หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 บทนำทั่วไป

หม้อแปลงทดสอบเป็นหม้อแปลงใช้สร้างแรงดันสูง สำหรับใช้ทดสอบวัสดุฉนวนหรืออุปกรณ์ที่จะนำไปใช้ในระบบส่งจ่ายแรงดันสูง เพื่อศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับแรงดันสูง อุปกรณ์วัดแรงดันและกระแสที่ระดับแรงดันสูง วิจัยหาผลของความเปรอะเปื้อนบนลูกถ้วยฉนวน หาคุณลักษณะของลูกถ้วยที่สภาวะบรรยากาศต่าง ๆ วัดดิสชาร์จบางส่วนในวัสดุฉนวนก๊าซ ฉนวนเหลวและฉนวนแข็งหรือผสมกัน แรงดันของหม้อแปลงทดสอบสามารถปรับแรงดันได้ตั้งแต่ค่าต่ำ ๆ ขึ้นไปจนถึงค่าที่ต้องการ หม้อแปลงทดสอบมักจะเป็นเฟสเดียว มีพลังงานต่ำเมื่อเทียบกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง แต่มีแรงดันสูง

ขนาดของหม้อแปลงทดสอบขึ้นอยู่กับขนาดแรงดันทดสอบ ซึ่งขึ้นอยู่กับแรงดันของระบบที่จะนำอุปกรณ์ไปใช้ ดังตัวอย่างแรงดันระบบจำหน่ายที่แสดงในตารางที่ 1.1 [1]

ตารางที่ 1.1 แรงดันทดสอบความคงทนต่อแรงดันกระแสสลับความถี่กำลังระยะสั้น 1 นาที ตามมาตรฐาน IEC

| ระบบแรงดันสูงสุด (kVrms) | 3.6 | 7.2 | 12 | 17.5 | 24 | 36 | 52 | 72.5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| แรงดันทดสอบความถี่กำลังระยะสั้น (kVrms) | 10 | 20 | 28 | 38 | 50 | 70 | 95 | 140 |

ขนาดกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงทดสอบขึ้นอยู่กับโหลด ซึ่งโดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นคะแปซิแตนซ์ ฉะนั้นถ้าหากทราบค่าคะแปซิแตนซ์ของโหลด จะสามารถคำนวณกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงทดสอบได้จากสมการ

$$S_t = 2\pi f C U_t^2 \times 10^{-9} \quad kVA$$

โดยที่ $S_t$ = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบ (เท่ากับขนาดของหม้อแปลง)

$C$ = ค่าความจุไฟฟ้ารวม เป็น pF

$U_t$ = แรงดันทดสอบ เป็น kVrms

$f$ = ความถี่ของแรงดัน เป็น Hz

หม้อแปลงทดสอบที่ใช้กันอยู่ทั่วไปอาจจะมีตัวถังเป็นโลหะ ซึ่งระบายความร้อนได้ดี มีกำลังไฟฟ้าสูงได้ เหมาะที่จะนำไปใช้ในการทดสอบเกี่ยวกับการฉนวนเปรอะเปื้อนได้ดี แต่ต้องมีปลอกฉนวนนำสาย กินเนื้อที่มากในกรณีต้องต่อแบบขั้นบันได อีกแบบหนึ่งจะมีตัวถังเป็นฉนวน มีขีดจำกัดในการระบายความร้อน กำลังไฟฟ้าจะเล็กกว่าแบบตัวถังโลหะ มีข้อดี คือ ไม่ต้องมีปลอกฉนวนนำสาย สามารถนำมาตั้งซ้อนกันโดยตรงในกรณีต้องการต่อแบบขั้นบันได จึงกินเนื้อที่ติดตั้งน้อย

อย่างไรก็ดีการฉนวนภายในของหม้อแปลง ซึ่งประกอบด้วยการฉนวนขดลวดและการฉนวนแทรกซึมรวมทั้งการระบายความร้อนสำหรับหม้อแปลงทั้งสองแบบก็จะมีลักษณะคล้ายหรือเหมือนกัน การฉนวนขดลวดจะเป็นการฉนวนระหว่างรอบขดลวด และการฉนวนระหว่างชั้นขดลวด การฉนวนระหว่างรอบขดลวดอาศัยฉนวนวานิชที่เคลือบอยู่บนเส้นลวด ส่วนการฉนวนระหว่างชั้น อาจเป็นฉนวนกระดาษหรือไมล่าร์ฟิล์ม ส่วนการฉนวนแทรกซึมและระบายความร้อน อาจเป็นน้ำมันหม้อแปลงหรือก๊าซ เช่น ก๊าซ $SF_6$ เป็นต้น

หม้อแปลงทดสอบแบบตัวถังฉนวน ซึ่งมีข้อดีอยู่หลายประการดังกล่าวข้างต้นยังไม่มีการผลิตใช้ในประเทศ จึงได้คิดพัฒนาออกแบบสร้างหม้อแปลงทดสอบแบบถังฉนวนขึ้นมาใช้เอง เพื่อเป็นต้นแบบและพื้นฐานของการศึกษาออกแบบสร้างหม้อแปลงถังฉนวน ที่มีขนาดแรงดันและกำลังไฟฟ้าที่สูงมากขึ้น

## 1.2 ผลงานหม้อแปลงทดสอบในอดีต (ในประเทศไทย)

การพัฒนาออกแบบสร้างหม้อแปลงทดสอบแรงดันสูงในประเทศ ได้มีการทำวิจัยเป็นวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มาแล้ว 2 โครงการ คือ โครงการแรกเป็นการออกแบบและสร้างหม้อแปลงทดสอบแรงดันสูง ขนาด 100 kV กำลังไฟฟ้า 5 kVA [2] ใช้กระดาษเป็นฉนวนขดลวดระหว่างชั้น และน้ำมันหม้อแปลงเป็นฉนวนแทรกซึมระบายความร้อน ตัวถังเป็นแบบโลหะ มีปลอกฉนวนนำสายแรงดันสูง การออกแบบอาศัยหลักการของหม้อแปลงไฟฟ้าทั่ว ๆ ไป จึงมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก โครงการที่ 2 เป็นหม้อแปลงทดสอบแรงดันสูงขนาด 100 kV 10 kVA [3] ใช้ไมล่าร์เป็นฉนวนระหว่างชั้นขดลวดทั้งแรงดันสูงและแรงดันต่ำ และใช้ก๊าซ $SF_6$ เป็นฉนวนแทรกซึมและระบายความร้อน มีปลอกฉนวนนำสายแรงดันสูงเช่นกัน การออกแบบอาศัยเทคนิคพิเศษเกี่ยวกับการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูงโดยเฉพาะ ขนาดหม้อแปลงเล็กลง การใช้งานมีประสิทธิภาพดี แต่มีปัญหาการรั่วซึมของก๊าซ

## 1.3 วัตถุประสงค์และขอบข่ายของงานวิจัย

ในอนาคตประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้กับระบบแรงดันไฟฟ้า 72.5 kV ซึ่งที่ระบบแรงดันนี้ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้จะต้องทดสอบความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าด้วยแรงดันทดสอบความถี่กำลังระยะสั้น 140 kV อย่างไรก็ดีในการทดสอบวัสดุและอุปกรณ์ต้องทดสอบให้เกิดวาบไฟ เช่น การทดสอบลูกถ้วยและสวิตช์ตัดตอน ซึ่งต้องใช้แรงดันสูงถึง 1.3 เท่าของแรงดันทดสอบคงทนอยู่ได้ ดังนั้นจึงได้กำหนดแรงดันสูงสุดเมื่อต่อขั้นบันได มีค่าเท่ากับ 200 kV ซึ่งเป็นแรงดันเพียงพอในการวิจัยขั้นพื้นฐาน หม้อแปลงทดสอบที่สร้างจะใช้เพื่อการศึกษาในภาคปฏิบัติการทดลองของสถาบันการศึกษา ซึ่งใช้ทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กำลังไฟฟ้าไม่มากนัก เช่น ลูกถ้วยฉนวน สวิตช์ตัดตอน ปลอกฉนวนนำสาย ซึ่งมีค่าความจุไฟฟ้าโดยประมาณดังแสดงในตารางที่ 1.2 [4] จึงคำนวณขนาดกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงทดสอบที่แรงดันทดสอบสูงสุดคือ 140 kV ได้กำลังไฟฟ้าที่ต้องใช้ในการทดสอบไม่เกิน 6.5 kVA ที่โหลดคะแปซิแตนซ์ 1000 pF จึงกำหนดขนาดกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงทดสอบเมื่อต่อขั้นบันไดเป็น 10 kVA ซึ่งเป็นกำลังทดสอบช่วงระยะเวลาสั้น ๆ (short time duty) การออกแบบจะออกแบบที่กำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง ขนาด 5 kVA ซึ่งมีขนาดกำลังเป็นครึ่งหนึ่งของกำลังทดสอบช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ได้กำหนดค่าตามบริษัทผู้ผลิตหม้อแปลงทดสอบต่างประเทศ [5] ซึ่งมีประสบการณ์ในการผลิตหม้อแปลงทดสอบมาเป็นเวลานาน

ตารางที่ 1.2 ค่าคะแปซิแตนซ์ของวัสดุทดสอบ [4]

| วัสดุทดสอบ | ความจุคะแปซิแตนซ์ (pF) |
|---|---|
| ลูกถ้วยฉนวนธรรมดา | 10 - 100 |
| ปลอกฉนวนนำสายไฟ | 150 - 400 |
| หม้อแปลงกระแส | 200 - 600 |
| เคเบิลแรงดันสูง (ต่อความยาว 1 เมตร) | 150 - 300 |
| อุปกรณ์วัดแรงดัน | 50 - 500 |
| สายต่อวงจรแรงดันสูง (ต่อเมตร) | 5 - 15 |

งานวิจัยที่เสนอนี้ จึงเป็นการสร้างหม้อแปลงทดสอบชนิดตัวถังเป็นฉนวนแบบขั้นบันได 2 ขั้น ขนาดแรงดัน 200 kV กำลังไฟฟ้า 10 kVA ความถี่ 50 เฮิรตซ์ โดยหม้อแปลงทดสอบแต่ละตัว มีขนาด 100 kV 5 kVA อาศัยหลักการออกแบบหม้อแปลงทดสอบแรงดันสูง การฉนวนระหว่างขั้นขดลวดเป็นแบบกระดาษ และใช้น้ำมันหม้อแปลงเป็นฉนวนแทรกซึมและระบายความร้อน กำหนดอุณหภูมิเพิ่มขึ้น กำหนดด้วยถังพีวีซีไม่เกิน 40 °C ฉนวนจัดอยู่ใน class A เมื่อออกแบบและประกอบสร้างเรียบร้อยแล้วทำการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ตามมาตรฐาน IEC และทำการทดลองใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย