บทที่ 5

สรุปผลโครงงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงงานวิจัย

ผลการทดสอบวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จที่พัฒนาขึ้น สามารถวัดและวิเคราะห์กระแสรั่วความต้านทานของกับดักเสิร์จ ที่ระดับแรงดันใช้งานได้อย่างถูกต้อง อยู่ในค่าความเที่ยงตรงที่ยอมรับได้ โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าตามคุณลักษณะ ทางกระแสและแรงดัน (V – I characteristic) ไปในทิศทางที่สอดคล้องกันกับผลการจำลอง สภาพการทำงานของกับดักเสิร์จด้วยโปรแกรม MATLAB (MATLAB simulation) มีการออกแบบเพื่อชดเชยความคลาดเคลื่อนจากส่วนประกอบแรงดันฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 ที่ปนอยู่ในแรงดันของระบบ ด้วยการตรวจจับสัญญาณแรงดันคร่อมกับดักเสิร์จ ส่งผ่านอุปกรณ์รับข้อมูล NI USB-6009 DAQ เข้าคอมพิวเตอร์ แล้วนำสัญญาณแรงดันไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม LabVIEW หาส่วนประกอบแรงดันฮาร์โมนิกที่ 3 ทั้งขนาดและมุมเฟสเทียบกับค่าแรงดันที่ความถี่พื้นฐาน (fundamental frequency) เพื่อหาค่าชดเชยความคลาดเคลื่อนที่เหมาะสม

วงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จที่สร้างขึ้นนี้ สามารถนำไปใช้ตรวจสอบสถานะของกับดักเสิร์จที่ติดตั้งใช้งานจริงอยู่ในระบบได้ โดยไม่ต้องใช้สัญญาณแรงดันของระบบเป็นสัญญาณอ้างอิง ซึ่งจะวัดค่ากระแสรั่วความต้านทานได้อย่างถูกต้องเมื่อไม่มีส่วนประกอบแรงดันฮาร์โมนิกที่ 3 ปนอยู่ในแรงดันระบบ เนื่องจากในทางปฏิบัติการรับสัญญาณแรงดันคร่อมกับดักเสิร์จเข้ามาวิเคราะห์ เพื่อชดเชยค่าความคลาดเคลื่อนค่อนข้างจะยุ่งยาก ถึงแม้ว่าวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จที่ออกแบบไว้จะสามารถคำนวณและชดเชยค่าความคลาดเคลื่อนได้ก็ตาม

จากงานวิจัยพบว่า การนำโปรแกรม MATLAB มาใช้จำลองการทำงานของกับดักเสิร์จมีประโยชน์อย่างมากในการศึกษาลักษณะเฉพาะทางความต้านทานซึ่งไม่เป็นเชิงเส้นตรง เมื่อมีการปรับค่าพารามิเตอร์ k และ α ได้อย่างเหมาะสมสำหรับกับดักเสิร์จที่ต้องการศึกษา และโปรแกรม LabVIEW ซึ่งใช้งานสะดวก และง่ายต่อการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน สามารถทำให้เราสามารถ วิเคราะห์ คำนวณ และชดเชยความคลาดเคลื่อนตามเงื่อนไขต่างๆ ที่มีได้หลากหลาย สามารถแก้ไขเพิ่มเติม ได้โดยไม่ต้องปรับปรุงเปลี่ยนแปลงทางฮาร์ดแวร์ อีกทั้งยังพัฒนาให้เก็บและ

สร้างฐานข้อมูลของกับดักเสิร์จแต่ละตัวเพื่อใช้ประเมินการเสื่อมสภาพ และแนวโน้มของความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ ก่อนที่จะเกิดปัญหากับระบบกำลังไฟฟ้า

5.2 ปัญหาในการดำเนินการวิจัย

ในการทดสอบหาความคลาดเคลื่อนจากการวัด ไม่สามารถหาได้โดยตรง เพราะไม่ทราบค่ากระแสรั่วไหลความต้านทานที่แท้จริงของกับดักเสิร์จได้ การทดสอบในงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าความเบี่ยงเบน (deviation) ที่ได้จากการวัดค่ากระแสรั่วความต้านทาน (I_r) ของวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จ กับการวัดด้วยออสซิลโลสโคปโดยใช้แรงดันเป็นสัญญาณอ้างอิง เพื่อดูแนวโน้มของค่าที่อ่านได้ โดยอาศัยข้อมูลจากการจำลองในโปรแกรม MATLAB เป็นข้อมูลอ้างอิงในการประเมินการทำงาน

