

การศึกษาเปรียบเทียบการคำนวณกระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEC60909 และ IEEE551 เพื่อการปรับตั้งรีเลย์กระแสเกินสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าย่อย

COMPARISON STUDY OF SHORT-CIRCUIT CURRENT CALCULATION ACCORDING TO IEC60909 AND IEEE551 FOR OVERCURRENT RELAY SETTING FOR POWER TRANSFORMER IN SUBSTATION

ร่วรเวช บัันกระจ่าง

สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอาคาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
E-mail: worawech10@hotmail.com

รองศาสตราจารย์ ดร.นิตย เพ็ชรรักษ์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
E-mail: nit.pes@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบขนาดกระแสลัดวงจรที่คำนวณได้ตามมาตรฐานที่ต่างกันคือ มาตรฐาน IEC60909 และ IEEE551 แล้วนำค่าขนาดกระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEC60909 ไปกำหนดค่าการทำงานและจัดลำดับการทำงานให้สัมพันธ์กันของรีเลย์กระแสเกินสำหรับป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังภายในสถานีไฟฟ้าย่อยขนาดพิกัด 30/40/50 เอ็มวีเอ ทั้งหมด 3 กรณีศึกษาดังนี้ (1) หม้อแปลงแบบ 2 ขดลวด 115-22 เควี Dyn1 (2) หม้อแปลงแบบ 3 ขดลวด 115-22 เควี YNyn0(d1) และ (3) หม้อแปลงแบบ 3 ขดลวด 115-33 เควี YNyn0(d1) หลังจากนั้นตรวจสอบเวลาการทำงาน ฟังก์ชันการทำงานและการจัดลำดับการทำงานของรีเลย์กระแสเกิน จากผลการศึกษาพบว่าโดยทั่วไปขนาดกระแสลัดวงจรแบบ IEC60909 จะมีขนาดมากกว่าค่าขนาดกระแสลัดวงจร IEEE551 อยู่ประมาณ 3-10% เนื่องจากผลของแฟคเตอร์ตัวประกอบเพื่อปรับค่าอิมพีแดนซ์ ในกรณีที่ใช้ค่ากระแสลัดวงจรแบบ IEC60909 ในการตรวจสอบ พบว่าการทำงานของรีเลย์กระแสเกินเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ ในกรณีที่ใช้ค่ากระแสลัดวงจรแบบ IEEE551 ในการตรวจสอบพบว่า โดยทั่วไปเวลาการทำงานจะช้ากว่าอยู่เล็กน้อย ในกรณีเกิดลัดวงจรตาม IEC60909 บริเวณใกล้กับวงจรรายจ่ายไฟออก ระบบจำหน่ายภายในสถานีไฟฟ้าย่อย รีเลย์กระแสเกินบริเวณ outgoing จะสั่งปลดเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้เปิดวงจรรายจ่ายไฟออก ไม่มีการสั่งปิดกลับเองแบบอัตโนมัติตามฟังก์ชันแบบปลดวงจรทันทีทันใด (0.05-0.08 s) ตามที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อความปลอดภัยของอุปกรณ์และบุคคลที่อยู่ภายในสถานีไฟฟ้าเนื่องจากขนาดกระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นมีค่ามาก แต่หากขนาดกระแสลัดวงจรมีค่าตาม IEEE551 รีเลย์กระแสเกินจะสั่งปลดเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้เปิดวงจรรายจ่าย (0.19 - 0.35 s) แล้วสั่งปิดกลับเองแบบอัตโนมัติเนื่องจากกระแสลัดวงจรแบบ IEEE551 มีขนาดน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้ให้ทำงานทันทีทันใด รีเลย์กระแสเกินนั้นจึงทำงานด้วยฟังก์ชันแบบเวลาผกผัน จึงทำงานไม่ตรงกับที่ออกแบบไว้

คำสำคัญ : มาตรฐาน IEC60909 มาตรฐาน IEEE551 รีเลย์กระแสเกิน กระแสลัดวงจร

ABSTRACT

The purpose of this research is to compare the magnitudes of short-circuit (SC) currents calculated according to IEC60909 and IEEE551 standards. Time setting and time co-ordination of overcurrent (o/c) relays used for protecting power transformer in substation are based on IEC60909 SC currents. Then, verification of relay operation is performed in case of IEC60909 and IEEE551 SC currents. There are 3 cases, Case 1: Two windings power transformer 115-22 kV Dyn1, Case 2: Three windings power transformer 115-22 kV YNyn0 (d1), and Case 3: Three windings power transformer 115-33 kV YNyn0(d1). The simulation results have shown that the IEC60909 SC currents are approximately 3-10% higher than the IEEE551 SC currents in most cases. In some special case, the voltage during fault is 1.05 p.u. whereas source impedance is the maximum value; the IEEE551 SC currents are slightly higher than IEC60909 SC currents, 0.3-1.7%. The differences are due to the transformer impedance correction factor used in IEC60909 and voltage magnitude during fault used in IEEE551, 0.95-1.05 p.u. In PEA substations, overcurrent protection system is based on IEC60909 SC currents. The relay operation and co-ordination conform to the relay time setting and coordination as designed when IEC60909 SC currents are injected. However, they are different when IEEE551 SC currents are injected instead. In most cases, IEEE551 SC currents are less than those of IEC60909. These result in longer operation time in most cases. In some cases, 1.05 p.u. voltages during fault and maximum value of source impedance, the IEEE551 SC currents are 0.3-1.7% slightly higher than the IEC60909 SC currents and protection relay will operate as designed. In some special cases, relay operates in different mode. The o/c relay at outgoing feeder would operate instantaneously (0.05-0.08 s) if IEC60909 SC currents are injected. It is designed for outgoing o/c relay to operate instantaneously for safety reason for staff and equipment in substations. However, the outgoing o/c relay will operate in inverse time mode (0.19-0.35 s) and it will reclose automatically if IEEE551 SC currents are injected instead of IEC60909 SC currents. Relay operation at outgoing feeder will not operate as designed. It may cause risk and damage in substations.

KEYWORDS : IEC60909 Std., IEEE551 Std., Overcurrent Relay, Shorted-Circuit Current

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามีเป็นจำนวนมาก ทั้งในภาคอุตสาหกรรม รัฐและเอกชนรวมถึงบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ทั่วไป อาคาร โรงงานอุตสาหกรรม ฯลฯ ล้วนแล้วแต่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งในชีวิตประจำวันและการประกอบธุรกิจ กิจกรรมต่างๆ ในแต่ละสถานที่ อาคารและหน่วยงานต่างๆ ต่างต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มีคุณภาพและได้รับในปริมาณที่ต้องการอย่างต่อเนื่องตามความจำเป็น ในระบบไฟฟ้ากำลังประกอบด้วยระบบผลิตไฟฟ้า ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าและระบบจำหน่ายไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) มีสถานีไฟฟ้าเป็นจำนวนมากซึ่งประกอบด้วยระบบผลิต

ไฟฟ้าขนาดเล็ก ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าและระบบจำหน่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟ สถานีไฟฟ้าที่จ่ายไฟในระบบจำหน่ายให้กับผู้ใช้ไฟ ส่วนใหญ่ก็มีหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟ เมื่อเกิดมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า เช่น การเกิดการลัดวงจรขึ้นมาในระบบไฟฟ้า การป้องกันระบบไฟฟ้าที่ดี อุปกรณ์ป้องกันจะต้องทำงานและแยกส่วนที่ผิดปกตินั้นออกจากส่วนที่จ่ายไฟปกติอยู่ เพื่อที่ส่วนที่จ่ายไฟปกติอยู่นั้นยังคงสามารถจ่ายหรือรับพลังงานไฟฟ้าได้อย่างเดิมอย่างต่อเนื่อง

ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2548) สุชาติ ปรีชากร (2555) และสุชาติ ปรีชากร (2556) ในส่วนระบบไฟฟ้าที่ผิดปกติก็ต้องทำ

การตรวจสอบ และแก้ไขให้ใช้ได้เหมือนเดิมและนำกลับเข้ามาเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าที่ปกติและจ่ายไฟได้อย่างต่อเนื่องอย่างเดิมโดยเร็ว สำหรับ กฟภ. ได้กำหนดให้ใช้ค่ากระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEC60909 นำมาใช้ออกแบบระบบไฟฟ้าต่างๆ ภายในสถานีไฟฟ้า รวมถึงการปรับตั้งและกำหนดค่าการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน และการจัดลำดับการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันให้ทำงานสัมพันธ์ด้วย เนื่องจากมาตรฐานเกี่ยวกับการคำนวณกระแสลัดวงจรที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและมีความน่าเชื่อถือ คือ มาตรฐาน IEC60909 และมาตรฐาน IEEE551 ซึ่งมาตรฐาน IEC60909 นิยมใช้กันในประเทศทางยุโรป ส่วนมาตรฐาน IEEE551 นิยมใช้กันในประเทศสหรัฐอเมริกา และแคนาดา

โดยค่าขนาดกระแสลัดวงจรที่คำนวณได้ตามมาตรฐานทั้งสองนั้นอาจจะมีค่าขนาดที่เท่ากันหรือแตกต่างกันได้ เนื่องจากตามมาตรฐาน IEC60909 จะใช้แฟคเตอร์ตัวประกอบสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าในการปรับค่าอิมพีแดนซ์ ส่วนมาตรฐาน IEEE551 ไม่มีการใช้แฟคเตอร์ตัวประกอบและให้ใช้แรงดันในการคำนวณตามขนาดจริงขณะเกิดลัดวงจรและในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางวิศวกรรมที่ใช้คำนวณกระแสลัดวงจรในปัจจุบันสามารถเลือกคำนวณตามมาตรฐาน IEC60909 หรือ IEEE551 ก็ได้ หากค่ากระแสลัดวงจรที่คำนวณได้และนำไปใช้งานในการกำหนดค่าการทำงานของรีเลย์กระแสเกินและจัดลำดับการทำงานของรีเลย์กระแสเกินนั้นไม่ถูกต้องและเหมาะสม อาจส่งผลต่อเวลาการทำงาน ฟังก์ชันการทำงานและการจัดลำดับการทำงานทำให้เกิดไฟฟ้าดับเป็นบริเวณกว้างและไฟดับเป็นเวลานาน รวมทั้งอาจส่งผลต่อความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังภายในสถานีไฟฟ้าได้

สำหรับ กฟภ. ได้ใช้มาตรฐาน IEC ในการออกแบบระบบป้องกันกระแสลัดวงจรในสถานีไฟฟ้าย่อย แต่ขนาดกระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นจริงอาจแตกต่างจากที่คำนวณไว้ ดังที่กล่าวไว้แล้ว จึงอาจทำให้ระบบป้องกันไม่ได้ทำงานตามที่ออกแบบไว้ งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาการทำงานของระบบป้องกันเมื่อขนาดกระแสลัดวงจรมีค่าเท่ากับค่าที่คำนวณจากมาตรฐาน IEEE โดยใช้ค่าที่คำนวณจากมาตรฐาน IEC ตั้งค่าทำงาน

อริยะ เมธเศรษฐ์ (2544) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์กระแสลัดวงจรเพื่อใช้ปรับตั้งและเลือกค่าพิกัดของ

อุปกรณ์ป้องกัน และพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณกระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEC60909 ค่ากระแสลัดวงจรที่คำนวณได้นั้นสามารถนำไปพิจารณาการเลือกพิกัดของอุปกรณ์ป้องกันและการปรับตั้งค่าการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน โดยในการศึกษาได้อธิบายและแสดงวิธีการคำนวณกระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEC60909

ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2555) ได้อธิบายถึงวิธีการคำนวณหาค่าขนาดกระแสลัดวงจรและผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้นมา รวมทั้งอธิบายเกี่ยวกับการคำนวณหาค่ากระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEC60909 พร้อมแสดงตัวอย่างการคำนวณค่ากระแสลัดวงจร

Knight (1991) มีการเปรียบเทียบกระบวนการคำนวณกระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEEE และ IEC พบว่ากระบวนการคำนวณตามมาตรฐาน IEC มีความซับซ้อนมากกว่า

Schlabbach (2005) ได้อธิบายถึงพื้นฐานวิธีการคำนวณหาค่ากระแสลัดวงจรและการคำนวณค่ากระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEC60909 พร้อมทั้งแสดงตัวอย่างประกอบเกี่ยวกับการคำนวณหาค่ากระแสลัดวงจร

Luiz and Rangel (2013) ในประเทศบราซิลมีการใช้มาตรฐานด้านไฟฟ้าจาก 2 มาตรฐานคือ IEEE และ IEC จึงมีการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างและความคล้ายคลึงของสองมาตรฐานนี้โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อ MV Switchgear

จากความสำคัญของการนำค่าขนาดกระแสลัดวงจรไปใช้ในการออกแบบระบบป้องกันกระแสเกินสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง หากนำขนาดกระแสลัดวงจรที่ได้มาจากการคำนวณตามมาตรฐาน IEC60909 ไปใช้ปรับตั้งและกำหนดค่าการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินและจัดลำดับการทำงานให้สัมพันธ์กันระหว่างอุปกรณ์ป้องกันในระบบแล้ว เมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้นในระบบ ขนาดกระแสลัดวงจรอาจแตกต่างจากค่า ที่คำนวณไว้ในตอนแรก (ตามมาตรฐาน IEC60909) และเป็นไปได้ว่าขนาดกระแสลัดวงจรอาจมีความเหมาะสมกว่าหากคำนวณตามมาตรฐาน IEEE551 หากเป็นเช่นนั้นแล้ว ระบบป้องกันกระแสเกินของ กฟภ. ยังทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบป้องกันกระแสเกินที่ปรับตั้งค่าการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินโดยใช้ค่ากระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEC60909 และกระแสลัดวงจรที่ใช้ตรวจสอบได้จากการคำนวณตามมาตรฐาน IEEE551

