บทที่ 6

สรุปผลงานและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลงาน

หม้อแปลงทดสอบที่ประกอบสร้าง ใช้ท่อฉนวน พีวีซี เป็นตัวถังหม้อแปลง กระดาษคร๊าฟท์เป็นฉนวนระหว่างชั้นขดลวด และน้ำมันหม้อแปลงเป็นฉนวนแทรกซึมและระบายความร้อน หม้อแปลงที่สร้างขึ้นมี 2 ตัวด้วยกัน สามารถแยกใช้อิสระหรือนำมาต่อขั้นบันไดเพื่อให้ได้แรงดันที่สูงขึ้นได้ หม้อแปลงทั้งสองได้ผ่านการทดสอบ ตามมาตรฐาน IEC Publ. No. 76-1976 Power Transformer

6.1.1 ค่ากำหนดของหม้อแปลง

ค่ากำหนด		แต่ละตัว	ต่อขั้นบันได
กำลังไฟฟ้า S_n, kVA		5	10
แรงดัน - แรงดันต่ำ	U_1, V	220	220
แรงดันสูง	U_2, kV	50/100	100/200
ต่อควบ	U_3, V	250	250
กระแส - แรงดันต่ำ	I_1, A	11.36/22.73	22.73/45.46
แรงดันสูง	I_2, A	0.05	0.05
ต่อควบ	I_3, A		20
ความถี่ f, Hz		50	50
เปอร์เซ็นต์แรงดันไฟฟ้าลัดวงจร ϵ_{sc}	- ตัวที่ 1	4.25	17.27
	- ตัวที่ 2	4.43	

6.1.2 <u>รายละเอียดของขดลวดและการฉนวนของหม้อแปลงแต่ละตัว</u>

รายละเอียด	ขดลวดแรงต่ำ	ขดลวดแรงสูง	ขดลวดต่อควบ
ชนิดการพัน	ชั้นทรงกระบอก	ชั้นทรงกระบอก	ชั้นทรงกระบอก
จำนวนขดลวด , ชุด	2	1	1
ลวดอาบน้ำยาชนิด	PVF	PVF	PVF
พื้นที่ภาคตัดขวางของขดลวดตัวนำ, mm^2	4.289	0.07791	4.289
ความหนาแน่นของกระแสของขดลวดตัวนำ, A/mm^2	2.65	0.64	2.65
จำนวนรอบขดลวด, N รอบ	100/ชุด	45,115	114
แรงดันสูงสุดต่อรอบ (120%), V	2.66	2.66	2.66
แรงดันสูงสุดระหว่างชั้น (120%), V	185	2,234	185
ฉนวนระหว่างชั้น (กระดาษคร๊าฟท์), mm	2x0.08	2x0.08	2x0.08
ความต้านทานกระแสตรงที่ 75 °C (Ω), ตัวที่ 1	0.2067	7,913	0.5541
ตัวที่ 2	0.2062	8,115	0.5560

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1.3 ผลของการทดสอบ

รายละเอียด	หม้อแปลงทดสอบ	
	ตัวที่ 1	ตัวที่ 2
ก.) อัตราส่วนแรงดันของขดลวด		
- แรงดันสูง : แรงดันต่ำ	452.11:1	451.07:1
- แรงดันต่อควบ : แรงดันต่ำ	1.15:1	1.16:1
ข.) ความคงทนต่อแรงดันเกิน		
ทดสอบ 120% ของแรงดันกำหนด (100 kV)		
เป็นเวลา 1 นาที	ผ่านการทดสอบ	ผ่านการทดสอบ
ค.) ความคงทนต่อแรงดันจากตัวจ่ายอื่น		
ทดสอบเฉพาะขดลวดแรงดันต่ำ ป้อนแรงดันเข้า		
2500 V. 1 นาที	ผ่านการทดสอบ	ผ่านการทดสอบ
ง.) ค่าดิสชาร์จบางส่วนที่แรงดัน 100 kV, pC	ไม่เกิด	ไม่เกิด
จ.) อุณหภูมิเพิ่ม ทดสอบเฉพาะแบบ		
ขดลวดแรงดันสูง, °C	33.05	
ขดลวดแรงดันต่ำ, °C	54.82	
ขดลวดแรงดันต่อควบ	33.05	
ฉ.) ทดสอบใช้งาน		
หม้อแปลงทดสอบต่อขั้นบันได		
ทดสอบวาบไฟตามผิวแห้งของลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้า	ใช้งานได้ดี	
แบบ 56-3 มีแรงดันวาบไฟตามผิวแห้งตามที่		
ทดสอบเท่ากับ 135 kV		
ทดสอบติดต่อกัน 100 ครั้งใช้เวลา		
ประมาณ 2 ชั่วโมง		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1.4 <u>รายละเอียดของแกนเหล็ก</u>

แผ่นเหล็กซิลิคอน (Z 7H) , mm		0.3 ± 0.33
พื้นที่ภาคตัดขวาง (A_{Fe}) , m^2		0.0072
ความหนาแน่นสนามแม่เหล็ก (B_c) , wb/m^2		1.4
กระแสขณะไม่มีโหลด (I_o), A, หม้อแปลงตัวที่ 1		1.44
	หม้อแปลงตัวที่ 2	1.40
	ต่อขั้นบันได	5.00
กำลังไฟฟ้าสูญเสีย ขณะไม่มีโหลด (P_{Fe}) , w หม้อแปลงตัวที่ 1		78
	หม้อแปลงตัวที่ 2	71
	ต่อขั้นบันได	165

6.1.5 <u>ตัวถัง</u>

ท่อฉนวน พีวีซี. เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน, ซม.	39
ความหนา, ซม.	1.5
ความสูง, ซม.	65
ความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้า กิโลโวลต์/ซม.	> 400
ความคงทนต่อแรงดันวาบไฟตามผิว กิโลโวลต์/ซม.	3.56
อุณหภูมิเริ่มอ่อนตัว , °C	76.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

- ปัญหาที่ประสบมาเป็นปัญหาเกี่ยวกับขดลวด เนื่องจากหม้อแปลงทดสอบเป็นหม้อแปลงที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำ ขนาดขดลวดแรงดันสูงที่ออกแบบจะมีขนาดเล็ก ต้องใช้ตัวนำขนาด SWG No.30 หรือเล็กกว่า และขดลวดเป็นชนิดใช้กับน้ำมันหม้อแปลง ซึ่งต้องใช้ขดลวดชนิด PVF โรงงานผลิตลวดทองแดงจะผลิต ลวด PVF ขนาดเล็กที่สุดเพียงแค่ SWG No. 26 เท่านั้น ส่วนขนาดที่เล็กกว่านี้นั้น ต้องสั่งทำพิเศษ และต้องสั่งเป็นจำนวนมากด้วย ขดลวด PVF SWG No. 30 ที่ใช้ออกแบบบังเอิญมีเหลืออยู่ในท้องตลาด แต่ก็ไม่เพียงพอต่อการพันหม้อแปลงตัวที่ 2 ต้องนำขดลวดชนิด EIW มาสมทบ ซึ่งมีคุณสมบัติด้อยกว่า PVF เมื่อใช้กับน้ำมัน ดังนั้น ผู้ที่คิดจะทำวิจัยที่ต้องใช้ขดลวด PVF ที่มีขนาด เล็กกว่า SWG No. 26 จะต้องคำนึงถึงปัญหานี้ด้วย

- เนื่องจากประสบปัญหาเกี่ยวกับขนาดขดลวดดังกล่าวข้างต้น ทำให้การออกแบบขนาดขดลวดแรงดันสูงมีขนาดใหญ่ ทำให้ช่องหน้าต่าง (window) ของแกนเหล็กโตขึ้น อีกนัยหนึ่งก็คือแกนเหล็กจะมีขนาดที่สูงขึ้นประมาณกึ่งกลางของถังพีวีซีทำให้ระยะฉนวนตามผิว ตั้งแต่กึ่งกลางถังถึงอิเลกโทรดแรงดันสูงสั้นลง ความเครียดสนามไฟฟ้าตามผิวจะมีค่าสูง ดังนั้นการใช้งานหม้อแปลงทุกครั้งจะต้องทำความสะอาดผิวของถังพีวีซี โดยใช้แอลกอฮอล์เช็ดให้สะอาด เพื่อป้องกันการเกิดโคโรน่าที่ผิว

- ปัญหาการออกแบบค่อนข้างจะยุ่งยากพอสมควร เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดถังจะถูกกำหนดภายหลังจากการได้ออกแบบขดลวดและแกนเหล็กเสร็จแล้ว แต่การออกแบบครั้งนี้ถูกกำหนดด้วยขนาดของถังก่อน จึงต้องมีการออกแบบหลายครั้ง มีการลองผิดลองถูก เพื่อที่จะให้ขนาดของขดลวดและแกนเหล็กที่ออกแบบสามารถบรรจุอยู่ภายในถังพีวีซีได้พอดี

- การเปลี่ยนหรือบรรจุน้ำมันหม้อแปลงใหม่ จะต้องให้ระดับน้ำมันสูงพ้นขอบของแหวนรัดฝาบนของถังหม้อแปลง มิฉะนั้นจะเกิดเบรกดาวน์ ในช่องว่างระหว่างอิเลกโทรดแรงดันสูงกับน้ำมันหม้อแปลง

- การอบหม้อแปลงจะต้องอบในเตาอบสูญญากาศเป็นเวลานานไม่ต่ำกว่า 3 สัปดาห์ เพื่อมั่นใจว่าหม้อแปลงที่สร้างขึ้นอบแห้งสนิท เพื่อป้องกันมิให้เกิดคิสชาร์จบางส่วนขึ้นภายในเนื้อฉนวนที่หุ้มขดลวด

- ที่ผ่านมา หม้อแปลงทดสอบที่ประกอบสร้างขึ้นต้อง ไปใช้ เตาอบร่วมกับหม้อแปลง ไฟฟ้ากำลังของ โรงงาน ซึ่งมีการ เปิด เตาอบบ่อย ทำให้กระบวนการอบไม่สมบูรณ์ ปัญหาข้อนี้ขอ เสนอแนะว่าหากต้องการที่จะทำวิจัย เพื่อพัฒนาหม้อแปลงทดสอบให้มีขนาดแรงดันและกำลัง ไฟฟ้าที่สูงกว่านี้ ก็ควรสร้าง เตาอบขนาดใหญ่ไว้ใช้ เอง เพื่อขจัดปัญหาที่กล่าวถึงข้างต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย