



## วิเคราะห์ผลการทดสอบ และสรุปผล

### 7.1 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบสร้างกระแสिमพัลส์รูปคลื่น 8/20  $\mu\text{s}$  และ 4/10  $\mu\text{s}$  ของเครื่องกำเนิดกระแสिमพัลส์ และการทดสอบใช้งานจริงสามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

1) ลักษณะสมบัติของรูปคลื่นกระแสिमพัลส์ที่สร้างขึ้นซึ่งประกอบด้วย เวลาค้นขึ้น เวลาค้นลง และค่ายอดกระแสิมพัลส์ตรงข้าม นั้นมีค่าสอดคล้องตามที่มาตรฐาน IEC 60-1 [3] กำหนดดังแสดงในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 ลักษณะสมบัติของรูปคลื่นกระแสिमพัลส์ที่สร้างได้

	ลักษณะสมบัติ รูปคลื่นกระแสिमพัลส์	รูปคลื่น 4/10 $\mu\text{s}$		รูปคลื่น 8/20 $\mu\text{s}$	
		ค่ามาตรฐาน	ค่าที่สร้างได้	ค่ามาตรฐาน	ค่าที่สร้างได้
1	เวลาค้นขึ้น $T_r$ ( $\mu\text{s}$ )	3.5-4.5	4.14	7-9	7.95
2	เวลาค้นลง $T_f$ ( $\mu\text{s}$ )	9-11	10.87	18-22	21.00
3	ค่ายอด (%)	90-110	109	90-110	90
4	ค่ายอดกระแสิมพัลส์ตรงข้าม	< 20% ของค่ายอด	12	< 20% ของค่ายอด	18

2) ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดกระแสिमพัลส์ที่สร้างขึ้นนั้น กรณีรูปคลื่น 8/20  $\mu\text{s}$  มีประสิทธิภาพ 54 % ใกล้เคียงกับประสิทธิภาพที่ได้ออกแบบไว้ 55% ส่วนกรณีรูปคลื่น 4/10  $\mu\text{s}$  มีประสิทธิภาพ 46 % ต่ำกว่าประสิทธิภาพที่ได้ออกแบบไว้ที่ 55% เนื่องจากค่าความเหนี่ยวนำที่มีอยู่ในวงจรเกินกว่าค่าที่ได้ออกแบบไว้ ทำให้อิมพีแดนซ์ในวงจรสูงกว่าที่ออกแบบ ส่งผลให้การสูญเสียพลังงานสูงขึ้น

3) เครื่องกำเนิดกระแสिमพัลส์ที่สร้างขึ้น สามารถใช้ทดสอบแรงดันค้างเหลือของกับดักเสิร์จ โดยใช้รูปคลื่น 8/20  $\mu\text{s}$  ตามมาตรฐาน ทั้งชนิดที่มีแก๊ป [16] และชนิดที่ไม่มีแก๊ป [1] นอกจากนี้ยังสามารถทดสอบความคงทนของกับดักเสิร์จ โดยใช้รูปคลื่นกระแสिमพัลส์ 4/10  $\mu\text{s}$  ที่สามารถให้กระแสสูงสุดได้ถึง 65kA ตามที่มาตรฐานกำหนดไว้เช่นกัน

4) การใช้สปาร์กแก๊ปที่มีไกสวิตช์ทำให้สามารถกำหนดให้เกิดสปาร์กได้เมื่อต้องการ

5) การวัดกระแสอิมพัลส์โดยใช้โรกอปสก็คอยล์ที่ออกแบบสร้างขึ้นมาใหม่มีค่าใช้จ่ายในการสร้างถูกมาก เมื่อเทียบกับที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศอีกทั้งประสิทธิภาพและผลการทดสอบสามารถใช้งานได้เหมือนกัน

6) เครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ ยกเว้นตัวเก็บประจุ และโรกอปสก็คอยล์ เป็นอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเองทำให้เข้าใจถึงชิ้นส่วนต่างๆอย่างละเอียดจึงสามารถดัดแปลงแก้ไขได้ง่ายเมื่อต้องการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง

## 7.2 สรุปผล

การออกแบบสร้างเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ขนาด 75 kA 30 kJ เพื่อใช้สร้างกระแสอิมพัลส์รูปคลื่นทดสอบกับดักเลิฟิจตามที่มาตรฐานกำหนด จะอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ ความต้านทาน กับลักษณะรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ สรุปผลได้ดังนี้

1) เครื่องกำเนิดที่สร้างนั้นมีขนาด 75 kA 30 kJ สามารถสร้างกระแสอิมพัลส์รูปคลื่น 8/20  $\mu$ s และ 4/10  $\mu$ s ที่มีลักษณะสมบัติได้ตามที่มาตรฐานกำหนด

2) องค์ประกอบของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ ประกอบด้วยตัวเก็บประจุอิมพัลส์ ขนาด 2  $\mu$ F 50 kV จำนวน 12 ตัวต่อขนานกัน ความต้านทานแบบมีความเหนี่ยวนำทำด้วยลวดความต้านทาน NiCr คั่นด้วยเอ็นสำหรับสร้างรูปคลื่น 8/20  $\mu$ s มีค่า  $R = 0.32 \Omega$ ,  $L = 2 \mu$ H และ ความต้านทานแบบไร้ความเหนี่ยวนำทำด้วยลวดความต้านทาน NiCr คั่นด้วยเอ็นสำหรับสร้างรูปคลื่น 4/10  $\mu$ s มีค่า  $R = 0.16 \Omega$ ,  $L = 0 \mu$ H

3) การวัดกระแสอิมพัลส์โรกอปสก็คอยล์ชนิด RC integrator ที่ออกแบบสร้างขึ้นเองมีคุณสมบัติสอดคล้องตามที่มาตรฐานกำหนด โดยสามารถใช้วัดกระแสอิมพัลส์ได้ถึง 100 kA

4) เครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ที่สร้างขึ้นสามารถใช้ทดสอบกับดักเลิฟิจในระบบ 7 kV ได้

5) วัสดุที่ใช้สร้างส่วนใหญ่เป็นวัสดุที่ผลิตได้เองในประเทศและผู้วิจัยออกแบบทำเอง

6) นอกจากใช้เพื่อการศึกษาทดลองในสถาบันการศึกษาแล้วยังสามารถไปใช้ในงานวิจัยทดสอบของสถาบันการทดสอบ และโรงงานอุตสาหกรรม

7) ชุดเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ พร้อมอุปกรณ์วัดโรกอปสก็คอยล์ ได้แนวคิดมาจากรายงานการวิจัยในต่างประเทศ และการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นมาเองตามลำดับ ซึ่งนับเป็นพื้นฐานสำคัญที่มีประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัย และเป็นพื้นฐานในการออกแบบสร้างเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ระดับกระแสสูงขึ้นไป

8) เป็นต้นแบบให้สถาบันการศึกษาอื่น หรือสถาบันทดสอบนำไปออกแบบสร้าง โดยที่ต้นทุนการออกแบบสร้างราคาถูกกว่าสั่งนำเข้าจากต่างประเทศ

### 7.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบกับดักเสิร์จด้วยเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ที่สร้างขึ้น มีข้อเสนอแนะที่สามารถปรับปรุงแก้ไขได้ดังนี้

1) แรงดันพิกัดของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ จะถูกกำหนดโดยขนาดแรงดันพิกัดของตัวเก็บประจุ การออกแบบสร้างเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ในที่นี้ใช้ตัวเก็บประจุ  $2 \mu\text{F}$  50 kV จำนวน 12 ตัวต่อขนานกัน ได้แรงดันสูงสุดของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์เท่ากับ 50 kV ซึ่งไม่สามารถทดสอบกับดักเสิร์จที่มีขนาดแรงดันกำหนดเกิน 9 kV ได้ ดังนั้นเพื่อให้สามารถทำการทดสอบด้วยแรงดันที่สูงขึ้น จึงควรมีการจัดวางตัวเก็บประจุใหม่ เช่นใช้ตัวเก็บประจุ 2 ตัวมาต่ออนุกรมกันได้เป็น 6 ชุด แรงดันแต่ละชุด 100 kV แล้วนำทั้ง 6 ชุดมาขนานกัน ก็จะทำให้ได้ขนาดแรงดันของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์เท่ากับ 100 kV หรือ

2) ใช้วิธีดัดแปลงเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ที่มีแรงดันอัดประจุชั้นละ 100 kV หลายๆ ชั้นต่อขนานกันเป็นชุด แล้วเอาชุดที่ต่อขนานกัน 2 ชุดมาต่ออนุกรมกัน ได้แรงดันอัดประจุเป็น 200 kV จะช่วยให้สามารถทดสอบกับดักเสิร์จที่ประกอบสมบูรณ์ที่ระดับแรงดันสูงขึ้นไป

3) โรกอบสก็คอยล์ที่ออกแบบสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์วัดกระแสอิมพัลส์ ในโครงการนี้เป็นแบบเปิดอ่านไม่ได้ การวัดกระแสอิมพัลส์จำเป็นต้องปลดวงจรที่ต้องการวัดออกก่อน ดังนั้นเพื่อให้สามารถวัดกระแสอิมพัลส์ได้โดยไม่ต้องปลดวงจรออก จึงควรมีการออกแบบสร้างให้โรกอบสก็คอยล์สามารถเปิดอ่านได้ ซึ่งจะทำให้การวัดกระแสอิมพัลส์มีความสะดวกมากขึ้น