บทที่ 3

การวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์ป้องกันแบบประสานการทำงาน

3.1 คำนำ

การวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน เป็นกระบวนการกำหนดขนาดพิกัดของอุปกรณ์ป้องกันในระบบไฟฟ้า โดยการนำเส้นโค้งลักษณะการตัดวงจร (Tripping characteristic curve) ของอุปกรณ์ป้องกันชนิดต่างๆในระบบ มาวางทาบลงบนกราฟระหว่างกระแสกับเวลา ในกระดาษกราฟเสกล Log-Log แผ่นเดียวกัน จากนั้นจึงใช้ความรู้ในการเลือกขนาดและชนิดของอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสม

โดยทั่วไปการวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน มักจะใช้วิธีลองผิด-ลองถูก โดยที่ขนาดพิกัดของอุปกรณ์ป้องกันจะถูกกำหนดโดย กระแสโหลด, กระแสลัดวงจร, กระแสตอนสตาร์ทมอเตอร์, อุณหภูมิพิกัดของอุปกรณ์ และต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ นอกจากนี้อุปกรณ์ป้องกันทุกตัวจะต้องมีการจัดลำดับการทำงานตามลำดับก่อนหลัง (Selectivity) ไปพร้อมๆกันกับอุปกรณ์ป้องกันตัวอื่นๆที่ต่ออนุกรมกับกับอุปกรณ์นั้นๆด้วย

การที่จะทำให้อุปกรณ์ป้องกันทุกตัวในระบบมีลำดับการตัดวงจรในระบบได้นั้น ผู้ออกแบบจะต้องเลือกเส้นโค้งลักษณะการตัดวงจร (Tripping characteristic curve) ของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละตัวไม่ให้มีการซ้อนทับกัน แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นจะต้องบรรลุจุดมุ่งหมาย 2 ประการด้วย คือเพื่อให้ได้การป้องกันที่ดีที่สุด และเพื่อให้เกิดไฟฟ้าดับกินบริเวณแคบที่สุดในกรณีที่เกิดความผิดพร่องในระบบไฟฟ้า

การวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลในส่วนต่างๆต่อไปนี้

3.1.1 ระบบไฟฟ้าที่จะทำการวิเคราะห์ [7-8,29,33]

1) ไดอะแกรมเส้นเดี่ยว (Single-line diagram) ของระบบไฟฟ้า

วิธีที่สะดวกที่สุดที่จะแสดง ข้อมูลเกี่ยวกับระบบที่เราจะทำการวิเคราะห์นั้น จะต้องเริ่มจากการเขียนไดอะแกรมเส้นเดี่ยวของระบบนั้นๆก่อน โดยที่ไดอะแกรมเส้นเดี่ยวจะแสดงข้อมูลที่สำคัญของอุปกรณ์ในระบบ เช่น ข้อมูลของ ฟิวส์, เซอร์กิตเบรคเกอร์, หม้อแปลงกำลัง, กลุ่มของมอเตอร์, สายเคเบิล และโหลด เป็นต้น

2) ชนิด, พิกัด และค่าอิมพีแดนซ์ของโหลดที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอุปกรณ์จ่ายกำลังบนไดอะแกรมเส้นเดี่ยว โดยจะต้องมีข้อมูลที่จะใช้ในการหากระแสลัดวงจร และการกำหนดขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรคเกอร์ด้วย

3) กระแสลัดวงจรที่จุดต่างๆ ของระบบ

3.1.2 พิกัดของอุปกรณ์ป้องกัน

สามารถค้นคว้าได้โดยอาศัยมาตรฐานต่างๆ ที่มีอยู่ เช่น IEC, NEC และ ANSI เป็นต้น ซึ่งจะกล่าวถึงอย่างละเอียดต่อไปในบทที่ 5

3.1.3 คุณสมบัติของอุปกรณ์ป้องกัน

ช่วงเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันเริ่มทำงานจะขึ้นอยู่กับกระแสลัดวงจรที่ไหลผ่าน กล่าวคือ ช่วงเวลาที่เริ่มทำงานจะนาน ถ้าขนาดของกระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านมีค่าน้อย และจะเร็วขึ้นเมื่อขนาดของกระแสลัดวงจรมีค่ามากขึ้น คุณสมบัติข้อนี้เป็นจริงสำหรับ ฟิวส์ และเซอร์กิตเบรคเกอร์

คุณสมบัติของอุปกรณ์ป้องกันจะแสดงในรูปของเส้นโค้งระหว่างกระแสกับเวลาบนกราฟสเกล Log-Log โดยที่เวลาเป็นแกนตั้ง และกระแสเป็นแกนนอน ซึ่งจะกล่าวถึงอย่างละเอียดในบทถัดไป

3.1.4 ช่วงเวลาทำงานของอุปกรณ์ป้องกันเมื่อมีการประสานกันระหว่างอุปกรณ์ (Coordinative time interval) [7,9,11,29]

สิ่งที่ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าต้องการ คือการทำงานที่เป็นลำดับของอุปกรณ์ป้องกัน กล่าวคือเมื่อมีกระแสผิดพร่องผ่านอุปกรณ์ป้องกันที่มีการต่ออย่างน้อย 2 ตัวขึ้นไป อุปกรณ์ป้องกันที่อยู่หลังสุด หรืออยู่ใกล้กับจุดที่เกิดการผิดพร่องมากที่สุด จะต้องทำงานก่อนที่อุปกรณ์ข้างหน้าจะเริ่มทำงาน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า อุปกรณ์แต่ละตัวจะมีช่วงเวลาหนึ่งๆ ที่จะเริ่มทำงานหลังจากเกิดความผิดพร่อง ซึ่งช่วงเวลานี้จะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสลัดวงจรและตำแหน่งของจุดผิดพร่องที่เกิดขึ้น ดังที่กล่าวถึงในคุณสมบัติข้อ 3.1.3 โดยผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงเรื่องนี้เป็นสำคัญ ซึ่งจะต้องพิจารณาในประเด็นที่เกี่ยวกับ

1) ขนาดของกระแสผิดพร่อง

2) ความไวของอุปกรณ์ป้องกันต่อกระแสผิดพร่อง

3) ช่วงเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันทำงาน

4) หน้าที่ของอุปกรณ์ป้องกัน

3.2 ข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์

3.2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับโหลด

กระแสโหลดสูงสุดในแต่ละวงจร

3.2.2 หม้อแปลง

พิกัด kVA, แรงดันปฐมภูมิ, แรงดันทุติยภูมิ, ลักษณะการต่อของหม้อแปลง, เปอร์เซนต์อิมพีแดนซ์, กระแสเริ่มการทำงาน (Inrush current) ของหม้อแปลง, ชนิดของฉนวน และความสามารถในการทนสภาวะโหลดเกิน

3.2.3 มอเตอร์

กำลังขาออก, กระแสพิกัด, กระแสเมื่อมีการยึดโรเตอร์ (Locked rotor current), ช่วงเวลาที่ใช้ในการสตาร์ท, ลักษณะของการสตาร์ท และอุณหภูมิสูงสุดที่มอเตอร์จะทนได้

3.2.4 แหล่งจ่ายพลังงาน

พิกัด, ชนิด และการตั้งค่าของอุปกรณ์ป้องกันของแหล่งจ่ายพลังงาน

3.2.5 กระแสลัดวงจร

กระแสลัดวงจรที่แต่ละจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกัน

3.2.6 กราฟระหว่างกระแสและเวลา ของอุปกรณ์ป้องกันทุกตัวที่จะทำการวิเคราะห์

3.2.7 เซอร์กิตเบรคเกอร์

ชนิด, ขนาดโครงที่สามารถปรับพิกัดได้ (Ampere frame), พิกัดกระแส, Long-time adjustment range, Short-time adjustment range และ Instantaneous adjustment range

3.2.8 รีเลย์กระแสเกิน

ชนิด, อัตราส่วนของหม้อแปลงกระแส, Ampere tap adjustment range, Time delay adjustment range และ Instantaneous adjustment range

3.2.9 ฟิวส์

ชนิด และ พิกัดกระแสต่อเนื่อง

3.2.10 สายส่ง และเคเบิล

จำนวนต่อเฟส, ลักษณะการติดตั้ง, ชนิดของตัวนำ, ชนิดของฉนวน, พิกัดกระแส และความคงทนต่อกระแสลัดวงจร

3.2.11 รางน้ำกระแส (Busway)

พิกัดกระแส

3.2.12 แผงจ่ายโหลด (Load panel) และ แผงสวิทช์ (Switchboard)

พิกัดกระแส

3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน [9,29]

3.3.1 เขียนไดอะแกรมเส้นเดี่ยว (Single-line diagram) ของระบบไฟฟ้าที่จะวิเคราะห์

3.3.2 เขียนข้อมูลที่จำเป็นในการหากระแสลัดวงจร และรายละเอียดเพิ่มเติมของอุปกรณ์

3.3.3 ทำการหากระแสลัดวงจรที่จุดต่างๆ ที่จำเป็นจากข้อมูลในข้อที่ 3.3.2

3.3.4 หาค่าต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการเลือกอุปกรณ์ป้องกันจากข้อมูลในข้อ 3.3.2 โดยที่จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

3.3.5 ทำการเลือกแบบอุปกรณ์ป้องกันโดยให้มีแรงดันพิกัด และความถี่ตามระบบไฟฟ้า ซึ่งจะต้องพิจารณาทั้งขนาดและรูปร่างของอุปกรณ์นั้นๆ ด้วย

3.3.6 ทำการเลือกขนาด และพิกัดของอุปกรณ์ป้องกันเบื้องต้น จากค่ากระแสโหลดเต็มพิกัด และกระแสลัดวงจร [5,8-9,29,33]

3.3.7 ทำการวางทาบกราฟลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ ลงบนกระดาษกราฟสเกล Log-Log เพื่อหาขนาดพิกัดของอุปกรณ์ป้องกัน ที่ทำให้เกิดการทำงานตามลำดับก่อนหลัง (Selectivity) ที่ดีที่สุด โดยในขั้นตอนนี้จะมีรายละเอียดย่อย คือ

1) เลือกสเกลของกระแสและเวลาที่สะดวก และเหมาะสม

2) กำหนดจุดต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์ป้องกันลงบนกราฟสเกล Log-Log เช่น Inrush point, Transformer withstand point หรือ ANSI point, ค่ากระแสลัดวงจร, ค่ากระแสโหลดพิกัด เป็นต้น

3) วางทาบกราฟต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน เช่น กราฟของมอเตอร์, กราฟของเซอร์กิตเบรคเกอร์, กราฟของฟิวส์, กราฟของสายเคเบิล เป็นต้น ลงบนกราฟสเกล Log-Log

4) เริ่มต้นทำการวิเคราะห์ที่ระดับแรงดันต่ำที่สุด และถ้ามีโหลดต่อขนานกันหลายตัว ให้ทำที่โหลดที่ใหญ่ที่สุดเพียงตัวเดียว