

# การออกแบบเคเบิลเส้นใยนำแสงเพื่อป้องกันสัตว์กัดแทะชนิดกลมแบบฉนวนทั้งหมดสำหรับใช้งานการเข้าถึง

## Design of Anti-Rodent All-Dielectric Round Type Access Optical Cable

นฤทธิสมเจริญ<sup>1</sup> สำเภาพล<sup>1</sup> อธิคม<sup>2</sup> อุษบุตระ<sup>2</sup> และ สมมาตร แสงเงิน<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สถาบันนวัตกรรมทีโอที บมจ.ทีโอที naritsos@tot.co.th

<sup>2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร athikom12@gmail.com

<sup>3</sup>ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร sangngern@gmail.com

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบเคเบิลเส้นใยนำแสงชนิดกลมแบบฉนวนไม่มีโลหะเป็นส่วนประกอบและป้องกันสัตว์กัดแทะ สำหรับการใช้งาน ในโครงข่ายการเข้าถึงไปยังบ้านผู้ใช้ โดยการออกแบบโครงสร้างและเลือกใช้วัสดุที่มีในลอน-6 เป็นเปลือกหุ้ม ทำให้เคเบิลมีขนาดเล็กทนทานต่อการกัดแทะของสัตว์ ในขณะที่เดียวกันต้องมีคุณสมบัติทางกลและทางแสงเป็นไปตามมาตรฐานสากล

**คำสำคัญ:** ป้องกันสัตว์กัดแทะ เคเบิลสายกระจาย เคเบิลชนิดกลม

### Abstract

This paper presents the design of anti-rodent all-dielectric round type optical fiber cable for access network to the end user. The design focuses on the structure of the round type cable using nylon-6 for cable jacket to provide small size cable and the tolerance to the rodent whereas the optical and mechanical properties of the cable must agree with the international standard.

**Keywords:** anti-rodent, drop cable, round type cable

### 1. บทนำ

โครงข่ายสื่อสารโทรคมนาคมสำหรับการเข้าถึงอาคารที่พักอาศัยในปัจจุบันคือระบบ FTTx หรือ Fiber to the x (x อาจหมายถึง H = Home, B = Building/Business, C = Curb/Cabinet, N = Node, ฯลฯ) ซึ่งเป็นระบบที่ใช้เคเบิลเส้นใยนำแสงเป็นสายส่งสัญญาณ สำหรับการสื่อสารแบบ Broadband ทำให้มีความเร็วในการสื่อสารสูงมาก เคเบิลเส้นใยนำแสงในระบบ FTTx เป็นเคเบิลสายกระจาย (Drop Cable) ซึ่งจะถูกติดตั้งสำหรับการให้บริการปลายทาง (Last Mile) โดยเชื่อมต่อจากโหนดของผู้ให้บริการผ่านโครงข่ายกระจายสายหรือ ODN (Optical Distribution Network) ไปยังผู้ใช้ปลายทาง โดยมีความยาวเส้นใยนำแสงไม่เกิน 20 กิโลเมตร จำนวนเส้นใยนำแสงในเคเบิล 1 เส้นที่มาจากโหนดของผู้ให้บริการ อาจมีจำนวนมากตามจำนวนผู้ใช้บริการ (ลูกค้า) การติดตั้งเคเบิลมักใช้การพาดสายกับเสาไฟฟ้าไปตามเส้นทางต่าง ๆ และจะถูกแยกย้ายไปยังบ้านผู้ใช้ที่อยู่ในตำแหน่งที่ต่างกัน ด้วยอุปกรณ์แยกแสง หรือ Optical Splitter ทำให้จำนวนเส้นใยนำแสงที่ติดตั้ง

ไปยังผู้ใช้บริการแต่ละราย มีจำนวนลดลง โดยจำนวนเส้นใยนำแสงที่ใช้เมื่อถึงผู้ใช้ปลายทางจะมีจำนวนเพียง 1 หรือ 2 คอร์ เท่านั้น

โครงข่ายการเข้าถึงของผู้ประกอบการหลายรายในเมืองไทย เช่น บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) เลือกใช้ระบบ FTTx มาตรฐาน GPON (Gigabit Passive Optical Network) ตามมาตรฐานของ ITU-T G.984 ซึ่งกำหนดการรับส่งข้อมูลในระดับชั้นโพรโทคอลชั้นที่ 2 (OSI Layer 2 Protocol) รองรับ ATM, GPON Encapsulate Method (GEM) และ Ethernet ทำให้ GPON ได้รับความนิยมมากกว่ามาตรฐานอื่น ส่งผลให้การจัดหาและสั่งซื้ออุปกรณ์ในท้องตลาดมีความสะดวกช่วยให้เกิดความยืดหยุ่นในการดำเนินงานในการบริหารโครงข่าย

เนื่องจากระเบียบการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ปี พ.ศ. 2563 ว่าด้วยหลักเกณฑ์การติดตั้งสายสื่อสารบนเสาไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง กำหนดไว้ว่า ห้ามแขวนสายสื่อสารทุกชนิดที่มีสายสะพานรับแรงดึงโลหะกับเสาของ กฟน. ส่งผลกระทบต่อโครงข่าย ODN ของผู้ประกอบการโทรคมนาคมหลายราย รวมถึง บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) (NT) ซึ่งแต่เดิมมักใช้เคเบิลเส้นใยนำแสงชนิดที่มีสายสะพานรับแรงดึงโลหะเป็นส่วนประกอบ ทำให้ผู้ประกอบการต้องจัดหาเคเบิลสายกระจายที่เหมาะสม ทั้งนี้การออกแบบเคเบิลดังกล่าวมักเป็นองค์ความรู้เฉพาะที่จดสิทธิบัตรของนวัตกรรมและผู้ผลิตชั้นนำ [1] ดังนั้น เพื่อเป็นการลดต้นทุนการนำเข้าเทคโนโลยีในระยะยาว รวมถึงการสร้างองค์ความรู้ให้เกิดขึ้นภายในประเทศ เราจึงได้ทำการวิจัยและสร้างเคเบิลเส้นใยนำแสงแบบไม่มีโลหะสำหรับใช้งานในระบบ FTTx ขึ้นเอง และได้นำเสนอไปเมื่อปีที่แล้ว [2], [3] อย่างไรก็ตาม หลังจากที่ได้นำเคเบิลที่ออกแบบไปใช้งานจริงหลายพื้นที่ในประเทศ พบว่าเคเบิลดังกล่าวใช้งานได้ดี แต่กลับมีปัญหาโดนทำลายด้วยสัตว์กัดแทะ เช่น หนู กระรอก ฯลฯ

บทความนี้นำเสนอผลการวิจัยต่อยอดจากงานวิจัยที่ได้นำเสนอในปีที่แล้ว [2] โดยทำการออกแบบพัฒนาโครงสร้างเคเบิลชนิดกลมขึ้นใหม่ที่มีโครงสร้างเป็นฉนวนทั้งเส้น ไม่มีส่วนประกอบที่เป็นโลหะตามข้อกำหนดของ กฟน. มีขนาดเล็กสามารถใช้งานได้กับโครงข่าย FTTx และที่สำคัญต้องมีความทนทานต่อการกัดทำลายที่เกิดจากสัตว์ประเภทที่ชอบกัดแทะ (Rodent) ด้วย จากการทดลองสร้างเคเบิลต้นแบบแล้วทำการทดสอบทางกลและทางแสง พบว่าเป็นไปตามมาตรฐานสากลที่

กำหนด และเมื่อได้นำไปติดตั้งใช้งานเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 6 เดือน พบว่า ป้องกันการกัดแทะของสัตว์ได้

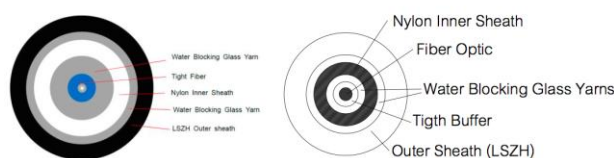
## 2. การออกแบบโครงสร้างเคเบิลดินแบบ

การศึกษาวิจัยเพื่อสร้างเคเบิลเส้นใยนำแสงดินแบบ เริ่มจากการสำรวจและเก็บปัญหาจากการติดตั้งและใช้งานเคเบิลเส้นใยนำแสงแบบสายกระจายที่ใช้ในโครงข่ายสื่อสารของ บมจ. ทีโอที (ชื่อเดิมของ NT) ที่ผ่านมาจากข้อมูลที่ได้พบว่าสายเคเบิลที่ต่อเชื่อมโยงเข้าอาคารสำหรับบริการ FTTx มีโครงสร้างเป็น 2 ลักษณะ คือ แบบแบน (Flat Type) และแบบกลม (Round Type) โดยเคเบิลแบบแบนจะมีเส้นใยนำแสงฝังอยู่ตรงเปลือกหุ้มเคเบิล เคเบิลแบบนี้เหมาะสำหรับการติดตั้งในเส้นทางที่มีระยะทางใกล้ ส่วนเคเบิลชนิดกลม เส้นใยนำแสงจะอยู่ในส่วนกลางแยกออกจากส่วนที่เป็นเปลือกหุ้ม ตัวเส้นใยนำแสงภายในจะเคลือบด้วยฉนวน ทำให้เหมาะสมกับการใช้งานในระยะทางที่ไกลขึ้นและกับสภาพการ ใช้งานในพื้นที่ที่มีผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมสูงได้ดี ในช่วงแรกของการให้บริการ FTTx นำร่องที่ภูเก็ต ได้ใช้เคเบิลชนิดแบนเมื่อใช้งานได้ระยะหนึ่งพบว่า เคเบิลชำรุดเสียหายหลังจากการแกว่งตามแรงลม เนื่องจากเปลือกหุ้มไม่มียึดหยุ่นส่งผลให้เส้นใยนำแสงในเปลือกหุ้มเสียหาย โดยปรกติระยะทางการติดตั้งสายกระจายของ บมจ. ทีโอที อยู่ที่ประมาณ 300 เมตร (m) ซึ่งยาวเกินไปสำหรับการใช้งานเคเบิลแบบแบน ต่อมา บมจ. ทีโอที จึงเปลี่ยนไปใช้เคเบิลแบบกลม เริ่มจากการใช้เคเบิลที่มีสายสะพาน (Messenger Wire) เป็นโลหะ เพราะต้องรับแรงดึงขณะใช้งาน เมื่อต้องพาดสายด้วยการแขวนบนเสาไฟฟ้าที่มีระยะห่าง (Span) 40 เมตร

ในระยะแรกเคเบิลสายกระจายชนิดกลมที่ใช้มีสองชนิด คือ ชนิดธรรมดาชนิดป้องกันสัตว์กัดแทะ ซึ่งทั้งสองชนิดนี้ เส้นใยนำแสงที่อยู่ด้านในภายใต้เปลือกหุ้มจะเป็นชนิดท่อแน่น (Tight-Buffered) ต่างกันตรงที่ ถ้าเป็นเคเบิลชนิดป้องกันสัตว์กัดแทะ จะเพิ่มส่วนป้องกันที่เป็นโลหะบางผลิตจาก Stainless Steel พันห่อหุ้มเส้นใยนำแสงชนิดท่อแน่นก่อนเคลือบด้วยเปลือกหุ้มชั้นนอก ซึ่งเคเบิลสายกระจายนี้ใช้งานได้ดีก่อนที่ กฟน. จะออกเกณฑ์ห้ามพาดสายเคเบิลสื่อสารที่มีส่วนประกอบที่เป็นโลหะในปี พ.ศ. 2563

คณะผู้วิจัยจึงได้นำเสนอ โครงสร้างเคเบิลเส้นใยนำแสงชนิดสายกระจายชนิดไม่มีโลหะ [2] และได้้นำไปติดตั้งใช้งานนำร่องในบางพื้นที่เป็นระยะทางรวมทั้งสิ้นประมาณ 90 กิโลเมตร อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้งานไปได้ช่วงเวลานึงกลับพบว่า เคเบิลนี้ไม่สามารถทนทานต่อการกัดแทะของสัตว์ได้คืบคืบ เนื่องจากแกนรับแรงดึงภายในด้วยตัวเองที่เป็นวัสดุพลาสติกเสริมแรงด้วยไฟเบอร์กลาสหรือ FRP (Fiber Reinforced Plastic) จำนวน 8 แกน ที่พันรอบเส้นใยแก้วชนิดท่อแน่น ไว้ภายในเกิดการแยกตัวออกเมื่อโดนสัตว์กัดแทะเปลือกนอกจนกร่อน ทำให้เส้นใยนำแสงภายในชำรุดเสียหาย ผู้วิจัยจึงต้องคิดหาวัสดุชนิดใหม่แทน FRP

ทั้งนี้วัสดุที่จะมาแทน ไม่เพียงแต่ต้องแก้ไขปัญหาคัดแทะของสัตว์ได้เท่านั้น แต่ยังต้องคำนึงถึงคุณสมบัติป้องกันการลามไฟ (Fire Retardant) ด้วย เนื่องจากเคเบิลสายกระจายต้องโยงจากภายนอก เข้าสู่ภายในอาคาร หากเกิดเพลิงไหม้ขึ้น ข่ายสายสื่อสารภายนอกอาคารต้องไม่ให้ไฟลุกลามผ่านสายเข้ามาภายในอาคารได้ ในการพิจารณาเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุต่าง ๆ หลายชนิด ในที่สุดได้เลือกใช้วัสดุที่เป็นเส้นใยพอลิเอไมด์ Polyamide) หรือ ไนลอน (Nylon) ชนิดที่มีชื่อว่า ไนลอน-6 (Nylon-6) ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์มาจาก Caprolactam ทั้งนี้ คุณสมบัติของไนลอน-6 มีลักษณะใสเมื่ออยู่ในสภาพฟิล์ม แต่เมื่อนำมาขึ้นรูปจะมีสีขาว ทึบแสง ไม่มีกลิ่น ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ทนความร้อนได้สูง โดยมีจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 180°C ถึง 200°C ดูดซับความชื้นน้อย ป้องกันการซึมผ่านของของเหลว/ไขมัน/ออกซิเจนและกลิ่นได้ดี ทนทานต่อ การกัดกร่อน/เสียดสี ทนต่อการบิด/พับงอ แข็งแรงขึ้นรูปง่าย แต่ก็ยังคงมีความยืดหยุ่น ไม่เสียรูปทรงง่าย และที่สำคัญคือมีสภาพเป็นฉนวนไฟฟ้า ไม่ติดไฟ และไม่ลามไฟ



รูปที่ 1 โครงสร้างของเคเบิลสายกระจายดินแบบที่ใช้ไนลอน-6

รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างของเคเบิลสายกระจายที่พัฒนาต่อออกมาจากที่ได้นำเสนอไปเมื่อปีที่แล้ว [2] ด้านในเคเบิลบรรจุเส้นใยนำแสงแบบท่อแน่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 900  $\mu\text{m}$  ห่อหุ้มด้วยใยวัสดุกันน้ำ (Water Blocking Glass Yarns) จากนั้นห่อหุ้มด้วยแผ่นบาง ของไนลอน-6 ก่อนหุ้มด้วยวัสดุกันน้ำอีกชั้น สุดท้ายเป็นเปลือกหุ้มเคเบิลที่ทำจากวัสดุชนิด LSZH (Low Smoke Zero Halogen) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเคเบิลทั้งเส้นคือ 5.6 mm ทั้งนี้ไม่สามารถทำให้เล็กกว่านี้ได้ เนื่องจากข้อจำกัดในกระบวนการผลิตไม่สามารถหลอมให้ไนลอน-6 บางกว่านี้ได้

จากโครงสร้างดินแบบนี้ ทีมผู้วิจัยได้สังเคราะห์เคเบิลดินแบบจำนวน 1000 เมตร เพื่อนำมาทดสอบทางแสงและทางกล ในการทดสอบทางกลได้ทดสอบการรับแรงดึงแบบทำลาย มีผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 1 จากการทดสอบกับสายตัวอย่างทดสอบจำนวน 5 เส้น พบว่าเคเบิลที่ได้ออกแบบนี้ รับแรงดึงแบบทำลายเฉลี่ยได้สูงถึง 2,593 นิวตัน (N) ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์ ทั้งนี้ค่ามาตรฐานการใช้งานสายกระจายชนิดกลมทั่วไปกำหนดให้ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 800 N ในส่วนของการทดสอบทางแสงและทางกลอื่น ๆ ในห้องปฏิบัติการ [4] ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกหัวข้อ อย่างไรก็ตาม เมื่อนำไปติดตั้งใช้งานในเขตพื้นที่ของการไฟฟ้านครหลวงกลับพบว่า เคเบิลรุ่นนี้ยังไม่สามารถป้องกันสัตว์กัดแทะได้ อีกทั้งเคเบิลดินแบบนี้มีต้นทุนการผลิตสูง และมีขนาดใหญ่ ทำให้อุปกรณ์จับยึดเคเบิล (Clamp) ที่มีอยู่เดิม ไม่สามารถจับยึดสาย

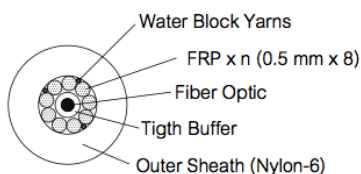
ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากติดตั้งเพื่อใช้งานจริง จะยิ่งทำให้ต้องเพิ่มต้นทุนยิ่งขึ้นไปอีก จึงไม่เหมาะกับสภาพการแข่งขันในปัจจุบัน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการรับแรงดึงแบบทำลายสายเคเบิล

ตัวอย่างทดสอบที่	ค่าแรงดึงทำลาย (N)
1	2,671.00
2	2,724.00
3	2,579.00
4	2,246.00
5	2,747.00
ค่าแรงดึงทำลายเฉลี่ย (N)	2,593.40

### 3. เคเบิลสายกระจายที่ใช้ในลอน-6 และป้องกันสัตว์กัดแทะได้

เนื่องจากในลอน-6 มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ ทีมวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะใช้พลาสติกในลอน-6เกรด Halogen-Free Flame Retardant ซึ่งมีคุณสมบัติป้องกันไฟติดและไฟลามเป็นเปลือกหุ้มแทน LSZH โดยกลับไปใช้วัสดุเสริมแรงด้วยไฟเบอร์กลาสหรือ FRP เป็นตัวรับแรงดึงแบบรับน้ำหนักตัวเองได้ ตามโครงสร้างของงานวิจัยก่อนหน้านี้ [1] ในที่สุดได้โครงสร้างเคเบิลใหม่แสดงดังรูปที่ 2 โดยแกนในสุดเป็นเส้นใยนำแสง 1 เส้นแบบท่อแน่นมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 900  $\mu\text{m}$  ตามมาตรฐาน ITU-G.657A/A1 จากนั้นพันรอบด้วยวัสดุกันน้ำ แล้ววางแกน FRP ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 mm จำนวน 8 แกน เป็นวงล้อมรอบเส้นใยแก้วเพื่อป้องกันสัตว์กัดแทะชั้นที่หนึ่ง พร้อมทั้งเป็นตัวรับแรงดึงแบบรับน้ำหนักตัวเองได้ ชั้นนอกสุดเป็นเปลือกหุ้มที่ทำจากพลาสติกในลอน-6เกรด Halogen-Free Flame Retardant เส้นผ่านศูนย์กลางรวมทั้งเส้นของเคเบิลคือ 3.3 mm ดังแสดงในรูปที่ 2 (รูปล่าง) จากนั้นได้สิ่งผลิตเคเบิลต้นแบบนี้จำนวน 1 ม้วน ยาว 1000 m เพื่อนำมาทดสอบ



รูปที่ 2 โครงสร้างเคเบิลสายกระจายชนิดป้องกันสัตว์กัดแทะและภาพถ่ายเคเบิลจริง

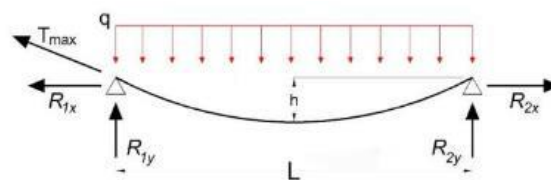
ผลการทดสอบการรับแรงดึงแบบทำลายสายเคเบิลแสดงดังตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของการรับแรงดึงทำลายที่วัดได้มีค่า 1,209 N ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์กำหนดที่เคเบิลต้องรับแรงดึงได้ไม่น้อยกว่า 800 N ในระหว่างทำการทดสอบการรับแรงดึงแบบทำลาย ได้ทำการทดสอบทางแรงแป้พร้อมกันด้วย จากการป้อนแสงตลอดเวลาที่ทดสอบทางกล เพื่อพิจารณาผลกระทบจากแรงดึงที่น้อยกว่า 300 N ต่อค่าการลดทอน

สัญญาณแสงในเส้นใยแก้วที่บรรจุอยู่ในเคเบิล พบว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.1 dB ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบ [4]

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการรับแรงดึงแบบทำลายสายเคเบิลชนิดในลอน-6 ที่ป้องกันสัตว์กัดแทะได้

ตัวอย่างทดสอบที่	ค่าแรงดึงทำลาย (N)
1	1,190.00
2	1,237.00
3	1,184.00
4	1,182.00
5	1,252.00
ค่าแรงดึงทำลายเฉลี่ย (N)	1,209.00

เพื่อให้แน่ใจว่าเคเบิลชนิดใหม่สามารถนำไปติดตั้งใช้งานได้ตลอดอายุการใช้งาน จึงได้ทำการคำนวณค่าแรงดึงของสายที่เกิดขึ้นหลังจากติดตั้งใช้งานแล้ว โดยจำลองสภาพหน้างานจริง เมื่อต้องแขวนเคเบิลกับเสาไฟฟ้าที่มีระยะห่างระหว่างเสา ( $L$ ) 40 m (บริเวณชานเมืองหรือพื้นที่บางแห่งอาจห่างมากถึง 60 m) และมีระยะดกท้องช้าง ( $h$ ) 0.5% ของระยะระหว่างเสา ตามที่แสดงในรูปที่ 3 โดยที่  $T_{\text{max}}$  คือแรงดึงเคเบิล,  $R_x$  และ  $R_y$  เป็นแรงกระทำในแนวแกนนอน ( $x$ ) และแกนตั้ง ( $y$ ) ตามลำดับ ตำแหน่งจับยึดจุดแขวนที่เสาแสดงด้วยรูปสามเหลี่ยมด้านซ้าย (ตำแหน่ง 1) และด้านขวา (ตำแหน่ง 2) ตามลำดับ



รูปที่ 3 แรงกระทำที่เกิดขึ้นกับเคเบิลที่ถูกแขวนในทิศทางต่างๆ

การคำนวณหาผลรวมของแรงดึงและน้ำหนักสายที่กระทำ ณ อุปกรณ์จับยึดเป็นไปตามทฤษฎีการแตกแรง นั่นคือ

$$T_{\text{max}} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (1)$$

$$\text{เมื่อแรงดึงในแนวนอนคือ } R_x = R_{1x} = R_{2x} = \frac{qL^2}{8h}$$

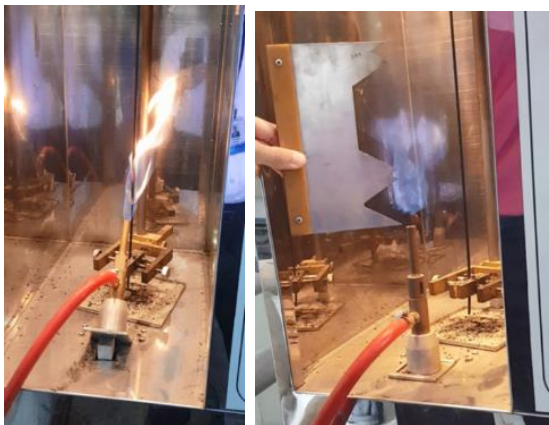
$$\text{แรงดึงแนวตั้งคือ } R_y = R_{1y} = R_{2y} = \frac{qL}{2}$$

โดยที่  $q$  เป็นค่าน้ำหนักสายต่อหน่วยความยาว เมื่อทำการวัดหาค่าน้ำหนักสายเคเบิลที่ผลิตขึ้นจากการสุ่มตัวอย่าง 3 ครั้ง ได้ค่าน้ำหนักเฉลี่ย ( $q$ ) เป็น 10.89 g/m

จากข้อมูลข้างต้น เมื่อทำการคำนวณหาค่าแรงดึงสูงสุดเมื่อต้องแขวนเคเบิลชนิดในลอน-6 กับเสาไฟฟ้าที่มีระยะห่างมากที่สุด 60 m (กรณีแย่งที่สุด) ได้ค่าแรงดึงเคเบิลแนวนอนเป็น 160.20 N ซึ่งเมื่อเทียบค่านับกับ

ผลการทดสอบการรับแรงดึงแบบทำลายพบว่า เคเบิลที่ออกแบบและสร้างขึ้นนี้ สามารถติดตั้งและใช้งานได้อย่างปลอดภัย การทำงานแน่นอน

ในการทดสอบการลามไฟ ได้ดำเนินการตามมาตรฐาน IEC 60332-1 หัวข้อ Flame Propagation ดังรูปที่ 4 โดยการป้อนเปลวไฟแนวตั้งต่อเนื่องให้กับสายตัวอย่างเป็นเวลา 60 วินาที เมื่อครบกำหนดเวลาแล้ว นำเปลวไฟออก รอนจนเปลวไฟดับสนิท แล้วตรวจพินิจด้วยสายตาพบว่า สายตัวอย่างทดสอบลามไฟและดับด้วยตัวเองตามมาตรฐาน IEC 60332-1 ซึ่งถือว่าผ่านการทดสอบ



รูปที่ 4 การทดสอบการป้องกันการลามไฟตามมาตรฐาน IEC 60332-1

ในส่วนของการทดสอบอื่น ๆ ทั้งทางแสงและทางกลตามมาตรฐานทางเทคนิค [4] พบว่าเคเบิลชนิดไบนลอน-6 ที่พัฒนาขึ้นมานี้ ผ่านเกณฑ์การทดสอบทุกประการ และเมื่อได้ส่งผลิตจำนวน 22 ม้วน ความยาวรวม 22,000 m แล้วนำไปทดลองติดตั้งในภาคสนามเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าไม่มีรายงานความเสียหายที่เกิดจากสัตว์กัดแทะเลย อนึ่ง จากการวิเคราะห์ทางกายภาพพบว่า เคเบิลสายกระจายชนิดใหม่นี้ เปลือกหุ้มจะมีผิวมันลื่นตามคุณสมบัติของไบนลอน-6 ทำให้ฟันของสัตว์กัดแทะลื่นไถลเมื่อกัดสายเคเบิล ไม่สามารถกัดทะลุได้ง่ายเหมือนกับสายทั่วไป จึงมั่นใจว่าเคเบิลชนิดนี้สามารถป้องกันสัตว์กัดแทะได้

#### 4. สรุป

บทความนี้พัฒนาต่อยอดแนวความคิดการในออกแบบและสร้างเคเบิลเส้นใยนำแสงชนิดกลมแบบไม่มีโลหะเป็นส่วนประกอบและต้องป้องกันสัตว์กัดแทะได้ สำหรับการใช้งานเป็นสายกระจายไปยังผู้ใช้ปลายทางในโครงข่าย ODN (Optical Distribution Network) ของบริษัทโทรคมนาคมแห่งชาติ (NT – National Telecom) ผลจากการนำวัสดุไบนลอน-6 มาใช้เป็นเปลือกหุ้ม ไม่เพียงแต่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งใช้งานเช่นเดียวกับเคเบิลที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ยังทำให้เคเบิลสายกระจายมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลงเหลือเพียง 3.3 mm ช่วยทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเมื่อต้องพาดสายไปกับเสาไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน. คิดค่าใช้จ่ายตาม

ขนาดเคเบิล) อีกทั้งการออกแบบเองช่วยสร้างองค์ความรู้ภายในประเทศ และช่วยลดต้นทุนการนำเข้าผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศได้เป็นอย่างดี

#### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บมจ. ทีโอที (ชื่อเดิมของ NT) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร บริษัท เอสซีซี เคมิคอล บริษัท ไฟเบอร์ ออฟฟิศ คอมมิวนิเคชั่น จำกัด และ บริษัท พียูบี แอคเซสเซอร์รี่ จำกัด ที่มีส่วนช่วยทำให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] B. Villiger et al., *Long Span Drop Cables*, USA, US Patent 2020/0158971 A1, May 21, 2020.
- [2] นฤทธิสมเจริญ สำเภพล และ อธิคม ฤกษ์บุตร, “การออกแบบเคเบิลเส้นใยนำแสงแบบไม่มีโลหะสำหรับใช้งานในเครือข่าย FTTx” เอกสารรวมเล่มการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 43 (EECON-43), โรงแรมที่ออปแลนด์, จ.พิษณุโลก, หน้า 234-237, 28-30 ตุลาคม 2563
- [3] สมมาตร แสงเงิน, นฤทธิสมเจริญ สำเภพล, และ อธิคม ฤกษ์บุตร, “การพัฒนาเคเบิลเส้นใยนำแสงในประเทศไทย” เอกสารรวมเล่มการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 43 (EECON-43), โรงแรมที่ออปแลนด์, จ.พิษณุโลก, หน้า 226-229, 28-30 ตุลาคม 2563
- [4] อธิคม ฤกษ์บุตร, “มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการทดสอบเคเบิลเส้นใยนำแสงในงานสื่อสารโทรคมนาคม”, เอกสารรวมเล่มการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 42 (EECON-42), โรงแรมเดอะกรีนเนอรี่ รีสอร์ท เขาใหญ่, จ.นครราชสีมา, หน้า 337-340, 30 ตุลาคม - 1 พฤศจิกายน 2562



**นฤทธิสมเจริญ สำเภพล** สำเร็จปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปัจจุบันเป็นผู้จัดการส่วนบริการทดสอบและสอบเทียบ สถาบันวัดกรรมทีโอที มีความเชี่ยวชาญในการสร้างนวัตกรรมด้านโทรคมนาคม เคยได้รับรางวัลระดับนานาชาติ รางวัลเหรียญทอง Gold Medal Brussels Eureka 2000 ในงาน Brussels Eureka2000 (49th World Exhibition of Innovation Research and New Technology) ประเทศเบลเยียม และรางวัลการประกวดสิ่งประดิษฐ์ รองชนะเลิศอันดับหนึ่ง ปี พ.ศ. 2539 จากสภาวิจัยแห่งชาติ



**อธิคม ฤกษ์บุตร** สำเร็จปริญญาตรีวิศวกรรมไฟฟ้า จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปริญญาโทวิศวกรรมไฟฟ้าจาก Florida Institute of Technology สหรัฐอเมริกา และปริญญาเอกวิศวกรรมไฟฟ้าสาขา Optical Communication จาก University of New South Wales ออสเตรเลีย ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร มีความสนใจงานวิจัยด้านเทคโนโลยีเชิงแสง ระบบสื่อสารเชิงแสง และการประมวลสัญญาณเชิงแสง เป็นนอภสมาคมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (ประเทศไทย) นายสมาคมวิชาการด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมโทรคมนาคม และ ประธาน กว.ที่ 78 จัดทำมาตรฐานสื่อสารโทรคมนาคม ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม



**สมมาตรแสงเงิน** สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี โท เอก สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (โทรคมนาคม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ หัวข้องานวิจัยที่สนใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีเส้นใยแก้ว และระบบสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง



# การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 44

## The 44<sup>th</sup> Electrical Engineering Conference (EECON44)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon



EECON44-RMUTP.ORG



วันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 ณ โรงแรม ที อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



### คณะกรรมการจัดงานประชุมวิชาการ

- คณะกรรมการสภาวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า
  - ศ.ดร.ประยุทธ์ อัครเอกพาณิชย์ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ)
  - ศ.ดร.โกสินทร์ จันทน์ไทย (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)
  - ศ.ดร.อริสรุ ศรีธรรมาธิ (มหาวิทยาลัยขอนแก่น)
  - รศ.ดร.ชัยวุฒิ จิตจรุฑย์ (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง)
  - รศ.ดร.อริศม ฤกษ์บุตร (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร)
  - ผศ.ดร.สมชัย หิรัญวิโรตม (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)
  - ผศ.พิณิจ เทพสาธิต (มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ)
  - ผศ.เสกข่า วิไลรัตน์ (มหาวิทยาลัยมหิดล)
  - อ.ธนวิชัย ชูดีภาวิทย์ (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)
- สถาบันกรรมการสามัญ
  - สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
  - จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
  - มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
  - มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
  - มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
  - มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
  - มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
  - มหาวิทยาลัยขอนแก่น
  - มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
  - มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
  - มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
  - มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
  - มหาวิทยาลัยศรีปทุม
  - มหาวิทยาลัยมหิดล
  - มหาวิทยาลัยสยาม
  - มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
  - ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
  - มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
  - มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
  - มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
  - มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
  - มหาวิทยาลัยรังสิต
  - มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
  - มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
  - มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
  - มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
  - มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
  - มหาวิทยาลัยพะเยา
  - มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
  - มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
  - มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
  - มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
  - มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ
  - มหาวิทยาลัยศิลปากร

### CALL FOR PAPERS

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (Electrical Engineering Conference หรือ EECON)

เป็นการประชุมทางวิชาการระดับชาติที่มีมาตรฐานทางวิชาการเป็นที่ยอมรับในระดับสากล มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักวิชาการ นิสิต นักศึกษา นักวิจัย รวมถึงวิศวกรและบุคลากรปฏิบัติงานในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งจากสถาบันการศึกษา และหน่วยงานต่างๆ ทั้งจากภาครัฐและเอกชน ได้นำเสนอผลงานวิจัยรวมทั้งได้มีโอกาส แลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางงานวิจัยและประสบการณ์ระหว่างกัน การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้านี้ ดำเนินการโดย

คณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วย คณะกรรมการสภาวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าผู้แทนจากสถาบันกรรมการสามัญ ผู้แทนจากสถาบันกรรมการสภามหาวิทยาลัยและคณะกรรมการดำเนินการจัดการประชุมจากสถาบันที่ได้รับเกียรติให้เป็นเจ้าภาพในแต่ละปี การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าได้จัดขึ้นทุกปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521 เป็นต้นมา

ในปี พ.ศ. 2564 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพจัดประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 44

#### สาขาบทความ

- ไฟฟ้ากำลัง (PW)
- ไฟโตนิกส์ (PH)
- การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DS)
- ไฟฟ้าสื่อสาร (CM)
- วิศวกรรมชีวการแพทย์ (BE)
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)
- อิเล็กทรอนิกส์ (EL)
- อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE)
- พลังงานหมุนเวียน (RE)
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)
- ระบบควบคุมและการวัดคุม (CT)

#### กำหนดการส่งบทความ

หมดเขตรับบทความ.....	18 มิถุนายน 2564
แจ้งผลการพิจารณาบทความ.....	6 กันยายน 2564
หมดเขตรับบทความฉบับสมบูรณ์.....	17 กันยายน 2564
วันสุดท้ายของการลงทะเบียนของผู้นำเสนอบทความ.....	20 กันยายน 2564
การนำเสนอบทความ.....	17-19 พฤศจิกายน 2564

#### การเผยแพร่บทความ

บทความที่ผ่านการพิจารณาจะได้รับการเผยแพร่ในหนังสือรวมเล่มผลงานวิจัยจากการประชุมวิชาการ (Proceedings) ของงาน EECON44 บทความที่ผ่านการพิจารณา ผู้เขียนอย่างน้อย 1 คน ต้องลงทะเบียน และนำเสนองานในที่ประชุมวิชาการตามตารางเวลาที่กำหนด

#### ติดต่อสอบถามข้อมูลได้ที่

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศักรวาม เขตบางซื่อ  
กรุงเทพมหานคร 10800  
ผศ.ดร.ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว เลขานุการจัดการประชุมฯ  
โทรศัพท์ 081-620-3266  
E-mail : eecon44@gmail.com FB : eecon44



EECON44-RMUTP.ORG

