

เทคนิคการลดความชื้นในอากาศด้วยสนามไฟฟ้า

AIR DEHUMIDIFICATION TECHNIQUE USING ELECTRIC FIELD



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของงานศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท สาขาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2554

KMITL-2011-EN-M-020-189

เทคนิคการลดความชื้นในอากาศด้วยสนามไฟฟ้า

AIR DEHUMIDIFICATION TECHNIQUE USING ELECTRIC FIELD



T120079



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 120079
วัน, เดือน, ปี 1 ก.ย. 2555

b.....
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2554

KMITL-2011-EN-M-020-139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AIR DEHUMIDIFICATION TECHIQUE USING ELECTRIC FIELD



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2011

KMITL-2011-EN-M-020-139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2011

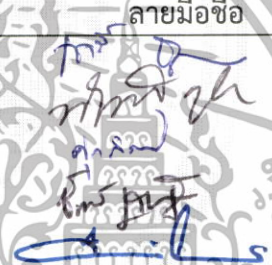
FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เทคนิคการลดความชื้นในอากาศด้วยสนามไฟฟ้า
Thesis Title Air Dehumidification Technique using Electric Field
นักศึกษา นายวิสุทธิ์ ตันต๊ะรุ่งเรือง
รหัสประจำตัว 49060260
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ศิริวัฒน์ โปธิเวชกุล
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2011-EN-M-020-139

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.เชาว์	ชมภูอินไหว	
ดร.พีรฤติ	ยุทธโกวิท	
ผศ.ดร.ศุภกิตต์	โชติโก	
ดร.ชัยยันต์	เจตนาเสน	
รศ.ศิริวัฒน์	โปธิเวชกุล	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2554 เวลา 09.00-11.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.สุชัชวีร์ สุวรรณสวัสดิ์)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เทคนิคการลดความชื้นในอากาศด้วยสนามไฟฟ้า
นักศึกษา	นายวิสุทธิ์ ดันต๊ะรุ่งเรือง
รหัสประจำตัว	49060260
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2554
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ. ศิริวัฒน์ โปธิเวชกุล

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอเทคนิคการลดความชื้นในอากาศโดยใช้สนามไฟฟ้าแบบความเครียดสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูงเพื่อทำให้เกิดกระบวนการไอออไนเซชันในการสลายพันธะโมเลกุลของน้ำ ซึ่งได้มีการจัดทำโปรแกรม Visual Basic มาช่วยในการออกแบบอิเล็กทรอนิกส์ แผงเตอร์สนามไฟฟ้าได้มาจากผลการคำนวณร่วมกับจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์จากรูปร่างของขั้วอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จากนั้นได้ทำการออกแบบและสร้างชุดอิเล็กทรอนิกส์เพื่อทำการทดลองหาความสัมพันธ์ของค่าความชื้นสัมพัทธ์ ค่าความเร็วลม ค่าแพนเตอร์สนามไฟฟ้า ค่าระดับแรงดันไฟฟ้า กับประสิทธิภาพของอิเล็กทรอนิกส์ โดยทดลองที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 10 kV จนถึง 13 kV และความเร็วลม 3 m/s จนถึง 5 m/s ผลที่ได้คือความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงได้ดีที่สุดที่ระดับแรงดันไฟฟ้าสูง ความเร็วลมต่ำ นอกจากนี้ยังทำการศึกษองค์ประกอบอื่นที่เกิดขึ้นหลังจากการลดความชื้น

คำสำคัญ : การลดความชื้นในอากาศ, สนามไฟฟ้า, ไอออไนเซชัน

Thesis Title	AIR DEHUMIDIFICATION TECHNIQUE USING ELECTRIC FIELD
Student	Mr. Wisut Tantirungruang
Student ID.	49060260
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2011
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Siriwat Potivejkul

ABSTRACT

This thesis presents air dehumidification technique using electric field with highly non-uniform for ionization of water molecule. The Visual Basic programming was aided for electrode design. The finite element technique was used for determination field utilization factor. The relation of relative humidity, wind speed, field utilization factor, voltage and efficiency of electrode was determined at voltage of 10 kV to 13 kV and at wind speed of 3 m/s to 5 m/s. The result shows that relative humidity effectively reduced for high voltage and low wind speed. Other parameters were also investigated after dehumidifying air.

Keywords : dehumidified air, electric field, ionization

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับเทคนิคด้าน การประยุกต์ใช้สนามไฟฟ้าจาก รองศาสตราจารย์ศิริวัฒน์ โปธิเวชกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุม วิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ บริษัท พี.เอส.ซี.เทรตติ้ง แอนด์ ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณพงษ์เทพ เกิดตอนแฝก ที่ให้คำปรึกษาแนะนำและแนวความคิดในการทำวิจัยและแรงผลักดันให้ งานวิจัยนี้สำเร็จ

ขอขอบคุณ อาจารย์ลือเดช เพชรดวง อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านโปรแกรมงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง ไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ อาจารย์ธนวัฒน์ พงษ์สุวรรณ อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่คอยให้ความรู้ทางด้านเคมีวิเคราะห์ในงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยดี

ขอขอบคุณ พี่ๆ และน้องๆ ในห้องวิจัยทุกๆ ท่านที่เคยร่วมทุกข์ร่วมสุขกันมา ทำให้ได้เห็นซึ่ง ความสามัคคีเมื่อยามที่ร่วมมือกันทำงานหนักให้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอบคุณทุกท่านที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือ ซึ่งไม่อาจกล่าวถึงได้หมดในที่นี้ สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้มีพระคุณยิ่งใหญ่ ผู้ให้กำลังใจ สนับสนุนใน ทุกๆ เรื่องความเชื่อใจและเข้าใจ รวมถึงทุกๆ ท่านในครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและเข้าใจตลอดมา

วิสุทธิ ตันตริ่งเรือง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	3
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา.....	4
1.7 แผนการดำเนินงาน.....	6
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ความชื้นในอากาศ.....	7
2.1.1 ความชื้นสัมบูรณ์หรือความชื้นจำเพาะ.....	10
2.1.2 ความชื้นสัมพัทธ์.....	11
2.1.3 ค่าเอนทัลปี.....	11
2.1.4 กระบวนการปรับอากาศ.....	12
2.1.5 แผนภูมิไซโครเมตริก.....	14
2.2 สนามไฟฟ้าและเทคนิคการฉนวน.....	16
2.2.1 คุณลักษณะของอิเล็กโทรด.....	16
2.2.2 ผลของขั้วแรงดันต่อค่าแรงดันเริ่มต้น.....	20
2.2.3 ประจุค้างมีผลต่อแรงดันเบรกดาวน์ต่างขั้ว.....	20
2.3 ไอออนในเซชัน.....	22
2.3.1 ไอออนในเซชันโดยการชน.....	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.4.1 การทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการลดความชื้นในอากาศโดยการเปลี่ยนขั้ว อิเล็กทรอนิกส์.....	62
4.4.2 ผลการทดลองกับโปรแกรมช่วยในการคำนวณการลดความชื้นในอากาศ.....	65
4.5 การทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลของการลดความชื้นในอากาศระหว่างใช้เทคนิค สนามไฟฟ้ากับใช้ลดความชื้น.....	67
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	72
5.1 สรุปผลการออกแบบ.....	72
5.2 สรุปผลการวิจัย.....	72
5.3 ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ.....	73
เอกสารอ้างอิง.....	75
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ตารางผลการทดลอง.....	77
ภาคผนวก ข. คู่มือการใช้งานโปรแกรมการออกแบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับลด ความชื้นในอากาศ.....	86
ภาคผนวก ค. คู่มือการใช้งานโปรแกรม ANSYS V.12 สำหรับการจำลอง หาค่าสนามไฟฟ้า.....	90
ภาคผนวก ง. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์.....	100
ประวัติผู้เขียน.....	106

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 พลังงานไอออนไนเซชันและพลังงานตื่นกระตุ้นของโมเลกุล.....	23
3.1 ค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าที่ได้จากการจำลอง.....	39
4.1 ผลการทดลองการลดความชื้นในอากาศโดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้าขั้วบวก.....	54
4.2 ผลการทดลองการวัดระดับแก๊สออกซิเจนที่ออกจากอิเล็กโทรด.....	61
4.3 การเปรียบเทียบผลการทดลองกับโปรแกรมช่วยคำนวณ.....	66
ก.1 การทดลองการลดความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ ที่ ความเร็วลม 3 m/s 4 m/s และ 5 m/s อิเล็กโทรดมีแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 1.....	78
ก.2 การทดลองการลดความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ ที่ ความเร็วลม 3 m/s อิเล็กโทรดมีแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.226.....	79
ก.3 การทดลองการลดความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ ที่ ความเร็วลม 3 m/s อิเล็กโทรดมีแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.236.....	80
ก.4 การทดลองการลดความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ ที่ ความเร็วลม 4 m/s อิเล็กโทรดมีแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.236.....	81
ก.5 การทดลองการลดความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ ที่ ความเร็วลม 5 m/s อิเล็กโทรดมีแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.236.....	82
ก.6 ผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิระหว่างอิเล็กโทรด กับขดลวดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 3 m/s.....	83
ก.7 ผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิระหว่างอิเล็กโทรด กับขดลวดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 4 m/s.....	84
ก.8 ผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิระหว่างอิเล็กโทรด กับขดลวดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 5 m/s.....	85

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	โครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้นในอากาศ.....2
2.1	โครงสร้างโมเลกุลของน้ำ.....8
2.2	การยึดเกาะระหว่างโมเลกุลของน้ำโดยพันธะไฮโดรเจน.....8
2.3	เส้นคุณสมบัติคงที่บนแผนภูมิไซโครเมตริก.....15
2.4	อิเล็กทรอนิกส์ที่มีลักษณะสนามไฟฟ้าแบบต่างๆ กัน.....17
2.5	สนามไฟฟ้าของอิเล็กทรอนิกส์ลักษณะต่างๆ.....18
2.6	การกระจายความเครียดสนามไฟฟ้าจากผลของประจุค้างปลายแหลมหัววง.....21
2.7	การกระจายความเครียดสนามไฟฟ้าจากผลของประจุค้างปลายแหลมหัวลบ.....21
2.8	แรงดันเบรกดาวน์กระแสตรงของอากาศในทอมของระยะแก๊ป.....22
3.1	ไดอะแกรมหลักการทำงานของระบบการลดความชื้น.....29
3.2	โครงสร้างพื้นฐานของชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้นในอากาศ.....30
3.3	ลำดับการทำงานของโปรแกรมคำนวณและวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์.....34
3.4	ลักษณะการกระจายของค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างอิเล็กทรอนิกส์ระนาบ.....35
3.5	ลักษณะการกระจายของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กทรอนิกส์ระนาบ.....35
3.6	ลักษณะการกระจายของค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างอิเล็กทรอนิกส์แห่งปลายแหลม ที่ระยะห่างของแท่งอิเล็กทรอนิกส์ 1 cm กับอิเล็กทรอนิกส์ระนาบโดยมีระยะห่างระหว่าง อิเล็กทรอนิกส์ 1 cm.....36
3.7	ลักษณะการกระจายของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กทรอนิกส์แห่ง ปลายแหลมที่ระยะห่างของแท่งอิเล็กทรอนิกส์ 1 cm กับอิเล็กทรอนิกส์ระนาบโดย มีระยะห่างระหว่างอิเล็กทรอนิกส์ 1 cm.....36
3.8	ลักษณะการกระจายของค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างอิเล็กทรอนิกส์แห่งปลายแหลม ที่ระยะห่างของแท่งอิเล็กทรอนิกส์ 2 cm กับอิเล็กทรอนิกส์ระนาบโดยมีระยะห่างระหว่าง อิเล็กทรอนิกส์ 1 cm.....37
3.9	ลักษณะการกระจายของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กทรอนิกส์แห่ง ปลายแหลมที่ระยะห่างของแท่งอิเล็กทรอนิกส์ 2 cm กับอิเล็กทรอนิกส์ระนาบโดย มีระยะห่างระหว่างอิเล็กทรอนิกส์ 1 cm.....37
3.10	ลักษณะการกระจายของค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างอิเล็กทรอนิกส์แห่งปลายแหลม ที่ระยะห่างของแท่งอิเล็กทรอนิกส์ 3 cm กับอิเล็กทรอนิกส์ระนาบโดยมีระยะห่างระหว่าง อิเล็กทรอนิกส์ 1 cm.....38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 ลักษณะการกระจายของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดแห่ง ปลายแหลมที่ระยะห่างของแท่งอิเล็กโทรด 3 cm กับอิเล็กโทรดระนาบโดย มีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm.....	38
3.12 หน้าจอขณะเข้าโปรแกรม.....	43
3.13 ลำดับขั้นตอนการหาประสิทธิภาพอิเล็กโทรดสำหรับการลดความชื้นในอากาศ.....	44
3.14 หน้าจอโปรแกรมการคำนวณอิเล็กโทรดสำหรับลดความชื้นในอากาศ.....	45
3.15 หน้าจอกำหนดค่าเพื่อคำนวณหาค่าพลังงานพันธะโมเลกุลน้ำ.....	46
3.16 หน้าจอกำหนดค่าเพื่อคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของอิเล็กโทรด.....	46
3.17 ลักษณะของอิเล็กโทรดก่อนการจำลอง.....	47
3.18 ลักษณะทิศทางการเคลื่อนที่ผ่านขั้วอิเล็กโทรดที่ระดับความเร็วลม 3 m/s.....	48
3.19 ลักษณะทิศทางการเคลื่อนที่ผ่านขั้วอิเล็กโทรดที่ระดับความเร็วลม 5 m/s.....	48
3.20 โครงสร้างของชุดอิเล็กโทรดที่ทำการออกแบบ.....	49
3.21 อิเล็กโทรดสำหรับลดความชื้นในอากาศ.....	50
4.1 โครงสร้างชุดทดลองเมื่อประกอบเพื่อทำการทดลอง.....	51
4.2 ไดอะแกรมขั้นตอนการทดลองการลดความชื้นในอากาศ.....	52
4.3 เปรียบเทียบลักษณะการกระจายของค่าความเครียดสนามไฟฟ้า.....	54
4.4 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นสัมพัทธ์กับเวลาที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ.....	55
4.5 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นสัมพัทธ์กับเวลาที่ระดับความเร็วลมต่างๆ.....	57
4.6 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิกับเวลาที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ.....	58
4.7 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิกับเวลาที่ระดับความเร็วลมต่างๆ.....	59
4.8 ตำแหน่งหลอดรังสีอัลตราไวโอเล็ตภายในชุดอิเล็กโทรด.....	60
4.9 อิเล็กโทรดระนาบ.....	63
4.10 อิเล็กโทรดแห่งปลายแหลมจำนวน 210 แห่งตัวนำ.....	63
4.11 อิเล็กโทรดแห่งปลายแหลมจำนวน 105 แห่งตัวนำ.....	63
4.12 เปรียบเทียบผลของค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าต่อการลดความชื้นสัมพัทธ์.....	64
4.13 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างอิเล็กโทรดกับขดลวดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 3 m/s.....	68
4.14 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิระหว่างอิเล็กโทรดกับขดลวดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 3 m/s.....	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.15 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างอิเล็กโทรดกับขดลวดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 4 m/s.....	69
4.16 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิระหว่างอิเล็กโทรดกับขดลวดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 4 m/s.....	69
4.17 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างอิเล็กโทรดกับขดลวดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 5 m/s.....	70
4.18 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิระหว่างอิเล็กโทรดกับขดลวดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 5 m/s.....	70
ข.1 หน้าจอเริ่มเข้าโปรแกรมการออกแบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับลดความชื้นในอากาศ.....	87
ข.2 หน้าจอเลือกฟังก์ชันการคำนวณ.....	87
ข.3 หน้าจอการคำนวณค่าพลังงานที่จำเป็นในการสลายพันธะโมเลกุลของน้ำ.....	88
ข.4 หน้าจอการคำนวณค่าประสิทธิภาพของอิเล็กโทรด.....	89
ค.1 การเข้าสู่โปรแกรม ANSYS.....	91
ค.2 หน้าต่างหลักของโปรแกรม ANSYS.....	91
ค.3 คำสั่ง Analysis Systems.....	92
ค.4 ปัญหาการวิเคราะห์ทางไฟฟ้า.....	92
ค.5 Import ชิ้นงานเข้าสู่โปรแกรม ANSYS.....	93
ค.6 เลือกไฟล์ที่ต้องจากการ Browse.....	93
ค.7 ชิ้นงานพร้อมที่จะให้ทำการวิเคราะห์.....	94
ค.8 วิธีจัดรูปแบบชิ้นงานให้อยู่ในลักษณะสองมิติ.....	94
ค.9 พื้นที่การวิเคราะห์สนามไฟฟ้า.....	95
ค.10 เลือกพื้นที่ใช้สำหรับวิเคราะห์.....	95
ค.11 พื้นที่การวิเคราะห์ถูกกำหนด.....	96
ค.12 พื้นที่การวิเคราะห์ถูกแบ่งเป็นเอลิเมนต์ย่อย.....	96
ค.13 เลือกบริเวณที่ต้องการกำหนดศักย์แรงดัน.....	97
ค.14 วิธีกำหนดค่าแรงดัน.....	97
ค.15 กำหนดค่าแรงดันเท่ากับ 10 kV.....	98
ค.16 พื้นที่การวิเคราะห์สนามไฟฟ้า.....	98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ค.17 เลือกวิเคราะห์เป็นสนามไฟฟ้า.....	98
ค.18 เพิ่ม Total Electric Field Intensity type.....	99
ค.19 แสดงผลลัพธ์สนามไฟฟ้าออกมาในรูปของชั้นสี.....	99
ค.20 แสดงผลลัพธ์สนามไฟฟ้าออกมาในรูปของเวกเตอร์.....	99



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ความชื้นในชั้นบรรยากาศมีแหล่งที่มาหลายประการที่แตกต่างกันเช่น ความชื้นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ความชื้นที่เกิดจากการระเหยของน้ำจากสถานะของเหลวกลายเป็นสถานะแก๊ส ความชื้นในอากาศเหล่านี้ถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อดำเนินกิจกรรมต่างๆ อย่างที่ทราบกันดีว่าความชื้นทำให้เกิดสาเหตุต่างๆ ได้มากมายทั้งภาคธุรกิจอุตสาหกรรมและภาคการเกษตร อาทิเช่น อุตสาหกรรมยาและอาหารเสริม เมื่อยาอยู่ในอากาศที่มีความชื้นสูงจะทำให้ยาหมดอายุเร็ว และหากยานั้นบรรจุด้วยแคปซูลด้วยแล้วต้องระวังให้มาก เพราะว่าแคปซูลเมื่อสัมผัสกับความชื้นสูงๆ ผิวภายนอกจะเริ่มละลายเป็นยางเหนียวๆ ทำให้เกิดความเสียหาย ในปัจจุบันระบบมาตรฐานโรงงานและมาตรฐานสากลได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานด้านความชื้นของผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความชื้นเกินกว่าค่าที่กำหนดมีราคาตกต่ำ ทำให้มีการคิดค้นวิธีการต่างๆ เพื่อที่จะพัฒนาและแก้ไขปัญหาทางด้านความชื้นในอากาศ

จากการศึกษาพบว่า การลดความชื้นในอากาศโดยส่วนใหญ่ใช้หลักการรีฟิวกูเรชั่น [1] โดยหลักการนี้จะใช้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์เป็นตัวต้นกำลังในการลดความชื้นทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานมาก จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีคนนำสนามไฟฟ้ามาใช้เพื่อลดความชื้นในอากาศ [2] โดยได้ใช้อิเล็กโทรดเป็นแบบแผ่นเพลทหรือแบบตะแกรงลวด ข้อดีของอิเล็กโทรดแบบนี้คือมีสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดจะมีค่าเท่ากันทุกจุด แต่จะต้องจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับอิเล็กโทรดสูงมากเพื่อที่จะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าที่มีพลังงานมากพอที่จะสลายพันธะโมเลกุลของน้ำและถ้านำไปใช้กับอากาศปกติซึ่งมีโมเลกุลของแก๊สอยู่หลากหลายชนิดจึงมีโอกาสที่โมเลกุลของแก๊สชนิดอื่นๆ เกิดการแตกตัวก่อนที่ระดับพลังงานจะเพียงพอให้โมเลกุลของน้ำเกิดการแตกตัวอาจทำให้ระบบเกิดการเบรกดาวน จากปัญหาที่พบจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้จะนำอิเล็กโทรดแบบปลายแหลมแสดงดังรูปที่ 1.1 ที่มีความเครียดสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูงมาใช้ในการลดความชื้นในอากาศ เนื่องจากความเครียดสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอนั้นมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงกว่าแบบแผ่นเพลทหรือแบบตะแกรงลวดที่ระดับแรงดันไฟฟ้าเดียวกันและค่าความเครียดสนามไฟฟ้ามีค่าไม่เท่ากันทุกจุดทำให้โมเลกุลของน้ำอาจเกิดการแตกตัวโดยที่ระบบไม่เกิดการเบรกดาวน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เนื่องจากปัญหาความชื้นในอากาศมีผลกระทบต่อทางด้านผลผลิตในภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมดังที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อที่จะพัฒนาและแก้ไขปัญหาด้านความชื้นให้ได้มากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้จัดทำวิทยานิพนธ์นี้ขึ้นมาเพื่อวิเคราะห์ผลของสนามไฟฟ้าต่อการลดความชื้นในอากาศ รวมถึงการใช้โปรแกรมช่วยในการคำนวณหาประสิทธิภาพของชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้น อีกทั้งยังได้ศึกษาการกระจายตัวของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้วิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ช่วยในการจำลอง ซึ่งทั้งหมดนี้ได้ตั้งวัตถุประสงค์ของการศึกษาโดยแบ่งออกเป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้

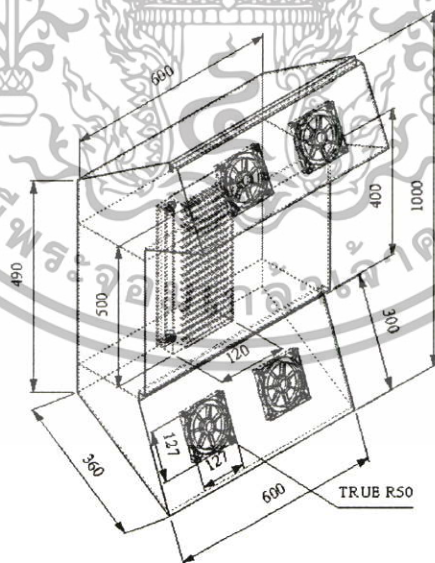
1.2.1 ศึกษาและประยุกต์หลักการทางวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูงมาใช้ในงานวิจัย

1.2.2 ศึกษาหลักการลดความชื้นในอากาศโดยการใช้สนามไฟฟ้าด้วยกระบวนการไอออนในเข
 ชั้นของโมเลกุลของน้ำ

1.2.3 ศึกษาวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ในการจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าระหว่างชุด
 อิเล็กทรอนิกส์เพื่อนำไปสู่การออกแบบชุดอิเล็กทรอนิกส์ที่เหมาะสม

1.2.4 ศึกษาความสัมพันธ์ของพลังงานทางไฟฟ้ากับพลังงานพันธะทางเคมีของโมเลกุลของน้ำ

1.2.5 ศึกษาความสัมพันธ์ของอัตราการไหลเชิงมวลกับค่าพลังงานในการสลายพันธะโมเลกุล
 ของน้ำ



รูปที่ 1.1 โครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้นในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

ความชื้นในอากาศคือโมเลกุลของน้ำซึ่งอยู่ในสถานะแก๊สประกอบไปด้วยอะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอมและอะตอมของออกซิเจน 1 อะตอมยึดติดกันด้วยพันธะโควาเลนต์ซึ่งมีค่าพลังงานในการยึดติดพันธะ 463 kJ/mol จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทางด้านสนามไฟฟ้าพบว่าได้มีการประยุกต์ใช้สนามไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดกระบวนการไอออไนเซชันของโมเลกุลของแก๊ส [3] ทำให้แก๊สเกิดการแตกตัวได้ จากหลักการนี้จึงมีความเป็นไปได้ที่จะสร้างสนามไฟฟ้าให้มีพลังงานสูงพอเพื่อทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดการแตกตัว ซึ่งโดยทั่วไปอากาศปกติจะมีแก๊สอยู่หลากหลายชนิดและโดยมากจะมีแก๊สที่มีอะตอมของออกซิเจนเป็นองค์ประกอบทำให้การจ่ายพลังงานเพื่อทำให้เกิดการไอออไนเซชันแต่ละครั้งจึงมีโอกาสที่จะเกิดแก๊สโอโซน [4-5] แต่ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการลดความชื้นในอากาศและไม่ต้องการแก๊สโอโซนจึงต้องหาวิธีการลดปริมาณโอโซนที่เกิดขึ้นจึงใส่หลอดรังสีอัลตราไวโอเล็ตเพื่อลดปริมาณแก๊สโอโซน

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

จากทฤษฎีการไอออไนเซชันเกิดจากอิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากสนามไฟฟ้าเกิดการเคลื่อนที่ด้วยพลังงานจลน์ ถ้าพลังงานที่อิเล็กตรอนได้รับมากกว่าพลังงานพันธะโมเลกุลของแก๊สและเกิดการชนกับโมเลกุลของแก๊สจะเกิดการไอออไนเซชันขึ้นทำให้โมเลกุลของแก๊สเกิดการแตกตัว การสร้างพลังงานไอออไนเซชันจากสนามไฟฟ้าได้มาจากการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับอิเล็กโทรด ในระดับแรงดันไฟฟ้าที่เท่ากันจะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้ามีค่าไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับลักษณะรูปทรงของอิเล็กโทรด ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้อิเล็กโทรดแบบแท่งปลายแหลมซึ่งเป็นอิเล็กโทรดที่มีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูงและค่าความเครียดไม่เท่ากันทุกจุดโดยจะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่บริเวณปลายแหลมเมื่อโมเลกุลของแก๊สเคลื่อนที่ผ่านอิเล็กโทรดแบบนี้จึงไม่เกิดการแตกตัวทั้งหมดทำให้มีความเหมาะสมสำหรับการลดความชื้นในอากาศ

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งขอบเขตงานวิจัยเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

- 1.5.1 จำลองสภาวะการกระจายตัวของเส้นแรงสนามไฟฟ้าด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อนำไปหาค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า
- 1.5.2 ออกแบบสร้างชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้นในอากาศ
- 1.5.3 สร้างโปรแกรมช่วยในการคำนวณการหาประสิทธิภาพของชุดอิเล็กทรอนิกส์ด้วย Visual Basic
- 1.5.4 เปรียบเทียบผลการป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงชั่ววงและแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงชั่วลบในชุดอิเล็กทรอนิกส์กับความชื้นในอากาศเช่นไร
- 1.5.5 เปรียบเทียบผลของความเร็วลมของอากาศที่ผ่านชุดอิเล็กทรอนิกส์กับความชื้นในอากาศเช่นไร
- 1.5.6 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลของค่าสนามไฟฟ้าที่เกิดจากไฟฟ้าแรงดันสูงที่มีผลต่อการลดความชื้นภายในชุดอิเล็กทรอนิกส์
- 1.5.7 วิเคราะห์ปัจจัยที่เกิดหลังจากการลดความชื้นในอากาศ
- 1.5.8 เปรียบเทียบผลของการลดความชื้นในอากาศระหว่างใช้เทคนิคสนามไฟฟ้ากับใช้ชุดลดความร้อน

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

ในการศึกษาและออกแบบชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคสนามไฟฟ้ากระแสตรงแบบความเครียดสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูงเพื่อให้ได้ผลการทดลองและข้อมูลต่างๆ เพียงพอสำหรับเป็นแนวทางในการออกแบบชุดอิเล็กทรอนิกส์ที่มีประสิทธิภาพสูงต่อไปในอนาคต โดยเนื้อหาสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ออกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความสำคัญและที่มาของปัญหา วัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมุติฐานของศึกษา ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย ขอบเขตการวิจัย ขั้นตอนการศึกษาและแผนการดำเนินงาน

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในงานวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วย ความชื้นสัมบูรณ์ ความชื้นสัมพัทธ์ ค่าเอนทัลปี กระบวนการปรับอากาศ แผนภูมิไซโครเมตริก สนามไฟฟ้าและเทคนิคการฉนวน ไอออนไนเซชัน และวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบและจัดสร้างชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้นในอากาศ การคำนวณหาค่าสนามไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบ การจำลองหาค่าต่างๆ ทางไฟฟ้าโดยใช้ ไฟไนต์อีลิเมนต์ การคำนวณหาค่าความสัมพันธ์อัตราการใช้ของมวลอากาศของชุดทดลอง ออกแบบโปรแกรมเพื่อช่วยคำนวณหาประสิทธิภาพของอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ Visual Basic และการ จำลองหาทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศภายในอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ SolidWorks

บทที่ 4 กล่าวถึงวิธีการทดสอบชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้นในอากาศรวมถึงอุปกรณ์ ประกอบที่ใช้ทำการทดลอง การเปรียบเทียบระดับแรงดันไฟฟ้าที่ส่งผลต่อการลดความชื้น การเปรียบเทียบความเร็วลมที่ส่งผลต่อการลดความชื้น การทดสอบหาประสิทธิภาพของอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับการลดความชื้น และการวิเคราะห์องค์ประกอบอื่นที่เกิดขึ้นหลังจากการลดความชื้น

บทที่ 5 กล่าวถึงสรุปการดำเนินงานทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นในส่วนการออกแบบอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ โปรแกรม ผลการวิจัย และแนวทางในการพัฒนาและข้อเสนอแนะเพื่อนำไปสู่การพัฒนาเพื่อใช้ใน งานจริงต่อไปในอนาคต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาที่ใช้ในการทํางาน																																			
	ปี พ.ศ. 2552												ปี พ.ศ. 2553												ปี พ.ศ. 2554											
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
1. รวบรวมข้อมูล																																				
2. ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น																																				
3. ออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐาน																																				
4. ทำการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานและปรับปรุงแก้ไข																																				
5. ตีพิมพ์บทความวิชาการ																																				
6. วิเคราะห์ผลการทดลองและออกแบบชุดทดลองใหม่																																				
7. สร้างชุดต้นแบบ																																				
8. ทำการทดลองชุดต้นแบบแก้ไขและวิเคราะห์ผล																																				
9. สรุปผลการทดสอบ																																				
10. จัดทำวิทยานิพนธ์																																				
11. แก้ไขรูปเล่มวิทยานิพนธ์																																				
12. สอบวิทยานิพนธ์																																				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภายในหน่วยงานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการประยุกต์ใช้สนามไฟฟ้าเพื่อใช้ในการลดความชื้นในอากาศ โดยสนามไฟฟ้าที่ใช้ได้มาจากไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรงที่สร้างขึ้นโดยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง รวมถึงได้มีการนำเอาโปรแกรม ANSYS ซึ่งเป็นการนำวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มาใช้ในการจำลองหาค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเพื่อใช้ในการออกแบบอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นในบทนี้จึงเป็นการอธิบายถึงทฤษฎีที่ใช้อ้างอิงของงานวิจัยนี้ ซึ่งจะช่วยให้สามารถเข้าใจในแนวคิดของวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี ด้วยเหตุนี้จึงได้แบ่งหัวข้อทฤษฎีออกตามลำดับของการอ้างอิงตั้งแต่พื้นฐานของ ความชื้นในอากาศ ความชื้นสัมบูรณ์ ความชื้นสัมพัทธ์ ค่าเอนทัลปี กระบวนการปรับอากาศ แผนภูมิไซโครเมตริก สนามไฟฟ้าและเทคนิคการคำนวณ ไอออนไนเซชัน และวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

2.1 ความชื้นในอากาศ

เนื่องจากอากาศในบรรยากาศประกอบด้วยแก๊สต่างๆ หลายชนิดเป็นส่วนประกอบ และมีปริมาณแปรผัน ทั้งนี้ขึ้นกับสถานที่และระดับความสูงจากผิวโลก

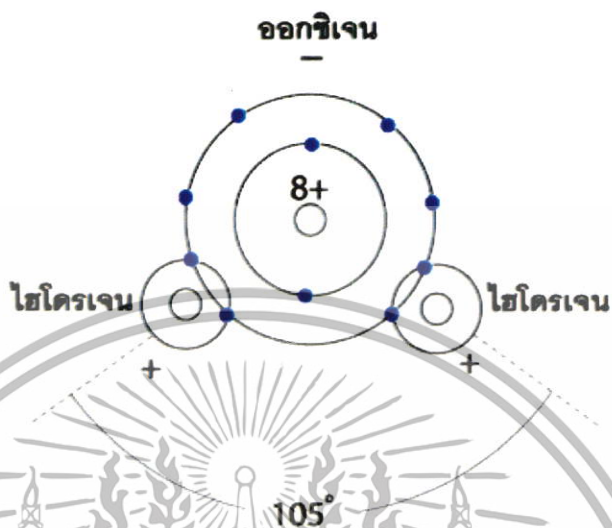
อากาศเป็นแก๊สผสมระหว่างไนโตรเจนกับออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่และมีแก๊สอื่นๆ โดยมีปริมาณเล็กน้อยผสมอยู่ด้วย โดยทั่วไปอากาศในบรรยากาศมักจะมีไอน้ำ (หรือความชื้น) รวมอยู่ด้วย และมักจะถูกเรียกว่า อากาศบรรยากาศ (atmospheric air) ในทางกลับกันอากาศที่ไม่มีไอน้ำอยู่จะถูกเรียกว่าอากาศแห้ง (dry air) บ่อยครั้งที่เราจะพิจารณาอากาศชื้นคือ ของผสมระหว่างไอน้ำและอากาศแห้งเนื่องจากองค์ประกอบของอากาศแห้งจะค่อนข้างคงที่ แต่ปริมาณของไอน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าได้ตั้งแต่ศูนย์ถึงภาวะอิ่มตัว โดยขึ้นอยู่กับผลของการควบแน่นและการระเหยของน้ำ ในมหาสมุทร ทะเลสาบ แม่น้ำ น้ำจากร่างกายของคนเรา พืช และสัตว์ โดย

$$\text{อากาศชื้น} = \text{อากาศแห้ง} + \text{ไอน้ำ} \quad (2.1)$$

โมเลกุลของน้ำประกอบด้วยออกซิเจน 1 อะตอม จับกับไฮโดรเจน 2 อะตอมโดยพันธะโควาเลนต์และการที่อะตอมของออกซิเจนมีอิเล็กโตรเนกาติวิตี (electro negativity) มากกว่าไฮโดรเจน โมเลกุลของน้ำจึงมีขั้ว 2 ขั้ว (dipole) โดยอะตอมของไฮโดรเจนจะมีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกเล็กน้อยขณะที่อะตอมของออกซิเจนจะเป็นลบเล็กน้อย และเนื่องจากโมเลกุลของน้ำมีการกระจายประจุไม่สมดุลกัน พันธะระหว่างออกซิเจนและไฮโดรเจนจึงไม่เป็นเส้นตรง มุมระหว่างพันธะในโมเลกุลเดี่ยวของน้ำในสถานะไอจะมีค่า 104.5 องศา และมีการกระจายของประจุรอบๆ โมเลกุลของ

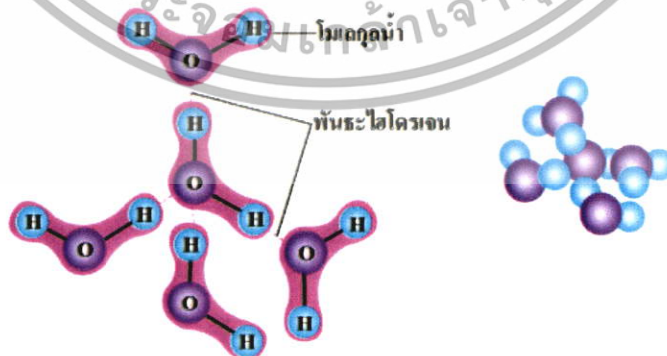
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเป็นมุมที่ใกล้เคียงกับมุมเตตระฮีดรัลคือ 105 องศา ความยาวของพันธะระหว่างไฮโดรเจนกับออกซิเจนอะตอมคือ 0.096 nm ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของน้ำ

การมีขั้วของน้ำและการกระจายประจุแบบเตตระฮีดรัลทำให้แต่ละโมเลกุลของน้ำที่อยู่ในสถานะของเหลวและของแข็ง สามารถยึดเกาะกับน้ำได้อีก 4 โมเลกุลด้วยพันธะไฮโดรเจนเกิดการเรียงตัวเป็น 3 มิติ ในรูปแบบเตตระฮีดรัล ดังรูปที่ 2.2 พันธะไฮโดรเจนมีพลังงาน 2 - 40 kJ/mol ซึ่งมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับพันธะโควาเลนต์ระหว่างออกซิเจนกับไฮโดรเจน ซึ่งมีค่าถึง 463 kJ/mol แต่เนื่องจากมีโมเลกุลของน้ำยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจนจำนวนมาก



รูปที่ 2.2 การยึดเกาะระหว่างโมเลกุลของน้ำโดยพันธะไฮโดรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องด้วยสารต่างๆ ประกอบด้วยจำนวนอะตอมเป็นปริมาณมากมาย จนไม่สะดวกแก่การระบุจำนวน โดยนัยนี้จึงนิยมใช้หน่วยโมลเพื่อบอกปริมาณของสาร ยกตัวอย่างเช่น น้ำ (H_2O) ที่มีน้ำหนัก 18 g ซึ่งน้ำจะมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 18 g/mol เพราะฉะนั้นจะมีปริมาณเท่ากับ 1 mol จำนวนโมลของสารใดๆ ย่อมหาได้โดยใช้สูตรทั่วไปดังนี้ [6]

$$n = \frac{m}{M_w} \quad (2.2)$$

เมื่อ n คือ จำนวนโมล
 m คือ มวลของสารนั้น
 M_w คือ น้ำหนักอะตอมหรือมวลโมเลกุล

อากาศบรรยากาศสามารถพิจารณาว่าเป็นของผสมอุดมคติได้ ซึ่งค่าความดันของอากาศบรรยากาศนี้จะเท่ากับผลรวมของความดันอากาศแห้ง และความดันย่อยของไอน้ำ [7]

$$P = P_d + P_v \quad (2.3)$$

เมื่อ P คือ ความดันของบรรยากาศ
 P_d คือ ความดันของอากาศแห้ง
 P_v คือ ความดันย่อยของไอน้ำ

ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อปริมาตรของแก๊สพบว่าที่ความดันคงที่ ปริมาตรของแก๊สแปรผันตรงกับอุณหภูมิ นั่นคือ [7]

$$PV = nRT \quad (2.4)$$

ถ้าหากนำสมการที่ (2.2) แทนลงในสมการที่ (2.4) จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$PV = m \frac{R}{M_w} T \quad \text{หรือ} \quad PV = m R_x T \quad (2.5)$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรจำเพาะของอากาศ

R คือ ค่าคงที่สากลของแก๊สมีค่าคงที่คือ $8.31447 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / \text{kmol} \cdot \text{K}$

m คือ จำนวนโมล

T คือ อุณหภูมิ

R_x คือ ค่าคงที่ของแก๊สใดๆ

2.1.1 ความชื้นสัมบูรณ์หรือความชื้นจำเพาะ หรือเรียกว่า อัตราส่วนความชื้น หมายถึง อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำในอากาศ กับปริมาตรของอากาศนั้นที่อุณหภูมิหนึ่ง หาได้จากความสัมพันธ์

$$\text{ความชื้นสัมบูรณ์} = \frac{\text{มวลของไอน้ำในอากาศ (g)}}{\text{ปริมาตรของอากาศ (m}^3\text{)}} \quad (2.6)$$

อากาศแห้งที่ไม่มีไอน้ำอยู่หรือมีค่าความชื้นจำเพาะเท่ากับศูนย์ ถ้าเราเติมไอน้ำบางส่วนเข้าไปในอากาศแห้งนี้ ความชื้นจำเพาะก็จะเพิ่มขึ้น และถ้าเรายังคงเติมไอน้ำหรือความชื้นเพิ่มต่อไปอีก ความชื้นจำเพาะของอากาศก็จะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งอากาศจะไม่สามารถมีค่าความชื้นเพิ่มมากขึ้นได้อีก เราอาจกล่าวได้ว่าอากาศที่จุดนี้เป็นอากาศที่อิ่มตัวด้วยความชื้นและจะถูกเรียกว่า อากาศอิ่มตัว ความชื้นที่ถูกป้อนให้กับอากาศอิ่มตัวจะเกิดการควบแน่น ปริมาณของไอน้ำในอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิและความดันใดๆ สามารถคำนวณหาได้จากสมการ [7]

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} \quad (2.7)$$

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = \frac{P_v V / (R_v T)}{P_a V / (R_a T)} = \frac{P_v / R_v}{P_a / R_a} \quad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\omega = \frac{0.622P_v}{P - P_v} \quad (2.9)$$

เมื่อ ω คือ อัตราส่วนความชื้น

m_v คือ มวลของความชื้นมีค่าเท่ากับ $m_v = \frac{P_v V}{R_v T}$ และ R_v มีค่าคงที่คือ $0.4615 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / \text{kg} \cdot \text{K}$

m_a คือ มวลของอากาศแห้งมีค่าเท่ากับ $m_a = \frac{P_a V}{R_a T}$ และ R_a มีค่าคงที่คือ $0.287 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / \text{kg} \cdot \text{K}$

2.1.2 ความชื้นสัมพัทธ์ หมายถึงค่าเปรียบเทียบระหว่างมวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศขณะนั้นกับมวลของไอน้ำในอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน สามารถคำนวณได้จากสมการ [7]

$$\phi = \frac{m_v}{m_g} = \frac{P_v / (R_v T)}{P_g / (R_g T)} = \frac{P_v}{P_g} \quad (2.10)$$

เมื่อ $P_g = P_{sat@T}$

โดย ϕ คือ ความชื้นสัมพัทธ์

m_g คือ มวลของความชื้นที่มากที่สุดที่จะมีอยู่ได้ในอากาศที่อุณหภูมิเดียวกัน

$P_{sat@T}$ คือ ความดันอิ่มตัวที่อุณหภูมิกำหนด

P_g คือ ความดันความชื้นที่มากที่สุดที่จะมีอยู่ได้ในอากาศที่อุณหภูมิเดียวกัน

V คือ ปริมาตรจำเพาะของอากาศ

R_v คือ ค่าคงที่ของแก๊สที่เป็นไอน้ำ

ความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่าตั้งแต่ 0% สำหรับอากาศแห้ง จนถึง 100% สำหรับอากาศอิ่มตัว ข้อสังเกตคือ ปริมาณความชื้นที่สามารถมีอยู่ได้ในอากาศจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ ดังนั้นความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิเมื่อความชื้นจำเพาะมีความคงที่

2.1.3 ค่าเอนทัลปี เนื่องจากไอน้ำเป็นแก๊สอุดมคติ ดังนั้นเอนทัลปีของไอน้ำจะเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิเท่านั้นแต่ถ้าในกรณีที่เป็นอากาศผสมระหว่างอากาศแห้งกับไอน้ำค่าเอนทัลปีของอากาศจะถูกแสดงในเทอมของเอนทัลปีของอากาศแห้งและค่าเอนทัลปีของไอน้ำ ในทางปฏิบัติแล้ว ปริมาณของอากาศแห้งในของผสมระหว่างอากาศกับไอน้ำมักจะมีค่าคงที่ แต่ปริมาณของไอน้ำมักจะเปลี่ยนแปลง ด้วยเหตุนี้ค่าเอนทัลปีของอากาศผสมจะสามารถหาได้จากสมการ [7]

$$H = H_a + H_v \quad (2.11)$$

เมื่อ $H_a = m_a h_a$ และ $H_v = m_v h_v$ และถ้านำสมการที่ (2.11) ด้วย m_a จะได้

$$\frac{H}{m_a} = h_a + \frac{m_v}{m_a} h_v \quad (2.12)$$

ถ้าให้ $\frac{H}{m_a} = h$ จะได้

$$h = h_a + \omega h_v \quad (2.13)$$

เนื่องจาก $h_v \cong h_g$

$$h = h_a + \omega h_g \quad (2.14)$$

โดย H คือ ค่าเอนทัลปีรวมของอากาศ

H_a คือ ค่าเอนทัลปีของอากาศแห้ง

H_v คือ ค่าเอนทัลปีของไอน้ำ

h คือ ค่าเอนทัลปีของอากาศต่อหนึ่งหน่วยมวลของอากาศแห้ง

h_a คือ ค่าเอนทัลปีของอากาศแห้งหาได้จาก $c_p T$ ซึ่ง c_p มีค่า $1.005 \text{ kJ} / (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

h_v คือ ค่าเอนทัลปีของไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน

h_g คือ ค่าเอนทัลปีของไอน้ำที่อุณหภูมิใดๆหาได้จาก $2500.9 + 1.87T$

2.1.4 กระบวนการปรับอากาศ การรักษาบริเวณที่อยู่อาศัยและสิ่งอำนวยความสะดวกในอุตสาหกรรมให้มีอุณหภูมิและความชื้นตามต้องการนั้น ต้องอาศัยกระบวนการบางอย่างที่เรียกว่า กระบวนการปรับอากาศ กระบวนการเหล่านี้จะรวมถึงการให้ความร้อนอย่างง่าย การทำความเย็นอย่างง่าย การเพิ่มความชื้น และการลดความชื้น ในบางครั้งเราจำเป็นต้องใช้กระบวนการสอง กระบวนการหรือมากกว่า เพื่อให้ทำให้อากาศอยู่ในสถานะที่มีอุณหภูมิและระดับความชื้นตามต้องการ กระบวนการปรับอากาศส่วนใหญ่สามารถจำลองเป็นกระบวนการการไหลคงตัวคือมวลภายในระบบ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงนั่นคือมวลที่ไหลเข้าสู่ระบบเท่ากับมวลที่ไหลออกจากระบบ โดยปกติในการวิเคราะห์ระบบที่มีการไหลคงตัวจะให้ความสนใจมวลในรูปอัตราการไหล ซึ่งเป็นไปตามกฎอนุรักษ์มวลดังสมการ [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sum_{in} \dot{m} = \sum_{out} \dot{m} \quad (2.15)$$

โดย \dot{m} คืออัตราการไหลเชิงมวล

เพื่อความสะดวกจึงกำหนดให้สภาวะทางเข้าและทางออกเป็นสภาวะที่ 1 และสภาวะที่ 2 ตามลำดับ กฎอนุรักษ์มวลสำหรับอุปกรณ์หรือระบบที่มีลักษณะเช่นนี้จะแสดงได้ดังสมการ [7]

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \rightarrow \rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2 \rightarrow \frac{v_1 A_1}{V_1} = \frac{v_2 A_2}{V_2} \quad (2.16)$$

โดย ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ

V คือ ปริมาตรจำเพาะ $\left(\frac{1}{\rho}\right)$

A คือ พื้นที่หน้าตัดที่อากาศไหลผ่าน

v คือ ความเร็วในการไหลของอากาศ

สิ่งที่ต้องทำความเข้าใจให้ถ่องแท้เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนคือความแตกต่างระหว่างอัตราการไหลเชิงมวลและอัตราการไหลเชิงปริมาตร สำหรับอุปกรณ์ที่มีการไหลแบบคงตัวจะมีค่าอัตราการไหลเชิงมวลที่จุดทางเข้ากับทางออกเท่ากัน ส่วนอัตราการไหลเชิงปริมาตรไม่จำเป็นต้องเท่ากัน ตัวอย่างเช่น ระบบของเครื่องอัดอากาศ จะมีอัตราการไหลเชิงปริมาตรที่ทางออกน้อยกว่าทางเข้าเสมอ ทั้งนี้เกิดจากผลที่อากาศในรูปแก๊สซึ่งจัดเป็นของไหลที่อัดตัวได้ถูกอัดให้ปริมาตรลดลงในระหว่างที่เกิดกระบวนการในเครื่องอัดอากาศ โดยการเปรียบเทียบอัตราการไหลเชิงมวลกับอัตราการไหลเชิงปริมาตรสามารถหาได้จาก [7]

$$\dot{m} = \frac{\dot{v}}{V} \quad (2.17)$$

โดย \dot{v} คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตร

V คือ ปริมาตรจำเพาะ

จากการอนุรักษ์พลังงานมีหลักการว่า “พลังงานไม่สามารถถูกสร้างให้เพิ่มขึ้นหรือทำลายให้ลดลงไปได้แต่สามารถเปลี่ยนรูปหรือถ่ายโอนจากอีกที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้” ดังนั้นเมื่อพิจารณาการถ่ายโอนพลังงานระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมแล้ว จะพบว่าพลังงานรวมของระบบกับสิ่งแวดล้อมจะมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการอนุรักษ์พลังงานนี้มีประโยชน์อย่างยิ่งในการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ต่างๆ ซึ่งหากไม่มีกฎนี้การประเมินปรากฏการณ์หลายอย่างอาจมีความยุ่งยาก การแก้ปัญหาความยุ่งยากในการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสามารถทำได้โดยใช้หลักการอนุรักษ์พลังงานดังนี้ [7]

$$\dot{Q} - W = \sum \dot{m}_2 h_2 - \sum \dot{m}_1 h_1 \quad (2.18)$$

โดย \dot{Q} คือ อัตราการพาความร้อน

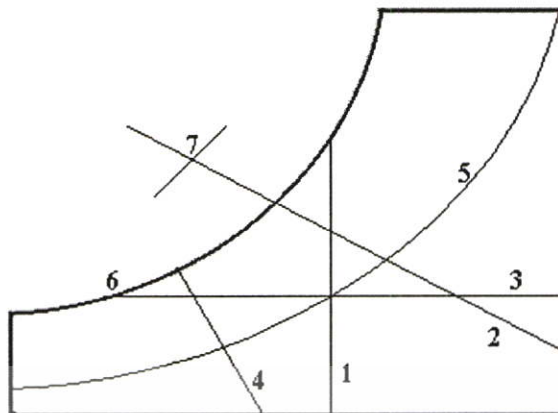
W คือ กำลังงาน

สมการของกฎอนุรักษ์มวลสารของกระบวนการให้ความร้อนและกระบวนการทำให้เย็นที่ปราศจากการเพิ่มความชื้นหรือลดความชื้นจะลดรูปเหลือ $\dot{m}_{a_1} = \dot{m}_{a_2} = \dot{m}_a$ สำหรับอากาศแห้ง และ $\omega_1 = \omega_2$ สำหรับน้ำ เราอาจจะไม่คำนึงถึงงานของลมพัดได้ ถ้าเป็นเช่นนั้น สมการของกฎอนุรักษ์พลังงานสามารถลดรูปได้เหลือ [7]

$$\dot{Q} = \dot{m}_a (h_2 - h_1) \quad (2.19)$$

2.1.5 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric chart) ความชื้นในอากาศอยู่ในรูปของไอน้ำ อากาศสามารถจะอมความชื้นได้ปริมาณมากเมื่ออุณหภูมิสูงและความสามารถในการอมความชื้นของอากาศจะลดลงเมื่ออากาศมีอุณหภูมิต่ำคุณสมบัติความชื้นในอากาศสามารถหาได้จากแผนภูมิไซโครเมตริก เป็นรูปหนึ่งของกราฟเขียนขึ้นมาจากการวิเคราะห์วิจัยทางวิศวกรรม [8]

การวิเคราะห์แผนภูมิไซโครเมตริกตามรูปที่ 2.3 ของกระบวนการการปรับอากาศสามารถสรุปไว้ในแผนภูมิไซโครเมตริก ในปัจจุบันนี้มีแผนภูมิไซโครเมตริกใช้กันหลายแบบ แผนภูมิแสดงความชื้นโดยทั่วไปที่ใช้ มีการแสดงความชื้นจำเพาะหรือความดันของไอน้ำตามแกนแนวดิ่งและอุณหภูมิกระเปาะแห้งตามแกน แนวนอน แผนภูมิโดยทั่วไปโครงสร้างเป็นแบบความดันบรรยากาศมาตรฐานที่ 760 mmHg หรือ 1.01325 bar ตรงกับความดันเฉลี่ยที่ระดับน้ำทะเล



รูปที่ 2.3 เส้นคุณสมบัติคงที่บนแผนภูมิไซโครเมตริก

เส้นต่างๆที่แสดงคุณสมบัติของความชื้นในอากาศบนแผนภูมิไซโครเมตริก

2.1.5.1 อุณหภูมิรายบับ (DB) คืออุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์แบบมาตรฐานที่ใช้กันอยู่ทั่วไป แสดงไว้ในไซโครเมตริกชาร์ท คือ เส้นหมายเลข 1 ซึ่งเป็นเส้นตรงในแนวตั้งหน่วย $^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิรายบับเป็นอุณหภูมิที่เกิดจากปริมาณความร้อนในอากาศโดยตรง ไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในอากาศ เมื่อกล่าวถึงอุณหภูมิของอากาศ โดยไม่บ่งว่าเป็นอุณหภูมิรายบับอุณหภูมิดังกล่าวถือว่าเป็นอุณหภูมิรายบับ

2.1.5.2 อุณหภูมิเว็บบับ (WB) คือ อุณหภูมิซึ่งวัดโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะหุ้มด้วยสำลึชบน้ำและอยู่ในบริเวณที่มีอากาศพัดผ่านด้วยความเร็ว 100 ฟุต/นาทึ (อ่านได้เฉพาะเมื่ออุณหภูมิ WB สูงกว่า 0°C เพราะถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C น้ำที่ชุบด้วยสำลึจะกลายเป็นน้ำแข็งเสียก่อน) อุณหภูมิเว็บบับจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในอากาศในรูปที่ 2.3 เส้นแสดงอุณหภูมิเว็บบับ คือ เส้นหมายเลข 2

2.1.5.3 อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio, HR) คือน้ำหนักของความชื้นหน่วยเป็นเกรนซึ่งมีอยู่ในอากาศแห้งหนักหนึ่งปอนด์ (7,000 เกรน = ปอนด์) ในรูปที่ 2.3 เส้นแสดงอัตราส่วนความชื้น (เส้นหมายเลข 3) อัตราส่วนความชื้นในอากาศจะมีค่าคงที่เสมอถ้าไม่มีการเพิ่มปริมาณความชื้นจำนวนใหม่ให้แก่อากาศหรือไม่มีการนำความชื้นออกจากอากาศโดยทำให้ความชื้นในอากาศกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ

2.1.5.4 ปริมาตรจำเพาะ (Specific Volume, V) ในที่นี้คือ ปริมาตรของอากาศผสมความชื้นต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของอากาศแห้งมีหน่วยเป็น cu.ft/lb ของอากาศแห้งเส้นแสดงปริมาตรจำเพาะในรูป คือ เส้นหมายเลข 4

2.1.5.5 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity , RH) คืออัตราส่วนของจำนวน mol ของความชื้นในอากาศในบริเวณหนึ่งต่อจำนวน mol ของความชื้นในอากาศ ขณะที่อิ่มตัว (เส้นหมายเลข 5) ที่อุณหภูมิรายบับอันเดียวกันและมีความดันบรรยากาศหน่วย % ค่าความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมพันธ์ไม่ได้แปรผันไปตามอัตราส่วนความชื้นในอากาศ (HR) ถึงแม้อัตราส่วนความชื้นในอากาศเปลี่ยนแปลง แต่ยังสามารถรักษาค่าความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่อยู่ได้โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ทรายบับล์แลอุณหภูมิเวทบับล์

2.1.5.6 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature, DP) คืออุณหภูมิที่ความชื้นภายในเริ่มกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ หน่วย °C อุณหภูมิจุดน้ำค้างในรูปที่ 2.3 คือสเกลหมายเลข 6 อุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศจะไม่คงที่แต่จะขึ้นอยู่กับ (อัตราส่วนความชื้น) ปริมาณความชื้นในอากาศถ้าอัตราส่วนความชื้นในอากาศมีมาก อุณหภูมิจุดน้ำค้างจะสูงอัตราส่วนความชื้นในอากาศมีน้อยอุณหภูมิจุดน้ำค้างจะต่ำ

2.1.5.7 เอนทัลปี (Enthalpy, h) ในที่นี้คือพลังงานความร้อนที่อยู่ในอากาศแห้งหนัก 1 ปอนด์และความชื้นหนัก w ปอนด์ หน่วย Btu/lb ของอากาศแห้ง เส้นแสดงเอนทัลปี ในรูป 2.3 คือ สเกลหมายเลข 7 ค่าเอนทัลปีขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเวทบับล์ ถ้าอุณหภูมิเวทบับล์ของอากาศสูงค่าเอนทัลปีจะสูงตามไปด้วย

2.2 สนามไฟฟ้าและเทคนิคการฉนวน [9-10]

พิกัดความคงทนของฉนวนต่อแรงดันไฟฟ้า กำหนดด้วยสภาพการฉนวนเริ่มจะเปลี่ยนไปสู่สภาพนำไฟฟ้าอย่างใด ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อเกิดสปาร์ก หรือ วาบไฟ หรือ เบรกควานผ่านฉนวนโดยปกติสภาพนำไฟฟ้าอย่างดึ้นจะมีแนวแคบๆ ตามเส้นทางที่เกิดเบรกควานถ้าฉนวนนั้นเป็นแก๊ส ฉนวนนั้นเปลี่ยนเป็นสภาพนำไฟฟ้าไปและคงอยู่ได้ก็ต่อเมื่อแรงดันนั้นสูงพอที่ทำให้เกิดกระแสไหลผ่านฉนวนสูงพอจนเป็นอาร์ค นั่นก็หมายความว่ากรเสียสภาพการฉนวนของแก๊สนั้นไม่เป็นแบบถาวร คือ เสียสภาพการฉนวนชั่วขณะที่มีแรงดันป้อนอยู่ ตรงกันข้ามกับการฉนวนที่เป็นของแข็งหลังจากเกิดเบรกควานแล้วสภาพการฉนวนจะเสียไปอย่างถาวรส่วนการฉนวนที่เป็นของเหลว การเสียสภาพการฉนวนจะกลับคืนสู่สภาพการฉนวนดั้งเดิมหลังจากเบรกควาน หรือ สปาร์กได้ผ่านพ้นไปแล้ว ทำนองเดียวกับการฉนวนที่เป็นแก๊ส

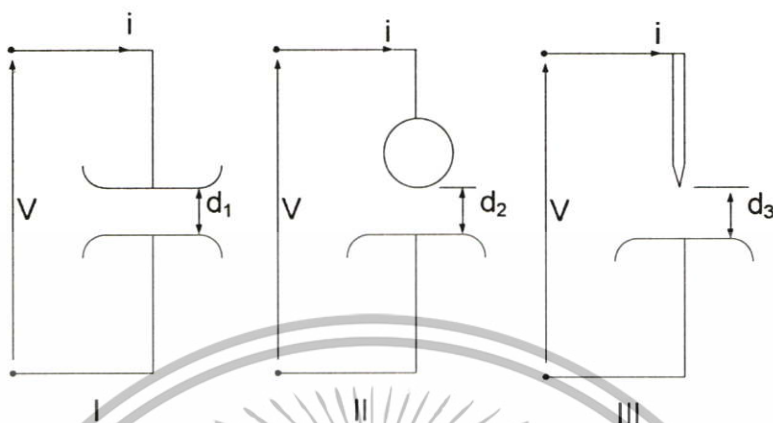
2.2.1 คุณลักษณะของอิเล็กโตรด

ความคงทนของการฉนวนต่อแรงดันไฟฟ้า หมายถึงค่าความเครียดสนามไฟฟ้า (Dielectric field stress) สูงสุดที่ฉนวนนั้นที่สามารถทนได้ โดยไม่เกิดความเสียหายหรือเกิดเบรกควาน หรือทำให้ฉนวนเสื่อมสภาพ ซึ่งมีหน่วยเป็น V/m หรือ kV/cm คือ มีหน่วยเป็นค่าแรงดันต่อหน่วยความหนาของฉนวนหรือระยะห่างของอิเล็กโตรดความเครียดสนามไฟฟ้าที่ใช้กำหนดค่าความคงทนของการฉนวนทางไฟฟ้า โดยทั่วไปจะหาจากสนามไฟฟ้าไฟฟ้าสม่ำเสมอ (Uniform field) คือ เป็นสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโตรดที่มีลักษณะเป็นแผ่นระนาบ (plate-to-plate)

ความคงทนของการฉนวนต่อแรงดันไฟฟ้า E_0 ขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์ต่างๆ หลายประการ ซึ่งพอจะเขียนเป็นเกณฑ์ทั่วไปได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$E_b = f$ (ลักษณะแห่งเรขาคณิตของอิเล็กโทรด, ลักษณะสมบัติของไดอิเล็กตริกและเวลา)



รูปที่ 2.4 อิเล็กโทรดที่มีลักษณะสนามไฟฟ้าแบบต่างๆ กัน

- I.) สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ (Uniform field)
- II.) สนามไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย (Slightly non-uniform field)
- III.) สนามไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอสูง (Highly non-uniform field)

ถ้าป้อนแรงดันให้กับอิเล็กโทรดลักษณะต่างๆ ที่วางอยู่ในอากาศ ดังรูปที่ 2.4 จะพบว่าแรงดันที่ทำให้เกิดการเบรกดาวนจะไม่เท่ากัน ถึงแม้ว่าจะจัดระยะ d_1 , d_2 และ d_3 ให้เท่ากันก็ตาม ฉนวนแต่ละชนิดจะมีค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้ามิใช่ตายตัวค่าใดค่าหนึ่ง ส่วนใหญ่จะเป็นค่าทางสถิติ หรือค่าโดยประมาณ มักกำหนดหรือระบุด้วยค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max}) ที่เกิดขึ้น ณ จุดใดจุดหนึ่งระหว่างอิเล็กโทรดในขณะที่เบรกดาวนเริ่มเกิดขึ้น ซึ่งจะมีค่ามากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์ต่างๆ หลายประการ ได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน ความชื้น ฯลฯ

2.2.1.1 ลักษณะอิเล็กโทรดของสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

อิเล็กโทรดสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ หมายถึง อิเล็กโทรดที่มีสนามไฟฟ้าทุกๆ จุดในช่องระหว่างอิเล็กโทรดเท่ากัน สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในช่องระหว่าง อิเล็กโทรดทั้งสองจะมีลักษณะของสนามไฟฟ้าเป็นแบบสม่ำเสมอ ดังรูปที่ 2.4 I) ซึ่งจะสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$E_{\max} = \frac{v}{d \cdot \eta^*} \quad (2.20)$$

- เมื่อ E_{\max} คือ ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด
 v คือ แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไประหว่างอิเล็กโทรด
 d คือ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด
 η^* คือ แฟกเตอร์สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 1

2.2.1.2 ลักษณะอิเล็กโทรดของสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ

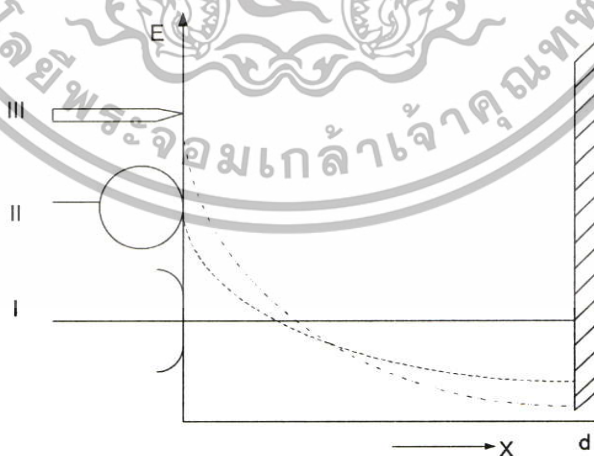
อิเล็กโทรดสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอจะมีความเครียดสนามไฟฟ้าที่แต่ละจุดมีค่าที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของจุดนั้นๆ ซึ่งความแตกต่างกัน ณ จุดต่างๆ จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะรูปทรงของอิเล็กโทรด ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าของอิเล็กโทรดแบบสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ นี้จะคำนวณได้จากสมการ 2.20

ในกรณีอิเล็กโทรดแบบความเครียดสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย

$$\eta^* \text{ จะมีค่า } 0.4 < \eta^* \leq 0.8$$

ในกรณีอิเล็กโทรดแบบความเครียดสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย

$$\eta^* \text{ จะมีค่า } 0.1 < \eta^* \leq 0.3$$



รูปที่ 2.5 สนามไฟฟ้าของอิเล็กโทรดลักษณะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.5 ในกรณีทีอเล็กโตรดมีสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง (Highly non-uniform field) ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดจะอยู่บริเวณที่ผิวของอเล็กโตรดที่มีพื้นผิวน้อยที่สุด เช่น บริเวณปลายแหลม เมื่อระยะห่างออกไปจากผิวอเล็กโตรดค่าความเครียดสนามไฟฟ้าจะลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ถึงแม้ว่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดจะมีค่าถึงค่าวิกฤติแล้วก็ตามเบรกดาวน์จะยังไม่เกิดแต่จะเกิดโคโรนา

บริเวณที่ผิวอเล็กโตรดเป็นบริเวณมีความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด ส่วนบริเวณอื่นๆ ที่ห่างออกไปจะมีความเครียดสนามไฟฟ้าลดลงและไม่เกิดโคโรนา ส่วนกระแสที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดโคโรนาเรียกว่ากระแสโคโรนา ดังนั้นเราสามารถที่จะคำนวณหาความเครียดสนามไฟฟ้าที่แรงดันโคโรนาเริ่มเกิดได้ นั่นคือ

$$E_i = \frac{v_i}{d \cdot \eta^*} \quad (2.21)$$

เมื่อ E_i คือ ความเครียดสนามไฟฟ้าโคโรนาเริ่มเกิด
 v_i คือ แรงดันที่ป้อนที่โคโรนาเริ่มเกิด

สมการนี้จะใช้สำหรับคำนวณหาความเครียดสนามไฟฟ้าหรือแรงดันโคโรนา (inception voltage) ซึ่งหมายถึงแรงดันที่ทำให้เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงในช่องระหว่างอเล็กโตรดอาจจะเป็นเบรกดาวน์ (ในกรณีทีอเล็กโตรดเป็นแบบสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ หรือ ไม่สม่ำเสมอเพียงเล็กน้อย) หรือเป็นแรงดันที่โคโรนาเริ่มเกิด (ในกรณีทีอเล็กโตรดเป็นแบบสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง ค่าแรงดันเบรกดาวน์จะมีค่าสูงกว่าค่าแรงดันโคโรนาเริ่มเกิด) ค่าแรงดันนี้จึงอาจเขียนในรูปของสมการทั่วไปได้ว่า

$$v_i = E_i \cdot d \cdot \eta^* \quad (2.22)$$

เมื่อ v_i คือ แรงดันโคโรนาเริ่มเกิด
 E_i คือ ความเครียดสนามไฟฟ้าที่เกิดจากแรงดันโคโรนาเริ่มเกิด

เราสามารถสรุปได้ คือ ในกรณีทีอเล็กโตรดสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ หรือสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย ค่า v_i คือ E_b และ E_i คือ E_b ถ้าเป็นอเล็กโตรดสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง ค่าของ $v_b > v_i$ และ $E_b > E_i$

2.2.2 ผลของชั่วแรงดันต่อค่าแรงดันเริ่มต้น

แรงดันโคโรนาเริ่มเกิด หมายถึงแรงดันที่ทำให้เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในแก๊ปอเล็กโทรดเป็นแบบสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อยแรงดันเริ่มต้นก็คือ แรงดันเบรกดาวนโดยตรง กล่าวคือ เมื่อในแก๊ปได้เงื่อนไขเบรกดาวนก็จะเกิดเบรกดาวนทันที ในกรณีของแก๊ปที่สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง ในย่านเบรกดาวนแบบโคโรนาความดันแก๊สต่ำกว่าความดันวิกฤต แรงดันโคโรนาเริ่มเกิดจะเกิดในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอและแบบไม่สมมาตร แรงดันโคโรนาเริ่มเกิดชั่วลบนอเล็กโทรดที่มีความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดจะมีค่าต่ำกว่าชั่วบวก ทั้งนี้อาจอธิบายได้ว่าการจะเกิดเบรกดาวนได้นั้นจะต้องมีอเล็กตรอนเริ่มต้นเป็นตัวสร้างอะวาลานซ์ ตามกระบวนการต่างๆ ที่กล่าวแล้วข้างต้น ตัวอย่างเช่น แก๊ปของอเล็กโทรดแท่งกับแผ่นระนาบ ถ้าที่แท่งเป็นชั่วลบ อเล็กตรอนเริ่มต้นจะเริ่มที่ผิวของปลายแท่ง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความเครียดสนามไฟฟ้าสูงมีโอกาสเกิดไอออนเซชันจากการชนได้มาก จึงสามารถสร้างอะวาลานซ์วิกฤตของอเล็กตรอนได้ง่าย ค่าแรงดันเบรกดาวนจึงต่ำ แต่ถ้าแท่งเป็นชั่วบวก อเล็กตรอนเริ่มต้นจะต้องเริ่มในแก๊ปที่ระยะห่างจากผิวอเล็กโทรดแท่งไปตามแนวที่มีความเครียดสนามไฟฟ้าสูง อย่างน้อยที่สุดเท่ากับระยะวิกฤตเพื่อให้อเล็กตรอนมีโอกาสสร้างอเล็กตรอนอิสระเพิ่มทวีคูณถึงจำนวนวิกฤตได้ ซึ่งความยาวของอะวาลานซ์วิกฤตอย่างน้อยจะต้องเท่ากับระยะวิกฤตตามเงื่อนไขการเบรกดาวนในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ แต่ที่ระยะวิกฤตจากปลายแท่งเป็นบริเวณที่สนามไฟฟ้ามีความเครียดต่ำ โอกาสที่จะเกิดไอออนเซชันเพื่อสร้างอะวาลานซ์จึงเป็นไปได้ยากหรือเป็นไปไม่ได้ ถ้าจะให้เกิดไอออนเซชันที่ระยะวิกฤตได้ บริเวณนั้นจะต้องมีความเครียดสนามไฟฟ้าสูงขึ้นไป นั่นก็คือจะเกิดเบรกดาวนได้ต้องป้อนแรงดันสูงขึ้น ด้วยเหตุนี้เองแรงดันโคโรนาเริ่มเกิดในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอของชั่วลบจึงต่ำกว่าของชั่วบวก

2.2.3 ประจุค้างมีผลต่อแรงดันเบรกดาวนต่างชั่ว

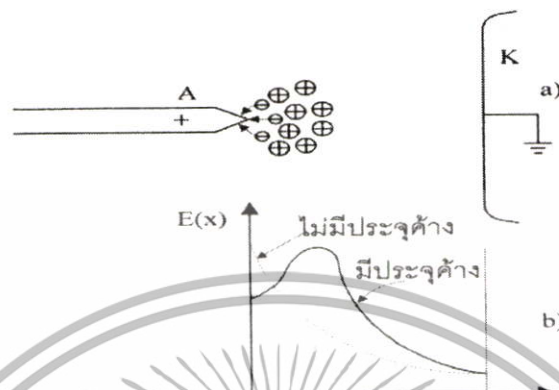
ประจุค้างเกิดขึ้นในสนามไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอสูง เป็นผลให้แรงดันเบรกดาวนมีค่าสูงกว่าแรงดันโคโรนาเริ่มเกิดและผลของประจุค้างทำให้แรงดันเบรกดาวนของชั่วบวกและชั่วลบต่างกันโดยตรงข้ามกับแรงดันเบรกดาวนโดยตรง กล่าวคือแรงดันเบรกดาวนหรือแรงดันโคโรนาเริ่มเกิดชั่วลบจะต่ำกว่าชั่วบวกเสมอ แต่ผลของประจุค้างทำให้แรงดันเบรกดาวนชั่วลบสูงกว่าชั่วบวกปรากฏการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นกับแรงดันทุกรูปแบบ(DC AC และอิมพัลส์)และในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูงของชั่วอเล็กโทรดแบบไม่สมมาตร เช่น ปลายแหลมกับแผ่นระนาบ ทั้งนี้การอ้างอิงถึงแรงดันชั่วบวกหรือชั่วลบ หมายถึงชั่วแรงดันบนอเล็กโทรดที่มีสนามไฟฟ้าสูงที่สุด

ปลายแหลมชั่วบวก

ที่ปลายแหลมเป็นชั่วบวกเทียบกับแผ่นระนาบ ดังรูป 2.6 เมื่อแรงดันสูงถึงค่าโคโรนาเริ่มเกิด แก๊สในปริมาตรของแก๊ปจะเกิดไอออนเซชันรอบๆ ปลายแหลม อเล็กตรอนซึ่งเคลื่อนที่ได้เร็วจะวิ่งเข้าหาอนุภาค คือปลายแหลม ทำให้สนามไฟฟ้าที่ปลายแหลมมีความเครียดน้อยลง แต่ความเครียดสนามไฟฟ้าทิศเข้าหาคาโทดคือ แผ่นระนาบจะมีค่าสูงขึ้น ประจุไอออนบวกหน้าปลายแหลมเสมือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

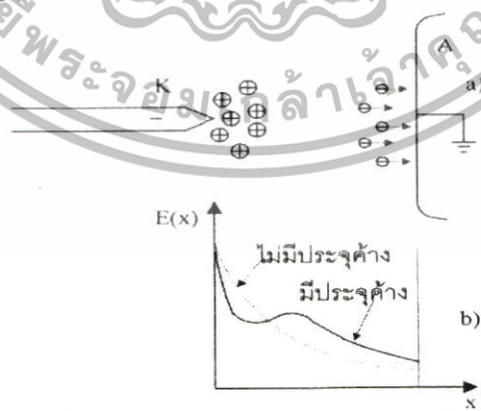
หนึ่งว่าทำให้อิเล็กโตรดยาวขึ้น เมื่อระยะแกปสั้นลงและเวลาเดียวกับความเครียดสนามไฟฟ้าแกปเพิ่มขึ้น เป็นผลให้เกิดเบรกดาวน์ได้ง่ายขึ้น นั่นคือ ประจุค้างทำให้แรงดันเบรกดาวน์ขั้วบวกต่ำลง



รูปที่ 2.6 การกระจายความเครียดสนามไฟฟ้าจากผลของประจุค้างปลายแหลมขั้วบวก

ปลายแหลมขั้วลบ

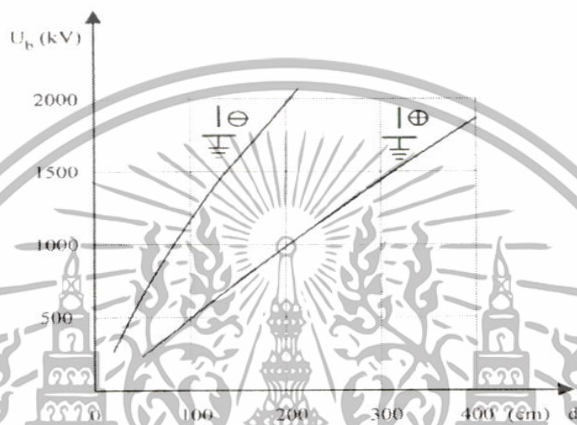
ปลายแหลมเป็นขั้วลบตามรูปที่ 2.7 อิเล็กตรอนที่เกิดจากไอออนไนเซชันเคลื่อนที่ไปหากระนาบอานอด ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความเครียดสนามไฟฟ้าต่ำ อิเล็กตรอนอาจเกาะตัวบนโมเลกุลได้และรวมตัวเป็นกลางที่อานอด ส่วนประจุไอออนบวกเคลื่อนที่เข้าเข้าหาคาโทดปลายแหลม จะค้างอยู่บริเวณหน้าปลายแหลม ทำให้สนามไฟฟ้าที่หน้าปลายแหลมมีความเครียดเพิ่มสูงขึ้น แต่สนามไฟฟ้าระหว่างหมอกประจุค้างกับอานอดจะกลับสม่ำเสมอขึ้นเนื่องจากประจุค้าง จึงทำให้เบรกดาวน์ยากขึ้น ฉะนั้นผลของประจุค้างจะทำให้แรงดันเบรกดาวน์ขั้วลบมีค่าสูงขึ้น



รูปที่ 2.7 การกระจายความเครียดสนามไฟฟ้าจากผลของประจุค้างปลายแหลมขั้วลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของประจุค้างขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่ย้อนแรงดันคงอยู่ ฉะนั้นแรงดันเบรกดาวนซ์ช้าลง กระแสตรง (DC) และอิมพัลส์ จะสูงกว่าแรงดันเบรกดาวนซ์ช้าวก ส่วนในกรณีของแรงดันกระแสสลับ ความถี่ต่ำนั้น ค่าแรงดันเบรกดาวนซ์จะสูงกว่าแบบสวิตชิงช้าวกเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะว่าช้าของ สนามไฟฟ้าที่อิเล็กโทรดต่างๆจะกลับไปกลับมาอยู่ตลอดเวลา คือผลของประจุค้างมีทั้งช้าลงและช้าวก ซึ่งผลประจุค้างช้าวก ทำให้เกิดเบรกดาวนซ์ได้ง่าย ค่าแรงดันเบรกดาวนซ์จึงต่ำกว่า เมื่อเป็น กระแสสลับ เบรกดาวนซ์จึงขึ้นบนค่ายอดคาบบวกเสียก่อนเสมอ



รูปที่ 2.8 แรงดันเบรกดาวนซ์กระแสตรงของอากาศในเทอมของระยะแก๊ป

2.3 ไอออนไนเซชัน

กระบวนการที่แยกอิเล็กตรอนออกจากโมเลกุลของแก๊ส มีไอออนบวกเพิ่มขึ้น เรียกว่า ไอออนไนเซชัน ส่วนกระบวนการที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากของแข็ง เรียกว่า การปล่อย อิเล็กตรอน

กระบวนการทวีคูณเพิ่มขึ้นของอิเล็กตรอน และไอออนในแก๊ปนั้นแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการ คือ กระบวนการแตกตัวของอิเล็กตรอนออกจากโมเลกุลของแก๊ส อันเกิดจากการชนของ อิเล็กตรอนกับโมเลกุลของแก๊ส และกระบวนการปล่อยอิเล็กตรอนออกจากผิวอิเล็กตรอน เมื่อได้รับ ความเครียดสนามไฟฟ้าสูง พลังงานความร้อน รังสี หรือไอออน วิ่งมากระทบผิวอิเล็กโทรด

2.3.1 ไอออนไนเซชันโดยการชน

ไอออนไนเซชันเกิดจากอิเล็กตรอนวิ่งชนโมเลกุล หรืออะตอมของแก๊ส โดยอิเล็กตรอนได้รับ พลังงานจากสนามไฟฟ้า E ในขณะที่วิ่งเข้าหาอะโนด เป็นพลังงานจลน์ ถ้าพลังงานที่อิเล็กตรอนได้รับ จากสนามไฟฟ้านี้ มากกว่าพลังงานไอออนไนเซชันของโมเลกุลของแก๊ส W_i ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของแก๊ส จะเกิดไอออนไนเซชันขึ้น ในกรณีที่ต้องการหาพลังงานไอออนไนเซชันระหว่างแก๊ปของอิเล็กโทรดที่เป็น แบบอิเล็กโทรดระนาบกับอิเล็กโทรดระนาบสามารถหาได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W_i = \frac{1}{2} \int \epsilon E^2 dV \quad (2.23)$$

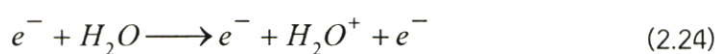
- เมื่อ W_i คือ พลังงานไอออไนเซชันของโมเลกุล
 ϵ คือ เปรอริมิติวี่ของฉนวนระหว่างแผ่นระนาบ
 E คือ ความเครียดสนามไฟฟ้า
 V คือ ปริมาตรฉนวนในช่องแคบ

ตารางที่ 2.1 พลังงานไอออไนเซชันและพลังงานกระตุ้นของโมเลกุล[9-10]

แก๊ส	W_e (eV)	W_i (eV)
H ₂	7	15.40
H	10.16	13.59
N ₂	6.3	15.60
N	10.33	14.54
O ₂	7.9	12.50
O	9.15	13.61
Hg	4.9	10.40
He	19.8	24.50
N ₂ O	-	11.00
NO	5.4	9.50
H ₂ O	7.6	12.59
CO ₂	10	14.40
SF ₆	-	19.30
แก๊สเฉื่อย	-	10.24

ถ้าพิจารณาที่โมเลกุลของน้ำ(H₂O) จะแบ่งกระบวนการไอออไนเซชันได้ดังนี้

กรณีที่ใช้พลังงานในการไอออไนเซชันน้อยเกินไปจะสามารถทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดการไอออไนเซชันได้แต่จะไม่เกิดการแตกตัวดังสมการ [11]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าอิเล็กตรอนมีพลังงานจลน์สูงมากกว่าพลังงานที่กระตุ้นเข้าชนโมเลกุลของน้ำ จะทำให้เกิดการแตกตัวได้ดังสมการ [11]



2.3.2 โฟโตไอออไนเซชัน

ในปี ค.ศ. 1887 Heinrich Hertz ได้ทดลองเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและพบว่าแรงดันสปาร์ก (Spark) ระหว่างแกปสปาร์ก (Spark gap) มีค่าต่ำลงเมื่อมีแสงจากแกปสปาร์กอื่นมากระทบที่ผิวของแกปสปาร์กและยังพบว่ารังสีอัลตราไวโอเล็ต มีผลในลักษณะเดียวกัน ซึ่งปรากฏการณ์ที่เราฉายแสงอัลตราไวโอเล็ต ลงบนผิวคาโทดนี้เราเรียกว่าการไอออไนเซชันด้วยแสง (Photoionization) พลังงาน (Photon) ที่ทำให้โมเลกุลของแก๊สเกิดไอออไนเซชันขึ้นได้ดังนี้ [6]

เมื่อ

$$h\nu \geq W_i \quad (2.26)$$

เมื่อ

h คือ ค่าคงที่ของ Plank = $6.6257 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

ν คือ ความเร็วของอิเล็กตรอน

เนื่องจากอากาศมีองค์ประกอบหลักคือแก๊สไนโตรเจน (N_2) 79 % และ แก๊สออกซิเจน (O_2) 20% โดยประมาณนอกนั้นเป็นแก๊สเฉื่อยและไอน้ำ ซึ่งมีพลังงานในการยึดติดพันธะประมาณตั้งแต่ 380 kJ/mol – 2,370 kJ/mol ในการจ่ายพลังงานจึงมีโอกาสที่โมเลกุลของแก๊สที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบเกิดการแตกตัวไปรวมตัวกับโมเลกุลแก๊สออกซิเจนจนเกิดเป็นแก๊สโอโซนขึ้น ซึ่งถ้าแก๊สโอโซนนี้มีปริมาณมากก็จะเกิดอันตราย ในชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้นนี้จึงใส่หลอดอัลตราไวโอเล็ตที่มีความความคลื่น 253.7 nm เพื่อสตรปริมาณโอโซนดังสมการ [12]



2.4 วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ [13]

โปรแกรมการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์เป็นโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์ในงานทางวิศวกรรมเพื่อช่วยในการประดิษฐ์ คิดค้นและวิจัย เนื่องจากการออกแบบผลิตภัณฑ์ในปัจจุบัน ความต้องการสินค้าที่มีคุณภาพและราคาถูก โปรแกรมการจำลองจึงถูกประดิษฐ์คิดค้นขึ้นมาเรื่อยๆ เพื่อตอบสนองในเรื่องของการสร้างแบบจำลองจริง โปรแกรมการจำลองจึงถูกประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อช่วยในเรื่องการสร้างและการทดสอบในคอมพิวเตอร์ก่อนการนำผลการทดลองมาสร้างผลิตภัณฑ์จริงเพื่อทดสอบ ดังนั้นโปรแกรมการจำลองจึงมีมากมายที่ใช้ในการจำลองผลิตภัณฑ์ ดังเช่น โปรแกรม ANSYS โปรแกรม Solidworks ซึ่งเข้ามามีบทบาทต่อวิศวกรที่จะทำการออกแบบให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสูง และปลอดภัยต่อการใช้งานเพราะผู้ออกแบบจะสามารถดูผลลัพธ์จากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ได้ก่อนการสร้างจริง

การใช้งานโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการเขียนแบบและการจำลอง จำเป็นต้องมีการศึกษาก่อนที่จะนำโปรแกรมดังกล่าวมาใช้ งาน ผู้ออกแบบควรต้องศึกษาในเรื่องคำสั่งการใช้งานให้ละเอียด และเพียงพอก่อนการใช้โปรแกรมการออกแบบเพื่อจะช่วยลดขั้นตอนในการทำงานและเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบได้อย่างถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้และถ้าผู้ใช้มีความเข้าใจในเรื่องของคำสั่งในการออกแบบมากเพียงพอก็จะทำให้โปรแกรมการออกแบบเป็นเรื่องง่ายสำหรับผู้ใช้งานดังนั้นจากที่สามารถลงโปรแกรมได้แล้ว

2.4.1 ความเข้าใจในระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

การแก้สมการเชิงอนุพันธ์ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์เพียงลำพังนั้นเป็นสิ่งที่ไม่ง่ายเลย โดยเฉพาะหากลักษณะรูปร่างของปัญหานั้นมีความซับซ้อน หัวใจของระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์คือการแก้สมการดังกล่าวเพื่อหาผลลัพธ์โดยประมาณด้วยการแปลงสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย ไปเป็นสมการทางพีชคณิตอันประกอบด้วยกระบวนการบวก ลบ คูณ ทหาร นั้นทำกันอย่างไร เพื่อให้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นมีความถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด

2.4.2 ความเข้าใจในการประดิษฐ์ไฟไนต์เอลิเมนต์

ด้วยประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันนี้ทำให้การแก้ปัญหาขนาดใหญ่เป็นไป ด้วยความรวดเร็วการประดิษฐ์ไฟไนต์เอลิเมนต์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นใน การลดเวลาของการคำนวณ และขจัดข้อผิดพลาดที่เคยทำด้วยมือหรือด้วยการใช้เครื่องคิดเลข ขั้นตอนในโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นเหมือนทำด้วยมือดังนั้นหากผู้ใช้มีความรู้และความเข้าใจใน ระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์และสามารถเขียนโปรแกรมเองได้บ้าง ก็จะสามารถประดิษฐ์โปรแกรมใช้งาน ทดสอบได้ด้วยตนเอง แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ประดิษฐ์นั้นก็ขึ้นอยู่กับ ประสิทธิภาพของผู้ใช้งานโดยตรง ความเข้าใจในไฟไนต์เอลิเมนต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงเป็น ประโยชน์อย่างมากที่จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ อย่างแม่นยำและมีความมั่นใจในผลลัพธ์ที่ เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ระเบียบไฟไนต์อิลิเมนต์

กระบวนการวิเคราะห์ปัญหาใดๆ โดยทั่วไปด้วยระเบียบไฟไนต์อิลิเมนต์ไม่ว่าจะทำด้วยมือหรือใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปก็ตามจะประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1) การแบ่งโดเมนของปัญหาออกเป็นอิลิเมนต์ย่อยๆ ยกตัวอย่างเช่น หากต้องการวิเคราะห์การเสีรูปของแผ่นเหล็กจากแรงดึง ขั้นตอนแรกต้องแบ่งแผ่นเหล็กออกเป็นอิลิเมนต์ย่อยๆ หรือหากต้องการวิเคราะห์ลักษณะการไหลของน้ำในท่อจำเป็นต้องแบ่งโดเมนซึ่งเป็นน้ำนั้นออกเป็นอิลิเมนต์ย่อยๆ ก่อน กระบวนการขั้นตอนแรกนี้โดยปกติจะใช้เวลามากในทางปฏิบัติเพราะจำเป็นต้องสร้างโครงสร้างของปัญหาอาจประกอบด้วยส่วนเว้าส่วนโค้งที่มีความซับซ้อน การประดิษฐ์กราฟิกซอฟต์แวร์ในส่วนนี้ขึ้นมาด้วยตนเองจึงจำเป็นต้องอาศัยความรู้อันประกอบไปด้วยประสบการณ์ทางด้านนี้เป็นอย่างมาก

2) การเลือกใช้ชนิดของอิลิเมนต์ อิลิเมนต์ย่อยที่แบ่งบนแผ่นเหล็กนั้นอาจเป็นอิลิเมนต์ในรูปร่างของสามเหลี่ยมด้านไม่เท่าก็ได้ หากแบ่งออกเป็นอิลิเมนต์เป็นสามเหลี่ยมตัวไม่รู้อาจจะอยู่ที่มุมทั้งสามของสามเหลี่ยมนั้นซึ่งเรียกกันว่าจุดต่อการเลือกใช้ชนิดของอิลิเมนต์จะสอดคล้องกับลักษณะการกระจายของตัวไม่รู้ค่าที่สมมติขึ้นบนอิลิเมนต์นั้นๆ เช่นหากเลือกใช้อิลิเมนต์สามเหลี่ยมบนจุดต่อที่มุมทั้งสามแล้ว ลักษณะการกระจายตัวไม่รู้ค่าบนอิลิเมนต์นั้นจะถูกสมมติให้อยู่ในรูปของแผ่นเรียบเป็นต้น แต่หากเลือกใช้อิลิเมนต์แบบสี่เหลี่ยมนี้อาจไม่เรียบแต่โค้งไปโค้งมาได้ ดังนั้นการเลือกใช้อิลิเมนต์ชนิดต่างๆ กันจึงมีผลโดยตรงกับผลลัพธ์ที่จะคำนวณ

3) การประดิษฐ์สมการไฟไนต์อิลิเมนต์ สมการเชิงอนุพันธ์ที่สอดคล้องกับปัญหาที่สนใจอยู่นั้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสมการทางพีชคณิตที่เรียกกันว่า สมการไฟไนต์อิลิเมนต์ สมการไฟไนต์อิลิเมนต์นี้จะถูกสร้างขึ้นสำหรับแต่ละอิลิเมนต์เนื่องจากอิลิเมนต์ต่างมีขนาดไม่เท่ากัน กระบวนการประดิษฐ์สมการไฟไนต์อิลิเมนต์จากสมการเชิงอนุพันธ์นี้เองเป็นหัวใจของไฟไนต์อิลิเมนต์

4) การรวมสมการไฟไนต์อิลิเมนต์ย่อยเข้าด้วยกันแล้วแก้สมการระบบสมการใหญ่ สมการไฟไนต์อิลิเมนต์ที่อยู่ในรูปแบบของสมการทางพีชคณิตซึ่งได้ประดิษฐ์ขึ้นสำหรับแต่ละอิลิเมนต์ในขั้นตอนที่แล้วจำเป็นต้องนำมารวมกันอย่างถูกต้องและมีหลักการ เปรียบเสมือนการนำชิ้นตัวต่อ มาต่อกันอย่างเหมาะสม จึงเกิดเป็นรูปภาพใหญ่ที่สมบูรณ์ขึ้นได้จากการประกอบสมการไฟไนต์อิลิเมนต์แต่ละสมการเข้าด้วยกันจะก่อให้เกิดระบบสมการขนาดใหญ่จากนั้นจึงประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตของปัญหานั้นๆ ก่อนแก้ระบบสมการขนาดใหญ่ชุดนั้นเพื่อหาผลลัพธ์ที่จุดต่อ ซึ่งผลลัพธ์ที่จุดต่อเหล่านี้อาจแทนค่าอุณหภูมิ หากวิเคราะห์ปัญหาการถ่ายเทความร้อนหรือแทนค่าการเคลื่อนที่ หากวิเคราะห์ปัญหาด้านการเสีรูปและการค้ำ เป็นต้น

5) การคำนวณหาค่าอื่นๆ ที่เหลือ จากนั้นจึงเป็นการหาค่าอื่นๆ ที่ผู้ใช้ต้องการทราบเพื่อจะ ทำให้ปัญหานั้นได้รับการวิเคราะห์โดยสมบูรณ์ เช่น เมื่อทราบอุณหภูมิตามตำแหน่งต่างๆ แล้วสามารถคำนวณหาปริมาณ พลังค์ความร้อนที่ไหลผ่านได้หรือเมื่อทราบค่าของการเคลื่อนที่ตัวแล้วก็สามารถคำนวณหาค่าความเค้นได้เช่นกัน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

กระบวนการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรมที่ใช้วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ประกอบด้วยขั้นตอนใหญ่ๆ เพียง 3 ขั้นตอนดังนี้

1) กระบวนการขั้นต้น คือการสร้างรูปแบบไฟไนต์อิลิเมนต์จากรูปร่างลักษณะที่แท้จริงของปัญหา จากนั้นจึงประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตก่อนวิเคราะห์ปัญหานั้น การสร้างรูปแบบไฟไนต์อิลิเมนต์อันประกอบด้วยอิลิเมนต์เป็นจำนวนมากบนรูปร่างลักษณะของปัญหาที่กำหนดมาให้ นั้นตามปกติจะใช้เวลาาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากรูปร่างของปัญหามีความซับซ้อนผู้สร้างรูปร่างบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ควรมีประสบการณ์ในการใช้ซอฟต์แวร์นั้นๆ มาซึ่งระยะหนึ่งจึงสามารถสร้างรูปแบบที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพได้เริ่มตั้งแต่การสร้าง เส้นตรง เส้นโค้งต่างๆ รวมทั้งผิว โดยข้อมูลของจุด เส้นตรง เส้นโค้งและพื้นผิวเหล่านี้จะถูกเก็บในรูปแบบของสมการทางเรขาคณิตในหน่วยความจำบนเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นเพื่อผู้ใช้สามารถสร้างอิลิเมนต์ทั้งขนาดและจำนวนต่างๆ กันได้ โดยรูปแบบของไฟไนต์อิลิเมนต์ที่เกิดขึ้นยังเหมือนรูปร่างต้นแบบของจริงมากที่สุด รูปแบบของไฟไนต์อิลิเมนต์นี้ยังประกอบไปด้วยหมายเลขจุดต่อหมายเลขของอิลิเมนต์และข้อมูลอื่นๆ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไป รายละเอียดต่างๆ จำนวนมากเหล่านี้ปกติจะไม่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ยกเว้นผู้ใช้ต้องการให้แสดงเพื่อการตรวจสอบหลังจากสร้างรูปแบบไฟไนต์อิลิเมนต์ได้เสร็จสิ้นลงแล้วผู้ใช้จำเป็นต้องกำหนดเงื่อนไขขอบเขตอันอาจประกอบไปด้วยการกำหนดค่าให้กับบางจุดต่อของรูปแบบไฟไนต์อิลิเมนต์นั้นเงื่อนไขขอบเขตเหล่านี้จำเป็นต้องเหมือนหรือใกล้เคียงกับของจริงมากที่สุดจึงจะนำไปสู่ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริง

2) กระบวนการวิเคราะห์ ข้อมูลต่างๆ ของรูปแบบไฟไนต์อิลิเมนต์ที่สร้างขึ้นและเงื่อนไขขอบเขตที่กำหนดให้ในขั้นตอนแรกจะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมที่ใช้วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ โดยจะสร้างสมการไฟไนต์อิลิเมนต์ที่สอดคล้องกับปัญหาสำหรับทุกอิลิเมนต์ก่อนที่จะนำมาประกอบกันเข้าเป็นระบบสมการรวมขนาดใหญ่แล้วจึงประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตที่กำหนดให้ จากนั้นจึงแก้ระบบสมการรวมขนาดใหญ่ที่นั้นโดยเวลาที่ใช้ในการคำนวณจะขึ้นอยู่กับจำนวนอิลิเมนต์ทั้งหมด ซึ่งผู้ใช้ได้สร้างขึ้นและขนาดของระบบสมการรวมขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้น หากสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหานั้นอยู่ในรูปแบบเชิงเส้นระบบสมการนี้จะถูกแก้เพียงครั้งเดียวทำให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณนั้นไม่มากนัก แต่หากสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหานั้นอยู่ในรูปแบบไม่เชิงเส้นระบบสมการนี้จะถูกแก้ด้วยการรวมซ้ำหลายรอบทำให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณนั้นมากขึ้น โดยเฉพาะหากรูปแบบไฟไนต์อิลิเมนต์ประกอบด้วยอิลิเมนต์เป็นจำนวนมาก ดังนั้นหากผู้ใช้ซอฟต์แวร์มีความเข้าใจถึงองค์ความรู้พื้นฐานภายในระเบียบไฟไนต์อิลิเมนต์บ้างก็จะช่วยในการตัดสินใจสิ่งต่างๆ ก่อนทำการวิเคราะห์ที่ได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะสามารถทุ่นเวลาในการคำนวณไปได้มากทีเดียว

3) กระบวนการขั้นท้าย ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ในขั้นที่แล้วจะประกอบด้วยตัวเลขเป็นจำนวนมาก ซึ่งจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์กราฟิกโดยเฉพาะกราฟิกส์เพื่อแสดงตัวเลขจำนวนมากเหล่านี้ออกมาบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างรวดเร็ว กระบวนการขั้นตอนนี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งซึ่งรูปแบบของการแสดงผลลัพธ์นั้นมีหลายชนิด นับตั้งแต่การแสดงด้วยชั้นแถบสี การแสดงด้วยชั้นสี การแสดงด้วยเวกเตอร์ เป็นต้น ทั้งบนรูปทรงที่ได้ออกแบบไปบนหน้าจอกอมพิวเตอร์ได้โดยตรงอย่างรวดเร็ว จะทำให้ผู้ออกแบบเข้าใจในปัญหานั้นได้อย่างลึกซึ้งมากยิ่งขึ้นและอาจก่อให้เกิดแนวคิดในการปรับเปลี่ยนรูปทรงนั้น เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้นไปอีก กระบวนการดังกล่าวนี้เองที่ช่วยลดเวลาในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ลงไปได้มากทำให้ปัจจุบันและสามารถหลีกเลี่ยงการลองผิดลองถูกที่เคยใช้กันในอดีตไปจนเกือบสิ้นเชิง

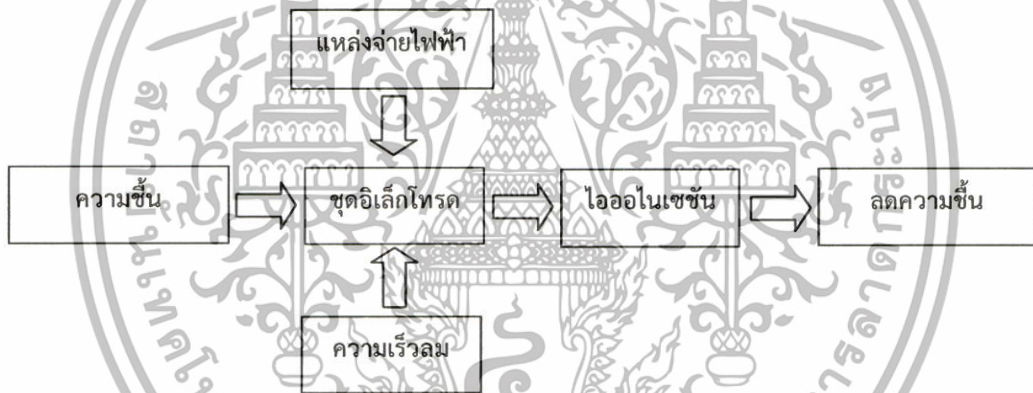


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและวิเคราะห์ชุดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับการลดความชื้นในอากาศ

ในบทนี้จะเป็นการศึกษา ออกแบบ และจัดสร้างชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้นในอากาศ ส่วนการพิจารณาในการออกแบบนั้นต้องพิจารณาจากปัจจัยหลายประการเช่นกัน นอกจากปัจจัยตัวแปรทางไฟฟ้า เช่น ลักษณะการกระจายของความเครียดสนามไฟฟ้า ระดับแรงดันที่ใช้งาน ประจุไฟฟ้า และยังคงคำนึงถึงปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมได้แก่ อุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านชุดอิเล็กทรอนิกส์ด้วย ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเป็นการสร้างชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้น ทั้งนี้หลักการการทำงานของชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้นสามารถที่จะแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ไดอะแกรมหลักการทำงานของระบบการลดความชื้น

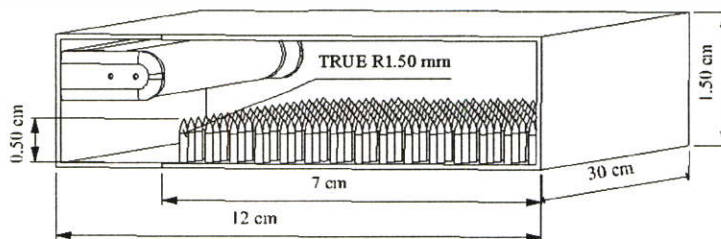
ขั้นตอนในการออกแบบชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้นในอากาศเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ค่าความชื้นสัมพันธ์กับค่าอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าสู่ชุดอิเล็กทรอนิกส์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานพันธะทางเคมีกับพลังงานทางไฟฟ้าในการที่จะสลายพันธะโมเลกุลของน้ำ ซึ่งการออกแบบอยู่บนพื้นฐานของการศึกษาลักษณะของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับการแตกตัวของโมเลกุลน้ำ เพื่อที่พิสูจน์ทฤษฎีจากการคำนวณทางเคมีและความสามารถในการลดความชื้นของอากาศซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึง หลักการออกแบบสร้างชุดอิเล็กทรอนิกส์ การคำนวณตัวอย่างการหาค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเพื่อใช้ในการออกแบบ การใช้ไฟไนต์อีลิเมนต์ช่วยในการออกแบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อหาค่าแพคเกจสนามไฟฟ้า การคำนวณตัวอย่างความเร็วลมของอากาศที่ส่งผลต่ออิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้นในอากาศ การใช้ Visual Basic ช่วยในการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้นในอากาศ การใช้ Solidworks ช่วยในการศึกษาหาอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของอากาศที่ผ่านชุดอิเล็กโทรดและโครงสร้างอิเล็กโทรดที่ออกแบบเพื่อใช้ในการลดความชื้นในอากาศ

3.1 หลักการออกแบบสร้างชุดอิเล็กโทรด

ในการออกแบบอิเล็กโทรดสำหรับการลดความชื้นในอากาศนั้นจะต้องพิจารณาจากค่าพลังงานพันธะของโมเลกุลน้ำที่มีค่า 463 kJ/mol ซึ่งจะมีค่ามากกว่าโมเลกุลของแก๊สในอากาศบางชนิดโดยอากาศทั่วไปจะสามารถทนต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าได้ประมาณ 25 kV/cm เพื่อไม่ให้ระบบเกิดการเบรกควานก่อนที่พลังงานจะถึงย่านพลังงานไอออนในเซชันของโมเลกุลน้ำ จึงพิจารณาเลือกอิเล็กโทรดที่จะใช้ในการทดลองเป็นอิเล็กโทรดแบบความเครียดสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง เนื่องจากอิเล็กโทรดลักษณะนี้จะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าภายในช่องว่างอิเล็กโทรดไม่เท่ากันทุกจุดบางจุดมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงกว่า 25 kV/cm จึงมีโอกาสที่โมเลกุลของน้ำจะเกิดการไอออนในเซชันโดยที่ระบบจะยังไม่เกิดการเบรกควาน ในการจ่ายพลังงานในการสลายพันธะโมเลกุลของน้ำมีโอกาสที่โมเลกุลของแก๊สที่มีอะตอมของออกซิเจนเป็นองค์ประกอบเกิดการแตกตัวไปรวมตัวกันใหม่ เกิดเป็นแก๊สโอโซนซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ต้องการแก๊สโอโซนจึงใส่หลอดรังสีอัลตราไวโอเล็ตความยาวคลื่น 253.7 nm [12] ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 cm ยาว 30 cm ซึ่งเป็นขนาดที่มีขายในท้องตลาดปัจจุบันและในการเลือกวัสดุที่จะนำมาสร้างอิเล็กโทรดได้คำนึงถึงวัสดุที่เลือกใช้เป็นอิเล็กโทรดโดยได้ทำการศึกษาวัสดุตัวนำไฟฟ้าที่จะนำมาสร้างอิเล็กโทรดแห่งปลายแหลมกับอิเล็กโทรดระนาบโดยในงานวิจัยที่ศึกษาได้เลือกใช้วัสดุที่จะนำมาทำอิเล็กโทรดแห่งปลายแหลมได้แก่ สวดทองแดงปลายแหลมที่ทำมุม 60 องศา มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 3 mm ยาว 0.5 cm และได้ทำการออกแบบจำนวนอิเล็กโทรดแห่งปลายแหลมให้มี 2 รูปแบบคือ 1) อิเล็กโทรดแห่งปลายแหลมจำนวน 210 แห่งตัวนำ และ 2) อิเล็กโทรดแห่งปลายแหลมจำนวน 105 แห่งตัวนำ วางบนแผ่นระนาบทองแดงที่มีขนาด กว้าง 7 cm ยาว 30 cm เพื่อให้การวางจำนวนอิเล็กโทรดแห่งปลายแหลมพอดีกับแผ่นระนาบจึงวางระยะห่างระหว่างแห่งอิเล็กโทรดปลายแหลมให้มีระยะห่าง 1 cm กับระยะห่าง 2 cm วัสดุที่ใช้ทำอิเล็กโทรดระนาบได้แก่ แผ่นสแตนเลสหนา 3 mm มีขนาดกว้าง 7 cm และยาว 30 cm โดยโครงสร้างของอิเล็กโทรดสำหรับการลดความชื้นนั้นจะแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 โครงสร้างพื้นฐานของชุดอิเล็กโทรดสำหรับการลดความชื้นในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การคำนวณตัวอย่างการหาค่าสนามไฟฟ้าเพื่อใช้ในการออกแบบ

การออกแบบชุดอิเล็กโทรดสำหรับการลดความชื้นในอากาศโดยการป้อนแรงดันไฟฟ้าสูง เพื่อให้เกิดผลในการเกิดความเครียดสนามไฟฟ้าสิ่งสำคัญที่ต้องทำการวิเคราะห์คือการคำนวณหาค่าพลังงานที่เหมาะสมสำหรับการไอออไนเซชันในการสลายพันธะโมเลกุลของน้ำซึ่งเป็นที่แน่นอนเมื่อป้อนไฟฟ้าแรงดันสูงเข้าที่บริเวณโดยรอบมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเกิดขึ้นอย่างแน่นอนเพียงแต่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยอาทิเช่นรูปทรงของอิเล็กโทรดที่เหมาะสมหรือมีจุดทำให้การแตกตัวของโมเลกุลแก๊สได้ดีและปริมาณไฟฟ้าแรงดันสูงที่ป้อนเข้าสู่อิเล็กโทรดและปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการไอออไนเซชันจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป ในหัวข้อนี้จึงเป็นการวิเคราะห์เพื่อคำนวณตัวอย่างในการออกแบบเพื่อหาค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่ใช้เป็นพลังงานในการไอออไนเซชันต่ำสุดที่ใช้ในการสลายพันธะโมเลกุลของน้ำสำหรับชุดอิเล็กโทรดในงานวิจัยนี้ โดยได้ตั้งสมมติฐานตัวแปรในการวิเคราะห์และการออกแบบจะได้แสดงวิธีการตั้งตัวอย่างต่อไปนี้

ในกรณีที่ 1) เป็นการหาค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่จำเป็นต้องใช้ในการสลายพันธะโมเลกุลของน้ำซึ่งในตัวอย่างการคำนวณนี้จะกำหนดอิเล็กโทรดแท่งปลายแหลมจำนวน 210 ตัวนำวางบนแผ่นระนาบที่มีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm และอิเล็กโทรดระนาบที่มีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm โดยมีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดปลายแหลมกับอิเล็กโทรดระนาบ 1 cm ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งถ้าหากในช่องว่างระหว่างอิเล็กโทรดนี้เป็นอากาศที่มีอุณหภูมิ 30 °C ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 70% และความดันที่บรรยากาศมีค่าประมาณ 100 kPa

สมมติให้ที่แท่งอิเล็กโทรดปลายแหลมที่มีระยะห่างระหว่างแท่งตัวนำ 1 cm เปรียบเสมือนแผ่นระนาบ เพราะฉะนั้นในช่องว่างระหว่างอิเล็กโทรดจะมีปริมาตรทั้งหมด 210 cm³

ความดันย่อยของอากาศแห้งสามารถหาได้จากสมการที่ (2.3)

$$P_a = P - P_v$$

$$P_v = \phi P_g = \phi P_{sat@30^\circ C}$$

$$P_{sat@30^\circ C} = 4.247 \text{ kPa}$$

$$P_v = (0.7)(4.247 \text{ kPa}) = 2.972 \text{ kPa}$$

$$P_a = (100 - 2.972) \text{ kPa} = 97.0271 \text{ kPa}$$

ทั้งอากาศแห้งและไอน้ำอยู่เต็มพื้นที่ระหว่างอิเล็กโทรดดังนั้นปริมาตรของทั้งอากาศแห้งและไอน้ำจะเท่ากับปริมาตรระหว่างอิเล็กโทรด

$$V_a = V_v = V_{electrode}$$

$$V_{electrode} = (30) \times (7) \times (1) = 210 \text{ cm}^3$$

มวลของอากาศทั้งหมดระหว่างอิเล็กโทรดสามารถหาได้จากสมการที่ (2.9)

$$m_a = \frac{P_a V_a}{R_a T}$$

$$m_a = \frac{(97.027 \text{ kPa})(210 \text{ cm}^3)}{(0.287 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / \text{kg} \cdot \text{K})(303 \text{ K})} = 2.343 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

มวลของอากาศชื้นระหว่างอิเล็กโทรดสามารถหาได้จากสมการที่ (2.9)

$$m_v = \frac{P_v V_v}{R_v T}$$

$$m_v = \frac{(2.9728 \text{ kPa})(210 \text{ cm}^3)}{(0.4615 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / \text{kg} \cdot \text{K})(303 \text{ K})} = 4.464 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

จะทำให้ทราบว่ามามีมวลของไอน้ำระหว่างอิเล็กโทรดหนักประมาณ 4.464 mg

จำนวนน้ำหนักของ H-O-H คือ 18

จำนวนโมลและจำนวนโมเลกุลของน้ำสามารถหาได้จากสมการที่ (2.2)

$$\text{จำนวนโมล} = \frac{4.464 \times 10^{-3}}{18} = 2.480 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

พลังงานไอออนในเซชันในโมเลกุลของน้ำคือ 463 kJ / mol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานที่ต้องใช้ในการสลายโมเลกุลของน้ำคือ

$$(2.480 \times 10^{-4} \text{ mol})(463 \text{ kJ/mol}) = 114.824 \text{ J}$$

จาก 1 J มีค่าเท่ากับ 1 W · s

เพราะฉะนั้น 114.842 J จะมีค่าเท่ากับ 114.842 W · s หรือ 31.81 mWh

สามารถหาค่าพลังงานที่จำเป็นในการสลายพันธะโมเลกุลของน้ำได้จากสมการที่ (2.23)

$$W = \frac{1}{2} \int \epsilon_0 E^2 dV$$

จากสมการในการหาค่าพลังงานสามารถหาค่าของสนามไฟฟ้าได้โดย

$$E = \sqrt{\frac{2 \times W}{\epsilon_0 V_{\text{electrode}}}}$$

$$E = \sqrt{\frac{2 \times 31.81 \times 10^{-3}}{8.854 \times 10^{-12} \times 210 \times 10^{-6}}} = 58.49 \text{ kV/cm}$$

ดังนั้นจากตัวอย่างการคำนวณจึงทำให้สามารถสรุปได้ว่าในกรณีใช้อิเล็กโทรดมีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm มีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm ภายในช่องว่างระหว่างอิเล็กโทรดมีความชื้นสัมพัทธ์ 70% และอากาศมีอุณหภูมิ 30 °C ต้องใช้ความเครียดสนามไฟฟ้าที่มีขนาด 58.49 kV/cm จึงจะทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดการแตกตัว

3.3 การใช้ไฟไนต์อีลิเมนต์ช่วยในการออกแบบอิเล็กโทรดเพื่อหาค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า

ไฟไนต์อีลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ตัวแปรทางด้านไฟฟ้าในโครงสร้างของอิเล็กโทรดเพื่อดูผลของการกระจายของค่าแรงดันไฟฟ้าและการกระจายของค่าความเครียดสนามไฟฟ้า การแสดงผลของสมการที่นำมาใช้เป็นแบบ 2 มิติ และไม่คำนึงถึงผลประจุก้างซึ่งผลที่ได้จะนำไปสู่แนวทางการหาค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อใช้ในการออกแบบการจัดวางความเหมาะสมของอิเล็กทรอนิกส์ โดยการพิจารณาลักษณะรูปร่างของอิเล็กทรอนิกส์จะแบ่งออกเป็น

- 1) การวางระยะห่างระหว่างอิเล็กทรอนิกส์ระนาบกับอิเล็กทรอนิกส์ระนาบ
- 2) การวางระยะห่างระหว่างอิเล็กทรอนิกส์แผงปลายแหลมกับอิเล็กทรอนิกส์ระนาบ
- 3) การวางระยะห่างของแท่งอิเล็กทรอนิกส์ปลายแหลม



รูปที่ 3.3 ลำดับการทำงานของโปรแกรมคำนวณและวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

3.3.1 ศึกษาคุณสมบัติตัวแปรทางไฟฟ้าในอิเล็กทรอนิกส์

การแบ่งขอบเขตของปัญหาออกเป็นอีลิเมนต์ย่อยโดยสรุปปัญหาและลักษณะของอิเล็กทรอนิกส์ที่จะทำการวิเคราะห์

3.3.1.1 เป็นการจำลองวิเคราะห์การกระจายของค่าแรงดันไฟฟ้าและการกระจายของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กทรอนิกส์แบบอิเล็กทรอนิกส์ระนาบที่มีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm กับอิเล็กทรอนิกส์ระนาบที่มีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm โดยมีระยะห่างระหว่างอิเล็กทรอนิกส์ 1 cm ทำการจำลองทดสอบโดยจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงชั่วคราว 10 kV

3.3.1.2 เป็นการจำลองวิเคราะห์การกระจายของค่าแรงดันไฟฟ้าและการกระจายของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กทรอนิกส์แผงปลายแหลมกับอิเล็กทรอนิกส์ระนาบโดยจะทำการจำลองการเปลี่ยนระยะห่างของแท่งอิเล็กทรอนิกส์ปลายแหลมที่ระยะ 1 cm 2 cm และ 3 cm บนแผ่นระนาบที่มีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm และมีระยะห่างระหว่างอิเล็กทรอนิกส์ 1 cm ทำการจำลองทดสอบโดยจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงชั่วคราว 10 kV

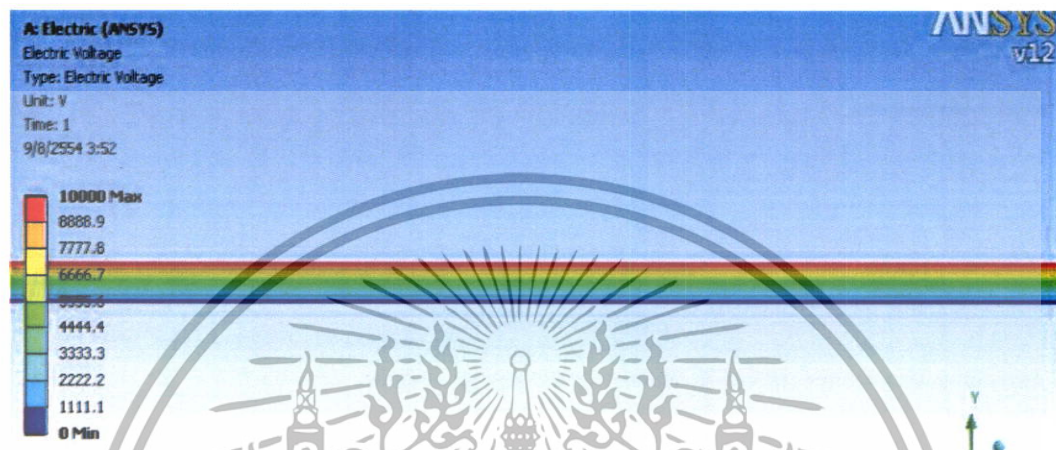
3.3.1.3 นำค่าความเครียดสนามไฟฟ้าจากการจำลองในหัวข้อ 3.3.1.1 และ 3.3.1.2 มาหาค่าแพกเตอร์สนามไฟฟ้าได้จากสมการที่ 2.20

3.3.2 การแสดงผลการคำนวณของไฟไนต์เอลิเมนต์

ผลของการจำลองการกระจายของค่าแรงดันไฟฟ้าและการกระจายของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กทรอนิกส์ลักษณะต่างๆจะถูกแสดงผลการคำนวณจากโปรแกรมในรูปแบบกราฟฟิก โดยจะบ่งบอกความแตกต่างของระดับค่าต่างๆ อยู่ในรูปของแถบสีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.1 ผลของการจำลองวิเคราะห์การกระจายของค่าแรงดันไฟฟ้าและการกระจายของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดแบบอิเล็กโทรดระนาบที่มีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm กับ อิเล็กโทรดระนาบที่มีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm โดยมีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm ทำการจำลองทดสอบโดยจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงชั่ววอก 10 kV



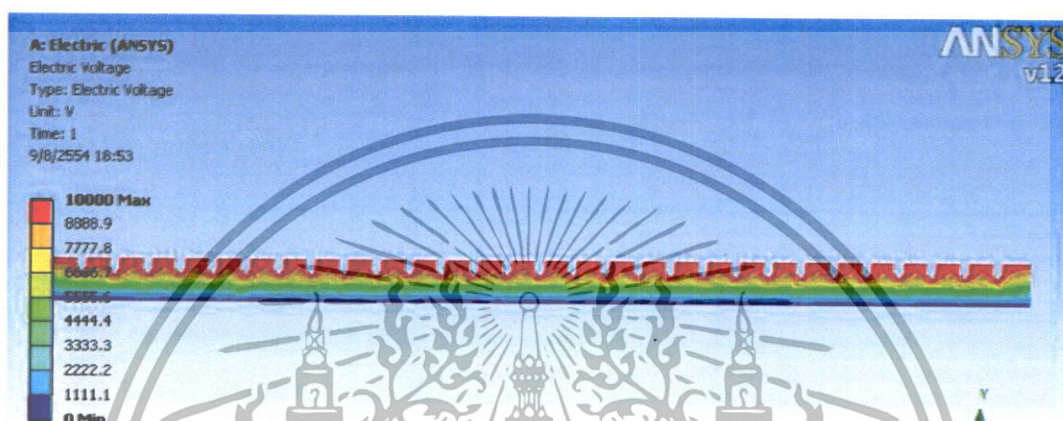
รูปที่ 3.4 ลักษณะการกระจายของค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดระนาบ



รูปที่ 3.5 ลักษณะการกระจายของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดระนาบ

การจำลองนี้จะทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงชั่ววอก 10 kV ให้กับอิเล็กโทรดระนาบกับอิเล็กโทรดระนาบที่มีระยะระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm การแสดงผลการจำลองในรูปที่ 3.4 เป็นการแสดงผลของค่าระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งจะแสดงความแตกต่างของค่าแรงดันไฟฟ้าในแต่ละจุดในรูปของแถบสี การแสดงผลการจำลองในรูปที่ 3.5 เป็นการแสดงผลของค่าความสนามไฟฟ้าซึ่งจากรูปจะเห็นว่าค่าสนามไฟฟ้าแต่ละจุดเท่ากันทุกจุดและมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเท่ากับ 10 kV/cm

3.3.2.2 ผลของการจำลองวิเคราะห์การกระจายของค่าแรงดันไฟฟ้าและการกระจายของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดแบบอิเล็กโทรดแท่งปลายแหลมที่มีระยะห่างของแท่งอิเล็กโทรด 1 cm 2 cm และ 3 cm บนแผ่นระนาบที่มีขนาด กว้าง 7 cm ยาว 30 cm กับ อิเล็กโทรดระนาบที่มีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm และมีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm



รูปที่ 3.6 ลักษณะการกระจายของค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดแท่งปลายแหลมที่ระยะห่างของแท่งอิเล็กโทรด 1 cm กับอิเล็กโทรดระนาบโดยมีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm



รูปที่ 3.7 ลักษณะการกระจายของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดแท่งปลายแหลมที่ระยะห่างของแท่งอิเล็กโทรด 1 cm กับอิเล็กโทรดระนาบโดยมีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm

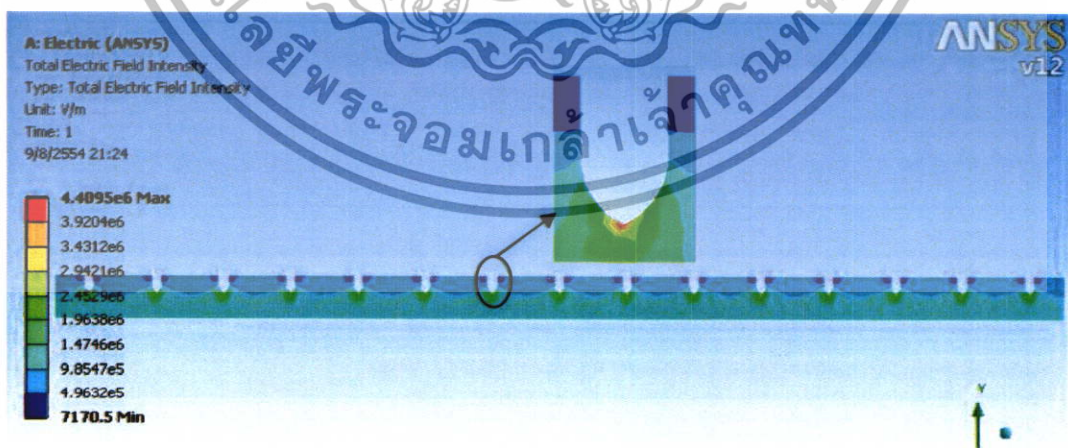
การจำลองนี้จะทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงชั้วบวก 10 kV ให้กับอิเล็กโทรดแท่งปลายแหลมระยะห่างของแท่งอิเล็กโทรด 1 cm กับอิเล็กโทรดระนาบโดยมีระยะห่างระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กโทรด 1 cm การแสดงผลการจำลองในรูปที่ 3.6 เป็นการแสดงผลของค่าระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งจะแสดงความแตกต่างของค่าแรงดันไฟฟ้าในแต่ละจุดในรูปของแถบสี การแสดงผลการจำลองในรูปที่ 3.7 เป็นการแสดงผลของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าซึ่งจากรูปจะเห็นว่าค่าสนามไฟฟ้าแต่ละจุดจะมีค่าไม่เท่ากัน ที่บริเวณปลายแหลมสุดของแท่งอิเล็กโทรดจะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดซึ่งในตัวอย่างการจำลองจะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max}) เท่ากับ 42.34 kV/cm และจากการจำลองในหัวข้อที่ 3.3.2.1 ทำให้ได้ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเฉลี่ย (E_{av}) เท่ากับ 10 kV/cm สามารถหาค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าจากสมการที่ 2.20 จะได้ค่า 0.236



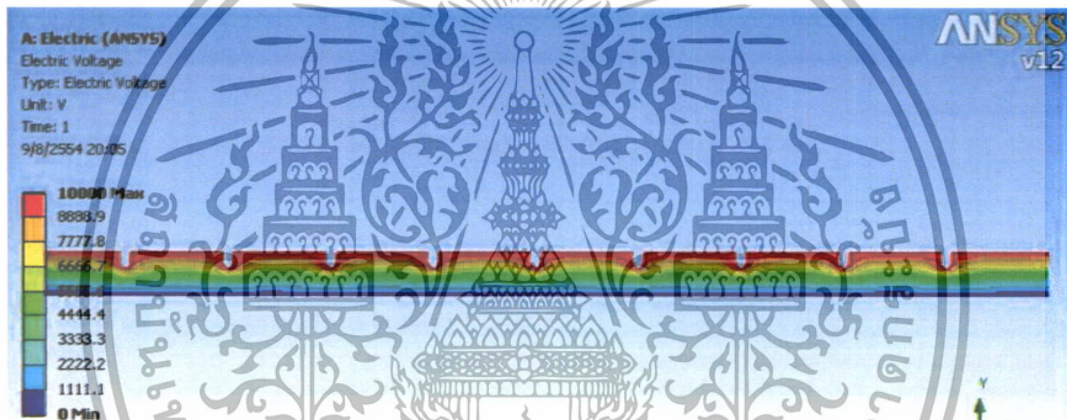
รูปที่ 3.8 ลักษณะการกระจายของค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดแท่งปลายแหลมที่ระยะห่างของแท่งอิเล็กโทรด 2 cm กับอิเล็กโทรดระนาบโดยมีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm



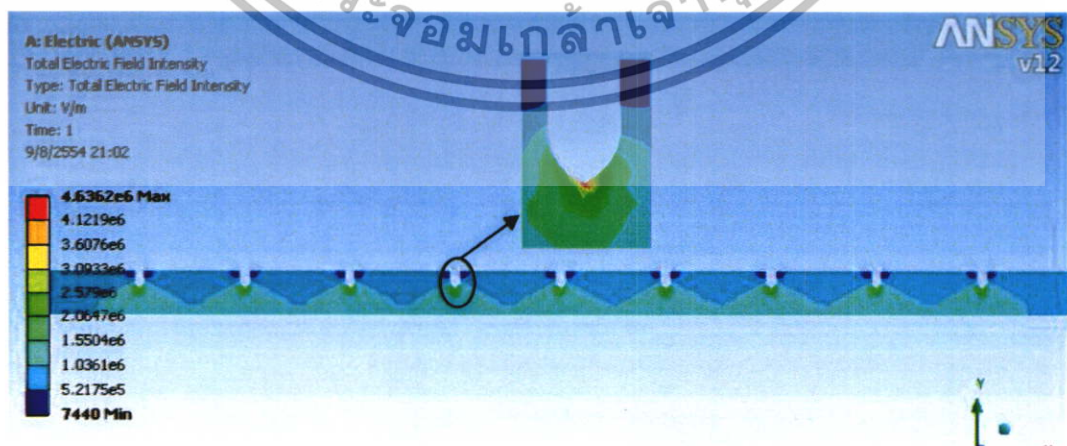
รูปที่ 3.9 ลักษณะการกระจายของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดแท่งปลายแหลมที่ระยะห่างของแท่งอิเล็กโทรด 2 cm กับอิเล็กโทรดระนาบโดยมีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำลองนี้จะทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขั้วบวก 10 kV ให้กับอิเล็กโทรดแห่งปลายแหลมระยะห่างของแท่งอิเล็กโทรด 2 cm กับอิเล็กโทรดระนาบโดยมีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm การแสดงผลการจำลองในรูปที่ 3.8 เป็นการแสดงผลของค่าระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งจะแสดงความแตกต่างของค่าแรงดันไฟฟ้าในแต่ละจุดในรูปของแถบสี การแสดงผลการจำลองในรูปที่ 3.9 เป็นการแสดงผลของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าซึ่งจากรูปจะเห็นว่าค่าสนามไฟฟ้าแต่ละจุดจะมีค่าไม่เท่ากัน ที่บริเวณปลายแหลมสุดของแท่งอิเล็กโทรดจะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดซึ่งในตัวอย่างการจำลองจะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max}) เท่ากับ 44.09 kV/cm และจากการจำลองในหัวข้อที่ 3.3.2.1 ทำให้ได้ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเฉลี่ย (E_{av}) เท่ากับ 10 kV/cm สามารถหาค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าจากสมการที่ 2.20 จะได้ค่า 0.226



รูปที่ 3.10 ลักษณะการกระจายของค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดแห่งปลายแหลมที่ระยะห่างของแท่งอิเล็กโทรด 3 cm กับอิเล็กโทรดระนาบโดยมีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm



รูปที่ 3.11 ลักษณะการกระจายของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดแห่งปลายแหลมที่ระยะห่างของแท่งอิเล็กโทรด 3 cm กับอิเล็กโทรดระนาบโดยมีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำลองนี้จะทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขั้วบวก 10 kV ให้กับอิเล็กโทรดแห่งปลายแหลมระยะห่างของแท่งอิเล็กโทรด 3 cm กับอิเล็กโทรดระนาบโดยมีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm การแสดงผลการจำลองในรูปที่ 3.10 เป็นการแสดงผลของค่าระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งจะแสดงความแตกต่างของค่าแรงดันไฟฟ้าในแต่ละจุดในรูปของแถบสี การแสดงผลการจำลองในรูปที่ 3.11 เป็นการแสดงผลของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าซึ่งจากรูปจะเห็นว่าค่าสนามไฟฟ้าแต่ละจุดจะมีค่าไม่เท่ากัน ที่บริเวณปลายแหลมสุดของแท่งอิเล็กโทรดจะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดซึ่งในตัวอย่างการจำลองจะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max}) เท่ากับ 46.36 kV/cm และจากการจำลองในหัวข้อที่ 3.3.2.1 ทำให้ได้ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเฉลี่ย (E_{av}) เท่ากับ 10 kV/cm สามารถหาค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าจากสมการที่ 2.20 จะได้ค่า 0.215

3.3.3 สรุปค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าที่ได้จากการจำลอง

จากการพิจารณารูปทรงของอิเล็กโทรดที่ใช้ในการออกแบบถูกนำมาทำการจำลองโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อหาแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าโดยค่าสนามไฟฟ้าเฉลี่ย (E_{av}) ได้มาจากการจำลองอิเล็กโทรดระนาบกับอิเล็กโทรดระนาบที่มีขนาด ยาว 30 cm ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm โดยทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าขั้วบวกที่ 10 kV ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max}) ได้มาจากการจำลองอิเล็กโทรดแห่งปลายแหลมวางบนแผ่นระนาบที่มีขนาดยาว 30 cm กับอิเล็กโทรดระนาบที่มีขนาดยาว 30 cm และมีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm ส่วนค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าจะมีค่าแตกต่างกันตามระยะห่างของแท่งอิเล็กโทรด และค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าที่ได้นี้จะนำไปสู่การหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบต่อไป

ตารางที่ 3.1 ค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าที่ได้จากการจำลอง

ระยะห่างแท่งอิเล็กโทรด	E_{av}	E_{max}	แฟกเตอร์สนามไฟฟ้า
1 cm	10 kV/cm	42.34	0.236
2 cm	10 kV/cm	44.09	0.226
3 cm	10 kV/cm	46.36	0.215

3.4 การคำนวณตัวอย่างความเร็วของอากาศที่ส่งผลต่อการลดความชื้นในอากาศ

ในการออกแบบชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้นในอากาศนอกจากปัจจัยทางด้านไฟฟ้าแล้วยังมีปัจจัยที่สำคัญอีกหนึ่งอย่างก็คือปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมได้แก่ อุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านชุดอิเล็กทรอนิกส์ด้วย ซึ่งอัตราการไหลของอากาศนั้นถ้ามีปริมาณมากเกินไปอาจจะส่งผลให้มวลของอากาศที่ผ่านชุดอิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่เร็วเกินไปจนไม่มีผลต่อกระบวนการไอออไนเซชันทำให้ความชื้นไม่ลดลงได้ ในชุดอิเล็กทรอนิกส์นี้จึงจำเป็นต้องหาความเหมาะสมของอัตราการไหลของอากาศ โดยได้ตั้งสมมุติฐานตัวแปรในการวิเคราะห์และการออกแบบดังจะได้แสดงดังวิธีการนี้

ในกรณีที่ 2) เป็นการหาค่าประสิทธิภาพของอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้นในอากาศ จากตัวอย่างการคำนวณในกรณีที่ 1) ทำให้ทราบว่าจำเป็นต้องใช้ความเครียดสนามไฟฟ้าที่มีค่าเท่ากับ 58.49 kV/cm จึงสามารถสลายพันธะโมเลกุลของน้ำได้ สมมุติอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้เป็นอิเล็กทรอนิกส์แห่งปลายแหลมวางบนแผ่นระบายที่มีระยะห่างระหว่างแท่งอิเล็กทรอนิกส์ 1 cm ในการจำลองค่าแพ็คเกจอร์สนามไฟฟ้าในหัวข้อที่ 3.3 จะทำให้ทราบค่าแพ็คเกจอร์ของสนามไฟฟ้า จากสมการที่ 2.20 จะทำให้สามารถหาระดับแรงดันไฟฟ้าที่จำเป็นได้คือ 13.82 kV โดยอากาศที่ผ่านอิเล็กทรอนิกส์มีอุณหภูมิ 30°C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 70% ความดันบรรยากาศประมาณ 100 kPa เคลื่อนที่ผ่านอิเล็กทรอนิกส์ด้วยความเร็ว 5 m/s

ความดันย่อยของไอน้ำสามารถหาได้จากสมการที่ (2.10)

$$P_v = \phi P_g = \phi P_{sat@30^\circ \text{C}}$$

$$P_v = (0.7)(4.247 \text{ kPa}) = 2.972 \text{ kPa}$$

$$P_a = (100 - 2.972) \text{ kPa} = 97.0271 \text{ kPa}$$

สามารถหาปริมาตรของอากาศได้จากสมการที่ (2.10)

$$V = \frac{R_a T_1}{P_a}$$

$$V = \frac{(0.287 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / \text{kg} \cdot \text{k})(303 \text{ K})}{(97.0217)} = 0.896 \text{ m}^3 / \text{kg of dry air}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาอัตราการไหลของอากาศภายในอิเล็กทรอนิกส์จาก

$$\dot{v} = (5m/s) \cdot (14cm \cdot 1cm) = 0.007m^3/s = 0.42m^3/min$$

หาอัตราการไหลเชิงมวลได้จากสมการที่ (2.17)

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{v}}{V}$$

$$\dot{m}_a = \frac{0.42m^3/min}{0.896m^3/kg \text{ of dry air}} = 0.468 kg/min$$

ความชื้นจำเพาะของอากาศสามารถหาได้จากสมการที่ (2.9)

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{0.622 P_v}{P - P_v} \\ &= \frac{(0.622)(2.972 \text{ kPa})}{(97.0271)} = 0.01905 \text{ H}_2\text{O} / \text{kg of dry air} \end{aligned}$$

ค่าเอนทัลปีของอากาศต่อหนึ่งหน่วยมวลของอากาศแห้งสามารถหาได้จากสมการที่ (2.12)

$$h = c_p T + \omega h_g$$

$$h = [1.005 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}](30^\circ) + (0.01905)(2555.5)$$

$$= 78.832 \text{ kJ/kg dry air}$$

จากสมการการอนุรักษ์พลังงานในสมการที่ (2.14)

$$\dot{Q} = \dot{m}_a (h_2 - h_1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเอนทัลปีของอากาศหลังจากเพิ่มพลังงานให้แก่ชุดอิเล็กทรอนิกส์

$$h_2 = \frac{\dot{Q}}{\dot{m}_a} + h$$

$$h_2 = \frac{6.84 \text{ kJ / min}}{0.468 \text{ kg / min}} + 78.832 \text{ kJ / kg dry air} = 93.424 \text{ kJ / kg dry air}$$

จาก

$$h_2 = C_p T_2 + \omega(2500.9 + 1.82 T_2)$$

จะสามารถหาอุณหภูมิขณะออกจากอิเล็กทรอนิกส์ได้จาก

$$T_2 = \frac{h_2 - 2500.9\omega}{C_p + 1.82\omega}$$

$$T_2 = \frac{93.424 + (2500.9 \times 0.01905)}{1.005 + (1.82 \times 0.01905)}$$

$$T_2 = 44^\circ\text{C}$$

จะทำให้อากาศที่เคลื่อนที่ออกจากอิเล็กทรอนิกส์มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น $T_2 - T_1 = 44 - 30 = 14^\circ\text{C}$

จาก

$$P_v = \phi_2 P_{sat@44}$$

$$P_{sat@44} = 9.15326 \text{ kPa}$$

$$\phi_2 = \frac{P_v}{P_{sat@44}} = \frac{2.972}{9.15326} = 0.325$$

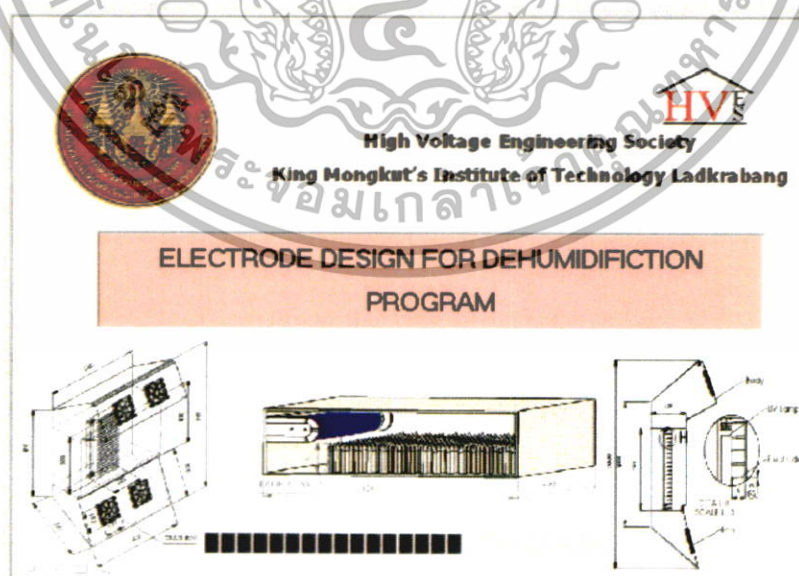
หมายความว่า จะมีความชื้นสัมพัทธ์ด้านออกจากอิเล็กทรอนิกส์เหลือ 32.5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างการคำนวณจะทำให้ทราบว่าถ้าอิเล็กโทรดมีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm สูง 1 cm มีแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า 0.236 จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้อิเล็กโทรดนี้ 13.83 kV และความเร็วลมที่ผ่านชุดอิเล็กโทรดนี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 m/s หากอากาศนี้มีความชื้นสัมพัทธ์ก่อนเข้าอิเล็กโทรด 70% ที่อุณหภูมิ 30 °C ความชื้นสัมพัทธ์ด้านออกจากอิเล็กโทรดจะเหลือ 32.5 % และมีอุณหภูมิด้านออกจากอิเล็กโทรด 44 °C จากตัวอย่างในการคำนวณนี้อิเล็กโทรดมีประสิทธิภาพของการลดความชื้นในอากาศ 53.57%

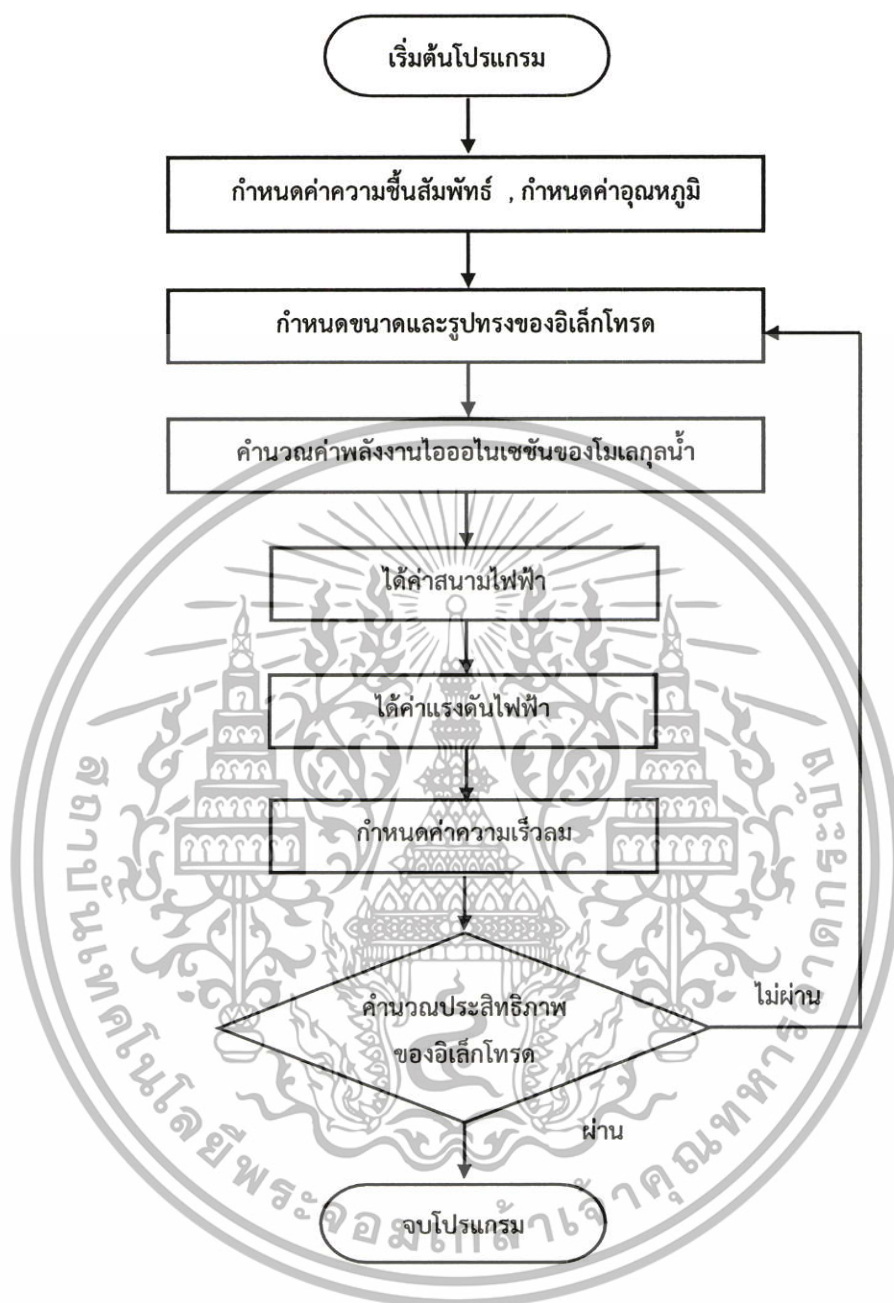
3.5 การใช้ Visual Basic ช่วยในการคำนวณหาประสิทธิภาพของอิเล็กโทรดสำหรับการลดความชื้นในอากาศ

จากการออกแบบอิเล็กโทรดสำหรับการลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคสนามไฟฟ้าในหัวข้อ 3.1 ถึง 3.4 สามารถนำมาเขียนเป็นโปรแกรมการคำนวณโดยใช้โปรแกรม Visual Basic โดยขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมจะทำการรับข้อมูล 2 ชุด เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณได้แก่ ข้อมูลทางด้านสภาวะแวดล้อมกับข้อมูลของชุดอิเล็กโทรด โดยข้อมูลทางด้านสภาวะแวดล้อมเป็นการกำหนดค่าความชื้นสัมพัทธ์กับค่าอุณหภูมิก่อนเข้าอิเล็กโทรดและความเร็วลมที่ผ่านชุดอิเล็กโทรด ส่วนทางด้านข้อมูลอิเล็กโทรดเป็นการกำหนดค่าขนาดของอิเล็กโทรด แฟกเตอร์สนามไฟฟ้าของอิเล็กโทรดและระดับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าชุดอิเล็กโทรด จากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณหาประสิทธิภาพของอิเล็กโทรดสำหรับการลดความชื้นในอากาศ โดยแสดงลำดับขั้นตอนการคำนวณโดยใช้โปรแกรมช่วยในการคำนวณได้ดังนี้



รูปที่ 3.12 หน้าจอขณะเข้าโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

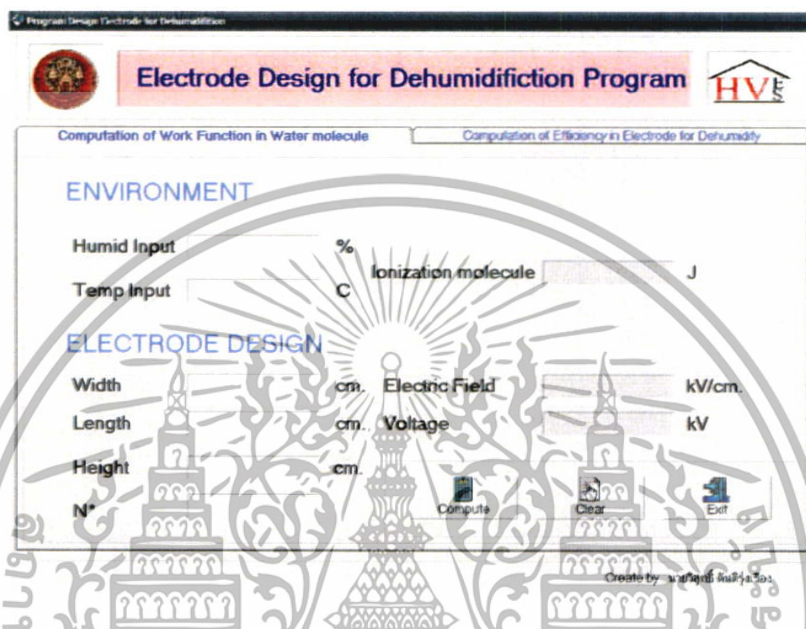


รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้นในอากาศ

จากรูปที่ 3.13 แสดงลำดับขั้นตอนการออกแบบการคำนวณโดยใช้โปรแกรมช่วยในการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของอิเล็กทรอนิกส์สำหรับลดความชื้นในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเข้าสู่โปรแกรมหน้าจอก็จะแสดงตัวเลือกการคำนวณหาค่าในอิเล็กโทรดสำหรับลดความชื้นในอากาศ ซึ่งในโปรแกรมจะมีฟังก์ชันการคำนวณให้เลือกอยู่ 2 การคำนวณคือ 1) computation of work function in water molecule และ 2) computation of efficiency in electrode for dehumidification ดังแสดงในรูป 3.14



รูปที่ 3.14 หน้าจอโปรแกรมการคำนวณสำหรับการลดความชื้นในอากาศ

computation of work function in water molecule จะเป็นการช่วยคำนวณทางด้านพลังงานพันธะของโมเลกุลน้ำ โปรแกรมจะต้องการรับข้อมูลในชุดข้อมูลที่ป้อนให้โปรแกรมจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ 1) ชุดของมูลทางสภาวะแวดล้อม 2) ชุดข้อมูลในส่วนของอิเล็กโทรด เมื่อทำการป้อนข้อมูลดังแสดงในตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.15 จะกำหนดให้อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ (Humid Input) 70% และมีอุณหภูมิ (Temp Input) 30 °C อิเล็กโทรดมีขนาด กว้าง (Width) 7 cm ยาว (Length) 30 cm ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด (Height) 1 cm และมีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า (N*) 0.236 เมื่อทำการป้อนข้อมูลเรียบร้อยแล้วกดปุ่ม Compute จากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณหาพลังงานไอออนไนเซชันของโมเลกุลน้ำ (Ionization molecule) ได้เท่ากับ 114.73 J ค่าสนามไฟฟ้า (Electric Field) ได้เท่ากับ 58.56 kV/cm และค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ได้เท่ากับ 13.82 kV นั้นหมายความว่าอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 70% อุณหภูมิ 30 °C ถ้าจะใช้อิเล็กโทรดที่มีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm มีช่องว่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 cm และมีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า 0.236 เพื่อที่ลดความชื้นในอากาศจะต้องใช้พลังงาน 114.73 J และต้องจ่ายแรงดันไฟฟ้า 13.82 kV โมเลกุลของน้ำในอากาศจึงเริ่มเกิดการแตกตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ENVIRONMENT

Humid Input	70	%	Ionization molecule	114.73	J
Temp Input	30	C			

ELECTRODE DESIGN

Width	7	cm.	Electric Field	58.56	kV/cm.
Length	30	cm.	Voltage	13.82	kV
Height	1	cm.			
N*	0.236				



รูปที่ 3.15 หน้าจอกำหนดค่าเพื่อคำนวณหาค่าพลังงานพันธะโมเลกุลน้ำ

ENVIRONMENT

Humid Input	70	%	Humid Output	32.5	%
Temp Input	30	C	Temp Output	44	C
Air Flow	5	m/s			

ELECTRODE DESIGN

Width	7	cm.	N	53.57	%
Length	30	cm.			
Height	1	cm.			
N*	0.236				
Voltage	13.82	kV			



รูปที่ 3.16 หน้าจอกำหนดค่าเพื่อคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของอิเล็กโทรด

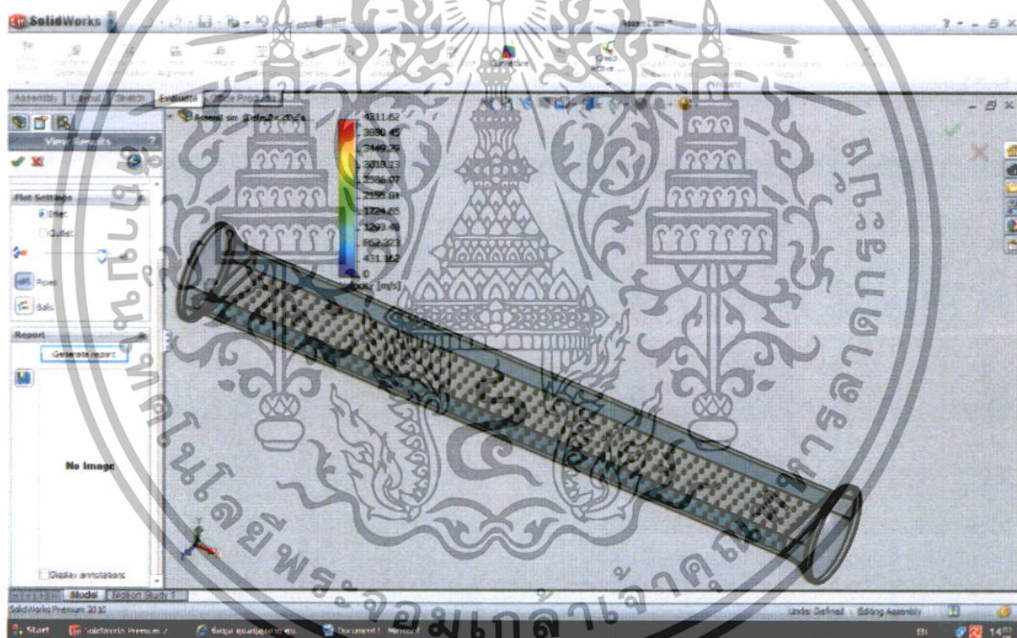
จากนั้นถ้าต้องการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพในการลดความชื้นในอากาศของอิเล็กโทรด ให้เลือกฟังก์ชัน computation of efficiency in electrode for dehumidification ในโปรแกรม การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของอิเล็กโทรดสำหรับการลดความชื้นนั้นแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน เช่นกันคือ 1) ชุดของมูลทางสภาวะแวดล้อมแต่จะมีฟังก์ชัน ความเร็วของอากาศ (Air Flow) เพิ่มขึ้น 2) ชุดข้อมูลในส่วนของอิเล็กโทรดซึ่งในการคำนวณชุดนี้จะต้องใส่ค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) จากตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.16 จะกำหนดให้อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ (Humid Input) 70% และมีอุณหภูมิ (Temp Input) 30 °C มีความเร็วของอากาศเคลื่อนที่ผ่านอิเล็กโทรด (Air Flow) ด้วยความเร็ว 5 m/s อิเล็กโทรดมีขนาดกว้าง (Width) 7 cm ยาว (Length) 30 cm สูง (Height) 1 cm และมีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า (N*) 0.236 ทำการจ่ายแรงดันที่ระดับแรงดันไฟฟ้า (Voltage) 13.82 kV เมื่อทำการป้อนข้อมูลเรียบร้อยแล้วให้กดปุ่ม Compute จากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ออกจากอิเล็กโทรด (Humid Output) ได้ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 32.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิด้านออกจากอิเล็กทรอนิกส์ (Temp Output) ได้เท่ากับ 44°C ประสิทธิภาพของอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้นในอากาศ (N) ได้เท่ากับ 53.57%

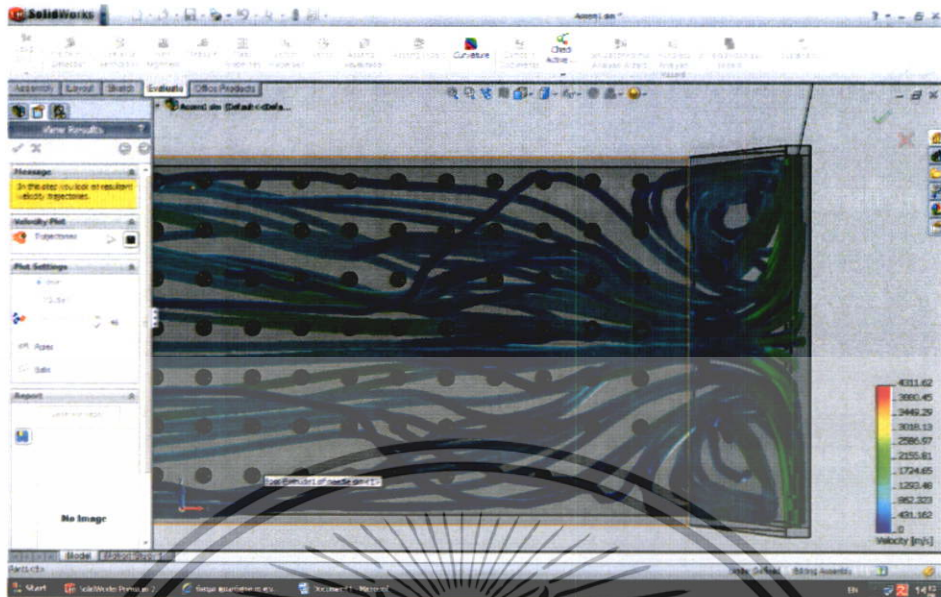
3.6 การใช้ SolidWorks ช่วยในการศึกษาหาอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านชุดอิเล็กทรอนิกส์ [14]

โปรแกรม SolidWorks ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ตัวแปรทางด้านอุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านชุดอิเล็กทรอนิกส์เพื่อดูลักษณะการไหลของอากาศ ความเร็วของอากาศที่ผ่านทั้งอิเล็กทรอนิกส์ โดยค่าระดับความเร็วลมที่ผ่านชุดอิเล็กทรอนิกส์จะแยกระดับความเร็วลมต่างๆ อยู่ในรูปของแถบสี



รูปที่ 3.17 ลักษณะของอิเล็กทรอนิกส์ก่อนการจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 ลักษณะทิศทางการไหลที่ผ่านช่องเล็กโทรดที่ระดับความเร็ว 3 m/s

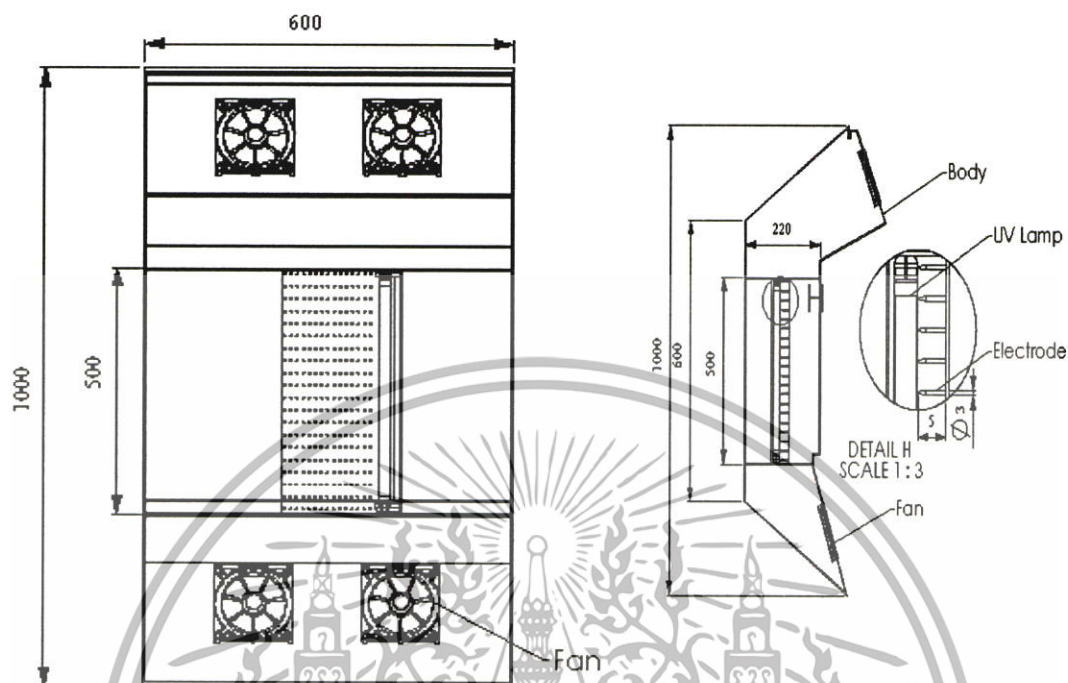


รูปที่ 3.19 ลักษณะทิศทางการไหลที่ผ่านช่องเล็กโทรดที่ระดับความเร็ว 5 m/s

จากรูปที่ 3.18 เป็นการแสดงลักษณะการกระจายของความเร็วที่ระดับความเร็ว 3 m/s เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.19 เป็นการแสดงลักษณะการกระจายของความเร็วที่ระดับความเร็ว 5 m/s จะเห็นได้ว่าทิศทางการไหลในระดับ 3 m/s กับ ทิศทางการไหลในระดับ 5 m/s จะเคลื่อนที่ผ่านอิเล็กโทรดในแนวเดียวกันแต่จะมีความเร็วที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 โครงสร้างของอิเล็กโทรดที่ออกแบบเพื่อใช้ในการลดความชื้นในอากาศ



รูปที่ 3.20 โครงสร้างของขั้วอิเล็กโทรดที่ทำการออกแบบ

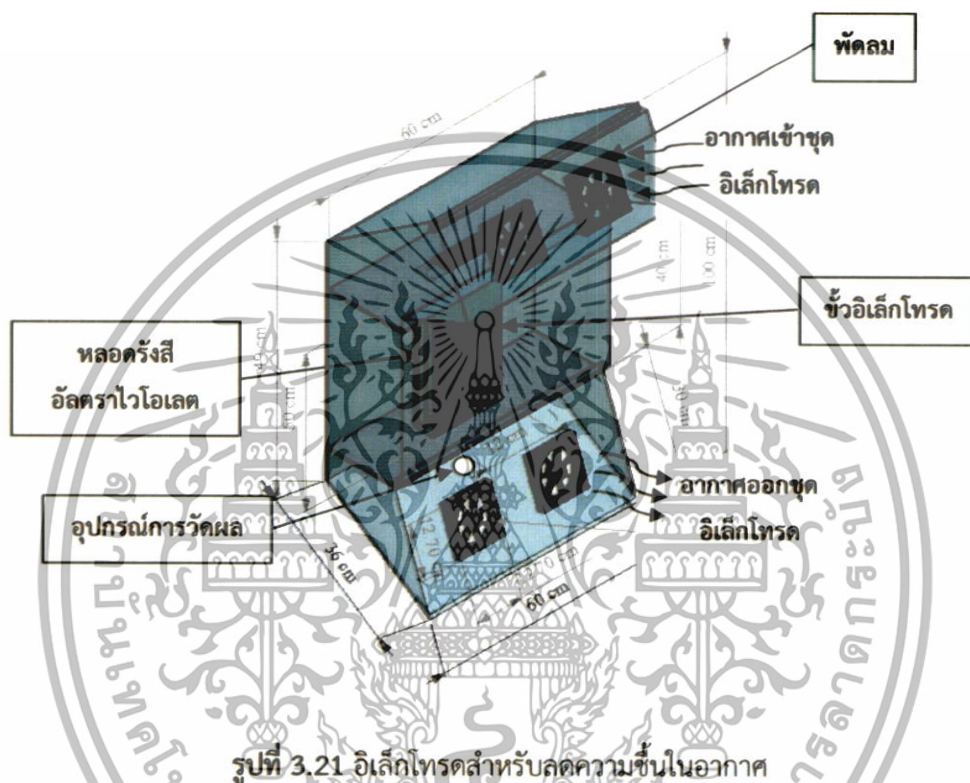
จากหลักการออกแบบขั้วอิเล็กโทรดสำหรับการลดความชื้นในอากาศเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเงื่อนไขข้อ 3.1 ถึง 3.6 ทำให้สามารถสรุปได้ว่า การลดความชื้นนั้นจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ ค่าพลังงานที่จ่ายให้กับอิเล็กโทรดซึ่งค่านี้จะมีค่ามากหรือน้อยก็จะขึ้นอยู่กับค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าของอิเล็กโทรดและค่าความเร็วของอากาศค่านี้จะส่งผลให้กับมวลของอากาศที่ผ่านขั้วอิเล็กโทรดซึ่งจากการคำนวณในการออกแบบพบว่าความเร็วของอากาศข้ามมวลของอากาศจะสัมพันธ์กับพื้นผิวดำน้ำได้มากขึ้น จากข้อมูลที่ทำการศึกษาทั้งหมดนี้จึงนำมาสู่การออกแบบอิเล็กโทรดที่สามารถปรับค่าพารามิเตอร์นี้ได้ดังแสดงในรูป 3.21 โดยจะสร้างขั้วอิเล็กโทรดเป็น 3 ลักษณะเพื่อนำไปใช้ในการทดลองดังนี้

1) ขั้วอิเล็กโทรดแบบระนาบซึ่งจะใช้วัสดุเป็นแผ่นสแตนเลสหนา 3 mm และมีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm อิเล็กโทรดแบบนี้จะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเท่ากันทุกจุดนั่นคือมีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 1

2) ขั้วอิเล็กโทรดแบบปลายแหลมซึ่งจะใช้วัสดุคือทองแดงปลายแหลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3 mm สูง 0.5 cm จำนวน 210 แห่งตัวนำ วางบนแผ่นระนาบที่มีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm ระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรด 1 cm อิเล็กโทรดแบบนี้จะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าไม่เท่ากันทุกจุดและมีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.236

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ขั้วอิเล็กโทรดแบบปลายแหลมซึ่งจะใช้วัสดุคือทองแดงปลายแหลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3 mm สูง 0.5 cm จำนวน 105 แท่งตัวนำ วางบนแผ่นระนาบที่มีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm ระยะห่างระหว่างแท่งอิเล็กโทรด 2 cm อิเล็กโทรดแบบนี้จะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าไม่เท่ากันทุกจุดและมีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.226

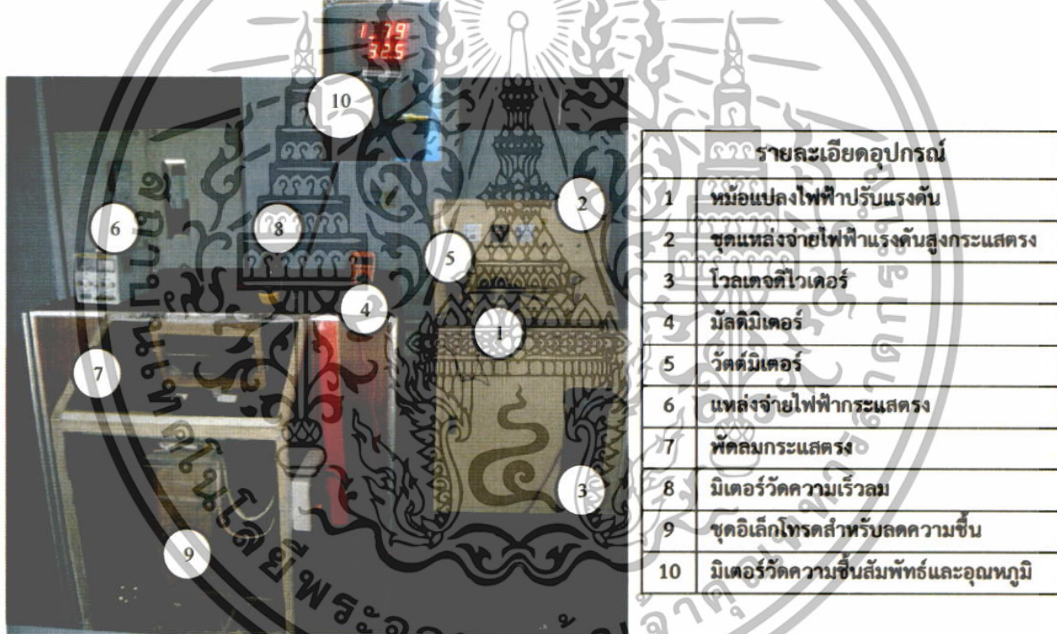


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังกล่าวในบทที่ 1 นำไปสู่การออกแบบสร้างชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการลดความชื้นในอากาศ ซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างหลักในการออกแบบคือลักษณะของอิเล็กทรอนิกส์ที่มีการออกแบบให้มีลักษณะต่างกันและการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของอากาศกับระดับแรงดันไฟฟ้าในการไอออนเซชัน เพื่อศึกษาหาความเหมาะสมและวิเคราะห์ผลว่าอิเล็กทรอนิกส์ใดเหมาะสำหรับการลดความชื้นในอากาศเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไปในอนาคต โดยระบบการทำการทดลองมีส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองลดความชื้นเพื่อทำการเก็บผลการทดลองในรูปแบบต่างๆ สามารถแสดงการทำงานในการทดลองได้ดังนี้

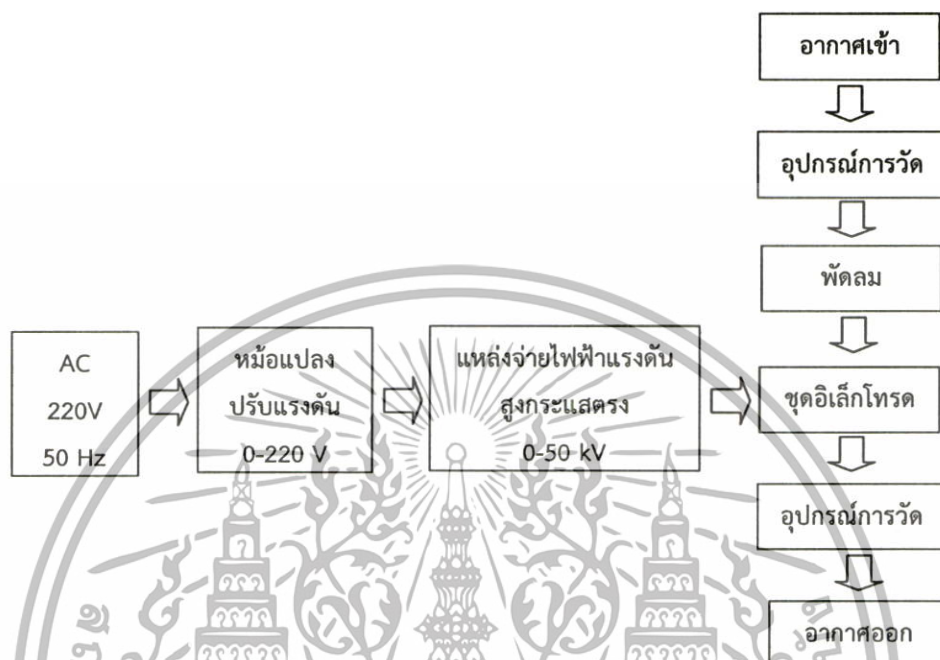


รูปที่ 4.1 โครงสร้างชุดทดลองเมื่อประกอบเพื่อทำการทดลอง

จากรูปที่ 4.1 ชุดทดลองการลดความชื้นในอากาศประกอบไปด้วยการควบคุมอยู่ 2 ส่วนหลัก คือส่วนการควบคุมทางด้านไฟฟ้ากับทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยทางด้านไฟฟ้าจะมีอุปกรณ์ในการทดลองได้แก่ หมายเลข 1 คือ หม้อแปลงไฟฟ้าปรับแรงดัน หมายเลข 2 คือ แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง กระแสตรง หมายเลข 3 คือ โวลเทจดีไวเดอร์ หมายเลข 4 คือ มัลติมิเตอร์ หมายเลข 5 คือ วัตต์มิเตอร์ และทางด้านสิ่งแวดล้อมจะมีอุปกรณ์ได้แก่ หมายเลข 6 คือแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง หมายเลข 7 คือ พัดลมกระแสตรง หมายเลข 8 คือ มิเตอร์วัดความเร็วลม ส่วนชุดทดลองจะประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปด้วยหมายเลข 9 คือ ชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับลดความชื้น หมายเลข 10 คือ มิเตอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ มีการต่อการทดลองดังแสดงในไดอะแกรมขั้นตอนทดลองการลดความชื้นในอากาศดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ไดอะแกรมขั้นตอนการทดลองการลดความชื้นในอากาศ

โดยจะแบ่งการทดลองออกเป็นดังนี้

- 1) การทดลองการลดความชื้นในอากาศด้วยปัจจัยทางไฟฟ้า
- 2) การทดลองการลดความชื้นในอากาศด้วยปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม
- 3) การวิเคราะห์ปัจจัยอื่นที่เกิดหลังจากการลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคสนามไฟฟ้า
- 4) การเปรียบเทียบผลการทดลองกับโปรแกรมช่วยในการคำนวณการลดความชื้นในอากาศ
- 5) การทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลของการลดความชื้นในอากาศระหว่างใช้เทคนิคสนามไฟฟ้ากับใช้ชุดลดความร้อน

สนามไฟฟ้ากับใช้ชุดลดความร้อน

4.1 การทดลองการลดความชื้นในอากาศด้วยปัจจัยทางไฟฟ้า

จากสมมุติฐานการเกิดกระบวนการไอออไนเซชันทำให้เกิดการแตกตัวของโมเลกุลแก๊สต่างๆ ได้ถ้ามีระดับพลังงานมากกว่าพลังงานพันธะของโมเลกุลแก๊สนั้นๆ จากการศึกษาและทำการออกแบบชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับลดความชื้นในอากาศ จึงนำมาสู่การทดลองเพื่อศึกษาผลของความชื้นในอากาศที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ ว่าจะส่งผลเป็นลักษณะใด โดยการทดลองจะปรับความเร็วลมของอากาศที่ผ่านชุดอิเล็กทรอนิกส์ให้มีค่าคงที่ที่ระดับ 3 m/s จากนั้นทำการปรับแรงดันไฟฟ้าขึ้นทีละ 1 kV ทำการทดลองและบันทึกผลการทดลองเป็นเวลา 15 นาที

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 1) หม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 0-220 V
- 2) แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง 0-50 kV
- 3) ชุดอิเล็กทรอนิกส์ระบายกับอิเล็กทรอนิกส์ที่แปลงแหล่งจ่ายจำนวนตัวนำ 210 แห่งตัวนำ
- 4) โวลต์เตจดีไวเดอร์
- 5) มัลติมิเตอร์ APPA 73 ใช้สำหรับวัดแรงดันที่ออกจากโวลต์เตจดีไวเดอร์
- 6) เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ยี่ห้อ SILA รุ่น AP-104 มีความละเอียดในการวัดความชื้นสัมพัทธ์ $\pm 3\%$
- 7) มิเตอร์วัดความเร็วลมรุ่น CHAUVIN ARNOVX C.A.822

ขั้นตอนในการทดลอง

- 1) ทำการต่อหม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้าเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรงพร้อมทั้งต่อโวลต์เตจดีไวเดอร์เข้ากับมัลติมิเตอร์เพื่อทำการวัดแรงดันที่ใช้ทดลอง
- 2) นำชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับลดความชื้นในอากาศต่อเข้ากับชุดทดลองในข้อที่ 1
- 3) ปรับความเร็วลมคงที่ที่ระดับ 3 m/s
- 4) ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทีละ 1 kV
- 5) บันทึกผลการทดลอง
- 6) เปลี่ยนชั่วแรงดันไฟฟ้า
- 7) ทำการทดลองซ้ำใน ข้อ 4 ถึง ข้อ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการลดความชื้นในอากาศโดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้าชั่วคราว

ระดับแรงดันไฟฟ้า	0-9 kV	≤10kV
%RH	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง	เกิดการเบรคดาวน

จากการทดลองพบว่าในการจ่ายแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวนั้นตั้งแต่เริ่มจ่ายแรงดันไฟฟ้าจนถึงระดับแรงดันไฟฟ้าที่ 9 kV เป็นเวลา 15 นาที ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นในอากาศ จึงทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นที่ระดับ 10 kV ในชุดอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ทำการออกแบบเกิดการเบรคดาวน จากนั้นจึงทำการเปลี่ยนชั่วคราวแรงดันไฟฟ้าเป็นชั่วคราว ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ระดับ 10 kV เท่ากับการจ่ายในชั่วคราวนั้นปรากฏว่าระบบไม่เกิดการเบรคดาวน ดังแสดงในรูปที่ 4.3 คือ การเปรียบเทียบลักษณะการกระจายของค่าความเครียดสนามไฟฟ้าจาก (ก) แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวที่ระดับ 10 kV (ข) แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวที่ระดับ 10 kV



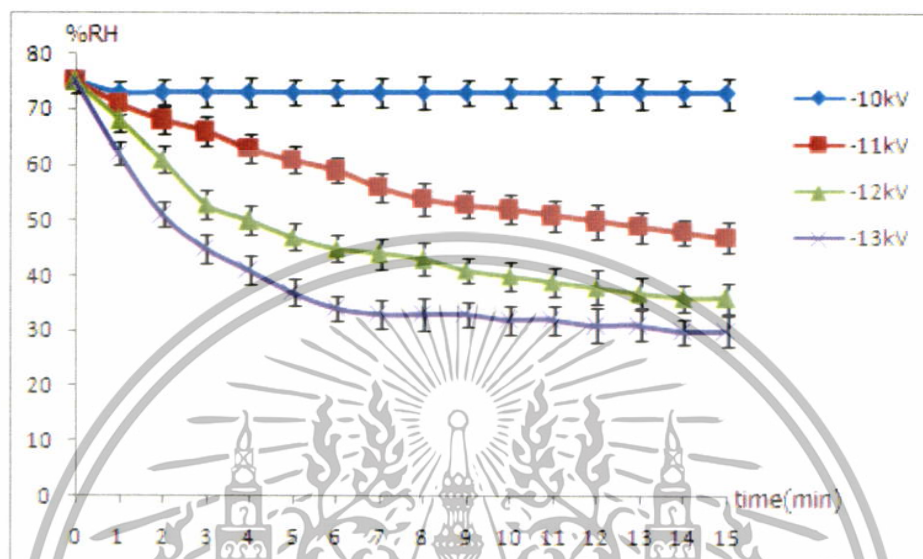
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบลักษณะการกระจายของค่าความเครียดสนามไฟฟ้า

(ก) แรงดันไฟฟ้าชั่วคราว 10 kV

(ข) แรงดันไฟฟ้าชั่วคราว 10 kV

ทำการทดลองตามขั้นตอนการทดลองโดยเปลี่ยนชั่วแรงดันไฟฟ้าเป็นชั่วลบ

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นสัมพัทธ์กับเวลาที่แรงดันไฟฟ้าชั่วลบระดับต่างๆ

จากการทดลองลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคสนามไฟฟ้าที่ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าชั่วลบเป็นเวลา 15 นาที ที่ระดับความเร็วลม 3 m/s โดยในการทดลองมีค่าความชื้นสัมพัทธ์เริ่มต้นที่ 75% ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 10 kV ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงได้ 2% จากนั้นทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเป็น 11 kV ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงได้ 28% ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 12 kV ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงได้ 39% และที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 13 kV ความชื้นสัมพัทธ์สามารถลดลงได้สูงสุดที่ 45% และถ้าจ่ายระดับแรงดันสูงขึ้นอีกในชุดทดลองจะเกิดการเบรกดาวน

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าที่แรงดันไฟฟ้าเดียวกันนั้นแรงดันไฟฟ้าชั่วบวกจะเกิดการเบรกดาวนก่อนแรงดันไฟฟ้าชั่วลบในระดับแรงดันไฟฟ้า 13 kV จะลดความชื้นในอากาศได้ดีเนื่องจากที่ระดับแรงดันไฟฟ้าสูงที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดเท่าเดิมจะทำให้ค่าความเครียดสนามไฟฟ้ามีค่าสูงกว่าที่ระดับแรงดันไฟฟ้าอื่นในชุดทดลองนี้ทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดการแตกตัวได้ดีที่ระยะเวลาเดียวกันกับที่ระดับแรงดันไฟฟ้าอื่น

4.2 การทดลองการลดความชื้นในอากาศด้วยปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาและทำการออกแบบชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับลดความชื้นในอากาศ จึงนำมาสู่การทดลองเพื่อศึกษาผลของความเร็วของอากาศระดับต่างๆ ที่ผ่านชุดอิเล็กทรอนิกส์ที่มีผลกับความชื้นในอากาศ โดยการทดลองจะทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวที่ระดับแรงดันไฟฟ้าคงที่คือ 13 kV ทำการทดลองและบันทึกผลการทดลองเป็นเวลา 15 นาที

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

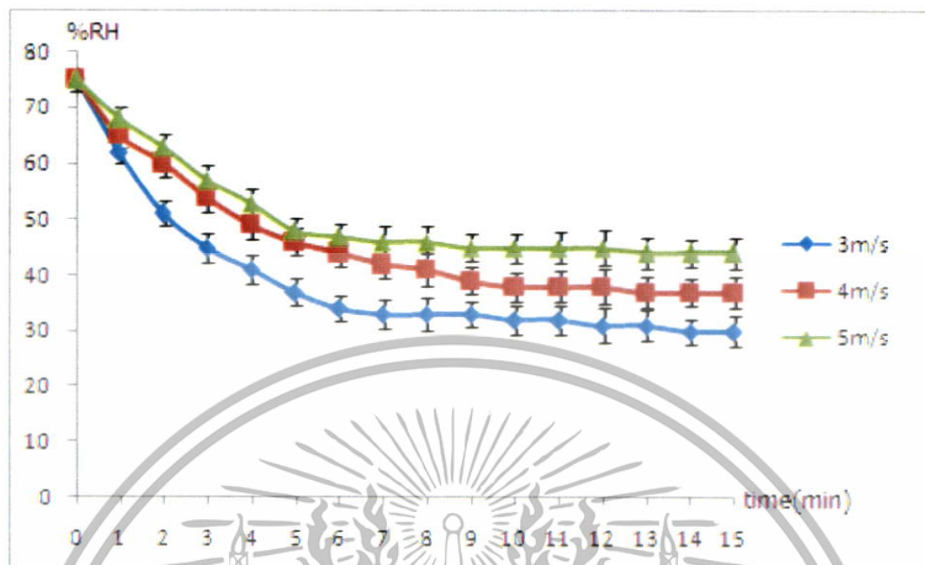
- 1) หม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 0-220 V
- 2) แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง 0-50 kV
- 3) ชุดอิเล็กทรอนิกส์ระบายกับอิเล็กทรอนิกส์แปลงพลังงานจำนวนตัวนำ 210 แห่งตัวนำ
- 4) โวลเตจดีไวเดอร์
- 5) มิลลิเมตร APPA 73 ใช้สำหรับวัดแรงดันที่ออกจากโวลเตจดีไวเดอร์
- 6) เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ยี่ห้อ SILA รุ่น AP-104 มีความละเอียดในการวัดความชื้นสัมพัทธ์ $\pm 3\%$
- 7) มิเตอร์วัดความเร็วลมรุ่น CHAUVIN ARNOVX C.A.822

ขั้นตอนในการทดลอง

- 1) ทำการต่อหม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรงพร้อมทั้งต่อโวลเตจดีไวเดอร์เข้ากับมิลลิเมตร
- 2) นำชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับลดความชื้นในอากาศต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง
- 3) ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวที่ 13 kV
- 4) ทำการปรับความเร็วเพิ่มขึ้นทีละ 1 m/s
- 5) บันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นสัมพัทธ์กับเวลาที่ระดับความเร็วลมต่างๆ

ในการทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อหาค่าความเหมาะสมของความเร็วลมที่ผ่านชุดอิเล็กโทรดสำหรับการลดความชื้นในอากาศโดยจะทำการปรับความเร็วลมตั้งแต่ระดับ 3 m/s จนถึง 5 m/s ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวที่ระดับ 13 kV เป็นเวลา 15 นาที จะได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.5 คือ ความเร็วลมที่ 3 m/s จะลดความชื้นสัมพัทธ์ที่สุดคือลดลงได้ 45 % ความเร็วลม 4 m/s สามารถลดความชื้นสัมพัทธ์ได้ 38% ความเร็วลม 5 m/s สามารถลดความชื้นสัมพัทธ์ได้ 31% นั่นคือความเร็วลมที่ 3 m/s สามารถลดความชื้นในอากาศได้ดีที่สุด ที่ระดับความเร็วลมที่ระดับต่ำกว่า 3 m/s ในชุดทดลองนี้ในการทดลองระบบจะเกิดเบรกดาวนก่อน 15 นาที

วิเคราะห์ผลการทดลอง

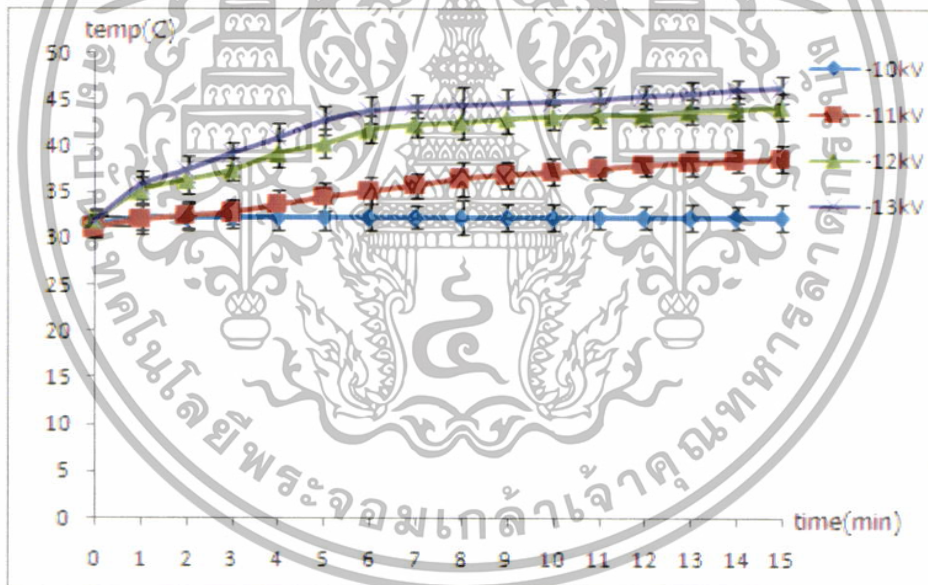
จากการทดลองพบว่าความเร็วลมที่ช้าจะทำให้โมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่ผ่านแนวความเครียดสนามไฟฟ้าได้นานทำให้โมเลกุลของน้ำได้รับพลังงานจากสนามไฟฟ้าได้นานกว่าจึงมีโอกาสที่โมเลกุลของน้ำจะได้รับพลังงานได้เพียงพอที่จะทำให้เกิดการไอออไนเซชันจนทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดการแตกตัวได้มากกว่าความเร็วลมที่เคลื่อนที่ผ่านอิเล็กโทรดแบบเร็ว

4.3 การวิเคราะห์ปัจจัยอื่นที่เกิดหลังจากการลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคสนามไฟฟ้า

4.3.1 การวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิที่ออกจากอิเล็กโทรด

จากหลักการลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคสนามไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดกระบวนการไอออไนเซชันในการสลายพันธะโมเลกุลของน้ำ ซึ่งการทดลองในหัวข้อ 4.1 และ 4.2 ที่ผ่านมาเป็นการศึกษาผลของค่าระดับแรงดันไฟฟ้ารวมถึงขั้วไฟฟ้าและระดับความเร็วลมที่ส่งผลกับกระบวนการไอออไนเซชันว่าระดับใดเหมาะสมกับการนำไปลดความชื้นในอากาศ จากการทดลองในขั้นตอนที่ผ่านมาจึงนำมาสู่การที่จะดูปัจจัยอื่นที่เกิดขึ้นหลังความชื้นในอากาศที่ลดลงจากการแตกตัวของโมเลกุลน้ำ ในหัวข้อนี้จึงทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลของค่าอุณหภูมิ

ผลการทดลอง

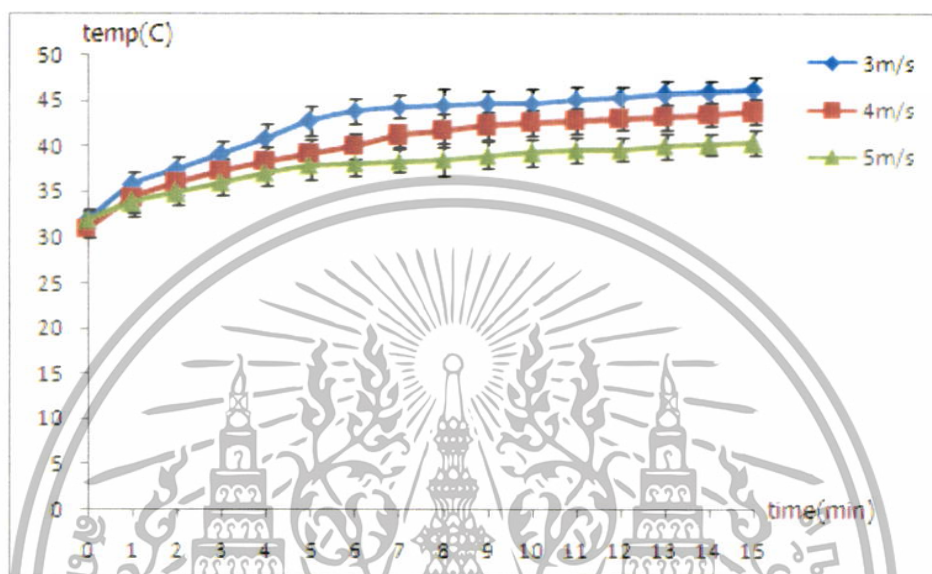


รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิกับเวลาที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ

จากการทดลองในหัวข้อที่ 4.1 ซึ่งเป็นการทดลองการลดความชื้นในอากาศที่แรงดันไฟฟ้าขั้วลบโดยการเปลี่ยนค่าระดับต่างๆ ความเร็วลมที่ผ่านชุดอิเล็กโทรดครั้งที่ 3 m/s จึงเก็บผลของความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งได้กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมาแล้ว โดยในหัวข้อนี้จะเป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิในอากาศที่ออกจากอิเล็กโทรดซึ่งแสดงผลในรูปที่ 4.6 คือ ที่ระดับแรงดันไฟฟ้าขั้วลบที่ระดับแรงดัน 10 kV นั้นความชื้นในอากาศไม่ลดลงเนื่องจากค่าพลังงานไม่ถึงระดับพลังงานไอออไนเซชันให้โมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเกิดการแตกตัวจึงส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศไม่เพิ่มขึ้น ถ้าจ่ายพลังงานเพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าจะส่งผลให้โมเลกุลของน้ำได้รับพลังงานไอออไนเซชันมากขึ้นจึงเกิดการแตกตัวมากขึ้นทำให้อุณหภูมิของอากาศเพิ่มสูงขึ้น ในการทดลองนี้อุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่ระดับแรงดันไฟฟ้าขั้วลบที่ระดับแรงดัน 13 kV เพิ่มขึ้นจากอากาศเริ่มต้นถึง 14.3 °C



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิกับเวลาที่ระดับความเร็วลมต่างๆ

จากการทดลองในหัวข้อ 4.2 ซึ่งเป็นการทดลองการลดความชื้นในอากาศโดยการเปลี่ยนความเร็วของอากาศตั้งแต่ 3 m/s จนถึง 5 m/s ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าขั้วลบคงที่ที่ระดับ 13 kV จึงเก็บผลของความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งได้กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมาแล้ว โดยในหัวข้อนี้จะเป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิในอากาศที่ออกจากอิเล็กโทรดซึ่งแสดงผลในรูปที่ 4.7 คือ ที่ความเร็วลม 3 m/s จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นมากที่สุดคือ 14.3 °C ที่ความเร็วลม 4 m/s จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 12.8 °C และที่ความเร็วลม 5 m/s จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 8.4 °C

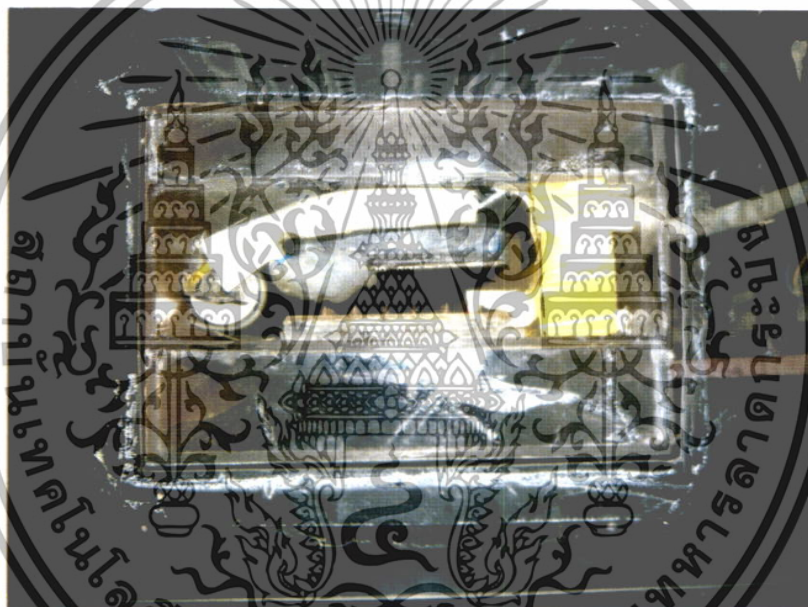
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองในหัวข้อนี้ทำให้ทราบว่าเมื่อความชื้นในอากาศลดลงนั้นเป็นผลมาจากกระบวนการไอออไนเซชันภายในโมเลกุลของน้ำ ในการแตกตัวของโมเลกุลน้ำจะแสดงได้ดังสมการที่ 2.25 และในการแตกตัวนั้นมีโอกาสที่จะทำให้เกิดแก๊สบางชนิดที่อยู่ในอากาศเกิดความไม่เสถียรจึงเกิดการจับตัวกันเพื่อให้เกิดความเสถียรขึ้นในการจับตัวกันใหม่นั้นจะเกิดการคายพลังงานออกมาซึ่งพลังงานนั้นจะอยู่ในรูปของความร้อน จึงทำให้อุณหภูมิของอากาศทางด้านออกจากอิเล็กโทรดมีค่าสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การวิเคราะห์ผลของแก๊สออกซิเจนที่ออกจากอิเล็กโทรด

จากทฤษฎีและแนวความคิดที่ใช้วิจัยจึงนำมาสู่การทดลองในหัวข้อนี้ ซึ่งหลายๆ งานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำสนามไฟฟ้าไปประยุกต์ใช้ในการกำเนิดแก๊สโอโซน และสรุปได้ว่าเมื่ออากาศที่มีแก๊สออกซิเจนเป็นองค์ประกอบเมื่อได้รับพลังงานจากสนามไฟฟ้าที่มากพอจะทำให้เกิดแก๊สโอโซน จากเหตุผลนี้เองทำให้อิเล็กโทรดที่ออกแบบเพื่อลดความชื้นในอากาศจึงต้องใส่หลอดรังสีอัลตราไวโอเล็ตสำหรับลดอัตราการเกิดแก๊สโอโซน แต่เนื่องด้วยวิธีและขั้นตอนในการวัดแก๊สโอโซนนั้นยังมีความยุ่งยากที่จะนำมาวัดผลในอิเล็กโทรดสำหรับลดความชื้นในอากาศนี้ ในงานวิจัยจึงทำการวัดปริมาณแก๊สออกซิเจนแทนการวัดแก๊สโอโซน



รูปที่ 4.8 ตำแหน่งหลอดรังสีอัลตราไวโอเล็ตภายในชุดอิเล็กโทรด

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 1) หม้อแปลงไฟฟ้าปรับแรงดันกระแสสลับ 0-220 V
- 2) แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง 0-50 kV
- 3) ชุดอิเล็กโทรดระนาบกับอิเล็กโทรดแท่งปลายแหลมจำนวนตัวนำ 210 แท่งตัวนำ
- 4) พัดลมกระแสตรงพร้อมแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง
- 5) เครื่องวัดแก๊สออกซิเจนรุ่น DIGICON DO-551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการทดลอง

- 1) ทำการต่อหม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรงพร้อมทั้งต่อโวลเตจดีไวเดอร์เข้ากับมัลติมิเตอร์
- 2) นำชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับลดความชื้นในอากาศต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง
- 3) ทำการปรับความเร็วคงที่ 3 m/s
- 4) ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าขั้วลบคงที่ที่ 13 kV
- 5) บันทึกผลการทดลอง
- 6) ทำการเปิดหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตความยาวคลื่น 253.7 nm
- 7) ทำการทดลองซ้ำในข้อ 3 ถึง ข้อ 5

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการวัดระดับแก๊สออกซิเจนที่ออกจากอิเล็กทรอนิกส์

	%O ₂ (21%)
ปิดหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต	38.1%
เปิดหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต	41.3%

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองการลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคสนามไฟฟ้าโดยกระบวนการไอออไนเซชันโมเลกุลของน้ำทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดการแตกตัว โดยในงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์แค่ผลของปริมาณแก๊สออกซิเจน จากการเปรียบเทียบผลของแก๊สออกซิเจนระหว่างเปิดหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตกับปิดหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 15 นาที ซึ่งผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าปริมาณแก๊สออกซิเจนในระดับปกติอยู่ที่ 21% ในกรณีที่ปิดหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตปริมาณแก๊สออกซิเจนในอากาศเพิ่มขึ้นมาอยู่ที่ 38.1% เกิดจากปริมาณแก๊สออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นการแตกตัวของโมเลกุลแก๊สที่มีอะตอมของออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ กรณีที่เปิดหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตปริมาณแก๊สออกซิเจนเพิ่มขึ้นมาเป็น 41.3% ซึ่งเพิ่มขึ้นมามากกว่าระดับปิดหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตอีก 3.2% อาจเกิดมาจากในกรณีที่ปิดหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตการแตกตัวของโมเลกุลแก๊สที่มีอะตอมของออกซิเจนเป็นองค์ประกอบไปรวมตัวกันจนเกิดเป็นแก๊สโอโซน เมื่อเปิดหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใส่หลอดรังสีที่มีความยาวคลื่น 253.7 nm ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับสลายแก๊สโอโซนในการสลายนั้นโมเลกุลของแก๊สโอโซนจะแตกตัวเป็นแก๊สออกซิเจนกับอะตอมของออกซิเจนซึ่งเป็นไปตามสมการที่ 2.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การเปรียบเทียบผลการทดลองกับโปรแกรมช่วยในการคำนวณการลดความชื้นในอากาศ

เป็นการทดลองเพื่อศึกษาการออกแบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับลดความชื้นในอากาศ ซึ่งจากหัวข้อที่ 3.4 นั้นเป็นการใช้วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ช่วยในการออกแบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อหาค่าפקเตอร์สนามไฟฟ้า โดยการจำลองระยะห่างของแท่งอิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่เท่ากัน จากการจำลองทำให้ทราบว่าระยะห่างของแท่งอิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่เท่ากันนั้นจะมีค่าของความเครียดของสนามไฟฟ้าแต่ละจุดไม่เท่ากันนำมาสู่การออกแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ทดลองเพื่อลดความชื้นในอากาศเป็น 3 ลักษณะคือ

- 1) อิเล็กโทรดระนาบกับอิเล็กทรอนิกส์ระนาบ
- 2) อิเล็กโทรดแท่งปลายแหลมที่มีระยะห่างระหว่างแท่งอิเล็กทรอนิกส์ 1 cm กับอิเล็กทรอนิกส์ระนาบ
- 3) อิเล็กโทรดแท่งปลายแหลมที่มีระยะห่างระหว่างแท่งอิเล็กทรอนิกส์ 2 cm กับอิเล็กทรอนิกส์ระนาบ

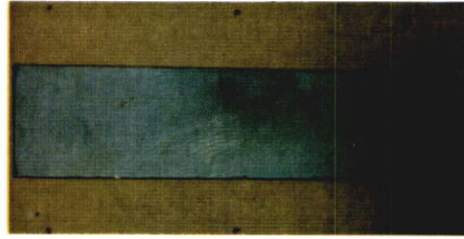
4.4.1 การทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการลดความชื้นในอากาศโดยการเปลี่ยนขั้วอิเล็กทรอนิกส์

เป็นการทดลองเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการทดลองของลดความชื้นในอากาศโดยการเปลี่ยนอิเล็กทรอนิกส์เป็นแบบ

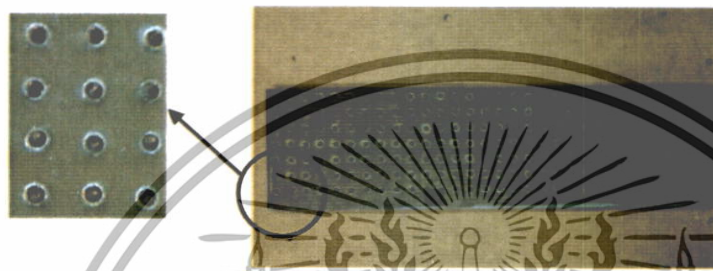
- 1) อิเล็กโทรดระนาบกับอิเล็กทรอนิกส์ระนาบซึ่งทำด้วยแผ่นสแตนเลสที่มีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm และมีระยะห่างระหว่างอิเล็กทรอนิกส์ 1 cm โดยอิเล็กทรอนิกส์แบบระนาบนี้จะมีค่าפקเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 1
- 2) อิเล็กโทรดแท่งปลายแหลมจำนวน 210 แท่งตัวนำ มีระยะห่างระหว่างแท่งตัวนำ 1 cm วางบนแผ่นระนาบที่มีขนาด กว้าง 7 cm ยาว 30 cm กับอิเล็กทรอนิกส์ระนาบขนาด กว้าง 7 cm ยาว 30 cm และมีระยะห่างระหว่างอิเล็กทรอนิกส์ 1 cm โดยชุดอิเล็กทรอนิกส์นี้จะมีค่าפקเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.236
- 3) อิเล็กโทรดแท่งปลายแหลมจำนวน 105 แท่งตัวนำ มีระยะห่างระหว่างแท่งตัวนำ 2 cm วางบนแผ่นระนาบที่มีขนาด กว้าง 7 cm ยาว 30 cm กับอิเล็กทรอนิกส์ระนาบขนาด กว้าง 7 cm ยาว 30 cm และมีระยะห่างระหว่างอิเล็กทรอนิกส์ 1 cm โดยชุดอิเล็กทรอนิกส์นี้จะมีค่าפקเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.226

จะทำการทดลองโดยจ่ายแรงดันไฟฟ้าขั้วลบระดับแรงดันไฟฟ้าคงที่ที่ 13 kV คงที่และความเร็วลม 3 m/s คงที่ ทำการทดลองเป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก



รูปที่ 4.10 อิเล็กทรอนิกส์แผงแผงจำนวน 210 แห่งตัวนำ



รูปที่ 4.11 อิเล็กทรอนิกส์แผงแผงจำนวน 105 แห่งตัวนำ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

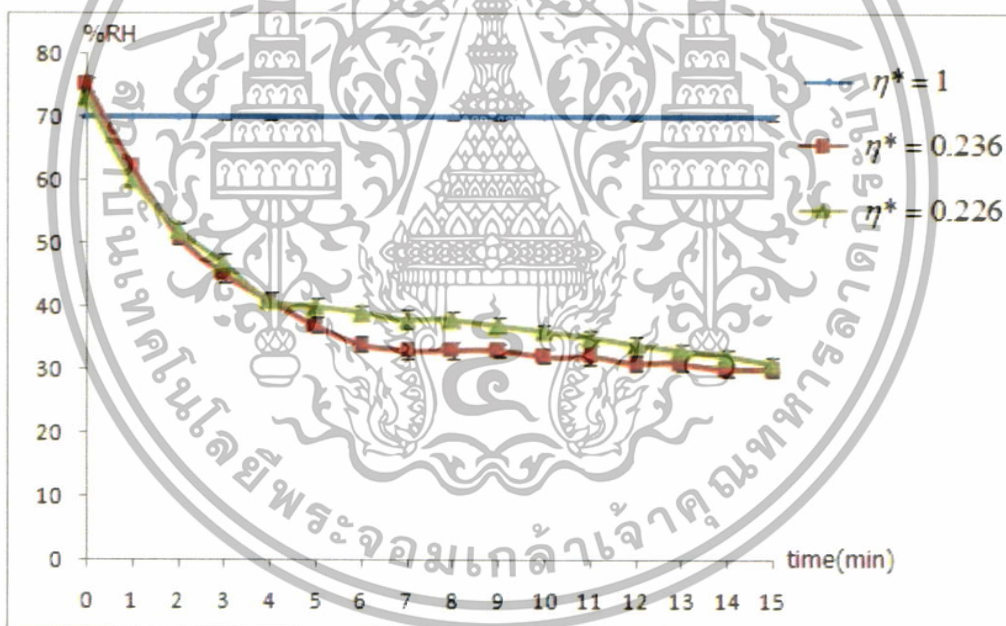
- 1) หม้อแปลงไฟฟ้าปรับแรงดันกระแสสลับ 0-220 V
- 2) แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง 0-50 kV
- 3) ชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการทดลอง
- 4) พัดลมกระแสตรงพร้อมแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง
- 5) โวลเตจดีไวเดอร์
- 6) มิลลิแอมป์มิเตอร์ APPA73 ใช้สำหรับวัดแรงดันที่ออกจากโวลเตจดีไวเดอร์
- 7) เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ยี่ห้อ SILA รุ่น AP-104 มีความละเอียดในการวัดความชื้นสัมพัทธ์ $\pm 3\%$
- 8) มิเตอร์วัดความเร็วลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการทดลอง

- 1) ทำการต่อหม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรงพร้อมทั้งต่อโวลต์จติโวลต์เตอร์เข้ากับมัลติมิเตอร์
- 2) นำชุดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับลดความชื้นในอากาศต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง
- 3) ทำการปรับความเร็วคงที่ 3 m/s
- 4) ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าขั้วลบคงที่ที่ 13 kV
- 5) เปลี่ยนชุดอิเล็กทรอนิกส์
- 6) ทำการทดลองซ้ำในข้อ 1 ถึง ข้อ 4
- 7) บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบผลของค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าต่อการลดความชื้นสัมพัทธ์

วิเคราะห์ผลการทดลอง

เป็นการทดลองลดความชื้นในอากาศโดยจะทำการเปลี่ยนขั้วอิเล็กทรอนิกส์ 3 รูปแบบซึ่งแต่ละแบบจะมีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าไม่เท่ากันและทำการทดลองในเงื่อนไขสภาวะเดียวกันซึ่งผลการทดลองจะแสดงผลในรูปที่ 4.12 ซึ่งทำให้ทราบว่ารูปทรงของอิเล็กทรอนิกส์มีผลกับการลดความชื้นในอากาศ โดยรูปทรงอิเล็กทรอนิกส์ที่มีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 1 จะมีค่าสนามไฟฟ้าเท่ากันทุกจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้านั้นไม่เพียงพอที่จะทำให้โมเลกุลของน้ำในอากาศเกิดการแตกตัวส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ไม่ลดลงมีประสิทธิภาพการลดความชื้นในอากาศ 0% เมื่อเปลี่ยนแผ่นอิเล็กโทรดมาเป็นอิเล็กโทรดแท่งปลายแหลมที่มีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.236 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ลดลงได้ดีมากในช่วงเวลา 2 นาทีแรกหลังจากจ่ายพลังงานนั้นคือค่าพลังงานไอออนในเซนซิ่งมีค่ามากกว่าพลังงานพันธะโมเลกุลของน้ำเมื่อโมเลกุลของน้ำเกิดการเคลื่อนที่ผ่านแนวของสนามไฟฟ้าทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดการแตกตัวและจะค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องซึ่งถ้าในระดับการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเดียวกันกับแบบระนาบตรงบริเวณปลายแท่งอิเล็กโทรดนั้นจะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้ามากกว่าแบบระนาบถึง 4.327 เท่า และมีประสิทธิภาพในการลดความชื้นในอากาศ 60% อิเล็กโทรดแท่งปลายแหลมที่มีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.226 มีการลดลงของความชื้นสัมพัทธ์ใกล้เคียงกันที่ระดับแรงดันไฟฟ้าขั้วลบที่ 13 kV กับอิเล็กโทรดแท่งปลายแหลมที่มีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.236 และมีประสิทธิภาพในการลดความชื้นในอากาศ 57.53%

4.4.2 ผลการทดลองกับโปรแกรมช่วยในการคำนวณการลดความชื้นในอากาศ

เป็นการนำผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.4.1 มาเปรียบเทียบกับโปรแกรมที่ได้จัดสร้างขึ้นในข้อที่ 3.5 เพื่อดูผลของค่าผิดพลาดของโปรแกรมเนื่องจากองค์ประกอบในการทดลองจริงกับโปรแกรมที่ใช้นั้นมีความแตกต่างกันมากจึงต้องการศึกษาเพื่อหาข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นไปเป็นแนวทางในการพัฒนาตัวโปรแกรมเพื่อนำไปใช้ประโยชน์สำหรับเป็นแนวทางการออกแบบชุดอิเล็กโทรดสำหรับการลดความชื้นในอากาศ โดยจะทำการเปรียบเทียบที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 12 kV กับ 13 kV ที่ความเร็วลมคงที่ที่ 3 m/s และทำการเปลี่ยนชุดอิเล็กโทรดที่มีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งจะทำให้แสดงผลของเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ลดลง ค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และค่าประสิทธิภาพของอิเล็กโทรดสำหรับการลดความชื้นในอากาศ

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบผลการทดลองกับโปรแกรมช่วยคำนวณ

ระดับแรงดันไฟฟ้า 12 kV , ความเร็วลม 3 m/s , แพลเตอร์สนามไฟฟ้า 1						%ERROR
การทดลอง			โปรแกรมช่วยคำนวณ			% η
%RH	Temp	% η	%RH	Temp	% η	
0	0	0	4.3	1	6.14	-
ระดับแรงดันไฟฟ้า 13 kV , ความเร็วลม 3 m/s , แพลเตอร์สนามไฟฟ้า 1						
การทดลอง			โปรแกรมช่วยคำนวณ			
%RH	Temp	% η	%RH	Temp	% η	
0	0	0	4.3	1	6.14	-
ระดับแรงดันไฟฟ้า 12 kV , ความเร็วลม 3 m/s , แพลเตอร์สนามไฟฟ้า 0.226						
การทดลอง			โปรแกรมช่วยคำนวณ			
%RH	Temp	% η	%RH	Temp	% η	
20	9	26	47.5	20	65.07	137.5%
ระดับแรงดันไฟฟ้า 13 kV , ความเร็วลม 3 m/s , แพลเตอร์สนามไฟฟ้า 0.226						
การทดลอง			โปรแกรมช่วยคำนวณ			
%RH	Temp	% η	%RH	Temp	% η	
42	14	57.5	51.1	23	70	21.66%
ระดับแรงดันไฟฟ้า 12 kV , ความเร็วลม 3 m/s , แพลเตอร์สนามไฟฟ้า 0.236						
การทดลอง			โปรแกรมช่วยคำนวณ			
%RH	Temp	% η	%RH	Temp	% η	
39	12.3	52	45.9	18	61.2	17.69
ระดับแรงดันไฟฟ้า 13 kV , ความเร็วลม 3 m/s , แพลเตอร์สนามไฟฟ้า 0.236						
การทดลอง			โปรแกรมช่วยคำนวณ			
%RH	Temp	% η	%RH	Temp	% η	
45	14.6	60	50	21	66.67	11.11%

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 เป็นการเปรียบเทียบผลระหว่างการทดลองกับโปรแกรมช่วยในการคำนวณ ทำให้ทราบว่าในส่วนโปรแกรมจะมีข้อผิดพลาดตรงค่าของแพลเตอร์สนามไฟฟ้า ซึ่งโปรแกรมพิจารณาว่าอิเล็กโทรดที่มีค่าแพลเตอร์สนามไฟฟ้าที่มีค่า 0.226 จะมีค่าพลังงานมากที่บริเวณปลายแหลมทำให้สามารถลดความชื้นในอากาศได้ดีแต่ผลในการทดลองจริงในส่วนของแพลเตอร์สนามไฟฟ้าที่มีค่า 0.226 คือมีระยะห่างระหว่างแท่งอิเล็กโทรด 2 cm ซึ่งบริเวณปลายแหลมจะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงแต่ถ้าดูจากผลการจำลองในรูปที่ 3.9 จะทำให้ทราบว่าการกระจายค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างแท่งอิเล็กโทรดนั้นจะมีค่าพลังงานที่น้อยซึ่งอาจจะไม่สามารถทำให้โมเลกุลของน้ำแตกตัวได้จึงทำให้ลดความชื้นในอากาศไม่ดีในย่านระดับแรงดันไฟฟ้า 12 kV เป็นผลให้เกิดค่าผิดพลาดสูงนั้นคือจะเกิดค่าความผิดพลาดสูงถึง 137.5 % ถ้าเทียบกับอิเล็กโทรดที่มีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า 0.236 คือระยะห่างระหว่างแท่งอิเล็กโทรด 1 cm ในพื้นที่บนระนาบเท่ากันที่จะมีจำนวนแท่งอิเล็กโทรดมากกว่าทำให้พื้นที่การกระจายค่าความเครียดสนามไฟฟ้ามากพอที่จะทำให้โมเลกุลของน้ำแตกตัวได้ในปริมาณที่ดีกว่า ซึ่งโปรแกรมช่วยในการคำนวณยังไม่มีฟังก์ชันสำหรับการพิจารณาระยะห่างระหว่างแท่งอิเล็กโทรด

4.5 การทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลของการลดความชื้นในอากาศระหว่างใช้เทคนิคสนามไฟฟ้ากับใช้ขดลวดความร้อน

เป็นการทดลองเพื่อดูแนวทางการลดความชื้นในอากาศระหว่างใช้อิเล็กโทรดสำหรับการลดความชื้นในอากาศกับขดลวดความร้อน ซึ่งการทดลองนี้จะทำการทดลองที่เงื่อนไขเดียวกันคือ ทดลองกับห้องที่มีปริมาตร 0.5 m^3 โดยจ่ายพลังงานที่ให้กับขดลวดความร้อนกับอิเล็กโทรดที่ 150 W เท่ากันเปลี่ยนความเร็วลมที่ใช้ทดลอง 3 ระดับคือ 3 m/s 4 m/s และ 5 m/s โดยจะทำการทดลองเป็นเวลา 15 นาที

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 1) หม้อแปลงไฟฟ้าปรับแรงดันกระแสสลับ 0-220 V
- 2) แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง 0-50 kV
- 3) ชุดอิเล็กโทรดแท่งปลายแหลม จำนวน 210 แท่งตัวน้ำ
- 4) ขดลวดความร้อน
- 5) พัดลมกระแสตรงพร้อมแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง
- 6) มัลติมิเตอร์รุ่น METCIX Mx 240 ใช้สำหรับวัดกำลังไฟฟ้า
- 7) มิเตอร์วัดความเร็วลม
- 8) เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ยี่ห้อ SILA รุ่น AP-104 มีความละเอียดในการวัดความชื้นสัมพัทธ์ $\pm 3\%$
- 9) ห้องสำหรับการทดลองขนาด 0.5 m^3

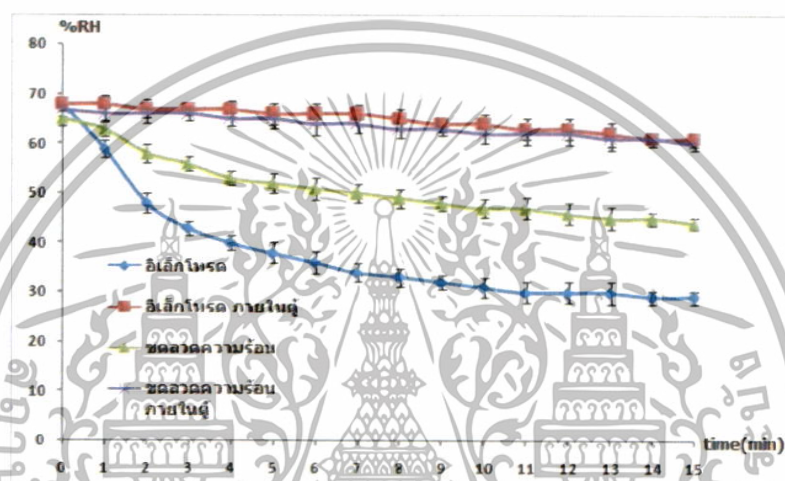
ขั้นตอนในการทดลอง

- 1) ทำการต่อหม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรงพร้อมทั้งต่อโวลเตจดีไวเดอร์เข้ากับมัลติมิเตอร์
- 2) นำชุดอิเล็กโทรดต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง

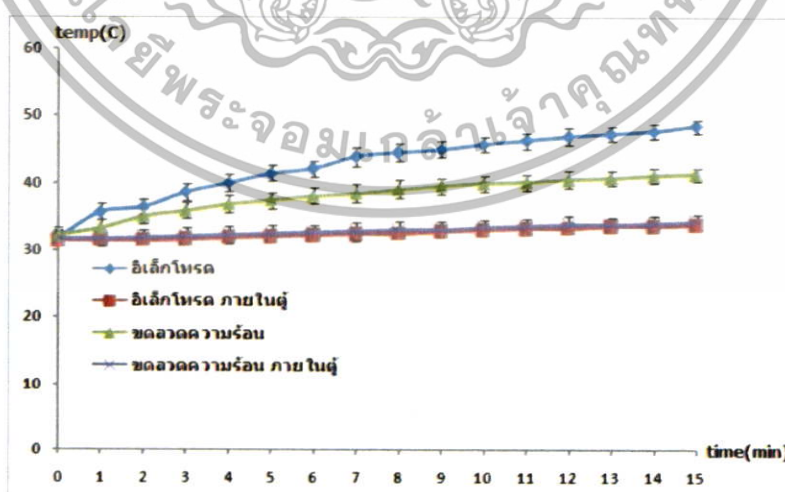
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าขั้วลบให้กับชุดอิเล็กโทรดที่ 150W (-13kV)
- 4) ทำการเปลี่ยนความเร็วลมที่ใช้ทดสอบทีละ 1 m/s
- 6) ทำการเปลี่ยนจากชุดอิเล็กโทรดเป็นชุดลดความร้อน
- 7) ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับชุดลดความร้อน 150 W
- 8) บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

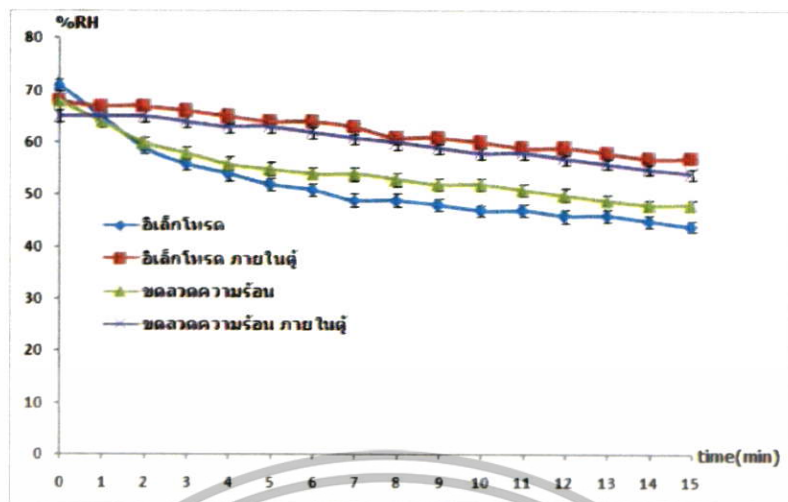


รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างอิเล็กโทรดกับชุดลดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 3 m/s

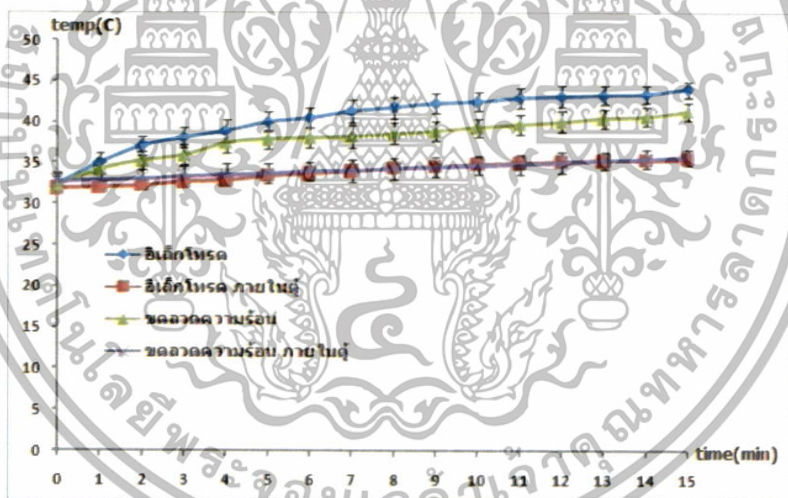


รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิระหว่างอิเล็กโทรดกับชุดลดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 3 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

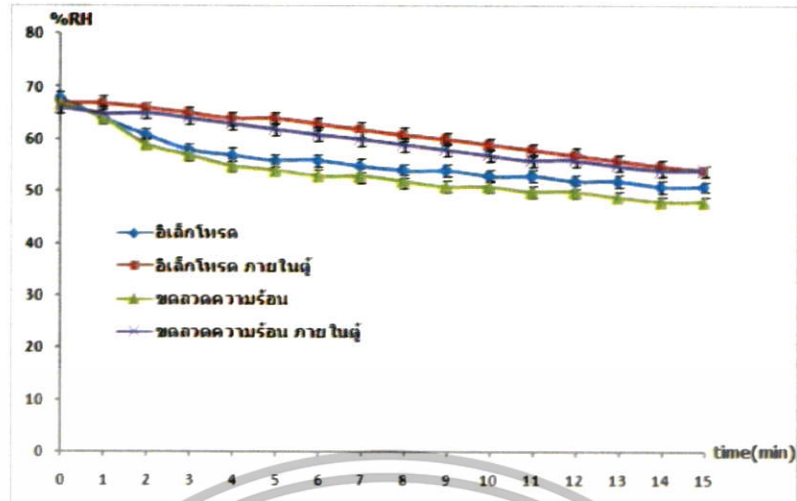


รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างฮีเลียมโรดกับขดลวดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 4 m/s

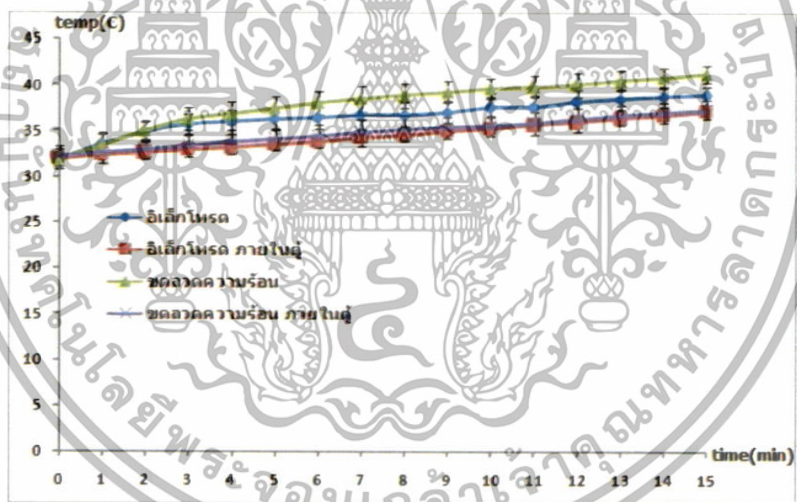


รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิระหว่างฮีเลียมโรดกับขดลวดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 4 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างอิเล็กโทรดกับขดลวดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 5 m/s



รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิระหว่างอิเล็กโทรดกับขดลวดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 5 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองที่ได้จากรูปที่ 4.13 ถึง 4.18 พบว่าการลดลงของความชื้นในอากาศที่ออก จากขั้วอิเล็กโทรดที่ความเร็วลมที่ 3 m/s จะลดได้ดีมากเมื่อเทียบกับขดลวดความร้อนที่ความเร็วลม เดียวกันเป็นผลมาจากกระบวนการการแตกตัวของโมเลกุลแก๊สที่อิเล็กโทรดสามารถลดความชื้น สัมพัทธ์ได้ถึง 39% ส่วนขดลวดความร้อนนั้นสามารถลดความชื้นสัมพัทธ์ได้ 21 % นั้นหมายความว่า ที่ระดับการใช้พลังงานเท่ากันที่ความเร็วลมต่ำใช้เทคนิคสนามไฟฟ้าจะดีกว่าใช้ขดลวดความร้อน แต่ ในตำแหน่งที่วัดในชุดทดสอบขนาด 0.5 m³ นั้นผลของการลดลงของความชื้นในอากาศนั้นใกล้เคียง กันเพราะว่าเมื่อความเร็วลมที่เคลื่อนที่ข้างผลให้มวลของอากาศที่อยู่ในห้องที่ทำการวัดผ่าน อิเล็กโทรดได้ช้า ในกรณีที่มีความเร็วลม 4 m/s ความชื้นสัมพัทธ์ที่ออกจากอิเล็กโทรดนั้นลดลงได้น้อย กว่าความเร็วลม 3 m/s ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในหัวข้อที่ 4.2 ส่วนขดลวดความร้อนนั้นผลไม่ แตกต่างกันมากนัก ความชื้นสัมพัทธ์ในชุดทดสอบขนาด 0.5 m³ นั้นสามารถลดลงได้ดีกว่าความเร็ว ลม 3 m/s และเมื่อความเร็วลมที่ 5 m/s ในการลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคสนามไฟฟ้าจะ สามารถลดความชื้นสัมพัทธ์ได้ 17 % ถ้าเป็นขดลวดความร้อนจะสามารถลดความชื้นสัมพัทธ์ได้ 19 % จากผลการทดลองที่สามารถสรุปได้ว่าการลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคสนามไฟฟ้าเกิด จากกระบวนการไอออนในเซชันภายในโมเลกุลของน้ำ

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการออกแบบ

จากการที่ได้ศึกษาในงานวิจัยนี้ถือได้ว่าเป็นการศึกษาเพื่อออกแบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคสนามไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดกระบวนการไอออนเซชันโมเลกุลแก๊สและได้ทำการศึกษาลักษณะการกระจายค่าความเครียดสนามไฟฟ้าโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อนำมาใช้หาค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า พร้อมกับสร้างโปรแกรมเพื่อช่วยในการออกแบบและหาประสิทธิภาพของการลดความชื้นในอากาศโดยใช้โปรแกรม Visual Basic เพื่อเป็นแนวทางพัฒนาที่จะใช้เป็นเทคนิคใหม่ที่จะทำให้เกิดรูปธรรมมากขึ้นในอนาคต โดยทำการสร้างอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นแผ่นกราวด์จะใช้แผ่นสแตนเลสหนา 3 mm มีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm และมีระยะห่างระหว่างอิเล็กทรอนิกส์ 1 cm สำหรับขั้วอิเล็กทรอนิกส์จะทำการสร้างเป็น 3 ลักษณะคือ

1) ขั้วอิเล็กทรอนิกส์แบบระนาบซึ่งจะใช้วัสดุเป็นแผ่นสแตนเลสหนา 3 mm และมีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm อิเล็กทรอนิกส์แบบนี้จะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเท่ากันทุกจุดนั่นคือมีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 1

2) ขั้วอิเล็กทรอนิกส์แบบปลายแหลมซึ่งจะใช้วัสดุคือทองแดงปลายแหลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3 mm สูง 0.5 cm จำนวน 210 แห่งตัวนำ วางบนแผ่นระนาบที่มีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm ระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กทรอนิกส์ 1 cm อิเล็กทรอนิกส์แบบนี้จะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าไม่เท่ากันทุกจุดและมีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.236

3) ขั้วอิเล็กทรอนิกส์แบบปลายแหลมซึ่งจะใช้วัสดุคือทองแดงปลายแหลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3 mm สูง 0.5 cm จำนวน 210 แห่งตัวนำ วางบนแผ่นระนาบที่มีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 30 cm ระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กทรอนิกส์ 2 cm อิเล็กทรอนิกส์แบบนี้จะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าไม่เท่ากันทุกจุดและมีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.226

5.2 สรุปผลการวิจัย

จากการออกแบบและสร้างอิเล็กทรอนิกส์สำหรับลดความชื้นในอากาศพร้อมทั้งสร้างเงื่อนไขการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1) แรงดันไฟฟ้าขั้วบวกในชุดทดลองนี้ไม่มีผลกับการลดความชื้นในอากาศอาจเป็นเพราะระยะห่างระหว่างอิเล็กทรอนิกส์น้อยจนเกินไปจนไม่สามารถสร้างพลังงานในระดับไอออนเซชันโมเลกุลของน้ำได้และในการทดลองนี้ยังมีผลของประจุค้างทำให้ที่ระดับแรงดันไฟฟ้าเดียวกันขั้วบวกจะเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบรกดาวนก่อนแรงดันไฟฟ้าชั่วลบ ในกรณีของแรงดันไฟฟ้าชั่วลบในชุดทดลองนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการลดความชื้นในอากาศได้โดยค่าพลังงานที่ดีที่สุดสำหรับการลดความชื้นนั้นจะอยู่ช่วงโคโรนาดีสชาร์จซึ่งเชื่อมโยงระหว่างพลังงานพันธะทางเคมีกับไฟฟ้า

2) ความเร็วลมที่เหมาะสมสำหรับการลดความชื้นในอากาศคือความเร็วลมที่เคลื่อนที่ผ่านอิเล็กโทรดแบบซ้ำเนื่องจากโมเลกุลของน้ำในอากาศรับพลังงานจากสนามไฟฟ้าได้นาน

3) ความชื้นในอากาศที่ลดลงจะส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากอิเล็กโทรดสูงขึ้นเนื่องจากโมเลกุลของน้ำและแก๊สบางชนิดที่อยู่ในอากาศเกิดการแตกตัวและแก๊สบางชนิดหลังจากการแตกตัวจะอยู่ในสภาพไม่เสถียรจึงทำให้ปรวมตัวกันเพื่อให้เกิดความเสถียร ในกระบวนการรวมตัวนี้จำเป็นต้องคายพลังงานออกมา ซึ่งพลังงานจะอยู่ในรูปของความร้อนจึงทำให้อุณหภูมิด้านออกจากอิเล็กโทรดสูงขึ้น

4) รูปทรงของขั้วอิเล็กโทรดมีผลกับการลดความชื้นในอากาศโดยอิเล็กโทรดที่มีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าสูงจำเป็นต้องจ่ายแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าอิเล็กโทรดที่มีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าต่ำเพื่อให้ได้ความเครียดสนามไฟฟ้าที่ระดับแรงดันเดียวกัน อิเล็กโทรดที่เหมาะสมสำหรับลดความชื้นในอากาศคืออิเล็กโทรดแท่งปลายแหลมเนื่องจากมีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าต่ำที่สุด ระยะห่างระหว่างแท่งอิเล็กโทรดภายในขั้วอิเล็กโทรดมีผลกับการลดความชื้นคือถ้าระยะห่างระหว่างแท่งอิเล็กโทรดน้อยจะมีตัวนำมีจำนวนแท่งตัวนำมากทำให้ค่าสนามไฟฟ้าสูงสุดมีบริเวณกว้างส่งผลให้พลังงานที่ถึงระดับไอออนเซชันของโมเลกุลน้ำมีบริเวณกว้างทำให้มีประสิทธิภาพของอิเล็กโทรดสำหรับลดความชื้นในอากาศสูงและประสิทธิภาพในการลดความชื้นในอากาศของอิเล็กโทรดยังขึ้นอยู่กับระดับแรงดันไฟฟ้า ความเร็วลมที่ผ่านอิเล็กโทรด

5) โปรแกรมที่ช่วยในการคำนวณหาประสิทธิภาพของอิเล็กโทรดนั้นจะมีความผิดพลาดในการคำนวณมากที่ระยะห่างระหว่างแท่งอิเล็กโทรดที่มีความห่างกันมาก ซึ่งในงานวิจัยนี้ที่ระยะห่างระหว่างแท่งอิเล็กโทรดที่ 2 cm มีความผิดพลาดอยู่ที่ 137.5 % เนื่องมาจากการคำนวณนั้นใช้การคำนวณมาจากอิเล็กโทรดที่มีลักษณะแบบระนาบ ซึ่งถ้าหากเปลี่ยนระยะห่างของแท่งอิเล็กโทรดให้ใกล้กันมากขึ้นโปรแกรมจะสามารถคำนวณได้ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งในระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดปลายแหลมที่ 1 cm ในงานวิจัยนี้จะมีความผิดพลาดลดลงเหลือ 11.11 %

6) การลดความชื้นในอากาศโดยใช้เทคนิคสนามไฟฟ้านั้นเป็นการลดความชื้นโดยการทำให้โมเลกุลของน้ำในอากาศเกิดการแตกตัวซึ่งแตกต่างจากการใช้ขดลวดความร้อนเป็นการลดความชื้นโดยการทำให้อากาศเกิดการขยายตัวเนื่องจากความร้อน

5.3 ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานการทำวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ผู้เขียนได้รวบรวมปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะเพื่อที่จะนำไปพัฒนาอิเล็กโทรดสำหรับลดความชื้นในอากาศต่อไปในอนาคตได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ในการสร้างอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นปลายแหลมโดยการใช้ลวดทองแดงมาทำให้เป็นแหลมนั้นมีความยุ่งยาก จำนวนแท่งตัวนำอาจจะมีความแหลมไม่เท่ากันและระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กทรอนิกส์กับขั้วกรวดความสูงอาจไม่เท่ากันทุกจุดทำให้ในจ่ายแรงดันไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดค่าสนามไฟฟ้านั้นบางแท่งอิเล็กทรอนิกส์มีความเครียดสนามไฟฟ้าถึงย่านเบรกควาน์แต่บางแท่งอิเล็กทรอนิกส์ยังมีความเครียดสนามไฟฟ้าไม่เพียงพอในการทำให้เกิดกระบวนการการไอออไนเซชันของโมเลกุลน้ำนั่นคือในการใช้งานจริงค่าความเครียดสนามไฟฟ้าไม่สามารถเท่ากันทุกจุดได้ และบางแท่งอิเล็กทรอนิกส์เกิดการเบรกควาน์นั้นความแหลมของปลายแหลมจะลดลงทำให้ค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดบริเวณปลายแหลมมีค่าลดลง นั่นคือถ้านำอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการทดลองมาใช้หลายๆ ครั้งจะทำให้ประสิทธิภาพของอิเล็กทรอนิกส์ลดลง

2) ในการทดลองแต่ละครั้งความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศไม่เท่ากันยกตัวอย่างเช่น ถ้าทดลองช่วงเวลากลางวันจะมีความชื้นสัมพัทธ์เริ่มต้นต่ำแต่มีอุณหภูมิสูง และถ้าทดลองช่วงเวลากลางคืนจะมีความชื้นสัมพัทธ์เริ่มต้นสูงอุณหภูมิต่ำ ทำให้ในการทดลองใช้เวลานานคือต้องรอให้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเท่ากัน

3) ในการจ่ายค่าพลังงานในการทดลองช่วงที่ลดความชื้นในอากาศได้ดีคือย่านที่ทำให้เกิดโคโรนาดิสชาร์จซึ่งช่วงนี้ถ้าเกิดเพิ่มแรงดันเพียงน้อยก็อาจทำให้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นมาก นั่นคือในการทดลองมีโอกาสผิดพลาดสูงถ้าวัดแต่ย่านแรงดันไฟฟ้าอย่างเดียว

4) หลังจากการลดความชื้นในอากาศด้วยกระบวนการการไอออไนเซชันภายในโมเลกุลของน้ำ เมื่อโมเลกุลน้ำเกิดการแตกตัวจะได้ทั้งแก๊สออกซิเจนและแก๊สไฮโดรเจนซึ่งแก๊สไฮโดรเจนนั้นมีโอกาสที่จะติดไฟได้เทคนิคนี้จึงไม่เหมาะสำหรับพื้นที่บริเวณที่มีประกายไฟ ส่วนแก๊สออกซิเจนถ้ายังค้างอยู่ในสนามพลังงานเป็นเวลามีโอกาสที่จะแตกตัวเกิดเป็นแก๊สไอออนถ้าไม่ต้องการแก๊สไอออนจึงจำเป็นต้องออกแบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อรองรับการติดตั้งหลอดรังสีอัลตราไวโอเล็ตซึ่งจะมีความยุ่งยากในการติดตั้ง

5) ในส่วนการพัฒนาต่อไปยังมีตัวแปรที่น่าสนใจและวิเคราะห์เพิ่มเติมดังต่อไปนี้

5.1) แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงควรจะเป็นแบบแรงดันสูงความถี่สูง

5.2) วัสดุที่นำมาทำเป็นเข็มตัวนำควรจะเป็นวัสดุที่มีความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าเบรกควาน์

5.3) ถ้านำเทคนิคสนามไฟฟ้าไปใช้กับห้องเพื่อลดความชื้นควรจะทำชุดควบคุมความเร็วลมทั้งทางด้านเข้าอิเล็กทรอนิกส์กับความเร็วลมทางด้านออกของอิเล็กทรอนิกส์

5.4) ในกรณีจะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ควรจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความชื้นต่ำแต่อุณหภูมิสูง

5.5) ในส่วนของโปรแกรมช่วยในการคำนวณควมมีฟังก์ชันระยะห่างระหว่างแท่งอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้มีความถูกต้องในการคำนวณมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Renato M. Lazzarin , Francesco Castellotti “A new heat pump Desiccant dehumidifier for supermarket application” ENERGY and BULIDINGS ,Vol 39 , pp. 59-65, 2007.
- [2] M. Arif-uz-Zaman, M. Rezwon Khan, A. K. M. Sadrul Islam, and M. Fayyaz Khan “A Novel Dehumidification Technique Using Electric Field”IEEE Trans. Industry Applv, Vol. 32, no.1, pp.36-40 , 1996.
- [3] John J. Lowke, Member, Richard Morrow “Theoretical Analysis of Removal of Oxides of Sulphur and Nitrogen in Pulsed Operation of Electrostatic Precipitators” IEEE Transaction on Plasma Science, Vol.23. No. 4, August, 1995.
- [4] พรพิมล รัตนวิเชียร และ ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล “การผลิตโอโซนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์” วิทยานพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง, 2534.
- [5] S.Potivejkul , V.Kinnares , P.Rattavichien , King Mongkut Institute of Technology Ladkrabang , Thailand “Design of Ozone Generator Using Solar Energy” IEEE Conference on Industry Application , Vol.217 , June 24 , 1998.
- [6] อินทิรา หาญพงษ์พันธ์ , บัญชา พูลโกศา “เคมีทั่วไป” จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- [7] สมชัย อัครทิวา , ขวัญจิต วงษ์ขารี “เทอร์โมไดนามิกส์” สำนักพิมพ์แมครอฮิล,2550.
- [8] ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์ “การทำความเย็นและปรับอากาศ” พิมพ์ครั้งที่1 สำนักพิมพ์ ก.วิวรรธน์ , 2538.
- [9] E. Kuffel and W. S. Zaengl “ High Voltage Engineering Fundamentals” PERGAMON PRESS, 1988.
- [10] ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล , “เอกสารประกอบการบรรยาย High – Voltage Engineering” สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [11] E. I. Skibenko , V. B. Yuferov , I. V. Buravilov and A.N.Ponomarev “Rates and Channels of Water Ionization by a High-Current High-Voltage Pulsed Discharge” GAS DISCHARGES PLASMA, Vol.77 , no 5. pp. 19-22 , 2007.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] Maria D. Romero-Sanchez , M. Mercedes Pastor - Blas , Jose Miguel Martin-Martinez, M.J. Walzak “Addition of Ozone in the UV Radiation Treatment of a Synthetic Styrene-Butadiene(SBS) Rubber” ADHESION & ADHESIVES, Vol.25 , pp.358-370, 2005.
- [13] ปราโมทย์ เดชะอำไพ , สุทธิศักดิ์ พงศ์ธนาพานิช “ไฟไนต์เอเลเมนต์อย่างง่ายพร้อมซอฟต์แวร์” 2548.
- [14] ทวีศักดิ์ ศรีช่วย “เขียนแบบวิศวกรรมด้วยโปรแกรม SolidWorks” 2548.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 การทดลองการลดความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ ที่
ความเร็วลม 3 m/s 4 m/s และ 5 m/s อิเล็กโทรดมีแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 1

เวลา (นาที)	10kV		11kV		12kV		13kV	
	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C
0	70	31.4	70	31.4	70	31.4	70	31.4
1	70	31.4	70	31.4	70	31.4	70	31.4
2	70	31.4	70	31.4	70	31.4	70	31.4
3	70	31.4	70	31.4	70	31.4	70	31.4
4	70	31.4	70	31.4	70	31.4	70	31.4
5	70	31.4	70	31.4	70	31.4	70	31.4
6	70	31.4	70	31.4	70	31.4	70	31.4
7	70	31.4	70	31.4	70	31.4	70	31.4
8	70	31.4	70	31.4	70	31.4	70	31.4
9	70	31.4	70	31.4	70	31.4	70	31.4
10	70	31.4	70	31.4	70	31.4	70	31.4
11	70	31.4	70	31.4	70	31.4	70	31.4
12	70	31.4	70	31.4	70	31.4	70	31.4
13	70	31.4	70	31.4	70	31.4	70	31.4
14	70	31.4	70	31.4	70	31.4	70	31.4
15	70	31.4	70	31.4	70	31.4	70	31.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 การทดลองการลดความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ ที่
ความเร็วลม 3 m/s อิเล็กโทรดมีแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.226

เวลา (นาที)	10kV		11kV		12kV		13kV	
	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C
0	75	31.4	75	31.5	75	32	73	30.9
1	74	31.9	73	32	68	35.9	60	34.1
2	74	32	70	32.5	63	38.3	52	36.9
3	74	32	69	32.8	60	39.4	47	39
4	74	32	68	33	59	39.9	41	41.5
5	74	32	68	33.1	58	40.3	40	42
6	74	32	68	33.1	57	40.5	39	42.8
7	74	32	67	33.3	56	40.8	38	43.1
8	74	32	67	33.3	56	40.8	38	43.3
9	74	32	67	33.3	56	40.9	37	43.5
10	74	32	67	33.3	56	40.9	36	43.7
11	74	32	67	33.4	56	40.9	35	43.9
12	74	32	67	33.4	55	40.9	34	44.1
13	74	32	67	33.4	55	41	33	44.4
14	74	32	67	33.4	55	41	32	44.6
15	74	32	67	33.4	55	41	31	44.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 การทดลองการลดความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ ที่
ความเร็วลม 3 m/s อิเล็กโตรดมีแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.236

เวลา (นาท)	10kV		11kV		12kV		13kV	
	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C
0	75	31.4	75	31.1	75	32	75	31.9
1	73	32.3	71	32	68	35.1	62	35.7
2	73	32.3	68	32.5	61	36.3	51	37.5
3	73	32.3	66	32.8	53	37.5	45	39.2
4	73	32.3	63	33.7	50	39.2	41	40.9
5	73	32.3	61	34.5	47	40.3	37	42.8
6	73	32.3	59	35.2	45	41.8	34	43.9
7	73	32.3	56	35.8	44	42.4	33	44.3
8	73	32.3	54	36.5	43	42.6	33	44.5
9	73	32.3	53	36.9	41	43	33	44.6
10	73	32.3	52	37.3	40	43.2	32	44.8
11	73	32.3	51	37.7	39	43.4	32	45.1
12	73	32.3	50	38	38	43.5	31	45.4
13	73	32.3	49	38.2	37	43.8	31	45.7
14	73	32.3	48	38.5	36	44.1	30	46
15	73	32.3	47	38.7	36	44.3	30	46.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 การทดลองการลดความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ ที่
ความเร็วลม 4 m/s อิเล็กโทรดมีแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.236

เวลา (นาท.)	10kV		11kV		12kV		13kV	
	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C
0	75	32	75	31.4	75	31.3	75	31
1	75	32	73	32	70	32.7	65	34.3
2	75	32	72	32.2	67	33.3	60	36
3	75	32	72	32.2	65	33.9	54	37.3
4	75	32	71	32.2	64	34.2	49	38.4
5	75	32	71	32.2	64	34.4	46	39.2
6	75	32	71	32.2	63	34.6	44	40.1
7	75	32	71	32.2	62	34.8	42	41.2
8	75	32	71	32.2	62	34.9	41	41.8
9	75	32	71	32.2	61	35.1	39	42.3
10	75	32	71	32.2	60	35.2	38	42.6
11	75	32	71	32.2	60	35.4	38	42.8
12	75	32	71	32.2	59	35.7	37	43
13	75	32	71	32.2	58	35.9	37	43.2
14	75	32	71	32.2	58	36.1	37	43.5
15	75	32	71	32.2	57	36.3	37	43.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 การทดลองการลดความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ ที่
ความเร็วลม 5 m/s อิเล็กโตรดมีแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.236

เวลา (นาที)	10kV		11kV		12kV		13kV	
	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C
0	75	31.7	75	31.4	75	31.7	75	32
1	75	31.7	75	31.4	73	32.7	68	33.8
2	75	31.7	75	31.4	72	33	63	34.9
3	75	31.7	75	31.4	70	33.3	57	36
4	75	31.7	75	31.4	69	33.5	53	37.1
5	75	31.7	75	31.4	68	33.7	48	37.9
6	75	31.7	75	31.4	67	33.8	47	38.2
7	75	31.7	75	31.4	67	33.9	46	38.4
8	75	31.7	75	31.4	66	34	46	38.6
9	75	31.7	75	31.4	65	34.1	45	39
10	75	31.7	75	31.4	64	34.3	45	39.3
11	75	31.7	75	31.4	63	34.5	45	39.6
12	75	31.7	75	31.4	63	34.8	45	39.7
13	75	31.7	75	31.4	63	34.9	44	40.1
14	75	31.7	75	31.4	62	35	44	40.2
15	75	31.7	75	31.4	62	35.1	44	40.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 ผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิระหว่ำอเล็กโทรดกับ
 ขดลวดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 3 m/s

เวลา (นาที)	อเล็กโทรดสำหรับลดความชื้น				ขดลวดความร้อน			
	ออกจากอเล็กโทรด		ภายในตู้		ออกจากขดลวด		ภายในตู้	
	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C
0	68	31.9	68	31.4	65	32.2	67	31.7
1	49	35.7	68	31.5	63	33.3	66	31.7
2	48	36.5	67	31.5	58	35	66	31.9
3	43	38.6	67	31.6	56	35.9	66	32.1
4	40	40	67	31.9	53	36.8	65	32.3
5	38	41.4	66	32	52	37.4	65	32.5
6	36	42.1	66	32.2	51	38.1	64	32.6
7	34	43.9	66	32.4	50	38.5	64	32.8
8	33	44.5	65	32.5	49	39.1	63	33
9	32	45	64	32.8	48	39.5	63	33.1
10	31	45.8	64	33	47	39.9	62	33.4
11	30	46.3	63	33.2	47	40.1	62	33.6
12	30	46.9	63	33.3	46	40.5	62	33.8
13	30	47.4	62	33.6	45	40.8	61	33.9
14	29	47.8	61	33.6	45	41.1	61	34.1
15	29	48.5	61	33.8	44	41.3	60	34.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 ผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิระหว่ำอเล็กโทรด
กับขดลวดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 4 m/s

เวลา (นาทึ)	อเล็กโทรดสำหรับลดความชื้น				ขดลวดความร้อน			
	ออกจากอเล็กโทรด		ภายในตู้		ออกจากขดลวด		ภายในตู้	
	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C
0	71	32.5	68	31.9	68	32.3	65	32.7
1	65	35.1	67	32.1	64	34.3	65	33
2	59	37.1	67	32.3	60	35.3	65	33.1
3	56	38.2	66	32.7	58	36	64	33.4
4	54	39	65	32.9	56	37.5	63	33.6
5	52	40.1	64	33.5	55	37.9	63	33.8
6	51	40.6	64	33.7	54	38.1	62	34
7	49	41.4	63	34	54	38.3	61	34.1
8	49	41.8	61	34.4	53	38.7	60	34.4
9	48	42.4	61	34.6	52	39	59	34.6
10	47	42.6	60	34.9	52	39.4	58	34.8
11	47	43	59	35	51	39.8	58	34.9
12	46	43.2	59	35.2	50	40.1	57	35.1
13	46	43.4	58	35.3	49	40.5	56	35.4
14	45	43.5	57	35.4	48	40.8	55	35.6
15	44	44.1	57	35.6	48	41.4	54	35.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.8 ผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิระหว่ำอเล็กโทรด
กับขดลวดความร้อนที่ 150 W ที่ความเร็วลม 5 m/s

เวลา (นาทึ)	อเล็กโทรดสำหรับลดความชื้น				ขดลวดความร้อน			
	ออกจากอเล็กโทรด		ภายในตู้		ออกจากขดลวด		ภายในตู้	
	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C
0	68	31.9	67	32	67	32	66	32.2
1	64	33.6	67	32.4	64	33.4	65	32.6
2	61	34.9	66	32.6	59	35	65	33
3	58	35.7	65	33	57	36.3	64	33.4
4	57	36	64	33.2	55	36.9	63	33.8
5	56	36.3	64	33.6	54	37.5	62	34.1
6	56	36.5	63	33.9	53	38.1	61	34.4
7	55	36.7	62	34.3	53	38.5	60	34.8
8	54	36.8	61	34.6	52	38.9	59	35.2
9	54	37.1	60	35	51	39.3	58	35.4
10	53	37.6	59	35.3	51	39.7	57	35.6
11	53	37.7	58	35.7	50	39.9	56	35.9
12	52	38.2	57	36	50	40.1	56	36.3
13	52	38.5	56	36.4	49	40.5	55	36.7
14	51	38.8	55	36.8	48	40.9	54	37
15	51	38.9	54	37.2	48	41.3	54	37.4

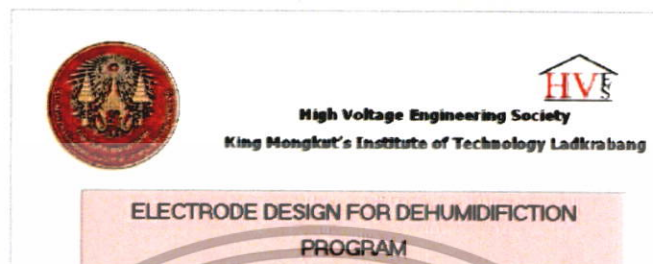
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

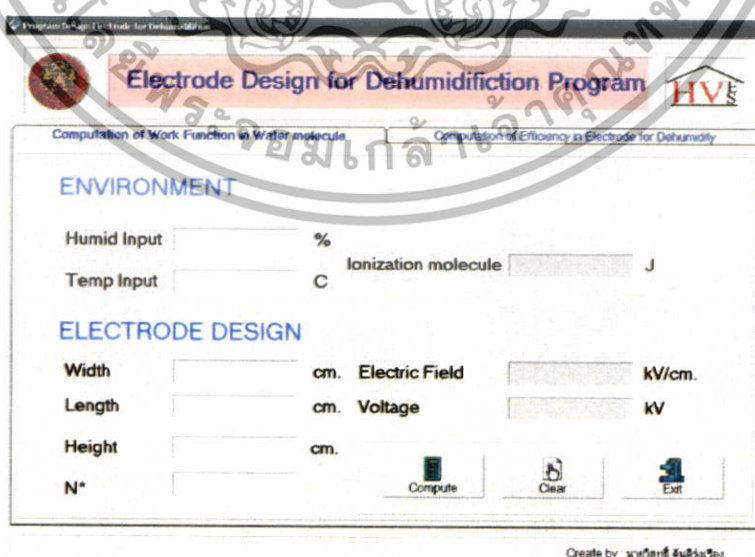
ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมการออกแบบอิเล็กโทรดสำหรับลดความชื้นในอากาศ

1. เปิดโปรแกรมการคำนวณค่าประสิทธิภาพของอิเล็กโทรดสำหรับลดความชื้นในอากาศจะปรากฏหน้าจอเริ่มเข้าสู่โปรแกรมดังนี้



รูปที่ ข.1 หน้าจอเริ่มเข้าสู่โปรแกรมการออกแบบอิเล็กโทรดสำหรับลดความชื้นในอากาศ

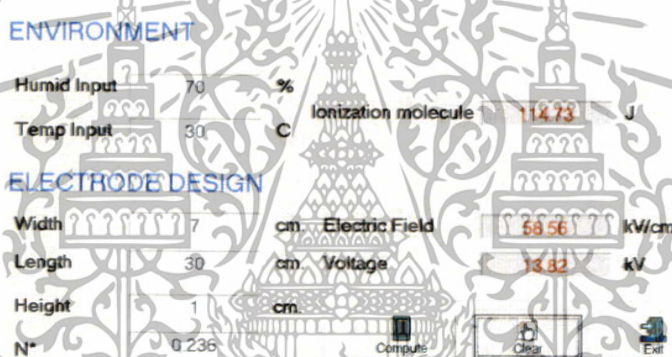
2. หลังจากเข้าสู่โปรแกรมหน้าจอจะแสดงหน้าจอถัดไปเพื่อช่วยคำนวณค่าในการออกแบบอิเล็กโทรดสำหรับลดความชื้นในอากาศ ซึ่งโปรแกรมจะมีฟังก์ชันการคำนวณให้เลือกอยู่ 2 การคำนวณคือ 1) computation of work function in water molecule และ 2) computation of efficiency in electrode for dehumidification ดังนี้



รูปที่ ข.2 หน้าจอเลือกฟังก์ชันการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Click คำว่า computation of work function in water molecule โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าพลังงานที่จำเป็นต้องใช้เพื่อทำให้เกิดกระบวนการไอออนเซชันโดยจำเป็นต้องรับค่า 1) ความชื้นสัมพัทธ์ก่อนเข้าอิเล็กโทรด (Humid Input) 2) อุณหภูมิก่อนเข้าชุดอิเล็กโทรด (Temp Input) 3) ความกว้างของอิเล็กโทรด (Width) 4) ความยาวของอิเล็กโทรด (Length) 5) ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด (Height) 6) แฟกเตอร์สนามไฟฟ้าของอิเล็กโทรด (N') เมื่อป้อนค่าที่โปรแกรมต้องการเสร็จแล้วโปรแกรมจะทำการคำนวณโดยหลักการคำนวณของโปรแกรมจะสามารถดูได้ในหัวข้อที่ 3.2 จะได้คำตอบเป็นพลังงานที่จำเป็นในการสลายพันธะโมเลกุล (Ionization molecule) และโปรแกรมจะนำค่าที่ได้นี้ไปแทนในสมการที่ 2.23 จะทำให้ได้ค่าสนามไฟฟ้า (Electric Field) ที่ต้องการออกมา และเมื่อได้ค่าสนามไฟฟ้าออกมาแล้วโปรแกรมก็จะนำค่านี้ไปแทนในสมการที่ 2.20 จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่จำเป็นต้องใช้ออกมาซึ่งคำตอบที่แสดงทั้งหมดโปรแกรมจะแสดงในตัวอักษรสีแดงดังนี้



รูปที่ ข.3 หน้าจอการคำนวณค่าพลังงานที่จำเป็นในการสลายพันธะโมเลกุลของน้ำ

4. Click คำว่า computation of efficiency in electrode for dehumidification โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของอิเล็กโทรดสำหรับการลดความชื้นในอากาศโดยโปรแกรมจำเป็นต้องรับค่า 1) ความชื้นสัมพัทธ์ก่อนเข้าอิเล็กโทรด (Humid Input) 2) อุณหภูมิก่อนเข้าชุดอิเล็กโทรด (Temp Input) 3) ความเร็วลมที่ผ่านอิเล็กโทรด (Air Flow) 4) ความกว้างของอิเล็กโทรด (Width) 5) ความยาวของอิเล็กโทรด (Length) 6) ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด (Height) 7) แฟกเตอร์สนามไฟฟ้าของอิเล็กโทรด (N') 8) แรงดันไฟฟ้า (Voltage) เมื่อป้อนค่าที่โปรแกรมต้องการเสร็จแล้วโปรแกรมจะทำการคำนวณโดยหลักการคำนวณของโปรแกรมสามารถดูได้ในหัวข้อที่ 3.5 โดยจะได้คำตอบเป็นตัวอักษรสีแดงคือ 1) ความชื้นด้านออกจากอิเล็กโทรด (Humid Output) 2) อุณหภูมิด้านออกจากอิเล็กโทรด (Temp Output) 3) ประสิทธิภาพในการลดความชื้นในอากาศของอิเล็กโทรด (N)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ENVIRONMENT

Humid Input	70	%	Humid Output	32.5	%
Temp Input	30	C	Temp Output	44	C
Air Flow	5	m/s			

ELECTRODE DESIGN

Width	7	cm.	N	53.57	%
Length	30	cm.			
Height	1	cm.			
N*	0.236				
Voltage	13.82	kV			

Compute

Clear

Exit

รูปที่ ข.4 หน้าจอการคำนวณค่าประสิทธิภาพของอิเล็กโทรด



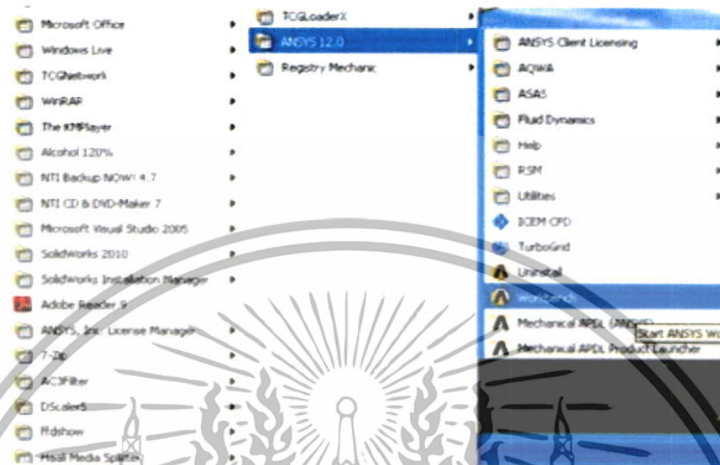
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม ANSYS V12

1. การเข้าสู่โปรแกรม ANSYS คลิกซ้ายที่ Start > Program > ANSYS 12.0 > Workbench ดังนี้



รูปที่ ค.1 การเข้าสู่โปรแกรม ANSYS

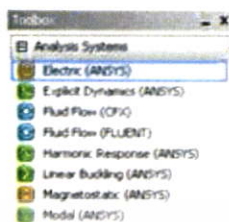
2. เข้าสู่หน้าต่างหลักของโปรแกรม ANSYS ดังนี้



รูปที่ ค.2 หน้าต่างหลักของโปรแกรม ANSYS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คำสั่ง Analysis System เป็นระบบคำสั่งใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆที่ทำการวิเคราะห์



รูปที่ ค.3 คำสั่ง Analysis Systems

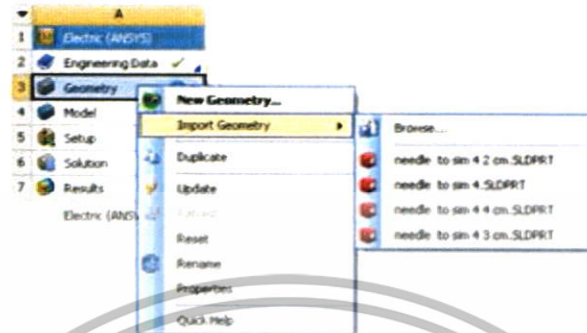
4. ตั้งปัญหาที่ต้องการทำการวิเคราะห์จาก Toolbox มาวางบนพื้นที่ Project Schematic ในการวิเคราะห์ครั้งนี้สมมติว่าเป็นการวิเคราะห์ปัญหาทางด้านสนามไฟฟ้า ดังนั้นปัญหาที่ต้องการวิเคราะห์จึงเป็น Electric (ANSYS)คลิกซ้ายค้างไว้ที่คำสั่งดังกล่าวแล้วลากมาวางยังพื้นที่ Project Schematic จะได้ผลลัพธ์ดังรูป



รูปที่ ค.4 ปัญหาการวิเคราะห์ทางไฟฟ้า

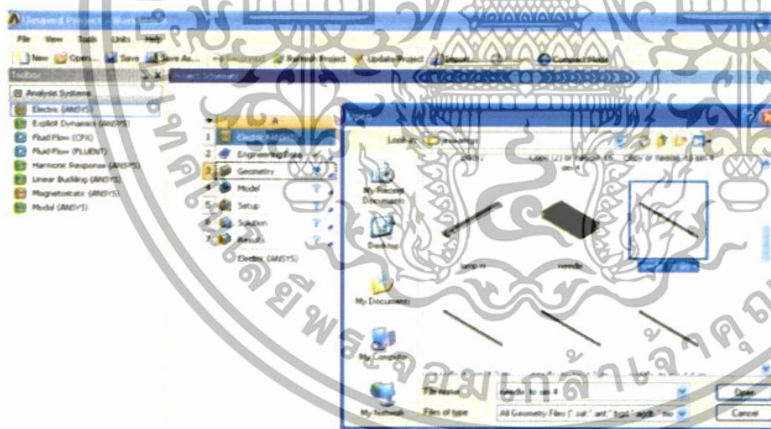
5. หน้าต่างที่ปรากฏขึ้นจะช่วยบอกการกระทำขั้นต่อไปก่อนที่จะทำการวิเคราะห์นั้นคือ จำเป็นต้องมีชิ้นงานสำหรับใช้วิเคราะห์ซึ่งโปรแกรม ANSYS นี้รองรับ โปรแกรม Solid Works เราจะใช้โปรแกรม Solid Works ช่วยในการเขียนแบบเครื่องกลทั้งสองและสามมิติ ดังนั้นผู้จำเป็นต้องมีชิ้นงานที่เขียนแบบไว้เสร็จเรียบร้อยแล้วก่อนที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ ดังนั้นการนำชิ้นงานจากโปรแกรม Solid Works เข้ามายังโปรแกรม ANSYS สามารถทำได้โดย คลิกขวาที่คำสั่ง Geometry > Import Geometry> เลือกชิ้นงานที่ save ไว้จากโปรแกรม Solid Works ดังรูป ค.5 ถ้าชิ้นงานยังเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ปรากฏบนหน้าจอสามารถคลิกคำสั่ง Browse เพื่อหาไฟล์ที่ save ไว้ได้ ดังรูปที่ ค.6 แล้วคลิก Open ไฟล์ก็จะ Import เข้ามายังโปรแกรม ANSYS




รูปที่ ค.5 Import ชิ้นงานเข้าสู่โปรแกรม ANSYS

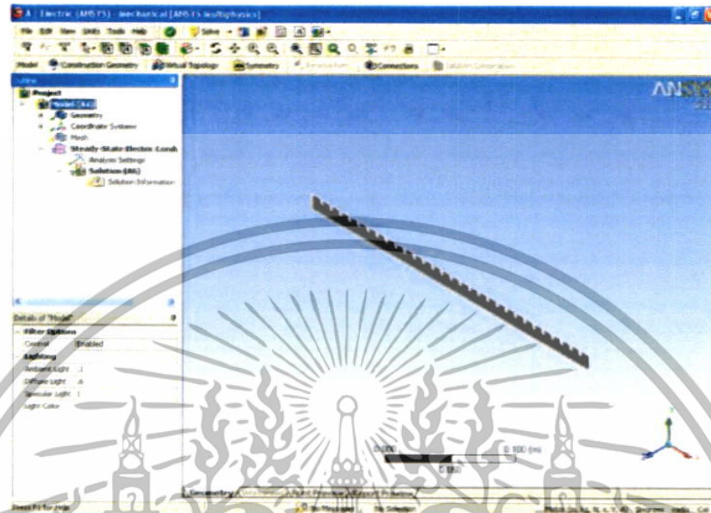
6. Geometry จะมีเครื่องหมายถูกปรากฏขึ้นและ Model จะมีเครื่องหมาย  ปรากฏขึ้น นั่นหมายความว่าชิ้นงานถูก Import เข้ามายังโปรแกรม ANSYS พร้อมทั้งจะใช้โปรแกรม ANSYS เพื่อวิเคราะห์ที่ปัญหาได้ดังรูป



รูปที่ ค.6 Import ชิ้นงานเข้าสู่โปรแกรม ANSYS

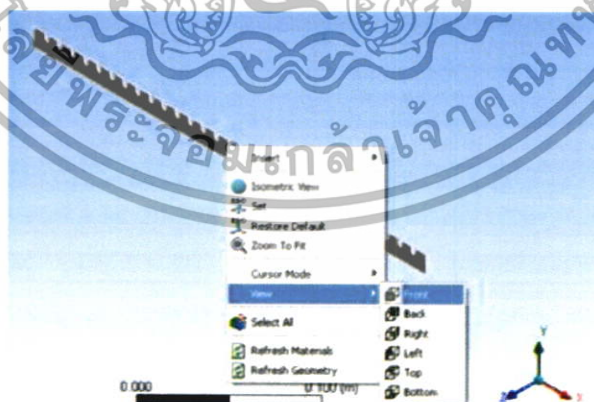
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ดับเบิ้ลคลิกที่  Model โปรแกรม ANSYS จะปรากฏหน้าต่างเพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์ชิ้นงาน พร้อมกับชิ้นงานขึ้นมาในรูปแบบของ Isometric เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ ดังรูป



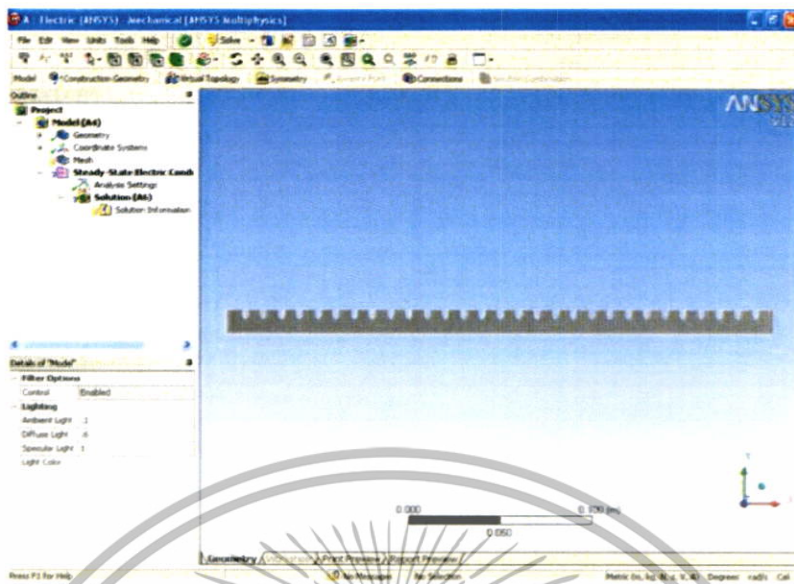
รูปที่ ค.7 ชิ้นงานพร้อมที่จะให้ทำการวิเคราะห์

8. เริ่มขั้นตอนการวิเคราะห์ชิ้นงานด้วยจัดรูปแบบชิ้นงานเป็นลักษณะสองมิติตามลักษณะที่ต้องการวิเคราะห์สนามไฟฟ้า สามารถทำได้โดย คลิกขวาบริเวณหน้าต่างแสดงผลการวิเคราะห์ชิ้นงาน แล้วเลือกคำสั่ง View > Front ดังรูปที่ ค.8และจะได้ผลตามรูปที่ ค.9



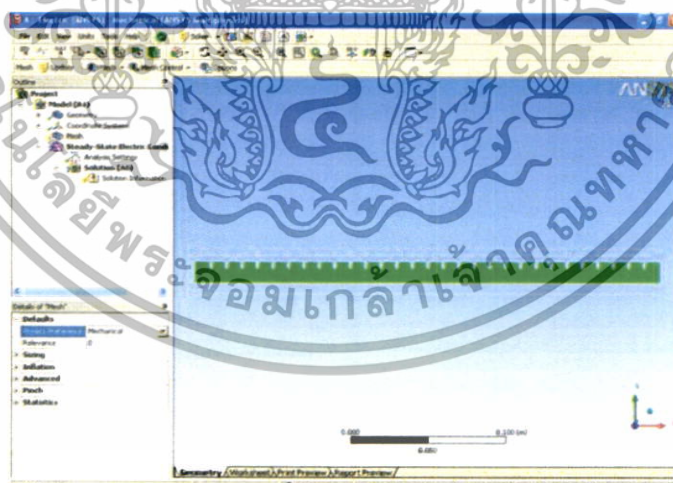
รูปที่ ค.8 วิธีจัดรูปแบบชิ้นงานให้อยู่ในลักษณะสองมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.9 พื้นที่การวิเคราะห์สนามไฟฟ้า

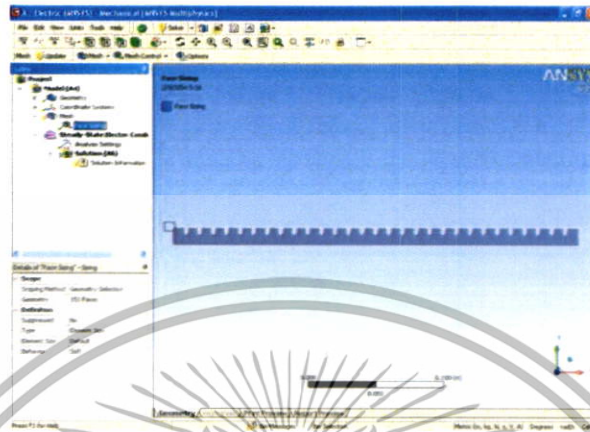
9. แบ่งอิลิเมนต์ย่อยได้โดยคลิกที่  เลือกพ้อยเตอร์เป็นแบบ  เลือกลักษณะการครอบชิ้นงานเป็นแบบ  จากนั้นให้เลื่อนเมาส์ไปยังบริเวณชิ้นงาน คลิกซ้ายค้างแล้วครอบชิ้นงาน ชิ้นงานจะมีลักษณะเป็นดังรูป ค.10



รูปที่ ค.10 เลือกพื้นที่ใช้สำหรับวิเคราะห์

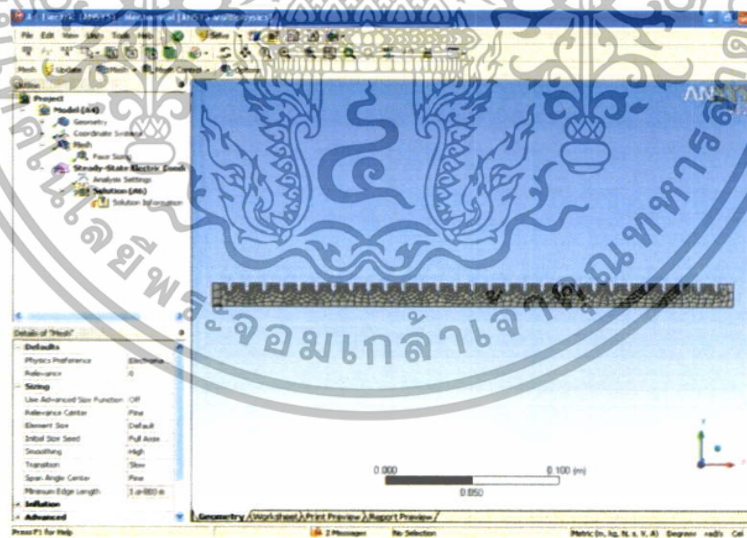
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. คลิกขวาบนพื้นที่ชิ้นงาน เพิ่มขนาดเข้าโดย เลือก Insert > Sizing จากนั้นชิ้นงานจะกลายเป็นสีม่วงดังรูปที่ ค.11



รูปที่ ค.11 พื้นที่การวิเคราะห์ถูกกำหนด

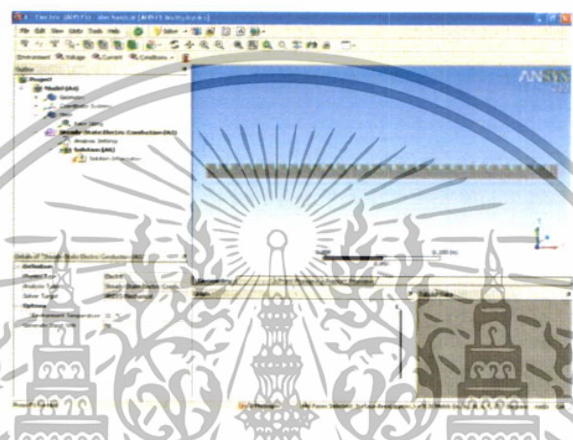
11. คลิกซ้ายที่ปุ่มคำสั่ง **Solve** พื้นที่สำหรับวิเคราะห์จะถูกวิเคราะห์โดยโปรแกรมจะแบ่งอิลิเมนต์เองอัตโนมัติ ดังรูป ค.12



รูปที่ ค.12 พื้นที่การวิเคราะห์ถูกแบ่งเป็นอิลิเมนต์ย่อย

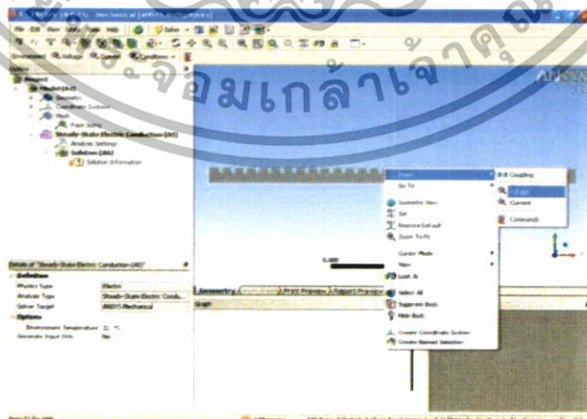
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. กำหนดขนาดแรงดันโดยคลิกซ้ายที่ **Steady-State Electric Conduction (A5)** เลือกจุดที่ต้องการกำหนดภาระโหลดในตัวอย่างนี้กำหนดให้เป็นแรงดันเพื่อต้องการดูสนามไฟฟ้า เพราะฉะนั้นก็จะกำหนดศักย์แรงดันที่เข็มตัวนำ ในพื้นที่การวิเคราะห์เท่ากับ 10,000 โวลต์ และกำหนดให้ศักย์แรงดันที่ขอบล่างของโมเดลถือว่าเป็นกราวด์ให้ค่าศักย์แรงดันมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นวิธีการกำหนดค่าสามารถทำได้โดยคลิกซ้ายที่ **พ้อยเตอร์** เป็นแบบ **□** แล้วเลือกกำหนดขอบชิ้นงานเป็นแบบเส้นแล้วคลิกครอบบริเวณเข็มตัวนำทั้งหมด



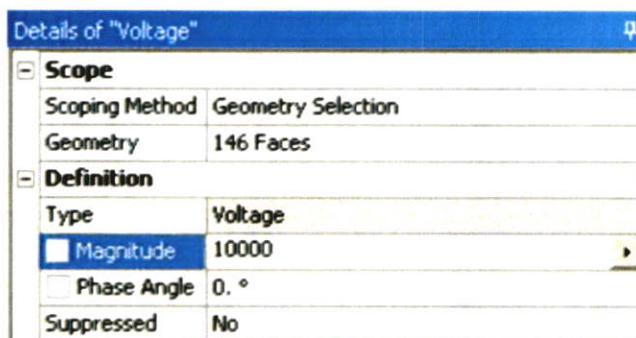
รูปที่ ค.13 เลือกบริเวณที่ต้องการกำหนดศักย์แรงดัน

คลิกขวาที่บริเวณของเข็มตัวนำ แล้วเลือกคำสั่ง **Import > Voltage** ดังรูปที่ ค.14 กำหนดค่าแรงดันเท่ากับ 10 kV ภายในหน้าต่าง **Details of "Voltage"** ช่อง **Magnitude** ดังรูป ง.15



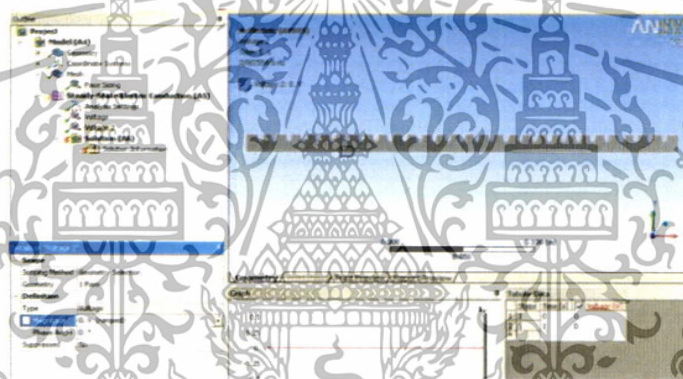
รูปที่ ค.14 วิธีการกำหนดค่าแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



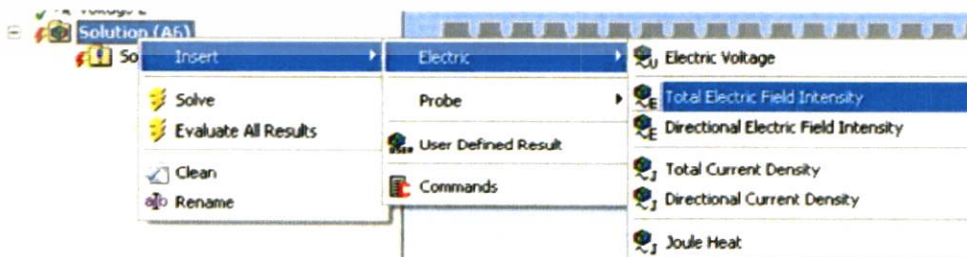
รูปที่ ค.15 กำหนดค่าแรงดันเท่ากับ 10 kV

กำหนดค่าแรงดันศักย์แรงดันที่เส้นขอบล่างให้มีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งขอบล่างถูกสมมติให้เป็นกราวด์เมื่อถูกกำหนดเสร็จจะได้หน้าต่างดังรูป ค.16



รูปที่ ค.16 พื้นที่การวิเคราะห์สนามไฟฟ้า

13. เลือกผลลัพธ์ที่ต้องการวิเคราะห์ผลการทดลองในตัวอย่างนี้ต้องการวิเคราะห์สนามไฟฟ้าให้คลิกขวาที่ Solution(A6) > Insert > Electric > Total Electric Field Intensity ดังรูป ค.17



รูปที่ ค.17 เลือกวิเคราะห์เป็นสนามไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

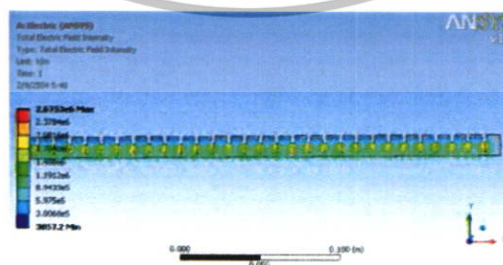
Total Electric Field Intensity ถูกเพิ่มเข้ามาใน Outline ดังรูป ค.18



รูปที่ ค.18 เพิ่ม Total Electric Field Intensity

คลิกซ้ายที่ปุ่ม  โปรแกรมเริ่มทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง โปรแกรมแสดงผลการทดลองเป็นลักษณะของชั้นสี ดังรูปที่ ค.19 และมีแถบสีด้านข้างเพื่อบอกขนาดของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นสามารถดูทิศทางของสนามไฟฟ้าแสดงผลออกมาในรูปแบบของเวกเตอร์โดยคลิกที่ปุ่ม  จะได้ผลดังรูปที่ ค.20

รูปที่ ค.19 แสดงผลลัพธ์สนามไฟฟ้าออกมาในรูปแบบของชั้นสี



รูปที่ ค.20 แสดงผลลัพธ์สนามไฟฟ้าออกมาในรูปแบบของเวกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



33rd
EECON
2010

PROCEEDINGS VOL. 1

PW : Electrical Power System
PE : Power Electronics
GN : General Research Related to
Electrical Engineering



การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 33
1-3 ธันวาคม 2553 ณ โรงแรมเซ็นทารา ดวงตะวัน จ.เชียงใหม่

33rd Electrical Engineering Conference

1-3 December 2010, Centara Duangtawan Hotel, Chiangmai, Thailand



111 ปี นวัตกรรมเพื่อสร้างสรรค์ เป็นปีแห่งวาระการเฉลิมฉลอง

50 ปี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

40 ปี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

20 ปี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในเชิงวิชาการเท่านั้น เพื่อการศึกษาร่วมกัน ไม่สามารถนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และที่ยังมีลิขสิทธิ์อยู่

พลังงานในการผลิตเนื่องจากสนามไฟฟ้า สามารถหาได้จาก

$$W_i = \frac{1}{2} \int \epsilon E^2 dv \quad (2)$$

- W_i = พลังงาน ไอออนไนเซชันของโมเลกุล
- ϵ = เปรอริวิตีของฉนวนระหว่างแผ่นระนาบ
- v = ปริมาตรของในช่องแคบ
- E = สนามไฟฟ้า

กระบวนการการเกิด ไอออนไนเซชันภายใน โมเลกุลของน้ำ

กรณีที่ใช้พลังงานในการ ไอออนไนเซชันน้อยเกินไปจะสามารถทำให้ โมเลกุลของน้ำเกิดการ ไอออนไนเซชันได้แต่จะไม่เกิดการแตกตัว(7)ดัง สมการ



ถ้าอิเล็กตรอนมีพลังงานจลน์สูงมากพอเข้าชน โมเลกุลของน้ำ จะทำให้เกิดการแตกตัวได้(7)ดังสมการ



เนื่องจากอากาศมีองค์ประกอบหลักคือก๊าซไนโตรเจน (N_2) 79% และ ก๊าซออกซิเจน (O_2) 21% โดยประมาณนอกนั้นเป็น ก๊าซเฉื่อยและไอน้ำ ซึ่งมีพลังงานในการยึดติดพันธะประมาณตั้งแต่ 380 kJ/mol – 2,370 kJ/mol ในการจ่ายพลังงานจึงมีโอกาสที่โมเลกุลของก๊าซที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบเกิดการแตกตัวไปรวมตัวกับ โมเลกุลก๊าซออกซิเจนจนเกิดเป็นก๊าซ โอโซนขึ้น ซึ่งถ้าก๊าซ โอโซนนี้มี ปริมาณมากก็จะเกิดอันตราย ในชุดอิเล็กโทรดสำหรับการลดความชื้นนี้ จึงใส่หลอดดูดควาร์ไวโอเลตที่มีความยาวคลื่น 253.7 nm. เพื่อลด ปริมาณโอโซน(8)ดังสมการ



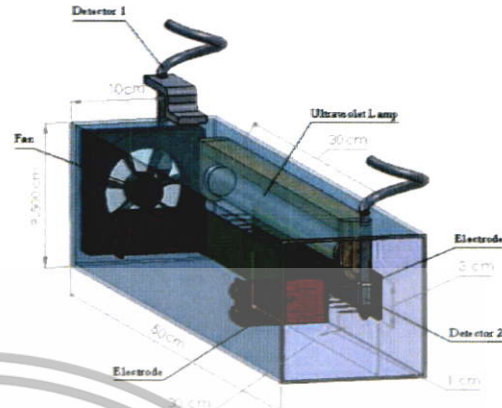
2.3 สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ

สนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอ หมายถึง ความเครียด สนามไฟฟ้าแต่ละจุดมีค่าต่างกัน จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตำแหน่ง และรูปทรงต่างๆ ของอิเล็กโทรด [5-6]

$$E_{max} = \frac{V}{d \times \eta} \quad (6)$$

- E_{max} = สนามไฟฟ้าสูงสุดระหว่างอิเล็กโทรด
- V = แรงดันที่ป้อนเข้าไประหว่างอิเล็กโทรด
- d = ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด
- η = แฟกเตอร์ของสนามไฟฟ้า

3. การออกแบบและการวิเคราะห์

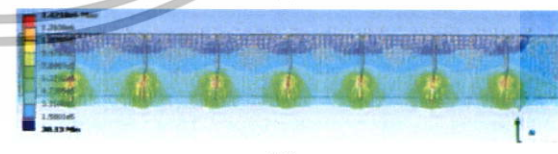


รูปที่ 1 โครงสร้างของอิเล็กโทรดที่ใช้ในการทดลอง

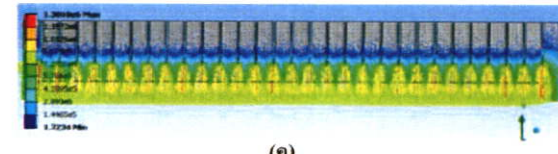
ในการออกแบบชุดทดลองการลดความชื้นในอากาศด้วย สนามไฟฟ้าได้เลือกใช้อิเล็กโทรดปลายแหลมแบบสนามไฟฟ้าไม่ สมบูรณ์สูงกับอิเล็กโทรดระนาบดังรูปที่ 1 วัสดุที่ใช้ทำอิเล็กโทรดแบบ สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูงคือ เข็มปลายแหลมขนาด กว้าง 1 mm. ยาว 2.5 cm. โดยการวางระยะห่างของเข็มใช้หลักการมิติที่เหมาะสม (Optimum Dimension)ซึ่งทำการจำลองโดยใช้ทฤษฎีFINITE ELEMENT ดังแสดงในรูปที่ 2 แผนสี่แสดงถึงค่าความเครียดสนามไฟฟ้าในระดับ ต่างๆ และวัสดุที่ใช้ทำอิเล็กโทรดระนาบได้แก่แผ่นสแตนเลส โดยชุด อิเล็กโทรดมีขนาดกว้าง 3 cm. ยาว 30 cm. และระยะห่างระหว่าง อิเล็กโทรดมีขนาด 1 cm. ข้อดีของอิเล็กโทรดแบบสนามไฟฟ้าไม่ สมบูรณ์สูงคือ มีความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่บริเวณปลายแหลม ซึ่ง นำไปสู่การ ไอออนไนเซชัน



(ก)



(ข)



(ค)

- รูปที่ 2 (ก) ลักษณะการกระจายของสนามไฟฟ้าระหว่างขั้วอิเล็กโทรด
- (ข) ลักษณะการกระจายของสนามไฟฟ้าที่ระยะห่างระหว่างเข็ม 4 cm.
- (ค) ลักษณะการกระจายของสนามไฟฟ้าที่ระยะห่างระหว่างเข็ม 1 cm.

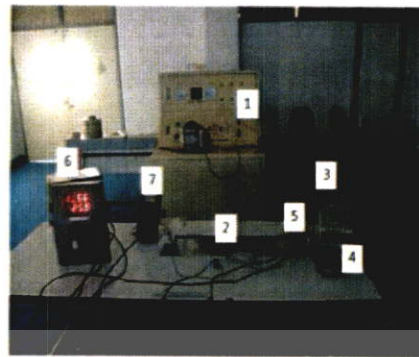
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



3.1 ค่าพลังงานที่ใช้ของชุดอิเล็กทรอนิกส์

ปริมาตรระหว่างอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการทดลองมีขนาด 90 cm³. ในอากาศมีอุณหภูมิ 30 องศาและค่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 65 %RH จากสมการที่(1) จะทำให้ทราบค่าปริมาณไอน้ำจริงที่อยู่ในอากาศและจากปริมาณไอน้ำจริงจะทำให้ทราบค่าโมเลกุลของน้ำในปริมาตรระหว่างอิเล็กทรอนิกส์มีค่า 4.67x10¹⁹ โมเลกุล เมื่อทำการแปลงค่าพลังงานพันธะทางเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า จะได้ค่าพลังงาน 35.84 J (9.95mWh) จากสมการที่ (2) จะได้ย่านสนามไฟฟ้าที่ใช้คือ 49.97 kV/cm และ จากสมการที่ (6) จะได้ค่าแรงดันที่ทำให้เริ่มเกิดการไอออไนเซชันคือ 7.5 kV โดยค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า(η) มีค่าเท่ากับ 0.15 ได้มาจากการจำลองหาค่าสนามไฟฟ้าสูงสุดโดยใช้ทฤษฎี FINITE ELEMENT

จากรูปที่ 3 คือ จุดทดลองการควบคุมการลดความชื้นในอากาศด้วยสนามไฟฟ้าเมื่อประกอบเพื่อทำการทดลองโดยมีส่วนประกอบดังนี้ หมายเลข 1 คือ หม้อแปลงแรงดันสูงกระแสตรง โดยแรงดันสูงสุดที่ใช้ทำการทดสอบ คือ -10 kV หมายเลข 2 คือ ชุดอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ทำการทดสอบ หมายเลข 3 คือ โวลต์จอยโวลต์ หมายเลข 4 คือ แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงสำหรับควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์พัดลม หมายเลข 5 คือ พัดลม หมายเลข 6 คือ เครื่องวัดความชื้น หมายเลข 7 คือ โวลต์มิเตอร์ที่ใช้สำหรับวัดแรงดันในการทดสอบ



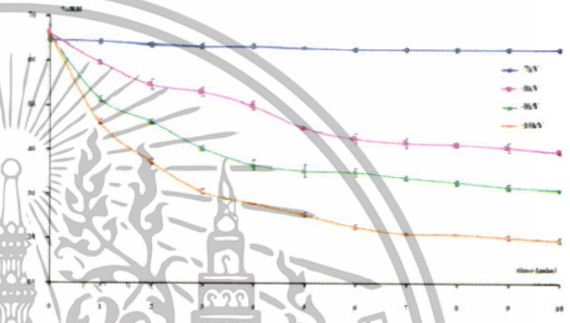
รูปที่3 จุดทดลองการควบคุมการลดความชื้นด้วยสนามไฟฟ้า

4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

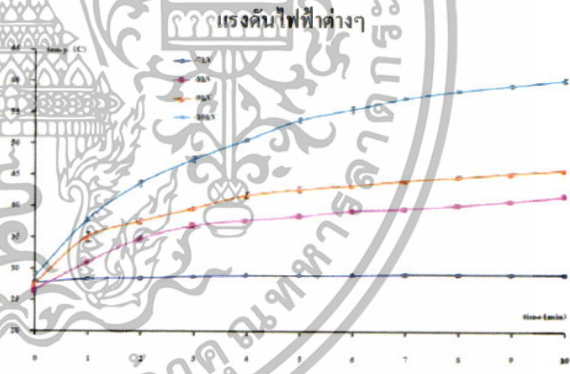
การทดสอบชุดควบคุมการลดความชื้นด้วยเทคนิคสนามไฟฟ้ากระแสตรง มีการวัดผลด้วยเครื่องวัดความชื้นรุ่น SILA API04 โดยผลของการวัดวิเคราะห์ สรุปได้ดังนี้

4.1 การเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์กับแรงดันไฟฟ้า

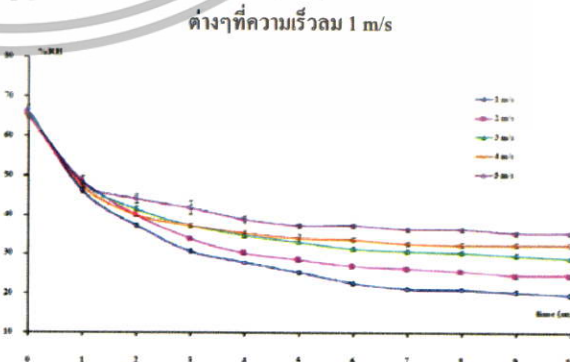
จากรูปที่ 4 คือการเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์กับแรงดันไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน -7 kV_{dc} จนถึง -10 kV_{dc} ตามลำดับ จะพบว่าที่ระดับแรงดันไฟฟ้า -7 kV_{dc} มีประสิทธิภาพในการลดความชื้นต่ำ เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้เริ่มเกิดการไอออไนเซชัน โมเลกุลของน้ำในจุดทดลองนี้เท่ากับ 7.5 kV เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น -8 kV_{dc} -9 kV_{dc} -10 kV_{dc} เป็นเวลา 10 นาที ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงถึงระดับแรงดันไฟฟ้า -10 kV_{dc} สามารถลดความชื้นสัมพัทธ์ได้ดีที่สุดถึงร้อยละ 70.76 เมื่อทำการทดสอบที่ระดับแรงดันไฟฟ้าสูงกว่า -10 kV_{dc} ในจุดทดลองนี้ ส่งผลให้ระบบเกิดการเบรคความชื้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำและ โมเลกุลของก๊าซอื่นๆ ในอากาศเกิดการแตกตัวสะสมทำให้กระแสวิ่งผ่านจากขั้วอิเล็กทรอนิกส์ ไปยังกราวด์



รูปที่4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของความชื้นสัมพัทธ์กับเวลาที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ



รูปที่5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิกับเวลาที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆที่ความเร็วลม 1 m/s



รูปที่6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นสัมพัทธ์กับเวลาที่ระดับความเร็วลมต่างๆที่ระดับแรงดัน -10 kV_{dc}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 33 (EECON-33) 1-3 ธันวาคม 2553 จังหวัดเชียงใหม่ จัดโดย สอ.บ.บ.ที่มี การนำไปใช้ The 33rd Electrical Engineering Conference, 1-3 December 2010, Organized by KMITL, CMU, MUT

4.2 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิกับแรงดันไฟฟ้า

จากรูปที่ 5 ผลการทดสอบระดับแรงดันไฟฟ้าต่างๆกับอุณหภูมิพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่ -10 kV_u ส่งผลให้อุณหภูมิที่ผ่านออกมาจากขั้วอิเล็กโทรดเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการแตกของโมเลกุลของน้ำและก๊าซอื่นๆ ที่ผ่านเข้าไปในสนามไฟฟ้า ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในขั้นต้นว่าแรงดันไฟฟ้าที่ -10 kV_u ทำให้โมเลกุลของน้ำแตกตัวได้ดีในชุดทดลองนี้

4.3 การเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์กับความเร็วม

จากรูปที่ 6 ผลการทดสอบความเร็วมที่เหมาะสมต่ออัตราการความชื้นในอากาศที่ความเร็วมตั้งแต่ 1 m/s ถึง 5 m/s เทียบกับเวลาพบว่าอัตราการลดของค่าความชื้นสัมพัทธ์มีความแตกต่างกัน และความเร็วมที่ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ลดมากที่สุดคือ 1 m/s เนื่องจากความเร็วมที่ช้าส่งผลให้โมเลกุลของน้ำในอากาศวิ่งผ่านช่องว่างระหว่างของอิเล็กโทรดได้นานขึ้นและบริเวณปลายแหลมของอิเล็กโทรดมีความเครียดของสนามไฟฟ้าสูง ส่งผลให้การแตกตัวของไอออนในอากาศมากขึ้น

5. บทสรุป

จากการศึกษาทดลองเทคนิคการควบคุมการลดความชื้นในอากาศโดยใช้สนามไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างจากขั้วอิเล็กโทรดแบบสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง พบว่าค่าแรงดันไฟฟ้าที่มีผลกับการควบคุมการลดความชื้นสัมพัทธ์โดยเชื่อมโยงความสัมพันธ์พลังงานพันธุกรรมกับไฟฟ้า ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า -10 kV_u สามารถลดความชื้นสัมพัทธ์ได้ดีที่สุดถึงร้อยละ 70.76 การปรับความเร็วมในระดับแรงดันไฟฟ้าทั้งที่ทำให้ผลของความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนไปโดยความเร็วมที่น้อยทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงได้มากเนื่องมาจากโมเลกุลของน้ำสัมผัสกับบริเวณสนามไฟฟ้าได้นาน ความเร็วมที่ 1 m/s สามารถลดความชื้นสัมพัทธ์ได้ดีที่สุด อุณหภูมิที่ผ่านออกมาจากขั้วอิเล็กโทรดเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการแตกตัวโมเลกุลของน้ำและก๊าซอื่นๆ ที่ผ่านเข้าไปในสนามไฟฟ้า

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักบริการคอมพิวเตอร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง บริษัท ที.เอส.ซี.เทรดดิ้ง แอนด์ ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี ที่ให้คำปรึกษาที่มีประโยชน์สำหรับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Yuttapong pianroj , Pansak kedtongmee, Mudtorlep nisoa,Priwan

kedtongmee and Jirapong galakarn“Development of a Microwave System for Highly-Efficient Drying of Fish” Walailak J Sci & Tech , pp. 237-250, 2006.

[2] Renato M. Lazzarin, Francesco Castellotti “A new heat pump Desiccant dehumidifier for supermarket application” ENERGY and BULIDINGS , Vol 39 , pp. 59-65, 2007.

[3] M. Arif-uz-Zaman, M. Rezwan Khan, A. K. M. Sadrul Islam, and M. Fayyaz Khan “A Novel Dehumidification Technique Using Electric Field” IEEE Trans. Industry Applv. Vol. 32, no.1 pp.36-40 , 1996.

[4] จรุงเที๋ สิริพานิช “สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้” สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2549

[5] E. Kuffel , W.S. Zaengl “ High Voltage Engineering Fundamentals” PERGAMON PRESS, 1988

[6] สิริวัฒน์ โพธิ์เวชกุล, เอกสารประกอบการบรรยาย High – Voltage Engineering , สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[7] E.I. Skibenko , V.B. Yuferov , I.V. Buravilov and A.N.Ponomarev “Rates and Channels of Water Ionization by a High-Current High-Voltage Pulsed Discharge” GAS DISCHARGES PLASMA, Vol.77 , no 5, pp. 19-22 , 2007.

[8] Maria D. Romero-Sanchez , M. Mercedes Pastor-Blas , Jose Miguel Martin-Martinez , M.J. Walzak “ Addition of Ozone in the UV Radiation Treatment of a Synthetic Styrene-Butadiene(SBS) Rubber” ADHESION & ADHESIVES, Vol.25 . pp.358-370,2005.

ประวัติผู้เขียน



วิสุทธิ ต้นตุงเรือง จบการศึกษา วศ.บ. ไฟฟ้าจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ. 2548 กำลังศึกษาต่อ วศ.ม.สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ศิริวัฒน์ โพธิ์เวชกุล จบการศึกษา วศ.บ. และ วศ.ม. ไฟฟ้าจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



พงษ์เทพ เกิดดอนแฝก จบการศึกษา วศ.ม. ไฟฟ้าจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปัจจุบันเป็นกรรมการผู้จัดการบริษัท ที.เอส.ซี.เทรดดิ้ง แอนด์ ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 33 (EECON-33) 1-3 ธันวาคม 2553 จังหวัดเชียงใหม่ จัดโดย สจจ. มท. 33 การนำไปใช้ The 33rd Electrical Engineering Conference, 1-3 December 2010, Organized by KMITL, CMU, MUT

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายวิสุทธิ ตันตี่รุ่งเรือง
วัน เดือน ปีเกิด	18 มีนาคม 2524
ที่อยู่	244 หมู่ที่6 ตำบลศาลเจ้าโรงทอง อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง
ประวัติการศึกษา	2548 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย	
พ.ศ.2549-ปัจจุบัน	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และ สถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี
พ.ศ.2552-ปัจจุบัน	ตำแหน่งที่ปรึกษา บริษัท ที เอ็ม เฮาเวอร์ แมเนจเม้นท์ จำกัด ผู้ผลิตพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็ก(VSPP)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้