บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันความต้องการทางด้านกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างสูงในทุกภูมิภาคของประเทศไทยทำให้เกิดการเชื่อมโยงส่วนต่างๆ ของระบบไฟฟ้ากำลังในประเทศเข้าด้วยกันในลักษณะเป็นโครงข่าย (Network) ทำให้มีการขยายตัวของระบบสายส่งมากขึ้นตาม เพื่อตอบสนองความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มีมากขึ้นตามลำดับ ในขณะเดียวกัน หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเป็นหนึ่งในการเชื่อมโยงที่สำคัญที่สุดในระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามสถานีไฟฟ้าต่างๆมีการใช้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเป็นจำนวนมาก ด้วยเหตุที่ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าถือเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูงเมื่อเทียบกับอุปกรณ์อย่างอื่นในระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า เมื่อใดก็ตามที่เกิดเหตุขัดข้องกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังทำให้เกิดความสูญเสียเป็นอย่างมาก ความเสียหายที่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเป็นความ เสียหายที่ไม่พึงปรารถนา เนื่องจากความต่อเนื่องในระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าอาจชะงักรวมไปถึงทำให้ระบบขาดเสถียรภาพการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้เอง ถ้ามีระบบป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ดีพอสามารถตรวจจับความผิดปกติ (fault) ที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขณะใช้งานจะเป็นการลดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องจัดระบบป้องกันที่แม่นยำ, ถูกต้องและรวดเร็ว อีกทั้งถ้าจัดระบบป้องกันที่ดีสามารถแยกแยะว่าฟอลต์ที่เกิดขึ้นเป็นฟอลต์ที่เกิดขึ้นภายในหรือภายนอก (Inrush Current, Over Excitation Fault) จะทำให้ระบบมีเสถียรภาพที่ดี รวมไปถึงอายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังยาวนานขึ้น สำคัญอย่างยิ่งถ้าหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังดังกล่าวติดตั้งอยู่ในบริเวณของโหลดชนิดต่อเนื่องหรือโหลดที่สำคัญ (Critical Load) และมีความเสียหายมาก ถ้าระบบหยุดจ่ายพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากสาเหตุอื่นที่ไม่ใช่ฟอลต์จริงๆ ในตัวหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

ในปัจจุบันการป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่มีความน่าเชื่อถือได้และมีความเร็วสูงวิธีหนึ่งก็คือ การใช้รีเลย์ป้องกันแบบผลต่าง (Differential protection relay) เป็นตัวตรวจจับความผิดปกติฟอลต์ที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง อย่างไรก็ดี หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังได้รับความเสียหายจากฟอลต์ภายในขดลวดเนื่องจากส่วนใหญ่วัสดุที่ใช้เป็นฉนวนล้มเหลว ฟอลต์เหล่านี้ควรตรวจจับอย่างรวดเร็วและถูกต้อง นอกจากนี้ สาเหตุที่ทำให้เกิดฟอลต์ยังมีหลากหลายสาเหตุ แต่สาเหตุหลักในการเกิดฟอลต์คือ การเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใด เกิดจากการแรงดันฟ้าผ่า เกิดจากสัตว์มาทำลายการเสื่อมสภาพของหม้อแปลง เมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นต้องมีการตรวจหารูปแบบของฟอลต์ที่เกิดขึ้น เพื่อจะได้ทำการซ่อมบำรุงบริเวณที่เกิดฟอลต์ได้รวดเร็วที่สุดจะเป็นการรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบที่ไม่ใช่ระบบเชื่อมโยงแบบโครงข่าย (Network) หรือระบบที่มี

การเชื่อมต่อกัน เพราะว่าหากเกิดฟอลต์ในระบบจะทำให้เกิดความเสียหายมากมาย เพราะไม่มีกำลังไฟฟ้าจากระบบอื่นเข้ามาจ่ายพลังงานไฟฟ้าทดแทน

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการเสนอการแปลงเวฟเล็ตให้เป็นเครื่องมือการวิเคราะห์ทรานเซียนต์ (Transients) ในระบบไฟฟ้ากำลัง ด้วยเหตุนี้เอง จึงได้มีนักวิจัยบางท่าน ได้ทำการวิจัยโดยนำการแปลงเวฟเล็ตมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ทรานเซี๊ยนต์ที่เกี่ยวกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นที่การแยกแยะสัญญาณอินรัสกับสัญญาณฟอลต์ ในขณะที่การป้องกันฟอลต์ภายในหม้อแปลงและนอกหม้อแปลงเป็นการป้องกันที่มีส่วนสำคัญไม่น้อยกว่ากัน เนื่องจากเมื่อฟอลต์เกิดขึ้นจะส่งผลทำให้หม้อแปลงเสียหายได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเสนอพฤติกรรมของฟอลต์ที่เกิดขึ้นภายในหม้อแปลงชนิด 2 ขดลวด (two-winding transformer) เพื่อนำไปศึกษาและวิจัยสำหรับการตรวจจับฟอลต์ภายในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยจะทำการศึกษาถึงค่าสัมประสิทธ์การเกิดฟอลต์เพื่อเป็นตัวสั่งให้รีเลย์ทำงานตัดวงจร โครงการวิจัยนี้ได้ตั้งสมมติฐานของการศึกษาโดยอ้างอิงจากพฤติกรรมของสัญญาณฟอลต์คือ เมื่อมีฟอลต์เกิดขึ้นภายในหม้อแปลงไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบความถี่ต่างๆ เกิดขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะมีความสัมพันธ์กับรูปแบบของฟอลต์โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบความถี่สูงจะมีค่าสูงขึ้นและยังสามารถให้ข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับฟอลต์ที่เกิดขึ้น โดยข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงนี้เมื่อนำการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย (DWT) มาใช้ในการวิเคราะห์คุณลักษณะทรานเซี้ยนต์ของสัญญาณฟอลต์โดยทำการแยกองค์ประกอบความถี่สูง (detail) พิจารณาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบความถี่สูงในหลายสเกลหรือหลายช่วงความถี่ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้จะนำมาใช้ในการแยกแยะระหว่างฟอลต์ภายในและภายนอกโซนป้องกัน ซึ่งผลสรุปที่ได้จากการแยกแยะฟอลต์นี้ จะมีความถูกต้องและแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาของรีเลย์ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแผนการปกป้องแบบใหม่สำหรับการวิเคราะห์สัญญาณฟอลต์ที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลง
2. เพื่อขยายขอบเขตงานวิจัยและเทคโนโลยีทางด้านระบบไฟฟ้ากำลังโดยการแปลงเวฟเล็ต
3. เพื่อทำการวิเคราะห์กระแสที่เกิดฟอลต์ในตัวหม้อแปลง เพื่อใช้ในการออกแบบระบบป้องกัน
4. เพื่อระบุและรูปแบบของสัญญาณฟอลต์ที่เกิดขึ้น โดยจะทำให้สามารถกำจัดฟอลต์ได้รวดเร็วซึ่งจะช่วยลดความเสียหายที่เกิดขึ้น

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

รูปแบบเดิมในการวิเคราะห์สัญญาณของรีเลย์แบบผลต่าง (differential reley) [1] คือ การหาขนาดกระแสผลต่างทาง ปฐมภูมิ (primary) และ ทุติยภูมิ (secondary) ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยกำหนดให้โวล์ทแอมป์ (VA) ของหม้อแปลงทั้งทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิมีค่าคงที่ อัตราส่วนกระแสทั้งสองด้านจะมีค่าขึ้นกับอัตราส่วนแรงดันทั้งสองด้าน เมื่อทอนกระแสทั้งสองด้านด้วย หม้อแปลงกระแส (CT) เข้ารีเลย์ โดยทิศทางของกระแสตรงกันข้ามกันในสภาวะจ่ายโหลดปกติ ผลต่างของกระแสทั้งสองมีค่าน้อยมาก เมื่อใดก็ตามที่มีความผิดปกติเกิดขึ้น ผลต่างกระแสจะมีค่าเพิ่มขึ้น ถ้าผลต่าง ดังกล่าวมีค่ามากกว่าที่รีเลย์กำหนด (relay set) ไว้ รีเลย์จะทำงานทันที จากหลักการนี้นำมาใช้ในการตรวจจับฟอลต์และแยกแยะระหว่างฟอลต์ที่เกิดขึ้นภายใน (Internal Fault) หรือฟอลต์ที่เกิดขึ้นภายนอก (External or Non-Internal Fault) ของตัวหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยที่รีเลย์จะสั่งทริปในทุก ๆ กรณีของฟอลต์ที่เกิดขึ้นภายใน (Internal Fault) และจะต้องไม่ทำงาน (Block) ในกรณีที่ไม่ใช่ฟอลต์ที่เกิดขึ้นภายใน อย่างไรก็ดี รีเลย์ที่ใช้หลักการดังกล่าวยังมีข้อผิดพลาดในการสั่งปลดวงจร เนื่องจากว่ามีสาเหตุบางประการที่จะทำให้รีเลย์ทำงานผิดพลาด จึงได้มีงานวิจัยหลากหลายวิธีเกี่ยวกับการป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้า [2-4]

ในช่วงปลายทศวรรษที่ 90 ได้พัฒนาแนวความคิดจากรูปแบบการวิเคราะห์สัญญาณองค์ประกอบความถี่พื้นฐานไปสู่การวิเคราะห์องค์ประกอบสัญญาณความถี่สูงแบบทรานเซี๊ยนต์ [5-6] เนื่องจากสัญญาณองค์ประกอบความถี่สูงนี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับสัญญาณฟอลต์ที่มีความหลากหลายมากขึ้น จึงทำให้แนวความคิดนี้ได้รับความสนใจและมีการนำมาทำการศึกษาและวิจัยมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ ทำให้เทคโนโลยีของอุปกรณ์ป้องกันที่ใช้ในระบบไฟฟ้ากำลังได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จากการวิเคราะห์สัญญาณองค์ประกอบความถี่พื้นฐาน (50Hz) มาสู่การวิเคราะห์สัญญาณองค์ประกอบความถี่สูงในลักษณะการป้องกันแบบทรานเซี้ยนต์ (Transient based protection) จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า การแปลงเวฟเล็ตมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์สัญญาณในลักษณะทรานเซี้ยนต์ เช่น ฟอลต์ อันเนื่องมาจากคุณสมบัติการปรับระดับความละเอียดและการเลื่อนตำแหน่งในการวิเคราะห์ ด้วยเหตุนี้เอง ได้มีการเสนอการแปลงเวฟเล็ตให้เป็นเครื่องมือการวิเคราะห์ทรานเซียนต์ (transients) ในระบบไฟฟ้ากำลัง [7] จึงได้มีนักวิจัยบางท่าน ได้ทำการวิจัยโดยนำการแปลงเวฟเล็ตมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ทรานเซียนต์ที่เกี่ยวกับหม้อแปลง [8-12] และโดยส่วนใหญ่งานวิจัยจะมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์กระแสอินรัช [13-14] ในขณะที่การป้องกันฟอลต์ภายในหม้อแปลงเป็นการป้องกันที่มีส่วนสำคัญไม่น้อยกว่ากัน เนื่องจากเมื่อฟอลต์เกิดขึ้นจะส่งผลทำให้หม้อแปลงเสียหายได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเสนอพฤติกรรมของฟอลต์ที่เกิดขึ้นภายในหม้อแปลงชนิด 2 ขดลวด (two-winding transformer) เพื่อนำไปศึกษาและวิจัยสำหรับการตรวจจับฟอลต์ภายในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยจะทำการศึกษาถึงค่าสัมประสิทธ์การเกิดฟอลต์เพื่อเป็นตัวสั่งให้รีเลย์ทำงานตัด

วงจรโดยค่าสัมประสิทธิ์การเกิดฟอลต์นั้นจะพิจารณาตามความเหมาะสม เพราะในกรณีที่เกิดสัมประสิทธิ์ของฟอลต์เพียงเล็กน้อยซึ่งไม่ส่งผลอันตรายต่อระบบ จะไม่สั่งการให้รีเลย์ตัดการทำงานของระบบแต่ถ้าในกรณีที่ฟอลต์มีค่าสัมประสิทธิ์สูงและส่งผลต่อเสถียรภาพของระบบจะสั่งให้รีเลย์ตัดการทำงานวงจรทันที เพื่อป้องกันความเสียหายต่อตัวหม้อแปลงเนื่องจากหม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูง งานวิจัยนี้ทำการจำลองรูปแบบของฟอลต์ในตัวหม้อแปลง ทั้งทางด้านแรงดันสูงและแรงดันต่ำโดยใช้โปรแกรม BCTRAN ในการสร้างแบบจำลองหม้อแปลง ในการออกแบบจำลองรูปแบบของการเกิดฟอลต์ เช่น ภายในหม้อแปลง ภายนอกหม้อแปลง กระแสอินรัส โดยใช้หม้อแปลงที่ใช้ในการจำลองอยู่ ที่ 50 MVA 115/23 KV เป็นหม้อแปลงที่มีการใช้จริงในการไฟฟ้าฝ่ายผลิต จึงกล่าวได้ว่า โครงการวิจัยนี้เป็นการช่วยอำนวยความสะดวกให้กับหน่วยงานที่ทำหน้าที่ซ่อมบำรุงรักษาหม้อแปลงทำงานได้สะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น อีกทั้งสามารถนำไปขยายใช้กับระบบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่มีขนาดใหญ่หรือมีความซับซ้อนได้และสามารถนำไปประยุกต์เพื่อพัฒนาทางด้านวิเคราะห์สัญญาณในระบบไฟฟ้ากำลัง

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ขอบเขตของโครงงานวิจัยแบ่งออกเป็นสองส่วนหลักแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ขอบเขตโดตรการวิจัยนี้

รูปแบบการเกิดฟอลต์ที่พิจารณาคือ ภายในหม้อแปลง ภายนอกหม้อแปลง กระแสอินรัส ซึ่งเป็นหม้อแปลงในระบบการ ไฟฟ้าฝ่ายผลิต (EGAT)เป็นแบบจำลองหลักการศึกษา

2) ขอบเขตของการวิเคราะห์คุณลักษณะทรานเซี้ยนต์ของสัญญาณฟอลต์

การวิเคราะห์สัญญาณฟอลต์จะใช้ข้อมูลของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่เกิดฟอลต์ขึ้นทั้งทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิของแบบจำลองหม้อแปลงไฟฟ้า จากนั้นใช้โปรแกรม MATLAB/Wavelet Toolbox มาวิเคราะห์ เพื่อศึกษาถึงรูปแบบและพฤติกรรมของสัญญาณฟอลต์ เช่น ตำแหน่งที่เกิดฟอลต์ต่างๆ ชนิดฟอลต์ต่างๆ รวมไปถึงมุมที่เริ่มเกิดฟอลต์ เป็นต้น เพื่อนำไปแยกแยะความแตกต่างระหว่างฟอลต์ภายในและภายนอกโซนป้องกัน

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้จำลองสัญญาณฟอลต์ที่แตกต่างกันในกรณีการเกิดฟอลต์ ด้วยโปรแกรม ATP/EMTP แล้วนำสัญญาณฟอลต์มาทำการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย เพื่อทำการพิจารณาหาข้อมูลในสเกลแรกที่ตรวจจับฟอลต์ได้ รวมถึงช่วงของข้อมูลที่เหมาะสมที่ควรใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ เพื่อนำมาสรุปเป็นขั้นตอนการวิเคราะห์และตัดสินใจ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของโครงการวิจัย

1. สามารถเป็นแนวคิดในการออกแบบสร้างระบบป้องกันหม้อแปลง
2. เผยแพร่การความรู้ในเทคโนโลยีการตรวจจับการเกิดฟอลต์ในหม้อแปลง
3. ส่งเสริมงานวิจัยให้มีการพัฒนาโดยการตีพิมพ์ในวาสารหรือการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