บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำทั่วไป

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นและสำคัญในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า โดยทำหน้าที่เพิ่มหรือลดระดับแรงดันในระดับแรงดันที่แตกต่างกัน เพื่อประโยชน์ในการลดกำลังงานสูญเสียในสายของระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า โดยในปัจจุบันความต้องการพลังงานไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นด้วยอัตราสูงและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วออกไปสู่พื้นที่ที่กว้างใหญ่ นั้นหมายถึงความต้องการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าในระบบส่งจ่ายย่อมมีจำนวนมากขึ้น ฉะนั้นเพื่อให้ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเป็นระบบที่มีความเชื่อถือได้และมีประสิทธิภาพสูง หม้อแปลงไฟฟ้าที่นำมาใช้ในระบบจึงจำเป็นต้องใช้หม้อแปลงที่มีคุณภาพตามที่มาตรฐานกำหนด

หม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อนำไปใช้ติดตั้งในระบบส่งจ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบส่งจ่ายกำลังแรงดันสูงแบบสายขึงในอากาศอยู่กลางแจ้ง จึงมีโอกาสที่จะได้รับแรงดันเกิน (Overvoltage) จากปรากฏการณ์ฟ้าผ่าเรียกว่า เสิร์จฟ้าผ่า (Lightning surge) ซึ่งอาจจะเป็นการผ่าโดยตรงบนสายส่ง หรือในบริเวณใกล้เคียงแล้วเกิดแรงดันเหนี่ยวนำให้เกิดคลื่นจรของแรงดันเกินในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า และแรงดันเกินที่เกิดจากการทำงานของสวิตซ์ตัดตอนอัตโนมัติ หรือเซอร์กิตเบรเกอร์ที่เรียกว่า เสิร์จสวิตชิง (Switching surge) ดังนั้นในมาตรฐานต่าง ๆ เช่น IEC, ANSI รวมทั้งมาตรฐานไทย (TIS) จึงได้กำหนดให้มีการทดสอบผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้าก่อนนำไปติดตั้งใช้งานในระบบที่มีแรงดันต่ำกว่า 300 กิโลโวลต์ ด้วยแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า (BIL) ที่จำลองรูปคลื่นแรงดันเกินฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นในระบบ และในระบบที่มีแรงดันสูงกว่า 300 กิโลโวลต์ด้วยแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นสวิตชิง(SIL) [1] เพื่อให้เกิดความมั่นใจได้ว่าการฉนวนของหม้อแปลงไฟฟ้าเหล่านั้นสามารถทนต่อความเครียดสนามไฟฟ้า (Electric field stress) ที่เกิดจากแรงดันเกินเหล่านี้ได้ โดยไม่ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้าเกิดความเสียหายหรือมีอายุการใช้งานสั้นลง

1.2 ที่มาของปัญหา

การทดสอบสภาพการฉนวนของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ในหัวข้อการทดสอบความทนอยู่ได้ต่อแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าเรียกว่าการทดสอบ BIL (Basic Impulse Insulation Level) จัดเป็นการทดสอบเพื่อรับรองเฉพาะแบบ (type test) หรือเป็นการรับรองการออกแบบ (design test) โดยอาศัยเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ที่มีค่าพลังงานสูงพอเพียงเป็นตัวจ่ายแรงดันทดสอบที่จะทำให้ได้รูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์ มีระบบวัดแรงดัน ระบบการบันทึกผลการตรวจลักษณะรูปคลื่นของแรงดัน และกระแสที่ได้จากการทดสอบเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด [1] และต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญในการตรวจวิเคราะห์ผลการทดสอบที่ได้

ในช่วงที่ผ่านมาการบันทึกภาพรูปคลื่นแรงดันและกระแสที่ได้จากการทดสอบ BIL จะอาศัยระบบบันทึกผลที่เป็นแบบแอนะล็อก และถ่ายภาพด้วยฟิล์มโพลาลอยด์ การบันทึกสัญญาณภาพแบบแอนะล็อกนี้จะทำได้เพียงครั้งเดียว และไม่สามารถที่จะพิจารณารายละเอียดข้อมูลตรงช่วงเวลาที่เราสนใจได้มากนัก ถ้าต้องการพิจารณาให้ชัดเจนจะต้องทำการป้อนแรงดันอิมพัลส์ให้กับหม้อแปลงที่กำลังตรวจสอบใหม่ ซึ่งการป้อนแรงดันซ้ำนั้นอาจทำให้ฉนวนของหม้อแปลงได้รับความเสียหายได้ แต่ถ้าการบันทึกสัญญาณนั้นทำด้วยการเข้ารหัสทางดิจิตอลแล้ว เราสามารถจะทำการเรียกดูข้อมูลนั้น ๆ ได้ทั้งหมด หรือทำการพิจารณาในช่วงเวลาที่สนใจใด ๆ อีกกี่ครั้งก็ได้ ดังนั้นในปัจจุบันนี้จึงได้เกิดการพัฒนาระบบวิเคราะห์ผลการทดสอบแบบดิจิตอลในเชิงพาณิชย์ขึ้นแล้วในประเทศอุตสาหกรรม ซึ่งระบบวิเคราะห์แบบดิจิตอลดังกล่าวยังมีราคาแพงมาก จึงสมควรที่จะได้มีการพัฒนาออกแบบสร้างขึ้นมาเอง โดยอาศัยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดทั่วไป รวมกับเครื่องบันทึกสัญญาณแบบดิจิตอลที่มีความเร็วสูง และทำการออกแบบคำสั่งควบคุมการทำงานบนเครื่องบันทึกสัญญาณแบบดิจิตอล เพื่อให้ได้ระบบวิคราะห์ผลการทดสอบที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเป็นพื้นฐานและเกิดการพัฒนาเทคโนโลยีของตัวเองในด้านนี้ต่อไปอีกด้วย

1.3 วัตถุประสงค์และขอบข่ายของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์และขอบข่ายเพื่อ ออกแบบและสร้างระบบวิเคราะห์ผลการทดสอบแรงดันอิมพัลส์แบบดิจิตอล สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เพื่อใช้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบความทนอยู่ได้ต่อแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ที่ใช้อยู่

ในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า และทำการศึกษาเชิงเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยระบบดิจิตอลกับระบบแอนะล็อกที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

การวิเคราะห์ผลการทดสอบแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังแบบดิจิตอล ทำได้โดยการนำสัญญาณแอนะล็อกแรงดันและกระแสที่ได้จากวงจรทดสอบ ความทนอยู่ได้ต่อแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ผ่านอุปกรณ์ลดทอนขนาดสัญญาณให้เล็กลง แล้วป้อนให้กับเครื่องออสซิลโลสโคปแบบดิจิตอล ทำการแปลงสัญญาณแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล สัญญาณดิจิตอลที่ได้จะส่งถ่ายให้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางบัสเชื่อมโยงแบบขนาน GPIB จากนั้นใช้โปรแกรมที่พัฒนาออกแบบขึ้น ทำการคำนวณผลหาค่าคงที่ทางเวลาทั้งหน้าคลื่นและหางคลื่น ค่าเปอร์เซนต์แรงดันพุ่งเกิน และนำแสดงข้อมูลทางภาพกราฟฟิกบนหน้าจอของเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือเก็บข้อมูลไว้ในแผ่นบันทึกข้อมูลเพื่อไว้ใช้ในการอ้างอิงต่อไป รวมทั้งการรายงานผลที่ได้ออกทางเครื่องพิมพ์ หลังจากนั้นทำการทดลองความสามารถของระบบวิเคราะห์ที่ออกแบบสร้าง ทำการวัดรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์ที่มีค่าเวลาหน้าคลื่นและหลังคลื่นที่แตกต่างกัน เพื่อหาค่าความผิดพลาดในการคำนวณเทียบกับค่าที่วัดได้จริงจากระบบการวัดแบบแอนะล็อก และทำการทดลองใช้งานในการตรวจวิเคราะห์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ที่นำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง เพื่อศึกษาเชิงเปรียบเทียบกับระบบวัดแบบแอนะล็อก

1.4 ผลงานการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

การทดสอบความทนอยู่ได้ต่อแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า (BIL) สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังตามที่มาตรฐานสากลกำหนดนั้น ได้มีการทดสอบในห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มาเป็นเวลานานแล้ว แต่ระบบที่ใช้เป็นระบบการบันทึกสัญญาณจากจอภาพของออสซิลโลสโคปแบบแอนะล็อกด้วยกล้องโพลาลอยด์ และใช้การตรวจวัดและพิจารณารูปคลื่นแรงดันและกระแสที่ได้จากการทดสอบ การประเมินผลการทดสอบ การวัดค่าเวลาหน้าคลื่นและหางคลื่น ทำโดยเจ้าหน้าที่ที่ทำการทดสอบ

ในอดีตได้มีการศึกษาเกี่ยวกับเทคนิคการทดสอบ BIL ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ในเรื่องการเลือกใช้ชันต์เพื่อทำการตรวจวัดรูปคลื่นกระแส ผลของตัวเก็บประจุที่ต่อขนานกับชันต์ โดยนาย วุฒิกร บุณยสงวน เมื่อปีการศึกษา 2525 [2]

ในต่างประเทศเช่น ประเทศเยอรมัน โดยบริษัท DR. Strauss System-Electronik GmbH ได้พัฒนาระบบ Digital Impulse Voltage Measuring System, TR-AS 25-8/100-8/100-10 [3] บริษัท Siemens ได้พัฒนาระบบ Microcomputer System for Measuring and Control of Impulse Test Systems IMS 12-2 [4] ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ โดยบริษัท HAEFELY ได้มีการพัฒนาระบบ High-resolution impulse analysing system, HIAS 742 [5] ขึ้นมาทดแทนระบบเก่าที่เป็นแบบแอนะล็อก