

**กรณีศึกษา - CASE STUDY****การปรับปรุงตัวแยกสายไฟฟ้าชนิดเซรามิกเพื่อลดปัญหาคุณภาพไฟฟ้า****CERAMIC CABLE SPACER IMPROVEMENT****FOR POWER QUALITY PROBLEM MITIGATION****ABSTRACT**

METROPOLITAN ELECTRICITY AUTHORITY'S CUSTOMER CONFRONTED ISSUES ON CERAMIC CABLE SPACER DETERIORATION IN THE 24 kV DISTRIBUTION SYSTEM. WHEN SPACER'S SURFACE BECAME INFERIOR AND DUST WAS ACCUMULATED, SPACER WOULD BE CLEANED BY RAIN DIFFICULTLY. AS A RESULT, LEAKAGE CURRENT WAS UNDESIRABLY INCREASED AND ELECTRICAL INSULATION CHARACTERISTICS OF SPACER WERE DECREASED. THERE WERE SEVERAL REASONS FOR SPACER DETERIORATIONS SUCH AS MANUFACTURING PROCESSES, MATERIAL SELECTIONS, AND PRODUCT DESIGNS. ANOTHER IMPORTANT FACTOR WAS THE SERVICE ENVIRONMENT SUCH AS TROPICAL CLIMATE AND HIGH UV INTENSITY. TO SOLVE THE ABOVE PROBLEM, NEW CABLE SPACER WAS DEVELOPED BASED ON KNOWLEDGE FROM PAST EXPERIENCES AND THE OUTCOME WAS SATISFIED.

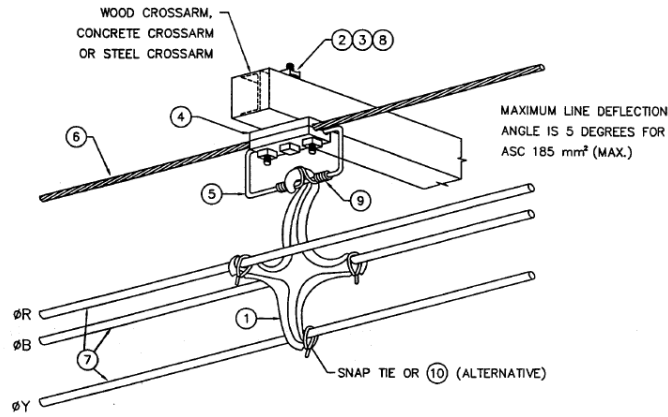
**บทคัดย่อ**

ผู้ใช้ไฟฟ้าในระบบ 24 kV ของการไฟฟ้านครหลวงประสบปัญหาตัวแยกสายไฟฟ้า (Cable Spacer) ชนิดเซรามิกเสื่อมสภาพในระบบจำหน่ายแรงดัน 24 กิโลโวลต์ เมื่อผิวของตัวแยกสายไฟฟ้าเสื่อมสภาพลง ทำให้มีฝุ่นละอองมาเกาะตัวแยกสายไฟฟ้าซึ่งยากที่จะทำให้สะอาดด้วยน้ำฝน ผลทำให้มีกระแสรั่วไหลเพิ่มสูงขึ้นและคุณสมบัติทางฉนวนไฟฟ้าของตัวแยกสายไฟฟ้าเสื่อมสภาพลง เหตุผลในการเสื่อมสภาพมีหลายปัจจัยเช่น กระบวนการผลิต, การเลือกวัสดุ และการออกแบบการผลิต ตัวแปรอื่นที่สำคัญมีผลต่อการสูญเสียสภาพก็คือการใช้งานในสิ่งแวดล้อมที่มีสภาพอากาศร้อนชื้นและแสงแดดที่แรงจัด ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวตัวแยกสายไฟชนิดใหม่ได้ถูกพัฒนาขึ้นจากประสบการณ์ในการใช้งานที่ผ่านการเรียนรู้มาจากอดีต และตัวแยกสายไฟฟ้าชนิดใหม่นี้ได้ถูกพิสูจน์เป็นที่น่าพอใจแล้ว

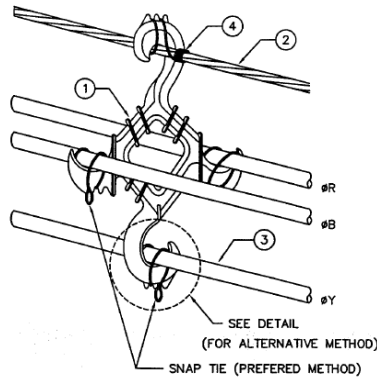
**1. ข้อมูลเบื้องต้น**

ผู้ใช้ไฟฟ้าในระบบสายป้อนอากาศของการไฟฟ้านครหลวงบางแห่งมีการใช้สายหุ้มฉนวน (Aerial Space Cable) โดยใช้ตัวแยกสายไฟฟ้าเป็นตัวยึดจับสายหุ้มฉนวนตลอดแนวสายป้อน ซึ่งมีข้อดีคือสามารถติดตั้งสายป้อนได้หลายวงจรบนเสาเดียวกันและช่วยลดระยะห่างระหว่างสายเคเบิลได้มาก ตัวแยกสายไฟฟ้าที่ใช้งานมีอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดเซรามิกและ ชนิดโพลีเอทธีลีน

ตัวแยกสายไฟฟ้าแบบเซรามิกมีความแข็งแรงรับแรงทางกลได้ดีกว่าจึงใช้ติดตั้งที่จุดใกล้เสาไฟฟ้าซึ่งเป็นจุดที่ต้องรับน้ำหนักสายป้อนและการแกว่งเนื่องจากแรงลมแสดงดังรูปที่ 1 ส่วนตัวแยกสายไฟฟ้าชนิดโพลีเอทรีนใช้ติดตั้งระหว่างเสาไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 การติดตั้งตัวแยกสายไฟฟ้าชนิดเซรามิก



รูปที่ 2 การติดตั้งตัวแยกสายไฟฟ้าชนิดโพลีเอทรีน

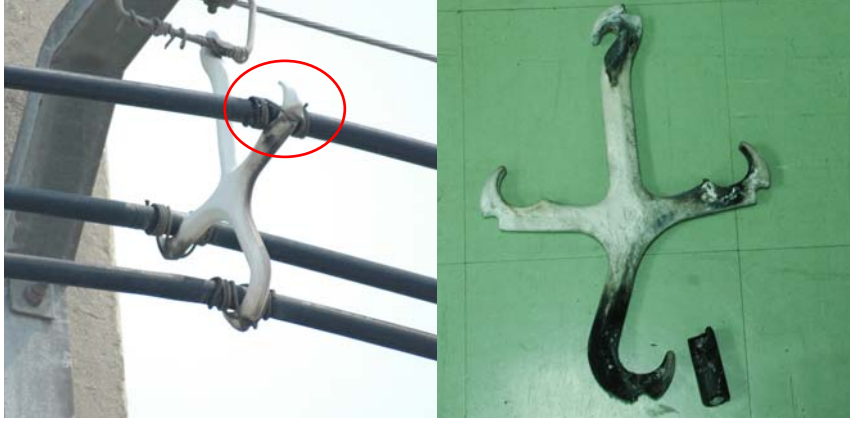
สำหรับสายหุ้มฉนวนที่ใช้งานร่วมกับตัวแยกสายไฟฟ้ามีตัวนำเป็น โลหะอะลูมิเนียมหุ้มด้วยฉนวนครอสลิงค์โพลีเอทรีน (XLPE) และเปลือกนอกเป็นโพลีเอทรีน ชนิดเติมผงคาร์บอนอย่างน้อย 2 %

**2. ปัญหาและผลกระทบ**

ผู้ใช้ไฟฟ้าในนิคมอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งประสบปัญหาการใช้งานตัวแยกสายไฟฟ้าชนิดเซรามิกโดยพบว่า เมื่อใช้งานไปประมาณ 4 - 5 ปี สายหุ้มฉนวนมักเกิด Partial Discharge และชำรุดบริเวณจุดสัมผัสระหว่างสายเคเบิลกับตัวแยกสายไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 3

สำหรับตัวรัดสายที่ใช้งานร่วมกัน เมื่อใช้งานได้เพียง 2 - 3 ปี พบว่าเกิดการชำรุดขาดไม่สามารถรัดสายได้แสดงดังรูปที่ 4 และทำให้สายหุ้มฉนวนหลุดออกจากตัวแยกสายไฟฟ้าส่งผลให้สายหุ้มฉนวน ที่เป็น

เฟสต่างกัน มาอยู่ใกล้กัน นำไปสู่การเกิด Partial Discharge จนจนวนหุ้มสายชำรุดเกิดการวบไฟนำไปสู่การลัดวงจรในที่สุด ปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดไฟฟ้าดับและกระทบกับคุณภาพการจ่ายไฟฟ้าเป็นอย่างมาก ผู้ใช้ไฟฟ้าจึงได้ติดต่อการไฟฟ้านครหลวงเพื่อให้หาทางป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าว



รูปที่ 3 สภาพการชำรุดของสายเคเบิลที่ติดตั้งร่วมกับตัวแยกสายไฟฟ้า



รูปที่ 4 การชำรุดของตัวรัดสาย

### 3. มูลค่าความเสียหาย

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้านี้หากเกิดเหตุการณ์สายหุ้มฉนวนชำรุดเนื่องจากตัวแยกสายไฟฟ้าเสื่อมสภาพจะต้องดับไฟและเสียเวลาในการซ่อมแซมสายประมาณ 1 ชั่วโมง ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง ครั้งละไม่ต่ำกว่า 50,000 บาท บางครั้งถ้าสายไฟฟ้าขาดอาจร้ายแรงจนทำให้ประชาชนบาดเจ็บหรือเสียชีวิต ซึ่งไม่อาจประเมินมูลค่าความเสียหายได้

### 4. สาเหตุของปัญหา

เมื่อใช้งานตัวแยกสายไฟฟ้าชนิดเซรามิกไปสักระยะจะพบว่าผิวจะเริ่มเสื่อมสภาพเช่น ผิวที่มันเรียบกลายเป็นฝุ่นขาว หรือเปลี่ยนเป็นสีแดงอิฐแสดงดังรูปที่ 3 และ 4 สำหรับผิวที่กลายเป็นฝุ่นขาวเกิดจากสารเคลือบไม่สามารถทนสภาพอากาศที่ร้อนชื้นมีฝุ่นละอองและมีแสงแดดร้อนแรงตลอดทั้งปี ส่วนผิวที่เป็นสีแดงอิฐ เกิดจากสารเคลือบเสื่อมสภาพกลายเป็นฝุ่นหลุดลอกไปหรือมีการเคลือบผิวบางเกินไป เนื้อเซรามิกที่

เป็นสีแดงนี้เป็นตัวบ่งชี้ว่าไม่ได้ผ่านกรรมวิธีการขัดผิวที่ถูกต้องด้วยการยิงทรายจนถึงชั้นเซรามิกผิวสีขาว ซึ่งก่อนการเคลือบผิวควรขัดผิวของตัวแยกสายไฟฟ้าให้เป็นสีขาวทั้งหมดก่อน เมื่อผิวเสื่อมสภาพลงทำให้สิ่งสกปรกโดยเฉพาะฝุ่นละอองต่างๆมาเกาะสะสมที่ผิวได้ง่ายและ เมื่อมีความชื้นก็จะนำไปสู่การสูญเสียสภาพการเป็นฉนวนไฟฟ้าของตัวแยกสายไฟฟ้าทำให้มีกระแสรั่วไหลตามผิวได้มากขึ้นและ ผลกระทบต่อเนื่องคือ ทำให้เร่งการ เกิด Partial Discharge ที่ฉนวนของสายนำไปสู่การเสื่อมชำรุดของสายดังกล่าวแล้ว

สำหรับตัวรัดสายซึ่งทำมาจากโพลีเอทิลีนไม่สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมดังกล่าวข้างต้นได้ ประกอบกับต้องรับแรงทางกลและทางไฟฟ้าสูง จึงเกิดการชำรุดเสียหายเช่นเดียวกัน

## 5. การวิเคราะห์ปัญหา

5.1 จากการวิเคราะห์พบว่าสารเคลือบผิวตัวแยกสายไฟฟ้าคือ สารฟลูออโรคาร์บอนเรซิน มีคุณสมบัติทำให้ผิวมันเรียบ ฝุ่นหรือสิ่งสกปรกเกาะติดยาก สารชนิดนี้มักถูกนำไปใช้เคลือบภาชนะหุงต้มอาหาร จากการนำตัวอย่างของผิวที่เสื่อมสภาพไปตรวจสอบที่สถาบัน National and Materials Technology Center (MTEC) พบว่าเป็นสาร Titanium Dioxide ซึ่งมีคุณสมบัติยึดติดแน่นกับผิวตัวแยกสายไฟฟ้าไม่สามารถชำระล้างด้วยน้ำฝนตามธรรมชาติได้ ความเป็นผิวมันเรียบจึงสูญไป ง่ายต่อการสะสมของฝุ่นละอองและมลภาวะต่างๆ

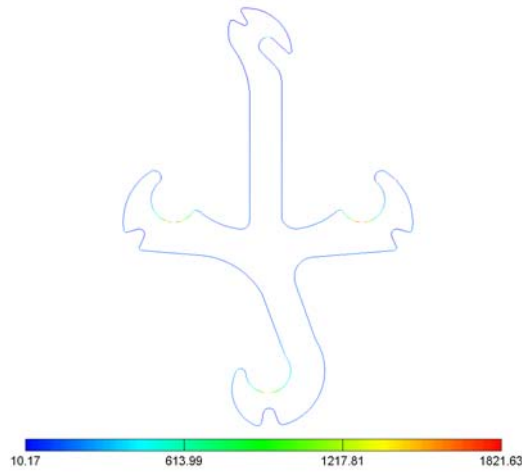
5.2 สำหรับตัวแยกสายไฟฟ้าที่ใช้กับแรงดัน 24 กิโลโวลต์พบว่ามีระยะรั่ว (Leakage Distance Phase to Ground) ประมาณ 310 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐาน IEC 815 : Guide for the Selection of Insulators in Respect of Polluted Condition และถูกถ้วยแท่งก้านตรงแบบ 56/57-2 ซึ่งระยะรั่วดังกล่าวเพียงพอเฉพาะกรณีที่ฉนวนของสายเคเบิลยังไม่ชำรุด หากสายเคเบิลชำรุดแล้วความเสี่ยงที่จะเกิดการลัดวงจรชนิดถาวร (Permanent Fault) จะมีสูงมาก

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบ ค่าระยะรั่วของฉนวนชนิดต่างๆ

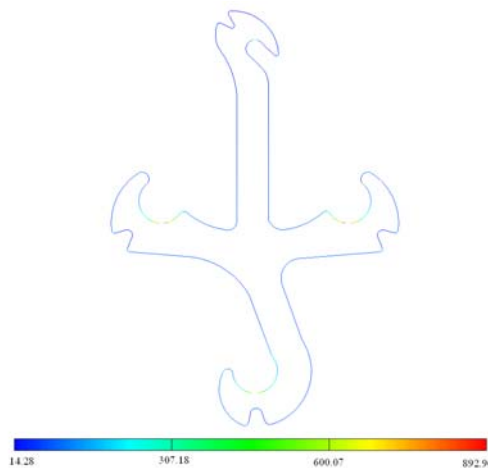
อุปกรณ์	ระยะรั่ว (มิลลิเมตร)
ค่าแนะนำตามมาตรฐาน IEC 815 สำหรับลูกถ้วยไฟฟ้า	600 (ที่แรงดัน 24 kV, 25 mm/kV, Heavy)
ลูกถ้วยแท่งก้านตรงแบบ 56/57-2	534
ตัวแยกสายไฟฟ้า (ระยะของ เฟส ถึง สายดิน )	310

5.3 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสนามไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 5 พบว่าตัวแยกสายไฟฟ้ามีความเครียดสนามไฟฟ้าที่สูงสุด ที่จุดรองรับสายเคเบิลประมาณ 18.21 กิโลโวลต์/เซนติเมตร เนื่องจากเนื้อของเซรามิกมีค่าเปอร์มิตติวิตี ( $\epsilon_r$ ) ที่แตกต่างกับสายเคเบิลมาก (เนื้อเซรามิกมีค่า  $\epsilon_r$  ประมาณ 7 และเปลือกสายเคเบิลมีค่า  $\epsilon_r$  ประมาณ 2.26) ทำให้จุดสัมผัสมีการหักเหของสนามไฟฟ้าสูงตามไป

ด้วย หากเนื้อวัสดุของตัวแยกสายไฟฟ้าเป็นวัสดุเช่นเดียวกับสายเคเบิล จากการใช้โปรแกรมสนามไฟฟ้าวิเคราะห์พบว่า จะมีความเข้มสนามแม่ไฟฟ้าลดลงเหลือประมาณ 8.93 กิโลโวลต์/เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 การวิเคราะห์ตัวแยกสายไฟฟ้าเนื้อเซรามิก



รูปที่ 6 การวิเคราะห์ตัวแยกสายไฟฟ้าเนื้อเดียวกับเปลือกสายเคเบิล

5.4 สำหรับตัวรัดสาย ที่ทำจากโพลีเอทิลีนไม่สามารถที่จะทนต่อการใช้งานที่ยาวนานได้จำเป็นต้องหาวัสดุอื่นที่ทนทานกว่าและไม่ทำให้สายเคเบิลชำรุดเสียหาย

## 6. แนวทางการแก้ไข

การไฟฟ้านครหลวงมีแนวทางในการแก้ปัญหาตัวแยกสายไฟฟ้าชนิดเซรามิกดังนี้

6.1 สำหรับวัสดุที่ใช้ทำตัวแยกสายไฟฟ้ายังคงเลือกที่จะเป็นแบบเซรามิกเพราะแข็งแรงทนทานกว่าแบบโพลีเอทิลีนแม้จะมีข้อดีน้อยกว่าในเรื่องความเข้มสนามไฟฟ้า โดยปรับปรุงการเคลือบผิว ด้วยวิธี เช่นเดียวกับลูกถ้วยไฟฟ้าคือการเคลือบผิวแบบ Glazing ที่ผ่านการพิสูจน์และที่เป็นยอมรับโดยทั่วไป จากการใช้งานอันยาวนาน

6.2 เนื่องจากการเคลือบแบบ Glazing มีข้อเสียที่สิ่งสกปรกเกาะติดได้ง่ายกว่าแบบเคลือบสารฟลูออโรคาร์บอนเรซินจึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มระยะกระแสรั่ว ให้มากขึ้นกว่าเดิมและควรมีครีปเช่นเดียวกับ ตัวแยกสายไฟฟ้า แบบโพลีเอทรีลีน เพื่อจำกัดขนาดไม่ให้ใหญ่เกินไป และลดปัญหาในเรื่องระยะการติดตั้ง

6.3 สำหรับตัวรัดสายจะมีอยู่สองแบบที่ทดลองใช้งานคือ

6.3.1 ตัวรัดสายแบบ Aluminum Tie Wire แสดงดังในรูปที่ 7

Aluminum Tie Wire ที่หุ้มฉนวนด้วยโพลีเอทรีลีน เพื่อไม่ให้เวลาพัน Aluminum Tie Wire สัมผัสกันครบรอบทำให้เกิดกระแสไหลวนจนเกิดความร้อน ส่วนฉนวนที่เป็นโพลีเอทรีลีน เพื่อให้มีค่า เปอร์มีตติวิตี้ ใกล้เคียงกับฉนวนของสาย และลดความเข้มสนามไฟฟ้า



รูปที่ 7 สายรัดแบบ Aluminum Tie Wire หุ้มฉนวน

6.3.2 ตัวรัดสายแบบเซรามิก แสดงดังรูปที่ 8

ผู้ผลิตในประเทศได้มีการออกแบบให้ตัวรัดสายเป็นเซรามิกเพื่อความคงทนมีอายุการใช้งานที่ยาวนานและติดตั้งใช้งานสะดวก



รูปที่ 8 สายรัดแบบเซรามิก

6.4 จากการนำข้อดีต่างๆข้างต้นมาประยุกต์ออกแบบจนได้ตัวแยกสายไฟฟ้ารุ่นใหม่แสดงดังรูปที่ 9 และจำเป็นต้องมีการทดสอบค่าทางไฟฟ้าและทางกลก่อนนำไปใช้งานดังนี้



รูปที่ 9 ตัวแยกสายไฟฟ้าแบบใหม่

- (1) การทดสอบทางไฟฟ้าและทางกล  
ผ่านการทดสอบดังนี้

หัวข้อทดสอบ	ค่าที่ใช้เป็นเกณฑ์ผ่านทดสอบ
Low frequency dry withstand voltage (kV/1 minute)	110
Low frequency wet withstand voltage (kV / 1 minute)	90
Low frequency dry flashover voltage (kV)	125
Low frequency wet flashover voltage (kV)	100
Critical impulse flashover voltage, positive (kV)	210
Critical impulse flashover voltage, Negative (kV)	260
Ultimate Mechanical strength (N)	9,000
Leakage distance phase to messenger wire (mm)	550

- (2) การทดสอบภายใต้มลภาวะ

ผ่านการทดสอบวิธีการ B ตามมาตรฐาน IEC 60507 - 1991 : Artificial Pollution Test on High Voltage Insulator to be used on A.C. System

- (3) การทดสอบ Corona Discharge ของตัวรัดสายแบบเซรามิก

ผ่านการทดสอบ Corona Discharge ที่แรงดัน 24 kVrms ซึ่งผลการทดสอบดังนี้

Test No.	Position	Charge Voltage 24 kVrms Corona Discharge	Corona On-set Voltage (kVrms)
1	Phase A	No	55
	Phase B	No	65
	Phase C	No	55
2	Phase A	No	60
	Phase B	No	60
	Phase C	No	60
3	Phase A	No	70
	Phase B	No	55
	Phase C	No	55

### 7. ค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหา

ในการแก้ไขปัญหานี้การไฟฟ้านครหลวงได้รับความร่วมมือจากผู้ผลิต ตัวแยกสายไฟฟ้า ทำการผลิตตัวอย่าง ทดสอบ และส่งมาให้การไฟฟ้าทดลองใช้งาน แต่หากจะประมาณเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมด น่าจะมีค่าใช้จ่ายสูงพอสมควร โดยเฉพาะค่าทำแบบหล่อตัวแยกสายไฟฟ้าและรวมทั้งค่าทดสอบต่างๆ

### 8. สรุป

การไฟฟ้านครหลวงได้นำตัวแยกสายไฟฟารุ่นที่ปรับปรุงใหม่ไปติดตั้งแทนของเดิมของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีปัญหาโดยมีการติดตามผลการใช้งานมาประมาณ 4 ปี ดังรูปที่ 10 ของตัวแยกสายไฟฟ้า ตัวรัดสายแบบเซรามิกและแบบ Aluminum Tie Wire โดยมีการตรวจสอบด้วยเครื่องวัด Partial Discharge และ Corona ปรากฏผลเป็นที่น่าพอใจคือยังไม่พบว่าเกิด Partial Discharge ที่สายหุ้มฉนวนที่ติดตั้งและตัวแยกสายไฟฟ้า ยังอยู่ในสภาพสมบูรณ์ไม่ชำรุดเสียหาย



รูปที่ 10 ภาพการติดตั้งตัวแยกสายไฟฟ้าที่ผ่านการปรับปรุงมาแล้ว