

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

1. การจำลองวิเคราะห์ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์

1.1 ขั้นตอนการจำลองลักษณะการกระจายตัวของสนามไฟฟ้า

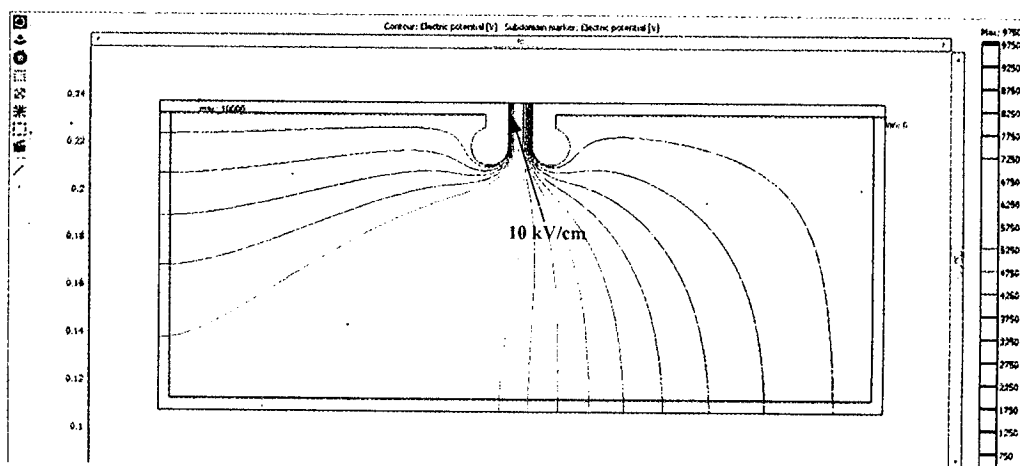
ในการออกแบบอิเล็กทรอนิกส์และวัสดุทดสอบแบบต่างๆ ใช้โปรแกรม AutoCAD ในการวาดภาพตามกรณีศึกษาที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 และใช้โปรแกรม COMSOL Multiphysics จำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้า ซึ่งโปรแกรมนี้สามารถรองรับภาพที่สร้างจากโปรแกรม AutoCAD ด้วยการ Import ภาพเข้าโปรแกรม COMSOL Multiphysics ได้โดยตรง

หลังจากวาดภาพอิเล็กทรอนิกส์ตามกรณีศึกษาเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการใช้โปรแกรม COMSOL Multiphysics ในการจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าในสภาพที่เป็นอากาศปกติและในสภาพอากาศที่มีเมฆมากวันปะปนอยู่

1.2 การจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าสภาวะอากาศปกติ

1.2.1 การจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอสภาวะอากาศปกติ

- | | |
|---|----------|
| 1. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ | 10 kV |
| 2. ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max}) | 10 kV/cm |



ภาพที่ 4-1 การจำลองการเกิดสนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอ อิเล็กโทรดแบบแผ่นเพลทกับแผ่นเพลท สภาวะอากาศปกติ

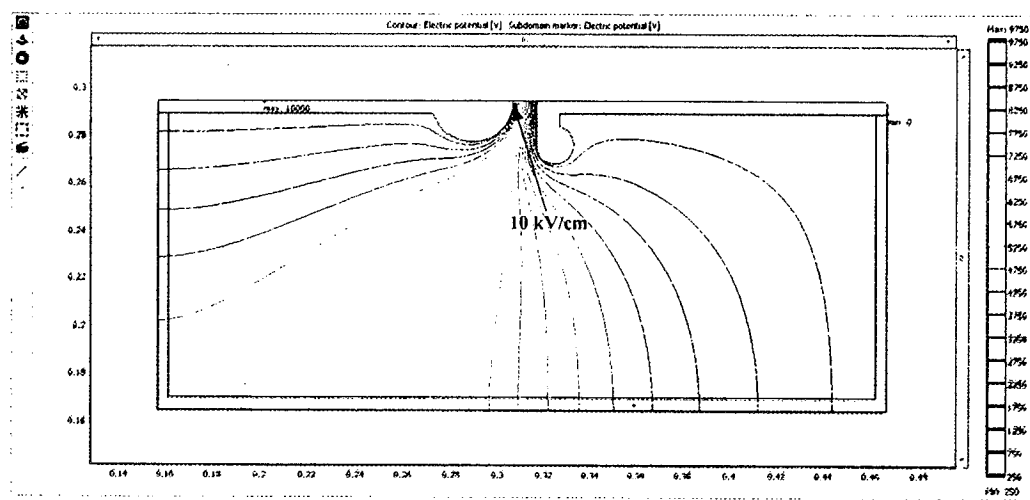
จากผลการจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมออิเล็กโทรดแบบแผ่นเพลทกับแผ่นเพลท ความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรด จะเท่ากันทุกจุด ซึ่งจากภาพจะเห็นเส้นสีแดงเข้มซึ่งมีการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าเท่ากันทุกจุดบนพื้นที่หน้าตัดแผ่นเพลท

1.2.2 การจำลองการกระจายตัวสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอเล็กน้อยสภาวะอากาศปกติ

1. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ

10 kV
2. ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max})

10 kV/cm



ภาพที่ 4-2 การจำลองการเกิดสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย อิเล็กโทรดแบบทรงกลมกับแผ่นเพลทสภาวะอากาศปกติ

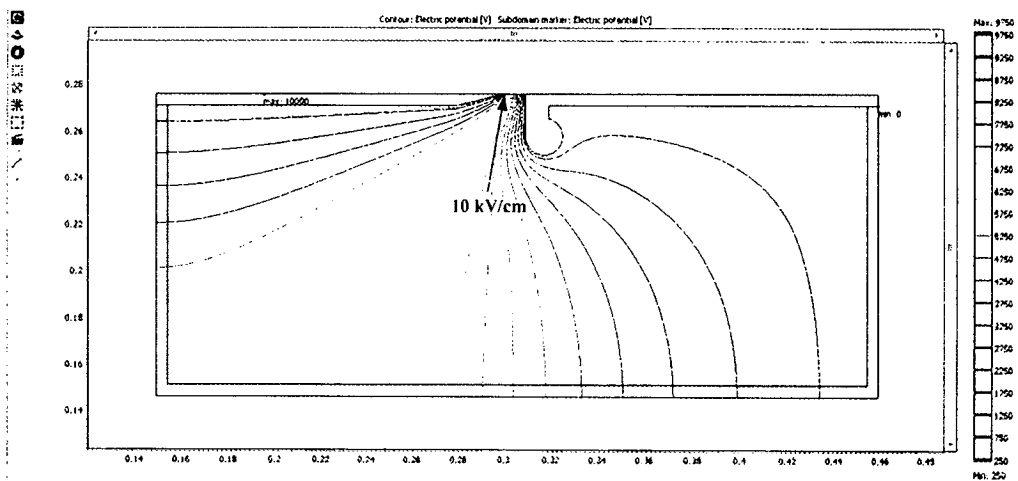
จากผลการจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย อิเล็กโทรดแบบทรงกลมกับแผ่นเพลท ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดจะเกิดขึ้นที่ผิวของอิเล็กโทรดทรงกลม ซึ่งตามภาพจะเห็นเส้นสีแดงเข้มมีการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าสูงสุดบนยอดผิวอิเล็กโทรดทรงกลม

1.2.3 การจำลองการกระจายตัวสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอสูงสภาวะอากาศปกติ

1. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ

10 kV
2. ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max})

10 kV/cm



ภาพที่ 4-3 การจำลองการเกิดสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอสูง อิเล็กโทรดแบบปลายแหลมกับแผ่นเพลทสภาวะอากาศปกติ

จากผลการจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอสูง อิเล็กโทรดแบบปลายแหลมกับแผ่นเพลท ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงจะอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับผิวอิเล็กโทรดที่มีพื้นผิวน้อยที่สุด เช่น ปลายแหลม ซึ่งตามภาพจะเห็นเส้นสีแดงเข้มมีการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ปลายแหลมของอิเล็กโทรด

1.3 การจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าสภาวะอากาศที่มีเขม่าควัน

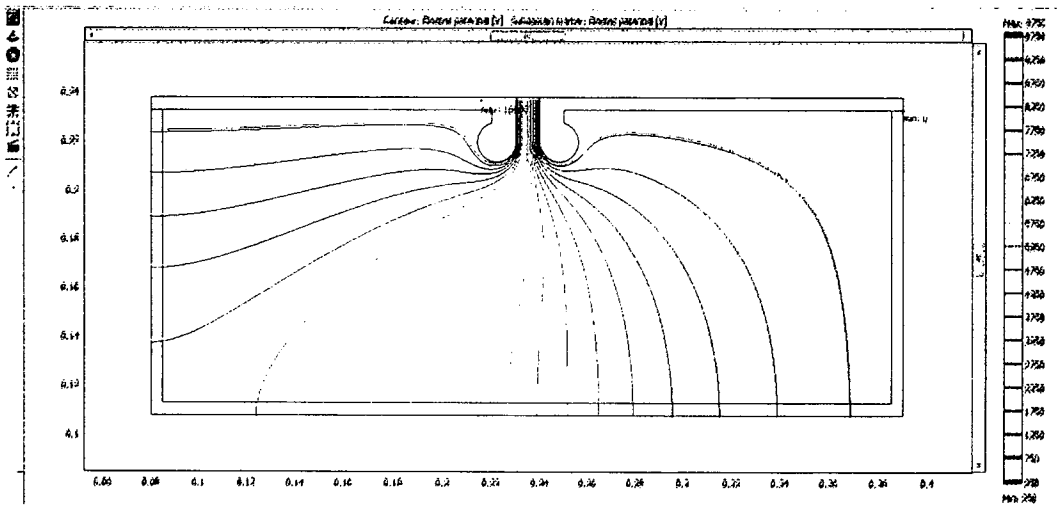
เนื่องจากเขม่าควันนั้นมีหลายๆ ก๊าซด้วยกันเป็นองค์ประกอบ ในงานวิจัยนี้เลือกก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์มาเป็นตัวอย่างในการจำลอง

- 1.3.1 การจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอสภาวะอากาศที่มีเขม่าควัน
1. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ

10 kV

2. ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max})

10 kV/cm

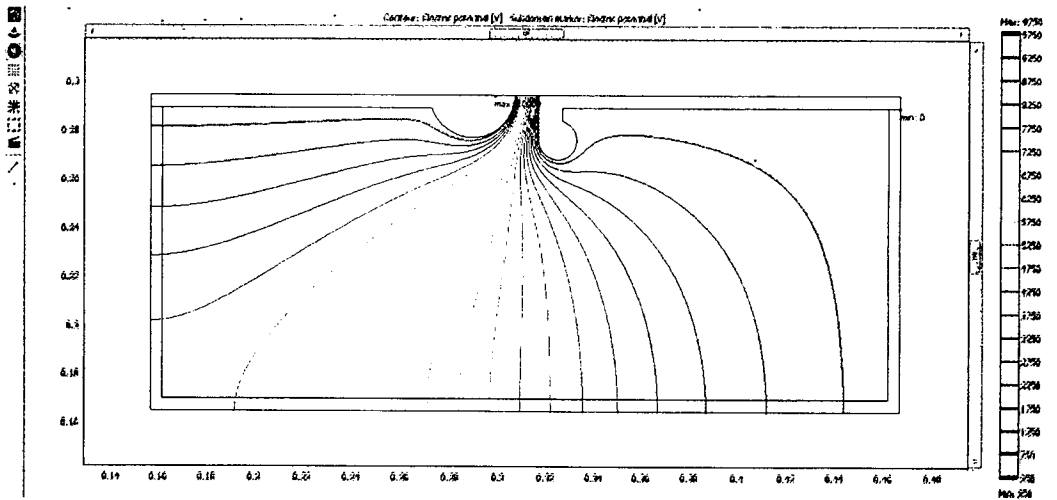


ภาพที่ 4-4 การจำลองการเกิดสนามไฟฟ้าแบบสมมาตร อีเล็กโทรดแบบแผ่นเพลทกับแผ่นเพลท
สภาวะอากาศที่มีเขม่าควัน

จากผลการจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าแบบสมมาตรอีเล็กโทรดแบบแผ่นเพลทกับ
แผ่นเพลทสภาวะอากาศด้านในเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ จะเห็นว่าการกระจายตัวของ
สนามไฟฟ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ

1.3.2 การจำลองการกระจายตัวสนามไฟฟ้าแบบไม่สมมาตรเล็กน้อยสภาวะอากาศที่มี
เขม่าควัน

- | | |
|---|----------|
| 1. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ | 10 kV |
| 2. ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max}) | 10 kV/cm |

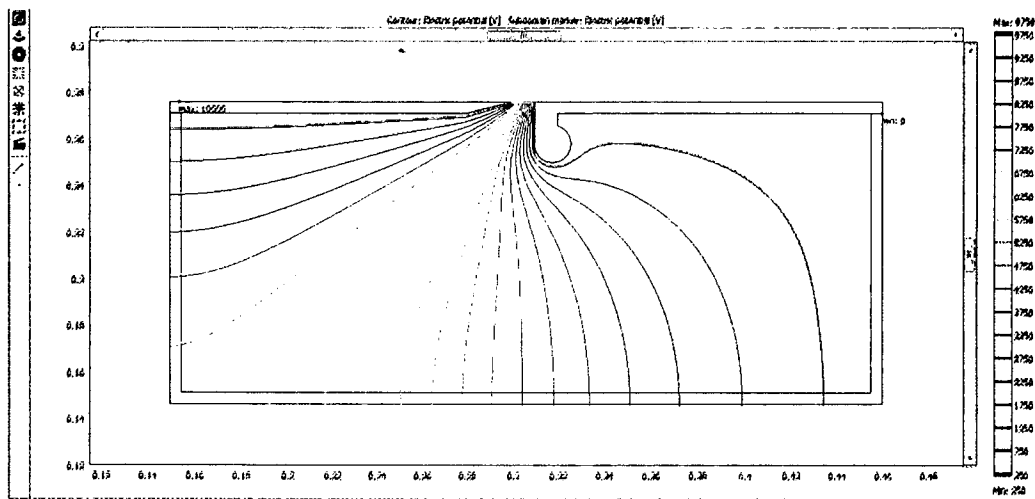


ภาพที่ 4-5 การจำลองการเกิดสนามไฟฟ้าไม่สมมาตรเล็กน้อย โดยใช้อีเล็กโทรดแบบทรงกลม
และอีเล็กโทรดแบบแผ่นเพลทในสภาวะที่มีเขม่าควัน

จากผลการจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย อิเล็กโทรดแบบทรงกลมกับแผ่นเพลท จะเห็นว่าการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ

1.3.3 การจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอสูงสภาวะอากาศที่มีเขม่าควัน

- | | |
|---|----------|
| 1. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ | 10 kV |
| 2. ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max}) | 10 kV/cm |



ภาพที่ 4-6 การจำลองการเกิดสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง โดยใช้อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม และอิเล็กโทรดแบบแผ่นเพลทในสภาวะที่มีเขม่าควัน

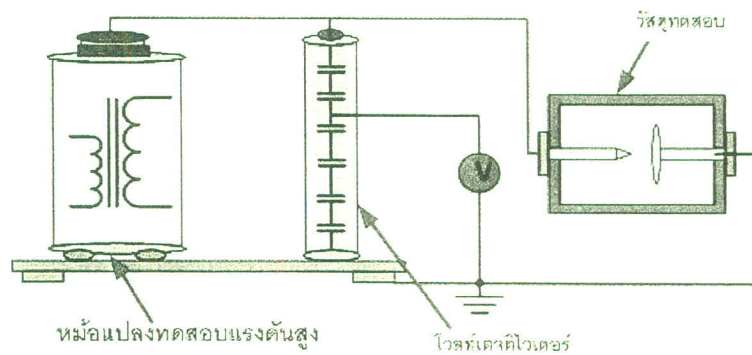
จากผลการจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอสูง อิเล็กโทรดแบบปลายแหลมกับแผ่นเพลท จะเห็นว่าการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ

2. การทดสอบค่าแรงดันเบรกดาวน์ ของวัตถุทดสอบแต่ละแบบ

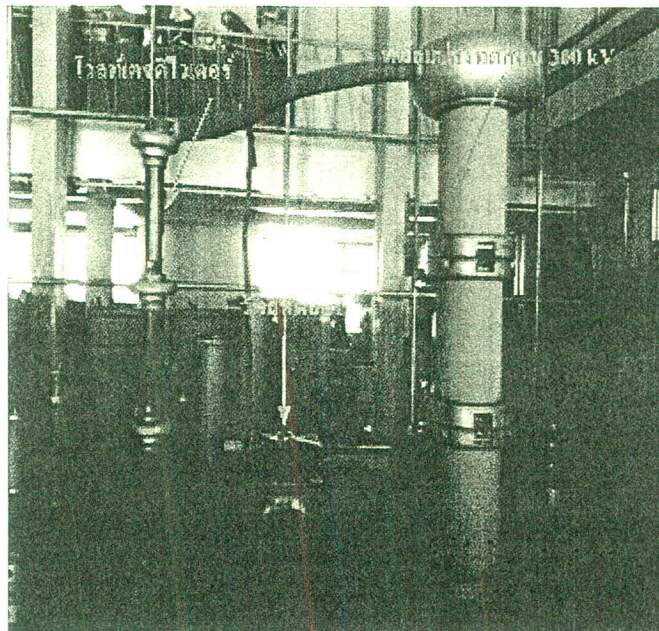
กระบวนการทดสอบจะเป็นการทดสอบการเกิดเบรกดาวน์ภายในกล่องอะคริลิกที่ใช้ อิเล็กโทรดตามที่ออกแบบไว้ 3 กรณีศึกษาด้วยกัน และกำหนดระยะห่างของอิเล็กโทรดที่ระยะห่าง 1 cm, 2 cm, และ 3 cm เพื่อดูระดับแรงดันที่ทำให้เกิดการเบรกดาวน์ ก่อนที่จะนำไปทดสอบ การศึกษาการใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงในการกำจัดเขม่าควันจากการเผาไหม้ต่อไป ทั้งนี้เพื่อป้องกัน เครื่องมือวัดแรงดันสูงและหม้อแปลงไฟฟ้า เสียหายจากการเบรกดาวน์ของวัตถุทดสอบ โดยที่เราจะไม่ป้อนแรงดันถึงค่านั้นให้แก่วัตถุทดสอบ