ค่าความเบี่ยงเบนระหว่างการทดสอบวัดค่ากระแส I_r ของวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จ เทียบกับการวัดด้วยออสซิลโลสโคปโดยใช้แรงดันเป็นสัญญาณอ้างอิง ส่วนหนึ่ง เป็นผลมาจากความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่า โดยเฉพาะเมื่อวัดด้วยออสซิลโลสโคป ซึ่งต้องอ่านค่ากระแส I_r ตรงตำแหน่งค่ายอดของแรงดันอ้างอิง ($dU/dt = 0$) จะมีโอกาสในการอ่านค่าผิดพลาดได้ง่าย นอกจากนี้การทดสอบในสภาพที่ไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ การวัดค่าในช่วงเวลาที่ต่างกัน ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าแตกต่างกัน อันเป็นผลมาจากอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้น ซึ่งมีผลต่อกระแสรั่วไหลของกับดักเสิร์จ อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่าค่าลิเนียร์ริตี้ (linearity) ของเส้นคุณลักษณะ ทางกระแสและแรงดันของกับดักเสิร์จ ที่วัดด้วยวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จในงานวิจัยนี้ มีความเบี่ยงเบนน้อยกว่า การวัดด้วยออสซิลโลสโคป

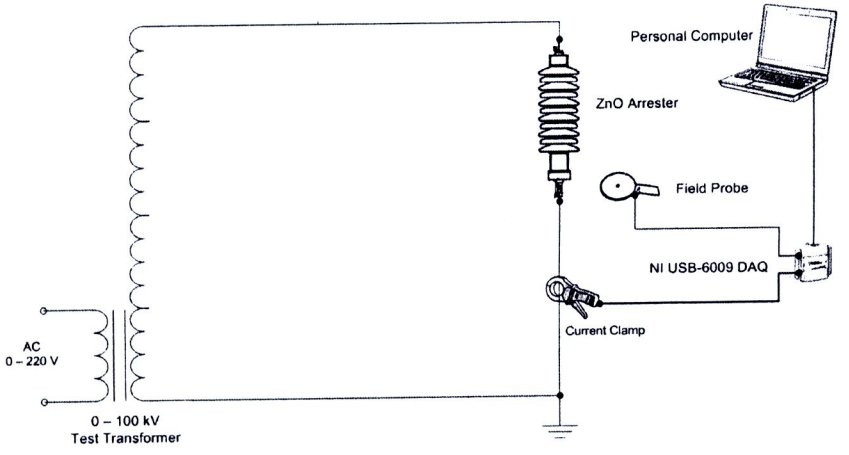
จากการทดสอบการทำงานของวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จ ทั้งการวัดด้วยวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จในงานวิจัยนี้ และการวัดด้วยออสซิลโลสโคป ตลอดการทดสอบพบว่า ไม่มีส่วนประกอบฮาร์โมนิกส์ลำดับที่ 3 ในแรงดันทดสอบ ซึ่งใช้เป็นแรงดันอ้างอิง ดังนั้นจึงไม่สามารถทดสอบหาความคลาดเคลื่อนจากส่วนประกอบฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 ในแรงดันของระบบได้ เนื่องจากในทางปฏิบัติ ไม่สามารถหาแหล่งจ่ายฮาร์โมนิกแรงดันสูง ที่สามารถควบคุมได้ทั้งขนาดของส่วนประกอบฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 และมุมเฟสของส่วนประกอบฮาร์โมนิก เทียบกับค่าที่คามถี่พื้นฐาน (50 Hz Fundamental)

5.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อข้อเสนอแนะในการแก้ไข ปรับปรุง และพัฒนา จะประกอบด้วย การพัฒนาอุปกรณ์ที่เกี่ยวเนื่องในการวัด โดยศึกษาและออกแบบสร้างเพื่อทดแทนการนำเข้า และการศึกษาเพื่อพัฒนาวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จที่สร้างขึ้น โดยมุ่งไปในประเด็นที่ยังไม่ได้มีการชดเชยความคลาดเคลื่อนในงานวิจัยนี้ ดังต่อไปนี้

5.3.1 ออกแบบ พัฒนา และสร้าง เซ็นเซอร์ตรวจจับสัญญาณกระแสรั่วไหลในย่านกระแสต่ำมาก ระดับไมโครแอมป์ ขึ้นใช้เอง โดยให้มีความเที่ยงตรง และความน่าเชื่อถือสูง อยู่ในระดับใช้งานในอุตสาหกรรม (industrial grade) เนื่องจากแคลมป์วัดกระแส (current clamp) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และมีราคาแพง ทางเลือกหนึ่งที่เป็นไปได้คือ ใช้เซ็นเซอร์ฮอลล์เอ็ฟเฟ็ค แบบที่ทำงานเป็นเชิงเส้นตรง (linear Hall-effect) ซึ่งมีความไวในการวัดสัญญาณสูง และมีการรบกวนจากสนามไฟฟ้าต่ำ เมื่อมีการออกแบบวงจรสนามแม่เหล็กที่เหมาะสม เหมาะแก่การนำมาใช้วัดกระแสย่านต่ำมากระดับไมโครแอมป์

5.3.2 ออกแบบ พัฒนา และสร้าง โพรบรับสัญญาณแรงดันของระบบ (field probe) แบบไม่ต้องวัดผ่านหม้อแปลงแรงดัน (potential transformer) โดยอาศัยหลักการวัดสนามไฟฟ้าของแรงดันระบบ (electric field) เพื่อหาค่าชดเชยความคลาดเคลื่อนจากส่วนประกอบฮาร์โมนิกที่ 3 ของแรงดัน ทั้งนี้เพื่อความสะดวกสำหรับการนำไปใช้งานภาคสนาม ดังแสดงการติดตั้งและเชื่อมต่อสัญญาณเข้า วงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จ ในรูปที่ 5.1

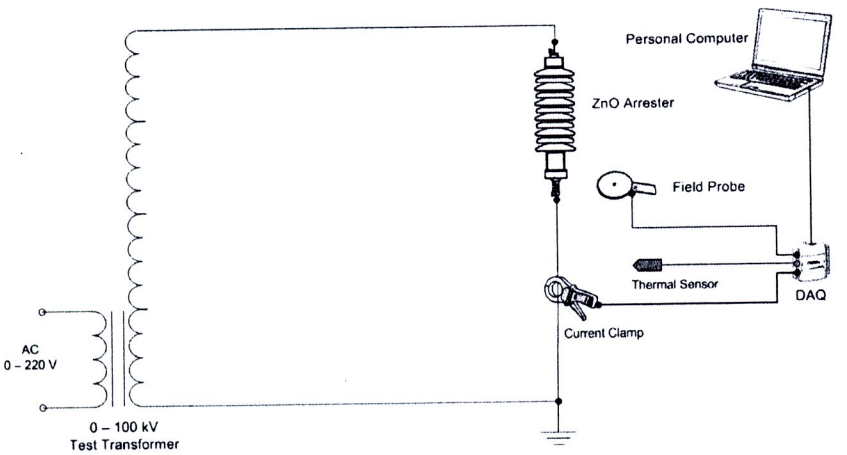


รูปที่ 5.1 แสดงการติดตั้งและเชื่อมต่อสัญญาณโพรบวัดสนามไฟฟ้า เข้ากับวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

5.3.3 การออกแบบเพื่อชดเชยความคลาดเคลื่อนในการวัด จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวาริสเตอร์บล็อก (varistor block) ภายในกับดักเสิร์จ โดยการติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิ (thermal sensor หรือ thermal probe) แต่เนื่องจากขณะทำการวัดกระแสรั่วไหลของกับดักเสิร์จ จะไม่สามารถทราบค่าอุณหภูมิที่แท้จริงของวาริสเตอร์บล็อก จึงทำได้เพียงประเมินหาค่าจากอุณหภูมิแวดล้อม ซึ่งจากรายงานการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ถึงแม้ว่าโดยทั่วไปอุณหภูมิการทำงานของกับดักเสิร์จเนื่องจากความร้อนพลังงานสูญเสียในตัวต้านทาน จะสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อมเพียงไม่กี่องศา แต่ก็ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานภายในวาริสเตอร์บล็อกค่อนข้างมาก ส่งผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนของกระแสรั่วความต้านทานที่วัดได้จากวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จที่สร้างขึ้นนี้

รูปที่ 5.2 แสดงการติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิแวดล้อม เพื่อนำค่าที่วัดได้ไปคำนวณในโปรแกรม LabVIEW เพื่อหาค่าชดเชยความคลาดเคลื่อนที่เหมาะสม จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกับดักเสิร์จ



รูปที่ 5.2 แสดงการติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิ เพื่อชดเชยความคลาดเคลื่อนจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวาริสเตอร์บล็อกภายในกับดักเสิร์จ

5.3.4 จากผลการศึกษาในโครงการวิจัยนี้ สามารถนำไปพัฒนาเพื่อออกแบบวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จ โดยไม่ต้องใช้ตัวรับข้อมูล NI USB-6009 DAQ และโปรแกรม LabVIEW ในการรับและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาค่ากระแสรั่วความต้านทาน ทางเลือกที่เป็นไปได้คือ ใช้วิธีการประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP (digital signal processing) หรือใช้การออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) ซึ่งมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่า และสามารถนำไปใช้งานได้โดยอิสระตามลำพัง (standalone) ไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ตลอดเวลา