

กรณีศึกษา - CASE STUDY

แรงดันเกินในระบบสายดินจากการเกิดลัดวงจรลงดินในระบบไฟฟ้าแรงสูง

OVERVOLTAGE IN GROUND SYSTEM CAUSED BY FAULT IN HIGH VOLTAGE SYSTEM

ABSTRACT

A TESTING LABORATORY ENCOUNTERED AN OVERVOLTAGE IN A GROUND SYSTEM CAUSED BY A FAULT IN A HIGH VOLTAGE SYSTEM AT A TRANSFORMER PLATFORM. WHILE THE FAULT WAS OCCURING IN HIGH VOLTAGE SYSTEM, THERE WAS AN EARTH POTENTIAL RISE (EPR) AT GROUND OF BOTH HIGH AND LOW VOLTAGE SYSTEMS , AS THE GROUND OF HIGH AND LOW VOLTAGE SYSTEMS WAS CONNECTED. AT THE MAIN CIRCUIT BREAKER (MCB), A GROUND WIRE OF LOW VOLTAGE SYSTEM WAS CONNECTED TO THE NEUTRAL BUT IT WAS NOT CONNECTED TO GROUND VIA A GROUND ROD. THEREFORE, THERE WAS ALSO EARTH POTENTIAL RISE (EPR) AT THE GROUND WIRE OF LOW VOLTAGE SYSTEM AS WELL AS AT COPPER-GAS PIPE BECAUSE IT WAS CONNECTED TO GROUND VIA THE TESTER. THIS CAUSED AN ARC OCCURRED AT THE POINT WHERE COPPER-GAS PIPE TOUCHED METAL-LAN CONDUIT, WHICH WAS CONNECTED TO DIFFERENT GROUND TO PREVENT THE PROBLEM, THE GROUND SYSTEM AT THE TRANSFORMER PLATFORM SHOULD BE CORRECTED BY SEPARATING GROUND OF HIGH VOLTAGE FROM LOW VOLTAGE SYSTEMS AS WELL AS ADDING THE GROUND SYSTEM OF THE LOW VOLTAGE SYSTEM AT MCB. BESIDES, THE GAS PIPES CONNECTED TO THE TESTERS SHOULD NOT TOUCH OR PUT CLOSE TO ANY METAL CONDUIT CONNECTED TO GROUND.

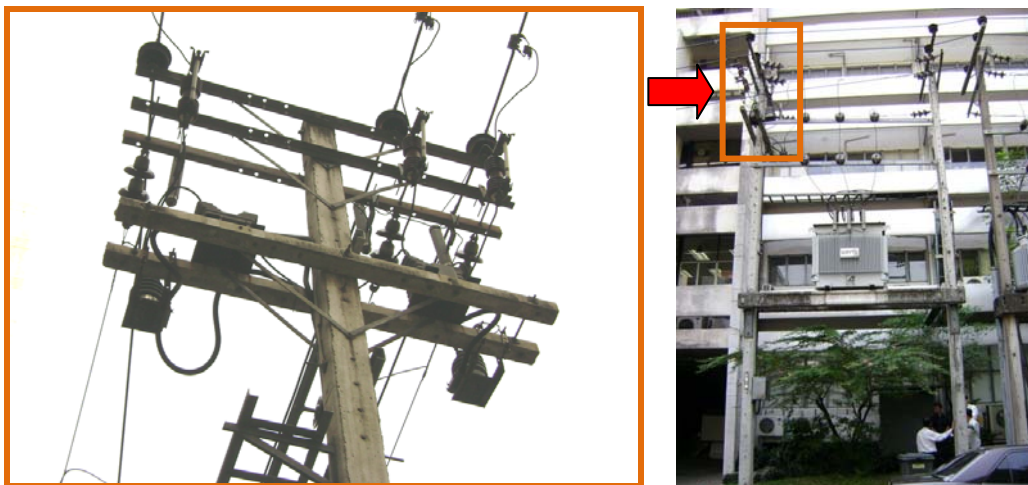
บทคัดย่อ

ศูนย์ทดสอบแห่งหนึ่งประสบปัญหาท่อแก๊สที่ต่อเข้ากับเครื่องทดสอบชำรุด เนื่องจากเกิดอาร์คระหว่างท่อแก๊สซึ่งเป็นท่อทองแดงกับท่อร้อยสาย LAN ซึ่งเป็นท่อโลหะในขณะที่เกิดการลัดวงจรลงดินในระบบไฟฟ้าแรงสูง โดยเหตุการณ์ลัดวงจรนี้ส่งผลทำให้เกิดแรงดันยก (V_r) หรือแรงดันเกินในกราวด์ของระบบไฟฟ้าแรงสูง และเนื่องจากกราวด์ของระบบไฟฟ้าแรงสูงและระบบไฟฟ้าแรงต่ำต่อรวมกันอยู่ที่เสาต้นหม้อแปลง ทำให้นิวทรัลของหม้อแปลงไฟฟ้าเกิดแรงดันยกขึ้นตามไปด้วย และที่ตู้ Main Circuit Breaker (MCB) ได้มีการต่อกราวด์กับนิวทรัลบัสแต่ทั้งนี้ไม่ได้ต่อกราวด์ลงดินผ่าน Ground Rod ที่แยกต่างหาก รวมถึงท่อแก๊สที่ต่อลงดินผ่าน โครงเหล็กของเครื่องทดสอบ และเครื่องทดสอบต่อลงดินผ่านสายดินที่เดินมาตามเต้าเสียบรับไฟ ดังนั้นเมื่อเกิดการลัดวงจรแรงดันยกที่เกิดขึ้นจึงส่งผ่านมายังท่อแก๊สด้วย ส่งผลให้เกิดการอาร์คขึ้น ณ จุดสัมผัสระหว่างท่อแก๊สและท่อร้อยสาย LAN เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาขึ้นอีก

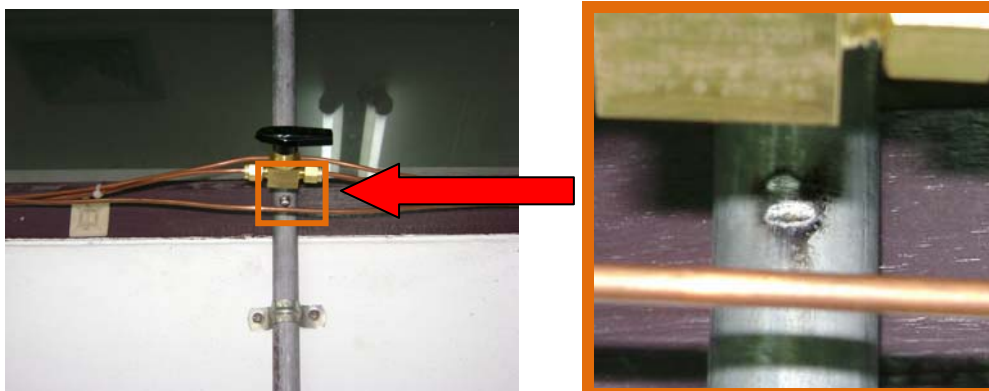
ต้องปรับปรุงกราวด์ที่ต้นหม้อแปลงไฟฟ้าโดยแยกกราวด์ของระบบไฟฟ้าแรงสูงและแรงต่ำออกจากกัน รวมทั้งติดตั้งกราวด์ของระบบไฟฟ้าแรงต่ำที่ตู้ MCB แยกต่างหาก นอกจากนี้ควรมีการปรับปรุงระบบท่อแก๊สที่ต่อเข้ากับเครื่องทดสอบไม่ให้สัมผัสหรือใกล้กับท่อโลหะ เช่น ท่อร้อยสาย LAN หรือวัสดุโลหะอื่นๆ ที่มีการต่อลงดิน

1. ข้อมูลเบื้องต้น

ศูนย์ทดสอบแห่งหนึ่งตั้งอยู่ที่ชั้น 6 ในอาคารสำนักงาน รับไฟฟ้าแรงสูง 24,000 โวลต์จากการไฟฟ้านครหลวงผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 500 kVA เพื่อแปลงแรงดันเป็น 380 โวลต์ใช้ภายในอาคาร เมื่อเกิดเหตุการณ์การลัดวงจรลงดินในระบบไฟฟ้าแรงสูงที่เสาต้นหม้อแปลงไฟฟ้า เนื่องจากกระรอกไปสัมผัสกับส่วนที่มีไฟ (Live Part) ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง ดังรูปที่ 1 ทำให้ Drop Fuse Cutout (DF) เฟส Y ขาด ซึ่งขณะเกิดการลัดวงจรลงดินนั้น อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในศูนย์ทดสอบ เช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องทดสอบ มีอาการติดๆ ดับๆ หลังจากเจ้าหน้าที่ของการไฟฟ้านครหลวงดำเนินการเปลี่ยน DF แล้ว เจ้าหน้าที่ของศูนย์ทดสอบตรวจสอบระบบไฟฟ้าแรงต่ำภายในอาคาร พบว่าในห้อง LAB มีท่อแก๊สซึ่งเป็นท่อทองแดงชำรุดเกิดแก๊สรั่ว 1 จุด และมีร่องรอยการเกิดอาร์คที่ท่อร้อยสาย LAN ซึ่งเป็นท่อเหล็ก ณ จุดที่สัมผัสกับท่อแก๊สดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 ต้นหม้อแปลงไฟฟ้าที่จ่ายให้ศูนย์ทดสอบ



รูปที่ 2 ร่องรอยอาร์คที่ท่อร้อยสาย LAN

2. ปัญหาและผลกระทบ

ในขณะที่เกิดการลัดวงจรลงดินในระบบไฟฟ้าแรงสูงที่เสาต้นหม้อแปลงไฟฟ้า ภายในศูนย์ทดสอบ ได้เกิดอาร์คระหว่างท่อแก๊สซึ่งเป็นท่อทองแดงและท่อร้อยสาย LAN ซึ่งเป็นท่อโลหะทำให้ท่อแก๊สชำรุดและเกิดแก๊สรั่วขึ้น ซึ่งในกรณีถ้าเป็นแก๊สไวไฟจะมีโอกาสทำให้เกิดการลุกไหม้และก่อให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ภายในห้อง LAB เป็นอย่างมาก

3. มูลค่าความเสียหาย

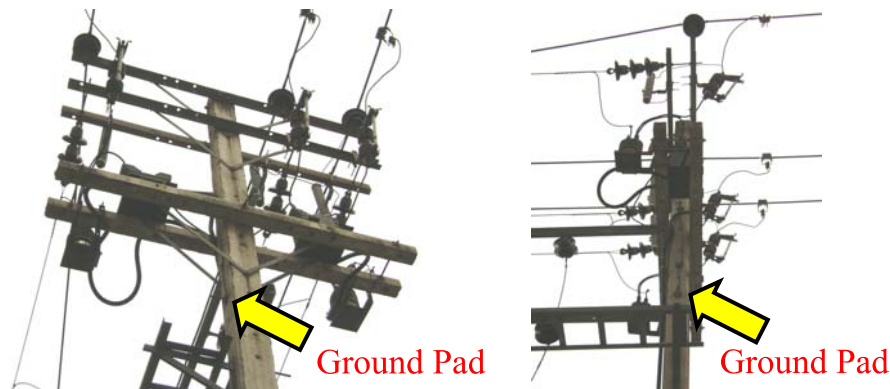
ในกรณีนี้เกิดมีการอาร์คขึ้น 1 จุด ที่ตำแหน่งท่อแก๊สซึ่งเป็นท่อทองแดงสัมผัสกับท่อร้อยสาย LAN ซึ่งเป็นท่อโลหะ ส่งผลให้ท่อแก๊สชำรุดและเกิดแก๊สรั่วขึ้น แต่เนื่องจากเป็นแก๊สที่ไม่ไวไฟจึงไม่ก่อให้เกิดความเสียหายมาก ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายเฉพาะตำแหน่งที่ท่อแก๊สชำรุดประมาณห้าร้อยบาท แต่ถ้าในกรณีเป็นแก๊สไวไฟจะมีมูลค่าความเสียหายเป็นอย่างมาก อาจสูงถึงหลักหลายแสนบาทถึงนับล้านบาท เพราะมีเครื่องทดสอบอยู่จำนวนมากภายในห้องนั้น

4. สาเหตุของปัญหา

ระบบไฟฟ้าแรงสูงและแรงต่ำของศูนย์ทดสอบมีการติดตั้งดังนี้

ที่เสาต้นหม้อแปลงไฟฟ้า

- อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงที่ต้นเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงสูง (High Tension Meter หรือ HT Meter) เช่น CT, PT, และ Lightning Arrester (L/A) มีการต่อลงดินที่ Ground Pad ของเสาฝั่งด้าน HT Meter ดังรูปที่ 3
- กราวด์ของตู้เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้ามีการต่อลงดินที่ Ground Rod ผ่านสายหุ้มฉนวนที่เดินในท่อร้อยสาย ดังรูปที่ 4
- กราวด์ของตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้ามีการต่อลงดินที่ Ground Pad ของเสาฝั่งด้านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงสูง ดังรูปที่ 5
- นิวทรัลของหม้อแปลงไฟฟ้ามีการต่อลงดินที่ Ground Pad ของเสาอีกด้าน ดังรูปที่ 6



รูปที่ 3 การต่อลงดินของอุปกรณ์แรงสูงที่เสาต้าน HT Meter



Ground Rod

รูปที่ 4 การต่อลงดินของตู้เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงสูง



Ground Pad

รูปที่ 5 การต่อลงดินของตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้าที่เสาต้าน HT Meter



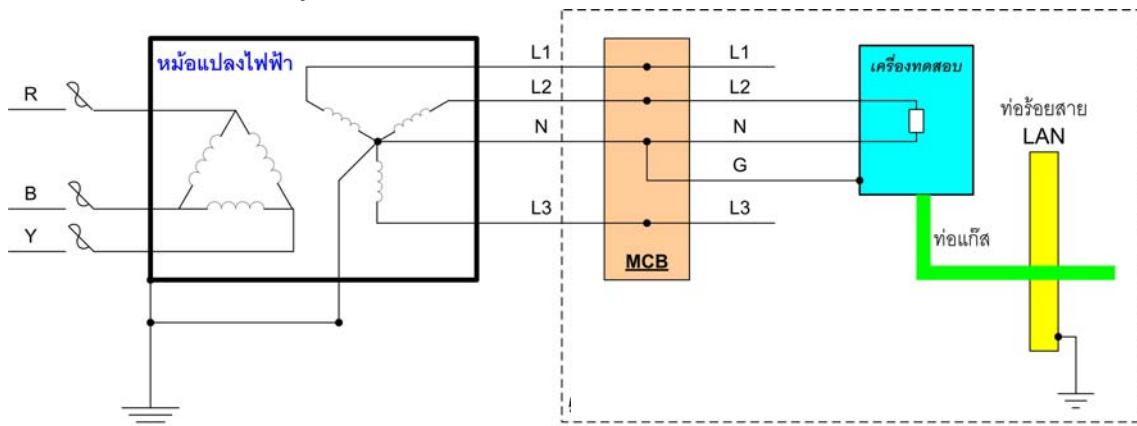
Ground Pad

รูปที่ 6 การต่อลงดินของนิวทรัลของหม้อแปลงไฟฟ้า

ภายในศูนย์ทดสอบ

- ที่ตู้ Main Circuit Breaker (MCB) ไม่มีการต่อลงดิน แต่ระบบไฟฟ้าแรงต่ำภายในอาคารมีระบบสายดินเนื่องจากการต่อสายดินกับนิวทรัลที่ตู้ MCB ดังรูปที่ 7
- ท่อร้อยสาย LAN ซึ่งเป็นท่อเหล็กมีการต่อลงดิน ดังรูปที่ 7

- ท่อแก๊สซึ่งเป็นท่อทองแดงมีการต่อลงดิน เนื่องจากต่อเข้ากับ โครงเหล็กของเครื่องทดสอบซึ่งมีการต่อเข้ากับสายดิน ดังรูปที่ 7

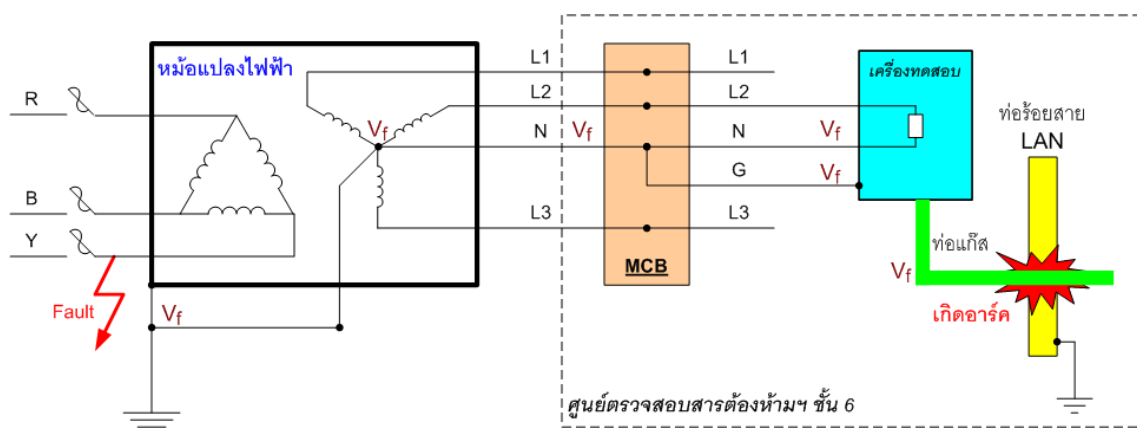


รูปที่ 7 ระบบไฟฟ้าแรงสูงและแรงต่ำของศูนย์ทดสอบ

5. การวิเคราะห์ปัญหา

ขณะที่เกิดลัดวงจรอันเนื่องมาจากมีกระบอกไปสัมผัสกับส่วนที่มีไฟ (Live Part) ในระบบไฟฟ้าแรงสูงจะทำให้เกิดแรงดันยกขึ้น (Earth Potential Rise / V_f) หรือแรงดันเกินที่กราวด์ของระบบไฟฟ้าแรงสูงที่เสาดันหม้อแปลงไฟฟ้า แต่เนื่องจากนิวัตรของหม้อแปลงมีการต่อลงดินที่ Ground Pad ของเสาอีกด้าน ทำให้กราวด์ของระบบไฟฟ้าแรงสูงและแรงต่ำมีการต่อเชื่อมถึงกัน ซึ่งในขณะที่เกิดแรงดันยกขึ้นที่กราวด์ของระบบไฟฟ้าแรงสูงที่เสาดันหม้อแปลงไฟฟ้านี้จะทำให้เกิดแรงดันยกขึ้นที่นิวัตรของหม้อแปลงไฟฟ้าด้วย