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

ตู้ควบคุมการจ่ายแรงดันไฟฟ้า, หม้อแปลงทดสอบแรงดันสูง, โวลต์เตจดีไวเดอร์สำหรับวัดแรงดันสูง, มิเตอร์วัด, วัตถุทดสอบ



ก)



ข)

ภาพที่ 4-7 วงจรการทดลอง

ก) วงจรสมมูล ข) วงจรในการทดสอบ

2.2 ขั้นตอนการทดสอบ

2.2.1 ทำการต่อวงจรดังภาพที่ 4-7 โดยอุปกรณ์ทดสอบที่ใช้ทดสอบ เป็นกล่องอะคริลิกจำลองสนามไฟฟ้าทั้ง 3 รูปแบบ

2.2.2 จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ที่นำมาทำการทดสอบเบรกดาวน์ (Break Down) โดยค่อยๆ เพิ่มแรงดันขึ้นครั้งละ 1kV จนกระทั่งเกิดการเบรกดาวน์

2.2.3 อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจากมิเตอร์ และบันทึกผลการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง

จากนั้นทำการเป่าเขม่าควันจำนวน 100 กรัม และ 200 กรัมเข้าไปโดยใช้อุปกรณ์เป่าลม วงจรการทดลองดังภาพที่ 4-7 และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 6, 7, และ 8

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อเขม่าควัน 100 กรัม, และ 200 กรัม ที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 เซนติเมตร แรงดันไฟฟ้า 75 % ของค่าเฉลี่ย (kV)

ประเภทของอิเล็กโทรด	ผลการทดสอบ	
	100 กรัม	200 กรัม
เพลท-เพลท	เบรกดาวน	เบรกดาวน
กลม-เพลท	เบรกดาวน	เบรกดาวน
แหลม-เพลท	เบรกดาวน	เบรกดาวน

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อเขม่าควัน 100 กรัม, และ 200 กรัม ที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 2 เซนติเมตร แรงดันไฟฟ้า 75 % ของค่าเฉลี่ย (kV)

ประเภทของอิเล็กโทรด	ผลการทดสอบ	
	100 กรัม	200 กรัม
เพลท-เพลท	เบรกดาวน	เบรกดาวน
กลม-เพลท	เบรกดาวน	เบรกดาวน
แหลม-เพลท	เบรกดาวน	เบรกดาวน

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อเขม่าควัน 100 กรัม, และ 200 กรัม ที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 3 เซนติเมตร แรงดันไฟฟ้า 75 % ของค่าเฉลี่ย (kV)

ประเภทของอิเล็กโทรด	ผลการทดสอบ	
	100 กรัม	200 กรัม
เพลท-เพลท	เบรกดาวน	เบรกดาวน
กลม-เพลท	เบรกดาวน	เบรกดาวน
แหลม-เพลท	เบรกดาวน	เบรกดาวน

จากผลการทดสอบโดยการขึ้นแรงดันทดสอบไว้ที่ 75% ของค่าเฉลี่ยจากตารางที่ 3, 4 และ 5 แล้วทำการป้อนเขม่าควันที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลผลที่ได้คือ เมื่อป้อนเข้าไปแล้วจะเกิดการเบรกดาวนในทุกกรณีที่ได้จำลอง ไม่สามารถทำการทดลองอื่นๆต่อไปได้

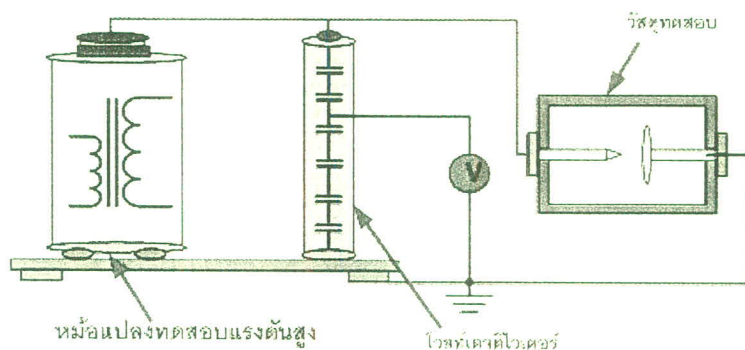
จากผลการทดสอบในเบื้องต้นทำให้ไม่สามารถสรุปสาเหตุของการเกิดการเบรกดาวนได้ จึงหยุดการทดสอบมาคิดถึงกระบวนการทดสอบว่าเกิดข้อผิดพลาดในขั้นตอนใด และได้ข้อสรุปจึงทำการทดลองใหม่และเริ่มต้นแบบเดิมทุกอย่าง โดยมีแนวคิดดังนี้คือ ถ้าป้อนเขม่าควันไปพร้อมกันจะเกิดการเบรกดาวนและเกิดความร้อนสูง จึงคิดวิธีการใหม่โดยแยกเขม่าและควันออกจากกันแล้วทำการทดสอบแบบเดิม โดยได้ทดสอบหาค่าแรงดันเบรกดาวนอีกครั้งและบันทึกผลการทดลองใหม่ทำรูปแบบตารางใหม่ ผลการทดสอบนำเสนอในหัวข้อถัดไป

4. ผลการทดสอบหาค่าแรงดันเบรกดาว์น ของวัตถุทดสอบแต่ละแบบ (แก้ไข)

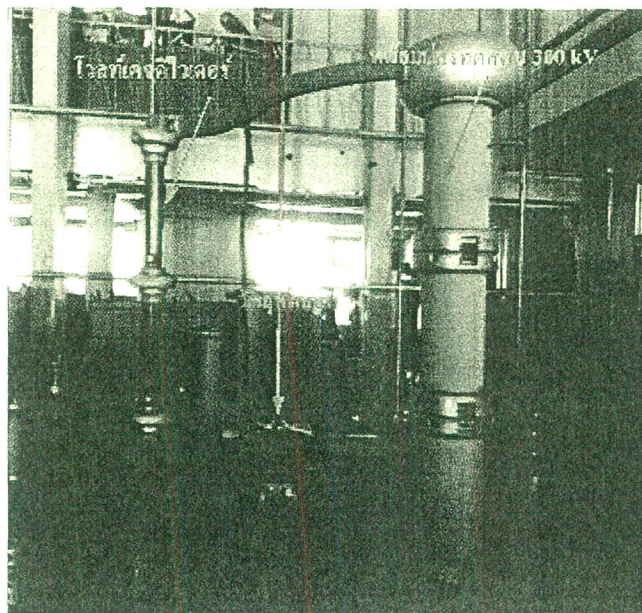
กระบวนการทดสอบจะเป็นการทดสอบการเกิดเบรกดาว์นภายในกล่องอะคริลิกที่ใส่อิเล็กโทรดตามที่ออกแบบไว้ 3 กรณีศึกษาด้วยกัน และกำหนดระยะห่างของอิเล็กโทรดที่ระยะห่าง 1 cm, 2 cm, และ 3 cm เพื่อดูระดับแรงดันที่ทำให้เกิดการเบรกดาว์น ก่อนที่จะนำไปทดสอบการศึกษาการใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงในการกำจัดเขม่าควันจากการเผาไหม้ต่อไป ทั้งนี้เพื่อป้องกันเครื่องมือวัดแรงดันสูงและหม้อแปลงไฟฟ้า เสียหายจากการเบรกดาว์นของวัตถุทดสอบ โดยที่เราจะไม่ป้อนแรงดันถึงค่านั้นให้แก่วัตถุทดสอบ

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

ผู้ควบคุมการจ่ายแรงดันไฟฟ้า, หม้อแปลงทดสอบแรงดันสูง, โวลต์เตจดีไวเดอร์สำหรับวัดแรงดันสูง, มิเตอร์วัด, วัตถุทดสอบ



ก)



ข)

ภาพที่ 4-8 วงจรการทดลอง

ก) วงจรสมมูล ข) วงจรในการทดสอบ

4.2 ขั้นตอนการทดสอบ

4.2.1 ทำการต่อวงจรดังภาพที่ 4-8 โดยอุปกรณ์ทดสอบที่ใช้ทดสอบ เป็นกล่อง อะคริลิกจำลองสนามไฟฟ้าทั้ง 3 รูปแบบ

4.2.2 จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ที่นำมาทำการทดสอบเบรกดาวน์ (Break Down) โดยค่อยๆ เพิ่มแรงดันขึ้นครั้งละ 1kV จนกระทั่งเกิดการเบรกดาวน์

4.2.3 อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจากมิเตอร์ และบันทึกผลการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง

4.2.4 เปลี่ยนอุปกรณ์ทดสอบในวงจร โดยเปลี่ยนเป็นการจำลองสนามไฟฟ้าในรูปแบบ ที่ 2 และ 3 แล้วทำการทดสอบตามข้อ 4.2.2 และข้อ 4.2.3 ตามลำดับ

4.2.5 เปรียบเทียบผลการทดสอบ บันทึกผล และสรุปผลการทดสอบ

4.3 ผลการทดสอบค่าแรงดันเบรกดาวน์

ข้อมูลที่สภาวะห้องทดสอบ

อุณหภูมิห้อง : 30 องศาเซลเซียส

ความดันบรรยากาศ : 782 มม.ปรอท

ความชื้นสัมพัทธ์ : 59 %

ตารางที่ 9 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของวัตถุทดสอบที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 เซนติเมตร

ประเภทของสนามไฟฟ้า	ผลการทดสอบแรงดันเบรกดาวน์ (kV)					
	ครั้งที่					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	32.2	32.0	32.4	31.9	32.3	32.16
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย	30.8	31.1	31.2	31.4	31.1	31.12
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง	14.4	14.7	15.3	12.3	12.3	13.8

ตารางที่ 10 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของวัตถุทดสอบที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 2 เซนติเมตร

ประเภทของสนามไฟฟ้า	ผลการทดสอบแรงดันเบรกดาวน์ครั้งที่ (kV)					
	ครั้งที่					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	53.9	53.7	53.3	52.9	53.4	53.44
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย	51.2	51.6	51.9	51.0	51.6	51.46
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง	21.9	21.6	22.1	23.2	23.6	22.48

ตารางที่ 11 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของวัตถุทดสอบที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 3 เซนติเมตร

ประเภทของสนามไฟฟ้า	ผลการทดสอบแรงดันเบรกดาวน์ครั้งที่ (kV)					
	ครั้งที่					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
1. สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	63.7	63.4	63.7	63.7	63.7	63.64
2. สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย	65.7	65.7	65.7	65.5	65.2	65.56
3. สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง	32.5	31.0	31.8	31.8	31.4	32.3

5. การทดสอบผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อเขม่าจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล

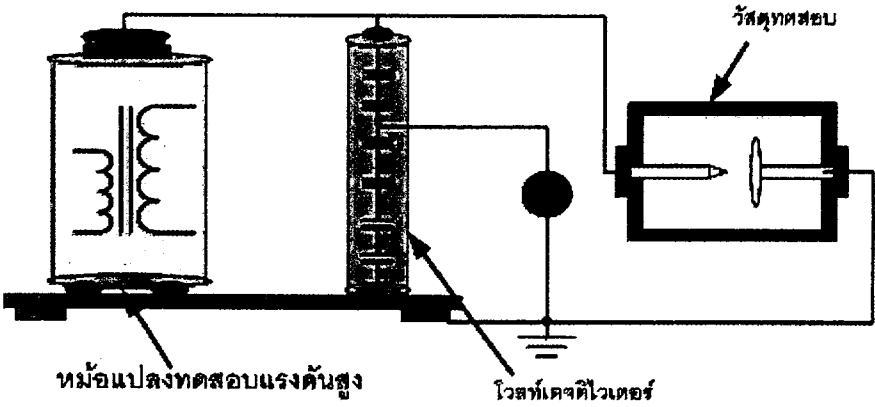
กระบวนการทดสอบจะเป็นการทดสอบผลของสนามไฟฟ้าภายใต้สภาวะอากาศปิด โดยจะทำการขึ้นแรงดันทดสอบ 75% ของค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่ได้ทดสอบก่อนการทดลองนี้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเบรกดาวน์ และสังเกตผลของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับเขม่า

5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

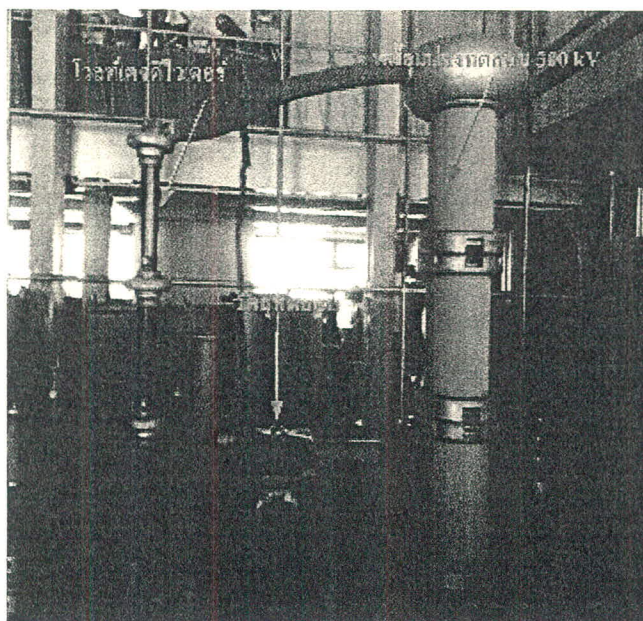
- 5.1.1 หม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูง 300 kV พร้อมตู้ควบคุมการจ่ายแรงดันไฟฟ้า
- 5.1.2 โวลต์เตจติไวเดอร์
- 5.1.3 วัตถุทดสอบ
- 5.1.4 ท่อยาง
- 5.1.5 เขม่าที่เหลือจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล

5.2 ขั้นตอนการทดลอง

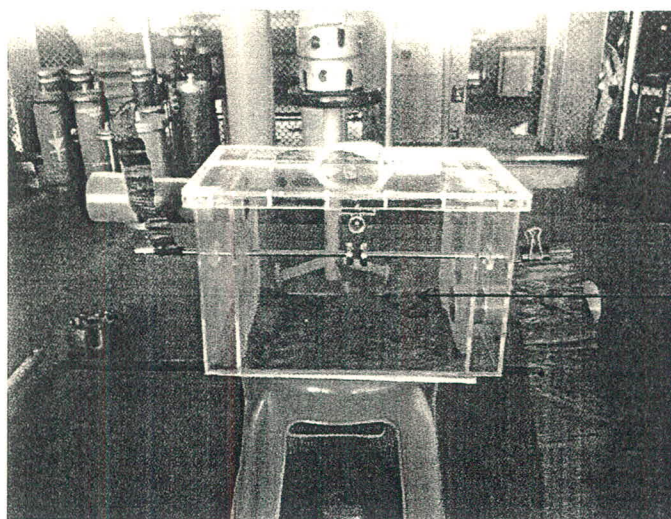
5.2.1 ทำการต่อวงจรตามภาพที่ 4-9 (ข) อุปกรณ์ทดสอบที่ใช้ทดสอบเป็นกล่องอะคริลิก จำลองสนามไฟฟ้าทั้ง 3 รูปแบบ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm



(ก) วงจรสมมุติ



(ข) วงจรการทดสอบจริง



(ค) เหม่าที่พร้อมทดสอบในตู้อุปกรณ์ทดสอบ

ภาพที่ 4-9 วงจรการทดสอบหาค่าจากปริมาณเคมีจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล

5.2.2 ทำการป้อนเคมีที่เตรียมไว้ น้ำหนัก 100 กรัม และ 200 กรัม ในอุปกรณ์ทดสอบดังรูปภาพที่ 4-9 ภาพ ค)

5.2.3 จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวัตถุทดสอบโดยขึ้นแรงดันไปที่ 75% ของค่าแรงดันเบรก ดาวน์ทิ้งไว้ 3 นาที เพื่อสังเกตผลการเปลี่ยนแปลง

5.2.4 สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของเคมีพร้อมบันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงหลังการทดสอบผลของสนามไฟฟ้า

5.2.5 ปรับระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดเป็น 2 cm และ 3 cm และทดสอบตามข้อ 5.2.1-5.2.4 ตามลำดับ

5.2.6 เปลี่ยนอุปกรณ์ทดสอบในวงจรเป็นการจำลองสนามไฟฟ้าในรูปแบบอื่น แล้วทำการทดสอบตามข้อ 5.2.1-5.2.5 ตามลำดับ

5.3 ผลการทดสอบผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อเขม่าจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล

ข้อมูลที่สภาวะห้องทดสอบ

อุณหภูมิห้อง : 33 องศาเซลเซียส

ความดันบรรยากาศ: 783 มม.ปรอท

ความชื้นสัมพัทธ์ : 50 %

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อเขม่า ที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm

ประเภทของสนามไฟฟ้า	ผลการทดสอบ	
	100 กรัม	200 กรัม
สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อเขม่า ที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 2 cm

ประเภทของสนามไฟฟ้า	ผลการทดสอบ	
	100 กรัม	200 กรัม
สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อเขม่า ที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 3 cm

ประเภทของ สนามไฟฟ้า	ผลการทดสอบ	
	100 กรัม	200 กรัม
สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 58 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 45.5 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์
สนามไฟฟ้าไม่ สม่ำเสมอเล็กน้อย	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 52.3 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 40.2 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์
สนามไฟฟ้าไม่ สม่ำเสมอสูง	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 34.2 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 37 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์

หลังจากที่ได้ทดลอง ผลที่ได้จากตารางเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จึงตั้งสมมติฐานใหม่ โดยได้จำลองให้ระยะห่างของอิเล็กโทรดเพิ่มมากขึ้น เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของเขม่า

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อเขม่า ที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 7 cm

ประเภทของ สนามไฟฟ้า	ผลการทดสอบ	
	100 กรัม	200 กรัม
สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 63.3 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 48.8 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์
สนามไฟฟ้าไม่ สม่ำเสมอเล็กน้อย	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 58.2 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 46 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์
สนามไฟฟ้าไม่ สม่ำเสมอสูง	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 52.3 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 43.5 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อเขม่าควันที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด10cm

ประเภทของ สนามไฟฟ้า	ผลการทดสอบ	
	100 กรัม	200 กรัม
สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 67.9 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 59 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์
สนามไฟฟ้าไม่ สม่ำเสมอเล็กน้อย	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 62.3 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 57.7 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์
สนามไฟฟ้าไม่ สม่ำเสมอสูง	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 59 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์	เกิดโคโรนาที่แรงดัน 51.3 kV เขม่าถูกผลักไปทางด้านกราวด์

การทดลองตารางที่ 12-13 เขม่าหลังผ่านสนามไฟฟ้าทั้ง 3 รูปแบบ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ จากผลการทดลองตารางที่ 14-16 สังเกตเห็นเขม่าเกิดการฟุ้งกระจายตัวออกจากพื้นตัววัตถุทดสอบ และเขม่าถูกผลักไปยังด้านกราวด์

6. การทดสอบผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อปริมาณก๊าซจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล [7]

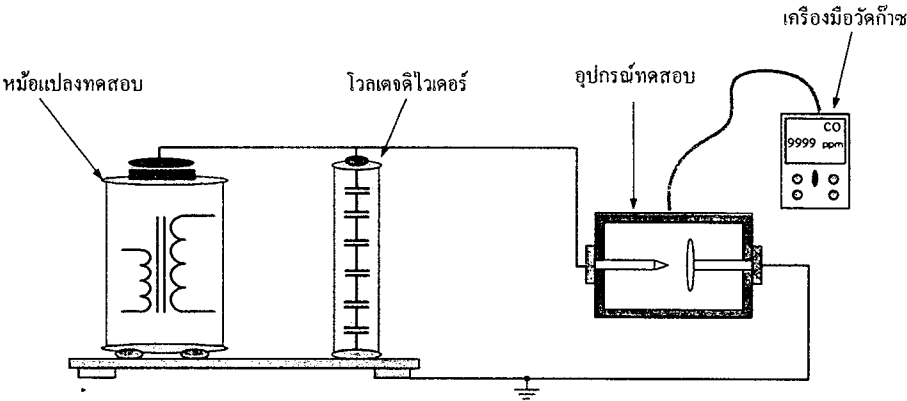
กระบวนการทดสอบจะเป็นการทดสอบผลของสนามไฟฟ้าภายใต้สภาวะอากาศปิด โดยจะทำการขึ้นแรงดันทดสอบ 75% ของค่าแรงดันเบรกดาวน์เฉลี่ยที่ได้ทดสอบก่อนการทดลอง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเบรกดาวน์และสังเกตผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อปริมาณก๊าซ

6.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

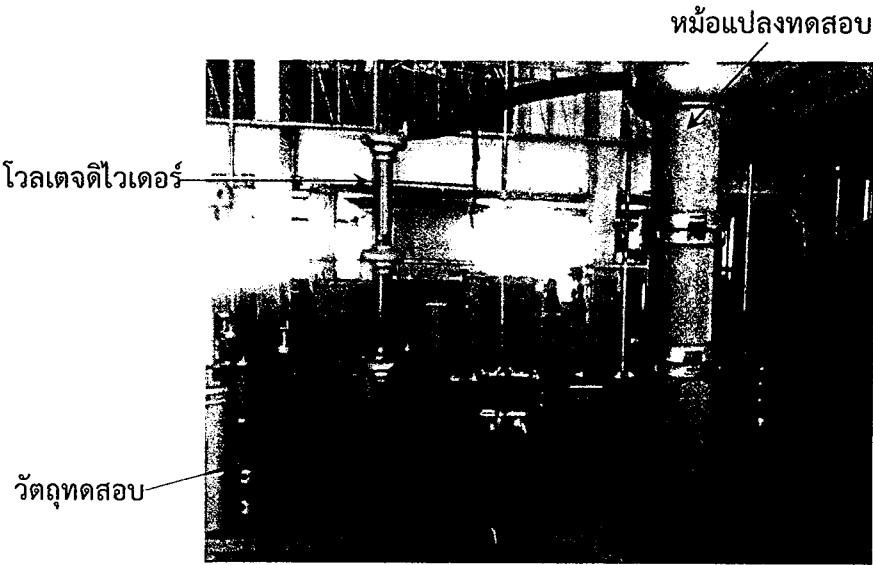
- 6.1.1 หม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูง 300 kV พร้อมตู้ควบคุมการจ่ายแรงดันไฟฟ้า
- 6.1.2 โวลเตจดีไวเดอร์
- 6.1.3 วัตถุทดสอบ
- 6.1.4 เตาเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล
- 6.1.5 เชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับทดสอบ (ฟางข้าว)
- 6.1.6 พัดลมดูดควัน
- 6.1.7 ท่อยาง
- 6.1.8 เครื่องวัดค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ M40

6.2 ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง

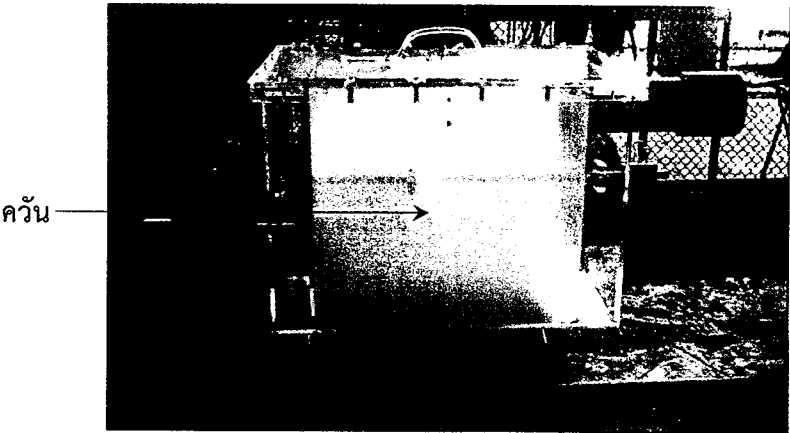
6.2.1 ต่อบางจรวดังภาพที่ 4-10 โดยอุปกรณ์ทดสอบที่ใช้ทดสอบเป็นกล่องอะคริลิกจำลองสนามไฟฟ้าทั้ง 3 รูปแบบ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm



(ก) วงจรสมมุติ



(ข) วงจรการทดสอบจริง



(ค) ขณะใส่คว้นในตู้อุปกรณ์ทดสอบ

ภาพที่ 4-10 วงจรการทดสอบหาค่าปริมาณก๊าซจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล

6.2.2 ทำการป้อนควันจากเตาชีวมวลที่จำลองไว้และวัดค่าก๊าซก่อนทดสอบผลของสนามไฟฟ้า ดังภาพที่ 4-10 ภาพ ค)

6.2.3 ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวัตถุทดสอบ โดยขึ้นแรงดันไปที่ 75% ของค่าแรงดันเบรกดาวน์เฉลี่ยทิ้งไว้ 3 นาที เพื่อสังเกตผลการเปลี่ยนแปลง

6.2.4 สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของควันพร้อมบันทึกค่าก๊าซหลังการทดสอบผลของสนามไฟฟ้า

6.2.5 ปรับระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดเป็น 2 cm และ 3 cm และทดสอบตามข้อ 6.2.1 - 6.2.4 ตามลำดับ

6.2.6 เปลี่ยนอุปกรณ์ทดสอบในวงจร เป็นการจำลองสนามไฟฟ้าในรูปแบบอื่น แล้วทำการทดสอบตามข้อ 6.2.1 - 6.2.5 ตามลำดับ

6.3 ผลการสอบหาค่าปริมาณก๊าซ

ข้อมูลที่สภาวะห้องทดสอบ

อุณหภูมิห้อง : 30 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ : 781 มม.ปรอท
ความชื้นสัมพัทธ์ : 64 %

ตารางที่ 17 ผลการทดสอบผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อควัน ที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm

ประเภทของ สนามไฟฟ้า	ผลการทดสอบก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และควันที่เกิดจากการเผาไหม้		
	ก่อนผ่านสนามไฟฟ้า (ppm)	หลังผ่านสนามไฟฟ้า (ppm)	เวลาที่ควันหายไป
สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	810	798	ควันไม่มีการเปลี่ยนแปลง
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย	816	804	ควันไม่มีการเปลี่ยนแปลง
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง	987	906	3 นาที

ผลการทดลองตารางที่ 17 ที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์หลังผ่านสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูงเกิดการเปลี่ยนแปลง คือก๊าซลดลงมากที่สุด ประมาณ 8.207% และควันเกิดการแตกตัวในอากาศหายไปได้เร็วที่สุด

หาค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ลดลงโดยคิดเป็น % ซึ่งคำนวณได้จาก ((ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ก่อนผ่านสนามไฟฟ้า-ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์หลังผ่านสนามไฟฟ้า)/(ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ก่อนผ่านสนามไฟฟ้า))x100

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อควัน ที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 2 cm

ประเภทของ สนามไฟฟ้า	ผลการทดสอบก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และควันที่เกิดจากการ เผาไหม้		
	ก่อนผ่านสนามไฟฟ้า (ppm)	หลังผ่านสนามไฟฟ้า (ppm)	เวลาที่ควันหายไป
สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	856	845	ควันไม่มีการ เปลี่ยนแปลง
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ เล็กน้อย	834	817	ควันไม่มีการ เปลี่ยนแปลง
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ สูง	954	879	2 นาที

ผลการทดลองตารางที่ 18 ที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 2 cm ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ หลังผ่านสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอสูง เกิดการเปลี่ยนแปลงคือ ก๊าซลดลงมากที่สุดประมาณ 7.861 % และควันเกิดการแตกตัวในอากาศสลายหายไปได้เร็วที่สุด

ตารางที่ 19 ผลการทดสอบผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อควัน ที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 3 cm

ประเภทของ สนามไฟฟ้า	ผลการทดสอบก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และควันที่เกิดจากการ เผาไหม้		
	ก่อนผ่านสนามไฟฟ้า (ppm)	หลังผ่านสนามไฟฟ้า (ppm)	เวลาที่ควันหายไป
สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	978	962	ควันไม่มีการ เปลี่ยนแปลง
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ เล็กน้อย	845	826	3 นาที
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ สูง	827	765	1.30 นาที

ผลการทดลองตารางที่ 19 ที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 3 cm ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ หลังผ่านสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอสูงเกิดการเปลี่ยนแปลง คือก๊าซลดลงมากที่สุด ประมาณ 7.496 % และควันเกิดการแตกตัวในอากาศสลายหายไปได้เร็วที่สุด

หลังจากที่ได้ทดลอง ค่าที่ได้จากตารางเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จึงตั้งสมมติฐานใหม่ โดยได้จำลองให้ระยะห่างของอิเล็กโทรดเพิ่มมากขึ้น เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของควัน

ตารางที่ 20 ผลการทดสอบผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อควันทะยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 7 cm

ประเภทของสนามไฟฟ้า	ผลการทดสอบก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และควันทะยะห่างที่เกิดจากการเผาไหม้		
	ก่อนผ่านสนามไฟฟ้า (ppm)	หลังผ่านสนามไฟฟ้า (ppm)	เวลาที่ควันทะยะห่างหายไป
สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	896	882	3 นาที
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย	997	975	4 นาที
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง	974	918	2 นาที

ผลการทดลองตารางที่ 20 ที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 7 cm ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์หลังผ่านสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอสูง เกิดการเปลี่ยนแปลง คือก๊าซลดลงมากที่สุดประมาณ 5.749 % และควันทะยะห่างเกิดการแตกตัวในอากาศสลายหายไปได้เร็วที่สุด

ตารางที่ 21 ผลการทดสอบผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อควันทะยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 10 cm

ประเภทของสนามไฟฟ้า	ผลการทดสอบก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และควันทะยะห่างที่เกิดจากการเผาไหม้		
	ก่อนผ่านสนามไฟฟ้า (ppm)	หลังผ่านสนามไฟฟ้า (ppm)	เวลาที่ควันทะยะห่างหายไป
สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	820	806	2 นาที
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย	934	910	3.30 นาที
สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง	860	783	1 นาที

ผลการทดลองตารางที่ 21 ที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 10 cm ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์หลังผ่านสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอสูง เกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้ก๊าซลดลงมากที่สุดประมาณ 8.953 % และควันทะยะห่างเกิดการแตกตัวในอากาศสลายหายไปได้เร็วที่สุด