

กรณีศึกษา - CASE STUDY

แรงดันไม่สมดุลจากความผิดปกติของหม้อแปลงกำลัง

VOLTAGE UNBALANCE CAUSED BY ABNORMALITY OF POWER TRANSFORMER

ABSTRACT

THERE WAS A COMPLAINT FROM 24 kV CUSTOMER ABOUT AN INTERRUPTION OF THREE PHASE LOW VOLTAGE MOTOR WHICH WAS USED IN DRIVING THE PLANT'S CHILLER. A CONTROL SYSTEM OF THE CHILLER DETECTED AN OVERCURRENT AT THE MOTOR AND SIGNALLED IT TO STOP OPERATION. FROM THE INSPECTION, SOME PHASES WERE OVERCURRENT WHILE THE OTHER WAS NORMAL. AN ANALYSIS WAS MADE BY MONITORING VOLTAGE LEVEL AT 3 LOCATIONS; THE PLANT'S CONNECTION POINT, 24 kV BUS IN THE SUPPLYING SUBSTATION AND NEIGHBORING 24 kV BUS WHICH RECEIVED POWER FROM THE SAME TRANSMISSION LINE. AS A RESULT, IT WAS FOUND THAT SUPPLIED VOLTAGE FOR THIS PLANT WAS UNBALANCED, HIGHER THAN NORMAL LEVEL. THIS VOLTAGE UNBALANCE WAS CAUSED BY ABNORMAL OPERATION OF ON-LOAD TAP CHANGER INSIDE POWER TRANSFORMER IN SUBSTATION. THE SOLUTION WAS DONE BY FIXING AND REPLACING DAMAGED PART OF ON-LOAD TAP CHANGER IN ORDER TO RESTORE UNBALANCED VOLTAGE TO NORMAL LEVEL.

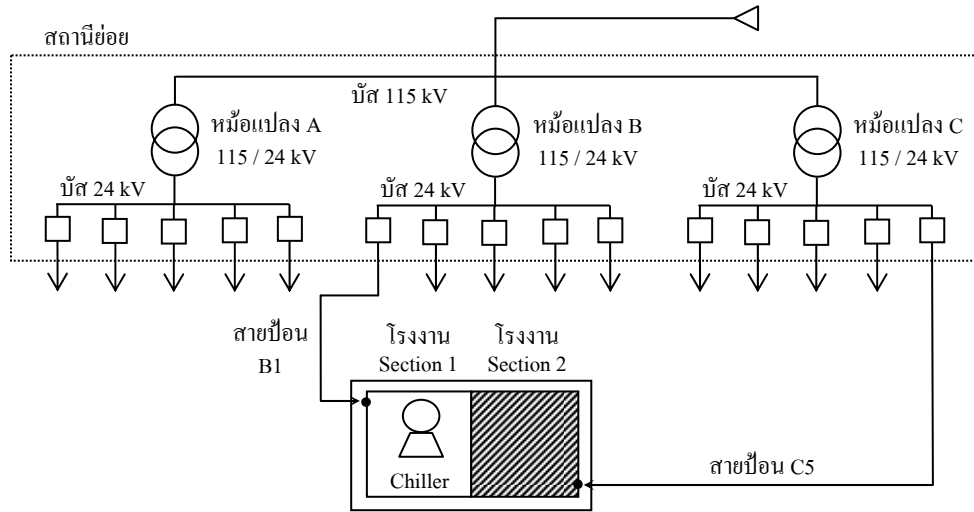
บทคัดย่อ

การไฟฟ้านครหลวงได้รับแจ้งจากผู้ใช้ไฟฟ้าในระบบ 24 kV รายงานว่ามอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสแรงต่ำภายในโรงงานที่ใช้ขับเคลื่อนระบบทำความเย็น (Chiller) เกิดหยุดทำงาน โดยระบบควบคุมของ Chiller แจ้งว่ามีกระแสเกินไหลในมอเตอร์จึงเป็นเหตุให้สั่งหยุดการทำงาน จากการตรวจสอบพบว่ากระแสเกินนี้มีค่าสูงเฉพาะในบางเฟสเท่านั้นขณะที่กระแสในเฟสที่เหลือมีค่าอยู่ในระดับปกติ การไฟฟ้านครหลวงจึงทำการวิเคราะห์ปัญหาโดยตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า ณ จุดจ่ายไฟให้โรงงาน บัส 24 kV ในสถานีย่อยที่จ่ายไฟให้โรงงาน และบัส 24 kV ข้างเคียงที่รับไฟจากสายส่งเส้นเดียวกัน จากการตรวจสอบข้อมูลพบว่าปัญหาเกิดจากแรงดันที่โรงงานได้รับมีค่าแรงดันไม่สมดุลสูงผิดปกติ ซึ่งมีสาเหตุมาจากการทำงานที่ผิดปกติของ On Load Tap Changer ภายในหม้อแปลงกำลังในสถานีย่อย การแก้ปัญหาทำโดยซ่อมแซม On-load Tap Changer ที่เสียหายเพื่อให้สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าความไม่สมดุลอยู่ในระดับปกติ

1. ข้อมูลเบื้องต้น

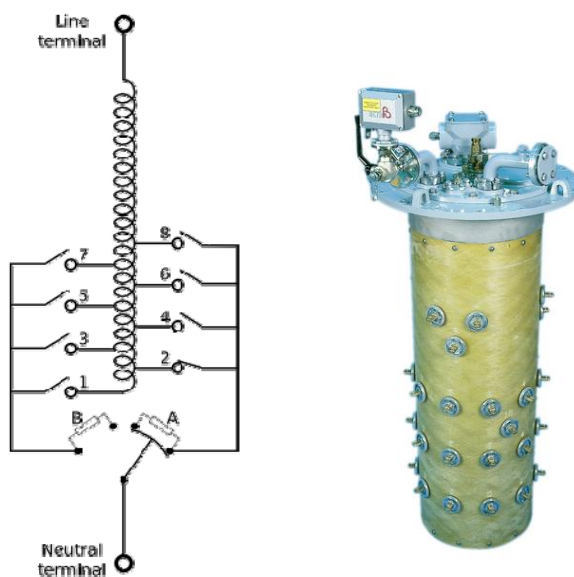
โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง ร้องเรียนกับการไฟฟ้านครหลวงโดยสงสัยว่าแรงดันที่โรงงานได้รับมีความผิดปกติ จนเป็นเหตุให้ระบบเครื่องทำความเย็น (Chiller) ในโรงงานหยุดทำงาน โรง

งานแห่งนี้รับไฟจากการไฟฟ้านครหลวงในระบบสายป้อนแรงดัน 24 kV จำนวน 2 สายป้อน จากสถานีย่อยที่ติดตั้งหม้อแปลงกำลังแปลงแรงดัน 115 kV เป็น 24 kV จำนวน 3 ลูก โดยโรงงานรับไฟจากสายป้อน B1 และ C5 ซึ่งจ่ายไฟจากหม้อแปลงกำลัง B และ C ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 หม้อแปลงกำลังในสถานีย่อยและสายป้อนที่จ่ายไฟให้โรงงาน

ทั้งนี้ภายในหม้อแปลงกำลังแต่ละลูกได้ติดตั้ง On-load Tap Changer ซึ่งมีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 2 สำหรับทำหน้าที่ปรับ Tap หม้อแปลงโดยอัตโนมัติ เพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายจากหม้อแปลงกำลังให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมและเป็นไปตามมาตรฐานการจ่ายไฟ สาเหตุที่ต้องมี On-load Tap Changer เนื่องจากแรงดันที่จ่ายจากหม้อแปลงอาจเปลี่ยนแปลงขึ้นลงได้ตามปริมาณโหลดของหม้อแปลง หากโหลดมีปริมาณมากแรงดันที่จ่ายจากหม้อแปลงจะมีค่าลดต่ำลง และ On-load Tap Changer จะปรับ Tap ของหม้อแปลงขึ้นโดยอัตโนมัติ เพื่อปรับเพิ่มแรงดันให้สูงขึ้น



รูปที่ 2 ตัวอย่าง On-load Tap Changer และ โครงสร้างการทำงานภายใน

2. ปัญหาและผลกระทบ

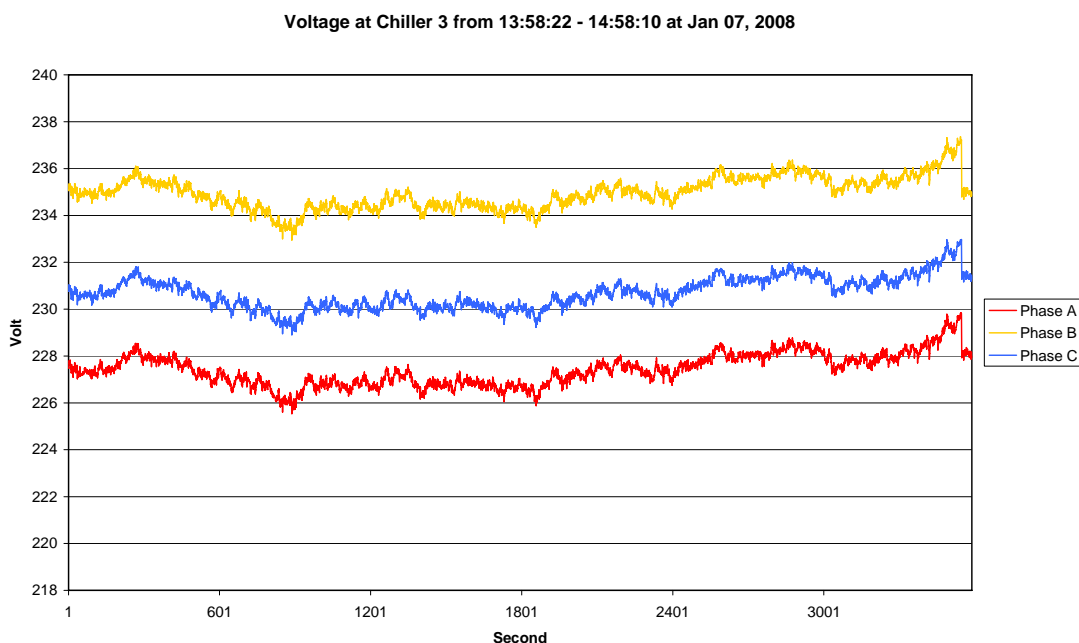
ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในโรงงานคือ มอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสแรงต่ำที่ใช้ขับเคลื่อนระบบทำความเย็น (Chiller) หยุดทำงาน ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตที่ต้องการการควบคุมอุณหภูมิ และเมื่อตรวจสอบจากระบบควบคุมของ Chiller พบว่าเกิดกระแสเกินไหลในมอเตอร์จึงเป็นเหตุให้ระบบควบคุมสั่งหยุดการทำงาน นอกจากนี้ยังพบว่ากระแสเกินนี้มีค่าสูงเฉพาะในบางเฟสเท่านั้น ขณะที่กระแสในเฟสที่เหลือมีค่าอยู่ในระดับปกติ โดยโรงงานสันนิษฐานว่าปัญหามีสาเหตุมาจากความผิดปกติของแรงดันที่จ่ายจากการไฟฟ้า

3. มูลค่าความเสียหาย

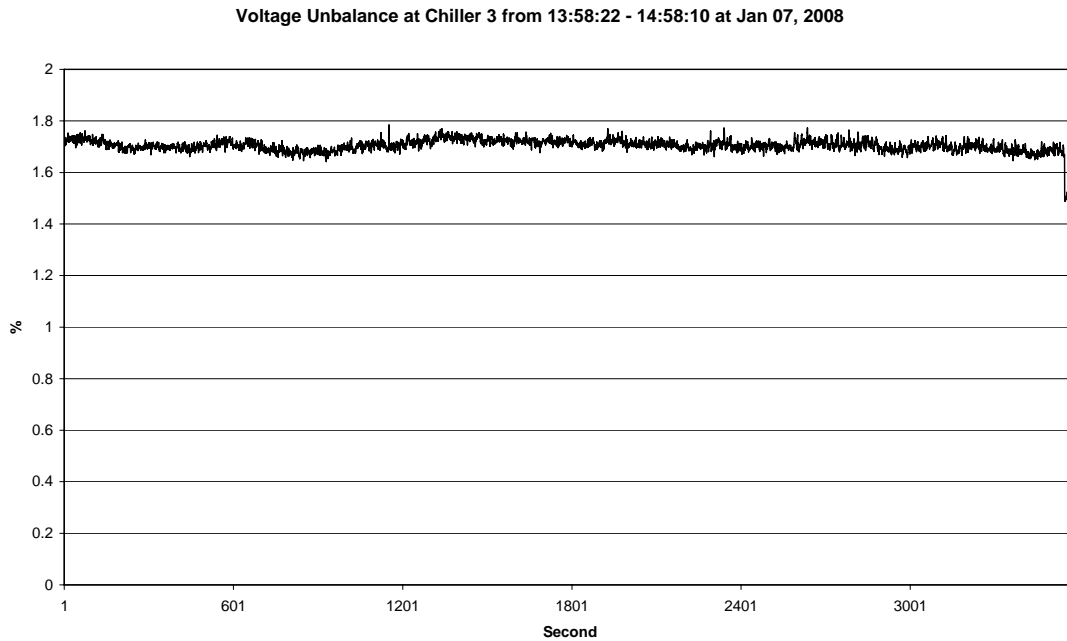
หาก Chiller หยุดทำงานจะส่งผลให้ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการการควบคุมอุณหภูมิในการเก็บรักษาได้รับความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิสูงเกินระดับที่กำหนด มูลค่าความเสียหายจะมากเพียงใดขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้และปริมาณชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่จัดเก็บ ซึ่งอาจประเมินได้ว่าความเสียหายมีมูลค่าประมาณ 5,000 บาทต่อชั่วโมงที่ Chiller ไม่สามารถทำงานได้

4. สาเหตุของปัญหา

จากการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าด้านแรงต่ำซึ่งจ่ายไฟให้กับ Chiller พบว่าระดับแรงดันไฟฟ้าทั้ง 3 เฟสมีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 225 - 237 V ดังแสดงในรูปที่ 3 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานแรงดันไฟฟ้าที่จุดจ่ายไฟของการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งมีค่าระหว่าง 214 - 237 V แล้ว ขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ Chiller ถือได้ว่าอยู่ในระดับปกติ อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบขนาดของแรงดันในแต่ละเฟสจะพบว่ามีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก (ตั้งแต่ 3 - 7 V) ซึ่งเมื่อคำนวณเป็นค่าแรงดันไม่สมดุล (Voltage Unbalance) พบว่ามีค่าสูงประมาณ 1.7% ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 3 ระดับแรงดันไฟฟ้าในระบบแรงต่ำที่จ่ายให้กับ Chiller



รูปที่ 4 ระดับแรงดันไม่สมดุลในระบบแรงดันที่จ่ายให้กับ Chiller

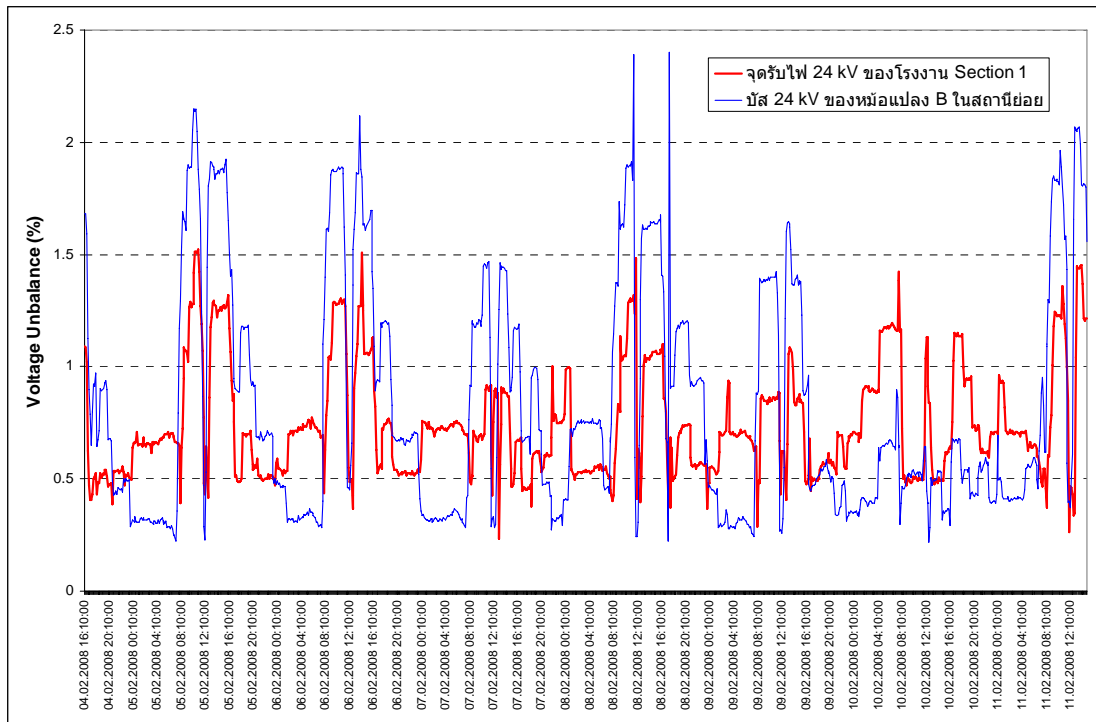
มาตรฐาน IEC 60034-26 กำหนดไว้ว่า สำหรับอุปกรณ์ประเภท Three Phase AC Motor แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้อุปกรณ์ควรมีระดับแรงดันไม่สมดุลต่อเนื่องไม่เกิน 1% และยอมให้ไม่เกิน 1.5% ในช่วงเวลาสั้นๆ แต่หากจำเป็นต้องทำงานในสภาวะที่แรงดันไม่สมดุลมีค่าต่อเนื่องสูงเกินกว่า 1% ต้องลดพิกัดการใช้งานของมอเตอร์สามเฟสลง นอกจากนั้นความไม่สมดุลของกระแสไหลดมอเตอร์อาจมีค่าสูงเป็น 6 - 10 เท่าของระดับแรงดันไม่สมดุลที่มอเตอร์สามเฟสได้รับ หากแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์สามเฟสรับมีค่าความไม่สมดุลสูง ประกอบกับมอเตอร์นั้นทำงานที่ระดับใกล้เต็มพิกัด (Full Load) ก็สามารถส่งผลให้กระแสไหลดมอเตอร์ในบางเฟสมีค่าสูงผิดปกติ จนเป็นเหตุให้ระบบควบคุม Chiller สั่งหยุดการทำงานเพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดจากสภาวะกระแสเกินหรือความร้อนเกินได้