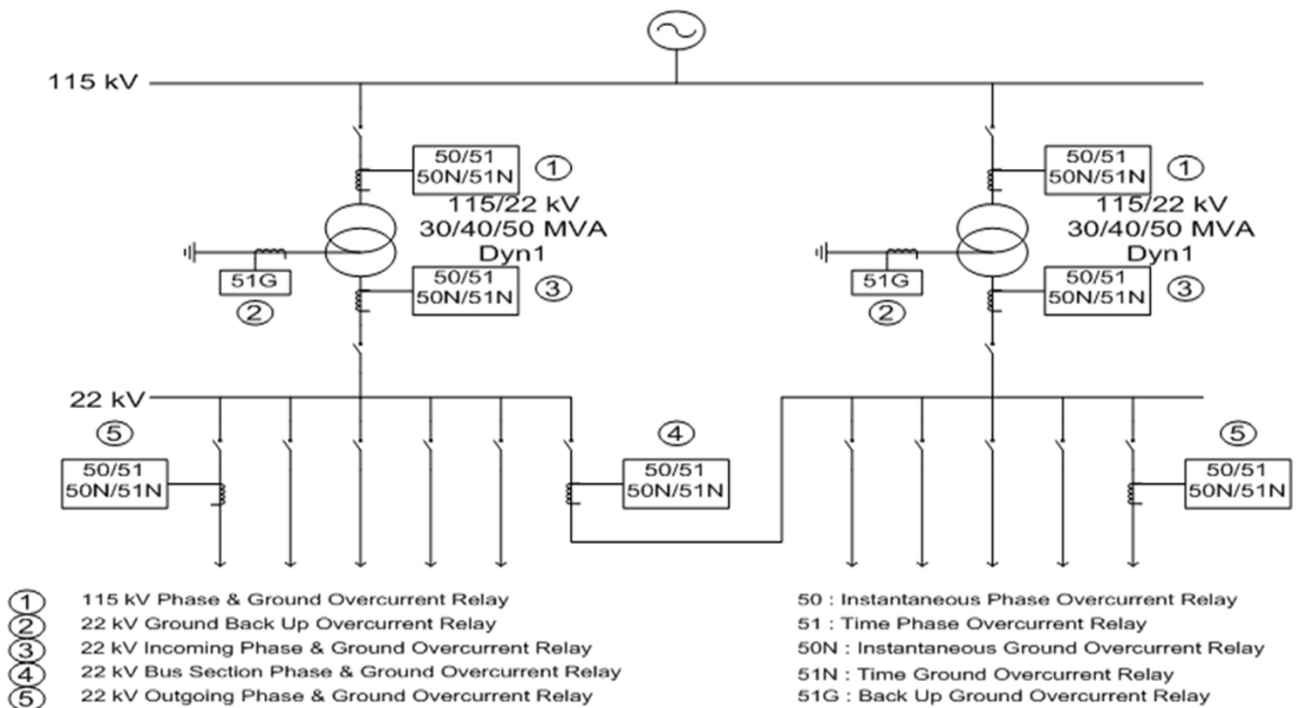
International Electrotechnical Commission (IEC) (2001) ได้มีมาตรฐาน IEC60909 แนะนำเกี่ยวกับการคำนวณหาค่ากระแสลัดวงจรในระบบไฟฟ้าใช้ได้ทั้งระดับแรงดันต่ำและแรงดันสูง สำหรับระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันตั้งแต่ 500 เควีขึ้นไปจะต้องมีการพิจารณาเป็นกรณีพิเศษ มาตรฐานนี้ใช้สำหรับคำนวณได้ทั้งกระแสลัดวงจรแบบสมดุลและแบบไม่สมดุล มาตรฐานอธิบายรายละเอียดของค่านิยามของค่ากระแสลัดวงจรแบบต่างๆ ที่เกิดขึ้นรวมทั้งแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการคำนวณ กระแสลัดวงจรที่สามารถถูกกำเนิดและไหลมาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น มอเตอร์ คาปาซิเตอร์ รวมไปถึงคอนเวอร์เตอร์

The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE) (2006) ได้มีมาตรฐาน IEEE551 แนะนำเกี่ยวกับการคำนวณหาค่ากระแสลัดวงจรในระบบไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรม บริษัท รวมไปถึงโรงจักรไฟฟ้าและสามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าขนาดกระแสลัดวงจรภายในสถานีไฟฟ้าได้ด้วย มาตรฐานได้กล่าวถึงพื้นฐานและหลักการรวมไปถึงเทคนิคในการคำนวณหาค่ากระแสลัดวงจรตามวิธีและหลักการ

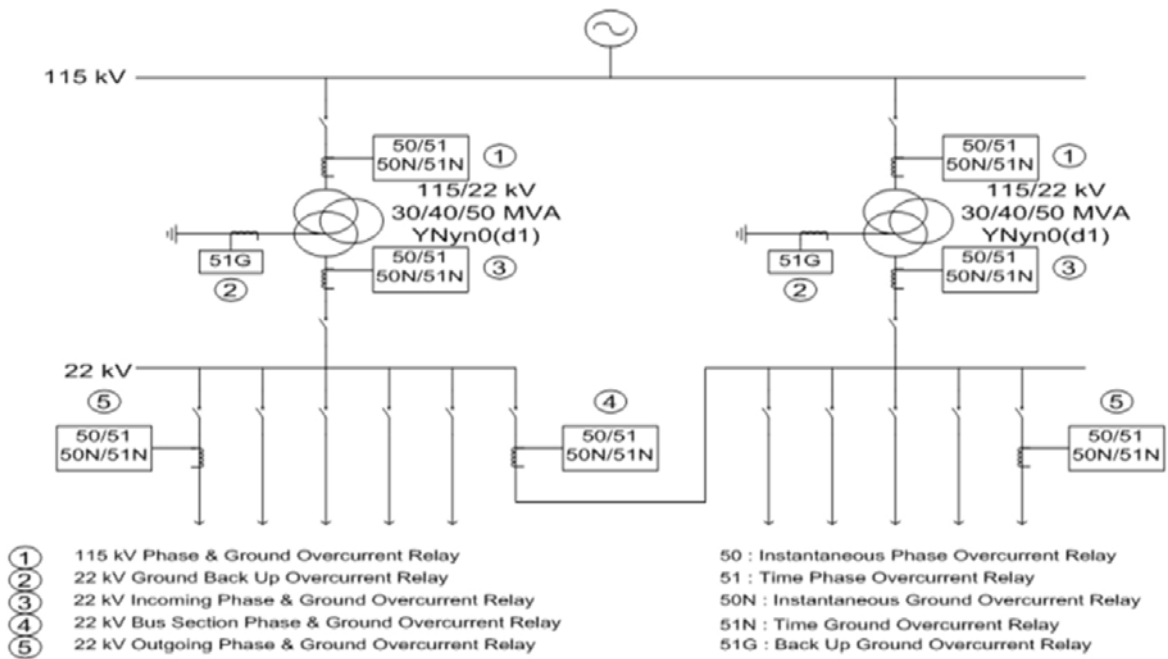
ทางวิศวกรรมไฟฟ้า รวมถึงความสำคัญที่จำเป็นต้องคำนวณหาตัวขนาดกระแสลัดวงจรและผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อเกิดการลัดวงจรหรือมีกระแสลัดวงจรขนาดสูงไหลผ่านอุปกรณ์และระบบไฟฟ้า

วิธีดำเนินการวิจัย

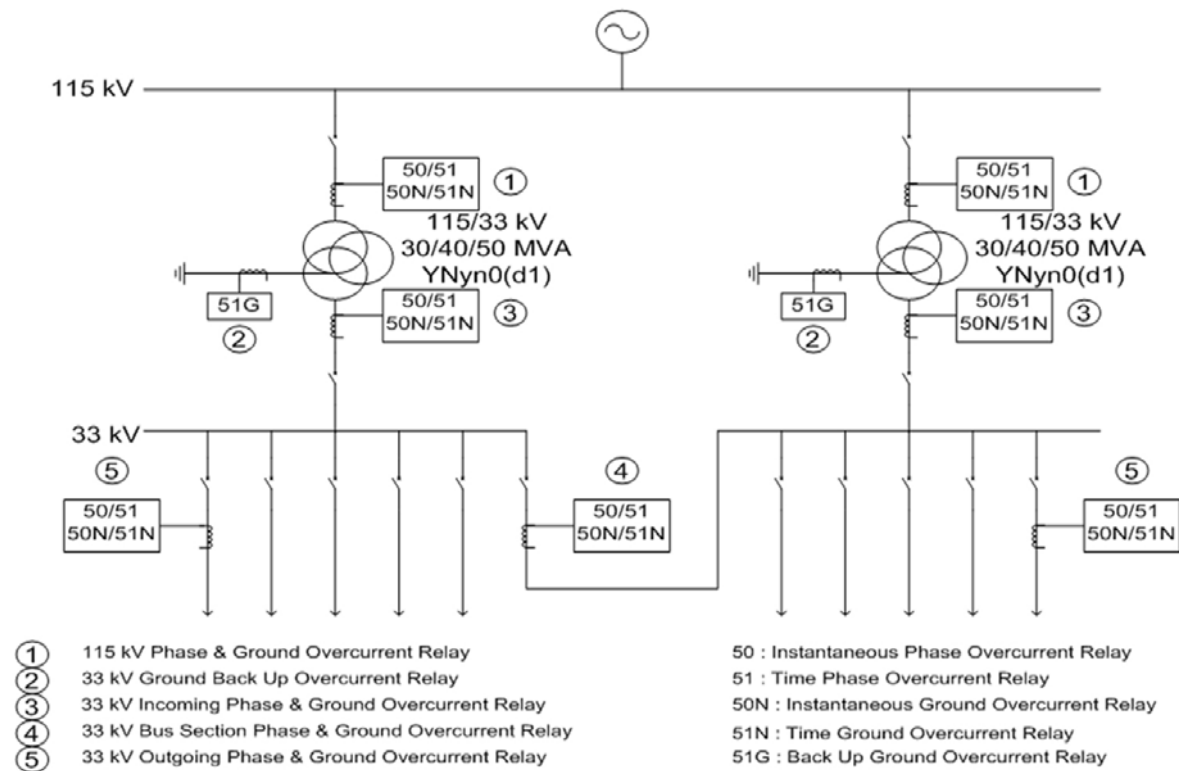
การปรับตั้งค่าการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินและการจัดลำดับการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันดังกล่าวให้ทำงานเหมาะสมและสัมพันธ์กันเพื่อป้องกันความเสียหายต่อหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังภายในสถานีไฟฟ้าย่อยรวมถึงระบบจำหน่ายไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 1-3 ซึ่งภาพที่ 1 เป็นหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ใช้ในภาคเหนือและภาคกลาง ภาพที่ 2 เป็นหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ใช้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาพที่ 3 เป็นหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ใช้ในภาคใต้โดยนำหลักการวิธีการคำนวณค่ากระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEC60909 และ IEEE551 เข้ามาช่วยในการวิจัย และใช้โปรแกรมทางวิศวกรรม คือ โปรแกรม CAPE มาใช้ในการคำนวณและแสดงผลการทำงานของระบบป้องกัน



ภาพที่ 1 โดอะแกรมเส้นเดียวของสถานีไฟฟ้าย่อยที่มีหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาดพิกัด 30/40/50 เอ็มวีเอ แรงดัน 115/22 เควี เวกเตอร์กรุป Dyn1



ภาพที่ 2 โดอะแกรมเส้นเดียวของสถานีไฟฟ้าย่อยที่มีหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาดพิกัด 30/40/50 เอ็มวีเอ แรงดัน 115/22 เควี เวกเตอร์รูป YNyn0(d1)



ภาพที่ 3 โดอะแกรมเส้นเดียวของสถานีไฟฟ้าย่อยที่มีหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาดพิกัด 30/40/50 เอ็มวีเอ แรงดัน 115/33 เควี เวกเตอร์รูป YNyn0(d1)

ขั้นตอนในการวิจัย

1. คำนวณค่าขนาดกระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEC60909
2. กำหนดค่าการทำงานของรีเลย์กระแสเกินและจัดลำดับการทำงาน ให้สัมพันธ์กันโดยพิจารณาใช้ค่าขนาดกระแสลัดวงจรที่คำนวณได้ตามมาตรฐาน IEC60909
3. คำนวณค่าขนาดกระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEEE551
4. เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลของการทำงานของรีเลย์ป้องกันกระแสเกินและการจัดลำดับการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันดังกล่าวทั้งในกรณีที่มีการใช้ค่าขนาดกระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEC60909 และ IEEE551
5. สรุปผลการศึกษาการทำงานของรีเลย์ป้องกันกระแสเกินและการจัดลำดับการทำงานของรีเลย์ป้องกันดังกล่าว

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาขนาดกระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEC60909 และ IEEE551 ที่หม้อแปลงมีจำนวนขดลวดและการต่อขดลวดแตกต่างกัน และขนาดแรงดัน ณ จุดเกิดความผิดปกติแตกต่างกัน และมี Source Impedance ต่างกัน แล้วศึกษาการทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านเฟสและกราวด์ ผลการวิจัยพบว่า

1. ขนาดกระแสลัดวงจรทั้งแบบลัดวงจรสามเฟสและแบบลัดวงจรเฟสเดียวลงดิน ขนาดกระแสลัดวงจรที่คำนวณตามมาตรฐาน IEC60909 และ IEEE551 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1-3 ในกรณีหม้อแปลงที่มีจำนวนขดลวดและการต่อขดลวดที่ต่างกัน โดยใช้ค่า Source Impedance ของ กฟภ. ในปัจจุบัน

ตารางที่ 1 ค่ากระแสลัดวงจรสำหรับหม้อแปลงแบบ 2 ขดลวด แรงดัน 115-22 เควี เวกเตอร์กรุป Dyn1 30/40/50 เอ็มวีเอ

กรณีศึกษา		มาตรฐาน	ค่าขนาดกระแสลัดวงจร			
			IEC		IEEE	
Source Impedance	Prefault Voltage (pu)	3 Phase (A)	SLG (A)	3 Phase (A)	SLG (A)	
$Z_s = 0$ pu	$V_{th} = 0.95$	11,547	11,547	9,972	9,972	
	$V_{th} = 1.00$	11,547	11,547	10,496	10,496	
	$V_{th} = 1.05$	11,547	11,547	11,021	11,021	
$Z_{min} = 0.0167$ pu	$V_{th} = 0.95$	10,762	11,010	9,351	9,548	
	$V_{th} = 1.00$	10,762	11,010	9,844	10,050	
	$V_{th} = 1.05$	10,762	11,010	10,335	10,552	
$Z_{max} = 0.4108$ pu	$V_{th} = 0.95$	4,132	5,263	3,791	4,783	
	$V_{th} = 1.00$	4,132	5,263	3,990	5,035	
	$V_{th} = 1.05$	4,132	5,263	4,190	5,287	

ตารางที่ 2 ค่ากระแสลัดวงจรสำหรับหม้อแปลงแบบ 3 ขดลวด แรงดัน 115-22 เควี เวกเตอร์กรุป YNyn0(d1)

กรณีศึกษา		มาตรฐาน	ค่าขนาดกระแสลัดวงจร			
			IEC		IEEE	
Source Impedance	Prefault Voltage (pu)	3 Phase (A)	SLG (A)	3 Phase (A)	SLG (A)	
$Z_s = 0$ pu	$V_{th} = 0.95$	11,547	14,784	9,972	12,848	
	$V_{th} = 1.00$	11,547	14,784	10,496	13,525	
	$V_{th} = 1.05$	11,547	14,784	11,021	14,201	
$Z_{min} = 0.0474$ pu	$V_{th} = 0.95$	9,589	12,275	8,411	10,855	
	$V_{th} = 1.00$	9,589	12,275	8,854	11,426	
	$V_{th} = 1.05$	9,589	12,275	9,296	11,997	
$Z_{max} = 0.4028$ pu	$V_{th} = 0.95$	4,183	5,713	3,836	5,258	
	$V_{th} = 1.00$	4,183	5,713	4,037	5,535	
	$V_{th} = 1.05$	4,183	5,713	4,239	5,811	

ตารางที่ 3 ค่ากระแสลัดวงจรสำหรับหม้อแปลงแบบ 3 ขดลวด แรงดัน 115-33 เควี เวกเตอร์กรุป YNyn0(d1)

กรณีศึกษา		มาตรฐาน	ค่าขนาดกระแสลัดวงจร			
			IEC		IEEE	
Source Impedance	Prefault Voltage (pu)	3 Phase (A)	SLG (A)	3 Phase (A)	SLG (A)	
$Z_s = 0$ pu	$V_{th} = 0.95$	7,698	9,838	6,648	8,565	
	$V_{th} = 1.00$	7,698	9,838	6,997	9,016	
	$V_{th} = 1.05$	7,698	9,838	7,347	9,467	
$Z_{min} = 0.0423$ pu	$V_{th} = 0.95$	6,505	8,414	5,698	7,414	
	$V_{th} = 1.00$	6,505	8,414	5,997	7,804	
	$V_{th} = 1.05$	6,505	8,414	6,297	8,195	
$Z_{max} = 0.2559$ pu	$V_{th} = 0.95$	3,642	4,954	3,304	4,498	
	$V_{th} = 1.00$	3,642	4,954	3,478	4,735	
	$V_{th} = 1.05$	3,642	4,954	3,652	4,972	

2. การทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านเฟส และกราวด์ การศึกษาการทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านเฟส และกราวด์ จะแบ่งเป็น 3 กรณีตามชนิดของหม้อแปลง โดยการศึกษาเป็นการจำลองระบบไฟฟ้าและหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง แสดงในภาพที่ 4-6

โดยที่

R1: Transformer Thermal Damage Curve

R2: Mechanical Damage Curve

R3: Transformer Inrush Curve

สำหรับรีเลย์กระแสเกินด้านเฟส

Curve 1: 50/51 outgoing, 51_IEC
Curve 2: 50/51 outgoing, 50_IEC
Curve 3: 50/51 bus section, 51_IEC
Curve 4: 50/51 bus section, 50_IEC
Curve 5: 50/51 incoming, 51_IEC
Curve 6: 50/51 incoming, 50_IEC
Curve 7: 50/51 115 kV incoming, 51_IEC
Curve 8: 50/51N 115 kV incoming, 51N_IEC

สำหรับรีเลย์กระแสเกินด้านกราวด์

Curve 1: 50/51N outgoing, 51N_IEC
Curve 2: 50/51N outgoing, 50N_IEC
Curve 3: 50/51N bus section, 51N_IEC
Curve 4: 50/51N bus section, 50N_IEC
Curve 5: 50/51N incoming, 51N_IEC
Curve 6: 50/51N incoming, 50N_IEC
Curve 7: 51N ground backup, 51N_IEC

กรณีที่ 1 อิมพีแดนซ์ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสมมูลและค่า Driving Point มีค่าเป็นศูนย์ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังแบบ 2 ขดลวด แรงดัน 115-22 kV เวกเตอร์กรุป Dyn1

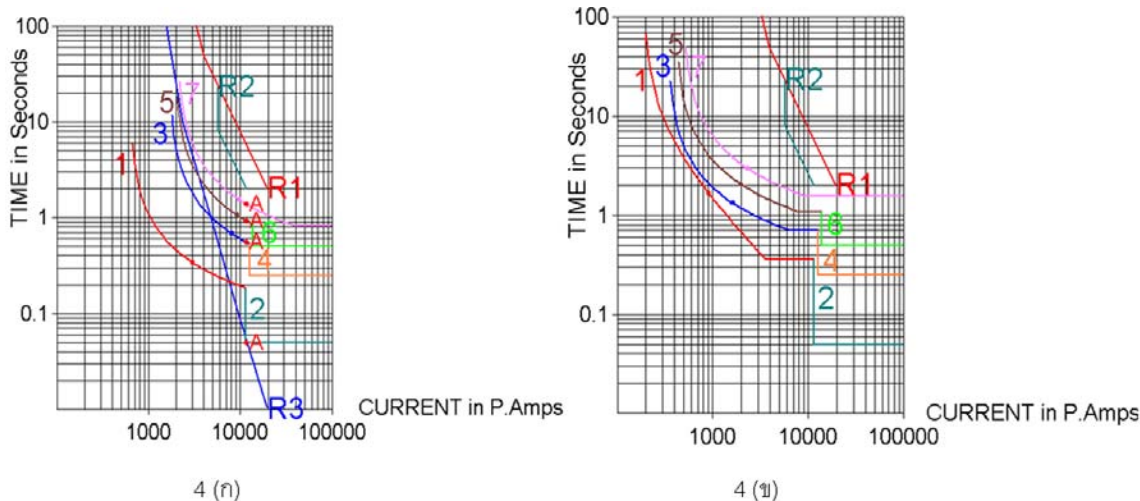
ภาพที่ 4 (ก) แสดงการจัดลำดับการทำงานของรีเลย์ กระแสเกินด้านเฟส ส่วนภาพที่ 4 (ข) แสดงการจัดลำดับ การทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านกราวด์ โดยมีการจัดเรียงลำดับ การทำงานของรีเลย์กระแสเกินจากรีเลย์กระแสเกินด้านจ่ายไฟ ออกระบบจำหน่าย รีเลย์ป้องกันกระแสเกินในส่วนของบัส รีเลย์ ป้องกันกระแสเกินด้านทุติยภูมิและปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า แบบ 2 ขดลวด แรงดัน 115-22 kV เวกเตอร์กรุป Dyn1

