

กรณีศึกษา - CASE STUDY

แรงดันกระเพื่อมจากการทำงานของเครื่องเชื่อมแบบอาร์ค

VOLTAGE FLUCTUATION FROM ARC WELDER OPERATION

ABSTRACT

IN 3 PHASES 4 WIRES LOW VOLTAGE SYSTEM, VOLTAGE FLUCTUATION MIGHT BE INCURRED IN THE CASE THAT POWER LINES WERE QUITE LONG AND THERE WERE SINGLE PHASE LOADS WHICH SUDDENLY DREW HIGH CURRENT SUCH AS ARC WELDERS' LOAD. IN THIS CASE STUDY, IT WAS FOUND THAT WHEN ARC WELDERS WERE RUNNING, THERE WAS UNDERVOLTAGE IN THE CONNECTION PHASE AND OVERVOLTAGE IN THE OTHER TWO PHASES. THIS INCIDENT HAPPENED BECAUSE THERE WAS HIGH CURRENT FLOWING IN ONLY ONE PHASE AND THE NEUTRAL POINT WAS SHIFTED (IN VECTOR DIAGRAM) DUE TO HIGH IMPEDANCE OF THE NEUTRAL LINE. THEREFORE ONE WAY TO ALLEVIATE THIS PROBLEM WAS TO IMPROVE THE LOW VOLTAGE SYSTEM BY INCREASING THE CONDUCTOR SIZE OF THE NEUTRAL LINE OR INSTALLING ITS OWN NEUTRAL LINE FOR WELDER MACHINES.

บทคัดย่อ

ในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ 3 เฟส 4 สายที่มีการเดินสายไฟฟ้าแรงต่ำเป็นระยะทางค่อนข้างยาว และมีการใช้งานโหลดเฟสเดียวขนาดใหญ่ที่ดึงกระแสปริมาณสูงในช่วงเวลาสั้นๆ เช่น เครื่องเชื่อมแบบอาร์ค ได้เกิดปัญหาแรงดันเปลี่ยนแปลงไม่สม่ำเสมอที่เรียกว่า แรงดันกระเพื่อม ซึ่งเกิดขึ้นในขณะที่มีการใช้งานเครื่องเชื่อม โดยแรงดันจะมีค่าลดต่ำกว่าระดับปกติในเฟสที่เครื่องเชื่อมต่อใช้งานอยู่ และแรงดันมีค่าสูงเกินระดับปกติในอีก 2 เฟสที่เหลือ ปัญหานี้มีสาเหตุมาจากกระแสไหลกลับปริมาณสูงที่ไหลเพียงในเฟสเดียว และอิมพีแดนซ์ของสายนิวทรัลซึ่งมีค่าสูง เป็นเหตุให้เกิดการเลื่อนตำแหน่งของจุดนิวทรัล ส่งผลให้เกิดปัญหาแรงดันต่ำเกินและแรงดันสูงเกินข้างต้น แนวทางการแก้ปัญหาจึงต้องปรับปรุงวิธีการเดินสายไฟฟ้าแรงต่ำ โดยอาจปรับเพิ่มขนาดสายนิวทรัล หรือการแยกสายนิวทรัลสำหรับเครื่องเชื่อม โดยเฉพาะ

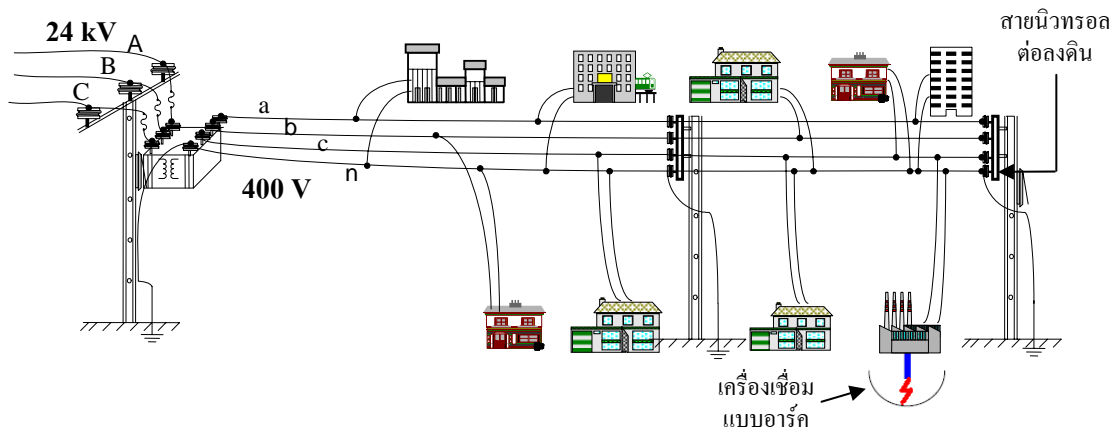
1. ข้อมูลเบื้องต้น

ปัญหาแรงดันกระเพื่อมเป็นปัญหาหนึ่งที่จัดอยู่ในปัญหาคุณภาพไฟฟ้า ซึ่งส่งผลให้ผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับผลกระทบ เช่น เกิดการกะพริบของหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง ผู้ใช้ไฟฟ้าอาจประสบกับปัญหานี้หากมีการใช้งานโหลดที่ดึงกระแสเป็นปริมาณมากในเวลาสั้นๆ เช่น การเริ่มเดินของมอเตอร์ หรือการใช้เครื่องเชื่อมแบบอาร์ค (Arc Welder) การทำงานของโหลดเหล่านี้จะทำให้ปริมาณของแสงสว่างจากหลอดไฟเปลี่ยนแปลง โดยจะหรี่ลงแล้วสว่างขึ้นสลับกันไปมา ปกติแล้วผู้ใช้ไฟฟ้าที่รับไฟในเฟสเดียวกันกับที่โหลดเหล่านี้ต่อใช้งานอยู่จะได้รับผลกระทบมากที่สุด ส่วนผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในเฟสอื่นๆจะได้รับผลกระทบเช่นเดียวกัน แต่ความ

รุนแรงจะขึ้นอยู่กับลักษณะการดึงกระแสของโหลดเหล่านี้ว่ามากน้อยเพียงใด และตำแหน่งที่ติดตั้งใกล้หรือไกลจากตำแหน่งของโหลดเหล่านี้

การไฟฟ้านครหลวงได้รับร้องเรียนจากผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยหลายรายซึ่งรับไฟในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ 400 / 230 V แบบเฟสเดียวว่า ประสบปัญหาแรงดันกระเพื่อมทำให้มีอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดไม่สามารถทำงานได้ และอุปกรณ์ไฟฟ้าบางตัวได้รับความเสียหาย โดยในขณะเกิดเหตุสังเกตได้จากหลอดไฟฟ้าแสงสว่างเกิดการกะพริบ เหตุการณ์ผิดปกตินี้จะเกิดขึ้นเฉพาะในเวลาที่ใช้ไฟฟ้ารายหนึ่งในละแวกเดียวกันใช้งานเครื่องเชื่อมแบบอาร์ค ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับผลกระทบแต่ละรายจะมีความรุนแรงไม่เท่ากัน จากการตรวจสอบพบว่าผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดที่ได้รับผลกระทบรับไฟฟ้าจากหม้อแปลงจำหน่ายลูกเดียวกันดังแสดงในรูปที่ 1 ส่วนผู้ใช้ไฟฟ้าในละแวกข้างเคียงแต่รับไฟฟ้าจากหม้อแปลงจำหน่ายลูกอื่นไม่เกิดปัญหาดังกล่าว ข้อมูลเบื้องต้นของระบบไฟฟ้าที่ประสบปัญหามีดังนี้

- หม้อแปลงจำหน่ายมีพิกัด 150 kVA, 24 kV / 400 V, $Z = 7\%$, Dyn1
- สายไฟฟ้าแรงต่ำ (เฟส a, b, c) ขนาด 70 mm^2 ($R = 0.000532 \text{ } \Omega/\text{m}$, $X = 0.000264 \text{ } \Omega/\text{m}$)
- สายไฟฟ้าแรงต่ำ (สายศูนย์) ขนาด 35 mm^2 ($R = 0.000532 \text{ } \Omega/\text{m}$, $X = 0.000264 \text{ } \Omega/\text{m}$)
- ขนาดฟิวส์ป้องกันด้านแรงต่ำ 300 A
- ความยาวของสายไฟฟ้าแรงต่ำสูงสุด 700 เมตร



รูปที่ 1 ระบบไฟฟ้าแรงต่ำที่ประสบปัญหาแรงดันกระเพื่อม

2. ปัญหาและผลกระทบ

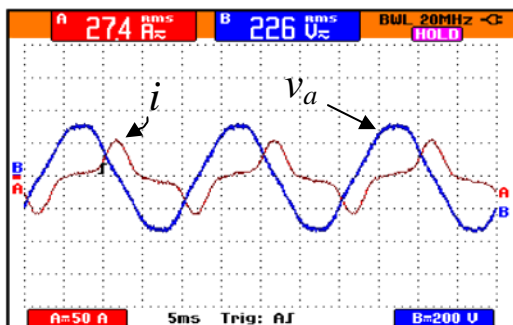
ปัญหาการกะพริบของหลอดไฟฟ้าเกิดขึ้นจากการที่ความเข้มของแสงเปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากแรงดันไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลง แรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงขึ้นลงอย่างต่อเนื่องนี้เรียกว่าแรงดันกระเพื่อม (Voltage Fluctuation) ซึ่งหากเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและเป็นเวลานานอาจสร้างการรบกวนหรือระคายเคืองต่อสายตาของผู้อยู่อาศัยที่ใช้งานหลอดแสงสว่างนั้นได้ นอกจากนี้ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ต่อเชื่อมในบางเฟสยังประสบปัญหาแรงดันต่ำเกิน (Undervoltage) จนอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดไม่สามารถทำงานได้ ในขณะที่เดียวกันผู้ใช้ไฟฟ้าในบางเฟสกลับพบปัญหาแรงดันสูงเกิน (Overvoltage) จนอุปกรณ์ไฟฟ้าบางตัวได้รับความเสียหาย

3. มูลค่าความเสียหาย

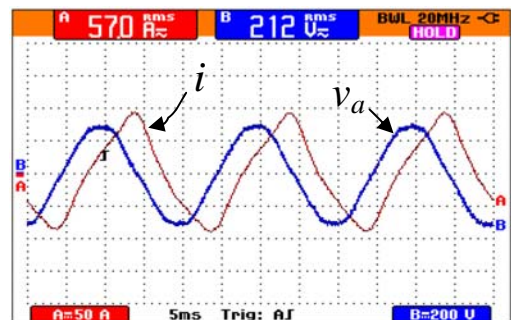
ผู้ใช้ไฟฟ้าที่รับไฟจากหม้อแปลงจำหน่ายลูกเดียวกันกับผู้ใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานเครื่องเชื่อมจะประสบปัญหาอุปกรณ์ไฟฟ้าบางอย่างทำงานผิดพลาดหรือได้รับความเสียหายเช่น ทำให้อายุการใช้งานของหลอดไฟฟ้าแสงสว่างสั้นลงเนื่องมาจากแรงดันเกินในเฟสที่ไม่ได้ต่อเครื่องเชื่อม หรือแรงดันต่ำกว่าปกติในเฟสที่ต่อเครื่องเชื่อมส่งผลให้โทรทัศน์ไม่สามารถใช้งานได้ Compressor ของตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศได้รับความเสียหาย จากการประเมินพบว่ามูลค่าความเสียหายประมาณ 50,000 บาท แต่มูลค่าความเสียหายนี้ไม่รวมถึงการที่เครื่องใช้ไฟฟ้าบางประเภทไม่สามารถใช้งานได้ตลอดช่วงเวลาที่มีการใช้งานเครื่องเชื่อมซึ่งประเมินมูลค่าได้ยาก

4. สาเหตุของปัญหา

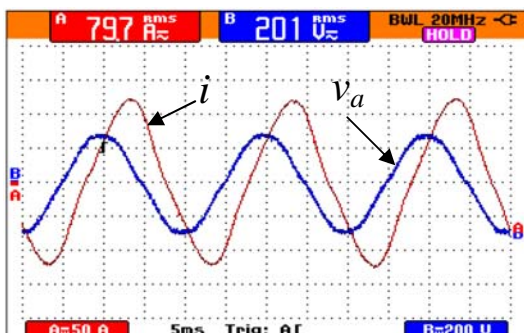
สำหรับต้นเหตุของปัญหานี้ จากการตรวจสอบพบว่ามีผู้ใช้ไฟฟ้ายาวหนึ่งซึ่งเชื่อมต่อรับไฟแบบเฟสเดียว และอยู่ที่ตำแหน่งเกือบสุดปลายสายแรงต่ำ มีการใช้งานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบอาร์คทั้งหมดจำนวน 3 เครื่องทำงานในเวลากลางวัน ส่งผลกระทบให้เกิดแรงดันกระเพื่อมขณะมีการเชื่อมเหล็ก โดยขณะทำการเชื่อมเหล็กจะเกิดการดึงกระแสปริมาณสูง ผลการตรวจวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าในเฟสที่มีการต่อเครื่องเชื่อมแสดงในรูปที่ 2 ส่วนแรงดันไฟฟ้าในเฟสที่ไม่ได้มีการต่อเครื่องเชื่อมแสดงในรูปที่ 3



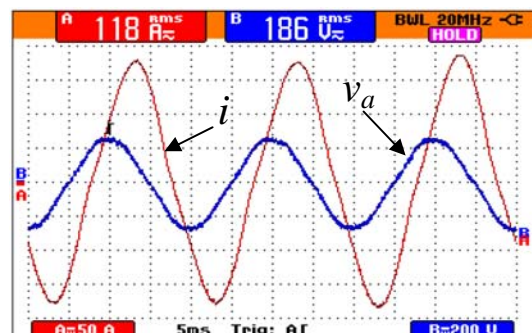
รูปที่ 2.1 รูปคลื่นกระแสและแรงดันในเฟสที่ต่อเครื่องเชื่อม ขณะเปิดเครื่องเชื่อม 3 เครื่อง แต่ไม่มีการเชื่อมเหล็ก



รูปที่ 2.2 รูปคลื่นกระแสและแรงดันในเฟสที่ต่อเครื่องเชื่อม ขณะเปิดเครื่องเชื่อม 1 เครื่อง และมีการเชื่อมเหล็ก

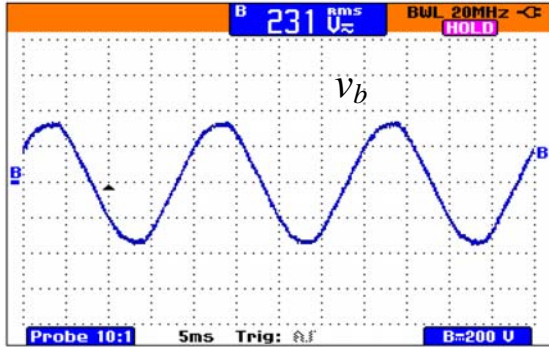


รูปที่ 2.3 รูปคลื่นกระแสและแรงดันในเฟสที่ต่อเครื่องเชื่อม ขณะเปิดเครื่องเชื่อม 2 เครื่อง และมีการเชื่อมเหล็ก

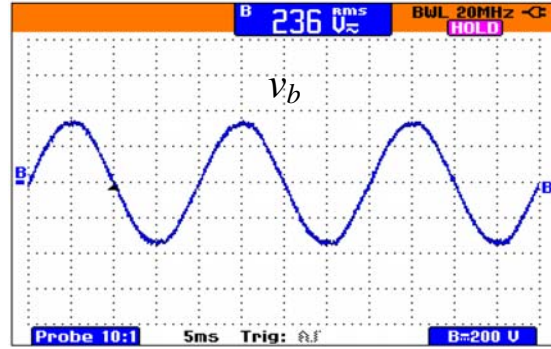


รูปที่ 2.4 รูปคลื่นกระแสและแรงดันในเฟสที่ต่อเครื่องเชื่อม ขณะเปิดเครื่องเชื่อม 3 เครื่อง และมีการเชื่อมเหล็ก

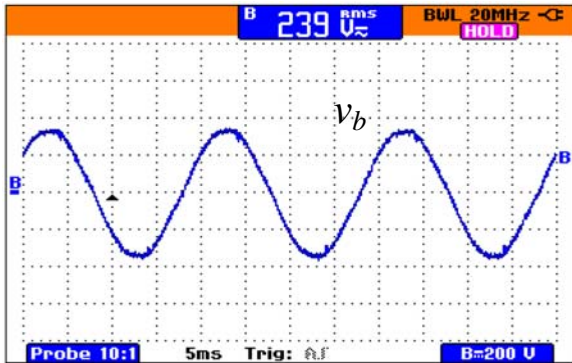
รูปที่ 2 ผลการตรวจวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าในเฟสที่ต่อเครื่องเชื่อม



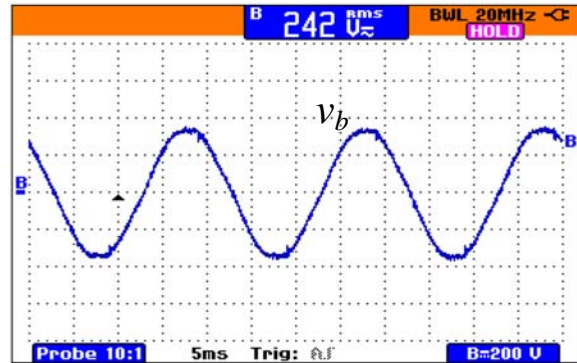
รูปที่ 3.1 รูปคลื่นแรงดันในเฟสที่ไม่ได้ต่อเครื่องเชื่อม ขณะเปิดเครื่องเชื่อม 3 เครื่อง แต่ไม่มีการเชื่อมเหล็ก



รูปที่ 3.2 รูปคลื่นแรงดันในเฟสที่ไม่ได้ต่อเครื่องเชื่อม ขณะเปิดเครื่องเชื่อม 1 เครื่อง และมีการเชื่อมเหล็ก



รูปที่ 3.3 รูปคลื่นแรงดันในเฟสที่ไม่ได้ต่อเครื่องเชื่อม ขณะเปิดเครื่องเชื่อม 2 เครื่อง และมีการเชื่อมเหล็ก



รูปที่ 3.4 รูปคลื่นแรงดันในเฟสที่ไม่ได้ต่อเครื่องเชื่อม ขณะเปิดเครื่องเชื่อม 3 เครื่อง และมีการเชื่อมเหล็ก

รูปที่ 3 ผลการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าในเฟสที่ไม่ได้ต่อเครื่องเชื่อม

5. การวิเคราะห์ปัญหา

โดยทั่วไปในระบบไฟฟ้า เมื่อมีกระแสไหลคปริมาณสูงไหลจะทำให้แรงดันปลายสายมีค่าลดต่ำลง เนื่องจากแรงดันตกคร่อมในอิมพีแดนซ์ของสายไฟฟ้าแรงต่ำและหม้อแปลงจำหน่าย แต่ในกรณีที่มีกระแสปริมาณมากไหลอยู่เพียงเฟสเดียวนั้น เฟสที่มีกระแสไหลปริมาณมากแรงดันจะมีค่าลดต่ำลงดังเห็นได้จากผลการวัดในรูปที่ 2.2, 2.3 และ 2.4 ส่วนแรงดันในอีก 2 เฟสที่เหลือแรงดันจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอันเนื่องมาจากจุดนิวทรัล (N) อ้างอิงของแรงดันเฟสเกิดการเลื่อนตำแหน่งดังเห็นได้จากผลการวัดในรูปที่ 3.2, 3.3 และ 3.4

จากวงจรในรูปที่ 4.1 สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$V_{AN} = V_{AA'} + V_{A'O} + V_{ON} = i_A Z_{IA} + i_A Z_A + i_N Z_{IN} = i_A Z_A + i_A Z_{IA} + I_g Z_g \quad (1)$$

$$V_{BN} = V_{BB'} + V_{B'O} + V_{ON} = i_B Z_{IB} + i_B Z_B + i_N Z_{IN} = i_B Z_B + i_B Z_{IB} + I_g Z_g \quad (2)$$

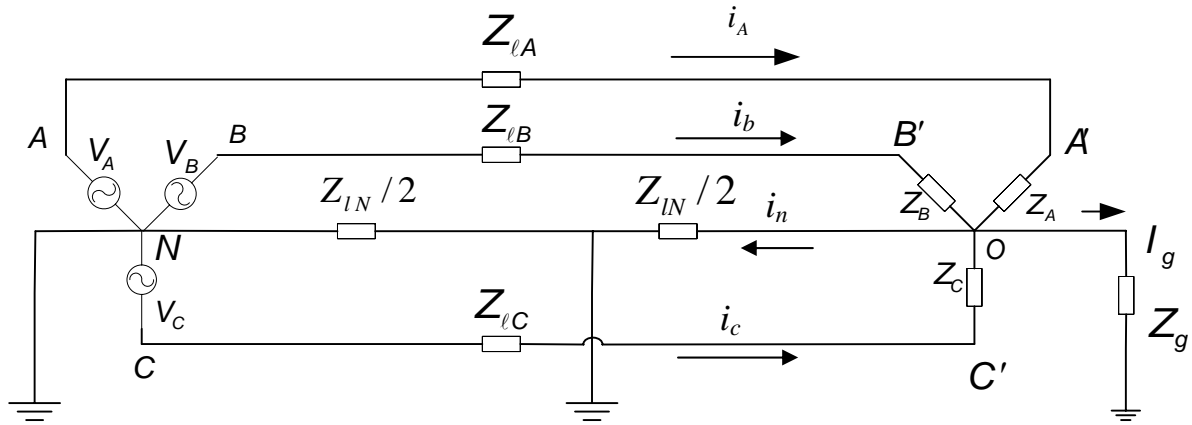
$$V_{CN} = V_{CC'} + V_{C'O} + V_{ON} = i_C Z_{IC} + i_C Z_C + i_N Z_{IN} = i_C Z_C + i_C Z_{IC} + I_g Z_g \quad (3)$$

หรือ

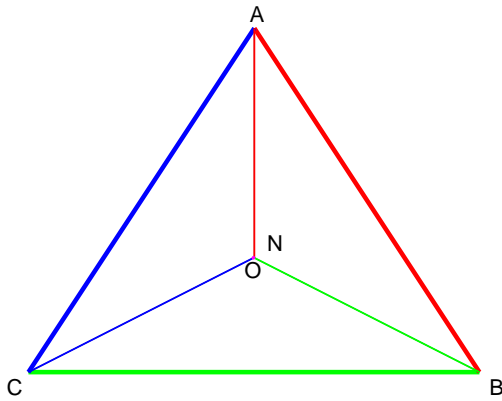
$$V_{ON} = V_{AN} - V_{AA'} - V_{A'O} = i_N Z_{IN} = I_g Z_g \quad (4)$$

$$V_{ON} = V_{BN} - V_{BB'} + V_{B'O} = i_N Z_{IN} = I_g Z_g \quad (5)$$

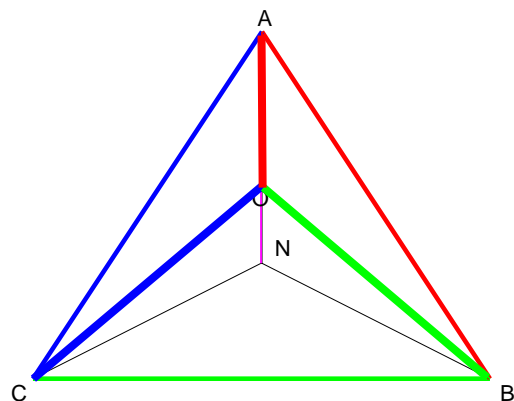
$$V_{ON} = V_{CN} - V_{CC'} + V_{C'O} = i_N Z_{IN} = I_g Z_g \quad (6)$$



รูปที่ 4.1 วงจรสมมูลของระบบไฟฟ้า



รูปที่ 4.2 เวกเตอร์แรงดันในสภาวะปกติ



รูปที่ 4.3 เวกเตอร์แรงดันเมื่อเกิดการเลื่อนตำแหน่งของจุด N ทำให้เกิดแรงดันเกินในเฟส B, C และแรงดันตกในเฟส A

รูปที่ 4 วงจรสมมูลและเวกเตอร์แรงดันในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ 3 เฟส 4 สาย

รูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าความไม่สมดุลของแรงดันเกิดจากปริมาณ V_{ON} ซึ่งมีผลทำให้แรงดันในบางเฟสมีค่าเพิ่มขึ้นและแรงดันในบางเฟสมีค่าลดลง ซึ่งในกรณีนี้เกิดกระแสสูงไหลในเฟส A ทำให้แรงดันในเฟส A ลดลง ส่วนแรงดันอีกสองเฟสที่เหลือคือเฟส B และ C มีค่าเพิ่มขึ้น การแก้ปัญหาต้องลดค่า V_{ON} ด้วยการลดค่าอิมพีแดนซ์ของสายนิวทรัลซึ่งจะมีผลทำให้ค่า V_{ON} ลดลง ส่งผลให้แรงดันเกินและแรงดันตกมีค่าลดลงด้วย

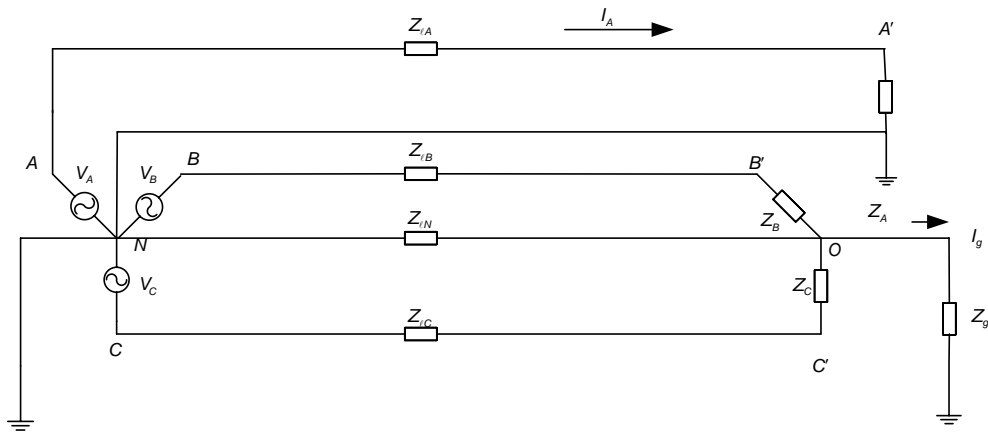
6. แนวทางการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาสามารถทำได้โดยการลดค่าแรงดัน V_{ON} ซึ่งอาจดำเนินการได้ 2 วิธีดังนี้

6.1) การลดค่าอิมพีแดนซ์ในสายนิวทรัล

สามารถทำได้โดยตรวจสอบจุดต่อต่างๆที่อาจหลวมจนเป็นเหตุให้อิมพีแดนซ์รวมของสายมีค่าสูงขึ้น หรือการปรับเพิ่มขนาดสายนิวทรัลให้ใหญ่ขึ้นเป็น 70 mm^2 เท่ากับสายเฟส เนื่องจากสายนิวทรัลเดิมมีขนาดเพียง 35 mm^2 ซึ่งอิมพีแดนซ์ของสาย 35 mm^2 จะสูงกว่าสาย 70 mm^2 ประมาณเท่าตัว

6.2) การแยกสายนิวทรัลสำหรับโหลดเครื่องเชื่อม โดยเฉพาะ



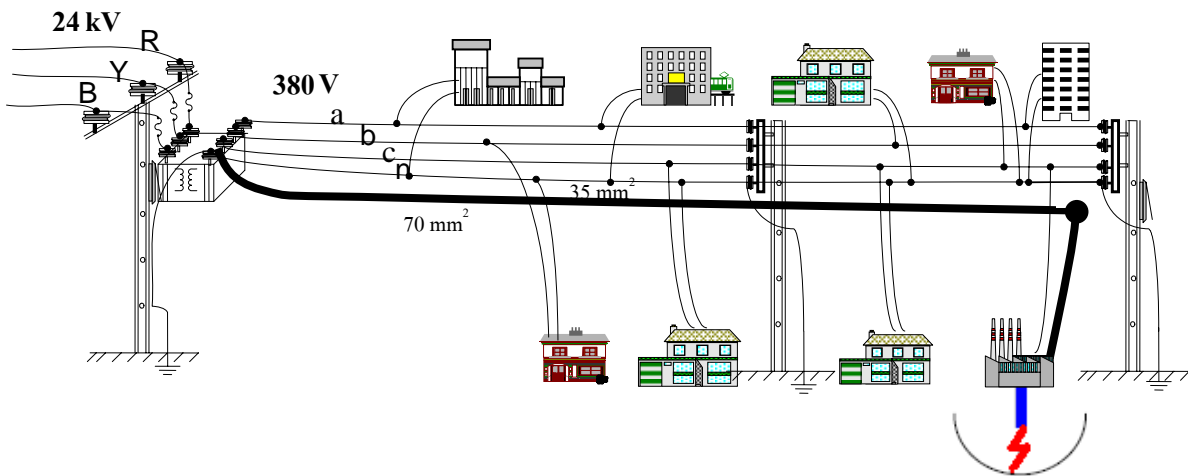
รูปที่ 5 การแยกโหลดเครื่องเชื่อมให้รับไฟจากสาย Neutral เฉพาะ โดยไม่รวมกับผู้ใช้ไฟฟ้ารายอื่น

วิธีการนี้จะทำให้ค่าแรงดัน V_{ON} ของผู้ใช้ไฟฟ้ารายอื่นไม่ได้รับผลกระทบ เนื่องจากแรงดันตกคร่อมในสายนิวทรัลจากเครื่องเชื่อมเกิดขึ้นในสายนิวทรัลที่แยกออกต่างหาก แต่วิธีการนี้จะยังคงเกิดค่าแรงดันตกในเฟสที่เครื่องเชื่อมต่ออยู่หากอิมพีแดนซ์ของสายนิวทรัลยังคงมีค่าสูง

จากการเปรียบเทียบทั้งสองวิธีพบว่าเพื่อจะไม่ให้ค่าแรงดัน V_{ON} ของผู้ใช้ไฟฟ้ารายอื่นได้รับผลกระทบเนื่องจากการทำงานของเครื่องเชื่อมที่มีกระแสปริมาณมาก ดังนั้นควรเดินสายนิวทรัลขนาด 70 mm^2 แยกเฉพาะสำหรับโหลดเครื่องเชื่อมเท่านั้น

7. ค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาโดยการเดินสายนิวทรัลขนาด 70 mm^2 แยกเฉพาะสำหรับโหลดเครื่องเชื่อมโดยการต่อที่จุดนิวทรัลเดิมของหม้อแปลงจำหน่าย ระยะทางประมาณ 700 m คิดเป็นราคาประมาณ 10,000 บาท ส่วนผู้ใช้ไฟฟ้ารายอื่นที่รับไฟในเฟสเดียวกันกับเครื่องเชื่อมยังคงต่อสายนิวทรัลขนาด 35 mm^2 ตามเดิม ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ 3 เฟส 4 สายที่แยกสายนิวทรัลให้กับเครื่องเชื่อมโดยเฉพาะ

8. สรุป

แรงดันกระเพื่อมในระบบไฟฟ้าแรงต่ำมีสาเหตุมาจากการดึงกระแสปริมาณสูงของโหลดประเภทเครื่องเชื่อม ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้ารายอื่นทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกในเฟสเดียวกับที่โหลดเครื่องเชื่อมต่อใช้งาน และแรงดันไฟฟ้าเกินในเฟสที่ไม่ได้ต่อเครื่องเชื่อม วิธีการลดผลกระทบนี้สามารถทำได้โดยการลดค่าแรงดันตกคร่อมในสายนิวทรัล V_{ON} โดยการแยกสายนิวทรัลสำหรับโหลดเครื่องเชื่อมโดยเฉพาะ ซึ่งจะป้องกันไม่ให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเกินในเฟสที่ไม่ได้ต่อโหลดเครื่องเชื่อม และเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเพียงเล็กน้อยสำหรับเฟสที่มีการต่อเครื่องเชื่อม