บทที่ 3

รีเลย์และการป้องกันอุปกรณ์ในระบบส่งกำลังไฟฟ้า

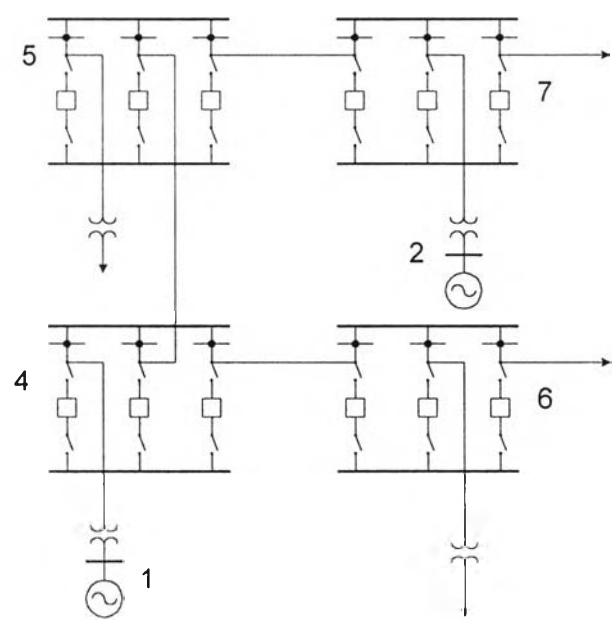
ตามที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 ว่าระบบกำลังไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือระบบผลิต ระบบส่ง และระบบจำหน่ายในแต่ละระบบมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าอยู่มากมาย จึงจำเป็นต้องมีระบบป้องกันโดยเฉพาะระบบส่งซึ่งมีอาณาเขตที่กว้างไกลมากและอยู่ระหว่างระบบจำหน่ายกับระบบผลิตดังนั้นเรื่องของการป้องกันในส่วนของระบบส่งซึ่งจะกล่าวต่อไปนี้จะเป็นพื้นฐานที่จะนำไปใช้วิเคราะห์เสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าต่อไป

3.1 สถานีไฟฟ้าแรงสูง

เมื่อโรงจักรส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้ามาในระบบส่งนั้นจะส่งจ่ายเข้ามาที่สถานีไฟฟ้าแรงสูง โดยสถานีไฟฟ้าแรงสูงจะมีอุปกรณ์หลัก ๆ อยู่ 2 ส่วนคือ

1 อุปกรณ์ในลานไกไฟฟ้าได้แก่ หม้อแปลง , บัส , เซอร์กิตเบรกเกอร์ , ซีที

2 อุปกรณ์ในห้องควบคุมได้แก่ ระบบรีเลย์ , ระบบสื่อสาร , ระบบควบคุม



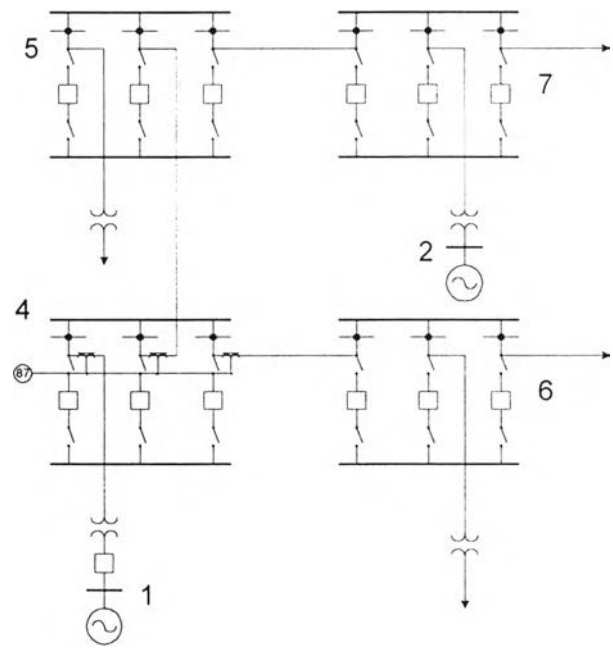
รูปที่ 3.1 การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในสถานีไฟฟ้าแรงสูง

