

## กรณีศึกษา - CASE STUDY

## กับดักฟ้าผ่าระเบิดเนื่องจากปรากฏการณ์เฟอร์โรเรโซแนนซ์

## BROKEN SURGE ARRESTER DUE TO FERRORESONANCE

## ABSTRACT

METROPOLITAN ELECTRICITY AUTHORITY (MEA) FACED PROBLEM OF SURGE ARRESTER EXPLOSION DURING OPERATION OF SINGLE PHASE FUSE CUTOUPS AT RISER POLES WHICH CONNECTED UNDERGROUND AND OVERHEAD SYSTEMS. FROM AN ANALYSIS, IT WAS FOUND THAT AN OVERVOLTAGE PHENOMENON CALLED FERRORESONANCE OCCURRED DUE TO SERIES OF UNDERGROUND CABLE'S CAPACITANCE AND TRANSFORMER'S INDUCTANCE DURING LIGHT LOAD. THIS WOULD BE SOLVED BY REPLACING SINGLE PHASE SWITCH WITH THREE PHASE SWITCH. HOWEVER, FROM THIS STUDY, IT WAS FOUND MORE ECONOMIC AND TECHNICALLY FEASIBLE TO REARRANGE PROPER SWITCHING ORDERS WHEN TRANSFERING LOAD.

## บทคัดย่อ

การไฟฟ้านครหลวงเผชิญปัญหาเกี่ยวกับดักฟ้าผ่า (Surge Arrester) ระเบิดบ่อยครั้งที่มีการปลดสับครีโอฟิวส์ชนิดหนึ่งเฟสที่ตำแหน่งเสาต้นไรเซอร์ซึ่งต่อระหว่างระบบสายใต้ดินและสายอากาศ จากการวิเคราะห์พบว่า เป็นปัญหาแรงดันเกินซึ่งเรียกว่าปรากฏการณ์ของเฟอร์โรเรโซแนนซ์ที่เกิดจากการอนุกรมของตัวเก็บประจุของสายเคเบิลและตัวเหนี่ยวนำของหม้อแปลงในขณะที่มีโหลดน้อย การไฟฟ้ามีวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยอาศัยลำดับขั้นตอนการปลดสับที่ถูกต้องเมื่อมีการเปลี่ยนถ่ายโหลด ซึ่งประหยัดกว่าการใช้สวิตช์ตัดตอนชนิดสามเฟสแทนสวิตช์ตัดตอนหนึ่งเฟส

## 1. ข้อมูลเบื้องต้น

ในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวงจะใช้สายเคเบิลเป็นชนิดสายหุ้มฉนวนมีทั้งระบบสายอากาศและสายใต้ดิน และใช้สวิตช์ตัดตอนหนึ่งเฟสเป็นอุปกรณ์ตัดตอน เช่น จุดเชื่อมต่อระหว่างสายใต้ดินและสายอากาศ, ต่อเข้าหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบซึ่งแสดงดังรูปที่ 1 รูปแบบวงจรดังกล่าวในขณะที่ปลดสับสวิตช์มีโอกาสเกิดปัญหาแรงดันเกิน ส่งผลกระทบต่อคุณภาพไฟฟ้าที่บริการลูกค้า

## 2. ปัญหาและผลกระทบ

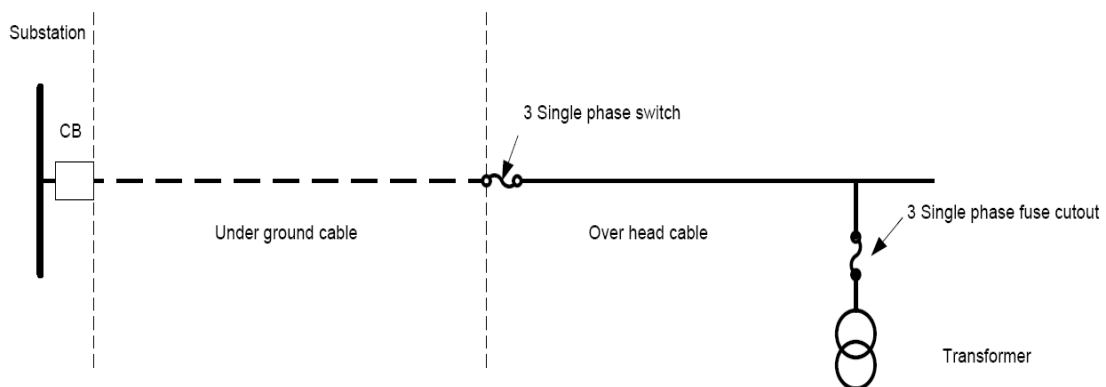
หมู่บ้านจัดสรรแห่งหนึ่งในพื้นที่บริการของการไฟฟ้านครหลวงพบปัญหาปลดสับครีโอฟิวส์ที่เสาต้นไรเซอร์แล้วทำให้กับดักฟ้าผ่าระเบิด โดยไม่ทราบสาเหตุ ซึ่งมีวงจรไดอะแกรมเส้นเดียวดังรูปที่ 2 พบว่าเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับหมู่บ้านโดยมีการสับครีโอฟิวส์เฟส B เฟส Y เฟส R ทีละเฟสตามลำดับที่ตำแหน่ง F2 จะเกิดเหตุการณ์กับดักฟ้าผ่าเฟส R ระเบิดแสดงดังรูปที่ 3 มีลำดับการทำงานดังนี้

- (1) สับสวิตช์ของริงเมนยูนิท RMU1 (A และ B) และ RMU2 (C และ D) ซึ่งอยู่หน้าหม้อแปลง TR1 และ TR2 ตามลำดับ
- (2) สับครีอปิวส์ที่ตำแหน่ง F2 เฟส B
- (3) สับครีอปิวส์ที่ตำแหน่ง F2 เฟส Y
- (4) สับครีอปิวส์ที่ตำแหน่ง F2 เฟส R ส่งผลให้กับดักฟ้าผ่าเฟส R ระเบิด

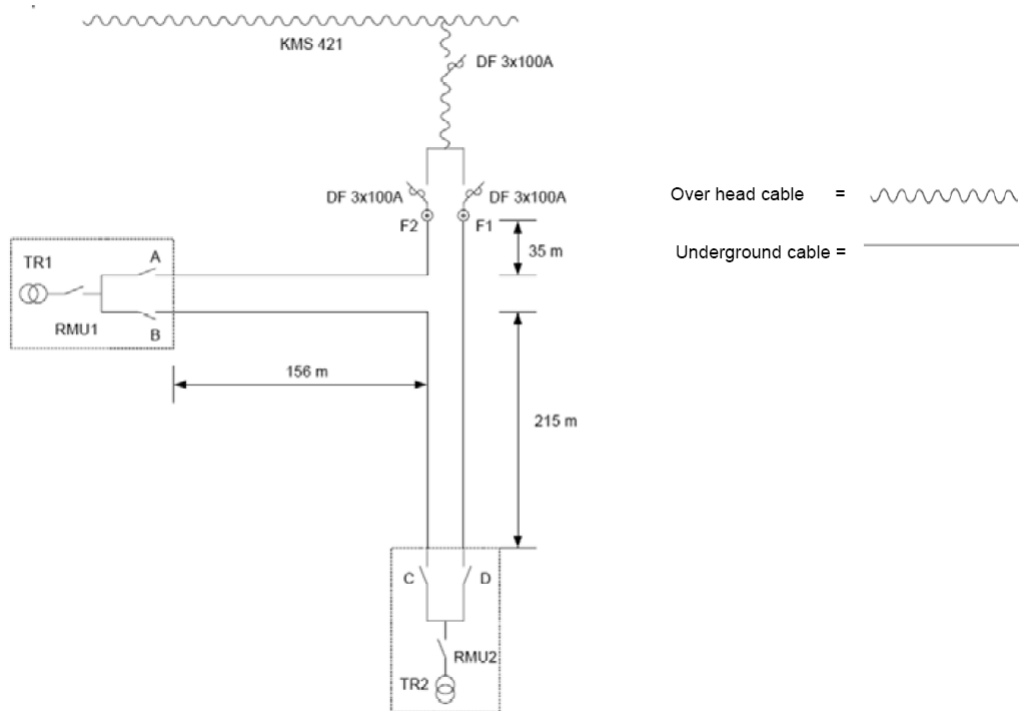
เนื่องจากทุกครั้งที่มีการปลดสับครีอปิวส์จะทำให้กับดักฟ้าผ่าระเบิดเสมอ หากแก้ไขโดยไม่ติดตั้งกับดักฟ้าผ่า อาจส่งผลทำให้อุปกรณ์อื่นๆชำรุดได้ถ้ามีคลื่นแรงดันเกินเข้ามาในระบบเช่น ฟ้าผ่า การสับสวิตช์ซึ่งเป็นต้น จากเหตุการณ์ลักษณะดังกล่าวนี้ในอดีตเคยพบว่ามีสายเคเบิลและขั้วสายเคเบิลต่อเข้าหม้อแปลงชำรุด และอาจทำให้หม้อแปลงชำและมีอายุการใช้งานสั้นลงได้

### 3. มูลค่าความเสียหาย

ความเสียหายที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งเท่ากับราคากับดักฟ้าผ่า 1,500 บาท ถ้าชำรุด 2 ตัวก็จะเท่ากับ 3,000 บาท ถ้าเกิดซ้ำหลายครั้งอาจทำให้หม้อแปลงชำรุดเสียหายได้รวมถึงอุปกรณ์อื่น จุดที่เกิดเหตุเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างสายใต้ดินกับสายอากาศ หากไม่มีกับดักฟ้าผ่าจะทำให้เกิดคลื่นสะท้อนได้สูงกว่าปกติจากคลื่นฟ้าผ่าหรือการสับสวิตช์ซึ่ง และคลื่นสะท้อนนี้จะส่งผลให้อุปกรณ์อื่นๆเสียหายขึ้นอยู่กับการเป็นอุปกรณ์อะไรเช่น ถ้าอยู่ใกล้หม้อแปลงก็จะทำให้เกิดความเสียหายได้ สำหรับราคาหม้อแปลงจะอยู่ที่ประมาณ 600,000 - 1,000,000 บาท



รูปที่ 1 วงจรการจ่ายไฟในระบบจำหน่าย



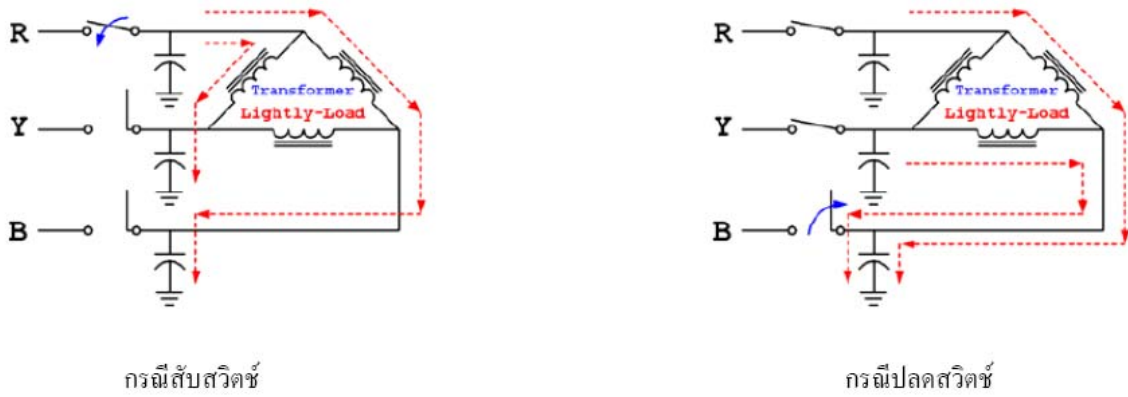
รูปที่ 2 โดอะแกรมเส้นเดียวการจ่ายไฟฟ้าให้หมู่บ้าน



รูปที่ 3 กัับดักฟ้าผ่าระเบิดขณะสับครี้อุปฟิวส์

#### 4. สาเหตุของปัญหา

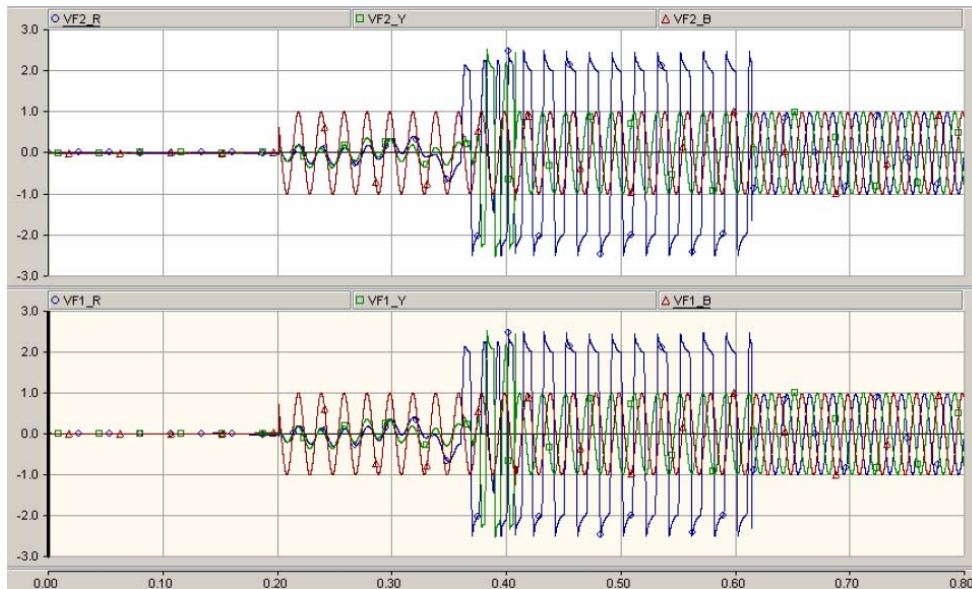
จุดเกิดเหตุเป็นการอนุกรมระหว่าง ตัวเก็บประจุของสายเคเบิลใต้ดิน และตัวเหนี่ยวนำของหม้อแปลงจำหน่ายซึ่งมีโหลดน้อยและมีการปลดสับครี้อุปฟิวส์ที่ละเฟสทำให้มีโอกาสเกิดแรงดันเกินหรือปรากฏการณ์ของเฟอร์โรเรโซแนนซ์ได้ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4 เมื่อเกิดแรงดันเกินเป็นเวลานานกับดักฟ้าผ่าจะทำงานอย่างต่อเนื่องและไม่สามารถระบายความร้อนออกมาได้ทันจึงเกิดระเบิดขึ้น



รูปที่ 4 การเกิดปรากฏการณ์เฟอร์โรเรโซแนนซ์อนุกรมระหว่างสายเคเบิลและหม้อแปลงไฟฟ้า

### 5. การวิเคราะห์ปัญหา

เมื่อวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมของ PSCAD/EMTDC ผลจำลองพบว่าแรงดันที่เกิดขึ้นในช่วงขณะปลดสับครีอปไฟวส์จะเกิดแรงดันเกินประมาณ 2 เท่าเป็นเวลานานจนกว่าจะมีการสับครีอปไฟวส์ครบทั้ง 3 เฟส และมีรูปคลื่นผิดเพี้ยนไปจากรูปคลื่นไซน์ที่เฟส R และเฟส Y แสดงดังรูปที่ 5 ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ของเฟอร์โรเรโซแนนซ์ และสังเกตได้ว่าแรงดันเกินที่เกิดขึ้นที่กับดักฟ้าผ่าเฟส R ได้รับนั้เวลานานกว่าเฟส Y ทำให้กับดักฟ้าผ่าของเฟส R ทำงานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานจนไม่สามารถระบายความร้อนได้ทันและเกิดระเบิดขึ้น



รูปที่ 5 รูปคลื่นแรงดันจากผลจำลองเหตุการณ์สับครีอปไฟวส์ด้วยโปรแกรม PSCAD/EMTDC

### 6. แนวทางการแก้ไข

การป้องกันการเกิดแรงดันเกินหรือปรากฏการณ์เฟอร์โรเรโซแนนซ์มีแนวทางการแก้ไขปัญหาดังนี้

- 6.1 ใช้สวิตช์แบบปลดสับชนิด 3 เฟสแทนสวิตช์ตัดตอนหนึ่งเฟสที่เป็นครีอปไฟวส์ หรือสวิตช์ใบมีด

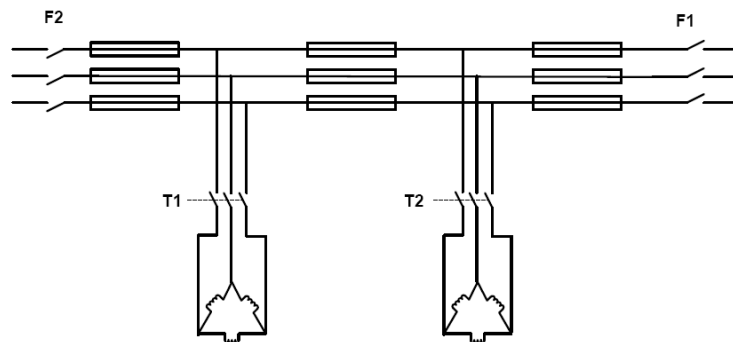
6.2 ความคุมพารามิเตอร์และ โครงสร้างของวงจรในระบบไฟฟ้าไม่เหมาะสมที่จะเกิดปรากฏการณ์เฟอร์โรเรโซแนนซ์โดยพยายามหลีกเลี่ยงการปลดสับสวิตซ์ชนิดหนึ่งเฟสในช่วงมีการอนุกรมระหว่างตัวเก็บประจุของสายเคเบิลกับตัวเหนี่ยวนำของหม้อแปลงดังนี้

- ลำดับการทำงานในการจ่ายไฟให้หมู่บ้าน

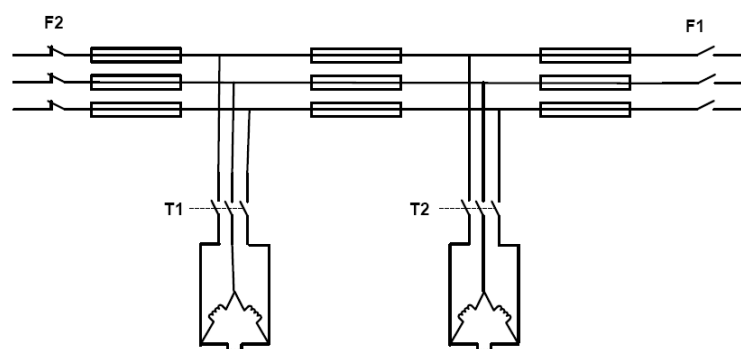
- (1) ปลดสวิตซ์ ริงเมนยูนิตที่หน้าหม้อแปลง T1 และ T2 และปลดครีอปิวส์ชนิดหนึ่งเฟสที่ตำแหน่ง F2 ทุกตัวให้หมดแสดงดังรูปที่ 6
- (2) สับครีอปิวส์ชนิดหนึ่งเฟสที่ตำแหน่ง F2 ทุกตัวแสดงดังรูปที่ 7
- (3) สับสวิตซ์ ริงเมนยูนิตซึ่งเป็นสวิตซ์แบบ 3 เฟส ที่หม้อแปลง T1 และ T2 แสดงดังรูปที่ 8

- ลำดับการทำงานยกเลิกการจ่ายไฟให้หมู่บ้าน

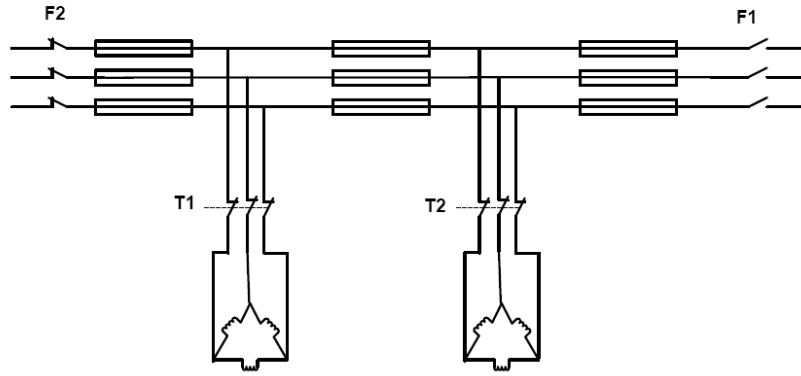
- (1) ปลดสวิตซ์ ริงเมนยูนิตที่หน้าหม้อแปลง T1 และ T2 แสดงดังรูปที่ 9
- (2) ปลดครีอปิวส์ชนิดหนึ่งเฟสที่ตำแหน่ง F2 ทุกตัวแสดงดังรูปที่ 10



