บทที่ 1
บทนำ

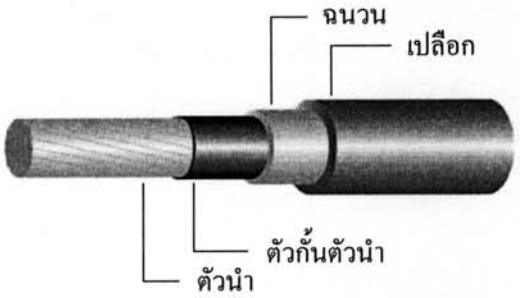
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีคุณภาพเพิ่มมากขึ้น ไม่เพียงแต่ในชุมชนเขตเมือง ตลอดจนการส่งจ่ายในเขตพื้นที่ห่างไกล การไฟฟ้าต่างๆ มีภาระหน้าที่ในการจัดส่งและจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งรายใหญ่และชุมชนขนาดต่างๆ เพื่อประโยชน์สูงสุดอันจะนำก่อให้เกิดการพัฒนา การไฟฟ้าต่างๆ จึงมีเป้าหมายที่จะดำเนินการปรับปรุงการจัดหาการผลิต และการจัดส่งหรือจำหน่ายพลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุดไปยังผู้ใช้ โดยพิจารณาการเพิ่มระดับความเชื่อถือได้และเสถียรภาพของระบบ

ในการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าเปลือยขึงในอากาศเหนือศีรษะนั้นเป็นวิธีที่ใช้ในทั่วไปเนื่องจากเป็นวิธีการที่สะดวกในการบำรุงรักษา ราคาค่าติดตั้งต่ำ และมีระดับความน่าเชื่อถือได้ในระบบอยู่ในเกณฑ์ที่ดีภายใต้สภาวะปกติ แต่มีข้อเสียคือเมื่อสายไฟฟ้าที่ขึงพาดตามแนวอาคารบ้านเรือนตามถนนและป่าเขา มีโอกาสการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรขึ้นเนื่องจากอุบัติเหตุ และเหตุธรรมชาติ เช่น จากสัตว์เลื้อยคลาน ต้นไม้หรือกิ่งไม้ ปรากฏการณ์ฟ้าผ่าทั้งทางตรงและทางอ้อม หรือลมแรงที่ปะทะกับสายไฟทำให้ขาดโอกาสในการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า และสะท้อนให้ค่าความเชื่อถือได้ของระบบมีค่าต่ำลง นอกจากนี้อาจส่งผลเสียหายทางเศรษฐกิจอันประมาณค่ามิได้ โดยเฉพาะในเขตชุมชนเมืองหรือเขตนิคมอุตสาหกรรม

เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว ทางการไฟฟ้าต่างๆจึงได้มีการนำสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศที่มีชื่อว่า Aluminium Space Aerial Power Cables with Cross – Linked Polyethylene Insulated and Sheathed For Rated Voltage 25 kV and 35 kV มาใช้ ซึ่งสายดังกล่าวเป็นสายไฟฟ้าแรงสูงที่มีการหุ้มฉนวนแบบไม่เต็มพิกัดซึ่งจะมีส่วนที่เป็นฉนวนสีขาวขุ่นที่ทำด้วยโพลิเมอร์ครอสลิงค์โพลีเอทธีลีนคั่นอยู่ระหว่างตัวกั้นตัวนำ(conductor screen) กับส่วนที่เป็นเปลือกสาย(insulation screen) ด้านนอกที่ทำด้วยครอสลิงค์โพลีเอทธีลีน เช่นกันแต่จะมีลักษณะเป็นสีดำที่มีส่วนผสมของสารต้านการเกิด tracking และบางกว่าส่วนที่เป็นฉนวนคั่นตรงกลาง

นอกจากนี้เป็นที่รู้กันโดยทั่วไปว่าโพลีเอทธีลีน (PE) และ โพลีเอทธีลีนโครงสร้างตาข่าย (XLPE) สามารถเสื่อมสภาพได้ภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตในการใช้งานกลางแจ้ง[1][2] จึงทำให้มีการผสมผงคาร์บอนในอัตราส่วนประมาณ 0.5% โดยน้ำหนักเพื่อลดอัตราการเสื่อมสภาพดังกล่าว โครงสร้างของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 Aluminium Space Aerial Power Cables with Cross – Linked Polyethylene Insulated and Sheathed For Rated Voltage 25 kV and 35 kV

ในสภาพการใช้งานปกติของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนนั้น ตัวฉนวนจะได้รับความเครียดสนามไฟฟ้าสูงโดยเฉพาะในบริเวณสัมผัสระหว่างสายไฟฟ้ากับลูกถ้วยเนื้อพอร์ซเลน บริเวณคอของลูกถ้วยหรือสเปเซอร์ นอกจากนี้ความเครียดอาจเกิดจากความร้อนเนื่องจากแสงแดด พลังงานสูญเสียความร้อนในสายตัวนำอลูมิเนียม ความเครียดทางกลเนื่องจากการติดตั้ง การเสื่อมสภาพของฉนวนเนื่องจากแสงอัลตราไวโอเลต หรือกระบวนการผลิตฉนวนของโพลีเอทธีลีนโครงสร้างตาข่ายแบบใช้ไอน้ำ (Stream curing) (ผิวฉนวนไม่เรียบและกระด้าง) และแบบใช้อากาศแห้ง (Dry curing) (ผิวฉนวนมันวาว) ส่งผลให้เกิดอัตราการเร่งอายุใช้งานภายใต้สนามไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของฉนวน และลดทอนอายุใช้งานของสายไฟฟ้า

การเกิดเหตุบกพร่องของการฉนวนสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศอาจจะเป็นผลเนื่องจากสาเหตุร่วมกันก็ได้กล่าวคือ เริ่มต้นด้วยการเสื่อมสภาพของฉนวน (degradation) และการสึกกร่อนเนื่องจากการติดตั้งใช้งานโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่มีปัญหามลภาวะมาก เช่น มีฝุ่นละอองมาก มีไอเกลือรุนแรง มีไอสารเคมี เป็นต้น และอาจเกิดจากเหตุธรรมชาติ เช่น จากสัตว์เลื้อยคลานต้นไม้หรือกิ่งไม้ ปรากฏการณ์ฟ้าผ่าทั้งทางตรงและทางอ้อม หรือแรงลมที่ปะทะกับสายไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งส่งผลทำให้ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าวิกฤตของฉนวนลดลง[3] จนในที่สุดอาจเกิดลัดวงจรเมื่อมีแรงดันเสิร์จสูงกว่าความเครียดสนามไฟฟ้าวิกฤตในสภาวะท้ายสุด

ในวิทยานิพนธ์นี้จะวิเคราะห์ผลกระทบการสึกกร่อนของฉนวนเนื่องจากแรงลมที่ปะทะร่วมกับน้ำหนักของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศ เนื่องจากสายหุ้มฉนวนจะมีพื้นที่ในการรับแรงลมรวมทั้งน้ำหนักสายมากกว่าสายไฟฟ้าไม่หุ้มฉนวน ซึ่งอาจทำให้สายมีการยืดออกเมื่อมีความร้อนในสายไฟฟ้าเนื่องจากคุณสมบัติของตัวนำอลูมิเนียมที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัว และพิกัดการยืดหยุ่นที่แตกต่างจากฉนวนกับเปลือกนอกของสาย โดยแรงดึงในสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนคำนวณจากน้ำหนักของสาย ระยะช่วงห่างระหว่างเสา ระยะหย่อนระหว่างเสา แรงลมที่กระทำ

กับสาย และนำไปใช้เป็นค่าในการตรวจสอบ โดยทำชิ้นฉนวนเป็นรูปดัมเบลล์ตามมาตรฐาน ICEA S-66-524 เพื่อทำการวิเคราะห์ตรวจสอบในระดับห้องปฏิบัติการ

1.2 วัตถุประสงค์

ในวิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1) สำรวจและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสายขาด และข้อมูลเชิงอุตุนิยมวิทยา

2) วิเคราะห์ผลกระทบเชิงกลที่มีต่อฉนวนและเปลือกของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศ

3) วิเคราะห์ผลกระทบของความร้อนที่มีต่อฉนวน และเปลือกของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศ

4) วิเคราะห์ผลกระทบเชิงกล และความร้อนที่มีต่อฉนวนและเปลือกของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศ

5) วิเคราะห์ขนาดของแรงดึงในสายที่เหมาะสม ในการติดตั้งใช้งานจริง

1.3 แนวทางการวิจัย

1) รวบรวมข้อมูลและแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดกับสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของ กฟภ.

2) ออกแบบและกำหนดขอบเขตการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อให้สามารถจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ประกอบด้วย การทดสอบคุณสมบัติทางกลของฉนวนภายใต้เงื่อนไขต่างๆ โดยทดสอบทางกลของตัวอย่างใหม่ที่ยังไม่ใช้งานเปรียบเทียบกับตัวอย่างเก่าที่ผ่านการใช้งาน และทำการทดสอบเปรียบเทียบผลอีกครั้งหลังเร่งอายุการใช้งานในห้องปฏิบัติการ

3) ประเมินผลการทดลอง

4) สรุปผลการวิจัยและเขียนวิทยานิพนธ์

1.4 ขอบเขตการดำเนินงาน

การดำเนินการวิจัยนี้จะมีขอบเขตเพื่อศึกษาหาสาเหตุทางกลที่ทำให้เกิดการบกพร่องของการใช้สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศด้วยการทดสอบลักษณะสมบัติทางกล ความร้อนของฉนวนและเปลือกสายของชิ้นตัวอย่างของสายที่ผ่านการใช้งานและสายใหม่ที่ไม่ผ่านการใช้งานโดยทำชิ้นตัวอย่างเป็นรูปดัมเบลล์ตามมาตรฐาน ICEA S-66-524

1) ทดสอบความต้านทานแรงดึง และความยืดของฉนวนของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศก่อนเร่งอายุการใช้งาน และภายหลังเร่งอายุการใช้งานที่ 121°C ± 1°C เป็นเวลา 168 ชั่วโมง ของสายที่ผ่านการใช้งานและสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน

2) ทดสอบความยืดสูงสุดของฉนวนเมื่อได้รับความร้อนที่ 150°C ± 2°C เป็นเวลา 15 นาที และความยืดสูงสุดหลังจากปล่อยให้เย็นลงของสายที่ผ่านการใช้งาน และสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน

3) ทดสอบความต้านทานแรงดึง และความยืดของเปลือกของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศก่อนเร่งอายุการใช้งาน และภายหลังเร่งอายุการใช้งานที่ 121°C ± 1°C เป็นเวลา 168 ชั่วโมง ของสายที่ผ่านการใช้งานและสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน

4) ทดสอบความยืดสูงสุดของเปลือกเมื่อได้รับความร้อนที่ 150°C ± 2°C เป็นเวลา 15 นาที และความยืดสูงสุดหลังจากปล่อยให้เย็นลงของสายที่ผ่านการใช้งาน และสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน

5) เปรียบเทียบความต้านทานแรงดึงและความยืดของฉนวนและเปลือกของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศก่อนเร่งอายุการใช้งานและภายหลังเร่งอายุการใช้งานของสายที่ผ่านการใช้งาน และสายใหม่ที่ไม่ผ่านการใช้งานพร้อมกับเปรียบเทียบการทดสอบความยืดสูงสุดเมื่อได้รับความร้อนที่ 150°C ± 2°C เป็นเวลา 15 นาที และความยืดสูงสุดหลังจากปล่อยให้เย็นลง

6) ทดสอบ Heat Distortion ฉนวน และเปลือกของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศที่ผ่านการใช้งาน และสายใหม่ที่ไม่ผ่านการใช้งานโดยอบชิ้นตัวอย่างที่ 120 – 122°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นใช้ Pressure Foot กดทับบนชิ้นตัวอย่างทดสอบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

7) เปรียบเทียบความหนาของฉนวนและเปลือกของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศที่ผ่านการใช้งาน และสายใหม่ที่ไม่ผ่านการใช้งานก่อนใช้ Pressure Foot กดทับบนชิ้นตัวอย่างทดสอบเป็นเวลา 1 ชั่วโมงกับหลังกดทับเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

8) ทดสอบหาแรงดึงที่เหมาะสมในการติดตั้งใช้งานจริงของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศ โดยแขวนชิ้นตัวอย่างที่มีการถ่วงน้ำหนัก 1.0 กิโลกรัม 1.4 กิโลกรัม 1.8 กิโลกรัม และ

2.2 กิโลกรัม ตากแดดกลางแจ้ง เป็นระยะเวลา 360 ชั่วโมง และวิเคราะห์หาแรงดึงวิกฤตที่ทำให้ฉนวนและเปลือกสายไฟฟ้าชำรุด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เมื่อเสร็จสิ้นงานในวิทยานิพนธ์นี้แล้ว คาดว่าจะได้รับประโยชน์ ดังนี้

1) ผลงานวิจัยที่ได้จะนำไปสู่ความรู้ความเข้าใจในการใช้สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศและปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดความบกพร่อง

2) สามารถนำผลการศึกษาวิจัยนี้ ไปใช้ในการประเมินการใช้สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนขึงในอากาศ รวมทั้งออกแบบแก้ไข และ/หรือ การพัฒนาเพื่อเพิ่มระดับความเชื่อถือได้ของระบบการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า