

# โครงการวิจัย

## อุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร

### (UNIVERSAL POLE BRACKET)

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

ธันวาคม 2561

#### 1. ความเป็นมาและสภาพปัญหา

ผู้ให้บริการโทรคมนาคมจะกระจายสัญญาณสื่อสารระหว่างศูนย์สื่อสารกลางไปยังรับบริการผ่านโครงข่ายสื่อสารได้สองกลุ่ม กลุ่มแรกผู้ให้บริการโทรศัพท์มือถือ (Mobile Phone) ผ่านคลื่นความถี่ กสทช. ให้อนุญาตความถี่ใช้งานหลายย่านความถี่ เช่น 850 MHz, 900 MHz, 1,800 MHz, 2,100 MHz, และ 2,300 MHz. บริการโทรศัพท์มือถือมีข้อจำกัดเรื่องคลื่นความถี่ เช่น ต้องขออนุญาตใช้คลื่นความถี่ ต้นทุนการให้บริการสูง ระยะเวลาที่ได้รับอนุญาต ตำแหน่งที่มีผู้ใช้งานพร้อมกันจำนวนมากมีข้อจำกัดเรื่องคุณภาพบริการ แต่มีจุดเด่นการให้บริการคล่องตัวสามารถให้บริการได้ทุกสถานที่ที่มีคลื่นสัญญาณ

กลุ่มที่สองผู้ให้บริการโทรคมนาคมผ่านโทรศัพท์ประจำที่ (Fixed Line) จากเดิมให้บริการด้านเสียงเพียงอย่างเดียวพัฒนาเป็นรวมบริการด้านเสียง ภาพนิ่ง VDO Data เข้าด้วยกันโดยเทคโนโลยี Packet-Based Network หรือ Internet Protocol (IP) ผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ต หรืออาจเรียกอีกชื่อว่าโครงข่าย NGN (Next Generation Network)

โครงข่าย NGN ส่งสัญญาณ IP ผ่านสายสัญญาณลวดตัวนำทองแดง (Copper) ด้วยระบบ ADSL มีปัญหาเรื่องความเร็วในการส่งผ่านและความเสถียรของสัญญาณ จึงมีการพัฒนาส่งสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสง (Optical Fiber) ด้วยระบบ FTTx จากจุดเด่นส่งผ่านสัญญาณที่มีความเร็วและปริมาณข้อมูลในการส่งผ่านสูงคุณภาพบริการเสถียร จากจุดเด่นของเส้นใยแก้วนำแสงและในระยะเวลาอันใกล้สายสัญญาณลวดตัวนำทองแดงจะถูกยกเลิก ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นแก้ปัญหาการติดตั้งสายเคเบิลเส้นใยแก้วนำแสงหรือ OFC (Optical Fiber Cable) เป็นหลัก

สาย OFC ชนิดฝังดินโดยตรง (Direct Buried Cable) และชนิดร้อยท่อเคเบิลใต้ดิน (Underground Conduit Cable or Duct Cable) [1] เคเบิลใต้ดินขจัดความรกรุงรังบนเสาไฟฟ้า แต่การสร้างข่ายสายใต้ดินต้องลงทุนสูง เคเบิล OFC ต้องออกแบบเปลือกหุ้มพิเศษ

สาย OFC ชนิดแขวนอากาศ (Aerial Cable) สาย OFC จะพาดผ่านเสาไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) สามารถปฏิบัติงานได้รวดเร็ว สะดวกในการบำรุงรักษา แต่ กฟน. และ กฟภ. ออกระเบียบกำหนดให้พาดสายเคเบิลสื่อสารกับเสาไฟฟ้าเพียงระดับ

เดียว กรณีติดตั้งสาย OFC มากกว่าหนึ่งเส้นต้องติดตั้งคอนพาดสายสื่อสารกับเสาไฟฟ้าก่อนนำสายสื่อสารมาจับยึดบนคอนฯ ด้วยอุปกรณ์จับยึด

ปัญหาเรื่องการติดตั้งอุปกรณ์จับยึดสาย OFC กับคอนฯ หรือเสาไฟฟ้า มีปัญหาตำแหน่งที่จะติดตั้งสาย OFC เสาไฟฟ้าต้นนั้นไม่มีรูวาง หรือรูเสาที่วางไม่ตรงกับระดับความสูงที่ต้องการ อีกปัญหาหนึ่งคือคอนพาดสายสื่อสารจำนวนรูบนคอนฯ ไม่เพียงพอ

จากปัญหาข้างต้น บมจ. ทีโอที ได้มอบหมายให้ สถาบันนวัตกรรม ทีโอที (นฐ.) สังกัดสำนักสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐาน หน่วยธุรกิจโครงสร้างพื้นฐาน (BU1) ร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องศึกษาหาแนวทางแก้ไขปัญหา และ/หรือ ออกแบบ อุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร (Universal Pole Bracket) ที่เหมาะสมมาใช้งานใน ทีโอที

## 2. วัตถุประสงค์โครงการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยนี้ เพื่อศึกษาและสำรวจปัญหาตำแหน่งที่จะติดตั้งสาย OFC บนเสาไฟฟ้าต้นที่ไม่มีรูเสาว่างหรือรูเสาที่วางไม่ตรงกับระดับความสูงที่ต้องการ ปัญหาคอนพาดสายสื่อสารจำนวนรูบนคอนฯ ไม่เพียงพอ โครงการวิจัยนี้ศึกษาหาแนวทางแก้ไขปัญหา ออกแบบ-ประยุกต์เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมสนับสนุนการแก้ปัญหา ทั้งนี้แนวทางแก้ไขปัญหานั้น ๆ ต้องไม่เป็นอุปสรรคของการปฏิบัติงานเดิมและต้นทุนในการแก้ปัญหาต่ำ

## 3. วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย

- 1) สำรวจและเก็บข้อมูลปัญหาการติดตั้งสาย OFC กับเสาของการไฟฟ้า
- 2) สรุปผลการสำรวจปัญหาติดตั้งสาย OFC กับเสาของการไฟฟ้า
- 3) หาแนวทางแก้ไขปัญหাজัดทำต้นแบบอุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร (Universal Pole Bracket) ที่เหมาะสม
- 4) ทดสอบแนวทางแก้ไขปัญหาหรือต้นแบบฯ (ถ้ามี) ในห้องปฏิบัติการ และภาคสนาม
- 5) เก็บบันทึกข้อมูลการใช้งาน ปัญหาและแนวทางแก้ไข
- 6) สรุปและนำเสนอผลงานวิจัยต่อผู้บริหารเพื่อขยายผลนำไปใช้งานต่อไป

## 4. ปัญหาภาคสนามและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 4.1 สายเคเบิลเส้นใยแก้วนำแสงแบบแขวนอากาศ

สายเคเบิลสื่อสารชนิดแขวนอากาศ (Aerial Cable) สื่อกกลางที่เป็นลวดตัวนำทองแดงเริ่มถูกทดแทนด้วยสื่อกกลางที่เป็นเส้นใยแก้วนำแสงด้วยเหตุผลโครงข่าย NGN ต้องการโครงข่ายสื่อสารที่ส่งผ่านสัญญาณระดับความเร็วและปริมาณข้อมูลสูง สายเคเบิลเส้นใยแก้วนำแสง OFC (Optical Fiber Cable) โครงสร้างมีทั้งชนิดแขวนอากาศ ร้อยในท่อและฝังดินโดยตรง งานวิจัยนี้ศึกษา วิเคราะห์-ออกแบบ

อุปกรณ์เอนกประสงค์เพื่อเพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร (Universal Pole Bracket) แขนงอากาศ ณ ตำแหน่งที่มีข้อจำกัดเรื่องรูเสา เช่น รูเสาไฟฟ้าไม่เพียงพอ หรือตำแหน่งนั้น ๆ ไม่มีรูเสาสำหรับติดตั้งสายสื่อสาร

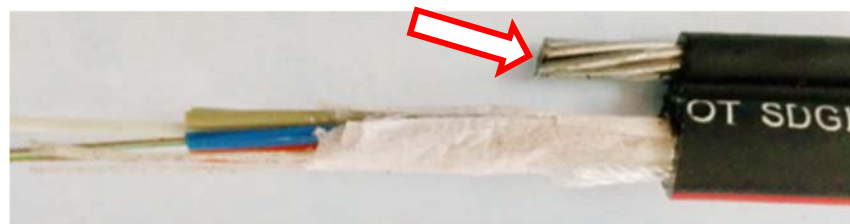
หลังวันที่ 1 มกราคม 2561 กฟน. และ กฟภ. ออกระเบียบห้ามพาดสาย OFC ที่โครงสร้างด้านบนมีสายสะพาน (Self-Supporting Strand) รับแรงและน้ำหนักสายเคเบิล OFC รูปร่างคล้ายเลข 8 (Figure-8) เช่น สาย Figure-8 Single Mode OFC และสาย Armoured Figure-8 Single Mode OFC มีแผ่นเหล็กบางรูปคลื่น (Corrugate Armoured Steel) ป้องกันสัตว์กัดแทะ ด้วยเหตุผลกรณีมีอุบัติเหตุเกี่ยวข้องกับสายสื่อสารซึ่งพาดแนวต่ำสุด ลวดโลหะรับแรงดึงของสายสื่อสาร Figure-8 ที่มีแรงดึงแบบทำลายสูงจะดึงเสาไฟฟ้าล้ม (สายสื่อสาร Figure-8 เดิมที่เคยพาดผ่านก่อนหน้านี้ได้รับการยกเว้น)

สายเคเบิล OFC แบบแขวนในอากาศ (Aerial Cable) หลัก ๆ มีดังนี้

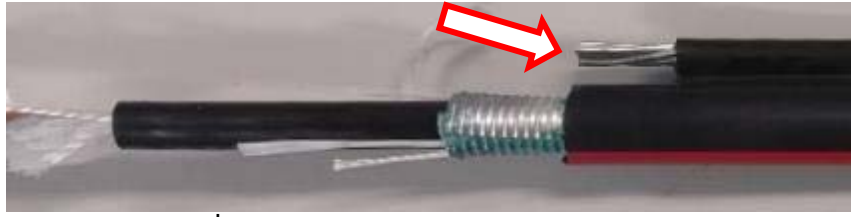
- 1) Figure-8 Single Mode Optical Fiber Cable
- 2) Armoured Figure-8 Single Mode Optical Fiber Cable
- 3) Optical Fiber Cable for Access Service (Dropwire Twisted)
- 4) Armoured Optical Fiber Cable for Access Service (Armoured Dropwire Twisted)
- 5) ADSS OFC (All-Dielectric Self-Supporting Single Mode Optical Fiber Cable)
- 6) ARSS OFC (Anti-Rodent Self Supporting Optic Fiber Cable)
- 7) Optical Fiber Drop Cable (Round Type) (Optic Drop Wire for FTTx (Round Type) 1-2F)

#### Figure-8 Single Mode Optical Fiber Cable

สายเคเบิล OFC แบบแขวนในอากาศ (Aerial Cable) ชนิด Figure-8 Single Mode Optical Fiber Cable [1] จัดอยู่ในกลุ่มสายเคเบิลเส้นหลัก ออกแบบติดตั้งระหว่างจุดกับจุดในอากาศ เช่น ระหว่างเสาไฟฟ้ากับเสาไฟฟ้า ระหว่างเสาไฟฟ้ากับอาคาร ระหว่างอาคารกับอาคาร เป็นต้น โครงสร้างสายเคเบิลเส้นใยแก้วชนิด Figure-8 OFC ตามภาพประกอบที่ 1. และ 2. มีสายสะพานอยู่ด้านบนสายเคเบิล OFC อยู่ด้านล่างมีรูปร่างหน้าตัดคล้ายเลข 8 จึงเรียกว่า Figure-8



ภาพประกอบที่ 1. สาย Figure-8 Single Mode OFC



ภาพประกอบที่ 2. สาย Armoured Figure-8 Single Mode OFC

ผู้ให้บริการโทรคมนาคมที่เช่าเสาไฟฟ้าของทั้ง 2 การไฟฟ้า ปรับเปลี่ยนชนิดสาย OFC มาเป็นชนิด ADSS OFC (All-Dielectric Self-Supporting Single Mode Optical Fiber Cable) [2] ซึ่งไม่มีสายสะพานโลหะรับแรงดึงด้านบน แต่เปลี่ยนโครงสร้างใช้แกนกลาง (Central Strength Member) ที่ผลิตจากวัสดุ FRP (Fiberglass Reinforce with Plastic) รับแรงดึงร่วมกับ Aramid Yarn ตามภาพประกอบที่ 3.



ภาพประกอบที่ 3. สาย All-Dielectric Self-Supporting Single Mode Optical Fiber Cable

โครงข่ายใดที่มีปัญหาสัตว์กัดแทะจะติดตั้งด้วยสายเคเบิล OFC ชนิด ARSS OFC (Anti-Rodent Self Supporting Fiber Optic Cable) [3] ตามภาพประกอบที่ 4. จำนวนเส้นใยแก้วนำแสงของสายเคเบิล ตั้งแต่ 12F จนถึง 312F ขึ้นกับการใช้งาน คุณสมบัติสาย ARSS OFC รับแรงดึงทางกลแบบทำลายต่ำกว่าสาย ADSS OFC จากคุณสมบัติเรื่องแรงดึง กฟภ. อนุญาตให้นำมาใช้ในพื้นที่รับผิดชอบของ กฟภ. ได้



ภาพประกอบที่ 4. สาย Anti-Rodent Self Supporting Fiber Optic Cable

กฟน. ไม่อนุญาตให้นำสาย ARSS OFC มาใช้งานในพื้นที่ของ กฟน. เนื่องจากกังวลเรื่องเกราะป้องกันสัตว์กัดแทะที่ผลิตจากโลหะอาจก่อให้เกิดปัญหาเรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าสัมผัส ซึ่งปัญหาสัตว์กัดแทะเขตพื้นที่ กฟน. มีความรุนแรงใกล้เคียงกับพื้นที่ กฟภ.

เพื่อหาแนวทางแก้ปัญหา บมจ.ทีโอที โดยสถาบันนวัตกรรม ได้ศึกษาทดลองนำ ADSS FRP (Anti-Rodent Nonmetallic armored Flat FRP) ซึ่งเกราะผลิตจากอโลหะ FRP ทดลองติดตั้งใช้งานพื้นที่จังหวัดนครนายก พื้นที่มีปัญหาสัตว์กัดแทะรุนแรงระยะเวลา 1 ปี 5 เดือน ผลการใช้งานสามารถป้องกันสัตว์กัดแทะได้ระดับหนึ่ง

เพื่อแก้ปัญหาสัตว์กัดแทะในเขตพื้นที่ กฟน. บมจ.ทีโอที ได้นำผลการศึกษาข้างต้นมาออกข้อกำหนดสาย ADSS FRP Armoured Optical Fiber Cable No. OES-004-057-01 ใช้งานเมื่อ Novenber,2018 จำนวนเส้นใยแก้วนำแสงของสายเคเบิล ตั้งแต่ 12F จนถึง 312F เพื่อติดตั้งใช้งานเขตพื้นที่ กฟน. ตามภาพประกอบที่ 5. (สาย ADSS FRP ราคาสูงกว่าสาย ARSS OFC ประมาณร้อยละ 30 : พ.ศ.2561)



ภาพประกอบที่ 5. สาย ADSS Anti-Rodent Nonmetallic armored Flat FRP

จากที่ทั้ง กฟน. และ กฟภ. ออกระเบียบกำหนดให้พาดสายเคเบิลสื่อสารกับเสาไฟฟ้าเพียงระดับเดียว กรณีติดตั้งสาย OFC มากกว่าหนึ่งเส้นต้องติดตั้งคอนพาดสายสื่อสารกับเสาไฟฟ้าก่อนนำสายสื่อสารมาจับยึดบนคอนฯ ด้วยอุปกรณ์จับยึด ปัญหาเรื่องการติดตั้งอุปกรณ์จับยึดสาย OFC กับคอนฯ หรือเสาไฟฟ้า มีปัญหาตำแหน่งที่จะติดตั้งสาย OFC เสาไฟฟ้าต้นนั้นไม่มีรูวาง หรือรูเสาที่วางไม่ตรงกับระดับความสูงที่ต้องการ อีกปัญหาหนึ่งคือคอนพาดสายสื่อสารจำนวนรูบนคอนฯ ไม่เพียงพอ

#### 4.1 ออกแบบอุปกรณ์ติดตั้งและจับยึดสายสื่อสาร

##### 4.1.1 ปัญหาการพาดสายสื่อสาร

สาย OFC แขนงอากาศในเขตพื้นที่ กฟน. ห้ามพาดสาย Figure-8 OFC และสาย ARSS OFC ที่มีเกราะโลหะป้องกันสัตว์กัดแทะแต่อนุญาตให้พาดสาย ADSS FRP ซึ่งมีเกราะอโลหะแทน และสาย OFC แขนงอากาศในเขตพื้นที่ กฟภ. ห้ามพาดสาย Figure-8 OFC แต่อนุญาตให้พาดสาย ARSS OFC ที่มีเกราะโลหะป้องกันสัตว์กัดแทะได้

กฟน. และ กฟภ. ออกระเบียบกำหนดให้พาดสายเคเบิลสื่อสารกับเสาไฟฟ้าเพียงระดับเดียว กรณีติดตั้งสาย OFC มากกว่าหนึ่งเส้นต้องติดตั้งคอนพาดสายสื่อสารกับเสาไฟฟ้าก่อนนำสายสื่อสารมา จับยึดบนคอนฯ ด้วยอุปกรณ์จับยึด เนื่องจากประเทศไทยมีผู้ให้บริการโทรคมนาคมจำนวนมาก



ภาพประกอบที่ 6. ตัวอย่างข่ายสายสื่อสารที่ติดตั้งบนเสาไฟฟ้าที่ตำแหน่งการติดตั้งไม่เพียงพอ

ปัญหาเรื่องการติดตั้งอุปกรณ์จับยึดสาย OFC กับคอนฯ หรือรูเสาไฟฟ้า มีปัญหาตำแหน่งที่จะติดตั้งสาย OFC เสาไฟฟ้าต้นนั้นไม่มีรูว่าง หรือรูเสาที่ว่างไม่ตรงกับระดับความสูงที่ต้องการ อีกปัญหาหนึ่งคือคอนพาดสายสื่อสารจำนวนบนคอนฯ ไม่เพียงพอ

เมื่อติดตั้งสาย OFC เพิ่มเติมไม่มีรูบนคอนฯ ซึ่งเป็นเหล็กเคลือบฉนวนไฟฟ้าไม่สามารถเจาะรูเพิ่มเติมได้ ต้องเสริมปะกับโลหะบนคอนก่อนยึดสาย OFC หรือจับยึดกับรูเสาที่ว่างบนเสาไฟฟ้าต้นนั้น ๆ ก่อให้เกิดปัญหาภูมิทัศน์ตามเขตแนวเสาไฟฟ้าตามภาพประกอบที่ 6. จากปัญหาที่เกิดขึ้นผู้ให้บริการ กฟน. และ กฟภ. ตกเป็นจำเลยของสังคม.



ภาพประกอบที่ 7. อุปกรณ์ Preformed Dead End for Self-Support Cable (ADSS/ARSS)

สาย OFC ที่ กฟน. กฟภ. อนุญาตให้พาดบนเสาไฟฟ้าได้ ทั้งชนิด ADSS และ ARSS มีโครงสร้างภายนอกเหมือนกัน อุปกรณ์จับยึดสายเคเบิล ADSS/ARSS OFC ต้นทาง-ปลายทาง ที่ต้องรับแรงดึงจะใช้อุปกรณ์ Preformed Dead End for Self-Support Cable (ADSS/ARSS) รายละเอียดตามภาพประกอบที่ 7. ลักษณะการจับยึดของกลุ่มเส้นโลหะคล้ายกลุ่มแถววัลย์ ม้วนรัดสายเคเบิล ARSS OFC การรับแรงต่อการจับยึด จะผกผันตรง กล่าวคือยังมีแรงดึงมากการจัดยึดของอุปกรณ์จะรัดแน่นตาม ดังนั้นการออกอุปกรณ์ Preformed Dead End ต้องเหมาะสมกับการใช้งาน



ภาพประกอบที่ 8. อุปกรณ์ Thimble Preformed Suspension for Self-Support Cable (ADSS/ARSS) (Tangent ADSS/ARSS)

อุปกรณ์จับยึดสายเคเบิล ARSS OFC ช่วงกลางระหว่างเสา ไม่จำเป็นต้องรับแรงดึง เหมือนกับอุปกรณ์ Preformed Dead End เนื่องจากการใช้งานจะมีแรงดึงจากสายเคเบิล ARSS OFC ทั้งสองด้าน ก่อให้เกิดแรงดึงที่สมดุล ณ ตำแหน่งจับยึด โครงสร้างของอุปกรณ์ Thimble Preformed Suspension for Self-Support Cable (ADSS/ARSS) (Tangent ADSS/ARSS) ตามภาพประกอบที่ 8. เหมาะสมกับการใช้งาน กลุ่มเส้นโลหะรองรับการแกว่งตัวของสายเคเบิลฯ จากกระแสลมได้อย่างดี

#### 4.1.2 ออกแบบอุปกรณ์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร

จากปัญหามานุษูที่เสาหรือคอนพาดสายสื่อสารไม่เพียงพอกับการติดตั้งบนเสาไฟฟ้า แนวทางแก้ไขเมื่อต้องการพาดสายสื่อสารเพิ่มเติม มีหลายแนวทาง เช่น กรณีคอนฯ หายปะกับมาจับยึดกับตัวคอนฯ บางรายวางสายสื่อสารพาดผ่านด้านบนของคอนฯ ซึ่งผิดวิธีเพราะอาจสร้างปัญหาสายสื่อสารชำรุดจากการเสียดสีจากการแกว่งของสายเมื่อมีกระแสลมมากระทำ หรือสายสื่อสารอาจลื่นหลุดจากคอนฯ ก่อเกิดอุบัติเหตุต่าง ๆ ตามมา

กรณีเสาไฟฟ้าต้นนั้น ๆ ไม่มีคอนฯ จำเป็นต้องใช้รูเสาไฟฟ้าใกล้เคียงที่ระดับสูงกว่าต่ำกว่า กรณีใช้รูเสาไฟฟ้าที่สูงขึ้นมีความเสี่ยงเรื่องสายสื่อสารอาจใกล้สายส่งไฟฟ้า กรณีใช้รูเสาไฟฟ้าต่ำลงมา อาจมีความเสี่ยงเรื่องความสูงจากพื้นดินที่น้อยกว่าข้อกำหนดความปลอดภัย

ผู้เกี่ยวข้อง เช่น พนักงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ หน่วยงานมาตรฐานของ บมจ.ทีโอที และสถาบันนวัตกรรม ทีโอที ร่วมหารือหาทางออกจากปัญหาจุดติดตั้งสายสื่อสารบนเสาไฟฟ้าไม่เพียงพอ ผลสรุปจากผู้เกี่ยวข้อง ปัญหาเรื่องการติดตั้งไม่เฉพาะสายสื่อสาร OFC เท่านั้น แต่สายกระจายเข้าอาคาร ก็มีปัญหาเรื่องรูเสาไฟฟ้าไม่เพียงพอคล้ายกัน



ภาพประกอบที่ 9. แนวคิดออกแบบอุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร

แนวคิดจะออกแบบอุปกรณ์เอนกประสงค์สามารถติดตั้งตำแหน่งที่มีหรือไม่มีรูเสาก็ได้ สามารถเพิ่มจุดติดตั้งสายฯ เพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่า 2 เส้น กรณีต้องการพาดสายกระจายด้วยอุปกรณ์เสริมนี้ ต้องสามารถพาดสายกระจายได้ไม่น้อยกว่า 5 เส้น แนวคิดการออกแบบอุปกรณ์ฯ ตามภาพประกอบที่ 9.

#### 4.1.2.1 น้ำหนักและแรงดึงสายสื่อสารระหว่างช่วงเสาไฟฟ้า

สายสื่อสารปัจจุบันมีตัวนำสองชนิดคือทองแดงและเส้นใยแก้วนำแสง เทคโนโลยีการสื่อสารที่ต้องการความเร็วและปริมาณข้อมูลในการส่งผ่านที่สูงขึ้น ในระยะอันใกล้สายสื่อสารหลักที่พาดผ่านเสาไฟฟ้าจะเหลือเพียงสายสื่อสารชนิดที่มีตัวนำเป็นเส้นใยแก้วนำแสง (สาย OFC) เท่านั้น

อุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร (Universal pole bracket) ตามโครงการนี้ออกแบบเพื่อรองรับการติดตั้งสายสื่อสารที่ตัวนำเป็นเส้นใยแก้วนำแสงเท่านั้น สาย OFC ที่แขวนอากาศโครงสร้างสายมีเพียง 2 โครงสร้างคือ Figure-8 OFC และ ADSS/ARSS OFC ค่าเฉลี่ยน้ำหนักมีดังนี้

- Figure-8 OFC                      Average              335.00 kg / km
- ADSS/ARSS OFC                  Average              225.00 kg / km

ดังนั้นในการออกแบบอุปกรณ์ครั้งนี้จะอ้างอิงจากน้ำหนักสายสื่อสาร OFC ที่มีน้ำหนักมากที่สุดคือสาย Figure-8 OFC น้ำหนักเฉลี่ย 335.00 kg / km

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

เมื่อ

- $T$  = แรงดึง (นิวตัน)
- $w$  = น้ำหนักสาย (นิวตัน/เมตร)
- $L$  = ระยะห่างระหว่างเสา (เมตร)
- $d$  = ระยะท่อนข้าง (เมตร)



การออกแบบจะใช้น้ำหนักสาย Figure-8 OFC ที่  $335.00 \text{ kg / km}$  ในการอ้างอิงสูตร คำนวณหาค่าแรงดึงระหว่างช่วงเสาสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (1) กำหนดระยะห่างเสา 4 ช่วงและ ระยะตกท้องช้างตามมาตรฐานการติดตั้งร้อยละ 5 ดังนั้นระยะตกท้องช้างรายละเอียดตามตารางที่ 1.

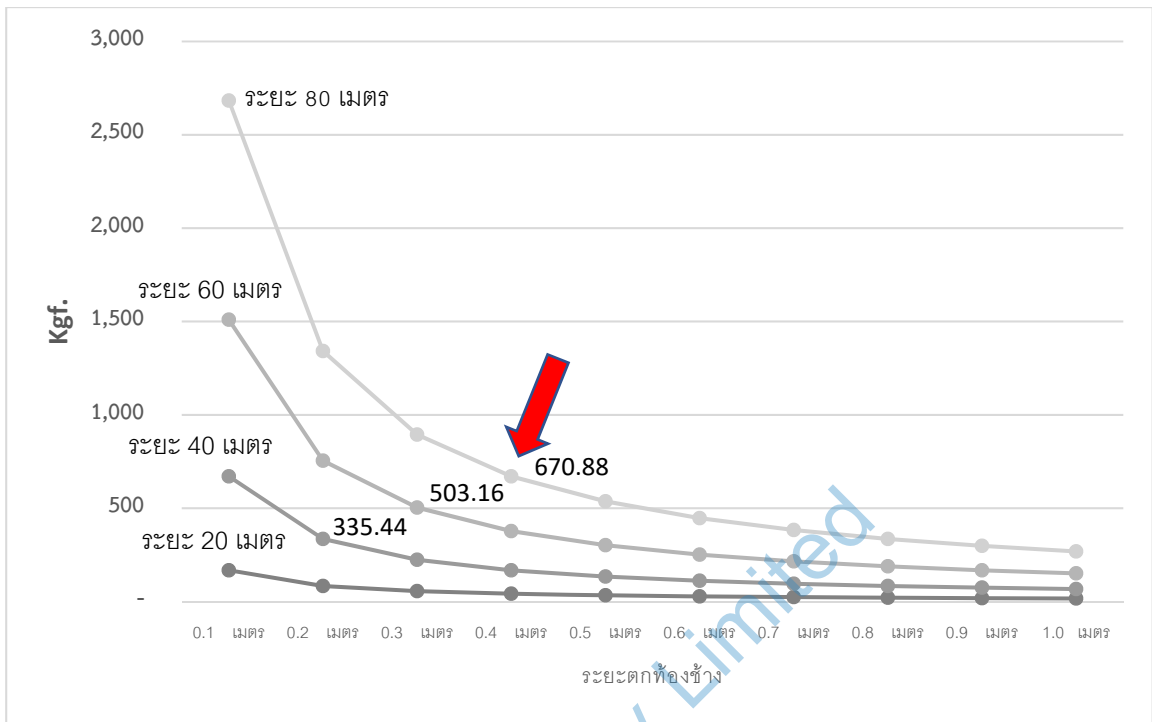
ตารางที่ 1. ระยะตกท้องช้างตามมาตรฐานการติดตั้งประมาณร้อยละ 5 ของระยะห่างเสาไฟฟ้า

ระยะห่างเสาไฟฟ้า	20	40	60	80
ระยะท้องช้าง ( $d$ ) ร้อยละ 5	0.10	0.20	0.30	0.40
Unit	<i>m.</i>			

นำค่าน้ำหนักอ้างอิง  $335.00 \text{ kg / km}$  และระยะตกท้องช้างที่ระยะห่างเสาไฟฟ้า 80 เมตร ตามตารางที่ 1. นำมาคำนวณตามสมการที่ (1) จะได้ค่ารับแรงดึงแต่ละช่วงตามตารางที่ 2.

ตารางที่ 2. แสดงค่าแรงดึงและระยะตกท้องช้างตามมาตรฐานการติดตั้งสาย OFC สาย OFC 1 เส้น

ระยะท้องช้าง ( $d$ )	20	40	60	80
	<i>m.</i>			
0.1 เมตร	167.72	670.88	1,509.48	2,683.52
0.2 เมตร	83.86	335.44	754.74	1,341.76
0.3 เมตร	55.91	223.63	503.16	894.51
<b>0.4 เมตร</b>	41.93	167.72	377.37	<b>670.88</b>
0.5 เมตร	33.54	134.18	301.90	536.70
0.6 เมตร	27.95	111.81	251.58	447.25
0.7 เมตร	23.96	95.84	215.64	383.36
0.8 เมตร	20.97	83.86	188.69	335.44
0.9 เมตร	18.64	74.54	167.72	298.17
1.0 เมตร	16.77	67.09	150.95	268.35
Unit	<i>kgf.</i>			

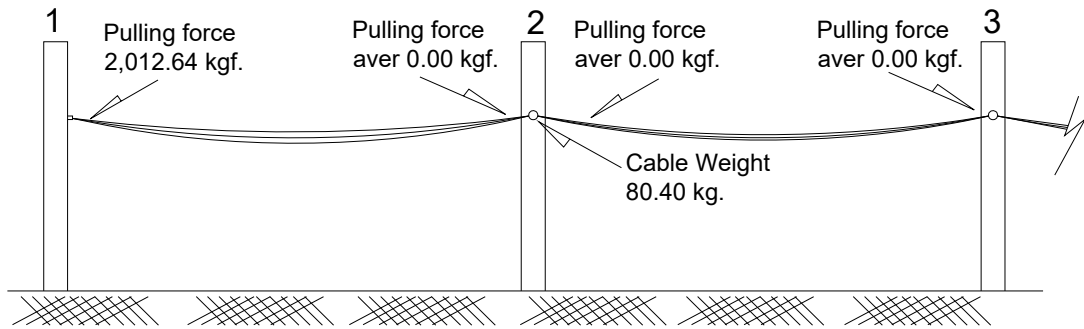


กราฟที่ 1. เปรียบเทียบระหว่างแรงตึงและระยะตงที่ตงสายสื่อสาร 1 เส้น

จากข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ อุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสารที่มากกว่า 1 เส้น ต้องรองรับแรงตึงและน้ำหนักสาย OFC ตามตารางที่ 3.

ตารางที่ 3. ค่าแรงตึงและน้ำหนักสาย Figure-8 OFC จำนวน 1-5 เส้น ที่ระยะห่างเสาไฟฟ้า 80 เมตร

จำนวนสาย OFC	แรงตึง	น้ำหนักสาย
1 เส้น	670.88	26.80
2 เส้น	1,341.76	53.60
3 เส้น	2,012.64	80.40
4 เส้น	2,683.52	107.20
5 เส้น	3,354.40	134.00
Unit	kgf.	kg.



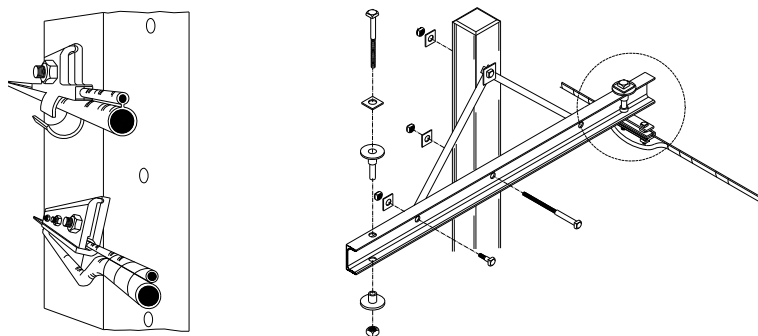
ภาพประกอบที่ 10. อุปกรณ์ฯ รองรับการจัดตั้งสาย OFC สูงสุด 3 เส้น รับน้ำหนักและแรงดึงตามภาพ

ผลจากการคำนวณและวิเคราะห์การใช้งาน การออกแบบอุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร อ่างอิงรองรับสาย OFC ได้สูงสุดจำนวน 3 เส้น ที่ระยะห่างเสาสูงสุด 80 เมตร ตามภาพประกอบที่ 10. อุปกรณ์ฯ รับน้ำหนักสายรวม 80.40 kg. ณ ตำแหน่งที่อุปกรณ์ฯ อยู่กึ่งกลาง (ดึงสาย OFC ซ้าย-ขวา) อุปกรณ์ฯ รับแรงดึงเข้าใกล้ศูนย์เนื่องจากมีแรงดึงทั้งสองข้าง ตัวอย่างตามตำแหน่งเสาไฟฟ้าต้นที่ 2 และ 3 แต่ในกรณีรับแรงดึงด้านเดียวอุปกรณ์ฯ จะรับแรงดึง 2,012.64 kgf. ตัวอย่างตามเสาไฟฟ้าต้นที่ 1 ดังนั้นไม่ควรนำอุปกรณ์ฯ ไปติดตั้ง ณ ตำแหน่ง Dead End

โดยสรุปอุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสารรองรับสาย OFC ได้สูงสุดจำนวน 3 เส้น ที่ระยะห่างเสาสูงสุด 80 เมตร อุปกรณ์ฯ รับน้ำหนักสายรวม 80.00 kg. เป็นข้อมูลในการออกแบบ

#### 4.1.2.2 ออกแบบและผลิตต้นแบบอุปกรณ์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร

จากข้อสรุปเบื้องต้นอุปกรณ์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร เน้นออกแบบรองรับสาย OFC ที่อุปกรณ์ฯ ที่จะออกแบบนี้รองรับสาย OFC ได้สูงสุด 3 เส้นที่ระยะห่างเสาไฟฟ้าสูงสุด 80 เมตร รับน้ำหนักสาย 80.00 kg. นั้น

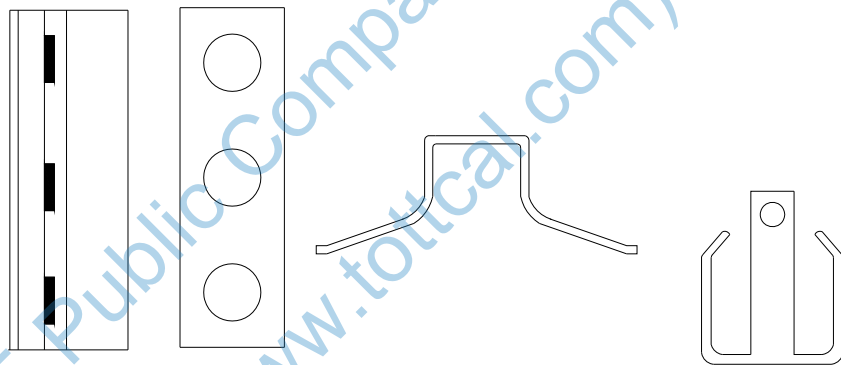


ภาพประกอบที่ 11. การติดตั้งสายสื่อสารบนเสาไฟฟ้าแนวตั้งและแนวนอน

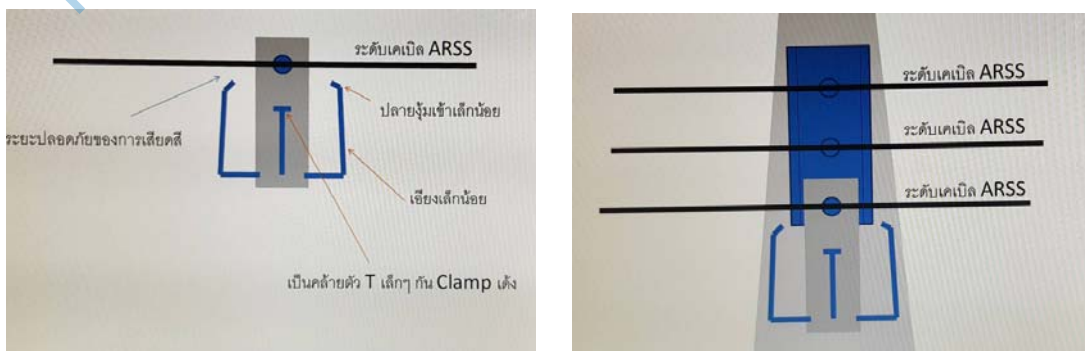
รูปแบบการติดตั้งสาย OFC กับเสาไฟฟ้ามีสองรูปแบบ รูปแบบแรกติดตั้งด้วยอุปกรณ์ติดตั้งกับรูเสาโดยตรง กรณีมีสายสื่อสารมากกว่าหนึ่งเส้น กฟน. และ กฟภ. กำหนดให้ติดตั้งสายสื่อสารได้เพียงแนวเดียว จำเป็นต้องติดตั้งคอนกับเสาไฟฟ้าจากนั้นนำสายสื่อสารไปติดตั้งบนคอนฯ แทนโดยตรงกับรูเสาไฟฟ้า แต่ในทางปฏิบัติสายสื่อสารที่มีจำนวนไม่มากผู้ให้บริการสื่อสารที่พาดสายสื่อสารบนเสาไฟฟ้าเพิ่มเติมจะเลือกติดตั้งกับรูของเสาไฟฟ้าที่ว่างระดับบนหรือล่างจากจุดติดตั้งเดิม แทนการติดตั้งคอนฯ เพื่อปฏิบัติการข้อกำหนดของ กฟน. และ กฟภ.

บางกรณีมีคอนฯ ติดตั้งอยู่แล้วแต่ไม่รู้ว่างบนคอนฯ ไม่สามารถติดตั้งเพิ่มได้ เนื่องจากคอนฯ ส่วนมากจะผลิตจากเหล็กรูปร่างตัว C ตามมาตรฐาน มอก. หุ้มฉนวน ไม่สามารถเจาะรูเพิ่มในภายหลังได้ แนวทางแก้ปัญหาเมื่อติดตั้งสายสื่อสารเพิ่มเติม เช่น ติดตั้งปะกับเพิ่มเติม พาดสายสื่อสารบนคอนโดยตรง

ดังนั้นการออกแบบอุปกรณ์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสารกำหนดเป้าหมายต้องสามารถใช้งานทั้งแนวตั้ง (ติดตั้งตรงกับเสาไฟฟ้า) และแนวนอน (ติดตั้งเสริมบนคอนฯ) รองรับปัญหาตำแหน่งที่จะติดตั้งสาย OFC เสาไฟฟ้านั้นไม่มีรูว่าง หรือรูเสาที่ว่างไม่ตรงกับระดับความสูงที่ต้องการ



ภาพประกอบที่ 12. ร่างต้นแบบอุปกรณ์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสารและอุปกรณ์แขวนสายกระจาย



ภาพประกอบที่ 13. แนวทางเพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสารและอุปกรณ์แขวนสายกระจาย

จากแนวคิดตามภาพประกอบที่ 9. ได้ร่างแบบอุปกรณ์ฯ และแนวทางเพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสารและอุปกรณ์แขวนสายกระจาย ตามภาพประกอบที่ 12. และ 13. โดยตั้งสมมุติฐานหลายรูปแบบ

เช่น บริการ FTTx เส้นทางนั้นต้องการแขวนสาย OFC เพียงเส้นเดียวแต่มีจำนวนสายกระจายหลายเส้น หรือ เส้นทางนั้นต้องการแขวนสาย OFC หลายเส้นและต้องการติดตั้งสายกระจายหลายเส้นด้วย สามารถเพิ่มตำแหน่งคล้องเกี่ยวสายกระจายด้านล่างได้ตามการใช้งาน

เป้าหมายอุปกรณ์ฯ นี้ต้องสามารถติดตั้งกับตำแหน่งที่มีรูเสาไฟฟ้าหรือคอนฯ หรือไม่มีรูให้ติดตั้งก็ได้ กรณีมีรูสามารถใช้ Bolt สอดยึดตรงกับรูนั้น ๆ กรณีไม่มีรูสำหรับติดตั้งด้วยสายรัด Stainless Steel Bands and Buckles



ภาพประกอบที่ 14. Stainless Steel Bands and Buckles

จากเป้าหมายการออกแบบอุปกรณ์ฯ นี้รับน้ำหนักสาย 80.00 kg. ขณะที่ข้อกำหนด Stainless Steel Bands and Buckles มีค่า Breaking Strength  $\leq 500 \text{ kgf}$ . [4] คิดเป็นร้อยละ 625 หรือ 7.81 เท่าของน้ำหนักใช้งาน คำนวณที่การใช้งานเส้นเดียว แต่การใช้งานแนะนำให้ใช้สองเส้น ป้องกันอุปกรณ์ฯ บิดตัวไปด้านใดด้านหนึ่งจากปัญหาแรงดึงสาย OFC ซ้าย-ขวา ไม่เท่ากัน ดังนั้นค่าความปลอดภัยสูงถึง 15.62 เท่าของการใช้งาน (อายุใช้งานสาย OFC มาตรฐานกำหนดมากกว่า 25 ปี)

มาตรฐานค่าความปลอดภัย (Safety Factor) ของ เชือก รอก ลวดสลิง กำหนดที่ 5.00 เท่าของน้ำหนักใช้งาน ดังนั้นจากมาตรฐานความปลอดภัยอุปกรณ์ฯ นี้สามารถนำ Stainless Steel Bands and Buckles มารัดอุปกรณ์ฯ กับเสาไฟฟ้าได้ ณ ตำแหน่งที่ไม่มีรูเสาได้ทุกจุดอย่างปลอดภัย

จากแนวคิดตามภาพประกอบที่ 9. และแนวคิดตามภาพประกอบที่ 12. และ 13. คณะทำงานได้ออกแบบและผลิตต้นแบบอุปกรณ์จำนวน 5 Version เพื่อทดลองในห้องปฏิบัติการและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการใช้งานตามภาพประกอบที่ 15. รายละเอียดดังนี้

- 1) ติดตั้งสาย OFC จำนวน 1 เส้น มีอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายด้านล่างเชื่อมติดขึ้นเดียวกัน จำนวน 3 แกน สำหรับคล้องอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายได้แกนละ 5 เส้น แนว ซ้าย-ขวา และแกนที่ทำมุม  $90^\circ$
- 2) ติดตั้งสาย OFC จำนวน 2 เส้น มีอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายด้านล่างเชื่อมติดขึ้นเดียวกัน จำนวน 3 แกน สำหรับคล้องอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายได้แกนละ 5 เส้น แนว ซ้าย-ขวา และแกนที่ทำมุม  $90^\circ$

- 3) ติดตั้งสาย OFC จำนวน 3 เส้น อุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายด้านล่างเชื่อมติดขึ้นเดียวกัน จำนวน 2 แกน สำหรับคล้องอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายได้แกนละ 5 เส้น แนว ซ้าย-ขวา
- 4) ติดตั้งสาย OFC จำนวน 3 เส้น อุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายด้านล่างแยกส่วนออกมา สามารถติดตั้งภายหลังเมื่อจำเป็นต้องใช้งานจำนวน 2 แกน สำหรับคล้องอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายได้แกนละ 5 เส้น แนว ซ้าย-ขวา
- 5) ติดตั้งสาย OFC จำนวน 3 เส้น อุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายด้านล่างแยกส่วนออกมา สามารถติดตั้งภายหลังเมื่อจำเป็นต้องใช้งานจำนวน 3 แกน สำหรับคล้องอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายได้แกนละ 5 เส้น แนว ซ้าย-ขวา และแกนที่ทำมุม  $90^{\circ}$



ภาพประกอบที่ 15. ต้นแบบอุปกรณ์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร Version ต่าง ๆ



ภาพประกอบที่ 16. นำต้นแบบระดมสมองผู้เกี่ยวข้อง ณ สถาบันวิชาการ ทีไอที

ผลการทดลองต้นแบบอุปกรณ์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสารทั้ง 5 Version ในห้องปฏิบัติการ และนำต้นแบบสอบถามหน่วยงานติดตั้งข่ายสาย OFC พร้อมระดมสมองผู้เกี่ยว ณ ศูนย์พัฒนาและจัดฝึกอบรม สังกัดส่วนพัฒนาองค์ความรู้และอบรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สถาบันวิชาการ ทีโอที ตามภาพประกอบที่ 16.



ภาพประกอบที่ 17. ต้นแบบอุปกรณ์ฯ ติดตั้งสาย OFC ได้ 3 เส้นและอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายได้ แกนละ 5 เส้น 2 แกนแนว ซ้าย-ขวา และ 3 แกน (เพิ่มแกนมุม  $90^{\circ}$ )

ผลการทดลองภาพรวมคณะทำงานเลือกรูปแบบที่ 5) ติดตั้งสาย OFC จำนวน 3 เส้น แต่ อุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายด้านล่างที่เป็นอุปกรณ์ประกอบสำหรับคล้องอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายยังไม่สรุปว่าจะเลือกแกนแนว ซ้าย-ขวา หรือจะเลือกแบบ 3 แกนที่เพิ่มมุม  $90^{\circ}$  ดังนั้นประเด็นเรื่องอุปกรณ์ ประกอบแขวนสายกระจายจึงแขวนไว้ก่อน คอยศึกษาเพิ่มเติมเพื่อสรุปผลภายหลัง



ภาพประกอบที่ 18. ต้นแบบอุปกรณ์ฯ ที่ผ่านการคัดเลือกและ Stainless Steel Bands and Buckles

การติดตั้งอุปกรณ์กับเสาไฟฟ้าสามารถติดตั้งได้ 2 วิธี คือยึดด้วย Bolt กับรูเสาไฟฟ้าหรือคองฯ ที่ว่าง หรือใช้ Stainless Steel Bands and Buckles ที่มีชุดล็อกสำเร็จรูปเพื่อความสะดวกในการ

ใช้งานตามภาพประกอบที่ 18. รัตอุปกรณ์กับเสาไฟฟ้า โครงสร้างเสาไฟฟ้าด้านปลายจะเล็กกว่าด้านโคน เสาสามารถป้องกันอุปกรณ์ฯ ลื่นไหลต่ำลงได้

สั่งผลิตต้นแบบอุปกรณ์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสารจำนวน 1,000 ชิ้น พร้อม Bolt ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5/8 x 3 นิ้ว จำนวน 1,000 ชิ้น เพื่อนำต้นแบบทดลองใช้งานภาคสนาม

## 5. ทดลองใช้งานภาคสนาม

จากผลการดำเนินงานขั้นตอนออกแบบ ระดมสมอง ผลิตต้นแบบหลาย ๆ รูปแบบ นำต้นแบบไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ จนได้รูปแบบที่ต้องการคณะทำงานได้สั่งผลิตต้นแบบอุปกรณ์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสารพร้อม Bolt ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5/8 X 3 นิ้ว จำนวน 1,000 ชุด เพื่อทดลองใช้งานภาคสนามตามภาพประกอบที่ 19.



ภาพประกอบที่ 19. ผลิตต้นแบบอุปกรณ์ฯ จำนวน 1,000 ชุด เพื่อทดลองภาคสนาม

คณะทำงานทดลองติดตั้งต้นแบบฯ ภาคสนาม ณ เขตพื้นที่ส่วนบริการลูกค้าจังหวัดราชบุรี เน้นเส้นทางที่ไม่มีคอนฯ และจำนวนสาย OFC มากกว่า 1 เส้น รูปแบบการติดตั้งมี 2 รูปแบบ

- 1) ติดตั้งกับเสาไฟฟ้าโดยใช้ Bolt ยาวยึดกับรูเสาไฟฟ้า คัดเลือกความยาวของ Bolt ที่มีความยาวพอจะติดตั้งสาย OFC ด้านปลายได้ สาย OFC อีก 2 เส้นติดตั้งด้วย Bolt 5/8 X 3 นิ้ว
- 2) ติดตั้งกับเสาไฟฟ้าด้วย Stainless Steel Bands and Buckles ที่มีชุดล็อกสำเร็จรูป จากนั้นติดตั้งสาย OFC 3 เส้นด้วย Bolt 5/8 X 3 นิ้ว





ภาพประกอบที่ 20. ทดลองติดตั้งต้นแบบอุปกรณ์ฯ ภาคสนาม

ผลการทดลองภาคสนามได้ผลตอบรับเป็นที่น่าพอใจ สามารถติดตั้งได้รวดเร็ว แนวสายสวยงามและลดต้นทุนอุปกรณ์ ต้นแบบอุปกรณ์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสารราคาชิ้นละ 70 บาท Bolt 5/8 X 3 นิ้ว ชุดละ 17 บาท จากปกติกรณีที่ใช้เสาไฟฟ้าต้นนั้น ๆ ไม่มีรูเสาดังใช้ Pole Brackets ต้นทุนชุดหนึ่งมากกว่า 200 บาท (ติดตั้งสาย OFC ได้เพียงเส้นเดียว)

อุปกรณ์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสารรองรับการติดตั้งสาย OFC ได้สูงสุด 3 เส้น กรณีที่เส้นทางนั้น ๆ ติดตั้งสาย OFC เพียงเส้นเดียว ต้องติดตั้ง Bolt ในรูที่ยังไม่ใช้งานไว้ล่วงหน้าเนื่องจากไม่สามารถติดตั้ง Bolt เข้ากับรูของอุปกรณ์ฯ ภายหลังได้ ถ้าจะติดตั้งต้องตัด Stainless Steel Bands and Buckles ออกเพื่อสอด Bolt เข้าไปในรู ในแง่การลงทุนไม่คุ้มทุนเพราะต้องติดตั้ง Bolt รอคอยการติดตั้งสาย OFC เพิ่มในภายหลัง

จากปัญหาเรื่องต้นทุนในการติดตั้ง Bolt สำรองรองรับการติดตั้งสาย OFC เพิ่มเติมภายหลัง กรณีถ้าไม่มีการติดตั้งสาย OFC เพิ่มเติมตามที่วางแผนไว้ Bolt สำรองที่ติดตั้งสำรองไว้ไม่ถูกนำมาใช้งาน ซึ่งเป็นการลงทุนที่สูงเกินไป จากการวิเคราะห์อุปกรณ์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสารที่กำหนดติดตั้ง 3 รู อย่างน้อยมีรูหนึ่งที่ต้องใช้งานตั้งแต่ติดตั้งใช้งาน แต่อีก 2 รูที่เหลือถ้าไม่ใช้งานในขณะนั้นต้องออกแบบให้สามารถเพิ่ม Bolt ในภายหลังได้

คณะทำงานร่วมกับโรงงานผู้ผลิต (บริษัท พี.ยู.บี. แอคเซสซอรี จำกัด) หาแนวทางออกแบบอุปกรณ์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร ให้ 2 รูที่ยังไม่ใช้งานตอนติดตั้งในขณะนั้นสามารถเพิ่ม Bolt ในภายหลังได้ โดยเขาระงับบนสันของอุปกรณ์ฯ ระหว่างรู 2 รูเป็นร่องยาวถึงกัน เมื่อต้องการเพิ่ม Bolt เมื่อต้องการติดตั้งสาย OFC เพิ่ม เพียงสอดหัว Bolt ทำมุมเอียงเข้าไปในร่องที่เขาระหว่างรู 2 รู เมื่อหัว Bolt สอดเข้าอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว เลื่อนตำแหน่ง Bolt ไปยังตำแหน่งที่ต้องการก่อนขันอัด Nut ลักษณะร่องที่เขาระหว่างรูตามภาพประกอบที่ 22.



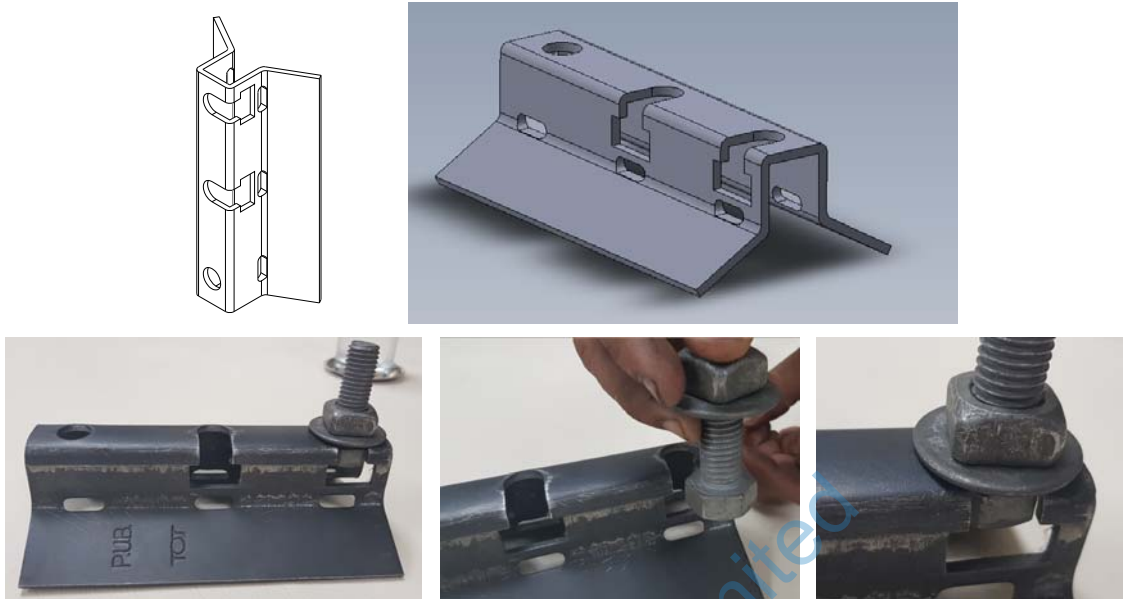
ภาพประกอบที่ 21. ออกแบบอุปกรณ์ฯ ให้สามารถเพิ่ม Bolt รูที่ยังไม่ได้ใช้งานภายหลัง



ภาพประกอบที่ 22. ต้นแบบ Version 6. เซาะร่องบนสันของอุปกรณ์ฯ ระหว่างรู 2 รูเป็นร่องยาวถึงกัน

ต้นแบบ Version 6. แก้ไขด้วยวิธีการเซาะร่องบนสันของอุปกรณ์ฯ ระหว่างรู 2 รูเป็นร่องยาวถึงกัน ความยาวร่องสามารถสอดหัว Bolt เข้าไปได้ (ต้องทำมุมเอียงขณะสอด) สามารถแก้ปัญหาไม่ต้องติดตั้ง Bolt สำรองล่วงหน้า แต่ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ เมื่อถ่วงลูกตุ้มน้ำหนักและทดลองแกว่งลูกตุ้ม Bolt ที่ขันอัดด้วย Nut ถ้าไม่แน่นพอ Bolt จะมีการเคลื่อนตัวเลื่อนไหลลงต่ำ ดังนั้นต้นแบบ Version 6. ที่เซาะร่องบนสันของอุปกรณ์ฯ ไม่เหมาะกับการใช้งาน

จากปัญหาต้นแบบ Version 6. เจอปัญหาเมื่อ Bolt ที่สอดในร่องหลอม Bolt จะเคลื่อนไหลลงต่ำ แก้ไขต้นแบบ Version 7. ออกแบบโดยเซาะร่องด้านข้างที่รูของอุปกรณ์ฯ ให้สามารถเพิ่ม Bolt ภายหลังได้



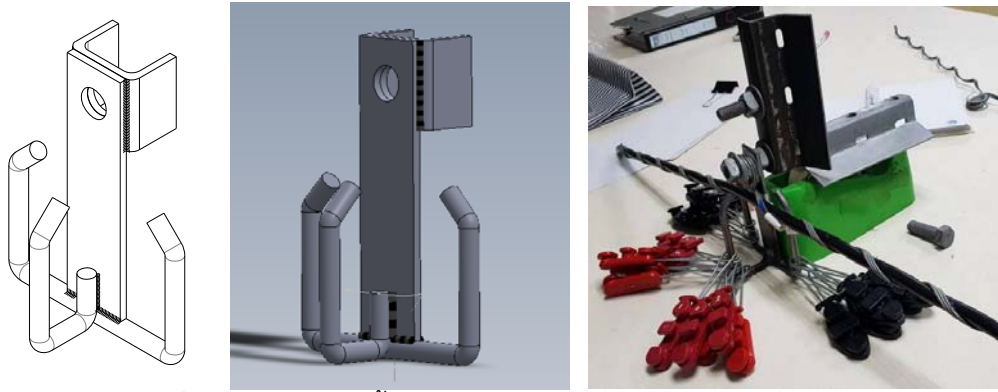
ภาพประกอบที่ 23. ต้นแบบ Version 7. เซาะร่องที่รูบนสันของอุปกรณ์ฯ มาด้านข้าง

ต้นแบบ Version 7. ออกแบบด้วยวิธีเซาะร่องที่รูบนสันของอุปกรณ์ฯ กำหนดความกว้างของร่อง 2 ขนาด จากรูสำหรับสอด Bolt เซาะร่องความกว้างเท่ากับรูที่สันมาด้านข้าง ร่องที่เซาะด้านข้างเมื่อต่ำกว่าหัว Bolt ให้ขยายร่องกว้างกว่าหัว Bolt เล็กน้อย เพื่อให้สามารถสอดหัว Bolt เข้าไปได้ รายละเอียดตามภาพประกอบที่ 23.

เมื่อต้องการติดตั้ง Bolt เพิ่มเติม เพียงสอดให้ Bolt ที่ร่องด้านข้างซึ่งออกแบบให้โตกว่าอยู่แล้ว ดันแกน Bolt ไปสุดจนชนกับขอบรูทรงกลมบนสันของอุปกรณ์ฯ ดึง Bolt ให้หัว Bolt ชิดแผ่นด้านในของสัน ติดตั้งสาย OFC และขันอัด Nut ตามขั้นตอนติดตั้งปกติ ความกว้างสันจะช่วยล็อกหัว Bolt ไม่ให้หมุนตามเมื่อขันอัด Nut

ปัญหาอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายด้านล่างที่แยกส่วนออกมาสำหรับติดตั้งสายกระจาย อุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายปิดตัวเมื่อแรงดึงด้าน ซ้าย-ขวา ไม่สมดุลกัน ปลายแกนมุมน้อยไป มีความเสี่ยงที่อุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายอาจหลุดออกจากแกนได้ ป้องกันโดยออกแบบแผ่นตัว U เพิ่มเติมบริเวณรูยึด และเพิ่มความโค้งงอของปลายแกนคล้องเกี่ยวอุปกรณ์ฯ ติดตั้งสายกระจายให้โค้งงอเข้ามาทำมุมประมาณ  $135^{\circ}$  ตามภาพประกอบที่ 24.

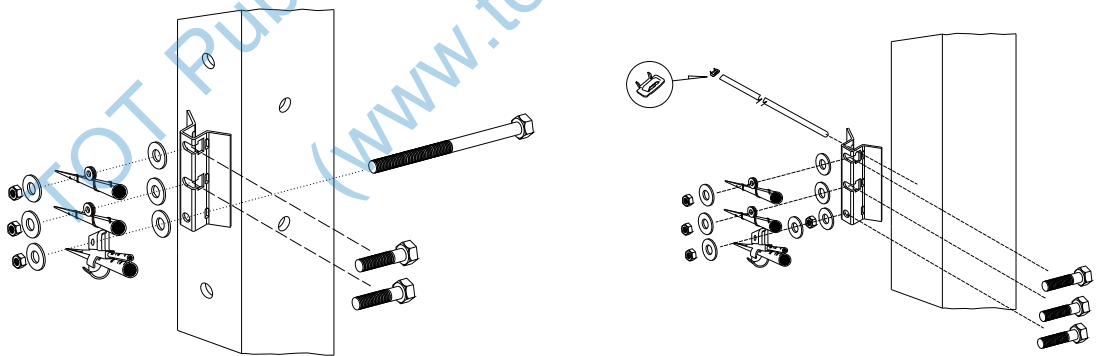
หลังจากผลิตต้นแบบ Version 7 ตามภาพประกอบที่ 23. นำต้นแบบทดลองในห้องปฏิบัติการ ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการติดตั้งอุปกรณ์ฯ กับเสาไฟฟ้าด้วย Stainless Steel Bands and Buckles ที่มีชุดล็อกสำเร็จรูป จากนั้นถ่วงน้ำหนักปลาย Bolt แต่ละรูที่น้ำหนัก  $500\text{ kg}$ . (ทดสอบครั้งละรูไม่พร้อมกัน) จากน้ำหนักสาย OFC 3 เส้นที่แขวนใช้งานจริงพร้อมกันประมาณ  $80\text{ kg}$ . อุปกรณ์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสารมีสภาพปกติ



ภาพประกอบที่ 24. อุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายออกแบบแผ่นตัว U เพื่อล็อคไม่ให้บิดตัว

ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการและภาคสนามต้นแบบ Version 6 และนำจุดบกพร่องมาปรับปรุงต้นแบบ Version 7 ทดสอบในห้องปฏิบัติการ คณะทำงานมีความเห็นว่าสามารถนำผลการทดลองภาคสนามต้นแบบของ Version 6 มาอ้างอิงได้ เพราะลักษณะรูปแบบคล้ายกัน เพียงแต่ปรับปรุงให้สามารถติดตั้ง Bolt เข้ากับอุปกรณ์ภายหลังได้ พร้อมปรับปรุงอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายแวนสายกระจายโดยเพิ่มแผ่นรูปตัว U ป้องกันการบิดตัว

อุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร เมื่อติดตั้งสาย OFC เพิ่มเติมกรณีรูเสาไฟฟ้าต้นนั้น ๆ ใช้งานอยู่แล้ว สามารถถอดอุปกรณ์ติดตั้งเดิมจากรูเสาต้นนั้น นำอุปกรณ์ฯ นี้ไปติดตั้งแทนสามารถเพิ่มจำนวนสาย OFC จากเดิมติดตั้งได้เพียงเส้นเดียว ขยายเพิ่มได้อีก 2 เส้น (รวมสาย OFC เส้นเดิมสูงสุด 3 เส้น)

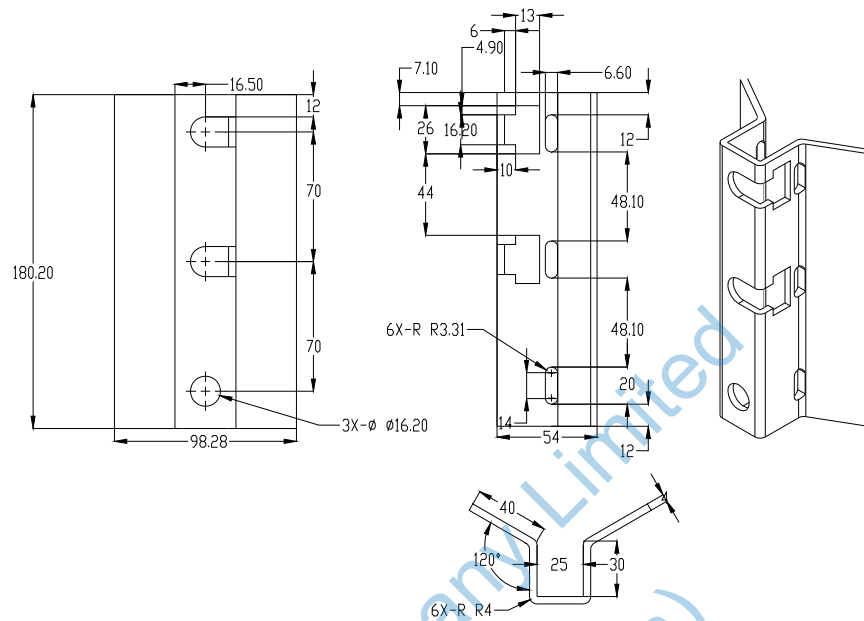


ภาพประกอบที่ 25. รูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร 2 รูปแบบ

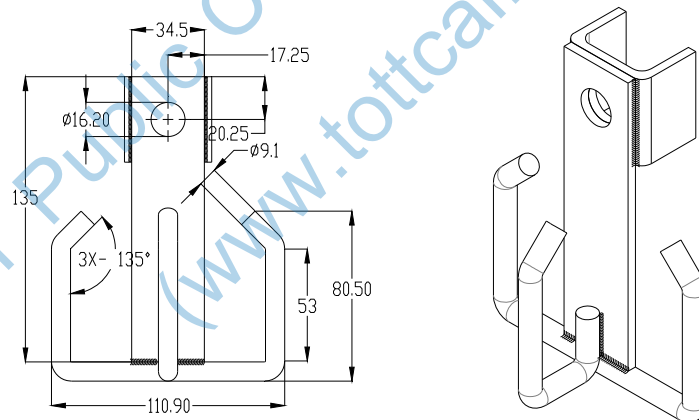
สรุอุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร (universal pole bracket) สามารถติดตั้งใช้งานทั้งแนวตั้ง (ติดตั้งตรงกับเสาไฟฟ้า) และแนวนอน (ติดตั้งเสริมบนคอนฯ) รองรับปัญหาตำแหน่งที่จะติดตั้งสาย OFC เสาไฟฟ้าต้นนั้นไม่มีรูว่าง หรือรูเสาที่ว่างไม่ตรงกับระดับความสูงที่ต้องการได้ โดยใช้ต้นแบบ Version 7 ตามภาพประกอบที่ 23.

รูปแบบการติดตั้งกับเสาไฟฟ้า มี 2 รูปแบบ รูปแบบแรกใช้ Bolt ยาวยึดกับรูเสาไฟฟ้า คัดเลือกความยาวของ Bolt ที่มีความยาวพอจะติดตั้งสาย OFC ด้านปลายได้ สาย OFC อีก 2 เส้น

ติดตั้งด้วย Bolt 5/8 X 3 นิ้ว ตามภาพประกอบที่ 25. (ซ้ายมือ) รูปแบบที่สองใช้ Stainless Steel Bands and Buckles ที่มีชุดล็อกสำเร็จรูป จากนั้นติดตั้งสาย OFC 3 เส้นด้วย Bolt 5/8 X 3 นิ้ว ตามภาพประกอบที่ 25. (ขวามือ)



ภาพประกอบที่ 26. แบบอุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสารที่จัดทำข้อกำหนด



ภาพประกอบที่ 27. แบบอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายที่จัดทำข้อกำหนด

โดยสรุปอุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร (Universal Pole Bracket) เลือกใช้ Version 7 ที่ออกแบบให้สามารถเพิ่ม Bolt ที่รูของอุปกรณ์ฯ ในภายหลังได้เมื่อต้องการติดตั้งสาย OFC เพิ่มเติม และอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายที่เป็นทางเลือก (Option) สามารถติดตั้งเพิ่มภายหลังสำหรับติดตั้งสายกระจายเลือกใช้รุ่นที่มีแผ่นตัว U บริเวณรูยึด แกนสำหรับคล้องอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจาย 3 แกน คล้องสายกระจายได้แกนละ 5 เส้น แนว ซ้าย-ขวา และแกนที่ทำมุม  $90^{\circ}$  ปลายแกนทั้ง 3 แกน ส่วนปลายโค้งงอเข้าทำมุมประมาณ  $135^{\circ}$

อุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสารและอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจาย ได้ยื่นจดสิทธิบัตรการประดิษฐ์ และสิทธิบัตรการออกแบบโดย บมจ.ทีโอที เป็นเจ้าของสิทธิ์ พร้อมได้ออกข้อกำหนด Universal Pole Bracket OES-003-124-01 [5] รูปแบบตามภาพประกอบที่ 26. และ 27. พร้อมจัดซื้อจัดหามาใช้ในองค์กร ซึ่งจะประชาสัมพันธ์ให้ผู้เกี่ยวข้องทราบต่อไป

## 6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากปัญหาการพาดสาย OFC กับเสาของ กฟน. และ กฟภ. เพิ่มเติมตำแหน่งเสาไฟฟ้าต้นนั้น ๆ ไม่มีรูเสาวาง หรือรูเสาที่วางไม่ตรงกับระดับความสูงที่ต้องการ อีกปัญหาหนึ่งคือคอนพาดสายสื่อสารจำนวนรูบนคอนฯ ไม่เพียงพอ จากปัญหาข้างต้น บมจ. ทีโอที ได้มอบหมายให้ สถาบันนวัตกรรม ทีโอที (นฐ.) สังกัดสำนักสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐาน หน่วยธุรกิจโครงสร้างพื้นฐาน (BU1) ร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องศึกษาหาแนวทางแก้ไขปัญหา และ/หรือ ออกแบบ อุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร (Universal Pole Bracket) ที่เหมาะสมมาใช้งานใน ทีโอที

แนวทางแก้ปัญหามือตำแหน่งบนเสาไฟฟ้าต้นนั้น ๆ ไม่มีรูเสาวาง จะใช้ชุดอุปกรณ์ Pole Brackets จับยึดกับเสาไฟฟ้าโดยตรงต้นท่อนอุปกรณ์ราคาสูง กรณีคอนฯ จะใช้ปะกับเสริม ซึ่งจะติดตั้งสาย OFC ได้เพียงเส้นเดียว

คณะทำงานได้ศึกษาแรงกระทำจากสาย OFC ต่ออุปกรณ์จับยึด กำหนดเป้าหมายออกแบบอุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสาย OFC ได้สูงสุดจำนวน 3 เส้น ที่ระยะห่างเสาสูงสุด 80 เมตร ผลการศึกษาอุปกรณ์ฯ รับน้ำหนักสายรวม 80.40 kg. ณ ตำแหน่งที่อุปกรณ์ฯ อยู่กึ่งกลาง (ดึงสาย OFC ซ้าย-ขวา) อุปกรณ์ฯ รับแรงดึงเข้าใกล้ศูนย์เนื่องจากมีแรงดึงทั้งสองข้าง ในกรณีรับแรงดึงด้านเดียว อุปกรณ์ฯ จะรับแรงดึง 2,012.64 kgf. ดังนั้นไม่ควรนำอุปกรณ์ฯ ไปติดตั้ง ณ ตำแหน่ง Dead End

จากแรงกระทำที่เกิดกับอุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสาย OFC ได้ศึกษา ผลิตภัณฑ์แบบรวม 6 Version สามารถติดตั้งกับเสาไฟฟ้าหรือคอนฯ ที่มีรูเดียวให้สามารถติดตั้งสาย OFC ได้สูงสุด 3 เส้น และใช้ Stainless Steel Bands and Buckles ที่มีชุดล็อคสำเร็จรูปกรณีเสาหรือคอนฯ นั้น ๆ ไม่มีรูเสาวาง ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการและภาคสนามสามารถแก้ปัญหาเสาหรือคอนฯ ไม่เพียงพอได้

อุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร เมื่อติดตั้งสาย OFC เพิ่มเติมกรณีเสาไฟฟ้าต้นนั้น ๆ ใช้งานอยู่แล้ว สามารถถอดอุปกรณ์ติดตั้งเดิมจากเสาต้นนั้น นำอุปกรณ์ฯ นี้ไปติดตั้งแทนสามารถเพิ่มจำนวนสาย OFC จากเดิมติดตั้งได้เพียงเส้นเดียว ขยายเพิ่มได้อีก 2 เส้น (รวมสาย OFC เส้นเดิมสูงสุด 3 เส้น)

เส้นทางขายสายเส้นนั้นมีจำนวนสายกระจายจำนวนมาก โครงการนี้ได้ออกแบบอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายเป็นอุปกรณ์เสริม (Option) แยกส่วนออกมา กรณีต้องการใช้งานเพียงติดตั้งอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายกับรูล่างสุดของอุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร ภายหลังเมื่อจำเป็นออกแบบใช้งานได้จำนวน 3 แกน สามารถคล้องอุปกรณ์ติดตั้งสายกระจายได้แกนละ 5 เส้น แนว ซ้าย-ขวา และแกนที่ทำมุม 90°

อุปกรณ์เอนกประสงค์เพิ่มจุดติดตั้งสายสื่อสาร (Universal Pole Bracket) สามารถเพิ่ม Bolt ที่รูของอุปกรณ์ฯ ในภายหลังได้เมื่อต้องการติดตั้งสาย OFC เพิ่มเติม ทั้งนี้อุปกรณ์ฯ ได้ยื่นจดสิทธิบัตรการประดิษฐ์ และสิทธิบัตรการออกแบบโดย บมจ.ทีโอที เป็นเจ้าของสิทธิ์ พร้อมได้ออกข้อกำหนด Universal Pole Bracket OES-003-124-01 [5] พร้อมนำมาใช้งานเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรประชาสัมพันธ์ให้ผู้เกี่ยวข้องทราบ

### ผู้เข้าร่วมโครงการ

1. คณะทำงานตามคำสั่งส่วนบริการทดสอบและสอบเทียบที่ 5/2561 เรื่อง “แต่งตั้งคณะทำงานศึกษาแก้ไขปัญหาการพาดสายสื่อสารกับเสาไฟฟ้า ณ ตำแหน่งที่มีข้อจำกัดในการจับยึด” นายศักดิ์สิทธิ์ จิระเสวี หัวหน้าคณะทำงาน ลงวันที่ 7 พฤษภาคม 2561
2. ส่วนบริการลูกค้าจังหวัดราชบุรี
3. ศูนย์มาตรฐานระบบข่ายสายและอุปกรณ์โทรคมนาคมปลายทาง ส่วนพัฒนาโทรศัพท์ประจำที่และบรอดแบนด์
4. ส่วนพัฒนาองค์ความรู้และอบรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สถาบันวิชาการ ทีโอที
5. ศูนย์วางแผนและออกแบบระบบต่อนอก ส่วนปฏิบัติการระบบต่อนอกที่ 1.1
6. บริษัท พี.ยู.บี. แอคเซสซอรี จำกัด
7. บริษัท เอ็นดับบลิวก้าวไกล อุตสาหกรรม จำกัด
8. ห้างหุ้นส่วนจำกัด พีเอสไอเพาเวอร์

**เอกสารอ้างอิง**

- [1] Telephone Organization of Thailand, Outside Plant Standard Sector Specification No. OES-004-030-04 Issued; February 2007 “Single Mode Optical Fiber Cable (OFC for Core Network)”
- [2] Telephone Organization of Thailand, Outside Plant Standard Sector Specification No. OSE-004-045-02 Issued; February 2007 “ADSS OFC (All-Dielectric Self-Supporting Single Mode Optical Fiber Cable)”
- [3] TOT Public Company Limited, Outside Plant Standard Sector Specification No. OSE-004-054-01 Issued; November 2016 “ARSS OFC (Anti-Rodent Self-Supporting Single Mode Optical Fiber Cable)”
- [4] Telephone Organization of Thailand, Sector of Outside Plant Engineering Specification No .OSE-003-002-01 Issued; March 1998 “Stainless Steel Bands and Buckles”
- [5] TOT Public Company Limited, Fixed Line and Broadband Development Sector, Specification No .OES-003-124-01 Issued; November 2018 “Universal Pole Bracket”

TOT Public Company Limited  
(www.totcal.com)