บทที่ ๖

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 รูปแบบการต่อใช้รีเลย์

รีเลย์ที่ออกแบบสร้างนี้เป็นรีเลย์ที่ใช้สำหรับป้องกันหม้อแปลงได้ครบทั้ง ๓ หน้าที่ที่จำเป็น คือประกอบด้วย

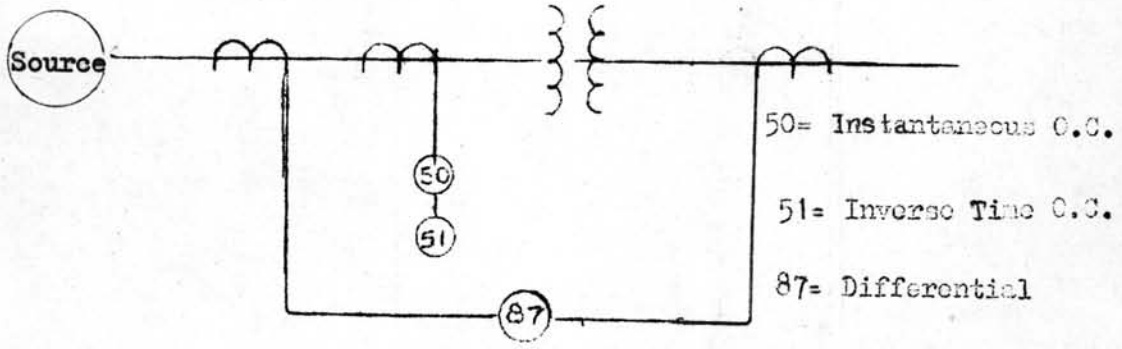
(1) โอเวอร์เคอร์เรนท์แบบผันกลับ (Inverse Time Over Current)

(2) โอเวอร์เคอร์เรนท์แบบทันที (Instantaneous over current)

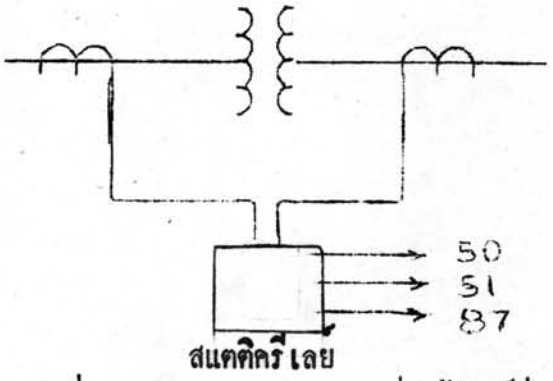
(3) ดิฟเฟอร์เรนเชียล (Differential) ซึ่งมีคุณสมบัติของเปอร์เซ็นต์ไบอัส (Percent bias) และฮาร์โมนิคเรสเทรนท์ (Harmonics restraint)

ในการใช้งานตามปกติของรีเลย์แบบธรรมดา (Conventional relays) ต้องใช้หม้อแปลงกระแสแยกกันระหว่างโอเวอร์เคอร์เรนท์และดิฟเฟอร์เรนเชียล คือใช้สำหรับโอเวอร์เคอร์เรนท์หนึ่งตัว และสำหรับดิฟเฟอร์เรนเชียลอีกสองตัว ดังแสดงในรูป 6.1

สำหรับรีเลย์แบบที่ได้ออกแบบนี้ การต่อใช้งานไม่จำเป็นต้องใช้หม้อแปลงกระแสแยกกันระหว่างโอเวอร์เคอร์เรนท์ และดิฟเฟอร์เรนเชียล ดังแสดงในรูป 6.2



รูปที่ ๖.๑ รูปแบบแสดงการต่อใช้รีเลย์แบบเก่าทั้งสามหน้าที่ ป้องกันหม้อแปลง



รูปที่ ๖.๒ รูปแบบแสดงการต่อใช้รีเลย์ที่ออกแบบ

จะเห็นได้ว่าการใช้รีเลย์แบบนี้ จะสามารถลดจำนวนหม้อแปลงกระแสที่ใช้ลงได้หนึ่งตัว ทั้งนี้เพราะใช้หลักการที่ว่า เปลี่ยนกระแสให้เป็นแรงดันก่อนที่ตำแหน่งหม้อแปลงกระแสแต่ละตัว แล้วจึงนำแรงดันนี้ไปทำงานในหน้าที่ต่าง ๆ กัน ซึ่งหลักการนี้เหมาะสำหรับสเตติครีเลย์โดยทั่วไป เพราะสามารถทำงานที่กำแรงดันต่ำ มี ก.ต.ท.ด้านเข้า (Input impedance)สูง จึงสามารถขนานแรงดันไปใช้งานได้สะดวก

6.2 ลักษณะของรีเลย์

อาจจะสรุปลักษณะของรีเลย์ได้เป็นส่วน ๆ ดังนี้

(1) ส่วนที่เป็นโอเวอร์เคอร์เรนท์แบบผันกลับ (Inverse time over current) มีคุณสมบัติถ่วงเวลา (Time delayed) ผันกลับกับปริมาณกระแส คล้ายกับรีเลย์แบบธรรมดา เพียงแต่เป็นการผันกลับซึ่งก่อนข้างจะโดยตรง (Linear inverse) ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะได้โดยการเปลี่ยนความสัมพันธ์ระหว่างตัวเก็บประจุ C และค่า V_{ref} ค่าเริ่มทำงานของส่วนนี้ สามารถตั้งได้ในช่วง 4A ถึง 10A โดยต่อเนื่อง ค่าถ่วงเวลา (Time delay) ซึ่งผันกลับกับปริมาณกระแสสามารถตั้งได้โดยต่อเนื่อง ๑๐ ตำแหน่ง เป็นไดอัล ๑ ถึง ๑๐ ไดอัล ๑๐ เป็นตำแหน่งที่ให้ค่าถ่วงเวลานานที่สุด ซึ่งถ้ามีกระแสเป็นสองเท่าค่าเริ่มทำงาน เวลาในการทำงานของรีเลย์จะเป็น ๘ วินาที

(2) ส่วนที่เป็นโอเวอร์เคอร์เรนท์แบบทันที (Instantaneous over current)

ในการทดลองนี้ยังขาดส่วนที่จะไปบังคับวงจรภายนอก ซึ่งจะเป็นส่วนที่จะเพิ่มเวลาทำงานขึ้นไปอีกบ้าง จากชาร์ท (Chart) ของไอซี (I.C.= Integrated circuit) ตัว LM311 นี้จะมีเวลาในการทำงานไม่เกิน 300 n sec.(= 3.0×10^{-7} sec.) เท่านั้น รีเลย์ส่วนนี้สามารถตั้งค่าให้ทำงานได้ในช่วงสี่เท่าถึงสิบเท่า ของค่าเริ่มทำงานของโอเวอร์เคอร์เรนท์แบบผันกลับ

(3) ส่วนดิฟเฟอร์เรนเชียล (Differential)

สามารถตั้งโดยต่อเนื่องให้เหมาะสมกับหม้อแปลงกระแสใด ๆ ได้ ถ้าออกแบบเป็นพิเศษ จะสามารถให้รีเลย์ทำงานได้ดีมีความไวสูง (Sensitivity) เช่น จัดเตรียมตำแหน่งสำหรับวัดแรงดันตามปริมาณกระแสแตกต่างได้สะดวก สามารถปรับตั้งได้ในสนาม ปัญหาทางด้านค่าแตกต่าง (Mismatch) จากหม้อแปลงกระแสและอื่น ๆ ในขณะกระแสปกติ จะไม่มีค่าเปอร์เซ็นต์ไบอัส (Percent bias) อาจไม่จำเป็นต้องออกแบบให้ตั้งได้ โดยต่อเนื่องในช่วงกว้างตั้งแต่ ๒๐ % ถึง ๕๐ % เช่นนี้ นอกจากนี้รีเลย์ยังได้ออกแบบให้มีคุณสมบัติ ต้านการทำงาน (Restraint) เมื่อมีกระแสความถี่ 100 Hz. ซึ่งเป็นฮาร์โมนิคที่สองของกระแส 50 Hz. เกิดขึ้น ๑๖.๕ % ของกระแส 50 Hz. ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่รีเลย์ควรมีเมื่อจะใช้กับหม้อแปลงที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 MVA

---

[1] Westinghouse Relaying Division. Transformer Protection. p. T5.

6.3 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียระหว่างสแตติกรีเลย์ที่ออกแบบ กับรีเลย์แบบธรรมดา อาจเปรียบเทียบได้ดังนี้

ข้อดี

(1) มีการใช้กระแสต่ำกว่า (Low burden)

(2) สามารถตั้งค่าต่าง ๆ ได้โดยต่อเนื่อง ส่วนมากแบบธรรมดาสร้างไว้แบบเป็นตำแหน่งเฉพาะไป (Tap setting)

(3) ในส่วนของโอเวอร์เดอร์เรนท์แบบผันกลับ ไม่มีการทำงานจากกระแสที่ไม่ถึงค่าทำงาน (Over travel)

(4) ถ้าได้ออกแบบให้เหมาะสมแล้ว สแตติกรีเลย์จะให้ความสะดวกในการทดสอบบำรุงรักษามาก

ข้อเสีย

(1) ต้องใช้แหล่งจ่ายแรงดันดีซี (D.C. power supply) โดยเฉพาะต่างหาก

(2) อาจจะมีการทำงานที่คลาดเคลื่อนได้จากความชื้น ซึ่งมีค่าสูงมากสำหรับประเทศไทย ดังมีตัวอย่างที่เกิดขึ้นกับดิสแทนซ์รีเลย์ (Distance relay) ของบริษัทหนึ่งจากฝรั่งเศสมาแล้ว โดยยังอยู่ในระหว่างการศึกษาหาสาเหตุและทางแก้ไขอยู่ แต่รีเลย์ที่สร้างนี้ไม่มีวงจรที่ยุ่งยากนัก ผลเสียหายคงไม่มาก

ในส่วนของกิฟเฟอร์เรนเชียลระหว่างรีเลย์ที่ออกแบบและแบบธรรมดา ไม่มีข้อแตกต่างมากนัก เพราะรีเลย์ที่ใช้งานส่วนมากก็เป็นสแตติกรีเลย์อยู่แล้ว ส่วนแตกต่างที่เห็นชัดก็คือส่วนประกอบวงจรที่ใช้ไอซีแทนวงจรทรานซิสเตอร์ (Transistor)

6.4 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

(1) รีเลย์ที่ออกแบบในหน้าที่โอเวอร์เดอร์เรนท์นี้ อาจจะออกแบบให้มีการตั้งค่าเริ่มทำงาน (pick up setting) แยกกันระหว่างหม้อแปลงกระแสทั้ง ๒ ด้านของหม้อแปลง

โดยอิสระ ซึ่งควรอยู่ในส่วนรับกระแส เพื่อเป็นการประหยัดการใช้ตัว ค.ต.ท. เปลี่ยนค่าได้ ซึ่งอาจทำหน้าที่ให้แรงดันบางส่วนสำหรับวงจรดิฟเฟอร์เรนเชียลด้วยได้

(2) เวลาในการคืนกลับ (Reset time) ของรีเลย์ อาจออกแบบให้น้อยกว่านี้ได้ไม่ยาก ขณะนี้เป็นประมาณ 1.3 sec. เพื่อเป็นการลดข้อผิดพลาดในบางกรณีได้

(3) วงจรที่ออกแบบสร้างสำหรับกรองฮาร์โมนิกที่สอง ใช้เกน (Gain) ของไอซีออปแอมป์สูงไป (ใช้เกน ๑๐) ไอซีอาจถึงจุดอิ่มตัวได้ง่าย อาจใช้เกนของวงจรพันคาเมนทอลและฮาร์โมนิคที่สองให้ใกล้เคียงกัน แล้วลดระดับแรงดันในการทำงานลง โดยอาจแบ่งแรงดันเพียงบางส่วนออกไปใช้งาน

(4) ไดโอด (Diode) ที่ใช้ร่วมอยู่ในวงจรการต้าน (Restraint) เป็นชนิด Silicon ที่มีแรงดันตกคร่อมประมาณ 0.6 V. ทำให้คุณสมบัติเปอร์เซ็นต์ไบอัสไม่เป็นเส้นตรง (Linear) อาจพิจารณาเปลี่ยนใช้ไดโอดเป็นชนิด Germanium ซึ่งมีค่าแรงดันตกคร่อมต่ำกว่าได้

(5) รีเลย์ในลักษณะสแตติก ควรออกแบบให้แต่ละส่วนอยู่แยกกันโดยอิสระ เช่น แบ่งออกเป็น ๓ พริ้นท์เซอร์กิตการ์ด (Printed circuit card) เพื่อสะดวกในการตรวจซ่อมแก้ไข เปลี่ยนได้อย่างรวดเร็ว

(6) ควรได้ศึกษาทดลองผลจากแรงดันสูง ความถี่สูงในชั่วขณะ (High voltage, High frequency surge) ต่อตัวรีเลย์ ทั้งทางด้านกระแสสลับ และจากแหล่งจ่ายกระแสตรง อาจออกแบบเพิ่มอุปกรณ์บางอย่าง เพื่อป้องกันและลดค่าเสียหาย เช่น เพิ่มแวริสเตอร์ (Varistor) คร่อมหม้อแปลงด้านเข้าของกระแสสลับ เพิ่มไดแอค (Diac) ป้องกันทางด้านแหล่งจ่ายกระแสตรง เป็นต้น

(7) ควรได้ศึกษาทดลองผลของความชื้นและความร้อนที่อาจทำให้ การทำงานของรีเลย์คลาดเคลื่อนได้ อาจเพิ่มเทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)เข้าในวงจร เพื่อแก้ไขการคลาดเคลื่อนจากอุณหภูมิ ซึ่งลักษณะของวงจรที่ออกแบบไม่ควรมีผลมากนัก