

กรณีศึกษา - CASE STUDY**แรงดันไฟฟ้าตกในสายป้อนที่จ่ายโหนดระยะไกล****UNDERVOLTAGE IN LONG DISTRIBUTION LINE****ABSTRACT**

ELECTRICITY UTILITY RECEIVED A COMPLAINT FROM A 24KV INDUSTRIAL CUSTOMER ABOUT UNDERVOLTAGE PROBLEM. THE CASE WAS THEN INVESTIGATED BY MONITORING CURRENT AND VOLTAGE PROFILE AT BOTH SUBSTATION AND FACTORY. IN THE ANALYSIS, IT WAS FOUND THAT UNDERVOLTAGE OCCURRED ONLY IN THE FACTORY AT THE PEAK LOAD PERIOD. AS FOR THE SITE INSPECTION, IT WAS FOUND THAT THE FACTORY WAS QUITE FAR FROM THE SUBSTATION WHICH HIGHLY MAGNIFIED THE UNDERVOLTAGE VALUE TO EXCEED UTILITY'S VOLTAGE REGULATION. TO MITIGATE THE PROBLEM, LOADS IN THE SAME FEEDER WOULD BE SHEDDED TO OTHER FEEDERS ALONG WITH INSTALLATION OF CAPACITOR BANKS AT THE FEEDER

บทคัดย่อ

การไฟฟ้าได้รับแจ้งจากผู้ใช้ไฟฟ้าในระบบ 24 kV รายงานว่า ระดับแรงดันไฟฟ้าที่โรงงานได้รับมีค่าต่ำบางช่วงเวลา การไฟฟ้าได้เข้าทำการตรวจสอบโดยการตรวจวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้าและที่โรงงาน ผลการตรวจสอบพบว่าปัญหาแรงดันไฟฟ้าต่ำบางช่วงเวลาก่อขึ้นเฉพาะที่โรงงาน และเกิดขึ้นในที่กระแสไฟฟ้าในสายป้อนมีค่าสูง จากการที่ตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานอยู่ห่างจากสถานีไฟฟ้าค่อนข้างมาก จึงส่งผลให้แรงดันตกในสายป้อนมีค่าสูง แรงดันไฟฟ้าที่โรงงานได้รับจึงมีค่าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าตามเกณฑ์ที่การไฟฟ้ากำหนดไว้ การแก้ปัญหาใช้วิธีการลดกระแสสายป้อนโดยการย้ายโหนดสายป้อนออกบางส่วน ร่วมกับการติดตั้ง Capacitor Bank ในสายป้อน

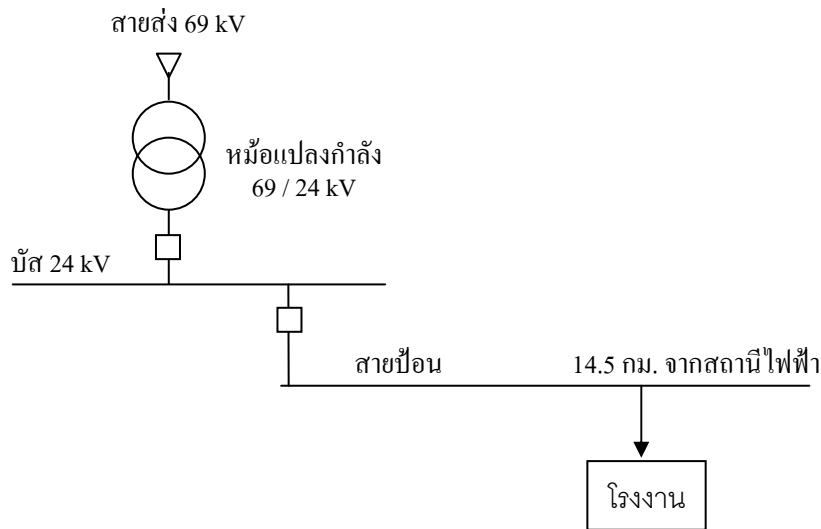
1. ข้อมูลเบื้องต้น

การไฟฟ้าได้รับการร้องเรียนจากผู้ใช้ไฟฟ้าซึ่งเป็นโรงงานที่ทำการผลิตเครื่องดื่มน้ำประเภทหนึ่งว่า ระดับแรงดันไฟฟ้าที่โรงงานของผู้ใช้ไฟฟ้ามีค่าต่ำบางช่วงเวลา ทำให้กระบวนการผลิตหยุดชะงักไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง โรงงานรับไฟจากการไฟฟ้าในระบบสายป้อนอากาศที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 24 kV โดยความยาวสายป้อนตั้งแต่สถานีไฟฟ้าจนถึงโรงงานมีระยะทาง 14.5 กม. ดังแสดงในรูปที่ 1

2. ปัญหาและผลกระทบ

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับโรงงานคือเมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าต่ำเกิดขึ้น บางครั้งทำให้ฟิวส์แรงสูงของโรงงานขาด และบางครั้งทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์หลักด้านแรงต่ำปลดวงจร ส่งผลให้โรงงานไม่มีไฟฟ้าใช้ กระบวนการผลิตทั้งหมดหยุดชะงัก โรงงานตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้านแรงต่ำภายในโรงงาน พบว่าแรงดันไฟฟ้าต่ำเกิดขึ้นทั้งในช่วงที่โรงงานมีการใช้ไฟฟ้าและไม่มีการใช้ไฟฟ้า โดยจะเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว

ในช่วงเวลาเช้าและบ่ายเกือบทุกวัน โรงงานตั้งข้อสันนิษฐานว่ามีสาเหตุจากความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายจากการไฟฟ้า



รูปที่ 1 สถานีไฟฟ้าและระบบสายป้อนที่จ่ายให้โรงงาน

3. มูลค่าความเสียหาย

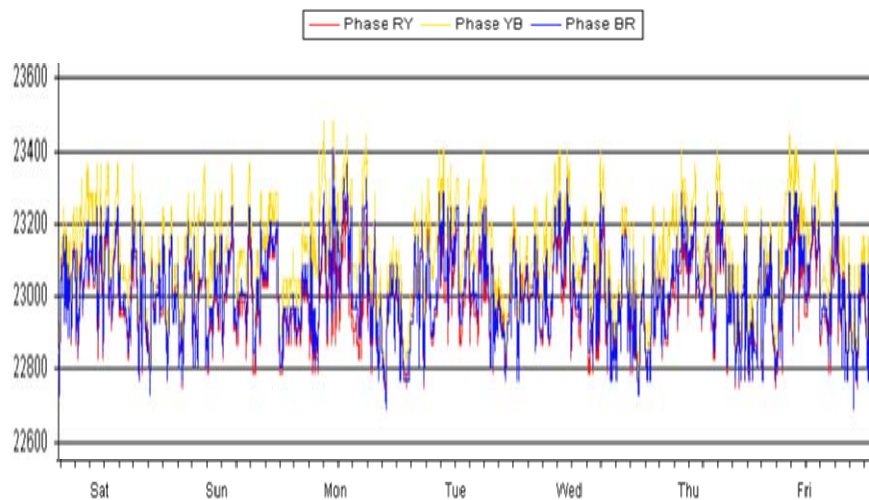
เมื่อมีแรงดันไฟฟ้าต่ำเกิดขึ้น จะทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์หลักด้านแรงต่ำปลดวงจร (ทั้งที่ปลดวงจรจากสาเหตุของตัวเองและที่เกิดจากฟิวส์ด้านแรงสูงขาด) ทำให้โรงงานไม่มีไฟฟ้าใช้ ส่งผลกระทบทำให้กระบวนการผลิตทั้งหมดหยุดชะงัก แม้ว่าโรงงานจะสามารถสับเมนส์เซอร์กิตเบรกเกอร์ด้านแรงต่ำกลับเข้าใช้งานได้ภายในระยะเวลาเพียงไม่กี่นาที แต่กระบวนการผลิตทั้งหมดต้องใช้ระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จึงจะสามารถเริ่มดำเนินการได้อีกครั้ง ดังนั้นมูลค่าความเสียหายในแต่ละครั้งจึงสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ ค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นในส่วนของการผลิตอยู่ที่ประมาณ 100,000 บาท/ครั้ง และค่าความเสียหายการสูญเสียโอกาสในการผลิตสินค้า อยู่ที่ประมาณ 500,000 บาท/ชั่วโมง