จากรูปที่ 3.1 ซึ่งแสดงการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบที่ได้ศึกษาไปแล้วในรูปที่ 2.1 ในการวิเคราะห์ระบบในสภาวะปกติเราจะไม่เข้าไปสนใจอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าแรงสูงเท่าไรนักโดยจะ

แทนสถานีไฟฟ้าแรงสูงด้วยบัส แต่ในการศึกษาการป้องกันระบบกำลังไฟฟ้าจะต้องศึกษาอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าอย่างละเอียดโดยเฉพาะเขตป้องกันของหม้อแปลง ,สายส่ง และบัสซึ่งเป็นอุปกรณ์หลักในระบบส่งกำลังไฟฟ้า

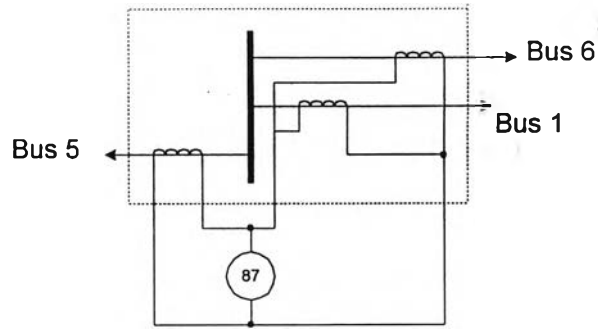
3.2 เขตป้องกันของบัส

บัสเป็นที่รวมของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบส่งกำลังไฟฟ้า และยังเป็นจุดเชื่อมโยงระหว่างระบบส่งกับระบบผลิต และระบบส่งกับระบบจำหน่าย รีเลย์ที่ใช้ในการป้องกันคือ Bus Differential Relay (87) ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 รีเลย์ที่ใช้ในการป้องกันบัสของสถานีไฟฟ้าแรงสูงที่ 4

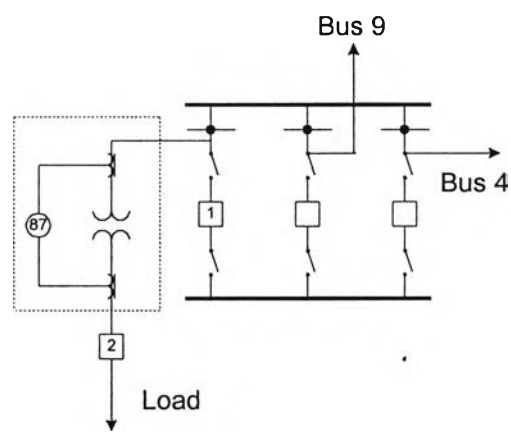
โดยจะต้องใช้หม้อแปลงกระแส (CT) กับทุกวงจรที่เชื่อมโยงกับบัสซึ่งได้แก่สายส่ง 4 – 5 ,สายส่ง 4 – 6 และหม้อแปลงที่ต่อกับโรงจักรที่บัส 1 เขตป้องกันของบัสคือบริเวณเส้นประที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.3 โดยรีเลย์จะทำงานเมื่อเกิดฟอลต์ในบริเวณเส้นประเท่านั้น และการทำงานของรีเลย์ชนิดนี้จะทำการสั่งทริฟเซอร์กิตเบรกเกอร์ทุกวงจรที่ต่อกับสถานีไฟฟ้าแรงสูง เช่นกรณีเกิดฟอลต์ในเขตของบัสของสถานีไฟฟ้าแรงสูงที่ 4 Bus Differential Relay จะสั่งทริฟเซอร์กิตเบรกเกอร์ทุกตัวในสถานีแรงสูง ซึ่งลักษณะของการจัดบัสจะมีผลต่อการทำงานของรีเลย์ชนิดนี้อย่างมาก



รูปที่ 3.3 เขตป้องบัสของสถานีไฟฟ้าแรงสูงที่ 4

3.3 เขตป้องกันของหม้อแปลง

หม้อแปลงที่ใช้ในระบบกำลังไฟฟ้ามีหน้าที่แปลงระดับแรงดันโดยเพิ่มระดับแรงดันจากระบบผลิตไปสู่ระบบส่ง และลดแรงดันจากระบบส่งไปยังระบบจำหน่าย และยังเป็นตัวรับส่งกำลังไฟฟ้าโดยในส่วนของระบบผลิตจะส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าผ่านหม้อแปลงเพื่อส่งจ่ายเข้าสู่ระบบส่ง และระบบส่งจะส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าผ่านทางหม้อแปลงไปยังระบบจำหน่าย ในการป้องกันหม้อแปลงจะมีหลักการคล้าย ๆ กับการป้องกันบัสพิจารณารูปที่ 3. 4

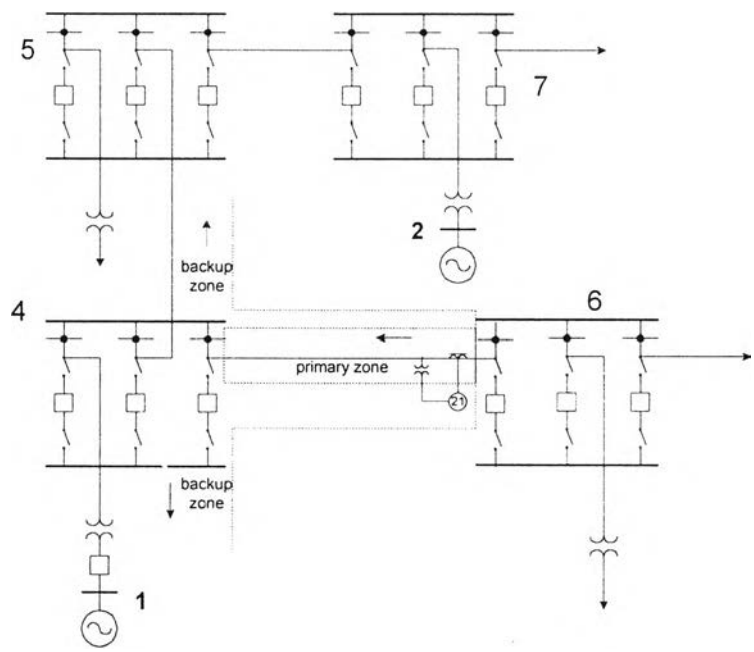


รูปที่ 3. 4 เขตป้องกันหม้อแปลงของสถานีไฟฟ้าแรงสูงที่ 6

เขตป้องกันของหม้อแปลงอยู่ในบริเวณเส้นประโดยที่หากเกิดฟอลต์ในบริเวณนี้แล้ว Transformer Differential Relay (87) จะสั่งทริฟเซอร์กิตเบรกเกอร์ หมายเลข 1 และ 2 ส่วนเซอร์กิตเบรกเกอร์หมายเลข 2 ซึ่งอยู่ทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงโดยติดกับระบบจำหน่าย (Load) จะใช้เคลียร์ฟอลต์กรณีเกิดฟอลต์บริเวณรอยต่อระหว่างระบบส่งกับระบบจำหน่ายซึ่งมักจะใช้รีเลย์กระแสเกินในการป้องกัน (Overcurrent Relay)

3.4 การป้องกันสายส่ง

สายส่งเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ในการส่งกำลังไฟฟ้าเป็นระยะทางไกลซึ่งแตกต่างกับหม้อแปลงและบัสซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่อยู่ภายในสถานีไฟฟ้าแรงสูงเท่านั้น นอกจากนี้สายส่งยังเป็นอุปกรณ์ที่อยู่สูงจากพื้นดินมากยากแก่การสังเกตเห็นความความผิดปกติ รีเลย์ที่ใช้ในการป้องกันสายส่งก็คือรีเลย์วัดระยะทาง (Distance Relay) ซึ่งจะวัดค่าอิมพีแดนซ์อยู่ตลอดเวลาหากอิมพีแดนซ์ที่วัดได้มีค่าน้อยกว่าที่ปรับตั้งเอาไว้รีเลย์ก็จะทำงาน สำหรับเขตป้องกันของรีเลย์วัดระยะทางแบ่งเป็น 2 เขตป้องกันคือเขตป้องกันหลัก (Primary Zone) และเขตป้องกันสำรอง (Backup Zone) โดยเขตป้องกันหลักจะป้องกันสายส่งที่รีเลย์ติดตั้งอยู่ และเขตป้องกันสำรองจะทำการป้องกันสำรองให้กับเขตป้องหลักอีกทีและเลยเขตป้องกันหลักออกไปดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 เขตป้องกันสายส่ง 6 - 4

