ชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษจากไอเสียเครื่องยนต์เบนซินโดยใช้เทคนิคสนามไฟฟ้า

A PROTOTYPE OF EMISSION GAS REDUCTION FOR GASOLINE ENGINE DEVICE USING ELECTRIC FIELD TECHNIQUE

ปณิธาน อุดมเดช
PANITHAN UDOMDAT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2557

KMITL-2014-EN-M-020-204

ชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษจากไอเสียเครื่องยนต์เบนซินโดยใช้เทคนิคสนามไฟฟ้า

A PROTOTYPE OF EMISSION GAS REDUCTION FOR GASOLINE ENGINE DEVICE USING ELECTRIC FIELD TECHNIQUE

ปณิธาน อุดมเดช
PANITHAN UDOMDAT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2557

KMITL-2014-EN-M-020-204

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A PROTOTYPE OF EMISSION GAS REDUCTION FOR GASOLINE ENGINE DEVICE USING ELECTRIC FIELD TECHNIQUE

PANITHAN UDOMDAT

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
2014

KMITL-2014-EN-M-020-204

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2014
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษจากไอเสียเครื่องยนต์เบนซินโดยใช้เทคนิคสนามไฟฟ้า
Thesis Title A Prototype of Emission Gas Reduction for Gasoline Engine Device Using Electric Field Technique
นักศึกษา นายปณิธาน อุดมเดช
รหัสประจำตัว 55610736
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2014-EN-M-020-204

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.วิจิตร	กิณเรศ	
ผศ.ดร.พีรวุฒิ	ยุทธโกวิท	
ผศ.ดร.บุญยัง	ปลั่งกลาง	
ผศ.ดร.เชาว์	ชมภูอินไหว	
รศ.ศิริวัฒน์	โพธิเวชกุล	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันศุกร์ที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 13.00-15.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษจากไอเสียเครื่องยนต์เบนซินโดยใช้เทคนิคสนามไฟฟ้า
นักศึกษา	นายปณิธาน อุดมเดช
รหัสประจำตัว	55610736
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2557
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ. ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยการรวบรวมข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆของทั้งอิเล็กโทรดและแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีผลต่อการลดลงของปริมาณก๊าซมลพิษที่ปลายท่อไอเสียพร้อมทั้งศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการออกแบบเพื่อนำมาออกแบบชุดต้นแบบที่สามารถติดตั้งที่ปลายท่อไอเสียได้โดยแยกการออกแบบเป็น 2 ส่วนคือ อิเล็กโทรดและแหล่งจ่ายไฟฟ้า โดยก่อนการออกแบบสร้างอิเล็กโทรดต้องทำการทดลองหาขนาดระยะความยาวที่เหมาะสมก่อนเนื่องจากข้อจำกัดเรื่องพื้นที่การใช้งาน ในส่วนของอิเล็กโทรดเป็นรูปทรงกระบอกซ้อนแกนร่วม มีลักษณะสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย อิเล็กโทรดทำจากลวดทองแดงและสเตนเลสทรงกระบอก ช่องว่างอากาศ 3 mm ซึ่งจะมีฉนวนคั่นเป็นไมก้าหนา 3 mm เพื่อป้องกันการเบรกดาวน์ ในส่วนของแหล่งจ่ายไฟฟ้าใช้แรงดันขาเข้าจากแบตเตอรี่รถยนต์ 12 VDC เข้าวงจรเรียงกระแสและแปลงแรงดันเพื่อให้ได้ไฟฟ้าแรงดันสูง 7 kV ความถี่สูง 20 kHz โดยการทำงานของระบบมีผลที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 700 rpm ที่อุณหภูมิเครื่องยนต์ยังไม่ถึงช่วงที่ทำให้แคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์ทำงาน (400-800°C) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษที่ออกแบบพัฒนาขึ้นใหม่เพื่อความสะดวกต่อการติดตั้งใช้งานจริงสามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ 37 % คาร์บอนไดออกไซด์ 22 % และ ไฮโดรคาร์บอน 10 % และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้นในระบบ 30 % และจากการทดลองวัดกำลังของเครื่องยนต์สูงสุด ควบคุมความเร็วไม่เกิน 80 km/hr ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4500 rpm พบว่าหลังจากติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษที่ปลายท่อไอเสียทำให้กำลังของเครื่องยนต์ลดลงเล็กน้อย โดยก่อนติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษที่ปลายท่อรถยนต์มีกำลังสูงสุดที่ 35.3 HP แต่หลังจากทำการติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษแล้วทำให้กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ลดลงประมาณ 3 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	A Prototype of Emission Gas Reduction for Gasoline Engine Device Using Electric Field Technique
Student	Mr. Panithan Udomdat
Student ID.	55610736
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2014
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Siriwat Potivejkul

ABSTRACT

This thesis designs and constructs a prototype of emission gases reducer (EGR) for gasoline engine. The design principle of the prototype considers of parameters, both of the electrodes and power supply affecting the emission gases reduction at exhausted pipe of a vehicle. There are also the studies of the property of materials for designing a prototype that is actually installed on the exhausted pipe. The design can be divided into two parts. The first part is electrode design. The electrode is coaxial cylindrical shape. It is made from copper wire and stainless steel cylindrical causing electric field as slightly non-uniform field. Air gap and mica dielectric have thickness of 3 mm. The mica dielectric is used for preventing electrical break down. The second part is a power supply from car battery with voltage of 12 VDC. It is connected to an inverter providing high voltage of 7 kV and high frequency of 20 kHz. The operating revolution speed is 700 rpm because it wasn’t in range of operating temperature of catalytic converter (CAD 400-800°C). The experimental results show that the new prototype of EGR that is simple and suitable installation can reduce the quantity of carbon monoxide, carbon dioxide and hydrocarbon by 37 %, 22 % and 10 %, respectively but the quantity of oxygen is increased by 30 %. From the experiments for measurement of the maximum power of the engine, speed is controlled in a range of below 80 km/hr at revolution speed of 4500 rpm. It is found that the maximum power of the engine is slightly decreased after the prototype EGR was installed. The maximum power before the EGR installation is 35.3 HP but after installation, engine power is decreased by 3%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษาท่านรองศาสตราจารย์ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล ที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำโครงงานรวมทั้งให้การสั่งสอนต่างๆมาโดยตลอด ทำให้ผู้จัดทำมีประสบการณ์ในการทำงานด้านต่างๆมากขึ้น

ขอขอบคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร กิณเรศ และท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีรวุฒิ ยุทธโกวิท อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และพี่ๆ รวมทั้งเพื่อนในห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่คอยให้คำแนะนำ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทดลอง และอาจารย์ประจำภาควิศวกรรมไฟฟ้าทุกๆ ท่านที่คอยเสียสละเวลามาให้คำแนะนำ

ขอขอบคุณท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์ศักดิ์ คำมูล อาจารย์ประจำภาควิศวกรรมยานยนต์ (หลักสูตรนานาชาติ)และเจ้าหน้าที่ต่างๆของห้องปฏิบัติการยานยนต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่คอยให้คำแนะนำ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทดลอง

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของข้าพเจ้าที่ค่อยให้กำลังใจและสนับสนุนในทุกๆด้านและขอขอบคุณเพื่อนๆที่ให้การช่วยเหลือในการทำงานมาตลอดจนสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ปณิธาน อุดมเดช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	IX
สารบัญภาพ	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.1.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.1.2 ข้อสรุปของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	4
1.3 สมมุติฐานของการทดลอง	4
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย	4
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย	4
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา	5
1.7 แผนการดำเนินงาน	6
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 บทนำ	7
2.2 โมเลกุลของก๊าซ	7
2.2.1 พันธะเคมี	7
2.2.2 พลังงานพันธะ	8
2.2.3 ความยาวพันธะ	8
2.3 สนามไฟฟ้า	11
2.3.1 ความคงทนของการฉนวนต่อแรงดันไฟฟ้า (Dielectric strength)	11
2.3.1.1 ลักษณะอิเล็กโทรดของสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	11
2.3.1.2 ชั้นฉนวนซ้อนกันในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	12
2.3.1.3 สนามไฟฟ้าในฉนวนเคเบิลแรงสูง	14
2.4 การไอออไนเซชัน	15
2.4.1 ไอออไนเซชันโดยการชน (Collision ionization)	15
2.4.2 สัมประสิทธิ์การไอออไนเซชัน	16
2.5 ไฟไนอิลิเมนท์ (FINITE ELEMENT)	17
2.5.1 ความเข้าใจในระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	17
2.5.2 ความเข้าใจในการประดิษฐ์ไฟไนต์เอลิเมนต์	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.3 ระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์...... 18

2.5.4 กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์...... 18

2.6 คุณสมบัติของมลพิษที่เกิดจากเครื่องยนต์แก๊สโซลีน...... 19

2.6.1 มลพิษทางอากาศ (Air pollution) 20

2.6.1.1 สารมลพิษอากาศปฐมภูมิ (Primary Air Pollutants)...... 20

2.6.1.2 สารมลพิษอากาศทุติยภูมิ (Secondary Air Pollutants)...... 21

2.6.2 มาตรฐานการระบายมลพิษจากยานพาหนะของกรมขวบคุมมลพิษ...... 22

2.7 ผลของความถี่ต่อการเกิดเบรกดาวน์ของก๊าซ...... 22

2.8 คุณสมบัติของวัสดุ...... 23

2.9 แคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์...... 24

2.9.1. แคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์แบบ 3 ทาง (3-Way catalytic convertor)...... 25

2.9.2 การเคลือบสารตัวทำปฏิกิริยาในแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์...... 25

2.9.3 อายุการใช้งานของแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์...... 25

บทที่ 3 การออกแบบ...... 27

3.1 บทนำ...... 27

3.2 การวิเคราะห์พลังงานในการยึดเกาะโมเลกุลของก๊าซ...... 28

3.3 ข้อสรุปจากงานวิจัยที่ผ่านมา...... 29

3.4 ชุดลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยสนามไฟฟ้าแบบเก่า...... 30

3.4.1 วัสดุที่ใช้ทำแผ่นอิเล็กโทรดระนาบ...... 32

3.4.2 วัสดุที่ใช้ทำตัวอิเล็กโทรดเส้นลวด...... 32

3.4.3 วัสดุที่ใช้ทำฉนวนกั้น...... 33

3.4.4 วัสดุที่ใช้ทำกล่องใส่ชุดทดลอง...... 33

3.5 หลักการออกแบบสร้างชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์ด้วยสนามไฟฟ้า...... 36

3.5.1 อิเล็กโทรด...... 36

3.5.1.1 ระยะความยาวของชุดลดก๊าซมลพิษ...... 36

3.5.1.2 รูปทรงชุดอิเล็กโทรด...... 36

3.5.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้า...... 37

3.5.2.1 แรงดันที่เลือกใช้...... 37

3.5.2.2 หาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการใช้สร้างสนามไฟฟ้าด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์อิลิเมนท์...... 37

3.6 ชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยสนามไฟฟ้าที่ออกแบบขึ้นใหม่ (ส่วนที่ 1)...... 39

3.6.1 วัสดุที่ใช้ทำอิเล็กโทรดวงใน...... 39

3.6.2 วัสดุที่ใช้ทำอิเล็กโทรดวงนอก...... 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6.3 วัสดุที่ใช้ทำฉนวนคั่น........ 40
3.6.4 วัสดุที่ใช้ทำโครง........ 41
3.7 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ออกแบบ (ส่วนที่ 2)........ 43
3.7.1 เพาเวอร์อินเวอร์เตอร์........ 44
3.7.2 หม้อแปลงแรงดันต่ำ........ 44
3.7.3 คอนเวอร์เตอร์........ 44
3.7.4 หม้อแปลงแรงดันสูง ความถี่สูง........ 44
3.8 อุปกรณ์วัดค่าต่างๆ........ 44
3.8.1 ดิไวเดอร์........ 44
3.8.2 ออสซิลโลสโคบ RIGOL DS1000E........ 45
3.8.3 มัลติมิเตอร์........ 45
3.8.4 เครื่องวิเคราะห์แก๊ส........ 45
3.8.5 เครื่องวัดอัตราการไหล........ 45
3.8.6 เครื่องวัดอุณหภูมิ........ 45

บทที่ 4 การทดลองและการวิเคราะห์ผล........ 46
4.1 บทนำ........ 46
4.2 การทดสอบชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าโดยไม่มีเครื่องยนต์........ 47
4.3 เปรียบเทียบระยะความยาวอิเล็กโทรดต่อการลดลงของก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยใช้สนามไฟฟ้า........ 52
4.3.1 การทดลองเพื่อศึกษาผลของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่รอบเดินเบาโดยมีชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้า ในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ระดับสนามไฟฟ้าในการทดลองค่าต่างๆและที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 เซนติเมตร........ 54
4.3.2 การทดลองเพื่อศึกษาผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่รอบเดินเบาโดยมีชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้า ในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ระดับสนามไฟฟ้าในการทดลองค่าต่างๆและที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 เซนติเมตร........ 57
4.3.3 การทดลองเพื่อศึกษาผลของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่รอบเดินเบาโดยมีชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้า ในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ระดับสนามไฟฟ้าในการทดลองค่าต่างๆและที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 เซนติเมตร........ 60
4.3.4 การทดลองเพื่อศึกษาผลของก๊าซออกซิเจนที่รอบเดินเบาโดยมีชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้า ในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ระดับสนามไฟฟ้าในการทดลองค่าต่างๆและที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 เซนติเมตร........ 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 เปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่า (ความถี่ 50 Hz) กับ แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นใหม่ (ความถี่ 20 kHz) 66
4.4.1 การทดลองเพื่อศึกษาผลของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่รอบเดินเบาโดยมีชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ระดับแรงดันไฟฟ้าในการทดลองค่าต่างๆและที่ความถี่ 50 Hz และ 20 kHz........ 67
4.4.2 การทดลองเพื่อศึกษาผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่รอบเดินเบาโดยมีชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ระดับแรงดันไฟฟ้าในการทดลองค่าต่างๆและที่ความถี่ 50 Hz และ 20 kHz........ 68
4.4.3 การทดลองเพื่อศึกษาผลของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่รอบเดินเบาโดยมีชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ระดับแรงดันไฟฟ้าในการทดลองค่าต่างๆและที่ความถี่ 50 Hz และ 20 kHz........ 69
4.4.4 การทดลองเพื่อศึกษาผลของก๊าซออกซิเจนที่รอบเดินเบาโดยมีชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ระดับแรงดันไฟฟ้าในการทดลองค่าต่างๆและที่ความถี่ 50 Hz และ 20 kHz........ 70
4.5 ประสิทธิภาพการลดก๊าซมลพิษของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ออกแบบขึ้นใหม่........ 71
4.6 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์หลังการติดตั้งชุดลดก๊าซมลพิษ........ 73

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง........ 69
5.1 บทนำ........ 69
5.2 เปรียบเทียบระยะความยาวอิเล็กโทรด ต่อการลดลงของก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยใช้สนามไฟฟ้า........ 78
5.3 เปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่า (ความถี่ 50 Hz) กับ แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นใหม่ (ความถี่ 20 kHz) 78
5.4 ประสิทธิภาพการลดก๊าซมลพิษของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ออกแบบขึ้นใหม่........ 78
5.5 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์หลังการติดตั้งชุดลดก๊าซมลพิษ........ 79
5.6 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนา........ 79

เอกสารอ้างอิง........ 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง........ 83

ภาคผนวก ข. ผลการทดลองอื่นๆ........ 87

ภาคผนวก ค. มาตรฐานมลพิษ........ 91

ภาคผนวก ง. กราฟผลการทดลองอื่นจากงานวิจัยต่อเนื่อง........ 97

ภาคผนวก จ. ซีเมนต์ใยหิน........ 110

ภาคผนวก ฉ. คู่มือการใช้งานชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ........ 113

ภาคผนวก ช. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์........ 122

ประวัติผู้เขียน........ 128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.7	แผนการดำเนินงาน	6
2.1	ค่าพลังงานและความยาวพันธะของไฮโดรเจน	8
2.2	ค่าพลังงานและความยาวพันธะคาร์บอน	9
2.3	ค่าพลังงานและความยาวพันธะไนโตรเจน	10
2.4	ค่าพลังงานและความยาวพันธะออกซิเจน	10
2.5	พลังงานไอออไนเซชันและพลังงานตื่นกระตุ้นของโมเลกุล	15
2.6	ค่าคงตัว A และ B ของก๊าซต่างๆ	16
2.7	อันตรายจากไอเสียรถยนต์	21
2.8	ผลกระทบจากสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) บางชนิด	21
2.9	คุณสมบัติของวัสดุต่างๆ	24
3.1	ค่าพลังงานในการยึดเกาะพันธะโมเลกุลของก๊าซ	28
4.1	ค่าแรงดันต่างๆที่ใช้ในการสร้างค่าสนามไฟฟ้าในการทดลองที่ความถี่ 20 kHz	51
4.2	ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงต่อค่าแรงดันไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 เซนติเมตร	54
4.3	ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 เซนติเมตร	55
4.4	เปอร์เซ็นต์การลดลงของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า 25 กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตรโดยเปรียบเทียบตามระยะความยาวอิเล็กโทรด	56
4.5	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการลดลงของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยเทียบความยาวอิเล็กโทรด 10 กับ 20 และ 10 กับ 30 เซนติเมตร	56
4.6	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงต่อค่าแรงดันไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 เซนติเมตร	57
4.7	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 เซนติเมตร	58
4.8	เปอร์เซ็นต์การลดลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า 25 กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตรโดยเปรียบเทียบตามระยะความยาวอิเล็กโทรด	59
4.9	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการลดลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยเทียบความยาวอิเล็กโทรด 10 กับ 20 และ 10 กับ 30 เซนติเมตร	59
4.10	ปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่เปลี่ยนแปลงต่อค่าแรงดันไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 เซนติเมตร	60
4.11	ปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่เปลี่ยนแปลงต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 เซนติเมตร	61
4.12	เปอร์เซ็นต์การลดลงของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า 25 กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตรโดยเปรียบเทียบตามระยะความยาวอิเล็กโทรด	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.13	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการลดลงของก๊าซไฮโดรคาร์บอนโดยเทียบความยาวอิเล็กโทรด 10 กับ 20 และ 10 กับ 30 เซนติเมตร	62
4.14	ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เปลี่ยนแปลงต่อค่าแรงดันไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 เซนติเมตร	63
4.15	ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เปลี่ยนแปลงต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 เซนติเมตร	64
4.16	เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของก๊าซออกซิเจนที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า 25 กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตรโดยเปรียบเทียบตามระยะความยาวอิเล็กโทรด	65
4.17	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการเพิ่มขึ้นของก๊าซออกซิเจนโดยเทียบความยาวอิเล็กโทรด 10 กับ 20 และ 10 กับ 30 เซนติเมตร	65
4.18	เปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz และแบบใหม่ความถี่ 20 kHz ต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	67
4.19	เปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz และแบบใหม่ความถี่ 20 kHz ต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	68
4.20	เปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz และแบบใหม่ความถี่ 20 kHz ต่อปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอน	69
4.21	เปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz และแบบใหม่ความถี่ 20 kHz ต่อปริมาณก๊าซออกซิเจน	70
4.22	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณก๊าซมลพิษเทียบก่อนและหลังติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีน	72
4.23	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องยนต์ก่อนและหลังติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ชั้นฉนวนว่างซ้อนกันในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	12
2.2	เปรียบเทียบความเครียดสนามไฟฟ้าในฉนวนแต่ละชั้นกับค่าเฉลี่ย	13
2.3	สายเคเบิลทรงกระบอกซ้อนแกนร่วม	14
2.4	แรงดันเบรกดาวน์ในอากาศที่ความถี่ตั้งแต่ 50 Hz – 25 MHz ที่ความดัน 1 บรรยากาศ	23
2.5	(ก.) แร่ไมก้า (ข.) โคมไฟทำจากไมก้า	24
2.6	ส่วนประกอบของไอเสีย	25
2.7	แคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์แบบ 3 ทาง	26
3.1	ไดอะแกรมระบบการทำงานของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษด้วยสนามไฟฟ้า	27
3.2	อิเล็กโทรดที่ระยะความยาว 10, 20 และ 30 เซนติเมตร	30
3.3	จำลองรายละเอียดชุดลดก๊าซมลพิษแบบเก่า	31
3.4	อิเล็กโทรดระนาบด้านล่าง	32
3.5	อิเล็กโทรดเส้นลวด	33
3.6	โครงสร้างพื้นฐานของชุดอิเล็กโทรดสำหรับชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์	34
3.7	แบบจำลองชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์ที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10 เซนติเมตร	35
3.8	ชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์ที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10 เซนติเมตร	35
3.9	ความหนาของแต่ละชั้นฉนวนและอิเล็กโทรดในภาพตัดขวาง	36
3.10	การจำลองลักษณะการกระจายของแรงดันไฟฟ้าด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์อิลลิเมนท์	37
3.11	การจำลองลักษณะการกระจายของสนามไฟฟ้าด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์อิลลิเมนท์	38
3.12	ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า ณ จุดต่างๆด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์อิลลิเมนท์	38
3.13	อิเล็กโทรดวงใน	39
3.14	อิเล็กโทรดวงนอก	40
3.15	โครงสร้างพื้นฐานของชุดอิเล็กโทรดสำหรับชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยใช้สนามไฟฟ้า	41
3.16	แบบจำลองทิศทางการไหลของก๊าซมลพิษภายในอิเล็กโทรดของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยสนามไฟฟ้า	42
3.17	อิเล็กโทรดของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยสนามไฟฟ้า	42
3.18	ขั้นตอนการทำงานของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า	43
3.19	ชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า	43
4.1	การติดตั้งการทดลองผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์และอุปกรณ์ต่างๆ	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.2	การเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้า	47
4.3	จุดวัดรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าทั้ง 4 จุดของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า	48
4.4	แรงดันไฟฟ้าขาเข้าจากแบตเตอรี่รถยนต์ 12 V (จุดวัดที่ 1)	49
4.5	แรงดันไฟฟ้าขาออกจากอินเวอร์เตอร์ DC-AC 220VAC, 50 Hz (จุดวัดที่ 2)	49
4.6	แรงดันไฟฟ้าขาออกจากหม้อแปลงแรงดันต่ำ AC 120VAC, ความถี่ 50 Hz (จุดวัดที่ 3)	50
4.7	แรงดันไฟฟ้าขาออกจากหม้อแปลงแรงดันสูงความถี่สูง 10 kVAC, ความถี่ 20 kHz (จุดวัดที่ 4 แบบ No-Load)	50
4.8	แรงดันไฟฟ้าขาออกจากหม้อแปลงแรงดันสูงความถี่สูง 10 kVAC, ความถี่ 20 kHz (จุดวัดที่ 4 แบบ Full-Load)	51
4.9	การเตรียมการทดลองเปรียบเทียบอิเล็กโทรด 3 ระยะความยาวต่อการลดลงของก๊าซมลพิษ	52
4.10	กราฟการลดลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อค่าแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบ 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรด	54
4.11	กราฟการลดลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบ 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรด	55
4.12	กราฟการลดลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อค่าแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบ 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรด	57
4.13	กราฟการลดลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบ 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรด	58
4.14	กราฟการลดลงของปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนต่อค่าแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบ 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรด	60
4.15	กราฟการลดลงของปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบ 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรด	61
4.16	กราฟการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซออกซิเจนต่อค่าแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบ 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรด	63
4.17	กราฟการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซออกซิเจนต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบ 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรด	64
4.18	ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz และแบบใหม่ความถี่ 20 kHz	67
4.19	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz และแบบใหม่ความถี่ 20 kHz	68
4.20	ปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนต่อแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz และแบบใหม่ความถี่ 20 kHz	69
4.21	ปริมาณก๊าซออกซิเจนต่อแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz และแบบใหม่ความถี่ 20 kHz	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.22 ปริมาณก๊าซในไอเสียรถยนต์เปรียบเทียบก่อนและหลังติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ.......... 72
4.23 การวัดประสิทธิภาพเครื่องยนต์ก่อนและหลังติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ..................... 73
5.1 ส่วนอิเล็กโทรดของชุดต้นแบบ.. 77
5.2 ส่วนแหล่งจ่ายไฟฟ้าของชุดต้นแบบ... 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และให้อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันทั่วโลกได้มีความจำเป็นในการใช้ยานพาหนะต่างๆมากขึ้น ซึ่งเป็นที่มาของจำนวนยานพาหนะต่างๆที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะอย่างยิ่งรถยนต์ โดยรถยนต์ถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศอีกทั้งยังยากในการแก้ไข ในกรุงเทพมหานครมีรถยนต์เพิ่มขึ้นทุกปี ในปัจจุบันเครื่องแก๊สโซลีนนั้นเป็นเครื่องยนต์ที่มีจำนวนมากที่สุดโดยเฉพาะในกรุงเทพมาหานคร ซึ่งมีการจราจรที่คับคั่ง ประชาชนและสิ่งแวดล้อมได้รับผลกระทบจากไอเสียของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนตามท้องถนนอาทิเช่นการจราจรติดขัด ป้ายรถประจำทาง อาคารจอดรถ หรือแม้กระทั่งบ้านพักอาศัยในขณะที่เริ่มสตาร์ทเครื่องยนต์ก่อนจะออกไปทำงาน โดยจำนวนของรถเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่แจ้งขึ้นทะเบียนกับกรมขนส่งทั่วประเทศ ข้อมูลรถจดทะเบียนสะสมถึงวันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ. 2557 มีจำนวน 35,352,660 คัน[1] โดยส่วนใหญ่เป็นรถที่ใช้น้ำมันเบนซินหรือแก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงซึ่งมีจำนวน 24,559,028 คัน คิดเป็นร้อยละ 70 รองลงมา คือ รถที่ใช้น้ำมันดีเซล จำนวน 8,918,440 คัน คิดเป็นร้อยละ 25 และรถที่ใช้ก๊าซ LPG ร่วมกับน้ำมันเบนซินหรือแก๊สโซลีน มีจำนวน 1,187,464 คัน คิดเป็นร้อยละ 3 และข้อมูลจากสถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทำให้ทราบว่าปัญหาเรื่องมลพิษทางอากาศโดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลมาจากควันและไอเสียที่ปล่อยออกมาจากท่อไอเสียรถยนต์

จากปัญหาที่เกิดขึ้นได้มีองค์กรและหน่วยงานต่างๆให้ความสำคัญต่อปัญหานี้เช่น ฝ่ายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย ซึ่งสนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ และ มูลนิธิสาธารณสุขแห่งชาติ ได้ทำการศึกษามูลค่าความเสียหายจากมลพิษในอากาศที่มีผลต่อสุขภาพของประชาชนโดยเฉพาะในเขตเมือง ในการศึกษานี้ได้มีการประเมินมลพิษทางอากาศจากสุขภาพของผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจในเขตเมืองทั้งหมด 21 จังหวัด โดยพิจารณาจากจังหวัดที่มีจำนวนประชากรในเขตเทศบาลเกิน 100,000 คน พบว่า มูลค่าความเสียหายด้านสุขภาพจากมลพิษทางอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 5,866 ล้านบาทต่อปี และ มลพิษอากาศเป็นสาเหตุให้ประชาชนในจังหวัดกรุงเทพฯเสียชีวิตประมาณ 1,000-2,000 คน/ปี โดยข้อมูลจำนวนของผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจมีการเก็บรวบรวมโดยกระทรวงสาธารณสุข ปี พ.ศ. 2547

จากผลกระทบที่กล่าวมาข้างต้น รัฐบาลจึงได้ออกกฎหมายหลายฉบับเพื่อควบคุม ป้องกัน และจัดการ เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม อาทิ พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522 พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 และราชกิจจานุเบกษา พ.ศ. 2554[2]

เทคโนโลยีที่ใช้ในการช่วยลดมลพิษทางอากศบนเครื่องยนต์แก๊สโซลีนของประเทศไทยในปัจจุบัน คือ แคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์(CAD)[3] โดยข้อจำกัดของแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์คือต้องใช้อุณหภูมิสูงในการเกิดปฏิกิริยาของก๊าซมลพิษที่มีอันตรายให้เปลี่ยนรูปเพื่อลดอันตรายลง ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือการนำไอเสียที่สันดาปไม่สมบูรณ์กลับไปสันดาปใหม่อีกครั้ง (EGR)[4] ซึ่งจะทำงานที่ความเร็วรอบสูงแปรผันตามระบบดูดอากาศและมีผลทำให้อายุการใช้งานลดลงจากการสะสมของเขม่าในห้องเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้พบว่าในขณะที่เครื่องยนต์อยู่ในช่วงรอบเดินเบาซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและความเร็วรอบต่ำ แคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ และ EGR จะยังไม่ทำงานหรือทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพทำให้มีมลพิษออกมามากในช่วงอุณหภูมิและความเร็วรอบต่ำนี้

จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้โดยนำหลักการของการสร้างก๊าซโอโซนโดยใช้สนามไฟฟ้าที่มีค่าพลังงานเพียงพอสำหรับทำให้โมเลกุลของก๊าซออกซิเจนแตกตัว [5] มาออกแบบชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดปริมาณก๊าซมลพิษในไอเสียของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนในช่วงรอบเดินเบาของเครื่องยนต์ซึ่งแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์ และ EGR ยังไม่ทำงาน

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าพลังงานจากสนามไฟฟ้าสามารถทำให้โมเลกุลของก๊าซมลพิษแตกตัวได้ ซึ่งหมายความว่าปริมาณก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะลดลง[5]

1.1.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.1.1.1 สุริยันต์เทียมเพ็ชร "**เครื่องกรองไอเสียเครื่องยนต์เบนซิน**" การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25, 19 – 21 ตุลาคม 2554[3]

1.1.1.2 Bernie M. Penetrante, "**Comparison of Electrical Discharge Techniques for Nonthermal Plasma Processing of NO in N2**" Plasma Science, IEEE Transactions on Volume: 23, Issue: 4, Page 679 – 687, Aug 1995[6]

1.1.1.3 Jiangwei Chu, Chunling Yao, Guangming Qiao "**Reducing HC Emissions of Gasoline Engine during Cold-Start by Using a Oxygen-enriched Intake Air System**" Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE), International Conferrence on, Page 8422 - 8425, June 2011[7]

1.1.1.4 สุธี ลี้จงเพิ่มพูล, ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล "**การศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์**" สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต ปีการศึกษา 2554[8]

1.1.1.5 สุธี ลี้จงเพิ่มพูน และ รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล"**การศึกษาผลของสนามไฟฟ้าต่อการลดก๊าซมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์**"การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมทางไฟฟ้าครั้งที่ 33 , ธันวาคม 2553 [9]

1.1.1.6 กฤษณ์ กิจวัฒนา รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุลและสุธี ลี้จงเพิ่มพูล"**การศึกษาผลของสนามไฟฟ้าแบบไดอิเล็กตริกต่อการลดก๊าซมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์เครื่องเบนซิน**"การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมทางไฟฟ้าครั้งที่ 34 , ธันวาคม 2554 [10]

1.1.1.7 สุธี ลี้จงเพิ่มพูน ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล "**การศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลง**"การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 34, ธันวาคม 2554 [11]

1.1.1.8 Krit Kitwattana, Siriwat Potivejkul Sutee Leejongpermpoon "**A Study of Effect of Electric Field to Reduce Polluted Gases from a Gasoline Engine**" ISTS 2011 [12]

1.1.1.9 K.Kitwattana, S.Potivejkul, S.Leejongpermpoon "**A Study of Electric Field and Catalytic Converter for Reducing Pollution Gas from a Gasoline Engine**" ISET2011 [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.1.10 วรกัลป์ ลิ้มเจริญ กฤษณ์ กิจวัฒนา รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล และสุธี ลี้จงเพิ่มพูน “**การศึกษาผลของสนามไฟฟ้า 3 แบบ ต่อการลดก๊าซมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์เครื่องเบนซิน**”การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมทางไฟฟ้าครั้งที่ 35 , ธันวาคม 2555 [14]

1.1.1.11 K.Kitwattana S.Potivejkul V.Kinnares W.Limplareun “**A Study Effect of Frequency of Electric Field on Exhaust Emission Reducing from Benzene Engine**” ICEAST 2012 [15]

1.1.2 ข้อสรุปของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.1.2.1 ปัจจุบันมีการใส่ CAD ซึ่งสามารถลดก๊าซมลพิษได้ดีในช่วงที่ไอเสียจากเครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูง แต่ในช่วงรอบเดินเบาไอเสียจะมีอุณหภูมิต่ำ

1.1.2.2 เทคนิคการสร้างพลาสมาไร้ความร้อน (Non-Thermal Plasma) ใช้พลังงานมากกว่าเทคนิคการสร้างสนามไฟฟ้าความเข้มสูง

1.1.2.3 เทคนิคใช้ออกซิเจนความเข้มข้นสูงสามารถลดปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนในเครื่องยนต์ได้สูงถึง 79% ที่ความเข้มข้นออกซิเจน 29% แต่มีข้อจำกัดในการใช้งานคือต้องมีก๊าซออกซิเจนความเข้มข้นสูงจ่ายให้ระบบตลอดเวลา

1.1.2.4 ในช่วง 5 นาทีแรกหลังจากสตาร์ทเครื่องยนต์อุณหภูมิจะยังไม่ถึงช่วงแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์ทำงานทำให้ก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนมีปริมาณมากและสนามไฟฟ้ามีผลต่อการลดลงของก๊าซมลพิษจากไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยเมื่อเพิ่มค่าความเข้มสนามไฟฟ้า ก๊าซมลพิษคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรคาร์บอนจะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งที่ค่าความเข้มสนามไฟฟ้า 25 kV/cm สามารถลดก๊าซมลพิษได้ดีที่สุด

1.1.2.5 สนามไฟฟ้าทำให้ปริมาณก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนลดลงได้และที่ค่าความเข้มสนามไฟฟ้า 25 kV/cm เป็นระดับพลังงานที่ดีที่สุดสำหรับการลดก๊าซมลพิษ

1.1.2.6 ความเร็วรอบมีผลต่อประสิทธิภาพในการลดก๊าซมลพิษ โดยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ทำให้ประสิทธิภาพในการลดก๊าซมลพิษดีที่สุดคือ 700 rpm

1.1.2.7 มีปริมาณก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้นจากปริมาณก๊าซมลพิษที่ลดลง โดยปริมาณก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 700 rpm

1.1.2.8 อิเล็กโทรดแบบมีฉนวนบางกั้นเหมาะสมแก่การใช้งานมากกว่าแบบไม่มีฉนวนกั้นเนื่องจากต้องการเพียงสนามไฟฟ้าเท่านั้น ไม่ต้องการให้เกิดเบรกดาวน์

1.1.2.9 อิเล็กโทรดเส้นลวด-ระนาบ ซึ่งให้ลักษณะสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอเล็กน้อยสามารถลดปริมาณก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนได้ดีที่สุด

1.1.2.10 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 50 Hz สามารถลดก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนได้ดีกว่าแหล่งจ่ายกระแสตรง

1.1.2.11 สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้า PWM phase-shifted ความถี่ไฟฟ้ามีผลต่อการลดลงของก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยเมื่อปรับความถี่เพิ่มขึ้นปริมาณก๊าซมลพิษจะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์ที่สามารถติดตั้งบนรถยนต์ได้จริง สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าในรถยนต์ได้ และยังสามารถผลิตได้ในเชิงพาณิชย์

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

จากงานวิจัยต่อเนื่องเรื่องการใช้สนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีน พบว่าสนามไฟฟ้าจากไฟฟ้าแรงดันสูงความถี่สูงมีผลต่อการลดลงของปริมาณก๊าซมลพิษซึ่งเป็นที่มาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้โดยคิดว่าสามารถออกแบบและติดตั้งชุดลดก๊าซมลพิษได้ที่ปลายท่อไอเสียรถยนต์จริงได้ ซึ่งจะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่รถยนต์ทั่วไป และออกแบบอิเล็กโทรดให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริงที่ปลายท่อไอเสีย

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

จากทฤษฎีการไอออไนเซชันโมเลกุลของก๊าซในสนามไฟฟ้า เราทราบว่าหากอิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากสนามไฟฟ้าที่มีค่ามากกว่าค่าเวิร์คฟังก์ชันของโมเลกุล ถ้าในขณะที่อิเล็กตรอนวิ่งเข้าชนโมเลกุลของก๊าซในสนามไฟฟ้าด้วยพลังงานค่านี้จะเกิดการแตกตัวขึ้น เช่นเดียวกับหลักการในการสร้างโอโซน [16] โดยการทำให้โมเลกุลของออกซิเจนแตกตัวในสนามไฟฟ้าได้เป็นก๊าซโอโซน ในงานวิจัยนี้จึงได้ประยุกต์จากเทคนิคในการสร้างก๊าซโอโซนโดยให้พลังงานในสนามไฟฟ้าที่มีค่าพอที่จะทำให้โมเลกุลของก๊าซออกซิเจนแตกตัว เราสามารถทราบค่าพลังงานพันธะในการยึดเกาะโมเลกุลของธาตุต่างๆได้ใน [16] โดยก๊าซมลพิษที่ออกมาจากท่อไอเสียรถยนต์ที่พิจารณามี 3 ชนิดคือ คาร์บอนมอนอกไซด์, ไนโตรเจนออกไซด์และไฮโดรคาร์บอน จะเห็นได้ว่าพลังงานในการยึดเกาะพันธะออกซิเจนมีค่ามากกว่าก๊าซมลพิษทั้ง 3 หากสามารถให้พลังงานในสนามไฟฟ้าถึงค่าที่ออกซิเจนแตกตัวได้ก็สามารถทำให้ก๊าซมลพิษทั้ง 3 ชนิดแตกตัวได้เช่นกัน ซึ่งก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และ ไนโตรเจนออกไซด์จะมีอันตรายมากที่สุด แต่ด้วยคุณสมบัติการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ที่รอบเดินเบาจะมีค่าน้อยมากจนไม่สามารถวัดได้ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานก๊าซมลพิษระดับที่ 7 หรือ เทียบเท่า EU3-standard [17] ซึ่งในประเทศไทยได้อ้างอิงมาใช้เป็นมาตรฐานการตรวจวัดไอเสียของกรมขนส่งทางบกที่พิจารณาเพียง ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์และไฮโดรคาร์บอนเท่านั้น ในการวิจัยนี้จึงยังไม่พิจารณาก๊าซไนโตรเจนออกไซด์

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1.5.1 ทบทวนงานวิจัยการลดก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยสนามไฟฟ้า[8], [18]

1.5.2 ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุเพื่อนำมาประยุกต์เลือกใช้วัสดุในการออกแบบสร้างชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.3 ศึกษาและจำลองสภาวะการกระจายตัวของความเข้มสนามไฟฟ้าด้วยระเบียบวิธี FINITE ELEMENT

1.5.4 ศึกษาผลของการปรับขนาดความยาวของชุดลดก๊าซมลพิษต่ออัตราการลดลงของก๊าซมลพิษ

1.5.5 ออกแบบแหล่งจ่ายจากระบบไฟฟ้าในรถยนต์เพื่อให้พลังงานไฟฟ้าแก่ชุดทดลองที่จะนำมาติดตั้งบนรถยนต์จริง

1.5.6 ออกแบบและสร้างชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษที่สามารถติดตั้งจริงในรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีน

1.5.7 วัดผลการลดลงของปริมาณก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์หลังติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ

1.5.8 วัดประสิทธิภาพของกำลังเครื่องยนต์หลังติดตั้งใช้งานชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

บทที่ 1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา วัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย ขั้นตอนการศึกษา และแผนการดำเนินงาน

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วย โมเลกุลของก๊าซ สนามไฟฟ้า ไอออไนเซชั่น ไฟไนอิลิเมนท์ และคุณสมบัติของมลพิษที่เกิดจากเครื่องยนต์แก๊สโซลีน คุณสมบัติของวัสดุ แคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์

บทที่ 3 การออกแบบชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยใช้สนามไฟฟ้าประกอบด้วยการวิเคราะห์พลังงานในการยึดเกาะโมเลกุลของก๊าซ ข้อสรุปจากกงานวิจัยที่ผ่านมา หลักการออกแบบสร้างชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์ด้วยสนามไฟฟ้า ชุดลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยสนามไฟฟ้าแบบเก่า ชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยสนามไฟฟ้าที่ออกแบบขึ้นใหม่ แหล่งจ่ายแรงดัน และอุปกรณ์วัดค่าต่างๆ

บทที่ 4 การทดลองและการวิเคราะห์ผล ประกอบไปด้วยการทดสอบชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าโดยไม่มีเครื่องยนต์ เปรียบเทียบระยะความยาวอิเล็กโทรดต่อการลดลงของก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยใช้สนามไฟฟ้า ประสิทธิภาพการลดก๊าซมลพิษของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ออกแบบขึ้นใหม่ ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์หลังการติดตั้งชุดลดก๊าซมลพิษ

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาที่ใช้ในการทำวิจัย																													
	ปี พ.ศ. 2555						ปี พ.ศ. 2556												ปี พ.ศ. 2557											
	7	8	9	10	11	12	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.รวบรวมและศึกษางานวิจัยก่อนหน้า																														
2.ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล																														
3.วางแผนการทดลอง																														
4.ศึกษาเปรียบเทียบผลของแหล่งจ่ายกระแสตรงและกระแสสลับต่อการลดลงของก๊าซไอเสีย																														
5.ตีพิมพ์บทความวิชาการ																														
6.ศึกษาเปรียบเทียบผลของความยาวอิเล็กโทรดต่อการลดลงของก๊าซพิษ																														
7.ออกแบบแหล่งจ่ายจากแบตเตอรี่รถยนต์เพื่อจ่ายไฟให้แก่ชุดทดลองที่จะนำมาติดตั้งบนรถยนต์จริง																														
8.ออกแบบและสร้างชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษที่สามารถติดตั้งจริงที่เครื่องยนต์แก๊สโซลีนและทำการติดตั้ง																														
9.ศึกษาและวิเคราะห์ผลการทดลอง																														
10.สรุปผลการทดสอบ																														
11.จัดทำและแก้ไขวิทยานิพนธ์																														
12.สอบวิทยานิพนธ์																														

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

เนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการประยุกต์ใช้สนามไฟฟ้าเพื่อใช้ในการลดจากท่อไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยสนามไฟฟ้าที่ใช้ได้มาจากไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสสลับที่สร้างขึ้นโดยหม้อแปลงแรงดันสูง รวมถึงได้มีการนำเอาโปรแกรม COMSOL ซึ่งเป็นการนำทฤษฎี FINITE ELEMENT มาใช้ในการจำลองหาค่าความเข้มสนามไฟฟ้าเพื่อช่วยในการออกแบบอิเล็กโทรด ดังนั้นในบทนี้จึงเป็นการอธิบายถึงทฤษฎีที่ใช้อ้างอิงของโครงงานวิจัยนี้ ซึ่งจะทำให้สามารถทำความเข้าใจแนวคิดในวิทยานิพนธ์ชัดเจนด้วยเหตุนี้จึงได้แบ่งหัวข้อทฤษฎีออกตามลำดับของการอ้างอิงตั้งแต่พื้นฐานของโมเลกุลของก๊าซ เทคนิคการสร้างโอโซนสนามไฟฟ้าการไอออไนเซชันทฤษฎี FINITE ELEMENT คุณสมบัติของมลพิษที่เกิดจากเครื่องยนต์และหลักการทำงานของแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์

2.2 โมเลกุลของก๊าซ [19]

ในบรรดาธาตุทั้งหลายในตารางธาตุมีเพียงไม่กี่ธาตุเท่านั้นที่พบอยู่อย่างอิสระในธรรมชาติ เช่น ทองคำ โลหะเงินแต่อะตอมของธาตุส่วนใหญ่รวมตัวกันซึ่งอาจจะรวมตัวกับอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันหรือกับธาตุต่างชนิดกัน เกิดเป็นโมเลกุลโดยแรงดึงดูดระหว่างอะตอมที่เอื้ออำนวยให้อะตอมอยู่ด้วยกันในรูปของโมเลกุลหรือหน่วยสูตรเรียกว่าพันธะเคมี

ปฏิกิริยาใดก็ตามต้องเกิดการสลายพันธะเคมีของสารที่เข้าทำปฏิกิริยาหรือสารตั้งต้นและเกิดพันธะใหม่ขึ้นดังนั้นการเข้าใจเรื่องราวของพันธะเคมีจึงมีความสำคัญต่อการศึกษาปฏิกิริยาเคมีโดยเฉพาะอย่างยิ่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2.2.1 พันธะเคมี

พันธะไอออนิก: พันธะในสารประกอบซึ่งธาตุที่เป็นองค์ประกอบนั้นมีอิเล็กโตรเนกาติวิตีต่างกันมากและจะอยู่ในสภาพที่เป็นไอออนบวกและไอออนลบ เช่น $Na^+ + Cl^-$ สารประเภทนี้มักเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องเรียกว่าผลึกไอออนิกแรงยึดระหว่างไอออนในผลึกเป็นแบบไฟฟ้าสถิตย์พลังงานที่เกี่ยวข้องเรียกว่าพลังงานแลตติซ

พันธะโควาเลนต์: พันธะในโมเลกุลหรือสารซึ่งธาตุที่เป็นองค์ประกอบมีอิเล็กโตรเนกาติวิตีเท่ากันหรือต่างกันไม่มากและค่อนข้างสูง เช่น O_2, CH_4 อะตอมต่างๆยึดกันโดยมีการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันและถือว่า 1 พันธะประกอบด้วย 2 อิเล็กตรอน ซึ่งมีสปินตรงข้ามกัน ซึ่งก๊าซส่วนใหญ่จะยึดเกาะโมเลกุลด้วยพันธะโควาเลนต์

พันธะโลหะ: พันธะที่ยึดอะตอมในผลึกโลหะไว้ด้วยกันโดยที่เวเลนซ์อิเล็กตรอนของแต่ละอะตอมสามารถเคลื่อนไปยังจุดต่างๆได้ค่อนข้างง่าย และในขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่ดึงดูดนิวเคลียสของอะตอมเหล่านั้นไว้ด้วยกันโดยทั่วไปแล้วโลหะที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนมากก็จะมีพันธะโลหะที่แข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 พลังงานพันธะ

ปริมาณของพลังงานที่ต้องการใช้ในการทำลายพันธะเคมีออกเป็นส่วนที่ไม่มีพันธะการเกิดหรือการสร้างพันธะมีการคายความร้อน ส่วนการทำลายพันธะมีการดูดความร้อน

2.2.3 ความยาวพันธะ

ระยะห่างระหว่างอะตอมที่จะทำให้อะตอมทั้งสองที่ก่อพันธะดึงดูดกันได้ดีที่สุด (คือมีพลังงานต่ำหรือเสถียรมาก) สำหรับพันธะระหว่างอะตอมคู่หนึ่งถ้าความยาวพันธะยิ่งสั้นพลังงานพันธะจะยิ่งมีค่ามากกล่าวได้ว่าพันธะนั้นเสถียรหรือแข็งแรงมาก

ตารางที่ 2.1 ค่าพลังงานและความยาวพันธะของไฮโดรเจน

ไฮโดรเจน (Hydrogen)		
พันธะ (Bond)	ค่าพลังงานพันธะ Bond Energy (kJ/mol)	ค่าความยาวพันธะ Bond Length (pm)
H– H	432	74
H– B	389	119
H– C	413	109
H– Si	318	148
H– Ge	288	153
H– Sn	251	170
H– N	386	101
H– P	322	144
H– As	247	152
H– O	459	96
H– S	363	134
H– Se	276	146
H– Te	238	170
H– Cl	428	127
H– Br	362	141
H– I	295	161

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ค่าพลังงานและความยาวพันธะคาร์บอน

คาร์บอน (Carbon)		
พันธะ (Bond)	**ค่าพลังงานพันธะ** Bond Energy (kJ/mol)	**ค่าความยาวพันธะ** Bond Length (pm)
C– C	346	154
C= C	602	134
C≡C	835	120
C– Si	318	185
C– Ge	238	195
C– Sn	192	216
C– Pb	130	230
C– N	305	147
C= N	615	129
C≡N	887	116
C– P	264	184
C– O	358	143
C= O	799	120
C≡O	1072	113
C– S	272	182
C= S	573	160
C– F	485	135
C– Cl	327	177
C– Br	285	194
C– I	213	214

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ค่าพลังงานและความยาวพันธะไนโตรเจน

ไนโตรเจน (Nitrogen)		
พันธะ (Bond)	ค่าพลังงานพันธะ Bond Energy (kJ/mol)	ค่าความยาวพันธะ Bond Length (pm)
N– N	167	145
N= N	418	125
N≡N	942	110
N– O	201	140
N= O	607	121
N– F	283	136
N– Cl	313	175

ตารางที่ 2.4 ค่าพลังงานและความยาวพันธะออกซิเจน

ออกซิเจน (Oxygen)		
พันธะ (Bond)	ค่าพลังงานพันธะ Bond Energy (kJ/mol)	ค่าความยาวพันธะ Bond Length (pm)
O– O	142	148
O= O	494	121
O ≡O	364	128
O– F	190	142
O– H	467	96
O– I	234	194
O– P	351	160
O– S	265	151
O– F	190	142
O– Cl	203	164
O– Br	234	172

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สนามไฟฟ้า [20]

การฉนวนเป็นสิ่งจำเป็นในการสร้างและใช้ประโยชน์ของไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับแรงดันสูง ที่ใดมีความต่างศักย์ไฟฟ้าที่นั่นต้องการฉนวนเพื่อป้องกันมิให้เกิดอันตรายแก่สิ่งมีชีวิตที่เข้ามาใกล้หรือสัมผัสเข้า หรือป้องกันมิให้เกิดการลัดวงจรระหว่างตัวนำหรือตัวนำกับดิน การฉนวนย่อมทำได้ง่ายหากมีที่ว่างมากพอหรือแรงดันต่ำ เช่น ต่ำกว่า 100 V แต่ในกรณีแรงสูงและที่ว่างจำกัด การออกแบบการฉนวนให้ดีและประหยัดจำเป็นต้องใช้ความรู้เทคนิคการฉนวน ซึ่งเกี่ยวข้องกับแรงดัน ความเครียดสนามไฟฟ้า และลักษณะสมบัติของฉนวน

พิกัดความคงทนของฉนวนต่อแรงดันไฟฟ้ากำหนดด้วยสภาพการฉนวนเริ่มจะเปลี่ยนไปสู่สภาพนำไฟฟ้าอย่างดี ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อเกิดสปาร์ค หรือ วาบไฟ หรือ เบรกดาวน์ผ่านฉนวนโดยปกติสภาพนำไฟฟ้าอย่างดีนั้นจะมีแนวแคบๆตามเส้นทางที่เกิดเบรกดาวน์ ถ้าฉนวนนั้นเป็นก๊าซ ฉนวนนั้นเปลี่ยนเป็นสภาพนำไฟฟ้าไปและคงอยู่ได้ก็ต่อเมื่อแรงดันนั้นสูงพอที่ทำให้เกิดกระแสไหลผ่านฉนวนสูงพอจนเป็นอาร์ค นั่นก็หมายความว่าการเสียสภาพการฉนวนของก๊าซนั้นไม่เป็นแบบถาวร คือ เสียสภาพการฉนวนชั่วขณะที่มีแรงดันป้อนอยู่ ตรงกันข้ามกับการฉนวนที่เป็นของแข็งหลังจากเกิดเบรกดาวน์แล้วสภาพการฉนวนจะเสียไปอย่างถาวร ส่วนการฉนวนที่เป็นของเหลวการเสียสภาพการฉนวนจะกลับคืนสู่สภาพการฉนวนดังเดิมหลังจากเบรกดาวน์ หรือ สปาร์คได้ผ่านพ้นไปแล้ว ทำนองเดียวกับการฉนวนที่เป็นก๊าซ

2.3.1 ความคงทนของการฉนวนต่อแรงดันไฟฟ้า (Dielectric strength)

ความคงทนของการฉนวนต่อแรงดันไฟฟ้า หมายถึงค่าความเครียดสนามไฟฟ้า (Dielectric field stress) สูงสุดที่ฉนวนนั้นที่สามารถทนได้ โดยไม่เกิดความเสียหายหรือเกิดเบรกดาวน์หรือทำให้ฉนวนเสื่อมสภาพ ซึ่งมีหน่วยเป็น V/cm หรือ kV/cm คือ มีหน่วยเป็นค่าแรงดันต่อหน่วยความหนาของฉนวนหรือระยะห่างของอิเล็กโทรดความเครียดสนามไฟฟ้าที่ใช้กำหนดค่าความคงทนของการฉนวนทางไฟฟ้า โดยทั่วไปจะหาจากสนามไฟฟ้าไฟฟ้าสม่ำเสมอ (Uniform field) คือ เป็นสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดที่มีลักษณะเป็นแผ่นระนาบ (plate-to-plate)

ความคงทนของการฉนวนต่อแรงดันไฟฟ้า E_b ขึ้นอยู่กับแฟคเตอร์ต่างๆ หลายประการ ซึ่งพอจะเขียนเป็นเกณฑ์ทั่วไปได้ว่า

E_b = f (ลักษณะแห่งเรขาคณิตของอิเล็กโทรด, ลักษณะสมบัติของไดอิเล็กตริกและเวลา)

2.3.1.1 ลักษณะอิเล็กโทรดของสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

อิเล็กโทรดสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอหมายถึงอิเล็กโทรดที่มีสนามไฟฟ้าทุกๆจุดในช่องระหว่างอิเล็กโทรดเท่ากันสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในช่องระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสองจะมีลักษณะของสนามไฟฟ้าเป็นแบบสม่ำเสมอซึ่งจะสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$E_{max} = E = \frac{V}{d \times \eta^*} \quad (2.1)$$

E = ความเครียดสนามไฟฟ้าที่จุดใดๆระหว่างอิเล็กโทรด

V = แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไปประหว่างอิเล็กโทรด

d = ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E_{max} = ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด

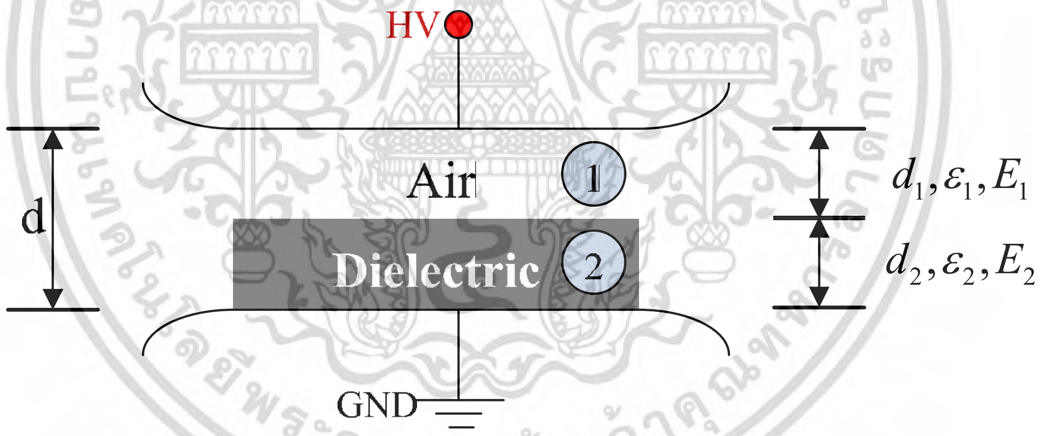
หมายเหตุ : η^* คือแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า (Field Utilization factor) แบบสม่ำเสมอมีค่าเท่ากับ 1

จึงอาจกล่าวได้ว่า η^* ก็คือ ดรรชนีบอกให้ทราบว่าอิเล็กโทรดมีลักษณะของสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอมากน้อยเพียงใดและโดยอาศัยแฟคเตอร์สนามไฟฟ้านี้เองมาคำนวณค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเบรกดาวน์ของสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอได้คือ

$$E_b = \frac{V}{d \times \eta^*} \tag{2.2}$$

2.3.1.2 ชั้นฉนวนซ้อนกันในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

ตามทฤษฎีแล้วการวางชั้นฉนวนระหว่างผิวอิเล็กโทรดที่ดีที่สุดก็คือ การวางไม่ให้มี การหักเหของเส้นสนามไฟฟ้าหรือเส้นศักย์ไฟฟ้าเท่า นั้นคือวางให้รอยต่อของฉนวนอยู่บนผิวศักย์ไฟฟ้าเท่า และหลีกเลี่ยงความเครียดสนามไฟฟ้าในแนวแทนเจนต์ ค่าสัมบูรณ์ของความเครียดสนามไฟฟ้าในชั้นฉนวนแต่ละชั้นมีค่าคงตัวหรือเท่ากันตลอด เมื่อว่างอยู่ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอดังในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ชั้นฉนวนว่างซ้อนกันในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

สนามไฟฟ้าและแรงดันกระจายในฉนวนทั้งสองอาจคำนวณหาได้จากสมการสนามไฟฟ้าพื้นฐานคือ $E=\frac{U}{d}$ เพราะเป็นสนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอและใช้ความสัมพันธ์ $D=\varepsilon E$ เมื่อสนามไฟฟ้าเป็นแบบกระแสสลับฉะนั้น D จะมีค่าคงตัวและลักษณะการวางของฉนวนอยู่ในสนามไฟฟ้าเสมือนว่ามีคาปาซิเตอร์ต่ออันดับกัน ฉะนั้นประจุในคาปาซิเตอร์แต่ละชั้นนี้จะมีค่าเท่ากันนั้นคือ

$$Q=C_1U_1=C_2U_2 \tag{2.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ C_1 และ C_2 เป็นคาปาซิสแตนซ์ของฉนวนชั้นที่มี ε_1 และ ε_2 ตามลำดับ

แต่เนื่องจาก

$$C \sim \frac{\varepsilon_1}{d_1} \tag{2.4}$$

$$C \sim \frac{\varepsilon_2}{d_2} \tag{2.5}$$

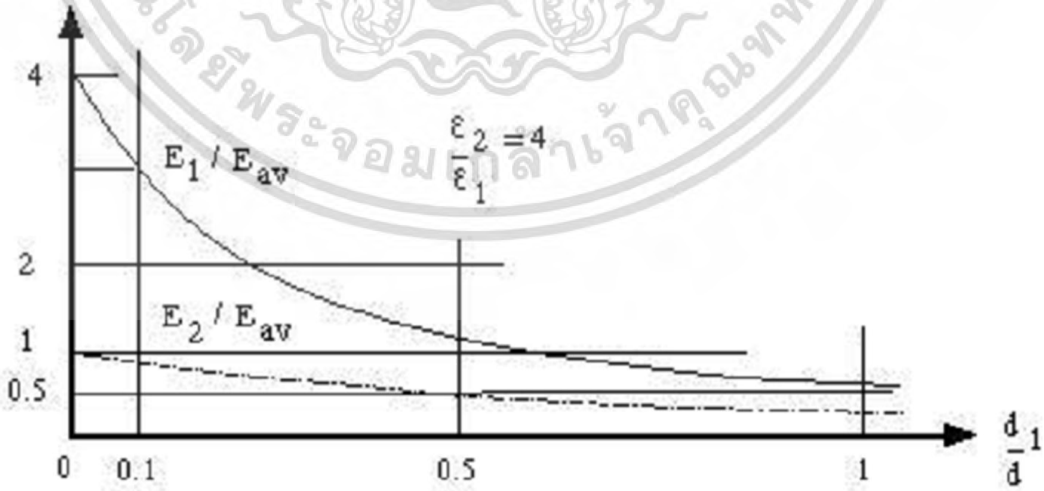
ฉะนั้นความเครียดในสนามไฟฟ้าทั้งสองคือ

$$E_1 = \frac{U}{d}\frac{\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}}{\frac{d_1}{d}\left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}-1\right)+1} \tag{2.6}$$

$$E_2 = \frac{U}{d}\cdot\frac{1}{\frac{d_1}{d}\left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}-1\right)+1} \tag{2.7}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \tag{2.8}$$

จะเห็นได้ว่าความเครียดสนามไฟฟ้า E_1 จะมากกว่า E_2 ตามอัตราส่วน $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$ เมื่อ $\varepsilon_2>\varepsilon_1$ ถ้าเทียบความเครียดสนามไฟฟ้าในส่วนฉนวนแต่ละชั้นกับความเครียดสนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอจะเห็นได้ว่าถ้าในส่วนฉนวนที่มีค่า ε ต่ำ สนามไฟฟ้าจะสูงมากยิ่งขึ้นดังในภาพที่ 2.2



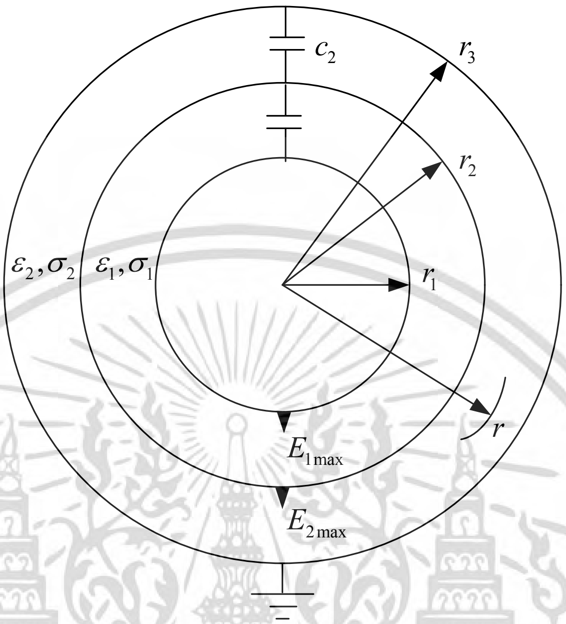
ภาพที่ 2.2 เปรียบเทียบความเครียดสนามไฟฟ้าในฉนวนแต่ละชั้นกับค่าเฉลี่ย

$$\hat{E} = \frac{\hat{U}}{d_1}\cdot\frac{1}{\left(1+\frac{\varepsilon_{r1}}{\varepsilon_{r2}}\times\frac{d_2}{d_1}\right)} \tag{2.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.3 สนามไฟฟ้าในฉนวนเคเบิลแรงสูง

ฉนวนแข็งแต่ละชนิดมีค่าเปอร์มิตติวิตี้ **ε** ต่างกัน ที่รอยต่อของชั้นฉนวนทั้งสองไม่มีประจุอิสระคือไม่มีสภาพการนำไฟฟ้าเปรียบเสมือนค่าความจุไฟฟ้าต่ออันดับกัน ซึ่งสามารถคำนวณค่าความจุไฟฟ้าต่อหน่วยความยาวได้ดังนี้



ภาพที่ 2.3 สายเคเบิลทรงกระบอกซ้อนแกนร่วม

$$C_1' = \frac{2\pi\varepsilon_1}{\ln\frac{r_2}{r_1}} \tag{2.10}$$

$$C_2' = \frac{2\pi\varepsilon_2}{\ln\frac{r_3}{r_2}} \tag{2.11}$$

ความจุไฟฟ้ารวมจึงเท่ากับ

$$C_{res}' = \frac{2\pi\varepsilon_1\varepsilon_2}{\varepsilon_1 \ln\frac{r_3}{r_2} + \varepsilon_2 \ln\frac{r_2}{r_1}} \tag{2.12}$$

ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดในฉนวนแต่ละชั้น จะเกิดขึ้นที่รัศมีน้อยที่สุดของชั้นนั้นดังภาพที่ 2.3 ซึ่งค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่ฉนวนชั้นที่ 1 จะเกิดขึ้นที่ $r = r_1$, $\varepsilon = \varepsilon_1$

$$E_{1max} = \frac{\varepsilon_2 U}{r_1\left(\varepsilon_1 \ln\frac{r_3}{r_2} + \varepsilon_2 \ln\frac{r_2}{r_1}\right)} \tag{2.13}$$

และค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่ฉนวนชั้นที่ 2 จะเกิดขึ้นที่ $r = r_2$, $\varepsilon = \varepsilon_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E_{2max} = \frac{\varepsilon_1 U}{r_2\left(\varepsilon_1 \ln\frac{r_3}{r_2} + \varepsilon_2 \ln\frac{r_2}{r_1}\right)} \tag{2.14}$$

2.4 การไอออไนเซชัน

กระบวนการที่แยกอิเล็กตรอนออกจากโมเลกุลของก๊าซมีไอออนบวกเพิ่มขึ้นเรียกว่า ไอออไนเซชัน ส่วนกระบวนการที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากของแข็ง เรียกว่า การปล่อยอิเล็กตรอน

กระบวนการทวีคูณเพิ่มขึ้นของอิเล็กตรอน และไอออนในแกปนั้นแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการ คือ กระบวนการแตกตัวของอิเล็กตรอนออกจากโมเลกุลของก๊าซ อันเกิดจากการชนของอนุภาคกับโมเลกุล และกระบวนการปล่อยอิเล็กตรอนออกจากผิวอิเล็กตรอน เมื่อได้รับความเครียดสนามไฟฟ้าสูง พลังงานความร้อน รังสี หรือไอออนวิ่งมากระทบผิวอิเล็กโทรด

2.4.1 ไอออไนเซชันโดยการชน (Collision ionization)

ไอออไนเซชันเกิดจาดอิเล็กตรอนวิ่งชนโมเลกุล หรืออะตอมของก๊าซ โดยอิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากสนามไฟฟ้า E ในขณะที่วิ่งเข้าหาอะโนด เป็นพลังงานจลน์ ถ้าพลังงานที่อิเล็กตรอนได้รับจากสนามไฟฟ้านี้ มากกว่าพลังงานไอออไนเซชันของโมเลกุลของก๊าซ W_iซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซ จะเกิดไอออไนเซชันขึ้น

$$W = e\int_0^{\lambda} \vec{E}(x)dx = eu \tag{2.15}$$

จะเกิดไอออไนเซชันเมื่อ $W \geq W_i$ (E constant)

ตารางที่ 2.5 พลังงานไอออไนเซชันและพลังงานตื่นกระตุ้นของโมเลกุล

ก๊าซ	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_2O	-	11.00
NO	5.4	9.50
H_2O	7.6	12.59
CO_2	10	14.40
SF_6	-	19.30
ก๊าซเฉื่อย	-	10.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น

$$W_E = -\frac{1}{2}\int_{vol}\vec{D}(\nabla V)dv = \frac{1}{2}\int_{vol}\vec{D}\cdot\vec{E}dv = \frac{1}{2}\int_{vol}\varepsilon_0\varepsilon^2 dv \tag{2.16}$$

2.4.2 สัมประสิทธิ์การไอออไนเซชัน

α : คือสัมประสิทธิ์การชนไอออไนเซชันที่หนึ่งของทาวน์เซนด์เป็นค่าเฉลี่ยของการชนไอออไนเซชันของอิเล็กตรอน 1 ตัว ที่เคลื่อนที่ไปในแกปเป็นระยะ 1 เซนติเมตร มีหน่วยเป็น cm^{-1}

β : คือ จำนวนการชนของไอออนบวก กับโมเลกุลเป็นกลาง ทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระ และไอออน บวกต่อหนึ่งหน่วยระยะทางในแกปตามแนวสนามไฟฟ้า

$$\frac{\alpha}{p} = f\left(\frac{E}{p}\right)$$

$$\frac{\alpha}{p} = A\exp\left(-\frac{B}{E/p}\right) \tag{2.17}$$

A และ B เป็นค่าคงตัวขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซซึ่งแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ค่าคงตัว A และ B ของก๊าซต่างๆ

ก๊าซ	$A(cm\text{-}Torr)^{-1}$	$B(cm\text{-}Torr)^{-1}$	**ย่านที่ใช้ได้** $\frac{E}{p}\left(\frac{V}{cm\text{-}Torr}\right)$
Air	15	365	100-800
N_2	12	342	100-600
H_2	5.1	138.8	20-600
He	3	34	20-150
Ne	4	100	100-400
A	14	180	100-600
Kr	17	240	100-1000
Xe	26	350	200-800
CO_2	20	466	500-1000
H_2O	12.9	289	150-1000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ไฟไนต์เอลิเมนต์ (FINITE ELEMENT)

โปรแกรมการจำลองผลิตภัณฑ์เป็นโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์ในงานทางวิศวกรรมเพื่อช่วยในการประดิษฐ์ คิดค้นและวิจัย เนื่องจากการออกแบบผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันความต้องการสินค้าที่มีคุณภาพและราคาถูก โปรแกรมการจำลองจึงถูกประดิษฐ์คิดค้นขึ้นมามากมายเพื่อตอบสนองในเรื่องของการสร้างแบบจำลองจริงซึ่งต้องใช้เวลาและงบประมาณจำนวนมากในการสร้างต้นแบบในการทดลองและการทดสอบ โปรแกรมการจำลองจึงถูกประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อช่วยในเรื่องการสร้างและการทดสอบในคอมพิวเตอร์ก่อนการนำผลการทดลองมาสร้างผลิตภัณฑ์จริงเพื่อทดสอบ ดังนั้นโปรแกรมการจำลองจึงมีมากมายที่ใช้ในการจำลองผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น โปรแกรม ANSYS, COMSOL จึงเข้ามามีบทบาทต่อวิศวกรที่จะทำการออกแบบให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสูง และปลอดภัยต่อการใช้งานเพราะผู้ออกแบบจะสามารถดูผลลัพธ์จากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ได้ก่อนการสร้างจริง

การใช้งานโปรแกรมสำหรับการเขียนแบบและการจำลอง จำเป็นต้องมีการศึกษาก่อนที่จะนำโปรแกรมดังกล่าวมาใช้งาน ผู้ออกแบบควรต้องศึกษาในเรื่องคำสั่งการใช้งานให้ละเอียดและเพียงพอก่อนการใช้โปรแกรมการออกแบบเพื่อจะช่วยลดขั้นตอนในการทำงานและเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบได้อย่างถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้และมีผู้ใช้มีความเข้าใจในเรื่องของคำสั่งในการออกแบบมากเพียงพอก็จะทำให้โปรแกรมการออกแบบเป็นเรื่องง่ายสำหรับผู้ใช้งานดังนั้นจากที่สามารถลงโปรแกรมได้แล้ว ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี FINITE ELEMENT เพื่อให้ผู้งานได้เข้าใจขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมได้มายิ่งขึ้น

2.5.1 ความเข้าใจในระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

การแก้สมการเชิงอนุพันธ์ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์เพียงลำพังนั้นเป็นสิ่งที่ไม่ง่ายเลยโดยเฉพาะหากรูปร่างของปัญหานั้นมีความซับซ้อน หัวใจของระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์คือการแก้สมการดังกล่าวเพื่อหาผลลัพธ์โดยประมาณด้วยการแปลงสมการเชิงอนุพันธ์ซึ่งประกอบด้วยสัญลักษณ์คล้ายเลขหกกลับทางเหล่านี้ ไปเป็นสมการทางพีชคณิตอันประกอบด้วยกระบวนการบวก ลบ คูณ หาร นั้นทำกันอย่างไร เพื่อให้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นมีความถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด

2.5.2 ความเข้าใจในการประดิษฐ์ไฟไนต์เอลิเมนต์

ด้วยประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันนี้ทำให้การแก้ปัญหาขนาดใหญ่เป็นไปด้วยความรวดเร็วการประดิษฐ์ไฟไนต์เอลิเมนต์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นในการลดเวลาของการคำนวณ และขจัดข้อผิดพลาดที่เคยทำด้วยมือหรือด้วยการใช้เครื่องคิดเลขขั้นตอนในโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นเหมือนทำด้วยมือดังนั้นหากผู้ใช้มีความรู้และความเข้าใจในระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์และสามารถเขียนโปรแกรมเองได้บ้าง ก็จะสามารถประดิษฐ์โปรแกรมใช้งานทดสอบได้ด้วยตนอง แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ประดิษฐ์นั้นก็ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้งานโดยตรง ความเข้าใจในไฟไนต์เอลิเมนต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงเป็นประโยชน์อย่างมากที่จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้อย่างแม่นยำและมีความมั่นใจในผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์

กระบวนการวิเคราะห์ปัญหาใดๆ โดยทั่วไปด้วยระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์ไม่ว่าจะทำด้วยมือหรือใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปก็ตามจะประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลักๆดังนี้

1. การแบ่งโดเมนของปัญหาออกเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ กระบวนการขั้นตอนแรกนี้โดยปกติจะใช้เวลามากในทางปฏิบัติเพราะจำเป็นต้องสร้างโครงสร้างของปัญหาอาจประกอบด้วยส่วนเว้าส่วนโค้งที่มีความซับซ้อน การประดิษฐ์กราฟิกซอฟแวร์ในส่วนนี้ขึ้นมาด้วยตนเองจึงจำเป็นต้องอาศัยความรู้อันประกอบไปด้วยประสบการณ์ทางด้านนี้เป็นอย่างมาก

2. การเลือกใช้ชนิดของเอลิเมนต์เอลิเมนต์ย่อยที่แบ่งนั้นอาจเป็นเอลิเมนต์ในรูปแบบของสามเหลี่ยมด้านไม่เท่าก็ได้ หากแบ่งออกเป็นเอลิเมนต์เป็นสามเหลี่ยมตัวไม่รู้ค่าจะอยู่ที่มุมทั้งสามของสามเหลี่ยมนั้นซึ่งเรียกกันว่าจุดต่อการเลือกใช้ชนิดของเอลิเมนต์จะสอดคล้องกับลักษณะการกระจายของตัวไม่รู้ค่าที่สมมติขึ้นบนเอลิเมนต์นั้นๆเช่นหากเลือกใช้เอลิเมนต์สามเหลี่ยมบนจุดต่อที่มุมทั้งสามแล้ว ลักษณะการกระจายตัวไม่รู้ค่าบนเอลิเมนต์นั้นจะถูกสมมติให้อยู่ในรูปของแผ่นเรียบเป็นต้น แต่หากเลือกใช้เอลิเมนต์แบบสี่เหลี่ยมนี้อาจไม่เรียบแต่โค้งไปโค้งมาได้ ดังนั้นการเลือกใช้เอลิเมนต์ชนิดต่างๆกันจึงมีผลโดยตรงกับผลลัพธ์ที่จะคำนวณ

3. การประดิษฐ์สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ สมการเชิงอนุพันธ์ที่สอดคล้องกับปัญหาที่สนใจอยู่นั้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสมการทางพีชคณิตที่เรียกกันว่า สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ สมการไฟไนต์เอลิเมนต์นี้จะถูกสร้างขึ้นสำหรับแต่ละเอลิเมนต์เนื่องจากเอลิเมนต์ต่างมีขนาดไม่เท่ากัน กระบวนการประดิษฐ์สมการไฟไนต์เอลิเมนต์จากสมการเชงอนุพันธ์นี้เองเป็นหัวใจของไฟไนต์เอลิเมนต์

4. การรวมสมการไฟไนต์เอลิเมนต์เขาด้วยกันแล้วแก้สมการระบบสมการใหญ่ สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ที่อยู่ในรูปแบบของสมการทางพีชคณิตซึ่งได้ประดิษฐ์ขึ้นสำหรับแต่ละเอลิเมนต์ในขั้นตอนที่แล้วจำเป็นต้องนำมารวมกันอย่างถูกต้องและมีหลักการ เปรียบเสมือนการนำชิ้นตัวต่อ มาต่อเข้ากันอย่างเหมาะสม จึงเกิดเป็นรูปภาพใหญ่ที่สมบูรณ์ขึ้นได้จากการประกอบสมการไฟไนต์เอลิเมนต์แต่ละสมการเข้าด้วยกันจะก่อให้เกิดระบบสมการขนาดใหญ่จากนั้นจึงประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตของปัญหานั้นๆก่อนแก้ระบบสมการขนาดใหญ่ชุดนั้นเพื่อหาผลลัพธ์ที่จุดต่อ ซึ่งผลลัพธ์ที่จุดต่อเหล่านี้อาจแทนค่าอุณหภูมิ หากวิเคราะห์ปัญหาการถ่ายเทความร้อนหรือแทนค่าการเคลื่อนที่ หากวิเคราะห์ปัญหาด้านการเสียรูปและการเค้น เป็นต้น

5. การคำนวณหาค่าอื่นๆที่เหลือ จากนั้นจึงเป็นการหาค่าอื่นๆ ที่ผู้ใช้ต้องการทราบเพื่อจะทำให้ปัญหานั้นได้รับการวิเคราะห์โดยสมบูรณ์

2.5.4 กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ซอฟแวร์ประกอบด้วยขั้นตอนใหญ่ๆเพียง 3 ขั้นตอนดังนี้

1. กระบวนการขั้นต้น (Pre-Processor) คือ การสร้างรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์จากรูปร่างลักษณะที่แท้จริงของปัญหา จากนั้นจึงประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตก่อนวิเคราะห์ปัญหานั้น การสร้างรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์อันประกอบด้วยเอลิเมนต์เป็นจำนวนมากบนรูปร่างลักษณะของปัญหาที่กำหนดมาให้นั้นตามปกติจะใช้เวลานาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากรูปร่างของปัญหามีความซับซ้อนผู้สร้างรูปร่างบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ควรมีประสบการณ์ในการใช้ซอฟแวร์นั้นๆ มาซักระยะหนึ่งจึงสามารถสร้างรูปแบบที่กำหนดให้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพได้เริ่มตั้งแต่การสร้าง เส้นตรง เส้นโค้งต่างๆรวมทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิว โดยข้อมูลของจุด เส้นตรง เส้นโค้งและพื้นผิวเหล่านี้จะถูกเก็บในรูปแบบของสมการทางเรขาคณิตในหน่วยความจำบนเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นเพื่อผู้ใช้สามารถสร้างเอลิเมนต์ทั้งขนาดและจำนวนต่างๆกันได้ โดยรูปแบบของไฟไนต์เอลิเมนต์ที่เกิดขึ้นยังเสมือนรูปร่างต้นแบบของจริงมากที่สุด รูปแบบของไฟไนต์เอลิเมนต์นี้ยังประกอบไปด้วยหมายเลขจุดต่อ หมายเลขของเอลิเมนต์และข้อมูลอื่นๆซึ่งจำเป็นต้องใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไป รายละเอียดต่างๆจำนวนมากเหล่านี้ปกติจะไม่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ยกเว้นผู้ใช้ต้องการให้แสดงเพื่อการตรวจสอบหลังจากสร้างรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ได้เสร็จสิ้นลงแล้วผู้ใช้จำเป็นต้องกำหนดเงื่อนไขขอบเขตอันอาจประกอบไปด้วยการกำหนดค่าให้กับบางจุดต่อของรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นเงื่อนไขขอบเขตเหล่านี้จำเป็นต้องเหมือนหรือใกล้เคียงกับของจริงมากที่สุดจึงจะนำไปสู่ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริง

2. กระบวนการวิเคราะห์ (analysis) คือข้อมูลต่างๆของรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ที่สร้างขึ้นและเงื่อนไขขอบเขตที่กำหนดให้ในขั้นตอนแรกจะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งฝังตัวอยู่แล้วในซอฟแวร์ โดยจะสร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ที่สอดคล้องกับปัญหาสำหรับทุกเอลิเมนต์ก่อนที่จะนำมาประกอบกันเข้าเป็นระบบสมการรวมขนาดใหญ่แล้วจึงประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตที่กำหนดให้ จากนั้นจึงแก้ระบบสมการรวมขนาดใหญ่นั้นโดยเวลาที่ใช้ในการคำนวณจะขึ้นอยู่กับจำนวนเอลิเมนต์ทั้งหมดซึ่งผู้ใช้ได้สร้างขึ้นและขนาดของระบบสมการรวมขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้น หากสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหานั้นอยู่ในรูปแบบเชิงเส้นระบบสมการนี้จะถูกแก้เพียงครั้งเดียวทำให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณนั้นไม่มากนัก แต่หากสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหานั้นอยู่ในรูปแบบไม่เชิงเส้นระบบสมการนี้จะถูกแก้ด้วยการรวมซ้ำหลายรอบทำให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณนั้นมากขึ้น โดยเฉพาะหากรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ประกอบด้วยเอลิเมนต์เป็นจำนวนมาก ดังนั้นหากผู้ใช้ซอฟแวร์มีความเข้าใจถึงองค์ความรู้พื้นฐานภายในระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์บ้างก็จะช่วยในการตัดสินใจสิ่งต่างๆก่อนทำการวิเคราะห์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะสามารถทุ่นเวลาในการคำนวณลงไปได้มากทีเดียว

3. กระบวนการขั้นท้าย ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ในขั้นที่แล้วจะประกอบด้วยตัวเลขเป็นจำนวนมาก ซึ่งจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์กราฟิกโดยเฉพาะกราฟิกสีเพื่อแสดงตัวเลขจำนวนมากเหล่านี้ออกมาบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว กระบวนการขั้นท้ายนี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งซึ่งรูปแบบของการแสดงผลลัพธ์นั้นมีหลายชนิด นับตั้งแต่การแสดงด้วยชั้นแถบสี การแสดงด้วยชั้นสี การแสดงด้วยเวกเตอร์ เป็นต้น ทั้งบนรูปทรงที่ได้ออกแบบไปบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงอย่างรวดเร็ว จะทำให้ผู้ออกแบบเข้าใจในปัญหานั้นได้อย่างลึกซึ้งมากยิ่งขึ้นและอาจก่อให้เกิดแนวคิดในการปรับเปลี่ยนรูปทรงนั้น เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้นไปอีก กระบวนการดังกล่าวนี้เองที่ช่วยลดเวลาในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ๆลงไปได้มากในปัจจุบันและสามารถหลีกเลี่ยงการลองผิดลองถูกที่เคยใช้กันในอดีตไปจนเกือบสิ้นเชิง

2.6 คุณสมบัติของมลพิษที่เกิดจากเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนเป็นเครื่องยนต์สันดาปภาพใน (Internal Combustion Engine) โดยใช้หัวเทียนในการจุดระเบิด (spark ignition engine) เครื่องยนต์มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นงานและกำลัง โดยเครื่องยนต์แก๊สโซลีนมีวัฏจักรการทำงาน 4 จังหวะ โดยที่ลูกสูบเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในกระบอกสูบและถ่ายทอดกำลังผ่านก้านสูบและเพลาข้อเหวี่ยงกลไกของเครื่องยนต์แบบลูกสูบซึ่งการเคลื่อนที่ของของลูกสูบนี้ถูกเปลี่ยนไปเป็นการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ไปศูนย์ตายบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(top dead center, TDC) ปริมาตรของกระบอกสูบน้อยที่สุดเรียกว่าปริมาตรช่องว่าง (clearance volume, V_c) และเมื่อลูกสูบเครื่องที่ลงไปศูนย์ตายล่าง (bottom dead center, BDC) ปริมาตรของกระบอกสูบมากที่สุดเรียกว่าปริมาตรรวม (total volume, V_t) โดยปริมาตรที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงไปคือปริมาตรการกระจัด (displaced volume หรือ swept volume, V_d) ซึ่งอัตราส่วนปริมาตรสูงสุดต่อปริมาตรต่ำสุดคืออัตราส่วนกำลังอัด (compression ratio, R_c) และช่วงระหว่างศูนย์ตายบนและศูนย์ตายล่างเรียกว่าระยะชัก (stroke) [21]

2.6.1 มลพิษทางอากาศ (Air pollution)[22]

สารมลพิษ (Pollutants) หมายถึงสารอันตรายที่ก่อให้เกิดอันตรายทั้งโดยตรงและโดยอ้อมต่อ มนุษย์ สัตว์ พืช และสภาพแวดล้อม ที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอและเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืชและวัสดุ ประเภทของสารมลพิษอากาศแบ่งออกได้สองประเภท ได้แก่ สารมลพิษอากาศปฐมภูมิ (Primary Air Pollutants) และ สารมลพิษอากาศทุติยภูมิ (Secondary Air Pollutants)

2.6.1.1 สารมลพิษอากาศปฐมภูมิ (Primary Air Pollutants)

สารมลพิษที่เกิดขึ้นและระบายโดยตรงสู่บรรยากาศยกตัวอย่าง การสันดาปของรถยนต์และเครื่องยนต์สันดาปภายในอื่นๆ การสันดาปที่ไม่สมบรูณ์ จะทำให้เกิดการแตกตัวของไนโตรเจนและสิ่งแปลกปลอมที่ไม่พึงประสงค์ของเชื้อเพลิงและอากาศ มลพิษในไอเสียที่มีปัญหาคือไฮโดรคาร์บอน(HC) คาร์บอนมอนออกไซด์ (CO)ออกไซด์ของไนโตรเจน(NO_x) และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Com-pounds)นอกจากนี้ยังมี ฝุ่นละออง แป้ง เกสร และละอองควัน

ไฮโดรคาร์บอน(HC) คือ ไอเสียที่ออกจากห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ซึ่งมีสารประไฮโดรคาร์บอนสูงถึง 6,000 ppm หรือเทียบเท่ากับ 1-1.2% ของเชื้อเพลิง โดย 40% คือสารประกอบของเชื้อเพลิงซึ่งมิได้เผาไหม้ ส่วนอีก 60% คือสารประกอบที่เกิดขึ้นใหม่มิได้มีอยู่ดั้งเดิมในเชื้อเพลิง อัตราส่วนเชื้อเพลิงกับอากาศจะมีผลต่อการเผาไหม้ หากการเผาไหม้ไม่สมบรูณ์จะมีปริมาณไฮโดรคาร์บอนออกมามาก

คาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) คือสารที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ที่ทำงานด้วยไอดีที่มีความเข้มสูง เมื่อไม่มีออกซิเจนเพียงพอในการทำปฏิกิริยากับคาร์บอนให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ เชื้อเพลิงส่วนใหญ่จึงไม่ถูกสันดาปและทำปฏิกิริยากับออกซิเจนกลายเป็นคาร์บอนมอนออกไซด์เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟส่วนใหญ่มีคาร์บอนมอนออกไซด์ประมาณ 0.2-5%

ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) คือ สารที่เกิดจาการสันดาปที่อุณหภูมิสูงในเครื่องยนต์ประมาณ 1,300°C หรือ 2500°F ไอเสียของเครื่องยนต์โดยทั่วไปมีปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนประมาณ 2,000 ppm หรือต่ำกว่านั้น ส่วนใหญ่จะเป็นไนโตรเจนออกไซด์ และ ไนโตรเจนไดออกไซด์มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น สารประกอบระหว่างไนโตรเจนและออกซิเจนถูกเรียกรวมว่า NO_x

สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Com-pounds) กรมอนามัยโลกได้นิยามสารอินทรีย์ระเหยง่าย คือ สารประกอบที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นสารประกอบหลักซึ่งมีจุดเดือดอยู่ในช่วง 50-260° C (ไม่นับรวมกลุ่มยาฆ่าแมลง) ในอุณหภูมิปกติสาร VOCs จะอยู่ในรูปก๊าซหรือไอ โดยยกเว้น คาร์บอนมอนออกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1.2 สารมลพิษอากาศทุติยภูมิ (Secondary Air Pollutants)

เป็นสารมลพิษทางอากาศที่ไม่ได้เกิดและถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดใดๆ แต่เกิดขึ้นในบรรยากาศจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษอากาศปฐมภูมิกับสารประกอบอื่นๆ ที่อยู่ ในบรรยากาศ เช่น ก๊าซโอโซน ฝุ่นละอองขนาดเล็ก และสารมลพิษทางอากาศที่เป็นสารอนินทรีย์ (Inorganic) เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และฝุ่นตะกั่ว เป็นต้น

ตารางที่ 2.7 อันตรายจากไอเสียรถยนต์ [23]

ชนิดของสารมลพิษ	สาเหตุการเกิด	ผลต่อสิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อม
HC	เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์	สารก่อมะเร็ง ทำให้ระคายเคืองต่อจมูก ตา หลอดลม และปอดทำให้เกิดปัญหาต่อระบบทางเดินหายใจ
CO	อัตราส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิงไม่เหมาะสม	ทำให้เลือดขาดออกซิเจนไปเลี้ยงสมอง ถ้าสูดดมเข้าไปมาก ๆจะทำให้สมองและระบบประสาทถูกทำลาย อาจทำให้เสียชีวิตได้ภายในเวลาไม่กี่นาที
CO_2	การทำปฏิกิริยาเคมีของแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์	ทำให้เกิดปรากฏการก๊าซเรือนกระจก
NO_x	เกิดจากการสันดาปที่อุณหภูมิสูง	ทำให้เกิดฝนกรดทำให้เกิดปัญหาต่อระบบทางเดินหายใจ

ตารางที่ 2.8 ผลกระทบจากสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) บางชนิด [23]

สาร VOCs	เนื้อเยื่อที่ถูกทำลาย	ผลต่อสุขภาพ
Benzene	Hemopoietic system, red blood cell, nerve	ทำลายไขกระดูก เม็ดเลือดแดงแตก โลหิตจาง โรคทางประสาทส่วนกลาง
Carbon tetrachloride (CCL4)	Liver, CNS	ตับเสื่อมตับแข็ง
Dichlorobenzene (methylene chloride, DCM)	Liver, kidney, blood, skin, eyes, upper respiratory tract	แสบ-ระคายเคือง ปอดบวม โรคตับ กดประสาทส่วนกลาง ทำให้หมดสติ หรืออาจเสียชีวิต
Ethyl alcohol (methylene)	Liver, CNS nerve, placenta	ตับเสื่อม ตับแข็ง เร่งการเกิดมะเร็งตับ กดประสาท ทารกคลอดพิการ
Ethyl benzene (ethyl benzol) n-Hexane	Eyes, CNS nerve, nasal cavity nerve	ระคายเคือง แสบตา จมูก กดประสาทส่วนกลาง ปวดหัว สับสน งุนงง หมดสติ
Methyl alcohol (methanol)	Liver, CNS nerve	ตับเสื่อม กดประสาท ตาบอด
Toluene (Methylbenzene, toluol)	CNS nerve	อาการทางประสาทส่วนกลาง
Trichlorobenzene	Liver, Kidney	ตับแข็ง ตับเสื่อม ไตเสื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ผลกระทบจากสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) บางชนิด [23] (ต่อ)

สาร VOCs	เนื้อเยื่อที่ถูกทำลาย	ผลต่อสุขภาพ
1-Trichloroethane (methylchloroform)	Liver, Nerve, Kidney	อาการกดประสาทส่วนกลาง ชัก หมดสติ อาจเสียชีวิตได้
Acetaldehyde	Liver, Nerve, Kidney	อาเจียน ท้องร่วงระคายเคืองต่อจมูก คอ ทางเดินหายใจ
Formaldehyde	Eyes, CNS nerve, nasal cavity nerve	สารก่อมะเร็ง กัดกร่อนผิวหนัง ระบบหายใจ
Xylene	CNS nerve	ระคายเคือง โรคผิวหนัง กดประสาทส่วนกลาง

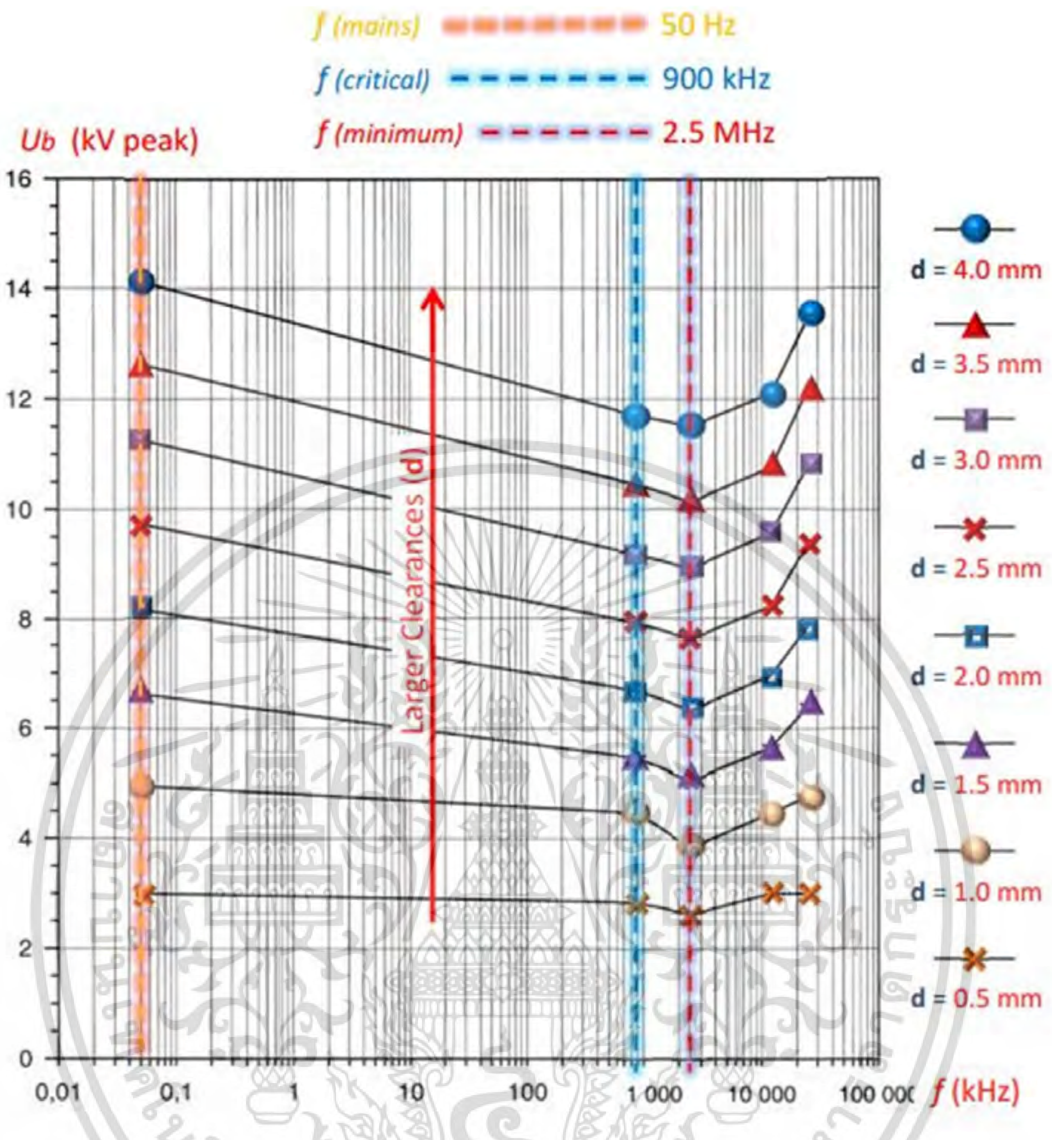
2.6.2 มาตรฐานการระบายมลพิษจากยานพาหนะของกรมขวบคุมมลพิษ

คุณสมบัติของมลพิษที่ออกมาจากเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซลจะแตกต่างกันจากคุณลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ มาตรฐานในการตรวจวัดค่ามลพิษจึงแตกต่างกัน จากค่าต่างๆที่แสดงดังตารางใน (ภาคผนวก ค) ค่าต่างๆเหล่านี้ยังเป็นส่วนในการพิจารณาเลือกเครื่องมือวัดมลพิษให้เหมาะสมกับชนิดเชื้อเพลิงด้วย

2.7 ผลของความถี่ต่อการเกิดเบรกดาวน์ของก๊าซ

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำให้แก่อิเล็กโทรด กระบวนการเบรกดาวน์ที่เกิดขึ้นนั้นจะไม่แตกต่างจากกระบวนการเบรกดาวน์จากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหรือที่เรียกว่าแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Static Voltage) แต่เมื่อเพิ่มความถี่ให้มีค่าสูงขึ้นเกินค่าความถี่วิกฤต (f_c) ซึ่งเป็นค่าความถี่ที่ทำให้ไอออนบวกเริ่มที่จะเคลื่อนที่ไปไม่ถึงขั้วแคโทดในช่วงครึ่งรูปคลื่น ซึ่งเมื่อเกิดการกลับขั้วแรงดันแคโทดและแอโนดทำให้ไอออนบวกที่เคลื่อนที่ไปไม่ถึงขั้วแคโทดมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในช่องอากาศ (Space Charge) ทำให้ระยะทางที่ไอออนต้องเคลื่อนที่เพื่อเกิดเบรกดาวน์มีระยะทางสั้นลง นั่นคือค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการเบรกดาวน์มีค่าลดลงทำให้เกิดการเบรกดาวน์ได้ง่ายขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความถี่สูงขึ้น ($f > 1MHz$) จนทำให้ไอออนลบที่เคลื่อนที่ได้เร็วกว่าไอออนบวกแต่เริ่มที่จะเคลื่อนที่ไปไม่ถึงขั้วแอโนดหรือเรียกว่าความถี่วิกฤตครั้งที่ 2 (f_{ce}) ทำให้มีปริมาณไอออนลบเพิ่มมากขึ้นในช่องอากาศทำให้ช่วงนี้ในช่องอากาศจะมีทั้งกลุ่มไอออนบวกและไอออนลบทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการเบรกดาวน์มีค่าเพิ่มขึ้นนั่นคือเบรกดาวน์ได้ยากขึ้น[24] พิจารณาได้จากภาพที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 แรงดันเบรกดาวน์ในอากาศที่ความถี่ตั้งแต่ 50 Hz – 25 MHz ที่ความดัน 1 บรรยากาศ [25]

2.8 คุณสมบัติของวัสดุ

เนื่องจากวัสดุที่นำมาใช้ออกแบบต้องทนต่อสภาวะการใช้งานเช่น สามารถทนความร้อนได้สูง ทนต่อความเครียดสนามไฟฟ้าได้ และ ทนต่อแรงทางกลเนื่องจากเวลารถยนต์ขับเคลื่อนที่ความเร็วสูงขึ้นหรือถนนไม่เรียบทำให้บริเวณปลายท่อไอเสียจะมีการสั่นสะเทือนมากกว่าปกติ

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบปัญหาว่าวัสดุของฉนวนคั่นซึ่งใช้เป็นอะคลิริคพลาสติกเมื่อทดลองที่รอบเครื่องยนต์สูงพบว่าตัวอะคลิริคมีการโก่งงอ บิดเบี้ยวไปจากเดิม ทำให้ก๊าซไอเสียอาจไหลไม่สะดวก เมื่อไอเสียไหลออกไม่หมดไอดีก็ไหลเข้ามาสันดาปไม่ได้หรืออาจทำให้ค่าความคงทนของฉนวนต่อสนามไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงอาจเกิดอันตรายในขณะใช้งานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 คุณสมบัติของวัสดุต่างๆ[26-27]

วัสดุ	คงทนต่อความร้อน (^{o}C)	เปอร์มิตติวิตี้	ความคงทนต่อความเครียดสนามไฟฟ้า (kV/cm)	ความคงทนต่อแรงทางกล (MPa)
แก้ว	520-750	3.7-10	98-138	27-62
อะคริลิค	80-90	2.3	40	75.8
ไมก้า	500-1,000	4-7	>200	150
แบกกาไลท์	400	3.5-5	24	50-150

จากตารางที่ 2.9 พบว่าไมก้ามีความคงทนต่ออุณหภูมิ ความเครียดสนามไฟฟ้า และ แรงทางกลได้มากที่สุดอีกทั้งยังเป็นสารจำพวกอนินทรีย์ที่ไม่ติดไฟ ไมก้าจึงเป็นวัสดุที่เหมาะสมที่สุดสำหรับมาออกแบบเป็นฉนวนคั่นในอิเล็กโทรดของชุดลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ก.

ข.

ภาพที่ 2.5 (ก.) แร่ไมก้า
(ข.) โคมไฟทำจากไมก้า

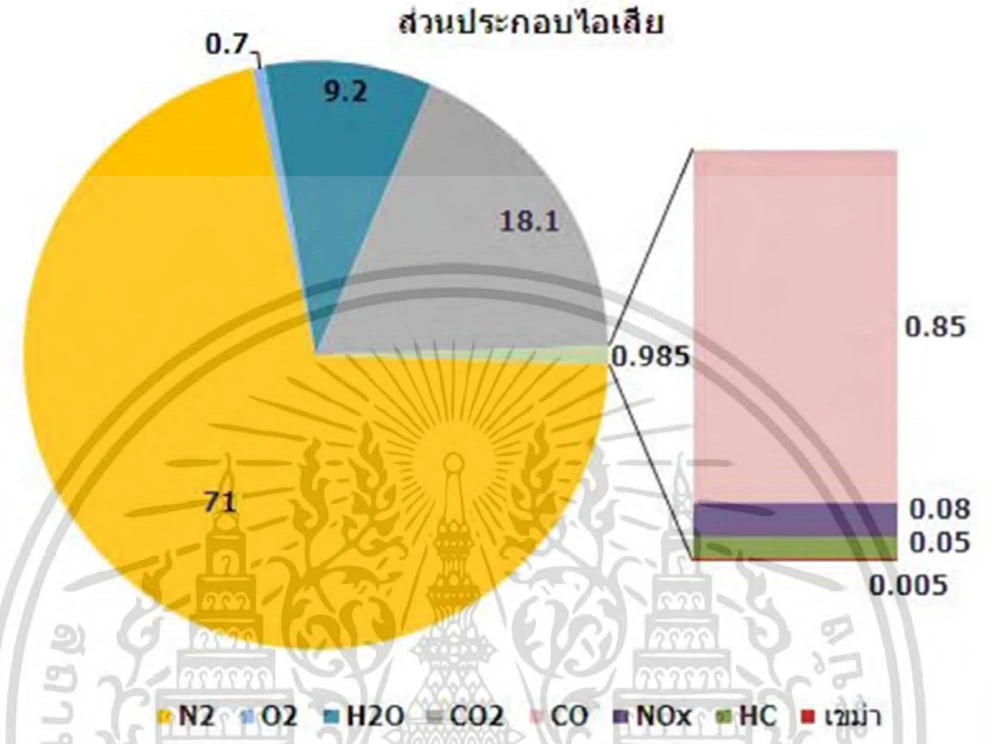
ประโยชน์ของไมก้านั้นได้แก่ ใช้เป็นแผ่นกรองแสงในอุปกรณ์ทางตา ผนังกันความร้อนในเตาเผา ทำแก้วที่ใช้ทนความดันสูง หม้อแปลงไฟ เครื่องควบแน่น เครื่องปรับกระแสไฟฟ้า ฟิวส์ วาวล์ สะพานทางความร้อนและวัสดุกันไฟในหลอดสูญญากาศ แผ่นไมก้าสามารถตัดขาดได้ง่าย สามารถแปรรูปและรวมกันเป็นรูปร่างทางเส้นใยที่หลากหลาย ซึ่งถูกนำไปใช้ในไดโอด ตัวทรานซิสเตอร์และโลหะบัดกรี ไมก้ายังใช้เป็นแกนพันรอบสายไฟซึ่งใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้ามากมาย

2.9 แคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์[28]

ไอเสียที่เกิดจากเครื่องยนต์เบนซินหรือแก๊สโซลีนจะประกอบด้วยก๊าซซึ่งส่วนหนึ่งไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ เช่น ไนโตรเจน ไอน้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซอีกส่วนหนึ่งเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบรูณ์และเป็นพิษต่อมนุษย์ได้แก่ คาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) สารไฮโดรคาร์บอน (H-C) ทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการเผาไหม้ สารไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) รวมทั้งฝุ่นละอองเขม่าและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งมีเพียงจำนวนน้อยดังภาพที่ 2.6 แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของไอเสีย



ภาพที่ 2.6 ส่วนประกอบของไอเสีย

2.9.1 แคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์แบบ 3 ทาง (3-Way catalytic convertor)

คำว่าแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์แบบ 3 ทางในที่นี้มิได้หมายความว่า ท่อกรองไอเสียที่แยกเป็นสามทางหรือต่อเป็นสามทอนแต่อย่างไร แต่หมายถึงการออกแบบให้สามารถขจัดมลภาวะสามอย่าง (NO_x, CO, HC) พร้อมๆ กัน โดยอาศัย Lamda-control ควบคุมการผสมเชื้อเพลิง และอากาศ เพื่อการเผาไหม้ ในเครื่องยนต์สมบรูณ์แบบตามทฤษฏีการเผาไหม้ในปัจจุบันเครื่องกรองไอเสีย แบบสามทางนี้ให้ประสิทธิภาพในการขจัดไอเสียดีที่สุดและเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

2.9.2 การเคลือบสารตัวทำปฏิกิริยาในแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์

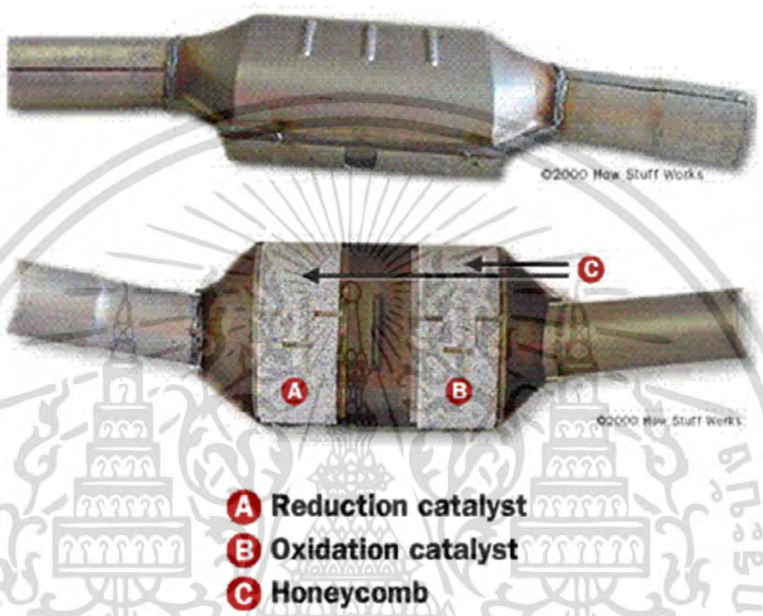
เครื่องกรองไอเสียแบบ 3-Way catalytic convertor จะใช้ทองคำขาว (Platinum) และโรเดียม (Rhodilum) โดยทองคำขาวจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของไฮโดรคาร์บอนและคาร์บอนมอนนอกไซด์ส่วนโรเดียมทำหน้าที่ลดปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ ในแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์จะมีโลหะล้ำค่านี้อยู่ประมาณ 2-3 กรัม

2.9.3 อายุการใช้งานของแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์

การแปรสภาพไอเสียอย่างจริงจังจะเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิใช้งานของอุปกรณ์สูงกว่าประมาณ 250°C อุณหภูมิที่เหมาะสมในทางอุดมคติที่ต้องการเพื่อให้การแปรสภาพไอเสียได้ผลสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเครื่องกรองไอเสียมีอายุการใช้งานยาวนาน จะอยู่ที่ประมาณ 400°C -800°C [29] ที่อุณหภูมิสูง 700°C-1000°C จะส่งผลให้เครื่องกรองไอเสียเสื่อมสภาพอันเนื่องจากกระบวนการ Sintering ของชั้นโลหะ และ Al_2O_3 รุนแรงขึ้นซึ่งจะทำให้เป็นการลดพื้นที่เกิดปฏิกิริยาแปรสภาพไอเสียน้อยลง นอกจากนี้แล้วระยะเวลาที่เครื่องกรองไอเสียทำงานในอุณหภูมิสูงนี้ก็เป็นตัวแปรสภาพสำคัญของการเสื่อมสภาพอีกด้วย ที่อุณหภูมิสูง กว่า 1000°C การเสื่อมสภาพของเครื่องกรองไอเสียจะรวดเร็วและรุนแรงถึงขั้นที่ใช้งานไม่ได้เลย โดยเครื่องกรองไอเสียจะมีอายุการใช้งานได้ถึงประมาณ 100,000 km



ภาพที่ 2.7 แคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์แบบ 3 ทาง

จากภาพที่ 2.7 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในส่วน A คือ Reduction ใช้ในการลดปริมาณ NO_x ดังสมการ

$$2NO_x \longrightarrow xO_2 + N_2 \quad (2.18)$$

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในส่วน B คือ Oxidation ใช้ในการลดปริมาณก๊าซ CO และก๊าซ HC ดังสมการ

$$2CO + O_2 \longrightarrow 2CO_2 \quad (2.19)$$

$$C_xH_{2x+2} + \left[\left(3x+1\right)/2\right]O_2 \longrightarrow xCO_2 + \left(x+1\right)H_2O \quad (2.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

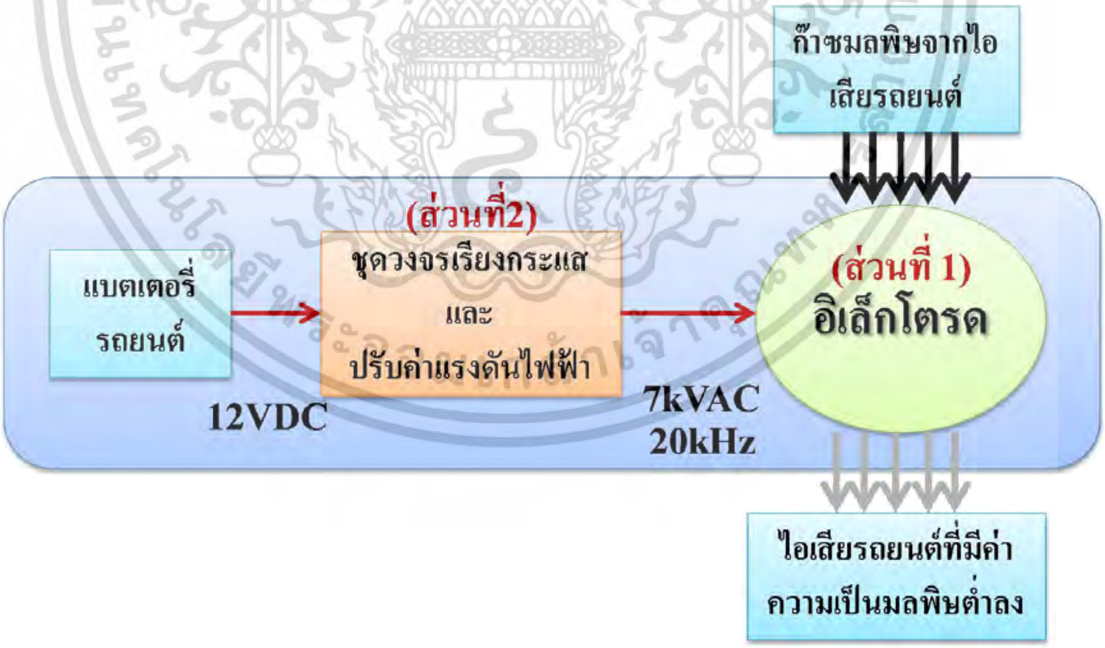
บทที่ 3
การออกแบบ

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะเป็นการรวบรวมค่าพารามิเตอร์ต่างๆจากงานวิจัยต่อเนื่องเรื่องผลของสนามไฟฟ้าต่อการลดก๊าซมลพิษ เพื่อใช้ในการออกแบบและจัดสร้างชุดลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยสนามไฟฟ้าเพื่อเป็นชุดต้นแบบในการติดตั้งใช้งานจริงได้ โดยในการออกแบบชุดทดสอบนั้นประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 คืออิเล็กโทรดที่ใช้ในการสร้างความเครียดสนามไฟฟ้าลักษณะไม่สม่ำเสมอเล็กน้อยรูปทรงทรงกระบอกซ้อนแกนร่วม โดยอิเล็กโทรดวงในเป็นสแตนเลสทรงกระบอก อิเล็กโทรดวงนอกเป็นเส้นลวดพันรอบอิเล็กโทรดวงใน ซึ่งมีฉนวนไมก้าคั่น โดยอาศัยหลักการในการสร้างโอโซนเป็นแบบตั้งต้นซึ่งต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆประกอบในการออกแบบเช่น ความคงทนของวัสดุที่นำมาใช้ต่ออุณหภูมิที่ปลายท่อ, ความคงทนของวัสดุต่อความเครียดสนามไฟฟ้า และ อัตราการไหลของก๊าซมลพิษ ปัจจัยภายนอก เช่น ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์หลังจากติดตั้งชุดลดก๊าซมลพิษ เป็นต้น

ส่วนที่ 2 คือชุดสร้างแรงดันสูงกระแสสลับ 7 kV ความถี่สูง 20 kHz จากแบตเตอรี่รถยนต์กระแสตรง 12 V เพื่อสร้างความเครียดสนามไฟฟ้าที่ต้องการให้กับอิเล็กโทรดของชุดลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์



ภาพที่ 3.1 ไดอะแกรมระบบการทำงานของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษด้วยสนามไฟฟ้า

ขั้นตอนในการออกแบบชุดอิเล็กโทรดสำหรับการลดก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานพันธะและปัจจัยต่างในการเกิดปฏิกิริยาเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบเราจะพิจารณาจากหลักการในการสร้างก๊าซโอโซนซึ่งการออกแบบอยู่บนพื้นฐานของการศึกษาลักษณะของสนามไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับการแตกตัวของโมเลกุลก๊าซมลพิษและความสามารถในการลดก๊าซมลพิษ โดยในขั้นตอนแรกจะมีการทดสอบผลของการลดก๊าซมลพิษต่อระยะความยาวของชุดลดก๊าซมลพิษก่อน เนื่องจากในการติดตั้งใช้งานจริงที่บริเวณปลายท่อนั้นมีพื้นที่ที่จำกัด หลังจากนั้นจึงออกแบบชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ

3.2 การวิเคราะห์พลังงานในการยึดเกาะโมเลกุลของก๊าซ

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้หลักการของเครื่องกำเนิดโอโซนโดยเราทราบว่าหากให้พลังงานแก่โมเลกุลของก๊าซจนถึงค่าพลังงานในการยึดเกาะพันธะของโมเลกุลจะทำให้โมเลกุลเกิดการแตกตัวออกจากกัน จากตารางที่ 2.5 โดยเมื่อพิจารณาเฉพาะชนิดของก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะได้ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ทำให้เราทราบว่าพลังงานในการยึดเกาะพันธะของออกซิเจนมีค่าเท่ากับ 498 kj/mol พลังงานพันธะของก๊าซมลพิษที่พิจารณาคือคาร์บอนมอนออกไซด์เท่ากับ 358 kj/mol ไฮโดรคาร์บอนเท่ากับ 413 kj/mol และโดยหากเราสามารถให้พลังงานจากสนามไฟฟ้าจนถึงค่าที่ทำให้อากาศแตกตัวเกิดเป็นโอโซนได้ก็สามารถสลายพันธะของมลพิษเหล่านี้ได้เช่นกัน โดยในการทดลองจะเลือกพิจารณาก๊าซ CO, CO_2, HC, และ O_2 ซึ่งก๊าซ HC และ CO อยู่ในมาตรฐานมลพิษที่กรมขนส่งทางบกใช้พิจารณาในการตรวจสภาพเครื่องยนต์ตามประกาศของกรมขนส่งทางบก [2] และมาตรฐานที่ประเทศไทยอ้างอิงในปัจจุบันคือมาตรฐานมลพิษระดับ 7 ซึ่งเทียบเคียงกับมาตรฐานสากลคือ EU-standard 3 [30] ส่วนก๊าซออกซิเจนที่พิจารณาเพราะเป็นผลที่แสดงให้เห็นว่ามีปฏิกิริยาเกิดขึ้นในระบบ

ตารางที่ 3.1 ค่าพลังงานในการยึดเกาะพันธะโมเลกุลของก๊าซมลพิษจากไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ก๊าซ	พลังงานพันธะ (kj/mol)	ความยาวพันธะ (pm)
O2	498	121
CO	358	143
CO_2	803	120
HC	413	109
NO	201	140
NO_2	607	121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ข้อสรุปจากงานวิจัยที่ผ่านมา

ก. อิเล็กโทรดมีฉนวนคั่น

จากการทดลองใช้สนามไฟฟ้าเพื่อลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยเปรียบเทียบอิเล็กโทรดแบบมีฉนวนคั่นและไม่มีฉนวนคั่น

พบว่าอิเล็กโทรดแบบมีฉนวนคั่นเหมาะสมแก่การใช้งานมากกว่าไม่มีฉนวนคั่นเนื่องจากไม่เกิดการเบรกดาวน์ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อชุดลดก๊าซและอาจรวมไปถึงรถยนต์

ข. สนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย

จากการทดลองใช้สนามไฟฟ้าเพื่อลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์แก๊สโซลีนโดยเปรียบเทียบรูปทรงอิเล็กโทรดแบบ ระนาบ-ระนาบ (สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ), เส้นลวด-ระนาบ (สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย) และปลายแหลม-ระนาบ (สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง)

พบว่าอิเล็กโทรดทั้งสามรูปทรงมีแนวโน้มทำให้ปริมาณก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์ลดลงในทิศทางเดียวกัน โดยอิเล็กโทรดแบบ เส้นลวด-ระนาบ(สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย) มีประสิทธิภาพในการลดก๊าซ CO และ CO_2 ได้สูงที่สุด โดยสามารถลดก๊าซ CO ได้ 33.9% และสามารถลดก๊าซ CO_2 ได้ 21.6% เป็นผลทำให้ O_2 มีปริมาณเพิ่มขึ้น 29.7% ที่ความเข้มสนามไฟฟ้า 25 kV/cm

ค. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

จากการทดลองใช้สนามไฟฟ้าเพื่อลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์โดยเปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับความถี่ 50 Hz

พบว่าแหล่งจ่ายไฟฟ้าทั้งสองประเภทสามารถทำให้ปริมาณก๊าซมลพิษมีแนวโน้มลดลงได้โดยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ 50 Hz จะมีประสิทธิภาพต่อการลดก๊าซมลพิษมากกว่าแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

ง. ความถี่ของรูปคลื่นแรงดัน

จากการทดลองใช้สนามไฟฟ้าเพื่อลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์โดยปรับความถี่แหล่งจ่ายไฟฟ้าย่าน 45 ถึง 57.5 kHz และ การเปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้า PWM กับ Phase shifted PWM ของเครื่องกำเนิดโอโซน

พบว่าความถี่มีผลต่อการลดลงของก๊าซมลพิษแต่ในย่านความถี่สูง 45 ถึง 57.5 kHz แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ไม่ได้ทำการ Phase shifted เมื่อปรับความถี่สูงขึ้น แรงดันขาออกมีแนวโน้มลดลงทำให้ประสิทธิภาพในการลดก๊าซมลพิษลดลง จึงเลือกความถี่ 20 kHz ซึ่งเป็นความถี่สูงที่ต่ำที่สุดที่ไม่รบกวนสภาพแวดล้อมคำนึงจากความถี่ที่หูมนุษย์ได้ยินช่วง 20 ถึง 20,000 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ชุดลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยสนามไฟฟ้าแบบเก่า

ภาพที่ 3.2 อิเล็กโทรดที่ระยะความยาว 10, 20 และ 30 cm

จากภาพที่ 3.2 เป็นภาพของชุดลดก๊าซมลพิษแบบเก่าซึ่งใช้ในการทดลองศึกษาผลของระยะความยาวที่เปลี่ยนไปต่อการลดลงของปริมาณก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยอิเล็กโทรดที่ใช้มี 3 ระยะความยาวคือ 10, 20 และ 30 cm ภายในอิเล็กโทรดเป็นฉนวน 2 ชั้น ซึ่งการทดลองจะอยู่ในหัวข้อที่ 4.3

ชั้นที่ 1 อากาศ

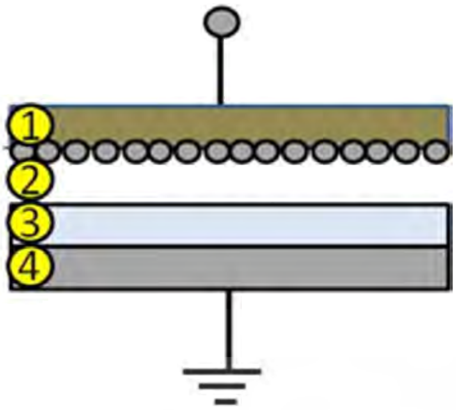
d_1 =3 mm. ε_1=1

ชั้นที่ 2 อะคลิลิค

d_2 =3 mm. ε_2=2.3

ฉนวนอะคลิลิคหนา 3 มิลลิเมตร เนื่องจากที่อุณหภูมิในการทดลองสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 83 $^{\circ}$C โดยรายละเอียดการทดลองจะอยู่ในบทที่ 4 ซึ่งคุณสมบัติในการทนความร้อนของอะคลิลิคหนา 3 – 4 mm ทนได้ประมาณ 150 – 200 $^{\circ}$C ส่วนอะคลิลิคหนา 1 – 2 mm ทนได้ประมาณ 65 – 100 $^{\circ}$C จึงมีความเสี่ยงที่จะทำให้ฉนวนคั่นอะคลิลิคเกิดการเสียรูปและไม่สามารถทำการทดลองต่อได้ ในการออกแบบและทำการทดลองจึงเลือกใช้อะคลิลิคหนา 3 mm เป็นฉนวนคั่นระหว่างช่องว่างอากาศกับอิเล็กโทรด เพราะสามารถทนความร้อนได้ ประมาณ 150 – 200 $^{\circ}$C[8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1 คือ ขั้วอิเล็คโทรดชนิดเส้นลวด Ø 1mm.
2 คือ แกปอากาศ 3 mm.
3 คือ แผ่นอะคลิลิค หนา 3 mm.
4 คือ ขั้วอิเล็คโทรดด้านกราวน์ 2 mm.

ภาพที่ 3.3 จำลองรายละเอียดชุดลดก๊าซมลพิษแบบเก่า

$$E_b = 25 \text{ kV/cm}$$

ค่าสนามไฟฟ้าต่ำสุดที่จ่ายให้อิเล็กโทรดในการทดลองต้องมีค่าเพียงพอที่จะทำให้เกิดการไอออไนเซชันของอากาศจึงใช้ค่าคงทนของอากาศต่อความเครียดสนามไฟฟ้าเพื่อคำนวณหาค่าแรงดันที่ต้องการใช้งานโดยสามารถคำนวณจากสมการที่ 2.9

$$\hat{E} = \frac{\hat{U}}{d_1} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{2.3} \times 1\right)} \tag{3.1}$$

จาก $\widehat{U} = U \times \sqrt{2}$ จะได้

$$U = E_b \cdot d_1 \cdot \left(1 + \frac{1}{2.3} \times 1\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \tag{3.2}$$

$$U = 25 \cdot 0.3 \cdot \left(1 + \frac{1}{2.3} \times 1\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \tag{3.3}$$

$$U = 7.6 \text{ kV} \tag{3.4}$$

จากการคำนวณทำให้ทราบว่าจะต้องจ่ายแรงดันให้ชุดทดลองไม่ต่ำกว่า 7.6 kV จึงจะเริ่มเกิดการไอออไนเซชัน ต่อมาต้องคำนวณค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่ตกคร่อมฉนวนอะคลิลิคเพราะเมื่อคิดว่าอากาศเกิดการแตกตัวแล้วแรงดันทั้งหมดจะตกคร่อมฉนวนคั่นอะคลิลิคซึ่งต้องคำนวณว่าแรงดันที่ตกคร่อมทั้งหมดทำให้ความเครียดสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ฉนวนคั่นอะคลิลิคน้อยกว่าความคงทนต่อความเครียดสนามไฟฟ้าของฉนวนคั่นอะคลิลิคหรือไม่ดังสมการที่ 3.5

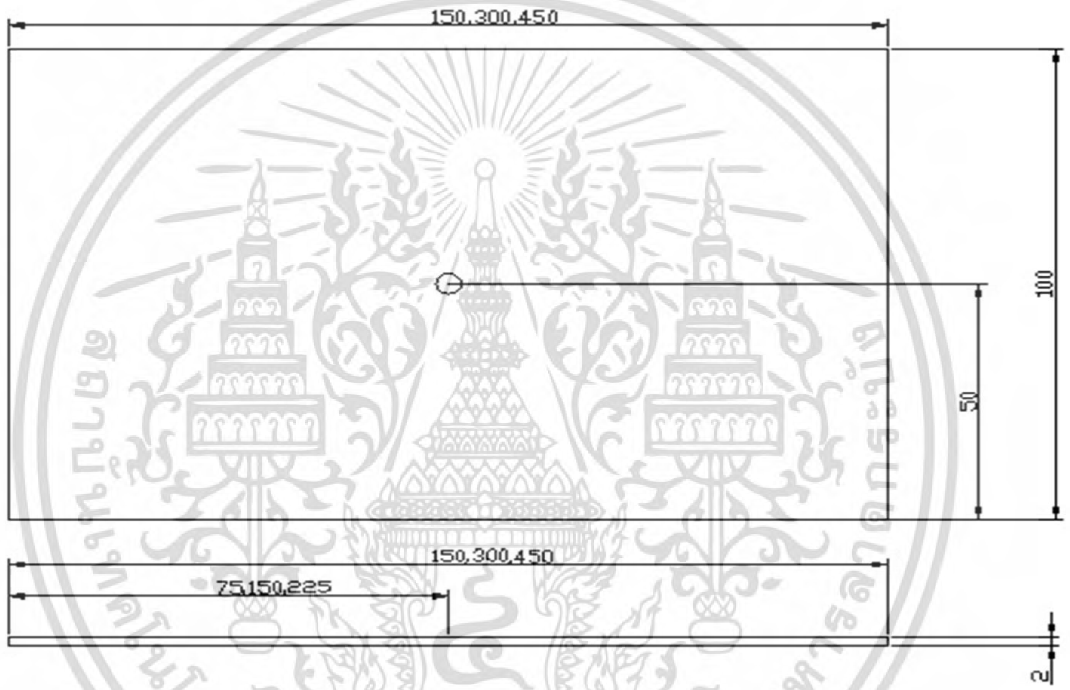
$$E_b = \frac{15}{0.3} = 35.8 \text{ kV/cm} \tag{3.5}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคำนวณดังสมการที่ 3.5 พบว่าเมื่อเกิดการไอออไนเซชั่นที่ช่องอากาศ อากาศเกิดการแตกตัว แรงดันไฟฟ้าทั้งหมดตกคร่อมที่ฉนวนทำให้เกิดความเครียดสนามไฟฟ้าที่ฉนวนคั่นอะคลิลิค 35.8 kV/cm แต่ความคงทนต่อความเครียดสนามไฟฟ้าของอะคลิลิคเท่ากับ 40 kV/cm จึงไม่เกิดการเบรกดาวน์ผ่านอะคลิลิคแต่ในส่วนอากาศจะเกิดการดิสชาร์จเล็กน้อยเกิดขึ้นในระบบอิเล็กโทรดอยู่ตลอดเวลา

ซึ่งรายละเอียดภายในอิเล็กโทรดที่ออกแบบเพื่อการทดลองเปรียบเทียบระยะความยาวของอิเล็กโทรดต่อการลดลงของปริมาณก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์สามารถแบ่งจำแนกวัสดุที่ใช้ดังนี้

3.4.1 วัสดุที่ใช้ทำแผ่นอิเล็กโทรดระนาบ



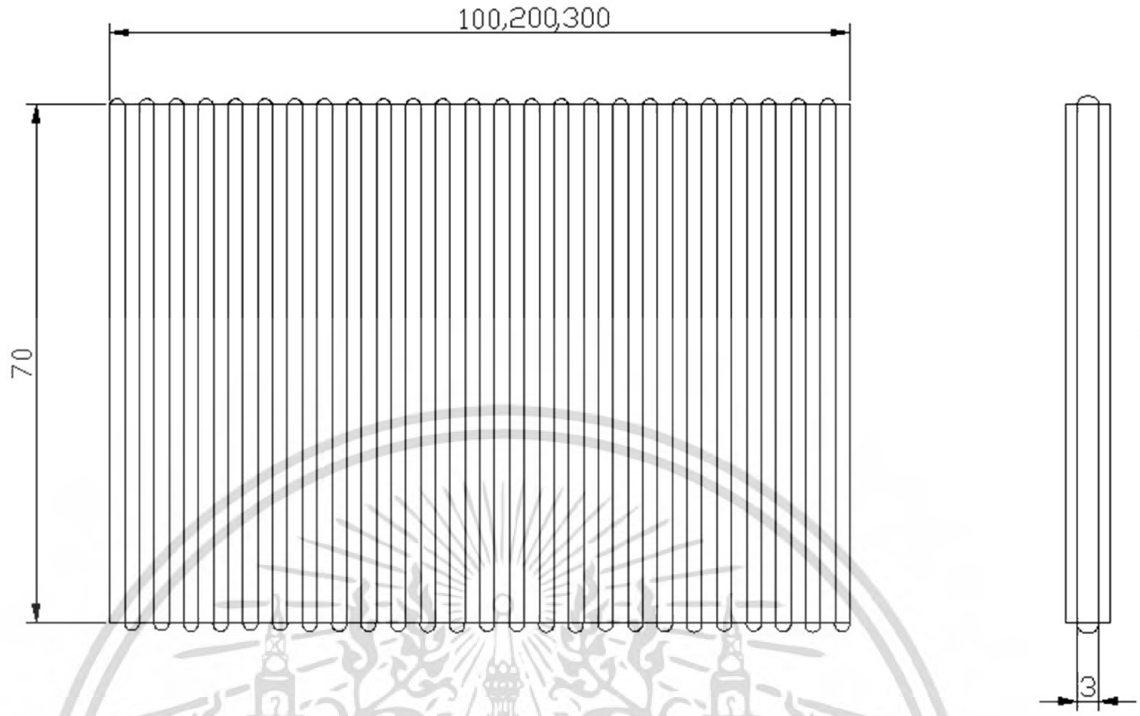
ภาพที่ 3.4 อิเล็กโทรดระนาบด้านล่าง

วัสดุที่ใช้คือแผ่นสเตนเลสมีขนาดหนา 2 mm เพื่อให้มีความเข็งแรงเพราะหากสเตนเลสบางไปในระหว่างประกอบชุดอิเล็กโทรดซึ่งมีช่องว่างอากาศที่เล็กมากแผ่นสเตนเลสที่มีความโค้งงอหรือพื้นผิวไม่เรียบจะทำให้ความสม่ำเสมอของสนามไฟฟ้าน้อยลงไม่ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณเพื่อใช้ในการทดลองพื้นที่ผิวกว้าง 10 cm ยาว 15, 30 และ 45 cm เพื่อป้องกันการเกิดความเครียดสูงจนเบรกดาวน์ตรงบริเวณขอบของแผ่นเพลท ดังแสดงในภาพที่ 3.4

3.4.2 วัสดุที่ใช้ทำตัวอิเล็กโทรดเส้นลวด

วัสดุที่ใช้ทำตัวอิเล็กโทรดเส้นลวดคือแผ่น Phenolic Paper Sheet มีขนาดกว้าง 7 cm ยาว 100 cm เซาะร่องเพื่อพันลวดทองแดง โดยลวดทองแดงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 mm ดังแสดงในรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.5 อิเล็กโทรดเส้นลวด

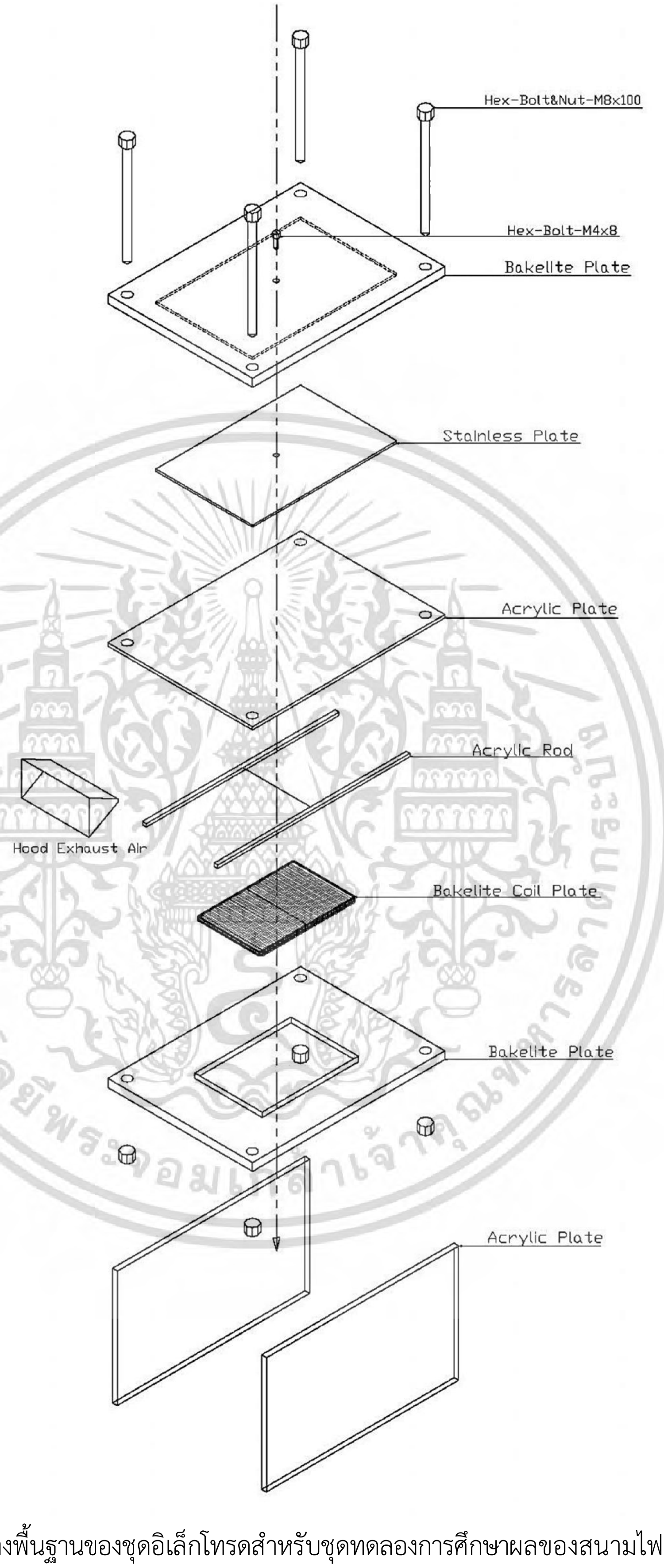
3.4.3 วัสดุที่ใช้ทำฉนวนกั้น

ฉนวนกั้นเป็นอะคีลิค หนา 3 mm, กว้าง 12 cm, ยาว 15, 30 และ 45 cm

3.4.4 วัสดุที่ใช้ทำกล่องใส่ชุดทดลอง

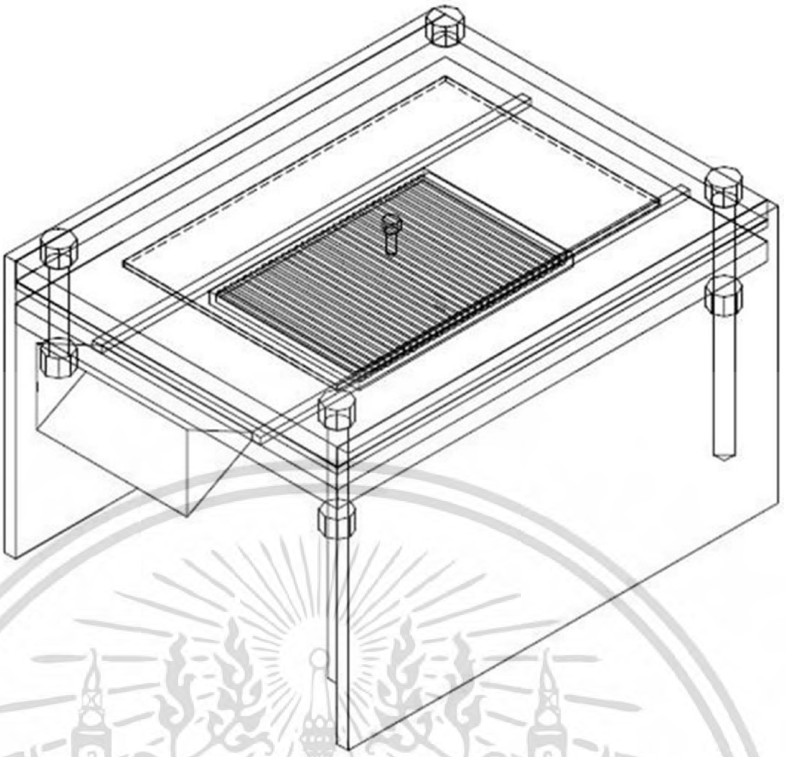
เลือกใช้ Phenolic Cotton Cloth Laminate Sheet ซึ่งสามารถทนความร้อนได้สูงถึง 400 $^{\circ}$C โดยประกอบด้วยฝาด้านบนจะมีการเซาะร่องขนาดกว้าง 10 cm ยาว 15, 30 และ 45 cm ลึก 2 mm เพื่อฝังแผ่นสเตนเลส และฝาด้านล่างมีการเซาะร่องกว้าง 7 cm ยาว 10, 20 และ 30 cm ลึก 4 mm เพื่อฝังตัวอิเล็กโทรดเส้นลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.6 โครงสร้างพื้นฐานของชุดอิเล็กโทรดสำหรับชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.7 แบบจำลองชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์ที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10 cm

ภาพที่ 3.8 ชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์ที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 หลักการออกแบบสร้างชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์ด้วยสนามไฟฟ้า

การออกแบบชุดลดก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะคำนึงถึง 2 ส่วนสำคัญ

ก. อิเล็กโทรด

ข. แหล่งจ่ายไฟฟ้า

3.5.1 อิเล็กโทรด

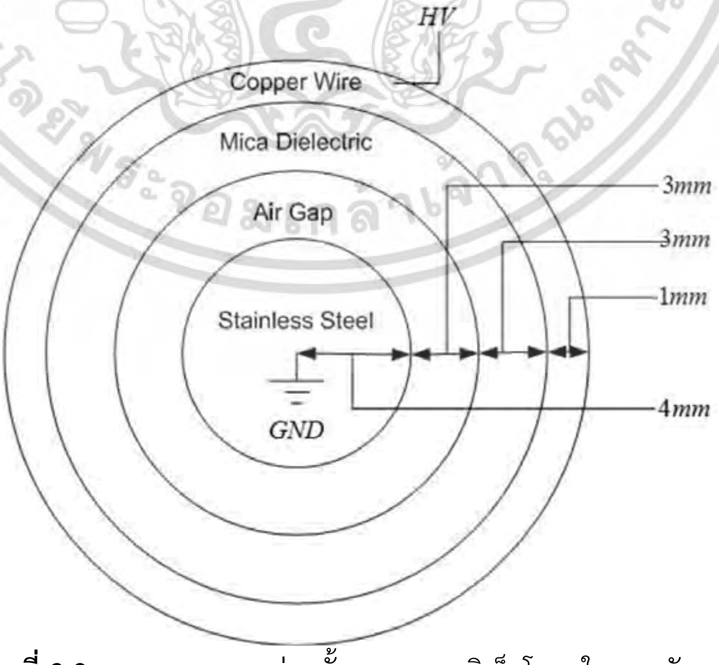
3.5.1.1 ระยะความยาวของชุดลดก๊าซมลพิษ

เนื่องจากในการติดตั้งใช้งานจริงมีพื้นที่ที่จำกัด การออกแบบชุดลดก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจึงต้องคำนึงถึงระยะความยาวของชุดลดก๊าซมลพิษด้วย จึงออกแบบการทดลองลดปริมาณก๊าซมลพิษโดยเปรียบเทียบระยะความยาวที่ 10, 20 และ 30 cm

ซึ่งพบว่าเมื่อความยาวอิเล็กโทรดเพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณก๊าซมลพิษเพิ่มขึ้นตามด้วยเล็กน้อย ซึ่งประสิทธิภาพของอิเล็กโทรดความยาว 30 cm สามารถลดก๊าซมลพิษได้มากที่สุดแต่ในการติดตั้งใช้งานจริงไม่สามารถทำได้เพราะมีพื้นที่ที่จำกัดและหากคำนึงถึงเชิงเศรษฐศาสตร์ถือได้ว่าเป็นการสิ้นเปลืองเพราะประสิทธิภาพในการลดลงของก๊าซมลพิษที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่าอัตราส่วนของปริมาณวัสดุที่เพิ่มขึ้นเพื่อระยะความยาวอิเล็กโทรดที่ยาวขึ้น ผลการทดลองนี้จะอยู่ในหัวข้อที่ 4.3

3.5.1.2 รูปทรงชุดอิเล็กโทรด

อิเล็กโทรดที่ใช้เป็นรูปทรงกระบอกเพราะเป็นรูปทรงที่มีแรงต้านทานการไหลต่ำที่สุด ทนความดันได้ดีกว่าแบบอื่นเนื่องจากรูปทรงมีลักษณะสมมาตร ระยะห่างจากศูนย์กลางเท่ากันทุกด้าน ก๊าซสามารถไหลผ่านได้สะดวก และลดการสะสมของสิ่งสกปรกที่มุมซึ่งมีรายละเอียดขนาดความหนาของแต่ละชั้นดังแสดงในภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 ความหนาของแต่ละชั้นฉนวนและอิเล็กโทรดในภาพตัดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้า

3.5.2.1 หาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการใช้สร้างสนามไฟฟ้าจากการคำนวณ

เบื้องต้นจะคำนวณจากสมการสนามไฟฟ้าในสายเคเบิลแรงสูงจากสมการที่ 2.14 ซึ่งเป็นฉนวน 2 ชั้นโดยคำนึงว่าอากาศแตกตัวที่ความเครียดสนามไฟฟ้า 25 kV/cm

$$E_{max,air} = \frac{\varepsilon_{mica} U}{r_1\left(\varepsilon_{air} \ln\frac{r_3}{r_2} + \varepsilon_{mica} \ln\frac{r_2}{r_1}\right)} \tag{3.6}$$

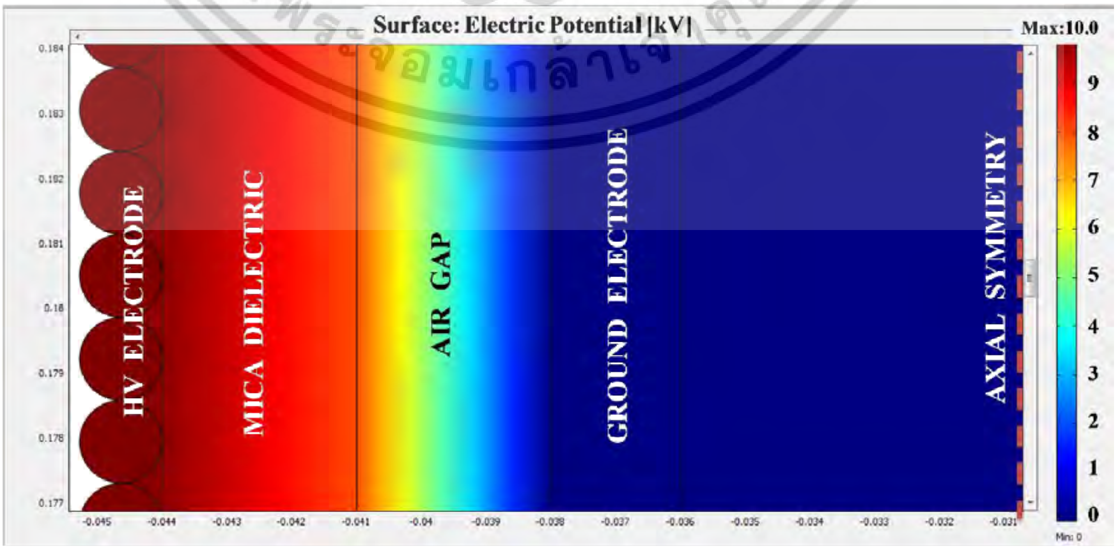
$$U = \frac{r_1 \times E_{max,air}\left(\varepsilon_{air} \ln\frac{r_3}{r_2} + \varepsilon_{mica} \ln\frac{r_2}{r_1}\right)}{\varepsilon_{mica}} \tag{3.7}$$

$$U = \frac{4 \times 25\left(1 \ln\frac{4.6}{4.3} + 4 \ln\frac{4.3}{4}\right)}{4} \tag{3.8}$$

$$U = 9\ kV_{peak},\ U = 6.3\ kV_{rms} \tag{3.9}$$

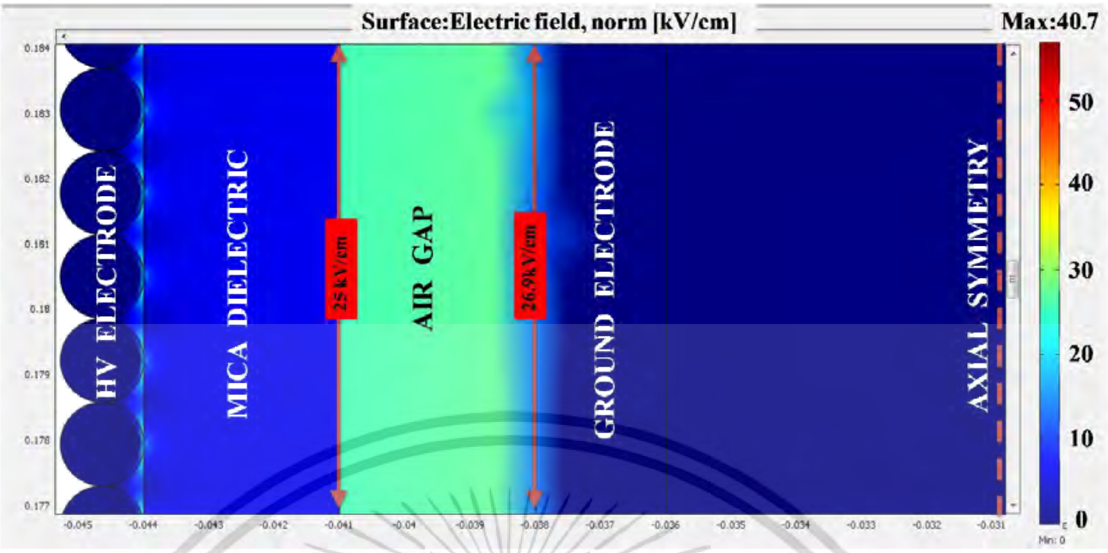
3.5.2.2 หาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการใช้สร้างสนามไฟฟ้าด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์อิลิเมนท์

เนื่องจากรูปทรงอิเล็กโทรดที่ออกแบบไม่มีสูตรคำนวณที่แม่นยำจึงนำระเบียบวิธีไฟไนท์อิลิเมนท์โดยใช้โปรแกรม COMSOL มาช่วยในการออกแบบหาค่าแรงดันไฟฟ้าโดยทำการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 6.3 kV ตามที่คำนวณเบื้องต้น เพื่อให้ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้ค่าสนามไฟฟ้าในช่องอากาศ ณ จุดต่ำสุดมีค่าไม่ต่ำกว่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่ทำให้อากาศเกิดการเบรกดาวน์คือ 25 kV/cm ดังแสดงในภาพที่ 3.11 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ณ ตำแหน่งที่มีความเครียดสนามไฟฟ้าสูงที่สุดของฉนวนแต่ละชั้นจะอยู่ที่บริเวณรอยต่อของชั้นฉนวน นั่นคือค่าความเครียดสนามไฟฟ้ามีค่าสูงหรือต่ำจะขึ้นอยู่กับรัศมีความโค้ง

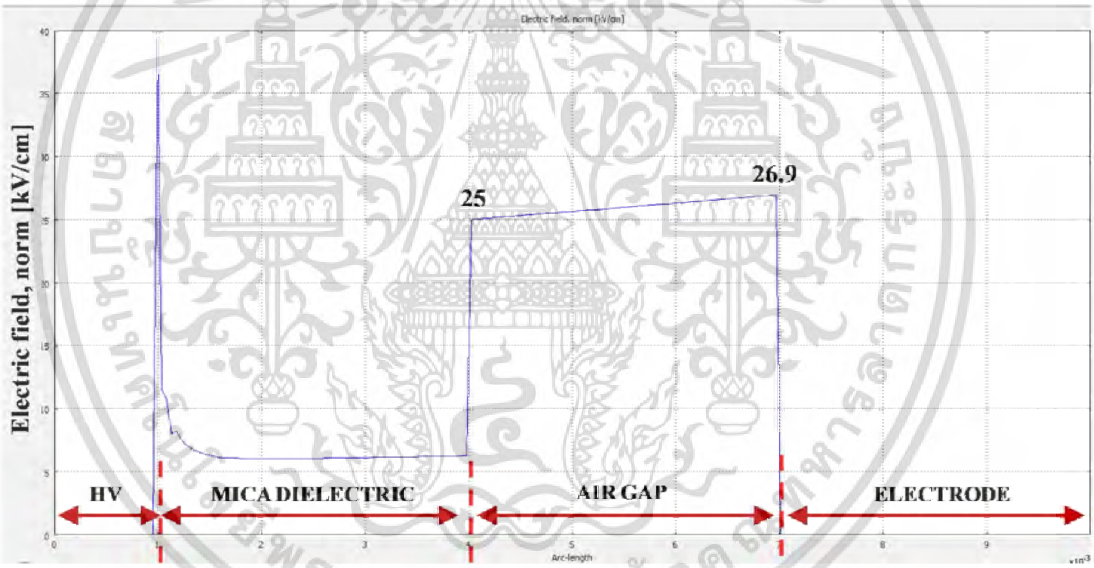


ภาพที่ 3.10 การจำลองลักษณะการกระจายของแรงดันไฟฟ้าด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์อิลิเมนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.11 การจำลองลักษณะการกระจายของสนามไฟฟ้าด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์อิลลิเมนท์



ภาพที่ 3.12 ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า ณ จุดต่างๆด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์อิลลิเมนท์

จากภาพที่ 3.12 แสดงค่าความเครียดสนามไฟฟ้า ณ จุดต่างๆภายในอิเล็กโทรดโดยแกนนอนเป็นระยะมีหน่วยเป็น mm แกนตั้งเป็นค่าความเครียดสนามไฟฟ้ามีหน่วยเป็น kV/cm พบว่าจุดที่ทำให้ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดในช่องอากาศคือบริเวณรอยต่อระหว่างชั้นอากาศกับชั้นฉนวนคั่นไมก้า โดยเมื่อพิจารณาให้บริเวณนั้นมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าไม่ต่ำกว่า 25 kV/cm ทำให้ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าอิเล็กโทรดประมาณ 7 kV

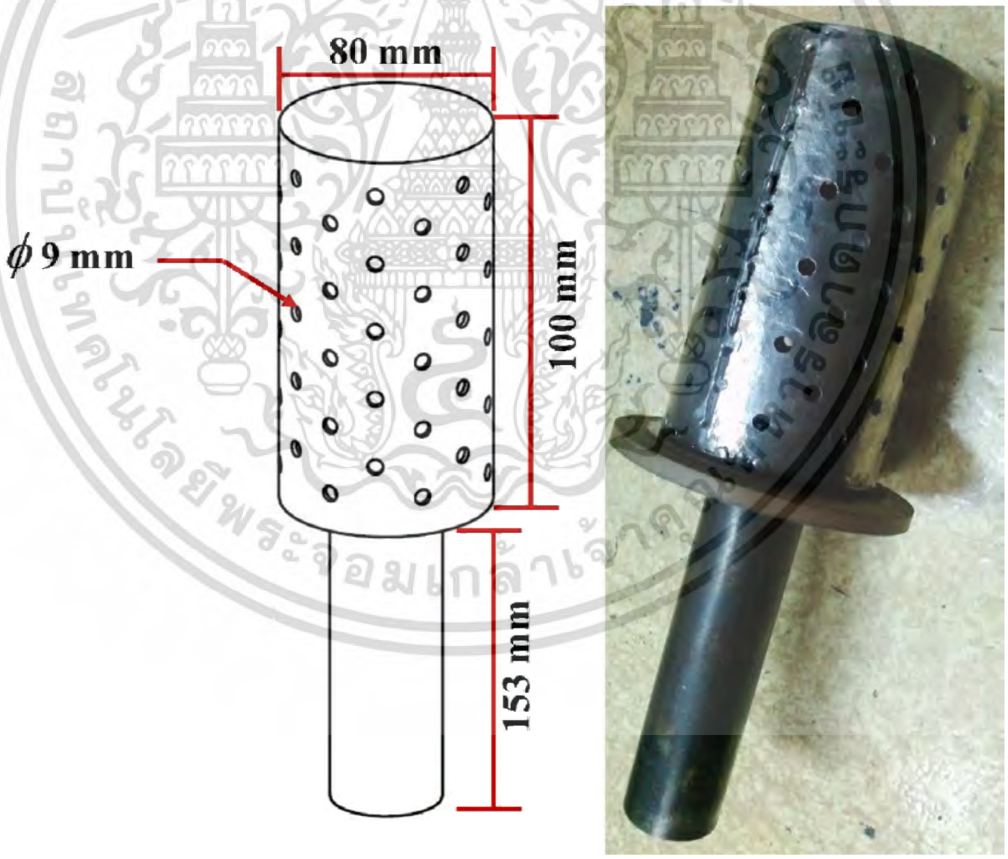
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยสนามไฟฟ้าที่ออกแบบขึ้นใหม่ (ส่วนที่1)

จากการออกแบบในหัวข้อที่ 3.5.1.2 อิเล็กโทรดที่ใช้จึงเป็นแบบเป็นแบบเส้นลวด – ระนาบ (สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย) และมีฉนวนไมก้าคั่นโดยรูปทรงอิเล็กโทรดที่ใช้เป็นแบบทรงกระบอกโดยมีพิกัดดังนี้

3.6.1 วัสดุที่ใช้ทำอิเล็กโทรดวงใน

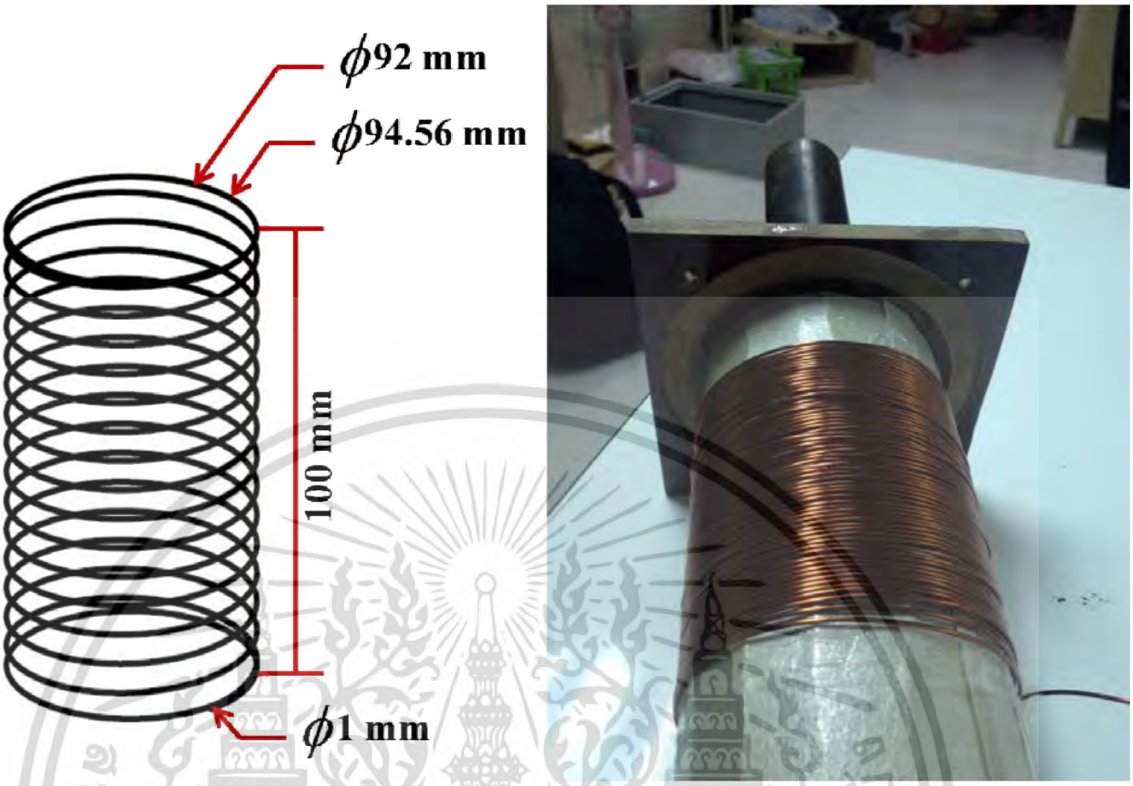
อิเล็กโทรดวงในเป็นรูปทรงกระบอกตัน ตัววัสดุทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม(สเตนเลสสตีล) สามารถทนความร้อนได้ถึง 1,510°C และทนการกัดกร่อนได้ดีโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 mm ยาว 100 mm จากหัวข้อที่ 3.5.1.1 หนา 2 mm เจาะรูโดยรอบอิเล็กโทรดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 mm เพื่อให้ก๊าซมลพิษไหลออกด้านข้าง ปลายท่อขาเข้ายาว 153 mm หนา 2 mm เส้นผ่าศูนย์กลาง 42 mm ดังแสดงในภาพที่ 3.13 โดยในการทดลองอิเล็กโทรดวงในจะเป็นกราวด์ของระบบซึ่งต่อติดกับกราวด์ของตัวโครงรถยนต์ที่ปลายท่อไอเสีย



ภาพที่ 3.13 อิเล็กโทรดวงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 วัสดุที่ใช้ทำอิเล็กโทรดวงนอก



ภาพที่ 3.14 อิเล็กโทรดวงนอก

อิเล็กโทรดวงนอกเป็นลวดทองแดงมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 mm พันรอบฉนวนคั่นไมก้า โดยมีรัศมีรอบในเท่ากับ 92 mm รัศมีรอบนอกเท่ากับ 94.6 mm และระยะยาวของเส้นลวดที่พันตามแนวแกนท่อเท่ากับ 100 mm จากหัวในข้อที่ 3.5.1.1 ดังแสดงในภาพที่ 3.14 โดยอิเล็กโทรดส่วนนี้จะมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าไป

3.6.3 วัสดุที่ใช้ทำฉนวนคั่น

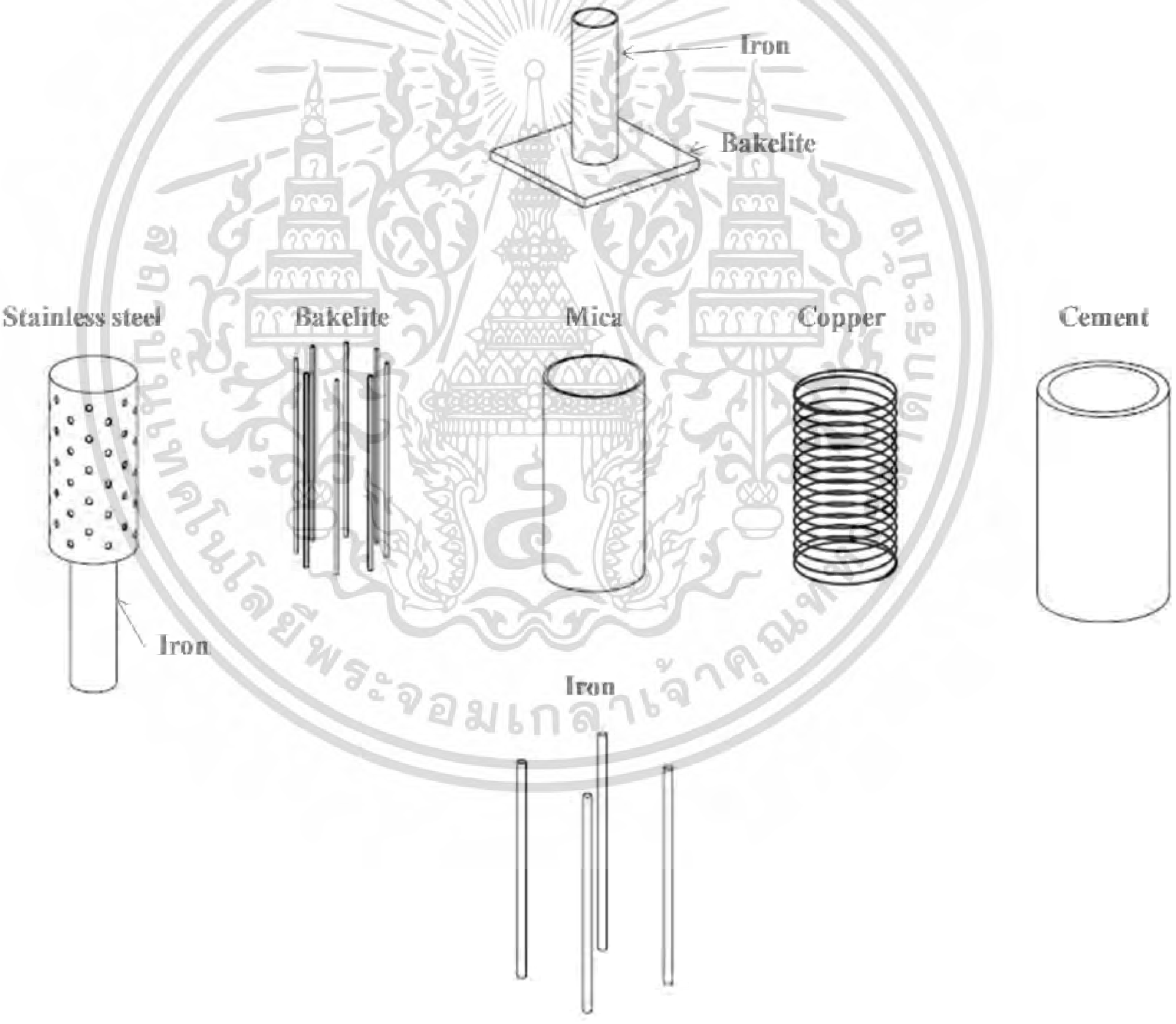
จากงานวิจัยต่อเนื่องที่ผ่านมาอิเล็กโทรดแบบเก่าจะเลือกใช้วัสดุทำฉนวนคั่นเป็นอะคลิริคซึ่งพบว่าไม่สามารถทนอุณหภูมิสูงที่ปลายท่อไอเสียได้ นั่นคือเมื่ออุณหภูมิที่ปลายท่อสูงขึ้น ตัวฉนวนมีการโก่งโค้งงอ ทำให้ค่าสนามไฟฟ้าอาจผิดเพี้ยนไป การระบายไอเสียเปลี่ยนไป หรืออาจทำให้เกิดการเบรกดาวน์ได้

จากคุณสมบัติวัสดุในตารางที่ 2.9 จึงเลือกไมก้าใช้ทำเป็นฉนวนคั่นของอิเล็กโทรดใหม่ เนื่องจากสามารถทนความร้อนได้สูงถึง 1,000°C มีค่าเปอร์มิตติวิตี้เท่ากับ 4 โดยทำการออกแบบตามความหนาชุดทดลองเดิม 3 mm ยาว 170 mm รัศมีขอบนอก 92 mm รัศมีขอบใน 86 mm กั้นระหว่างช่องว่างอากาศกับอิเล็กโทรดวงนอก โดยช่องอากาศกว้าง 3 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

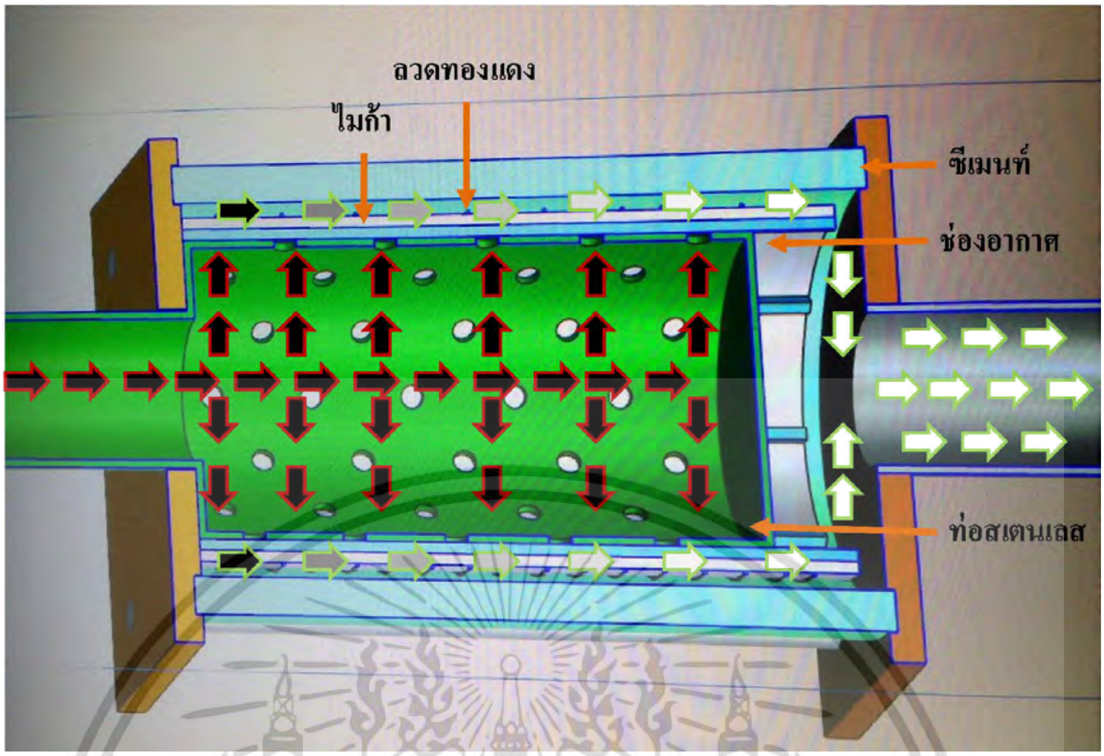
3.6.4 วัสดุที่ใช้ทำโครง

โดยปกติในการออกแบบเพื่อป้องกันอันตรายจะออกแบบให้อิเล็กโทรดส่วนที่นำไฟฟ้าจะอยู่ภายในและส่วนที่เป็นกราวด์จะอยู่ภายนอกแต่เนื่องจากในการติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษที่ปลายท่อรถยนต์ ซึ่งโครงรถยนต์หรือตัวถังรถยนต์ทำหน้าที่เป็นกราวด์ของระบบไฟฟ้าในรถดังนั้นโลหะส่วนที่ติดกับปลายท่อหรือโครงรถยนต์ต้องเป็นกราวด์ของระบบแทน ทำให้อิเล็กโทรดวงนอกจึงจำเป็นที่จะต้องทำหน้าที่นำไฟฟ้าแทน ในการออกแบบวัสดุทำโครงจึงมีความสำคัญมากเนื่องจากต้องทำหน้าที่ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าแรงสูงที่อยู่บริเวณอิเล็กโทรดวงนอก ตัวโครงวัสดุทำจากซีเมนต์ใยหิน Asbestos Cement ซึ่งทนอุณหภูมิได้สูงถึง 825-1300°C ซึ่งสามารถทนต่อความเครียดสนามไฟฟ้าได้มากกว่า 400 kV/cm และวัสดุที่ใช้เป็นฝาครอบหัวและท้ายของชุดทดลองทำจากแบกกาไลท์ Phenolic Cotton Cloth Laminate (Bakelite) ซึ่งทนอุณหภูมิได้ 400°C โดยอุณหภูมิสูงสุดที่ทดลองที่ปลายท่อไอเสียประมาณ 83°C



ภาพที่ 3.15 โครงสร้างพื้นฐานของชุดอิเล็กโทรดสำหรับชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยใช้สนามไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



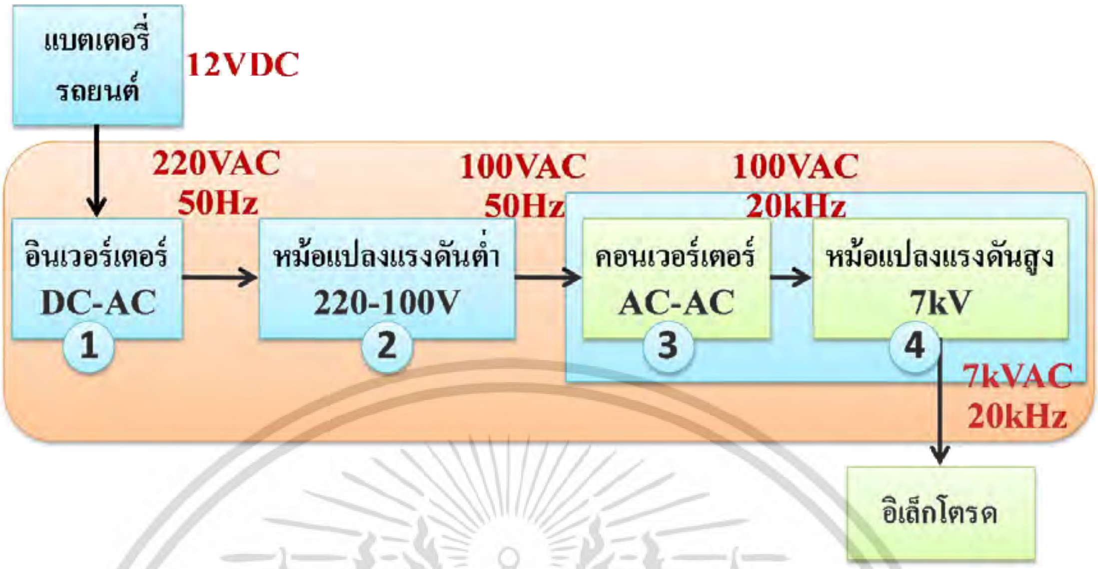
ภาพที่ 3.16 แบบจำลองทิศทางการไหลของก๊าซมลพิษภายในอิเล็กโทรดของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยสนามไฟฟ้า

จากภาพที่ 3.16 เป็นทิศทางการไหลของก๊าซมลพิษภายในอิเล็กโทรดโดยเริ่มจากไหลผ่านอิเล็กโทรดทรงกระบอกสเตนเลสตันแล้วผ่านรูโดยรอบทรงกระบอกเข้าสู่ช่องอากาศผ่านสนามไฟฟ้าเพื่อลดปริมาณก๊าซมลพิษแล้วออกสู่ภายนอก

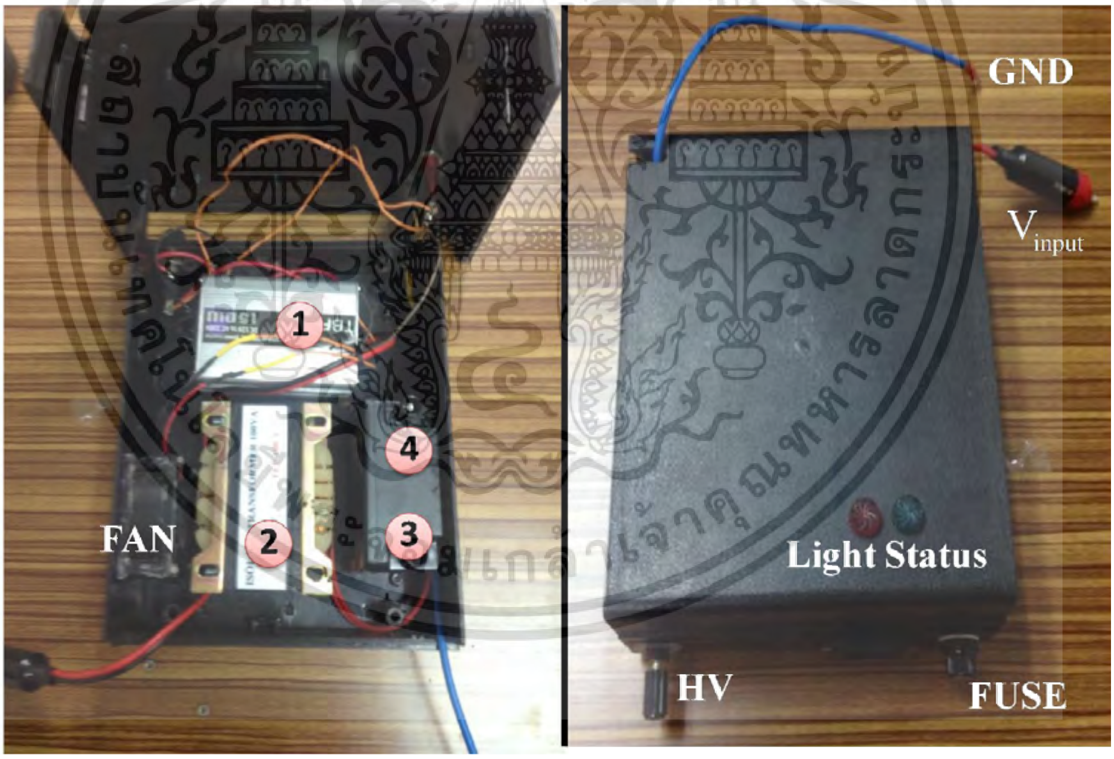
ภาพที่ 3.17 อิเล็กโทรดของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยสนามไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ออกแบบ (ส่วนที่2)



ภาพที่ 3.18 ขั้นตอนการทำงานของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า



ภาพที่ 3.19 ชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

จากภาพที่ 3.18 เป็นการแสดงขั้นตอนการสร้างแรงดันสูงความถี่สูงให้กับชุดอิเล็กโทรดในการทดลอง ในการทดลองนี้จะเริ่มต้นจ่ายไฟฟ้าจากแบตเตอรี่รถยนต์เพียงอย่างเดียวโดยไม่ได้ใช้แหล่งจ่ายจากภายนอก จากแบตเตอรี่ 12 VDC ไปที่อินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงเป็น 220 VAC ความถี่ 50 Hz จากนั้นไปเข้าที่หม้อแปลงแรงดันต่ำ 100 VAC แล้วค่อยเรียงกระแสโดยคอนเวอร์เตอร์เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลงความถี่เป็นความถี่สูง 20 kHz แล้วค่อยจ่ายไปที่หม้อแปลงปรับแรงดันสูงความถี่สูง 7 kV 20 kHz เพื่อใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอิเล็กโทรด

จากภาพที่ 3.19 เป็นภาพชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าซึ่งภายในจะมีฟิวส์ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรกรณีกระแสไฟฟ้าเกิน และพัดลมระบายความร้อนของชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าพร้อมทั้งไฟแสดงสถานะทำงานปกติ(เขียว) และไฟแสดงสถานะเหตุขัดข้อง(แดง)

โดยภาพและข้อมูลอุปกรณ์ต่างๆอยู่ในภาคผนวก ก. ซึ่งรายละเอียดของอุปกรณ์มีดังนี้

3.7.1 เพาเวอร์อินเวอร์เตอร์

ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ, แรงดันไฟฟ้าขาเข้า 12 VDC, แรงดันไฟฟ้าขาออก 220 VAC ความถี่ 50 Hz, พิกัด 150 W

3.7.2 หม้อแปลงแรงดันต่ำ

ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลงมาก่อนเข้าอินเวอร์เตอร์และหม้อแปลงแรงดันสูงความถี่สูง พิกัด 100 VA, แรงดันขาเข้า 220 V, แรงดันขาออก 100 V, พิกัดกระแส 1 A

3.7.3 คอนเวอร์เตอร์

ทำหน้าที่เรียงกระแสปรับรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าความถี่ 50 Hz เป็นความถี่สูง 20 kHz, พิกัด 60 VA

3.7.4 หม้อแปลงแรงดันสูง ความถี่สูง

เป็นหม้อแปลงความถี่สูง 20 kHz โดยแกนเหล็กเป็นแกนเฟอไรท์ พิกัดแรงดันขาเข้า 100 V แรงดันขาออก 7 kV พิกัดกระแส 1 A

3.8 อุปกรณ์วัดค่าต่างๆ

3.8.1 ดิไวเดอร์ [31]

ใช้ในการวัดแรงดันสูงเพื่อปรับเทียบกับแรงดันต่ำที่ใช้ในการสร้างสนามไฟฟ้าให้ชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์ อัตราส่วน 1 : 1000

- ขนาดพิกัดกรณีใช้วัดแรงดันอิมพัลส์ 200 kV
- ขนาดพิกัดกรณีใช้วัดแรงดันสูงกระแสตรง 100 kV
- ขนาดพิกัดกรณีใช้วัดแรงดันสูงกระแสสลับ 100 kV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.2 ออสซิลโลสโคบ RIGOL DS1000E

ใช้ในการอ่านค่าแรงดันสูงที่วัดได้จากดิไวเดอร์

- Input Coupling DC, AC, GND
- Input Impedance 1 MΩ ± 2%, in parallel with 15 pF ± 3 pF
- Probe Attenuation Factors 1X, 5X, 10X, 50X, 100X, 500X, 1000X
- Maximum Input Voltage
- 400 V (DC+AC Peak, 1 MΩ input impedance)
- 40 V (DC+AC Peak)
- Time Delay between Channel (typical) 500 ps

3.8.3 มัลติมิเตอร์

ใช้ในการอ่านค่าแรงดันต่ำจากหม้อแปลงปรับค่าได้ที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับคอนเวอร์เตอร์และส่งต่อไปที่หม้อแปลงแรงดันสูงความถี่สูงในการทดลองเพื่อสร้างแรงดันสูงในการทดลองใช้ FLUKE 189

- AC voltage measurement from 0 V to 1000.0 V
- AC millivolt measurement from 0 mV to 3000.0 mV

3.8.4 เครื่องวิเคราะห์แก๊ส

เครื่องวิเคราะห์แก๊สในการทดลองนี้คือ Tecnotest488 โดยช่วงในการวัดค่าของเครื่อง Tecnotest488 แสดงดังนี้

- CO วัดได้ 0 – 9.99 %V
- HC วัดได้ 0 – 9999 ppm
- CO_2 วัดได้ 0 – 99.9 %V
- O_2 วัดได้ 0 – 25 %V

3.8.5 เครื่องวัดอัตราการไหล

ใช้ในการวัดอัตราการไหลของไอเสียเครื่องวัดอัตราการไหลในการทดลองคือ AirFlow TA-3 พิกัด 0-30 m/s

3.8.6 เครื่องวัดอุณหภูมิ

เครื่องวัดอุณหภูมิ PRO’S KIT รุ่น MT - 4002 พิกัด -30° C – 550°C ความละเอียดในการวัด ±2%

หมายเหตุ : ภาพถ่ายอุปกรณ์ต่างๆ แสดงในภาคผนวก ก.

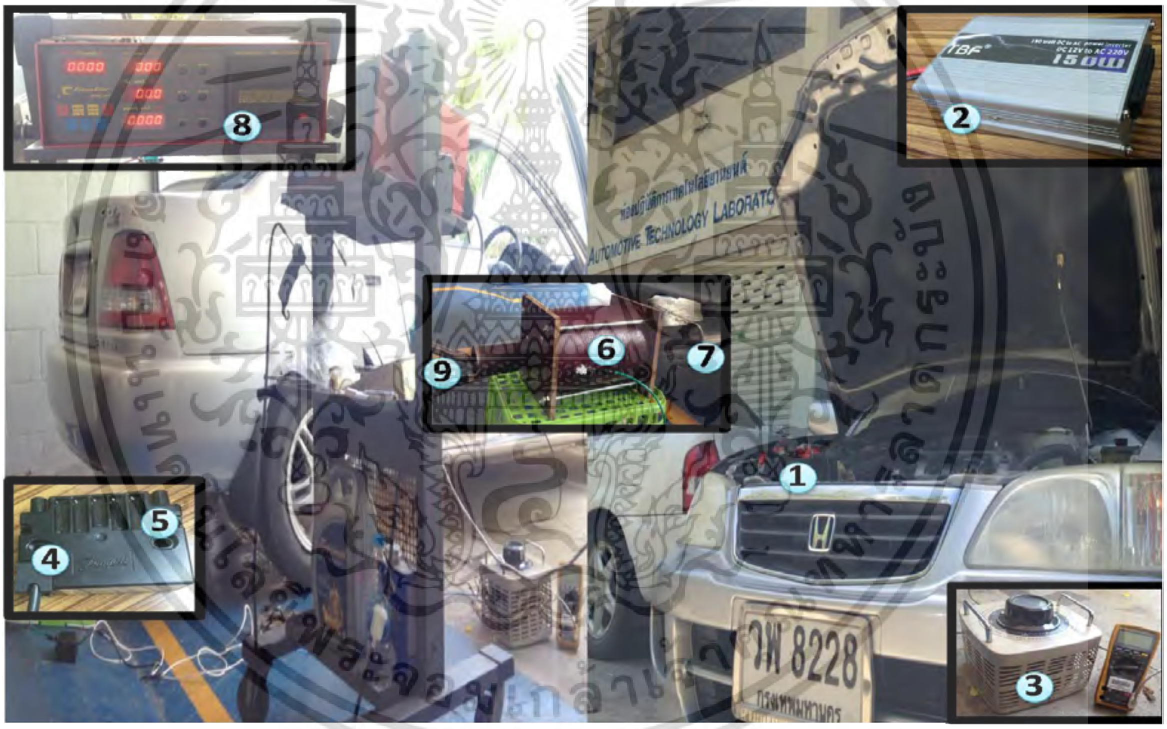
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.1 บทนำ

จากวัตถุประสงค์ที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 นำไปสู่การออกแบบสร้างชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างหลักในการออกแบบคือ อิเล็กโทรดในชุดลดก๊าซมลพิษด้วยสนามไฟฟ้าที่ได้จากการออกแบบในบทที่ 3 และแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากแบตเตอรี่รถยนต์ทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้า

จุดมุ่งหมายเพื่อนำไปสร้างชุดต้นแบบสำหรับลดก๊าซมลพิษให้มีประสิทธิภาพดีและติดตั้งได้จริง โดยการทดลองมีรายละเอียดต่างๆดังนี้



ภาพที่ 4.1 การติดตั้งการทดลองผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์และอุปกรณ์ต่างๆ

จากภาพที่ 4.1 เป็นการแสดงรายละเอียดของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์ด้วยสนามไฟฟ้า และอุปกรณ์ต่างๆประกอบไปด้วย หมายเลข 1 แบตเตอรี่รถยนต์แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 Vหมายเลข 2 คือเพาเวอร์อินเวอร์เตอร์ DC-AC แรงดันขาเข้ากระแสตรง 12 V แรงดันขาออกกระแสสลับ 220 V พิกัด 150 W หมายเลข 3 คือหม้อแปลงปรับแรงดัน พิกัด 4 กิโลโวลต์แอมป์ แรงดันไฟฟ้าขาเข้า 220 VAC ความถี่ 50 Hz แรงดันไฟฟ้าขาออก 0 ถึง 300 V ความถี่ 50 Hz หมายเลข 4 และ 5 คืออินเวอร์เตอร์ AC-AC และหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูง พิกัด 7 kV ความถี่ 20 kHz พิกัด 60 VA หมายเลข 6 คืออิเล็กโทรดหรือแชมเบอร์เป็นจุดที่ใช้สนามไฟฟ้าเพื่อลดก๊าซมลพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 7 คือปลายท่อไอเสียรถยนต์ หมายเลข 8 คือ เครื่องวิเคราะห์แก๊สมลพิษ technotest488 และมีท่อรับแก๊สมลพิษขาเข้าอยู่ในหมายเลข 9 โดยมีขอบเขตของการทดลองดังนี้

ก. การทดสอบชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าโดยไม่มีเครื่องยนต์

ข. เปรียบเทียบระยะความยาวอิเล็กโทรด ต่อการลดลงของก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยใช้สนามไฟฟ้า

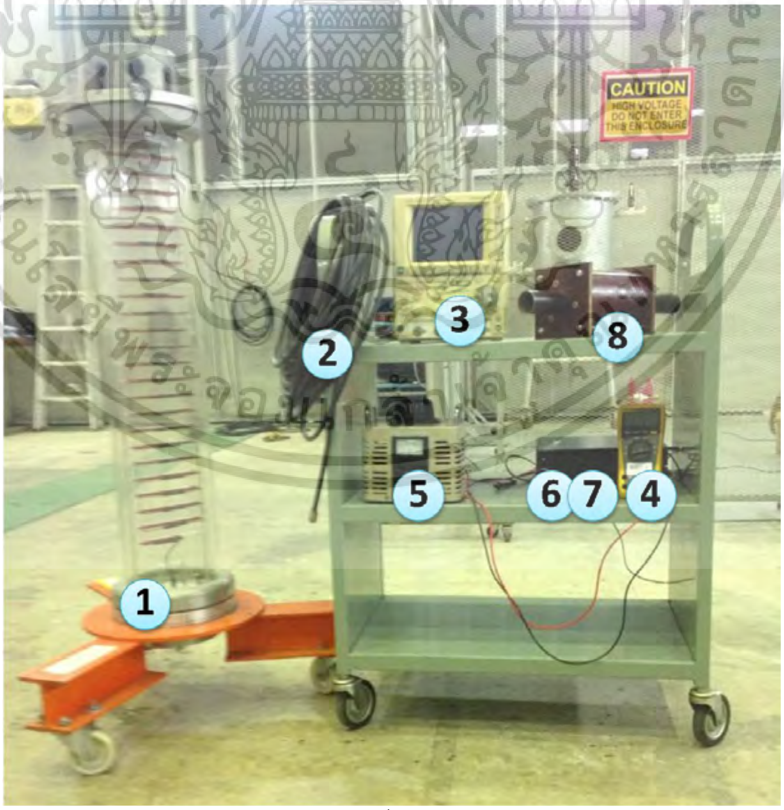
ค. เปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่า (ความถี่ 50 Hz) กับ แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นใหม่ (ความถี่ 20 kHz)

ง. ประสิทธิภาพการลดก๊าซมลพิษของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ออกแบบขึ้นใหม่

จ. ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์หลังการติดตั้งชุดลดก๊าซมลพิษ

4.2 การทดสอบชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าโดยไม่มีเครื่องยนต์

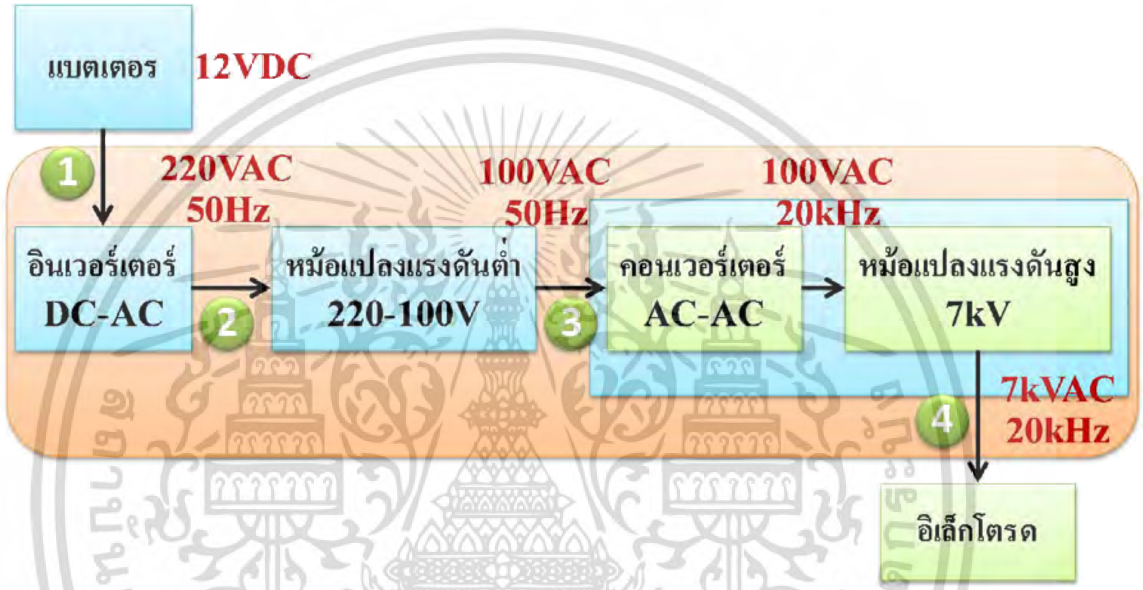
ก่อนที่จะทำการทดลองอื่นๆจะต้องทดลองปรับเทียบแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างสนามไฟฟ้าที่ระดับต่างๆ โดยในบทที่ 3 ได้อธิบายถึงขอบเขตของค่าสนามไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลองไว้แล้วในการทดลองส่วนนี้จึงทำการปรับเทียบค่าแรงดันที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้ได้ค่าสนามไฟฟ้า ณ จุดต่ำสุดในช่องอากาศไม่น้อยกว่า 25 kV/cm โดยทำการแบ่งค่าสนามไฟฟ้าในการทดลองจากค่าแรงดันต่างๆ การเตรียมการทดลองมีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 การเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

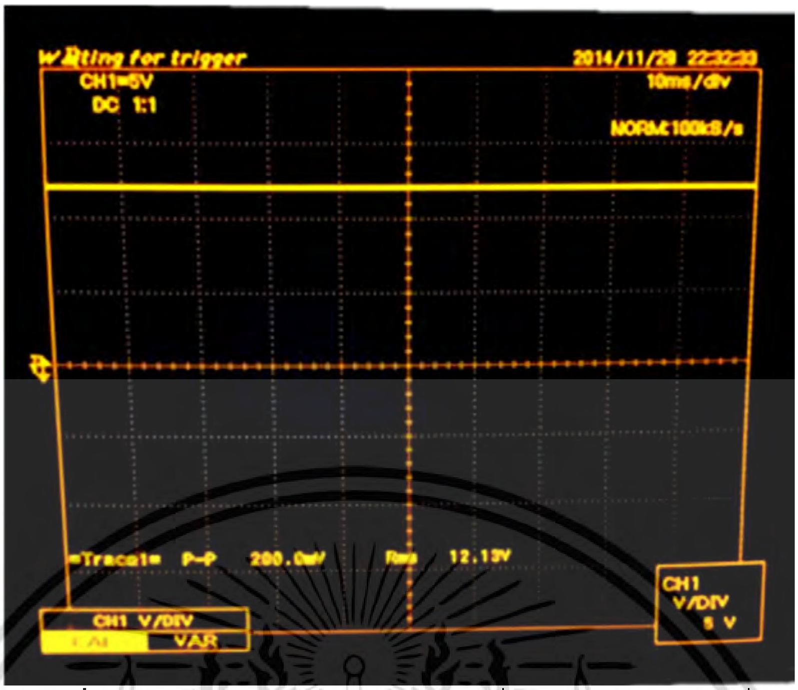
หมายเลข 1 คือ ดิไวเดอร์ ratio 1:1000 พิกัด 100 kVDC 100 kVAC[31]
หมายเลข 2 คือ สายเคเบิล RG-11
หมายเลข 3 คือ ออสซิลโลสโคป YOKOGAWA DL1520
หมายเลข 4 คือ มัลติมิเตอร์ FLUKE รุ่น 189
หมายเลข 5 คือ หม้อแปลงปรับแรงดัน 0 - 300 VAC
หมายเลข 6 คือ คอนเวอร์เตอร์กระแสสลับความถี่สูงพิกัด 60 VA ความถี่ 20 kHz
หมายเลข 7 คือ หม้อแปลงแรงดันสูงความถี่สูงพิกัด 60 VA 10 kV ความถี่ 20 kHz
หมายเลข 8 คือ อิเล็กโทรด



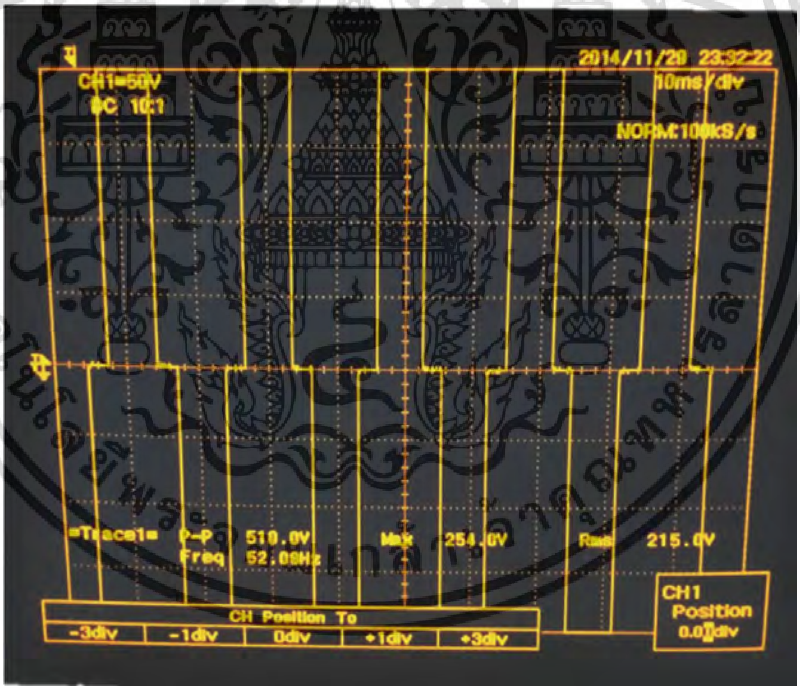
ภาพที่ 4.3 จุดวัดรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าทั้ง 4 จุดของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

โดยในการทดลองเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้ากับแรงดันไฟฟ้าขาออกผ่านโวลเตจดิไวเดอร์ลดทอนแรงดันจะทำการเก็บรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าทุกจุดทั้งหมด 4 จุดดังภาพที่ 4.3 โดยรูปคลื่นแรงดันแต่ละจุดแสดงดังภาพที่ 4.4 – 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

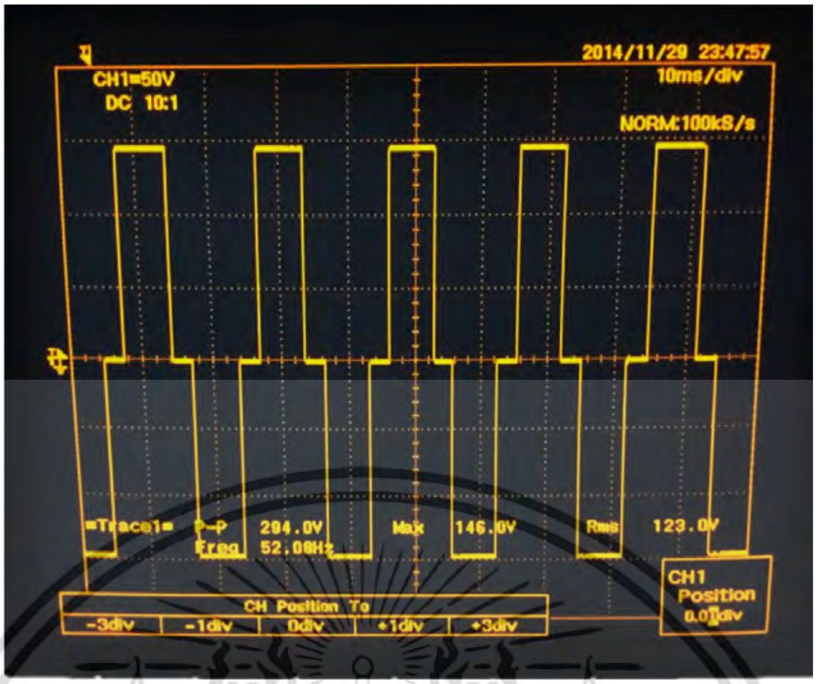


ภาพที่ 4.4 แรงดันไฟฟ้าขาเข้าจากแบตเตอรี่รถยนต์ 12 V (จุดวัดที่ 1)

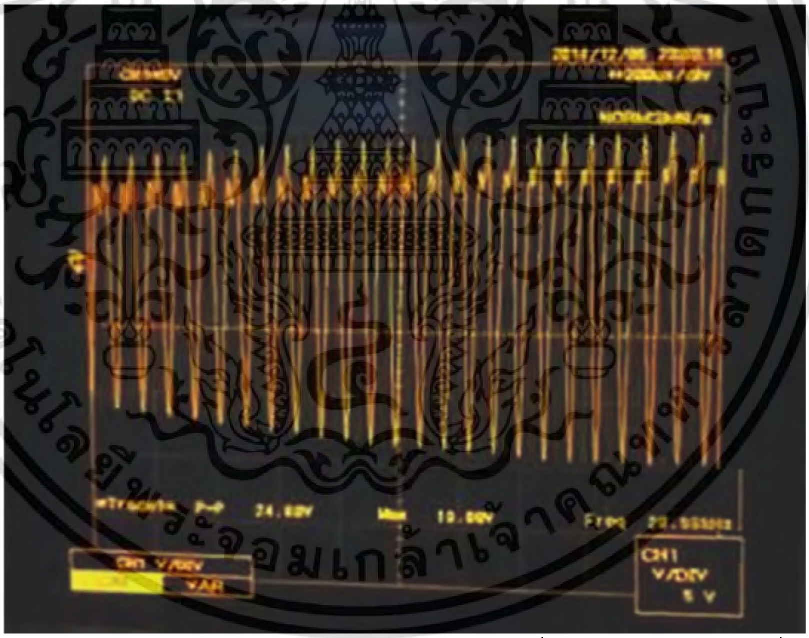


ภาพที่ 4.5 แรงดันไฟฟ้าขาออกจากอินเวอร์เตอร์ DC-AC 220VAC, 50 Hz (จุดวัดที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

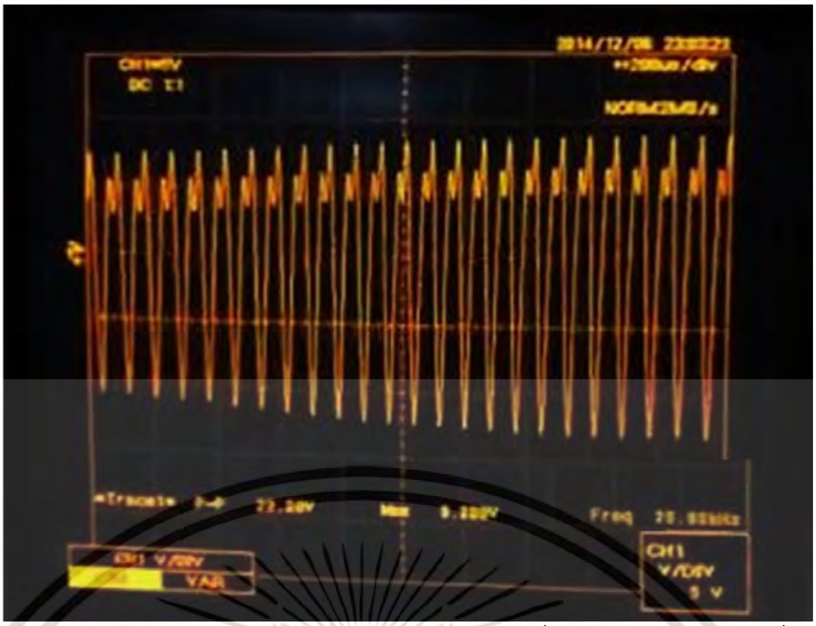


ภาพที่ 4.6 แรงดันไฟฟ้าขาออกจากหม้อแปลงแรงดันต่ำ AC 120VAC, ความถี่ 50 Hz (จุดวัดที่ 3)



ภาพที่ 4.7 แรงดันไฟฟ้าขาออกจากหม้อแปลงแรงดันสูงความถี่สูง 10 kVAC, ความถี่ 20 kHz (จุดวัดที่ 4 แบบ No-Load)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 แรงดันไฟฟ้าขาออกจากหม้อแปลงแรงดันสูงความถี่สูง 10 kVAC, ความถี่ 20 kHz (จุดวัดที่ 4 แบบ Full-Load)

ค่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้าที่ทำให้ได้ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าต่างๆแสดงดังตารางที่ 4.1 (ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าหาได้จากการคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์อิลลิเมนท์ด้วยโปรแกรม COMSOL)

ตารางที่ 4.1 ค่าแรงดันต่างๆที่ใช้ในการสร้างค่าสนามไฟฟ้าในการทดลองที่ความถี่ 20 kHz

แรงดันขาเข้า (V_{rms})	แรงดันขาออก (kV_{rms})	ค่าสนามไฟฟ้าสูงสุด ณ จุดต่ำสุดในช่องอากาศ (kV/cm)
29	2.3	8.2
40	3.0	10.8
53	3.8	13.9
69	4.8	17.5
87	5.9	21.6
110	7.6	26.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 เปรียบเทียบระยะความยาวอิเล็กโทรดต่อการลดลงของก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยใช้สนามไฟฟ้า

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อหาขนาดความยาวอิเล็กโทรดที่เหมาะสมของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ เนื่องจากในการวิจัยต่อเนื่องที่ผ่านมายังไม่มีการปรับขนาดความยาวของอิเล็กโทรด จึงตั้งสมมุติฐานว่าขนาดความยาวของอิเล็กโทรดมีผลต่อการลดลงของก๊าซมลพิษหรือไม่ มีผลแค่ไหนอีกทั้งในการติดตั้งใช้งานจริงมีพื้นที่ที่จำกัดในการติดตั้งจึงเป็นที่มาของการทดลองนี้

ภาพที่ 4.9 การเตรียมการทดลองเปรียบเทียบอิเล็กโทรด 3 ระยะความยาวต่อการลดลงของก๊าซมลพิษ

จากภาพที่ 4.9 เป็นการทดลองเทียบอิเล็กโทรด 3 ระยะความยาวต่อการลดลงของปริมาณก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยใช้สนามไฟฟ้าซึ่งในการทดลองนี้เป็นเพียงการศึกษาผลของความยาวอิเล็กโทรดจึงยังไม่ได้มีการออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ใช้จากแบตเตอรี่รถยนต์ หมายเลข 1 คือ หม้อแปลงปรับค่าแรงดันไฟฟ้า 0-220 V ความถี่ 50 Hz หมายเลข 2 คือ มัลติมิเตอร์ใช้อ่านค่าแรงดันต่ำที่ป้อนเข้า หมายเลข 3 คือ หม้อแปลงนีออนแรงดันสูง 0-15 kV หมายเลข 4 คือ อิเล็กโทรดที่ระยะความยาว 10 cm ซึ่งในการทดลองจะทำการเปลี่ยนระยะที่ 10, 20 และ 30 cm ตามลำดับ หมายเลข 5 คือ เครื่องวิเคราห์แก๊สมลพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. หม้อแปลงปรับค่าได้ 0 - 300 VAC
2. หม้อแปลงแรงดันสูง 0 – 15 kVAC, 50 Hz, 1 Ø
3. ชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์ขนาดความยาว 10, 20 และ 30 cm
4. มัลติมิเตอร์ FLUKE รุ่น 189
5. เครื่องวิเคราะห์แก๊ส TECNOTEST รุ่น 488
6. เครื่องวัดอัตราการไหล Air flow TA-3 พิกัด 0-30 m/s
7. เครื่องวัดอุณหภูมิ PRO’S KIT รุ่น MT-4002 พิกัด -30 $^{\circ}$C – 550 $^{\circ}$C ความละเอียดในการวัด ± 2%

ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆดังภาพที่ 4.9 โดยในขั้นตอนนี้ทดลองที่ความยาวอิเล็กโทรด 10 cm และยังไม่จ่ายแรงดันให้ชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์
3. ติดเครื่องยนต์โดยไม่ต้องเร่งเครื่องซึ่งความเร็วรอบเดินเบาจะอยู่ที่ 700 rpm
4. บันทึกผลก๊าซมลพิษที่อ่านได้จากเครื่องวิเคราะห์แก๊ส TECNOTEST รุ่น 488 และอุณหภูมิหลังจากติดเครื่องทันทีเนื่องจากเป็นช่วงที่เครื่องยนต์ยังอุณหภูมิต่ำมลพิษจะถูกปล่อยออกมามากที่สุด (CAD ไม่ทำงาน)
5. ทำซ้ำ ข้อที่ 2-4 รวมทั้งหมด 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย
6. ทำการเปลี่ยนความยาวชุดอิเล็กโทรดเป็น 20 cm
7. ทำซ้ำ ข้อที่ 2-4 รวมทั้งหมด 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย
8. ทำการเปลี่ยนความยาวชุดอิเล็กโทรดเป็น 30 cm
9. ทำซ้ำ ข้อที่ 2-4 รวมทั้งหมด 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

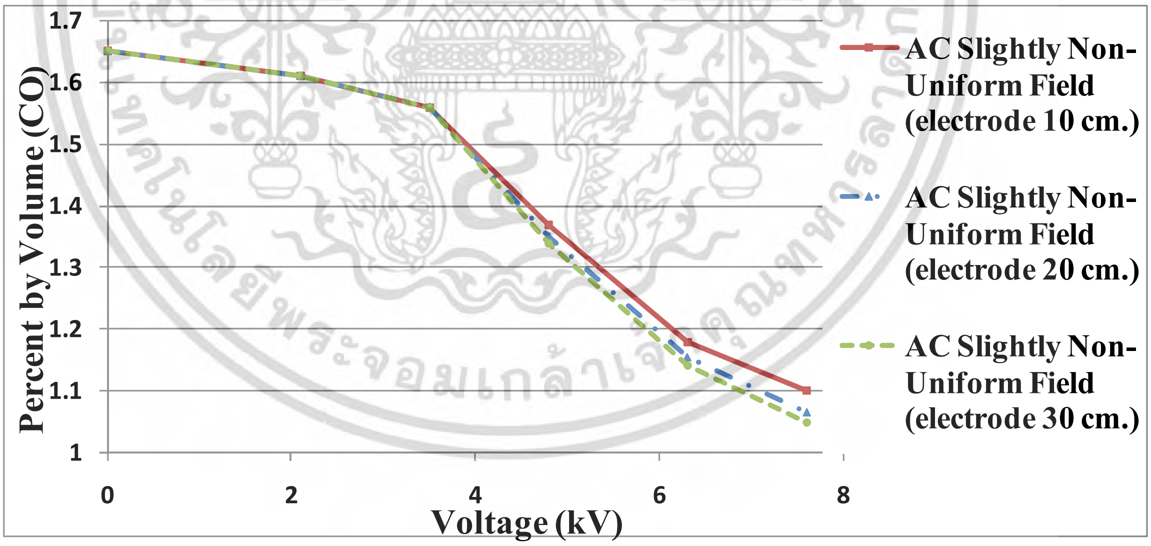
ผลการทดลอง

4.3.1 การทดลองเพื่อศึกษาผลของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่รอบเดินเบาโดยมีชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้า ในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ระดับสนามไฟฟ้าในการทดลองค่าต่างๆและที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

ตารางที่ 4.2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงต่อค่าแรงดันไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

แรงดันไฟฟ้า (kV)	ปริมาณก๊าซ CO (percent by volume)		
	ระยะอิเล็กโทรด 10 cm	ระยะอิเล็กโทรด 20 cm	ระยะอิเล็กโทรด 30 cm
0	1.65	1.65	1.65
2.1	1.61	1.61	1.61
3.5	1.56	1.56	1.56
4.8	1.37	1.35	1.34
6.3	1.18	1.15	1.14
7.6	1.1	1.06	1.05

จากตารางที่ 4.2 พบว่าเมื่อค่าแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มลดลงทั้ง 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรดและลดลงมากที่สุดที่ค่าแรงดันไฟฟ้า 7.6 kV



ภาพที่ 4.10 กราฟการลดลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อค่าแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบ 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรด

จากภาพที่ 4.10 แกนนอนคือค่าแรงดันไฟฟ้าในการทดลองและแกนตั้งคือค่าปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยเปรียบเทียบที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

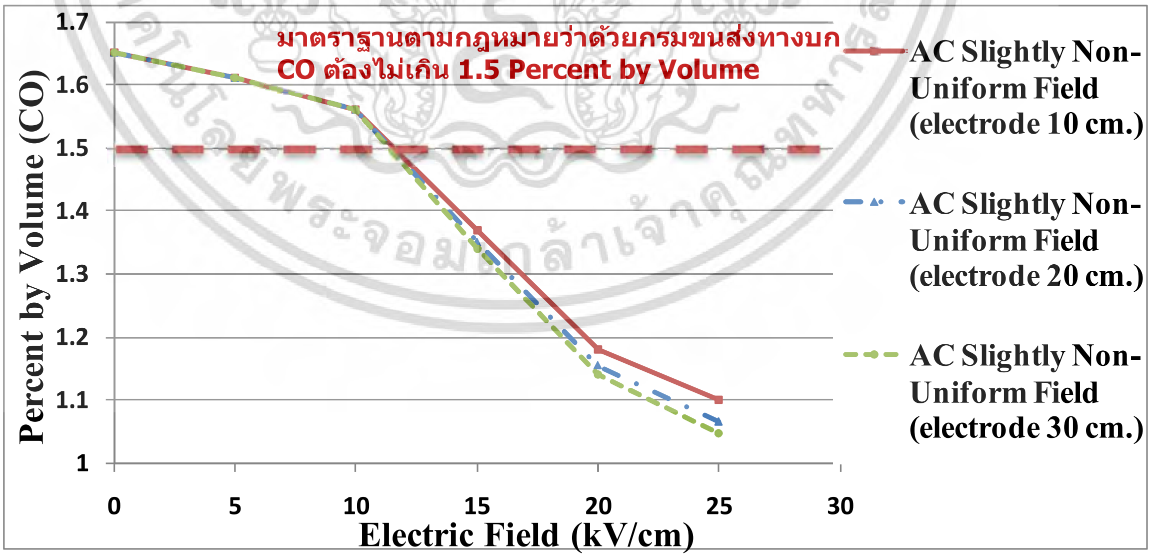
วิเคราะห์ผลการทดลอง

นำค่าแรงดันไฟฟ้ามาคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์อิลลิเมนท์โดยโปรแกรม COMSOL ทำให้ได้ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10 20 และ 30 cm แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

สนามไฟฟ้า (kV/cm)	ปริมาณก๊าซ CO (percent by volume)		
	ระยะอิเล็กโทรด 10 cm	ระยะอิเล็กโทรด 20 cm	ระยะอิเล็กโทรด 30 cm
0	1.65	1.65	1.65
5	1.61	1.61	1.61
10	1.56	1.56	1.56
15	1.37	1.35	1.34
20	1.18	1.15	1.14
25	1.1	1.06	1.05

จากตารางที่ 4.3 พบว่าเมื่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มลดลงทั้ง 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรดและลดลงมากที่สุดที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า 25 kV/cm



ภาพที่ 4.11 กราฟการลดลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบ 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.11 แกนนอนคือ ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าในการทดลองและแกนตั้งคือค่าปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยเปรียบเทียบที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การลดลงของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า 25 kV/cm โดยเปรียบเทียบตามระยะความยาวอิเล็กโทรด

ระยะความยาวอิเล็กโทรด (cm)	เปอร์เซ็นต์การลดลงของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (%)
10	33.9
20	35.4
30	36.4

ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการลดลงของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยเทียบความยาวอิเล็กโทรด 10 กับ 20 และ 10 กับ 30 cm

เปรียบเทียบตามระยะความยาวอิเล็กโทรด	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (%)
10 กับ 20	3.1
20 กับ 30	4.7

จากตารางที่ 4.4 พบว่าระยะความยาวของอิเล็กโทรดที่ 30 cm สามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้มากที่สุด 36.4 % ที่ความเครียดสนามไฟฟ้า 25 kV/cm

จากตารางที่ 4.5 พบว่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการลดลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยเปรียบเทียบตามระยะความยาวอิเล็กโทรด 10 กับ 20 cm แตกต่างกันอยู่ 3.1 %และ 20 กับ 30 cm แตกต่างกันอยู่ 4.7 %

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มลดลงเมื่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยอิเล็ดโตรดทั้ง 3 ความยาวมีแนวโน้มทำให้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลงเหมือนกัน ซึ่งที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด 25 kV/cm อิเล็กโทรดระยะ 30 cm สามารถลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ได้มากที่สุด แต่จุดที่น่าสนใจคือเมื่อเพิ่มขนาดระยะความยาวเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมกนอกไซด์ที่ลดลงนั้นเพิ่มขึ้นเพียง 3.1 % และพอเพิ่มขึ้นอีกสองเท่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ลดลงนั้นเพิ่มขึ้นเพียง 4.7 %

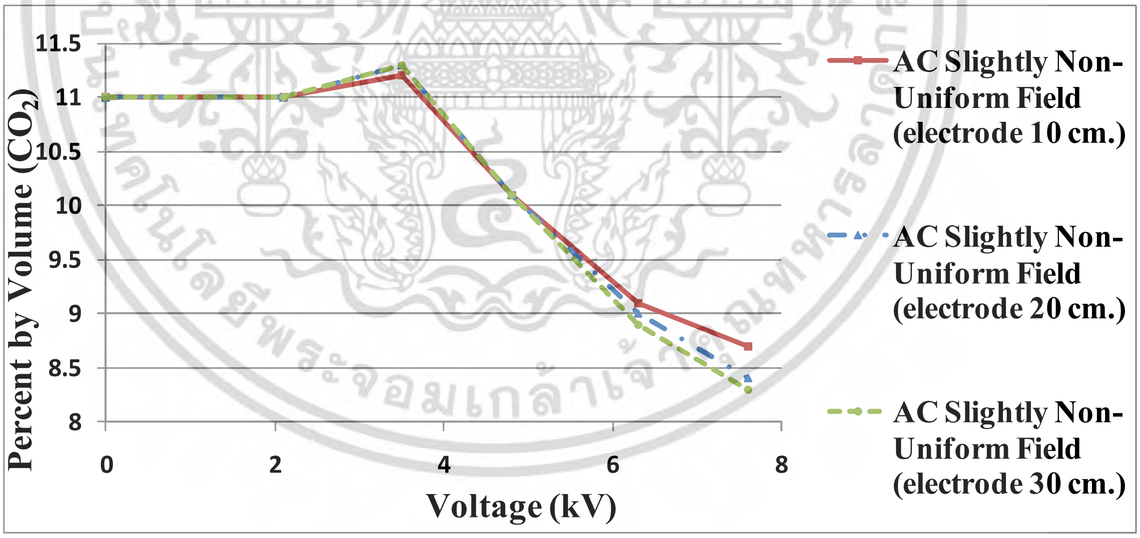
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การทดลองเพื่อศึกษาผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่รอบเดินเบาโดยมีชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้า ในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ระดับสนามไฟฟ้าในการทดลองค่าต่างๆและที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

ตารางที่ 4.6 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงต่อค่าแรงดันไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

แรงดันไฟฟ้า (kV)	ปริมาณก๊าซ CO_2 (percent by volume)		
	ระยะอิเล็กโทรด 10 cm	ระยะอิเล็กโทรด 20 cm	ระยะอิเล็กโทรด 30 cm
0	11	11	11
2.1	11	11	11
3.5	11.2	11.3	11.3
4.8	10.1	10.1	10.1
6.3	9.1	9	8.9
7.6	8.7	8.4	8.3

จากตารางที่ 4.6 พบว่าเมื่อค่าแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มลดลงทั้ง 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรดและลดลงมากที่สุดที่ค่าแรงดันไฟฟ้า 7.6 kV



ภาพที่ 4.12 กราฟการลดลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อค่าแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบ 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรด

จากภาพที่ 4.12 แกนนอนคือค่าแรงดันไฟฟ้าในการทดลองและแกนตั้งคือค่าปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยเปรียบเทียบที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

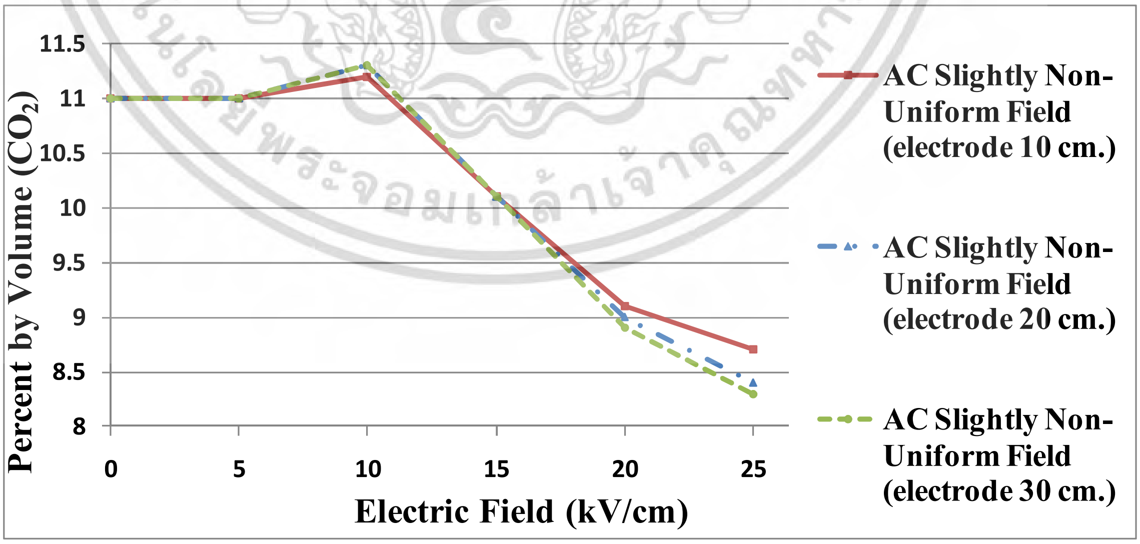
วิเคราะห์ผลการทดลอง

นำค่าแรงดันไฟฟ้ามาคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์อิลลิเมนท์โดยโปรแกรม COMSOL ทำให้ได้ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10 20 และ 30 cm แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

สนามไฟฟ้า (kV/cm)	ปริมาณก๊าซ CO_2 (percent by volume)		
	ระยะอิเล็กโทรด 10 cm	ระยะอิเล็กโทรด 20 cm	ระยะอิเล็กโทรด 30 cm
0	11	11	11
5	11	11	11
10	11.2	11.3	11.3
15	10.1	10.1	10.1
20	9.1	9	8.9
25	8.7	8.4	8.3

จากตารางที่ 4.7 พบว่าเมื่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มลดลงทั้ง 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรด โดยมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เล็กน้อยในช่วงความเครียดสนามไฟฟ้า 5 ถึง 10 kV/cm จากนั้นจึงลดลงและลดลงมากที่สุดที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า 25 kV/cm



ภาพที่ 4.13 กราฟการลดลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบ 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.11 แกนนอนคือ ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าในการทดลองและแกนตั้งคือค่าปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยเปรียบเทียบที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

ตารางที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์การลดลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า 25 kV/cm โดยเปรียบเทียบตามระยะความยาวอิเล็กโทรด

ระยะความยาวอิเล็กโทรด (cm)	เปอร์เซ็นต์การลดลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (%)
10	21.1
20	23.8
30	25.2

ตารางที่ 4.9 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการลดลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยเทียบความยาวอิเล็กโทรด 10 กับ 20 และ 10 กับ 30 cm

เปรียบเทียบตามระยะความยาวอิเล็กโทรด	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (%)
10 กับ 20	2.87
20 กับ 30	4.5

จากตารางที่ 4.8 พบว่าระยะความยาวของอิเล็กโทรดที่ 30 cm สามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้มากที่สุด 25.2 % ที่ความเครียดสนามไฟฟ้า 25 kV/cm

จากตารางที่ 4.9 พบว่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการลดลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยเปรียบเทียบตามระยะความยาวอิเล็กโทรด 10 กับ 20 cm แตกต่างกันอยู่ 2.87 %และ 20 กับ 30 cm แตกต่างกันอยู่ 4.5 %

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มลดลงเมื่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยอิเล็ดโตรดทั้ง 3 ความยาวมีแนวโน้มทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงเหมือนกัน ซึ่งในช่วงความเครียดสนามไฟฟ้า 5 ถึง 10 kV/cm มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เล็กน้อยเนื่องจากในช่วงนั้นพลังงานยังไม่เพียงพอทำให้เกิดการแตกตัวของโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์แต่กลับเพิ่มขึ้นเพราะปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์และน้ำ หลังจากนั้นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงเริ่มลดลงและจะลดลงมากที่สุดที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด 25 kV/cm อิเล็กโทรดระยะ 30 cm สามารถลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ได้มากที่สุด 25.2 % แต่จุดที่น่าสนใจคือเมื่อเพิ่มขนาดระยะความยาวเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงนั้นเพิ่มขึ้นเพียง 2.87 % และพอเพิ่มขึ้นอีกสองเท่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงนั้นเพิ่มขึ้นเพียง 4.5 %

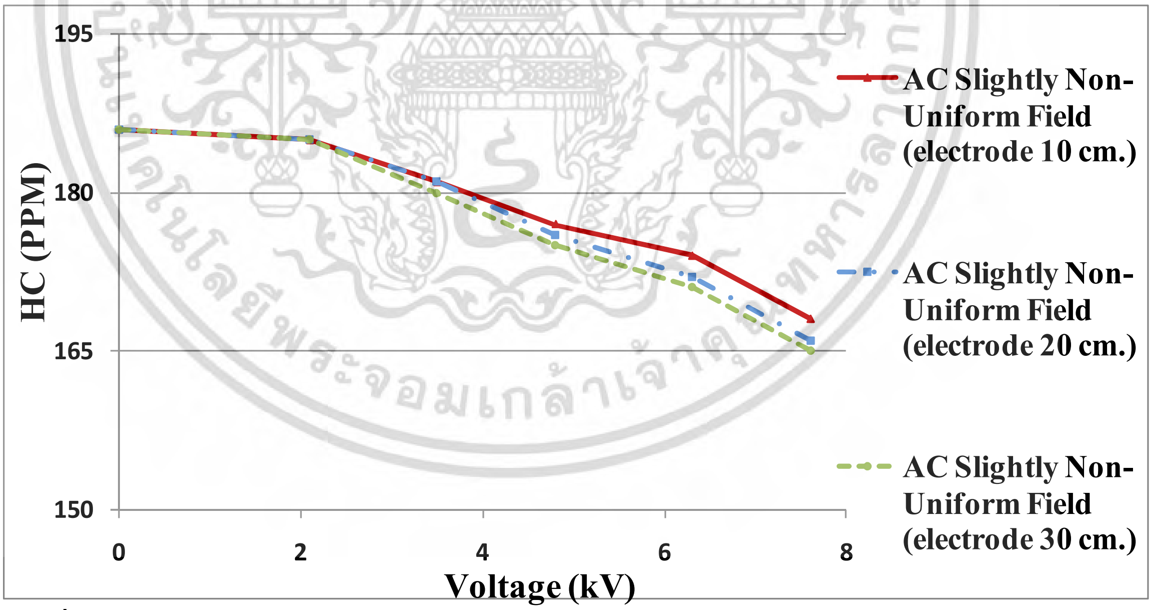
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 การทดลองเพื่อศึกษาผลของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่รอบเดินเบาโดยมีชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้า ในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ระดับสนามไฟฟ้าในการทดลองค่าต่างๆและที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

ตารางที่ 4.10 ปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่เปลี่ยนแปลงต่อค่าแรงดันไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

แรงดันไฟฟ้า (kV)	ปริมาณก๊าซ HC (part per million)		
	ระยะอิเล็กโทรด 10 cm	ระยะอิเล็กโทรด 20 cm	ระยะอิเล็กโทรด 30 cm
0	186	186	186
2.1	185	185	185
3.5	181	181	180
4.8	177	176	175
6.3	174	172	171
7.6	168	166	165

จากตารางที่ 4.10 พบว่าเมื่อค่าแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนมีแนวโน้มลดลงทั้ง 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรดและลดลงมากที่สุดที่ค่าแรงดันไฟฟ้า 7.6 kV



ภาพที่ 4.14 กราฟการลดลงของปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนต่อค่าแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบ 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรด

จากภาพที่ 4.14 แกนนอนคือค่าแรงดันไฟฟ้าในการทดลองและแกนตั้งคือค่าปริมาณของก๊าซไฮโดรคาร์บอนโดยเปรียบเทียบที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

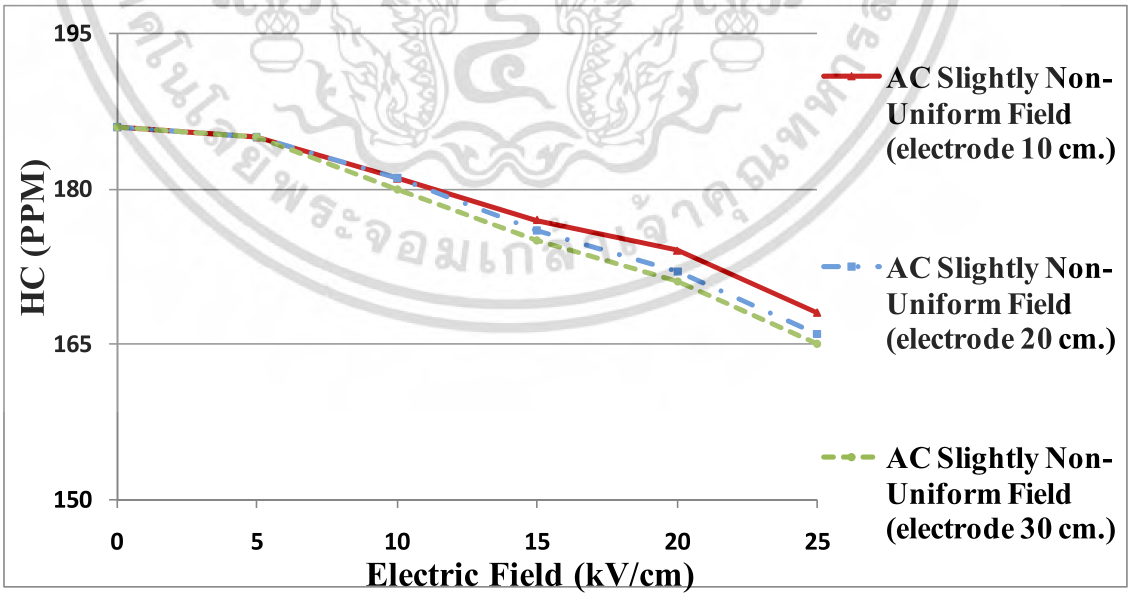
วิเคราะห์ผลการทดลอง

นำค่าแรงดันไฟฟ้ามาคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์อิลลิเมนท์โดยโปรแกรม COMSOL ทำให้ได้ค่าปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10 20 และ 30 cm แสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่เปลี่ยนแปลงต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

สนามไฟฟ้า (kV/cm)	ปริมาณก๊าซ HC (part per million)		
	ระยะอิเล็กโทรด 10 cm	ระยะอิเล็กโทรด 20 cm	ระยะอิเล็กโทรด 30 cm
0	186	186	186
5	185	185	185
10	181	181	180
15	177	176	175
20	174	172	171
25	168	166	165

จากตารางที่ 4.11 พบว่าเมื่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มลดลงทั้ง 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรดและลดลงมากที่สุดที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า 25 kV/cm



ภาพที่ 4.15 กราฟการลดลงของปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบ 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.15 แกนนอนคือ ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าในการทดลองและแกนตั้งคือค่าปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยเปรียบเทียบที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

ตารางที่ 4.12 เปอร์เซ็นต์การลดลงของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า 25 kV/cm โดยเปรียบเทียบตามระยะความยาวอิเล็กโทรด

ระยะความยาวอิเล็กโทรด (cm)	เปอร์เซ็นต์การลดลงของก๊าซไฮโดรคาร์บอน (%)
10	9.7
20	12.1
30	13

ตารางที่ 4.13 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการลดลงของก๊าซไฮโดรคาร์บอนโดยเทียบความยาวอิเล็กโทรด 10 กับ 20 และ 10 กับ 30 cm

เปรียบเทียบตามระยะความยาวอิเล็กโทรด	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของก๊าซไฮโดรคาร์บอน (%)
10 กับ 20	2.67
20 กับ 30	3.7

จากตารางที่ 4.12 พบว่าระยะความยาวของอิเล็กโทรดที่ 30 cm สามารถลดปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนได้มากที่สุด 13 % ที่ความเครียดสนามไฟฟ้า 25 kV/cm

จากตารางที่ 4.13 พบว่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการลดลงของปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนโดยเปรียบเทียบตามระยะความยาวอิเล็กโทรด 10 กับ 20 cm แตกต่างกันอยู่ 2.67 % และ 20 กับ 30 cm แตกต่างกันอยู่ 3.7 %

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนมีแนวโน้มลดลงเมื่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยอิเล็ดโตรดทั้ง 3 ความยาวมีแนวโน้มทำให้ก๊าซไฮโดรคาร์บอนลดลงเช่นเดียวกัน ปริมาณลดลงมากที่สุดที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด 25 kV/cm อิเล็กโทรดระยะ 30 cm สามารถลดปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนได้มากที่สุด 13 % แต่จุดที่น่าสนใจคือเมื่อเพิ่มขนาดระยะความยาวเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวพบว่าปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่ลดลงนั้นเพิ่มขึ้นเพียง 2.67 % และพอเพิ่มขึ้นอีกสองเท่าปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่ลดลงนั้นเพิ่มขึ้นเพียง 3.7 %

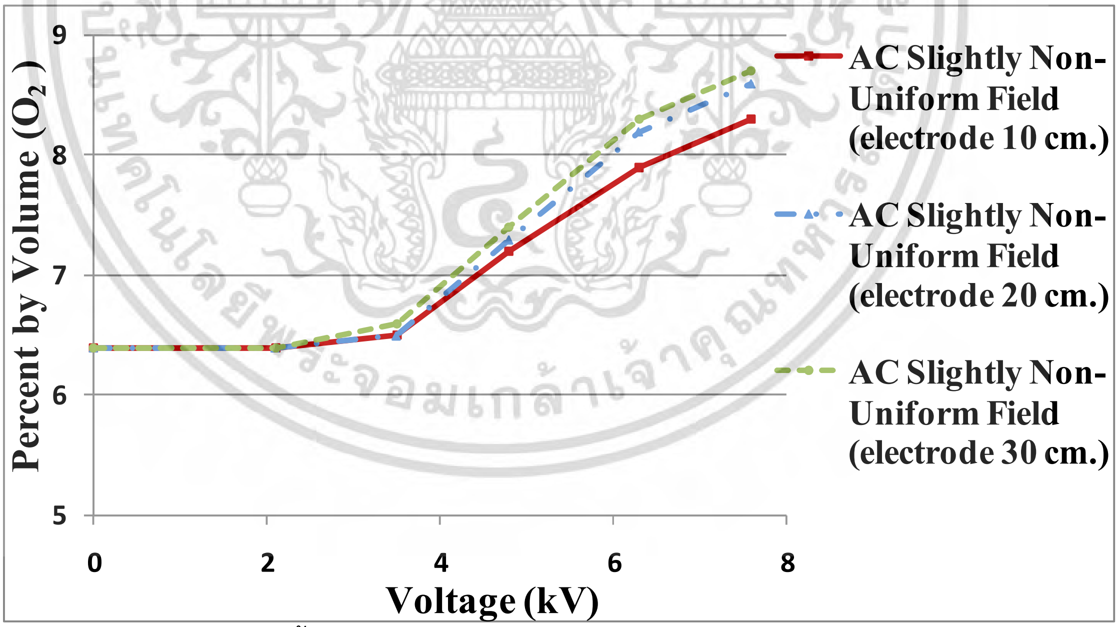
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 การทดลองเพื่อศึกษาผลของก๊าซออกซิเจนที่รอบเดินเบาโดยมีชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้า ในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ระดับสนามไฟฟ้าในการทดลองค่าต่างๆและที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

ตารางที่ 4.14 ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เปลี่ยนแปลงต่อค่าแรงดันไฟฟ้าที่ระยะความยาว อิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

แรงดันไฟฟ้า (kV)	ปริมาณก๊าซ O_2 (percent by volume)		
	ระยะอิเล็กโทรด 10 cm	ระยะอิเล็กโทรด 20 cm	ระยะอิเล็กโทรด 30 cm
0	6.4	6.4	6.4
2.1	6.4	6.4	6.4
3.5	6.5	6.5	6.6
4.8	7.2	7.3	7.4
6.3	7.9	8.2	8.3
7.6	8.3	8.6	8.7

จากตารางที่ 4.14 พบว่าเมื่อค่าแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปริมาณก๊าซออกซิเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้ง 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรดและเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่ค่าแรงดันไฟฟ้า 7.6 kV



ภาพที่ 4.16 กราฟการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซออกซิเจนต่อค่าแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบ 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรด

จากภาพที่ 4.16 แกนนอนคือค่าแรงดันไฟฟ้าในการทดลองและแกนตั้งคือค่าปริมาณของก๊าซออกซิเจนโดยเปรียบเทียบที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

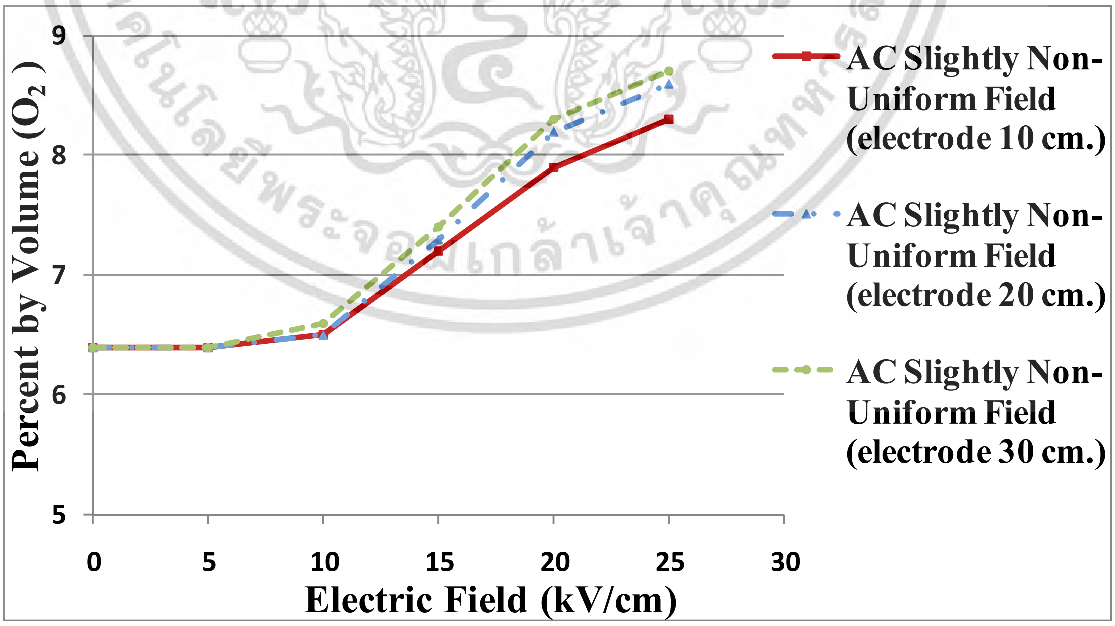
วิเคราะห์ผลการทดลอง

นำค่าแรงดันไฟฟ้ามาคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์อิลลิเมนท์โดยโปรแกรม COMSOL ทำให้ได้ค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10 20 และ 30 cm แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เปลี่ยนแปลงต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

สนามไฟฟ้า (kV/cm)	ปริมาณก๊าซ O_2 (percent by volume)		
	ระยะอิเล็กโทรด 10 cm	ระยะอิเล็กโทรด 20 cm	ระยะอิเล็กโทรด 30 cm
0	6.4	6.4	6.4
5	6.4	6.4	6.4
10	6.5	6.5	6.6
15	7.2	7.3	7.4
20	7.9	8.2	8.3
25	8.3	8.6	8.7

จากตารางที่ 4.15 พบว่าเมื่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปริมาณก๊าซออกซิเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้ง 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรดและเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า 25 kV/cm



ภาพที่ 4.17 กราฟการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซออกซิเจนต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบ 3 ระยะความยาวอิเล็กโทรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.15 แกนนอนคือ ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าในการทดลองและแกนตั้งคือค่าปริมาณของก๊าซออกซิเจนโดยเปรียบเทียบที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 cm

ตารางที่ 4.16 เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของก๊าซออกซิเจนที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า 25 kV/cm โดยเปรียบเทียบตามระยะความยาวอิเล็กโทรด

ระยะความยาวอิเล็กโทรด (cm)	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของก๊าซออกซิเจน (%)
10	29.7
20	34.4
30	36

ตารางที่ 4.17 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการเพิ่มขึ้นของก๊าซออกซิเจนโดยเทียบความยาวอิเล็กโทรด 10 กับ 20 และ 10 กับ 30 cm

เปรียบเทียบตามระยะความยาวอิเล็กโทรด	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของก๊าซออกซิเจน (%)
10 กับ 20	1.16
20 กับ 30	3.6

จากตารางที่ 4.16 พบว่าปริมาณก๊าซออกซิเจนมีการเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่ระยะความยาวของอิเล็กโทรด 30 เซนติเมตรโดยสามารถเพิ่มได้มากที่สุด 36 % ที่ความเครียดสนามไฟฟ้า 25 kV/cm

จากตารางที่ 4.17 พบว่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซออกซิเจนโดยเปรียบเทียบตามระยะความยาวอิเล็กโทรด 10 กับ 20 cm แตกต่างกันอยู่ 1.16 % และ 20 กับ 30 cmแตกต่างกันอยู่ 3.6 %

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณก๊าซออกซิเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยอิเล็ดโตรดทั้ง 3 ความยาวมีแนวโน้มทำให้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ปริมาณก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด 25 kV/cm อิเล็กโทรดระยะ 30 cm สามารถเพิ่มปริมาณก๊าซออกซิเจนได้มากที่สุด 36 % แต่จุดที่น่าสนใจคือเมื่อเพิ่มขนาดระยะความยาวเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวพบว่าปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นนั้นเพิ่มขึ้นเพียง 1.16 % และพอเพิ่มขึ้นอีกสองเท่าปริมาณก๊าซออกซิเจนนั้นเพิ่มขึ้นเพียง 3.6 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 เปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่า (ความถี่ 50 Hz) กับ แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นใหม่ (ความถี่ 20 kHz)

การทดลองนี้เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นใหม่โดยเปรียบเทียบกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าเดิม เพื่อดูว่าประสิทธิภาพของการลดลงของก๊าซมลพิษเปลี่ยนแปลงหรือไม่เมื่อความถี่ของสัญญาณเปลี่ยนแปลง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. แบตเตอรี่รถยนต์ 12 VDC
2. อิเวอร์เตอร์ 150 W 12 VDC - 220 VAC
3. หม้อแปลงปรับค่าได้ 0 - 300 VAC
4. คอนเวอร์เตอร์ 50 Hz – 20 kHz
5. หม้อแปลงแรงดันสูง 60 VA, 0 - 10 kV, 20 kHz
6. หม้อแปลงแรงดันสูง 0 – 15 kVAC, 50 Hz, 1 Ø
7. ชุดอิเล็กโทรดของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษที่ออกแบบขึ้นใหม่
8. เครื่องวิเคราะห์แก๊ส TECNOTEST รุ่น 488

ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆดังภาพที่ 4.1 โดยจะทำการทดลองด้วยชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีน
2. ติดเครื่องยนต์โดยไม่ต้องเหยียบคันเร่ง ความเร็วรอบเดินเบาเครื่องยนต์อยู่ที่ 700 rpm
3. จ่ายแรงดันโดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบเก่า (ความถี่ 50 Hz) ให้ชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์
3. บันทึกผลก๊าซมลพิษที่อ่านได้จากเครื่องวิเคราะห์แก๊ส TECNOTEST รุ่น 488 หลังจากติดเครื่องทันทีเนื่องจากเป็นช่วงที่เครื่องยนต์ยังอุณหภูมิต่ำมลพิษจะถูกปล่อยออกมามากที่สุด
5. ทำการบันทึกผลปริมาณก๊าซมลพิษ
6. ทำซ้ำ ข้อที่ 2-5 รวมทั้งหมด 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย
7. จ่ายแรงดันโดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นใหม่ (ความถี่สูง 20 kHz) ให้แก่ชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์
8. ทำการบันทึกผลปริมาณก๊าซมลพิษ
9. ทำซ้ำ ข้อที่ 6-8 รวมทั้งหมด 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

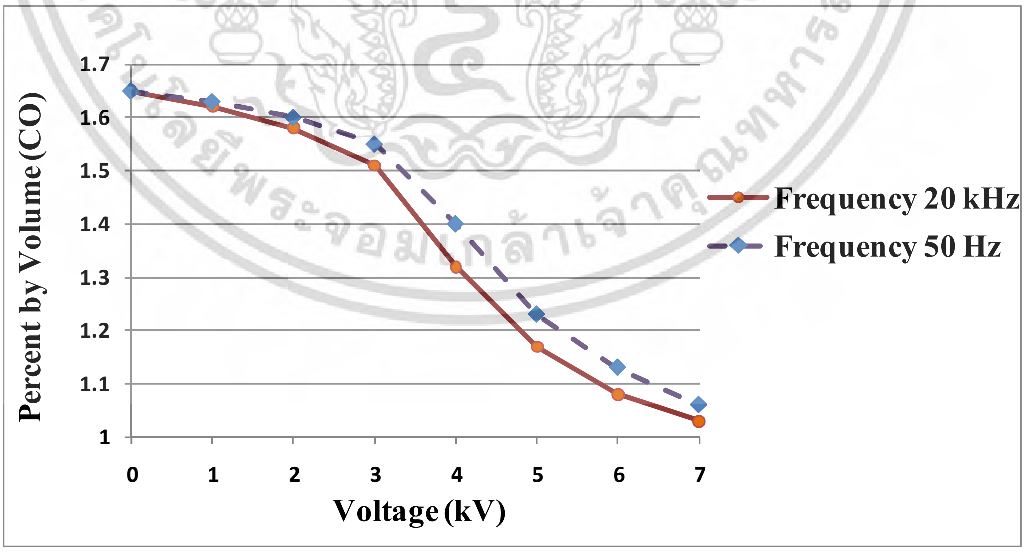
ผลการทดลอง

4.4.1 การทดลองเพื่อศึกษาผลของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่รอบเดินเบาโดยมีชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ระดับแรงดันไฟฟ้าในการทดลองค่าต่างๆและที่ความถี่ 50 Hz และ 20 kHz

ตารางที่ 4.18 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz และแบบใหม่ความถี่ 20 kHz

แรงดันไฟฟ้า (kV)	ปริมาณก๊าซ CO (percent by volume)	
	แหล่งจ่ายไฟฟ้าความถี่ 50 Hz	แหล่งจ่ายไฟฟ้าความถี่ 20 kHz
0	1.65	1.65
1	1.63	1.62
2	1.6	1.58
3	1.55	1.51
4	1.4	1.32
5	1.23	1.17
6	1.13	1.08
7	1.06	1.03

จากตารางที่ 4.18 พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลงเมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นทั้งที่ความถี่ 50 Hz และ 20 kHz



ภาพที่ 4.18 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz และแบบใหม่ความถี่ 20 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

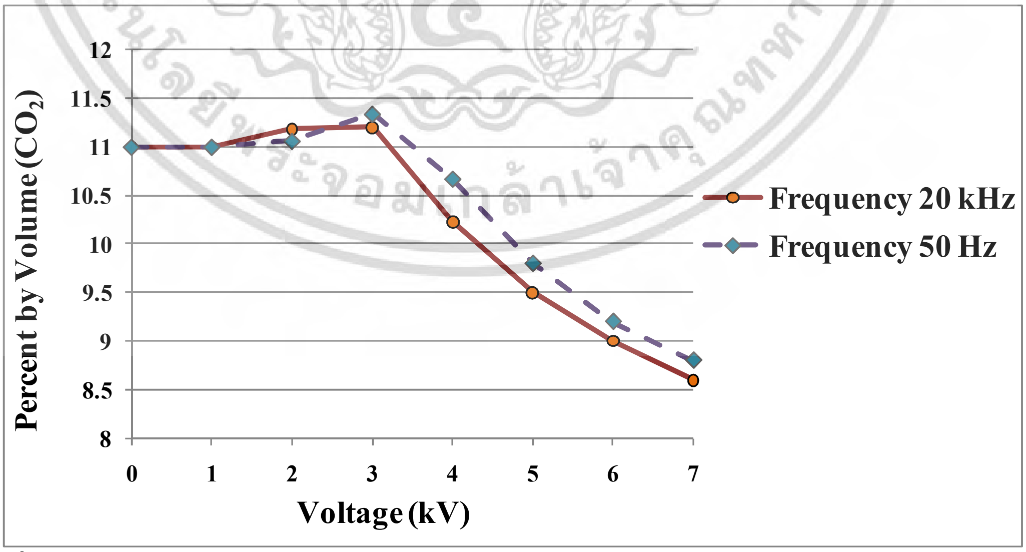
จากภาพที่ 4.18 แกนนอนคือค่าแรงดันไฟฟ้า (kV) และแกนตั้งคือ ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (percent by volume)

4.4.2 การทดลองเพื่อศึกษาผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่รอบเดินเบาโดยมีชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ระดับแรงดันไฟฟ้าในการทดลองค่าต่างๆและที่ความถี่ 50 Hz และ 20 kHz

ตารางที่ 4.19 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz และแบบใหม่ความถี่ 20 kHz

แรงดันไฟฟ้า (kV)	ปริมาณก๊าซ CO_2 (percent by volume)	
	แหล่งจ่ายไฟฟ้าความถี่ 50 Hz	แหล่งจ่ายไฟฟ้าความถี่ 20 kHz
0	11	11
1	11	11
2	11.1	11.2
3	11.3	11.2
4	10.6	10.3
5	9.8	9.5
6	9.2	9
7	8.8	8.6

จากตารางที่ 4.19 พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงเมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นทั้งที่ความถี่ 50 Hz และ 20 kHz



ภาพที่ 4.19 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz และแบบใหม่ความถี่ 20 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

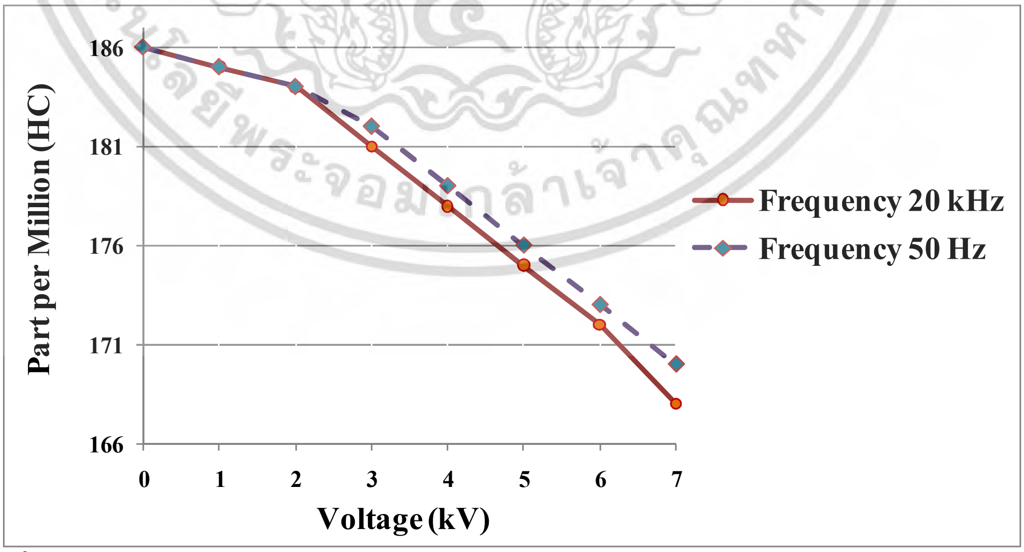
จากภาพที่ 4.19 แกนนอนคือค่าแรงดันไฟฟ้า (kV) และแกนตั้งคือ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (percent by volume)

4.4.3 การทดลองเพื่อศึกษาผลของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่รอบเดินเบาโดยมีชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ระดับแรงดันไฟฟ้าในการทดลองค่าต่างๆและที่ความถี่ 50 Hz และ 20 kHz

ตารางที่ 4.20 ปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนต่อแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz และแบบใหม่ความถี่ 20 kHz

แรงดันไฟฟ้า (kV)	ปริมาณก๊าซ HC (part per million)	
	แหล่งจ่ายไฟฟ้าความถี่ 50 Hz	แหล่งจ่ายไฟฟ้าความถี่ 20 kHz
0	186	186
1	185	185
2	184	184
3	182	181
4	179	178
5	176	175
6	173	172
7	170	168

จากตารางที่ 4.20 พบว่าปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนลดลงเมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นทั้งที่ความถี่ 50 Hz และ 20 kHz



ภาพที่ 4.20 ปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนต่อแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz และแบบใหม่ความถี่ 20 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

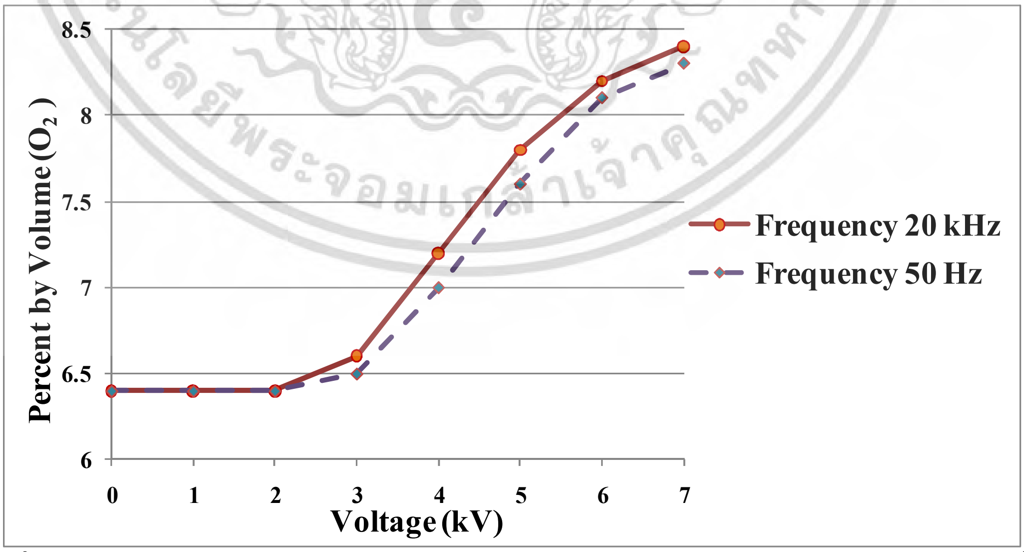
จากภาพที่ 4.20 แกนนอนคือค่าแรงดันไฟฟ้า (kV) และแกนตั้งคือ ปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอน (part per million)

4.4.4 การทดลองเพื่อศึกษาผลของก๊าซออกซิเจนที่รอบเดินเบาโดยมีชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ระดับแรงดันไฟฟ้าในการทดลองค่าต่างๆและที่ความถี่ 50 Hz และ 20 kHz

ตารางที่ 4.21 ปริมาณก๊าซออกซิเจนต่อแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz และแบบใหม่ความถี่ 20 kHz

แรงดันไฟฟ้า (kV)	ปริมาณก๊าซ O_2 (percent by volume)	
	แหล่งจ่ายไฟฟ้าความถี่ 50 Hz	แหล่งจ่ายไฟฟ้าความถี่ 20 kHz
0	6.4	6.4
1	6.4	6.4
2	6.4	6.4
3	6.5	6.6
4	7	7.2
5	7.6	7.8
6	8.1	8.2
7	8.3	8.4

จากตารางที่ 4.21 พบว่าปริมาณก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นทั้งที่ความถี่ 50 Hz และ 20 kHz



ภาพที่ 4.21 ปริมาณก๊าซออกซิเจนต่อแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz และแบบใหม่ความถี่ 20 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.21 แกนนอนคือค่าแรงดันไฟฟ้า (kV) และแกนตั้งคือ ปริมาณก๊าซออกซิเจน (percent by volume)

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และ ไฮโดรคาร์บอนลดลงเท่ากัน แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz ต้องใช้แรงดันไฟฟ้ามากกว่าแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบใหม่ความถี่ 20 kHz และในการเพิ่มปริมาณก๊าซออกซิเจนแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz ต้องใช้แรงดันไฟฟ้ามากกว่า แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบใหม่เช่นกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นไปตามทฤษฎีการแตกตัวของก๊าซต่อความถี่ โดยเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้ก๊าซเกิดการเบรคดาวน์จะมีค่าลดลง [24], [25]

4.5 ประสิทธิภาพการลดก๊าซมลพิษของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ออกแบบขึ้นใหม่

จากสมมุติฐานการเกิดกระบวนการไอออไนเซชันทำให้เกิดการแตกตัวโมเลกุลก๊าซต่างๆได้ถ้ามีระดับพลังงานจากสนามไฟฟ้ามากกว่าพลังงานพันธะของก๊าซชนิดนั้นๆ จากการศึกษาและทำการออกแบบชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์จึงนำมาสู่การรวบรวมข้อมูลผลการทดลองของงานวิจัยที่มีอย่างต่อเนื่องทั้งหมดเช่นชนิดของแหล่งจ่ายไฟฟ้า รูปทรงของอิเล็กโทรด ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ระยะความยาวของอิเล็กโทรด และชนิดของวัสดุที่ทำอิเล็กโทรดเพื่อออกแบบชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่เหมาะสมในช่วงรอบเดินเบา ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 700 rpm

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. แบตเตอรี่รถยนต์ 12 VDC
2. อิเวอร์เตอร์ 150 W 12 VDC - 220 VAC
3. หม้อแปลงแรงดันต่ำ 220 - 100 VAC
4. คอนเวอร์เตอร์ 50 Hz – 20 kHz
5. หม้อแปลงแรงดันสูง 60 VA, 0 - 10 kV, 20 kHz
6. ชุดอิเล็กโทรดของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษที่ออกแบบขึ้นใหม่
7. เครื่องวิเคราะห์แก๊ส TECNOTEST รุ่น 488

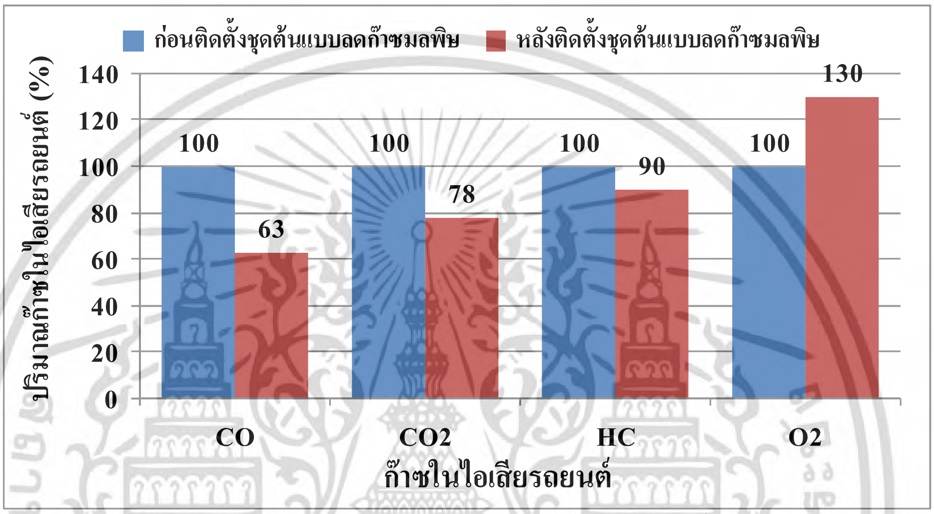
ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆดังภาพที่ 4.1 โดยจะทำการทดลองด้วยชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีน
2. ติดเครื่องยนต์โดยไม่ต้องเหยียบคันเร่ง ความเร็วรอบเดินเบาเครื่องยนต์อยู่ที่ 700 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บันทึกผลก๊าซมลพิษที่อ่านได้จากเครื่องวิเคราะห์แก๊ส TECNOTEST รุ่น 488 หลังจากติดเครื่องทันทีเนื่องจากเป็นช่วงที่เครื่องยนต์ยังอุณหภูมิต่ำมลพิษจะถูกปล่อยออกมามากที่สุด
4. จ่ายแรงดันให้ชุดทดลองการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์
5. ทำการบันทึกผลปริมาณก๊าซมลพิษ
6. ทำซ้ำ ข้อที่ 2-5 รวมทั้งหมด 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย

ผลการทดลอง



ภาพที่ 4.22 ปริมาณก๊าซในไอเสียรถยนต์เปรียบเทียบก่อนและหลังติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ

จากภาพที่ 4.22 พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรคาร์บอน จะลดลงเมื่อติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ และมีจุดที่น่าสนใจคือปริมาณก๊าซออกซิเจนมีการเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.22 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณก๊าซมลพิษเทียบก่อนและหลังติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ก๊าซในไอเสียรถยนต์	เปอร์เซ็นต์ของปริมาณก๊าซในไอเสียรถยนต์		
	ก่อนติดตั้งชุดลดก๊าซมลพิษ (%)	หลังติดตั้งชุดลดก๊าซมลพิษ (%)	ความแตกต่าง
CO	100	63	ลดลง 37 %
CO_2	100	78	ลดลง 22 %
HC	100	90	ลดลง 10 %
O_2	100	130	เพิ่มขึ้น 30 %
แรงดันขาออก $10kV_{max}$, ความถี่ 20 kHz			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

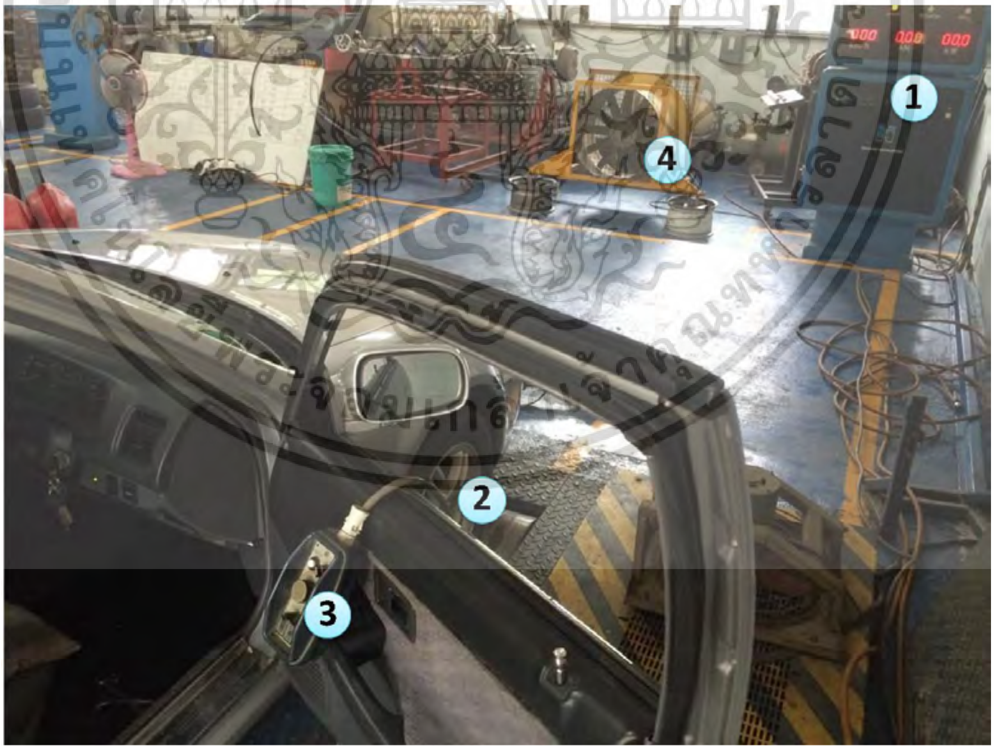
จากตารางที่ 4.22 พบว่าหลังจากติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และ ไฮโดรคาร์บอนลดลง 37 %, 22 % และ 10 % ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้นถึง 30 % โดยคิดปริมาณก๊าซในไอเสียทั้งหมดที่ก่อนติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษเป็น 100 %

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษที่ออกแบบพัฒนาขึ้นใหม่เพื่อความสะดวกต่อการติดตั้งใช้งานจริงสามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ 37 %, คาร์บอนไดออกไซด์ 22 % และ ไฮโดรคาร์บอน 10 % และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้นในระบบ 30 %

4.6 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์หลังการติดตั้งชุดลดก๊าซมลพิษ

การทดลองในส่วนนี้เพื่อทดสอบว่าการติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษเข้าที่ปลายท่อไอเสียรถยนต์นั้นส่งผลหรือไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของรถยนต์มากน้อยเพียงใด โดยในการทำการทดลองจะเลือกย่านความเร็ว 80 km/hr เนื่องจากมาตรฐานการขับขี่ในกรุงเทพห้ามเกิน 80 km/hr วัดผลการทดลองโดยเครื่อง Dynanometer test HOFMANN รุ่น 112-D ซึ่งหลักการทำงานเป็นแบบ Eddy current brake



รูปที่ 4.23 การวัดประสิทธิภาพเครื่องยนต์ก่อนและหลังติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.23 เป็นการทดลองวัดประสิทธิภาพของระบบเครื่องยนต์ว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ที่ปลายท่อไอเสียรถยนต์ โดยในที่นี้จะทำการวัดค่ากำลังของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบย่านใช้งาน 700 rpm และกำลังสูงสุดโดยควบคุมความเร็วให้ไม่เกิน 80 km/hr หมายเลข 1 คือ มิเตอร์ของเครื่องไดนาโนมิเตอร์ไว้แสดงค่าความเร็วรถยนต์ และกำลังของเครื่องยนต์ หมายเลข 2 คือ โรลลิ่งของเครื่องไดนาโนมิเตอร์เพื่อวิ่งสวนทางกับล้อรถยนต์ หมายเลข 3 คือสวิตท์ควบคุมความเร็วรถยนต์ หมายเลข 4 คือ พัดลมระบายความร้อนภายในระบบเนื่องจากในการทดลองรถยนต์ไม่มีการเคลื่อนที่จึงไม่มีอากาศพัดผ่านเพื่อระบายความร้อนของเครื่องยนต์และความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเบรคหรือวิ่งสวนทางกับล้อรถยนต์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. Dynanometer test HOFMANN รุ่น 112-D
2. ตัวล็อคคันเร่ง
3. สวิตช์ควบคุมความเร็วรถยนต์
4. อิเล็กโทรดของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ
5. สายยึดโครงรถเข้ากับพื้นเพื่อป้องกันอันตราย
6. พัดลมระบายความร้อนภายในระบบ

ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆดังภาพที่ 4.23 นำล้อหน้าของเครื่องยนต์เข้าโรลลิ่งเครื่องวัดไดนาโนมิเตอร์
2. ยึดตัวโครงรถกับตัวล็อคที่พื้น
3. ตั้งค่าสวิตช์ควบคุมความเร็วไม่เกิน 80 km/hr
4. เข้าเกียร์ D4 เพราะอัตราทดเกรียร์ใกล้เคียง 1 มากที่สุดเพื่อให้ได้กำลังสูงสุดที่ความเร็วนั้น
5. เลี้ยงคันเร่งไว้ที่ความเร็วรอบ 700 rpm
6. บันทึกผลค่ากำลังรถยนต์และความเร็วรอบเครื่องยนต์
7. ติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษเข้าที่ปลายท่อไอเสียรถยนต์
8. บันทึกผลค่ากำลังรถยนต์และความเร็วรอบเครื่องยนต์
9. เหยียบคันเร่งจนสุดเพื่อให้ได้ค่ากำลังสูงสุด 4500 rpm
10. ทำซ้ำข้อ 6-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.23 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องยนต์ก่อนและหลังติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ

ความเร็วรอบ (rpm)	กำลังเครื่องยนต์ (kW)			กำลังเครื่องยนต์ (HP)			เปอร์เซนต์การลดลง
	ก่อนติดตั้ง	หลังติดตั้ง	ลดลง	ก่อนติดตั้ง	หลังติดตั้ง	ลดลง	
700	26.4	26.4	0	35.3	35.3	0	0.00%
4500	26.4	25.6	0.8	35.3	34.3	1.0	3.03%
ความเร็ว 80 km/hr, ขนาดเครื่องยนต์ 1400 cc							

จากตารางที่ 4.23 ทดลองวัดกำลังของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 700 rpm พบว่าทั้งก่อนและหลังติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษที่ปลายท่อรถยนต์มีกำลังเครื่องยนต์คงที่ 35.3 HP ต่อมาทดสอบที่ความเร็วรอบ 4500 rpm พบว่าก่อนติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษที่ปลายท่อรถยนต์มีกำลังสูงสุดที่ 35.3 HP แต่หลังจากทำการติดตั้งทำให้กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ลดลงเหลือ 34.3 HP

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าหลังจากติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษที่ปลายท่อไอเสียรถยนต์ทำให้กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 4500 rpm ลดลงเพียง 3 % แต่ในย่านความเร็วรอบที่ใช้งาน 700 rpm พบว่ากำลังของเครื่องยนต์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งในการใช้งานรถยนต์ที่พิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์นั้นเป็นไปได้น้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 บทนำ

จากปัญหาการเพิ่มขึ้นของจำนวนยานพาหนะโดยเฉพาะรถยนต์เครื่องยนต์เบนซินหรือแก๊สโซลีนที่มีจำนวนถึง 24,559,028 คัน จากจำนวนรถยนต์ทั้งหมดในประเทศไทย 35,352,660 คัน สิ่งที่ตามมาก็คือปัญหามลพิษที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเวลาเริ่มสตาร์ทเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิต่ำขณะที่แคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซมลพิษในปัจจุบันยังทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพเพราะต้องอาศัยความร้อนสูงช่วง 400-800 $^{\circ}C$ ในการทำงานและยังมีประสิทธิภาพลดลงตามระยะทางที่ใช้งาน คือไม่เกิน 100,000 km จึงนำไปสู่งานวิจัยนี้ที่ประยุกต์เทคนิคสนามไฟฟ้ามาใช้ในการลดมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์ที่รอบเดินเบา

โดยที่ผ่านมามีการวิจัยอย่างต่อเนื่องเริ่มจากมีความสนใจว่าสนามไฟฟ้ามีอิทธิพลต่อการลดปริมาณแก๊สมลพิษในไอเสียรถยนต์หรือไม่ ซึ่งพบว่าสนามไฟฟ้าสามารถทำให้โมเลกุลของก๊าซมลพิษแตกตัวได้ทำให้ปริมาณแก๊สมลพิษลดลงและค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับลดปริมาณก๊าซมลพิษคือ 25 kV/cm ต่อมาศึกษาเรื่องความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เหมาะสมต่อการใช้สนามไฟฟ้าลดก๊าซมลพิษซึ่งพบว่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ 700 rpm สามารถลดปริมาณก๊าซมลพิษได้มากที่สุด จากนั้นมีการทดลองปรับลักษณะสนามไฟฟ้าซึ่งในผลการทดลองพบว่าลักษณะสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอเล็กน้อยให้ผลการลดปริมาณก๊าซมลพิษได้ดีที่สุดแต่พบปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดลองนั่นคืออิเล็กโทรดปลายแหลมเกิดการเบรกดาวข้ามช่องอากาศซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายและความเสียหายได้ อิเล็กโทรดที่ออกแบบในการวิจัยต่อไปจึงใช้ฉนวนคั่นเข้าไปในอิเล็กโทรดเป็นฉนวน 2 ชั้นเพื่อป้องกันการเบรกดาวน์ และยังมีการเทียบประสิทธิภาพการลดปริมาณก๊าซมลพิษระหว่างแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์กับชุดลดก๊าซมลพิษด้วยสนามไฟฟ้าซึ่งพบว่าแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์สามารถทำงานได้ดีมากที่ช่วงอุณหภูมิสูง แต่ที่รอบเดินเบาความเร็วรอบเครื่องยนต์ 700 rpm อุณหภูมิจะยังต่ำอยู่ชุดลดก๊าซมลพิษด้วยสนามไฟฟ้าจึงมีประสิทธิภาพมากกว่าแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์ในช่วงสตาร์ทเครื่องยนต์ จากนั้นมีการสนใจว่ารูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าและความถี่ไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างสนามไฟฟ้ามีผลต่อการลดลงของก๊าซมลพิษหรือไม่ซึ่งพบว่ารูปคลื่นแรงดันกระแสสลับความถี่สูงให้ผลในการลดปริมาณก๊าซมลพิษได้ดีที่สุด

ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาทั้งหมดทำให้เราทราบค่าพารามิเตอร์ต่างๆจึงนำมาสู่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เพื่อใช้ในการออกแบบและสร้างชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ติดตั้งจริงบริเวณปลายท่อไอเสียและใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ในรถยนต์ดังแสดงในภาพที่ 5.1-5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบ	วัสดุ
ฝาปิดหัว-ท้าย	แบกกาไลท์
โครงภายนอก	ซีเมนท์ใยหิน
อิเล็กโทรดวงใน(GND)	สเตนเลส
อิเล็กโทรดวงนอก (HV)	ลวดทองแดง
ฉนวนคั่น	ไมก้า

ขนาด(กxยxส) : 14x19x14 cm^3, Ø ท่อ : 1.5 in^2

ภาพที่ 5.1 ส่วนอิเล็กโทรดของชุดต้นแบบ

รายละเอียด	
ขนาด(กxยxส)	17x21x8 cm^3
น้ำหนัก	2.7 kg
กำลังไฟฟ้า	26 W
แรงดันไฟฟ้าขาเข้า	12 VDC
กระแสไฟฟ้า	2 A
แรงดันไฟฟ้าขาออก	7 KVAC
ความถี่	20 kHz

ภาพที่ 5.2 ส่วนแหล่งจ่ายไฟฟ้าของชุดต้นแบบ

จากภาพที่ 5.1 และ 5.2 เป็นรูปร่างและรายละเอียดของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยเทคนิคสนามไฟฟ้าที่รอบเดินเบาของเครื่องยนต์ 700 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 เปรียบเทียบระยะความยาวอิเล็กโทรด ต่อการลดลงของก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยใช้สนามไฟฟ้า

จากการศึกษามลพิษที่รอบเดินเบาของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะเห็นได้ว่าเครื่องยนต์ในขณะเริ่มสตาร์ทที่อุณหภูมิต่ำมลพิษที่ออกมาจะมีค่าสูง โดยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกมาจะมีค่าเฉลี่ย 1.65เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ซึ่งเกินมาตรฐานตามกฎหมายว่าด้วยกรมขนส่งทางบก ตามประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 124 ตอนพิเศษ 29 ง ลงวันที่ 14 มีนาคม 2550 คือไม่เกิน 1.5 % โดยปริมาตรสำหรับรถจดทะเบียนในช่วง 1 พ.ย. 2536 ถึง ก่อน 1 ม.ค. 2550 และ ก๊าซ HC ที่ปล่อยออกมาจะมีค่าเฉลี่ย 184 ppm ซึ่งใกล้เคียงมาตรฐานตามกฎหมายกำหนดไว้คือ 200 ppm

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มลดลงเมื่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยอิเล็ดโตรดทั้ง 3 ความยาวมีแนวโน้มทำให้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลงเหมือนกันซึ่งที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด 25 kV/cm อิเล็กโทรดระยะ 30 cm สามารถลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ได้มากที่สุด แต่จุดที่น่าสนใจคือเมื่อเพิ่มขนาดระยะความยาวเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมกนอกไซด์ที่ลดลงนั้นเพิ่มขึ้นเพียง 3.1 % และพอเพิ่มขึ้นอีกสองเท่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ลดลงนั้นเพิ่มขึ้นเพียง 4.7 % ดังนั้นเมื่อคำนึงถึงเรื่องเศรษฐศาสตร์และการติดตั้งใช้งานจริงจึงเลือกใช้อิเล็กโทรดที่ระยะความยาว 10 cm

5.3 เปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเก่า (ความถี่ 50 Hz) กับ แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นใหม่ (ความถี่ 20 kHz)

จากผลการทดลองพบว่าแหล่งจ่ายไฟฟ้าทั้งแบบเก่าและแบบใหม่สามารถทำให้ปริมาณก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนลดลงได้ ซึ่งปริมาณก๊าซมลพิษคาร์บอนมอนอกไซด์คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรคาร์บอนจะลดลงมากที่สุดที่ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ 7.3 kV สำหรับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบเก่าความถี่ 50 Hz ส่วนแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบใหม่จะอยู่ที่ค่าแรงดันไฟฟ้า 6.8 kV โดยปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรคาร์บอนลดลงเหลือ 1.05% by volume, 8.7% by volume และ 169 ppm ตามลำดับ ซึ่งในการที่ทำให้ปริมาณก๊าซมลพิษลดลงเหลือในปริมาณที่เท่ากันทั้ง 2 ชนิดแหล่งจ่าย แหล่งจ่ายที่พัฒนาขึ้นใหม่ความถี่ 20 kHz นั้นใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าแหล่งจ่ายแบบเก่าความถี่ 50 Hz นั่นคือที่ความถี่สูงจะใช้พลังงานต่ำกว่าความถี่ต่ำในการลดก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ซึ่งสำหรับก๊าซออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเป็น 8.4% by volume โดยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบใหม่ความถี่ 20 kHz ใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าแบบเก่าความถี่ 50 Hz

5.4 ประสิทธิภาพการลดก๊าซมลพิษของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ออกแบบขึ้นใหม่

จากผลการทดลองพบว่าชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษที่ออกแบบพัฒนาขึ้นใหม่เพื่อความสะดวกต่อการติดตั้งใช้งานจริงสามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ 37 %, คาร์บอนไดออกไซด์ 22 % และไฮโดรคาร์บอน 10 % และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้นในระบบ 30 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์หลังการติดตั้งชุดลดก๊าซมลพิษ

จากผลการทดลองวัดกำลังของเครื่องยนต์สูงสุดที่ความเร็วรอบ 4500 rpm พบว่าการติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษที่ปลายท่อทำให้กำลังของเครื่องยนต์ลดลงเล็กน้อย โดยก่อนติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษที่ปลายท่อรถยนต์มีกำลังสูงสุดที่ 26.4 kW แต่หลังจากทำการติดตั้งทำให้กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ลดลงเหลือ 25.6 kW ซึ่งลดลงประมาณ 3.03 % แต่ในความเป็นจริงการใช้งานรถยนต์ที่พิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์เป็นไปได้น้อยมาก

5.6 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนา

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นออกแบบชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยใช้สนามไฟฟ้า ซึ่งยังไม่มีการเก็บผลรายเดือนหรือทั้งปี ของประสิทธิภาพของเครื่องยนต์หลังจากติดตั้งที่ท่อไอเสียของรถยนต์ตอนใช้งานรถยนต์จริง มีเพียงวัดประสิทธิภาพขั้นต้นจากเครื่องไดนาโนมิเตอร์และยังไม่มีการเก็บผลอายุการใช้งานชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษหลังจากติดตั้งที่ปลายท่อไอเสียรถยนต์แล้ว ในแนวทางการพัฒนาจากงานวิจัยนี้ต่อไปจึงน่าจะเป็นการเก็บค่าสมรรถนะของทั้งเครื่องยนต์และชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหลักการออกแบบและผลการทดสอบที่ได้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพอเป็นประโยชน์และแนวทางต่อให้ผู้ที่สนใจสามารถนำไปพัฒนาและศึกษาค้นคว้าต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] สถิติการจดทะเบียนสะสมรถยนต์โดยแยกตามชนิดของเชื้อเพลิง ข้อมูลจากกรมขนส่งทางบก, 2557

[2] กรมขนส่งทางบก "**กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการตรวจสอบก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์และก๊าซไฮโดร์คาร์บอนจากท่อไอเสียของรถตามกฎหมายว่าด้วยกรมขนส่งทางบกที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน**" ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 128 ตอนพิเศษ 74 ง, 6 กรกฎาคม 2554.

[3] สุริยันต์เทียมเพ็ชร "**เครื่องกรองไอเสียเครื่องยนต์เบนซิน**" การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25, 19 – 21 ตุลาคม 2554

[4] Toyota Motor sales "**Emission sub System-Exhaust Gas Recirculation**" page 1-8, 2005

[5] S. Potivejkul "**Design of Ozone Generator using Solar Energy**" Circuits and Systems, IEEE Asia-Pacific Conference, Page 217 – 220, Nov 1998

[6] Bernie M. Penetrante, "**Comparison of Electrical Discharge Techniques for Nonthermal Plasma Processing of NO in N2**" Plasma Science, IEEE Transactions on Volume: 23, Issue: 4, Page 679 – 687, Aug 1995

[7] Jiangwei Chu, Chunling Yao, Guangming Qiao "**Reducing HC Emissions of Gasoline Engine during Cold-Start by Using a Oxygen-enriched Intake Air System**" Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE), International Conferrence on, Page 8422 - 8425, June 2011

[8] สุธี ลี้จงเพิ่มพูล "**การศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์**" วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2554

[9] สุธี ลี้จงเพิ่มพูน และ รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล"**การศึกษาผลของสนามไฟฟ้าต่อการลดก๊าซมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์**"การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมทางไฟฟ้าครั้งที่ 33 , ธันวาคม 2553

[10] กฤษณ์ กิจวัฒนา รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุลและสุธี ลี้จงเพิ่มพูล"**การศึกษาผลของสนามไฟฟ้าแบบไดอิเล็กตริกต่อการลดก๊าซมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์เครื่องเบนซิน**"การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมทางไฟฟ้าครั้งที่ 34 , ธันวาคม 2554

[11] สุธี ลี้จงเพิ่มพูน ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล "**การศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลง**"การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 34, ธันวาคม 2554

[12] Krit Kitwattana, Siriwat Potivejkul Sutee Leejongpermpoon "**A Study of Effect of Electric Field to Reduce Polluted Gases from a Gasoline Engine**" ISTS 2011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13] K.Kitwattana, S.Potivejkul, S.Leejongpermpoon “**A Study of Electric Field and Catalytic Converter for Reducing Pollution Gas from a Gasoline Engine**” ISET2011

[14] วรกัลป์ ลิ้มเจริญ กฤษณ์ กิจวัฒนา รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล และสุธี ลี้จงเพิ่มพูน “**การศึกษาผลของสนามไฟฟ้า 3 แบบ ต่อการลดก๊าซมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์เครื่องเบนซิน**”การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมทางไฟฟ้าครั้งที่ 35 , ธันวาคม 2555

[15] K.Kitwattana S.Potivejkul V.Kinnares W.Limplareun “**A Study Effect of Frequency of Electric Field on Exhaust Emission Reducing from Benzene Engine**” ICEAST 2012

[16] E. Lippert, “**The Strengths of Chemical Bonds**” Angewandte Chemie, Volume 72, Issue 16, page 602, 21 August 1960

[17] Euro 5 standard “**Toxic emission: stages and legal framework**” Volume: 2, September 2009

[18] กฤษณ์ กิจวัฒนา “**การวิเคราะห์คุณลักษณะของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน**” วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2556

[19] S.K. Srivastava “**Absolute Electron Impact Ionization Cross Section for N20 and NO from Threshold up to 1000 eV**.” Journal of Geophysical Research, Volume 101, Issue E4, pages 9261–9266, 25 April 1996

[20] สำรวย สังข์สะอาด “**วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง**” พิมพ์ครั้งที่ 1, เมษายน 2547.

[21] สมปอง คงนิ่ม “**แก้ปัญหารถเสียด้วยตัวเอง**” พิมพ์ครั้งที่ 1 2551

[22] สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ “**รู้รอบทิศมลพิษทางอากาศ บทเรียน แนวคิด และการจัดการ**” พิมพ์ครั้งที่ 1 มีนาคม 2554

[23] ประสงค์ คุณานุวัฒน์เดช, ไมตรี สุทธจิตต์ “**พิษวิทยาสาร**” ปีที่ 11 ฉบับที่ 4, 2544

[24] A. Grill, 1994. “**Cold Plasma in Materials Fabrication**” IEEE Press, New York, p.24-34

[25] F. Chiang. 2012. “**High Frequency Voltage Stress**” Product Safety Engineering Society, IEEE, Taipei

[26] Glenn Elert "**Dielectrics - The Physics Hypertextbook**". Physics.info. Retrieved 2011-11-08.

[27] Tf.uni-kiel.de. "**3.5.1 Electrical Breakdown and Failure**". Retrieved 2011-11-08.

[28] วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร 2543 “**เครื่องยนต์เผาไหม้ภายในทฤษฎีและการคำนวณ**” กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์

[29] P.L. Silveston “**Automotive exhaust catalysis: Is periodic operation beneficial**” Chemical Engineering Science Volume 51, Issue 10, May 1996, Pages 2419–2426, 10 September 1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[30] Euro 3/4 standards (2000/2005): Directive 98/69/EC, further amendments in 2002/80/EC.

[31] กีรติวุฒิ วิสิทธิ์ศิลป์, ปุณยวีร์ ทองเขียว, พรศักดิ์ สงวน, ศุภวัฒน์ กลั่นเรืองแสง “**โวลท์เตทดิไวเดอร์วัดแรงดันกระแสตรง, กระแสสลับ และแรงดันอิมพัลส์ พิกัด 100kV**” ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2551.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หม้อแปลงปรับค่าได้ที่ใช้ในการทดลองมีพิกัด 4kVA กระแส 16A, 0 – 250 V_{AC}
	หม้อแปลงนีออน พิกัดแรงดัน Input 230V, Output 15kV พิกัดกระแส Input 2A, Output 30mA
	รีเลย์จำกัดกระแส PM - 001
	Switch Hitachi รุ่น H20-T, 32A, 220V_{AC}
	ดิไวเดอร์ • ขนาดพิกัดกรณีใช้วัดแรงดันสูงกระแสตรง 100kV • ขนาดพิกัดกรณีใช้วัดแรงดันสูงกระแสสลับ 100kV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

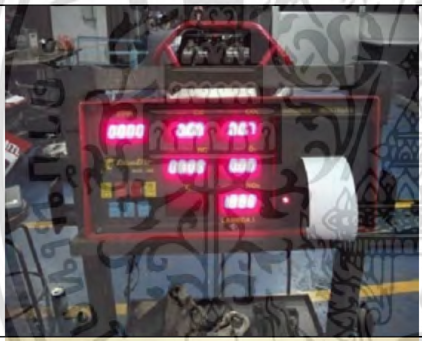
FLUKE 189

- AC voltage measurement from 0 V to 1000.0 V
- AC millivolt measurement from 0 mV to 3000.0 mV

Oscilloscope RIGOL DS1000E

- Input Coupling DC, AC, GND
- Input Impedance 1MΩ ± 2%, in parallel with 15pF± 3pF
- Probe Attenuation Factors 1X, 5X, 10X, 50X, 100X, 500X,1000X
- Maximum Input Voltage
- 400V (DC+AC Peak, 1MΩ input impedance)
- 40V (DC+AC Peak)

Time Delay between Channel (typical) 500ps



เครื่องวิเคราะห์แก๊ส Tecnotest 488

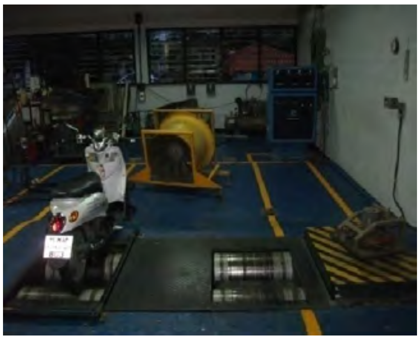
- CO วัดได้ 0 – 9.99 %V
- HC วัดได้ 0 – 9999ppm
- CO_2 วัดได้ 0 – 19.9 %V
- O_2 วัดได้ 0 – 25 %V

Air Flow TA-3 พิกัด 0-30 m/s

PRO'S KIT รุ่น MT-4002

พิกัด -30°C – 550°C ความละเอียดในการวัด ±2%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Dynamometer Test HOFMANNรุ่น 112-D

- Max. test speed 260km/h
- Temperature range 0 – 50°C
- Max. brakeable wheel power260 / 260 kW / km/h
- Max. power in the P-max program 400 / 260 kW / km/h
- Preset constant velocity 0 – 260 km/h

DC-AC Power Inverter

พิกัด 150 w, V_{input} 12 VDC, V_{output} 220 VAC

Danfoss Transformer

พิกัด 60VA 0-10 kV 20kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ผลการทดลองอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข1 การลดลงของปริมาณก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์โดยใช้สนามไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโตรด 10 เซนติเมตร, อุณหภูมิ 50.4 องศาเซลเซียส, ความเร็วไอเสียที่ปลายท่อ4.45 m/s

ครั้งที่	สนามไฟฟ้า 0kV/cm				สนามไฟฟ้า 5 kV/cm				สนามไฟฟ้า 10kV/cm				สนามไฟฟ้า 15kV/cm				สนามไฟฟ้า 20kV/cm				สนามไฟฟ้า 25kV/cm			
	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V
1	1.66	12.4	184	6.3	1.63	12.4	184	6.3	1.58	12.5	181	6.4	138	11.5	177	7.1	1.19	9.6	175	7.8	1.09	9	169	8.2
2	1.62	9.9	185	6.3	1.62	9.9	185	6.3	1.57	10.1	180	6.4	137	9.5	177	7.1	1.20	8.7	173	7.8	1.11	8.4	167	8.1
3	1.66	9.8	185	6.5	1.58	9.8	183	6.5	1.53	10.1	178	6.5	135	9.4	175	7.3	1.15	8.7	172	7.9	1.08	8.7	166	8.4
4	1.67	12.2	186	6.3	1.59	12.2	186	6.3	1.56	12.3	182	6.5	138	10.1	177	7	1.17	9.2	174	7.8	1.09	8.6	168	8.3
5	1.63	10.8	188	6.4	1.61	10.8	186	6.4	1.54	11	183	6.5	137	10	179	7.5	1.19	9.3	176	8.2	1.13	8.8	170	8.5
เฉลี่ย	1.65	11	186	6.4	1.61	11	185	6.4	1.56	11.2	181	6.5	1.37	10.1	177	7.2	1.18	9.1	174	7.9	1.1	8.7	168	8.3

ตาราง ข2 การลดลงของปริมาณก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์โดยใช้สนามไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโตรด 20 เซนติเมตร, อุณหภูมิ 50.4 องศาเซลเซียส, ความเร็วไอเสียที่ปลายท่อ4.45 m/s

ครั้งที่	สนามไฟฟ้า 0kV/cm				สนามไฟฟ้า 5 kV/cm				สนามไฟฟ้า 10kV/cm				สนามไฟฟ้า 15kV/cm				สนามไฟฟ้า 20kV/cm				สนามไฟฟ้า 25kV/cm			
	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V
1	1.67	11.3	188	6.6	1.64	11.3	186	6.6	1.59	11.5	183	6.7	1.40	10.4	179	7.4	1.17	9.2	174	8.4	1.09	8.6	168	8.8
2	1.63	11.1	187	6.6	1.58	11.1	186	6.5	1.53	11.4	183	6.6	1.32	10.3	179	7.3	1.13	9.2	175	8.3	1.04	8.6	168	8.7
3	1.64	10.8	185	6.2	1.60	10.8	184	6.2	1.56	11.2	179	6.3	1.33	9.9	173	7.2	1.14	8.7	170	7.9	1.08	8.2	165	8.5
4	1.65	11	184	6.2	1.60	11	183	6.3	1.54	11.3	178	6.3	1.32	10	174	7.3	1.14	9	170	8.3	1.04	8.3	165	8.5
5	1.66	10.8	186	6.3	1.63	10.8	185	6.4	158	11.1	182	6.6	1.38	9.9	175	7.3	1.17	8.9	171	8.2	1.08	8.3	164	8.5
เฉลี่ย	1.65	11	186	6.4	1.61	11	185	6.4	1.56	11.3	181	6.5	1.35	10.1	176	7.3	1.15	9	172	8.2	1.06	8.4	166	8.6

ตาราง ข3 การลดลงของปริมาณก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์โดยใช้สนามไฟฟ้าที่ระยะความยาวอิเล็กโตรด 30 เซนติเมตร, อุณหภูมิ 50.4 องศาเซลเซียส, ความเร็วไอเสียที่ปลายท่อ4.45 m/s

ครั้งที่	สนามไฟฟ้า 0kV/cm				สนามไฟฟ้า 5 kV/cm				สนามไฟฟ้า 10kV/cm				สนามไฟฟ้า 15kV/cm				สนามไฟฟ้า 20kV/cm				สนามไฟฟ้า 25kV/cm			
	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V
1	1.67	11.2	189	6.2	1.64	11.3	188	6.3	1.59	11.6	181	6.5	1.37	10.3	178	7.3	1.17	9.2	174	8.1	1.08	8.6	167	8.6
2	1.64	10.9	184	6.7	1.60	10.8	183	6.7	1.55	11.2	179	6.8	1.33	9.9	172	7.6	1.12	8.7	169	8.5	1.04	8.1	164	8.9
3	1.64	10.9	185	6.4	1.59	10.9	183	6.5	1.54	11	179	6.7	1.32	9.9	173	7.5	1.12	8.7	169	8.5	1.04	8.2	164	8.9
4	1.65	11	186	6.4	1.61	11	186	6.2	1.56	11.4	181	6.4	1.35	10.2	177	7.1	1.15	8.9	173	8	1.05	8.2	165	8.4
5	1.65	11	186	6.3	1.61	11	185	6.3	1.56	11.3	180	6.6	1.33	10.2	175	7.5	1.14	9	170	8.4	1.04	8.4	165	8.7
เฉลี่ย	1.65	11	186	6.4	1.61	11	185	6.4	1.56	11.3	180	6.6	1.34	10.1	175	7.4	1.14	8.9	171	8.3	1.05	8.3	165	8.7

ตาราง ข4 ปริมาณก๊าซมลพิษโดยเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ, อุณหภูมิ 50.4 องศาเซลเซียส, ความเร็วไอเสียที่ปลายท่อ4.45 m/s

ครั้งที่	เปอร์เซ็นต์ปริมาณของก๊าซมลพิษ							
	ก่อนติดตั้ง				หลังติดตั้ง			
	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V	CO %V	CO_2 %V	HC ppm	O_2 %V
1	1.67	11.3	184	6.2	1.06	8.8	165	8.1
2	1.62	10.8	185	6.7	1.02	8.3	166	8.5
3	1.66	11.1	185	6.4	1.06	8.5	166	8.3
4	1.66	11	186	6.4	1.03	8.6	168	8.3
5	1.63	10.8	188	6.3	1.03	8.3	170	8.3
เฉลี่ย	1.65	11.1	186	6.4	1.04	8.5	167	8.3

ตาราง ข5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องยนต์ก่อนและหลังติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ, ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 4500 รอบต่อนาที

ครั้งที่	**กำลังเครื่องยนต์ (kW)**		**กำลังเครื่องยนต์ (hp)**	
	ก่อนติดตั้ง	**หลังติดตั้ง**	**ก่อนติดตั้ง**	**หลังติดตั้ง**
1	265	257	35.5	34.4
2	263	254	35.2	34
3	265	257	35.5	34.4
4	264	257	35.3	34.4
5	263	253	35.2	33.9
เฉลี่ย	26.4	25.6	35.3	34.3
ความเร็ว 80 km/hr, ขนาดเครื่องยนต์ 1400 cc				

ภาคผนวก ค
มาตรฐานมลพิษ

ตาราง ค1 มาตรฐานการระบายมลพิษจากยานพาหนะใหม่(เครื่องยนต์แก๊สโซลีน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐาน มอก.	มาตรฐาน อ้างอิง	จำนวนที่นั่ง	CO	HC+NOx	HC	NOx	วัน บังคับใช้
ระดับที่ 1 (มอก. 1085-2535)	ECE R 15-04		กรัมต่อการทดสอบ				-
		PC ไม่เกิน 9	58-110	19-28	-	-	
ระดับที่ 2 (มอก. 1120-2535)	ECE R 83	PC ไม่เกิน 6	25-45	6.5-28	-	3.5-6	30 มี.ค. 2538
		PC มากกว่า 6	58-110	19-23	-	-	
ระดับที่ 3 (มอก. 1280-2538)	ECE R 83-01(B)		กรัมต่อกิโลเมตร				30 มี.ค. 2538
		PC ไม่เกิน	2.72	0.97	-	-	
			กรัมต่อการทดสอบ				
		PC มากกว่า 6	58-100	19-28	-	-	
ระดับที่ 4 (มอก. 1365-2539)	DRT 93/59/EEC		กรัมต่อกิโลเมตร				1 ม.ค. 2540
		PC ไม่เกิน 6	2.27	0.97	-	-	
		PC มากกว่า 6	2.72-6.90	0.97-1.70	-	-	
ระดับที่ 5 (มอก. 1440-1997)	DRT 94/12/EEC	PC ไม่เกิน 6	2.20	0.50	-	-	1 ม.ค. 2542
		PC มากกว่า 6	2.72-6.90	0.97-1.70	-	-	
ระดับที่ 6 (มอก. 1870-1999)	DRT 96/69/EEC	PC ไม่เกิน 6	2.20	0.50	-	-	25 ส.ค. 2542
		PC มากกว่า 6	2.20-5.00	0.50-0.70	-	-	
ระดับที่ 7 (มอก. 2160-2003)	DRT 1999/102/EC(A) [1] EURO 3	PC ไม่เกิน 6	2.30	-	0.20	0.15	10 ม.ค. 2548
		PC มากกว่า 6	2.30-5.22	-	0.20-0.29	0.15-0.21	
ระดับที่ 8	DRT 1999/102/EC(B) EURO 4	PC ไม่เกิน 6	2.20	-	0.10	0.08	อยู่ในระหว่างนำเสนอ
		PC มากกว่า 6	1.00-2.27	-	0.10-0.16	0.08-0.11	

หมายเหตุ : [1]เปลี่ยนวิธีการเก็บตัวอย่างให้เข้มงวดมากขึ้นโดยเก็บตัวอย่างอากาศทันทีหลังจากติดเครื่องเปลี่ยนจากเดิมที่เก็บตัวอย่างหลังจากติดเครื่องเดินเบามาแล้ว 40 วินาที

ตาราง ค2 มาตรฐานการระบายมลพิษจากยานพาหนะใหม่ (เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐาน มอก.	มาตรฐานอ้างอิง	จำนวนที่นั่ง	CO	HC+NOx	HC	NOx	วันบังคับใช้
ระดับที่ 1 (มอก. 1140-2536)	ECE R 83-C		กรัมต่อการทดสอบ				29 ม.ค. 2538
		PC ไม่เกิน 6	30-45	8-15	-	6	
		PC มากกว่า 6	58-100	19-28	-	-	
			25-45	6.50-15	-	3.50-6	
			58-110	19-28	-	-	
ระดับที่ 2 (มอก. 1285-2538)	ECE R 83-01 App.C		กรัมต่อกิโลเมตร				23 ก.พ. 2539
		PC ไม่เกิน 6	2.72	0.97	-	0.14	
			กรัมต่อการทดสอบ				
		PC มากกว่า 6	58-110	19-28	-	-	
ระดับที่ 3 (มอก. 1370-2539)	93/59/EEC		กรัมต่อกิโลเมตร				1 ม.ค. 2540
		PC ไม่เกิน 6	2.72	0.97	-	0.14	
		PC มากกว่า 6	2.72-6.90	0.97-1.70	-	0.14-0.25	
ระดับที่ 4 (มอก. 1435-2540)	DRT 94/12/EC	PC ไม่เกิน 6	1.00	0.70	-	0.08	1 ม.ค. 2542
		PC มากกว่า 6	2.72-6.90	0.97-1.70	-	0.14-0.25	
ระดับที่ 5 (มอก. 1875-2542)	DRT 96/69/EEC	PC ไม่เกิน 6	1.00	0.70	-	0.08	25 ส.ค. 2544
		PC มากกว่า 6	1.00-1.50	0.70-1.20	-	0.08-0.17	
ระดับที่ 6 (มอก. 2155-2546)	DRT 1999/102/EC(A) [1] EURO 3	PC ไม่เกิน 6	0.64	0.56	0.50	0.05	10 ม.ค. 2548
		PC มากกว่า 6	0.64-0.95	0.56-0.86	0.50-0.78	0.05-0.10	
ระดับที่ 7	DRT 1999/102/EC(B) EURO 4	PC ไม่เกิน 6	0.50	0.30	0.25	0.025	อยู่ในระหว่างนำเสนอ
		PC มากกว่า 6	0.50-0.74	0.30-0.46	0.25-0.39	0.025-0.06	

หมายเหตุ : [1] เปลี่ยนวิธีการเก็บตัวอย่างให้เข้มงวดมากขึ้นโดยเก็บตัวอย่างอากาศทันทีหลังจากติดเครื่องเปลี่ยนจากเดิมที่เก็บตัวอย่างหลังจากติดเครื่องเดินเบามาแล้ว 40 วินาที

ตาราง ค3 มาตรฐานการระบายมลพิษจากรถผ่านการใช้งานแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทรถ	มลพิษ	ค่ามาตรฐาน	เครื่องมือการตรวจวัด	วิธีการตรวจวัด
รถยนต์ดีเซล				
	ควันดำ	50% 45%	ระบบกระดาษกรอง ระบบวัดความทึบแสง	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระโดยเร่งเครื่องยนต์อย่างรวดเร็วจนสุดคันเร่ง
		40% 35%	ระบบกระดาษกรอง ระบบวัดความทึบแสง	ตรวจวัดขณะรถยนต์มีภาระและอยู่บนเครื่องทดสอบ
	ระดับเสียง	100 dB(A)	เครื่องวัดระดับเสียงตามมาตรฐาน IEC	เร่งเครื่องยนต์ที่มีความเร็วรอบสูงสุด
รถยนต์เบนซิน				
- จดทะเบียนก่อน 1 พ.ย. 2536	CO HC	4.5% 600 ppm	NDIR	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระ เครื่องยนต์เดินเบา
- จดทะเบียนตั้งแต่ 1 พ.ย. 2536	CO HC	1.5% 200 ppm	NDIR	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระ เครื่องยนต์เดินเบา
- จดทะเบียนตั้งแต่ 1 ม.ค. 2550	CO HC	0.5% 100 ppm	NDIR	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระ เครื่องยนต์เดินเบา
- รถยนต์เบนซินทุกประเภท	ระดับเสียง	100 dB(A)	เครื่องวัดระดับเสียงตามมาตรฐาน IEC	เร่งเครื่องยนต์ $^{3/4}$ ความเร็วรอบสูงสุด
รถจักรยานยนต์				
- จดทะเบียนก่อน 1 ก.ค. 2549	CO HC	4.5% 10,000 ppm	NDIR NDIR	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระ เครื่องยนต์เดินเบา
- จดทะเบียนตั้งแต่ 1 ก.ค. 2549	CO HC	3.5% 2,000 ppm	NDIR NDIR	
- จดทะเบียนตั้งแต่ 1 ม.ค. 2552	CO HC	2.5% 1,000 ppm	NDIR NDIR	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระ เครื่องยนต์เดินเบา
- รถจักรยานยนต์ทุกประเภท	ควันขาว	30%	ระบบวัดความทึบแสง	เร่งเครื่องยนต์ $^{3/4}$ ความเร็วรอบสูงสุด
	ระดับเสียง	95 dB(A)	เครื่องวัดระดับเสียงตามมาตรฐาน IEC	เร่งเครื่องยนต์ $^{3/4}$ หรือ $^{1/2}$ ความเร็วรอบสูงสุด
รถตุ๊ก ตุ๊ก				
	CO HC	4.5% 10,000 ppm	NDIR	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระเครื่องยนต์เดินเบา
	ระดับเสียง	100 dB(A)	เครื่องวัดระดับเสียงตามมาตรฐาน IEC	เร่งเครื่องยนต์ $^{3/4}$ หรือ $^{1/2}$ ความเร็วรอบสูงสุด

หมายเหตุ : ให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมฉบับล่าสุด

ที่มา : 1. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2550) เรื่อง การกำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊ศโซลีน
ลงประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 124 ตอนพิเศษ 29ง ลงวันที่ 14 มีนาคม 2550
2. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2550) เรื่อง การกำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซคาร์บอนไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียรถจักรยานยนต์
ลงประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 124 ตอนพิเศษ 29ง ลงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า ๓๘
เล่ม ๑๒๘ ตอนพิเศษ ๗๔ ง ราชกิจจานุเบกษา ๖ กรกฎาคม ๒๕๕๔

ประกาศกรมการขนส่งทางบก

เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการตรวจสอบค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอน จากท่อไอเสียของรถตามกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางบกที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน พ.ศ. ๒๕๕๔

ตามที่ได้มีประกาศกรมการขนส่งทางบก เรื่อง กำหนดเกณฑ์และวิธีการตรวจสอบค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถตามกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางบกที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ลงวันที่ ๕ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๔๑ ไว้แล้ว นั้น

โดยที่ปัจจุบันได้มีการนำรถที่ใช้ก๊าซธรรมชาติและก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงมาใช้งานเพิ่มขึ้น คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ในการประชุมครั้งที่ ๓/๒๕๕๒ เมื่อวันที่ ๙ มิถุนายน ๒๕๕๒ จึงได้กำหนดค่ามาตรฐานก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถที่ใช้ก๊าซธรรมชาติและก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงขึ้น ดังนั้น เพื่อให้มีเกณฑ์มาตรฐานและวิธีการตรวจสอบระบบไอเสียของรถที่ใช้เชื้อเพลิงดังกล่าวเป็นการเพิ่มเติมจากการกำหนดค่ามาตรฐานก๊าซของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน อาศัยอำนาจตามความในข้อ ๑ (๑) (ญ) และข้อ ๑๕ (๑) (ญ) ของกฎกระทรวง ฉบับที่ ๙ (พ.ศ. ๒๕๒๔) ออกตามความในพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. ๒๕๒๒ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยกฎกระทรวง ฉบับที่ ๖๐ (พ.ศ. ๒๕๕๒) ออกตามความในพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. ๒๕๒๒ อธิบดีกรมการขนส่งทางบกจึงออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดเก้าสิบวันนับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ ๒ ให้ยกเลิกประกาศกรมการขนส่งทางบก เรื่อง กำหนดเกณฑ์และวิธีการตรวจสอบค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถตามกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางบก ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ลงวันที่ ๕ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๔๑

ข้อ ๓ ในประกาศนี้

"เครื่องมือ" หมายความว่า เครื่องวัดระบบนันดิสเปอร์ซีฟ อินฟราเรด (Non - dispersive Infrared, NDIR) สำหรับใช้วัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากท่อไอเสีย ที่มีช่วงการวัดไม่น้อยกว่าร้อยละ ๔.๕ โดยปริมาตร และวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียที่มีช่วงการวัดไม่น้อยกว่า ๖๐๐ ส่วนในล้านส่วน (ppm) ของค่าเทียบเท่านอร์มัล เฮ็กเซน (N - Hexane) หรือเครื่องวัดระบบอื่นที่มีมาตรฐานเทียบเท่า

ข้อ ๔ ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถตามกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางบก ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังต่อไปนี้

(๑) รถที่ใช้น้ำมันเบนซิน หรือน้ำมันแก๊สโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิง

(ก) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่เกินร้อยละ ๔.๕ ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

(ข) ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ไม่เกิน ๖๐๐ ส่วนในล้านส่วน ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(๒) รถที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ หรือก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิง

(ก) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่เกินร้อยละ ๒.๐ ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

(ข) ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ไม่เกิน ๖๐๐ ส่วนในล้านส่วน ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

ข้อ ๕ วิธีตรวจวัดค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถ ให้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

(๑) จอดรถอยู่ในตำแหน่งเกียร์ว่าง และเดินเครื่องยนต์ของรถให้อยู่ในอุณหภูมิใช้งานปกติ

(๒) ขณะที่เครื่องยนต์เดินเบา ให้สอดหัววัด (Probe) ของเครื่องมือเข้าไปในท่อไอเสียให้ลึกตามคำแนะนำในคู่มือการใช้งานของผู้ผลิตเครื่องมือ

ในกรณีที่ไม่สามารถสอดหัววัดของเครื่องมือเข้าไปในท่อไอเสียเพราะติดอุปกรณ์ระงับเสียง ให้ใช้ท่อพิเศษต่อปลายท่อไอเสีย แล้วจึงสอดหัววัดของเครื่องมือเข้าไปในท่อพิเศษที่ต่อเสริมจากปลายท่อไอเสียนั้น

(๓) อ่านค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอน เมื่อเครื่องมือแสดงผลคงที่ ในกรณีเครื่องมือแสดงผลไม่คงที่ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของค่าที่อ่านได้ระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของการวัดครั้งนั้น

(๔) ปฏิบัติตาม (๒) และ (๓) ซ้ำอีกครั้งหนึ่ง

(๕) ใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดทั้งสองครั้ง นำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดในข้อ ๔ เป็นเกณฑ์ตัดสิน

ข้อ ๖ กรณีเป็นรถที่ใช้ก๊าซธรรมชาติหรือก๊าซปิโตรเลียมเหลวสลับกับน้ำมันเชื้อเพลิง การตรวจวัดค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถ ให้กระทำกับการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองระบบโดยแยกครั้งกัน และค่าที่วัดได้ของแต่ละระบบเชื้อเพลิงต้องเป็นไปตามที่กำหนดในข้อ ๔

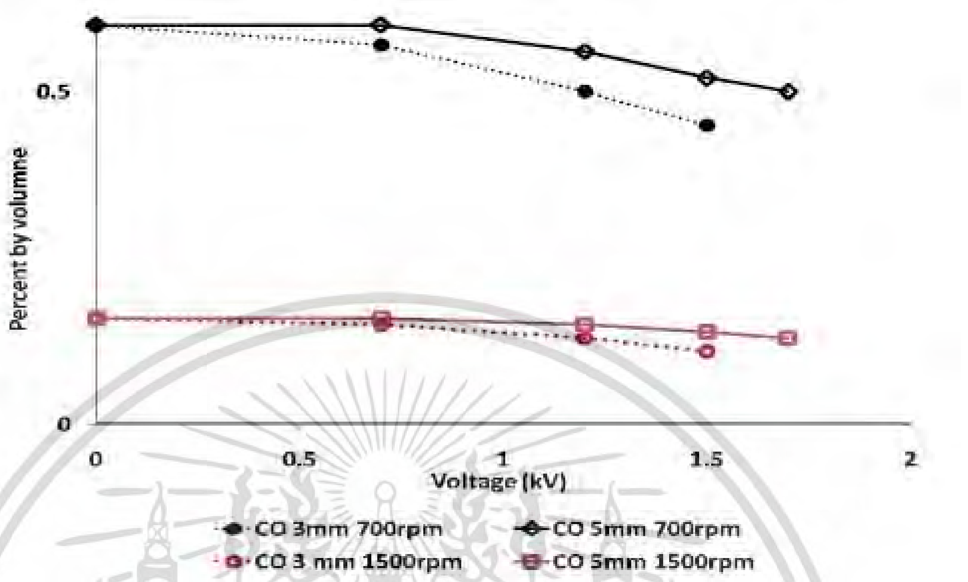
ประกาศ ณ วันที่ ๓๑ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๕๔
เทียนโชติ จงพีร์เพียร
อธิบดีกรมการขนส่งทางบก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

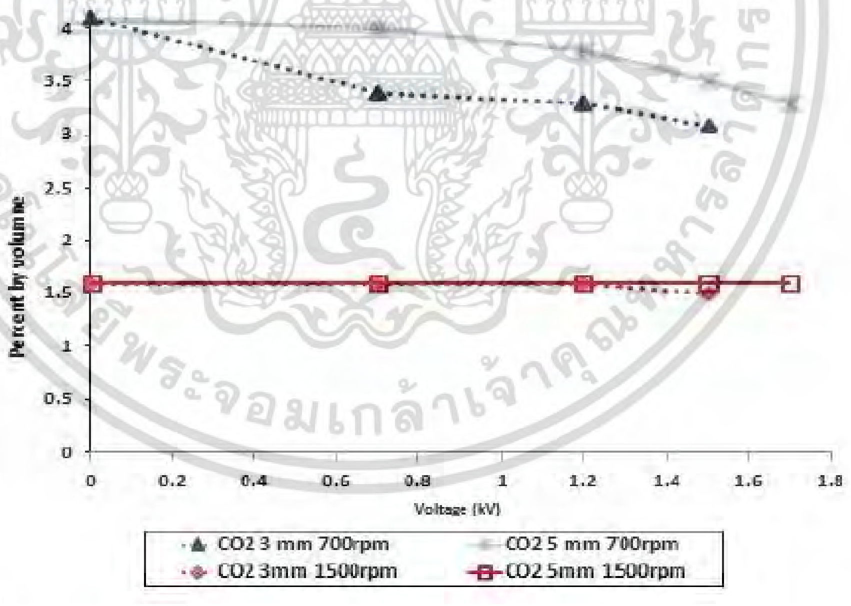
ภาคผนวก ง
กราฟผลการทดลองอื่นจากงานวิจัยต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองประสิทธิภาพการลดก๊าซมลพิษต่อค่าแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบระยะแก็ปอากาศระหว่าง 3 และ 5 mm ที่ความเร็วรอบ 700 และ 1500 rpm (อิเล็กโทรดชนิดปลายแหลม)

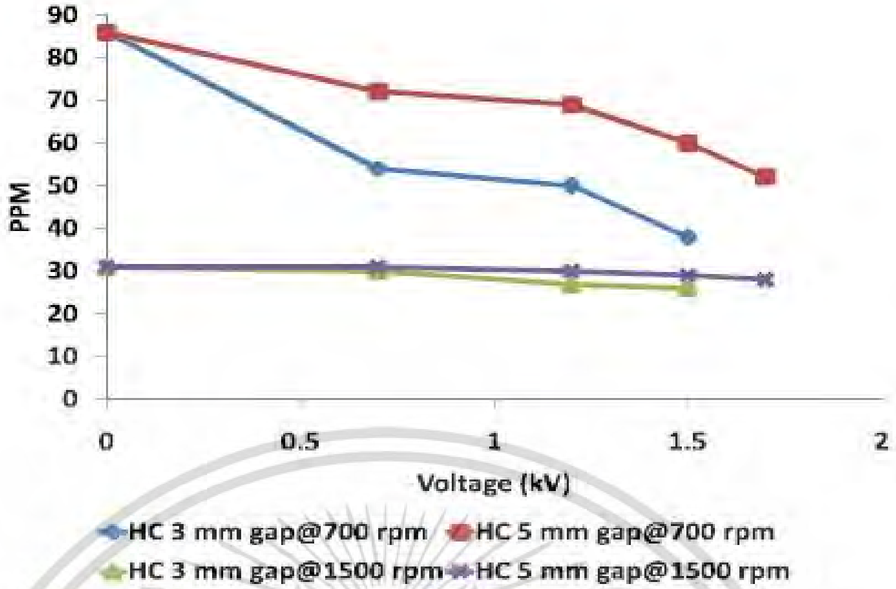


ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ CO ด้วยระดับแรงดันในการทดลอง ช่องแก็ป 3 mm และ 5 mm ที่ความเร็วรอบ 700 rpm และ 1500 rpm

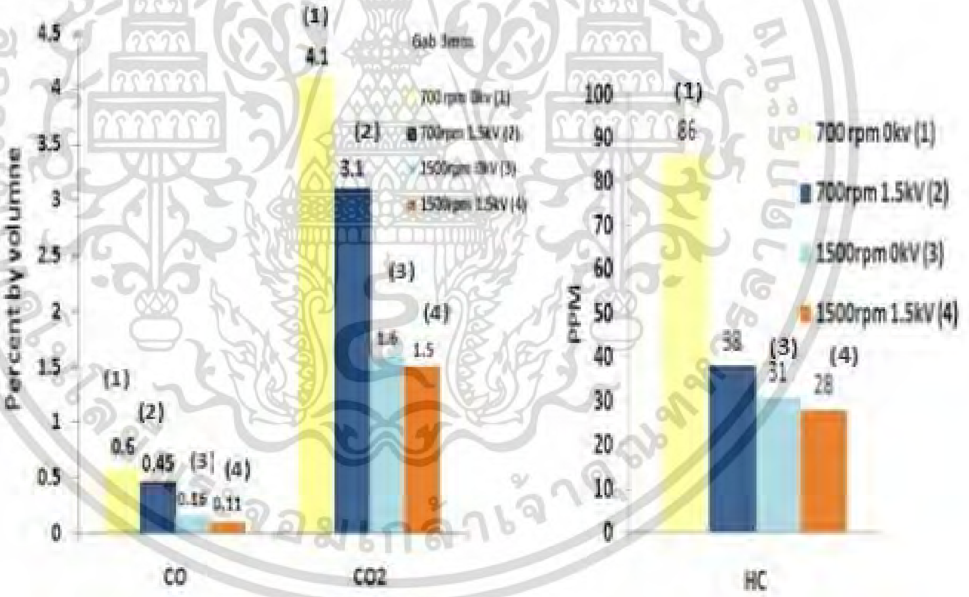


ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ CO_2 ด้วยระดับแรงดันในการทดลอง ช่องแก็ป 3 mm และ 5 mm ที่ความเร็วรอบ 700 rpm และ 1500 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



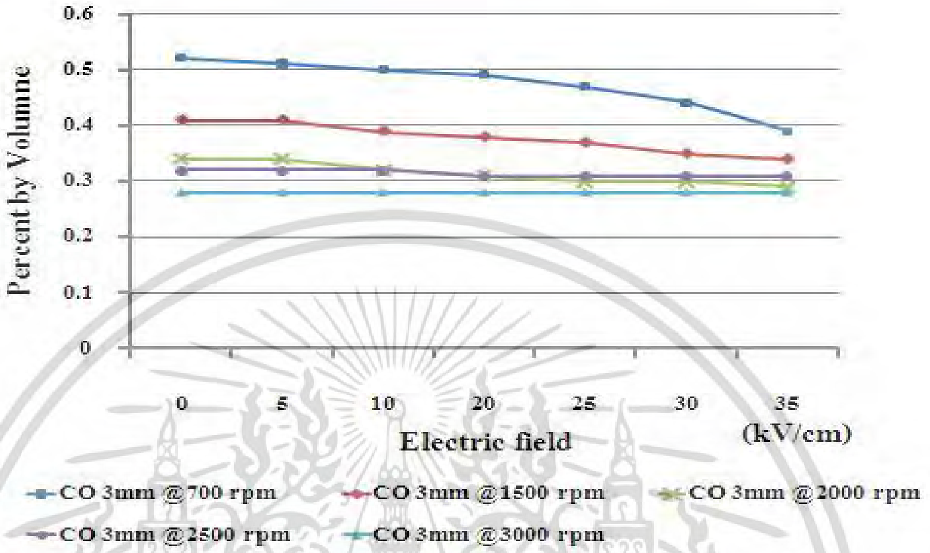
ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ HC ด้วยระดับแรงดันในการทดลอง ช่องแก็ป 3 mm และ 5 mm ที่ความเร็วรอบ 700 rpm และ 1500 rpm



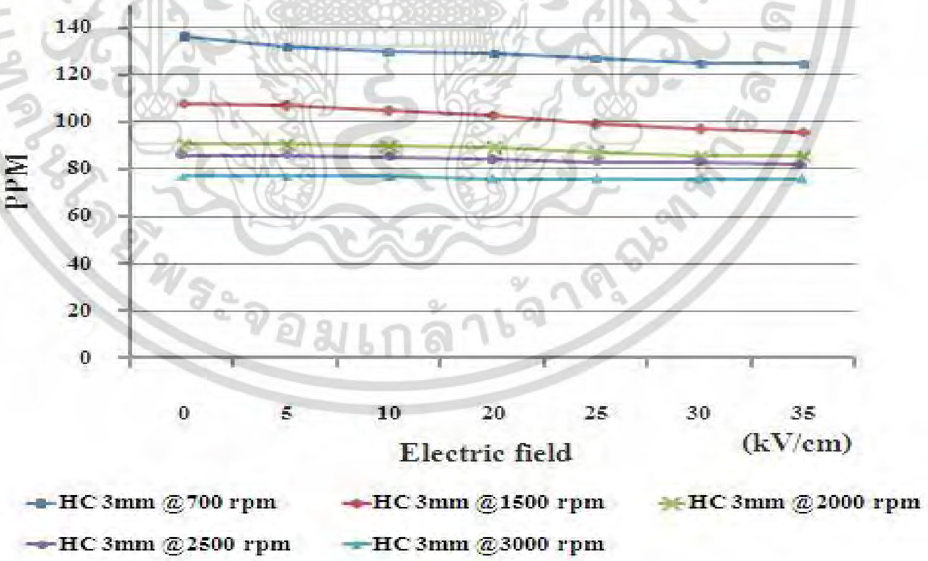
ความสัมพันธ์ของก๊าซ CO, CO_2, HC ที่ระดับแรงดัน 1.5 kV ช่องแก็บ 3 mm ต่อความเร็วรอบ 700 และ 1500 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองประสิทธิภาพการลดก๊าซมลพิษต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้า โดยใช้อิเล็กโทรดแบบระนาบมีฉนวนบางคั่น ระยะแก็ป 3 mm ที่ความเร็วรอบ 700, 1500, 2000, 2500 และ 3000 rpm

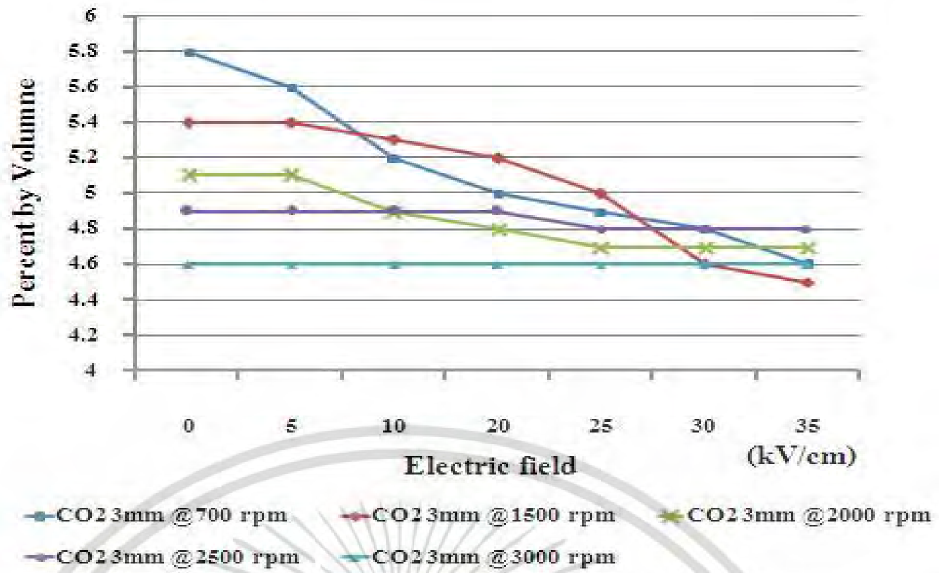


ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ CO ด้วยระดับแรงดันในการทดลองที่ความเร็วรอบ700rpm, 1500rpm, 2000rpm, 2500rpm และ 3000rpm

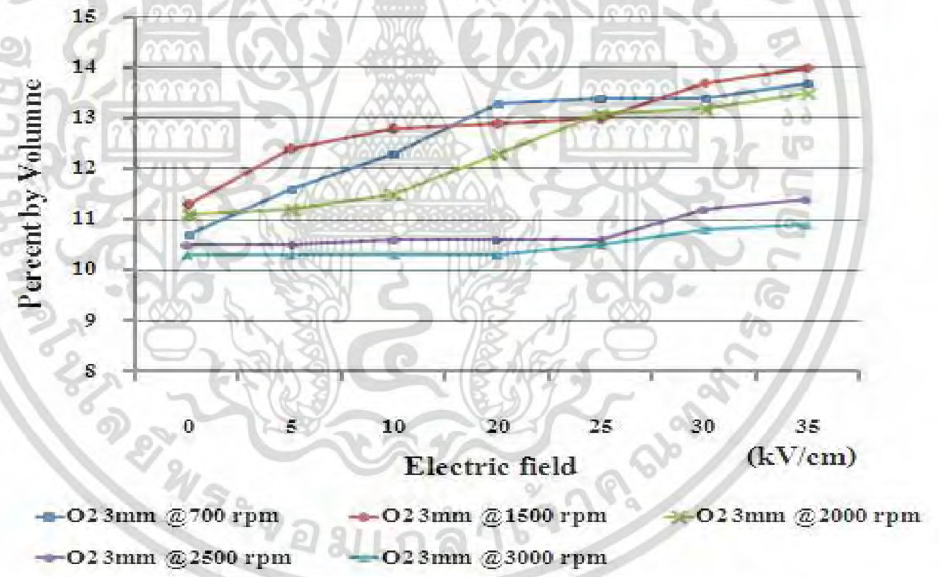


ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ HC ด้วยระดับแรงดันในการทดลองที่ความเร็วรอบ700rpm, 1500rpm, 2000rpm, 2500rpm และ 3000rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



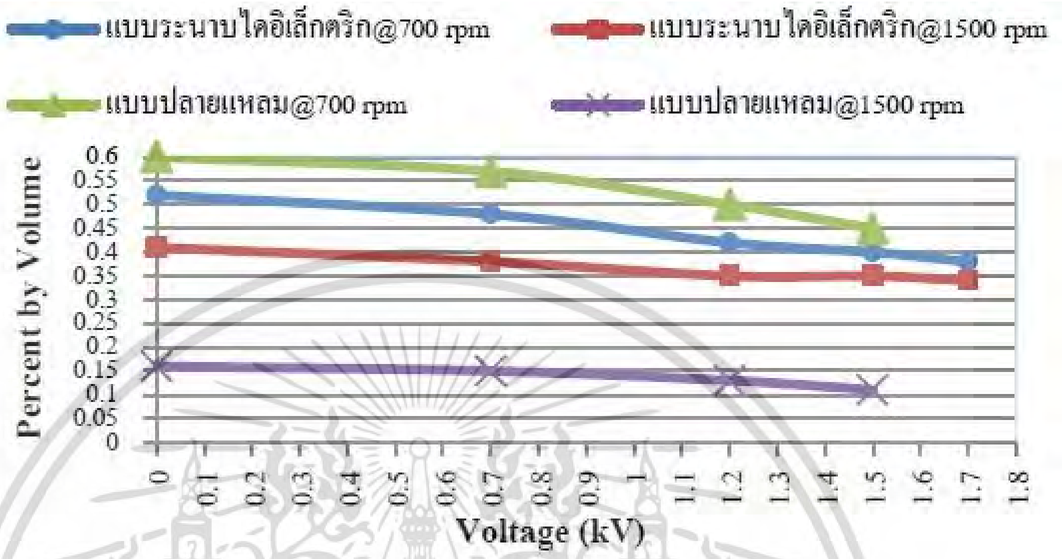
ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ CO_2 ด้วยระดับแรงดันในการทดลองที่ความเร็วรอบ700rpm, 1500rpm, 2000rpm, 2500rpm และ 3000rpm



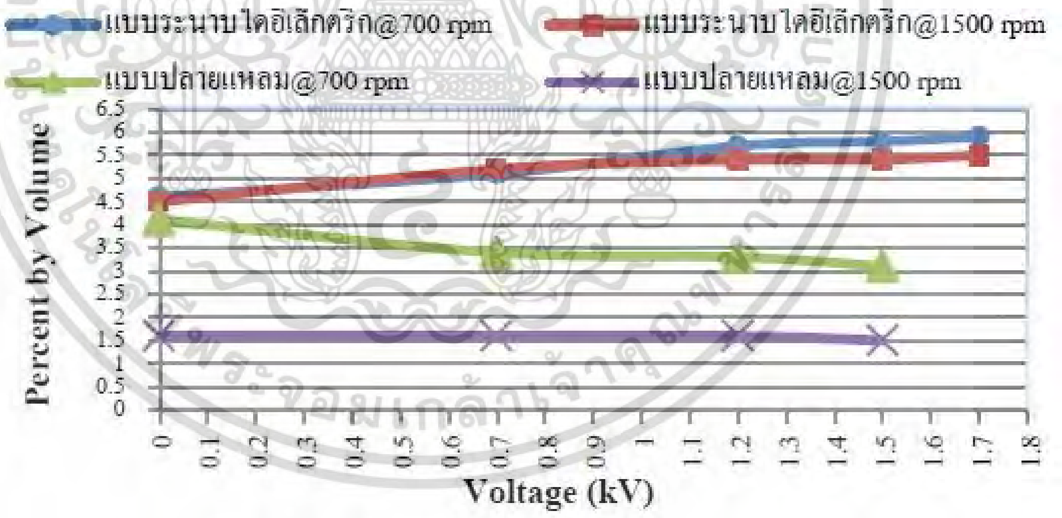
ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ O_2 ด้วยระดับแรงดันในการทดลองที่ความเร็วรอบ700rpm, 1500rpm, 2000rpm, 2500rpm และ 3000rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองประสิทธิภาพการลดก๊าซมลพิษต่อค่าแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบระหว่างอิเล็กโทรดแบบปลายแหลมและอิเล็กโทรดแบบระนาบมีฉนวนคั่น โดยใช้ระยะแก็ป 3 mm ที่ความเร็วรอบ 700 rpm และ 1500 rpm

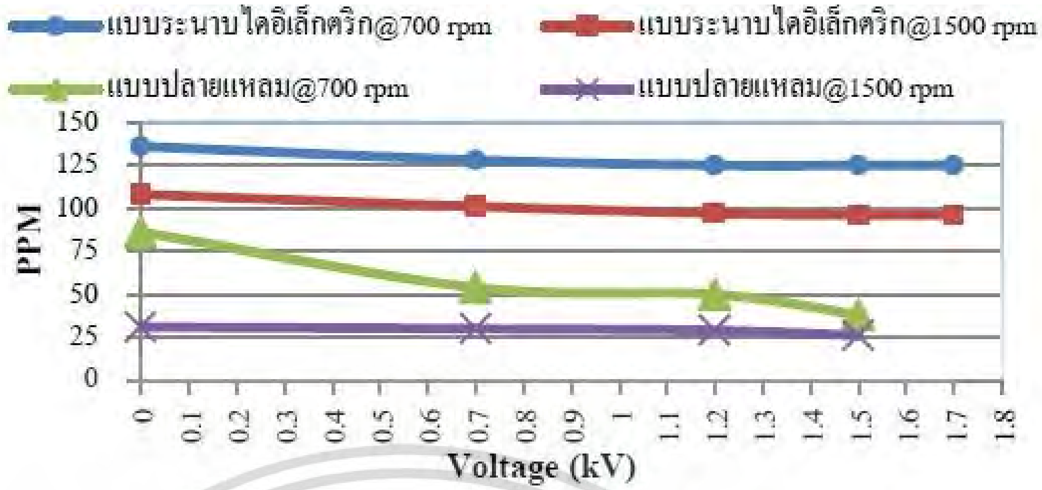


ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ CO ด้วยระดับแรงดันในการทดลองที่ความเร็วรอบ 700 rpm และ 1500 rpm

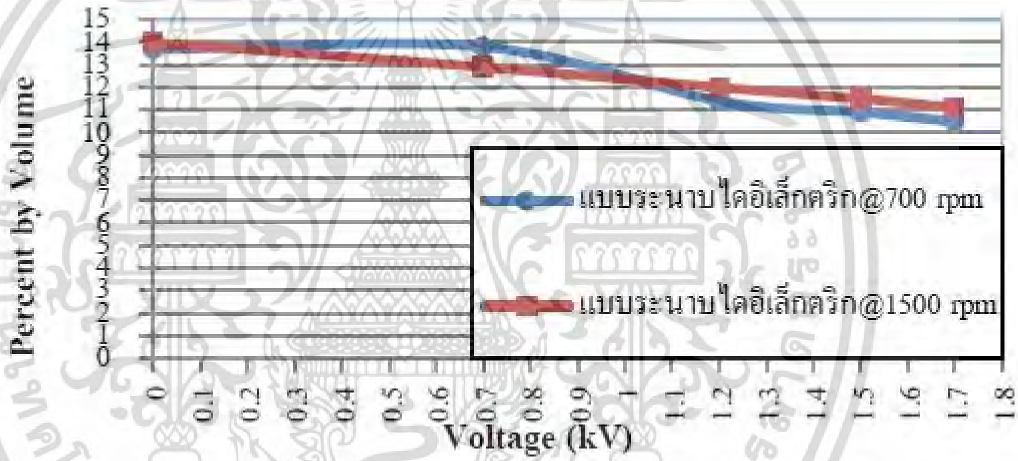


ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ CO_2 ด้วยระดับแรงดันในการทดลองที่ความเร็วรอบ 700 rpm และ 1500 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



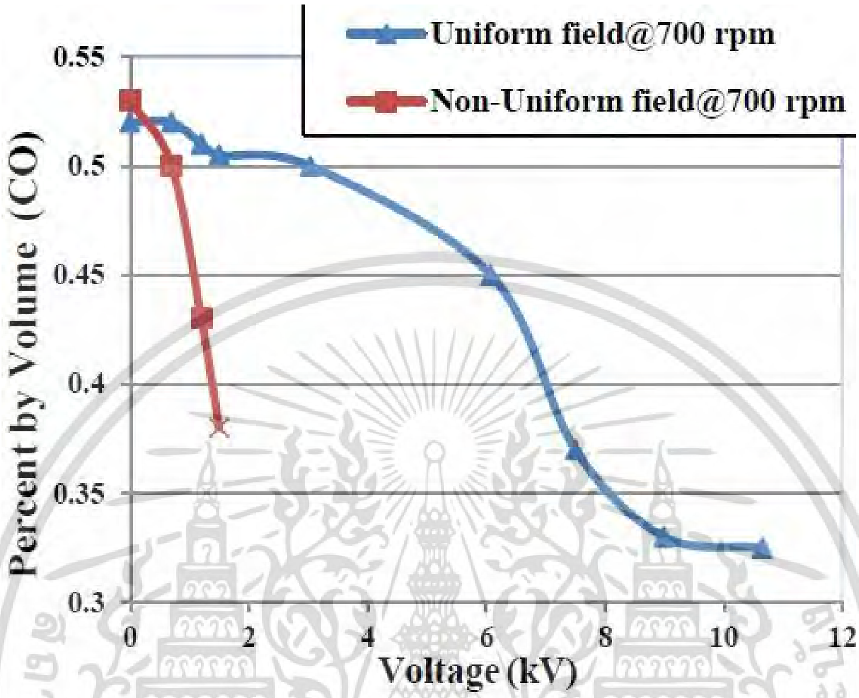
ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ HC ด้วยระดับแรงดันในการทดลองที่ความเร็วรอบ 700 rpm และ 1500 rpm



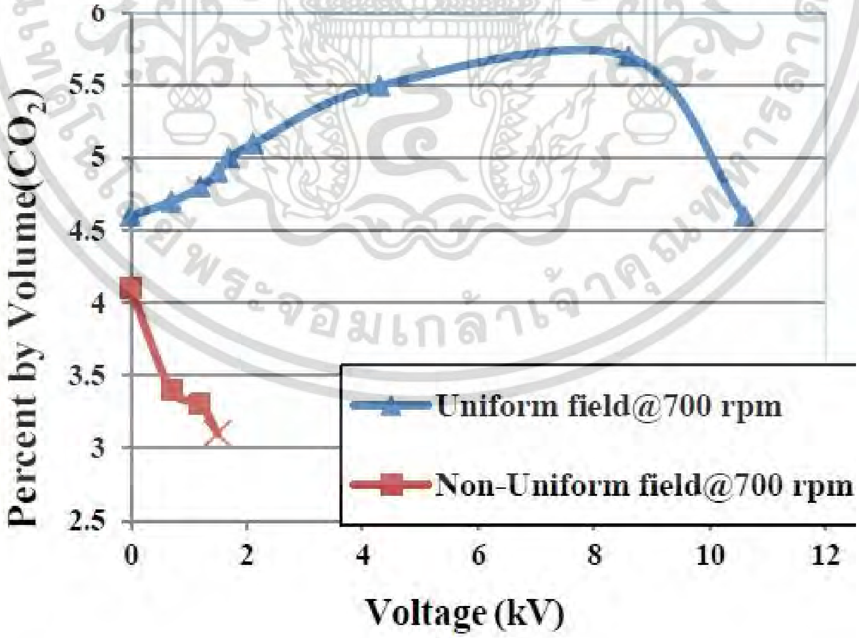
ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ O_2 ด้วยระดับแรงดันในการทดลองที่ความเร็วรอบ 700 rpm และ 1500 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองประสิทธิภาพการลดก๊าซมลพิษต่อค่าแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบระหว่างอิเล็กโทรดแบบปลายแหลมและอิเล็กโทรดแบบระนาบมีฉนวนคั่น โดยใช้ระยะแก็ป 3 mm ที่ความเร็วรอบ 700 rpm

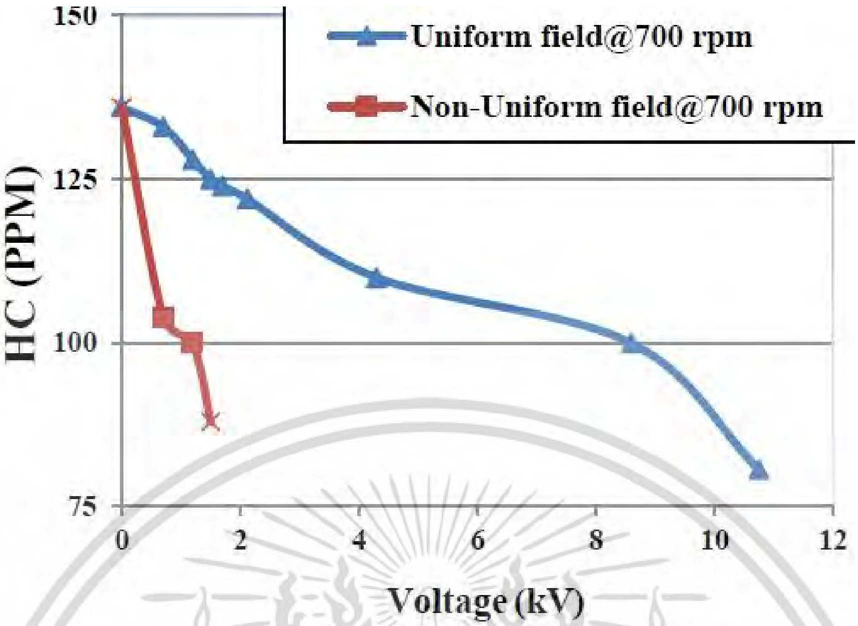


ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ CO ด้วยระดับแรงดันในการทดลองที่ความเร็วรอบ 700 rpm



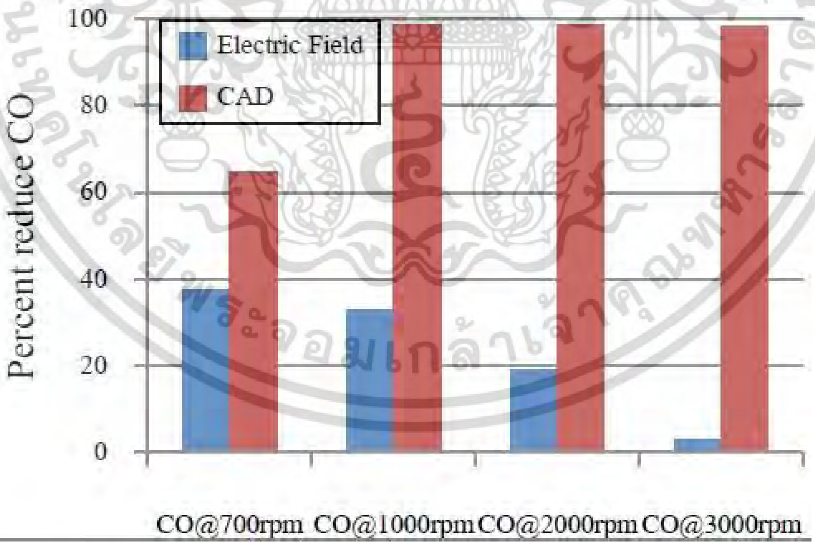
ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ CO_2 ด้วยระดับแรงดันในการทดลองที่ความเร็วรอบ 700 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



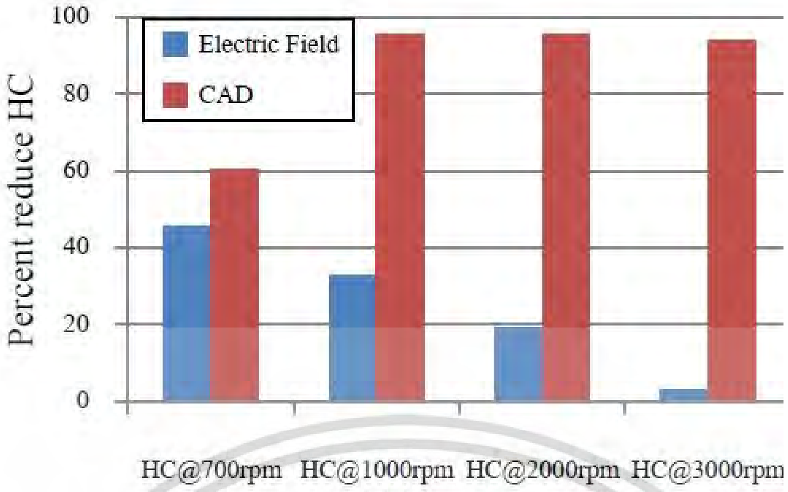
ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ HC ด้วยระดับแรงดันในการทดลองที่ความเร็วรอบ 700 rpm

การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดก๊าซมลพิษระหว่างสนามไฟฟ้าและแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 700, 1000, 2000 และ 3000 rpm

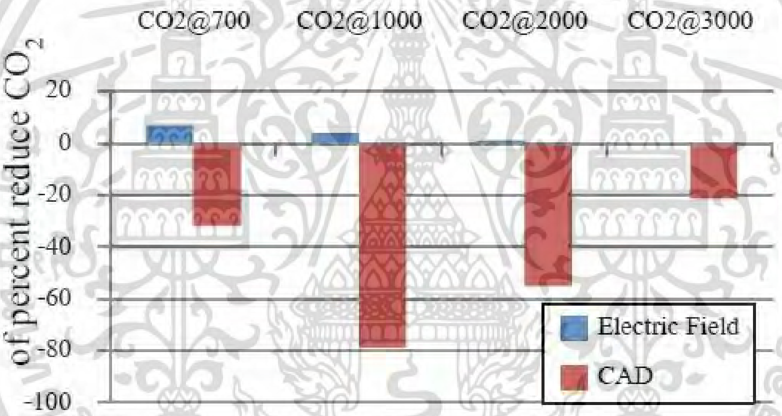


ภาพแสดงความสัมพันธ์ของการลดปริมาณก๊าซ CO ระหว่างชุดอิเล็กโทรดที่พัฒนาขึ้นใหม่กับแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์ที่ความเร็วรอบเปลี่ยนแปลง

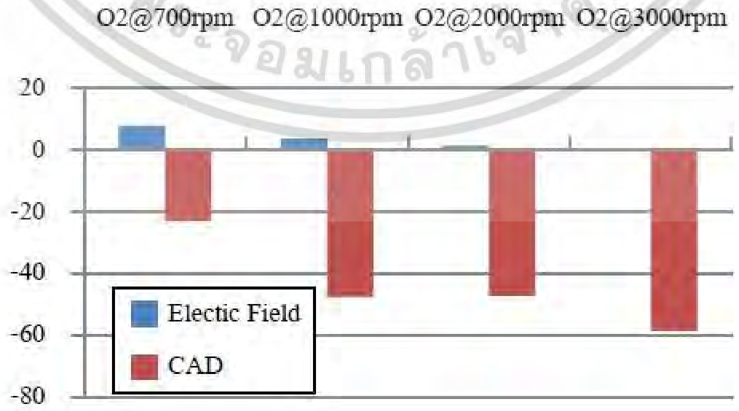
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพแสดงความสัมพันธ์ของการลดปริมาณก๊าซ HC ระหว่างชุดอิเล็กโทรดที่พัฒนาขึ้นใหม่กับแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์ที่ความเร็วรอบเปลี่ยนแปลง



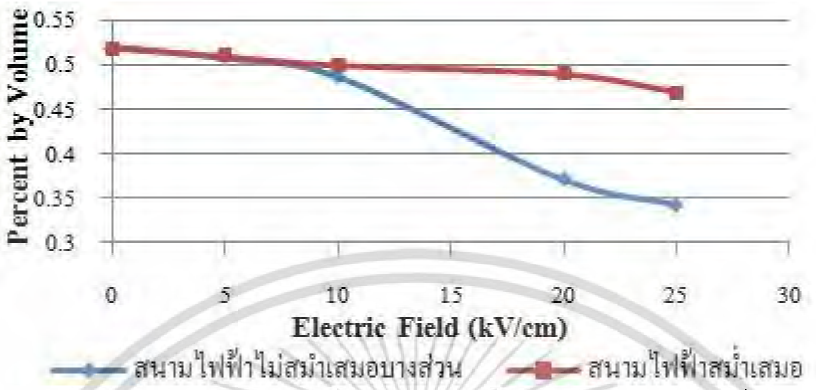
ภาพแสดงความสัมพันธ์ของการลดปริมาณก๊าซ CO_2 ระหว่างชุดอิเล็กโทรดที่พัฒนาขึ้นใหม่กับแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์ที่ความเร็วรอบเปลี่ยนแปลง