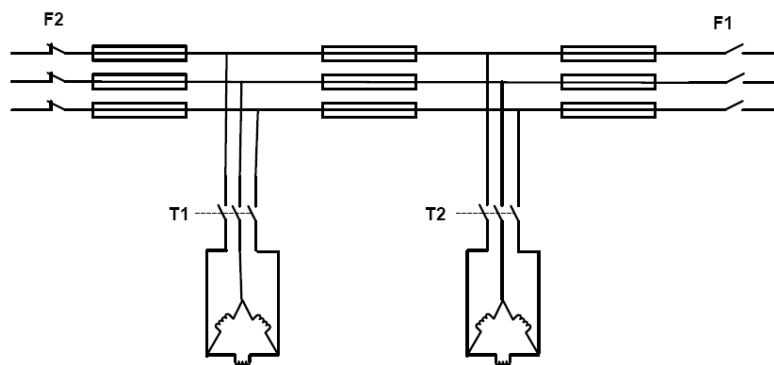
รูปที่ 6 การปลดสวิตซ์ริงเมนยูนิตและปลดครีอปิวส์ที่ตำแหน่ง F2 ทุกตัวให้หมด



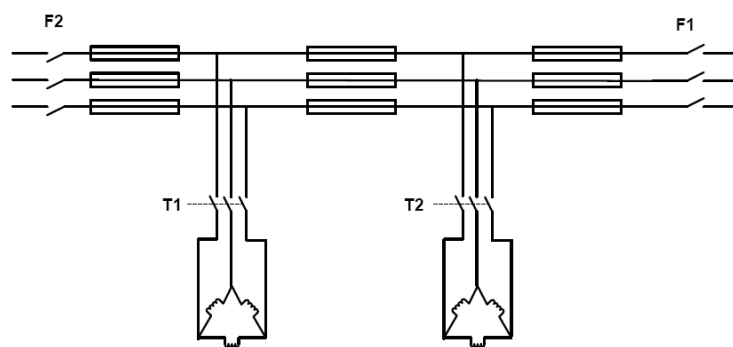
รูปที่ 7 การสับครีอปิวส์ที่ตำแหน่ง F2 ทุกตัว



รูปที่ 8 การสับสวิตช์รีจเมนูนิตซึ่งเป็นแบบ 3 เฟสที่หม้อแปลง T1 และ T2



รูปที่ 9 การปลดสวิตช์รีจเมนูนิตซึ่งเป็นแบบ 3 เฟสที่หม้อแปลง T1 และ T2



รูปที่ 10 การปลดครี้อุปฟิวส์ที่ตำแหน่ง F2 ทุกตัว

## 7. ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขปัญหา

การแก้ไขปัญหาโดยวิธีควบคุมพารามิเตอร์และโครงสร้างของวงจรไฟฟ้าไม่เหมาะสมที่จะเกิดปรากฏการณ์เฟอร์โรเรโซแนนซ์ ตามข้อ 6.2 เป็นวิธีประหยัดไม่มีค่าใช้จ่าย แต่หากใช้วิธีตามข้อ 6.1 จะเสียค่าใช้จ่าย ในการเปลี่ยนจากครี้อุปฟิวส์ชนิดหนึ่งเฟสเป็น สวิตช์ปลดสับชนิด 3 เฟส Load Break Switch SF<sub>6</sub> ประมาณ 200,000 บาทต่อชุด

## 8. สรุป

ปัญหาแรงดันเกินจากปรากฏการณ์เฟอร์โรเรโซแนนซ์ จะเกิดจากการสับสวิตช์ชนิดหนึ่งเฟสในขณะที่มีการอนุกรมระหว่างตัวเก็บประจุของสายเคเบิลและตัวเหนี่ยวนำของหม้อแปลง และมีโอกาสเกิดขึ้นได้มากหากสายเคเบิลเป็นสายใต้ดินที่มีระยะทางยาว และหม้อแปลงที่จ่ายกระแสโหลดน้อย การแก้ไขปัญหาดังกล่าวทำได้โดยง่ายคือควบคุมพารามิเตอร์และ โครงสร้างของวงจรไฟฟ้าไม่ให้อาจสามารถอยู่ในเงื่อนไขเหมาะสมที่จะเกิด หรือการเปลี่ยนมาใช้สวิตช์แบบปลดสับชนิด 3 เฟสแทนสวิตช์ตัดตอนหนึ่งเฟส