5. การวิเคราะห์ปัญหา

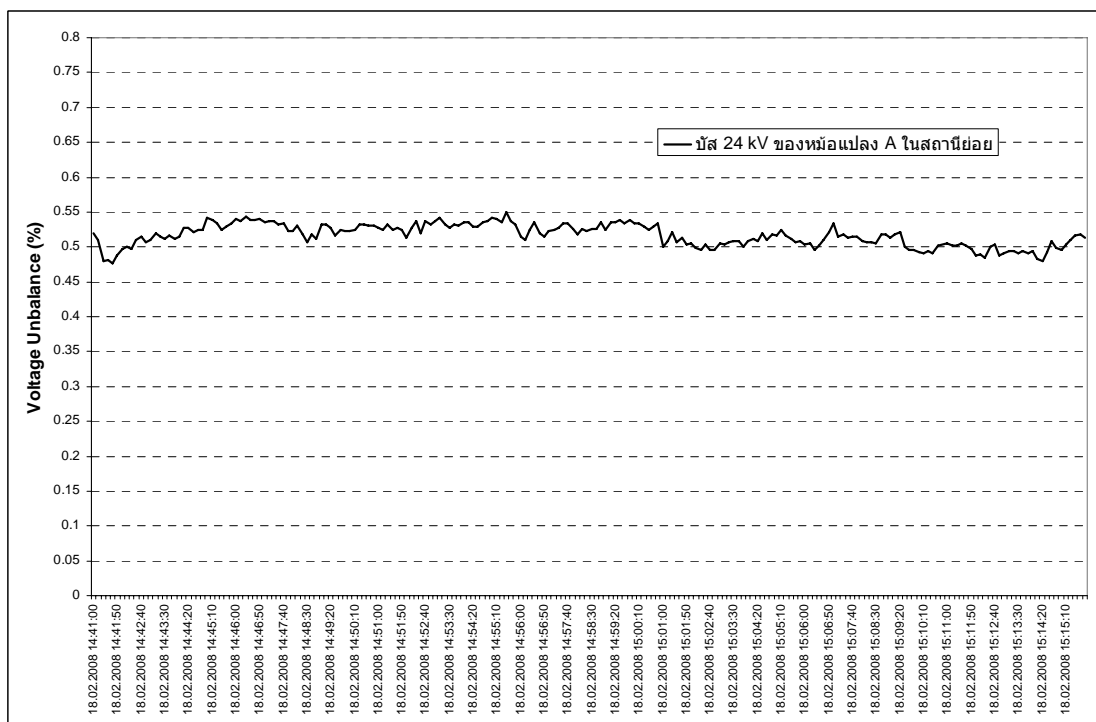
เจ้าหน้าที่ของโรงงานแจ้งว่า Chiller ที่มีปัญหาดังอยู่ในส่วน Section 1 ของโรงงาน ซึ่งรับไฟมาจากสายป้อน B1 (พิจารณารูปที่ 1) ส่วนโหลดอื่นๆที่อยู่ในส่วน Section 2 ซึ่งรับไฟมาจากสายป้อน C5 นั้นไม่พบว่ามีปัญหาแต่อย่างใด เพื่อตรวจสอบว่าแรงดันไม่สมดุลที่เกิดขึ้นภายในโรงงานนั้นมีสาเหตุมาจากความผิดปกติในส่วนใดของระบบไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวงจึงตรวจวัดแรงดัน ไฟฟ้า ณ จุดรับไฟ 24 kV ของโรงงาน Section 1 และ บัส 24 kV ของหม้อแปลง B ในสถานีย่อยซึ่งเป็นหม้อแปลงที่จ่ายไฟให้โรงงาน Section 1 โดยผลการตรวจวัดแสดงในรูปที่ 5 พร้อมได้ตรวจวัดแรงดัน ไฟฟ้า ณ บัส 24 ของหม้อแปลง A ในสถานีย่อยเดียวกันเพื่อประเมินเปรียบเทียบ โดยผลการตรวจวัดแสดงในรูปที่ 6

โดยทั่วไปแรงดันไม่สมดุลในระบบ 24 kV ของการไฟฟ้านครหลวงมีค่าไม่เกิน 1% แต่จากผลการตรวจวัดแรงดันไม่สมดุลที่จุดรับไฟของโรงงานมีค่าสูงถึง 1.5% แสดงให้เห็นว่า แรงดันไม่สมดุลในระบบ

แรงต่ำของโรงงานที่มีค่าสูงนั้น มิได้เกิดจากความผิดปกติของระบบจ่ายไฟภายในโรงงานเอง แต่มีสาเหตุมาจากแรงดันไม่สมดุลที่มาจากกรไฟฟ้ามีค่าสูงผิดปกติ



รูปที่ 5 แรงดันไม่สมดุล ณ จุดรับไฟของโรงงาน และบัส 24 kV ของหม้อแปลง B ในสถานีย่อย



รูปที่ 6 แรงดันไม่สมดุล ณ บัส 24 kV ของหม้อแปลง A ในสถานีย่อย

เมื่อพิจารณาระดับแรงดันไม่สมดุลที่บัส 24 kV ของหม้อแปลง B พบว่ามีค่าสูงผิดปกติถึง 2.4% แสดงให้เห็นว่าแรงดันไม่สมดุลไม่ได้เกิดจากความผิดปกติของสายป้อน B1 แต่เมื่อพิจารณาระดับแรงดันไม่สมดุลที่บัส 24 kV ของหม้อแปลง A ซึ่งรับไฟมาจากสายส่งเส้นเดียวกันกับที่จ่ายไฟให้หม้อแปลง B กลับพบว่าแรงดันไม่สมดุลอยู่ในระดับปกติซึ่งมีค่าเพียง 0.55% แสดงให้เห็นว่าแรงดันไม่สมดุลไม่ได้เกิดจากความผิดปกติของสายส่งที่จ่ายไฟให้กับสถานีย่อยแห่งนี้

จากข้อมูลข้างต้นจึงอนุมานได้ว่าแรงดันไม่สมดุลน่าจะมีสาเหตุจากความผิดปกติของหม้อแปลง B หรืออุปกรณ์จ่ายไฟอื่นๆที่เกี่ยวข้อง จึงได้ทำการตรวจสอบภายในหม้อแปลง B และพบความผิดปกติในการทำงานของ On-load Tap Changer ภายในหม้อแปลง กล่าวคือ On-load Tap Changer ในหม้อแปลงจะมีอยู่ 3 ชุด โดยแต่ละชุดทำหน้าที่ปรับแรงดันในแต่ละเฟส อย่างไรก็ตามเพื่อให้แรงดันที่จ่ายจากหม้อแปลงมีความสมดุลกัน การปรับ Tap ของ On-load Tap Changer ทั้งสามเฟสจึงต้องปรับไปพร้อมๆกัน โดยใช้มอเตอร์ชุดเดียวขับเคลื่อนเพื่อปรับ Tap ไปพร้อมกันทั้งสามเฟส และอาศัยตัวเชื่อมทางกลจากมอเตอร์ไปขับ On-load Tap Changer แต่ละชุด