3.5 การปรับตั้งค่าของรีเลย์วัดระยะทาง

พิจารณารูปที่ 3.5 ซึ่งแสดงการป้องกันสายส่ง 6 – 4 เขตป้องกันหลักคือ 100 % ของสายส่ง 6 – 4 แต่ในทางปฏิบัติจะครอบคลุมประมาณ 80 % เนื่องจากผลของความแม่นยำของตัว CT ,VT ในส่วนของเขตป้องกันสำรองจะป้องกันสำรองให้กับเขตป้องกันหลักและเลยเขตป้องกันหลักออกไปเพื่อป้องกันสำรองให้กับสายส่ง 4 – 5 รวมทั้งเขตของบัส 4 โดยการทำงานของเขตป้องกันสำรองจะช้ากว่าเขตป้องหลักเสมอ ปัญหาที่สำคัญก็คือในการหาจุดปลายทางของเขตป้องกันสำรองจะหาได้อย่างไรเนื่องจากเขตป้องกันสำรองของรีเลย์วัดระยะทางจะทะลุเข้าไปยังเขตป้องกันของหม้อแปลง

ที่สถานีไฟฟ้าแรงสูงที่ 4 , เขตของบัส 4 , เขตของบัส 5 , โหลดที่สถานีไฟฟ้าแรงสูงที่ 5 เป็นต้น คำตอบก็คือจะต้องแสดงค่าของอิมพีแดนซ์ที่รีเลย์วัดระยะทางวัดได้ลงบน R – X diagram เพื่อที่จะได้ทราบขอบเขตของเขตป้องกันสำรอง

ในการปรับตั้งค่ารีเลย์วัดระยะทางจะประกอบไปด้วย 3 โซนคือโซน 1 เป็นเขตป้องกันหลัก โซน 2 เป็นการป้องกันสำรองให้กับเขตป้องกันหลักและเขตบัสถัดไป และโซน 3 เป็นการป้องกันสำรองให้กับเขตป้องกันหลักและสายส่งถัดไปโดยเวลาการทำงานของโซน 1 จะเร็วกว่าโซน 2 และเวลาของโซน 2 จะเร็วกว่าโซน 3 จากรูปที่ 3.5 จะทำการปรับตั้งค่ารีเลย์วัดระยะทางเพื่อที่จะดูเขตป้องกันทั้งหมดบน R – X diagram โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 2.1

โซน 1 ปรับตั้ง 80 % ของสายส่ง 6–4

โซน 1 = 0.80*(0.017+j0.092)

= 0.0136+j0.0736 pu.

โซน 2 ปรับตั้ง (100 % ของสายส่ง 6–4) + (50 % ของสายส่ง 4-5)

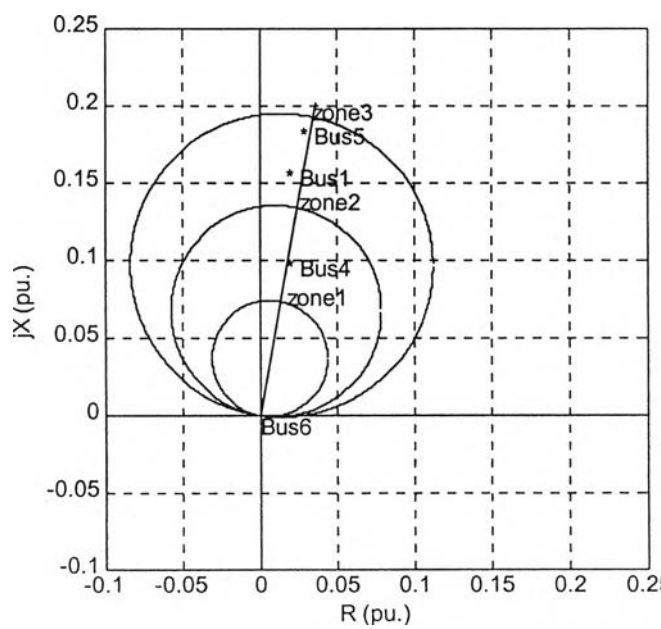
โซน 2 = 1.00*(0.017+j0.092) + (0.50)*(0.010+j0.085)

=0.0220+j0.1345 pu.