ตารางที่ 4 เวลาการทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านเฟสแต่ละตำแหน่งกรณีเกิดการลัดวงจรไฟฟ้าแบบสามเฟส สำหรับหม้อแปลงแบบ 2 ขดลวด แรงดัน 115-22 เควี เวกเตอร์กรุป Dyn1 กรณีอิมพีแดนซ์ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสมมูลและค่า Driving Point มีค่าเป็นศูนย์

ตำแหน่งรีเลย์	กระแสลัดวงจร	IEC (11,547 A)	IEEE (10,496 A)
115 kV Incoming		1.40 วินาที	1.48 วินาที
22 kV Incoming		0.93 วินาที	0.99 วินาที
22 kV Bus Section		0.56 วินาที	0.59 วินาที
22 kV Outgoing		0.05 วินาที	0.19 วินาที

ตารางที่ 5 เวลาการทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านกราวด์แต่ละตำแหน่งกรณีเกิดการลัดวงจรไฟฟ้าแบบหนึ่งเฟสลงดินสำหรับ หม้อแปลงแบบ 2 ขดลวด แรงดัน 115-22 เควี เวกเตอร์กรุป Dyn1 กรณีอิมพีแดนซ์ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสมมูล และค่า Driving Point มีค่าเป็นศูนย์

ตำแหน่งรีเลย์	กระแสลัดวงจร	IEC (11,547 A)	IEEE (10,496 A)
22 kV Ground Backup		1.56 วินาที	1.56 วินาที
22 kV Incoming		1.09 วินาที	1.09 วินาที
22 kV Bus Section		0.70 วินาที	0.70 วินาที
22 kV Outgoing		0.05 วินาที	0.36 วินาที



ภาพที่ 4 การจัดลำดับการทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านเฟสและกราวด์ตามลำดับ กรณีใช้กระแสลัดวงจร IEC60909 ในการกำหนดค่าการทำงานสำหรับป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 2 ขดลวด แรงดัน 115-22 kV เวกเตอร์กรุป Dyn1

กรณีที่ 2 อิมพีแดนซ์ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสมมูลและค่า Driving Point มีค่าน้อยที่สุด หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังแบบ 3 ขดลวด แรงดัน 115-22 kV เวกเตอร์กรุป YNyn0(d1)

ภาพที่ 5 (ก) แสดงการจัดลำดับการทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านเฟส ส่วนภาพที่ 5 (ข) แสดงการจัดลำดับ

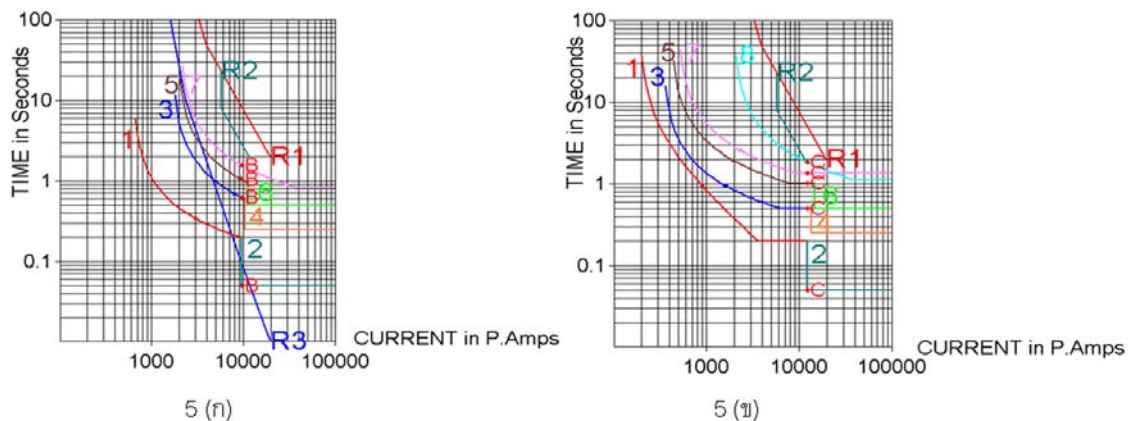
การทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านกราวด์ โดยมีการจัดเรียงลำดับการทำงานของรีเลย์กระแสเกินจากรีเลย์กระแสเกินด้านจ่ายไฟ ออกระบบจำหน่าย รีเลย์ป้องกันกระแสเกินในส่วนของบัส รีเลย์ป้องกันกระแสเกินด้านทุติยภูมิและปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 3 ขดลวด แรงดัน 115-22 kV เวกเตอร์กรุป YNyn0(d1)

ตารางที่ 6 เวลาการทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านเฟสแต่ละตำแหน่งกรณีเกิดการลัดวงจรไฟฟ้าแบบสามเฟสสำหรับหม้อแปลงแบบ 3 ขดลวด แรงดัน 115-22 kV เวกเตอร์กรุป YNyn0(d1) กรณีอิมพีแดนซ์ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสมมูลและค่า Driving Point มีค่าน้อยที่สุด

ตำแหน่งรีเลย์	กระแสลัดวงจร	IEC (9,589 A)	IEEE (8,854 A)
115 kV Incoming		1.56 วินาที	1.65 วินาที
22 kV Incoming		1.04 วินาที	1.09 วินาที
22 kV Bus Section		0.61 วินาที	0.64 วินาที
22 kV Outgoing		0.05 วินาที	0.20 วินาที

ตารางที่ 7 เวลาการทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านกราวด์แต่ละตำแหน่งกรณีเกิดการลัดวงจรไฟฟ้าแบบหนึ่งเฟสลงดินสำหรับหม้อแปลงแบบ 3 ขดลวด แรงดัน 115-22 เควี เวกเตอร์กรุป YNyn0(d1) กรณีอิมพีแดนซ์ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสมมูลและค่า Driving Point มีค่าน้อยที่สุด

ตำแหน่งรีเลย์	กระแสลัดวงจร	IEC (12,275 A)	IEEE (11,426 A)
115 kV Ground Incoming		1.83 วินาที	1.97 วินาที
22 kV Ground Backup		1.36 วินาที	1.36 วินาที
22 kV Incoming		1.02 วินาที	1.02 วินาที
22 kV Bus Section		0.49 วินาที	0.49 วินาที
22 kV Outgoing		0.05 วินาที	0.19 วินาที



ภาพที่ 5 การจัดลำดับการทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านเฟสและกราวด์ตามลำดับ กรณีใช้กระแสลัดวงจร IEC60909 ในการกำหนดค่าการทำงานสำหรับป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 3 ขดลวด แรงดัน 115-22 kV เวกเตอร์กรุป YNyn0(d1)

กรณีที่ 3 อิมพีแดนซ์ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสมมูลและค่า Driving Point มีค่ามากที่สุด หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังแบบ 3 ขดลวด แรงดัน 115-33 kV เวกเตอร์กรุป YNyn0(d1)