ทั้งนี้สาเหตุของปัญหาเกิดจากตัวเชื่อมทางกลของ On-load Tap Changer ในเฟสที่ 2 ของหม้อแปลง B เกิดขาด ทำให้ On-load Tap Changer ในเฟสที่ 2 ไม่ได้ปรับ Tap ไปพร้อมกับอีกสองเฟสที่เหลือ เป็นเหตุให้เกิดปัญหาแรงดันไม่สมดุลดังกล่าว ส่วนสาเหตุที่ทำให้ตัวเชื่อมทางกลขาดนั้นอาจเกิดจากแรงบิดในตอนทำการหมุนเพื่อเปลี่ยน Tap ประกอบกับหม้อแปลงลูกนี้มีการใช้งานมานานกว่า 20 ปีแล้ว ซึ่งอุปกรณ์ต่างๆก็มีการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งานได้

6. แนวทางการแก้ปัญหา

หลังจากตรวจสอบพบสาเหตุของปัญหา จึงได้ดำเนินการแก้ไข โดยกึ่งขึ้นเหล็กสำหรับใช้แทนตัวเชื่อมทางกลเดิมใส่เข้าไปแทนที่ และได้ตรวจวัดแรงดันไม่สมดุลเพิ่มเติมหลังจากแก้ไขแล้วพบว่า แรงดันไม่สมดุลที่จุดรับไฟของโรงงาน Section 1 และที่บัส 24 kV ของหม้อแปลง B ในสถานีย่อย มีค่าลดลงเหลือ 0.46% และ 0.85% ตามลำดับ นอกจากนั้นเพื่อให้สามารถทราบได้อย่างรวดเร็วเมื่อเกิดปัญหาในลักษณะนี้ขึ้นอีก การไฟฟ้านครหลวงจึงได้ติดตั้งระบบตรวจสอบความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายจากสถานีย่อย ซึ่งจะส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลระบบทันทีเมื่อแรงดันที่จ่ายมีความผิดปกติ เพื่อที่จะสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วและทันทั่วถึง

7. ค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาโดยการกึ่งเหล็กใส่แทนตัวเชื่อมทางกลเดิมแทบจะไม่มีค่าใช้จ่ายอะไร อย่างไรก็ตามวิธีดังกล่าวเป็นการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าเท่านั้น เนื่องจากหม้อแปลงลูกดังกล่าวมีอายุใช้งานมากกว่า 20 ปีแล้ว ซึ่งปัจจุบันอยู่ระหว่างการจัดหาหม้อแปลงลูกใหม่มาเปลี่ยนแทน โดยมีค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนหม้อแปลงกำลังประมาณ 30 ล้านบาท สำหรับการติดตั้งระบบตรวจสอบความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้าในสถานีย่อยมีค่าใช้จ่ายประมาณ 200,000 บาท

8. สรุป

ปัญหาแรงดันไม่สมดุลที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากความผิดปกติในการทำงานของอุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติภายในหม้อแปลงที่เรียกว่า On-Load Tap Changer ซึ่งมีด้วยกันอยู่ 3 ชุด แต่ละชุดทำหน้าที่ปรับแรงดันในแต่ละเฟส ปกติการปรับ Tap ของ On-load Tap Changer ในทั้งสามเฟสจะต้องปรับไปพร้อมกัน เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายมีความสมดุล โดยใช้มอเตอร์ชุดเดียวเป็นตัวขับเคลื่อนเพื่อปรับ Tap ไปพร้อมกันทั้งสามเฟส และใช้ตัวเชื่อมทางกลจากมอเตอร์ไปขับ On-load Tap Changer แต่ละชุด แต่เนื่องจากตัวเชื่อมทางกลของ On-load Tap Changer ในเฟสที่ 2 เกิดขาด ทำให้ On-load Tap Changer ในเฟสที่ 2 ไม่ได้ปรับ Tap ไปพร้อมๆกับอีกสองเฟสที่เหลือ เป็นเหตุให้เกิดปัญหาแรงดันไม่สมดุลขึ้น แนวทางการแก้ปัญหาอาจทำได้โดยการติดตั้งระบบตรวจ สอบความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้า ซึ่งจะส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลระบบทันทีเมื่อแรงดันมีความผิดปกติ เพื่อจะได้สามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว