

กรณีศึกษา - CASE STUDY

เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจรจากแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะในโรงงานผลิตสารกึ่งตัวนำ

TRIPPED CIRCUIT BREAKER CAUSED BY VOLTAGE DIP IN SEMICONDUCTOR PLANT

ABSTRACT

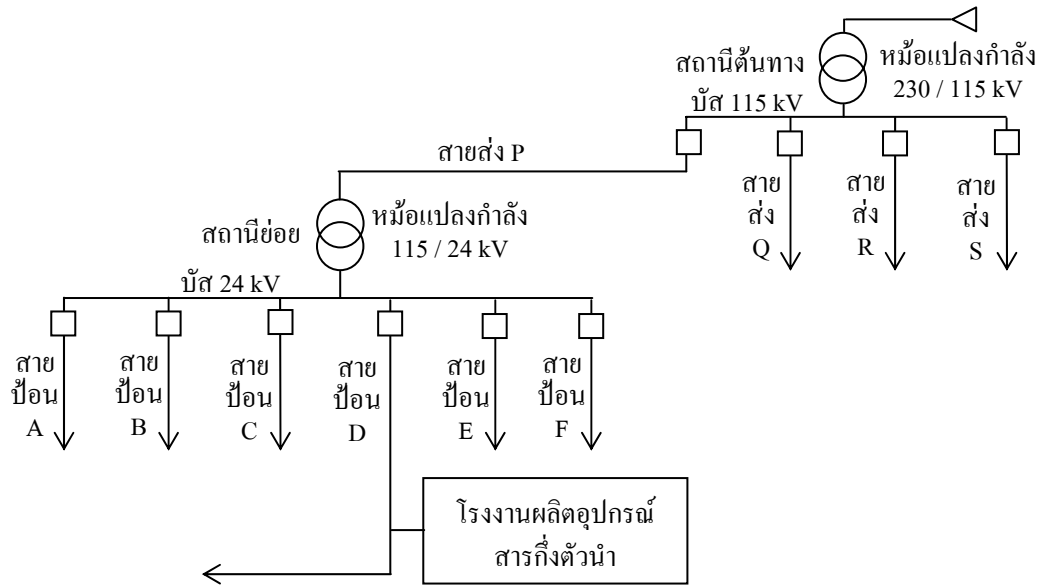
A SEMICONDUCTOR PLANT CONFRONTED A PROBLEM OF VOLTAGE DIP TRIPPING MAIN CIRCUIT BREAKER AT A LOW VOLTAGE SIDE. CONSEQUENTLY, ALL LOADS CONNECTING TO THE CIRCUIT BREAKER WERE INTERRUPTED AND MANUFACTURING PROCESSES WERE SUSPENDED. THE MAIN REASONS OF THIS INCIDENT WAS AN UNSUITABLE DESIGN AND SETTING OF UNDERVOLTAGE PROTECTION SYSTEM. THEREFORE, WHEN VOLTAGE DIP OCCURRED, UNDERVOLTAGE PROTECTION SYSTEM MISINTERPRETLY SENT SIGNAL TO TRIP CIRCUIT BREAKER. TO SOLVE THIS PROBLEM, SMALL UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY (UPS) WOULD BE INSTALLED TO SUPPLY UNDERVOLTAGE RELAY AND NO-VOLT RELEASE COIL OF CIRCUIT BREAKER IN ORDER TO PREVENT CIRCUIT BREAKER FROM TRIPPING OUT WHEN VOLTAGE DIP OCCURRED.

บทคัดย่อ

โรงงานผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะซึ่งเป็นเหตุให้เซอร์กิตเบรกเกอร์หลักด้านแรงต่ำของโรงงานปลดวงจร ส่งผลอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดที่รับไฟจากเซอร์กิตเบรกเกอร์นั้นประสบกับเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ สร้างความเสียหายต่อกระบวนการผลิตของโรงงานอย่างมาก สาเหตุของปัญหาเกิดจากการออกแบบติดตั้งระบบป้องกันแรงดันไฟฟ้าต่ำเกิน (Undervoltage Protection Relay) ที่ไม่เหมาะสม ทำให้ระบบป้องกันแรงดันไฟฟ้าต่ำเกินปลดวงจรเซอร์กิตเบรกเกอร์ทุกครั้งที่เกิดเหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ แนวทางการแก้ปัญหาสามารถทำได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์สำรองจ่ายไฟให้กับวงจรไฟเลี้ยงของ Undervoltage Relay และ No-volt Release Coil ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ เพื่อป้องกันไม่ให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจรในขณะที่เกิดเหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ

1. ข้อมูลเบื้องต้น

โรงงานผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) แห่งหนึ่งรับไฟจากการไฟฟ้านครหลวงในระบบสายป้อนที่ระดับแรงดัน 24 kV ได้ประสบปัญหาไฟฟ้าขัดข้องจากระบบไฟฟ้าภายนอก ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตของโรงงาน โรงงานแห่งนี้รับไฟจากสายป้อน D โดยมีสายป้อนข้างเคียงที่รับไฟจากหม้อแปลงกำลังในสถานีย่อยลูกเดียวกันอีก 5 สายป้อนคือ A, B, C, E และ F และสถานีย่อยที่จ่ายไฟให้โรงงานรับไฟจากสายส่ง P ซึ่งมีสายส่งข้างเคียงที่รับไฟจากหม้อแปลงในสถานีดันทางลูกเดียวกันอีก 3 สายส่งคือ Q, R และ S ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังระบบสายป้อนและสายส่งที่จ่ายไฟให้กับโรงงาน

สถิติเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องภายในโรงงานเปรียบเทียบกับสถิติการเกิดลัดวงจรในระบบของการไฟฟ้านครหลวงในรอบระยะเวลา 3 เดือนแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องภายในโรงงานกับการเกิดลัดวงจรในระบบไฟฟ้าภายนอก

ลำดับ	วันเวลาที่เกิดเหตุการณ์	ผลกระทบต่อโรงงาน	เหตุการณ์ลัดวงจรเกิดใน
1	3 ต.ค. 48 เวลา 13:35	เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร	สายป้อน A
2	12 ต.ค. 48 เวลา 23:41	เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร	สายป้อน E
3	24 ต.ค. 48 เวลา 09:28	เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร	สายป้อน D
4	31 ต.ค. 48 เวลา 11:08	เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร	สายป้อน F
5	5 พ.ย. 48 เวลา 06:26	เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร	สายป้อน C
6	14 พ.ย. 48 เวลา 15:01	เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร	สายส่ง R
7	22 พ.ย. 48 เวลา 03:48	เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร	สายป้อน A
8	1 ธ.ค. 48 เวลา 19:51	เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร	สายป้อน B
9	9 ธ.ค. 48 เวลา 21:41	เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร	สายป้อน C
10	21 ธ.ค. 48 เวลา 05:30	เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร	สายส่ง S

2. ปัญหาและผลกระทบ

เมื่อเกิดเหตุการณ์ลัดวงจรในระบบของการไฟฟ้านครหลวงจะส่งผลกระทบทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์หลัก (Main Circuit Breaker) ด้านแรงต่ำของโรงงานปลดวงจร ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดภายในโรงงานไม่

มีไฟฟ้าจ่ายนั้นคือเกิดไฟฟ้าดับทั้งโรงงาน ส่งผลให้กระบวนการผลิตต้องหยุดชะงักลงรวมถึงสินค้าบางส่วนที่อยู่ระหว่างการผลิตได้รับความเสียหาย หลังเกิดเหตุเจ้าหน้าที่ของโรงงานต้อง Clear สินค้าที่ค้างอยู่ในกระบวนการผลิตเดิม เพื่อเริ่มต้นกระบวนการผลิตใหม่ซึ่งอาจกินเวลานานถึงครึ่งชั่วโมง

3. มูลค่าความเสียหาย

เมื่อเซอร์กิตเบรกเกอร์ด้านแรงต่ำปลดวงจรเนื่องจากการเกิดลัดวงจรในระบบไฟฟ้าภายนอก โรงงานจะได้รับความเสียหายต่อกระบวนการผลิตคิดเป็นมูลค่าน่าที่ละ 3,000 บาท โดยปกติเมื่อเซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจรแต่ละครั้งจะต้องใช้เวลาในการเคลียร์สายการผลิตเป็นเวลาประมาณ 30 นาทีจึงสามารถสับเซอร์กิตเบรกเกอร์เข้ามาเพื่อเริ่มการผลิตใหม่ได้ ดังนั้นผลกระทบต่อจากระบบไฟฟ้าภายนอกที่ทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ด้านแรงต่ำปลดวงจรคิดเป็นมูลค่าความเสียหายครั้งละประมาณ 90,000 บาท

4. สาเหตุของปัญหา

พิจารณาจากข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่าเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในโรงงานจำนวนทั้งสิ้น 10 ครั้ง มีเพียงครั้งเดียวที่เป็นเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ คือเหตุการณ์ลัดวงจรในสายป้อน D ซึ่งเป็นสายป้อนที่จ่ายไฟให้กับโรงงานโดยตรง เมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้นในสายป้อน D เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่อยู่ในสถานีย่อยจะปลดวงจรออกเพื่อป้องกันความเสียหายต่อสายป้อนและอุปกรณ์จ่ายไฟในสถานีย่อยเนื่องจากภาวะกระแสเกิน ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับกับผู้ใช้ไฟฟ้าทุกรายที่รับไฟจากสายป้อน D อย่างไรก็ตามเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องภายในโรงงานอีก 9 เหตุการณ์ไม่ได้เป็นเหตุการณ์ไฟฟ้าดับจากระบบไฟฟ้าภายนอก เนื่องจากไม่ได้เกิดการลัดวงจรในสายป้อนหรือสายส่งที่จ่ายไฟให้กับโรงงานโดยตรง (สายป้อน D และสายส่ง P) แต่เป็นเหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ (Voltage Dip - เหตุการณ์ที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าลดลงต่ำกว่าระดับปกติในช่วงเวลาสั้นๆ ทั่วไปน้อยกว่า 0.1 วินาที) ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเกิดลัดวงจรในระบบไฟฟ้าข้างเคียงกับวงจรที่จ่ายไฟให้กับโรงงานโดยตรง

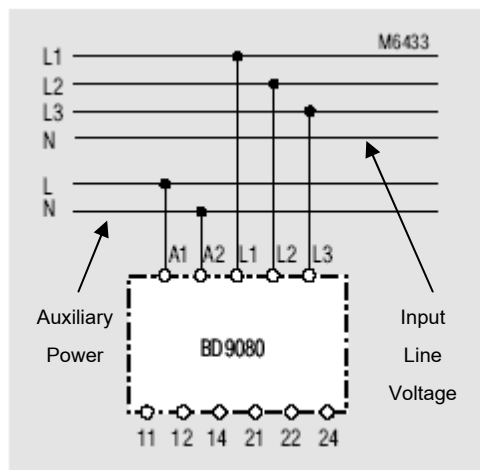
จากการตรวจสอบข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า ปัญหาส่วนใหญ่ที่โรงงานได้รับ (90%) เป็นเหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ ซึ่งในขณะที่เกิดเหตุการณ์ดังกล่าวนี้ แรงดันไฟฟ้าไม่ได้ลดลงเป็นศูนย์และเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆเท่านั้น แต่เหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะส่งผลให้ Main Circuit Breaker ของโรงงานปลดวงจร ส่งผลให้อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในโรงงานมองเห็นเป็นเหตุการณ์ไฟฟ้าดับซึ่งมีความรุนแรงของปัญหามากกว่ามาก เนื่องจากไม่มีแรงดันไฟฟ้าไปจ่ายให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเลยและเกิดขึ้นเป็นเวลานานกว่า ก็คือจนกว่าเจ้าหน้าที่ของโรงงานจะไปสับเซอร์กิตเบรกเกอร์เข้ามาใหม่ซึ่งอาจกินเวลาหลายนาที

5. การวิเคราะห์ปัญหา

Main Circuit Breaker ของโรงงานมีการติดตั้งรีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำเกิน (Undervoltage Relay) เพื่อทำหน้าที่สั่งปลดวงจร Main Circuit Breaker เมื่อเกิดภาวะที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าต่ำเกินมาตรฐาน (Undervoltage) เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ประเภทมอเตอร์ไฟฟ้า อย่างไรก็ตามภาวะที่แรงดันไฟฟ้ามี

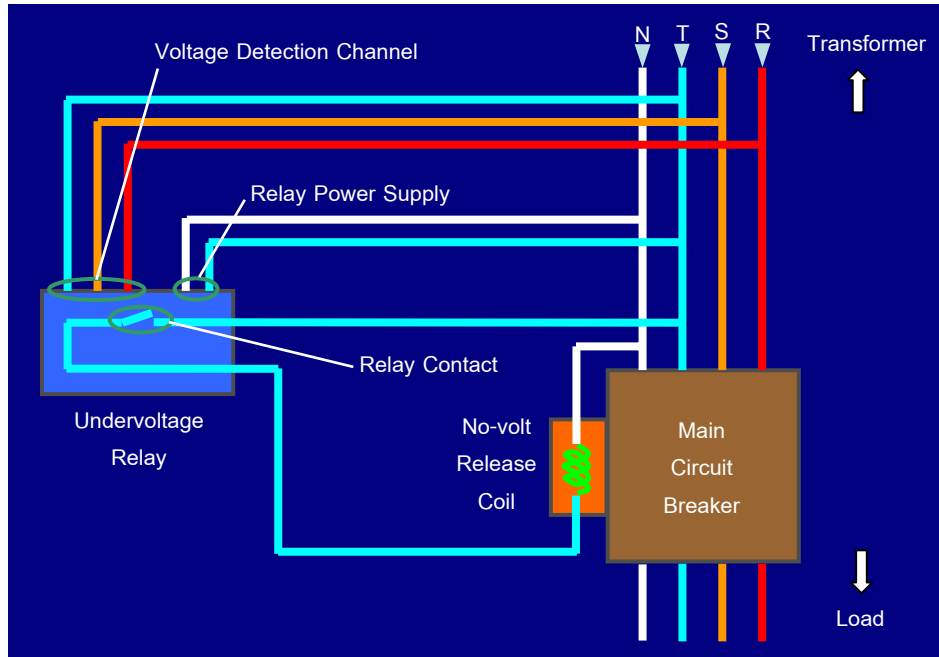
ค่าต่ำกว่ามาตรฐานในช่วงเวลาสั้นมากๆ (เช่น เหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ) นั้น ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อมอเตอร์ ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจรบ่อยครั้งเกินจำเป็น Undervoltage Relay จึงได้ตั้งค่าหน่วงเวลาการทำงานไว้ 3 วินาที และตั้งค่า Undervoltage Trip ไว้ที่ 90% ซึ่งหมายความว่า Undervoltage Relay จะสั่งปลดวงจรเซอร์กิตเบรกเกอร์ก็ต่อเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าต่ำกว่า 90% ของระดับแรงดันปกติต่อเนื่องกันเป็นเวลานานกว่า 3 วินาที

จากการตั้งค่าการทำงานของ Undervoltage Relay ข้างต้น เหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะซึ่งเกิดขึ้นเป็นเวลาน้อยกว่า 0.1 วินาที ไม่ควรเป็นเหตุทำให้ Undervoltage Relay สั่งปลดวงจรเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ อย่างไรก็ตามหากพิจารณา Connection Diagram ของ Undervoltage Relay ในรูปที่ 2 จะพบว่ามีช่องเชื่อมต่อสายสัญญาณอยู่ 2 กลุ่มคือ กลุ่มของช่อง Input Line Voltage (L1-L2-L3) ซึ่งใช้เชื่อมต่อกับแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสที่ต้องการตรวจสอบ และกลุ่มของช่อง Auxiliary Power (A1-A2) ซึ่งเป็นช่องจ่ายไฟเลี้ยงให้กับการทำงานของรีเลย์ จากการทดสอบพบว่าแรงดันไฟฟ้าใน Input Line Voltage แม้มีค่าต่ำกว่า 90% หากเกิดขึ้นเป็นเวลาน้อยกว่า 3 วินาทีแล้ว Undervoltage Relay จะยังคงไม่สั่งปลดวงจรเซอร์กิตเบรกเกอร์ แต่หากแรงดันไฟฟ้าใน Auxiliary Power ของรีเลย์มีค่าต่ำกว่า 90% รีเลย์จะสั่งปลดวงจรทันทีโดยไม่รอนาน



รูปที่ 2 Connection Diagram ของ Undervoltage Relay

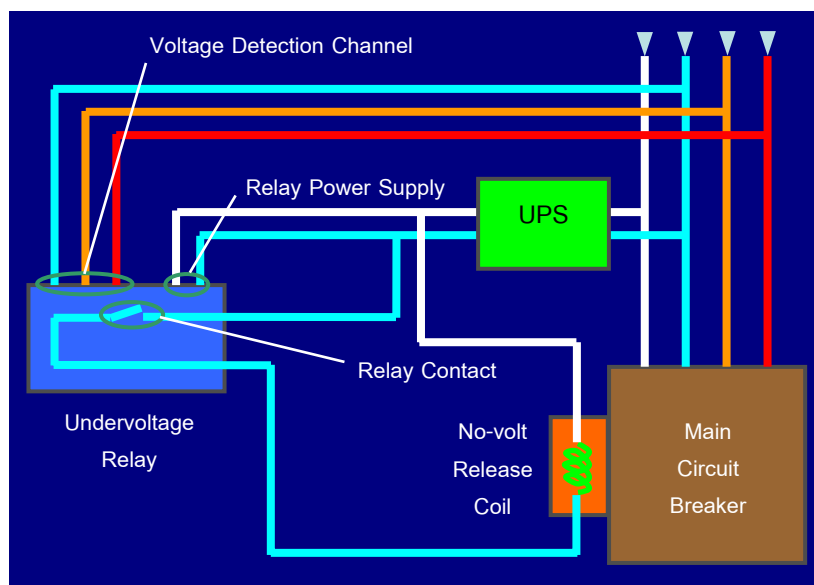
นอกจากนั้น No-volt Release Coil ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ซึ่งเป็นกลไกควบคุมการปลดสับวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ก็เป็นส่วนที่ได้รับผลกระทบจากแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะเช่นกัน พิจารณา Connection Diagram ของ No-volt Release Coil และ Undervoltage Relay ในรูปที่ 3 ในภาวะปกติที่ไม่เกิดเหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าผิดปกติ จะมีแรงดันไฟฟ้าปกติผ่าน No-volt Release Coil ทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์อยู่ในสถานะ Close แต่หากเกิดเหตุการณ์ Undervoltage ขึ้น Undervoltage Relay จะเปิด Relay Contact ออก ส่งผลให้ไม่มีแรงดันไฟฟ้าจ่ายไปยัง No-volt Release Coil ทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร อย่างไรก็ตามแม้ Relay Contact ของ Undervoltage Relay จะไม่ได้เปิดออก แต่เหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะจะส่งผลทำให้ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ไปจ่ายให้กับ No-volt Release Coil มีค่าลดต่ำกว่าระดับปกติซึ่งอาจเป็นเหตุให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจรได้เช่นกัน



รูปที่ 3 Connection Diagram ของ No-volt Release Coil และ Undervoltage Relay

6. แนวทางการแก้ปัญหา

ปัญหาที่ Main Circuit Breaker ปลดวงจรเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะมีสาเหตุมาจากการที่ Undervoltage Relay และ No-volt Release Coil มีความอ่อนไหวต่อระดับแรงดันไฟเลี้ยงที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการแก้ปัญหาสามารถทำได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแรงดันที่จ่ายเป็นไฟเลี้ยงให้อยู่ในระดับคงที่ แม้ว่าแรงดันจากระบบไฟฟ้าภายนอกจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไป ในกรณีนี้สามารถแก้ปัญหาได้โดยการติดตั้ง UPS (Uninterruptible Power Supply) ขนาดเล็กสำรองจ่ายไฟให้กับ Auxiliary Power ของ Undervoltage Relay และ No-volt Release Coil ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การติดตั้ง UPS สำรองไฟให้กับ No-volt Release Coil และ Undervoltage Relay

ในสภาวะปกติ Undervoltage Relay ตรวจไม่พบแรงดันไฟฟ้าผิดปกติจึงไม่สั่งเปิดหน้า Relay Contact ทำให้มีแรงดันไฟฟ้าครบวงจรผ่าน No-volt Release Coil ส่งผลให้ Main Circuit Breaker อยู่ในสถานะ Close ซึ่งเป็นการทำงานที่ถูกต้องในสภาวะปกติ แต่ในสภาวะที่เกิด Undervoltage นั้น Undervoltage Relay ตรวจพบแรงดันไฟฟ้าผิดปกติจึงสั่งเปิดหน้า Relay Contact ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ไปจ่ายให้ No-volt Release Coil หายไป ส่งผลให้ Main Circuit Breaker ปลดวงจรออกซึ่งเป็นการทำงานที่ถูกต้องในสภาวะที่เกิด Undervoltage และสุดท้ายในกรณีที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ Undervoltage Relay ซึ่งไฟเลี้ยงได้รับการสำรองไฟจาก UPS จะไม่สั่งเปิดหน้า Relay Contact และ No-volt Release Coil ซึ่งได้รับการสำรองไฟจาก UPS เช่นกัน จะไม่ได้รับผลกระทบจากแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะจากภายนอก จึงไม่ทำให้ Main Circuit Breaker ปลดวงจร นั่นคือระบบสามารถจ่ายไฟต่อไปได้แม้จะเกิดเหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะขึ้น

7. ค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหตามแนวทางข้างต้นมีค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าอุปกรณ์เพิ่มเติมคือ อุปกรณ์สำรองไฟฟ้า (UPS) ขนาดเล็ก ซึ่งขนาดเพียง 500 VA ก็เพียงพอต่อความต้องการ โดย UPS ขนาด 500 VA มีราคาไม่เกิน 3,000 บาท นอกจากนี้ยังมีค่าใช้จ่ายในส่วนของการเดินสายไฟเลี้ยงไปยัง Undervoltage Relay และ No-volt Release Coil ใหม่อีกเล็กน้อย

8. สรุป

อุปกรณ์ส่วนใหญ่ในโรงงานยังคงสามารถทำงานต่อไปได้ในขณะเกิดเหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ มีเพียงอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในโรงงานบางส่วนเท่านั้นที่อาจได้รับผลกระทบ แต่หาก Main Circuit Breaker ต้องปลดวงจรออกไปอันเนื่องจากผลของเหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ จะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดในโรงงานเห็นว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ ซึ่งส่งผลกระทบรุนแรงกว่าและแน่นอนว่าไม่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าใดสามารถทำงานต่อไปได้ ดังนั้นการปรับปรุงการทำงานของ Undervoltage Relay และ No-volt Release Coil โดยการติดตั้ง UPS ขนาดเล็กเพื่อช่วยรักษาระดับไฟเลี้ยงให้คงที่ในขณะที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะสามารถป้องกันไม่ให้ Main Circuit Breaker ปลดวงจรโดยไม่จำเป็นอันเนื่องจากเหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ ซึ่งสามารถช่วยลดผลกระทบที่เกิดต่อกระบวนการผลิตของโรงงานลงได้มาก