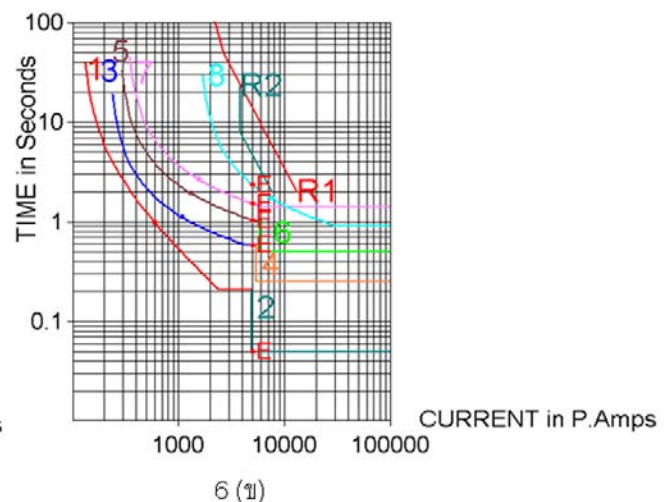
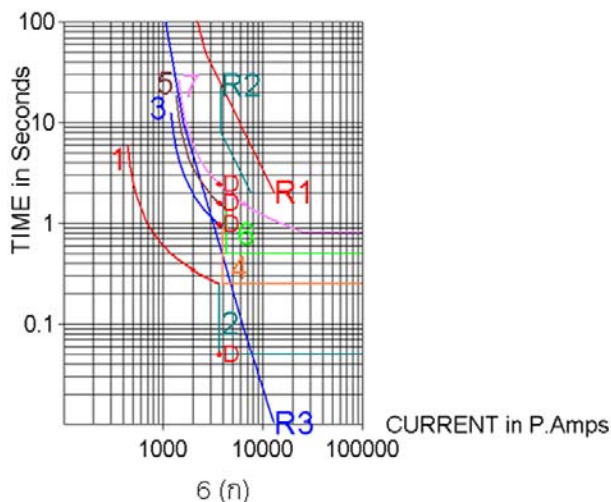
ภาพที่ 6 (ก) แสดงการจัดลำดับการทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านเฟส ส่วนภาพที่ 6 (ข) แสดงการจัดลำดับการทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านกราวด์ โดยมีการจัดเรียงลำดับการทำงานของรีเลย์กระแสเกินจากรีเลย์กระแสเกินด้านจ่ายไฟออกระบบจำหน่าย รีเลย์ป้องกันกระแสเกินในส่วนของบัส รีเลย์ป้องกันกระแสเกินด้านทุติยภูมิและปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 3 ขดลวด แรงดัน 115-33 kV เวกเตอร์กรุป YNyn0(d1)

ตารางที่ 8 เวลาการทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านเฟสแต่ละตำแหน่งกรณีเกิดการลัดวงจรไฟฟ้าแบบสามเฟสสำหรับหม้อแปลงแบบ 3 ขดลวด แรงดัน 115-33 เควี เวกเตอร์กรุป YNyn0(d1) กรณีอิมพีแดนซ์ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสมมูลและค่า Driving Point มีค่ามากที่สุด

ตำแหน่งรีเลย์	กระแสลัดวงจร	IEC (3,642 A)	IEEE (3,478 A)
115 kV Incoming		2.44 วินาที	2.55 วินาที
33 kV Incoming		1.58 วินาที	1.65 วินาที
33 kV Bus Section		0.97 วินาที	1.01 วินาที
33 kV Outgoing		0.05 วินาที	0.25 วินาที

ตารางที่ 9 เวลาการทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านกราวด์แต่ละตำแหน่งกรณีเกิดการลัดวงจรไฟฟ้าแบบหนึ่งเฟสลงดินสำหรับหม้อแปลงแบบ 3 ขดลวด แรงดัน 115-33 เควี เวกเตอร์กรุป YNyn0(d1) กรณีอิมพีแดนซ์ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสมมูลและค่า Driving Point มีค่ามากที่สุด

ตำแหน่งรีเลย์	กระแสลัดวงจร	IEC (4,954 A)	IEEE (4,735 A)
115 kV Ground Incoming		2.36 วินาที	2.37 วินาที
33 kV Ground Backup		1.52 วินาที	1.55 วินาที
33 kV Incoming		1.04 วินาที	1.06 วินาที
33 kV Bus Section		0.59 วินาที	0.59 วินาที
33 kV Outgoing		0.05 วินาที	0.20 วินาที



ภาพที่ 6 การจัดลำดับการทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านเฟสและกราวด์ตามลำดับ กรณีใช้กระแสลัดวงจร IEC60909 ในการกำหนดค่าการทำงานสำหรับป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 3 ขดลวด แรงดัน 115-33 kV เวกเตอร์กรุป YNyn0(d1)

อภิปรายผล

จากการวิจัยหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 30/40/50 เอ็มวีเอทั้ง 3 กรณีนั้น คือ (1) หม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 2 ขดลวด แรงดัน 115/22 เควี เวกเตอร์รูป Dyn1 (2) หม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 3 ขดลวด แรงดัน 115/22 เควี เวกเตอร์รูป YNyn0(d1) และ (3) หม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 3 ขดลวด แรงดัน 115/33 เควี เวกเตอร์รูป YNyn0(d1) พบว่า (1) ขนาดกระแสลัดวงจรที่คำนวณได้ตามมาตรฐาน IEEE551 จะมีขนาดที่น้อยกว่าขนาดกระแสลัดวงจรที่คำนวณได้ตามมาตรฐาน IEC60909 อยู่ประมาณ 10% ทั้งกระแสลัดวงจรแบบสามเฟสและแบบหนึ่งเฟสลงดินในกรณีที่ค่า Source Impedance หรือ Driving Point มีค่าเป็นศูนย์, (2) ขนาดกระแสลัดวงจรที่คำนวณได้ตามมาตรฐาน IEEE551 จะมีขนาดที่น้อยกว่าขนาดกระแสลัดวงจรที่คำนวณได้ตามมาตรฐาน IEC60909 อยู่ประมาณ 7-8% ในกรณีที่ค่า Source Impedance หรือ Driving Point มีค่าน้อยที่สุด (3) ขนาดกระแสลัดวงจรที่คำนวณได้ตามมาตรฐาน IEEE551 จะมีขนาดที่น้อยกว่าขนาดกระแสลัดวงจรที่คำนวณได้ตามมาตรฐาน IEC60909 อยู่ประมาณ 3-4% ในกรณีที่ค่า Source Impedance หรือ Driving Point มีค่ามากที่สุด

ขนาดกระแสลัดวงจรที่แตกต่างกันของทั้งสองมาตรฐานนั้นมีผลมาจากแพคเตอร์ตัวประกอบสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดแรงดันขณะเกิดการลัดวงจรและค่า Source Impedance หรือ Driving Point

ระบบป้องกันกระแสเกินของหม้อแปลงทั้ง 3 ประเภทมีลักษณะคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ขนาดกระแสลัดวงจรที่คำนวณตามมาตรฐาน IEEE จะมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากมาตรฐาน IEC จึงมีผลทำให้รีเลย์ป้องกันกระแสเกินบริเวณ outgoing มีการสั่งทริปเซอร์กิตเบรกเกอร์และปิดกลับแบบอัตโนมัติ ยกเว้นกรณีของแรงดันขณะเกิดการลัดวงจรมีค่าเท่ากับ 1.05 p.u. และค่า Source Impedance มีค่ามากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากโดยทั่วไปกระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEC ($I_{sc,IEC}$) มีค่ามากกว่ากระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEEE ($I_{sc,IEEE}$) อยู่ 3-10% ในการออกแบบระบบป้องกันกระแสเกินที่ใช้ค่า $I_{sc,IEC}$ เป็นตัวกำหนดการทำงานของรีเลย์กระแสเกิน หากกระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นจริงมีค่าตาม $I_{sc,IEEE}$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $I_{sc,IEC}$

จะมีผลทำให้รีเลย์กระแสเกินทำงานช้ากว่า ที่ได้ออกแบบไว้ และในกรณีเกิดลัดวงจรบริเวณ outgoing จะเกิดปัญหาที่รีเลย์ทำงานสั่งเซอร์กิตเบรกเกอร์ปิดกลับอัตโนมัติ ทั้งๆ ที่ออกแบบให้ทำงานแบบทริปแล้วไม่มีการปิดกลับ

ดังนั้น จึงควรทำการศึกษาต่อไป โดยทำการคำนวณกระแสลัดวงจรตามมาตรฐานทั้งสอง นำมาเปรียบเทียบกันแล้วเลือกใช้ขนาดกระแสลัดวงจรที่ต่ำกว่าในการออกแบบระบบป้องกันกระแสเกิน จากนั้นให้ศึกษาการทำงานของระบบป้องกันเมื่อเกิดกระแสลัดวงจรจากทั้งสองมาตรฐาน

บทสรุป

ขนาดกระแสลัดวงจรที่คำนวณได้ตามมาตรฐาน IEEE551 จะมีขนาดที่น้อยกว่าขนาดกระแสลัดวงจรที่คำนวณได้ตามมาตรฐาน IEC60909 อยู่ประมาณ 10% กรณีที่ค่า Source Impedance มีค่าเป็นศูนย์, 7-8% กรณีที่ค่า Source Impedance มีค่าน้อยที่สุดและ 3-4% กรณีที่ค่า Source Impedance มีค่ามากที่สุด ขนาดกระแสลัดวงจรที่แตกต่างกันมีผลมาจากแพคเตอร์ตัวประกอบสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ขนาดแรงดันขณะเกิดการลัดวงจรและค่า Source Impedance การกำหนดค่าการทำงานและการจัดลำดับการทำงานให้สัมพันธ์กันของรีเลย์กระแสเกินโดยใช้ค่าขนาดกระแสลัดวงจรตาม IEC60909 นั้น เมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้นระบบรีเลย์ป้องกันทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้ หากขนาดกระแสลัดวงจรเป็นไปตาม IEEE551 จะทำให้เวลาการทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านเฟสทำงานช้าลง ส่วนเวลาการทำงานของรีเลย์กระแสเกินด้านกราวด์จะยังคงใช้เวลาทำงานเท่าเดิม การจัดลำดับการทำงานของรีเลย์กระแสเกินสำหรับหม้อแปลงกรณีหากเกิดลัดวงจรตาม IEC60909 หรือ IEEE551 ยังคงสามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมและสัมพันธ์กัน

ในกรณีเกิดลัดวงจรตาม IEC60909 บริเวณใกล้กับวงจรจ่ายไฟออกระบบจำหน่ายภายในสถานีไฟฟ้าย่อย รีเลย์กระแสเกินบริเวณ outgoing จะสั่งปลดเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้เปิดวงจรออกไปเลยไม่มีการสั่งปิดกลับเองแบบอัตโนมัติเนื่องจากรีเลย์กระแสเกินนั้น ทำงานด้วยฟังก์ชันแบบปลดวงจรทันทีทันใด (0.05-0.08 s) ตามที่ได้ออกแบบไว้ เนื่องจากค่าขนาดกระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นมีค่ามากอาจส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์และบุคคลที่อยู่ภายในสถานีไฟฟ้าได้ แต่หากขนาดกระแสลัดวงจรมีค่าตาม IEEE551 รีเลย์

กระแสเกินจะส่งผลต่อรีติเบรกเกอร์ให้เปิดวงจรออก (0.19 - 0.35 s) แล้วสั่งปิดกลับเองแบบอัตโนมัติเนื่องจากกระแสลัดวงจรตาม IEEE551 มีขนาดน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้ให้ทำงานทันทีทันใด รีเลย์กระแสเกินนั้นจึงทำงานด้วยฟังก์ชันแบบเวลาผกผันจึงทำงานไม่ตรงกับที่ออกแบบไว้และอาจเกิดความเสี่ยงต่ออุปกรณ์และบุคคลที่อยู่ภายในสถานีไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรณีที่แรงดันขณะเกิดการลัดวงจรมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 p.u. และค่า Source Impedance มีค่าต่ำๆ

เอกสารอ้างอิง

- ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. 2548. การป้องกันระบบไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: ทีซีซี พรินต์ติ้ง.
- ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. 2555. การคำนวณกระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEC60909. กรุงเทพฯ: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.
- สุชาติ ปริชาธร. 2555. วิศวกรรมการป้องกันระบบไฟฟ้าแรงสูง เล่มที่ 1. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สุชาติ ปริชาธร. 2556. วิศวกรรมการป้องกันระบบไฟฟ้าแรงสูง เล่มที่ 2. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- อริยะ เมธเศรษฐ์. 2544. "การวิเคราะห์กระแสลัดวงจรเพื่อใช้ปรับตั้งและเลือกค่าพิกัดของอุปกรณ์ป้องกัน." วิทยานิพนธ์

ปริญญาโทบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- International Electrotechnical Commission (IEC), 2001. Short-circuit currents in three-phase a.c.systems. Geneva : IEC.
- Knight, G. 1991. Comparison of ANSI and IEC 909 short-circuit current calculation procedures. Record of Conference Industry Applications Society 38th Annual, 9-11 Sep 1991, PP.229-235.
- Luiz, F. and Rangel, E. 2013. Difference and similarities between ANSI and IEC cultures for MV assemblies. Retrieved 10 November, 2013. From http://www.eaton.com/ecm/idcplg?IdcService=GET_File.
- Schlabbach, J. 2005. Short-circuit Currents. The Institution of Engineering and Technology, London, United Kingdom.
- The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE), 2006. Recommended Practice for Calculating Short-Circuit in Industrial and Commercial Power Systems. New York : IEEE.



>> วรเวช ปันกระจำง

สำเร็จการศึกษา ปริญญาโท (วท.ม.) สาขาการจัดการเทคโนโลยีอาคาร พ.ศ. 2557 ปริญญาตรี (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า พ.ศ. 2544 จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปัจจุบันตำแหน่งหัวหน้าแผนกออกแบบระบบควบคุมและป้องกัน กองออกแบบสถานีไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค



>> รองศาสตราจารย์ ดร.นิตย์ เพ็ชรรักษ์

สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาเอก (D. Eng., Doctoral of Engineering) สาขา Electrical Power System Management พ.ศ. 2549 จากสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (Asian Institute of Technology) AIT ระดับปริญญาโท (วศ.ม.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า พ.ศ. 2526 จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และปริญญาตรี (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า พ.ศ. 2536 จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ ประจำหลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต