บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

เครื่องวิเคราะห์ดีสชาร์จบางส่วนที่ออกแบบสร้างนี้มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน IEC60270 ตามที่ได้ทำการทดสอบมาแล้วในบทที่ 4 ซึ่งสามารถสรุปเป็นข้อๆได้ดังนี้

1) อิมพีแดนซ์ถ่ายโอน *Z(f)* มีคุณสมบัติคือ f_1 = 40 kHz, f_2 = 420 kHz, Δf = 380 kHz

2) อุปกรณ์รับสัญญาณ (CD) มีคุณสมบัติดังนี้ กระแสอินพุตสูงสุด = 1 A_{rms} และอิมพีแดนซ์ขาเข้าในช่วงแถบผ่าน = 75 Ω

3) ความไว q_{min} ดีกว่า 1.0 pC ที่ $C_k = C_a$ = 1 nF

4) เวลาแยกชัด T_r มีค่าเท่ากับ 8.5 μs ที่ C_k = 1 nF

5) การขจัดสัญญาณรบกวนโดยวิธีหน้าต่างเวลา สามารถกำหนดได้ทั้งหมด 10 ช่วง สามารถปรับมุมเริ่มต้นและความกว้างตามความต้องการของผู้ใช้

6) พิกัดแรงดันทดสอบ $U_{t(max}$ เท่ากับ 70 kV_{rms} ที่ C_k = 1 nF

7) การแสดงผล แสดงผลทางจอภาพของคอมพิวเตอร์และพิมพ์รายงานผลการตรวจจับและวิเคราะห์ PD ได้ทางเครื่องพิมพ์

8) แหล่งจ่าย ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V_{rms} (± 10 %) , 50 Hz

9) เทคนิคการวินิจฉัยสาเหตุการเกิด PD ทำได้โดย

การบันทึกรูปแบบการเกิด PD : บันทึกการกระจาย $H_n(\phi, q)$ ลงในไฟล์

การหาค่าคุณลักษณะ : คำนวณคุณลักษณะแฟรกตัลจากการกระจาย $H_n(\phi, q)$

การจำแนกสาเหตุ · พิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นไทล์โดยใช้วิธี Centour score

เครื่องวิเคราะห์ดีสชาร์จบางส่วนในอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงดันสูงนี้มีลักษณะเด่นคือ ใช้ตัวเก็บประจุคับปลิงขนาดเล็กเพียง 1 นาโนฟารัดก็ให้ความไวในการวัดเพียงพอ ใช้ตัวเก็บประจุคับปลิงเป็นภาคแรงดันสูงของโวลเตจดิไวเดอร์ไปในตัว จึงทำให้ประหยัดทั้งค่าอุปกรณ์และพลังงานในส่วนที่ต้องจ่ายให้กับวงจรโวลเตจดิไวเดอร์ การออกแบบระบบวัดเน้นการใช้งานที่ง่าย ทำให้มีความสะดวกในการติดตั้งและทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยมีต้นทุนในการประกอบสร้างต่ำกว่าเครื่องที่สั่งซื้อจากต่างประเทศมาก นอกจากนี้แล้ว การออกแบบเครื่องวิเคราะห์ดีสชาร์จบางส่วนให้ใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน และใช้ FPGA ในวงจรดิจิตอลทำให้เครื่องมีความสามารถในด้านต่างๆ

สูงกว่าเครื่องที่เป็นระบบแอนะลอกโดยทั่วไป กล่าวคือ ในการตรวจจับ PD นั้นเครื่องสามารถประมวลผลสัญญาณ PD ได้ก่อนนำไปแสดงผลแบบเวลาจริง สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องได้สะดวกและสามารถแสดงผลสัญญาณได้หลากหลายรูปแบบตามที่กำหนดไว้ในซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้น ในการวิเคราะห์ PD นั้น เครื่องสามารถบันทึกข้อมูลลงในไฟล์ คำนวณค่าคุณลักษณะ และจำแนกสาเหตุของการเกิด PD ได้โดยไม่มีขีดจำกัดเรื่องความซับซ้อนของอัลกอริทึมที่ใช้คำนวณ นอกจากนั้นเครื่องที่ออกแบบสร้างยังสามารถทำการวิเคราะห์ PD แบบอัตโนมัติได้

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในภาคตรวจจับ PD เนื่องจากไอซีวงจรขยายแบบปรับค่าได้ต่อเนื่องซึ่งเป็นส่วนแรกของเครื่องมือวัดจะรับสัญญาณ PD มาจากอุปกรณ์รับสัญญาณโดยตรง ทำให้มีโอกาสที่จะเกิดขนาดสัญญาณเกินพิสัยของแรงดันขาเข้าของวงจรขยายเมื่อสัญญาณ PD มีขนาดใหญ่มาก การแก้ปัญหาสามารถทำได้โดยออกแบบให้มีวงจรเลือกระดับการลดทอนสัญญาณแบบไม่ไวงานเป็นวงจรส่วนแรกที่รับสัญญาณมาจากอุปกรณ์รับสัญญาณ ก่อนจะส่งผ่านสัญญาณไปยังไอซีวงจรขยายแบบปรับค่าได้ต่อเนื่อง โดยอาจออกแบบให้สามารถเลือกการลดทอนสัญญาณลงเป็นขั้นๆ เช่น ลดทอนได้ 3 ระดับ คือ 100 เท่า 10 เท่า และ ไม่ลดทอนเลย (ต่อตรง) เป็นต้น โดยอาจใช้ reed relay หรือไอซีที่เป็นสวิตช์สัญญาณแอนะลอก เป็นตัวควบคุมการลดทอน ข้อเสนอแนะสำหรับภาคตรวจจับ PD คือ เนื่องจากในปัจจุบันนี้ การควบคุมและบันทึกข้อมูลจากการทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบพกพาได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากมีความสะดวกและคล่องตัวสูง แต่การออกแบบวงจรตรวจจับ PD ในลักษณะ ISA expansion card เพื่อใช้งานกับคอมพิวเตอร์ในลักษณะนี้ไม่สามารถทำได้เนื่องจากคอมพิวเตอร์แบบพกพาไม่ใช้บัส ISA ทางออกหนึ่งที่สามารถทำได้คือการออกแบบวงจรให้เป็นสัดส่วนแยกกับตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีการอินเตอร์เฟสกันโดยใช้การสื่อสารบนระบบบัสแบบ USB (Universal serial bus) ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพเป็นสายสัญญาณเชื่อมต่อจากพอร์ต USB ในส่วนของวงจรตรวจจับ PD ไปยังพอร์ต USB ของคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำให้การตรวจจับ PD ด้วยคอมพิวเตอร์แบบพกพาสามารถทำได้ นอกจากนั้นแล้ว ในแผงวงจรหลักของคอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ๆ มีแนวโน้มที่จะใช้บัส ISA น้อยลง หรือไม่ใช้เลย จึงเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้จำเป็นจะต้องมีการพัฒนาเครื่องวิเคราะห์ดีสชาร์จบางส่วนที่ใช้การอินเตอร์เฟสแบบ USB ขึ้นมาทดแทน

ในภาควิเคราะห์ PD นั้น เนื่องจากอัลกอริทึมการคำนวณค่าคุณลักษณะแฟรกตัลที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีข้อน่าสังเกตอยู่ที่ค่าคุณลักษณะแฟรกตัลที่คำนวณได้จะขึ้นกับตัวแปรหลายอย่างในการตรวจจับและข้อมูล เช่น ขนาดของเมตริกซ์การกระจาย $H_n(\phi, q)$ จะต้องไม่ใหญ่หรือเล็กเกิน

ไป จำนวนข้อมูลที่บันทึกได้จะต้องพอเหมาะ ระดับเทรชโฮลด์ของสัญญาณจะต้องเหมาะสม เป็นต้น ทั้งที่ตามทฤษฎีแล้วค่าคุณลักษณะแฟรกตัลจะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามตัวแปรต่างๆเนื่องจากรูปทรงที่มีคุณสมบัติแฟรกตัลจะมีคุณสมบัติ "scalable" ทำให้อาจเกิดความไม่สะดวกขึ้นบ้างในการใช้งานสำหรับผู้ทดสอบ เนื่องจากต้องปรับค่าตัวแปรให้มีความเหมาะสมก่อนทำการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิด PD ซึ่งในบางครั้งการที่จะทราบว่าค่าตัวแปรที่ตั้งไว้มีความเหมาะสมหรือไม่จะทราบได้หลังจากที่ได้บันทึกข้อมูลเสร็จสิ้นไปแล้ว ในบทความระดับนานาชาติได้มีการตั้งข้อสังเกตในลักษณะนี้เช่นกันสำหรับการนำอัลกอริทึมดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ เนื่องจากอัลกอริทึมนี้ไม่เหมาะสำหรับพื้นผิวการกระจายที่มีความขรุขระมาก หรือความยาวด้านของ "กล่อง"ที่ใช้ในการนับจำนวนจุดข้อมูลบนพื้นผิวการกระจายมีค่ามากกว่าระยะห่างระหว่างจุดข้อมูลไม่มากพอ เพราะจะทำให้ผลของการควอนไทซ์ข้อมูลปรากฏขึ้นอย่างชัดเจน แนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวก็ได้มีการนำเสนออยู่เสมอๆ เนื่องจากการวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล PD โดยใช้แฟรกตัลยังเป็นเรื่องที่มีการศึกษาวิจัยมายังไม่นานนัก อย่างไรก็ตาม จากการประเมินผลการทดสอบโดยใช้อัลกอริทึมดังกล่าวได้แสดงให้เห็นว่า หากเงื่อนไขตัวแปรในการตรวจจับและบันทึกข้อมูลมีความเหมาะสมแล้ว การจำแนกสาเหตุของการเกิด PD จะมีความถูกต้องในระดับที่น่าพอใจ