นฤพนธ์ พรหมวิชัย : ผลของสารละลายไอออนิกและอุณหภูมิต่อการขยายตัวของวอเทอร์ทรีอิงในสายเคเบิลแรงสูงใต้ดินฉนวนพอลิเอทิลีนแบบเชื่อมขวางสำหรับระบบจำหน่ายแรงดันปานกลาง (EFFECT OF IONIC SOLUTIONS AND TEMPERATURES ON WATER TREEING PROPAGATION IN XLPE INSULATED HIGH VOLTAGE UNDERGROUND CABLE FOR MEDIUM VOLTAGE DISTRIBUTION SYSTEM) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญเรือง มะรังศรี, 212 หน้า

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันปานกลางในเมืองใหญ่ทั่วโลกถูกเปลี่ยนจากระบบสายเคเบิลแบบพาดอากาศเป็นระบบสายเคเบิลใต้ดิน ส่งผลให้เมืองมีภูมิทัศน์สวยงามยิ่งขึ้นและยังลดผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่อความมั่นคงของระบบไฟฟ้า ในประเทศไทยสายเคเบิลใต้ดินฉนวนพอลิเอทิลีนแบบเชื่อมขวางถูกนำมาใช้สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าระดับแรงดัน 22 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีสำหรับการใช้งาน อย่างไรก็ตามเมื่อใช้งานเป็นระยะเวลานาน สายเคเบิลอาจเกิดการเสื่อมสภาพ ซึ่งอาจทำให้มีน้ำหรือสารละลายไอออนิกแทรกซึมเข้าไปในเนื้อฉนวน อาจนำไปสู่การเกิดวอเทอร์ทรีอิงและทรีอิงทางไฟฟ้า ทั้งนี้ การขยายตัวของทรีอิงจะนำไปสู่การเกิดเบรกดาวน์ในฉนวนของสายเคเบิลใต้ดินในที่สุด วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาผลของสารละลายไอออนิกและอุณหภูมิต่อการขยายตัวของวอเทอร์ทรีอิงในสายเคเบิลแรงสูงใต้ดินฉนวนพอลิเอทิลีนแบบเชื่อมขวางสำหรับระบบจำหน่ายแรงดันปานกลาง 22 kV ในประเทศไทย ด้วยการจำลองเร่งการเสื่อมสภาพของสายเคเบิลที่เกิดจากวอเทอร์ทรีอิง โดยสายเคเบิลที่ใช้ในการทดสอบถูกเจาะรูและถูกแช่ในสารละลายไอออนิกพร้อมจ่ายแรงดันทดสอบ 24 kV ตลอดระยะเวลาทดสอบ สารละลายไอออนิกที่ใช้ประกอบด้วย โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมซัลเฟต โพแทสเซียมซัลเฟต คอปเปอร์(II)ไนเตรท คอปเปอร์(II)ซัลเฟต และไอรอน(II)ซัลเฟต โดยมีระยะเวลาในการทดสอบ 1000 ชั่วโมง 2000 ชั่วโมง 3000 ชั่วโมง และ 4000 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 50°C และอุณหภูมิ 70°C สายเคเบิลที่ผ่านการทดสอบแล้วถูกนำมาวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี เพื่อเปรียบเทียบผลของสารละลายไอออนิกและอุณหภูมิต่อการขยายตัวของวอเทอร์ทรีอิง ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของวอเทอร์ทรีอิงที่เกิดขึ้นพบว่ามีรูปร่างคล้ายครีบโดยเริ่มเกิดจากปลายรูที่เจาะขยายตัวเข้าไปในเนื้อฉนวน XLPE แต่ไม่พบวอเทอร์ทรีอิงรูปร่างคล้ายโบว์ในงานวิจัยนี้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าภายในเนื้อฉนวนไม่มีจุดบกพร่องที่ก่อให้เกิดวอเทอร์ทรีอิงคล้ายโบว์ เมื่อพิจารณาการขยายตัวของวอเทอร์ทรีอิง พบว่าสารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟต ส่งผลต่อการขยายตัวมากที่สุด ในส่วนของอุณหภูมิต่อการขยายตัวของวอเทอร์ทรีอิง พบว่ามีลักษณะแตกต่างกันไปตามชนิดของสารละลาย โดยในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ อุณหภูมิ 50°C มีผลต่อการขยายตัวของวอเทอร์ทรีอิงมากที่สุด ในสารละลายคอปเปอร์

(II)ซัลเฟต อุณหภูมิห้องมีผลต่อการขยายตัวของวอเทอร์ทรีอิงมากที่สุด และในสารละลายไอรอน (II)ซัลเฟต อุณหภูมิ 70°C มีผลต่อวอเทอร์ทรีอิงมากที่สุด ในสารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟต ที่อุณหภูมิห้องมีผลต่อการขยายตัวของวอเทอร์ทรีอิงมากที่สุด การขยายตัวของวอเทอร์ทรีอิงในแต่ละสารละลายไอออนิกมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารละลายไอออนิกแต่ละชนิด และระยะเวลาในการทดสอบ ผลการวิเคราะห์ทางเคมีด้วยเทคนิค FTIR พบว่าสายเคเบิลที่ผ่านการทดสอบมีอัตราส่วนของพันธะ C=C ต่อ C-H และ พันธะ C=O ต่อ C-H เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับสายเคเบิลใหม่ที่ยังไม่ได้ทดสอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2561

ลายมือชื่อนักศึกษา นฤพนธ์ พรหมวิชัย

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

NARUPON PROMVICHAI : EFFECT OF IONIC SOLUTIONS AND TEMPERATURES ON WATER TREEING PROPAGATION IN XLPE INSULATED HIGH VOLTAGE UNDERGROUND CABLE FOR MEDIUM VOLTAGE DISTRIBUTION SYSTEM. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. BOONRUANG MARUNGSRI, D. Eng., 212 PP.

WATER TREEING/IONIC SOLUTION/XLPE CABLE/SIMULATION/WATER TREEING PROPAGATION/TEMPERATURE

Medium voltage distribution systems in major cities around the world have been transformed from the overhead cable to the underground cable. As a result, the city has a more beautiful landscape and reduces the impact of the environment on the stability of the electric distribution system. In Thailand, the medium voltage cross-linked polyethylene insulated underground cable has been used for the 22 kV power distribution systems of the Provincial Electricity Authority because it has excellent features for use. However, the underground cable may be aged as long operating time in services. The water or ionic solution can permeate into the insulation with causing of water treeing and electrical treeing. Moreover, the propagation of the water treeing leads to break down in the underground cable insulator. This thesis studied the effect of ionic solutions, and temperatures on the propagation of water treeing in high voltage XLPE insulated underground cable for medium voltage distribution system 22 kV in Thailand with an accelerated aging simulation of the underground cable on water treeing. Test cables were punched and were immersed in the ionic solution and were subjected to a test voltage of 24 kV_{rms} throughout the test period. The ionic solutions consist of sodium chloride, sodium sulfate, potassium sulfate, copper(II)nitrate,

copper(II)sulfate, and iron(II)sulfate. The testing periods are 1000 hours, 2000 hours, 3000 hours, and 4000 hours. Three levels of temperature, room temperature, 50°C, and 70°C were used. After tested, the physical and the chemical analyses were conducted to compare the effect of ionic solutions and temperature on the propagation of water treeing. The vented type water treeing has been detected by the physical characteristic analysis. The propagation direction of the vented type initiated from the pinned-hole to XLPE insulation layer. The bow-tie water treeing was not detected in the investigation. So, it shows that the insulation has no contamination points in the insulation. Considering the expansion of water treeing, the highest propagation of water treeing was found in copper (II)sulfate solution. In each temperature, the propagation trend of water treeing was difference such as (i) in sodium chloride solution at 50°C most significant effect on water treeing, (ii) in copper(II)sulfate solution most significant impact on water treeing, and (iii) in iron(II)sulfate at 70°C most significant impact on water treeing. Copper (II) sulfate solution at room temperature has the most significant impact on water treeing. However, the propagation characteristic of water treeing was still different, which depends on the properties of each ionic solution and the test period. FTIR analysis of the water treeing structure has been analyzed. It found that the ratio of C=C:C-H and C=O:C-H bond on the tested XLPE cable more than the new XLPE cable.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Electrical Engineering

Academic Year 2018

Student's Signature ณฤพนธ์ พรมมวิชัย

Advisor's Signature