

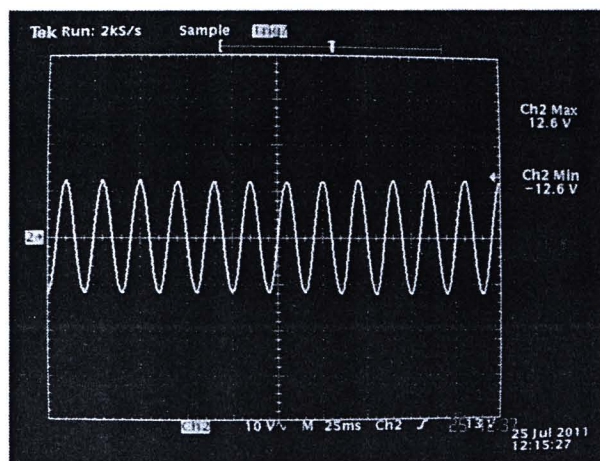
บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

ผลการทดสอบแสดงข้อมูลคุณลักษณะแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, SF₆, Air และสัดส่วนของก๊าซ SF₆ ในก๊าซผสม SF₆-N₂ ในกรณีต่างๆ ที่กำหนดไว้ในข้อ 3.4 ซึ่งผลการทดสอบได้แบ่งออกเป็น 3 กรณีคือแบบอิเล็กทรอนิกส์ทรานสเลม-ระนาบ ทรงกลม-ระนาบ และระนาบ-ระนาบ ซึ่งผลการทดสอบประกอบไปด้วย

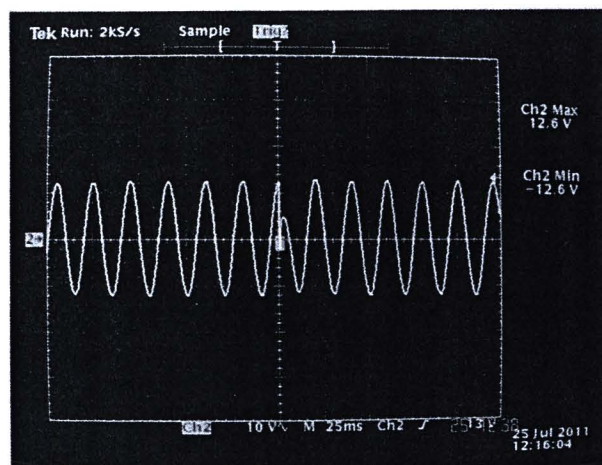
- ผลการทดสอบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนก๊าซชนิดต่างๆ
- ผลการเปรียบเทียบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนก๊าซชนิดต่างๆ
- ผลการทดสอบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีของสัดส่วนของก๊าซ SF₆ ในก๊าซผสม SF₆-N₂
- ผลการเปรียบเทียบการทดสอบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนก๊าซ อิเล็กทรอนิกส์แบบปลายแหลม-ระนาบ ทรงกลม-ระนาบ และระนาบ-ระนาบ
- ผลการเปรียบเทียบรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกดาวน์ในฉนวนก๊าซชนิดต่างๆ

4.1 รูปคลื่นแรงดันที่ใช้ในการทดสอบ

จากวงจรที่ใช้ในการทดสอบรูปที่ 3.7 ทำการวัดรูปคลื่นแรงดันกระแสสลับด้วยออสซิลโลสโคปยี่ห้อ Tektronix รุ่น TDS 340 ได้รูปคลื่นที่ใช้ในการทดสอบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้างดังรูปที่ 4.1 และรูปคลื่นจากการเบรกดาวน์ของฉนวนก๊าซดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ทดสอบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนก๊าซ

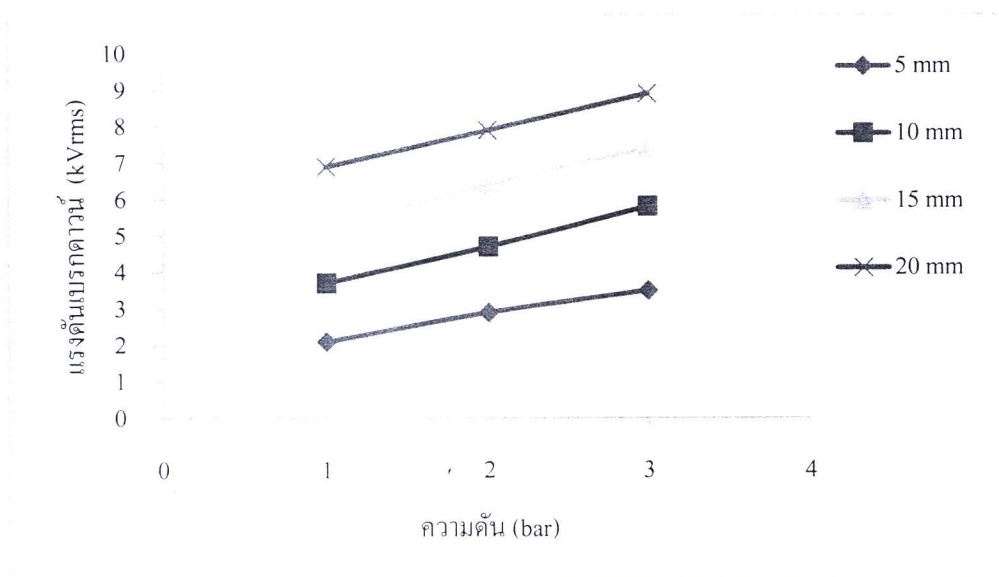


รูปที่ 4.2 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกควาน์ในฉนวนก๊าซ

4.2 ผลการทดสอบค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนก๊าซชนิดต่างๆ

4.2.1 ผลการทดสอบค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนก๊าซ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

ผลการทดสอบแสดงค่าแรงดันเบรกควาน์เปรียบเทียบกับความดันที่ 1, 2 และ 3 บาร์ของฉนวนก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร โดยเก็บผลเป็นค่า U_{rms} การทดสอบใช้วิธีการเก็บผลค่าแรงดันเบรกควาน์ ($U_{50\%}$) ด้วยวิธี Successive discharge test ได้ผลดังรูปที่ 4.3-4.9



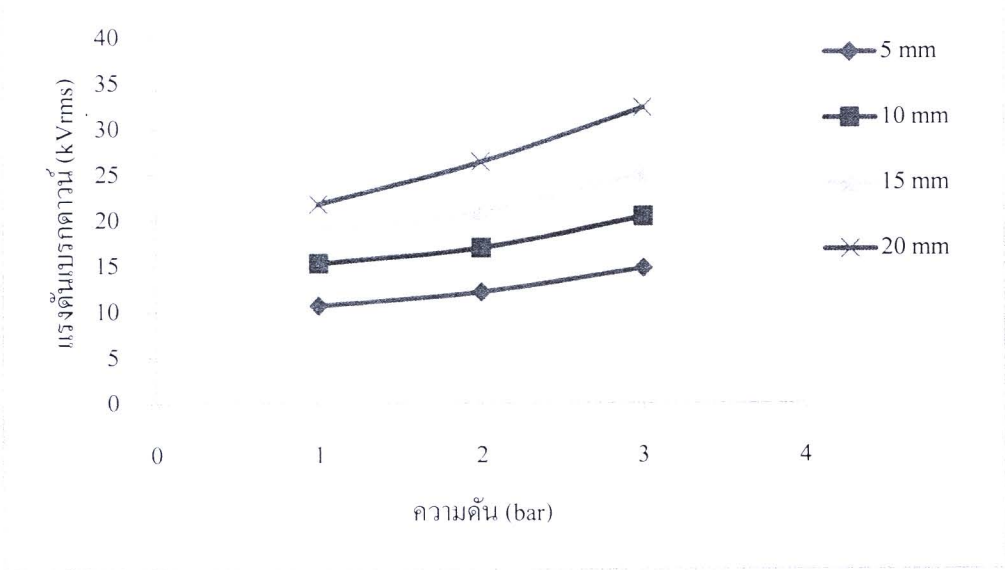
รูปที่ 4.3 ค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

จากรูปที่ 4.3 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของก๊าซ He มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์ พบว่าที่ระยะ 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 67 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 57 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 42 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 29 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.4 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ Ar อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

จากรูปที่ 4.4 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของก๊าซ Ar มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์พบว่าที่ระยะ 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 65 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 40 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 28 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 24 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.5 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของ CO₂ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

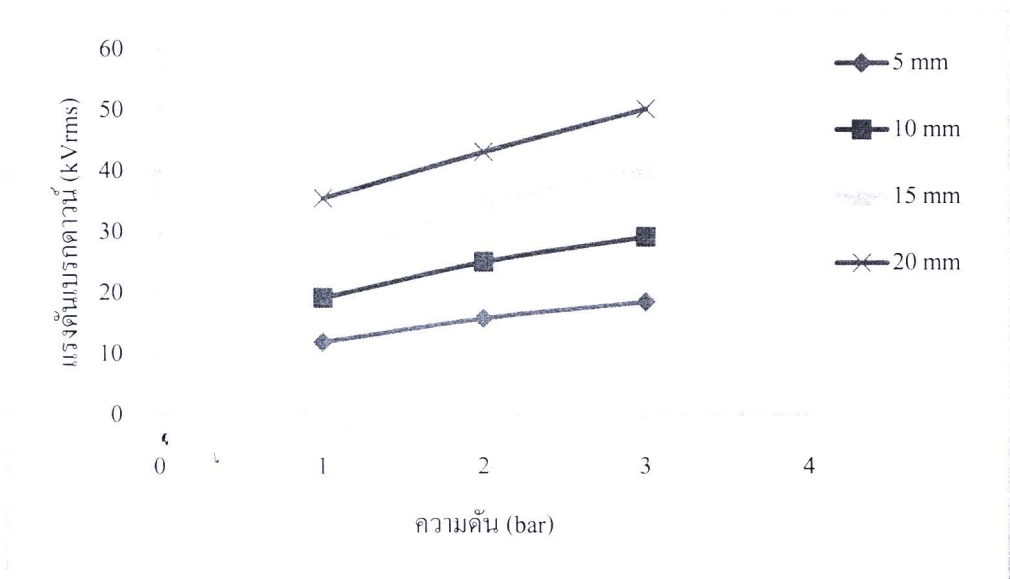
จากรูปที่ 4.5 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกควาน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของก๊าซ CO₂ มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกควาน์ พบว่าที่ระยะ 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 38 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 33 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 31 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 48 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.6 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ O₂ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

จากรูปที่ 4.6 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกควาน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของก๊าซ O₂ มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดัน พบว่าที่ระยะ 5 มิลลิเมตร มีการ

เพิ่มขึ้น 40 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 37 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 34 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 46 เปอร์เซ็นต์



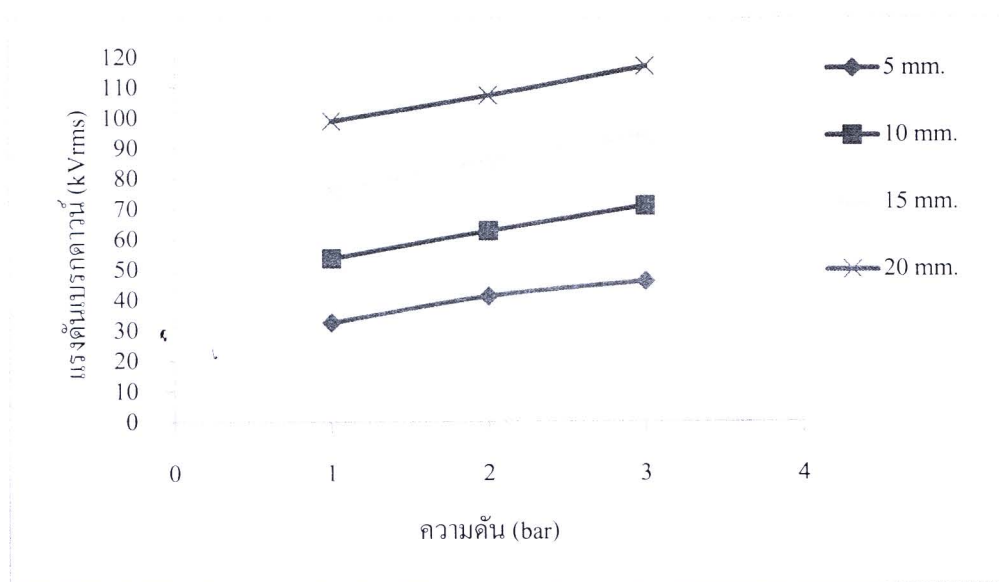
รูปที่ 4.7 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ N₂ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

จากรูปที่ 4.7 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแกป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของก๊าซ N₂ มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดัน พบว่าที่ระยะ 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 55 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 52 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 56 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 41 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.8 แสดงค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของ Air อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

จากรูปที่ 4.8 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของ Air มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์ พบว่าที่ระยะ 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 54 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 39 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.9 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ SF₆ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

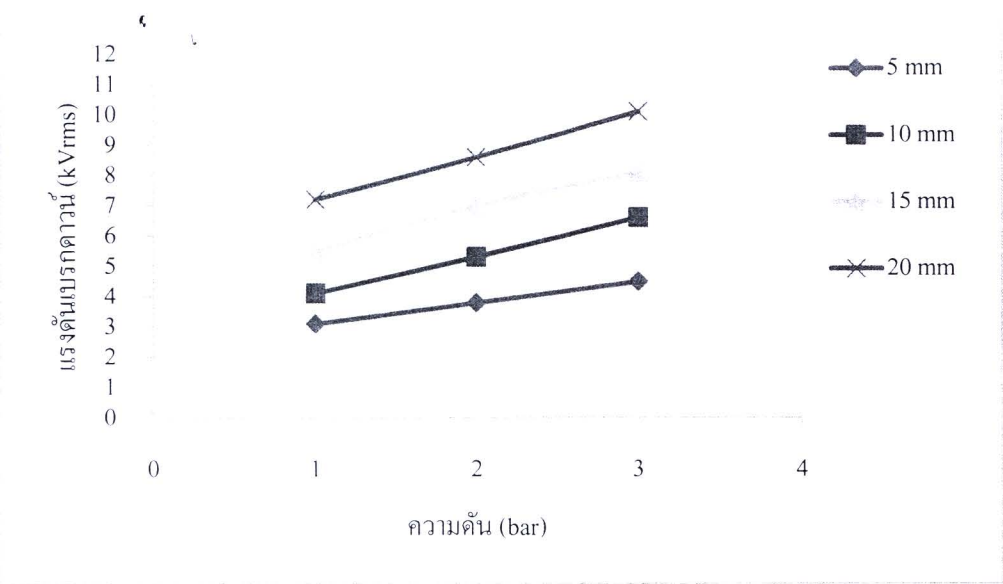
จากรูปที่ 4.9 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของก๊าซ SF₆ มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์ พบว่าที่ระยะ 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 42 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 32 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 24 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 18 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.3-4.9 พบว่าก๊าซ He ที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตรมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์ สูงที่สุดคือ 66 เปอร์เซ็นต์ ต่ำที่สุดคือ 29 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร ก๊าซ Ar เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 65 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 24 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร ก๊าซ CO₂ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 48 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 31 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร ก๊าซ O₂ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 46 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 34 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร ก๊าซ N₂ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 56 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 41 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร Air เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 54 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 39 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20

มิลลิเมตร แก๊ส SF₆ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 42 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 18 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร

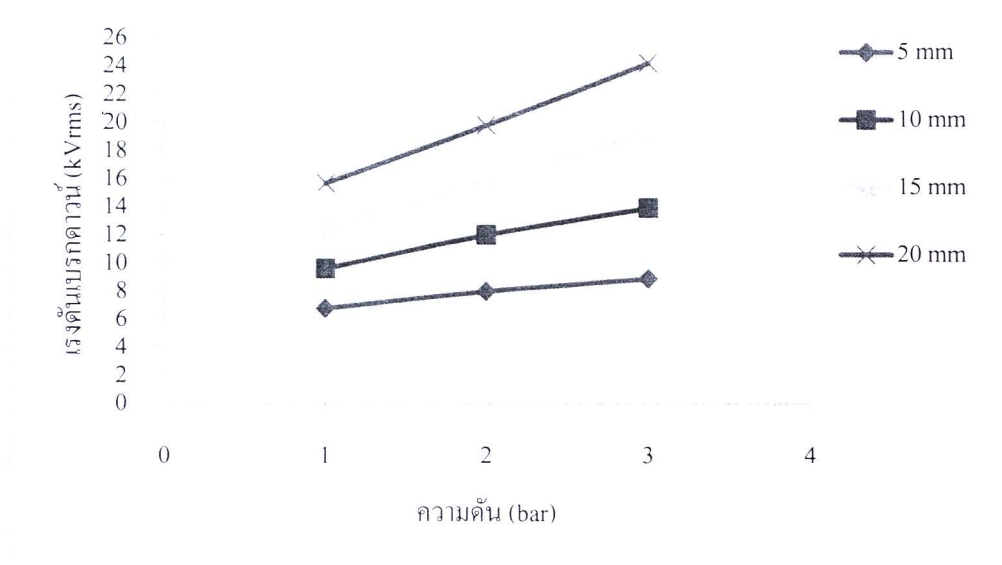
4.2.2 ผลการทดสอบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนแก๊ส อิเล็กโตรดแบบ ทรงกลม-ระนาบ

ผลการทดสอบแสดงค่าแรงดันเบรกดาวน์เปรียบเทียบกับความดันที่ 1, 2 และ3 บาร์ของฉนวนแก๊ส He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ20 มิลลิเมตร โดยเก็บผลเป็นค่า U_{rms} การทดสอบใช้วิธีการเก็บผลค่าแรงดันเบรกดาวน์ (U_{50%}) ด้วยวิธี Successive discharge test ได้ผลดังรูปที่ 4.10-4.16



รูปที่ 4.10 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของแก๊ส He อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

จากรูปที่ 4.10 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของแก๊ส He มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์ พบว่าที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 45 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 61 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 47 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 40 เปอร์เซ็นต์



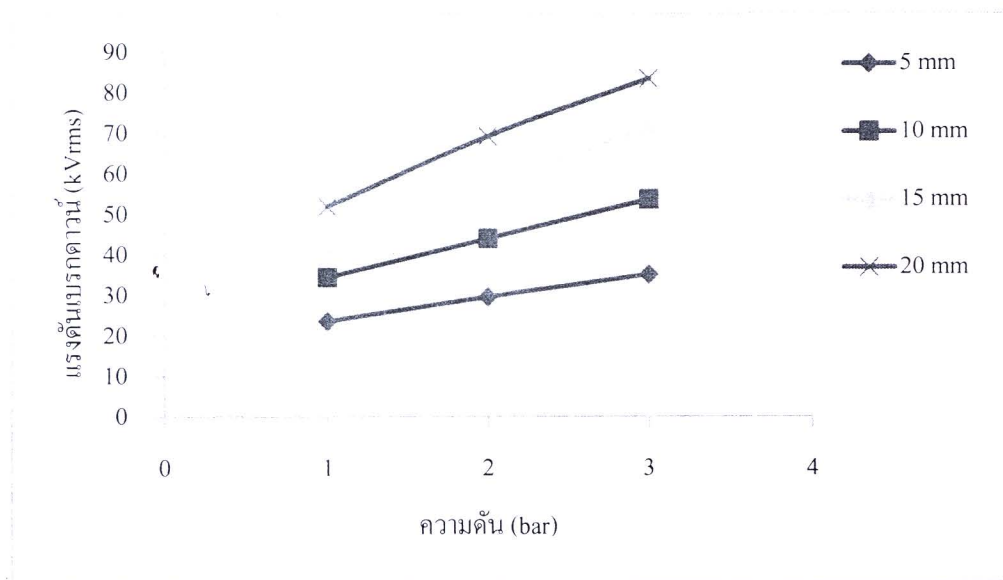
รูปที่ 4.11 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของ Ar อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

จากรูปที่ 4.11 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแกป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของก๊าซ Ar มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์ พบว่าที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 31 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 45 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 56 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 54 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.12 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ CO₂ อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

จากรูปที่ 4.12 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกควานที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของก๊าซ CO_2 มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกควานพบว่าที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 54 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 60 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 74 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 64 เปอร์เซ็นต์



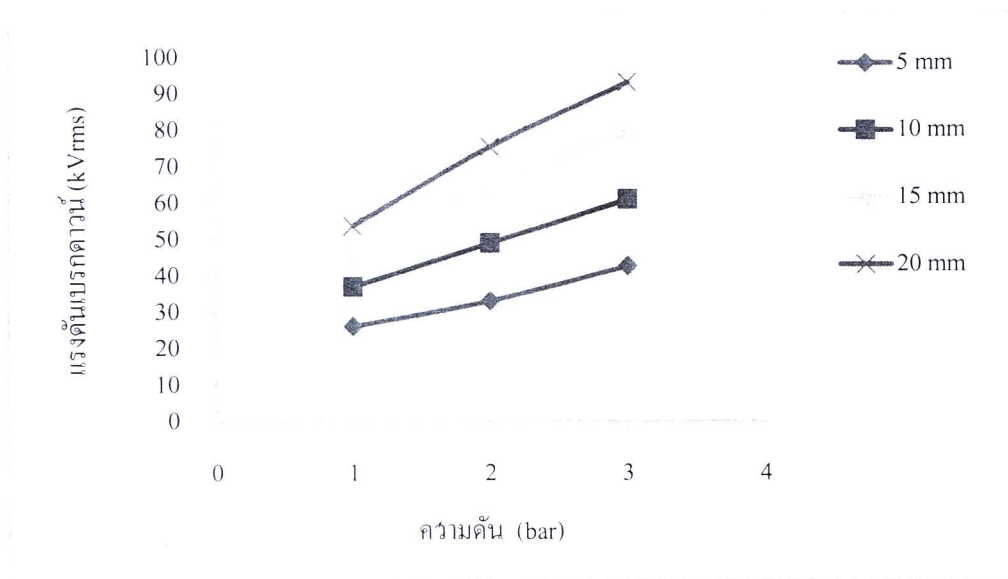
รูปที่ 4.13 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ O_2 อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

จากรูปที่ 4.13 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกควานที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของก๊าซ O_2 มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกควานพบว่าที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 49 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 56 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 69 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 61 เปอร์เซ็นต์



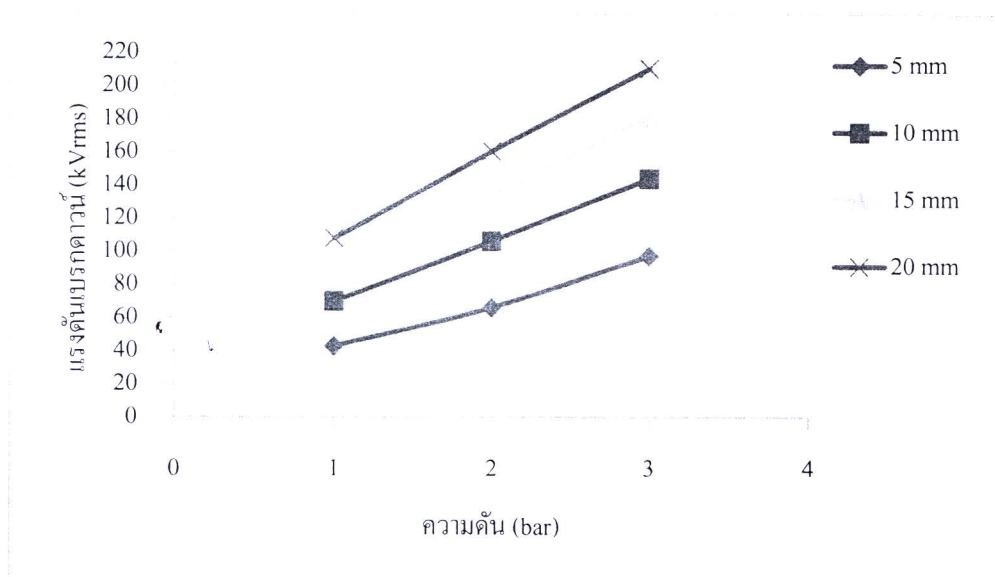
รูปที่ 4.14 ค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ N₂ อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

จากรูปที่ 4.14 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแกป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของก๊าซ N₂ มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์ พบว่าที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 61 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 67 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 78 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.15 แสดงค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าของ Air อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

จากรูปที่ 4.15 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของ Air มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์ พบว่าที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 63 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 65 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 78 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 73 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.16 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ SF₆ อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

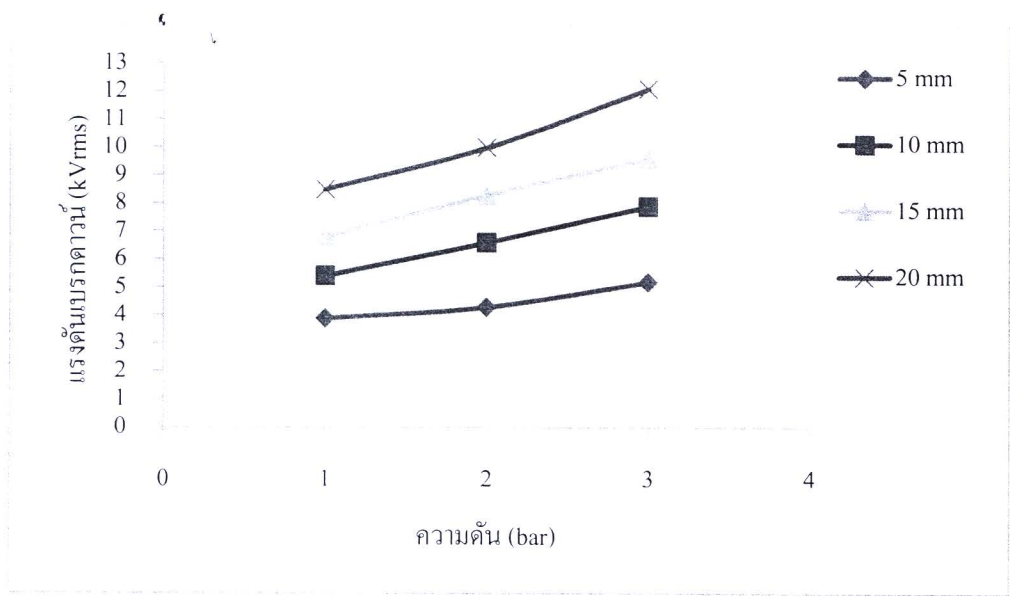
จากรูปที่ 4.16 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของก๊าซ SF₆ มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์พบว่าที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 126 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 106 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 103 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 95 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.10-4.16 พบว่าก๊าซ He ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตรมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์สูงที่สุดคือ 61 เปอร์เซ็นต์ ต่ำที่สุดคือ 40 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร ก๊าซ Ar เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 56 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 31 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร ก๊าซ CO₂ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 74 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 54 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร ก๊าซ O₂ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 69 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 49 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร ก๊าซ N₂ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 80 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 61 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร Air เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 78 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 63 เปอร์เซ็นต์ที่

ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร แก๊ส SF₆ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 126 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 95 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร

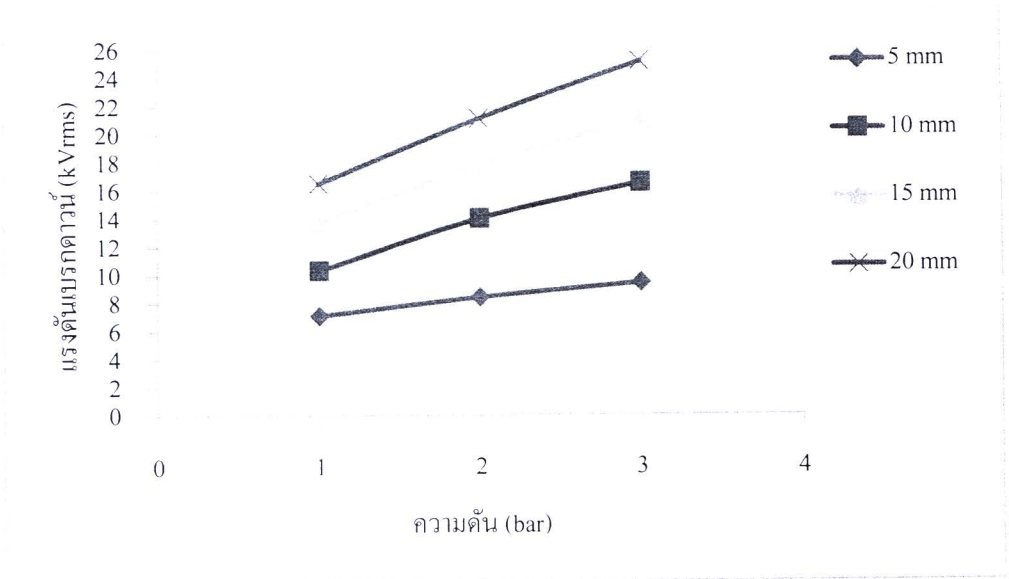
4.2.3 ผลการทดสอบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนก๊าซ อิเล็กโตรดแบบ
ระนาบ-ระนาบ

ผลการทดสอบแสดงค่าแรงดันเบรกดาวน์เปรียบเทียบกับความดันที่ 1, 2 และ3 บาร์ของฉนวนก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ20 มิลลิเมตร โดยเก็บผลเป็นค่า U_{rms} การทดสอบใช้วิธีการเก็บผลค่าแรงดันเบรกดาวน์ (U_{50%}) ด้วยวิธี Successive discharge test ได้ผลดังรูปที่ 4.17-4.23



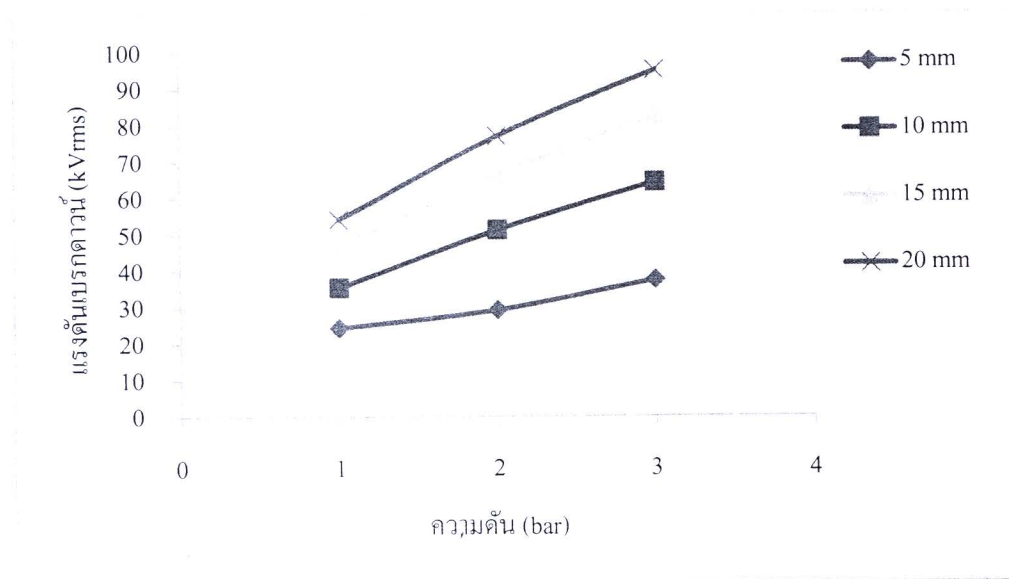
รูปที่ 4.17 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

จากรูปที่ 4.17 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของก๊าซ He มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์ พบว่าที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 33 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 46 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 41 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 42 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.18 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ Ar อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

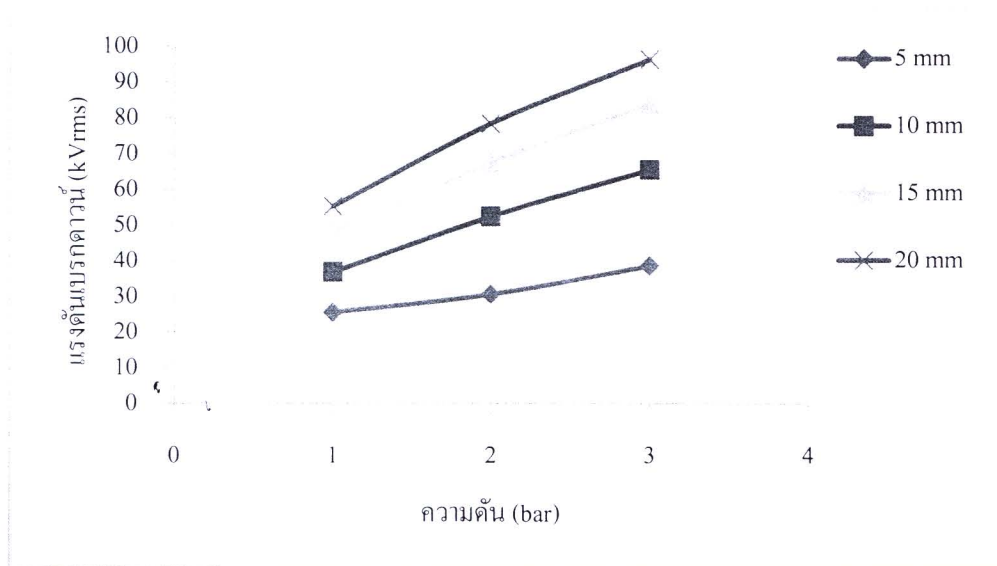
จากรูปที่ 4.18 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของก๊าซ Ar มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์ พบว่าที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 32 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 60 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 52 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 52 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.19 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ CO₂ อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

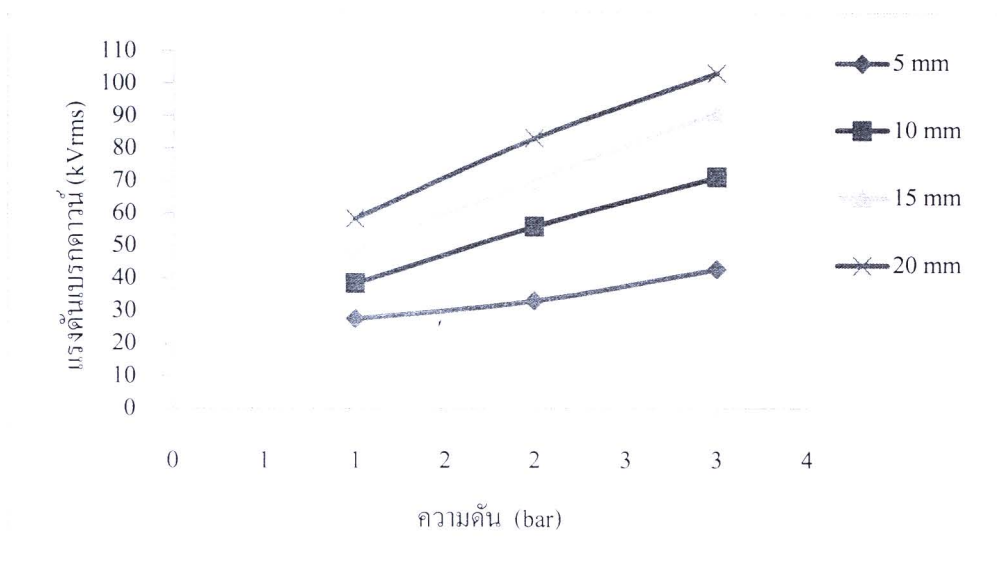
จากรูปที่ 4.19 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของก๊าซ CO₂ มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์ พบว่าที่ระยะ

แก๊ป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 54 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 81 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 77 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 75 เปอร์เซ็นต์



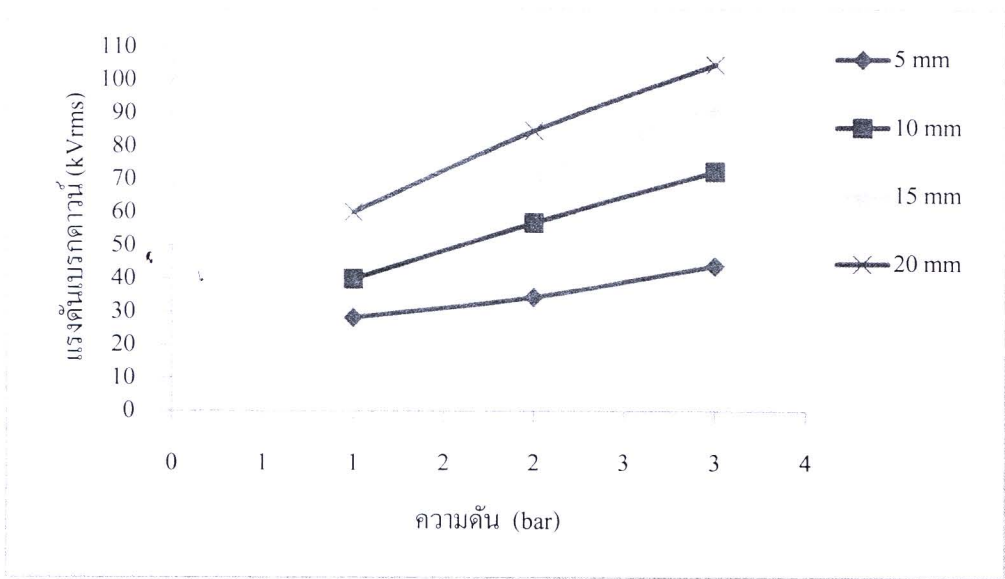
รูปที่ 4.20 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ O₂ อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

จากรูปที่ 4.20 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของก๊าซ O₂ มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์ พบว่าที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 51 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 78 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 74 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 74 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.21 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ N₂ อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

จากรูปที่ 4.21 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของก๊าซ N₂ มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่าแรงดันเบรกดาวน์ พบว่าที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 55 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 85 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 87 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 77 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.22 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของ Air อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

จากรูปที่ 4.22 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของ Air มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์ พบว่าที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 55 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 82 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 84 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 74 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.23 ค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ SF₆ อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

จากรูปที่ 4.23 พบว่าเมื่อนำค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่มีค่าสูงที่สุดและต่ำที่สุดที่ระยะแกป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ของก๊าซ SF₆ มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์ พบว่าที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 95 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 86 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้น 85 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.17-4.23 พบว่าก๊าซ He ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตรมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์สูงที่สุดคือ 46 เปอร์เซ็นต์ ต่ำที่สุดคือ 33 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร ก๊าซ Ar เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 60 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 32 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร ก๊าซ CO₂ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 81 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 54 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร ก๊าซ O₂ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 78 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 51 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร ก๊าซ N₂ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 87 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 55 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร Air เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 84 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 55 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร ก๊าซ SF₆ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันสูงที่สุดคือ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร ต่ำที่สุดคือ 85 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.3-4.23 ผลของความดัน และระยะแกปพบว่าในระบบอิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ ทรงกลม-ระนาบ และระนาบ-ระนาบ ค่าแรงดันเบรกดาวน์นั้นจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อความดันก๊าซเพิ่มขึ้น

จาก 1 บาร์ เป็น 2 และ 3 บาร์ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อความดันของก๊าซเพิ่มทำให้จำนวน โมเลกุลของ ก๊าซต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร(ความหนาแน่น)มีค่ามากขึ้นส่งผลทำให้พลังงานจลน์ที่เกิดจากการ เคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามไฟฟ้ามีค่าไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดไอออไนเซชัน ดังนั้นโอกาสที่จะ เกิดเบรกดาวน์ในกรณีความดันต่ำจึงมีมากกว่าที่ความดันสูง และค่าของแรงดันเบรกดาวน์นั้นจะมีค่า สูงขึ้นเมื่อระยะแก๊ปเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยการกระจายสนามไฟฟ้าของตัวนำ เมื่อระยะแก๊ป เพิ่มขึ้นค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่ตัวนำจะมีค่าลดลง ดังนั้นที่ระยะแก๊ป 20 ม.ม.การเกิดเบรกดาวน์ก็ จะเกิดยากกว่าที่ระยะแก๊ป 15, 10 และ 5 ม.ม. ตามลำดับ

4.3 ผลการเปรียบเทียบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนก๊าซชนิดต่างๆ

4.3.1 ผลการเปรียบเทียบการทดสอบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนก๊าซ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

ผลการทดสอบแสดงผลการเปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน์ของฉนวนก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ20 มิลลิเมตร ที่แรงดัน 1, 2 และ 3 บาร์ ดังรูปที่ 4.24-4.27



รูปที่ 4.24 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ



รูปที่ 4.25 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ



รูปที่ 4.26 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

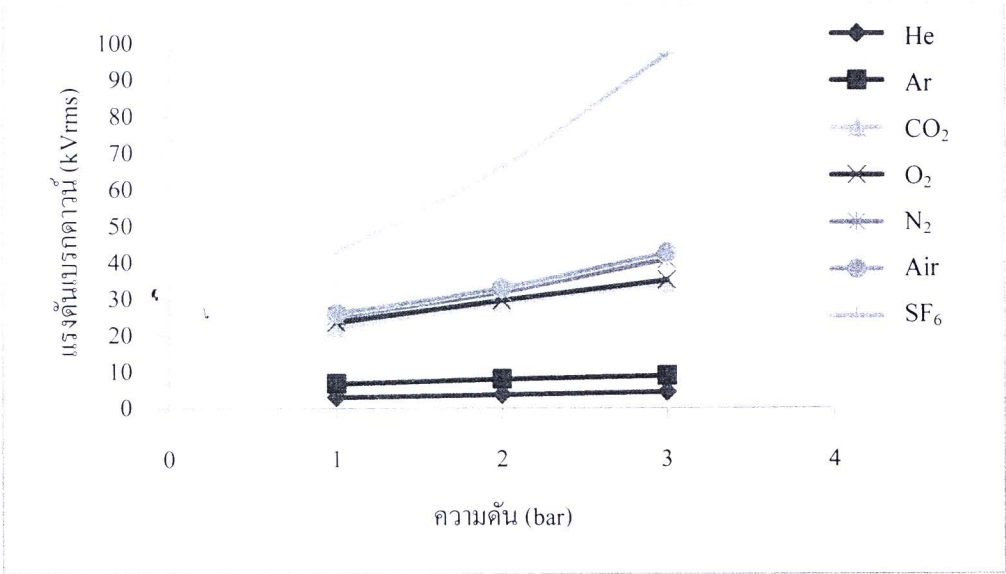


รูปที่ 4.27 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

จากรูปที่ 4.24-4.27 พบว่าค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He มีค่าต่ำที่สุด และก๊าซ SF₆ มีค่าสูงที่สุดที่ระยะแก๊ปและความดันเดียวกัน เนื่องจากก๊าซ He มีความหนาแน่นต่ำที่สุด ส่วนก๊าซ SF₆ มีความหนาแน่นสูงที่สุด ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าก๊าซที่มีความหนาแน่นต่ำจะทำให้พลังงานจลน์ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามไฟฟ้ามีค่าสูงจึงทำให้เกิดไอออไนเซชันได้ง่าย ส่งผลทำให้มีค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าต่ำ ส่วนก๊าซที่มีความหนาแน่นสูงพลังงานจลน์ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนมีค่าไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดไอออไนเซชัน ซึ่งนั่นหมายความว่า การเพิ่มจำนวนของอิเล็กตรอนภายในแก๊ปเป็นไปได้ยากส่งผลทำให้การเกิดเบรกดาวน์เป็นไปได้ยากหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือจะมีค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าสูง

4.3.2 ผลการเปรียบเทียบการทดสอบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนก๊าซ
อิเล็กทรอนิกส์แบบทรงกลม-ระนาบ

ผลการทดสอบแสดงผลการเปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน์ของฉนวนก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ที่แรงดัน 1, 2 และ 3 บาร์ ดังรูปที่ 4.28-4.31



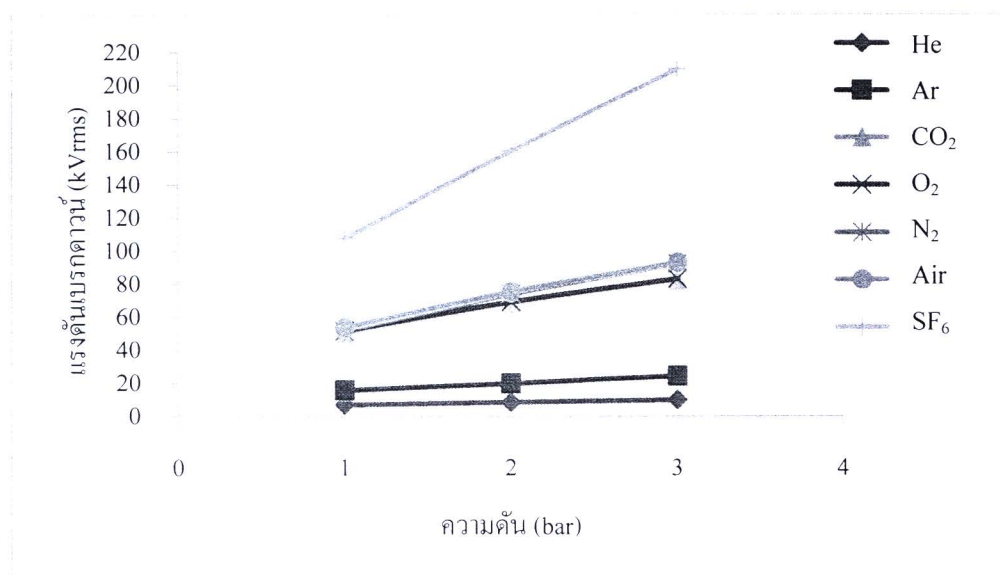
รูปที่ 4.28 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร อิเล็กทรอนิกส์แบบทรงกลม-ระนาบ



รูปที่ 4.29 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร อิเล็กทรอนิกส์แบบทรงกลม-ระนาบ



รูปที่ 4.30 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ



รูปที่ 4.31 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

จากรูปที่ 4.28-4.31 พบว่าก๊าซ N₂ มีค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าก๊าซ Ar, CO₂ และ O₂ ทั้งๆที่มีความหนาแน่นต่ำกว่าก๊าซทั้งสามนั้น สามารถอธิบายได้จากการที่ก๊าซ N₂ เป็นก๊าซที่มีโครงสร้างเป็นแบบก๊าซพันธะสาม ซึ่งก๊าซพันธะสามจะมีความแข็งแรงกว่าก๊าซแบบอะตอมเดี่ยว (Ar) และก๊าซแบบพันธะคู่ (CO₂, O₂) ซึ่งผลของการมีโครงสร้างเป็นแบบพันธะสามของก๊าซ N₂ ส่งผลให้ต้องใช้พลังงานที่จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมามากกว่าก๊าซอะตอมเดี่ยวและก๊าซพันธะคู่ กล่าวคือการเพิ่ม

จำนวนอิเล็กตรอนในสนามไฟฟ้าที่นำไปสู่การเกิดเบรกควาน์เป็นไปได้ยาก จึงทำให้มีค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าก๊าซ Ar, CO₂ และ O₂ และพบว่าก๊าซ N₂ และ Air มีค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าใกล้เคียงกันที่ระยะแกปและความดันเดียวกัน ซึ่งเป็นผลมาจากที่ N₂ และ Air มีความหนาแน่นใกล้เคียงกันอันเนื่องมาจาก Air ประกอบไปด้วย ก๊าซ N₂ ถึง 78 เปอร์เซ็นต์ ก๊าซ O₂ 21 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซ CO₂, Ar, ไอน้ำ และอื่นๆ 1 เปอร์เซ็นต์

4.3.3 ผลการเปรียบเทียบการทดสอบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนก๊าซอิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

ผลการทดสอบแสดงผลการเปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกควาน์ของฉนวนก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแกป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ที่แรงดัน 1, 2 และ 3 บาร์ ดังรูปที่ 4.32-4.35



รูปที่ 4.32 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ



รูปที่ 4.33 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ



รูปที่ 4.34 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

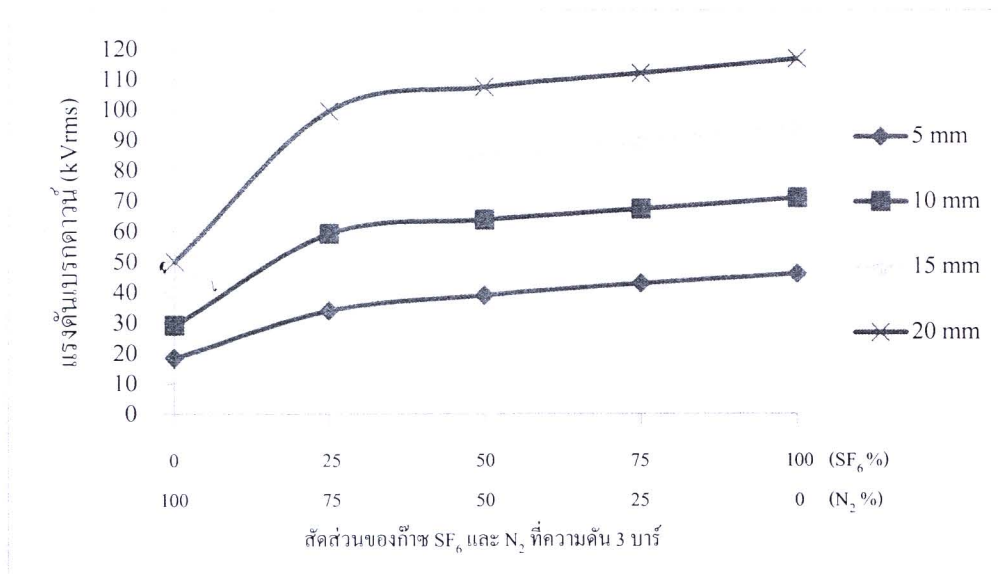


รูปที่ 4.35 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air และ SF₆ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

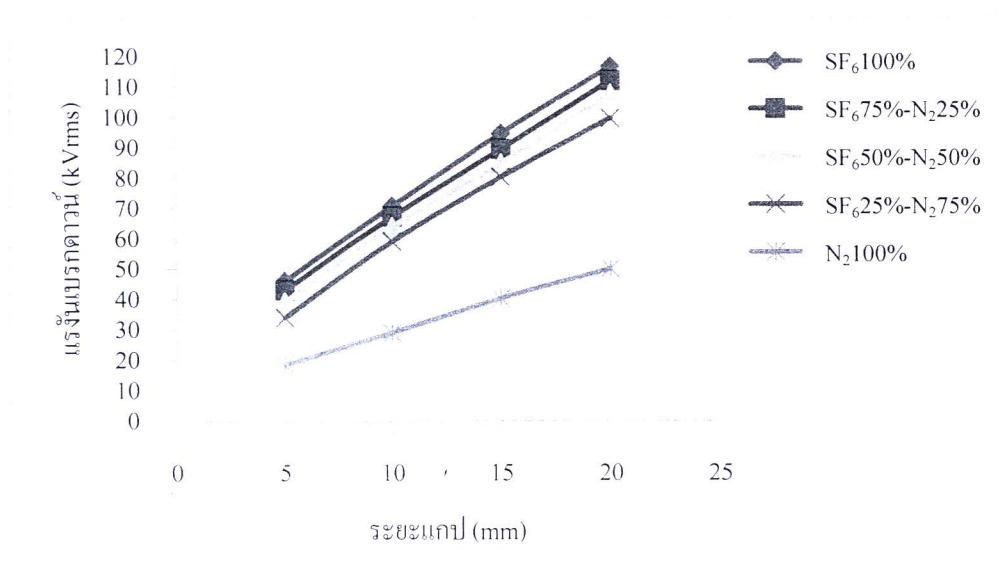
จากรูปที่ 4.32-4.35 พบว่าก๊าซ O₂ กับ CO₂ มีค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าใกล้เคียงที่ความดันและระยะแก๊ปเดียวกัน ทั้งๆที่ก๊าซ CO₂ มีความหนาแน่นมากกว่าก๊าซ O₂ ซึ่งสามารถอธิบายได้จากความบริสุทธิ์ของก๊าซทั้งสองชนิดคือ ความบริสุทธิ์ของก๊าซ CO₂ (97%) มีค่าน้อยกว่าความบริสุทธิ์ของก๊าซ O₂ (99.7) อยู่มากซึ่งนั่นหมายความว่าก๊าซ CO₂ อาจมีส่วนผสมของก๊าซชนิดอื่นๆอยู่ซึ่งอาจจะเป็นก๊าซที่ส่งผลทำให้ก๊าซ CO₂ มีความไวต่อการเกิดไอออไนเซชันจึงส่งผลทำให้ก๊าซ CO₂ มีค่าความคงทนต่อแรงดันเบรกดาวน์ต่ำกว่าก๊าซ O₂

4.4 ผลการทดสอบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสัดส่วนของก๊าซ SF₆ ใน ก๊าซผสม SF₆-N₂

4.4.1 ผลการทดสอบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสัดส่วนของก๊าซ SF₆ ในก๊าซผสม SF₆-N₂ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ



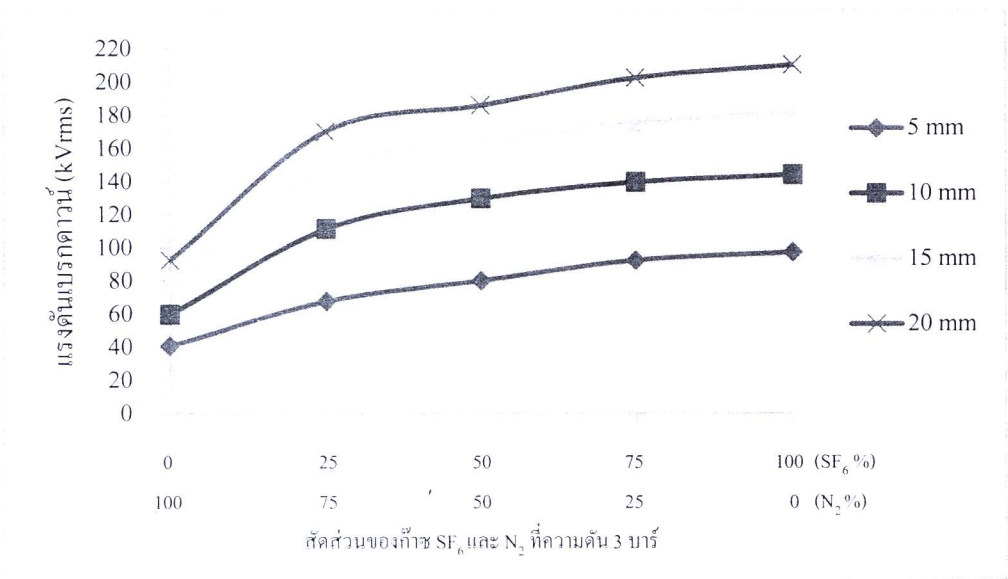
รูปที่ 4.36 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ SF₆ ที่สัดส่วน 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% ที่ความดัน 3 บาร์ ในก๊าซผสม SF₆-N₂ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ



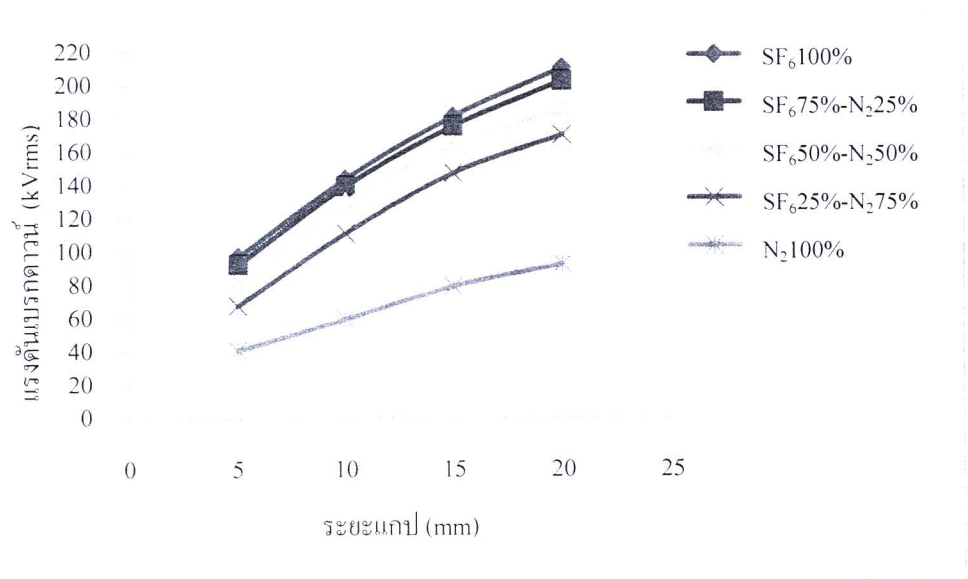
รูปที่ 4.37 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ SF₆ ที่สัดส่วน 25%, 50% และ 75% ที่ความดัน 3 บาร์ ในก๊าซผสม SF₆-N₂ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

จากรูปที่ 4.36 และ 4.37 เมื่อนำค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าต่ำและสูงที่สุดคือที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร และ 20 มิลลิเมตร มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันพบว่าค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซผสม SF₆-N₂ เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของก๊าซ SF₆ คือที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตรที่สัดส่วน SF₆ 0%-N₂ 100% เทียบกับ SF₆ 25%-N₂ 75% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 18.6 kV_{rms} เป็น 34.1 kV_{rms} คิดเป็น 83 เปอร์เซ็นต์ ที่ SF₆ 25%-N₂ 75% เทียบกับ SF₆ 50%-N₂ 50% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 34.1 kV_{rms} เป็น 39.1 kV_{rms} คิดเป็น 15 เปอร์เซ็นต์ ที่สัดส่วน SF₆ 50%-N₂ 50% เทียบกับ SF₆ 75%-N₂ 25% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 39.1 kV_{rms} เป็น 43.0 kV_{rms} คิดเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ และที่สัดส่วน SF₆ 75%-N₂ 25% เทียบกับ SF₆ 100%-N₂ 0% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 43.0 kV_{rms} เป็น 46.2 kV_{rms} คิดเป็น 7 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร ที่สัดส่วน SF₆ 0%-N₂ 100% เทียบกับ SF₆ 25%-N₂ 75% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 50.2 kV_{rms} เป็น 99.7 kV_{rms} คิดเป็น 99 เปอร์เซ็นต์ ที่ SF₆ 25%-N₂ 75% เทียบกับ SF₆ 50%-N₂ 50% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 99.7 kV_{rms} เป็น 107.5 kV_{rms} คิดเป็น 8 เปอร์เซ็นต์ ที่สัดส่วน SF₆ 50%-N₂ 50% เทียบกับ SF₆ 75%-N₂ 25% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 107.5 kV_{rms} เป็น 112.0 kV_{rms} คิดเป็น 4 เปอร์เซ็นต์ และที่สัดส่วน SF₆ 75%-N₂ 25% เทียบกับ SF₆ 100%-N₂ 0% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 112.0 kV_{rms} เป็น 116.8 kV_{rms} คิดเป็น 4 เปอร์เซ็นต์

4.4.2 ผลการทดสอบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสัดส่วนของก๊าซ SF₆ ในก๊าซผสม SF₆-N₂ อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ



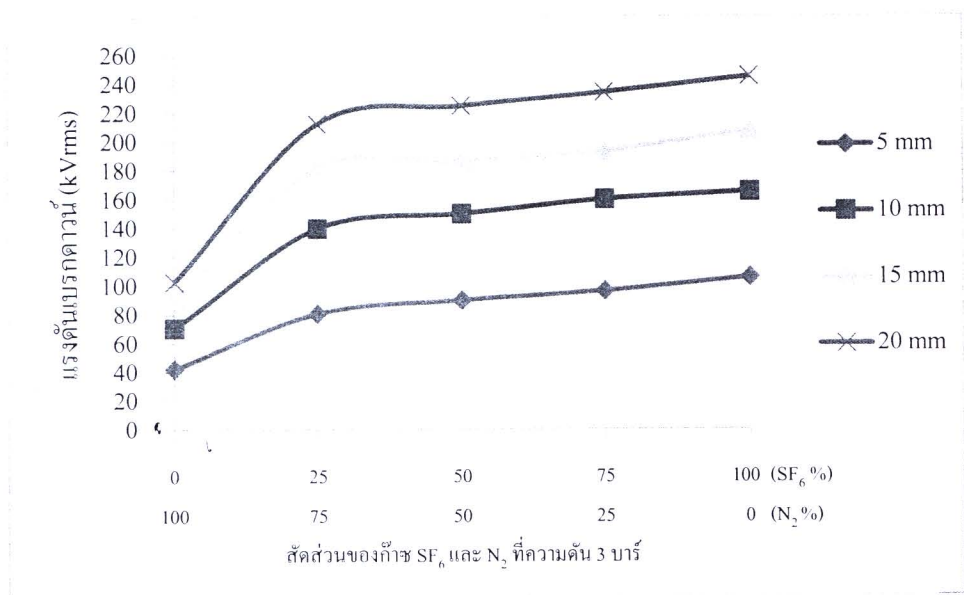
รูปที่ 4.38 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ SF₆ ที่สัดส่วน 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% ที่ความดัน 3 บาร์ ในก๊าซผสม SF₆-N₂ อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ



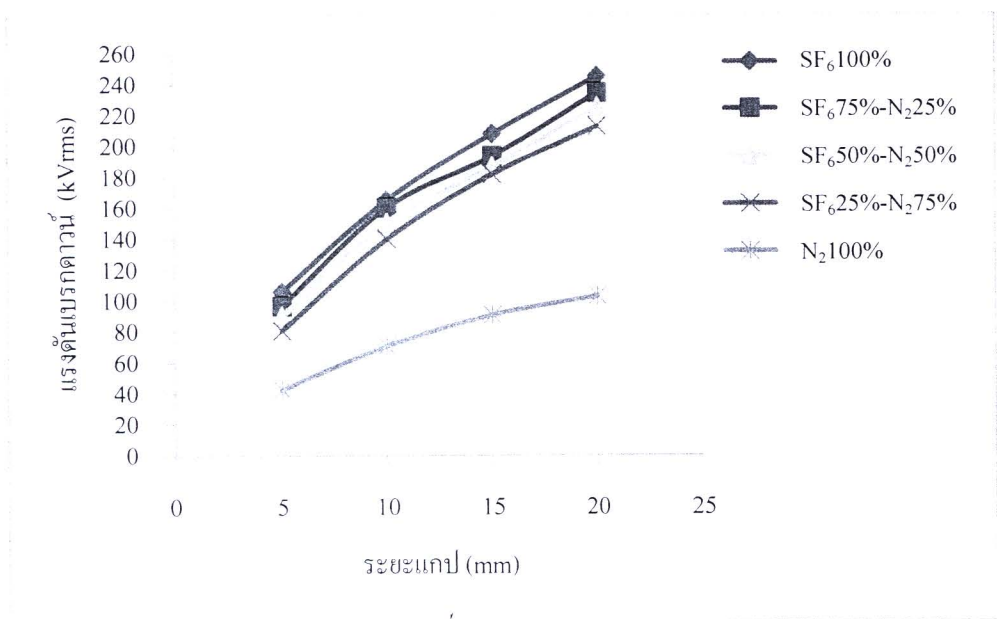
รูปที่ 4.39 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ SF₆ ที่สัดส่วน 25%, 50% และ 75% ที่ความดัน 3 บาร์ในก๊าซผสม SF₆-N₂ อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

จากรูปที่ 4.38 และ 4.39 เมื่อนำค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าต่ำและสูงที่สุดคือที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร และ 20 มิลลิเมตร มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันพบว่าค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซผสม SF₆-N₂ เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของก๊าซ SF₆ คือที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตรที่สัดส่วน SF₆ 0%-N₂ 100% เทียบกับ SF₆ 25%-N₂ 75% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 40.9 kV_{rms} เป็น 67.6 kV_{rms} คิดเป็น 65 เปอร์เซ็นต์ ที่ SF₆ 25%-N₂ 75% เทียบกับ SF₆ 50%-N₂ 50% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 67.6 kV_{rms} เป็น 80.1 kV_{rms} คิดเป็น 18 เปอร์เซ็นต์ ที่สัดส่วน SF₆ 50%-N₂ 50% เทียบกับ SF₆ 75%-N₂ 25% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 80.1 kV_{rms} เป็น 92.3 kV_{rms} คิดเป็น 15 เปอร์เซ็นต์ และที่สัดส่วน SF₆ 75%-N₂ 25% เทียบกับ SF₆ 100%-N₂ 0% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 92.3 kV_{rms} เป็น 97.2 kV_{rms} คิดเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร ที่สัดส่วน SF₆ 0%-N₂ 100% เทียบกับ SF₆ 25%-N₂ 75% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 92.6 kV_{rms} เป็น 170.0 kV_{rms} คิดเป็น 84 เปอร์เซ็นต์ ที่ SF₆ 25%-N₂ 75% เทียบกับ SF₆ 50%-N₂ 50% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 170.0 kV_{rms} เป็น 185.8 kV_{rms} คิดเป็น 9 เปอร์เซ็นต์ ที่สัดส่วน SF₆ 50%-N₂ 50% เทียบกับ SF₆ 75%-N₂ 25% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 185.8 kV_{rms} เป็น 202.3 kV_{rms} คิดเป็น 9 เปอร์เซ็นต์ และที่สัดส่วน SF₆ 75%-N₂ 25% เทียบกับ SF₆ 100%-N₂ 0% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 202.3 kV_{rms} เป็น 210.2 kV_{rms} คิดเป็น 4 เปอร์เซ็นต์

4.4.3 ผลการทดสอบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสัดส่วนของก๊าซ SF₆ ในก๊าซผสม SF₆-N₂ อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ



รูปที่ 4.40 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ SF₆ ที่สัดส่วน 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% ที่ความดัน 3 บาร์ ในก๊าซผสม SF₆-N₂ อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ



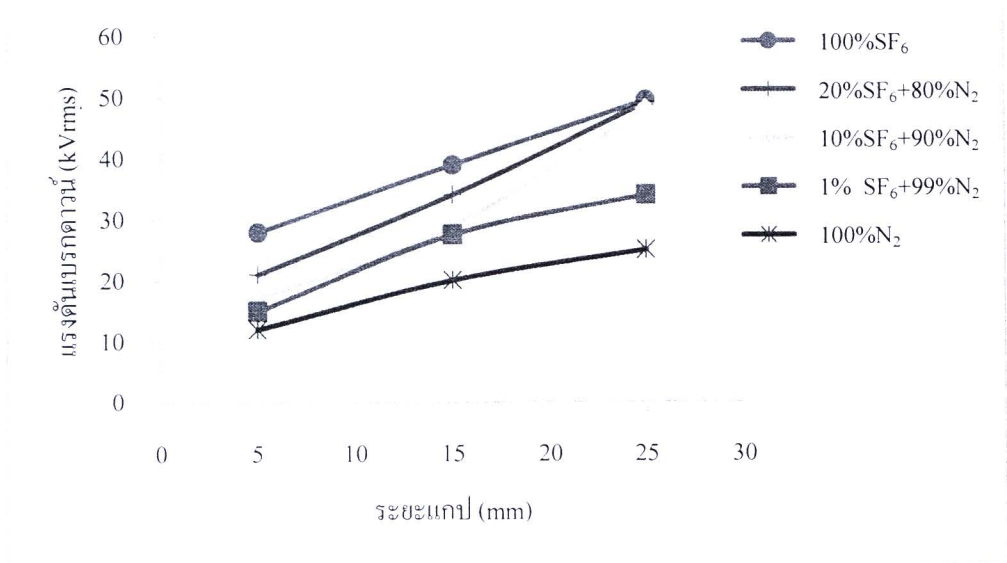
รูปที่ 4.41 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ SF₆ ที่สัดส่วน 25%, 50% และ 75% ที่ความดัน 3 บาร์ ในก๊าซผสม SF₆-N₂ อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

จากรูปที่ 4.40 และ 4.41 เมื่อนำค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าต่ำและสูงที่สุดคือที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร และ 20 มิลลิเมตร มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันพบว่าค่าความคงทนต่อ

แรงดันไฟฟ้าของก๊าซผสม $\text{SF}_6\text{-N}_2$ เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของก๊าซ SF_6 คือที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตรที่สัดส่วน SF_6 0%- N_2 100% เทียบกับ SF_6 25%- N_2 75% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 42.8 kV_{rms} เป็น 80.9 kV_{rms} คิดเป็น 89 เปอร์เซ็นต์ ที่ SF_6 25%- N_2 75% เทียบกับ SF_6 50%- N_2 50% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 80.9 kV_{rms} เป็น 90.2 kV_{rms} คิดเป็น 11 เปอร์เซ็นต์ ที่สัดส่วน SF_6 50%- N_2 50% เทียบกับ SF_6 75%- N_2 25% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 90.2 kV_{rms} เป็น 96.7 kV_{rms} คิดเป็น 7 เปอร์เซ็นต์ และที่สัดส่วน SF_6 75%- N_2 25% เทียบกับ SF_6 100%- N_2 0% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 96.7 kV_{rms} เป็น 106.2 kV_{rms} คิดเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร ที่สัดส่วน SF_6 0%- N_2 100% เทียบกับ SF_6 25%- N_2 75% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 103.2 kV_{rms} เป็น 212.6 kV_{rms} คิดเป็น 106 เปอร์เซ็นต์ ที่ SF_6 25%- N_2 75% เทียบกับ SF_6 50%- N_2 50% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 212.6 kV_{rms} เป็น 224.9 kV_{rms} คิดเป็น 6 เปอร์เซ็นต์ ที่สัดส่วน SF_6 50%- N_2 50% เทียบกับ SF_6 75%- N_2 25% แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 224.9 kV_{rms} เป็น 234.1 kV_{rms} คิดเป็น 4 เปอร์เซ็นต์ และที่สัดส่วน SF_6 75%- N_2 25% เทียบกับ SF_6 100%- N_2 0% เปอร์เซ็นต์ แรงดันเพิ่มขึ้นจาก 234.1 kV_{rms} เป็น 245.2 kV_{rms} คิดเป็น 5 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.36-4.41 พบว่าที่สัดส่วนของก๊าซ SF_6 75%- N_2 25% ในก๊าซผสม $\text{SF}_6\text{-N}_2$ มีค่าแรงดันเบรกดาวน์เข้าใกล้ก๊าซ SF_6 เพียงอย่างเดียวมากที่สุดเนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันต่ำที่สุด และเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงดันเบรกดาวน์จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์สัดส่วนของก๊าซ SF_6 ในก๊าซผสม $\text{SF}_6\text{-N}_2$ มีค่าลดลง หรือค่าแรงดันเบรกดาวน์จะมีค่าลดเมื่อสัดส่วนของก๊าซ SF_6 ลดลงจาก 75 เป็น 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับในก๊าซผสม $\text{SF}_6\text{-N}_2$ ทั้งอิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ ทรงกลม-ระนาบ และแบบระนาบ-ระนาบ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าการเพิ่มสัดส่วนของก๊าซ SF_6 ทำให้ความหนาแน่นของก๊าซ SF_6 มีค่ามากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นในก๊าซผสม $\text{SF}_6\text{-N}_2$ ที่มีความหนาแน่นของทั้งสองก๊าซรวมกันอยู่ ในกรณีที่สัดส่วนของก๊าซ SF_6 มีสัดส่วนมากกว่าทำให้มีปริมาณของก๊าซ SF_6 มีมากกว่า ส่งผลทำให้พลังงานจลน์ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามไฟฟ้ามีค่าไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดการเบรกดาวน์ และจากกราฟพบว่าแรงดันเพิ่มขึ้นเป็นแบบไม่ Linear

ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยในอดีตของ E Önal, Ö Kalenderly และ K Mardikyan ที่แสดงผลของค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับของก๊าซ N_2 , CO_2 , SF_6 และก๊าซผสม $\text{SF}_6\text{+N}_2$ และ $\text{SF}_6\text{+CO}_2$ ที่อัตราส่วน 20, 10 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ศึกษาในสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอโดยใช้อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ ที่ระยะ 5, 15 และ 25 มิลลิเมตร ความดัน 100-500 kPa [3] ดังแสดงในรูปที่ 4.39



รูปที่ 4.42 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ SF₆, N₂ และสัดส่วนของก๊าซ SF₆ ที่ 20%, 10% และ 1% ที่ความดัน 3 บาร์ ในก๊าซผสม SF₆+N₂ [3]

จากรูปที่ 4.42 พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์ของสัดส่วนของก๊าซ SF₆ ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ในก๊าซผสม SF₆+N₂ จะมีค่าแรงดันเบรกดาวน์รองลงมาจากค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ SF₆ เพียงอย่างเดียว และค่าแรงดันเบรกดาวน์จะลดลงเมื่อสัดส่วนของก๊าซ SF₆ ในก๊าซผสม SF₆+N₂ มีค่าลดลงจาก 20, 10 และ 1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

และดูจากรูปที่ 4.36-4.41 พบว่าในการเลือกใช้ก๊าซที่จะนำมาทดแทนก๊าซ SF₆ นั้นขึ้นอยู่กับทางเลือกและการวิเคราะห์ของผู้ใช้ จากการนำผลต่างของแรงดันจากรูปที่ 4.40 ที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร มาคำนวณราคาในการใช้ก๊าซโดยเปรียบเทียบจากการใช้ก๊าซ SF₆ เพียงอย่างเดียวกับการใช้ก๊าซ SF₆ โดยเปลี่ยนสัดส่วนของก๊าซ SF₆ ที่สัดส่วนต่างๆในก๊าซผสม SF₆-N₂ มาคำนวณหาราคาของก๊าซและหาค่าการเพิ่มขึ้นของแรงดันต่อบาทพบว่า

ตารางที่ 4.1 แสดงราคาของก๊าซชนิดต่างๆ

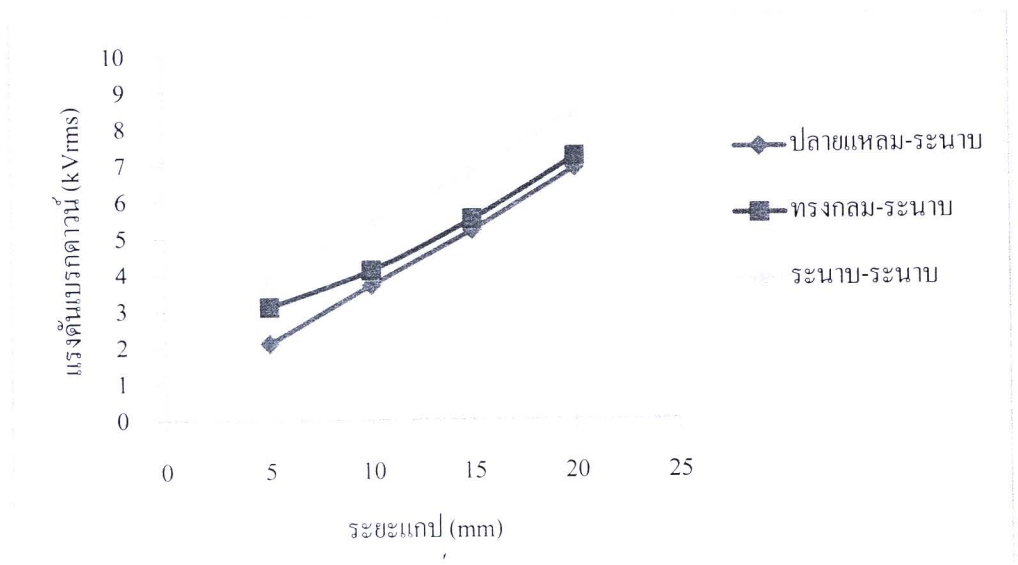
ก๊าซ	He	Ar	CO ₂	O ₂	N ₂	Air	SF ₆
ราคา(บาท)/ 47 ลิตร	5,200	1,750	1,240	1,200	840	-	25,800
ราคา(บาท)/ลิตร	110	37	26	25	17	-	548

ปริมาตรของชุดทดสอบ (Chamber) 0.0078 ลูกบาศก์เมตร (7.8 ลิตร)
จากสูตร ปริมาตรของชุดทดสอบ(ลิตร)*ราคาก๊าซต่อลิตร = ค่าใช้จ่าย(บาท)
ใช้ SF₆ 100% 7.8*548 = 4,274 บาท

จะได้แรงดันเพิ่มขึ้นต่อบาทคือ $(245.2 \text{ kV}_{\text{rms}} - 234.1 \text{ kV}_{\text{rms}}) / 4,274 = 2.6 \text{ V/บาท}$
ใช้ SF₆ 75%-N₂ 25% $(5.85*548)+(1.95*17) = 3,238 \text{ บาท}$
จะได้แรงดันเพิ่มขึ้นต่อบาทคือ $(234.1 \text{ kV}_{\text{rms}} - 224.9 \text{ kV}_{\text{rms}}) / 3,238 = 2.8 \text{ V/บาท}$
ใช้ SF₆ 50%-N₂ 50% $(3.9*548)+(3.9*17) = 2,203 \text{ บาท}$
จะได้แรงดันเพิ่มขึ้นต่อบาทคือ $(224.9 \text{ kV}_{\text{rms}} - 212.6 \text{ kV}_{\text{rms}}) / 2,203 = 5.6 \text{ V/บาท}$
ใช้ SF₆ 25%-N₂ 75% $(1.95*548)+(5.85*17) = 1,168 \text{ บาท}$
จะได้แรงดันเพิ่มขึ้นต่อบาทคือ $(212.6 \text{ kV}_{\text{rms}} - 103.2 \text{ kV}_{\text{rms}}) / 1,168 = 94 \text{ V/บาท}$
ใช้ N₂ 100% $7.8*17 = 133 \text{ บาท}$

จากการคำนวณราคาของก๊าซพบว่าในการใช้ก๊าซ SF₆ 25%-N₂ 75% มีราคาถูกกว่าการใช้ก๊าซ SF₆ 100% ถึง 3,106 บาทและการใช้ก๊าซ SF₆ 25%-N₂ 75% เป็นจุดที่คุ้มที่สุดเนื่องจากแรงดันเบรกดาวนเพิ่มขึ้นต่อบาทมากที่สุด

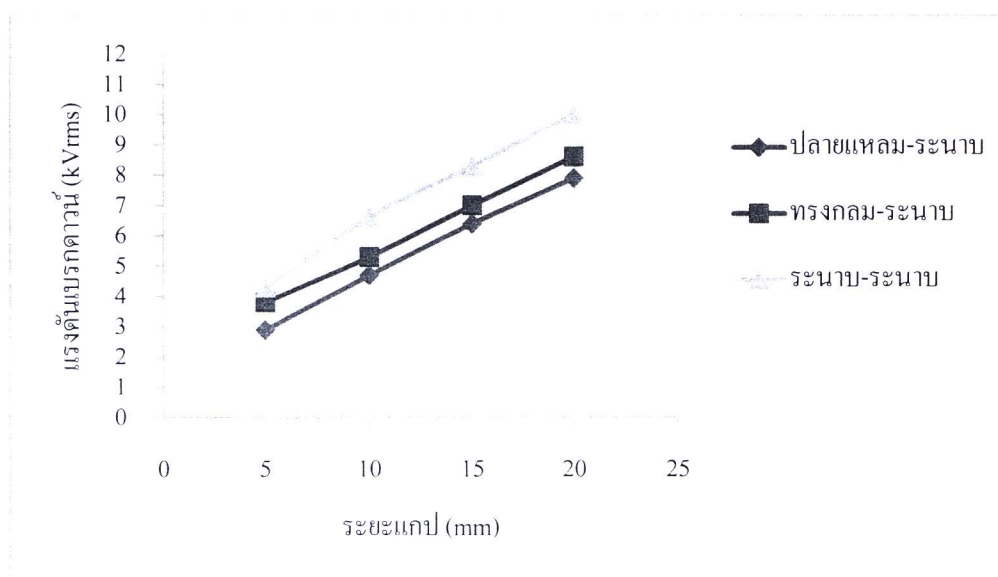
4.5 ผลการเปรียบเทียบผลการทดสอบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนก๊าซ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ ทรงกลม-ระนาบ และระนาบ-ระนาบที่ความดัน 1, 2 และ 3 บาร์ ระยะแก๊ป 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.43 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He อิเล็กโตรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 1 บาร์

จากรูปที่ 4.43 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวนของก๊าซ He ที่ความดัน 1 บาร์ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวนที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรง

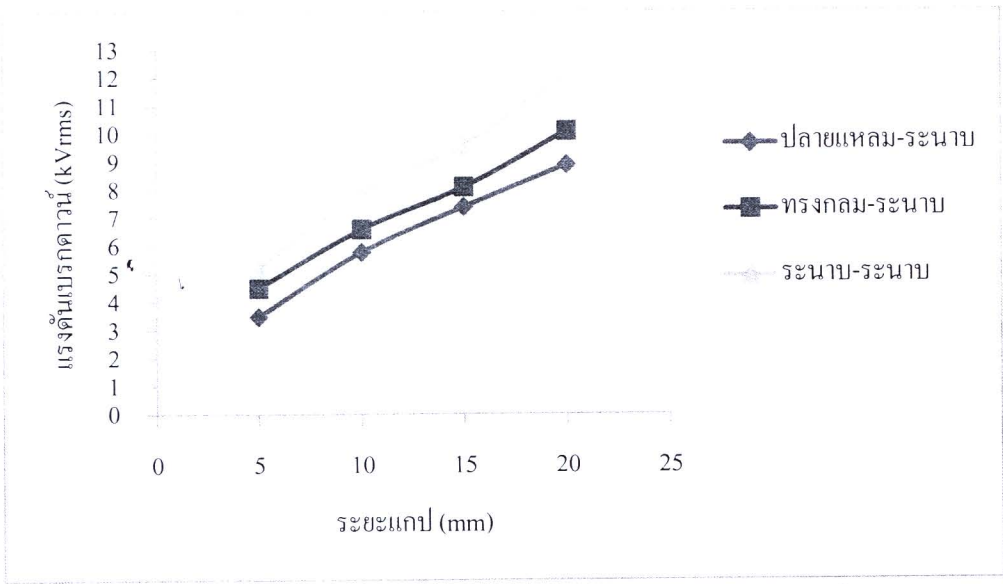
กลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 47.6 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 25.8 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ เทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 9.7 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับ ระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 31.7 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลาย แหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 5.7 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรง กลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 23.6 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 4.1 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 18.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน้อเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะ แก๊ป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาวน้อเล็กโตรดแบบปลาย แหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด



รูปที่ 4.44 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He อิเล็กโตรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 2 บาร์

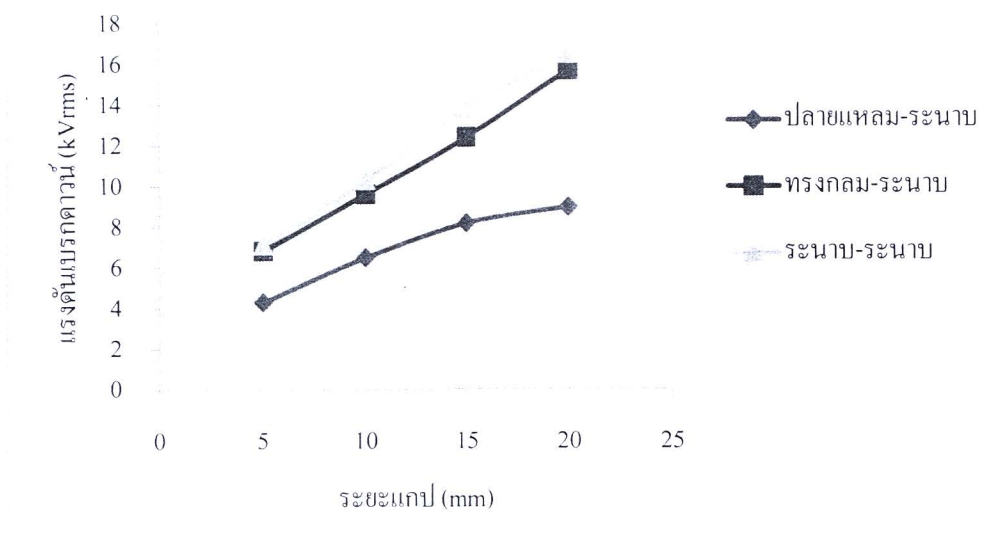
จากรูปที่ 4.44 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน้อของก๊าซ He ที่ความดัน 2 บาร์ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน้อที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรง กลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 31.0 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่า ความแตกต่าง 13.1 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับ ทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 12.7 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับ ระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 24.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลาย แหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 9.3 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรง กลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 18.5 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแก๊ป 20

มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 8.8 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 16.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาว์น์อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาว์น์อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด



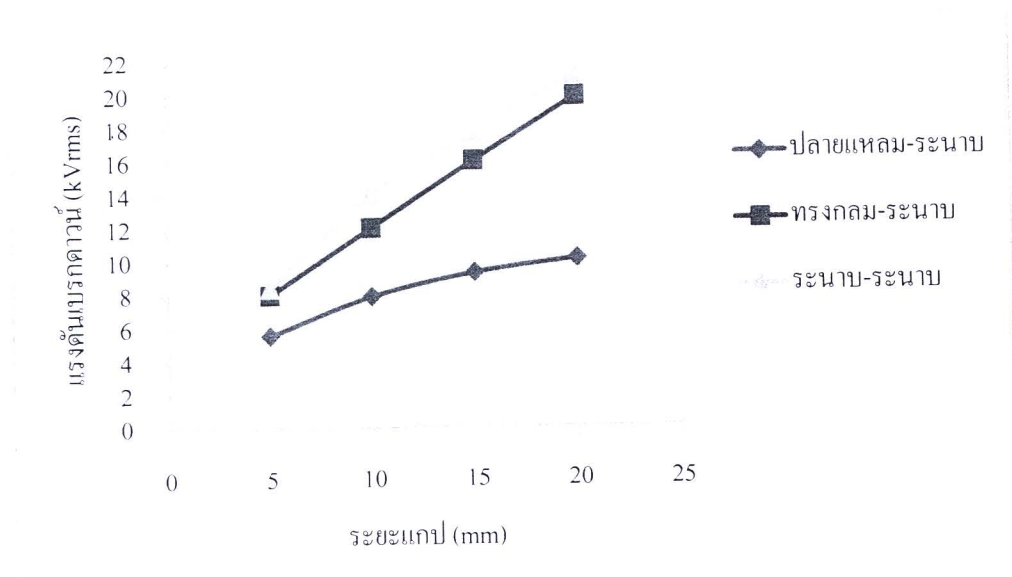
รูปที่ 4.45 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ He อิเล็กโตรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 3 บาร์

จากรูปที่ 4.45 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาว์น์ของก๊าซ He ที่ความดัน 3 บาร์ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาว์น์ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 28.5 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 15.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 13.7 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 19.6 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 9.4 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 18.5 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 13.4 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 19.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาว์น์อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาว์น์อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด



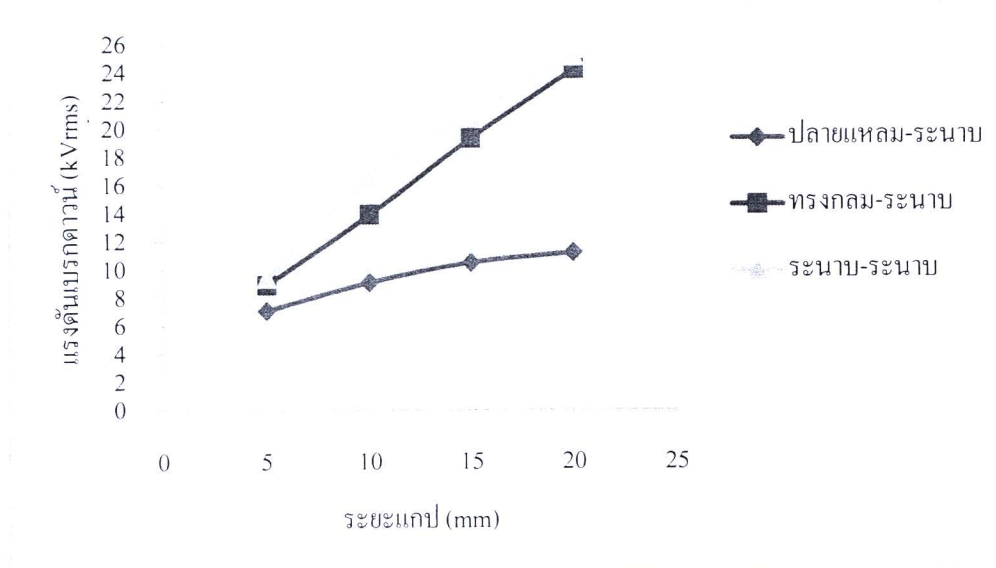
รูปที่ 4.46 ค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ Ar อิเล็กโตรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 1 บาร์

จากรูปที่ 4.46 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ Ar ที่ความดัน 1 บาร์ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 58.1 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 4.4 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 47.6 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 7.2 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 51.2 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 11.2 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 74.4 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 5.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 และ 20 มิลลิเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด



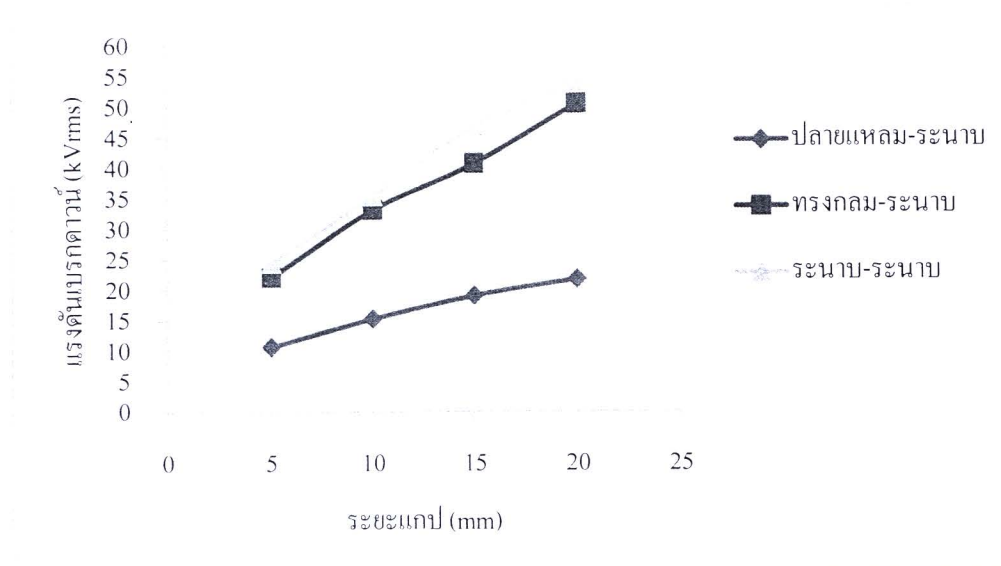
รูปที่ 4.47 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ Ar อิเล็กโตรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 2 บาร์

จากรูปที่ 4.47 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวของก๊าซ Ar ที่ความดัน 2 บาร์ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 42.8 โวลต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 5.0 โวลต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 51.8 โวลต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 16.6 โวลต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 72.0 โวลต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 10.6 โวลต์ และที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 96.0 โวลต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 6.5 โวลต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาวอิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 และ 20 มิลลิเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าแรงดันเบรกดาวอิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาวอิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด



รูปที่ 4.48 ค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ Ar อิเล็กโตรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 3 บาร์

จากรูปที่ 4.48 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ Ar ที่ความดัน 3 บาร์ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 25.3 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 5.6 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 52.7 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 18.7 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 83.8 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 8.8 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 116.0 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 3.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด

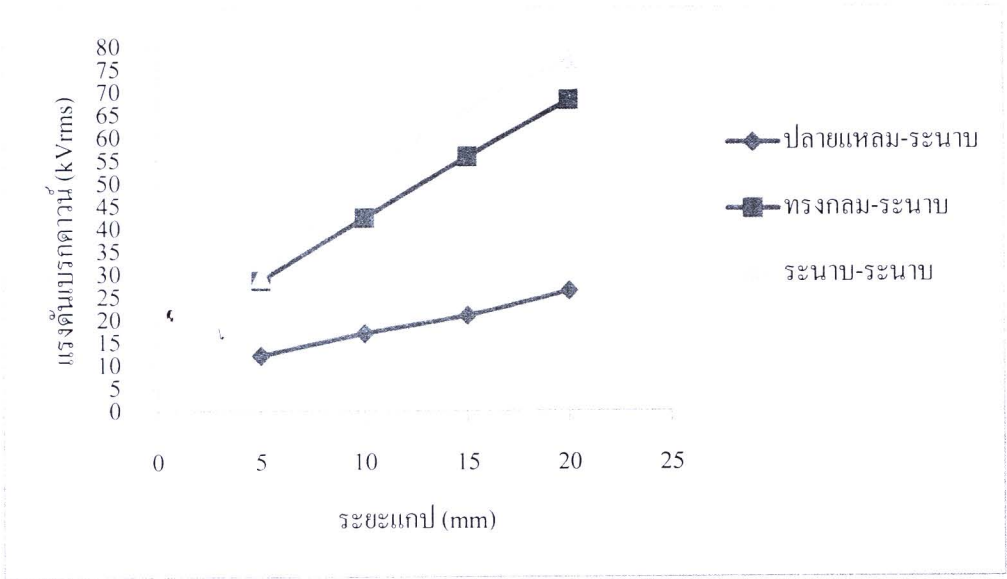


รูปที่ 4.49 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ CO₂ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 1 บาร์

จากรูปที่ 4.49 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ CO₂ ที่ความดัน 1 บาร์ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับเทียบทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 106.5 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 10.4 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 116.3 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 6.9 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 113.08 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 14.7 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 131.6 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 7.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 10 และ 20 มิลลิเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด

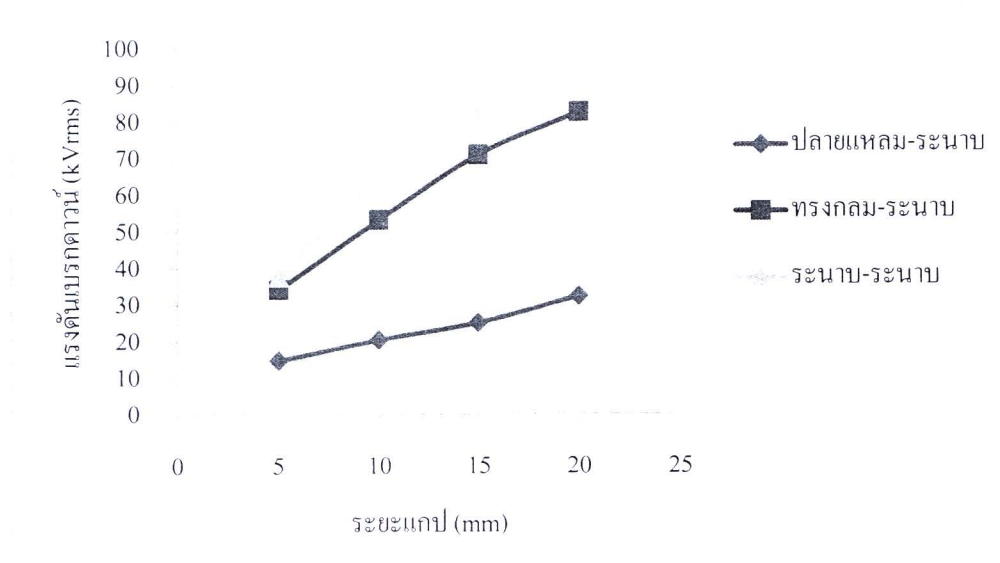
จากรูปที่ 4.43-4.49 ผลของลักษณะอิเล็กโตรดพบว่าค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนก๊าซอิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบจะมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคืออิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ และแบบปลายแหลม-ระนาบ เนื่องจากอิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ ลักษณะการกระจายสนามไฟฟ้าจะมีความสม่ำเสมอจึงทำให้มีความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโตรดเท่ากันทุกจุดส่งผลทำให้มีค่า

แรงดันเบรกคาวน์สูงที่สุด รองลงมาคืออิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ ซึ่งลักษณะการกระจายสนามไฟฟ้าเป็นแบบไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย และอิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ ลักษณะการกระจายสนามไฟฟ้าเป็นแบบไม่สม่ำเสมอสูงซึ่งมีความเครียดที่ปลายแหลมสูงส่งผลทำให้มีค่าแรงดันเบรกคาวน์ต่ำที่สุด



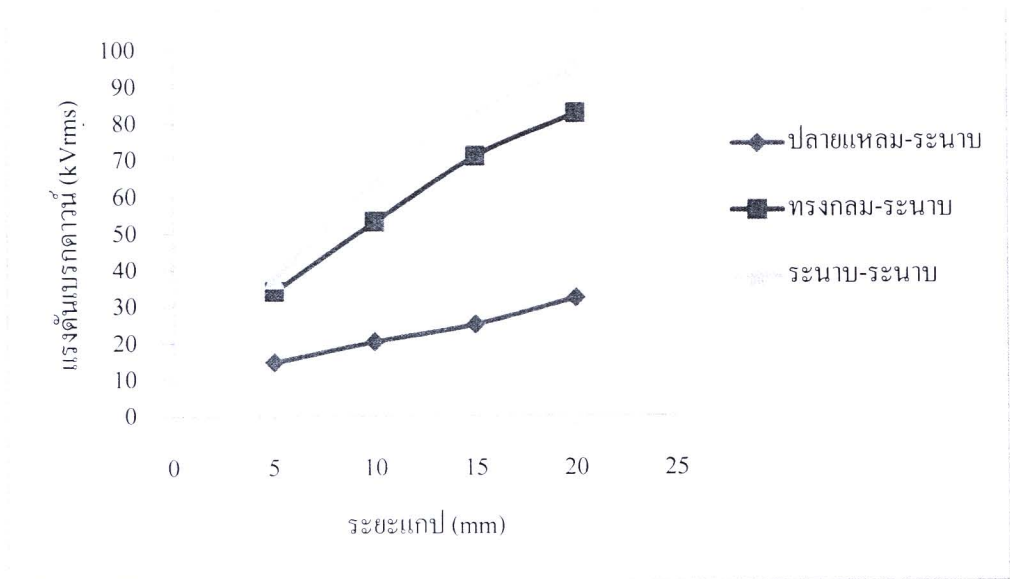
รูปที่ 4.50 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ CO₂ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 2 บาร์

จากรูปที่ 4.50 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกคาวน์ของก๊าซ CO₂ ที่ความดัน 2 บาร์ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกคาวน์ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 134.4 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 2.4 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 149.4 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 20.7 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 165.7 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 18.8 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 158.3 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 12.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกคาวน์อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าแรงดันเบรกคาวน์อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกคาวน์อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด



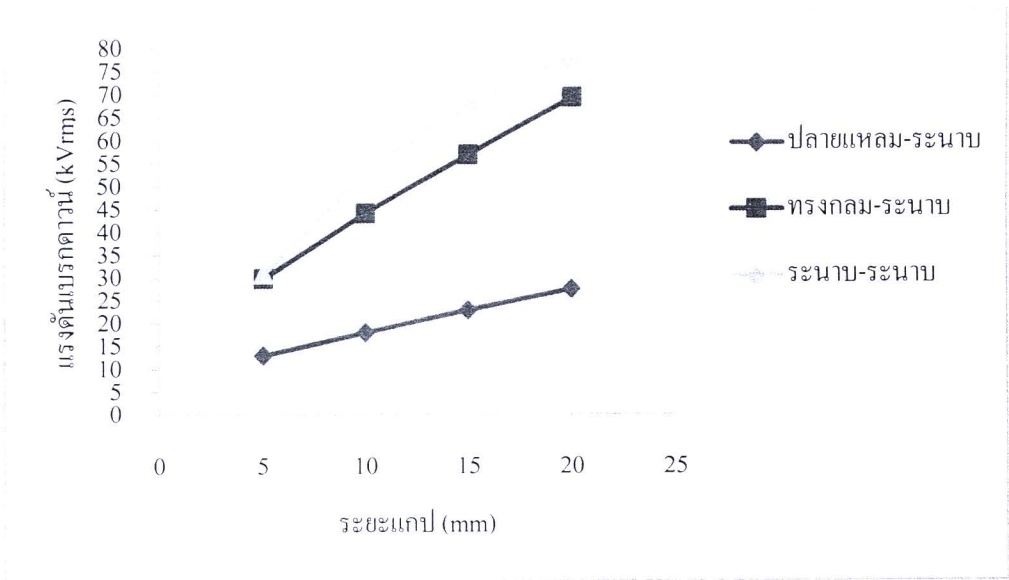
รูปที่ 4.51 ค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ CO₂ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 3 บาร์

จากรูปที่ 4.51 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ CO₂ ที่ความดัน 3 บาร์ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 130.4 โวลต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 9.9 โวลต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 160.2 โวลต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 20.9 โวลต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 182.4 โวลต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 16.5 โวลต์ และที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 155.7 โวลต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 15.0 โวลต์ ซึ่งพบค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะ 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด



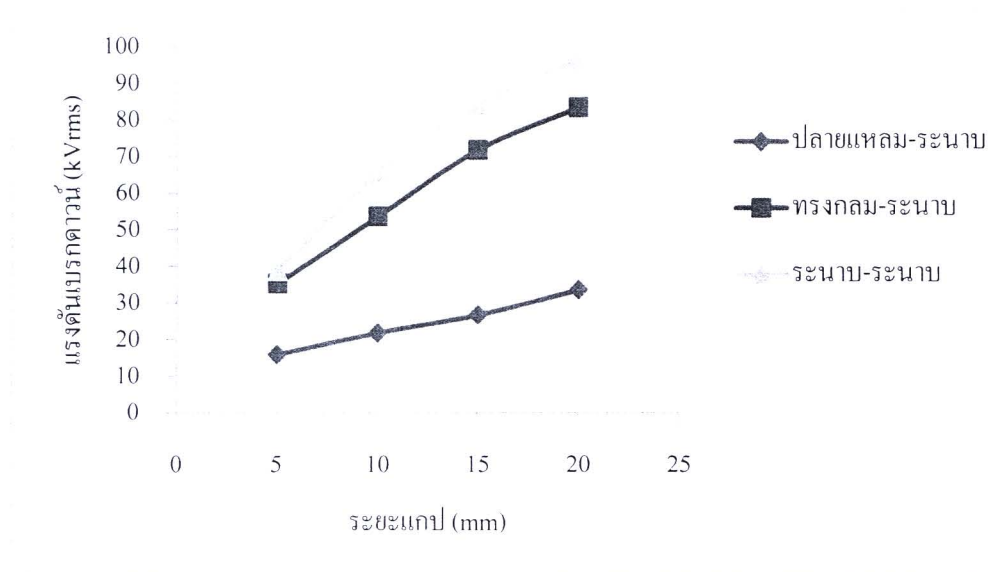
รูปที่ 4.52 ค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ O₂ อิเล็กโทรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 1 บาร์

จากรูปที่ 4.52 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ O₂ ที่ความดัน 1 บาร์ อิเล็กโทรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 107.8 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 6.7 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 115.1 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 7.2 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 113.1 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 13.3 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 124.6 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 8.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโทรดแบบทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด



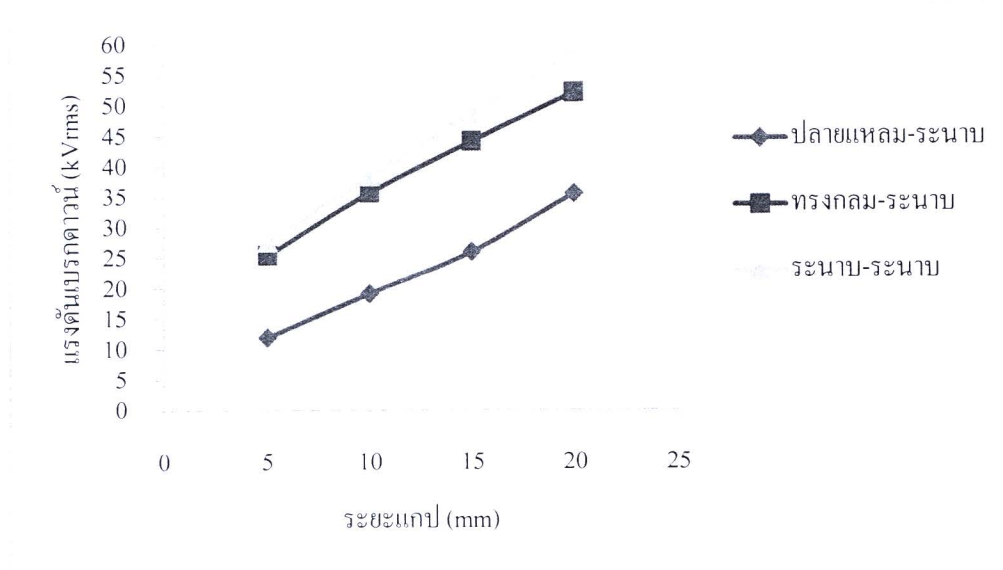
รูปที่ 4.53 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ O₂ อิเล็กโทรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 2 บาร์

จากรูปที่ 4.53 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ O₂ ที่ความดัน 2 บาร์ อิเล็กโทรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 128.4 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 3.7 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 144.4 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 13.2 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 148.0 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 19.1 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 152.2 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 119.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโทรดแบบทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด



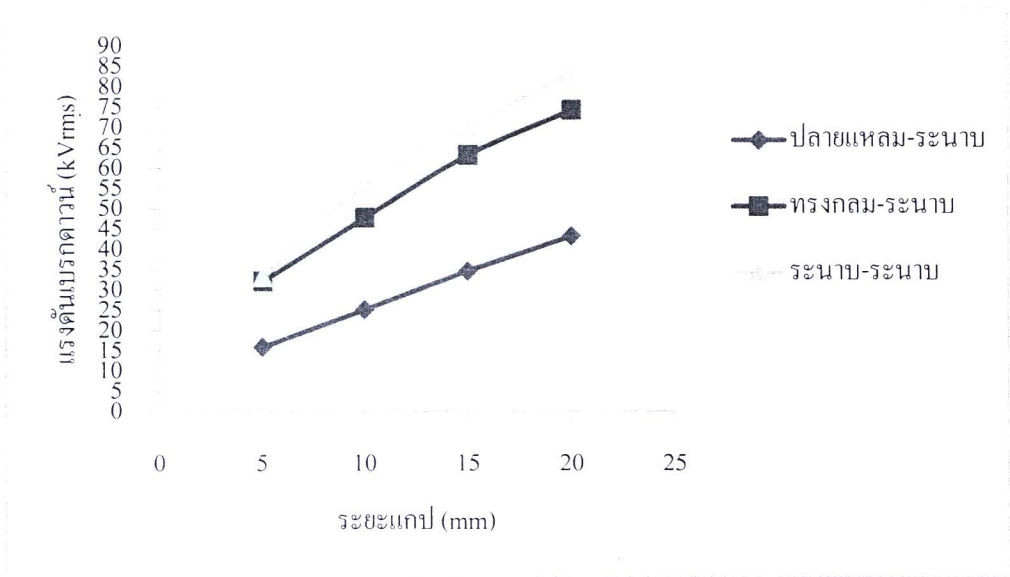
รูปที่ 4.54 ค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ O_2 อิเล็กโทรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 3 บาร์

จากรูปที่ 4.54 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ O_2 ที่ความดัน 3 บาร์ อิเล็กโทรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 120.0 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 9.9 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 144.7 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 22.3 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 167.9 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 16.9 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 147.4 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 15.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโทรดแบบทรงกลม-ระนาบ เทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด



รูปที่ 4.55 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ N_2 อิเล็กโตรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 1 บาร์

จากรูปที่ 4.55 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ N_2 ที่ความดัน 1 บาร์ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 111.6 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 7.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 85.9 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 8.6 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 69.6 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 10.4 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 46.3 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 12.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาวน์ในระบบอิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด

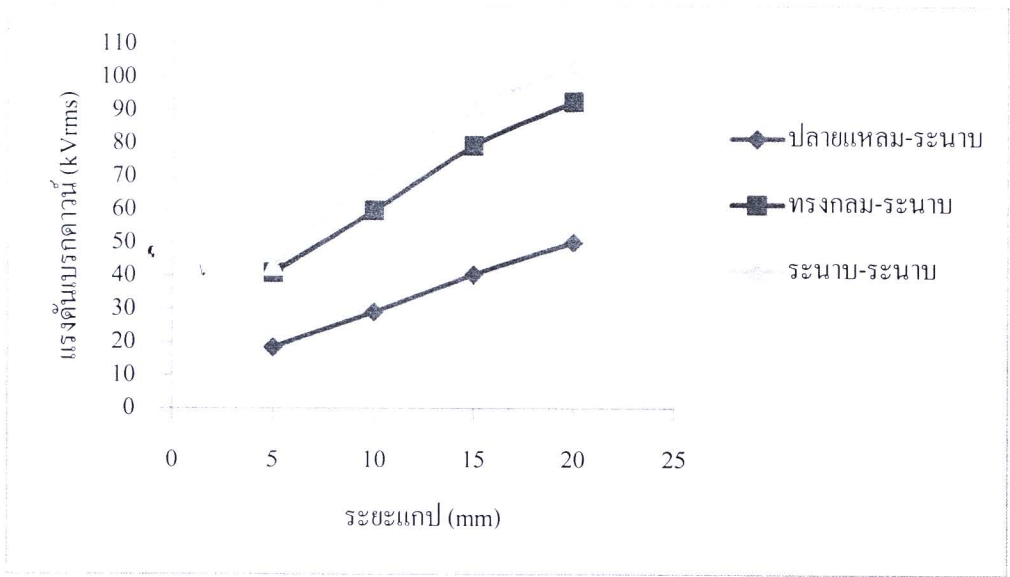


รูปที่ 4.56 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ N₂ อิเล็กโทรดต่างๆ ที่ความดัน 2 บาร์

จากรูปที่ 4.56 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ N₂ ที่ความดัน 2 บาร์ อิเล็กโทรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 101.2 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 3.4 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 90.0 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 18.3 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 82.3 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 11.0 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 71.5 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 12.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโทรดแบบทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโทรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด

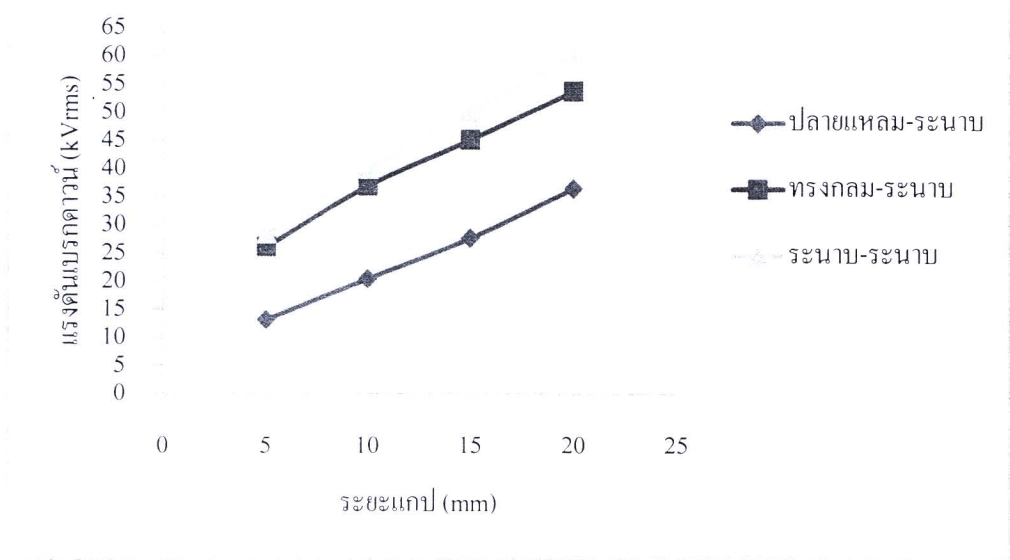
จากรูปที่ 4.50-4.56 พบว่าค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้า อิเล็กโทรดแบบทรงกลม-ระนาบ เปรียบเทียบกับอิเล็กโทรดแบบระนาบ-ระนาบ ที่ระยะ 5 มิลลิเมตรมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าน้อยที่สุดหรือมีค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถอธิบายได้จากผลจากสนามไฟฟ้า ซึ่งลักษณะการกระจายสนามไฟฟ้าของอิเล็กโทรดแบบทรงกลม-ระนาบที่ระยะแกปแคบๆเป็นแบบสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อยหรือค่อนข้างสม่ำเสมอ และ

อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบมีลักษณะการกระจายสนามไฟฟ้าเป็นแบบสม่ำเสมอส่งผลทำให้มีค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนก๊าซใกล้เคียงกันและจะมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้ามากขึ้นเมื่อระยะแยกของอิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ มีขนาดกว้างขึ้นเนื่องจากลักษณะการกระจายสนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบจะเปลี่ยนจากแบบสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อยเป็นแบบไม่สม่ำเสมอสูง



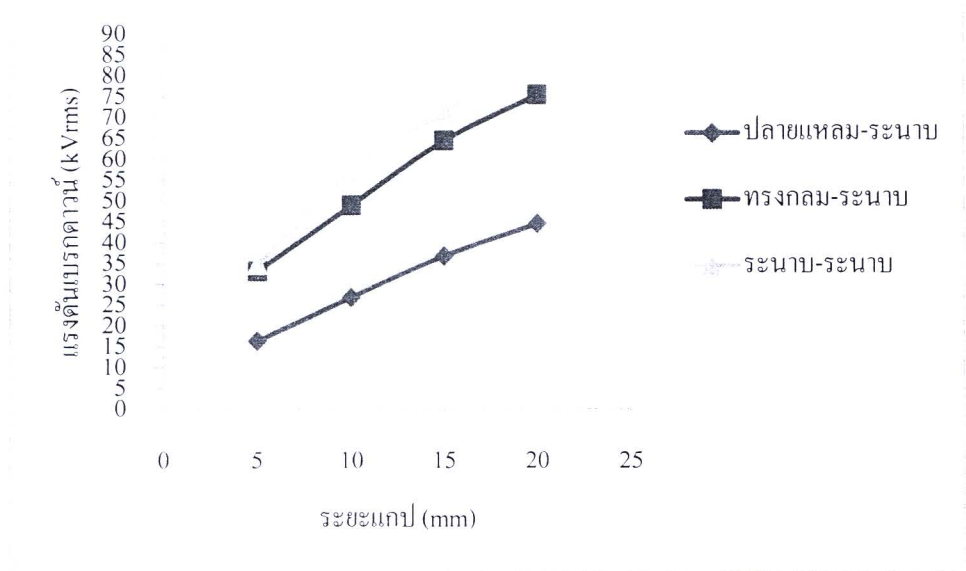
รูปที่ 4.57 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ N₂ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 3 บาร์

จากรูปที่ 4.57 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ N₂ ที่ความดัน 3 บาร์ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่ระยะแยก 5 มิลลิเมตร ในระบบอิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 128.6 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 4.6 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแยก 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 119.8 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 18.9 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแยก 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 95.8 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 14.7 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแยก 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 84.4 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 11.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแยก 5 มิลลิเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าแรงดันเบรกดาวน์ในระบบอิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแยก 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาวน์ในระบบอิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแยก 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด



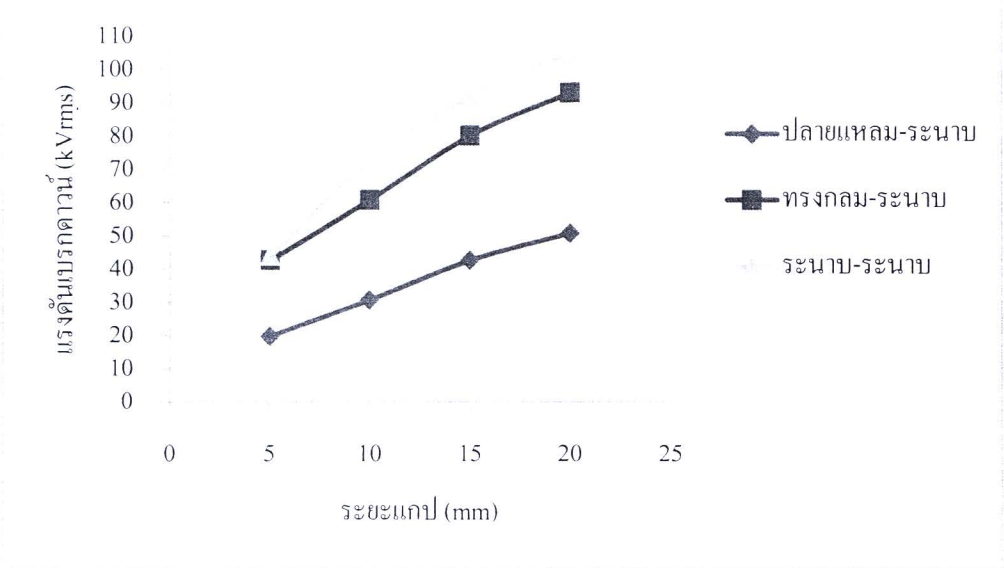
รูปที่ 4.58 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของ Air อิเล็กโตรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 1 บาร์

จากรูปที่ 4.58 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน์ของ Air ที่ความดัน 1 บาร์ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 97.7 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 8.1 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 80.0 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 8.8 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแก๊ป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 62.8 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 10.8 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแก๊ป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 47.1 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 12.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแก๊ป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแก๊ป 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด



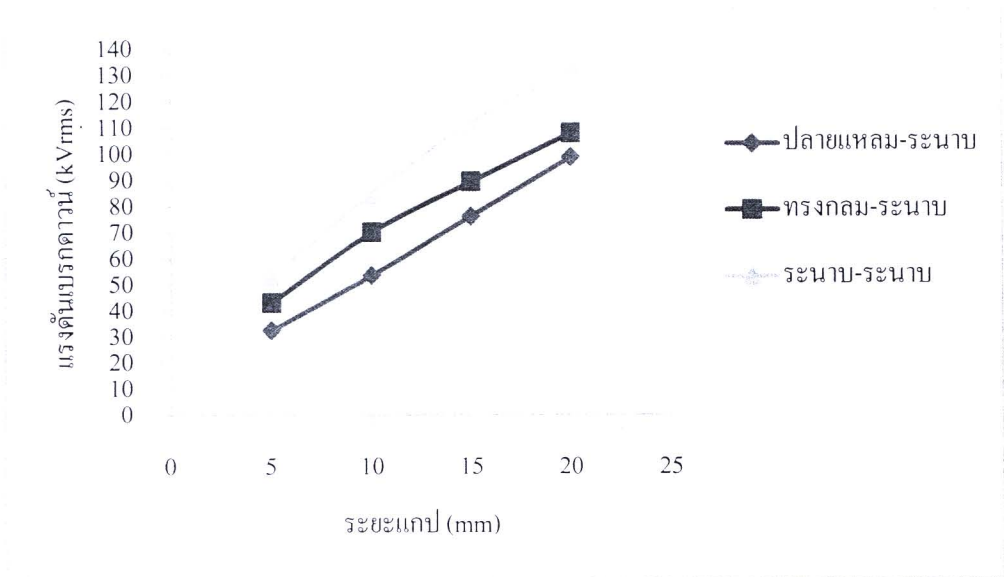
รูปที่ 4.59 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของ Air อิเล็กโตรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 2 บาร์

จากรูปที่ 4.59 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน์ของ Air ที่ความดัน 2 บาร์ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 101.8 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 4.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 81.7 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 16.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 75.0 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 10.8 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 69.0 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 12.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด



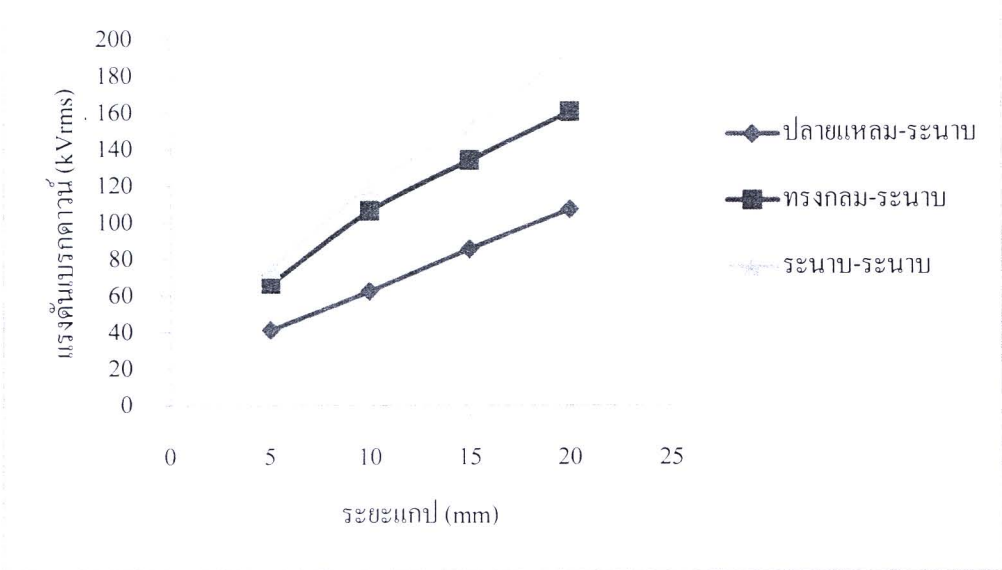
รูปที่ 4.60 ค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าของ Air อิเล็กโตรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 3 บาร์

จากรูปที่ 4.60 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน์ของ Air ที่ความดัน 3 บาร์ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 115.1 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 3.2 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 97.4 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 19.2 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 87.5 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 15.1 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 82.7 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 12.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด



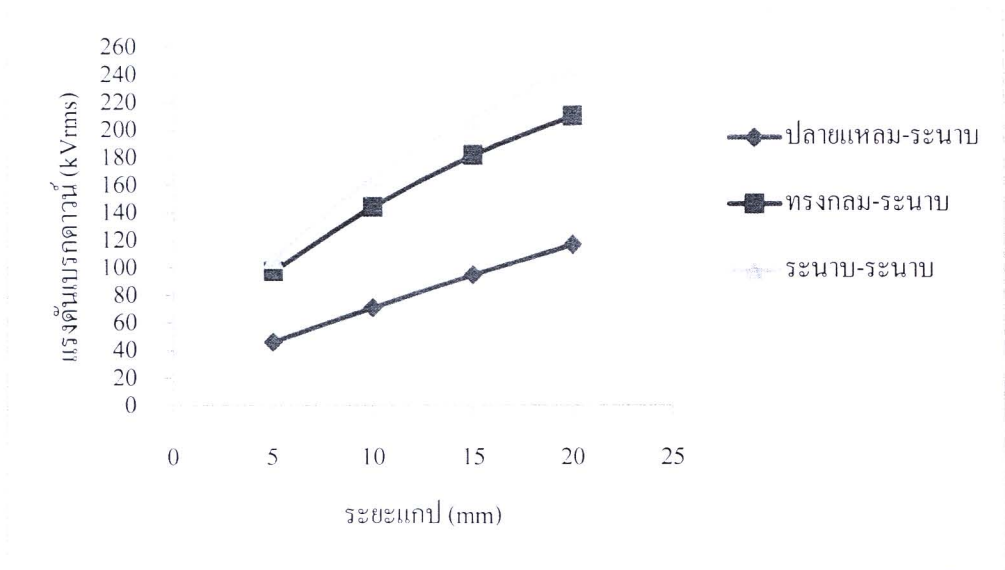
รูปที่ 4.61 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ SF₆ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 1 บาร์

จากรูปที่ 4.61 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาว์นของก๊าซ SF₆ ที่ความดัน 1 บาร์ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาว์นที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 31.9 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 23.2 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 30.4 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 21.1 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 17.0 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 24.9 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 9.1 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 23.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาว์นอิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเปรียบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาว์นอิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเปรียบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด



รูปที่ 4.62 ค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ SF₆ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 2 บาร์

จากรูปที่ 4.62 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ SF₆ ที่ความดัน 2 บาร์ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 69.3 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 12.8 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 68.5 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 12.9 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 56.1 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 14.4 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 49.5 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 19.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบเปรียบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเปรียบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด



รูปที่ 4.63 ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของก๊าซ SF₆ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ ที่ความดัน 3 บาร์

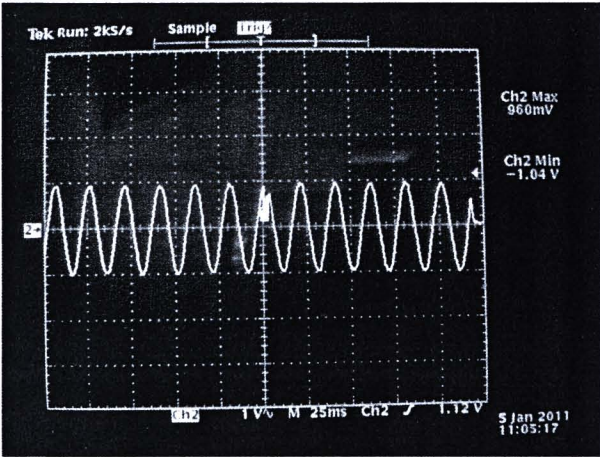
จากรูปที่ 4.63 เปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ SF₆ ที่ความดัน 3 บาร์ อิเล็กโตรดแบบต่างๆ พบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 103.3 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 9.2 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 10 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 102.6 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 14.9 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแกป 15 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 91.3 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 14.6 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะแกป 20 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบกับทรงกลม-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 79.9 เปอร์เซ็นต์ อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกับระนาบ-ระนาบ มีค่าความแตกต่าง 16.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบเปรียบเทียบกับระนาบ-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันน้อยที่สุด และค่าแรงดันเบรกดาวน์อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเปรียบเทียบกับทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกป 5 มิลลิเมตร มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันมากที่สุด

จากรูปที่ 4.57-4.63 พบว่าค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้า อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบเปรียบเทียบกับอิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบที่ระยะ 5 มิลลิเมตร มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าสูงที่สุดซึ่งสามารถอธิบายได้จากผลจากสนามไฟฟ้า ซึ่งลักษณะการกระจายสนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ ที่ระยะแกปแคบๆเป็นแบบสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง และอิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะแกปแคบ มีลักษณะการกระจายสนามไฟฟ้าเป็นแบบไม่สม่ำเสมอเล็กน้อยหรือค่อนข้างสม่ำเสมอส่งผลทำให้มีเปอร์เซ็นต์ความ

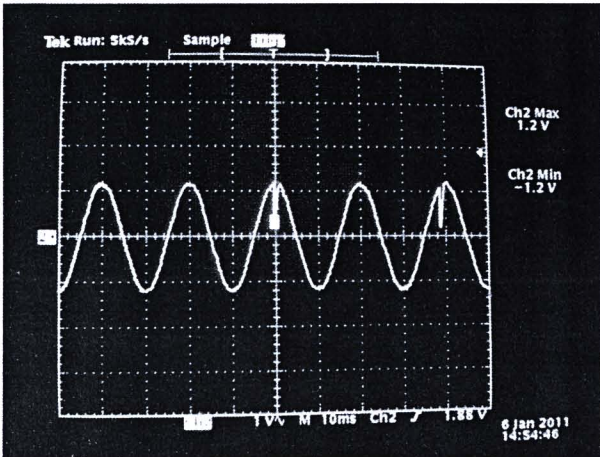
แตกต่างของค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนก๊าซสูงที่สุดและจะมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าลดลงมาเมื่อระยะแกปของอิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบกว้างขึ้น เนื่องจากลักษณะการกระจายสนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบจะเปลี่ยนจากแบบสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อยเป็นแบบไม่สม่ำเสมอสูง

4.6 การเปรียบเทียบรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกดาวนในฉนวนก๊าซชนิดต่างๆ

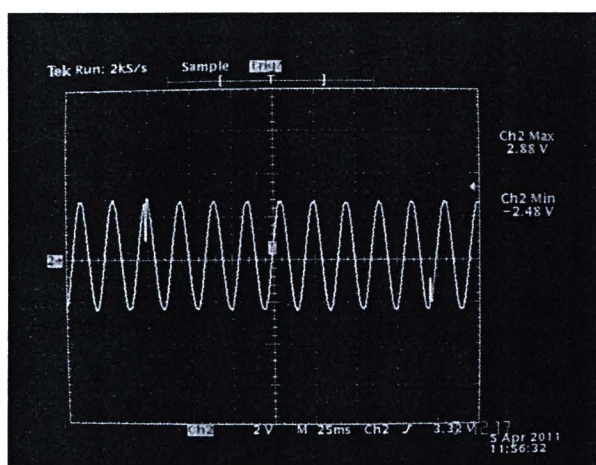
4.6.1 ตัวอย่างรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกดาวนในฉนวนก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air, SF₆ และ SF₆-N₂ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ



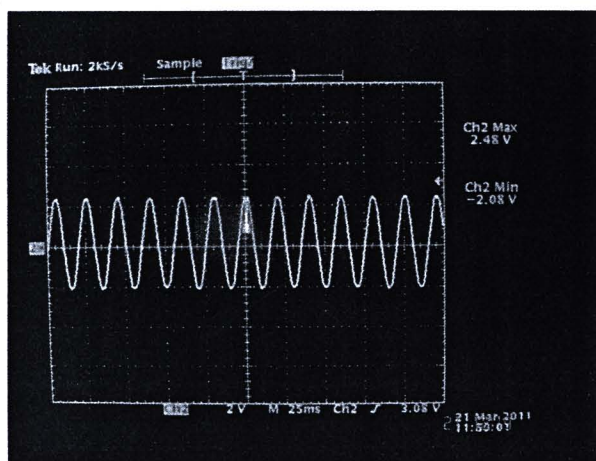
รูปที่ 4.64 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกดาวนในฉนวนก๊าซ He อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ



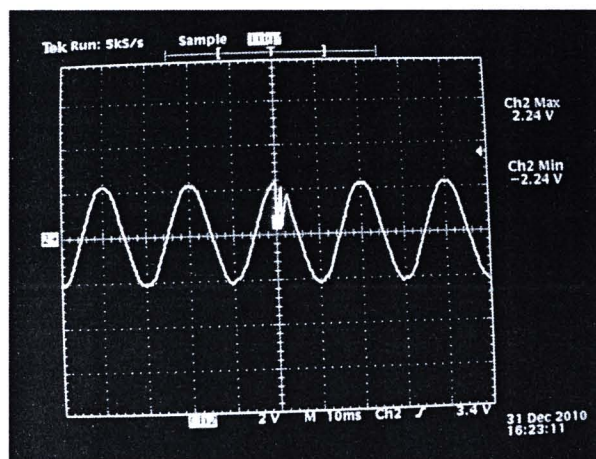
รูปที่ 4.65 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกดาวนในฉนวนก๊าซ Ar อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ



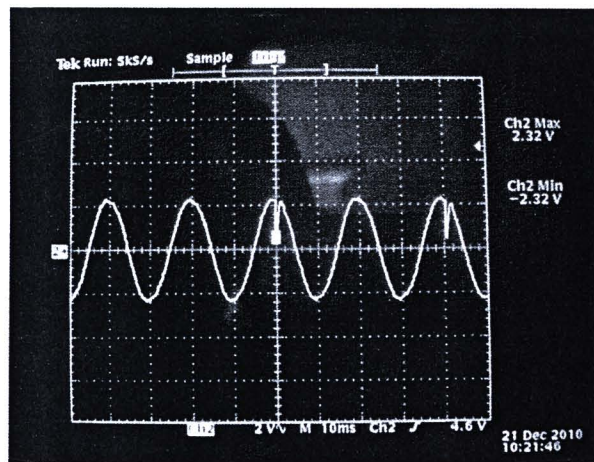
รูปที่ 4.66 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกคาวาน์ในจนวนก๊าซ CO_2 อิเล็กโตรดแบบ
ปลายแหลม-ระนาบ



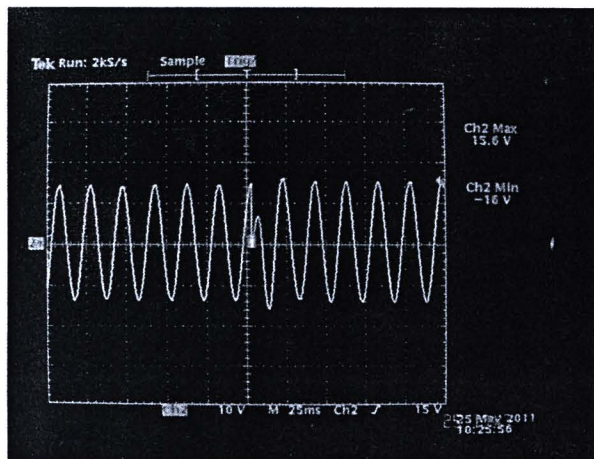
รูปที่ 4.67 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกคาวาน์ในจนวนก๊าซ O_2 อิเล็กโตรดแบบ
ปลายแหลม-ระนาบ



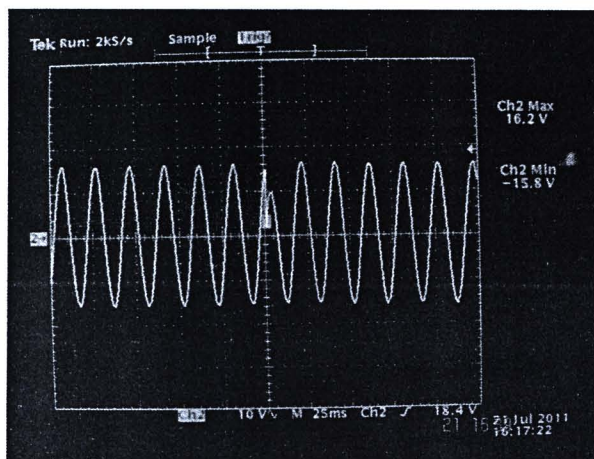
รูปที่ 4.68 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกคาวาน์ในจนวนก๊าซ N_2 อิเล็กโตรดแบบ
ปลายแหลม-ระนาบ



รูปที่ 4.69 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกควาน้ำใน Air อิเล็กทรอนิกส์แบบ
ปลายแหลม-ระนาบ



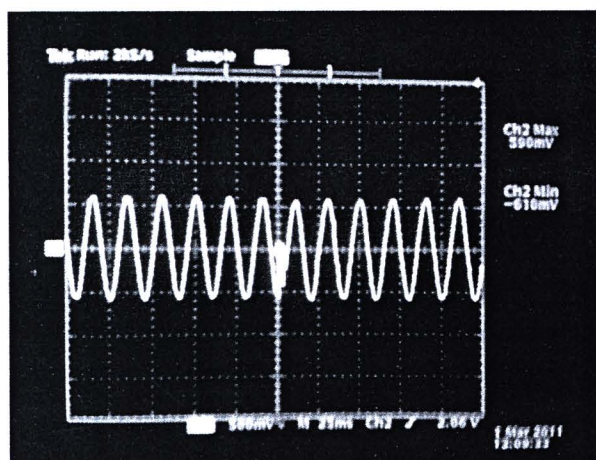
รูปที่ 4.70 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกควาน้ำในฉนวนก๊าซ SF_6 อิเล็กทรอนิกส์แบบ
ปลายแหลม-ระนาบ



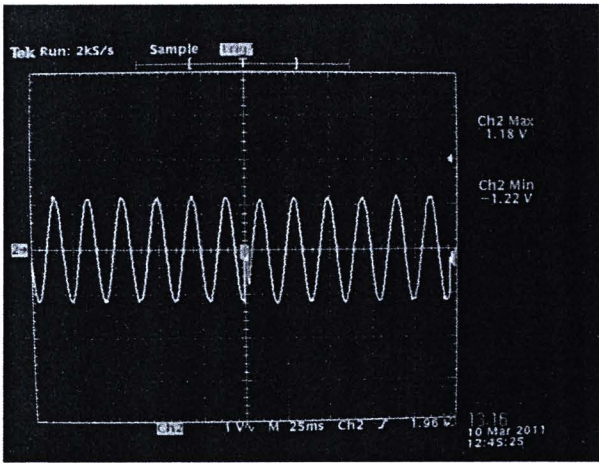
รูปที่ 4.71 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกควาน้ำในฉนวนก๊าซ $\text{SF}_6\text{-N}_2$ อิเล็กทรอนิกส์แบบ
ปลายแหลม-ระนาบ

จากรูปที่ 4.64-4.71 ในระบบอิเล็กทรอนิกส์แบบปลายแหลม-ระนาบ จากการสังเกตพบว่ารูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกดาวน์ในฉนวนก๊าซจะเกิดที่ไซเคลิบวกเป็นส่วนใหญ่คือ ก๊าซ He จากจำนวน 120 ครั้ง จะเกิดที่ไซเคลิบวก 115 ครั้ง คิดเป็น 95.8 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคลลบ 5 ครั้ง คิดเป็น 4.1 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ Ar จะเกิดที่ไซเคลิบวก 118 ครั้ง คิดเป็น 98.3 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคลลบ 2 ครั้ง คิดเป็น 1.6 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ CO_2 จะเกิดที่ไซเคลิบวก 114 ครั้ง คิดเป็น 95.0 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคลลบ 6 ครั้ง คิดเป็น 5.0 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ O_2 จะเกิดที่ไซเคลิบวก 120 ครั้ง คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ N_2 จะเกิดที่ไซเคลิบวก 117 ครั้ง คิดเป็น 97.5 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคลลบ 3 ครั้ง คิดเป็น 2.5 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนอากาศ จะเกิดที่ไซเคลิบวก 120 ครั้ง คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ SF_6 จะเกิดที่ไซเคลิบวก 120 ครั้ง คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ $\text{SF}_6\text{-N}_2$ จะเกิดที่ไซเคลิบวก 120 ครั้ง คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งหมด 960 ครั้ง จะเกิดที่ไซเคลิบวก 944 ครั้ง คิดเป็น 98.3 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคลลบ 16 ครั้ง คิดเป็น 1.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถอธิบายได้จากที่อิเล็กทรอนิกส์แบบปลายแหลมจะมีความเครียดสูงที่ปลายอิเล็กทรอนิกส์ส่งผลทำให้เกิดเบรกดาวน์ได้ง่าย จึงทำให้เกิดเบรกดาวน์ที่ไซเคลิบวกก่อนเสมอ และพบว่ารูปคลื่นที่เกิดเบรกดาวน์ที่ไซเคลิบวกจะเกิดที่มุมเฟส 90 องศา ส่วนรูปคลื่นที่เกิดเบรกดาวน์ที่ไซเคลลบจะเกิดที่มุมเฟสช่วง 270 องศา

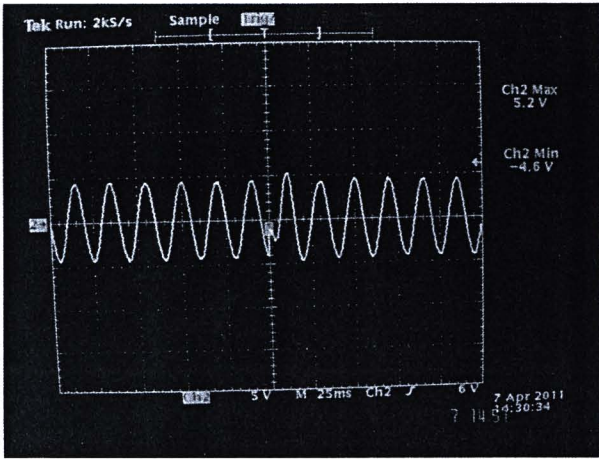
4.6.2 ตัวอย่างรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกดาวน์ในฉนวนก๊าซ He, Ar, CO_2 , O_2 , N_2 , Air, SF_6 และ $\text{SF}_6\text{-N}_2$ อิเล็กทรอนิกส์แบบทรงกลม-ระนาบ



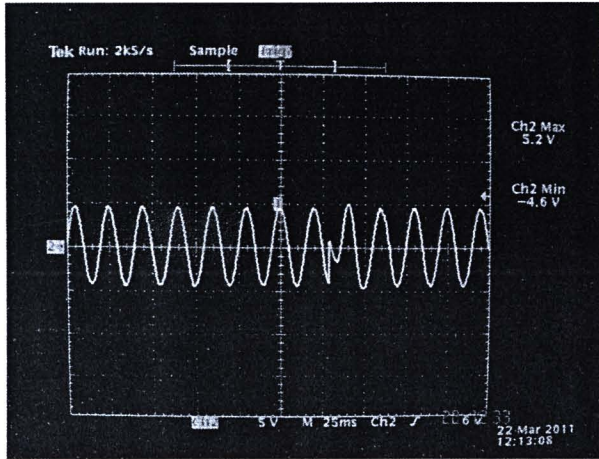
รูปที่ 4.72 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกดาวน์ในฉนวนก๊าซ He อิเล็กทรอนิกส์แบบทรงกลม-ระนาบ



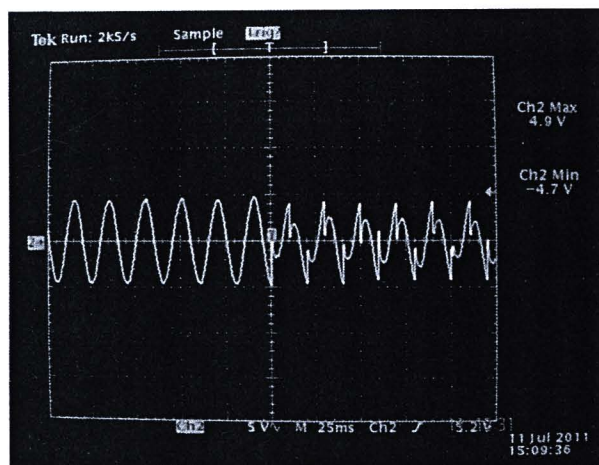
รูปที่ 4.73 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกคาวนในฉนวนก๊าซ Ar อิเล็กโตรดแบบ ทรงกลม-ระนาบ



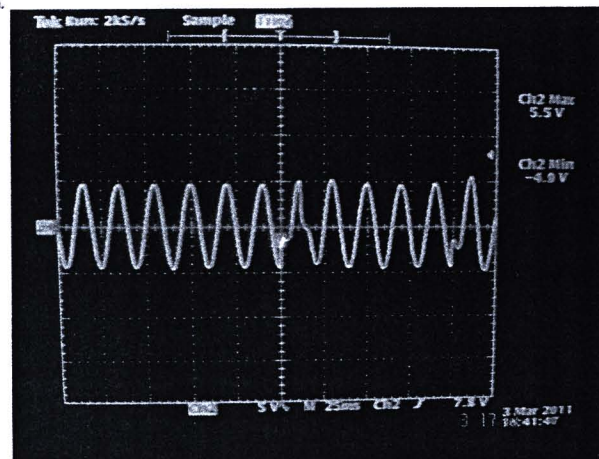
รูปที่ 4.74 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกคาวนในฉนวนก๊าซ CO₂ อิเล็กโตรดแบบ ทรงกลม-ระนาบ



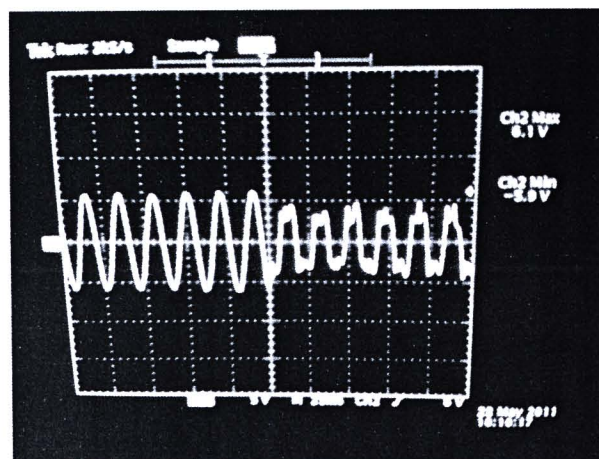
รูปที่ 4.75 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกคาวนในฉนวนก๊าซ O₂ อิเล็กโตรดแบบ ทรงกลม-ระนาบ



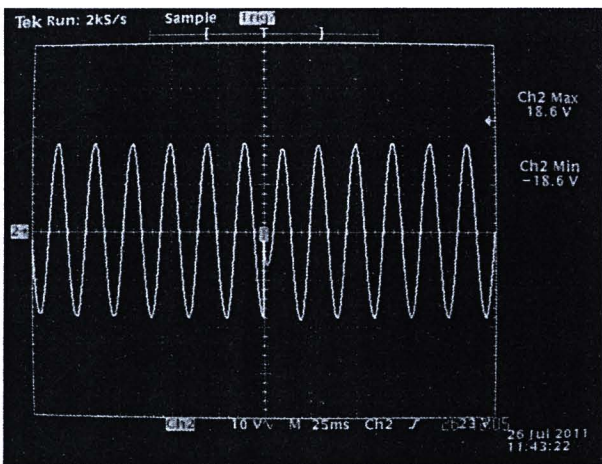
รูปที่ 4.76 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกคาวนในฉนวนก๊าซ N_2 อิเล็กโตรดแบบ ทรงกลม-ระนาบ



รูปที่ 4.77 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกคาวนใน Air อิเล็กโตรดแบบ ทรงกลม-ระนาบ



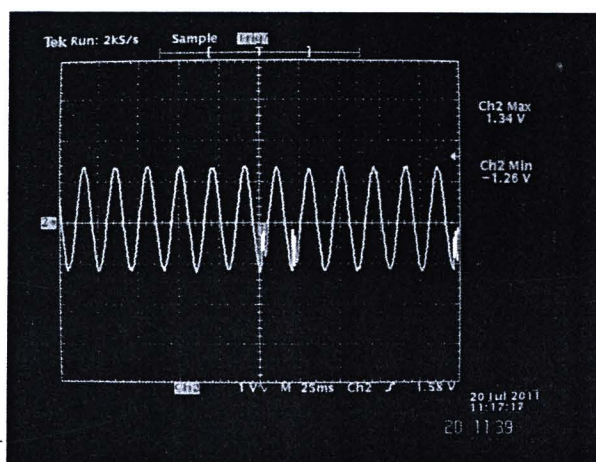
รูปที่ 4.78 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกคาวนในฉนวนก๊าซ SF_6 อิเล็กโตรดแบบ ทรงกลม-ระนาบ



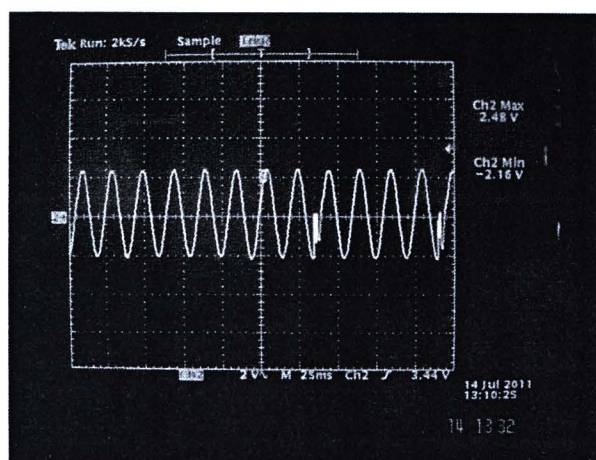
รูปที่ 4.79 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกดาวน์ในฉนวนก๊าซ SF₆-N₂ อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

จากรูปที่ 4.72-4.79 จากการสังเกตพบว่ารูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกดาวน์ในฉนวนก๊าซเกิดได้ทั้งที่ไซเคิลบวกและไซเคิลลบแต่จะเกิดที่ไซเคิลลบเป็นส่วนใหญ่คือ ก๊าซ He จากจำนวน 120 ครั้ง จะเกิดที่ไซเคิลบวก 29 ครั้ง คิดเป็น 24.1 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคิลลบ 91 ครั้ง คิดเป็น 75.8 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ Ar จะเกิดที่ไซเคิลบวก 21 ครั้ง คิดเป็น 17.5 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคิลลบ 99 ครั้ง คิดเป็น 82.5 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ CO₂ จะเกิดที่ไซเคิลบวก 27 ครั้ง คิดเป็น 22.5 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคิลลบ 93 ครั้ง คิดเป็น 77.5 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ O₂ จะเกิดที่ไซเคิลบวก 35 ครั้ง คิดเป็น 29.1 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคิลลบ 85 ครั้ง คิดเป็น 70.8 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ N₂ จะเกิดที่ไซเคิลบวก 25 ครั้ง คิดเป็น 20.8 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคิลลบ 95 ครั้ง คิดเป็น 79.1 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนอากาศ จะเกิดที่ไซเคิลบวก 31 ครั้ง คิดเป็น 25.8 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคิลลบ 89 ครั้ง คิดเป็น 74.1 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ SF₆ จะเกิดที่ไซเคิลบวก 24 ครั้ง คิดเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคิลลบ 96 ครั้ง คิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ SF₆-N₂ จะเกิดที่ไซเคิลบวก 21 ครั้ง คิดเป็น 17.5 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคิลลบ 99 ครั้ง คิดเป็น 82.5 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งหมด 960 ครั้ง จะเกิดที่ไซเคิลบวก 213 ครั้ง คิดเป็น 22.1 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคิลลบ 747 ครั้ง คิดเป็น 77.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถอธิบายได้จากขนาดของอิเล็กโตรดแบบระนาบมีขนาดไม่ใหญ่มากนักเมื่อเทียบกับอิเล็กโตรดทรงกลมและขอบๆของตัวอิเล็กโตรดระนาบมีความโค้งมนไม่พอจึงทำให้เกิดความเครียดสูงที่ขอบของอิเล็กโตรดแบบระนาบจึงทำให้เกิดเบรกดาวน์ที่ไซเคิลลบก่อนเป็นส่วนใหญ่และ พบว่ารูปคลื่นที่เกิดเบรกดาวน์ที่ไซเคิลบวกจะเกิดที่มุมเฟสช่วง 90 องศา ส่วนรูปคลื่นที่เกิดเบรกดาวน์ที่ไซเคิลลบจะเกิดที่มุมเฟส 270 องศา

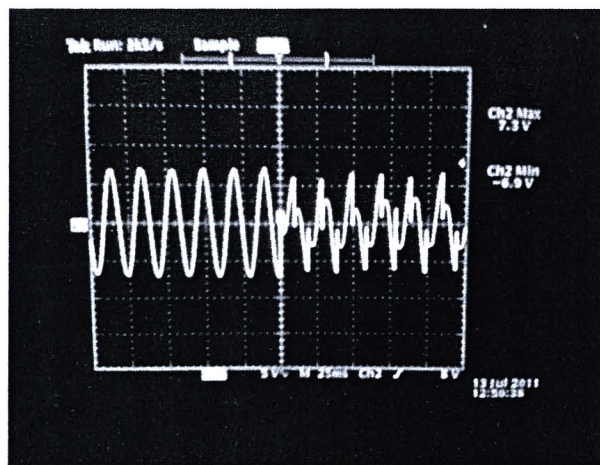
4.6.3 ตัวอย่างรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกดาวน์ในฉนวนก๊าซ He, Ar, CO₂, O₂, N₂, Air, SF₆ และ SF₆-N₂ อิเล็กทรอนิกส์แบบระนาบ-ระนาบ



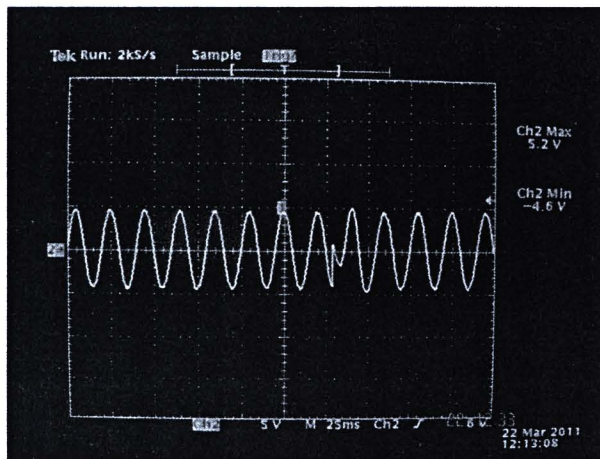
รูปที่ 4.80 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกดาวน์ในฉนวนก๊าซ He อิเล็กทรอนิกส์แบบระนาบ-ระนาบ



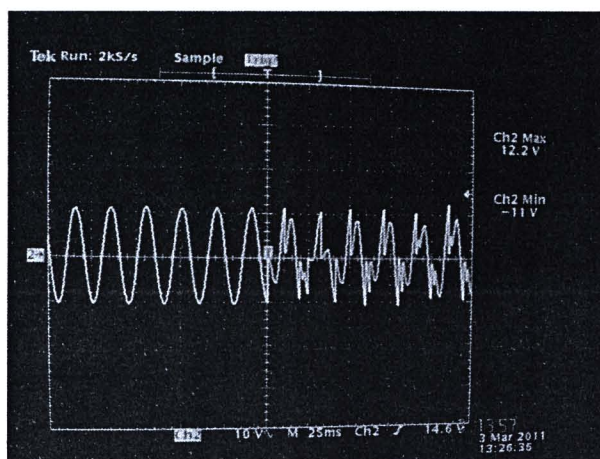
รูปที่ 4.81 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกดาวน์ในฉนวนก๊าซ Ar อิเล็กทรอนิกส์แบบระนาบ-ระนาบ



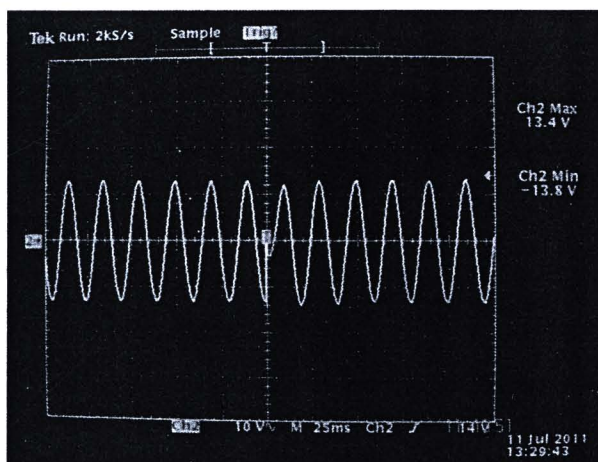
รูปที่ 4.82 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกควาน้ำในฉนวนก๊าซ CO_2 อิเล็กโตรดแบบ
ระนาบ-ระนาบ



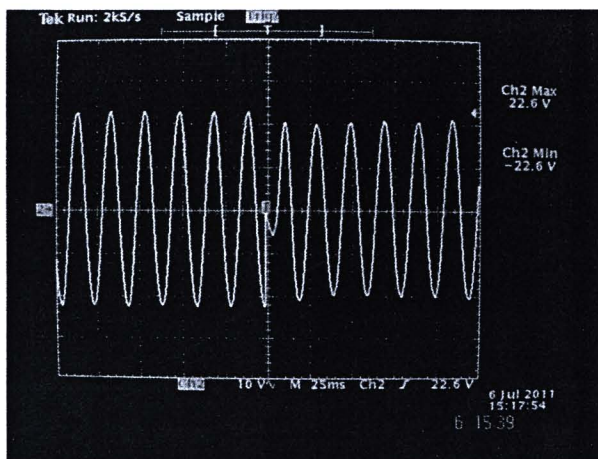
รูปที่ 4.83 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกควาน้ำในฉนวนก๊าซ O_2 อิเล็กโตรดแบบ
ระนาบ-ระนาบ



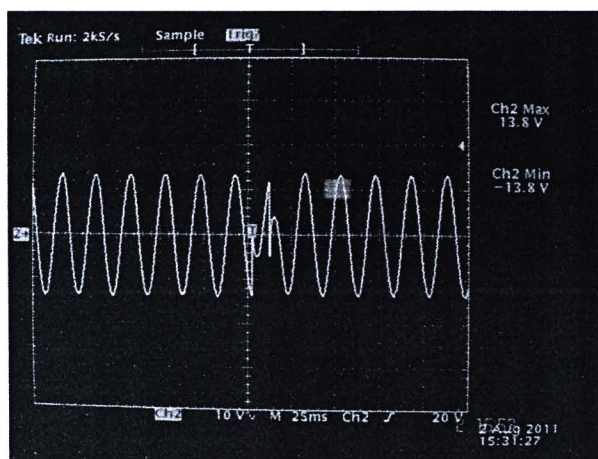
รูปที่ 4.84 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกควาน้ำในฉนวนก๊าซ N_2 อิเล็กโตรดแบบ
ระนาบ-ระนาบ



รูปที่ 4.85 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกควาน์ใน Air อิเล็กโตรดแบบ
ระนาบ-ระนาบ



รูปที่ 4.86 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกควาน์ในฉนวนก๊าซ SF_6 อิเล็กโตรดแบบ
ระนาบ-ระนาบ



รูปที่ 4.87 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกควาน์ในฉนวนก๊าซ $\text{SF}_6\text{-N}_2$ อิเล็กโตรดแบบ
ระนาบ-ระนาบ

จากรูปที่ 4.80-4.87 จากการสังเกตพบว่ารูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเกิดเบรกดาวน์ในฉนวนก๊าซเกิดได้ทั้งที่ไซเคลบวกและไซเคลลบแต่จะเกิดที่ไซเคลลบเป็นส่วนใหญ่คือ ก๊าซ He จากจำนวน 120 ครั้ง จะเกิดที่ไซเคลบวก 13 ครั้ง คิดเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคลลบ 107 ครั้ง คิดเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ Ar จะเกิดที่ไซเคลบวก 17 ครั้ง คิดเป็น 14.1 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคลลบ 103 ครั้ง คิดเป็น 85.8 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ CO_2 จะเกิดที่ไซเคลบวก 17 ครั้ง คิดเป็น 14.1 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคลลบ 103 ครั้ง คิดเป็น 85.8 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ O_2 จะเกิดที่ไซเคลบวก 21 ครั้ง คิดเป็น 17.5 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคลลบ 99 ครั้ง คิดเป็น 82.5 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ N_2 จะเกิดที่ไซเคลบวก 16 ครั้ง คิดเป็น 13.3 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคลลบ 104 ครั้ง คิดเป็น 86.6 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนอากาศ จะเกิดที่ไซเคลบวก 23 ครั้ง คิดเป็น 19.1 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคลลบ 97 ครั้ง คิดเป็น 80.8 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ SF_6 จะเกิดที่ไซเคลบวก 15 ครั้ง คิดเป็น 12.5 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคลลบ 105 ครั้ง คิดเป็น 87.5 เปอร์เซ็นต์ ฉนวนก๊าซ $\text{SF}_6\text{-N}_2$ จะเกิดที่ไซเคลบวก 19 ครั้ง คิดเป็น 15.8 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคลลบ 101 ครั้ง คิดเป็น 84.1 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งหมด 960 ครั้ง จะเกิดที่ไซเคลบวก 141 ครั้ง คิดเป็น 14.6 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ไซเคลลบ 819 ครั้ง คิดเป็น 85.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าในระบบสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโตรดจะมีค่าเท่ากันทุกๆจุดทำให้เกิดเบรกดาวน์ได้ทั้งไซเคลบวกและไซเคลลบแต่เนื่องจากขอบๆของตัวอิเล็กโตรดระนาบที่เป็นอิเล็กโตรดกรวดอาจมีความโค้งมนน้อยกว่าอิเล็กโตรดระนาบที่เป็นอิเล็กโตรดแรงสูงจึงทำให้เกิดความเครียดสูงที่ขอบๆของอิเล็กโตรดกรวดมากกว่าจึงทำให้เกิดเบรกดาวน์ที่ไซเคลลบก่อนเป็นส่วนใหญ่ และพบว่ารูปคลื่นที่เกิดเบรกดาวน์ที่ไซเคลบวกจะเกิดที่มุมเฟส 90 องศา ส่วนรูปคลื่นที่เกิดเบรกดาวน์ที่ไซเคลลบจะเกิดที่มุมเฟสช่วง 270 องศา