จากที่ตู้ Main Circuit Breaker (MCB) ไม่มีการต่อลงดิน แต่ระบบไฟฟ้าแรงต่ำภายในอาคารมีระบบสายดินเนื่องจากการต่อสายดินเข้ากับนิวัตรที่ตู้ MCB ทำให้สายดินของระบบไฟฟ้าแรงต่ำภายในชั้น 6 มีค่าแรงดันที่ยกขึ้น และจากการที่ท่อแก๊สมีการต่อลงดินเนื่องจากต่อเข้ากับ โครงเหล็กของเครื่องทดสอบซึ่งมีการต่อเข้ากับสายดินนั้น ทำให้ท่อแก๊สมีค่าแรงดันยกขึ้นตามไปด้วย ซึ่งแรงดันยกขึ้นที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้เกิดการอาร์คที่บริเวณท่อแก๊สที่ไปสัมผัสกับท่อร้อยสาย LAN ซึ่งมีการต่อลงดินแยกต่างหาก จนเป็นสาเหตุทำให้ท่อแก๊สเกิดการชำรุดและเกิดรอยอาร์คบนท่อร้อยสาย LAN ดังรูปที่ 8

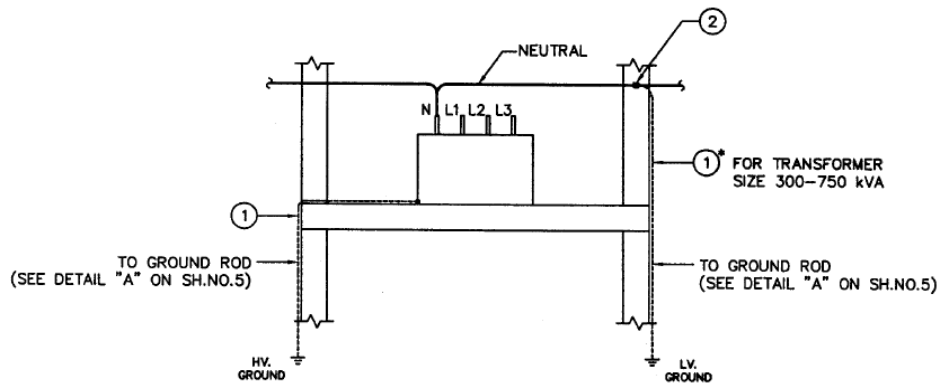


รูปที่ 8 แผนภาพแสดงสาเหตุที่ทำให้ท่อแก๊สเกิดการชำรุด

6. แนวทางการแก้ปัญหา

จากการที่ไม่มีการแยกกราวด์ของระบบไฟฟ้าแรงสูงและแรงต่ำของหม้อแปลงไฟฟ้า ในขณะที่เกิดการลัดวงจรลงดินในระบบไฟฟ้าแรงสูง และส่งผลทำให้เกิดการอาร์คที่ระบบแรงต่ำจนทำให้ท่อแก๊สชำรุดนั้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาขึ้นอีกทางศูนย์ทดสอบควรมีการปรับปรุงกราวด์ของระบบไฟฟ้าและการติดตั้งเครื่องทดสอบดังนี้

- 1) เปลี่ยนการติดตั้งกราวด์ของระบบไฟฟ้าแรงต่ำที่เสาดันหม้อแปลงไฟฟ้า จากเดิมที่มีการต่อนิวทรัลของหม้อแปลงไฟฟ้าไปที่ Ground Pad ของเสานั้น ให้เปลี่ยนไปต่อลงดินไปที่ Ground Rod ผ่านสายหุ้มฉนวนที่ร้อยอยู่ในท่อร้อยสาย ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การต่อกราวด์ของหม้อแปลงแบบ Platform (MEA: Drawing No. 1705)

- 2) ต่อจุดต่อกราวด์ของตู้ Main Circuit Breaker (MCB) ลงดินผ่าน Ground Rod ที่แยกต่างหาก และอยู่ห่างจากเสาดันหม้อแปลงไฟฟ้าให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้
- 3) ปรับปรุงแนวการเดินทางท่อแก๊ส โลหะที่ต่อเข้ากับเครื่องทดสอบไม่ให้ไปสัมผัสหรือใกล้กับท่อโลหะอื่นๆ เช่น ท่อร้อยสาย LAN หรือวัสดุโลหะอื่นๆที่มีการต่อลงกราวด์

7. ค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาโดยการเปลี่ยนวิธีการติดตั้งกราวด์ของระบบไฟฟ้าแรงต่ำที่เสาดันหม้อแปลงไฟฟ้า รวมถึงการติดตั้งกราวด์แยกต่างหากให้กับระบบไฟฟ้าแรงต่ำที่ตู้ Main Circuit Breaker นั้นมีค่าใช้จ่ายอยู่ในหลักหมื่นบาท ซึ่งแนวทางนี้จะทำให้แรงดันยกขึ้น (Earth Potential Rise / V_r) เมื่อเกิดการลัดวงจรในระบบไฟฟ้าแรงสูงมีค่าลดน้อยลง

การแก้ปัญหาโดยการปรับปรุงท่อแก๊สที่ต่อเข้ากับเครื่องทดสอบไม่ให้ไปสัมผัสหรืออยู่ใกล้กับท่อโลหะอื่น ๆ ที่มีการต่อลงกราวด์นั้น มีค่าใช้จ่ายอยู่ในหลักพันบาท ซึ่งแนวทางนี้จะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการอาร์คขึ้นของท่อแก๊สเมื่อเกิดการลัดวงจรในระบบไฟฟ้าแรงสูง

8. สรุป

เหตุการณ์ท่อแก๊สชำรุดเนื่องจากเกิดการอาร์คระหว่างท่อแก๊สและท่อร้อยสาย LAN นั้นมีสาเหตุมาจากแรงดันยกขึ้น (V_r) หรือแรงดันเกินที่เกิดขึ้นจากการลัดวงจรลงดินในระบบไฟฟ้าแรงสูง และเนื่องจากการวัดของระบบไฟฟ้าแรงสูงและแรงต่ำมีการต่อร่วมกันที่เสาต้นหม้อแปลงไฟฟ้า ทำให้นิวทรัลของหม้อแปลงไฟฟ้าเกิดมีแรงดันยกขึ้นตามไปด้วย และที่ตู้ Main Circuit Breaker (MCB) ได้มีการต่อกราวด์บัสเข้ากับนิวทรัลบัสแต่ทั้งนี้ไม่ได้ต่อกราวด์บัสลงดินผ่าน Ground Rod ที่แยกต่างหาก รวมถึงท่อแก๊สที่ต่อลงดินผ่าน โครงเหล็กของเครื่องทดสอบ และเครื่องทดสอบต่อลงดินผ่านสายดินที่เดินมาตามเต้าเสียบรับไฟ ดังนั้นเมื่อเกิดการลัดวงจรแรงดันยกที่เกิดขึ้นจึงส่งผ่านมายังท่อแก๊สด้วย ซึ่งทำให้ท่อแก๊สเกิดแรงดันยกขึ้นส่งผลให้เกิดการอาร์คที่จุดที่ท่อแก๊สสัมผัสกับท่อร้อยสาย LAN ที่มีการต่อลงดิน

ในการป้องกันไม่ให้เกิดการอาร์คขึ้นอีกนั้น ควรมีการปรับปรุงกราวด์ของระบบไฟฟ้าแรงต่ำจากเดิมที่มีการต่อกับนิวทรัลของหม้อแปลงไฟฟ้าไปที่ Ground Pad ของเสานั้น ให้เปลี่ยนไปต่อลงดินไปที่ Ground Rod ผ่านสายหุ้มฉนวนที่ร้อยอยู่ภายในท่อร้อยสายตามมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า และควรติดตั้งกราวด์ให้กับตู้ Main Circuit Breaker (MCB) แยกต่างหาก รวมทั้งควรมีการปรับปรุงระบบท่อแก๊สที่ต่อเข้ากับเครื่องทดสอบไม่ให้สัมผัสหรือวางอยู่ใกล้กับท่อโลหะเช่น ท่อร้อยสาย LAN หรือวัสดุโลหะอื่น ๆ ที่มีการต่อลงกราวด์