

การศึกษาการตรวจจับตำแหน่งของการเกิดการเบรกดาว์บางส่วนในสายเคเบิล 22 กิโลโวลต์

A Study of the Detection of Partial Discharge in 22 kV Cable Line

อัมภา ศานติวงศ์สกุล และ เกียรติยุทธ กวีญาณ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

อีเมล : loybcc@yahoo.com, fengkyk@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาการตรวจจับสัญญาณความถี่เมื่อเกิดเบรกดาว์บางส่วน (Partial Discharge) ในฉนวนแข็ง จากการศึกษาพบว่าขณะที่เกิดเบรกดาว์บางส่วนจะมีย่านความถี่สูงช่วงหนึ่งเกิดขึ้น ในการค้นหาและตรวจจับย่านความถี่ดังกล่าว ผู้วิจัยได้จำลองการเกิดเบรกดาว์บางส่วนโดยการป้อนแรงดันขนาด 30 กิโลโวลต์ ให้กับสายเคเบิลจนเกิดการเบรกดาว์บางส่วน และตรวจจับความถี่โดยใช้วิทยุทรานซิสเตอร์ พบว่าสามารถรับคลื่นความถี่ได้ชัดเจนที่สุดในย่านความถี่ที่ 25-28 เมกกะเฮิร์ต เมื่อนำเครื่องสเปกตรัมอานาไลเซอร์ (Spectrum Analyzer) มาตรวจจับซ้ำเพื่อยืนยันความถี่ที่ได้จากเครื่องรับวิทยุพบว่าความถี่ที่เกิดขึ้นอยู่ในย่านความถี่ที่ 7-32 เมกกะเฮิร์ต และมีขนาดของสัญญาณสูงสุดที่ย่านความถี่ที่ 25-28 เมกกะเฮิร์ต ดังนั้นผลที่ได้สามารถนำไปพัฒนาเพื่อสร้างเครื่องระบุตำแหน่งการเกิดเบรกดาว์บางส่วนในสายเคเบิลได้ในอนาคต

คำสำคัญ

เบรกดาว์บางส่วน ย่านความถี่ การเบรกดาว์

Abstract

This research presents the frequency signal detection among the Partial Discharge phenomena within solid insulator. We found that there was the high frequency range when searching frequency range by providing 30 kV to the cable line until it partially broke down. We obviously detected the frequency signal at 25-28 MHz by AM-FM radio transistor. It was detected that the frequency signal was at 7-32 MHz by using spectrum analyzer with repeating detection and the high curve of signal was between 25-28 MHz. From the detected frequency range, it may be a part of data to build the Partial Discharge detection equipment in the future.

Keywords

partial discharge, frequency range signal, breakdown

1. บทนำ

ในปัจจุบันจากข้อมูลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและการไฟฟ้านครหลวง ได้เกิดปัญหาสายเคเบิลแรงสูงขาด โดยไม่ทราบสาเหตุในพื้นที่ต่างๆ ทั่วประเทศไทยบ่อยครั้ง รวมถึงในเขตกรุงเทพมหานคร และเขตปริมณฑล ก่อให้เกิดความสูญเสียงบประมาณในการบูรณะซ่อมแซมเป็นมูลค่าสูงจากการสังเกตการณ์พบว่าลักษณะร่องรอยการขาดของสายเคเบิลมีลักษณะซ้ำๆ กันและเกิดขึ้นในตำแหน่งเดิม ได้แก่ ในบริเวณจุดเชื่อมต่อบริเวณติดตั้งสเปเซอร์ (spacer) จุดเทอร์มินอล และบริเวณไทวอยส์ รวมถึงในบริเวณที่อยู่ใกล้กิ่งไม้ จากการศึกษาและตรวจสอบเบื้องต้นของทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและการไฟฟ้านครหลวง ในระยะเวลาหนึ่งสันนิษฐานว่า สาเหตุเกิดจากการเกิดเบรกดาวน์บางส่วน (Partial Discharge) ภายในเนื้องนวน

จากข้อมูลและข้อสันนิษฐานเบื้องต้นผู้วิจัยได้นำมาศึกษาเพิ่มเติมทำให้เข้าใจได้ว่าการเกิดเบรกดาวน์บางส่วนภายในเนื้องนวน สามารถเกิดขึ้นได้ในหลายตำแหน่ง และในเนื้องนวนหลายชนิด เช่น เกิดในเนื้องนวนแข็งในสายเคเบิลแรงสูง เกิดในเนื้องนวนแข็งในสายเคเบิลแรงต่ำในตู้ควบคุมไฟฟ้าหลัก (MDB) หรือในตู้สวิตช์เกียร์ (Switchgear) หรือแม้กระทั่งเกิดในเนื้องนวนน้ำมันภายในหม้อแปลง ซึ่งพบว่าลักษณะในการเกิดเบรกดาวน์บางส่วนในแต่ละที่ และแต่ละเนื้องนวนมีลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไป ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาต่อในส่วนของการเกิดเบรกดาวน์บางส่วนในเนื้องนวนแข็งในสายเคเบิลแรงสูง เพื่อให้ทราบถึงลักษณะเฉพาะตัวของการเกิดเบรกดาวน์บางส่วนในลักษณะนี้ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจพบตำแหน่งของการเกิดเบรกดาวน์บางส่วนในสถานการณ์จริง

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

เบรกดาวน์บางส่วนคือ ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ทั้งในเนื้องนวนและนอกเนื้องนวนซึ่งสามารถทำลายความเป็นเนื้องนวน โดยเบรกดาวน์บางส่วนที่เกิดขึ้นในเนื้องนวนเป็นผลมาจากการที่ประจุไหลผ่านช่องว่างเล็กๆ ในเนื้องนวน และสร้างความเสียหาย โดยที่ช่องว่างเหล่านี้จะทนแรงดันไฟฟ้าได้น้อยกว่าเนื้องนวนที่อยู่รอบตัว ความเสียหายจะยืดตัวออกไปจนในที่สุด เมื่อยาวพอที่จะเกิดการเบรกดาวน์ จากที่แรงดันสูงลงสู่กราวด์ [1] โครโนนัมเป็นเบรกดาวน์บางส่วนประเภทหนึ่ง เกิดจากอิเล็กตรอน พลังงานสูงวิ่งหลุดออกจากบริเวณที่มีความเครียดทางไฟฟ้าสูง เช่น ขอบแหลมคมบนตัวนำไฟฟ้า หรือแม้แต่นวนไฟฟ้าก็ตาม เมื่อชนเข้ากับโมเลกุลก๊าซในอากาศ ก็ทำให้เกิดการแตกตัว และให้พลังงานในการแตกตัวออกมา บางส่วนในรูปของการเรืองแสง บางส่วนเป็นเสียงซ่าและอื่นๆ โมเลกุลของอากาศที่ถูกชนจนแตกนั้นจะเปลี่ยนจากสภาพเป็นกลางทาง ไฟฟ้าไปสู่สภาพขั้วและนำไฟฟ้าได้ นอกจากนี้แล้ว การเกิดโครโนยังสร้างสัญญาณความถี่สูงรบกวนระบบควบคุม และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อีกด้วย [2, 3] บริเวณที่เกิดเบรกดาวน์บางส่วนในสายเคเบิลแรงสูงโดยส่วนใหญ่ มักจะเกิดในบริเวณจุดเชื่อมต่อ (joint) หรือบริเวณที่เนื้องนวนถูกกดทับและเสียดสี ซึ่งสาเหตุมาจากกิ่งไม้หรือวัสดุรบกวนอื่นๆ [4] นอกจากนี้ สัญญาณความถี่สูงที่เกิดขึ้นจะเกิดย่านความถี่เดิมในเนื้องนวนชนิดเดียวกัน ความถี่สูงที่เกิดขึ้นนี้เป็นคลื่นสั้น (short wave) ที่มีความถี่ในช่วง 3-30 เมกะเฮิรตซ์ [5]

จากการศึกษาอุปกรณ์ของความถี่เมื่อเกิดเบรกดาวน์บางส่วนโดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับความถี่ Spectrum Analyzer จะเห็นว่ารูปแบบของสัญญาณความถี่ที่แผ่ออกมาขณะเกิดเบรกดาวน์บางส่วน

ประกอบไปด้วยหลากหลายย่านความถี่ โดย
สัญญาณเด่นชัด และมีขนาดของสัญญาณสูงสุดอยู่
ในช่วงของความถี่ระหว่าง 25-28 เมกะเฮิร์ต และ
พบว่า รูปคลื่นมีลักษณะเป็นรูปแบบที่แน่นอนในย่าน
ความถี่เดิม ซึ่งช่วงของความถี่ที่วัดได้ ขนาดและ
ลักษณะของรูปคลื่นในแต่ละย่านความถี่เป็นการบ่งชี้
คุณสมบัติของการเกิดเบรกดาวน์บางส่วนในฉนวน
แข็ง โดยรูปคลื่นในแต่ละย่านความถี่สามารถนำมา
กระจายออกเป็นรูปคลื่นความถี่ต่าง ๆ ได้ โดยอาศัย
ทฤษฎีการแปลงฟูเรียร์ ดังสมการที่ (1)

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \quad (1)$$

โดยที่

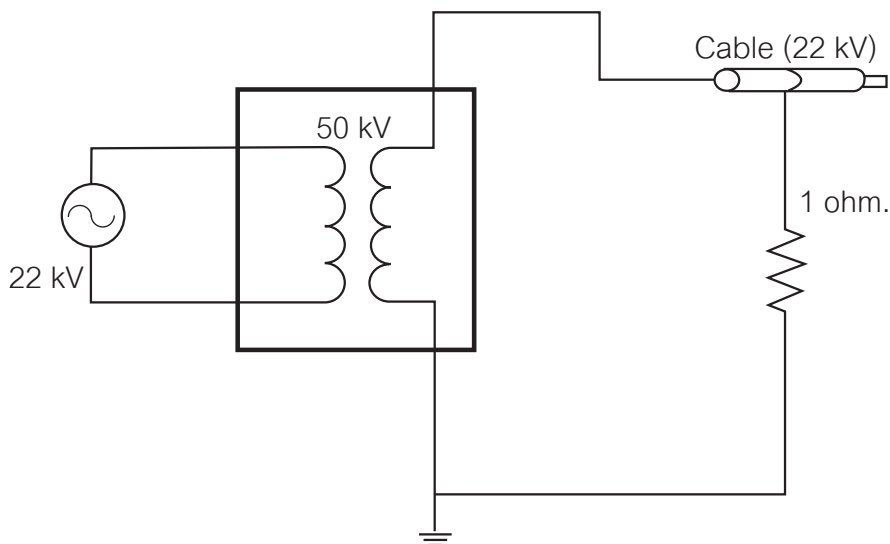
$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx dx \quad n = 1, 2, \dots$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx dx \quad n = 1, 2, \dots$$

จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยสนใจศึกษาตำแหน่ง
ของการเกิดเบรกดาวน์บางส่วนในสายเคเบิลโดยใช้
วิธีการตรวจจับย่านความถี่ที่แผ่ออกมาขณะเกิด
เบรกดาวน์บางส่วนด้วยเครื่องรับสัญญาณวิทยุใน
การค้นหาย่านความถี่เมื่อเกิดเบรกดาวน์บางส่วนนี้
ผู้วิจัยได้จำลองการเกิดเบรกดาวน์บางส่วนโดยการ
ป้อนแรงดันเข้าไปในสายเคเบิลขนาด 22 กิโลโวลต์
จนกระทั่งเกิดการเบรกดาวน์ ดังภาพที่ 1

หลังจากนั้นตรวจจับย่านความถี่โดยใช้เครื่อง
รับวิทยุทรานซิสเตอร์ตั้งแต่เริ่มป้อนแรงดันให้
กับสายเคเบิล และเพิ่มระดับแรงดันจนกระทั่งเกิด
ปรากฏการณ์เบรกดาวน์บางส่วนในระยะห่างจาก
ปลายสายเคเบิลประมาณ 5-15 เมตร และทดสอบ
ย่านความถี่อีกครั้งหนึ่งด้วยเครื่องสเปกตรัมอนาไล-
เซอร์ รุ่น Advantest R4131C โดยรับสัญญาณผ่าน
สาย RG6 เปรียบเทียบย่านความถี่ที่ตรวจจับได้
ด้วยเครื่องรับวิทยุ และสัญญาณที่ตรวจจับได้ จาก
เครื่องสเปกตรัมอนาไลเซอร์

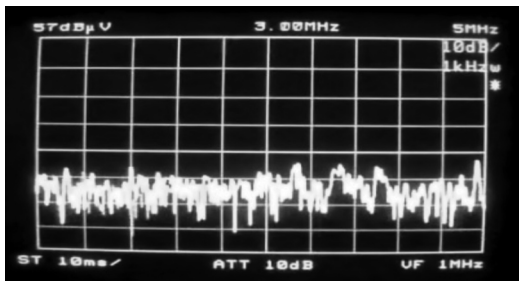


ภาพที่ 1 วงจรจำลองการเกิดเบรกดาวน์บางส่วน

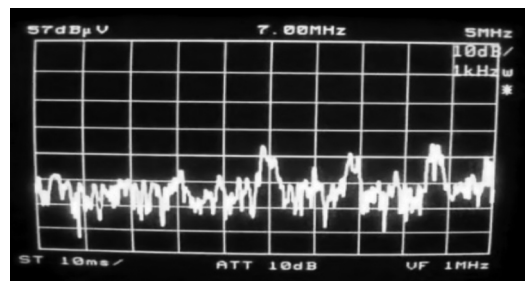
3. ผลการทดลอง

ในการค้นหาย่านความถี่ในขณะเกิดเบรกดาว์บางส่วนพบว่า เมื่อป้อนแรงดันให้กับสายเคเบิลในขณะที่ยังไม่เกิดเบรกดาว์บางส่วน ทั้งเครื่องรับวิทยุ และเครื่องสเปกตรัมอนาล็อกไม่สามารถตรวจจับสัญญาณความถี่ที่ใดๆ ได้ จนกระทั่งเกิดเบรกดาว์บางส่วนที่สายเคเบิลที่แรงดัน 30 กิโลโวลต์ เมื่อเริ่มตรวจจับย่านความถี่พบว่า เครื่องรับวิทยุสามารถรับสัญญาณความถี่ และเกิดเสียงรบกวนชัดเจนที่ย่านความถี่ที่ 25-28 เมกกะเฮิร์ต ในขณะที่การตรวจจับความถี่ด้วยเครื่องสเปกตรัม-

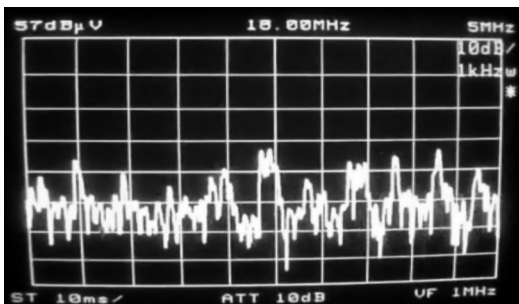
อนาล็อกเฮิร์ตขณะเกิดเบรกดาว์บางส่วนพบว่า ตั้งแต่ความถี่ที่ 3-6 เมกกะเฮิร์ต ยังไม่สามารถรับสัญญาณความถี่ได้ (ภาพที่ 2) แต่เริ่มรับสัญญาณความถี่ได้เล็กน้อยที่ย่านความถี่ 7 เมกกะเฮิร์ต (ภาพที่ 3) และขนาดของสัญญาณย่านความถี่เริ่มสูงขึ้นที่ความถี่ที่ 18 เมกกะเฮิร์ต (ภาพที่ 4) สัญญาณความถี่มีขนาดสูงสุดที่ย่านความถี่ระหว่าง 25-28 เมกกะเฮิร์ต (ภาพที่ 5, 6) หลังจากนั้นสัญญาณเริ่มมีขนาดลดลงในย่านความถี่ที่ 30 เมกกะเฮิร์ต (ภาพที่ 7) และหายไปจนไม่สามารถจับสัญญาณได้หลังสัญญาณความถี่ที่ 33 เมกกะเฮิร์ต (ภาพที่ 8)



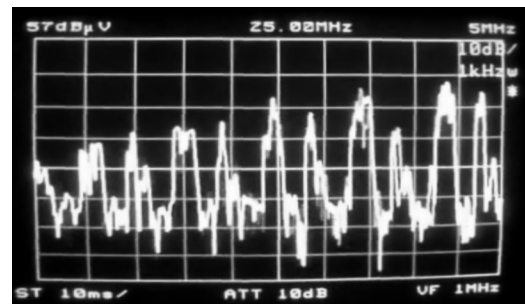
ภาพที่ 2 สัญญาณความถี่ที่ 3 เมกกะเฮิร์ต



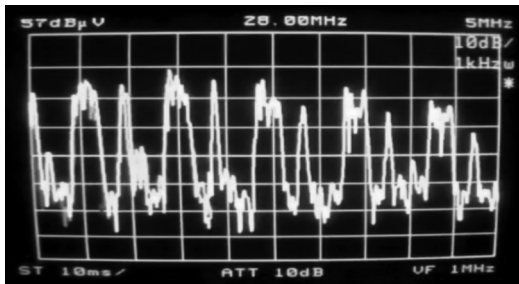
ภาพที่ 3 สัญญาณความถี่ที่ 7 เมกกะเฮิร์ต



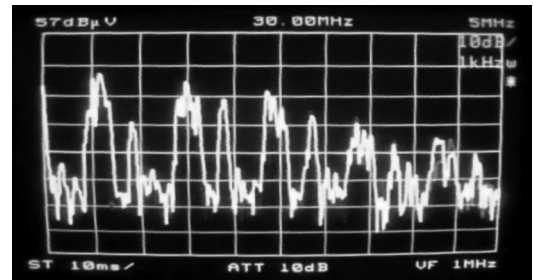
ภาพที่ 4 สัญญาณความถี่ที่ 18 เมกกะเฮิร์ต



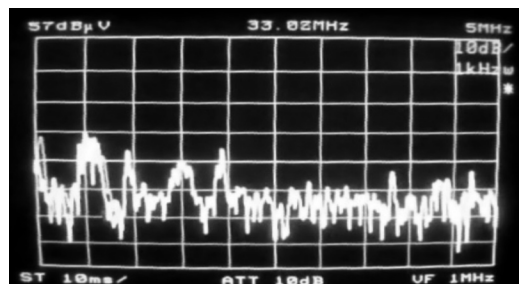
ภาพที่ 5 สัญญาณความถี่ที่ 25 เมกกะเฮิร์ต



ภาพที่ 6 สัญญาณความถี่ที่ 28 เมกกะเฮิร์ต



ภาพที่ 7 สัญญาณความถี่ที่ 30 เมกกะเฮิร์ต



ภาพที่ 8 สัญญาณความถี่ที่ 33 เมกกะเฮิร์ต

4. สรุป

การเกิดเบรกดาวนบางส่วนทำให้เกิดคลื่นความถี่สูง ซึ่งสามารถค้นหาตำแหน่งของการเกิดเบรกดาวนบางส่วนในสายเคเบิลขนาด 22 กิโลโวลต์ได้ด้วยการตรวจจับสัญญาณความถี่ที่แผ่ออกมา การตรวจจับสัญญาณความถี่ด้วยเครื่องรับวิทยุในขณะเกิดเบรกดาวนบางส่วน สามารถรับสัญญาณได้ชัดเจนที่สุดที่ย่านความถี่ 25-28 เมกกะเฮิร์ต เมื่อนำมาอ้างอิงกับผลที่ตรวจจับได้โดยเครื่อง Spectrum

Analyzer พบว่าเครื่อง Spectrum Analyzer รับสัญญาณได้ในย่านความถี่ที่ 7-32 เมกกะเฮิร์ต และช่วงความถี่ที่มีขนาดสูงสุดอยู่ในย่านความถี่ที่ 25-28 เมกกะเฮิร์ต ซึ่งตรงกับย่านความถี่ที่เครื่องรับวิทยุสามารถรับสัญญาณได้ ดังนั้นย่านความถี่ที่ 25-28 เมกกะเฮิร์ต จึงเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปกรองคลื่นสัญญาณรบกวนเพื่อการออกแบบเครื่องรับสัญญาณความถี่ที่ระบุตำแหน่งสำหรับการสร้างเครื่องตรวจจับเบรกดาวนบางส่วนต่อไปในอนาคต

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Kreuger, E.H. 1989. "Discharge Detection in High, Voltage Equipment," 2nd ed. London : Butterworth,
- [2] สำรวย สังข์สะอาด. 2528. "วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง". กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [3] สภาวิศวกร. ผลกระทบของปรากฏการณ์โคโรนา (Corona effect) และการตรวจวัด. วิธีสืบค้นทางสารสนเทศ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http : // www.coe.or.th](http://www.coe.or.th). (วันที่ค้นข้อมูล : 20 สิงหาคม 2555).
- [4] ณรงค์ ทองนิม. 2533 "เครื่องตรวจจับดิสชาร์จบางส่วนในอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง" วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,.
- [5] ความรู้เกี่ยวกับสถานีวิทยุคสิ้นสิ้น. วิธีสืบค้นทางสารสนเทศ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http : // www.guru.google.co.th](http://www.guru.google.co.th). (วันที่ค้นข้อมูล : 20 กันยายน 2555).