โซน 3 ปรับตั้ง (100 % ของสายส่ง 6–4) + (120 % ของสายส่ง 4-5)

โซน 3 = 1.00*(0.017+j0.092) + (1.20)*(0.010+j0.085)

= 0.0290+j0.1940 pu.



รูปที่ 3.6 ค่าอิมพีแดนซ์ที่รีเลย์วัดระยะทางของสายส่ง 6-4 วัดได้แสดงบน R-X diagram

จากรูปที่ 3.6 จะพบว่าขอบเขตการป้องกันสำรองของโซน 2 จะครอบคลุมเขตบัสของสถานีไฟฟ้าแรงสูงที่ 4 เลยไปถึงกลางสายส่ง 4-5 แต่ไม่ครอบคลุมไปถึงเขตบัส 1 ในขณะที่โซน 3 มีเขตป้องกันครอบคลุมไปถึงเขตบัสของสถานีไฟฟ้าแรงสูงที่ 5 และยังครอบคลุมเข้าไปถึงเขตบัสของสถานีไฟฟ้าแรงสูงที่ 1 ซึ่งมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ออยู่แม้ว่าเขตป้องกันสำรองคือโซน 2 และโซน 3 ที่กล่าวมานี้จะครอบคลุมเข้าไปถึงเขตป้องกันของอุปกรณ์ของสถานีไฟฟ้าแรงสูงต่าง ๆ แต่ถ้าหากเกิดฟอลต์ที่บริเวณเหล่านั้นแล้วโซน 2 หรือโซน 3 ก็จะทำงานหลังจากที่รีเลย์ที่รับผิดชอบเขตเหล่านั้นเกิดขัดข้องเพราะว่าเวลาที่ใช้ในการทำงานของโซน 2 และโซน 3 จะช้ากว่าเวลาที่ใช้ในการทำงานของรีเลย์ที่รับผิดชอบในเขตป้องกันเหล่านั้น เช่น หากเกิดฟอลต์ที่บัส 4 ดังนั้น Bus Differential Relay ของบัส 4 จะทำงานอย่างทันทีทันใดโดยรีเลย์วัดระยะทางที่ป้องกันสายส่ง 6-4 จะเห็นอยู่ในเขตโซน 2 ซึ่งต้องใช้เวลาประมาณ 0.5 วินาที ซึ่งช้ากว่าการทำงานของ Bus Differential Relay ที่บัส 4 ซึ่งทำงานอย่างทันทีทันใด แต่หาก Bus Differential Relay ที่บัส 4 ขัดข้องดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไป 0.5 วินาที รีเลย์วัดระยะทางที่ป้องกันสายส่ง 6-4 ก็จะทำงานซึ่งลักษณะนี้เป็นวัตถุประสงค์ของการป้องกันสำรองของรีเลย์วัดระยะทาง

3.6 สรุป

ในบทนี้เราได้ศึกษาอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าแรงสูงและการป้องกันเริ่มจากการป้องกันในเขตบัสซึ่งใช้ Bus Differential Relay ในการป้องกันโดยทำงานอย่างทันทีทันใดเมื่อเกิดฟอลต์ในเขตต่อด้วยการป้องกันหม้อแปลงโดยใช้ Transformer Differential Relay ซึ่งจะใช้เวลาในการทำงานอย่างทันทีทันใดเช่นกัน สุดท้ายได้กล่าวถึงการป้องกันสายส่งซึ่งใช้รีเลย์วัดระยะทางซึ่งประกอบไปด้วยเขตป้องกันหลัก และเขตป้องกันสำรองตลอดจนศึกษาเขตป้องกันของรีเลย์วัดระยะทางบน R-X diagram ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เรายังไม่ได้คำนึงถึงโหลด และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งมีผลต่อค่าอิมพีแดนซ์ที่รีเลย์วัดระยะทางวัดค่าได้ในขณะที่เกิดฟอลต์ซึ่งจะกล่าวอย่างละเอียดในบทต่อ ๆ ไป