บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

เครื่องตรวจจับดีสชาร์จบางส่วนที่ออกแบบสร้างนี้ มีคุณสมบัติได้ตามที่มาตรฐาน IEC กำหนดทุกประการ ตามที่ได้ทำการทดสอบมาแล้วในบทที่ 4 ซึ่งสามารถสรุปเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

1) วงจรรับสัญญาน PD สำหรับวัสดุทดสอบทั่วไป
   - ก) กระแสอินพุตสูงสุด — 1 $A_{(rms)}$
   - ข) แบนด์วิดท์ — 20-200 kHz
   - ค) อินพุตอิมพีแดนซ์(ช่วง pass-band) — 100
2) วงจรรับสัญญาน PD สำหรับเคเบิลยาว
   - ก) กระแสอินพุตสูงสุด — 1 $A_{(rms)}$
   - ข) แบนด์วิดท์ — 10-200 kHz
   - ค) อินพุตอิมพีแดนซ์(ช่วง pass-band) — 80
3) ความไว (Sensitivity = q_{min})
   - ก) สำหรับวัสดุทั่วไป — < 1 pC ที่ $C_k=C_c=1nF$
   - ข) สำหรับเคเบิลยาว — < 5 pC ที่ $C_k=10nF, Z_o=10$
4) ลักษณะสัญญานเอาต์พุต — α - response
5) เวลาแยกชัด (Resolution time) สำหรับการทดสอบเคเบิล — 1 μS
6) มิเตอร์
   - ก) พิโคคูลอมบ์มิเตอร์ (มิเตอร์อ่านค่ายอด) — 0-199.9pC(xCorrection)<±10%
   - ข) กิโลโวลต์มิเตอร์ — 0-199.9kV<±2% ต่อจากภาคแรงต่ำของ Voltage divider ratio 1:1000
7) หน้าต่างเวลา (Time window) 2 ชุด
   - ก) ความกว้าง (Width) — > 3° - 190°

	ข) ตำแหน่ง (Position)	$> 3^{\circ} - 190^{\circ}$
8)	การแสดงผลทางจอออสซิลโลสโคป (แนะนำ Tektronic 465)	X = 1 V/DIV(DC) Y = 1 V/DIV(DC) Z = Negative going T = (X-Y) หรือ 2 mS/DIV(LINE) CH2 (เลือกสัญญาณเข้า)
9)	การแสดงผลทางเครื่องบันทึก (X-Y recorder) (V_{crt} = ค่ายอดสูงสุดของ PD ที่จอภาพ)	X = แรงดัน HV./10^5 Y = log ($V_{crt}/20x10^{-3}$)
10)	แหล่งจ่าย	220 $V_{(rms)}$, 50 Hz
11)	เครื่องกำเนิดพัลส์มาตรฐาน	
	ก) วงจรปรับเทียบดีสชาร์จมาตรฐาน	q_o = 5, 20 และ 100 pC ช่วงเวลาขึ้น(Rise time)<20nS
	ข) วงจรกำเนิดพัลส์คู่	ความกว้าง(Width)=110 nS Δt = 0.2-140 μS

เครื่องตรวจจับ PD ที่ออกแบบสร้างมีลักษณะเด่นคือ เกิดปัญหาเรื่องกราวด์ลูป (Ground loop) น้อยมากเนื่องจากเราออกแบบให้วงจรรับสัญญาณ PD หรืออิมพีแดนซ์วัด เป็นแบบ "แอกตีฟ" โดยการบรรจุวงจรขยายสัญญาณภาคแรก (พรีแอมปลิไฟเออร์) ไว้ที่วงจรรับสัญญาณ PD โดยตรง ดังนั้นความสามารถในการลดสัญญาณรบกวนเนื่องจากกราวด์ลูป จึงเท่ากับอัตราขยายสัญญาณนั่นเอง ข้อดีอีกประการหนึ่งของเครื่องที่ออกแบบก็คือการที่เราออกแบบวงจรรับสัญญาณ PD ให้เป็นตัวกรองความถี่กลางที่มีความชัน (Slope) ประมาณ -80 dB/Decade ทางด้านความถี่ตัดสูงและความถี่ตัดต่ำ ทำให้การกำจัดสัญญาณรบกวนที่อยู่ภายนอกช่วง pass-band ทำได้ดีมาก กล่าวคือสามารถลดสัญญาณรบกวนความถี่ต่ำเช่น ฮาร์มอนิกต่างๆ ได้ดี ทำให้วงจรขยายสัญญาณภาคแรกๆไม่เกิดการคลิปของสัญญาณเนื่องจากการรับแรงดันอินพุตที่ความถี่ของแหล่งจ่ายสูงเกินไปและแทบจะไม่เกิดปัญหาเรื่องการออสซิลเลตที่ความถี่ต่ำ (Low frequency oscillation) เนื่องจากฮาร์มอนิกสูงๆ เข้าวงจรทดสอบในขณะที่ทำการป้อนแรงดันสูง (HV) ด้วยเหตุนี้เครื่องที่เราออกแบบสามารถทดสอบได้โดยไม่จำเป็นต้องมีตัวกรองที่แหล่งจ่ายในกรณีที่สัญญาณรบกวนจากแหล่งจ่ายหรือฮาร์มอนิกต่างๆ มีไม่มากนัก ในขณะเดียวกันเครื่องที่ออกแบบนี้ยังมีชีดความ

สามารถในการกำจัดสัญญาณรบกวนความถี่สูงเช่น คลื่นรบกวนวิทยุได้ดีอีกด้วย นอกจากนี้ การกำจัดสัญญาณรบกวนเนื่องจากการทำงานของพวกอุปกรณ์สวิตช์เช่น ไธริสเตอร์ สามารถทำได้โดยใช้วงจร "หน้าต่างเวลา"(Time window) ในการสวิตช์ตัดไม่ให้สัญญาณรบกวนนี้ไปปรากฏที่เอาต์พุต ในกรณีที่สัญญาณรบกวนมีมากจนวงจร "หน้าต่างเวลา" ไม่สามารถกำจัดได้หมด การวัด PD อาจทำได้โดยการแสดงผล PD ในแนวราบ แล้วจึงอ่านค่า PD โดยตรงจากออสซิลโลสโคป

จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดทำให้เครื่องตรวจจับ PD ที่ออกแบบสร้างนี้สามารถใช้ตรวจจับหรือวัด PD ในห้องทดสอบธรรมดาได้ ไม่จำเป็นต้องใช้ห้องชีลด์และตัวกรองความถี่ต่ำ(Low-pass filter) ที่แหล่งจ่ายในกรณีที่มีสัญญาณรบกวนไม่มากนัก ปกติการวัดจะให้ความไวประมาณ 3 พิโคคูลอมบ์ เมื่อแสดงผลทางมิเตอร์ และประมาณ 1 พิโคคูลอมบ์ เมื่อใช้เทคนิคการแสดงผลบนฐานเวลาแบบวงรีหรือไซน์ในแนวราบทางจอออสซิลโลสโคปโดยทำการทดสอบที่ $C_k = C_t = 1$ นาโนฟารัด เป็นผลสำเร็จจากการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นมาตามลำดับ เครื่องตรวจจับ PD ที่ออกแบบสร้างนี้สามารถประกอบสร้างโดยใช้วัสดุและองค์ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่จัดซื้อได้ภายในประเทศทั้งหมด การออกแบบเน้นการใช้งานที่ง่าย ทำให้มีความสะดวกในการติดตั้งและทดสอบได้ทั้งในห้องปฏิบัติการและโรงงานอุตสาหกรรม

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

การออกแบบตัวกรองสัญญาณให้มีอันดับสูงๆ จะทำให้แบนด์วิดท์สมมูลของเครื่องแคบลง ผลที่ติดตามมาก็คือ ความไวของเครื่องวัดจะลดลงตามไปด้วย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เครื่องที่ออกแบบสร้างเมื่อใช้ทดสอบเคเบิลจะทำให้มีความไวค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับของต่างประเทศ จากปัญหานี้เองทำให้เราพัฒนาวงจรรับสัญญาณ PD ขึ้นมาใหม่ โดยแยกเป็นวงจรรับสัญญาณ PD สำหรับวัสดุทั่วไปและวงจรรับสัญญาณ PD สำหรับเคเบิลยาวโดยเฉพาะ โดยที่วงจรแรกเราทำการลดแบนด์วิดท์จาก 20 ถึง 270 กิโลเฮิร์ตซ์ เป็น 20 ถึง 200 กิโลเฮิร์ตซ์ ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องดีขึ้น ส่วนวงจรที่ 2 ทำการลดแบนด์วิดท์เหลือเพียง 10 ถึง 200 กิโลเฮิร์ตซ์ และทำการลดอันดับของตัวกรองความถี่สูงจากอันดับที่ 4 มาเป็นอันดับที่ 1 ทำให้ความไวของเครื่องตรวจจับ PD เพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่า แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการกำจัดสัญญาณรบกวนลดลงเล็กน้อย

ฉะนั้นการพัฒนาเครื่องตรวจจับ PD จึงอยู่ที่ว่าทำอย่างไรจึงจะสามารถออกแบบตัวกรองความถี่กลางที่มีอันดับสูงกว่านี้ แบนด์วิดท์แคบกว่านี้ โดยให้เอาต์พุตเป็นแบบ

"๔-response" อยู่เช่นเดิม ความไวลดลงไม่มากนักเมื่อใช้ทดสอบเคเบิลยาว และต้องควบคุมเวลาแยกชัดให้มีค่าประมาณ 4 ถึง 6 ไมโครวินาที เพื่อให้สามารถทดสอบเคเบิลแรงสูงได้ทั้งมาตรฐาน IEC และ NEMA (ICEA)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย