การออกแบบสร้างชุดทดสอบแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ในฉนวนอากาศ สำหรับความดันอากาศ –30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระยะแกป 1 ถึง 5 มิลลิเมตร

Design and Construction of Air Insulation Breakdown Voltage Test Set in Air Pressure -30 to 30 pound per square inch at 1 to 5 millimeters Gap Distance

ธนากร น้ำหอมจันทร์[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดทดสอบแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ในฉนวนอากาศ สำหรับความดันอากาศ -30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระยะแกป 1 ถึง 5 มิลลิเมตร โดยใช้อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ สำหรับสร้างสนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร หนา 5 มิลลิเมตร ทำการทดสอบด้วยไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสสลับตามมาตรฐาน IEC 60060-1, IEC 60060-2 และ IEEE 4-1995 ผลการทดสอบหาค่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์เฉลี่ยในระยะแกป 1 ถึง 5 มิลลิเมตร ที่ความดันอากาศ -30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีค่าอยู่ในช่วง 0.2555 ถึง 18.6448 กิโลโวลต์ พบว่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์สัมพันธ์กับความดันอากาศและระยะแกป ผลจากการทดสอบสามารถนำไปใช้ในการออกแบบวัสดุฉนวนสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง ที่มีลักษณะสนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอได้อย่างเหมาะสมต่อไปในอนาคต และชุดทดสอบที่ออกแบบสร้างสามารถใช้ประกอบการเรียน การสอน และการวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ, สนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอ, แรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์, ฉนวนอากาศ, เบรกดาวน์ในฉนวนอากาศ

Abstract

This paper presents the design and construction of air insulation breakdown voltage test set in air pressure -30 to 30 pound per square inch at 1 to 5 millimeters gap distance. That use plane to plane electrodes for creates a uniform electric field diameter 90 millimeters and thickness 5 millimeters. The experiment use AC high voltage test according IEC 60060-1, IEC 60060-2 and IEEE 4-1995 standards. The test result show breakdown voltages at 1 to 5 millimeters gap distance at -30 to 30 pound per square inch are in the range of 0.2555 to 18.6448 kilovolt; the breakdown voltages are relating with

[1]อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

E-mail: thanakorn@eau.ac.th

air pressure and gap distance. This test results can be applied to design an insulator material of high voltage equipment that has uniform field characteristic more appropriate in the future and test set can use for teaching and research effectively.

Keywords: plane to plane electrode, uniform field, breakdown voltage, air insulation, breakdown in air insulation

ความนำ

อากาศถูกใช้เป็นวัสดุฉนวนสำหรับระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสสลับและกระแสตรงอย่างกว้างขวาง รวมถึงในอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงหลายประเภท ทั้งในความดันอากาศปกติ สูญญากาศและอากาศอัดความดัน เนื่องจากฉนวนอากาศสามารถคืนกลับสภาพความเป็นฉนวนได้หลังจากเกิดการเบรกดาวน์หรือเสียสภาพความเป็นฉนวนได้ผ่านพ้นไปแล้ว

ในการออกแบบวัสดุฉนวนสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง จะต้องคำนึงถึงความคงทนของการฉนวนทางไฟฟ้า ซึ่งหมายถึงค่าความคงทนต่อความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max}) ที่ฉนวนนั้นสามารถทนอยู่ได้โดยไม่เกิดความเสียหายหรือเกิดเบรกดาวน์ (ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล, 2546; สำรวย สังข์สะอาด, 2549) หากกำหนดค่าต่ำกว่าความเป็นจริงแล้วอาจส่งผลต่อการฉนวนที่ได้ออกแบบ และในทางตรงกันข้ามถ้ากำหนดค่าสูงกว่าความเป็นจริงแล้วจะส่งผลต่อขนาดและราคาของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงที่ออกแบบ ความเครียดสนามไฟฟ้าที่ใช้กำหนดค่าความคงทนของการฉนวนทางไฟฟ้า โดยทั่วไปจะหาจากสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ คำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$E_{max} = \frac{U}{d} \qquad (1)$$

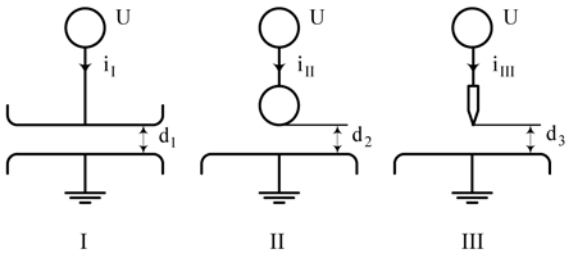
โดยที่ E_{max} คือ ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด (กิโลโวลต์/มิลลิเมตร)

U คือ แรงดันไฟฟ้า (กิโลโวลต์)

D คือ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (มิลลิเมตร)

ข้อจำกัดของสมการที่ 1 คือ ใช้กับกรณีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอเท่านั้น ในกรณีสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอจะต้องพิจารณาค่าแฟคเตอร์สนามไฟฟ้าของรูปลักษณะอิเล็กโตรดและแรงดันโคโรนาเริ่มเกิดด้วย

ลักษณะรูปแบบสนามไฟฟ้าโดยทั่วไป แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ และสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ ชนิดไม่สม่ำเสมอแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย และแบบไม่สม่ำเสมอสูง สนามไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับรูปลักษณะของอิเล็กโตรด (ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล, 2546; สำรวย สังข์สะอาด, 2549) แสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 อิเล็กโตรดที่มีลักษณะสนามไฟฟ้าแบบต่าง ๆ

I : สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

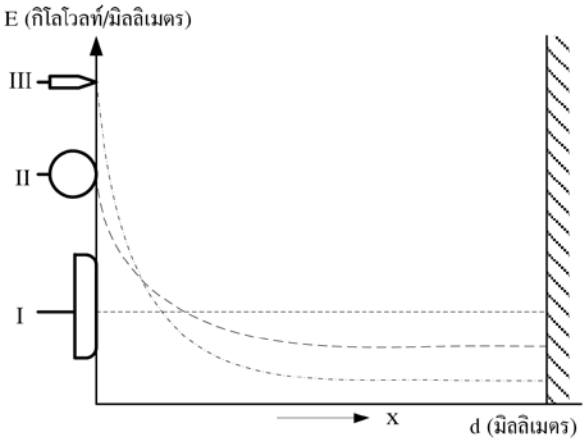
II : สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย

III : สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง

ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของวัสดุฉนวนส่วนใหญ่จะเป็นค่าทางสถิติหรือเป็นค่าโดยประมาณ มักจะกำหนดด้วยค่าความเครียดสนามไฟฟ้าแรงสูงสุด (E_{max}) ที่เกิดขึ้น ณ จุดใดจุดหนึ่งระหว่างอิเล็กโตรดในขณะที่เบรกดาวน์เริ่มเกิดขึ้น ในกรณีสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดจะอยู่ในบริเวณผิวอิเล็กโตรดที่มีพื้นผิวน้อยที่สุด เมื่อระยะห่างออกไปจากผิวอิเล็กโตรด

ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าจะลดลงอย่างรวดเร็ว แสดงดังภาพ 2

จากประโยชน์ของฉนวนอากาศ และความสำคัญของการทดสอบหาค่าแรงดันไฟฟ้า เบรกดาวน์จากสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ จึงมีแนวคิดที่จะทำการออกแบบสร้างชุดทดสอบแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ในฉนวนอากาศ โดยใช้อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ สำหรับจำลองสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอในระยะแกป 1 ถึง 5 มิลลิเมตร สำหรับความดันอากาศ -30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งเป็นช่วงความดันอากาศที่สามารถสร้างได้ทั่วไป เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน การวิจัยทางวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง เพิ่มทักษะความรู้ความเข้าใจมากขึ้นเกี่ยวกับปรากฏการณ์เบรกดาวน์ในฉนวนอากาศ อีกทั้งยังสามารถนำผลการทดสอบที่ได้นำไปใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงที่มีขนาดและราคาที่เหมาะสมต่อไปในอนาคต



ภาพ 2 เปรียบเทียบการกระจายสนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรดดังภาพ 1

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

ในการออกแบบชุดทดสอบแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ในฉนวนอากาศ สำหรับความดันอากาศ -30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในระยะแกป 1 ถึง 5 มิลลิเมตร แบ่งการออกแบบเป็น 2 ส่วนดังนี้

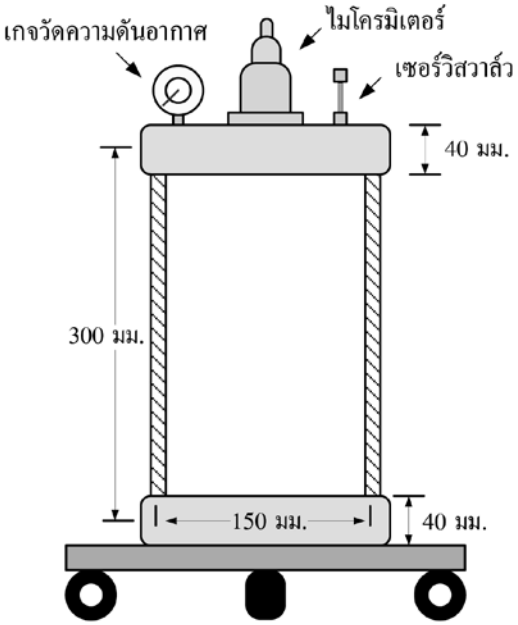
1) อิเล็กโตรด

อิเล็กโตรดที่ใช้ในชุดทดสอบเป็นอิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ เพื่อจำลองสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ โดยเลือกใช้อลูมิเนียมกลึงขึ้นรูปเป็นอิเล็กโตรด ขนาดของอิเล็กโตรดที่ออกแบบ แสดงดังภาพ 3

ภาพ 3 ขนาดของอิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

2) ชุดทดสอบ

ในการออกแบบชุดทดสอบต้องคำนึงถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และจุดต่อทางไฟฟ้าของชุดทดสอบต้องไม่ส่งผลต่อลักษณะการกระจายสนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรด ขนาดของชุดทดสอบที่ออกแบบ แสดงดังภาพ 4



ภาพ 4 ขนาดของชุดทดสอบที่ออกแบบ

จากภาพ 4 ชุดทดสอบที่ออกแบบใช้อะคริลิกใสเป็นวัสดุฉนวนเพื่อให้สามารถสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น จุดต่อทางไฟฟ้าทั้งไฟฟ้าแรงสูงและกราวด์กลึงขึ้นรูปจากอลูมิเนียม เนื่องจากเป็นวัสดุตัวนำไฟฟ้าที่ดี กลึงขึ้นรูปง่าย

และมีน้ำหนักเบา และใช้ซีลยางเพื่อป้องกันความดันอากาศในชุดทดลองรั่วไหล

ในการทดสอบทำที่ความดันอากาศ -30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในระยะแกป 1 ถึง 5 มิลลิเมตร ดังนั้นที่ส่วนบนของชุดทดสอบจึงมีการติดตั้งเซอร์วิสวาล์วสำหรับดูดหรืออัดอากาศเข้าไปในชุดทดสอบ เกจวัดความดันอากาศสำหรับวัดความดันภายในชุดทดสอบ และไมโครมิเตอร์ที่นำส่วนก้านวัดระยะเชื่อมเข้ากับแกนอิเล็กโตรดสำหรับปรับระยะแกปของอิเล็กโตรดในการทดสอบ

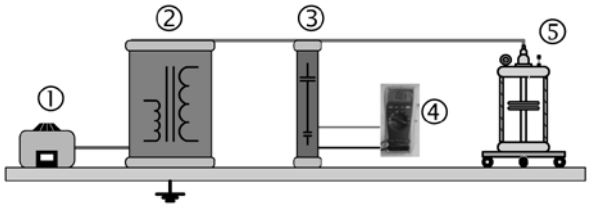
ชุดทดสอบแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ในฉนวนอากาศที่ประกอบสร้างแล้วเสร็จ แสดงดังภาพ 5

ภาพ 5 ภาพถ่ายชุดทดสอบแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ในฉนวนอากาศที่ออกแบบสร้าง

การทดลองการควบคุมความดันอากาศในชุดทดลอง โดยอัดอากาศให้มีความดันอากาศเท่ากับพิกัดใช้งานของชุดทดลอง และสังเกตความดันอากาศในชุดทดลองจากเกจวัดความดันอากาศ พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที ชุดทดลองสามารถรักษาความดันอากาศได้ตลอดช่วงเวลาการทดลอง

การทดสอบหาค่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ในฉนวนอากาศ

ในการทดสอบเพื่อหาค่าแรงดันไฟฟ้าเบรก-ดาวน์ด้วยแรงดันสูงกระแสสลับ หาค่าเฉลี่ยจากการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง วงจรการทดสอบและการวัดเป็นไปตามมาตรฐาน IEC 60060-1 (IEC std. 60060-1), IEC 60060-2 (IEC std. 60060-2) และ IEEE4-1995 (IEEE Std. 4) กำหนด โดยมีการจัดวางอุปกรณ์การทดสอบ ดังภาพ 6



ภาพ 6 วงจรการทดสอบ

เมื่อ 1 คือ หม้อแปลงไฟฟ้าปรับค่าได้ 0-250V, 3kVA

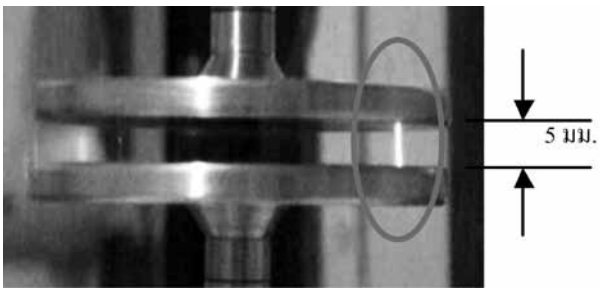
2 คือ หม้อแปลงทดสอบแรงสูง 220V/20kV, 5kVA, 50 Hz

3 คือ โวลเตจดิไวเดอร์แบบตัวเก็บประจุ พิกัดแรงดัน 150 kV, 1111:1, ±1% (อติกร เสรีพัฒนานนท์ และคณะ, 2551)

4 คือ ดิจิทัลมัลติมิเตอร์ (True RMS Multimeter)

5 คือ ชุดทดสอบที่ออกแบบสร้าง

ตัวอย่างปรากฏการณ์เบรกดาวน์ของฉนวนอากาศในชุดทดสอบที่ออกแบบสร้าง ในระยะแกป 5 มิลลิเมตร ความดันอากาศ 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ 18.69 กิโลโวลต์ ดังภาพ 7



ภาพ 7 ภาพถ่ายตัวอย่างปรากฏการณ์เบรกดาวน์

ผลการศึกษา

ผลการทดสอบหาค่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ในฉนวนอากาศที่ความดันอากาศ -30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในระยะแกป 1 ถึง 5 มิลลิเมตร โดยใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ตามมาตรฐาน IEC 60060-1, IEC 60060-2 และ IEEE4-1995 (IEC std. 60060-1, 1989; IEC std. 60060-2, 1994; IEEE Std. 4, 1995) กำหนด แสดงดังตารางที่ 1-5 และภาพ 8-12

ตารางที่ 1

ผลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 1 มิลลิเมตร ความดันอากาศ -30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ครั้งที่	แรงดันเบรกดาวน์ U_b (กิโลโวลต์) ความดันอากาศ P (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)												
	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
1	0.2555	0.3444	0.6666	0.9777	1.0777	1.5443	2.3331	3.6219	4.8551	5.5772	6.2772	7.0326	7.1882
2	0.2555	0.3444	0.6444	0.9777	1.0999	1.5221	2.3553	3.5996	4.8884	5.5883	6.266	7.0326	7.166
3	0.2555	0.3444	0.6666	0.9777	1.0888	1.5443	2.3331	3.633	4.8662	5.5772	6.2772	7.0215	7.1993
4	0.2555	0.3444	0.6555	0.9666	1.0999	1.5443	2.3664	3.5774	4.8551	5.5883	6.2549	7.0326	7.1548
5	0.2555	0.3444	0.6666	0.9777	1.0777	1.5332	2.3442	3.6219	4.8551	5.5772	6.2772	7.0437	7.1882
$\bar{x}$	0.2555	0.3444	0.6599	0.9755	1.0888	1.5376	2.3464	3.6108	4.8640	5.5816	6.2705	7.0326	7.1793
SD	0.0000	0.0000	0.0099	0.0050	0.0111	0.0099	0.0145	0.0223	0.0145	0.0061	0.0100	0.0078	0.0183

ตารางที่ 2

ผลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 2 มิลลิเมตร ความดันอากาศ -30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ครั้งที่	แรงดันเบรกดาวน์ U_b (กิโลโวลต์) ความดันอากาศ P (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)												
	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
1	0.2889	0.6666	0.9777	2.3664	2.8997	4.0663	5.455	6.9104	8.4769	9.188	10.5323	10.7212	11.7433
2	0.2889	0.6888	0.9777	2.3887	2.9108	4.0885	5.455	6.8993	8.4992	9.1991	10.5545	10.7434	11.7322
3	0.2889	0.6666	0.9888	2.3664	2.8997	4.0663	5.4772	6.8993	8.4769	9.188	10.5212	10.7212	11.7433
4	0.2889	0.6888	0.9999	2.3664	2.9219	4.0774	5.455	6.9326	8.488	9.1769	10.5545	10.7434	11.7322
5	0.2889	0.6888	0.9777	2.3553	2.8997	4.0885	5.4661	6.9215	8.4992	9.1991	10.5545	10.7434	11.7322
$\bar{x}$	0.2889	0.6799	0.9844	2.3686	2.9064	4.0774	5.4617	6.9126	8.4880	9.1902	10.5434	10.7345	11.7366
SD	0.0000	0.0122	0.0099	0.0122	0.0099	0.0111	0.0099	0.0145	0.0112	0.0093	0.0157	0.0122	0.0061

ตารางที่ 3

ผลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 3 มิลลิเมตร ความดันอากาศ -30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ครั้งที่	แรงดันเบรกดาวน์ U_b (กิโลโวลต์) ความดันอากาศ P (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)												
	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
1	0.2889	0.8555	3.2775	3.6441	5.1662	6.4216	8.6658	10.4767	12.5321	14.3875	16.1095	16.1651	16.4984
2	0.2889	0.8555	3.2663	3.6552	5.155	6.4327	8.688	10.499	12.4988	14.3319	16.1317	16.1317	16.4428
3	0.2889	0.8555	3.2775	3.633	5.1439	6.4216	8.6769	10.499	12.5099	14.3763	16.1095	16.1428	16.4761
4	0.2889	0.8666	3.2552	3.6552	5.155	6.4216	8.6658	10.4767	12.5321	14.3875	16.1095	16.1317	16.5095
5	0.2889	0.8666	3.2441	3.6441	5.0662	6.4216	8.6880	10.4767	12.521	14.3763	16.1428	16.1317	16.4984
$\bar{x}$	0.2889	0.8599	3.2641	3.6463	5.1373	6.4238	8.6769	10.4856	12.5188	14.3719	16.1206	16.1406	16.4850
SD	0.0000	0.0061	0.0145	0.0093	0.0405	0.0050	0.0111	0.0122	0.0145	0.0231	0.0157	0.0145	0.0265

ตารางที่ 4

ผลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 4 มิลลิเมตร ความดันอากาศ -30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ครั้งที่	แรงดันเบรกดาวน์ U_b (กิโลโวลต์) ความดันอากาศ P (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)												
	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
1	0.3111	1.9776	3.6108	5.3884	7.2326	8.6325	10.1879	13.8986	15.0318	18.2093	-	-	-
2	0.3111	1.9443	3.5996	5.355	7.2215	8.6103	10.1657	13.9097	15.0318	18.2093	-	-	-
3	0.3111	1.9554	3.5885	5.3661	7.2326	8.6214	10.1768	13.8986	15.0207	18.1871	-	-	-
4	0.3111	1.9665	3.6108	5.3884	7.2437	8.6325	10.1879	13.8986	15.0207	18.1982	-	-	-
5	0.3111	1.9776	3.6108	5.3661	7.2104	8.6214	10.1879	13.8986	15.0318	18.2093	-	-	-
$\bar{x}$	0.3111	1.9643	3.6041	5.3728	7.2282	8.6236	10.1812	13.9008	15.0274	18.2026	-	-	-
SD	0.0000	0.0145	0.0100	0.0149	0.0127	0.0093	0.0099	0.0050	0.0061	0.0099	-	-	-

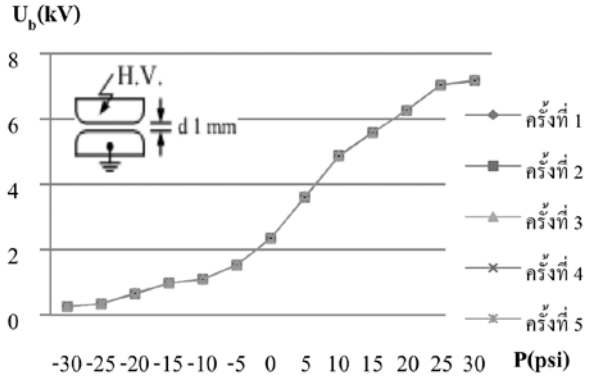
หมายเหตุ ที่ความดันอากาศ 20 ถึง 30 psi ไม่ทำการทดสอบ

ตารางที่ 5

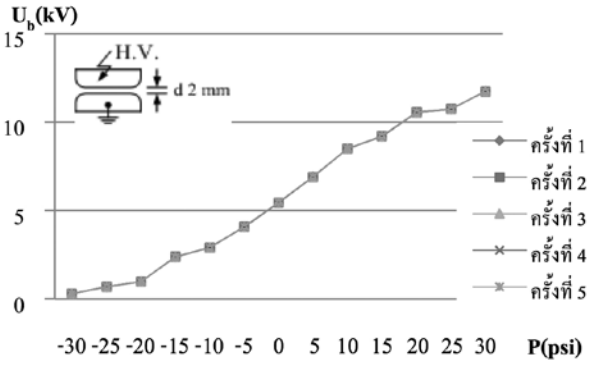
ผลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร ความดันอากาศ -30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ครั้งที่	แรงดันเบรกดาวน์ U_b (กิโลโวลต์) ความดันอากาศ P (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)												
	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
1	0.3111	1.9776	4.0885	6.1438	8.1436	10.1101	12.9209	15.7873	18.4759	-	-	-	-
2	0.3111	1.9887	4.0885	6.1438	8.1436	10.1323	12.9098	15.7873	18.6648	-	-	-	-
3	0.3111	1.9776	4.0996	6.1327	8.1325	10.1101	12.9209	15.7762	18.6870	-	-	-	-
4	0.3222	1.9776	4.0996	6.1327	8.1547	10.1212	12.9098	15.7984	18.6981	-	-	-	-
5	0.3222	1.9887	4.0885	6.1438	8.1436	10.1101	12.9209	15.7762	18.6981	-	-	-	-
$\bar{x}$	0.3155	1.9820	4.0929	6.1394	8.1436	10.1168	12.9165	15.7851	18.6448	-	-	-	-
SD	0.0061	0.0061	0.0061	0.0061	0.0078	0.0099	0.0061	0.0093	0.0954	-	-	-	-

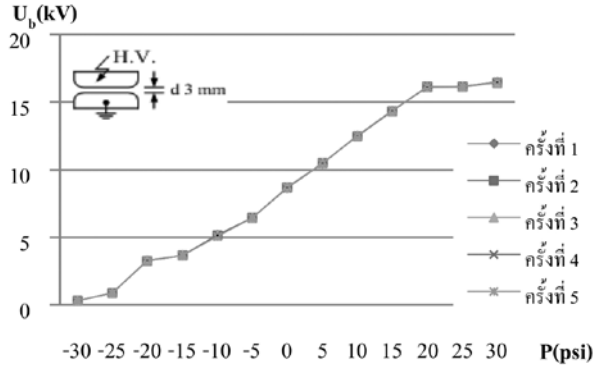
หมายเหตุ ที่ความดันอากาศ 15 ถึง 30 psi ไม่ทำการทดสอบ



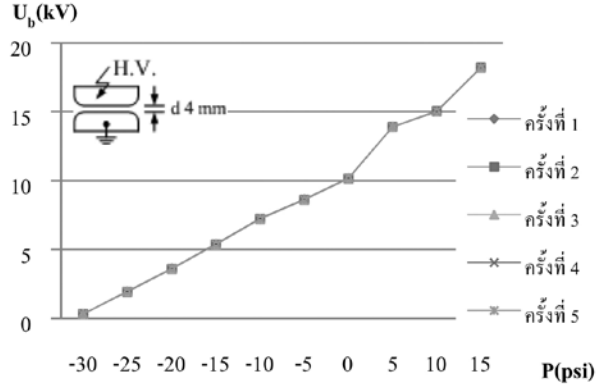
ภาพ 8 ผลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ ที่ระยะแกป 1 มิลลิเมตร ความดันอากาศ -30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว



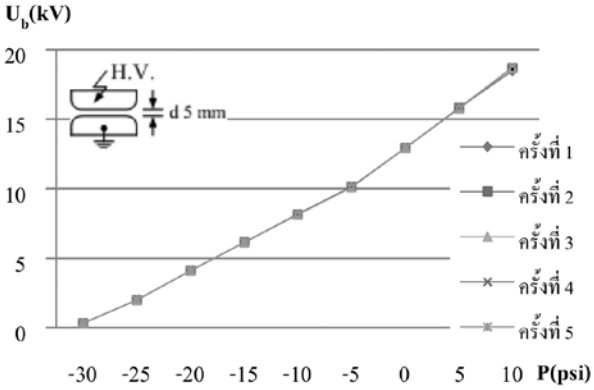
ภาพ 9 ผลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ ที่ระยะแกป 2 มิลลิเมตร ความดันอากาศ -30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว



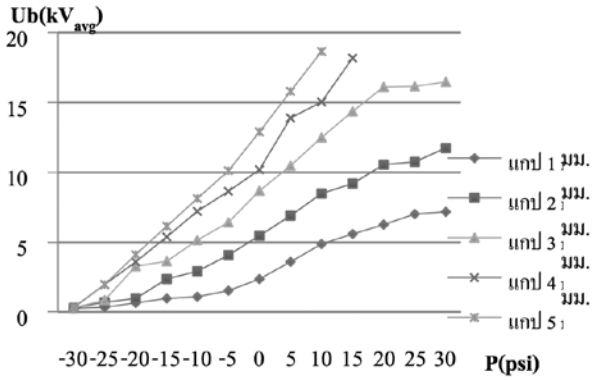
ภาพ 10 ผลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ ที่ระยะแกป 3 มิลลิเมตร ความดันอากาศ -30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว



ภาพ 11 ผลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ ที่ระยะแกป 4 มิลลิเมตร ความดันอากาศ -30 ถึง 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว



ภาพ 12 ผลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร ความดันอากาศ -30 ถึง 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว



ภาพ 13 แรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์เฉลี่ยที่ความดันอากาศ -30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในระยะแกป 1 ถึง 5 มิลลิเมตร ทดสอบด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

อภิปรายผลและสรุป

ผลการทดสอบหาค่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ด้วยแรงดันสูงกระแสสลับ ดังแสดงในภาพ 8-12 สามารถเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์เฉลี่ยที่ความดันอากาศ -30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้วในระยะแกป 1 ถึง 5 มิลลิเมตร ได้ ดังภาพ 13

ชุดทดสอบแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ในฉนวนอากาศที่ความดันอากาศ -30 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในระยะแกป 1 ถึง 5 มิลลิเมตร ที่แสดงการออกแบบไว้ข้างต้น โดยใช้อิเล็กโตรดแบบ ระนาบ-ระนาบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร สำหรับจำลองสนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอ ที่ออกแบบสร้างสามารถใช้ในการทดสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถใช้ประกอบการเรียน การสอน การวิจัยทางวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูงต่อไปในอนาคต

ผลการทดสอบด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ค่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์เฉลี่ยในระยะแกป 1 มิลลิเมตร ที่ความดันอากาศ -30 ปอนด์ต่อตารางนิ้วมีค่าประมาณ 0.2555 กิโลโวลต์ ส่วนแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์สูงสุดเกิดขึ้นในระยะแกป 5 มิลลิเมตร ที่ความดันอากาศ 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้วมีค่าประมาณ 18.6448 กิโลโวลต์ ทั้งนี้พบว่าแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์สัมพันธ์กับความดันอากาศและระยะแกป (Kuffel, E., Zaengl, W. S. & Kuffel, J., 2000; Naidu, M. S. and Kamaraju, V., 1996) โดยชุดทดสอบที่ออกแบบสร้างสามารถใช้ประกอบการเรียนการสอน การวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผลจากการทดสอบที่ได้สามารถนำไปช่วยในการออกแบบวัสดุฉนวนสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงที่มีอิเล็กโตรดลักษณะสนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอหรืออิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบได้อย่างเหมาะสมต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล, (2546). *เอกสารประกอบการสอนวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูงขั้นสูง*. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สำรวย สังข์สะอาด. (2549). *วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร:จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อติกร เสรีพัฒนานนท์, ธนากร น้ำหอมจันทร์, พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ และ สุพิศ บุญรัตน์. (2551). การออกแบบและสร้างโวลเตจดิไวเดอร์ แบบตัวเก็บประจุขนาด 150 กิโลโวลต์สำหรับวัดแรงดันสูงกระแสสลับ. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย EAU Heritage Journal*, *2*(1), 19-25.

International Electrotechnical Commission. (1989). *High-voltage test techniques Part 1: General definitions and test requirements*. IEC Standard. 60060-1, Second edition 1989-11. Switzerland, Geneva.

International Electrotechnical Commission. (1994). *High-voltage test techniques Part 2: Measuring System*. IEC Standard. 60060-2, Second edition 1994-11. Switzerland, Geneva.

Institute of Electrical and Electronics Engineers. (1995). *IEEE standard techniques for high-voltage testing*. IEEE Standard. 4-1995. USA, New York.

Kuffel, E., Zaengl, W. S. & Kuffel, J. (2000). *High voltage engineering: fundamentals* (2nd. ed.). Great Britain: Newnes.

Naidu, M. S. & Kamaraju, V. (1996). *High voltage engineering* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.