4. สาเหตุของปัญหา

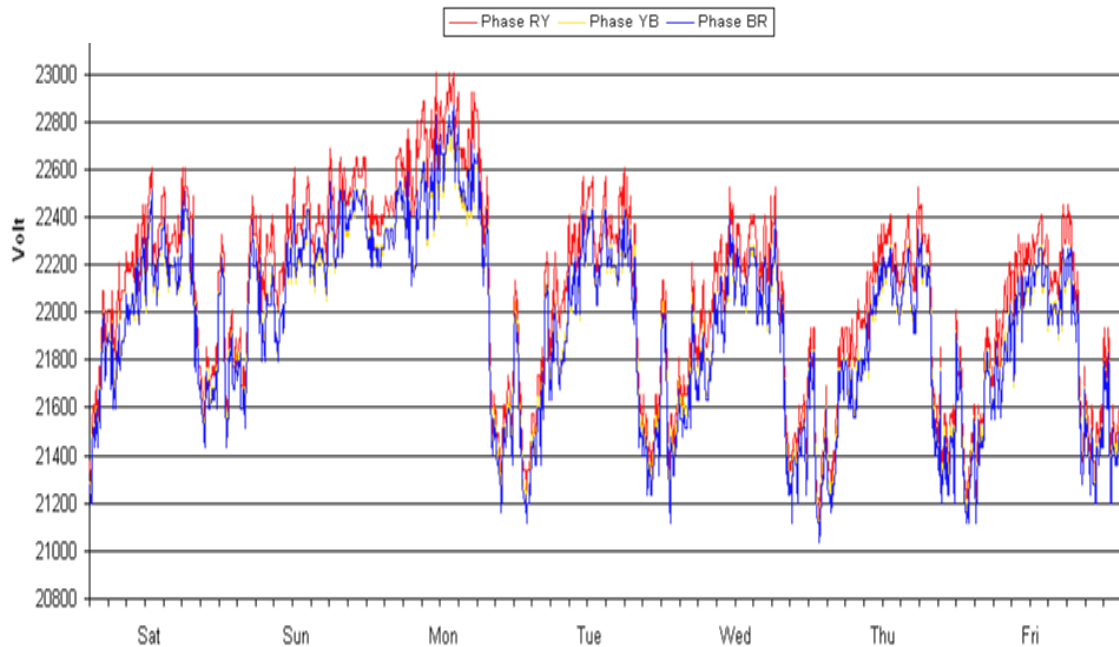
จากผลการวัดแรงดันไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้างรูปที่ 2 แรงดันไฟฟ้าที่จุดดังกล่าวเป็นไปตามค่ามาตรฐานแรงดันไฟฟ้าที่จุดจ่ายไฟตามที่การไฟฟ้ากำหนดไว้ โดยแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้อยู่ระหว่าง 22.7 - 23.5 kV (ค่ามาตรฐานฯ กำหนดไว้ในตารางที่ 1 โดยแรงดันไฟฟ้าจะต้องอยู่ระหว่าง 21.8 - 23.6 kV) ส่วนผลการวัดแรงดันไฟฟ้าที่โรงงานดังรูปที่ 3 พบว่าแรงดันไฟฟ้าส่วนใหญ่ยังคงอยู่ภายในค่ามาตรฐานยกเว้นบางช่วงเวลาที่มิต่ำกว่ามาตรฐานฯ (แรงดันไฟฟ้าของโรงงานที่วัดได้ มีค่าอยู่ระหว่าง 21.0 - 23.0 kV) ดังนั้นปัญหาแรงดันไฟฟ้าที่โรงงานได้รับ จึงเป็นปัญหาแรงดันไฟฟ้าต่ำบางช่วงเวลา

ตารางที่ 1 มาตรฐานแรงดันไฟฟ้าที่จุดจ่ายไฟ (จุดซื้อ-ขาย) ของการไฟฟ้า

| แรงดันไฟฟ้า ที่จุดจ่ายไฟ | ช่วงระดับแรงดัน | | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------|-------------|-----------|
| | กรณีจ่ายไฟปกติ | | กรณีฉุกเฉิน | |
| | ต่ำสุด | สูงสุด | ต่ำสุด | สูงสุด |
| 230/400 V | 214/371 V | 237/410 V | 209/362 V | 240/416 V |
| 24 kV | 21.8 kV | 23.6 kV | 21.6 kV | 24.0 kV |



รูปที่ 2 แรงดันไฟฟ้า 24 kV ที่สถานีไฟฟ้า



รูปที่ 3 แรงดันไฟฟ้า 24 kV ที่โรงงาน

5. การวิเคราะห์ปัญหา

จากการพิจารณาแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โรงงานในรูปที่ 3 เปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้าในรูปที่ 2 พบว่า แรงดันไฟฟ้าที่โรงงานในช่วงที่มีค่าต่ำที่เกิดขึ้นในหลายช่วงนั้น ในช่วงดังกล่าวแรงดันไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้ามียุคไม่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงจนสังเกตได้ แต่ขณะที่กระแสของสายป้อนในรูปที่ 4 กลับพบว่ามีค่าสูงและเกิดในช่วงเดียวกับในแรงดันไฟฟ้าที่โรงงานในทุกเหตุการณ์ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าค่าแรงดันไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้าไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่โรงงานมีค่าต่ำ แต่เป็นผลจากค่ากระแสสายป้อน ดังสมการแรงดันไฟฟ้าตกในสายป้อน ในสมการที่ (1) ดังนี้

$$V = V_s - (I*Z) \quad (1)$$

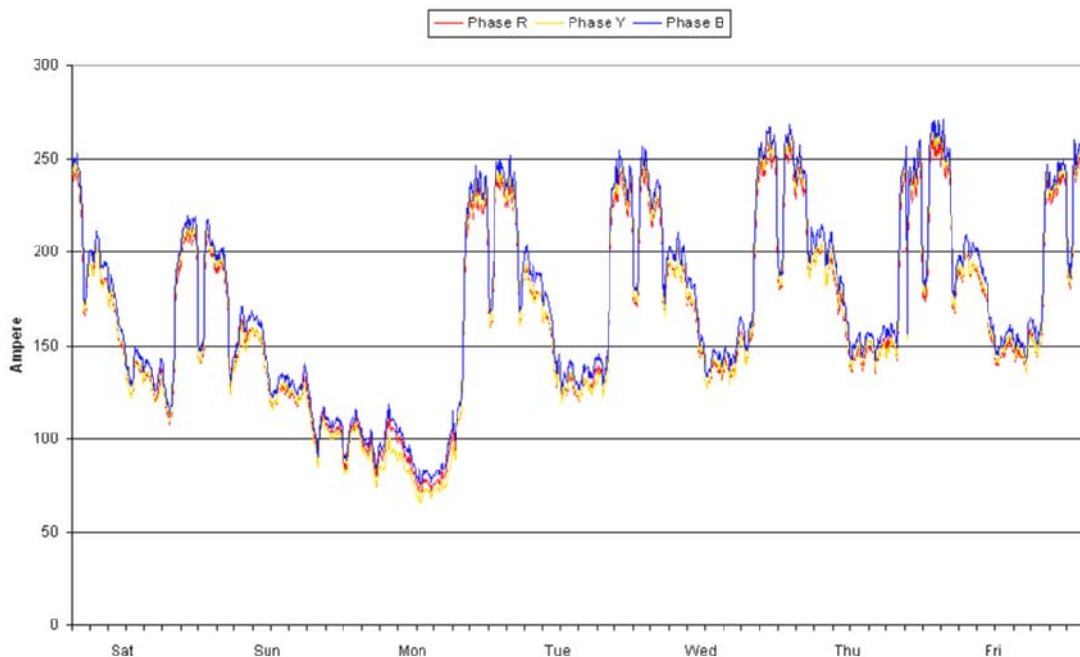
เมื่อ V = แรงดันไฟฟ้าที่โรงงาน

V_s = แรงดันไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้า

I = กระแสสายป้อน

Z = ค่าความต้านทานของสายไฟจากสถานีไฟฟ้าถึงโรงงาน

เมื่อให้แรงดันไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้า (V_s) และค่าความต้านทานของสายไฟ (Z) คงที่ แรงดันไฟฟ้าที่โรงงาน (V) จึงแปรผกผันกับค่ากระแสสายป้อน (I) และ $I*Z$ คือค่าแรงดันไฟฟ้าตกในสายป้อน



รูปที่ 4 กระแสไฟฟ้าที่จ่ายจากสถานีไฟฟ้า

6. แนวทางการแก้ไขปัญหา

การลดค่าแรงดันตกในสายป้อนเมื่อพิจารณาจากสมการที่ (1) สามารถทำได้ 3 วิธีคือ

1) เพิ่มขนาดแรงดัน V_s หรือแรงดันที่จ่ายจากสถานีไฟฟ้า

การเพิ่มแรงดันที่สถานีไฟฟ้าให้สูงขึ้นทำได้โดยการปรับ Tap หม้อแปลงไฟฟ้า (แต่มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถทำให้สูงเกินค่าการจ่ายไฟฟ้าสูงสุดตามมาตรฐานแรงดันไฟฟ้าที่จุดจ่ายไฟที่กำหนดไว้)

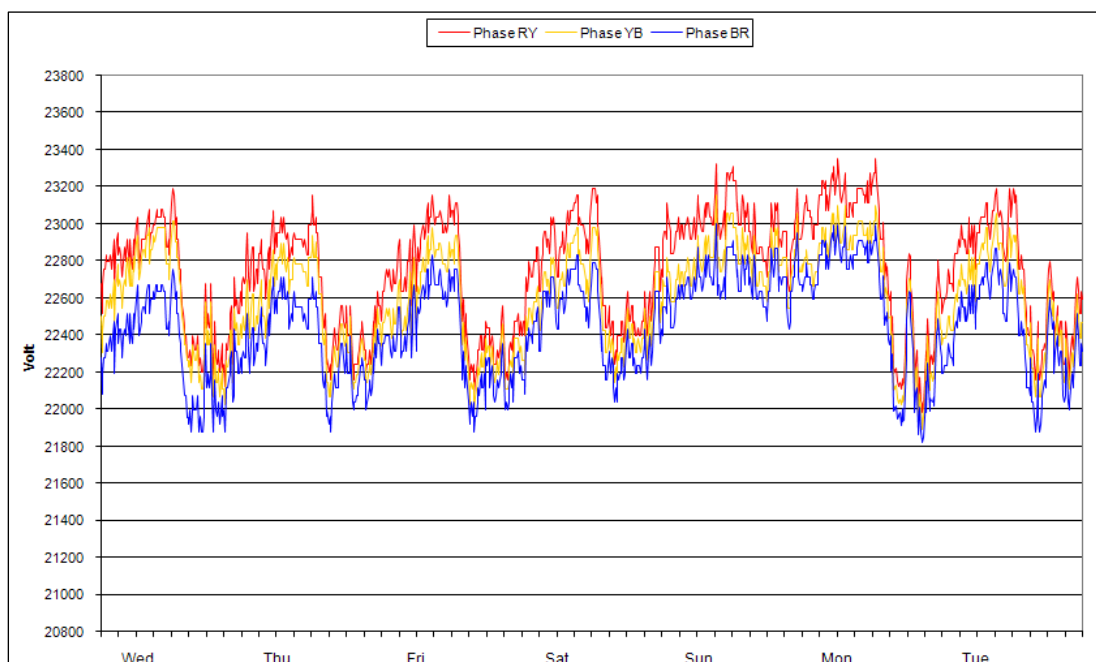
2) ลดค่า Z หรือลดค่าความต้านทานของสายไฟฟ้า

การลดค่าความต้านทานของสายไฟฟ้า ทำได้โดยการเพิ่มขนาดตัวนำสายไฟฟ้าให้มีขนาดใหญ่ขึ้น หรือ ลดระยะทางการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้สั้นลงโดยการก่อสร้างสถานีไฟฟ้าใหม่ (โดยทั่วไปจะไม่นิยมใช้วิธีการนี้ เนื่องจากใช้เงินลงทุนที่สูง และไม่คุ้มค่าการลงทุน)

3) ลดค่า I หรือลดค่าขนาดกระแสไฟฟ้า

โดยการก่อสร้างสายป้อนใหม่เพิ่ม (โดยทั่วไปจะไม่นิยมใช้วิธีการนี้ เนื่องจากใช้เงินลงทุนที่สูง และไม่คุ้มค่าการลงทุน เช่นเดียวกับวิธีการลดค่า Z) หรือ การย้ายโหลดบางส่วนจากสายป้อนไปยังสายป้อนอื่น หรือ ติดตั้ง Capacitor Bank ในสายป้อน (วิธีการย้ายโหลดฯ หรือติดตั้ง Capacitor Bank เป็นวิธีการที่นิยมใช้ เนื่องจากใช้ระยะเวลาดำเนินการที่สั้น, ใช้เงินลงทุนต่ำ และมีกรรมวิธีที่ง่าย)

ในกรณีนี้การไฟฟ้าเลือกใช้วิธีการลดขนาดกระแสไฟฟ้า (I) โดยการย้ายโหลดของสายป้อนบางส่วนไปยังสายป้อนอื่น ร่วมกับพิจารณาการติดตั้ง Capacitor Bank ในสายป้อน (Capacitor Bank สามารถติดตั้งได้ก็ต่อเมื่อค่า reactive power ในสายป้อน มีค่าสูงกว่าขนาด Capacitor Bank ที่จะทำการติดตั้ง, ซึ่งจากข้อมูลผลการวัดค่า reactive power ในสายป้อน พบว่าสามารถติดตั้ง Capacitor Bank ได้) และหลังจากทำการติดตั้ง Capacitor Bank ในสายป้อน ร่วมกับการย้ายโหลดบางส่วนจากสายป้อนไปยังสายป้อนอื่น การไฟฟ้าได้ทำการวัดแรงดันไฟฟ้าที่โรงงานอีกครั้งพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่โรงงานอยู่ระหว่าง 21.8 - 23.4 kV ซึ่งมีค่าอยู่ในมาตรฐานแรงดันไฟฟ้าที่จุดจ่ายไฟตามที่การไฟฟ้ากำหนด รวมทั้งได้รับแจ้งจากผู้ใช้ไฟฟ้าว่าที่โรงงานไม่พบเหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าต่ำเกิดขึ้นอีก



รูปที่ 5 แรงดันไฟฟ้าที่โรงงานหลังปรับปรุงอยู่ที่ 21.8 - 23.3 kV

7. ค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหา

ค่าใช้จ่ายแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ ค่าย้ายโหลดสายป้อนไปยังสายป้อนอื่น 10,000 บาท (ย้ายโหลดผู้ใช้ไฟฟ้ารายอื่น 2 ราย, ค่าย้ายโหลด 5,000 บาท/ราย) และค่าติดตั้ง Capacitor Bank ในสายป้อน 140,000 บาท (ติดตั้ง Capacitor Bank 2 ชุด, ราคา Capacitor Bank 60,000 บาท/ชุด ใน 1 ชุดประกอบด้วย Capacitor unit ชนิดคงที่ ขนาด 200 kvar จำนวน 3 ตัว, ครอบฟิวส์ จำนวน 3 ตัว, กัทเอาท์ จำนวน 3 ตัว และ ล้อฟ้า จำนวน 3 ตัว, ค่าติดตั้ง Capacitor Bank 10,000 บาท/ชุด) รวมค่าใช้จ่ายในการย้ายโหลดสายป้อนและติดตั้ง Capacitor Bank ทั้งสิ้น 150,000 บาท

8. สรุป

การไฟฟ้ามีหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในมาตรฐานแรงดันไฟฟ้าที่จุดจ่ายไฟ (ตารางที่ 1) ตามที่ได้สัญญากับผู้ไฟฟ้าไว้ สายป้อนที่มีระยะทางไกลๆ มีความเสี่ยงที่ผู้ใช้ไฟฟ้าจะได้รับผลกระทบจากแรงดันตกในสายป้อน การไฟฟ้าควรมีมาตรการหรือแนวทางในการป้องกันปัญหาดังกล่าว ทั้งในระยะสั้นที่ควรจำกัดขนาดกระแสไฟฟ้าในสายป้อนไม่ให้มีค่าสูง ร่วมกับการพิจารณาติดตั้ง Capacitor Bank ในสายป้อน และในระยะยาวที่ต้องทำการก่อสร้างสถานีไฟฟ้าใหม่เพื่อลดความยาวของสายป้อนให้สั้นลง อันจะส่งผลให้ผู้ใช้ไฟฟ้าไม่ได้รับผลกระทบจากรากฏการณ์แรงดันไฟฟ้าตกในสายป้อนดังกล่าวตลอดไป