจะมีปริมาณลดลงในทางกลับกันถ้าขดลวดที่มีจำนวนเท่าเดิมนำมาพันให้อยู่ชิดกันมากขึ้น (ความยาวขดลวดสั้นลง) สนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดในแต่ละขดจะเสริมซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่มีปริมาณมากขึ้น ทำให้ค่าความเหนี่ยวนำมีค่ามากตามไปด้วย ดังนั้นค่าความเหนี่ยวนำจึงเป็นสัดส่วนผกผันกับความยาวของขดลวดผกผันกับความยาวของขดลวด

2.1.1.4 ผลของวัสดุที่นำมาทำแกนภายในขดลวดต่อค่าความเหนี่ยวนำ

ตัวเหนี่ยวนำส่วนมากมีแกนที่ทำจากวัสดุจำนวนนิกเกิล โคบอลต์ เหล็ก เฟอร์ไรต์หรืออัลลอย ซึ่งแกนเหล่านี้มีคุณสมบัติที่จะช่วยรวมหรือเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็ก ดังนั้นค่าความซาบซึมได้ (Permeability) จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อค่าความเหนี่ยวนำ โดยถ้าค่าความซาบซึมได้ของวัสดุที่ใช้ทำแกนมีค่ามาก ก็จะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำมีค่ามากตามไปด้วย ดังแสดงในตารางแสดงตัวอย่างของวัสดุหลายชนิดที่นำมาใช้ทำแกนโดยที่

$$L \propto N \quad (2.6)$$

ตาราง 2.1 ค่าความซาบซึมของวัสดุชนิดต่างๆ

ค่าความซาบซึมได้ของวัสดุชนิดต่างๆ	
วัสดุ	ค่าความซาบซึมได้ (μ)
อากาศหรือสุญญากาศ	1.26×10^{-6}
นิกเกิล	6.28×10^{-6}
โคบอลต์	7.26×10^{-5}
เหล็กหล่อ	1.1×10^{-4}
เหล็กแท่ง	5.56×10^{-4}
แกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า	6.9×10^{-3}
เหล็กซิลิกอน	8.8×10^{-3}
เฟอร์มาลอย	0.128
ซูเปอร์มาลอย	1.26

(ที่มา : <http://kpp.ac.th/elearning/elearning3/book-04.html>)

สูตรการคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำ

จากปัจจัยทั้ง 4 ประการที่มีผลต่อค่าความเหนี่ยวนำ ดังนั้นจึงสามารถนำมาเขียนเป็นสูตรคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำได้ดังนี้

$$L = \frac{N^2 \times A \times \mu}{1} \quad (2.7)$$

โดยที่ L = ค่าความเหนี่ยวนำ มีหน่วยเป็น เฮนรี (H)

N = จำนวนของขดลวด

A = พื้นที่ของขดลวดมีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

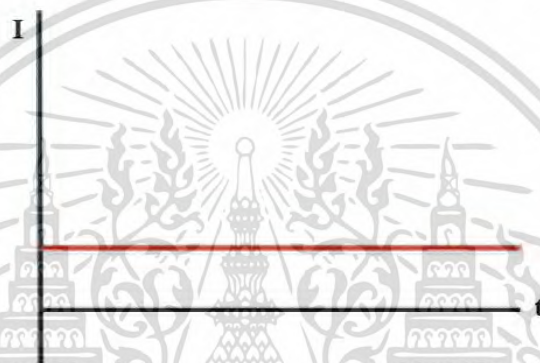
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ระบบไฟฟ้า

มี 2 ระบบไฟฟ้าที่ใช้ทั่วไปคือ ระบบกระแสตรงและระบบกระแสสลับ โดยจ่ายกำลังให้กับ โหลด (LOAD) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำหน้าที่เป็นภาระวงจรได้แก่หลอดไฟ, มอเตอร์, ลวดความร้อน ฯลฯ

2.2.1 ระบบไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current หรือ D.C.)

เป็นระบบไฟฟ้าที่มีทิศทางการไหลไปทางเดียวและมีค่าเดียวตลอดระยะเวลาที่วงจรไฟฟ้าปิด กล่าวคือกระแสไฟฟ้าจะไหลจากขั้วบวกภายในแหล่งกำเนิดผ่านตัวต้านหรือภาระไฟฟ้าเดิมผ่าน ลวดตัวนำไฟฟ้าแล้วย้อนกลับเข้าแหล่งกำเนิดที่ขั้วลบวนเวียนเป็นทางเดียวเช่นนี้ตลอดเวลา แหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่เรารู้จักกันดีคือแบตเตอรี่ไดนาโมดีซีเอนเนอเรเตอร์ เป็นต้น

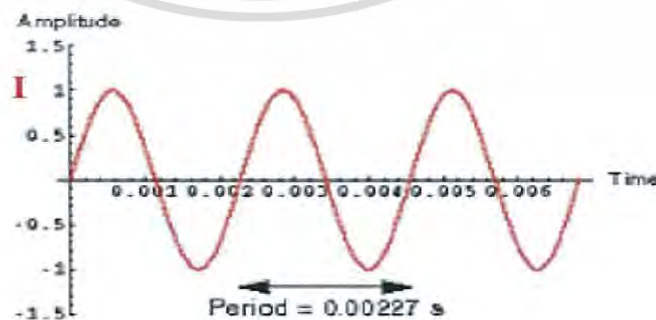


รูปที่ 2.3 ค่าปริมาณกระแสของระบบไฟฟ้ากระแสตรงคงที่กับเวลา

(ที่มา : <https://sites.google.com/site/mechatronicett09/project-definition/3>)

2.2.2 ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current หรือ A.C.)

เป็นระบบไฟฟ้าที่มีการไหลกลับไปกลับมาทั้งขนาดของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าไม่คงที่ เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอคือกระแสไฟฟ้าจะไหลไปทางหนึ่งก่อนต่อมาก็จะไหลสวนกลับแล้วก็เริ่มไหล เหมือนครั้งแรก



รูปที่ 2.4 ปริมาณค่าของระบบไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมากับเวลา

(ที่มา : <https://sites.google.com/site/mechatronicett09/project-definition/3>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไฟฟ้าจะไหลเริ่มต้นจากศูนย์แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงบนสุดแล้วจะค่อยๆ ลดลงมาเป็นศูนย์ ต่อจากนั้นกระแสไฟฟ้าจะไหลลดลงเรื่อยๆ จนถึงจุดต่ำสุดแล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงศูนย์ตามเดิมอีกครั้งเป็นดังนี้เรื่อยๆ ไปการที่กระแสไฟฟ้าไหลเวียนครบ 1 รอบ(Cycle) เรียกว่า 1 ลูกคลื่น

ความถี่ หมายถึง จำนวนคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับที่เปลี่ยนแปลงใน 1 วินาทีที่กระแสไฟฟ้าสลับในเมืองไทยใช้ไฟฟ้าที่มีความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ซึ่งหมายถึงจำนวนลูกคลื่นไฟฟ้าสลับที่เปลี่ยนแปลง 50รอบในเวลา 1 วินาที

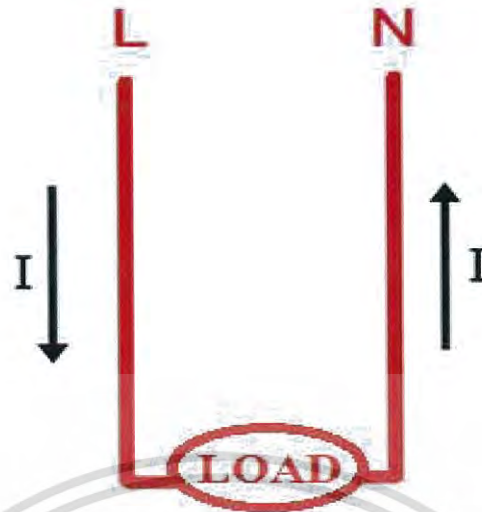
2.3 ความแตกต่างกันของสายไฟปกติกับสายไฟที่เกิดการรั่ว

2.3.1 การทำงานของสายไฟปกติ

โดยปกติภายในสายไฟทั่วไปจะมีการทำงานของสายไฟ 2 เส้นที่อยู่ภายในสายไฟคือสายไลน์ (L) และสายนิวทรัล(N)ซึ่งการทำงานของสายไฟนั้นเมื่อมีการเปิดใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้า(LOAD)จะเกิดกระแสวิ่งไหลผ่านเส้นไลน์(L)ผ่านLOADแล้วไหลกลับผ่านเส้นนิวทรัล(N) เข้าสู่แหล่งกำเนิดไฟฟ้า ขณะที่กระแสวิ่งไหลผ่านสายไฟจะเกิดสนามแม่เหล็กบริเวณรอบๆ สายไฟทั้งสอง



รูปที่ 2.5 ลักษณะการกระจายสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบ ๆ คู่สายไฟปกติ

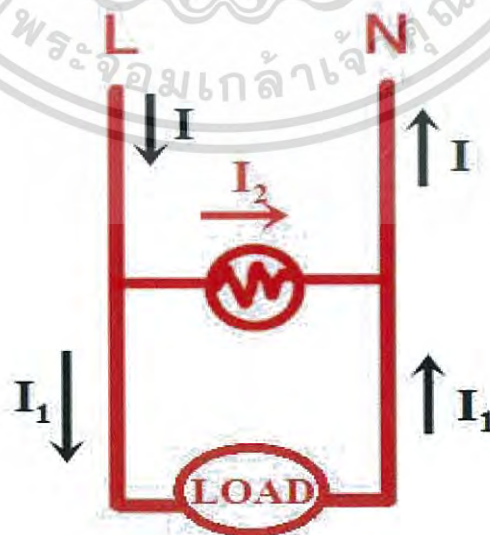


รูปที่ 2.6 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายไฟปกติ

2.3.2 การทำงานของสายไฟที่เกิดการผิดปกติ

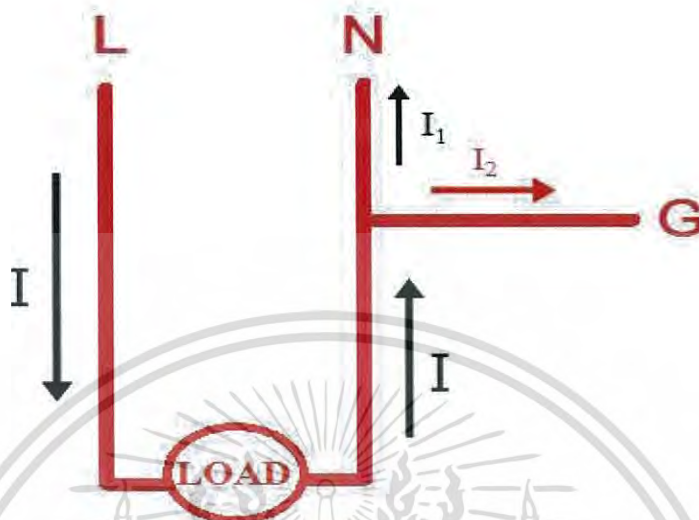
การทำงานของสายไฟที่เกิดการรบกวนได้หลายกรณีเช่น เกิดการช็อตกันระหว่างสายไลน์ (L)กับสายนิวทรัล(N) และอีกกรณีสายนิวทรัล(N) ไหลลงกราวด์(Ground, G)

- การเกิดไฟรั่วแบบช็อตเส้นไลน์กับนิวทรัลเมื่อมีการเกิดการช็อตกันระหว่างเส้นไลน์กับเส้นนิวทรัลจะเกิดค่ากระแสที่สูงกว่าปกติซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนของขดลวดรวมไปถึงฉนวนหุ้มสายไฟและทำให้เกิดไฟไหม้ขึ้นได้ ดังรูปที่ 2.7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 2.7 การไหลของกระแสไฟฟ้าที่เกิดการช็อตภายในสายไฟ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเกิดไฟรั่วแบบกระแสไหลลงกราวด์ (Ground, G) เป็นรั่วแบบไหลลงกราวด์นั้น หมายถึงว่าเมื่อมีกระแสไหลเข้าเส้นไลน์ปกติแต่เมื่อมีการไหลกลับสู่เส้นนิวทรัลเกิดการแยกไหลลงกราวด์ซึ่งทำให้เกิดกระแสที่รั่วออกไปตั้ง I_2 ดังในรูปที่ 2.8

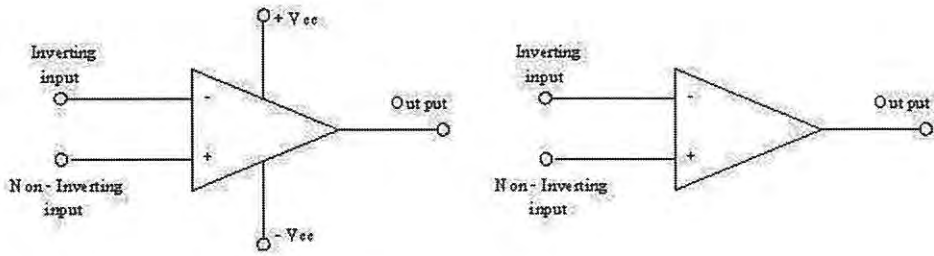


รูปที่ 2.8 การไหลของกระแสไฟฟ้าที่มีการไหลแยกลงกราวด์ (G)

2.4 วงจรขยายสัญญาณ

2.4.1 วงจรขยายสัญญาณแบบออปแอมป์

ออปแอมป์ (Op-Amp) เป็นชื่อย่อสำหรับเรียกวงจรขยายที่มาจาก Operating Amplifier เป็นวงจรขยายแบบต่อตรง (Direct coupled amplifier) ที่มีอัตราขยายสูงมากใช้การป้อนกลับแบบลบไปควบคุมลักษณะการทำงาน ทำให้ผลการทำงานของวงจรไม่ขึ้นกับพารามิเตอร์ภายในของออปแอมป์ วงจรภายในประกอบด้วยวงจรขยายที่ต่ออนุกรมกัน ภาคคือ วงจรขยายดิฟเฟอเรนเชียลด้านทางเข้า วงจรขยายดิฟเฟอเรนเชียลภาคที่สอง วงจรเลื่อนระดับและวงจรขยายกำลังด้านทางออก สัญลักษณ์ที่ใช้แทนออปแอมป์จะเป็นรูปสามเหลี่ยม ไอซีออปแอมป์เป็นไอซีที่แตกต่างไปจากลิเนียร์ ไอซีต่างๆ ไปคือไอซีออปแอมป์มีขาอินพุท 2 ขา เรียกว่าขาเข้าไม่กลับเฟส (Non-Inverting Input) หรือขา + และขาเข้ากลับเฟส (Inverting Input) หรือขา - ส่วนทางด้านออกมีเพียงขาเดียว เมื่อสัญญาณป้อนเข้าขาไม่กลับเฟสสัญญาณทางด้านออกจะมีเฟสตรงกับทางด้านเข้า แต่ถ้าป้อนสัญญาณเข้าที่ขาเข้ากลับเฟส สัญญาณทางออกจะมีเฟสต่างไป 180 องศา จากสัญญาณทางด้านเข้า



รูปที่ 2.9 แสดงสัญลักษณ์ออปแอมป์

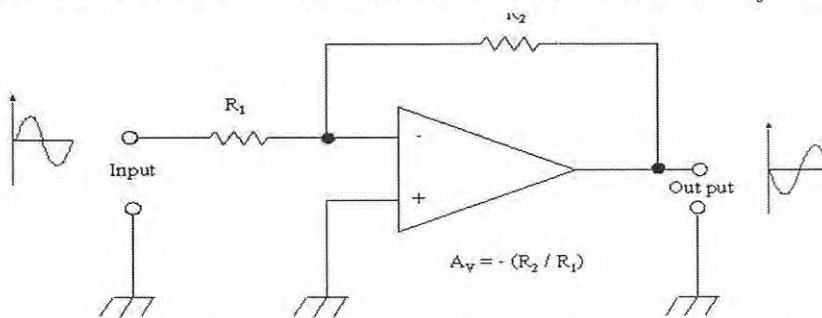
คุณสมบัติของออปแอมป์ในทางอุดมคติ

1. อัตราขยายมีค่าสูงมากเป็นอนันต์หรือ อินฟินิตี้ ($AV = \infty$)
2. อินพุทอิมพีแดนซ์มีค่าสูงมากเป็นอนันต์ ($Z_i = \infty$)
3. เอาท์พุทอิมพีแดนซ์มีค่าต่ำมากเท่ากับศูนย์ ($Z_o = 0$)
4. ความกว้างของแบนด์วิท (Bandwidth) ในการขยายสูงมาก ($BW = \infty$)
5. สามารถขยายสัญญาณได้ทั้งสัญญาณ AC และ DC
6. การทำงานไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ

เมื่อศึกษาคุณสมบัติของออปแอมป์ในอุดมคติแล้วพบว่า ออปแอมป์ได้รวมข้อดีของวงจรขยายไว้ได้อย่างครบถ้วน เนื่องจากมีอัตราขยายเป็นอนันต์และสามารถขยายสัญญาณได้ทั้งไฟกระแสถลับและไฟกระแสตรง การนำไปใช้งานในบางครั้งเมื่อต้องการลดอัตราขยายก็สามารถทำได้โดยการป้อนกลับ (Feed Back) เพื่อมาลดอัตราขยายลง และข้อดีอีกประการหนึ่งก็คืออิมพีแดนซ์ทางอินพุทมีอิมพีแดนซ์สูงมาก จึงทำให้เหมือนไม่มีกระแสไหลเลยลักษณะเช่นนี้จึงทำให้วงจรทางอินพุทไม่ไหลตรงจรส่งกำลังในส่วนหน้า เช่นเดียวกันที่เอาท์พุทอิมพีแดนซ์เป็นศูนย์สามารถนำไปเชื่อมต่อกับวงจรอื่นได้ดี

2.4.2 วงจรขยายแบบกลับเฟส (Inverting Amplifier)

ลักษณะการต่อ OP-AMP ให้ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายแบบกลับเฟสเป็นดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.10 วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟส (Inverting Amplifier)

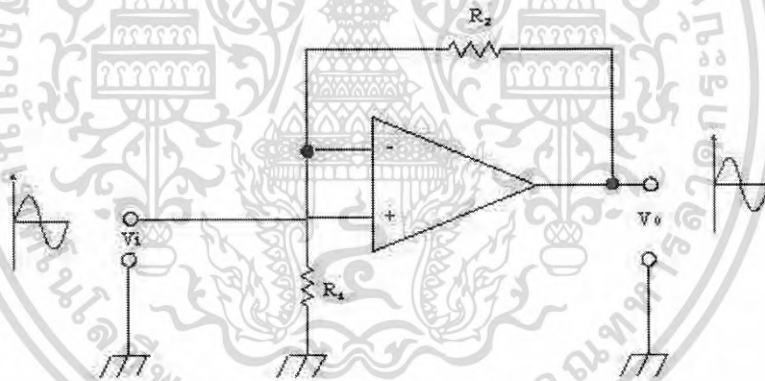
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวงจรขยายออปแอมป์นั้นสามารถที่จะกำหนดอัตราขยายของวงจรได้โดยการใช้ วงจรเนกาทีฟฟีดแบ็ค (Negative Feedback) เมื่อเราป้อนสัญญาณเข้าทางขากลับเฟส (ขา -) แรงดันด้านทางออกจะมีมุมเฟสต่างไปจากแรงดันทางเข้า 180 องศา ซึ่งมีลักษณะตรงข้าม สัญญาณ ตรงกันข้ามนี้จะถูกป้อนกลับผ่าน R_2 เข้ามายังขาอินเวอร์ตติ้งอีกครั้งหนึ่ง ตรงจุดนี้จะทำให้สัญญาณ เกิดการหักล้างกันอัตราขยายก็จะลดลง ถ้าตัวต้านทานที่เป็นตัวป้อนกลับมีค่ามาก จะทำให้ สัญญาณป้อนกลับมีขนาดเล็กอัตราขยายออกจึงสูง ถ้าตัวต้านทานที่ป้อนกลับมีค่าน้อยสัญญาณ ป้อนกลับไปได้มากอัตราขยายก็จะลดลง ฉะนั้นอัตราส่วนของความต้านทาน R_1 และ R_2 จะเป็น ตัวกำหนดอัตราขยายของวงจรโดยไม่ขึ้นกับอัตราขยายของออปแอมป์ ซึ่งสามารถหาอัตรา ขยายแรงดันได้จากสูตร

$$AV = -\frac{R_2}{R_1} \quad (2.8)$$

2.4.3 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non-Inverting Amplifier)

ลักษณะการต่อ OP-AMP ให้ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส เป็นดังรูป 2.12

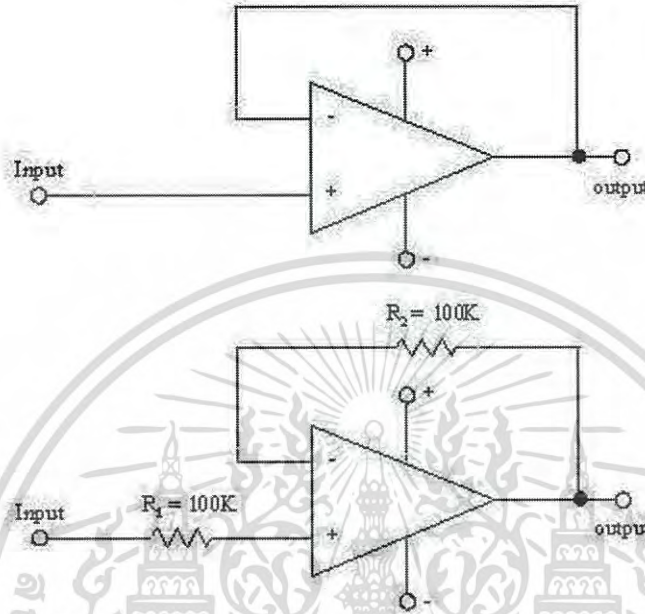


รูปที่ 2.11 วงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส (Non-Inverting Amplifier)

วงจรขยายนี้เป็นวงจรขยายอีกแบบหนึ่งที่ต้องการเฟสในการขยายเป็นเฟสเดียวกัน ดังนั้น การป้อนสัญญาณอินพุตจึงต้องป้อนเข้าที่ขาอินพุตไม่กลับเฟส (+) ซึ่งเมื่อขยายออกที่เอาต์พุตแล้วจะ ได้สัญญาณเอาต์พุตที่มีเฟสเหมือนเดิม ดังนั้นในวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสนี้การป้อนกลับเพื่อลด อัตราขยายจึงยังคงต้องป้อนไปยังขาอินเวอร์ตติ้ง (-) เพื่อให้เกิดการหักล้างของสัญญาณกันภายใน ตัวไอซีออปแอมป์ โดยสามารถหาอัตราขยายของวงจรได้จากสูตร

$$AV = \frac{R_2}{R_1} + 1 \quad (2.9)$$

2.4.4 วงจรบัฟเฟอร์ (Buffer)



รูปที่ 2.12 วงจรบัฟเฟอร์ (Buffer)

วงจรบัฟเฟอร์หรือวงจรกันชน เป็นวงจรที่ใช้เชื่อมวงจรสองวงจรเข้าด้วยกัน เช่นระบบไอซีที่ต่างตระกูลกันหรือทรานซิสเตอร์ที่ไม่แมทซ์ซึ่งอิมพีแดนซ์กัน คือวงจรที่จำเป็นต้องใช้บัฟเฟอร์เพราะคุณสมบัติของออปแอมป์ทางเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ต่ำ เมื่อเชื่อมต่อกับวงจรอื่นแล้วจะไม่ทำให้วงจรอื่นมีผลแตกต่างไปจากเดิม วงจรบัฟเฟอร์นั้นจะมีอัตราขยายเท่ากับ 1

2.5 เครื่องที่ใช้ในการตรวจตำแหน่งการรั่วสายไฟ

ในปัจจุบันมีการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการหาตำแหน่งการรั่วของสายโดยหลักการและวิธีการหาในปัจจุบันนั้นมีหลายวิธีการทั้งมีวิธีการเก่า ๆ ที่นิยมใช้กัน แบบง่ายนั้นก็ไดแกไขควงวัดกระแส แต่การใช้มัลติมิเตอร์ แคลมป์มิเตอร์ ไปจนถึงวิธีการที่ซับซ้อนและใช้เครื่องมือราคาแพง เช่นการตรวจวัดด้วยการส่งสัญญาณเข้าไปภายในสาย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 การตรวจวัดกระแสไฟฟ้ารั่วในสายไฟโดยใช้มัลติมิเตอร์

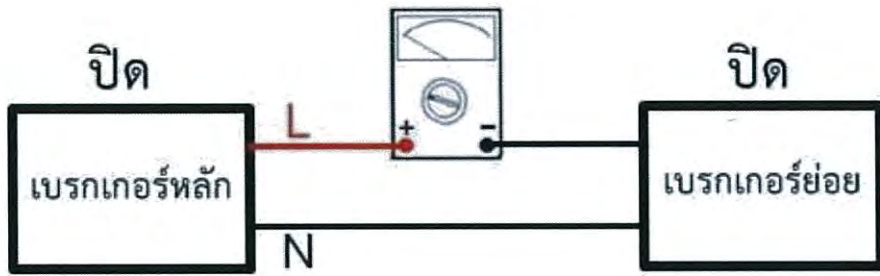
มัลติมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ช่างไฟฟ้าส่วนใหญ่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายซึ่งมัลติมิเตอร์สามารถตรวจหาการรั่วของไฟได้โดยดูจากค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมัลติมิเตอร์ แต่วิธีนี้จะต้องมีการเข้าไปยุ่งกับตัวอุปกรณ์ไฟฟ้าคือ เบรกเกอร์ วิธีพื้นฐานในการตรวจวัดไฟรั่วโดยใช้มัลติมิเตอร์ มีดังนี้



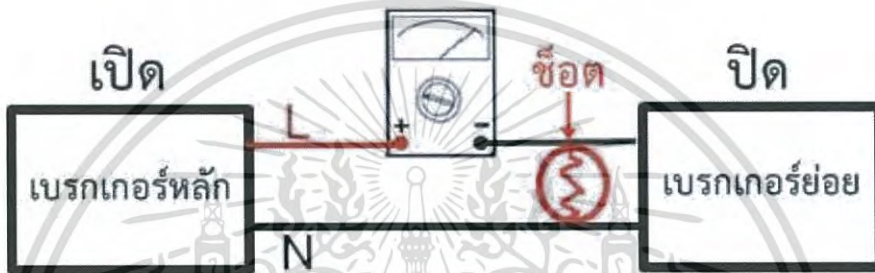
รูปที่ 2.13 มัลติมิเตอร์แบบเข็ม

ถ้าภายในบ้านนั้นมีเบรกเกอร์อยู่ 2 ตัว คือเบรกเกอร์หลักและเบรกเกอร์ลูกย่อย เริ่มแรกทำการสับปิดเบรกเกอร์ลูกย่อยกับเบรกเกอร์หลักก่อน และนำมัลติมิเตอร์ต่ออนุกรมกับเบรกเกอร์หลักและเบรกเกอร์ลูกย่อยเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 2.14 โดยอนุกรมบริเวณเส้นฮอตไลน์(L) และปรับมัลติมิเตอร์ไปที่วัดกระแสไฟสลับ แล้วทำการสับเปิดเบรกเกอร์หลักแต่เบรกเกอร์ลูกย่อยก็ทำการสับปิดได้เหมือนเดิม ถ้ามัลติมิเตอร์มีค่ากระแสขึ้นแสดงว่ามีไฟรั่วในบริเวณสายไฟส่วนเบรกเกอร์หลักไปหาเบรกเกอร์ลูกย่อยหรืออีกสาเหตุอาจเกิดจากไฟรั่วบริเวณเบรกเกอร์ลูกย่อย ดังรูปที่ 2.15 แต่ถ้าไม่มีกระแสไหลแสดงว่าไม่มีการเกิดไฟรั่ว และลองตรวจในส่วนเบรกเกอร์ลูกย่อยกับตัวปลั๊กไฟโดยทำการเปลี่ยนตำแหน่งในการวัดโดยเปลี่ยนการอนุกรมไปบริเวณของเบรกเกอร์ลูกย่อยกับปลั๊กไฟโดยที่ปลั๊กไฟนั้นต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ไม่ต้องเปิดการใช้งาน และทำการสับเปิดเบรกเกอร์ลูกย่อยและเบรกเกอร์หลัก ถ้ามีกระแสไฟเกิดขึ้นแสดงว่าสายไฟที่เบรกเกอร์ลูกย่อยต่อเข้ากับปลั๊กไฟนั้นเกิดไฟรั่วหรือส่วนของปลั๊กไฟและอีกบริเวณคือส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้าอาจมีการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.16

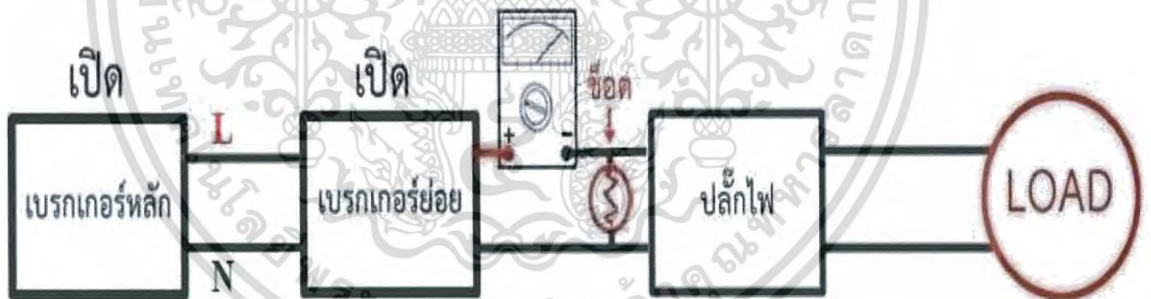
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 ภาพจำลองการวัดกระแสไฟด้วยมัลติมิเตอร์



รูปที่ 2.15 ภาพจำลองการวัดกระแสไฟที่รั่วด้วยมัลติมิเตอร์



รูปที่ 2.16 ภาพจำลองการวัดกระแสไฟที่รั่วด้วยมัลติมิเตอร์

ในวิธีการตรวจหาไฟรั่วโดยใช้มัลติมิเตอร์นั้นจะรู้แค่สายไฟเส้นไหนเกิดการชำรุด แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าบริเวณตำแหน่งการชำรุดของสายไฟนั้นอยู่บริเวณจุดไหนของสายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

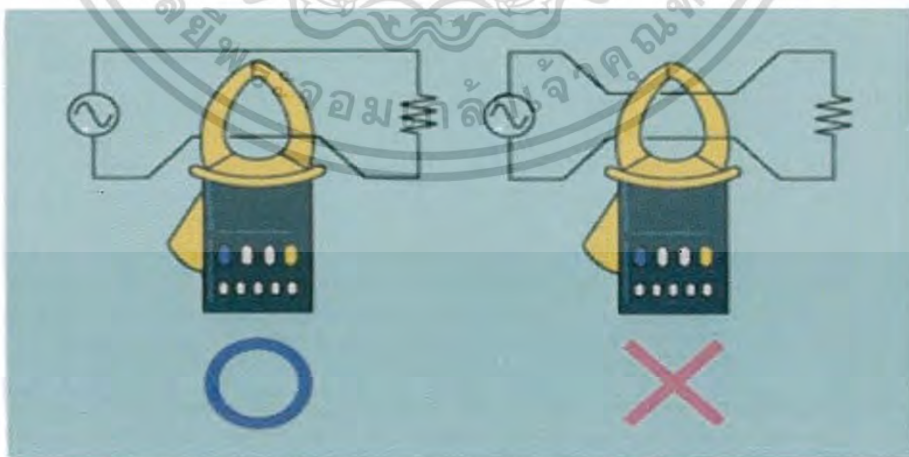
2.5.2 การวัดกระแสไฟรั้วด้วยแคลมป์มิเตอร์ (Clamp meter)

คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่ากระแสไฟฟ้า (Current Measurement) โดยที่เราไม่ต้องตัดต่อสายไฟแล้วทำต่อมิเตอร์อนุกรมเพื่อวัดค่ากระแส โดยแคลมป์มิเตอร์นี้เราจะมีส่วนที่คล้ายกับขากรรไกรเพื่อใช้สำหรับคล้องสายไฟและสามารถอ่านค่ากระแสไฟฟ้าได้เลยโดยไม่เสียเวลา วิธีการใช้แคลมป์มิเตอร์ในการวัดกระแสให้ถูกต้องนั้นจะต้องแคลมป์เพียงแค่ 1 เส้น (ไม่ใช่แคลมป์ 2 เส้น) ดังรูปที่ 2.18 เนื่องจากกระแสจะไหลไปและวิ่งกลับมาจากทั้ง 2 เส้น ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่ตรงข้ามกัน ดังรูปที่ 2.19 ดังนั้นถ้าแคลมป์ทั้ง 2 เส้นพร้อมกัน กระแสจะหักลบกันพอดีและจะแสดงค่ากระแสที่ไหลผ่านได้เป็น 0 แต่วิธีการนี้ก็สามารถนำไปใช้เคการรั้วของกระแสได้ดังนี้



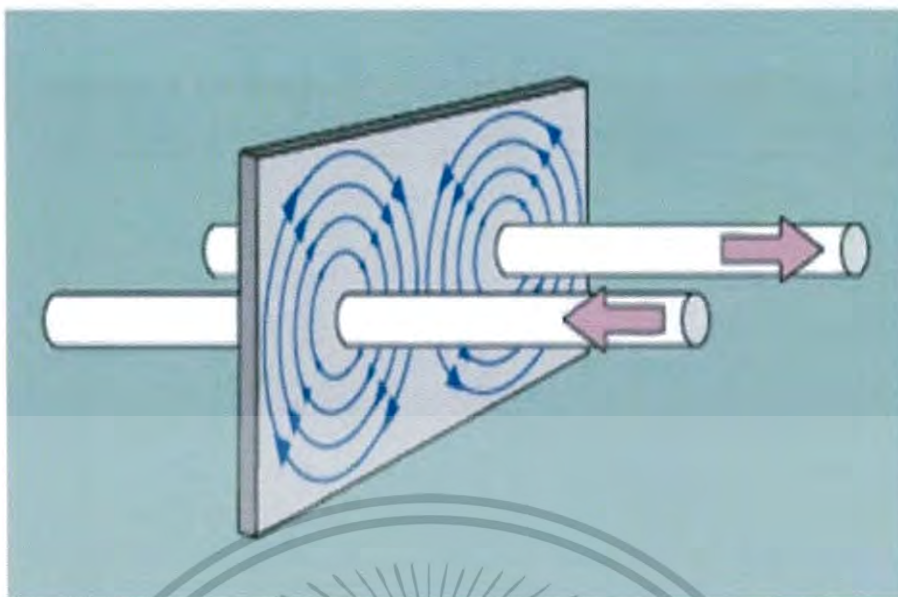
รูปที่ 2.17 แคลมป์มิเตอร์แบบดิจิตอล

(ที่มา : <http://www.supremelines.co.th/-fluke-324.html>)



รูปที่ 2.18 วิธีการใช้แคลมป์มิเตอร์ในการวัดกระแสไฟที่ถูกต้อง

(ที่มา : <https://legatool.com/th/test-equipment/electrical-meters/clamp-meters>)

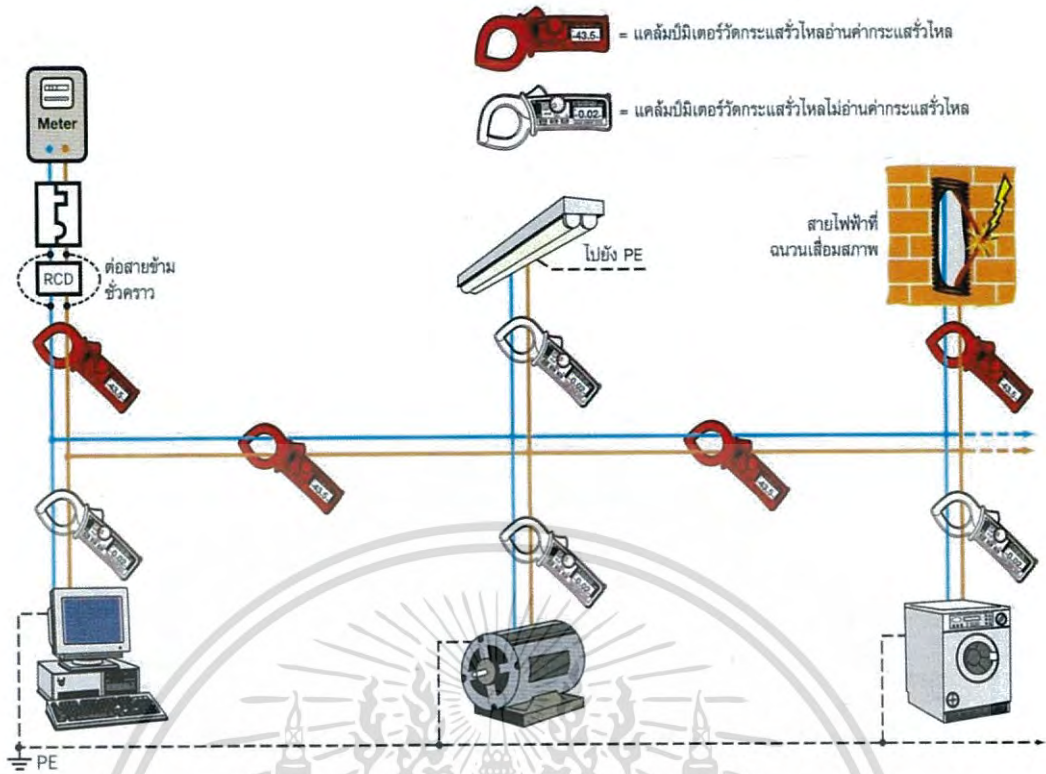


รูปที่ 2.19 สนามแม่เหล็กบริเวณเส้นลวดไลน์(L) และนิวทรัล(N) หักล้างกัน

(ที่มา : <https://legatool.com/th/test-equipment/electrical-meters/clamp-meters>)

หลักการในการตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วของแคลมป์มิเตอร์ส่วนที่ใช้คล้องสายไฟที่ต้องการวัดกระแสภายในเป็นแกนเหล็กวงกลมและขดลวดเพื่อรับสนามแม่เหล็กและเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสเพื่อให่วงจรอิเล็กทรอนิกส์ประมวลผลและแสดงผลเป็นค่ากระแสที่ดิสเพลย์โดยการคล้องแคลมป์ทั้ง 2 คือ ฮอตไลน์(L) และนิวทรัล(N) เมื่อกระแสไฟส่วนฮอตไลน์(L) และนิวทรัล(N) มีกระแสไฟไปกลับที่เท่ากันจะทำให้สนามแม่เหล็กบริเวณนั้นหักล้างหมด ดังรูปที่ 2.19 ทำให้การเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กของแคลมป์มิเตอร์จะเป็น 0 แต่ถ้ากระแสไฟส่วนฮอตไลน์(L) และนิวทรัล(N) มีกระแสไฟไปกลับที่ไม่เท่ากันเช่น สายฮอตไลน์รั่วลงกราวด์จะส่งผลให้สนามแม่เหล็กบริเวณสายไฟนั้นหักล้างกันไม่หมด แสดงว่ามีการเกิดไฟรั่วบริเวณสายไฟนั้น ค่าดิสเพลย์ที่แสดงออกมาในตัวแคลมป์มิเตอร์จะมีค่าไม่เท่ากับ 0

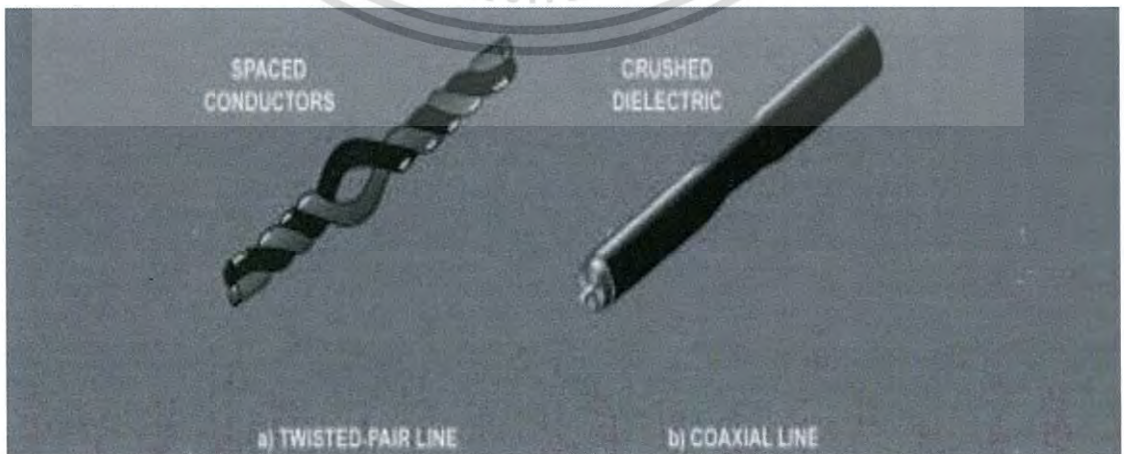
วิธีการโดยใช้แคลมป์มิเตอร์ในการตรวจหาตำแหน่งของไฟรั่วนั้นทำได้ในลักษณะคล้ายคลึงกับกรณีของมัลติมิเตอร์ดังรูปที่ 2.15 และ 2.16 จะสามารถตรวจหาได้กับสายไฟที่ลอยอยู่บริเวณภายนอก ซึ่งถ้าสายไฟที่อยู่ภายในผนังจะไม่สามารถตรวจสอบได้เลย



รูปที่ 2.20 การจำลองการวัดกระแสไฟรั่วโดยมีลิตมิเตอร์

2.5.3 เครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟโดยการสะท้อนกลับของสัญญาณ (Time-Domain Reflector: TDR)

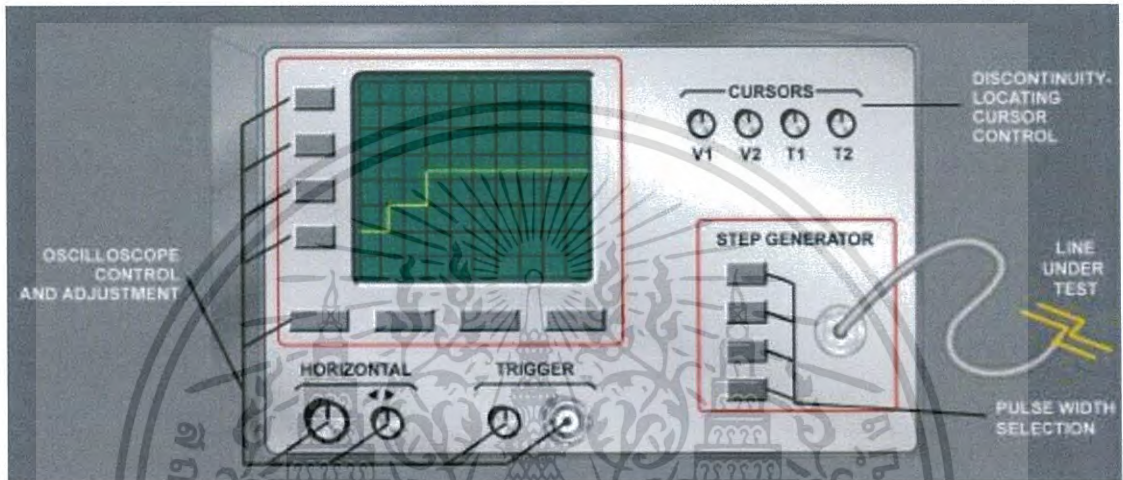
หลักการของเครื่อง คือ ที่จุดบกพร่องในสายส่งหรือความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity) อาจเกิดจาก การแตก-หักของตัวนำ ขั้วต่อหลวม การลัดวงจร เปลือกหุ้มหลุด โหลดไม่สมมูลย์กัน เป็นต้น ตัวอย่างเช่น ถ้าตัวนำทั้งสองเส้นของสายตีเกลียวเกิดช่องว่างขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่งของสาย จะทำให้เกิดค่าความต้านทานไม่ต่อเนื่องที่จุดนั้นและเกิดการสะท้อนในทำนองเดียวกัน ถ้าฉนวนของสายโคแอกเซียลถูกบีบที่จุดใดจุดหนึ่งก็ตาม ก็จะทำให้เกิดการสะท้อนขึ้นที่จุดนั้น ในรูปที่ 2.21 แสดงสภาวะดังกล่าว



รูปที่ 2.21 การเกิดความไม่ต่อเนื่องบนสายเกลียวและสายโคแอกเซียล

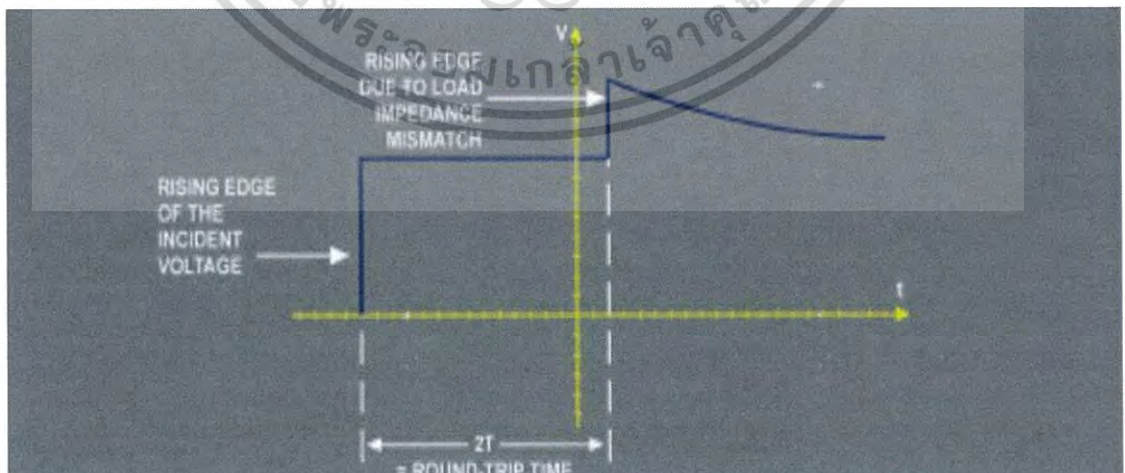
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดการสะท้อนแบบเวลา (Time-Domain Reflector: TDR) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบและค้นหาความไม่ต่อเนื่องของสายส่ง TDR ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดพัลส์แบบสี่เหลี่ยมและเครื่องวัดสัญญาณความเร็วสูงรวมกันในเครื่องเดียวดังแสดงในรูปที่ 2.22 ในการตรวจสอบและค้นหาความไม่ต่อเนื่อง TDR จะใช้เทคนิคการสะท้อนคลื่นสัญญาณ โดยใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์จะปล่อยพัลส์ส่งไปตามสายไฟที่ทดสอบ เมื่อพัลส์เดินทางไปถึงจุดที่เกิดความไม่ต่อเนื่องของสายส่งหรือปลายสายที่เกิดโหลดไม่สมมูลกัน สัญญาณพัลส์จะสะท้อนกลับไปที่ TDR และแสดงบน Oscilloscope สัญญาณที่แสดงโดย TDR เป็นการรวมสัญญาณแรงดันตกกระทบและสะท้อนในทางพีชคณิต ตัวอย่างเครื่อง TDR มีลักษณะดังรูปนี้ 2.22



รูปที่ 2.22 เครื่องวัดการสะท้อนแบบเวลา

ในรูปที่ 2.23 แสดงให้เห็นถึงสัญญาณ TDR ในสายโคแอกเซียลเมื่อความต้านทานที่โหลดไม่ตรงกับค่าความต้านทานคุณลักษณะของสาย

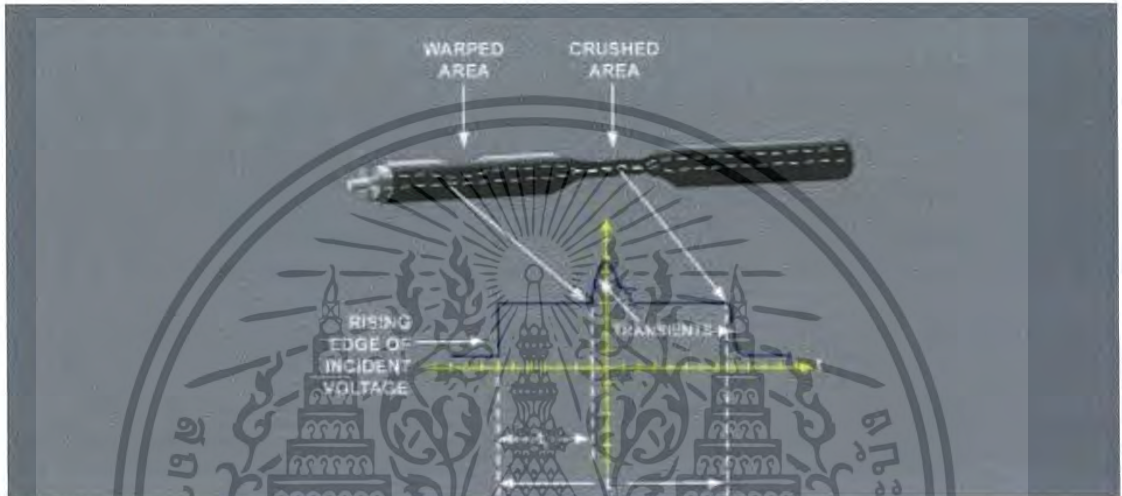


รูปที่ 2.23 สัญญาณ TDR ของสายโคแอกเซียลที่ปลายสายต่อกับโหลดที่มีความต้านทานไม่สมมูลกับค่าความต้านทานคุณลักษณะของสายส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความไม่ต่อเนื่องทำให้เกิดความแตกต่างของรูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้าทรานเซียนที่เพิ่มขึ้นหรือหักล้างจากแรงดันไฟฟ้าในสัญญาณ TDR ตัวอย่างเช่นรูปที่ 2.24 แสดงสัญญาณ TDR ในสายแบบโคแอกเชียลที่มีความไม่ต่อเนื่องสองจุด

1. บริเวณที่บิดเบี้ยวจะเกิดการบีบอัดตัวนำด้านใน ทำให้ตัวนำบางส่วนเป็นวงจรเปิด (เพิ่มความต้านทาน)
2. พื้นที่ที่ถูกกดทำให้เกิดการลัดวงจรที่สมบูรณ์ระหว่างตัวนำภายในและตัวนำภายนอก (เปลือกหุ้ม) ของสาย



รูปที่ 2.24 สัญญาณ TDR บนสายที่มีความไม่ต่อเนื่องสองจุด

ในการใช้หลักการของ TDR นั้นก็ไม่ได้แปลว่าจะไม่มีข้อเสีย ซึ่งข้อเสียของพวกนี้คือการต้องไปยุ่งกับตัวอุปกรณ์ของสายไฟ และอีกปัญหาที่จะเจอคือถ้าบริเวณสายนั้นมีสภาพปกติ แต่มีการเปลี่ยนทิศทาง เช่น การวางแบบตั้งฉาก จะทำให้การเห็นรูปสัญญาณสะท้อนได้เช่นกันทำให้ผิดพลาดไปได้

2.5.4 เครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟโดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันสูง

เทคนิคนี้สามารถตรวจสอบสายไฟที่ถูกฝังอยู่ใต้พื้นดินได้ ข้อจำกัดคือสามารถตรวจสอบกับสายไฟที่มีฉนวนความต้านทานสูง และสามารถทนกระแสได้มาก โดยจะใช้ตรวจกับพวกสายไฟที่ใช้ไฟตั้งแต่ 380V – 220 kV เทคนิคของการหาสายไฟรั่วของเครื่อง คือ เครื่องจะมีตัวจ่ายแรงดันสูงสามารถจ่ายแรงดันได้ตั้งแต่ 11 - 130kV เข้าไปภายในสายไฟ โดยต่อเข้ากับจุดเริ่มของสายไฟและปลายสุดของสายไฟจะต่อลงพื้นดินเพื่อให้ครบวงจร โดยใช้หลักการเมื่อสายไฟบริเวณที่เกิดการขาดหรือตัวนำของสายไฟเกิดความเสื่อมสภาพ เมื่อจ่ายแรงดันสูงเข้าไปภายในสายไฟบริเวณที่เกิดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้วรูดของสายไฟจะทำให้เกิดการช็อต(Arc)ขึ้นบริเวณที่เกิดการช็อต(Arc)จะทำให้เกิดเสียงจากการช็อต(Arc)กันบริเวณที่สายไฟขั้วรูด และนำเครื่องมือที่ใช้สำหรับการหาตำแหน่งของเสียงคือ ไมโครโฟนไล่ตามแนวสายไฟเพื่อขยายเสียงที่เกิดจากการช็อต(Arc)

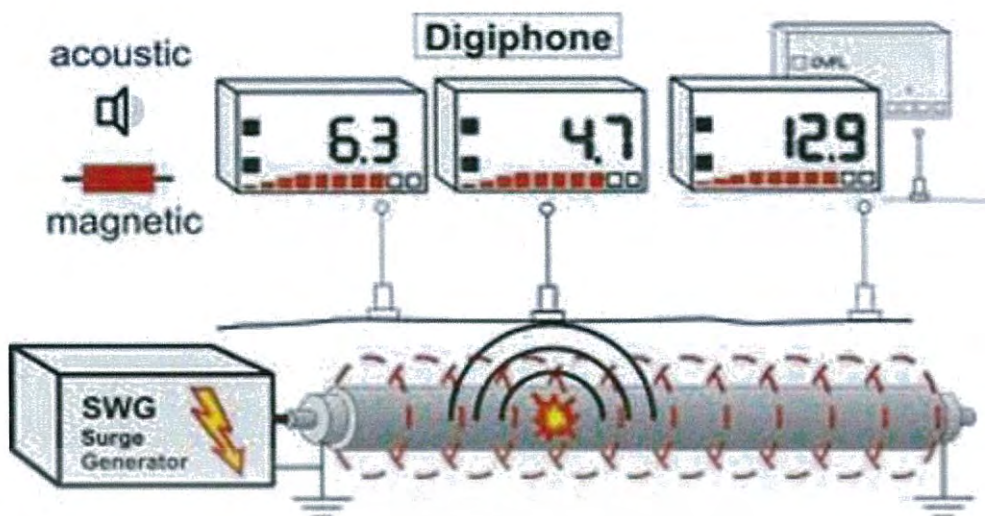


รูปที่ 2.25 เครื่องแหล่งจ่ายแรงดันสูง

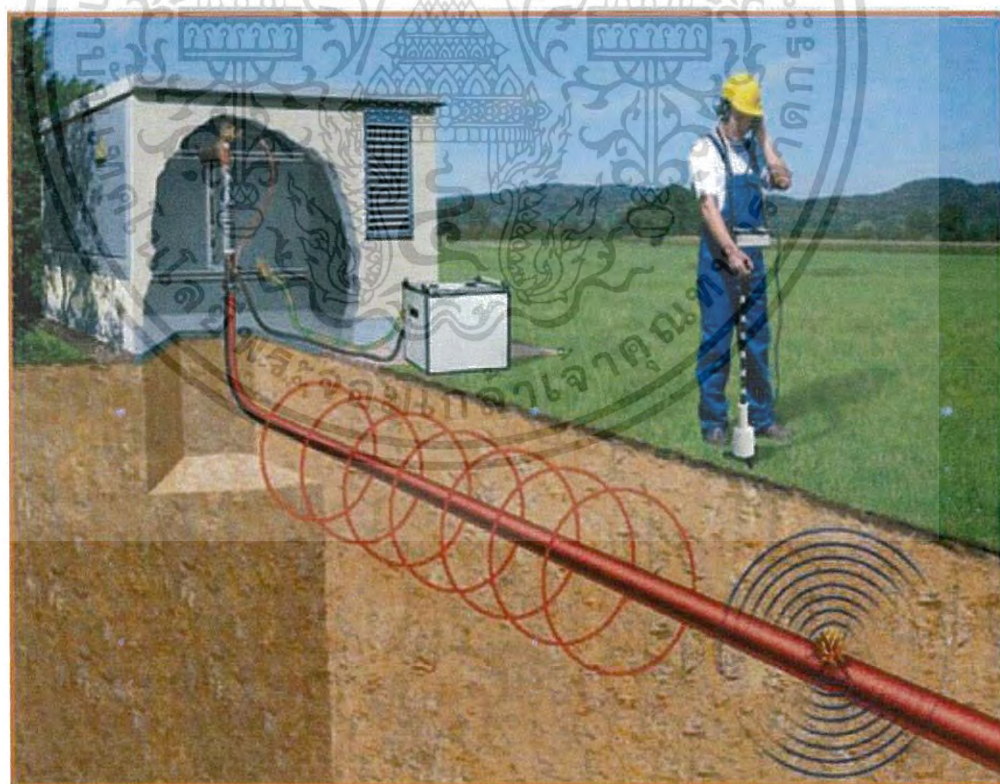


รูปที่ 2.26 เครื่องหาตำแหน่งของเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 หลักการของเครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟโดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันสูง
(ที่มา : www.cablejoints.co.uk/sub-product-details/cable-fault-locators--surge-generators)



รูปที่ 2.28 การทำงานของเครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟโดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันสูง
(ที่มา : www.cablejoints.co.uk/sub-product-details/cable-fault-locators--surge-generators)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ (ที่มา : www.cablejoints.co.uk/sub-product-details/cable-fault-locators--surge-generators) นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 เครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟรั่วหรือขาดด้วยการกระตุ้นกระแสไฟสลับความถี่ เฉพาะ

เป็นเครื่องค้นหาสายไฟปกติและสายไฟที่มีปัญหารั่วหรือขาดกรณีที่มีฝังอยู่ในผนังและพื้นดินได้ โดยเครื่องนี้จะแบ่งอุปกรณ์เป็น 2 อย่าง คือ 1. ตัวส่งสัญญาณความถี่ 2. ตัวรับสัญญาณความถี่เฉพาะ หลักการของเครื่องนี้คือ ตัวส่งสัญญาณความถี่นั้นจะมีความถี่ที่ไม่ใช่ย่าน 50-60 Hz เพื่อป้องกันไม่ให้ตรงกับไฟบ้าน อย่างเช่น เครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟของ Fluke 2042 นั้น ดังรูปที่ 2.29 ตัวส่งสัญญาณจะใช้ความถี่ 125 kHz เพื่อไม่ให้ความถี่นั้นตรงกับความถี่ของไฟบ้าน และตัวรับสัญญาณจะมีขดลวดเหนี่ยวนำเพื่อเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสัญญาณความต่างศักย์ และวงจรเลือกความถี่(Band pass filter) เพื่อเลือกความถี่เดียวกับตัวส่งสัญญาณ ในการจะเริ่มการหาตำแหน่งของสายไฟนั้นจะต้องทำการสับปิดเบรกเกอร์ก่อนค้นหาทุกครั้ง สำหรับกรณีการหาตำแหน่งสายไฟขาดเริ่มจากการต่อตรวจสอบส่งสัญญาณความถี่เข้ากับสายไฟและส่งสัญญาณความถี่เข้าไปภายในสายไฟ แล้วนำตัวรับสัญญาณความถี่มาไล่หาบริเวณแนวสายไฟโดยถ้าสายไฟนั้นเป็นสายเดียวกับสายที่ตัวส่งสัญญาณส่งความถี่ไป จะทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำซึ่งแปลงเป็นสัญญาณเสียงตลอดแนวของสายไปจนถึงบริเวณตำแหน่งที่สายขาด แต่ถ้าพ้นจากบริเวณที่เกิดการขาดจะไม่มีเสียงเตือนเนื่องจากว่าบริเวณที่สายขาดไม่มีสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้ตัวรับสัญญาณเหนี่ยวนำ ดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.29 เครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟขาดของ Fluke 2042



รูปที่ 2.30 แสดงภาพเมื่อเจอสายไฟกับเมื่อสายไฟขาด

(ที่มา : www.measuretronix.com/products/fluke-2042)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของระบบไฟฟ้าที่ใช้สายเดี่ยวร่วมกับโครงสร้างกราวด์(Ground) เช่นในรถยนต์ก็มี การพัฒนาเครื่องตรวจการขาดหรือรั่วของสายไฟโดยหลักการทำงานองเดียวกันเช่นเครื่อง Open and Short Circuit Tracer / Fault Finder ของบริษัท OLCT โดยประกอบด้วยเครื่องส่วนกระตุ้น สัญญาณความถี่สูงย่านคลื่นวิทยุอนุกรมกับสายไฟและไล่ปลายหัววัดสนามความถี่สูงของเครื่องมืออีก ส่วนหนึ่งไปตามแนวสายไฟ เมื่อถึงและเลยจุดสายขาดสัญญาณที่รับได้จะหมดไปเป็นต้น ลักษณะการ ตรวจสอบเป็นดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.31 FF310 เครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟขาด
(ที่มา : <http://www.olct.co/circuit-testing/fault-finder-electrical-open-and-short-fault-finder-tracer>)



รูปที่ 2.32 ภาพจำลองในการตรวจหาตำแหน่งสายไฟขาด
(ที่มา : <http://www.olct.co/circuit-testing/fault-finder-electrical-open-and-short-fault-finder-trace>)

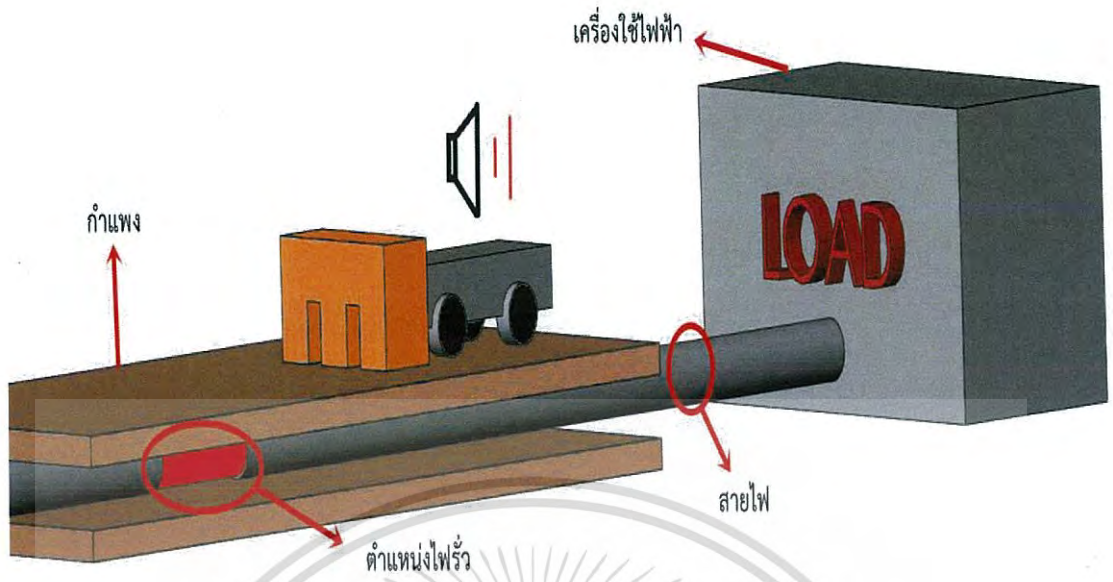
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6 เครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วในงานวิจัย

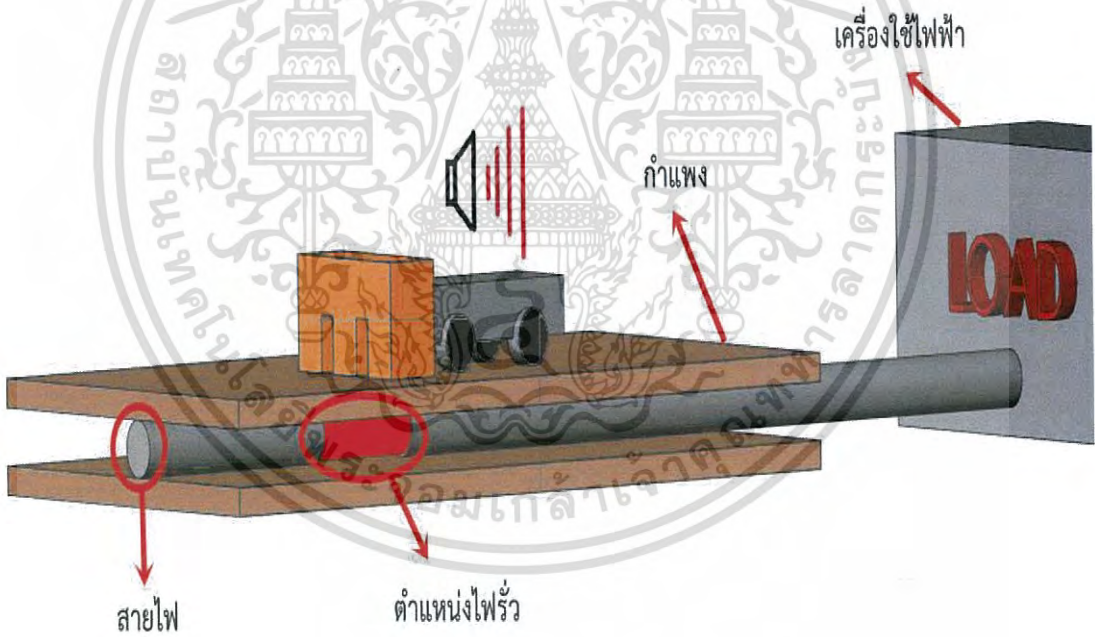
เครื่องวัดหาตำแหน่งของสายไฟรั่วที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ก็มีข้อเสียอยู่ที่ว่า เมื่อต้องการจะตรวจหาตำแหน่งของสายไฟรั่วนั้นจะต้องเข้าไปยุ่งกับตัวอุปกรณ์ระบบแผงควบคุมของสายไฟ เช่น ต้องสับปิดเบรกเกอร์ก่อน เป็นต้น ในงานวิจัยนี้จึงคิดวิธีโดยการไม่ต้องเอาเครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟไปยุ่งกับตัวอุปกรณ์สายไฟ เพื่อที่จะได้ใช้งานได้ง่ายและสะดวกสบาย โดยหลักการของเครื่องตรวจหาตำแหน่งของงานวิจัยนั้น จะใช้การเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กเนื่องจากกระแสไฟ เทคนิคของเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วนั้นจะแตกต่างออกไป โดยบริเวณหัววัดจะมีลักษณะเป็นรูปทรงตัววีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กได้ดี เทคนิคของการตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วของเครื่องนี้คือ บริเวณที่มีกระแสไฟไหลจะมีการสร้างสนามแม่เหล็ก บริเวณที่สายไฟปกติกับบริเวณสายไฟรั่วนั้นจะมีค่าของสนามแม่เหล็กที่แตกต่างกัน ซึ่งบริเวณที่เกิดไฟรั่วจะมีค่าของสนามแม่เหล็กที่เข้มข้นกว่า ในการวัดหาตำแหน่งไฟรั่วโดยการนำเครื่องตรวจวัดไฟรั่วลากตามตำแหน่งการวางตัวของสายไฟเมื่อเจอจุดรั่วของสายไฟเครื่องจะมีการแสดงผลออกมาในมิเตอร์และเสียงเตือนซึ่งเมื่อเครื่องเจอบริเวณที่ตำแหน่งของไฟรั่วจะมีเสียงดังมากกว่าปกติและค่าของมิเตอร์ที่แสดงออกมาจะมีค่ามากกว่าบริเวณสายปกติ แสดงดังรูปที่ 2.33, 2.34 และ 2.35



รูปที่ 2.33 การจำลองเมื่อเครื่องอยู่ห่างจากสายไฟ



รูปที่ 2.34 การจำลองเมื่อเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วพบตำแหน่งสายไฟ



รูปที่ 2.35 การจำลองเมื่อเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วพบตำแหน่งสายไฟรั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

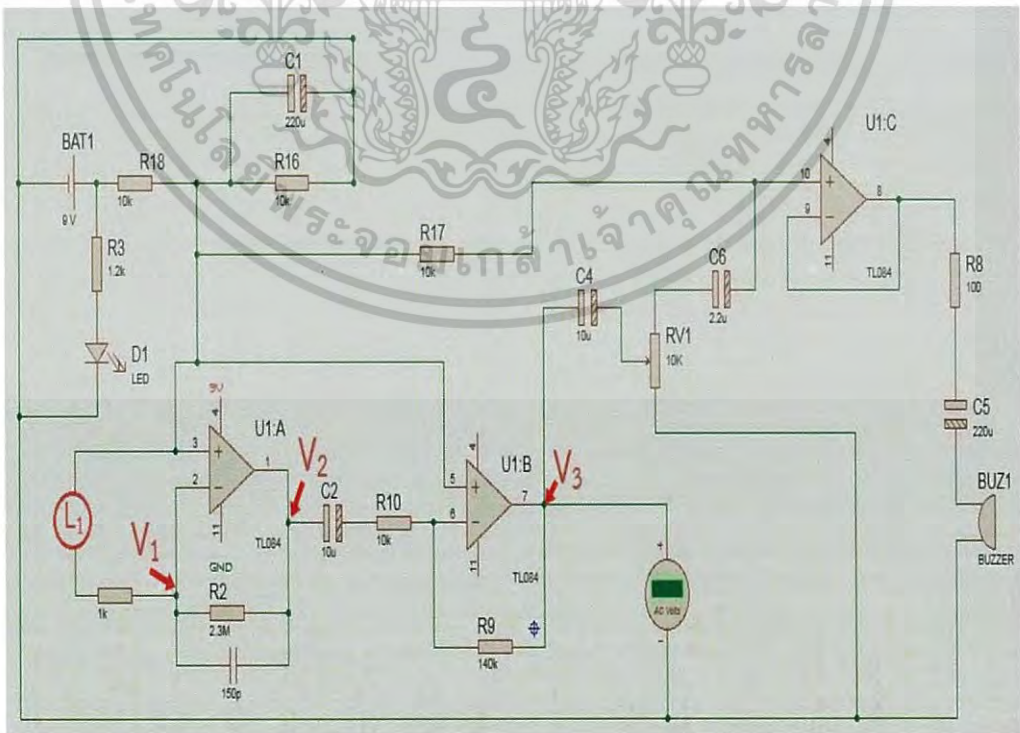
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วโดยใช้หลักการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กของสายไฟโดยการศึกษานั้นแบ่งออกได้เป็น 7 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นการออกแบบสร้างวงจรเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว ส่วนที่สองจะเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของวงจร ส่วนที่สามจะเป็นการออกแบบสร้างหัวโพรบ ส่วนที่สี่จะเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของหัวโพรบ ส่วนที่ห้าจะเป็นการทดสอบการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กเมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างกัน ส่วนที่หกจำลองสายไฟรั่วเพื่อเปรียบเทียบกับสายไฟปกติและส่วนสุดท้ายจะเป็นการตรวจสอบปัญหาเมื่อมีสนามแม่เหล็กจากภายนอกมารบกวนเครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟรั่วทำงานอยู่

3.1 การออกแบบและการสร้างวงจร

3.1.1 แบบวงจรเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว

เครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วที่จะจัดทำขึ้นนั้นมีการใช้วงจรขยายแบบกลับเฟสและวงจรบัฟเฟอร์ โดยใช้ไอซีเบอร์ TL084 ของ STMicroelectronics โดยวงจรจะมีการขยายอยู่ 2 จุด คือจะขยายสัญญาณจากจุด V_1 ไปจุด V_2 และขยายสัญญาณอีกครั้งคือที่จุด V_2 ไปจุด V_3 ในวงจรดังรูปที่ 3.1

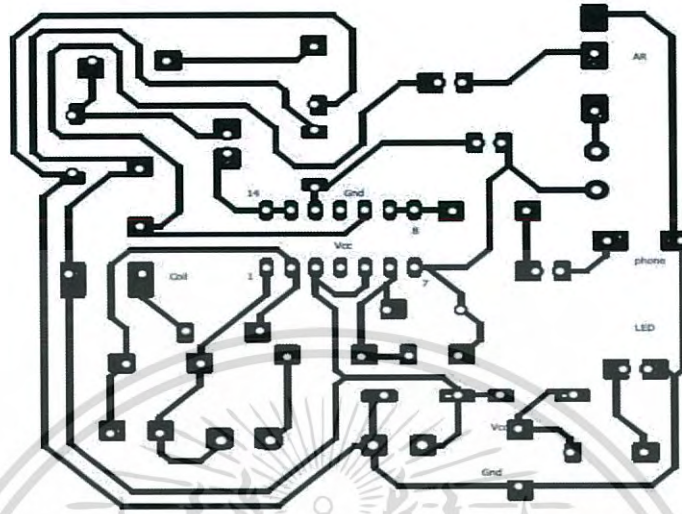


รูปที่ 3.1 รูปภาพวงจรที่ออกแบบผ่านโปรแกรม Proteus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ลายวงจรเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว

นำวงจรที่ออกมาทำการออกแบบลายวงจรผ่านโปรแกรมอีเกิ้ล(Eagle) เพื่อนำไปกัดลายแผ่นปริ๊น



รูปที่ 3.2 ลายวงจรเครื่องตรวจวัดไฟรั่วโดยโปรแกรมอีเกิ้ล (Eagle)

3.1.3 วงจรเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วที่สร้างขึ้น

นำลายวงจรที่ได้ออกแบบในรูปแบบที่ 3.2 ไปทำการกัดปริ๊นลงแผ่นทองแดงและใส่ตัวอุปกรณ์ให้เสร็จสมบูรณ์ดังรูปที่ 3.3



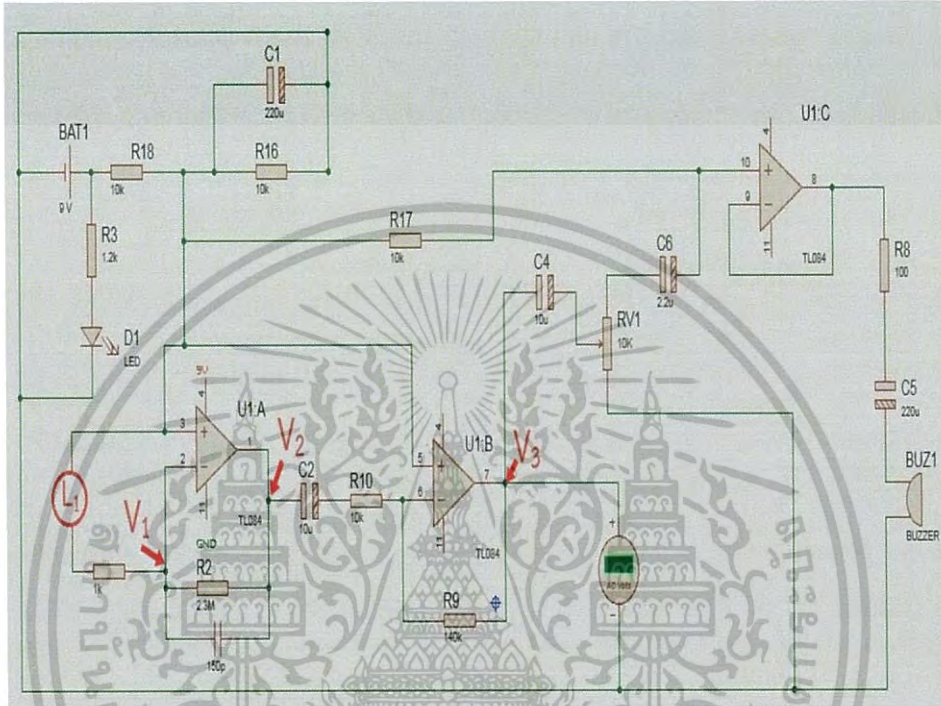
รูปที่ 3.3 วงจรเครื่องตรวจวัดไฟรั่วแบบสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

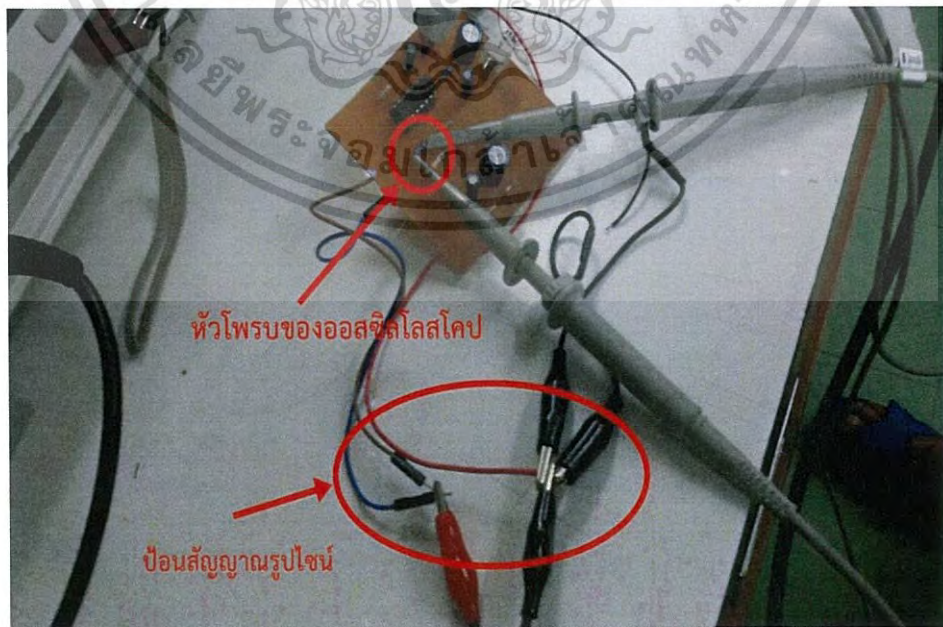
3.2 ทดสอบประสิทธิภาพของวงจรเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว

3.2.1 ทดสอบประสิทธิภาพกำลังขยายของวงจร

โดยการป้อนสัญญาณรูปไซน์เข้าไปในจุด L_1 ดังรูปที่ 3.4 และใช้ออสซิลโลสโคปจับสัญญาณในจุด V_1 , V_2 และ V_3

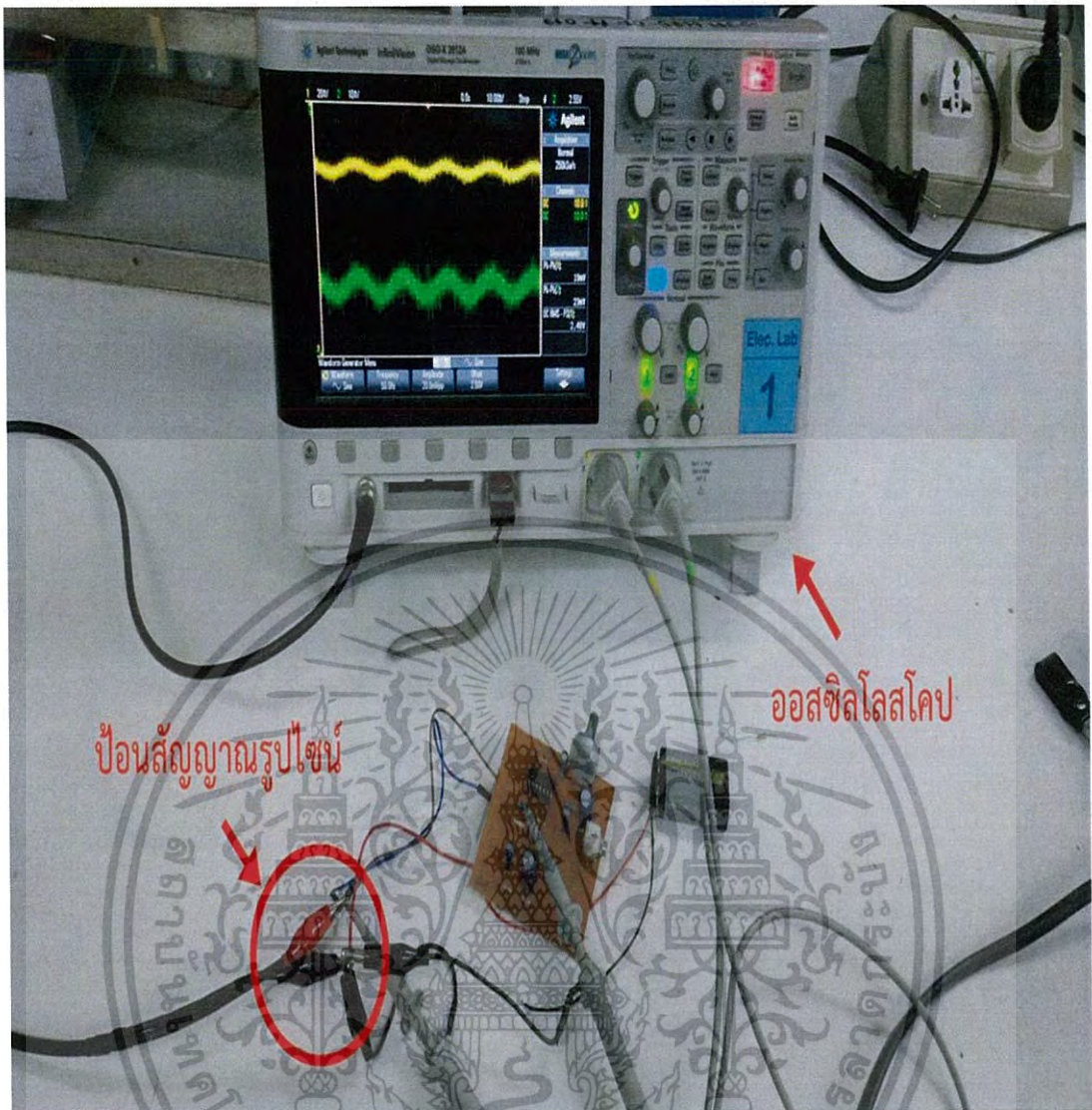


รูปที่ 3.4 วงจรเครื่องตรวจวัดไฟรั่ว



รูปที่ 3.5 ป้อนสัญญาณรูปไซน์เข้าไปที่วงจรเครื่องตรวจวัดไฟรั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงรูปสัญญาณในออสซิลโลสโคป

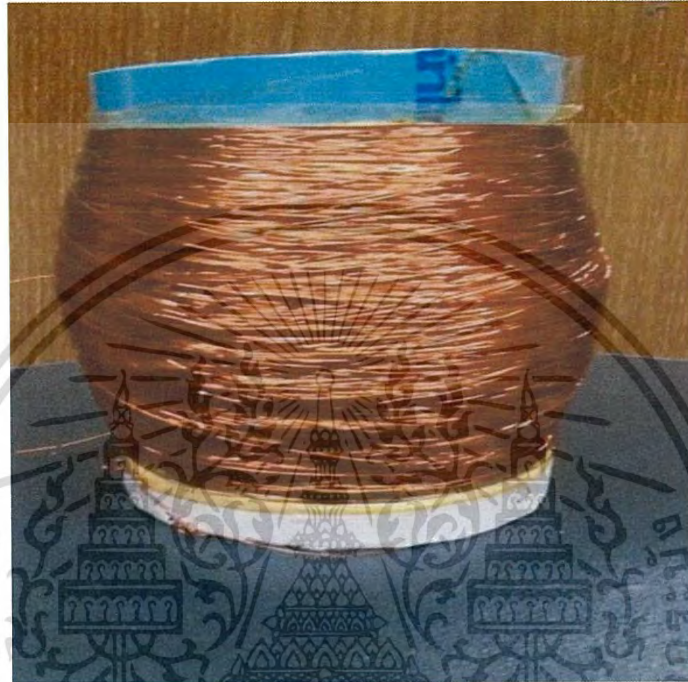
- บันทึกรูปสัญญาณ V_{p-p} ที่จุด V_1 เทียบ V_2 ของวงจรในรูปที่ 3.4
- บันทึกรูปสัญญาณ V_{p-p} ที่จุด V_2 เทียบ V_3 ของวงจรในรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของหัวโพรบ

3.3.1 การสร้างหัวโพรบ

การสร้างหัวโพรบโดยจะใช้ขดลวดทองแดงเบอร์ 25 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 0.50 มิลลิเมตรและแกนเฟอไรต์รูปตัวอีดังรูปที่ 3.7 และ รูปที่ 3.8



รูปที่ 3.7 ขดลวดทองแดงเบอร์ 25 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 0.50 มิลลิเมตร



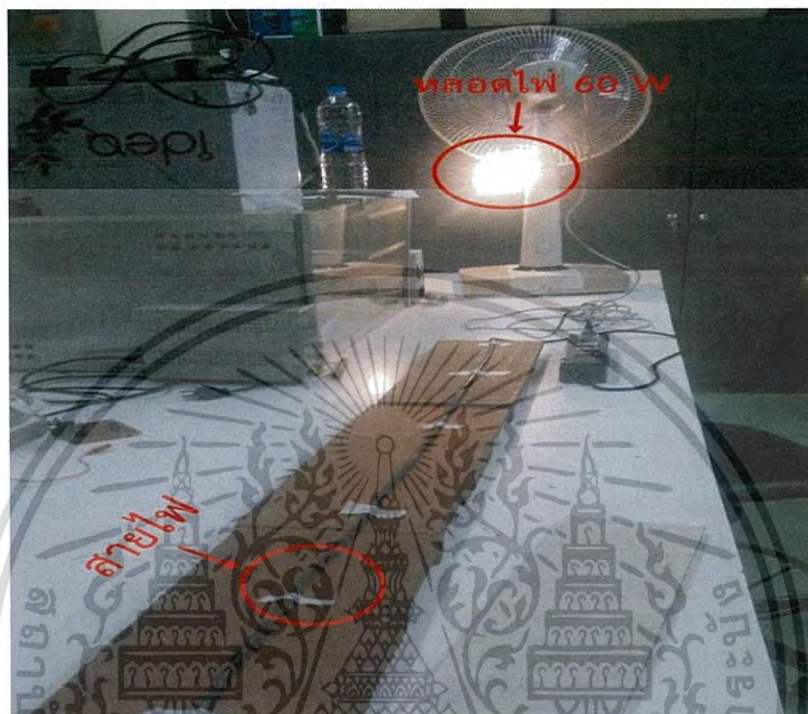
รูปที่ 3.8 แกนเฟอไรต์รูปตัวอี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ประสิทธิภาพในการเหนี่ยวนำเมื่อจำนวนรอบของการพันขดลวดแตกต่างกัน

โดยการทดลองจะใช้จำนวนในการพันขดลวด 400, 600 และ 800 รอบในระดับความหนาของกระเบื้อง 1.2, 2.4 และ 3.6 ซม.

- นำสายไฟต่อเข้ากับหลอดไฟ 60 W ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 สายไฟต่อเข้ากับหลอดไฟ 60 W

- นำขดลวดทองแดงพันแกนเฟอร์ไรต์จำนวนที่แตกต่างกัน คือ 400, 600 และ 800 รอบ แล้วนำไปต่อเข้ากับวงจรเครื่องตรวจวัดไฟรั่วที่จุด L_1 ของวงจร



รูปที่ 3.10 แกนเฟอร์ไรต์ที่พันด้วยขดลวดทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



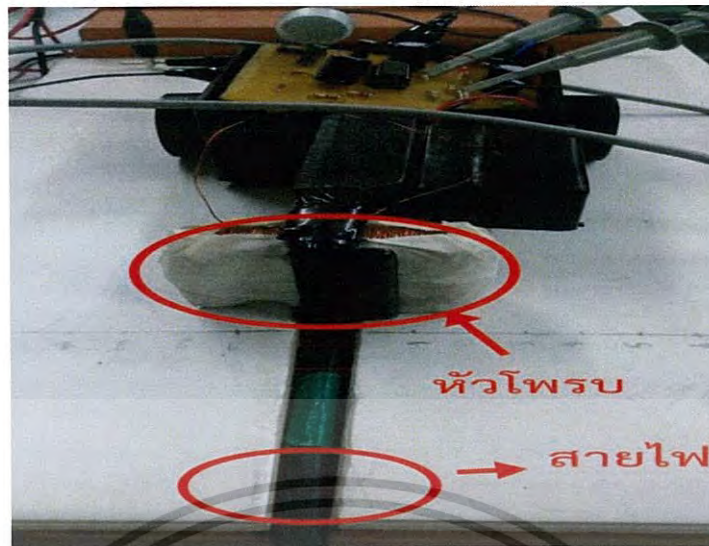
รูปที่ 3.11 หัวโพรบที่ต่อเข้ากับวงจรเครื่องตรวจวัดไฟรั่ว

- เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเหนี่ยวนำของหัวโพรบ โดยนำหัวโพรบที่ต่อเข้ากับวงจรวางไปบนสายไฟที่ต่อเข้ากับหลอดไฟ 60 W โดยตำแหน่งการวางหัวโพรบดังรูปที่ 3.13 แล้วใช้ออสซิลโลสโคปวัดค่า V_{p-p} ของวงจรที่จุด V_3 ดังรูปที่ 3.14

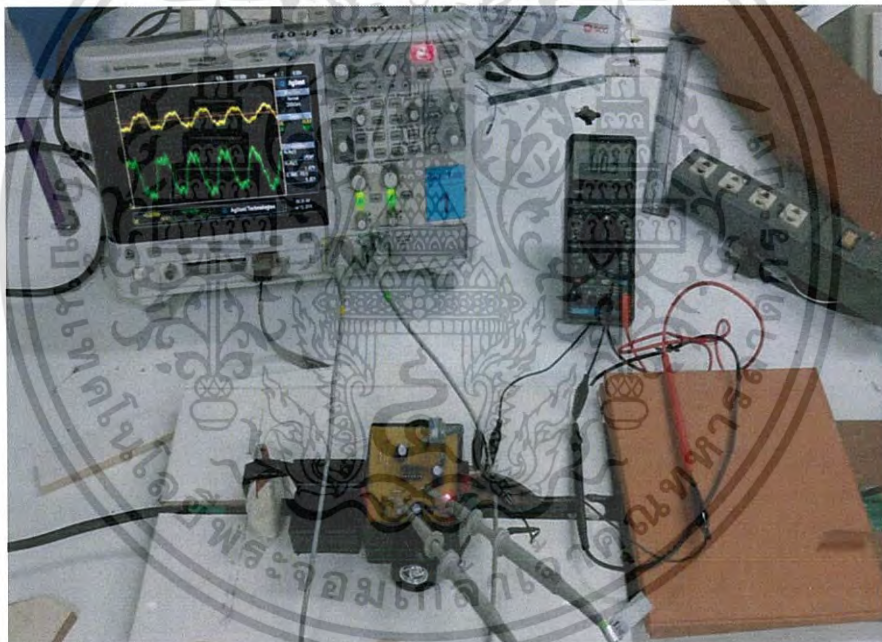


รูปที่ 3.12 การจำลองในการวางตำแหน่งหัวโพรบกับสายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 การวางตำแหน่งของหัวโพรบ



รูปที่ 3.14 แสดงการวัดค่า V_{p-p} ของวงจรเครื่องวัดไฟรั่ว

- วัดค่า V_{p-p} ที่จุด V_3 ของวงจรเมื่อจำนวนขดลวดทองแดง 400 รอบแล้ว บันทึกผล
- วัดค่า V_{p-p} ที่จุด V_3 ของวงจรเมื่อจำนวนขดลวดทองแดง 600 รอบแล้ว บันทึกผล
- วัดค่า V_{p-p} ที่จุด V_3 ของวงจรเมื่อจำนวนขดลวดทองแดง 800 รอบแล้ว บันทึกผล
- นำค่า V_{p-p} ที่ได้มาสร้างตารางเปรียบเทียบระหว่างจำนวนการพันขดลวดทองแดง 400, 600 และ 800 รอบ

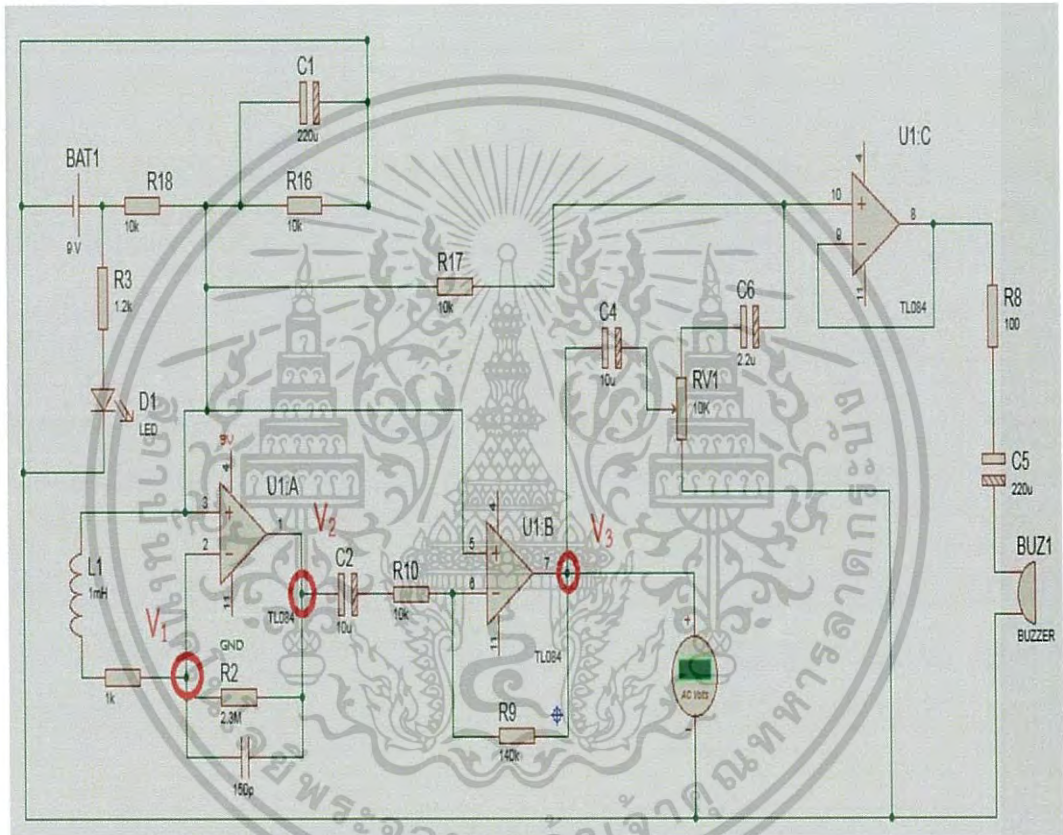
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ทดสอบประสิทธิภาพของหัวโพรบตัวอีในตำแหน่งที่แตกต่างกัน

ทดสอบประสิทธิภาพในการเหนี่ยวนำของหัวโพรบโดยทดสอบแต่ละตำแหน่งของหัวโพรบคือ บริเวณฝั่งซ้ายของหัวโพรบ ฝั่งขวาของหัวโพรบและตรงกลางของหัวโพรบ

3.4.1 การทดลองประสิทธิภาพของหัวโพรบในตำแหน่งที่ต่างกัน

โดยเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วใช้การพันขดลวดทองแดงทั้งหมด 800 รอบและต่อเข้ากับ วงจรดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ภาพวงจรสมบูรณของเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 เครื่องตรวจวัดไฟรั่วที่สมบูรณ์แล้ว

- การทดสอบโดยการต่อสายไฟไว้เข้ากับหลอดไฟ 60 W
 - บันทึกค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ของวงจร ในส่วนของหัวโพรบฝังขวาที่ระยะห่างหัวโพรบกับสายไฟ เท่ากับ 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ซม.
 - บันทึกค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ของวงจร ในส่วนของบริษัทบริเวณกลางหัวโพรบที่ระยะห่างหัวโพรบกับสายไฟ เท่ากับ 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ซม.
 - บันทึกค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ของวงจร ในส่วนของหัวโพรบฝังซ้ายที่ระยะห่างหัวโพรบกับสายไฟ เท่ากับ 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ซม.



รูปที่ 3.17 การลองการวางหัวโพรบแต่ละตำแหน่งบนสายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 การวางหัวโพรบแต่ละตำแหน่งในระยะห่างสายไฟ 0 ซม.

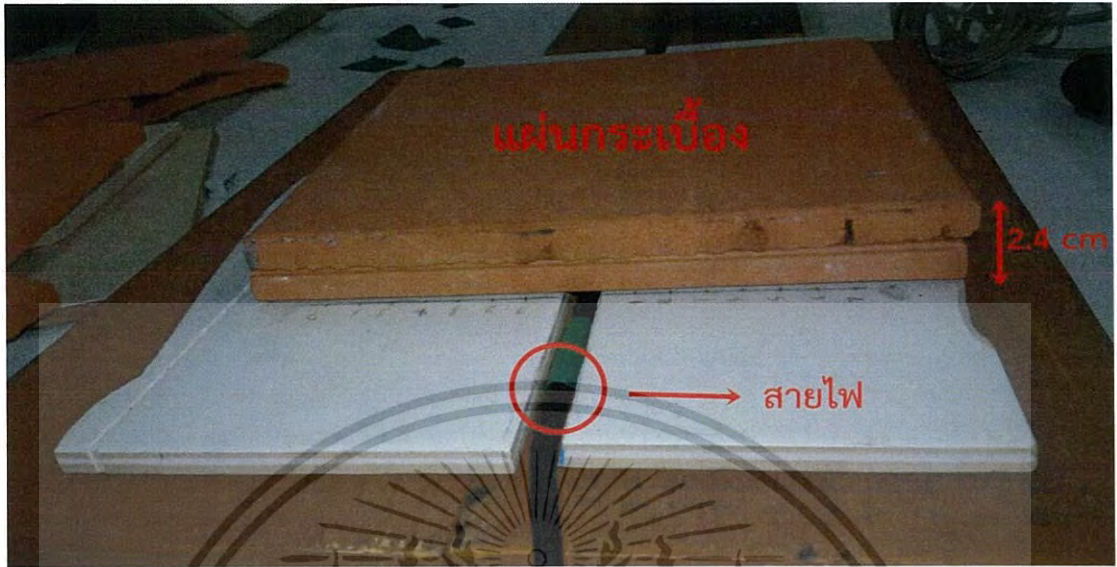
- นำกระเบื้องที่มีความหนาเท่ากับ 1.2 ซม. มาวางทับบนสายไฟ ดังรูปที่ 3.19 แล้วทำการทดลองและบันทึกผลตามข้อที่ 1, 2 และ 3



รูปที่ 3.19 กระเบื้องหนา 1.2 ซม. ทับลงบนสายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำกระเบื้องที่มีความหนาเท่ากับ 2.4 cm มาวางทับบนสายไฟ ดังรูปที่ 3.20 แล้วทำการทดลองและบันทึกผลตามข้อที่ 1, 2 และ 3



รูปที่ 3.20 กระเบื้องหนา 2.4 ซม. ทับลงบนสายไฟ

- นำกระเบื้องที่มีความหนาเท่ากับ 3.6 ซม. มาวางทับบนสายไฟ ดังรูปที่ 3.21 แล้วทำการทดลองและบันทึกผลตามข้อที่ 1, 2 และ 3



รูปที่ 3.21 กระเบื้องหนา 3.6 ซม. ทับลงบนสายไฟ

- นำค่ามาสร้างตารางเปรียบเทียบค่า V_{pp} ของหัวโพรบทางซ้าย, บริเวณตรงกลางหัวโพรบ และหัวโพรบทางขวา ในระดับความหนาของกระเบื้อง 0, 1.2, 2.4 และ 3.6 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

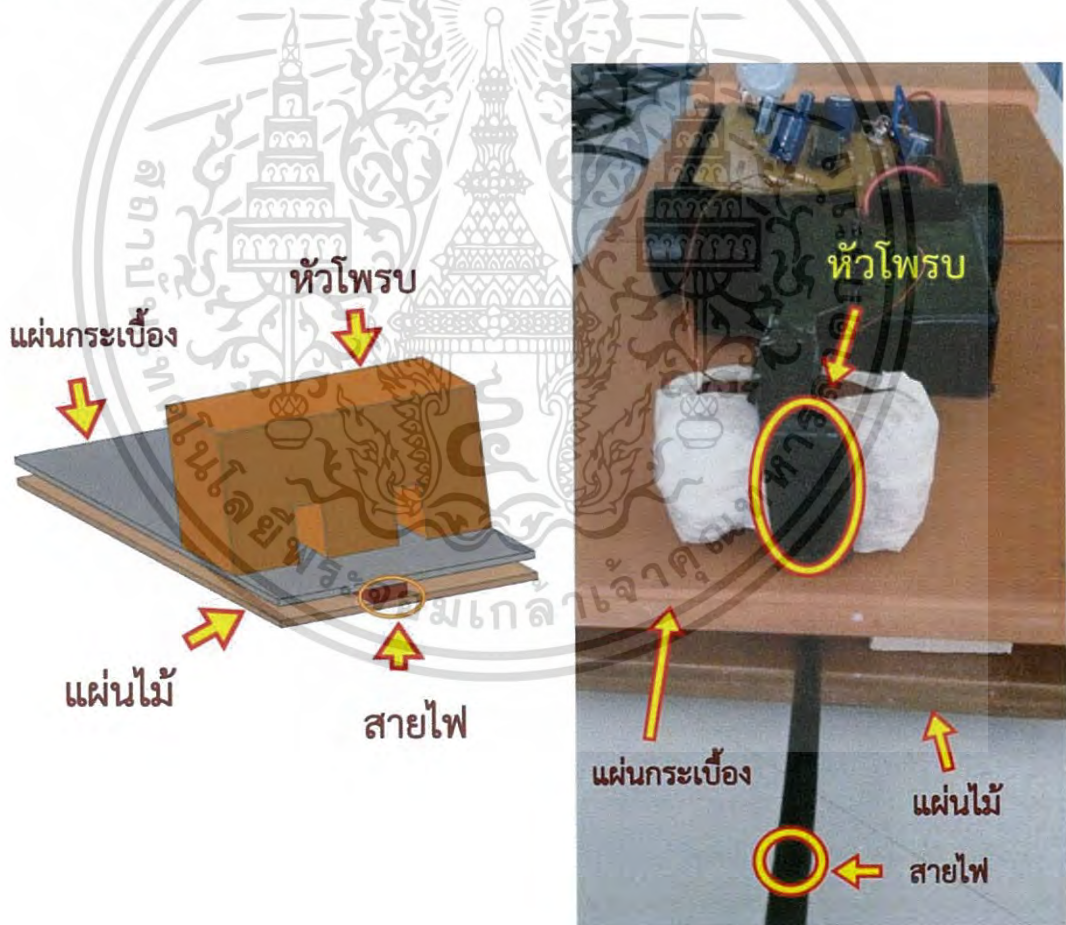
- นำค่าจากตารางในขั้นตอนที่แล้ว มาวาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{p-p} ของหัวโพรบทางซ้าย บริเวณตรงกลางหัวโพรบและหัวโพรบทางขวา ในระดับความหนาของกระเบื้อง 0, 1.2, 2.4 และ 3.6 ซม.

3.5 เปรียบเทียบค่าการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กเมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้าแตกต่างกัน

โดยการเปรียบเทียบกับเครื่องใช้ไฟฟ้าสองชนิดที่มีกำลังวัตต์ 60 W และ 110 W

3.5.1 การทดลองการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กเมื่อค่ากำลังวัตต์ของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างกัน

- ต่อสายไฟเข้ากับหลอดไฟ 60 W
- นำแผ่นกระเบื้องที่มีความหนา 1.2 ซม. วางทับบนสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W
- นำเครื่องตรวจวัดไฟร่วมาวัดค่า V_{p-p} โดยใช้ข้อสซิลโคโวลต์ที่จุด V_3 ของวงจร โดยวางตำแหน่งของเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟร่วดังรูปที่ 3.22 แล้วบันทึกผล



รูปที่ 3.22 ตำแหน่งในการวางเครื่องตรวจหาตำแหน่งสายไฟร่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำเครื่องตรวจวัดไฟรั้วมาวัดค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ของวงจรโดยเพิ่มความหนากระเบื้องเป็น 2.4 ซม. ทำการบันทึกผล
- นำเครื่องตรวจวัดไฟรั้วมาวัดค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ของวงจรโดยเพิ่มความหนากระเบื้องเป็น 3.6 ซม. ทำการบันทึกผล
- นำเครื่องตรวจวัดไฟรั้วมาวัดค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ของวงจรที่ความหนา 1.2 ซม. แต่เปลี่ยนค่ากำลังไฟฟ้าเพิ่มเป็น 110 W โดยการเพิ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า 50 W ดังรูปที่ 3.23 แล้วบันทึกผล



รูปที่ 3.23 พัดลมเครื่องใช้ไฟฟ้า 50 W

- นำเครื่องตรวจวัดไฟรั้วมาวัดค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ของวงจรที่ความหนา 2.4 ซม. ที่กำลังไฟฟ้า 110 W แล้วทำการบันทึกผล
- นำเครื่องตรวจวัดไฟรั้วมาวัดค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ของวงจรที่ความหนา 3.6 ซม. ที่กำลังไฟฟ้า 110 W แล้วทำการบันทึกผล
- สร้างตารางเปรียบเทียบค่า V_3 ของสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W กับสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 110 W ในระดับความหนาของแผ่นกระเบื้องขนาด 1.2, 2.4 และ 3.6 ซม.
- วาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{p-p} ของสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W และสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 110 W กับระดับความหนาของแผ่นกระเบื้องขนาด 1.2, 2.4 และ 3.6 ซม.

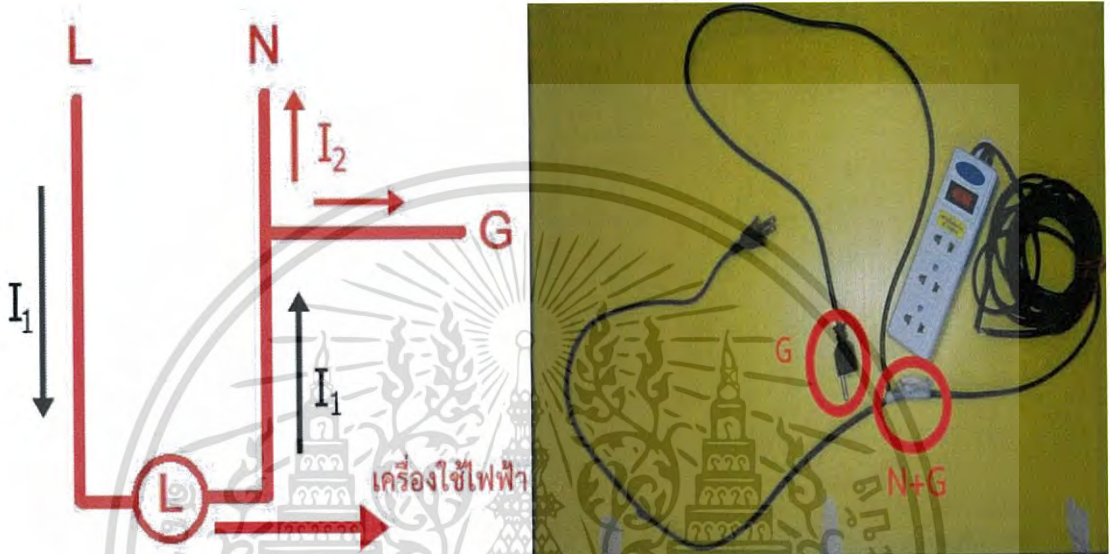
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 เปรียบเทียบสายไฟปกติกับบริเวณสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่ว

โดยเปรียบเทียบกับสายไฟปกติและสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่วที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W

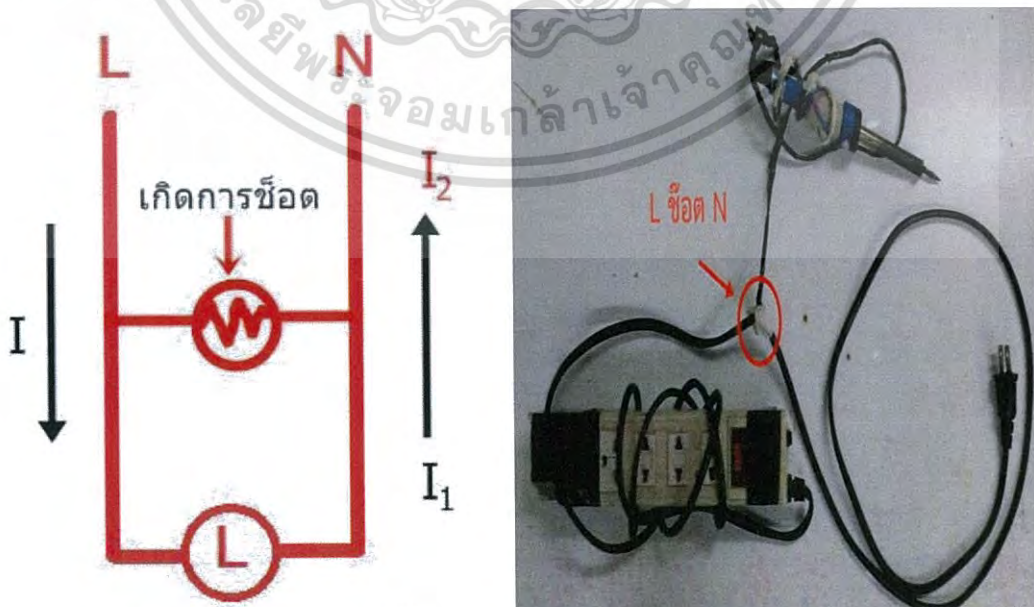
3.6.1 จำลองการเกิดไฟรั่วโดยการจำลองจะแยกออกเป็น 2 กรณี

- กรณีที่ 1 สายไฟบริเวณเส้นนิวทรัล(N) แยกลงสายดิน(G) โดยจำลองเมื่อกระแสไฟไหลกลับ ส่วนของนิวทรัล(N) จะมีการแบ่งกระแสไฟบางส่วนแยกลงดิน(G) และกระแสไฟอีกส่วนวิ่งกลับไปส่วน ของนิวทรัล(N)ดั้งเดิม ดังในรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 ภาพการจำลองไฟรั่วบริเวณสายไฟเส้นนิวทรัล(N) แยกลงสายดิน(G)

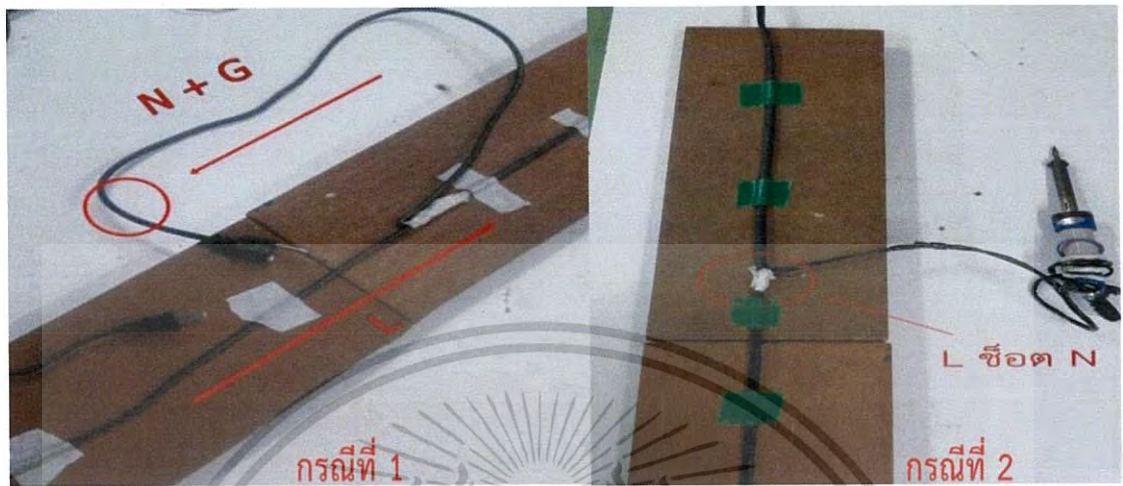
- กรณีที่ 2 สายไฟเส้นฮอตไลน์ช็อต(L) กับส่วนของนิวทรัล(N) โดยการจำลองว่าหัวแรงค์บัดกรี เป็นการช็อตกันระหว่างสาย 2 เส้น



รูปที่ 3.25 ภาพการจำลองไฟรั่วบริเวณสายไฟเส้นฮอตไลน์(L) ช็อตกับเส้นนิวทรัล(N) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 การทดลองการเปรียบเทียบสายไฟปกติกับสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่ว

- นำสายที่จำลองการเกิดไฟรั่วกรณีที่ 1 โดยสายไฟบริเวณเส้นนิวทรัล(N) แยกลงดิน(G) ที่ต่อเครื่องไฟฟ้า 60 W มาวางไว้บนราง ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 สายที่จำลองการเกิดไฟรั่วทั้ง 2 กรณี

- นำแผ่นกระเบื้องความหนา 1.2 ซม. มาวางลงบนสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่วดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 วางกระเบื้อง 1.2 ซม. ทับบนสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่ว

- นำเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ววัดค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ของวงจรบริเวณที่สายไฟปกติกับบริเวณสายที่จำลองการเกิดไฟรั่วทั้ง 2 กรณี แล้วบันทึกผล
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเชิงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ววัดค่า V_{p-p} โดยใช้ฮอสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ของวงจร บริเวณที่สายไฟปกติกับบริเวณสายที่จำลองการเกิดไฟรั่วทั้ง 2 กรณีโดยเพิ่มความหนาเป็น 2.4 และ 3.6 ซม.

- นำค่าที่ได้สร้างตารางแสดงการเปรียบเทียบค่า V_{p-p} ที่จุด V_3 ของวงจร ระหว่างสายไฟปกติกับสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่วที่ทั้งสองแบบต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W ในระดับความหนาของกระเบื้อง 1.2, 2.4 และ 3.6 ซม.

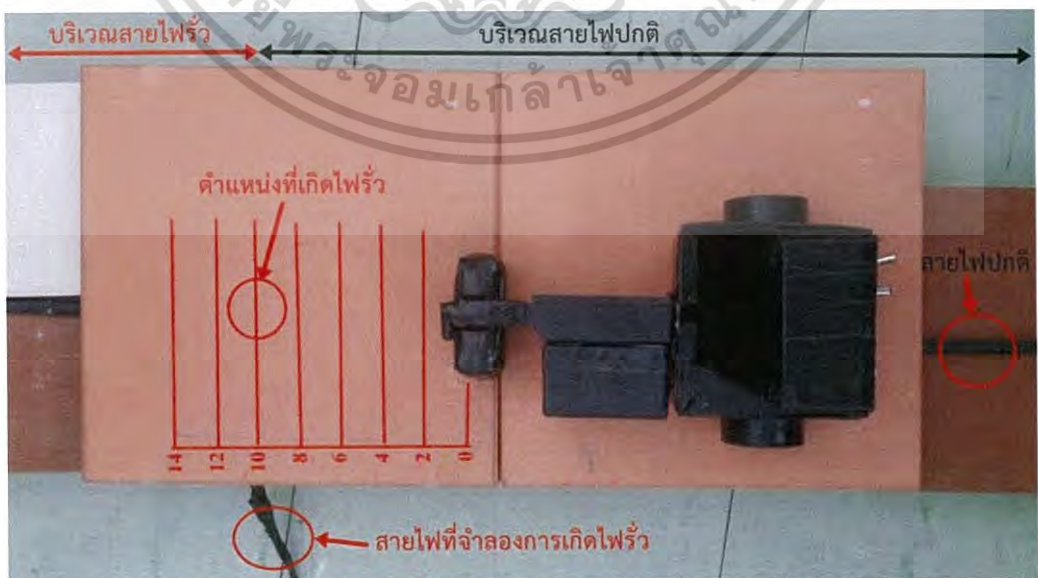
- วาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{p-p} ของสายไฟปกติกับสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่วทั้ง 2 กรณี กับระดับความหนาของกระเบื้อง 1.2, 2.4 และ 3.6 ซม.

3.7 ทดสอบความแม่นยำในการตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว

โดยการนำเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วลากไปตามแนวสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่วทั้ง 2 กรณี ที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของสองบริเวณ

3.7.1 วิธีการทดสอบความแม่นยำในการตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว

- นำสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่วทั้ง 2 กรณี ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W
- นำกระเบื้องความหนา 1.2 ซม. วางทับบนสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่ว
- ใช้เครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วลากไปตามแนวสายไฟ เริ่มจากจุดที่สายไฟปกติ ห่างจากจุดที่เกิดไฟรั่วเป็นระยะทาง 10 ซม. และ ทำการขยับเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วเข้าไปหาจุดที่เกิดไฟรั่ว โดยขยับครั้ง 2 ซม. จนถึงตำแหน่งที่เกิดไฟรั่ว ทำการบันทึกค่า V_{p-p} แต่ละจุดที่ขยับเข้าไปที่ละ 2 ซม. จนถึงตำแหน่งที่เกิดไฟรั่ว ดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 การทดสอบความแม่นยำในการตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วในระยะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วถึงจุดที่เกิดไฟรั่วแล้ว ทำการขยับเครื่องไปอีก 4 ซม. โดยขยับครั้งละ 2 ซม. ทำการบันทึกค่า ทำการบันทึกค่า V_{p-p} แต่ละจุดที่ขยับเข้าไปทีละ 2 ซม.

- ตั้งขึ้นในระยะทางรวมทั้งหมดในการลากเท่ากับ 14 ซม. คือ 0, 2, 4, 6, 8, 10(จุดที่เกิดไฟรั่ว), 12 และ 14 ซม. นำค่าที่ได้ทั้งหมดมาสร้างตารางเปรียบเทียบค่า V_{p-p} บริเวณสายไฟปกติและบริเวณที่จำลองการเกิดไฟรั่วกับระยะห่างจุดเกิดไฟรั่วในระดับความหนากระเบื้อง 1.2 ซม.

- วาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{p-p} ของสายไฟปกติและสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่วกับระยะห่างจุดเกิดไฟรั่วในระดับความหนากระเบื้อง 1.2 ซม.

- ทำการเพิ่มความหนากระเบื้องเป็น 2.4 ซม. ทำการทดลองซ้ำเหมือนกับการทดลองของกระเบื้อง 1.2 ซม. และสร้างตารางเปรียบเทียบค่า V_{p-p} บริเวณสายไฟปกติและบริเวณที่จำลองการเกิดไฟรั่วกับระยะห่างจุดเกิดไฟรั่วในระดับความหนากระเบื้อง 2.4 ซม. แล้ววาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{p-p} ของสายไฟปกติและสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่วกับระยะห่างจุดเกิดไฟรั่วในระดับความหนากระเบื้อง 2.4 ซม.

- ทำการเพิ่มความหนากระเบื้องเป็น 3.6 ซม. ทำการทดลองซ้ำเหมือนกับการทดลองของกระเบื้อง 1.2 ซม. และสร้างตารางเปรียบเทียบค่า V_{p-p} บริเวณสายไฟปกติและบริเวณที่จำลองการเกิดไฟรั่วกับระยะห่างจุดเกิดไฟรั่วในระดับความหนากระเบื้อง 3.6 ซม. แล้ววาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{p-p} ของสายไฟปกติและสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่วกับระยะห่างจุดเกิดไฟรั่วในระดับความหนากระเบื้อง 3.6 ซม.

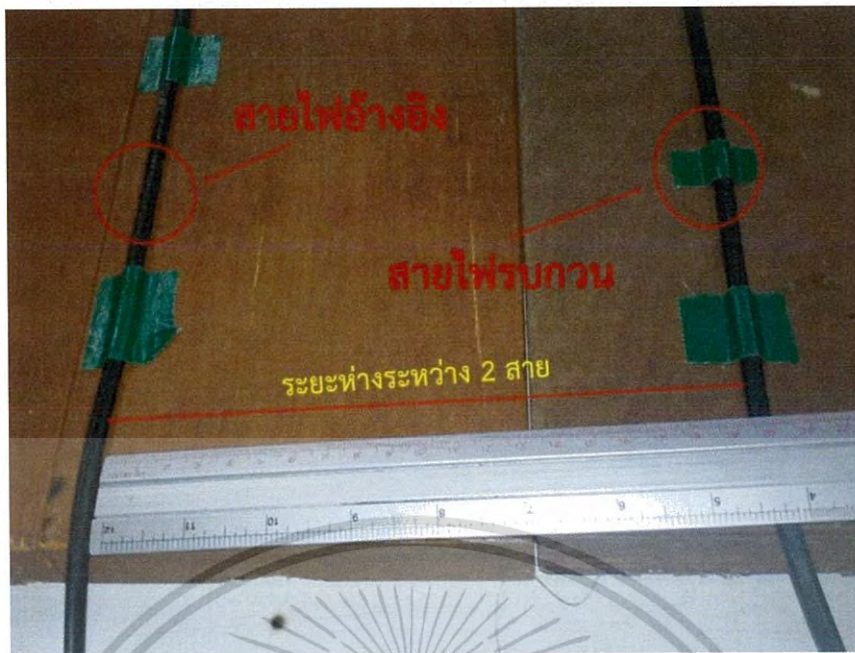
3.8 การทดสอบประสิทธิภาพของหัวโพรบเมื่อถูกสนามแม่เหล็กของสายไฟใกล้เคียงรบกวน

โดยจะมีสายไฟ 2 สายคือสายไฟอ้างอิงกับสายโพรบรบกวน ระยะห่างระหว่างสองสายในการทดสอบที่ 10, 15 และ 20 ซม. ซึ่งสายไฟทั้งสองจะถูกต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบ

3.8.1 วิธีการทดสอบปัญหาของเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว

- นำสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องไฟฟ้า 60 W (สายไฟอ้างอิง) มาวางบนแผ่นกระดานไม้

- นำสายไฟอีกเส้นต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 50 W (สายโพรบรบกวน) มาวางขนานกับสายไฟอ้างอิง ดังรูปที่ 3.29 โดยวางห่างจากสายไฟอ้างอิงเป็นระยะทาง 20 ซม.



รูปที่ 3.29 สายไฟอ้างอิงและสายไฟรบกวนที่ระยะ 20 ซม.

- นำแผ่นกระเบื้องที่มีความหนา 1.2 ซม. มาวางทับบนสายไฟอ้างอิงกับสายไฟรบกวน ตำแหน่งการวาง ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 สายไฟอ้างอิงและสายไฟรบกวนที่ระยะห่าง 20 ซม. โดยวางกระเบื้องขนาด 1.2 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วบันทึกค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ที่ตำแหน่งของสายไฟอ้างอิงที่วางห่างกับสายไฟรบกวนในระยะห่าง 20, 15 และ 10 ซม. แล้วทำการบันทึกผล
- นำเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วบันทึกค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ที่ตำแหน่งของสายไฟอ้างอิงที่วางห่างกับสายไฟรบกวนในระยะห่าง 20, 15 และ 10 ซม. โดยเปลี่ยนเครื่องใช้ไฟฟ้าของสายไฟรบกวนจาก 50 W เป็น 200 W แล้วทำการบันทึกผลการทดลอง
- นำเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วบันทึกค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ที่ตำแหน่งของสายไฟอ้างอิงที่วางห่างกับสายไฟรบกวนในระยะห่าง 20, 15 และ 10 ซม. โดยเปลี่ยนเครื่องใช้ไฟฟ้าของสายไฟรบกวนจาก 200 W เป็น 700 W แล้วทำการบันทึกผลการทดลอง
- เพิ่มความหนากระเบื้องเป็น 2.4 ซม. ที่สายไฟรบกวนต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 50 W ดังรูปที่ 3.31

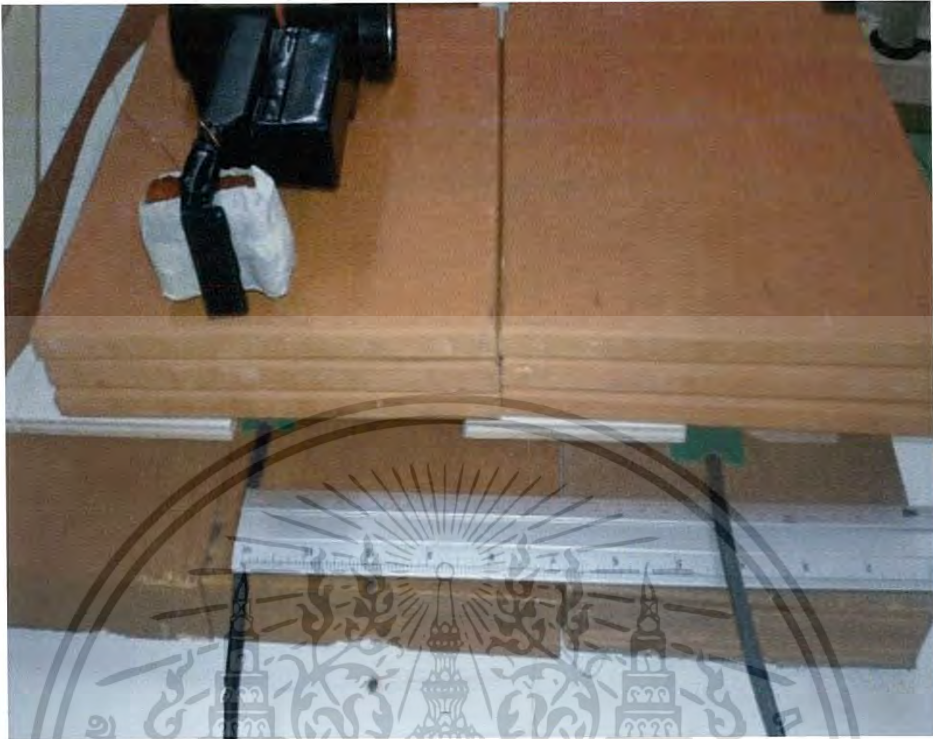


รูปที่ 3.31 เพิ่มความหนาของกระเบื้องเป็น 2.4 ซม.

- นำเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วบันทึกค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ที่ตำแหน่งของสายไฟอ้างอิงวางห่างกับสายไฟรบกวนในระยะห่าง 20, 15 และ 10 ซม. แล้วทำการบันทึกผล
- นำเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วบันทึกค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ที่ตำแหน่งของสายไฟอ้างอิงวางห่างกับสายไฟรบกวนในระยะห่าง 20, 15 และ 10 ซม. โดยเปลี่ยนเครื่องใช้ไฟฟ้าของสายไฟรบกวนจาก 50 W เป็น 200 W แล้วทำการบันทึกผลการทดลอง
- นำเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วบันทึกค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ที่ตำแหน่งของสายไฟอ้างอิงวางห่างกับสายไฟรบกวนในระยะห่าง 20, 15 และ 10 ซม. โดยเปลี่ยนเครื่องใช้ไฟฟ้าของสายไฟรบกวนจาก 200 W เป็น 700 W แล้วทำการบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพิ่มความหนากระเบื้องเป็น 3.6 ซม. ที่สายไฟรบกวนต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 50 W ดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 เพิ่มความหนาของกระเบื้องเป็น 3.6 ซม.

- นำเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วบันทึกค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ที่ตำแหน่งของสายไฟอ้างอิงที่วางห่างกับสายไฟรบกวนในระยะห่าง 20, 15 และ 10 ซม. แล้วทำการบันทึกผล
- นำเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วบันทึกค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ที่ตำแหน่งของสายไฟอ้างอิงที่วางห่างกับสายไฟรบกวนในระยะห่าง 20, 15 และ 10 ซม. โดยเปลี่ยนเครื่องใช้ไฟฟ้าของสายไฟรบกวนจาก 50 W เป็น 200 W แล้วทำการบันทึกผลการทดลอง
- นำเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วบันทึกค่า V_{p-p} โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุด V_3 ที่ตำแหน่งของสายไฟอ้างอิงที่วางห่างกับสายไฟรบกวนในระยะห่าง 20, 15 และ 10 ซม. โดยเปลี่ยนเครื่องใช้ไฟฟ้าของสายไฟรบกวนจาก 200 W เป็น 700 W แล้วทำการบันทึกผลการทดลอง
- นำค่าที่ได้สร้างตารางเปรียบเทียบค่า V_{p-p} จุด V_3 ของวงจร เมื่อสายไฟอ้างอิงมีสายไฟรบกวนที่ต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้า 50, 200 และ 700 W อยู่ห่างเป็นระยะทาง 10, 15 และ 20 ซม. มารบกวน ในระดับความหนาของกระเบื้อง 1.2, 2.4 และ 3.6 ซม.
- วาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{p-p} ของสายไฟอ้างอิงและสายไฟรบกวนกับระยะห่างระหว่างสายไฟอ้างอิงกับสายไฟรบกวน ในระดับความหนาของกระเบื้องที่ 1.2, 2.4 และ 3.6 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

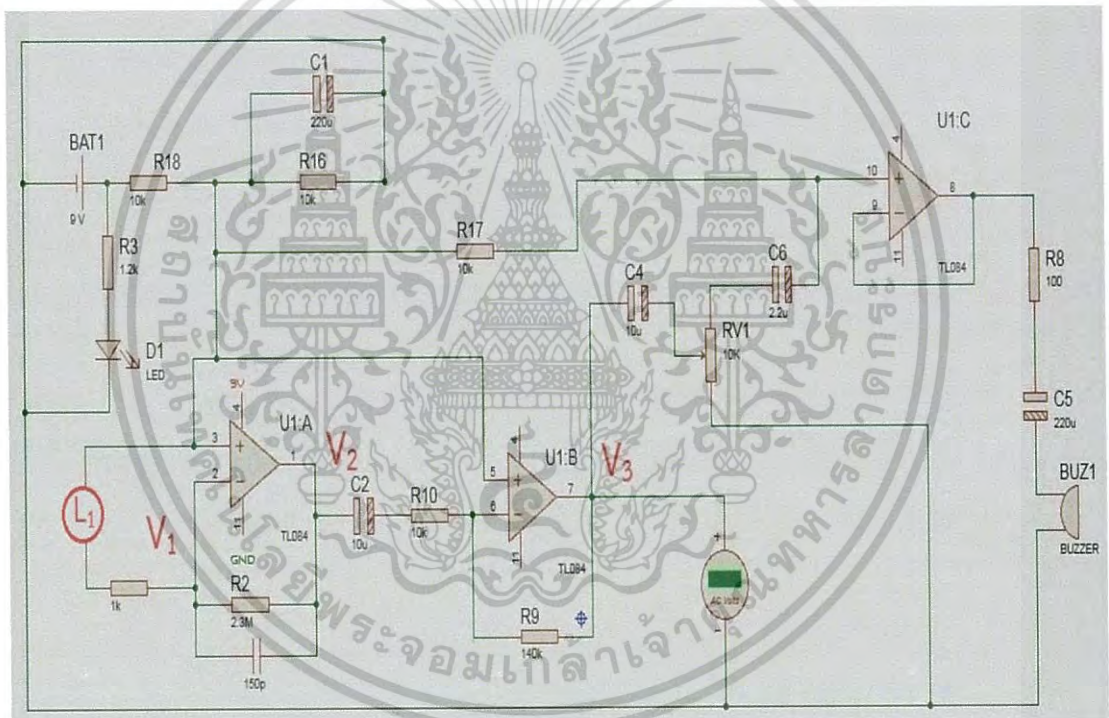
บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการทดลองในบทที่ 3 ผู้จัดทำได้ทำการทดลองโดยแบ่งการทดลองเป็น 6 ตอน เพื่อใช้ในการตรวจประสิทธิภาพของเครื่องวัดไฟรั่ว ดังนี้

4.1 ทดสอบประสิทธิภาพกำลังขยายของวงจร

โดยการป้อนสัญญาณรูปไซน์ที่จุด L_1 ดังรูปที่ 4.1 แล้วทำการวัดค่า V_{p-p} อัตราการขยายสัญญาณจุด V_1 , V_2 และ V_3 ผลแสดงในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 วงจรเครื่องตรวจวัดไฟรั่ว

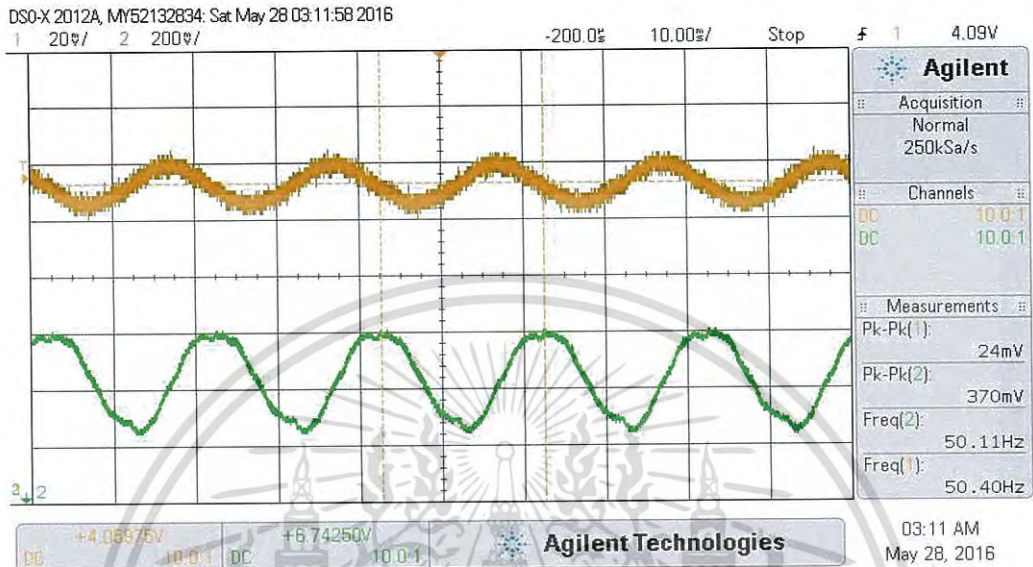
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่า V_{p-p} ที่จุด V_1 , V_2 และ V_3 เมื่อป้อนสัญญาณรูปไซน์ที่จุด L_1

ขนาดสัญญาณรูป ไซน์ (mV_{p-p})	V_{p-p}		
	ที่จุด V_1	ที่จุด V_2	ที่จุด V_3
24 mV_{p-p}	24 mV_{p-p}	370 mV_{p-p}	4.6 V_{p-p}
26 mV_{p-p}	26 mV_{p-p}	390 mV_{p-p}	5.0 V_{p-p}
35 mV_{p-p}	35 mV_{p-p}	540 mV_{p-p}	5.5 V_{p-p}

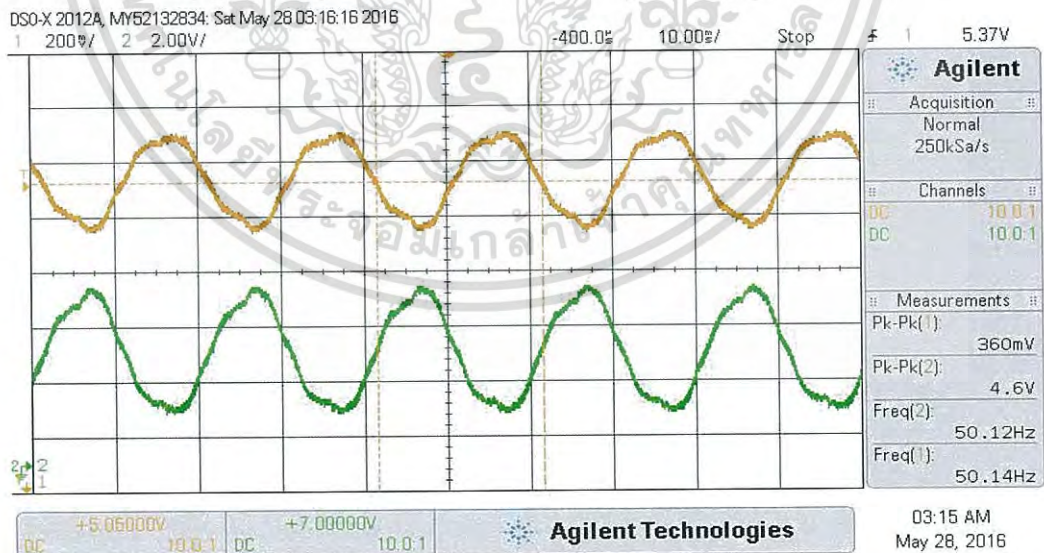
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นสำหรับการเรียนการสอนและเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางธุรกิจ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 ป้อนสัญญาณรูปไซน์ขนาด 24 mV

โดยป้อนสัญญาณรูปไซน์ที่จุด L_1 ขนาด 24 mV คู่อัตราการขยายสัญญาณ V_1 เทียบ V_2 แสดงในรูปที่ 4.2 และ V_2 เทียบ V_3 แสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 รูปสัญญาณที่จุด V_1 (สีส้ม) เทียบกับจุด V_2 (สีเขียว) เมื่อป้อนสัญญาณไซน์ V_{p-p} ขนาด 24 mV ที่จุด L_1

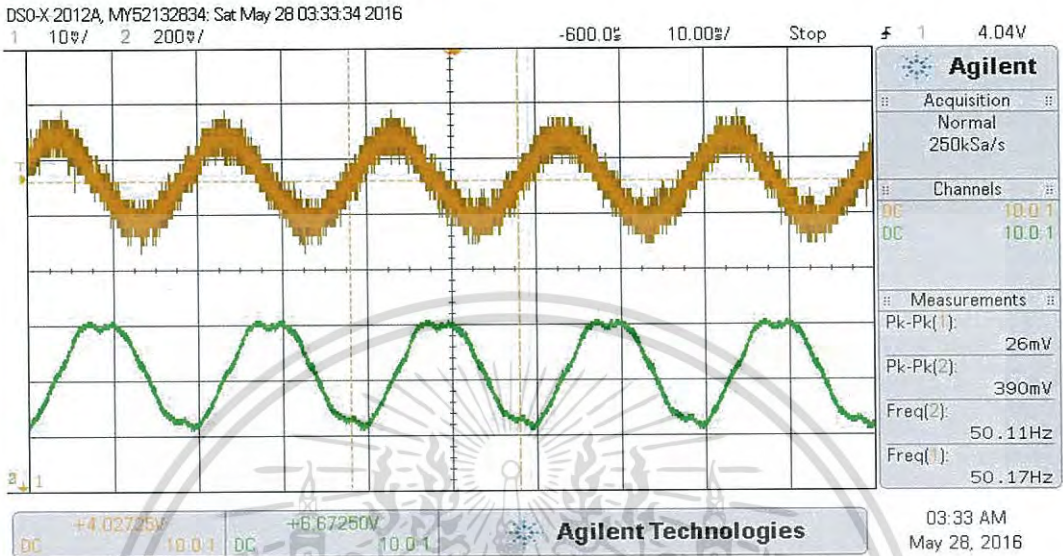


รูปที่ 4.3 รูปสัญญาณที่จุด V_2 (สีส้ม) เทียบกับจุด V_3 (สีเขียว) เมื่อป้อนสัญญาณไซน์ V_{p-p} ขนาด 24 mV ที่จุด L_1

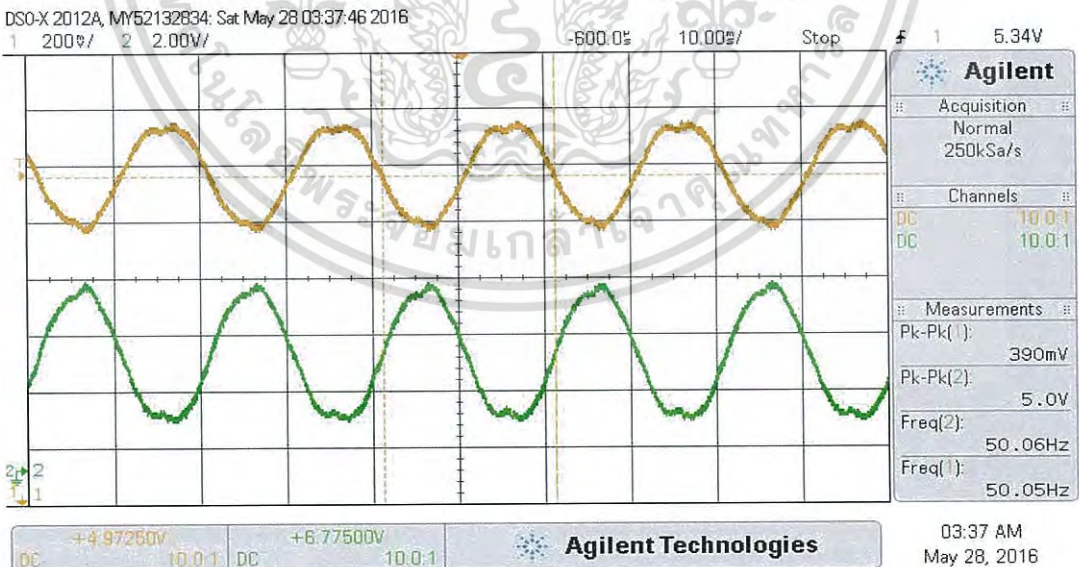
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ป้อนสัญญาณรูปไซน์ขนาด 26 mV

โดยป้อนสัญญาณรูปไซน์ที่จุด L_1 ขนาด 26 mV คู่อัตราการขยายสัญญาณ V_1 เทียบ V_2 แสดงในรูปที่ 4.4 และ V_2 เทียบ V_3 แสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 รูปสัญญาณที่จุด V_1 (สีส้ม) เทียบกับจุด V_2 (สีเขียว) เมื่อป้อนสัญญาณไซน์ V_{p-p} ขนาด 26 mV ที่จุด L_1

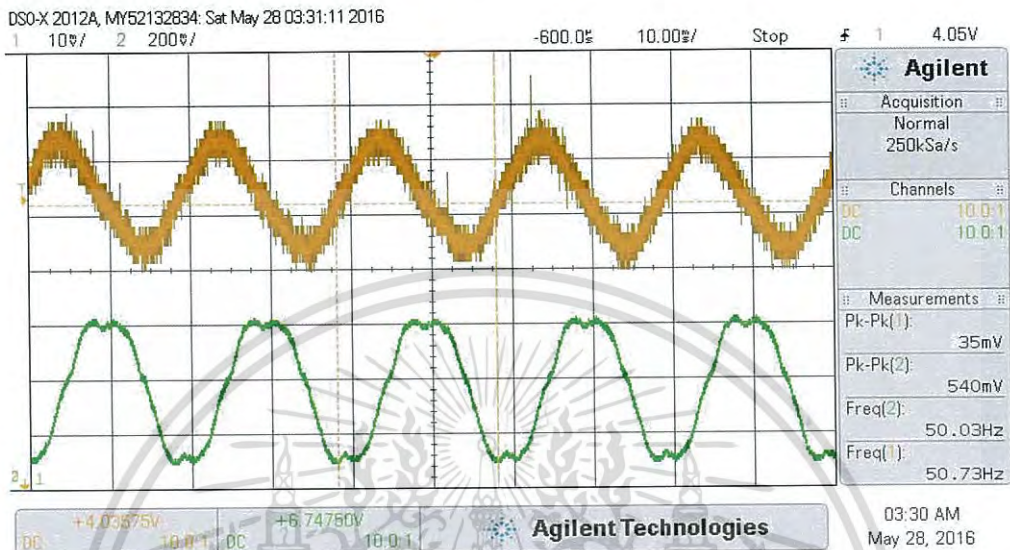


รูปที่ 4.5 รูปสัญญาณที่จุด V_2 (สีส้ม) เทียบกับจุด V_3 (สีเขียว) เมื่อป้อนสัญญาณไซน์ V_{p-p} ขนาด 26 mV ที่จุด L_1

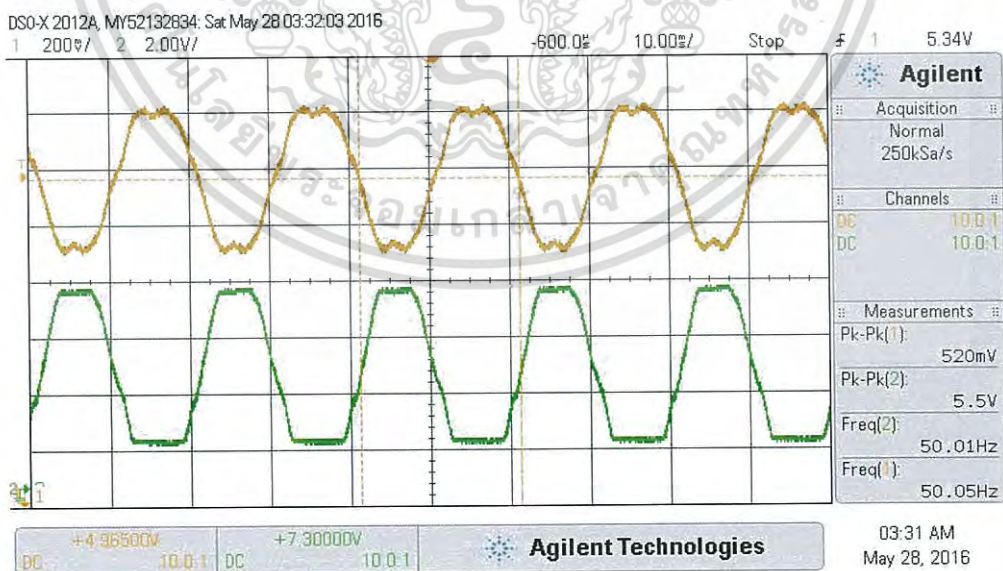
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ป้อนสัญญาณรูปไซน์ขนาด 35 mV

โดยป้อนสัญญาณรูปไซน์ที่จุด L_1 ขนาด 35 mV คู่อัตราการขยายสัญญาณ V_1 เทียบ V_2 แสดงในรูปที่ 4.6 และ V_2 เทียบ V_3 แสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 รูปสัญญาณที่จุด V_1 (สีส้ม) เทียบกับจุด V_2 (สีเขียว) เมื่อป้อนสัญญาณไซน์ V_{p-p} ขนาด 35 mV ที่จุด L_1



รูปที่ 4.7 รูปสัญญาณที่จุด V_2 (สีส้ม) เทียบกับจุด V_3 (สีเขียว) เมื่อป้อนสัญญาณไซน์ V_{p-p} ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

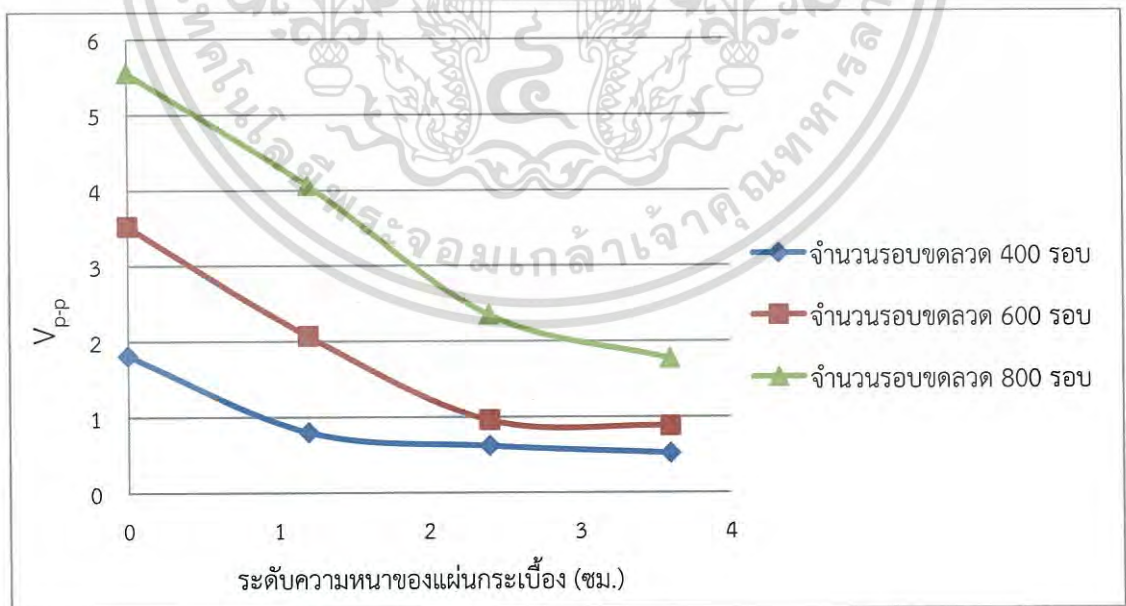
4.2 ประสิทธิภาพในการเหนี่ยวนำเมื่อจำนวนรอบของการพันขดลวดแตกต่างกัน

โดยการวัดค่า V_{p-p} จุด V_2 ของวงจรถูก โดยที่จำนวนรอบขดลวดทองแดง 400, 600 และ 800 รอบ ในระดับความหนาของกระเบื้องที่ 0, 1.2, 2.4 และ 3.6 ซม. โดยวัดกับสายไฟที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W ผลเป็นดังในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางเปรียบเทียบ V_{p-p} ในการพันขดลวด 400, 600 และ 800 รอบกับระดับความหนาของกระเบื้องที่แตกต่างกัน V_{p-p}

ระดับความหนา ของแผ่นกระเบื้อง (ซม.)	V_{p-p}		
	จำนวนรอบขดลวด 400 รอบ	จำนวนรอบขดลวด 600 รอบ	จำนวนรอบขดลวด 800 รอบ
0	1.81 V_{p-p}	3.52 V_{p-p}	5.55 V_{p-p}
1.2	0.80 V_{p-p}	2.07 V_{p-p}	4.06 V_{p-p}
2.4	0.62 V_{p-p}	0.96 V_{p-p}	2.35 V_{p-p}
3.6	0.52 V_{p-p}	0.88 V_{p-p}	1.77 V_{p-p}

จากตารางที่ 4.2 นำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระดับความหนาของแผ่นกระเบื้องในการพันจำนวนรอบขดลวดที่ 400 , 600 และ 800 รอบ เป็นดังกราฟรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระดับความหนาของแผ่นกระเบื้องในการพันจำนวนรอบขดลวดที่ 400 , 600 และ 800 รอบ จากตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ทดสอบประสิทธิภาพของหัวโพรบตัวอีในตำแหน่งที่แตกต่างกัน

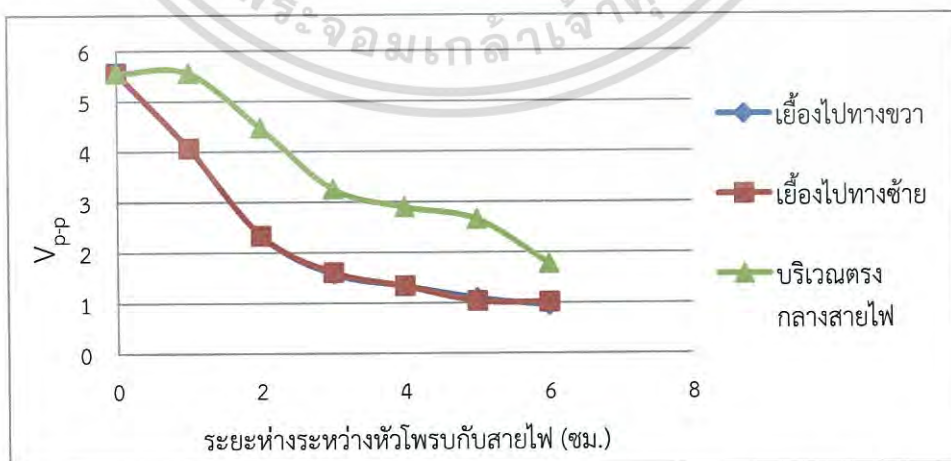
4.3.1 การทดสอบเมื่อไม่มีกระเบื้องบังสายไฟ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพหัวโพรบซึ่งกึ่งกลางเยื้องไปทางซ้าย เยื้องไปทางขวา และบริเวณตรงกลางของตำแหน่งสายไฟในระดับความหนาของกระเบื้อง 0 ซม. ดังในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางเปรียบเทียบค่า V_{p-p} บริเวณกึ่งกลางเยื้องไปทางขวา เยื้องไปทางซ้ายและบริเวณตรงกลางตำแหน่งสายไฟกับระยะห่างของสายไฟที่ใช้เครื่องใช้ 60 W ในระยะห่างแตกต่างกัน ในระดับความหนาของกระเบื้อง 0 ซม.

ระยะห่างระหว่างหัวโพรบกับสายไฟ (ซม.)	V_{p-p}		
	บริเวณหัวโพรบเยื้องไปทางขวา	บริเวณหัวโพรบเยื้องไปทางซ้าย	บริเวณตรงกลางของตำแหน่งสายไฟ
0	5.55 V_{p-p}	5.55 V_{p-p}	5.55 V_{p-p}
1	4.06 V_{p-p}	4.06 V_{p-p}	5.55 V_{p-p}
2	2.33 V_{p-p}	2.33 V_{p-p}	4.46 V_{p-p}
3	1.57 V_{p-p}	1.60 V_{p-p}	3.25 V_{p-p}
4	1.33 V_{p-p}	1.33 V_{p-p}	2.89 V_{p-p}
5	1.09 V_{p-p}	1.03 V_{p-p}	2.65 V_{p-p}
6	0.94 V_{p-p}	1.01 V_{p-p}	1.77 V_{p-p}

จากตารางที่ 4.3 นำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระยะห่างหัวโพรบกับสายไฟที่มีเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W (ซม.) ในระดับความหนาของกระเบื้อง 0 ซม. ได้ดังกราฟที่ 4.9



รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระยะห่างหัวโพรบกับสายไฟที่มีเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W (ซม.) ในระดับความหนาของกระเบื้อง 0 ซม. จากตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

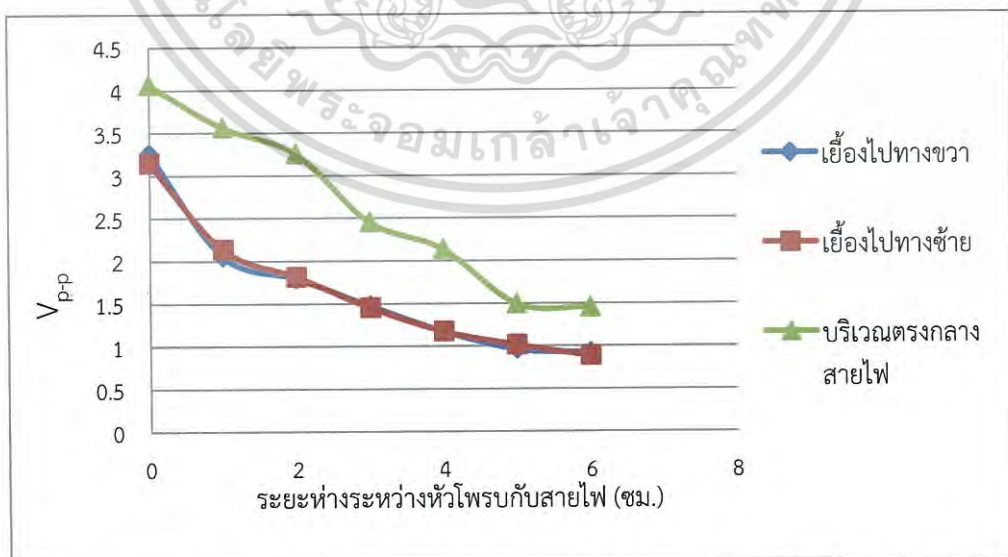
4.3.2 การทดสอบเมื่อสายไฟอยู่ใต้แผ่นกระเบื้องหนา 1.2 ซม.

ผลการทดสอบประสิทธิภาพหัวโพรบซึ่งกึ่งกลางเยื้องไปทางซ้าย เยื้องไปทางขวา และบริเวณตรงกลางของตำแหน่งสายไฟในระดับความหนาของกระเบื้อง 1.2 ซม. ดังในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตารางเปรียบเทียบค่า V_{p-p} บริเวณหัวโพรบซึ่งกึ่งกลางเยื้องไปทางขวา เยื้องไปทางซ้าย และบริเวณกลางตำแหน่งสายไฟกับระยะห่างของสายไฟที่ใช้เครื่องใช้ 60 W ในระยะห่างแตกต่างกันในระดับความหนาของกระเบื้อง 1.2 ซม.

ระยะห่างระหว่างหัวโพรบกับสายไฟ (ซม.)	V_{p-p}		
	บริเวณหัวโพรบเยื้องไปทางขวา	บริเวณหัวโพรบเยื้องไปทางซ้าย	บริเวณตรงกลางของตำแหน่งสายไฟ
0	3.25 V_{p-p}	3.14 V_{p-p}	4.06 V_{p-p}
1	2.05 V_{p-p}	2.13 V_{p-p}	3.56 V_{p-p}
2	1.79 V_{p-p}	1.81 V_{p-p}	3.25 V_{p-p}
3	1.47 V_{p-p}	1.45 V_{p-p}	2.45 V_{p-p}
4	1.17 V_{p-p}	1.17 V_{p-p}	2.13 V_{p-p}
5	0.96 V_{p-p}	1.01 V_{p-p}	1.49 V_{p-p}
6	0.92 V_{p-p}	0.88 V_{p-p}	1.45 V_{p-p}

จากตารางที่ 4.4 นำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระยะห่างหัวโพรบกับสายไฟที่มีเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W (ซม.) ในระดับความหนาของกระเบื้อง 1.2 ซม. ได้ดังกราฟรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระยะห่างหัวโพรบกับสายไฟที่มีเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W (ซม.) ในระดับความหนาของกระเบื้อง 1.2 ซม. จากตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

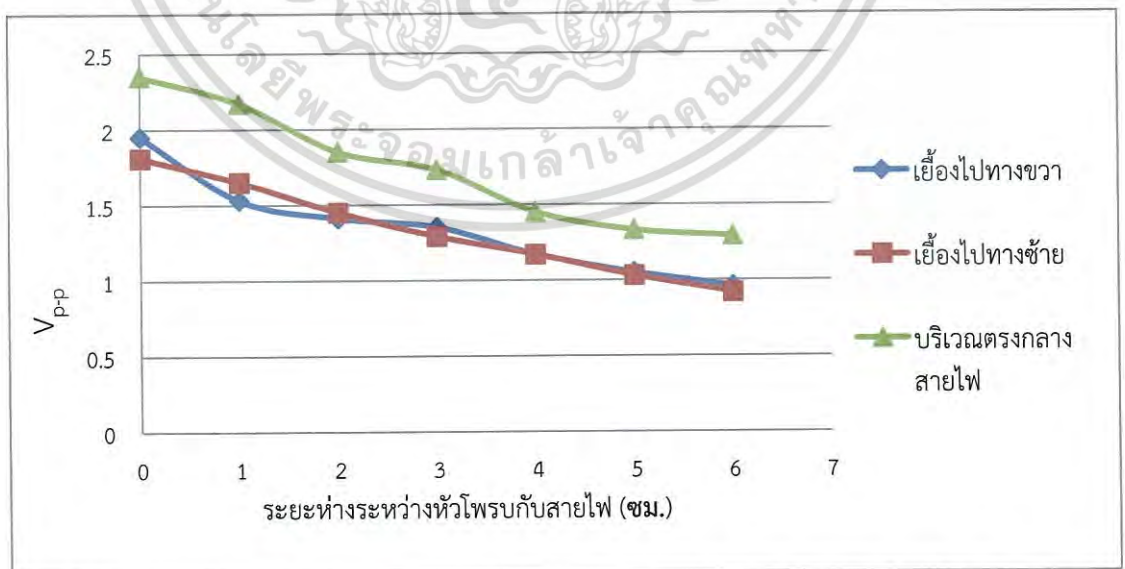
4.3.3 การทดสอบเมื่อสายไฟอยู่ใต้แผ่นกระเบื้องหนา 2.4 ซม.

ผลทดสอบประสิทธิภาพหัวโพรบซึ่งกึ่งกลางเยื้องไปทางซ้าย เยื้องไปทางขวา และบริเวณตรงกลางของตำแหน่งสายไฟในระดับความหนาของกระเบื้อง 2.4 ซม. ดังในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางเปรียบเทียบค่า V_{p-p} บริเวณหัวโพรบทางขวา หัวโพรบทางซ้ายและบริเวณกลางหัวโพรบกับระยะห่างของสายไฟที่ใช้เครื่องใช้ 60 W ในระยะห่างแตกต่างกัน ในระดับความหนาของกระเบื้อง 2.4 ซม.

ระยะห่างระหว่างหัวโพรบกับสายไฟ (ซม.)	V_{p-p}		
	บริเวณหัวโพรบเยื้องไปทางขวา	บริเวณหัวโพรบเยื้องไปทางซ้าย	บริเวณตรงกลางของตำแหน่งสายไฟ
0	1.95 V_{p-p}	1.81 V_{p-p}	2.53 V_{p-p}
1	1.53 V_{p-p}	1.65 V_{p-p}	2.17 V_{p-p}
2	1.41 V_{p-p}	1.45 V_{p-p}	1.85 V_{p-p}
3	1.35 V_{p-p}	1.29 V_{p-p}	1.73 V_{p-p}
4	1.17 V_{p-p}	1.17 V_{p-p}	1.45 V_{p-p}
5	1.05 V_{p-p}	1.03 V_{p-p}	1.33 V_{p-p}
6	0.96 V_{p-p}	0.92 V_{p-p}	1.29 V_{p-p}

จากตารางที่ 4.5 นำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระยะห่างหัวโพรบกับสายไฟที่มีเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W (ซม.) ในระดับความหนาของกระเบื้อง 2.4 ซม. ได้ดังกราฟรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระยะห่างหัวโพรบกับสายไฟที่มีเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W (ซม.) ในระดับความหนาของกระเบื้อง 2.4 ซม. จากตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

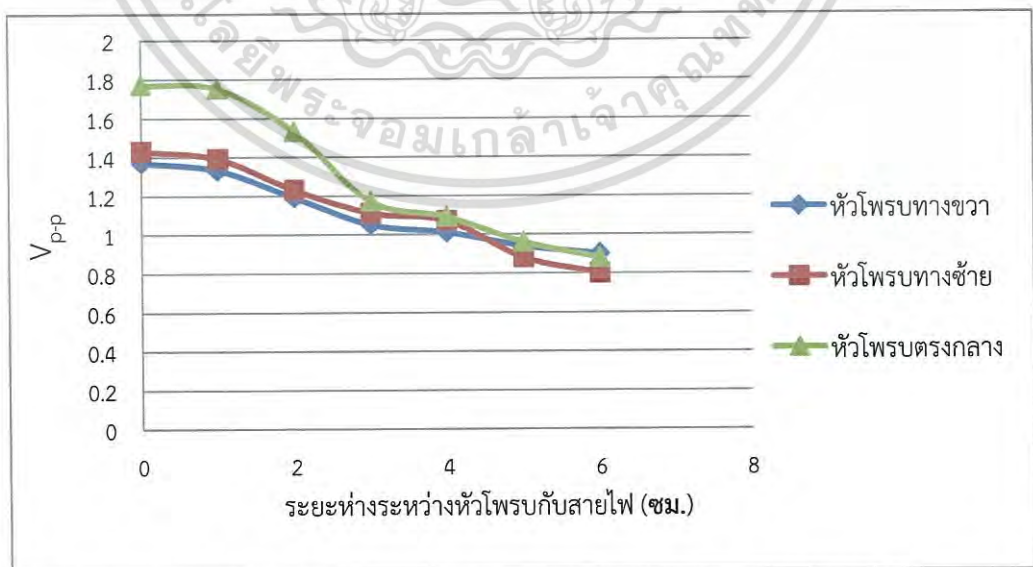
4.3.4 การทดสอบเมื่อสายไฟอยู่ใต้แผ่นกระเบื้องหนา 3.6 ซม.

ทดสอบประสิทธิภาพหัวโพรบซึ่งกึ่งกลางเยื้องไปทางซ้าย เยื้องไปทางขวา และบริเวณตรงกลางของตำแหน่งสายไฟในระดับความหนาของกระเบื้อง 3.6 ซม. ดังในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ตารางเปรียบเทียบค่า V_{p-p} บริเวณหัวโพรบทางขวา หัวโพรบทางซ้ายและบริเวณกลางหัวโพรบกับระยะห่างของสายไฟที่ใช้เครื่องใช้ 60 W ในระยะห่างแตกต่างกัน ในระดับความหนาของกระเบื้อง 3.6 ซม.

ระยะห่างระหว่างหัวโพรบกับสายไฟ (ซม.)	V_{p-p}		
	บริเวณหัวโพรบเยื้องไปทางขวา	บริเวณหัวโพรบเยื้องไปทางซ้าย	บริเวณตรงกลางตำแหน่งสายไฟ
0	1.37 V_{p-p}	1.43 V_{p-p}	1.77 V_{p-p}
1	1.33 V_{p-p}	1.39 V_{p-p}	1.75 V_{p-p}
2	1.19 V_{p-p}	1.23 V_{p-p}	1.53 V_{p-p}
3	1.05 V_{p-p}	1.11 V_{p-p}	1.17 V_{p-p}
4	1.01 V_{p-p}	1.07 V_{p-p}	1.09 V_{p-p}
5	0.94 V_{p-p}	0.88 V_{p-p}	0.96 V_{p-p}
6	0.90 V_{p-p}	0.80 V_{p-p}	0.88 V_{p-p}

จากตารางที่ 4.6 นำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระยะห่างหัวโพรบกับสายไฟที่มีเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W (ซม.) ในระดับความหนาของกระเบื้อง 3.6 ซม. ได้ดังกราฟรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระยะห่างหัวโพรบกับสายไฟที่มีเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W (ซม.) ในระดับความหนาของกระเบื้อง 3.6 ซม. จากตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

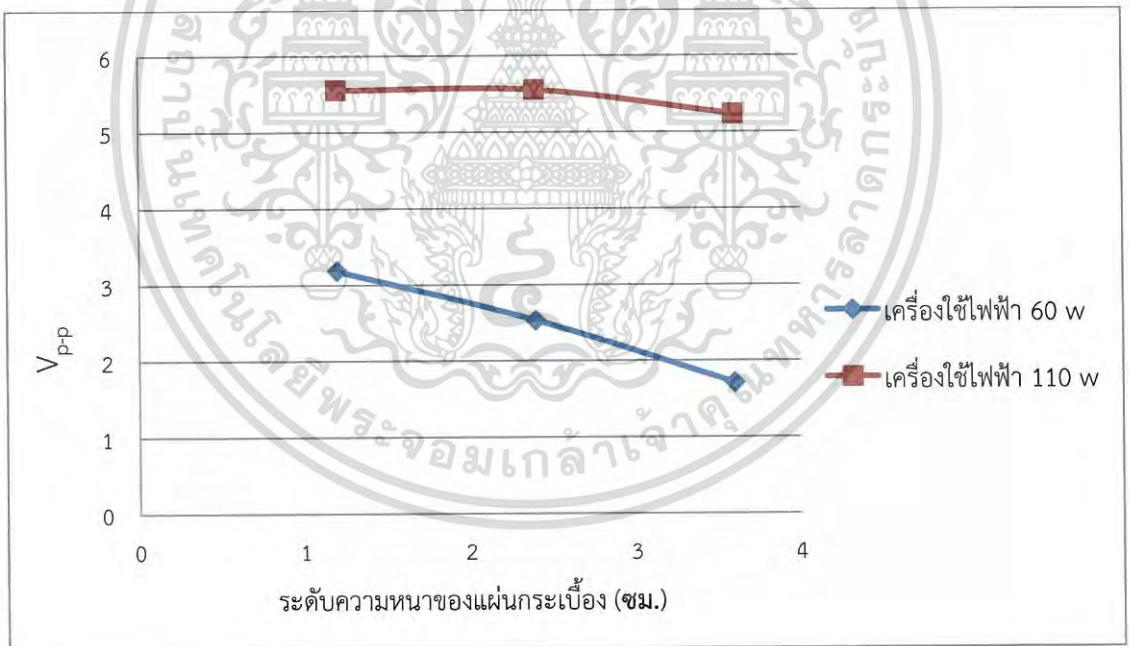
4.4 เปรียบเทียบค่าการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กเมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้ากำลังวัตต์ต่างกัน

เปรียบเทียบค่า V_{p-p} กับสายไฟที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้ากำลังวัตต์ต่างกันคือ 60 W และ 110 W ในระดับความหนากระเบื้อง 1.2, 2.4 และ 3.6 ซม. ผลเป็นดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ตารางเปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของเครื่องใช้ไฟฟ้ากำลังวัตต์ 60 W และ 110 W ในระดับความหนากระเบื้อง 1.2, 2.4 และ 3.6 ซม.

ระดับความหนาของกระเบื้อง (ซม.)	V_{p-p}	
	เครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W	เครื่องใช้ไฟฟ้า 110 W
1.2	3.18 V_{p-p}	5.55 V_{p-p}
2.4	2.53 V_{p-p}	5.55 V_{p-p}
3.6	1.71 V_{p-p}	5.23 V_{p-p}

จากตารางที่ 4.7 นำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} ของเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W และ 100 W กับระดับความหนาของกระเบื้อง ได้กราฟดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} ของเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W และ 100 W กับระดับความหนาของกระเบื้อง จากตารางที่ 4.7

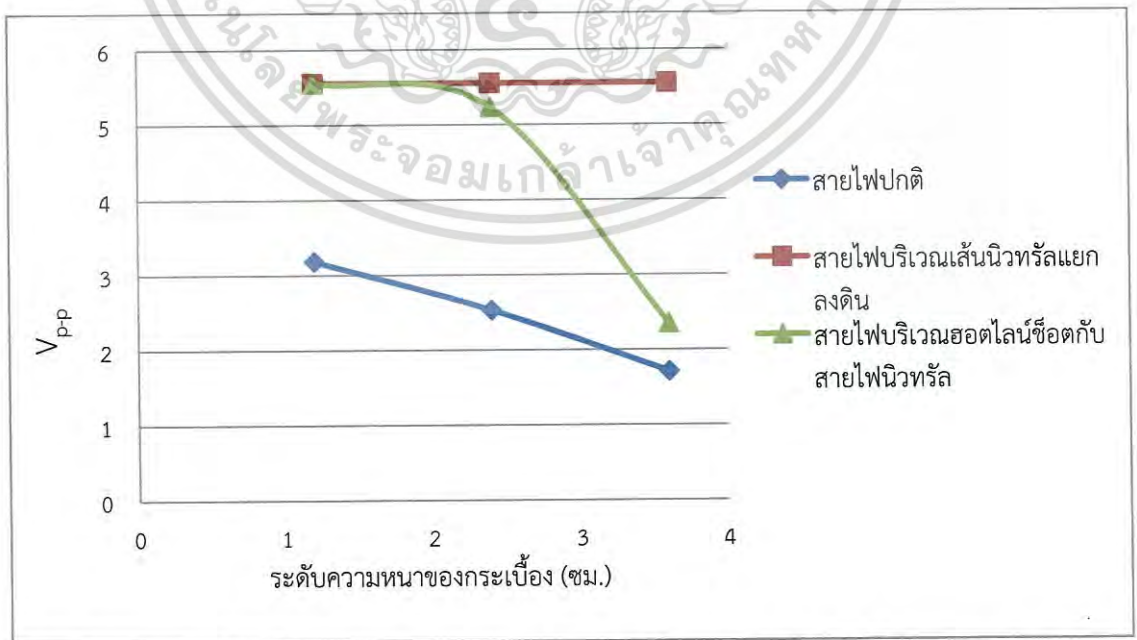
4.5 เปรียบเทียบบริเวณสายไฟปกติกับบริเวณสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่ว

เปรียบเทียบค่า V_{p-p} สายไฟปกติกับสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่วซึ่งต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W ซึ่งแยกการจำลองสายไฟรั่วเป็น 2 กรณี คือ สายไฟบริเวณเส้นนิวทรัลแยกกลางสายดิน และสายบริเวณฮอตไลน์ช็อตกับสายนิวทรัล ในระดับความหนาของกระเบื้อง 1.2, 2.4 และ 3.6 ซม. ได้ผลดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงค่า V_{p-p} ของสายไฟปกติกับสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่วซึ่งต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W ในระดับความหนาของกระเบื้อง 1.2, 2.4 และ 3.6 ซม.

ระดับความหนาของ กระเบื้อง (ซม.)	V_{p-p}		
	สายไฟที่ใช้ เครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W	สายไฟบริเวณเส้น นิวทรัลแยกกลาง สายดิน	สายไฟบริเวณฮอตไลน์ ช็อตกับสายไฟนิวทรัล
1.2	3.18 V_{p-p}	5.55 V_{p-p}	5.55 V_{p-p}
2.4	2.53 V_{p-p}	5.55 V_{p-p}	5.23 V_{p-p}
3.6	1.71 V_{p-p}	5.55 V_{p-p}	2.35 V_{p-p}

จากตารางที่ 4.8 นำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} ของสายไฟปกติที่จำลองการเกิดไฟรั่วทั้ง 2 กรณีที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W กับระดับความหนาของกระเบื้อง(ซม.) ได้ดังกราฟรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} ของสายไฟปกติที่จำลองการเกิดไฟรั่วทั้ง 2 กรณีที่ต่อเข้ากับ

เครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W กับระดับความหนาของกระเบื้อง (ซม.) จากตารางที่ 4.8 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ทดสอบความแม่นยำในการหาตำแหน่งไฟรั่ว

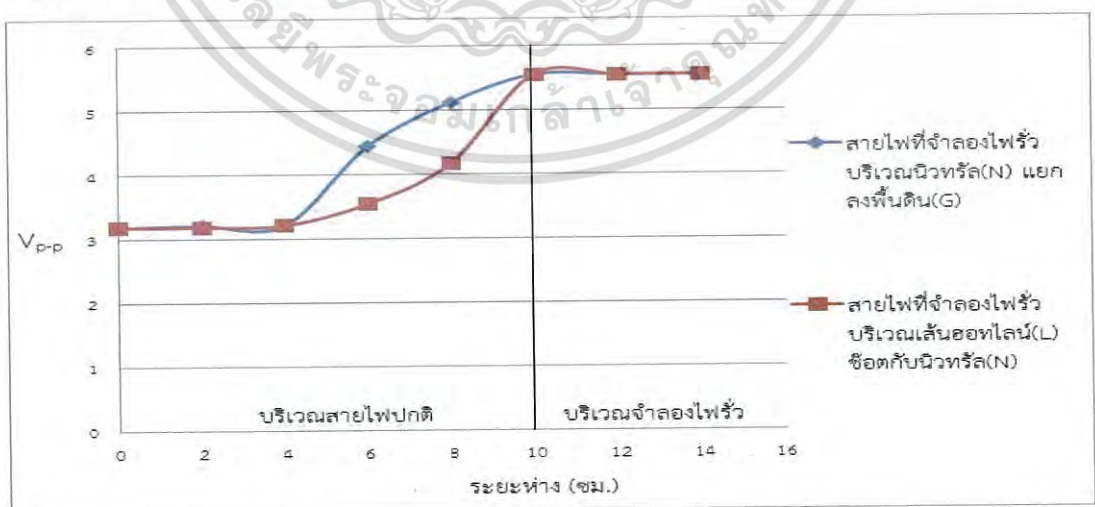
4.6.1 ทดสอบการหาตำแหน่งไฟรั่วเมื่อสายไฟอยู่ใต้กระเบื้องหนา 1.2 ซม.

ผลการทดสอบความแม่นยำโดยการลากเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วไปตามแนวสายไฟปกติ จนถึงจุดที่จำลองการเกิดไฟรั่วทั้ง 2 กรณี เป็นระยะทาง 0, 2, 4, 6, 8, 10(จุดที่เกิดไฟรั่ว), 12 และ 14 ซม. ในระดับความหนากระเบื้อง 1.2 ซม. เป็นดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.9 ตารางเปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของบริเวณสายไฟปกติและบริเวณที่จำลองการเกิดไฟรั่วกับ ระยะห่างจุดที่จำลองการเกิดไฟรั่วในระดับความหนากระเบื้อง 1.2 ซม.

ตำแหน่งของสายไฟ	ระยะห่าง (ซม.)	V_{p-p}	
		บริเวณเส้นนิวทริล(N) แยก ลงสายดิน(G)	บริเวณเส้นฮอทไลน์(L) ช็อต กับเส้นนิวทริล(N)
บริเวณสายปกติ	0	3.18 V_{p-p}	3.18 V_{p-p}
	2	3.21 V_{p-p}	3.18 V_{p-p}
	4	3.21 V_{p-p}	3.21 V_{p-p}
	6	4.44 V_{p-p}	3.54 V_{p-p}
	8	5.12 V_{p-p}	4.17 V_{p-p}
บริเวณสายไฟรั่ว	10	5.55 V_{p-p}	5.55 V_{p-p}
	12	5.55 V_{p-p}	5.55 V_{p-p}
	14	5.55 V_{p-p}	5.55 V_{p-p}

จากตารางที่ 4.9 นำไปสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{p-p} กับระยะห่างจุดเกิดไฟรั่ว ในระดับความหนาของกระเบื้อง 1.2 ซม. ได้กราฟดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{p-p} ของบริเวณสายไฟปกติและที่จำลองการเกิดไฟรั่วกับ ระยะห่างจุดเกิดไฟรั่วในระดับความหนากระเบื้อง 1.2 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

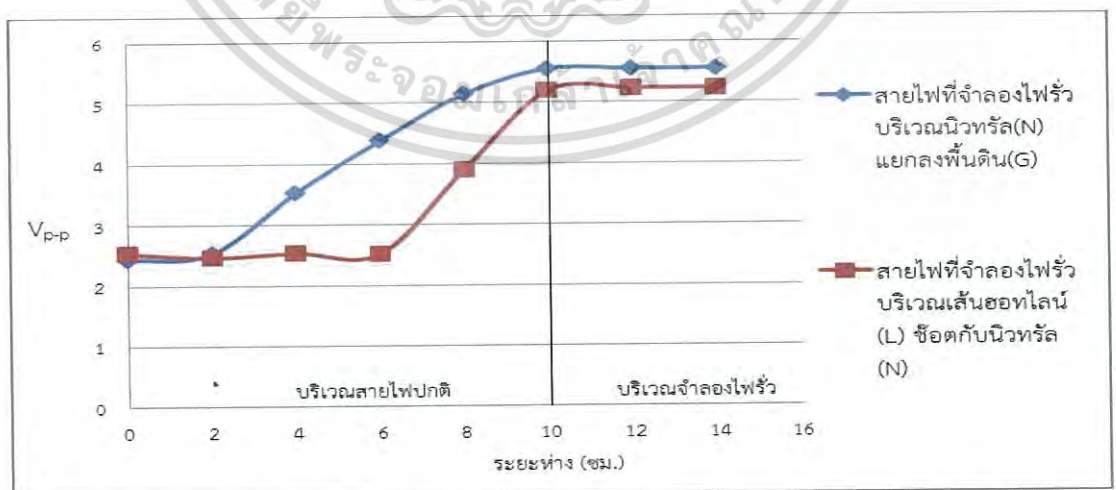
4.6.2 ทดสอบการหาตำแหน่งไฟรั่วเมื่อสายไฟอยู่ใต้กระเบื้องหนา 2.4 ซม.

ผลการทดสอบความแม่นยำโดยการลากเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วไปตามแนวสายไฟปกติ จนถึงจุดที่จำลองการเกิดไฟรั่วทั้ง 2 กรณี เป็นระยะทาง 0, 2, 4, 6, 8, 10(จุดที่เกิดไฟรั่ว), 12 และ 14 ซม. ในระดับความหนากระเบื้อง 2.4 ซม. เป็นดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.10 ตารางเปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของบริเวณสายไฟปกติและบริเวณที่จำลองการเกิดไฟรั่วกับ ระยะห่างจุดที่จำลองการเกิดไฟรั่วในระดับความหนากระเบื้อง 2.4 ซม.

ตำแหน่งของสายไฟ	ระยะห่าง (ซม.)	V_{p-p}	
		บริเวณเส้นนิวทรัล(N) แยก ลงสายดิน(G)	บริเวณเส้นฮอทไลน์(L) ช็อต กับเส้นนิวทรัล(N)
บริเวณสายปกติ	0	2.43 V_{p-p}	2.53 V_{p-p}
	2	2.53 V_{p-p}	2.46 V_{p-p}
	4	3.53 V_{p-p}	2.53 V_{p-p}
	6	4.38 V_{p-p}	2.52 V_{p-p}
	8	5.14 V_{p-p}	3.90 V_{p-p}
บริเวณสายไฟรั่ว	10	5.55 V_{p-p}	5.19 V_{p-p}
	12	5.55 V_{p-p}	5.23 V_{p-p}
	14	5.55 V_{p-p}	5.23 V_{p-p}

จากตารางที่ 4.10 นำไปสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{p-p} กับระยะห่างจุดเกิดไฟรั่ว ในระดับความหนาของกระเบื้อง 2.4 ซม. ได้กราฟดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{p-p} ของบริเวณสายไฟปกติและที่จำลองการเกิดไฟรั่วกับ ระยะห่างจุดเกิดไฟรั่วในระดับความหนากระเบื้อง 2.4 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

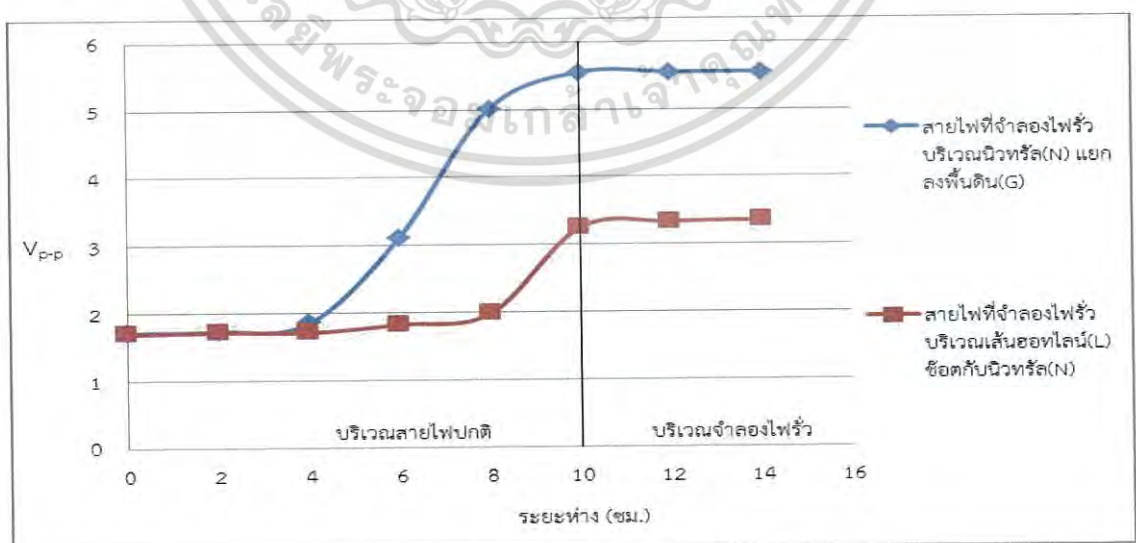
4.6.3 ทดสอบการหาตำแหน่งไฟรั่วเมื่อสายไฟอยู่ใต้กระเบื้องหนา 3.6 ซม.

ผลการทดสอบความแม่นยำโดยการลากเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วไปตามแนวสายไฟปกติ จนถึงจุดที่จำลองการเกิดไฟรั่วทั้ง 2 กรณี เป็นระยะทาง 0, 2, 4, 6, 8, 10(จุดที่เกิดไฟรั่ว), 12 และ 14 ซม. ในระดับความหนากระเบื้อง 3.6 ซม. เป็นดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.11 ตารางเปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของบริเวณสายไฟปกติและบริเวณที่จำลองการเกิดไฟรั่วกับ ระยะห่างจุดที่จำลองการเกิดไฟรั่วในระดับความหนากระเบื้อง 2.4 ซม.

ตำแหน่งของสายไฟ	ระยะห่าง (ซม.)	V_{p-p}	
		บริเวณเส้นนิวทรัล(N) แยก ลงสายดิน(G)	บริเวณเส้นฮอทไลน์(L) ช็อต กับเส้นนิวทรัล(N)
บริเวณสายปกติ	0	1.71 V_{p-p}	1.69 V_{p-p}
	2	1.73 V_{p-p}	1.71 V_{p-p}
	4	1.85 V_{p-p}	1.71 V_{p-p}
	6	3.12 V_{p-p}	1.82 V_{p-p}
	8	5.01 V_{p-p}	1.98 V_{p-p}
บริเวณสายไฟรั่ว	10	5.55 V_{p-p}	3.25 V_{p-p}
	12	5.55 V_{p-p}	3.33 V_{p-p}
	14	5.55 V_{p-p}	3.35 V_{p-p}

จากตารางที่ 4.11 นำไปสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{p-p} กับระยะห่างจุดเกิดไฟรั่ว ในระดับความหนาของกระเบื้อง 3.6 ซม. ได้กราฟดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{p-p} ของบริเวณสายไฟปกติและที่จำลองการเกิดไฟรั่วกับ ระยะห่างจุดเกิดไฟรั่วในระดับความหนากระเบื้อง 3.6 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การทดสอบประสิทธิภาพของหัวโพรบเมื่อถูกสนามแม่เหล็กของสายไฟใกล้เคียง รบกวน

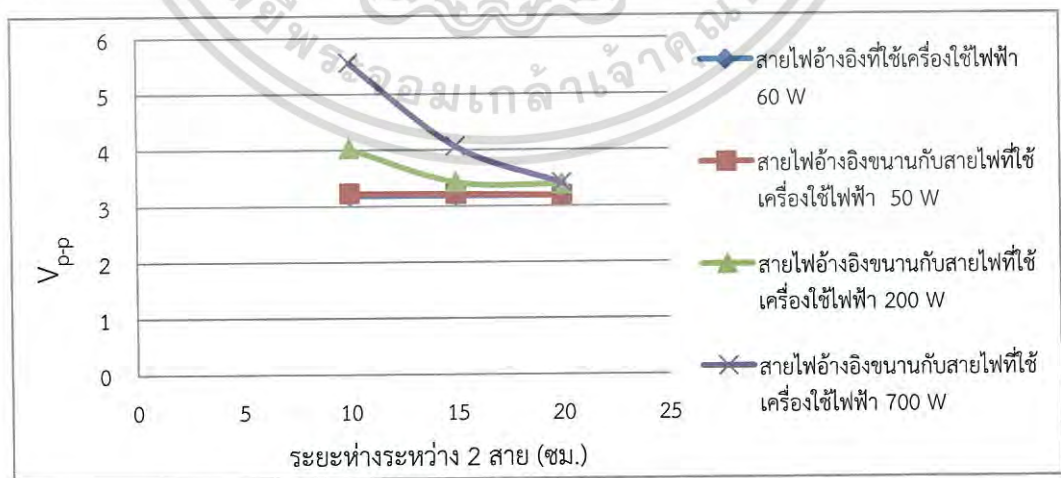
4.7.1 การทดสอบการรบกวนเมื่อสายไฟอยู่ใต้แผ่นกระเบื้องหนา 1.2 ซม.

ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W ที่ถูกสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 50, 200 และ 700 W รบกวนที่ระยะห่าง 10, 15 และ 20 ซม. ในระดับความหนาของกระเบื้องที่ 1.2 ซม. ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W ที่ถูกสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 50, 200 และ 700 W รบกวนที่ระยะห่าง 10, 15 และ 20 ซม. ในระดับความหนาของกระเบื้องที่ 1.2 ซม.

ระยะห่างของสายไฟคู่ขนาน (ซม.)	V_{p-p}			
	สายไฟอ้างอิงที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า 60W	สายไฟอ้างอิงขนานกับสายไฟที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า 50 W	สายไฟอ้างอิงขนานกับสายไฟที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า 200 W	สายไฟอ้างอิงขนานกับสายไฟที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า 700 W
20	3.18 V_{p-p}	3.18 V_{p-p}	3.38 V_{p-p}	3.40 V_{p-p}
15	3.18 V_{p-p}	3.21 V_{p-p}	3.42 V_{p-p}	4.06 V_{p-p}
10	3.18 V_{p-p}	3.22 V_{p-p}	4.02 V_{p-p}	5.55 V_{p-p}

จากตารางที่ 4.12 นำไปสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับ ระยะห่างระหว่าง 2 สายคู่ขนาน ในระดับความหนาของกระเบื้อง 1.2 ซม. ได้ดังกราฟรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับ ระยะห่างระหว่าง 2 สายคู่ขนาน ในระดับความหนาของกระเบื้อง 1.2 ซม. จากตารางที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

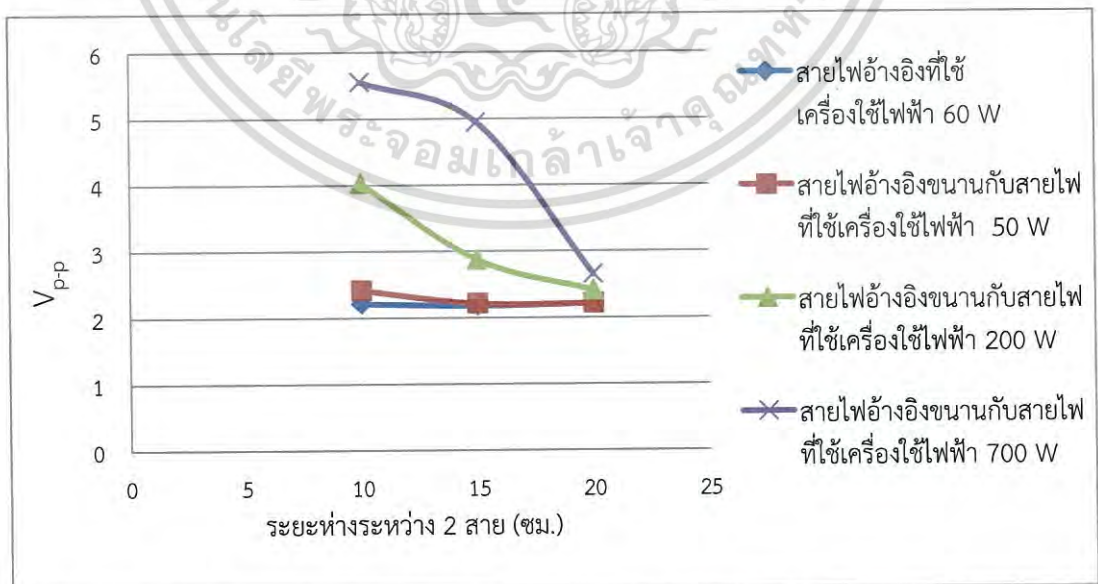
4.7.2 การทดสอบการรบกวนเมื่อสายไฟอยู่ใต้แผ่นกระเบื้องหนา 2.4 ซม.

ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W ที่ถูกสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 50, 200 และ 700 W รบกวนที่ระยะห่าง 10, 15 และ 20 ซม. ในระดับความหนาของกระเบื้องที่ 2.4 ซม. เป็นดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W ที่ถูกสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 50, 200 และ 700 W รบกวนที่ระยะห่าง 10, 15 และ 20 ซม. ในระดับความหนาของกระเบื้องที่ 2.4 ซม.

ระยะห่างของสายไฟคู่ขนาน (ซม.)	V_{p-p}			
	สายไฟอ้างอิงที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W	สายไฟอ้างอิงขนานกับสายไฟที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า 50 W	สายไฟอ้างอิงขนานกับสายไฟที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า 200 W	สายไฟอ้างอิงขนานกับสายไฟที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า 700 W
20	2.21 V_{p-p}	2.21 V_{p-p}	2.41 V_{p-p}	2.65 V_{p-p}
15	2.18 V_{p-p}	2.21 V_{p-p}	2.86 V_{p-p}	4.94 V_{p-p}
10	2.21 V_{p-p}	2.41 V_{p-p}	4.02 V_{p-p}	5.55 V_{p-p}

จากตารางที่ 4.13 นำไปสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับ ระยะห่างระหว่าง 2 สายคู่ขนาน ในระดับความหนาของกระเบื้อง 2.4 ซม. ได้กราฟดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับระยะห่างระหว่าง 2 สายคู่ขนาน ในระดับความหนาของกระเบื้อง 2.4 ซม. จากตารางที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

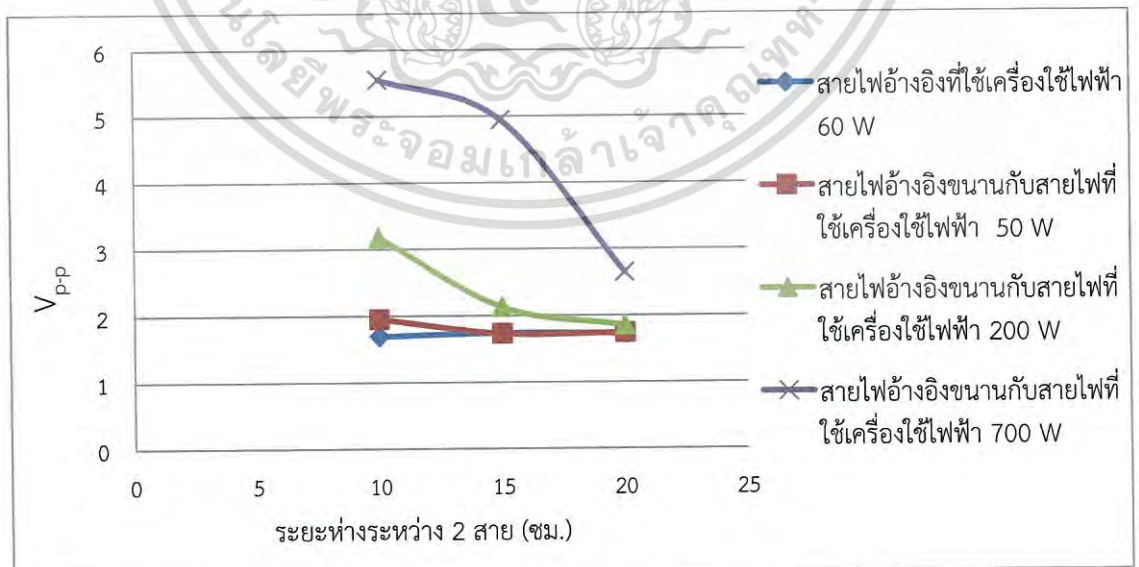
4.7.3 การทดสอบการรบกวนเมื่อสายไฟอยู่ใต้แผ่นกระเบื้องหนา 3.6 ซม.

ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W ที่ถูกสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 50, 200 และ 700 W รบกวนที่ระยะห่าง 10, 15 และ 20 ซม. ในระดับความหนาของกระเบื้องที่ 3.6 ซม. เป็นดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบค่า V_{p-p} ของสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 60 W ที่ถูกสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า 50, 200 และ 700 W รบกวนที่ระยะห่าง 10, 15 และ 20 ซม. ในระดับความหนาของกระเบื้องที่ 3.6 ซม.

ระยะห่างของสายไฟคู่ขนาน (ซม.)	V_{p-p}			
	สายไฟอ้างอิงที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า 60W	สายไฟอ้างอิงขนานกับสายไฟที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า 50W	สายไฟอ้างอิงขนานกับสายไฟที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า 200W	สายไฟอ้างอิงขนานกับสายไฟที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า 700W
20	1.73 V_{p-p}	1.74 V_{p-p}	1.85 V_{p-p}	2.65 V_{p-p}
15	1.74 V_{p-p}	1.73 V_{p-p}	2.13 V_{p-p}	4.94 V_{p-p}
10	1.69 V_{p-p}	1.95 V_{p-p}	3.18 V_{p-p}	5.55 V_{p-p}

จากตารางที่ 4.14 นำไปสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับ ระยะห่างระหว่าง 2 สายคู่ขนาน ในระดับความหนาของกระเบื้อง 3.6 ซม. ได้กราฟดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_{p-p} กับ ระยะห่างระหว่าง 2 สายคู่ขนาน ในระดับความหนาของกระเบื้อง 3.6 ซม. จากตารางที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยเรื่องเครื่องตรวจวัดไฟรั่วแบ่งการทดลองเป็น 7 ตอน สรุปผลการทดลองได้ดังนี้
ตอนที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของวงจร โดยวงจรเครื่องตรวจวัดไฟรั่วจะมีการขยายสัญญาณทั้งหมด 2 จุด เมื่อป้อนสัญญาณรูปไซน์เข้าไปที่จุด L_1 จะมีการขยายสัญญาณแบบกลับเฟสออกมาในจุด V_2 และมีการขยายแบบกลับเฟสอีกทีในจุด V_3 โดยที่อัตราขยายสัญญาณในจุด V_1 ไปจุด V_2 มีอัตราการขยายสัญญาณประมาณ 15 เท่า และ จุด V_2 ไปจุด V_3 มีอัตราการขยายสัญญาณประมาณ 14 เท่า

ตอนที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพในการเหนี่ยวนำเมื่อจำนวนขดลวดต่างกัน เมื่อเพิ่มจำนวนในการพันขดลวดทองแดงมากขึ้น ประสิทธิภาพในการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กของหัวโพรบก็จะยิ่งมากขึ้นตามไปด้วย

ตอนที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพของหัวโพรบ เมื่อสายไฟไม่มีกระเบื้องมาบังประสิทธิภาพการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กของหัวโพรบฝั่งขวา หัวโพรบฝั่งซ้ายและบริเวณกลางหัวโพรบจะมีประสิทธิภาพในการเหนี่ยวนำเท่า ๆ กัน และเมื่อนำกระเบื้องมาบังสายไฟแล้วทำการเพิ่มความหนาของกระเบื้อง ประสิทธิภาพในการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กบริเวณหัวโพรบทางขวาและหัวโพรบทางซ้ายจะมีประสิทธิภาพในการเหนี่ยวนำน้อยลง แต่บริเวณกลางหัวโพรบสามารถเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กของสายไฟได้ดีที่สุด

ตอนที่ 4 เปรียบเทียบค่าการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กเมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้ากำลังวัตต์ต่างกัน โดยการเปรียบกับเครื่องใช้ไฟฟ้ากำลังวัตต์ 60 W และ 110 W โดยวัดค่า V_{p-p} จากผลการทดลองจะพบว่าค่าการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กจะมากขึ้นตามกระแสไฟที่ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า เมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้ามีกำลังวัตต์ที่สูงมากขึ้น การใช้กระแสไฟฟ้าก็ยิ่งมากขึ้น สนามแม่เหล็กบริเวณสายไฟก็ยิ่งมีความเข้มมากขึ้นและมีรัศมีที่ไกลขึ้นเป็นไปตามทฤษฎี จึงส่งให้ผลค่า V_{p-p} จากการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กของหัวโพรบมากขึ้นตามลำดับ และเมื่อเพิ่มความหนาของกระเบื้องขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลให้ค่าการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กลดลงตามไป

ตอนที่ 5 เปรียบเทียบสายไฟปกติกับสายไฟที่จำลองการเกิดไฟรั่ว จากการทดลองพบว่าบริเวณที่มีการจำลองการเกิดไฟรั่วจะมีค่า V_{p-p} ที่มากกว่าบริเวณสายไฟปกติ เนื่องจากบริเวณที่จำลองการเกิดไฟรั่วจะมีค่าสนามแม่เหล็กที่มากกว่าบริเวณสายไฟปกติ จึงทำให้ค่าการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กมากขึ้น

ตอนที่ 6 ทดสอบปัญหาของเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว จากการทดลองพบว่าเมื่อสายไฟที่ต้องการหาตำแหน่งนั้นมีสายไฟหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าอยู่บริเวณรอบข้างจะทำให้เกิดการรบกวนกับเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่ว ยิ่งค่ากำลังวัตต์ของเครื่องใช้ไฟฟ้ามีค่าที่สูงขึ้น จะยิ่งทำให้ประสิทธิภาพในการหาตำแหน่งสายไฟนั้นน้อยลง และยังระยะของการรบกวนอยู่ใกล้กับสายไฟที่กำลังตรวจหาตำแหน่ง ก็จะทำให้ประสิทธิภาพของการหาตำแหน่งนั้นน้อยลงตามไปด้วย

ตอนที่ 7 ทดสอบความแม่นยำในการหาตำแหน่งไฟรั่ว จากการทดลองโดยการลากเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วไปตามแนวของสายไฟพบว่าเมื่อเครื่องตรวจหาตำแหน่งไฟรั่วเลื่อนไปเจอบริเวณตำแหน่งไฟรั่วจะมีค่า V_{p-p} ที่มากกว่าบริเวณสายไฟปกติ เมื่อทำการเลื่อนผ่านตำแหน่งไฟรั่วไปอีก ค่า V_{p-p} ก็ยังมีค่ามากกว่าบริเวณสายไฟปกติและมีค่า V_{p-p} เท่ากับตำแหน่งไฟรั่ว

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

ระบบตรวจวัดตำแหน่งการรั่วของสายไฟในผนังอาคารที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำไปใช้งานได้ มีความสะดวกและราคาถูก แต่ก็ยังต้องมีการพัฒนาประสิทธิภาพและรูปลักษณะให้ดีขึ้นก่อนที่จะสามารถผลิตวางจำหน่ายในท้องตลาด

ข้อจำกัดที่สำคัญของการวัดด้วยวิธีนี้ก็คือการที่ตัวสายไฟที่ฝังไว้ในผนังอาคารอยู่ในท่อร้อยสายไฟ (Conduit) ที่เป็นโลหะ สนามแม่เหล็กจากสายไฟจะถูกชิลด์ (Shield) ไม่สามารถทำการวัดได้

เอกสารอ้างอิง

[1] Channel : briansmobile1 “How to find an open circuit or shorted wire the FAST easy way” [Online]

Available : www.youtube.com/watch?v=Y0HjaR0tj7Q

[2] C.R. Engineering and Technology Co., LTD. สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Field: EMF) [Online]

Available : www.cr-engineer.com/images/pulldown_1304840984/

[3] Ron Mancini. “Single-Supply Op Amp Design Techniques” [Online]

Available : www.cpdee.ufmg.br/~torres/oldpage/single_supply_opamps.pdf

[4] SEBA MKT “Surge generator cable fault locators” [Online]

Available : www.cablejoints.co.uk/sub-product-details/cable-fault-locators--surge-generators

[5] SONTAYA NONGNUCH (2015) “AC Voltage Detector” [Online]

Available : www.elec-za.com/ac-voltage-detector/

[6] ดร.สมพงษ์ เลียงโรคาพาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ระบบไฟฟ้า [Online]

Available : www.rmutphysics.com/charud/transparency/sompong/current.pdf

[7] ถวิล กิ่งทอง, ทฤษฎีโครงข่ายไฟฟ้าและสายส่ง, ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2538.

[8] ผศ.มานัส มงคลสุข พิสิษฐ์ราชมงคล กระแสไฟฟ้า [Online]

Available : www.rmutphysics.com/CHARUD/scibook/electric%20current1/

[9] มิตรชัย จงเขียวช านานู, กัณฑ์พงษ์ ศรีสถิตย์, โครงข่ายสายส่งและการประยุกต์ใช้งาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, 2549.

[10] วิทยาลัยสารพัดช่างกำแพงเพชร งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น “ตัวเหนี่ยวนำ” [Online]

Available : www.kpp.ac.th/elearning/elearning3/book-04.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

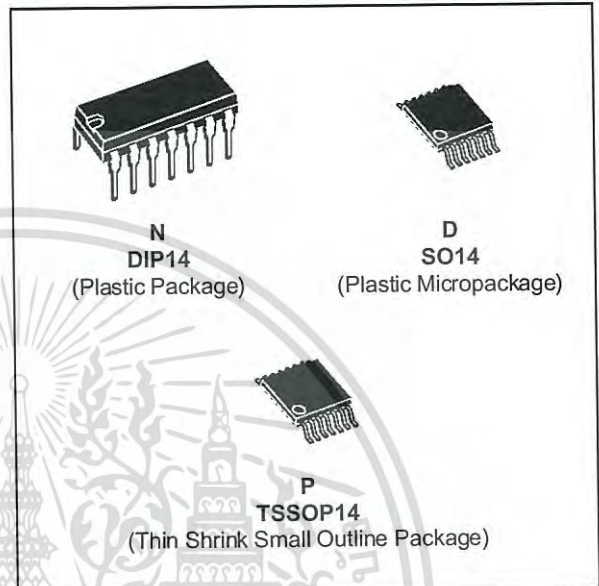
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TL084 TL084A - TL084B

GENERAL PURPOSE J-FET QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

- WIDE COMMON-MODE (UP TO V_{CC}^+) AND DIFFERENTIAL VOLTAGE RANGE
- LOW INPUT BIAS AND OFFSET CURRENT
- OUTPUT SHORT-CIRCUIT PROTECTION
- HIGH INPUT IMPEDANCE J-FET INPUT STAGE
- INTERNAL FREQUENCY COMPENSATION
- LATCH UP FREE OPERATION
- HIGH SLEW RATE : $16V/\mu s$ (typ)



DESCRIPTION

The TL084, TL084A and TL084B are high speed J-FET input quad operational amplifiers incorporating well matched, high voltage J-FET and bipolar transistors in a monolithic integrated circuit.

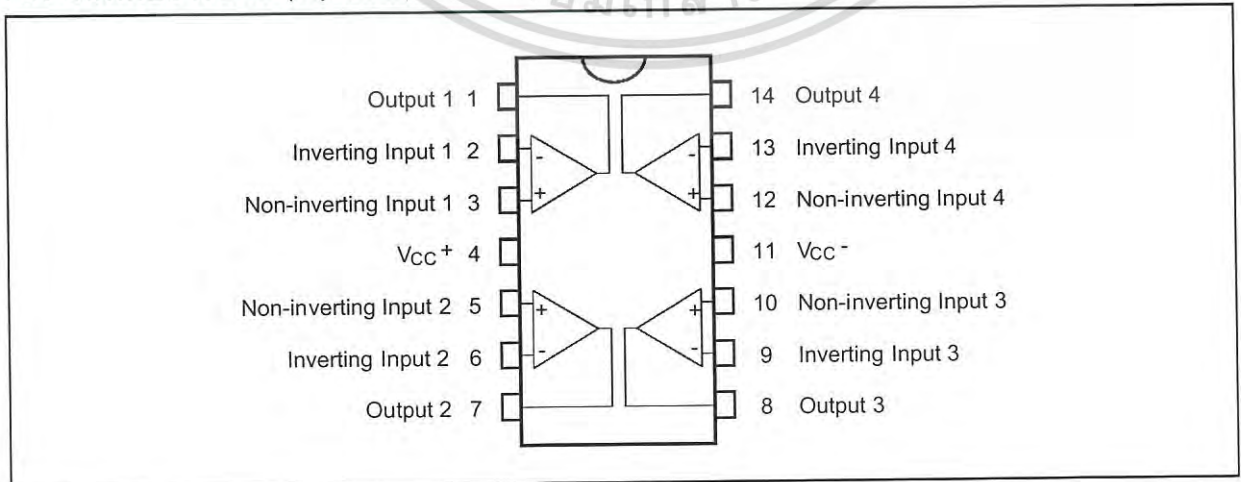
The devices feature high slew rates, low input bias and offset currents, and low offset voltage temperature coefficient.

ORDER CODES

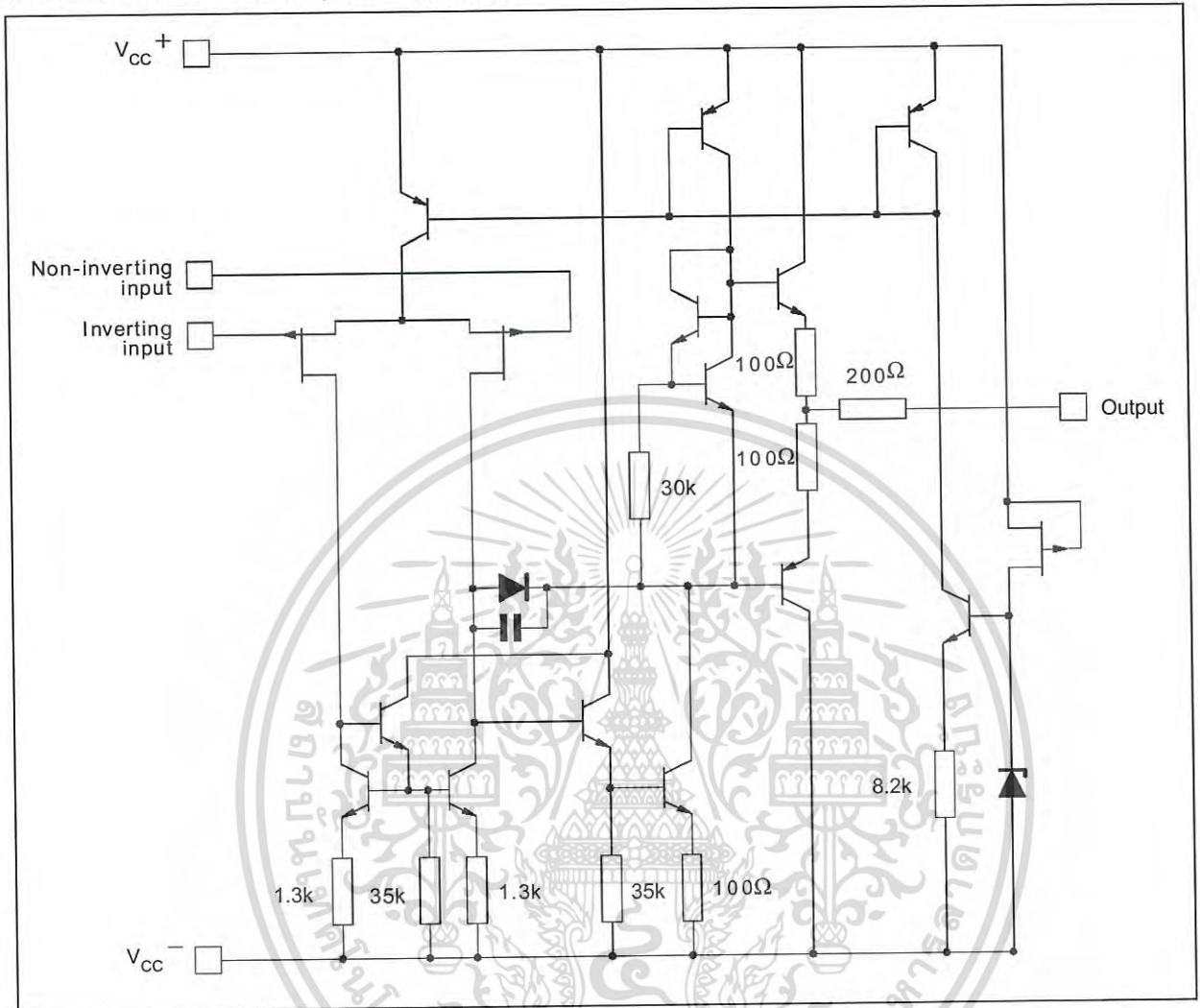
Part Number	Temperature Range	Package		
		N	D	P
TL084M/AM/BM	-55°C, +125°C	•	•	•
TL084I/AI/BI	-40°C, +105°C	•	•	•
TL084C/AC/BC	0°C, +70°C	•	•	•

Examples : TL084CN, TL084CD

PIN CONNECTIONS (top view)



SCHEMATIC DIAGRAM (each amplifier)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{CC}	Supply Voltage - (note 1)	±18	V
V _i	Input Voltage - (note 3)	±15	V
V _{id}	Differential Input Voltage - (note 2)	±30	V
P _{tot}	Power Dissipation	680	mW
	Output Short-circuit Duration - (note 4)	Infinite	
T _{oper}	Operating Free Air Temperature Range	TL084C,AC,BC -40 to 70 TL084I,AI,BI -55 to 105 TL084M,AM,BM -55 to 125	°C
T _{stg}	Storage Temperature Range	-65 to 150	°C

- Notes :**
1. All voltage values, except differential voltage, are with respect to the zero reference level (ground) of the supply voltages where the zero reference level is the midpoint between V_{CC}⁺ and V_{CC}⁻.
 2. Differential voltages are at the non-inverting input terminal with respect to the inverting input terminal.
 3. The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 volts, whichever is less.
 4. The output may be shorted to ground or to either supply. Temperature and /or supply voltages must be limited to ensure that the dissipation rating is not exceeded.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

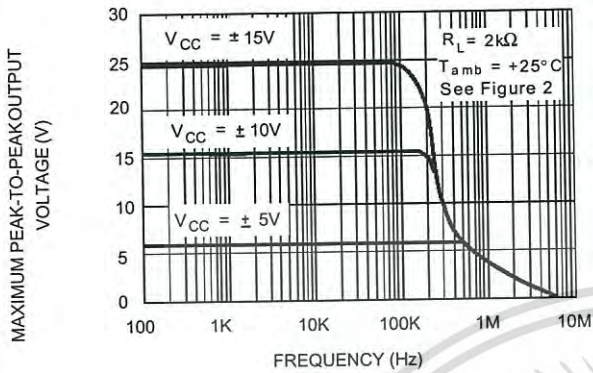
V_{CC} = ±15V, T_{amb} = 25°C (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	TL084I,M,AC,AI, AM,BC,BI,BM			TL084C			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V _{io}	Input Offset Voltage (R _s = 50Ω) T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}		3 3 1	10 6 3 13 7 5		3 13		mV
DV _{io}	Input Offset Voltage Drift		10			10		μV/°C
I _{io}	Input Offset Current * T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}		5	100 4		5 100 4		pA nA
I _{ib}	Input Bias Current * T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}		20	200 20		30 400 20		pA nA
A _{vd}	Large Signal Voltage Gain (R _L = 2kΩ, V _O = ±10V) T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}	50 25	200		25 15	200		V/mV
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio (R _s = 50Ω) T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}	80 80	86		70 70	86		dB
I _{CC}	Supply Current, per Amp, no Load T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}		1.4	2.5 2.5		1.4 2.5 2.5		mA
V _{icm}	Input Common Mode Voltage Range	±11	+15 -12		±11	+15 -12		V
CMR	Common Mode Rejection Ratio (R _s = 50Ω) T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}	80 80	86		70 70	86		dB
I _{os}	Output Short-circuit Current T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}	10 10	40	60 60	10 10	40 60 60		mA
±V _{OPP}	Output Voltage Swing T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}			R _L = 2kΩ 10 12 10 12 R _L = 10kΩ 12 13.5 10 12		10 12 10 12 12 13.5		V
SR	Slew Rate (V _{in} = 10V, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF, T _{amb} = 25°C, unity gain)	8	16		8	16		V/μs
t _r	Rise Time (V _{in} = 20mV, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF, T _{amb} = 25°C, unity gain)		0.1			0.1		μs
K _{OV}	Overshoot (V _{in} = 20mV, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF, T _{amb} = 25°C, unity gain)		10			10		%
GBP	Gain Bandwidth Product (f = 100kHz, T _{amb} = 25°C, V _{in} = 10mV, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF)	2.5	4		2.5	4		MHz
R _i	Input Resistance		10 ¹²			10 ¹²		Ω
THD	Total Harmonic Distortion (f = 1kHz, A _v = 20dB, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF, T _{amb} = 25°C, V _O = 2V _{PP})		0.01			0.01		%
e _n	Equivalent Input Noise Voltage (f = 1kHz, R _s = 100Ω)		15			15		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$
∅ _m	Phase Margin		45			45		Degrees
V _{O1} /V _{O2}	Channel Separation (A _v = 100)		120			120		dB

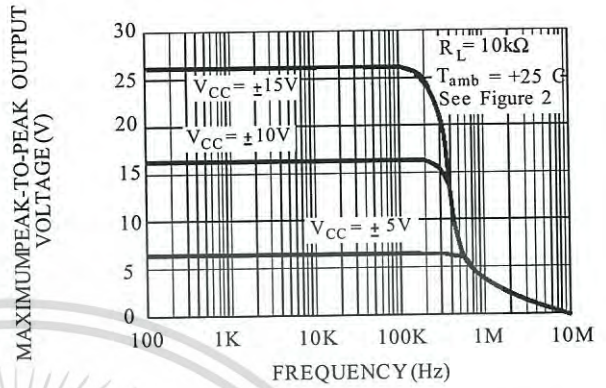
* The input bias currents are junction leakage currents which approximately double for every 10°C increase in the junction temperature.



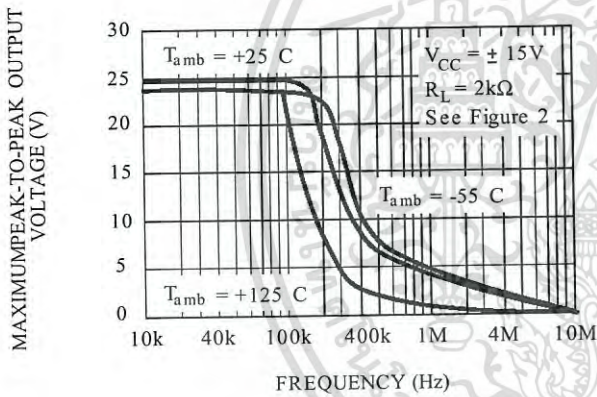
MAXIMUM PEAK-TO-PEAK OUTPUT VOLTAGE VERSUS FREQUENCY



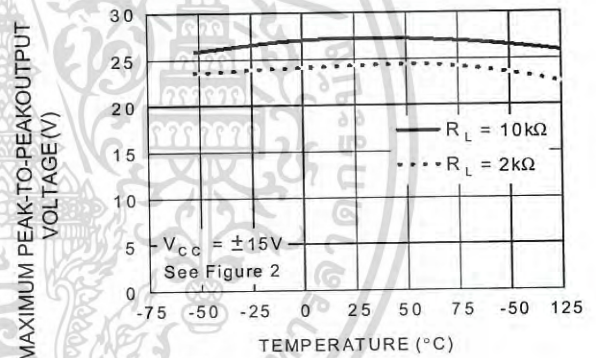
MAXIMUM PEAK-TO-PEAK OUTPUT VOLTAGE VERSUS FREQUENCY



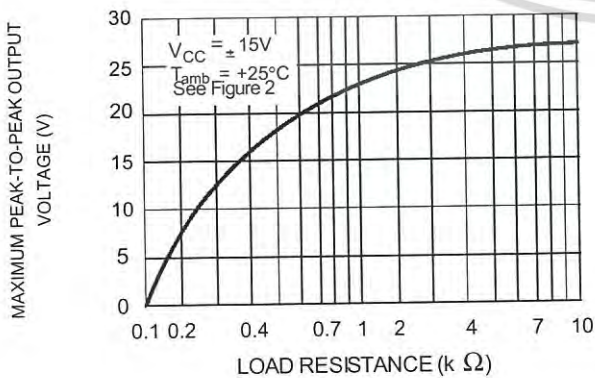
MAXIMUM PEAK-TO-PEAK OUTPUT VOLTAGE VERSUS FREQUENCY



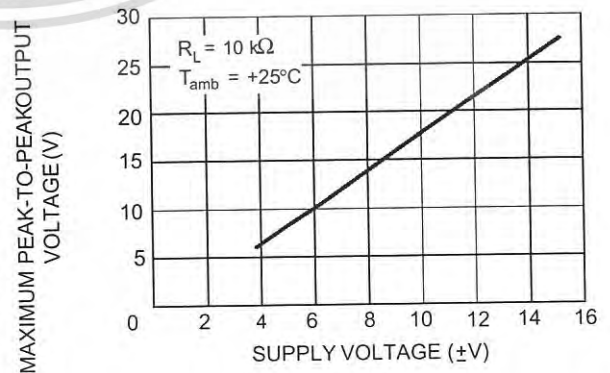
MAXIMUM PEAK-TO-PEAK OUTPUT VOLTAGE VERSUS FREE AIR TEMP.



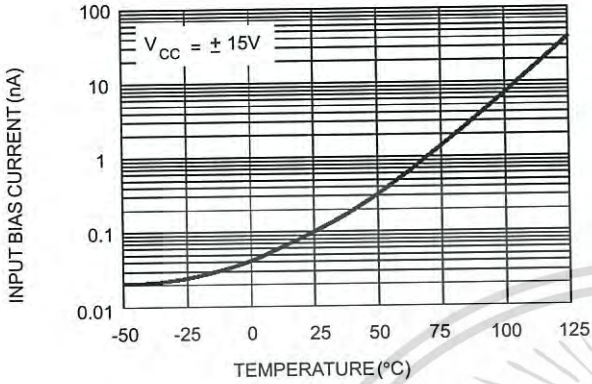
MAXIMUM PEAK-TO-PEAK OUTPUT VOLTAGE VERSUS LOAD RESISTANCE



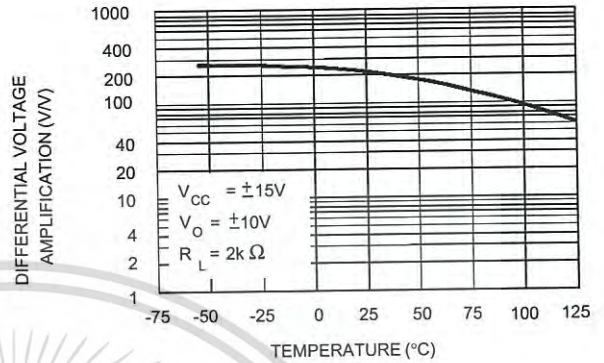
MAXIMUM PEAK-TO-PEAK OUTPUT VOLTAGE VERSUS SUPPLY VOLTAGE



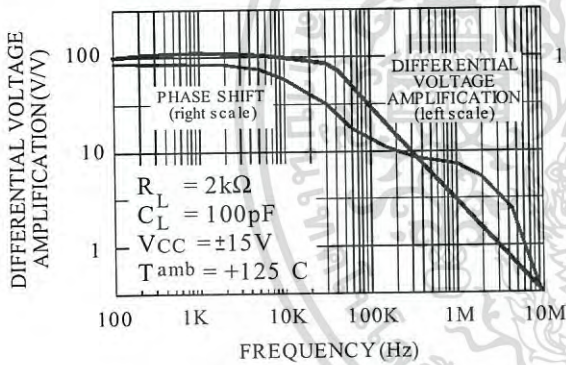
INPUT BIAS CURRENT VERSUS FREE AIR TEMPERATURE



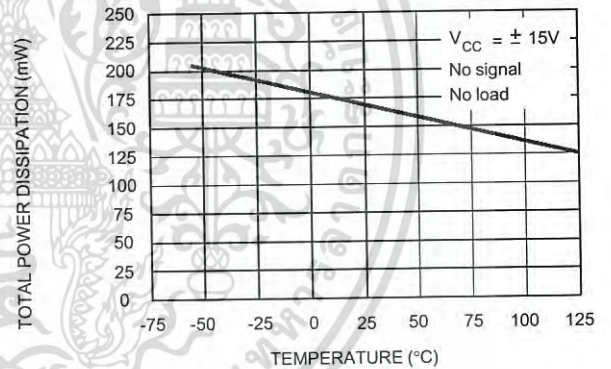
LARGE SIGNAL DIFFERENTIAL VOLTAGE AMPLIFICATION VERSUS FREE AIR TEMPERATURE



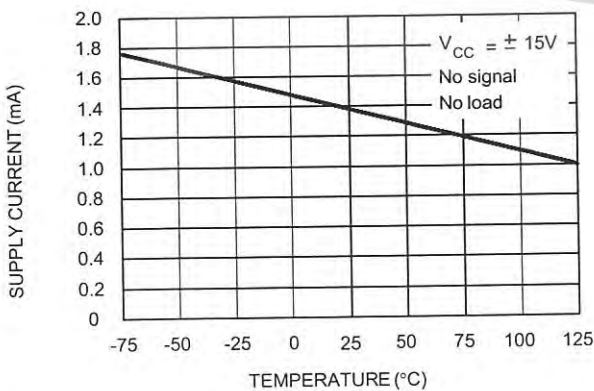
LARGE SIGNAL DIFFERENTIAL VOLTAGE AMPLIFICATION AND PHASE SHIFT VERSUS FREQUENCY



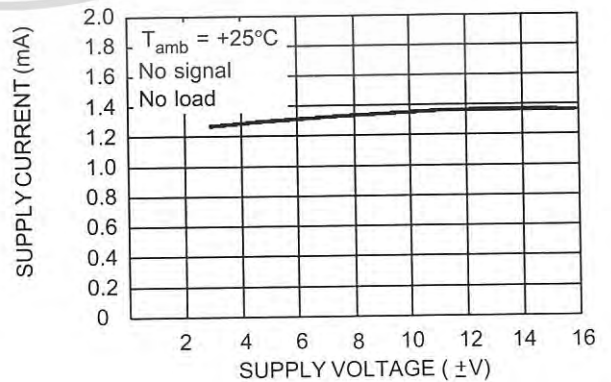
TOTAL POWER DISSIPATION VERSUS FREE AIR TEMPERATURE



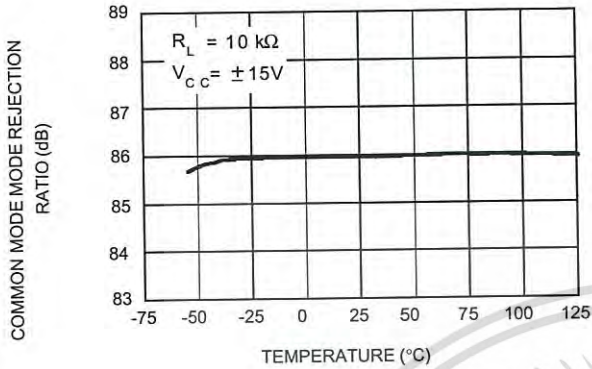
SUPPLY CURRENT PER AMPLIFIER VERSUS FREE AIR TEMPERATURE



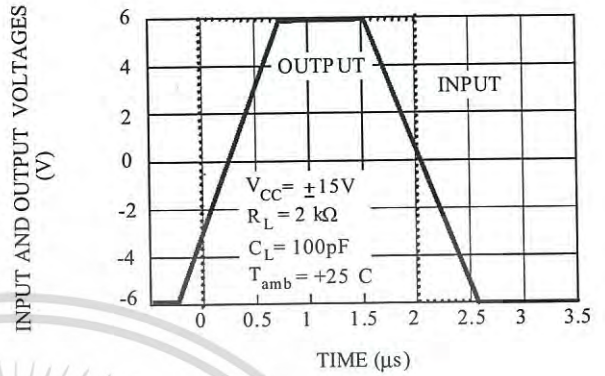
SUPPLY CURRENT PER AMPLIFIER VERSUS SUPPLY VOLTAGE



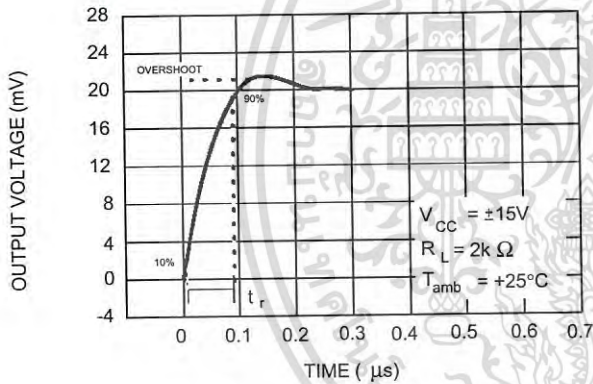
**COMMON MODE REJECTION RATIO
VERSUS FREE AIR TEMPERATURE**



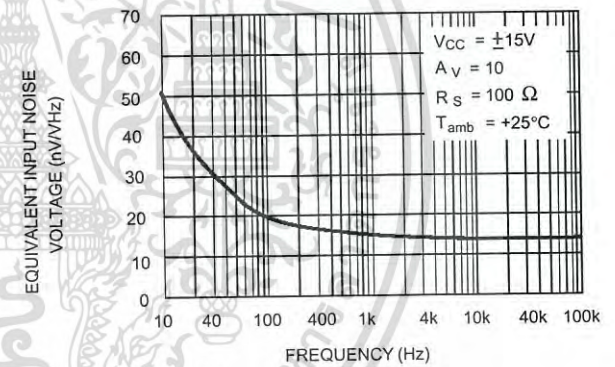
**VOLTAGE FOLLOWER LARGE SIGNAL
PULSE RESPONSE**



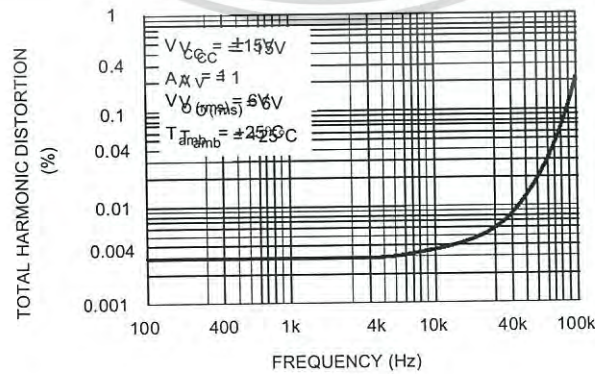
**OUTPUT VOLTAGE VERSUS
ELAPSED TIME**



**EQUIVALENT INPUT NOISE VOLTAGE
VERSUS FREQUENCY**



**TOTAL HARMONIC DISTORTION VERSUS
FREQUENCY**



PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

Figure 1 : Voltage Follower

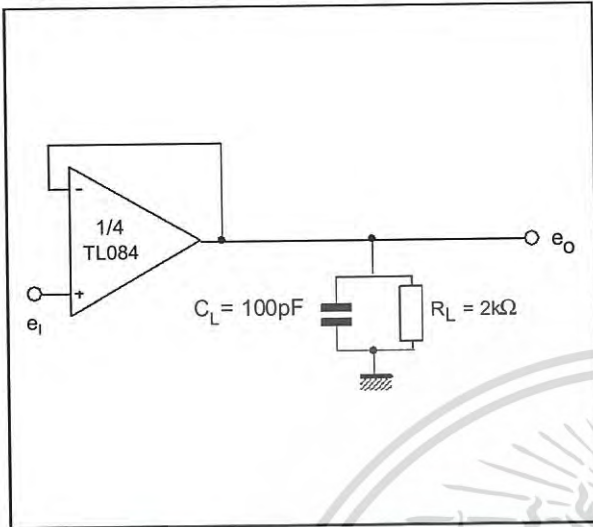
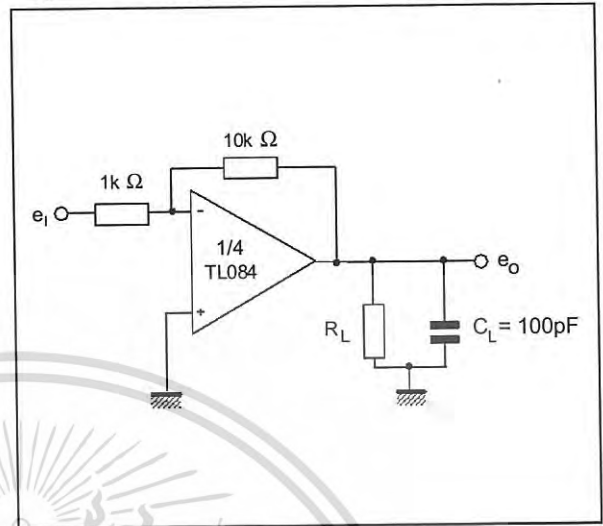
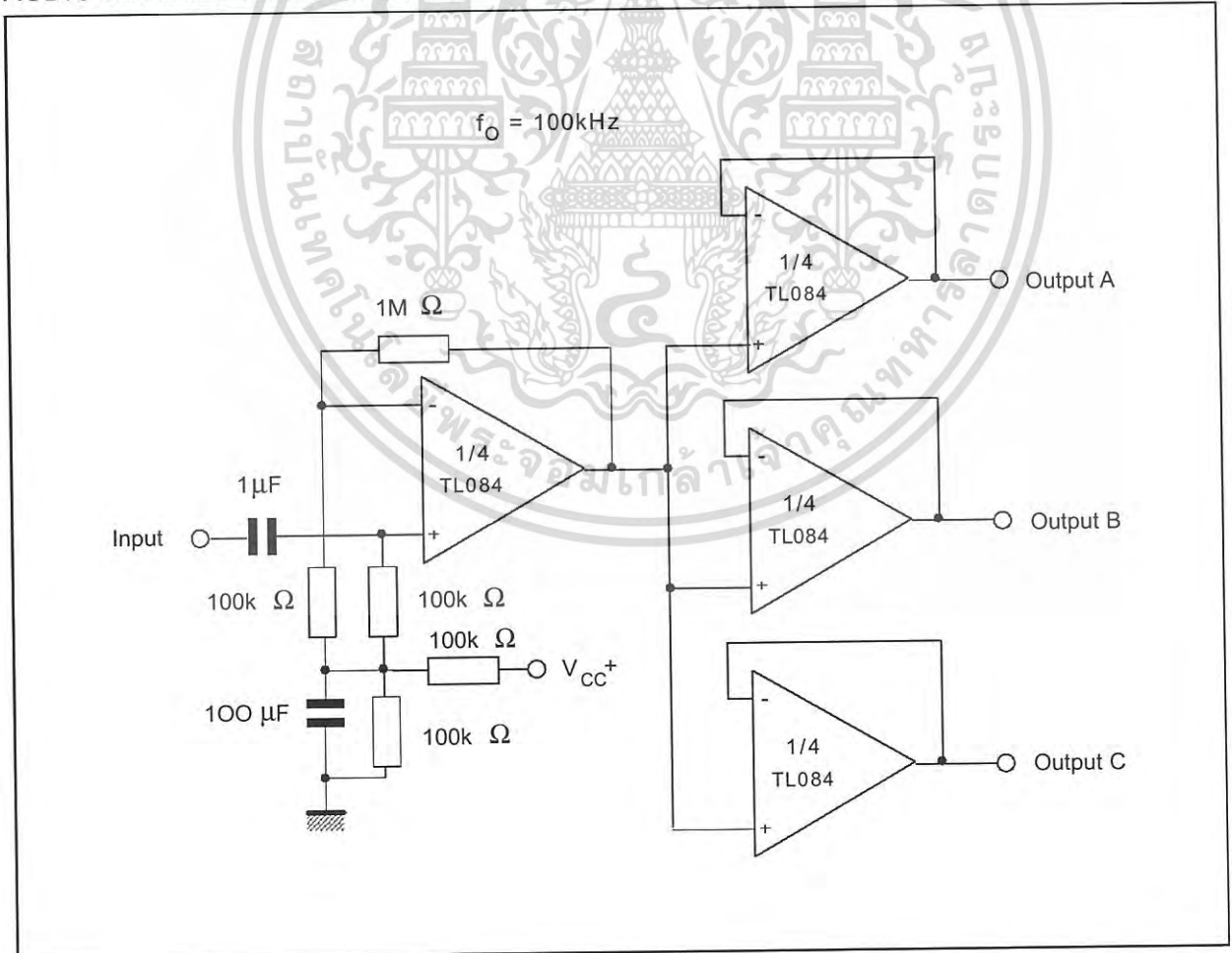


Figure 2 : Gain-of-10 Inverting Amplifier



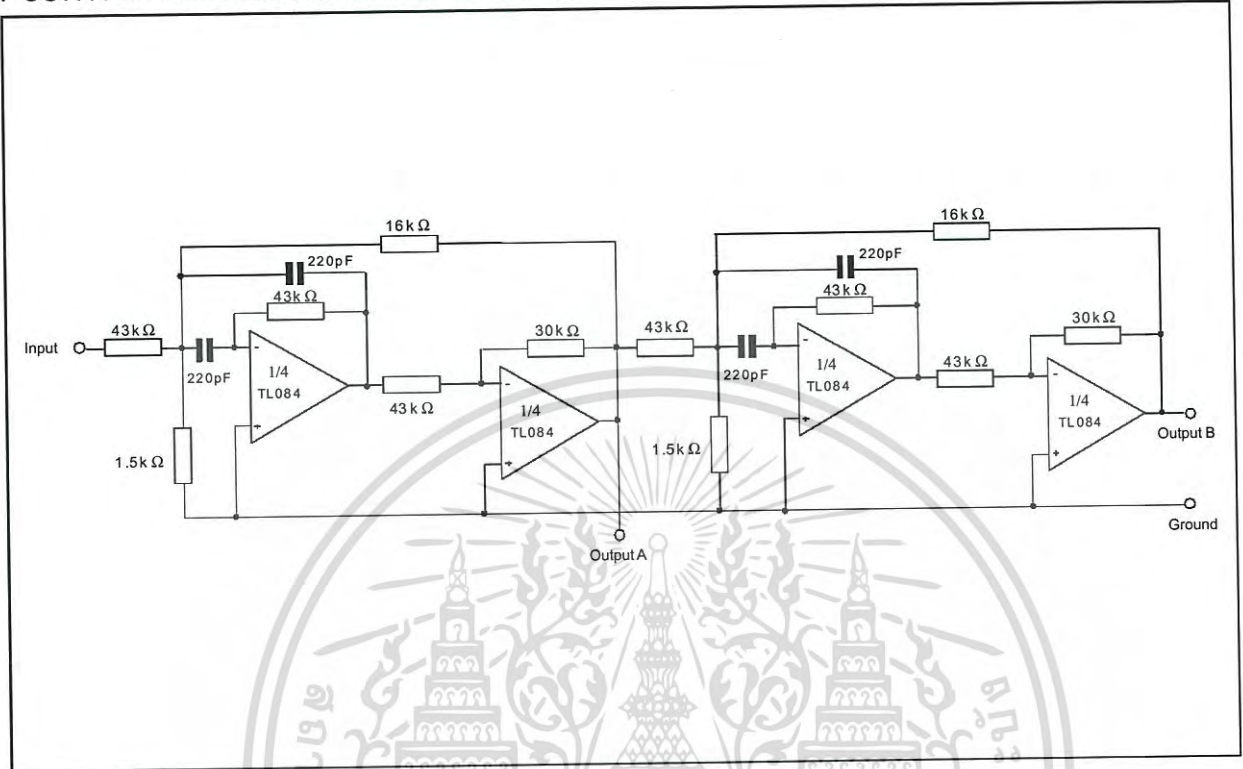
TYPICAL APPLICATIONS

AUDIO DISTRIBUTION AMPLIFIER



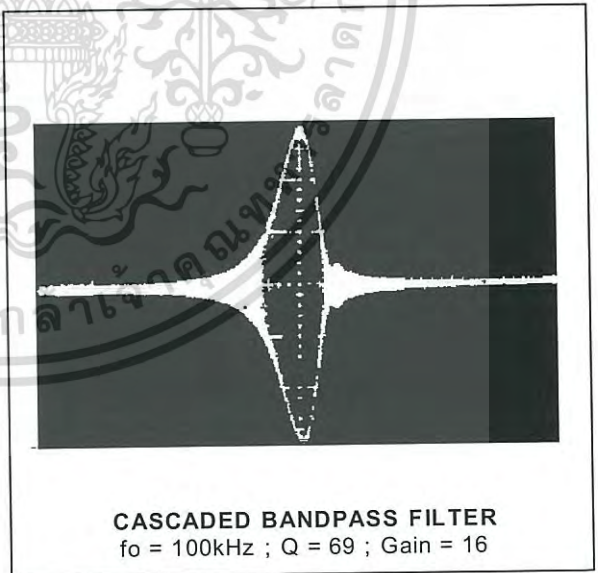
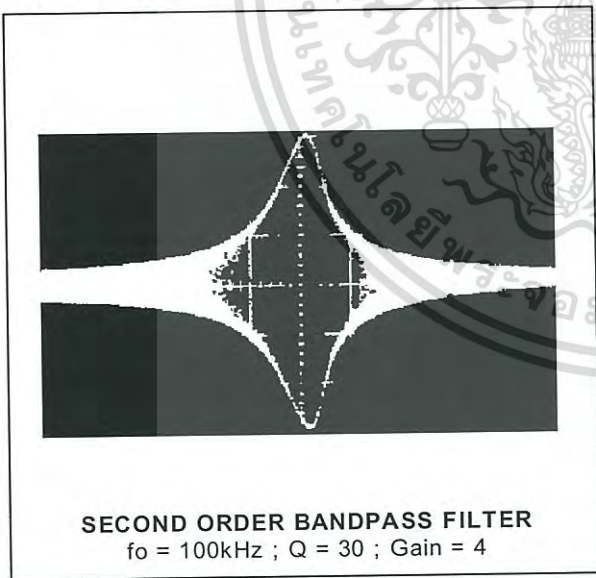
TYPICAL APPLICATIONS (continued)

POSITIVE FEEDBACK BANDPASS FILTER

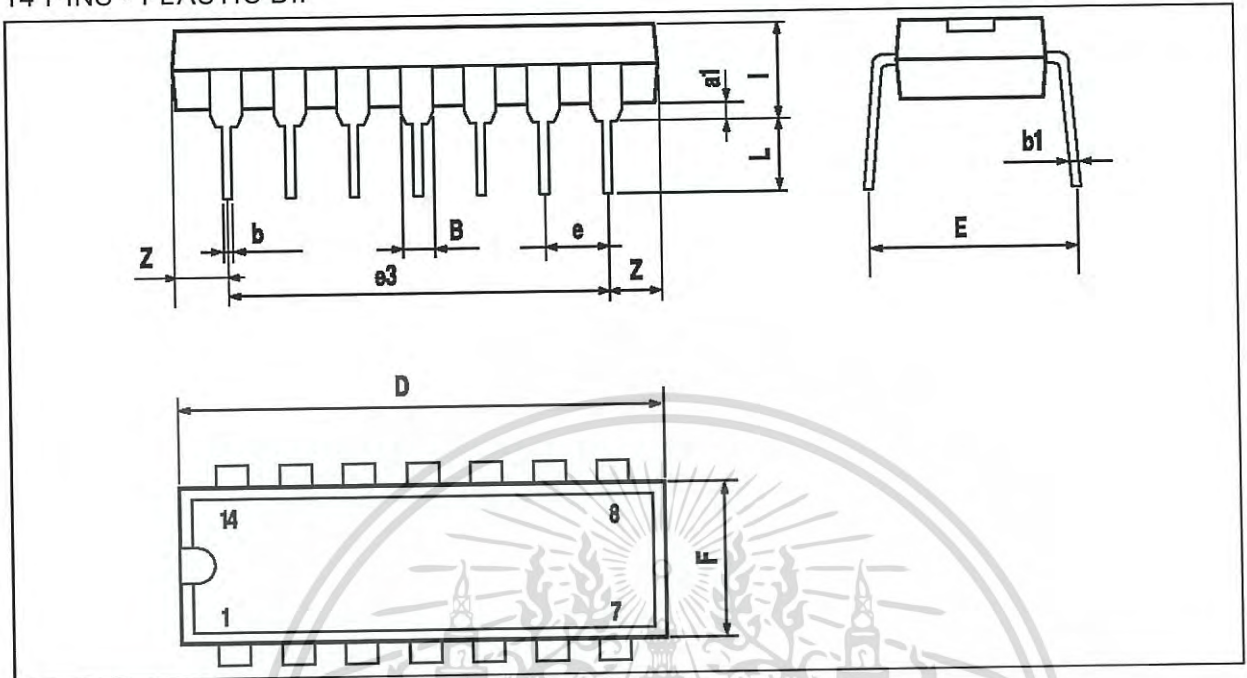


OUTPUT A

OUTPUT B

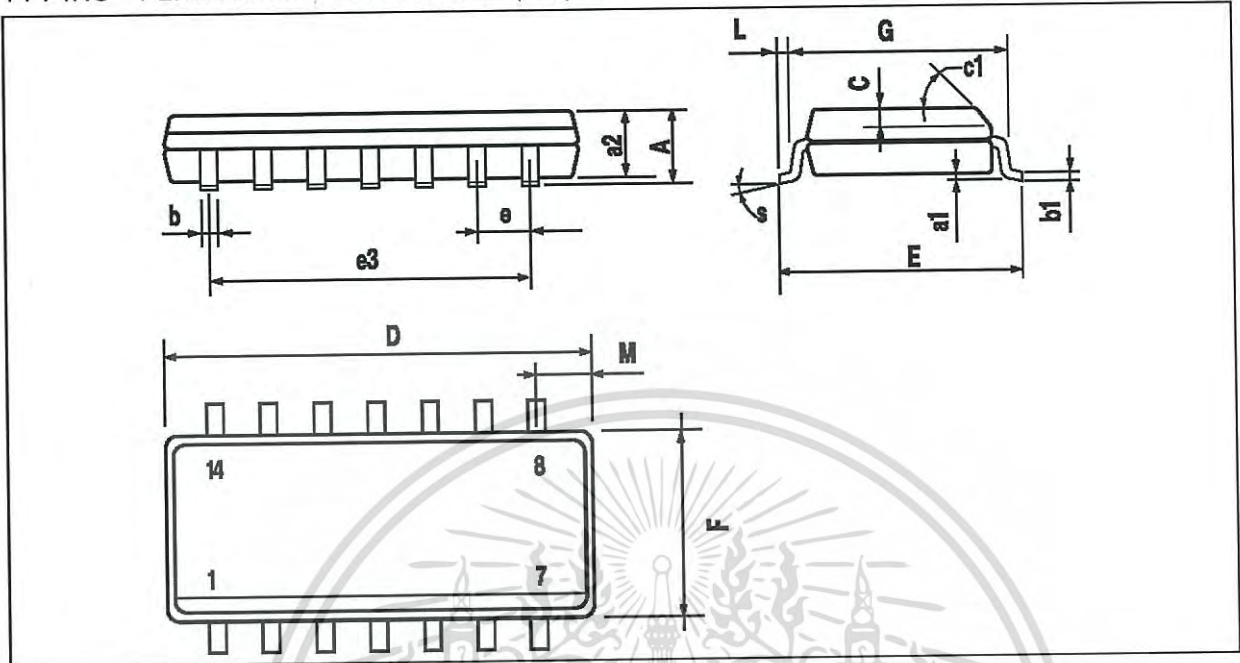


PACKAGE MECHANICAL DATA
14 PINS - PLASTIC DIP



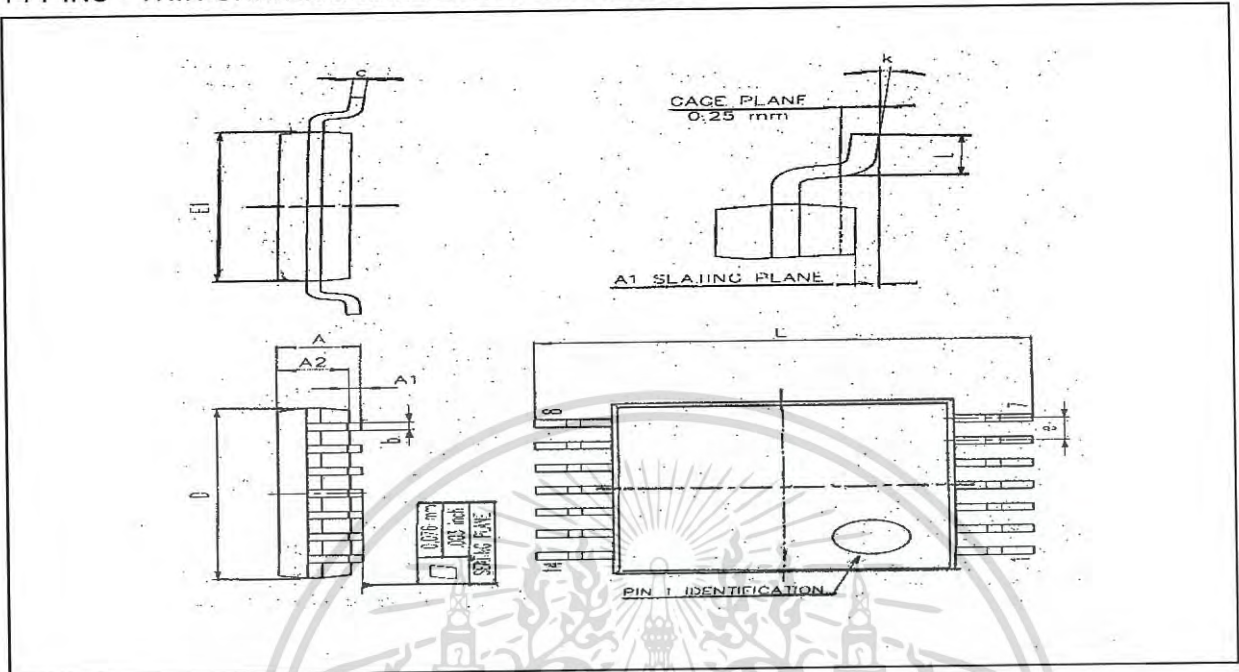
Dimensions	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
a1	0.51			0.020		
B	1.39		1.65	0.055		0.065
b		0.5			0.020	
b1		0.25			0.010	
D			20			0.787
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		15.24			0.600	
F			7.1			0.280
i			5.1			0.201
L		3.3			0.130	
Z	1.27		2.54	0.050		0.100

PACKAGE MECHANICAL DATA
14 PINS - PLASTIC MICROPACKAGE (SO)



Dimensions	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.2	0.004		0.008
a2			1.6			0.063
b	0.35		0.46	0.014		0.018
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C		0.5			0.020	
c1			45° (typ.)			
D	8.55		8.75	0.336		0.334
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		7.62			0.300	
F	3.8		4.0	0.150		0.157
G	4.6		5.3	0.181		0.208
L	0.5		1.27	0.020		0.050
M			0.68			0.027
S			8° (max.)			

PACKAGE MECHANICAL DATA
14 PINS - THIN SHRINK SMALL OUTLINE PACKAGE



Dim.	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			1.20			0.05
A1	0.05		0.15	0.01		0.006
A2	0.80	1.00	1.05	0.031	0.039	0.041
b	0.19		0.30	0.007		0.15
c	0.09		0.20	0.003		0.012
D	4.90	5.00	5.10	0.192	0.196	0.20
E		6.40			0.252	
E1	4.30	4.40	4.50	0.169	0.173	0.177
e		0.65			0.025	
k	0°		8°	0°		8°
l	0.50	0.60	0.75	0.09	0.0236	0.030

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

© The ST logo is a trademark of STMicroelectronics

© 1999 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved

STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - France - Germany - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Mexico - Morocco
 The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.

© <http://www.st.com>

