โครงการวิจัย
ห่วงแขวนสายกระจาย ทีโอที (Dropwire Clamp TOT)

สถาบันนวัตกรรม ทีโอที (นฐ.) บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

สิงหาคม 2561

1. ความเป็นมาและสภาพปัญหา

ห่วงแขวนสายกระจาย (Dropwire Clamp) ในแต่ละพื้นที่มีชื่อเรียกหลากหลาย เช่น พลาสติกแคลมป์ ดรอปวายด์แคลมป์ แคลมป์ตุ๊กตา เป็นต้น เป็นอุปกรณ์สำคัญสำหรับงานติดตั้งสายกระจายที่มีสื่อตัวนำเป็นทองแดงชนิด PVC Insulated and Self-Supported Telephone Dropwire สายสะพานฯ (Suspension Wire) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 *mm.* สาย Optical Fiber Drop Cable (Round type) สายสะพานรับแรงดึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 *mm.* เท่ากันและสาย Optical Fiber Cable for Access Service (Dropwire Twisted) สายสะพานฯ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 *mm.* จากจุดเด่นของ Dropwire Clamp ที่ต้นทุนอุปกรณ์ต่ำ ใช้งานสะดวกติดตั้งต่อจุดได้รวดเร็ว

เทคโนโลยีการสื่อสารที่ใช้สื่อตัวนำเป็นทองแดงทยอยยกเลิกใช้งาน จากเหตุผลคุณภาพการให้บริการที่เปลี่ยนจากสื่อสารด้วยเสียงเป็นสื่อสารข้อมูลผ่านอินเตอร์เน็ตความเร็วสูง ที่เรียกว่าบริการบรอทแบรนด์ (Broadband) จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนมาใช้เส้นใยแก้วนำแสงเป็นสื่อกลางแทนสายตัวนำทองแดง

การไฟฟ้านครหลวงและภูมิภาคประกาศหลังจาก 1 มกราคม พ.ศ. 2561 ห้ามติดตั้งสาย Optical Fiber Cable for Access Service (Dropwire Twisted) ที่มีสายสะพานฯ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 *mm.* กับเสาของการไฟฟ้าฯ ดังนั้นหลัง 1 มกราคม พ.ศ. 2561 เป็นต้นมา Dropwire Clamp ใช้ติดตั้งใช้งานกับสาย OFC Round type ที่มีสายสะพานฯ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 *mm.* เป็นหลัก ส่วนน้อยใช้ซ่อมบำรุงสายกระจายที่มีสื่อตัวนำเป็นทองแดง

การติดตั้งใช้งานเสาไฟฟ้าหนึ่งจุดจะใช้ Dropwire Clamp 2 ตัว ร่วมกับฮุคโบลท์ (Hook Blot) 1 ตัว Dropwire Clamp ทำหน้าที่ยึดสายสะพานฯ ที่แยกออกมาจากสายสื่อสัญญาณ เนื้อพลาสติกของ Dropwire Clamp มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าทำหน้าที่แยก (Isolate) สายสะพานฯ ที่ผลิตจากโลหะออกจากฮุคโบลท์ ป้องกันแรงดันบกพร่อง (Voltage Fault) กรณีฉนวนหุ้มสายสะพานฯ ชำรุด

ปี พ.ศ. 2535 ได้มีการพัฒนาปรับปรุงคุณภาพของวัสดุและแก้ไขรูปแบบของ Dropwire Clamp ให้มีขนาดเล็กลง ด้วยจุดประสงค์เพื่อความสวยงามใช้เนื้อที่น้อยลงในการติดตั้งใช้งานกรณีติดตั้ง Dropwire Clamp หลายตัวกับฮุคโบลท์ตัวเดียว ทางตรงเนื้อพลาสติกน้อยลงราคาของ Dropwire Clamp ก็ถูกลงด้วย

TOT Public Company Limited, www.tottcal.com

หลังจากใช้งาน Dropwire Clamp รุ่นที่ปรับปรุงให้มีขนาดเล็กลง กลับพบว่ารูปแบบของ Dropwire Clamp รุ่นที่ปรับปรุงใหม่นี้ไม่สะดวกในการใช้งาน กล่าวคือหลังจากพันยึดสายกระจายกับ Dropwire Clamp รุ่นเล็กเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนการรั้งดึง Dropwire Clamp มาคล้องกับแกนฮุคโบลท์ปฏิบัติงานไม่ถนัด เนื่องจาก Dropwire Clamp มีขนาดเล็กจับดึงไม่กระชับอุ้งมือ

อีกปัญหาคือสาย OFC Round type โครงสร้างสายสะพานฯ มี 2 แบบ แบบแรกเส้นลวดเส้นเดี่ยวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 *mm.* ผลิตจากเส้นลวดแข็งเป็นสปริงพันเข้าร่อง Dropwire Clamp ได้ดีแต่ต้องพันล็อคกับแกนพันสายให้แน่น แบบที่สองสายสะพานฯ ผลิตจากเส้นลวดตีเกลียว 7X0.4 *mm.* สายนิ่มไม่มีความเป็นสปริง เมื่อติดตั้งกับ Dropwire Clamp สายสะพานฯ มีการคลายตัวออก

จากปัญหาข้างต้น บมจ. ทีโอที ได้มอบหมายให้ สถาบันนวัตกรรม ทีโอที (นฐ.) สังกัดสำนักสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐาน หน่วยธุรกิจโครงสร้างพื้นฐาน (BU1) ร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องศึกษาหาแนวทางแก้ไขปัญหา และ/หรือ ออกแบบ Dropwire Clamp ที่เหมาะสมมาใช้งานใน ทีโอที

2. วัตถุประสงค์โครงการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยนี้ เพื่อศึกษาและสำรวจปัญหา Dropwire Clamp เพื่อหาแนวทางแก้ปัญหา ออกแบบ-ประยุกต์ เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสม สนับสนุนการแก้ปัญหา ทั้งนี้แนวทางแก้ไขปัญหานั้น ๆ ต้องไม่เป็นอุปสรรคของการปฏิบัติงานเดิม และต้นทุนในการแก้ปัญหาต่ำ

3. วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย

1) สำรวจและเก็บข้อมูลปัญหา Dropwire Clamp ที่ใช้ติดตั้งสายกระจายที่มีสื่อตัวนำเป็นทองแดง (Coper wire) และสาย OFC Round Type มีสายสะพานฯ เส้นเดี่ยวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 *mm.* และสายรับแรงดึงโครงสร้างลวด 7 เส้นตีเกลียว (7X0.4 *mm.*)
2) สรุปผลการสำรวจปัญหาของ Dropwire Clamp
3) หาแนวทางแก้ปัญหาจัดทำต้นแบบ (ถ้ามี) Dropwire Clamp
4) ทดสอบแนวทางแก้ไขปัญหาหรือต้นแบบฯ (ถ้ามี) ในห้องปฏิบัติการ และภาคสนาม
5) เก็บบันทึกข้อมูลการใช้งาน ปัญหาและแนวทางแก้ไข
6) สรุปและนำเสนอผลงานวิจัยต่อผู้บริหารเพื่อขยายผลนำไปใช้งานต่อไป

4. ปัญหาภาคสนามและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.1 ห่วงแขวนสายกระจาย (Dropwire Clamp)

ประวัติการใช้งาน Dropwire Clamp หรืออุปกรณ์จับยึดอื่น ๆ ที่ใช้งานติดตั้งสายสะพานฯ ของสายกระจายพัฒนามาอย่างต่อเนื่องตามโครงสร้างสายที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละประเทศที่มีโครงสร้างสายกระจายไม่เหมือนกัน

TOT Public Company Limited, www.tottcel.com

ภาพประกอบที่ 1. อุปกรณ์จับยึดสายกระจาย

อุปกรณ์ติดตั้งสายสะพานฯ ที่ใช้จับยึดสาย PVC Insulated and Self-Supported Telephone Dropwire [1] มีหลายรูปแบบ แสดงตามภาพประกอบที่ 1. การเลือกใช้งานขึ้นอยู่กับลักษณะของสายและสภาพแวดล้อมของประเทศนั้น ๆ เช่น โครงสร้างสายแบนมีเพียงสายสายสื่อสัญญาณทองแดง 2 เส้น (ไม่มีสายสะพานฯ) เหมาะสำหรับใช้อุปกรณ์ติดตั้งหมายเลข 2 เป็นต้น

ประเทศไทยระยะห่างของเสาไฟฟ้าในเขตเมืองระยะห่างประมาณ 40 เมตร พื้นที่นอกเมืองประมาณ 40 – 70 เมตร (บางจุดมากกว่า 70 เมตร) ขึ้นกับสภาพภูมิประเทศ ดังนั้น บมจ. ทีโอที เลือกใช้สายกระจายแบบมีสายสะพานฯ ในตัว โดยเลือกใช้อุปกรณ์จับยึดสายสะพานฯ ของสายกระจายหมายเลข 4 รุ่นใหม่ขนาดเล็ก (หลังปี พ.ศ. 2535) และหมายเลข 5 (ก่อนปี พ.ศ. 2535) รุ่นเดิมขนาดใหญ่ ตามภาพประกอบที่ 1. [2]

4.2 คุณภาพของ Dropwire Clamp

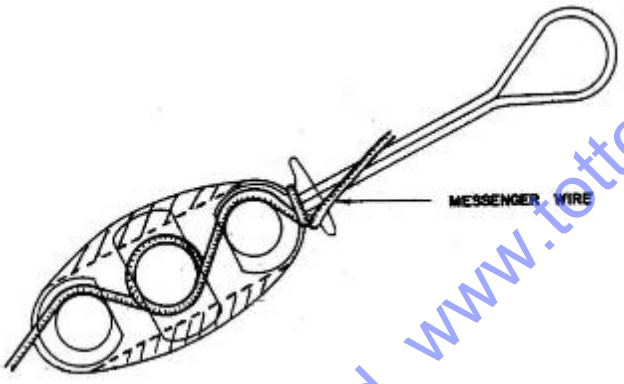
ปัญหาในการจับยึดสายสะพานฯ กับ Dropwire Clamp มีปัญหาสายสะพานฯ ของสายกระจายหลุดออกจากตัว Dropwire Clamp ปัญหากระแสไฟฟ้าส่วนเกินระบบสายส่งที่วิ่งผ่านระบบสายกราวด์ของแกนเสาไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าบางส่วนไหลผ่านสายสะพานฯ เพื่อไหลลงดินสร้างความเสียหายกับสายสื่อสาร จากการวิเคราะห์สาเหตุหลัก ๆ มาจาก

1) สายสะพานฯ ที่ผลิตจากลวดเหล็กมีคุณสมบัติความเป็นสปริงแข็ง เมื่อนำพันยึดเข้ากับ Dropwire Clamp เกิดแรงต้าน สายสะพานฯ พยายามจะดีดตัวกลับเป็นเส้นตรง
2) สายสะพานฯ ที่ผลิตจากเส้นลวด 7 เส้นตีเกลียว เพื่อแก้ไขปัญหาลวดเส้นเดี่ยวมีคุณสมบัติความเป็นสปริงแข็ง แต่เส้นลวด 7 เส้นตีเกลียวโครงสร้างนิ่มอ่อนตัวเมื่อพันเข้าในร่องของ Dropwire Clamp สายสะพานฯ เกิดการคลายตัว
3) Dropwire Clamp ขนาดเล็กพื้นที่ร่องออกแบบสำหรับพันสายกระจายไม่เหมาะสม ความสูงของร่องด้านข้างน้อยลง
4) มีการนำสายสะพานฯ พันกับแกนโลหะของ Dropwire Clamp ป้องกันสายสะพานฯ คลายตัว จุดที่ฉนวนหุ้มสายสะพานฯ ชำรุดลวดเหล็กของสายสะพานฯ สัมผัสกับ

TOT Public Company Limited. www.totcal.com

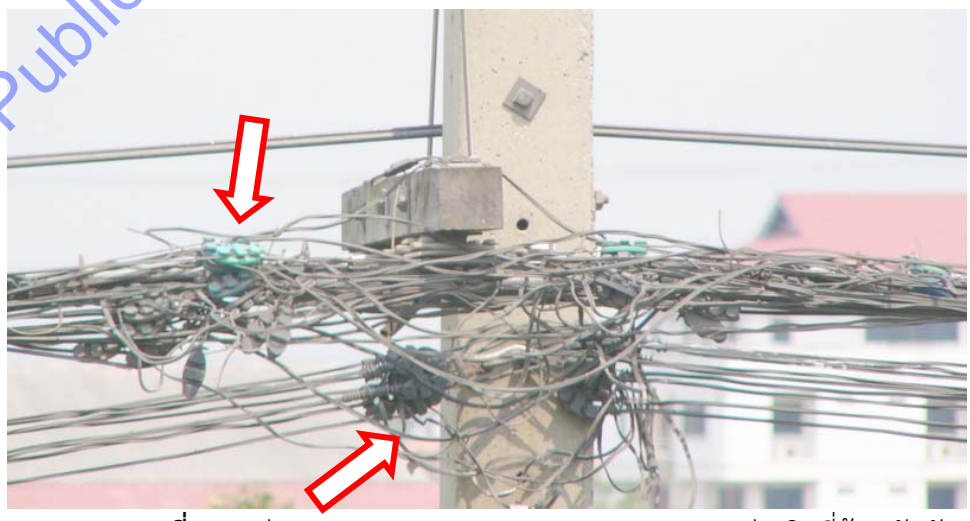
แกนโลหะของ Dropwire Clamp ครบวงจรให้กระแสไฟฟ้าส่วนเกินจากระบบสายส่งไหลผ่านเพื่อลงดินได้

จากภาพประกอบที่ 2. แสดงการออกแบบ Dropwire Clamp รุ่นใหม่เปรียบเทียบกับรุ่นเดิมขอบเส้นทึบเป็นโครงสร้างรุ่นเดิมขนาดใหญ่ เพื่อต้องการลดพื้นที่การติดตั้งให้น้อยลงหลังปี พ.ศ. 2535 บมจ. ทีโอที ออกแบบ Dropwire Clamp รุ่นใหม่ขนาดเล็กตามแนวเส้นประสมารถลดเนื้อพลาสติกลงได้ร้อยละ 10



ภาพประกอบที่ 2. เปรียบเทียบขนาดของ Dropwire Clamp รุ่นเดิมและรุ่นใหม่

บมจ. ทีโอที ใช้งาน Dropwire Clamp รุ่นใหม่ขณะที่ผู้ให้บริการสื่อสารโทรคมนาคมรายอื่นยังใช้งาน Dropwire Clamp รุ่นเดิมที่มีขนาดใหญ่ หลังจากใช้งาน Dropwire Clamp รุ่นใหม่ไประยะเวลาหนึ่ง มีเสียงเรียกร้องจากผู้เกี่ยวข้องขอให้ บมจ. ทีโอที กลับไปใช้งาน Dropwire Clamp รุ่นเดิม จากปัญหาในการติดตั้งใช้งานเนื้อพลาสติกที่น้อยลงเมื่อดึง Dropwire Clamp รุ่นใหม่ขนาดเล็กเพื่อเกี่ยวกับฮุคโบลท์ ไม่กระชับอุ้งมือเหมือน Dropwire Clamp รุ่นเดิมที่มีขนาดใหญ่



ภาพประกอบที่ 3. กลุ่มของสายกระจายและ Dropwire Clamp รุ่นเดิมที่ซ้อนทับกัน

TOT Public Company Limited, www.tottcal.com

คุณภาพของเนื้อพลาสติกที่นำมาผลิต Dropwire Clamp ติดตั้งใช้งานไประยะเวลาหนึ่ง ปรากฏว่าพลาสติกของ Dropwire Clamp แตกร้าวสายสะพานฯ หลุดออกจาก Dropwire Clamp ข้อมูลสำรวจทั่วประเทศ (พ.ศ. 2543) มีปัญหานี้ถึงร้อยละ 48.1 [3]

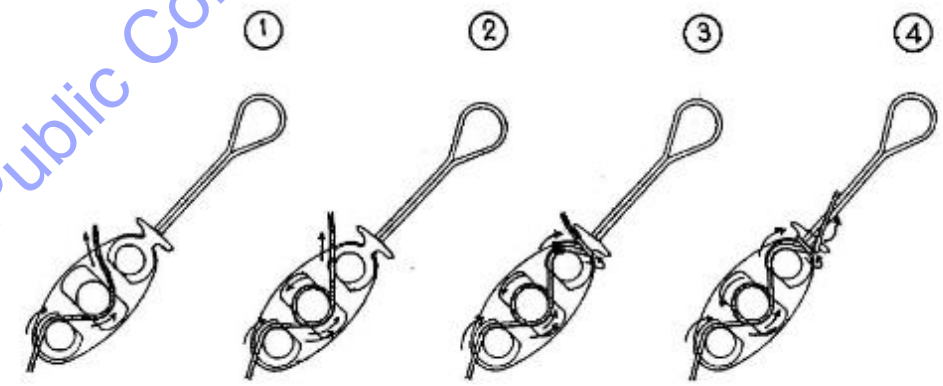
4.3 ผลสำรวจความต้องการใช้งาน Dropwire Clamp แบบเดิมและแบบปรับปรุงใหม่

ผลสำรวจความพึงพอใจระหว่าง Dropwire Clamp รุ่นเดิมขนาดใหญ่และรุ่นปรับปรุงใหม่ขนาดเล็ก (หลังปี พ.ศ. 2535) โดยเลือกวิเคราะห์เฉพาะผู้ที่เคยใช้งาน Dropwire Clamp ทั้งสองรุ่นคิดเป็นร้อยละ 88.1 จากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 242 ข้อมูล ผู้ให้ข้อมูลต้องการใช้งานรุ่นเดิม (ขนาดใหญ่) คิดเป็นร้อยละ 41.3 ต้องการใช้ Dropwire Clamp รุ่นที่ปรับปรุงใหม่ (ขนาดเล็ก) คิดเป็นร้อยละ 22.2 และตอบว่าใช้แบบไหนก็ได้ร้อยละ 22.7 [3]

4.4 วิธีการติดตั้งสายกระจายด้วย Dropwire Clamp

สายกระจายซึ่งเป็นสายเชื่อมโยงไปยังอาคาร แบ่งเป็น 2 ประเภทคือสายสื่อสารที่มีตัวนำเป็นทองแดงชนิด PVC Insulated and Self-Supported Telephone Dropwire ปริมาณการใช้งานน้อยลงและจะยกเลิกการใช้งานเร็วๆ นี้ (พ.ศ. 2561) และสาย Optical Fiber Drop Cable (OFC Round Type) ที่มีตัวนำเป็นเส้นใยแก้วนำแสง

Optical Fiber Drop Cable ยังแบ่งหลัก ๆ ออกได้อีก 2 ชนิดคือ ชนิด OFC Flat Type โครงสร้างแบนเส้นใยแก้วนำแสงฝังตรงที่เปลือกเคเบิลเหมาะสมกับระยะทางสายไม่ยาวมาก และชนิด OFC Round Type โครงสร้างกลมเส้นใยแก้วนำแสงอยู่แกนกลางแยกจากเปลือกเคเบิล สามารถเคลื่อนตัวได้เล็กน้อยเหมาะสมกับระยะทางสายที่ยาวขึ้น



ภาพประกอบที่ 4. วิธีการพันสายสะพานฯ ของสายกระจายเข้า Dropwire Clamp

การจับยึดสายกระจายทั้ง 2 ประเภท ด้วย Dropwire Clamp ที่ บมจ. ทีโอที นำมาใช้งานเริ่มจากแยกสายสะพานฯ ออกจากสายสื่อสารตามร่อง Web จากนั้นนำสายสะพานฯ ที่มีฉนวนหุ้มอยู่

TOT Public Company Limited. www.tottcal.com

พันเข้ากับ Dropwire Clamp ตามภาพประกอบที่ 4. ขั้นตอนและรายละเอียดในการใช้งาน Dropwire Clamp มีรายละเอียดดังนี้ (แกน 1 2 และ 3 เริ่มนับจากฝั่งตรงข้ามแกนโลหะของ Dropwire Clamp)

1) แยกสายสะพานฯ ที่หุ้มฉนวนออกตาม Web ข้างละประมาณ 30 *cm.*
2) นำเฉพาะสายสะพานรับแรงดึงที่หุ้มฉนวนสอดไปตามร่องของแกน 1 และ 2 ตามรูปหมายเลข 1.
3) นำสายสะพานฯ ที่หุ้มฉนวนวนรอบแกนหมาย 2 หนึ่งรอบตามรูปหมายเลข 2.
4) พันสายสะพานฯ ที่หุ้มฉนวนตามร่องของแกน 3 ตามรูปหมายเลข 3.
5) นำสายสะพานฯ ที่หุ้มฉนวนไปพันรอบแกนโลหะบริเวณปลายแกน 3 ตามรูปหมายเลข 4

จากปัญหา Dropwire Clamp ขนาดเล็กแกนพันล็อคสายบริเวณแกน 3 มีพื้นที่น้อย สายกระจายที่สายสะพานฯ ผลิตจากลวดเหล็กเป็นสปริงแข็งหรือลวดเหล็กตีเกลียวที่อ่อนตัว เมื่อนำสายสะพานฯ สอดม้วนเข้ากับแกนของ Dropwire Clamp มีปัญหาสายสะพานฯ คลายตัวออก เพื่อป้องกันสายสะพานฯ คลายตัวจาก Dropwire Clamp พนักงานบางพื้นที่จะพันสายสะพานฯ เข้ากับแกนโลหะของ Dropwire Clamp ตามภาพประกอบที่ 5.

ภาพประกอบที่ 5. สายสะพานฯ ลวดเหล็กสปริงแข็งต้องพันกับแกนโลหะของ Dropwire Clamp

กรณีสายกระจายที่มีสื่อนำทองแดงไม่มีปัญหา แต่สาย OFC Round Type ที่มีสื่อเป็นเส้นใยแก้วนำแสง ระยะที่สายสัญญาณที่แยกออกมาจากสายสะพานฯ ยาวมากเท่าไรโอกาสที่เส้นใยแก้วชำรุดเสียหายก็มีโอกาสเกิดขึ้นมากตามมา เส้นใยแก้วนำแสงสัญญาณสูญเสียจากการโค้งงอ (Bending Loss) ชำรุดจากแรงลมหรือเกิดจากพนักงานที่ขึ้นไปซ่อมบำรุงข่ายสาย ณ เสาไฟฟ้าต้นนั้น ๆ

สายสะพานฯ ที่ผลิตจากเส้นลวดโลหะเป็นสื่อนำไฟฟ้า กรณีฉนวนหุ้มฉีกขาดเส้นลวดโลหะสัมผัสกับแกนโลหะของ Dropwire Clamp ที่คล้องเกี่ยวกับฮุคโบลท์ซึ่งสอดเข้ากับรูของเสาไฟฟ้า ระบบสายส่งของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าภูมิภาคจะฝังสายกราวด์ (Ground) ที่เป็นลวดโลหะไว้ในแกนกลางเสา กรณีเกิดแรงดันบกพร่องในระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าส่วนเกินจะไหลลงดินผ่านระบบสายกราวด์ ส่งผ่านฮุคโบทล์ แกนโลหะ Dropwire Clamp สายสะพานฯ ลงดินตำแหน่งใกล้เคียงผ่านสายสะพานฯ

TOT Public Company Limited, www.tottcal.com

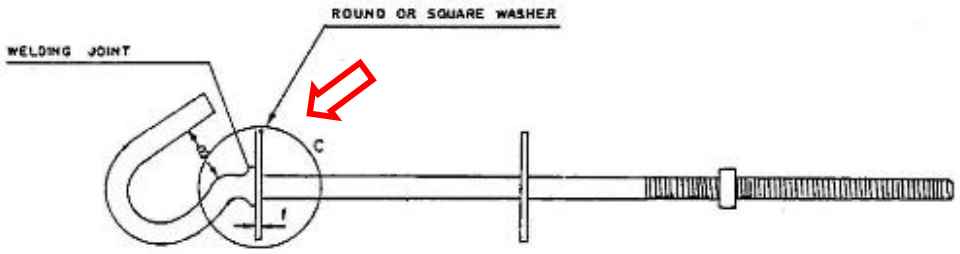
ภาพประกอบที่ 6. ปัญหาไฟไหม้ข่ายสายเคเบิลสื่อสารตามแนวเสาไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าส่วนเกินที่ไหลผ่านระบบสายกราวด์ที่ฝังอยู่ในแกนกลางของเสาไฟฟ้าต้นนั้น ๆ ส่งผ่านและปรากฏแรงดันส่วนเกินลอยอยู่บนฮุคโบลท์พร้อมไหลผ่านสื่อตัวนำลงดิน เมื่อสายสะพานฯ ที่ฉนวนชำรุดสัมผัสกับฮุคโบลท์กระแสส่วนเกิดจะไหลผ่านสายรับแรงดึง จากเสาไฟฟ้าต้นนั้นกระจายกระแสไฟฟ้าผ่านสายสะพานฯ เพื่อส่งผ่านกระแสส่วนเกินลงดินให้เร็วที่สุด

กระแสไฟฟ้าส่วนเกินของระบบสายส่งมีทั้งที่เกิดต่อเนื่องจากระบบสายส่งบกพร่อง เช่น ลูกถ้วยฉนวนชำรุดมีกระแสรั่วลงกราวด์ตลอดเวลา หรือแบบชั่วขณะจากฟ้าผ่าระบบสายส่ง เป็นต้น กระแสไฟฟ้าส่วนเกินที่ไหลผ่านสายสะพานฯ ถ้าตำแหน่งที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมีค่าความต้านทางสูง (High Resistance) ความร้อนสะสมอาจเกิดเพลิงไหม้ข่ายสายขึ้นได้ตามภาพประกอบที่ 6.

4.5 การดึง Dropwire Clamp คล้องเกี่ยวกับฮุคโบลท์ (Hook Blot)

ปัญหาการติดตั้ง Dropwire Clamp กับฮุคโบลท์มีปัญหาหลัก 2 ประการคือ ตะขอคล้องของฮุคโบลท์มีพื้นที่จำกัด ขณะติดตั้งฮุคโบทล์กับรูเสาถ้าขัดนัท (Nut) ไม่แน่นพอฮุคโบลท์จะพลิกตัวไปทิศทางที่มีแรงดึงมากกว่า Dropwire Clamp หลุดออกจากตะขอของฮุคโบทล์ พนักงานแก้ปัญหาเฉพาะหน้าโดยการแขวน Dropwire Clamp ให้ลึกเข้ามาใน Square Washer ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใกล้เคียงกับห่วงสำหรับคล้องฮุคโบลท์ของ Dropwire Clamp ตามภาพประกอบที่ 7.



ภาพประกอบที่ 7. ขนาด Square Washer ฮุคโบลท์ใกล้เคียงกับขนาดของ Dropwire Clamp

TOT Public Company Limited, www.tottcal.com

ระยะห่างระหว่างเสา (Span) สายกระจายที่มีสื่อนำทองแดงจะมีน้ำหนักสายมากกว่าสาย OFC Round Type ที่มีสื่อเป็นเส้นใยแก้วนำแสงมาก ข้อมูลจากพื้นที่สายกระจายที่มีสื่อนำเป็นทองแดง น้ำหนักสายนับเป็นตัวแปรต้นที่สำคัญกับระยะห่างของเสา สูตรคำนวณหาค่าแรงดึงระหว่างช่วงเสา สามารถคำนวณได้ตามสมการ

$$T = \frac{wL^2}{8d} \qquad (1)$$

เมื่อ

T = แรงดึง (นิวตัน)

w = น้ำหนักสาย (นิวตัน/เมตร)

L = ระยะห่างระหว่างเสา (เมตร)

d = ระยะท้องช้าง (เมตร)

น้ำหนักสายกระจายที่มีสื่อตัวนำทองแดงขนาด 0.9 $mm.$ 2 เส้น เฉลี่ย 53 กรัม/เมตร (0.52 นิวตัน/เมตร) ซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าสาย OFC Round Type ที่มีสื่อเป็นเส้นใยแก้วนำแสงจึงไม่มีปัญหาเรื่อง Dropwire Clamp รับแรงดึงในการติดตั้งใช้งาน มาตรฐาน บมจ. ทีโอที กำหนดให้สาย OFC Round Type ระยะตกท้องช้าง (Initial Sag) ร้อยละ 0.5 ของระยะห่างเสา [4]

$$T = \frac{0.52x40^2}{8x(\frac{40x0.5}{100})}$$

$$= 520.00 \quad N.$$

$$= 53.02 \quad kgf.$$

จากน้ำหนักสายกระจายที่มีสื่อตัวนำทองแดงมีน้ำหนักมากว่าสาย OFC Round Type สื่อเป็นเส้นใยแก้วนำแสงและ Dropwire Clamp ติดตั้งใช้งานกับสายกระจายทั้ง 2 ชนิด จึงอ้างอิงการรับน้ำหนักสายกระจายที่มีสื่อตัวนำทองแดงในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ตามสมการที่ 1. คำนวณหาแรงดึงระหว่างช่วงเสาที่ 40 เมตร Dropwire Clamp ต้องรับแรงดึงไม่น้อยกว่า 53 kgf.

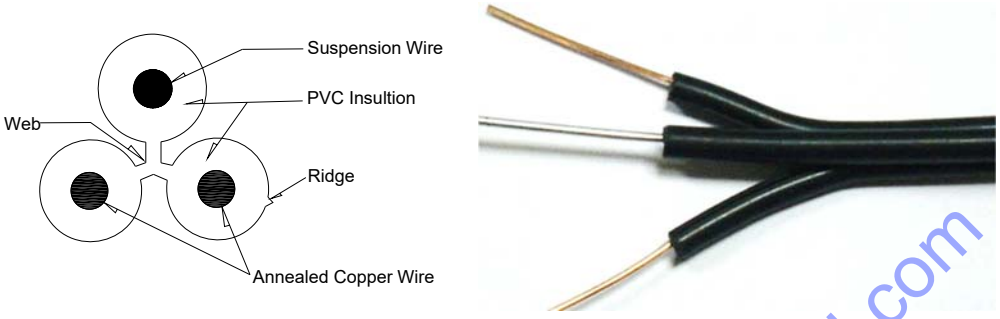
4.6 ชนิดสายกระจายที่จับยึดด้วย Dropwire Clamp

4.6.1 สาย PVC Insulated and Self-Supported Telephone Dropwire

สายกระจายตัวนำทองแดง PVC Insulated and Self-Supported Telephone Dropwire มีโครงสร้างหลายแบบ ประกอบด้วยสื่อตัวนำทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.9 $mm.$ หรือ 0.65 $mm.$

TOT Public Company Limited, www.tottcal.com

2 เส้น สายตัวนำทองแดงแบบขนานหรือ 2 เส้นตีเกลียวเพื่อช่วยลดสัญญาณรบกวน ทุกโครงสร้างมีสายสะพานฯ 1 เส้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.2 *mm.* เท่ากัน



ภาพประกอบที่ 8. สาย PVC Insulated and Self-Supported Telephone Dropwire

สายกระจายที่มีลวดตัวนำทองแดง ฉนวนหุ้มด้วยพลาสติก PVC (Polyvinylchloride) ผสมคาร์บอนแบล็ค (Carbon Black) ป้องกันรังสียูวี คุณสมบัติพลาสติก PVC ป้องกันไฟลามกรณีไฟไหม้ข่ายสายเคเบิลจากภายนอกจะไม่ลามไปยังอาคารผ่านสายกระจาย

ฉนวนของสายกระจายมีคุณสมบัติไหม้ไฟแต่ต้องไม่ลามไฟและไฟที่ไหม้ต้องดับเองภายในระยะเวลาที่มาตรฐานกำหนด แต่ต้นกำเนิดไฟที่มาจากสายกระจายอาจลามติดสายสื่อสารซึ่งฉนวนไหม้และลามไฟที่แขวนร่วมบนเสาไฟฟ้าตำแหน่งเดียวกัน เกิดไฟไหม้สายสื่อสารตามภาพประกอบที่ 6.

4.6.2 สาย Optical Fiber Drop Cable (OFC Round Type)

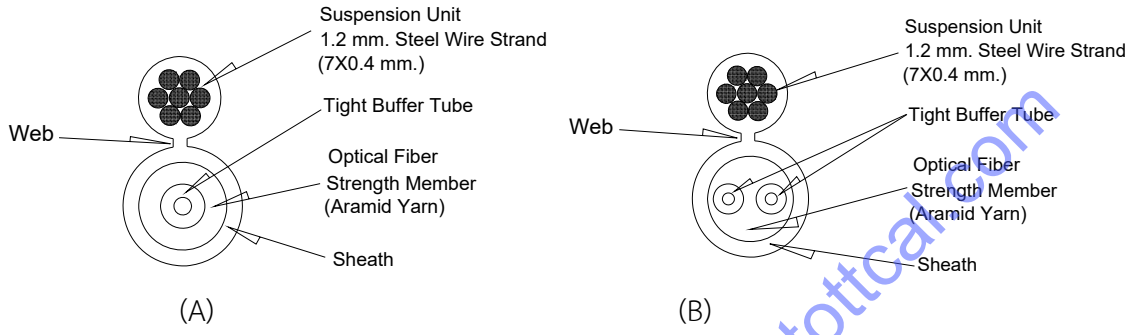
สาย Optical Fiber Drop Cable (OFC Round Type) ที่ต่อเชื่อมโยงเข้าอาคารสำหรับบริการ FTTx แบ่งหลักๆ ได้ 2 ชนิดคือ ชนิด OFC Flat Type โครงสร้างแบนเส้นใยแก้วนำแสงฝังตรงที่เปลือกเคเบิลเหมาะสมกับระยะทางสายไม่ยาวมาก และชนิด OFC Round Type โครงสร้างกลมเส้นใยแก้วนำแสงอยู่แกนกลางแยกจากเปลือกเคเบิล เส้นใยแก้วนำแสงเคลื่อนตัวได้เล็กน้อยเหมาะสมกับระยะทางสายที่ยาวและสภาพการใช้งานในพื้นที่ที่มีผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมสูง

บมจ. ทีโอที เลือกชนิด Optical Fiber Drop Cable (Round Type) (Optic Drop Wire for FTTx (Round Type) 1-2F) [4] จัดอยู่ในกลุ่มสายเคเบิลเส้นรอง แยกออกจากเคเบิลเส้นหลักหรือเคเบิลเส้นรองเข้าอาคารที่ใช้ Dropwire Clamp สาย Round Type ไม่มี Loose Tube แต่จะใช้เส้นใยแก้วนำแสงใช้ชนิด Tight-Buffered Fiber พันด้วย Aramid Yarn ช่วยในการรับแรงและป้องกันเส้นใยแก้วนำแสงเสียหาย

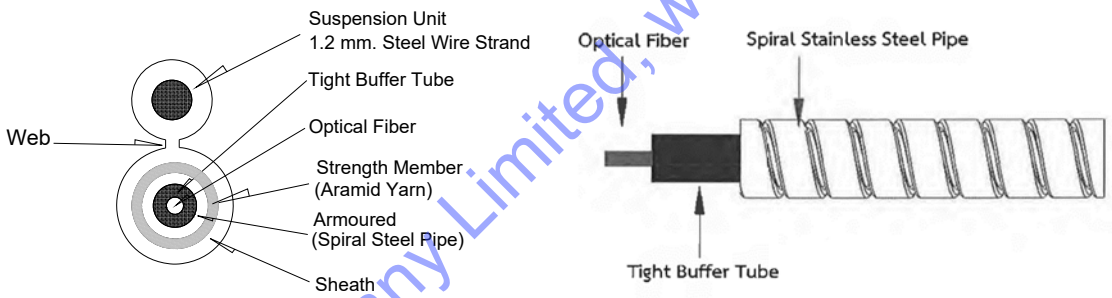
สาย OFC Round Type มี 2 ชนิด คือชนิดธรรมดากับชนิดป้องกันสัตว์กัดแทะ โครงสร้างภายในของสาย OFC Round Type ทั้งสองชนิดเหมือนกัน แบ่งโครงสร้างออกได้ 2 แบบ คือ

TOT Public Company Limited, www.tottcal.com

1) เส้นใยแก้วนำแสง 1F ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยแก้วนำแสงหลังห่อหุ้มด้วย Tight-Buffered Fiber โต 900 μm ตามภาพประกอบที่ 9.(A)
2) แบบเส้นใยแก้วนำแสง 2F ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยแก้วนำแสงหลังห่อหุ้มด้วย Tight-Buffered Fiber แต่ละเส้นโต 600 μm ตามภาพประกอบที่ 9.(B)



ภาพประกอบที่ 9. สาย Optic Drop Wire for FTTx (Round Type) 1F (A) และ 2F (B)



ภาพประกอบที่ 10. สายชนิดป้องกันสัตว์กัดแทะ OFC Armoured Round Type 1F

สาย OFC Round Type ชนิดป้องกันสัตว์กัดแทะโครงสร้างเพิ่มโลหะห่อหุ้ม (Spiral Steel Pipe) ผลิตจาก Stainless Steel เกรด SUS304 สายสะพานรับแรงดึง (Suspension) เปลี่ยนจากเส้นลวดตีเกลียว 7X0.4 *mm.* เป็นเส้นลวดเดี่ยว 1X1.2 *mm.* ฉนวนใช้วัสดุ LSZH (Low Smoke Zero Halogen) ตามภาพประกอบที่ 10. ภายใต้ชื่อ “Armoured Optical Fiber Drop Cable (Armoured Round Type) (Armoured Optic Drop Wire for FTTx (Round Type))” [5]

ภาพประกอบที่ 11. สายสะพานฯ แบบเส้นลวดตีเกลียวและฉนวนหุ้มของ สาย OFC Round Type

TOT Public Company Limited, www.tottcal.com

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสายสะพานรับแรงดึงสาย OFC Round Type ชนิดธรรมดาและป้องกันสัตว์กัดแทะมีขนาดเท่ากัน มาตรฐาน บมจ. ทีโอที กำหนดเส้นลวดทั้งแบบเส้นเดี่ยวและ 7 เส้นตีเกลียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันคือ 1.2 *mm.* แต่ไม่ระบุความหนาของฉนวนหุ้ม ควบคุมเฉพาะความสูงรวมของสาย OFC Round Type

เพื่อความสมบูรณ์ในการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างสาย OFC Round Type ชนิดสายสะพานฯ เส้นลวดเดี่ยว 2 ตัวอย่าง เส้นลวดตีเกลียว 3 ตัวอย่าง (รวม 5 ตัวอย่าง) วัดค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อนำมาอ้างอิงด้วยเวอร์เนีย (Vernier) วัดค่าละเอียด ณ ตำแหน่งที่กำหนดจำนวน 3 ค่า บันทึกค่าลงในตาราง ฉนวนหุ้มเส้นลวดนำฉนวนออกจากเส้นลวดวัดค่าด้วยเครื่องโปรไฟล์ (Profile Projector) ใช้หลักการเงาสะท้อนในการวัดค่า ป้องกันค่าที่วัดได้มีความผิดผลาดจากความยืดหยุ่นของผิวฉนวน รายละเอียดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวดและฉนวนหุ้มตามตารางที่ 1.

ตารางที่ 1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวดและฉนวนหุ้มของสาย OFC Round Type

No.	เส้นลวด	ฉนวนหุ้มเส้นลวด
1	1.13	2.10
	1.11	2.05
	1.07	2.05
2	1.16	2.45
	1.14	2.48
	1.11	2.50
3	1.17	2.37
	1.15	2.45
	1.16	2.39
4	1.15	2.29
	1.17	2.12
	1.17	2.22
5	1.07	3.06
	1.06	2.69
	1.07	2.76
Aver.	**1.13**	**2.40**

Unit: *mm.*

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นลวดทั้งแบบเส้นเดี่ยวและ 7 เส้นตีเกลียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.13 *mm.* ฉนวนหุ้มเส้นลวด 2.4 *mm.* ดังนั้นร่องของอุปกรณ์ติดตั้งสาย OFC Round Type ที่ “ออกแบบ-ปรับปรุง” ใหม่สามารถใช้งานกับฉนวนหุ้มเส้นลวดได้อย่างน้อย 2 เท่า รองรับการใช้งานกรณีต้องสอดสายสะพานฯ เข้าร่องเพื่อยึดล็อคสายสะพานฯ 2 รอบ

5. วิเคราะห์ออกแบบอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจาย

จากผลสำรวจและปัญหาการติดตั้งใช้งาน Dropwire Clamp รุ่นปรับปรุงใหม่ขนาดเล็ก (หลังปี พ.ศ. 2535) การติดตั้งใช้งานขณะออกแรงดึงเพื่อมาคล้องกับแกนฮุคโบลท์ดึงไม่ถนัดเนื่องจาก

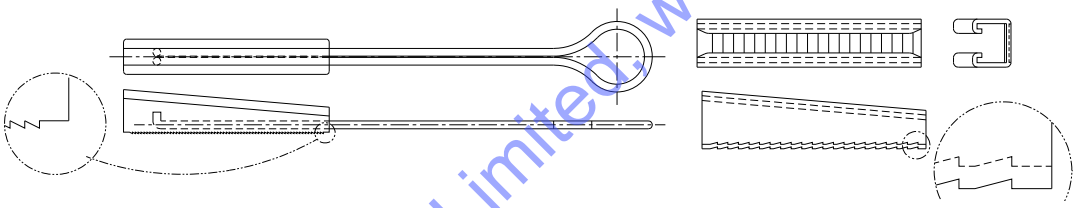
TOT Public Company Limited, www.tottcel.com

Dropwire Clamp มีขนาดเล็กจับไม่กระชับอุ้งมือเมื่อนำสายสะพานฯ มาพันล็อคกับแกนสำหรับล็อคสายสะพานฯ เกิดการคลายตัวออกจากแกนล็อค

ปัญหาสาย OFC Round Type ระยะที่สายสัญญาณแยกออกมาจากสายสะพานฯ โอกาสที่สัญญาณแสงสูญเสียจากการโค้งงอ (Bending Loss) จึงมีแนวคิดถ้าออกแบบ Dropwire Clamp แบบลิ่มล็อค ระยะแยกสายสะพานฯ น้อยลง จะสามารถแก้ปัญหาเส้นใยแก้วโค้งงอลงได้

5.1 ออกแบบ Dropwire Clamp แบบลิ่มล็อค

ปัญหาการติดตั้งสาย OFC Round Type กับ Dropwire Clamp ต้องแยกสายสะพานฯ ออกจากสายสัญญาณยาวด้วยข้อจำกัดที่ต้องพันสายสะพานฯ กับร่องและพันยึดกับแกนล็อคของ Dropwire Clamp จึงมีแนวคิดการล็อคสายสะพานฯ แบบลิ่มล็อค หน้าสัมผัสลิ่มล็อคออกแบบเป็นรูปฟันเลื่อยอาศัยหลักการลิ่มล็อคที่ว่ายิ่งออกแรงดึงสายสะพานฯ เพิ่มขึ้นอุปกรณ์ที่ออกแบบใหม่นี้จะยิ่งจับล็อคแน่นขึ้น



ภาพประกอบที่ 12. ผลิตต้นแบบอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายด้วยวิธีล็อคสายสะพานฯ แบบลิ่มล็อค

ผลิตต้นแบบอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายด้วยวิธีล็อคสายสะพานฯ แบบลิ่มล็อคตามภาพประกอบบที่ 12. โครงสร้างโลหะภายนอกผลิตด้วยแผ่นอลูมิเนียมพับขึ้นรูป ห่วงสำหรับคล้องกับฮุคโบลท์ผลิตจากลวดสแตนเลส (Stainless) แกนลวดตรงข้ามห่วงฝังเข้ากับลิ่มล็อคที่ผลิตจากพลาสติกเหนียว เข้าสายเป็นแนวตรงไม่ต้องพันยึดเหมือน Dropwire Clamp ที่ บมจ. ทีโอที ใช้งานอยู่ ระยะแยกสายสะพานฯ สั้นลง

ผลิตต้นแบบ Dropwire Clamp แบบลิ่มล็อค 3 ตัวอย่าง ทดลองนำมาติดตั้งสาย OFC Round Type พบว่าระยะแยกสายสะพานฯ น้อยลง การรับแรงผกผันกับแรงดึงมีแรงดึงมากขึ้นการรับแรงจะมากขึ้นเป็นเงาตามตัว จนถึงจุดที่อุปกรณ์ที่ออกแบบใหม่นี้ลิ่มล็อคหรือแผ่นอลูมิเนียมพับชำรุด

TOT Public Company Limited : www.tottcal.com

ภาพประกอบที่ 13. วิธีติดตั้งสายสะพานฯ กับอุปกรณ์ Dropwire Clamp แบบลิ่มล็อค

ผลิตต้นแบบอุปกรณ์ Dropwire Clamp แบบลิ่มล็อคเพิ่มอีก 30 ตัวอย่าง สุ่มนำมาทดสอบการรับแรงดึง 10 ตัวอย่าง ผลการทดสอบการรับแรงต้องมากกว่าค่าอ้างอิงจากแรงดึงสายกระจายที่ระยะห่างช่วงเสา 40 เมตร

ตารางที่ 2. ผลทดสอบค่ารับแรงดึงของอุปกรณ์ Dropwire Clamp แบบลิ่มล็อค

NO.	แรงดึง (Kgf.)	NO.	แรงดึง (Kgf.)
1	92.00	6	82.00
2	98.20	7	78.50
3	90.50	8	77.50
4	97.50	9	76.00
5	84.50	10	81.00
		Aver	85.77 Kgf.

ผลการทดสอบของอุปกรณ์ Dropwire Clamp แบบลิ่มล็อคตามตารางที่ 2. ผลการทดสอบค่าแรงดึงเฉลี่ยประมาณ 86 kgf. (บันทึกค่าเมื่อสายสะพานฯ เริ่มสไลน์) สูงกว่าแรงดึงสายกระจายระหว่างช่วงเสาที่ระยะห่าง 40 เมตร ร้อยละ 62 (อ้างอิง 53 kgf.)

TOT Public Company Limited, www.tottcal.com

ภาพประกอบที่ 14. ทดลองติดตั้งอุปกรณ์ Dropwire Clamp แบบลิ่มล็อคกับสาย OFC Round Type

ผลิตต้นแบบ Dropwire Clamp แบบลิ่มล็อคเพื่อทดลองติดตั้งภาคสนามเพิ่มอีกจำนวน 1,000 ชุด เพื่อประเมินผลการใช้งานและความพึงพอใจในการใช้งาน หลังติดตั้งใช้งานระยะเวลาหนึ่งได้สอบถามพนักงานที่ติดตั้ง ข้อมูลเบื้องต้นข้อเด่นคือระยะแยกสายสะพานฯ น้อยลง ช่วยลดปัญหาสูญเสียสัญญาจากการโค้งงอ แต่มีข้อด้อยหลายจุด ความคล่องตัวในการใช้งาน Dropwire Clamp แบบตุ๊กตาเดิมปฏิบัติงานได้คล่องตัวกว่า ติดตั้งไม่ระวังขอบของแผ่นผับอลูมิเนียมบาดมือ

เมื่อล็อคสายสะพานฯ เข้ากับร่อง Dropwire Clamp แบบลิ่มล็อค เนื่องจากสาย OFC Round Type น้ำหนักเบาน้ำหนักสายระหว่างช่วงเสามีแรงดึงไม่มากพอ ตัวอย่างอุปกรณ์ Dropwire Clamp แบบลิ่มล็อคที่ติดตั้งบางจุด ลิ่มล็อคถอยหลังสาย OFC Round Type หลุดออก ประเด็นสำคัญคือราคา Dropwire Clamp แบบลิ่มล็อคสูงกว่า Dropwire Clamp แบบตุ๊กตา

โดยสรุป Dropwire Clamp แบบลิ่มล็อคไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้งานติดตั้งสาย OFC Round Type ในขณะนี้

5.2 ปรับปรุง Dropwire Clamp แบบเดิม

ทดลองออกแบบ Dropwire Clamp แบบลิ่มล็อคและผลิตต้นแบบจำนวนหนึ่ง ทดลองในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม ผลการทดลองใช้งานยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการผู้ใช้งานได้และราคาอุปกรณ์ฯ ที่ออกแบบใหม่ราคาสูงกว่า Dropwire Clamp เดิมที่เคยใช้งาน โดยภาพรวมผู้ใช้งานยังพึงพอใจ Dropwire Clamp รุ่นเดิมอยู่ แต่ขอให้ปรับปรุงเรื่องขนาด คุณภาพวัสดุที่มีปัญหากรอบแตกชำรุด ปัญหาสายสะพานฯ คลายตัวจากแกนล็อคสายด้านแกนโลหะ และปัญหากระแสไฟฟ้าไหลผ่านสายสะพานฯ ณ จุดที่ฉนวนหุ้มสายสะพานฯ ชำรุด

จากผลสำรวจความพึงพอใจระหว่าง Dropwire Clamp รุ่นเดิมขนาดใหญ่และรุ่นปรับปรุงใหม่ขนาดเล็ก จากผู้ที่ใช้งาน Dropwire Clamp ทั้งสองรุ่น มีผู้ต้องการใช้งาน Dropwire Clamp ขนาดใหญ่ร้อยละ 41.3 ขณะที่ต้องการใช้ Dropwire Clamp ขนาดเล็กเพียงร้อยละ 22.2

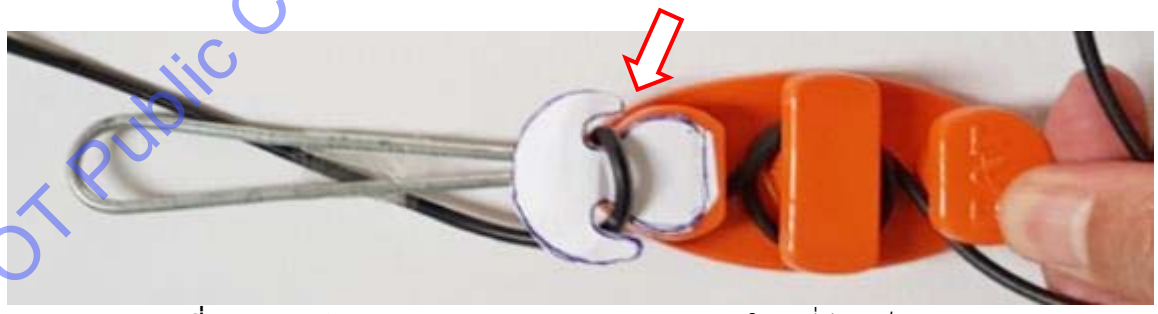
จากการวิเคราะห์สรุปได้ว่าผู้ใช้งานยังพึงพอใจ Dropwire Clamp ที่ใช้งานเดิม จากจุดเด่นต้นทุนอุปกรณ์ต่ำ ใช้งานสะดวกติดตั้งต่อจุดได้รวดเร็ว แต่ขอให้ปรับปรุงเรื่องขนาด คุณภาพวัสดุ สาย

TOT Public Company Limited, www.tottoal.com

สะพานฯ คลายตัวจากแกนล็อคและปัญหากระแสไฟฟ้าไหลผ่านสายสะพานฯ ณ จุดที่ฉนวนหุ้มสายสะพานฯ ชำรุด

ภาพประกอบที่ 15. เปรียบเทียบ Dropwire Clamp ขนาดเล็กและขนาดใหญ่

เพื่อความชัดเจนในการออกแบบอุปกรณ์ช่วยติดตั้งสาย OFC Round Type นำ Dropwire Clamp ที่ผู้ใช้งานพึงพอใจอยู่แล้วมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ Dropwire Clamp ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่ผู้ใช้งานมากกว่าครึ่งจากผลสำรวจต้องการใช้งาน Dropwire Clamp ขนาดใหญ่ ดังนั้นแนวทางการออกแบบอุปกรณ์ช่วยติดตั้งสาย OFC Round Type จะอ้างอิง Dropwire Clamp ขนาดใหญ่เป็นต้นแบบ



ภาพประกอบที่ 16. แนวคิดออกแบบ Dropwire Clamp ขนาดใหญ่ที่มีร่องล็อคกันสายฯ คลายตัว

Dropwire Clamp ขนาดใหญ่ที่ใช้งานเดิม ผู้ใช้ไม่พึงพอใจเรื่องคุณภาพวัสดุที่มีปัญหากรอบแตกชำรุด ปัญหาสายสะพานฯ คลายตัวจากแกนล็อคสายด้านแกนโลหะ จำเป็นต้องพันสายสะพานฯ กับแกนโลหะของ Dropwire Clamp สร้างปัญหากระแสไฟฟ้าตามมา คุณภาพวัสดุแก้ไขปัญหาด้วยวิธีกำหนดมาตรฐานวัสดุให้ชัดเจน

TOT Public Company Limited, www.tottcal.com

ปัญหากระแสไฟฟ้าถ้าอุปกรณ์ที่ออกแบบใหม่แก้ปัญหาการคลายตัวของสายสะพานฯ ได้ ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องนำสายสะพานฯ มาพันกับแกนโลหะปัญหาเรื่องกระแสไฟฟ้าก็จะหมดไป ปัญหาสายสะพานฯ คลายตัวตามภาพประกอบที่ 15. Dropwire Clamp ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่มีแกนพับเก็บสายสะพานเหมือนกัน มีปัญหาคล้ายกันทั้ง 2 ขนาด แนวคิดเบื้องต้นตามภาพประกอบที่ 16. ออกแบบแกนพับเก็บสายสะพานใหม่ ให้มีร่องล็อคสายด้านข้างทั้ง 2 ด้าน

ภาพประกอบที่ 17. ผลิตต้นแบบตามแนวคิด Dropwire Clamp ที่มีร่องล็อคกันสายฯ คลายตัว

หลังจากมีแนวคิดตามภาพประกอบที่ 16. ทดลองนำแนวคิดไปสำรวจความคิดเห็นจากผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานบางท่านจิตนาการต้นแบบไม่ออก จึงผลิตต้นแบบตามภาพประกอบที่ 17. ออกแบบร่องให้มีปุ่มล็อคกันสายสะพานฯ หลุดออก ซ้ายมือออกแบบให้ปุ่มล็อคอยู่ขอบด้านนอกของร่อง ภาพกลางออกแบบให้ปุ่มล็อคอยู่ขอบด้านในของร่อง สอบถามผู้ใช้งานกลุ่มเล็ก ๆ เบื้องต้นได้ข้อสรุปต้นแบบระดับหนึ่ง นำข้อสรุปที่หลากหลายมาผลิตต้นแบบเพิ่มเติมหลายรูปแบบตามภาพประกอบที่ 18.

ภาพประกอบที่ 18. ต้นแบบตามแนวคิด Dropwire Clamp ที่มีร่องล็อคกันสายฯ คลายตัวหลายรูปแบบ

ผลิตต้นแบบเพิ่มเติมหลายรูปแบบตามภาพประกอบที่ 18. เพื่อนำต้นแบบไปสอบถามผู้ใช้งานอีกครั้งผู้ใช้งานพึงพอใจรูปแบบที่ 1. และ 2. จากซ้ายมือ เมื่อได้ข้อสรุปต้นแบบเบื้องต้นได้ประสานงานโรงงานผลิต Dropwire Clamp ในท้องตลาด บริษัท เอส เจ พี เทคโนโลยี (SJP) ยินดีผลิตต้นแบบให้โดยไม่คิดค่าโมลฉีด

TOT Public Company Limited, www.tottcal.com

นำต้นแบบที่ได้ข้อสรุปเบื้องต้นจากผลสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ไปหารือทีมผลิตบริษัท SJP มีผู้เชี่ยวชาญทำโมลฉีด ผู้เชี่ยวชาญสายการผลิตร่วมให้คำแนะนำ ผลการหารือจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบเล็กน้อยจากปัญหาเรื่องการถอดโมลในสายการผลิต หลังได้ข้อสรุปสั่งผลิตต้นแบบเพื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการจำนวน 1,000 ชิ้น ตั้งชื่ออุปกรณ์ใหม่นี้ว่า Dropwire Clamp TOT

ภาพประกอบที่ 19. ตัวอย่าง Dropwire Clamp TOT ที่มีร่องล็อคกันสายฯ คลายตัว

ผลิตต้นแบบ Dropwire Clamp TOT ตามภาพประกอบที่ 19. ทดลองให้ผู้ใช้งานภาคสนาม (3 คน) และพนักงานประจำห้องปฏิบัติการ (6 คน) ทดลองพันยึดกับสายสะพานฯ เปรียบเทียบกับ Dropwire Clamp ขนาดเล็ก

ภาพประกอบที่ 20. ทดลองล็อคตัวอย่าง Dropwire Clamp TOT กับสายสะพานฯ

ผลการทดลองล็อคตัวอย่าง Dropwire Clamp TOT กับสายสะพานฯ เปรียบเทียบกับ Dropwire Clamp ขนาดเล็ก หลักล็อคสายสะพานฯ เรียบร้อยทดลองแกว่งสายสะพานฯ พบว่า Dropwire Clamp ขนาดเล็กเดิมเมื่อแกว่งไม่กี่ครั้งสายสะพานฯ คลายตัวออกแต่ Dropwire Clamp TOT สายสะพานฯ ล็อคแน่น

เมื่อทดลองดึงสายสะพานฯ ออกจากร่องล็อคต้องออกแรงดึงสายสะพานฯ ระดับหนึ่งผ่านปุ่มล็อคที่ออกแบบไว้ ร่องและปุ่มล็อคที่ออกแบบสามารถป้องกันสายสะพานฯ ไม่ให้หลุดออกมาตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการ

ดังนั้น Dropwire Clamp TOT ออกแบบร่องล็อคสายสะพานฯ ณ ตำแหน่งแกนพันล็อคสายสะพานฯ Dropwire Clamp เดิม เมื่อสอดสายสะพานฯ เข้าล็อคกับร่องที่ออกแบบไว้ สามาถล็อคสายสะพานฯ ไม่ให้คลายตัวออกการติดตั้งใช้งานไม่จำเป็นต้องพันสายสะพานฯ เข้ากับแกนของ Dropwire Clamp TOT อย่างที่เคยปฏิบัติ ลดปัญหาไฟฟ้าที่ปรากฏบนฮุคโบทบ์ไหลผ่านมายังสาย

TOT Public Company Limited, www.tottcal.com

สะพานฯ ซึ่งในการนำ Dropwire Clamp TOT มาใช้งานต้องเผยแพร่ข้อมูลทำความเข้าใจกับพนักงานที่เกี่ยวข้องใช้งานให้ถูกวิธี

มาตรฐาน บมจ. ทีโอที Dropwire Clamp ขนาดเล็กและใหญ่ต้องรับแรงดึงไม่น้อยกว่า 1,960 $N.$ (215.69 $kgf.$) วิธีการทดสอบนำสายลวดคล้องกับแกนกลางของ Dropwire Clamp อีกด้านนำห่วงโลหะของ Dropwire Clamp คล้องกับตะขอ ทดสอบด้วยเครื่องดึง (Tensile) ความเร็วทดสอบ 50 $mm./\min$

ทดสอบต้นแบบ Dropwire Clamp TOT แบบทำลายจำนวน 5 ตัวอย่าง (ทดสอบจนตัวอย่างชำรุด) ผลการทดสอบค่าแรงดึงเฉลี่ย 2,695.50 $N.$ (มาตรฐานมากกว่า 1,960 $N.$) รายละเอียดตามตารางที่ 3.

ตารางที่ 3. ผลทดสอบค่ารับแรงดึงของแกนกลางอุปกรณ์ Dropwire Clamp TOT

NO.	Dropwire Clamp TOT		หมายเหตุ
	$N.$	$kgf.$	
1	2,417.00	265.98	มาตรฐานมากกว่า 1,960 $N.$ (215.69 $kgf.$)
2	2,652.00	291.85	
3	2,980.00	327.94	
4	2,882.00	317.16	
5	2,546.00	280.18	
Aver.	**2,695.40**	**296.62**	

ลักษณะการติดตั้งใช้งาน Dropwire Clamp TOT เพื่อง่ายในการอธิบายการใช้งานกำหนดหมายเลขประจำแกน กำหนดแกน 1 2 และ 3 เริ่มนับจากฝั่งตรงข้ามแกนโลหะของ Dropwire Clamp) แกนหมายเลข 1 รองของแกนทำหน้าที่ประคองสายให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ ส่งผ่านมายังแกนกลางหมายเลข 2 ซึ่งเป็นจุดรับแรงหลักผลการทดสอบการรับแรงดึงของแกนกลาง 2 ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด

ตำแหน่งสุดท้ายแกน 3 Dropwire Clamp เดิมทำหน้าที่พันล็อคสายสะพานฯ ซึ่งมีปัญหาสายสะพานฯ ณ ตำแหน่งนี้คลายตัวออก แต่ Dropwire Clamp TOT เปลี่ยนรูปแบบของแกน 3 เพิ่มร่องล็อคสายสะพานฯ ให้เหมาะสมกับการใช้งาน (ตำแหน่งแกน 3 มีแรงดึงมากระทำน้อยมาก)

Dropwire Clamp แบบเดิมขนาดใหญ่กับรุ่น TOT ที่ออกแบบใหม่ รูปแบบและโครงสร้างเหมือนกันทุกประการ แตกต่างเฉพาะแกน 3 ที่ออกแบบให้พันล็อคสายสะพานฯ เนื่องจากหลังปี พ.ศ. 2535 บมจ. ทีโอที เปลี่ยนใช้จาก Dropwire Clamp ขนาดใหญ่มาเป็นขนาดเล็ก ตอนนำต้นแบบขอคำแนะนำจากผู้ใช้งานประเด็นที่ผู้ใช้งานกังวลคือร่องล็อคสายสะพานฯ แกน 3 ของ Dropwire Clamp TOT จะรับแรงดึงได้หรือไม่

TOT Public Company Limited www.tottcal.com

ภาพประกอบที่ 21. ทดสอบการรับแรงดึงของแกนพันและร่องล็อคสายสะพานฯ

เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในการนำ Dropwire Clamp TOT มาใช้งาน ทดสอบการรับแรงดึงของแกนพันล็อค Dropwire Clamp ขนาดเล็กเปรียบเทียบกับร่องล็อคสายสะพานฯ ของ Dropwire Clamp TOT ตามภาพประกอบที่ 21.

ตารางที่ 4. ผลทดสอบค่ารับแรงดึงของแกนพันล็อคสายสะพานฯ อุปกรณ์ Dropwire Clamp

No.	Dropwire Clamp TOT ปีกหนา 3 $mm.$		Dropwire Clamp ขนาดเล็กปีกหนา 6 $mm.$	
	$N.$	$kgf.$	$N.$	$kgf.$
1	704.00	77.47	1,254.00	138.00
2	733.00	80.66	1,367.00	150.43
3	815.00	89.69	1,157.00	127.32
4	672.00	73.95	1,257.00	138.33
5	711.00	78.24	1,263.00	138.99
Aver.	**727.00**	**80.00**	**1,259.60**	**138.62**

ผลการทดสอบการรับแรงดึงแบบทำลายของแกนพันล็อค Dropwire Clamp ขนาดเล็ก (ความหนาปีก 6 $mm.$) ผลการทดสอบรับแรงดึงแบบทำลายเฉลี่ยประมาณ 139 $kgf.$ เปรียบเทียบกับร่องล็อคสายสะพานฯ ของ Dropwire Clamp TOT (ความหนาปีก 3 $mm.$) รับแรงดึงแบบทำลายเฉลี่ยประมาณ 80 $kgf.$

เนื่องจากตัวอย่างทดสอบความหนาของปีกแกน 3 ของ Dropwire Clamp เดิมหนากว่า Dropwire Clamp TOT เท่าตัว คำนวณค่ารับแรงดึงให้อยู่บนเกณฑ์ความหนาเดียวกัน ดังนั้นค่ารับแรงดึงของ Dropwire Clamp TOT เท่ากับ 80 X 2 = 160 $kgf.$ โดยสรุปค่ารับแรงดึง Dropwire Clamp

TOT Public Company Limited, www.tottcal.com

แบบเดิมขนาดเล็กกับรุ่น TOT ที่ออกแบบใหม่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ค่าการรับแรงดึงแบบทำลายของแกนพันล็อคสายสะพานฯ ไม่มีมาตรฐานกำหนดไว้

5.3 วิธีติดตั้งสาย OFC Round Type กับ Dropwire Clamp TOT

การติดตั้งสาย OFC Round type กับ Dropwire Clamp เดิมจะแยกสายสะพานฯ ออกมา จากนั้นนำสายสะพานฯพันล็อคกับแกนของ Dropwire Clamp สุดท้ายรั้งดึงห่วงโลหะของ Dropwire Clamp คล้องเข้ากับแกนของฮุคโบลท์ จากการสำรวจวิธีพันล็อคสายสะพานฯ แต่ละพื้นที่มีหลากหลายวิธีการจะถ่ายทอดองค์ความรู้รุ่นต่อรุ่น บางพื้นที่พันล็อคตามมาตรฐานที่ บมจ. ทีโอที แนะนำ (ข้อ 4.4 วิธีการติดตั้งสายกระจายด้วย Dropwire Clamp) บางพื้นที่ประยุกต์เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความแข็งแรง ตัวอย่างการติดตั้งฯ ส่วนหนึ่งจากผู้ใช้งานตามภาพประกอบที่ 22.

ภาพประกอบที่ 22. วิธีพันล็อคสายสะพานฯ กับ Dropwire Clamp TOT แต่ละแบบ

วิธีการพันล็อคสายสะพานฯ ผลการสำรวจผู้ใช้งานไม่มีข้อกังวล ขึ้นกับความพึงพอใจของแต่ละพื้นที่ แต่ผู้ใช้งานกังวลเรื่องสายสะพานฯ คลายตัวออกเป็นประเด็นหลักและคุณภาพวัสดุที่กรอบแตกหักรองลงมา

ผลการทดลองต้นแบบ ณ พื้นที่จริงในสนามจำนวน 500 ชิ้น ได้รับผลการตอบรับเชิงบวก สามารถแก้ไขปัญหาสายสะพานฯ คลายตัวได้ ไม่ว่าสายสะพานฯ นั้น ๆ มีโครงสร้างเส้นลวดเดี่ยวหรือเส้นลวดตีเกลียว เพื่อความสมบูรณ์ของโครงการสั่งผลิตต้นแบบเพิ่มอีก 37,000 ชิ้น ทดลองติดตั้งใช้งานจริงก่อนสรุปผลใช้งาน ปรับปรุงต้นแบบ (ถ้ามี) ยื่นจดสิทธิบัตรคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญาและประสานหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำมาใช้งานภายในหน่วยงาน บมจ. ทีโอที ต่อไป

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ห่วงแขวนสายกระจาย (Dropwire Clamp) เป็นอุปกรณ์สำหรับติดตั้งสายกระจายที่มีสื่อตัวนำเป็นทองแดงและสายกระจายที่มีสื่อตัวนำเส้นใยแก้วนำแสง (สาย OFC Round Type) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายสะพานรับแรงดึงเท่ากันคือ 1.2 $mm.$ จากจุดเด่นของ Dropwire Clamp ที่ต้นทุนอุปกรณ์ต่ำ ใช้งานสะดวกติดตั้งต่อจุดได้รวดเร็ว

TOT Public Company Limited, www.tottcal.com

หลังปี พ.ศ. 2535 บมจ. ทีโอที เปลี่ยนมาใช้ Dropwire Clamp ขนาดเล็กลง หลังจากใช้งานพบว่ารูปแบบของ Dropwire Clamp ขนาดเล็กไม่สะดวกในการใช้งาน ขั้นตอนการรั้งดึง Dropwire Clamp มาคล้องกับแกนฮุคโบลท์ปฏิบัติงานไม่ถนัด แกนพันล็อคสายสะพานฯ ไม่เหมาะสม ติดตั้งไประยะเวลาหนึ่งสายสะพานฯ คลายตัวออก บางพื้นที่นำสายสะพานฯ มาพันรอบแกนโลหะของ Dropwire Clamp ป้องการการคลายตัวของสายสะพานฯ เกิดปัญหาแรงดันบกพร่อง (Voltage Fault) ไหลผ่านสายสะพานฯ กรณีฉนวนหุ้มชำรุด

สาย OFC Round Type ขบวนการติดตั้งเข้ากับ Dropwire Clamp ต้องแยกสายสะพานฯ ออกมา ความยาวสายสะพานที่ต้องพันล็อคกับแกนของ Dropwire Clamp และบางพื้นที่พันรองแกนโลหะของ Dropwire Clamp จำเป็นต้องแยกสายสะพานฯ ยาวขึ้นกว่าปกติโอกาสที่เส้นใยแก้วชำรุดเสียหายหรือสัญญาณแสงสูญเสียจากการโค้งงอ (Bending Loss) เพิ่มเป็นเงาตามตัว

เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นข้างต้น ได้ทดลองผลิตต้นแบบ Dropwire Clamp แบบลิ่มล็อค พร้อมผลิตต้นแบบทดลองในห้องปฏิบัติการและภาคสนามจำนวน 1,000 ชุด ผลประเมินผลการใช้งานระยะแยกสายสะพานฯ น้อยลง ช่วยลดปัญหาสูญเสียสัญญาจากการโค้งงอ แต่มีข้อด้อยDropwire Clamp แบบตุ๊กตาเดิมปฏิบัติงานได้คล่องตัวกว่า ต้นแบบในสนามบางชุดสายสะพานฯ หลุดออกจากต้นแบบ ขอบแผ่นผับอลูมิเนียมต้นแบบบาดมือ ราคา Dropwire Clamp แบบลิ่มล็อคสูงกว่า Dropwire Clamp แบบตุ๊กตา โดยสรุป Dropwire Clamp แบบลิ่มล็อคไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้งานติดตั้งสาย OFC Round Type ในขณะนี้

จากผลสำรวจความพึงพอใจผู้ใช้งานยังพึงพอใจ Dropwire Clamp รุ่นเดิมขนาดใหญ่แต่ขอให้ปรับปรุงเรื่องคุณภาพวัสดุ แก้ปัญหาสายสะพานฯ คลายตัวจากแกนล็อค ได้ออกแบบโดยประยุกต์จาก Dropwire Clamp รุ่นเดิมขนาดใหญ่ ปรับเปลี่ยนแก้ไขเฉพาะแกนพันล็อคสายที่ติดกับแกนโลหะให้เป็นร่องและในร่องมีปุ่มนูนล็อคป้องกันสายสะพานฯ ถอยหลุดออก ตั้งชื่ออุปกรณ์ใหม่นี้ว่า Dropwire Clamp TOT

ผลการทดสอบ Dropwire Clamp TOT ในห้องปฏิบัติการและทดลองติดตั้งภาคสนามเบื้องต้น 500 ชิ้นได้ผลเชิงบวกจากผู้ใช้งาน สั่งผลิตต้นแบบเพิ่มอีก 37,000 ชิ้นส่งทดสอบภาคสนามก่อนสรุปผลใช้งาน ปรับปรุงต้นแบบ (ถ้ามี) ยื่นจดสิทธิบัตรคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญาและประสานหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำมาใช้งานภายในหน่วยงาน บมจ. ทีโอที ต่อไป

TOT Public Company Limited, www.tottcal.com

เอกสารอ้างอิง

[1] Telephone Organization of Thailand, Outside Plant Engineering Division “PVC Insulated and Self-Supported Telephone Dropwire” Specification No. OED-04-017-03 pp 9, 11 Issued; May 1992

[2] Telephone Organization of Thailand, Department of Plant Engineering Division “Drop wire Clamp (TOT Type)” Specification No. OL-40-100-05 Thailand 1994

[3] นายสมศักดิ์ ศรีอำพันธุ์ ส่วนวิจัยและพัฒนาเทคนิค ฝ่ายวิจัยและพัฒนา องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย “การสำรวจปัญหาการใช้งาน Dropwire Clamp(Dropwire Clamp)”หน้า 5-6, 2543

[4] Telephone Organization of Thailand, Outside Plant Standard Sector Specification No. OES-004-049-03 Issued; February 2014 “Optical Fiber Drop Cable (Round Type) (Optic Drop Wire for FTTx (Round Type) 1-2 F)”

[5] TOT Public Company Limited, Outside Plant Standard Sector Specification No. OES-004-055-01 Issued; June 2017 “Armoured Optical Fiber Drop Cable (Armoured Round Type) (Armoured Optic Drop Wire for FTTx (Round Type))”

TOT Public Company Limited, www.tottoal.com