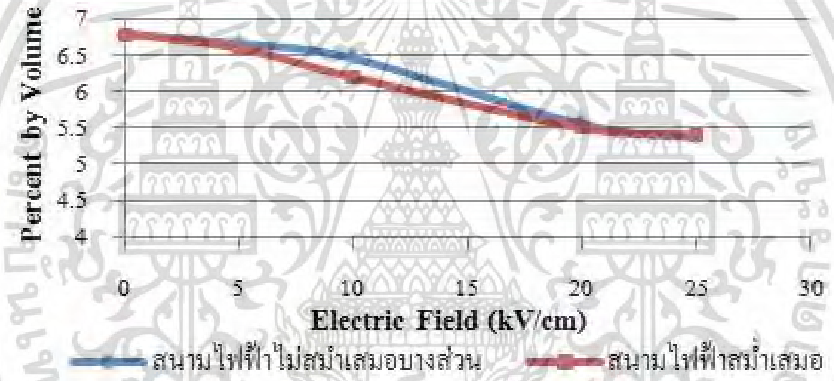
ภาพแสดงความสัมพันธ์ของการลดปริมาณก๊าซ O_2 ระหว่างชุดอิเล็กโทรดที่พัฒนาขึ้นใหม่กับแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์ที่ความเร็วรอบเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

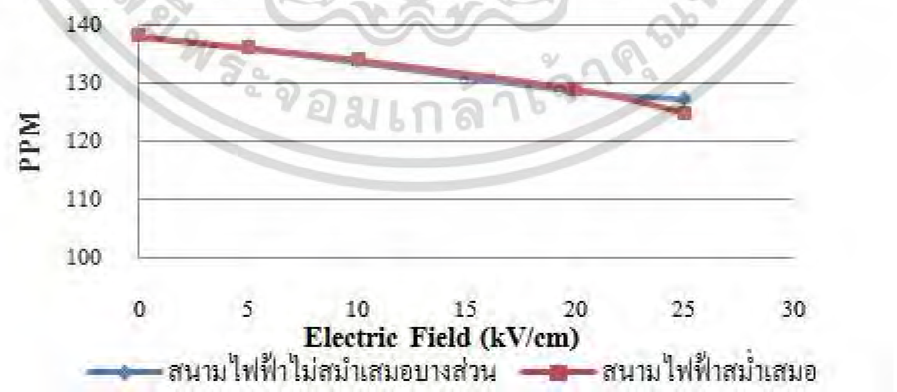
การทดลองประสิทธิภาพการลดก๊าซมลพิษต่อค่าแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบระหว่างอิเล็กโทรดแบบสม่ำเสมอและอิเล็กโทรดแบบไม่สม่ำเสมอบางส่วน โดยใช้ระยะแก็ป 3 mm ที่ความเร็วรอบ 700 rpm



ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ CO ด้วยระดับแรงดันในการทดลองที่ความเร็วรอบ 700 rpm

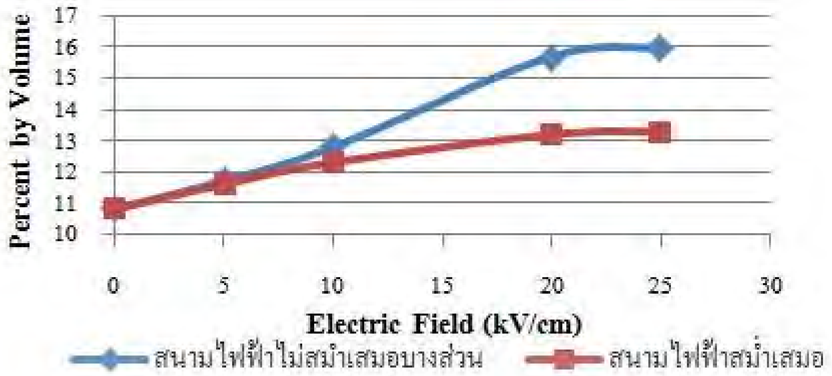


ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ CO_2 ด้วยระดับแรงดันในการทดลองที่ความเร็วรอบ 700 rpm



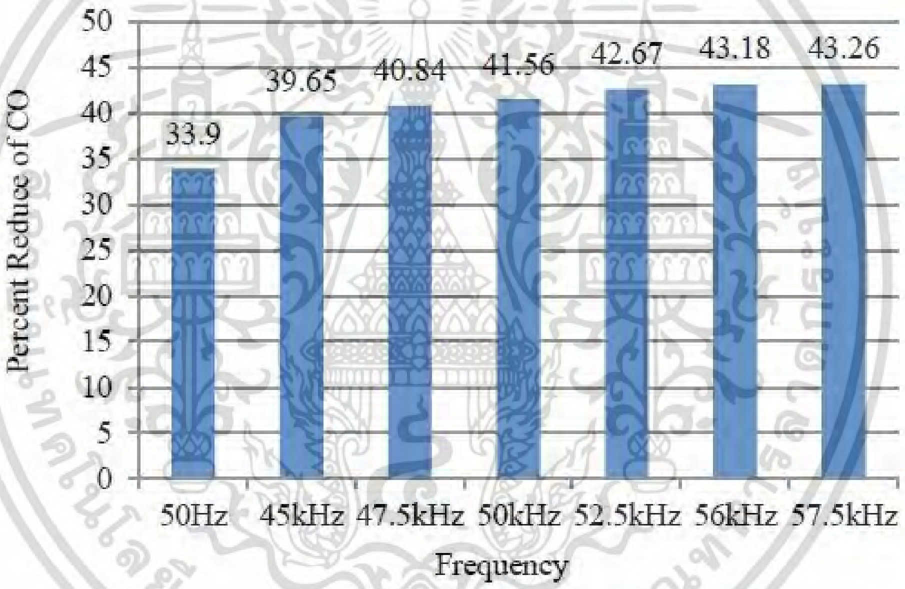
ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ HC ด้วยระดับแรงดันในการทดลองที่ความเร็วรอบ 700 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



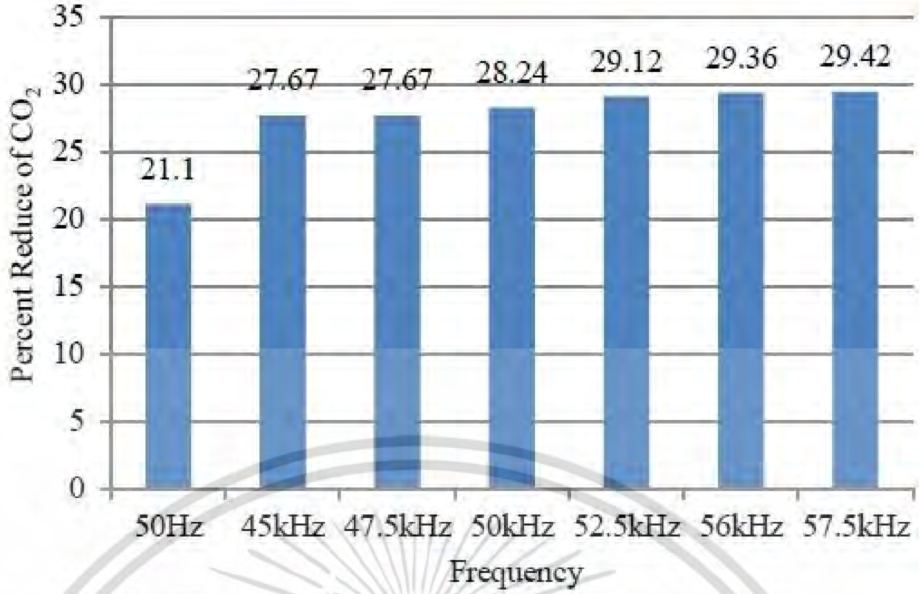
ภาพแสดงความสัมพันธ์ของก๊าซ O_2 ด้วยระดับแรงดันในการทดลองที่ความเร็วรอบ 700 rpm

การทดลองประสิทธิภาพการลดก๊าซมลพิษต่อค่าความถี่แรงดันไฟฟ้าโดยใช้ระยะแก็ป 3 mm อิเล็กโทรดเป็นแบบไม่สม่ำเสมอเล็กน้อยชนิดเส้นลวดมีฉนวนบางคั่น ที่ความเร็วรอบ 700 rpm

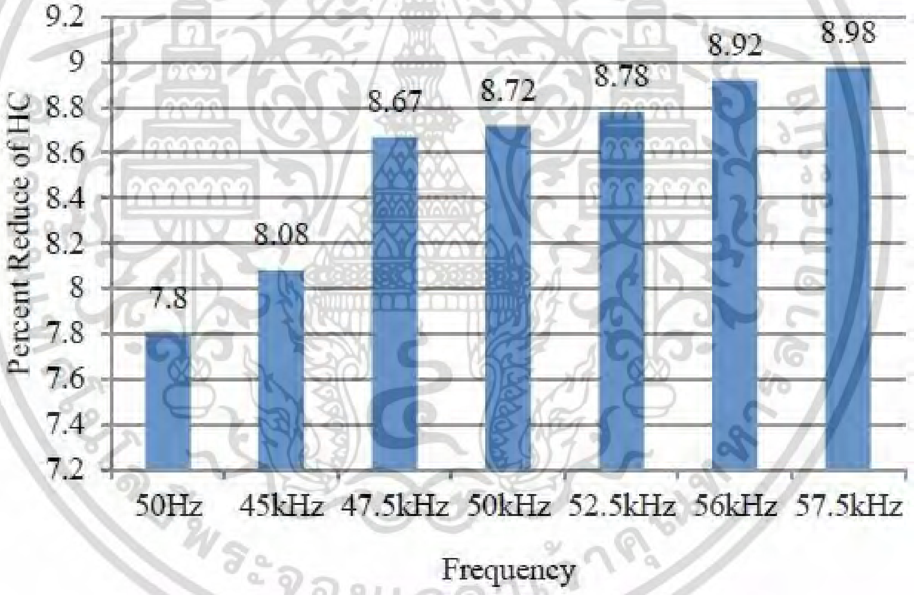


ภาพแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของก๊าซ CO ต่อความถี่ที่เปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของก๊าซ CO_2 ต่อความถี่ที่เปลี่ยนไป



ภาพแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของก๊าซ HC ต่อความถี่ที่เปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
ซีเมนต์ใยหิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีเมนต์ใยหิน (Asbestos Cement)

แร่ใยหิน (asbestos) มีลักษณะเป็นวัตถุแข็งประกอบไปด้วย แมกนีเซียม เหล็ก ซิลิเกต และธาตุอื่นๆ อีกเล็กน้อย หากนำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นอนุภาคของแร่ใยหินมีลักษณะเป็นเส้นใย ซึ่งมีคุณสมบัติทนกรด ทนความร้อนได้สูงถึง 700 - 1,000°C และการเสียดทานที่ดีมาก มีความเหนียวและเป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี ถูกค้นพบและนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ นานเกือบ 100 ปีแล้ว ในประเทศไทยนำเข้ามาใช้เป็นเวลาประมาณ 70 ปี ส่วนใหญ่จะใช้ในอุตสาหกรรมซีเมนต์

แร่ใยหินแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ แร่ใยหินในกลุ่มแอมฟิโบล (Amphibole) และกลุ่มเซอร์เพนไทน์ (Serpentine)

ปัจจุบันประเทศไทยมีการนำเข้าแร่ใยหินชนิดไครโซไทล์ (กลุ่มเซอร์เพนไทน์) ประมาณปีละ 150,000 ตัน โดยจะนำเข้าจากรัสเซีย บราซิล แคนาดา และจีนตามลำดับ แร่ใยหินส่วนใหญ่เกือบ 90% จะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมซีเมนต์ใยหิน เนื่องจากมีคุณสมบัติในการทนต่อความร้อนได้ดี ทนต่อแรงดึงได้สูง ทนทานต่อสภาพความเป็นกรด-ด่าง ราคาถูก และมีน้ำหนักเบา จึงนิยมใช้เป็นส่วนผสมของกระเบื้องมุงหลังคา กระเบื้องซีเมนต์ กระเบื้องทนไฟ ท่อน้ำ ฯลฯ และอีก 7% ผลิตผ้าเบรคและคลัทช์ อีก 3% ผลิตเป็นฉนวนกันความร้อน เช่น กระเบื้องยางปูพื้น เสื้อผ้าทนไฟ สายเตารีด ฉนวนในเตาอบ หม้อต้มน้ำ เครื่องเป่าผม เครื่องปิ้งขนมปัง ฯลฯ โดยสำหรับซีเมนต์ใยหินชนิดท่อจะแบ่งออกตามชนิดต่างๆ ดังนี้

ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดทนแรงดันต่ำ

ท่อชนิดนี้สามารถรับแรงทดสอบได้ 5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แรงดันใช้งานหรือแรงดันในการออกแบบ 2.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ผลิตตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลาง 250-600 มิลลิเมตร ยาว 4 เมตร ตราที่ประทับบอกรายละเอียดของท่อจะเป็นสีเหลือง ใช้กับการส่งน้ำที่มีความดันต่ำทั่วๆไป

ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดเคลือบบิทูเมน

ผลิตออกมาเพื่อใช้ในกรณีที่ต้องการป้องกันการกัดกร่อนของกดหรือด่าง ใช้ในงานบริเวณที่มีสารกัดกร่อน เช่น ในบริเวณที่มีน้ำเสียไหลผ่านหรือชายทะเล

ท่อซัลเฟต

เป็นท่อตามชั้นคุณภาพและความสามารถในการรับแรงดัน แต่ท่อนี้ มีสารซึ่งสามารถทนการกัดกร่อนของสารซัลเฟตได้ ผลิตออกมาความยาว 4 เมตร

ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดธรรมดา

ท่อชนิดนี้ผลิตตามมาตรฐาน มอก.106-2517 การผลิตนั้นใช้วัสดุก่อสร้างผสมเช่นเดียวกับท่อซีเมนต์ใยหินทนความดัน ผิดกันตรงที่ส่วนผสมเท่านั้น ท่อชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้ในงานระบายน้ำโดยทั่วไปทั้งภายในและภายนอกอาคาร เช่น ใช้เป็นท่อระบายน้ำจากห้องน้ำหรือส้วม ใช้ระบายน้ำฝนจากรางน้ำที่ชายคา ผลิตออกมาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 150 และ 200 มิลลิเมตร ความยาว 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมตร ข้อต่อมี 2 แบบคือ แบบปลอก และระบบข้อต่อแขวนยางซึ่งใช้ในกรณีที่ข้อต่อต้องการความยืดหยุ่นบ้างเล็กน้อย

ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดร้อยสายใน A3

เป็นท่อซีเมนต์ใยหินซึ่งผลิตโดยใช้วัตถุดิบและขั้นตอนการผลิตเช่นเดียวกับท่อระบายน้ำตราช้าง เหมาะสำหรับร้อยสายโทรศัพท์ ท่อร้อยสายไฟฟ้า เป็นท่อปลายเรียบเช่นเดียวกับท่อระบายน้ำ ผลิตออกมาในขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 100 115 และ 140 มิลลิเมตร ใช้ฝังในดินเพื่อร้อยเดินสายโทรศัพท์ สายไฟฟ้าใต้ดิน ข้อต่อของท่อชนิดนี้มีแนวข้อต่อตรงแบบปลอก ข้อต่อตรงปรับมุมได้ และข้อต่อแบบปากระฆัง

วิธีการผลิต

ท่อกระเบื้องใยหินผลิตโดยใช้ปูนซีเมนต์ผสมกับแร่ใยหินและน้ำ เมื่อผสมวัสดุทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวให้เข้ากันดีแล้วส่งเข้าเครื่องจักรสำหรับม้วนท่อ ส่วนผสมของวัสดุจะถูกแผ่ออกเป็นแผ่นบางๆ แล้วม้วนเข้ากับแบบเหล็กตามขนาด การม้วนจะม้วนซ้อนกันไปเรื่อยๆ จนได้ความหนาตามที่กำหนดไว้ ในระหว่างการม้วนแต่ละชั้นจะมีลูกกลิ้งอัดตามกรรมวิธีทางไฮดรอลิก หลังจากนั้นจะถอดท่อที่ได้ออกจากแบบเหล็กแล้วสวมด้วยแบบไม้เพื่อรักษารูปทรงและนำไปทำให้แข็งตัวโดยเร็วในเตาอบ การอบจะใช้ระยะเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง เมื่อท่อได้ความแข็งพอสมควรแล้วจะถอดไม้แบบออกก่อนถึงปลายเตาอบ จากนั้นเมื่อเอาท่อออกจากเตาอบก็จะทำการตัดกลึงให้ได้ความยาวตามขนาด แล้วนำท่อเรียงมัดเข้าเป็นตั้งนำไปบ่มในน้ำอีกประมาณ 7 วัน แล้วนำขึ้นมาบ่มในอากาศอีก 7 วัน หลังจากนั้นนำเข้าทดสอบแรงดันให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ครบทุกประการ จึงพร้อมที่จะนำมาใช้งาน

ท่อซีเมนต์ใยหินแบ่งคุณภาพออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพด้วยกันคือ

ชั้น 10 สามารถรับแรงดันทดสอบได้ 10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แรงดันใช้งานหรือแรงดันในการออกแบบนี้ใช้ 5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ท่อชนิดนี้ผลิตตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200-600 มิลลิเมตร ความยาว 4 เมตร ตราที่ประทับจะเป็นสีขาว

ชั้นที่ 15 สามารถรับแรงดันได้ 15 กิโลกรัมต่อตารางเซนติดเมตร ผลิตตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100-600 มิลลิเมตร ยาว 4 เมตร และ 5 เมตร ตราที่ประทับจะเป็นสีเขียว

ชั้น 20 สามารถรับแรงทดสอบได้ 20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แรงดันใช้งาน 10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ผลิตตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลาง 100-600 มิลลิเมตร ยาว 4 เมตร และ 5 เมตร ตราประทับสีแดง

ชั้น 25 รับแรงดันได้ 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แรงดันที่ 12.5 กิโลกรัมต่อตรารางเซนติเมตร ผลิตตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลาง 100-400 มิลลิเมตร ความยาว 4 เมตร และ 5เมตร ตราที่ประทับจะเป็นสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
คู่มือการใช้งานชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช
บทความที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PW029

ผลของการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าและความยาวของอิเล็คโทรดต่อการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์

Effect of Variable Electric Fields and Length of Electrodes for Gas Emissions Reduction on Vehicle Exhaust

ปณิธาน อุดมเดช ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล และ กฤษณ์ กิจวัฒนา
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบังเขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทร 0-2329-8000 ต่อ 392
Email : MaxkY@windowslive.com, kpsiriwa@kmitl.ac.th, highvoltage.eg@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าและความยาวอิเล็คโทรดต่อการลดมลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์เบนซินที่รอบเดินเบา โดยอิเล็คโทรดที่ใช้สร้างสนามไฟฟ้ากระแสสลับ 0-25 กิโลโวลท์ต่อเซนติเมตร 50 เฮิร์ท เป็นแบบระนาบกับเส้นลวดและมีฉนวนอะคลิริคกั้น โดยในการวิจัยจะทำการปรับความยาวอิเล็คโทรดที่ระยะ 10, 20 และ 30 เซนติเมตรที่ค่าสนามไฟฟ้า 5, 10, 20 และ 25 กิโลโวลท์ต่อเซนติเมตร 50 เฮิร์ท ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 700 รอบต่อนาที จากการทดลองพบว่าความยาวอิเล็คโทรดที่เหมาะสมที่สุดคือ 10 เซนติเมตร โดยสามารถลดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 33.9% คาร์บอนไดออกไซด์ 21.1% ไฮโดรคาร์บอน 9.7%

คำสำคัญ:สนามไฟฟ้า, อิเล็คโทรด, ก๊าซมลพิษ, ไอเสีย

Abstract

This paper presents the effect of variable electric fields and length of electrodes for gas emissions reduction on vehicle exhaust at low revolution speed. The electric field produced by wire & plane electrodes with dielectric barrier using alternating current (AC) high voltage in the range of 0-25 kV/cm 50Hz. The paper compares relation between Gas emissions and 3 sizes of electrode 10, 20 and 30 cm at different electric field levels 0-25kv/cm 50Hz and revolution speed at 700 rpm. The result is showed that the suitable of electrode is 10 cm, the carbon monoxide can be reduced by 33.9%, carbon dioxide 21.1%, hydrocarbon 9.7%.

Keywords : Electric field, Electrode, Gas Emissions, Exhaust

1. บทนำ

รถยนต์ถือเป็นยานพาหนะหรือสิ่งอำนวยความสะดวกที่จำเป็นต่อมนุษย์อย่างมาก พิจารณาได้จากจำนวนรถยนต์ที่มีการจดทะเบียนใหม่เพิ่มขึ้นทุกปี ผลที่ตามมาคือมีก๊าซมลพิษจากเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลเสียต่อทั้งมนุษย์และสิ่งแวดล้อมมากมาย

เทคโนโลยีที่นิยมนำมาใช้ในการลดมลพิษจากไอเสียรถยนต์คือ การติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์[1-3] ซึ่งจะทำงานได้ดีเมื่อมีความร้อนสูง แต่ในขณะรอบเดินเบาหรือขณะสตาร์ทซึ่งรอบเครื่องอยู่ที่700 รอบต่อนาที อุณหภูมิของแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ยังต่ำอยู่ ทำให้มลพิษออกมามากกว่าขณะเครื่องทำงานปกติ

จากการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าต่อการลดก๊าซมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์ที่ผ่านมาไม่ว่าจะเป็น การศึกษาว่าสนามไฟฟ้ามีผลต่อการลดลงของก๊าซมลพิษได้ การศึกษาประสิทธิภาพของแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์กับสนามไฟฟ้าเพื่อลดมลพิษ เปรียบเทียบรูปแบบสนามไฟฟ้า 3 แบบต่อการลดก๊าซมลพิษของไอเสียรถยนต์ เปรียบเทียบสนามไฟฟ้าทั้งมีฉนวนและไม่มีฉนวนกั้นต่อการลดลองของมลพิษ เปรียบเทียบความถี่ของแหล่งจ่ายต่อการลดลงของก๊าซมลพิษ เปรียบเทียบความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่อการลดก๊าซมลพิษ เปรียบเทียบแหล่งจ่ายไฟต่างๆต่อการลดลงของก๊าซมลพิษ [4-11] โดยในงานวิจัยทั้งหมดนั้นจะทดลองที่ความยาวของชุดทดลองคงที่ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้โดยการปรับขนาดความยาวของอิเล็คโทรดที่ก๊าซไอเสียไหลผ่านเพื่อให้ได้ขนาดความยาวของอิเล็คโทรดที่เหมาะสมในการลดก๊าซมลพิษของไอเสียเครื่องยนต์เบนซิน

2. ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีไอออไนเซชั่น

ไอออไนเซชันเกิดจากอิเล็กตรอนวิ่งชนโมเลกุลหรืออะตอมของก๊าซ โดยที่อิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากสนามไฟฟ้า ในขณะวิ่งเข้าหาอะโนด พลังงานที่อิเล็กตรอนได้รับจะเป็นพลังงานจลน์(kinetic energy) ถ้าพลังงานที่อิเล็กตรอนได้รับจากสนามไฟฟ้านี้มากกว่าพลังงานไอออไนเซชัน (ionization energy) ของโมเลกุลของก๊าซซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซได้แก่ CO CO_2 HC การไอออไนเซชันแสดงในสมการที่ 1-4[6] ดังนี้

ไอออนไนเซชั่น

$$e + CO \rightarrow C + O + e \quad (1)$$
$$e + CO_2 \rightarrow C + O_2 + e \quad (2)$$
$$e + HC \rightarrow H + C + e \quad (3)$$

ออกซิเดชั่น

$$CO + O_2 \rightarrow CO_2 + O \quad (6)$$
$$C_xH_x + O_2 \rightarrow H_2O + CO_2 \quad (7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีสนามไฟฟ้าในวัสดุสารเนื้อต่างชนิดกัน

อิเล็กโทรดที่มีฉนวนแข็งและอากาศซึ่งมีค่าเปอร์มิตติวิตีของอากาศ และค่าเปอร์มิตติวิตีของฉนวนต่างกันขึ้นอยู่สามารถคำนวณหาค่าสนามไฟฟ้าได้ดังสมการที่ 7

$$\hat{E} = \frac{\hat{U}}{d_1\eta^*} \bullet \frac{1}{\left(1 + \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \bullet \frac{d_2}{d_2}\right)} \qquad (8)$$

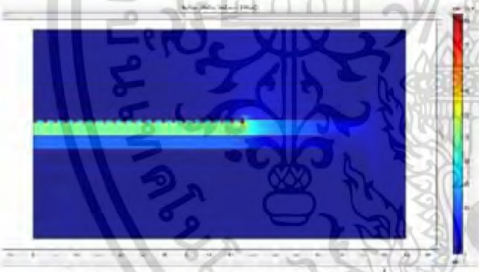
$\hat{E}$ = ความเครียดสนามไฟฟ้า $\hat{U}$ = ค่าแรงดันสูงสุด

ε_1 = เปอร์มิตติวิตีของอากาศ ε_2 = เปอร์มิตติวิตีของอะคลิลิค

d_1 = ระยะอากาศ d_2 = ความหนาอะคลิลิค

2.3 การจำลองลักษณะสนามไฟฟ้า

เพื่อให้การออกแบบชุดลดก๊าซมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์เบนซินมีความถูกต้องยิ่งขึ้น จึงจำลองสนามไฟฟ้าด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์อิลิเมนท์(FEM) โดยตัวนำเป็นอิเล็คโทรดเส้นลวดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.12 มิลลิเมตรยาว 10, 20 และ 30 เซนติเมตร เพลทขนาด 7 x 0.2 x (10,20,30) เซนติเมตร ระยะแกปอากาศ 0.03 mm. ค่าสนามไฟฟ้าสูงสุดที่ 25kV/cm ค่าเปอร์มิตติวิตีของอะคลิลิคเท่ากับ 2.3 โดยการวิเคราะห์ด้วย FEM สามารถแสดงกระจายสนามไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 1

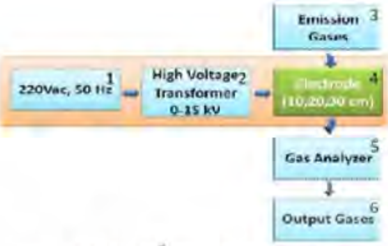


รูป 1 ลักษณะการกระจายของสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ

3. การออกแบบและการวิเคราะห์

ในการออกแบบชุดลดก๊าซมลพิษด้วยเทคนิคสนามไฟฟ้าไม่สม่ำสม่ำเสมอชนิดขดลวดและเพลทแบบไดอิเล็คตริค[7] วัสดุที่ใช้ทำอิเล็กโทรดคือแผ่นสแตนเลสกว้างและเส้นลวดซึ่งในการทดลองมีขนาดความยาวของอิเล็คโทรด 3 ขนาดคือที่ 10 ,20 และ 30 เซนติเมตร และในแต่ละความยาวจะมีฉนวนไดอิเล็กตริกเป็นอะคริลิคพลาสติกขนาดความหนา 3 มิลลิเมตรวางกั้นอยู่ และมีระยะแกปอากาศ 3 มิลลิเมตรดังรูปที่ 2

รูป 2 โครงสร้างชุดลดก๊าซมลพิษในไอเสียรถยนต์



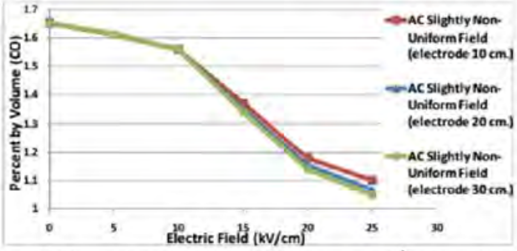
รูป 3 ลำดับขั้นตอนของการทดลอง

รูป 4 การเตรียมการทดลอง

จากรูปที่ 3 ลำดับขั้นตอนการทดลอง และรูปที่ 4 แสดงการจัดเตรียมการทดสอบ จุดที่ 1 คือหม้อแปลงปรับค่าได้พิกัด 0-300 Vac, 16 A 50 Hz จุดที่ 2 คือชุดสร้างแรงดันสูงพิกัด 0-15 kVac 50 Hz จุดที่ 3 คือก๊าซไอเสียออกมาจากท่อไอเสีย จุดที่ 4 คือชุดอิเล็กโทรดสร้างสนามไฟฟ้าอยู่ที่ปลายท่อไอเสีย จุดที่ 5 คือเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ "TECNOTEST 488" ใช้วัดมลพิษที่ปล่อยออกมาทางท่อไอเสีย สามารถวัดได้ทั้งคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และออกซิเจนต์ จุดที่ 6 คือจุดวัดก๊าซไอเสียขาออกทำการเก็บค่าที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 700 rpm

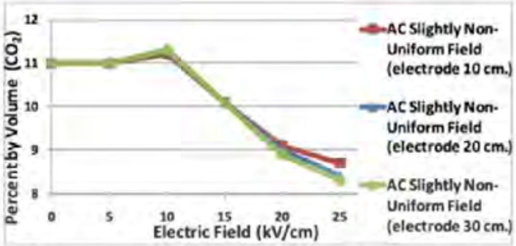
4.ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

จากการทดสอบผลของการเปลี่ยนความเข้มสนามไฟฟ้า 0-25 กิโลโวลท์ต่อเซนติเมตร และความยาวอิเล็คโทรด 3 ขนาด คือ 10, 20 และ 30 เซนติเมตร ต่อการลดก๊าซมลพิษของไอเสียรถยนต์ โดยทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 700 รอบต่อนาที ความเร็วไอเสีย 4.45m/s อุณหภูมิก๊าซไอเสีย 51.2°C และใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ส "TECNOTEST 488" ได้ความสัมพันธ์ดังรูปกราฟต่อไปนี้



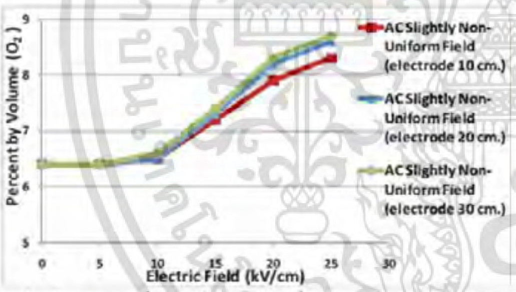
รูป 4 ลักษณะการลดลงของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งเปรียบเทียบความยาวของอิเล็คโทรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5 ลักษณะการลดลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเปรียบเทียบความยาวของอิเล็กโทรด

รูป 6 ลักษณะการลดลงของก๊าซไฮโดรคาร์บอนซึ่งเปรียบเทียบความยาวของอิเล็กโทรด



รูป 7 ลักษณะการเพิ่มของก๊าซออกซิเจนซึ่งเปรียบเทียบความยาวของอิเล็กโทรด

จากรูปที่ 4 กราฟแสดงการลดลงของก๊าซมลพิษคาร์บอนมอนอกไซด์เมื่อปรับค่าสนามไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบที่ความยาวอิเล็กโทรด 3 ชนิด คือ 10, 20 และ 30 เซนติเมตร พบว่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีการลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเพิ่มสนามไฟฟ้าไปถึง 20 กิโลโวลท์ต่อเซนติเมตร และยังมีการลดต่อไปอีกเมื่อค่าสนามไฟฟ้าเท่ากับ 25 กิโลโวลท์ต่อเซนติเมตรซึ่งประสิทธิภาพการลดก๊าซมลพิษของทั้ง 3 ความยาวอิเล็กโทรดแตกต่างกันเล็กน้อย

จากรูปที่ 5 กราฟแสดงการลดลงของก๊าซมลพิษคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อปรับค่าสนามไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบที่ความยาวอิเล็กโทรด 3 ชนิด คือ 10, 20 และ 30 เซนติเมตร พบว่าก๊าซมลพิษคาร์บอนไดออกไซด์มีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อปรับค่าสนามไฟฟ้าไปถึง 10 กิโลโวลท์ต่อเซนติเมตร แล้วจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อปรับค่าสนามไฟฟ้าจนไปถึง 20 กิโลโวลท์ต่อเซนติเมตร และยังลดต่อไปอีกเมื่อค่าสนามไฟฟ้าเท่ากับ 25 กิโลโวลท์ต่อเซนติเมตร โดยการลดลงของก๊าซของทั้ง 3 ความยาวอิเล็กโทรดมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย

จากรูปที่ 6 กราฟแสดงการลดลงของก๊าซมลพิษไฮโดรคาร์บอนเมื่อปรับค่าสนามไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบที่ความยาวอิเล็กโทรด 3 ชนิด คือ 10, 20 และ 30 เซนติเมตร พบว่าก๊าซมลพิษไฮโดรคาร์บอนมีแนวโน้มลดลงเมื่อปรับค่าสนามไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจนไปถึงที่ 25 กิโลโวลท์ต่อเซนติเมตร

จากรูปที่ 7 กราฟแสดงการเพิ่มขึ้นของก๊าซออกซิเจนเมื่อปรับค่าสนามไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบที่ความยาวอิเล็กโทรด 3 ชนิด คือ 10, 20 และ 30 เซนติเมตร พบว่าก๊าซออกซิเจนมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อปรับค่าสนามไฟฟ้าไปถึง 20 กิโลโวลท์ต่อเซนติเมตร และยังคงเพิ่มขึ้นต่อไปอีกเล็กน้อยเมื่อปรับค่าสนามไฟฟ้าต่อไปอีกที่ 25 กิโลโวลท์ต่อเซนติเมตรโดยประสิทธิภาพในการเพิ่มก๊าซออกซิเจนของทั้ง 3 ขนาดความยาวอิเล็กโทรดมีค่าใกล้เคียงกันมาก

ตารางที่1 เปอร์เซ็นต์การลดลงของก๊าซต่างๆที่ระยะความยาวอิเล็กโทรด 10, 20 และ 30 เซนติเมตร ที่สนามไฟฟ้า 25 กิโลโวลท์ต่อเซนติเมตร

ก๊าซ	เปอร์เซ็นต์การลดลงของก๊าซที่ความยาวอิเล็กโทรดต่างๆ		
	ความยาว 10 cm	ความยาว 20 cm	ความยาว 30 cm
CO	33.9%	35.4%	36.4%
CO_2	21.1%	23.8%	25.2%
HC	9.7%	12.1%	13.06%

ตารางที่2 เทียบเปอร์เซนต์ความแตกต่างของารลดลงของก๊าซมลพิษที่ความยาวอิเล็คโทรดระหว่าง 10กับ 20เซนติเมตรและ10กับ 30เซนติเมตร

ก๊าซ	เปอร์เซนต์ความแตกต่างของการลดก๊าซมลพิษ	
	อิเล็คโทรด10และ20 เซนติเมตร	อิเล็คโทรด10และ30 เซนติเมตร
CO	3.1%	4.7%
CO_2	2.87%	4.5%
HC	2.67%	3.7%

จากตารางที่2พบว่าที่ค่าสนามไฟฟ้า 25 กิโลโวลท์ต่อเซนติเมตร ความยาวอิเล็คโทรด 30 เซนติเมตรสามารถลดก๊าซมลพิษได้มากที่สุด โดยลดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ 36.4% คาร์บอนไดออกไซด์ 25.2% ไฮโดรคาร์บอน 13.06% แต่เมื่อพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างของประสิทธิภาพในการลดก๊าซมลพิษของทั้ง 3 ขนาดความยาวอิเล็คโทรด ที่ค่าสนามไฟฟ้า 25 กิโลโวลท์ต่อเซนติเมตรดังแสดงในตารางที่ 3 โดยเทียบเปอร์เซนต์ความแตกต่างของการลดก๊าซที่ความยาวอิเล็คโทรด10 เทียบกับ20 เซนติเมตรและ10 เทียบกับ 30 เซนติเมตร พบว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันน้อยมาก

5. สรุป

งานวิจัยเรื่องผลของการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าและความยาวของอิเล็คโทรดต่อการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์นี้เป็นการพัฒนางานวิจัยที่มีการศึกษาวิจัยกันมาอย่างต่อเนื่องโดยนำระเบียบวิธีการไฟไนท์อิลิเมนท์(FEM) มาใช้ในการออกแบบชุดลดก๊าซมลพิษของไอเสียเครื่องยนต์เบนซินด้วยสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอแบบเส้นลวดกับระนาบ เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงความยาวอิเล็คโทรดว่าส่งผลต่อการลดลงของก๊าซมลพิษหรือไม่ โดยเปรียบเทียบความยาวอิเล็คโทรด 3 ขนาด 10, 20 และ 30 เซนติเมตรและทำการปรับค่าสนามไฟฟ้า 0-25 กิโลโวลท์ต่อเซนติเมตรเพื่อหาค่าที่เหมาะสม พบว่าความยาวอิเล็คโทรดที่ 10 เซนติเมตรเป็นความยาวอิเล็คโทรดที่เหมาะสมที่สุด ในงานวิจัยต่อไปจะทำการหาวัสดุที่จะนำมาทำเป็นฉนวนคั่นซึ่งต้องมีคุณสมบัติ มีความเป็นฉนวนสูง ทนความร้อน และมีความแข็งแรง เพื่อให้มีความเหมาะสมสูงสุดในการติดตั้งจริง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูงสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้คำแนะนำและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดสอบ และห้องปฏิบัติการยานยนต์สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ใช้อุปกรณ์เครื่องวัดก๊าซมลพิษ อีกทั้งยังสำนักบริการคอมพิวเตอร์ที่ให้คำแนะนำทางด้านวิธีการไฟไนท์อิลิเมนท์เพื่อใช้ในงานวิจัยนี้สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

[1] Technische Unterrich Abgastechnik fure Ottomotoren 1986 Robert Bosch GmbH., Postfach 106050,D7000 Stuffgart 10

[2] Europa Lehrmittel ; Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik Verlag Europa-Lehrmittel Nourne,Vollmer GmbH & Co.Postfach 201815, D 5600 Wuppertal, 1988

[3] Dieter Korp ; Jetzt helfe ich mir selbst Bd. 106 Motorbuchverlag, Stuttgart, 1993 Recknagel - Sprenger ; Taschenbuch fuer Heizung und Klimatechnik 57. Ausgabe 1972 R.Oldenburg Muenchen-Wien, 1972

[4] สุธี ลี้จงเพิ่มพูน และ รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล"การศึกษาผลของสนามไฟฟ้าต่อการลดก๊าซมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์"การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมทางไฟฟ้าครั้งที่ 33 , ธันวาคม 2553

[5] กฤษณ์ กิจวัฒนา รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุลและสุธี ลี้จงเพิ่มพูล "การศึกษาผลของสนามไฟฟ้าแบบไดอิเล็กตริกต่อการลดก๊าซมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์เครื่องเบนซิน"การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมทางไฟฟ้าครั้งที่ 34 , ธันวาคม 2554

[6] สุธี ลี้จงเพิ่มพูน ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล "การศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลง"การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 34, ธันวาคม 2554

[7] P.Udomdat, S.Potivejkul, K.Kitwattana and S.Leejongpermpoon "A Study Effect of Three Type Electric Field on Exhaust Emission Reduction and Compare AC-DC Source for Suitable From Benzene Engine"iEECON2013 March 13-15,2013

[8] Krit Kitwattana, Siriwat Potivejkul Sutee Leejongpermpoon "A Study of Effect of Electric Field to Reduce Polluted Gases from a Gasoline Engine" ISTS 2011

[9] K.Kitwattana, S.Potivejkul, S.Leejongpermpoon "A Study of Electric Field and Catalytic Converter for Reducing Pollution Gas from a Gasoline Engine" ISET2011

[10] วรกัลป์ ลิ้มเจริญ กฤษณ์ กิจวัฒนา รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล และสุธี ลี้จงเพิ่มพูน "การศึกษาผลของสนามไฟฟ้า 3 แบบ ต่อการลดก๊าซมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์เครื่องเบนซิน"การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมทางไฟฟ้าครั้งที่ 35 , ธันวาคม 2555

[11] K.Kitwattana S.Potivejkul V.Kinnares W.Limplareun "A Study Effect of Frequency of Electric Field on Exhaust Emission Reducing from Benzene Engine" ICEAST 2012

ประวัติผู้เขียน

ปณิธาน อุดมเดช จบการศึกษา วศ.บ. ไฟฟ้ากำลัง จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ. 2554 กำลังศึกษาต่อ วศ.ม. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล จบการศึกษา วศ.บ. และ วศ.ม. ไฟฟ้ากำลังจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กฤษณ์ กิจวัฒนา จบการศึกษา วศ.บ. ไฟฟ้ากำลัง จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ. 2553 กำลังศึกษาต่อ วศ.ม. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษจากไอเสียเครื่องยนต์เบนซินโดยใช้เทคนิคสนามไฟฟ้า

THE PROTOTYPE OF EMISSION GAS REDUCETION FOR GASOLINE ENGINE DEVICE USING ELECTRICFIELD TECHNIQUE

จัดทำโดย

นาย ปณิธาน อุดมเดช
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รศ. ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

FOR HEALTH & LIFE

จากจำนวนยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งรถยนต์เครื่องแก๊สโซลีน ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศส่งผลต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยคุณสมบัติของเครื่องยนต์นั้นจะมีมลพิษปล่อยออกมามากที่สุดในขณะที่รอบเดินเบาขณะเริ่มสตาร์ทเครื่องยนต์ เพราะเป็นช่วงเวลาที่ระบบบำบัดไอเสียของรถยังทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งมลพิษที่ปล่อยออกมานั้น ตามมาตรฐานของกรมขนส่งทางบกได้มีการควบคุมก๊าซมลพิษของยานพาหนะบนท้องถนนคือ CO CO_2 และ HC ซึ่งเป็นอันตรายต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

อ้างอิงจาก [1] วิทยานิพนธ์ ”ชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษจากไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยใช้เทคนิคสนามไฟฟ้า” โดย
นายปณิธาน อุดมเดช และ รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน

จากงานวิจัยของทางสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทำให้ทราบว่า สนามไฟฟ้ามีผลต่อการเกิดกระบวนการไอออไนเซชั่นซึ่งทำให้เกิดการแตกตัวของก๊าซมลพิษ ทำให้ก๊าซมลพิษมีปริมาณลดลง และลดลงมากที่สุดที่ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า 25 kV/cm โดย ความเร็วของรอบเครื่องยนต์ มีผลต่ออัตราการกำจัดก๊าซไอเสียด้วยสนามไฟฟ้า ซึ่งประสิทธิภาพในการลดมลพิษดีที่สุดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 700 rpm อิเล็กโตรดที่ใช้เป็นชนิดมีฉนวนบางกั้นเพื่อความเหมาะสำหรับการลดก๊าซมลพิษ เนื่องจากในการใช้งานจริงต้องการเพียงความเข้มสนามไฟฟ้าเท่านั้น ไม่ต้องการให้เกิดเบรกดาวน์ และเนื่องจากแคททาลิติกคอนเวอร์เตอร์จะทำงานที่อุณหภูมิของเครื่องยนต์สูงหรือที่ความเร็วรอบสูงไปแล้วประมาณ 400-800°C ซึ่งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษด้วยสนามไฟฟ้าสามารถช่วยลดก๊าซมลพิษในช่วงเริ่มสตาร์ทได้

เอกสารอ้างอิง

[2] สุธี ลิ้งจงเพิ่มพูน และ รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล"การศึกษาผลของสนามไฟฟ้าต่อการลดก๊าซมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์"การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมทางไฟฟ้าครั้งที่ 33 , ธันวาคม 2553

[3] กฤษณ์ กิจวัฒนา รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุลและสุธี ลิ้งจงเพิ่มพูล"การศึกษาผลของสนามไฟฟ้าแบบไดอิเล็กตริกต่อการลดก๊าซมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์เครื่องเบนซิน"การประชุมวิชาการทาง วิศวกรรมทางไฟฟ้าครั้งที่ 34 , ธันวาคม 2554

[4] สุธี ลิ้งจงเพิ่มพูน ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล "การศึกษาผลของสนามไฟฟ้าในการลดก๊าซมลพิษที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลง"การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34, ธันวาคม 2554

[5] Krit Kitwattana, Siriwat Potivejkul Sutee Leejongpermpoon "A Study of Effect of Electric Field to Reduce Polluted Gases from a Gasoline Engine" ISTS 2011

[6] K.Kitwattana, S.Potivejkul, S.Leejongpermpoon "A Study of Electric Field and Catalytic Converter for Reducing Pollution Gas from a Gasoline Engine" ISET2011

[7] วรกัลป์ ลิ้มเจริญ กฤษณ์ กิจวัฒนา รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล และสุธี ลิ้งเพิ่มพูน "การศึกษาผลของสนามไฟฟ้า 3 แบบ ต่อการลดก๊าซมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์เครื่องเบนซิน"การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมทางไฟฟ้าครั้งที่ 35 , ธันวาคม 2555

[8] P.Udomdat, S.Potivejkul, K.Kitwattana and S.Leejongpermpoon "A Study Effect of Three Type Electric Field on Exhaust Emission Reduction and Compare AC-DC Source for Suitable From Benzene Engine"iEECON2013 March 13-15,2013

[9] K.Kitwattana S.Potivejkul V.Kinnares W.Limplareun "A Study Effect of Frequency of Electric Field on Exhaust Emission Reducing from Benzene Engine" ICEAST 2012

[10] ปณิธาน อุดมเดช รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล และกฤษณ์ กิจวัฒนา "ผลของการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าและความยาวของอิเล็กโตรดต่อการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมทางไฟฟ้าครั้งที่ 36, ธันวาคม 2556

[11] S.Potivejkul, P.Udomdat, K.Kitwattana, S.Leejongpermpoon "The Development of a Prototype of Polluted Gas Reducing Instument Used for GasolineVehicle"TENCON2014

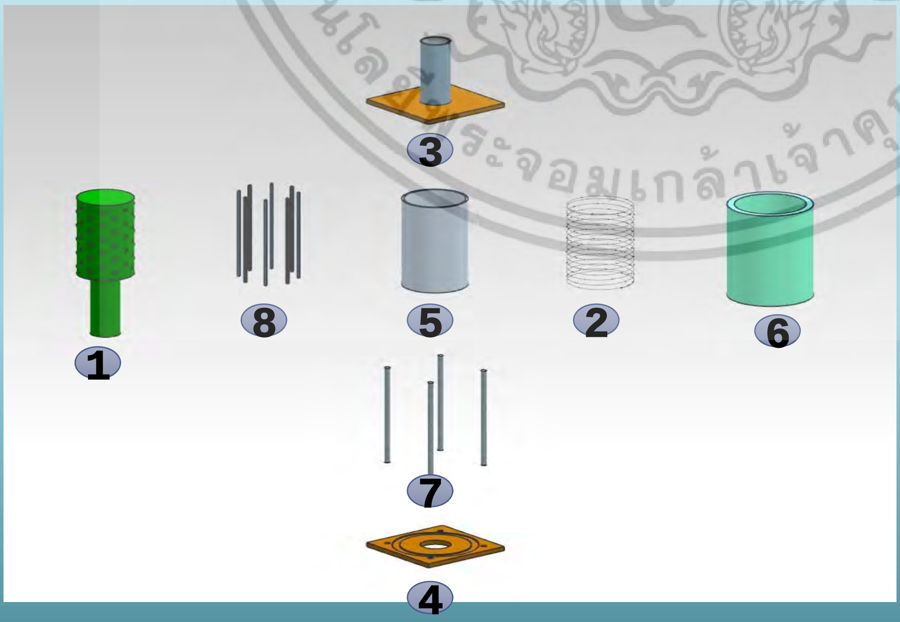
[12] ปณิธาน อุดมเดช ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล กฤษณ์ กิจวัฒนา และสุธี ลิ้งจงเพิ่มพูน "การพัฒนาชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีน" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมทางไฟฟ้าครั้งที่ 37, พฤษจิกายน 2557

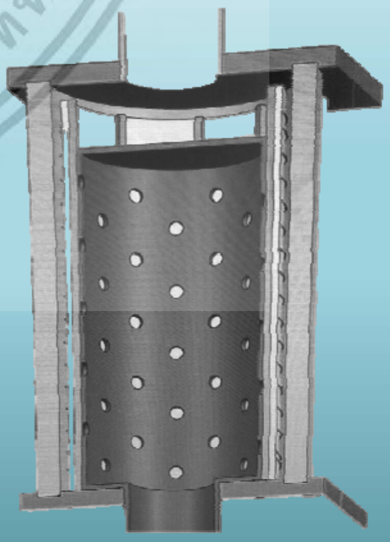
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนต่างๆ ของเครื่อง

ตารางที่ 1 รายละเอียดต่างๆโดยร่วมของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษในก๊าซไอเสียเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

หมายเลขส่วนประกอบ	วัสดุ
1 อิเล็กโตรดวงใน	ท่อสแตนเลส
2 อิเล็กโตรดวงนอก	ลวดทองแดง
3 ฝาปิดบน	แบกกาไลท์
4 ฝาปิดล่าง	แบกกาไลท์
5 ฉนวนคั่น	ไมก้า
6 โครงนอก	ซีเมนต์ใยหิน
7 น็อตยึดฝาบนล่าง	เหล็ก
8 แท่งกั้นช่องอากาศ	แบกกาไลท์

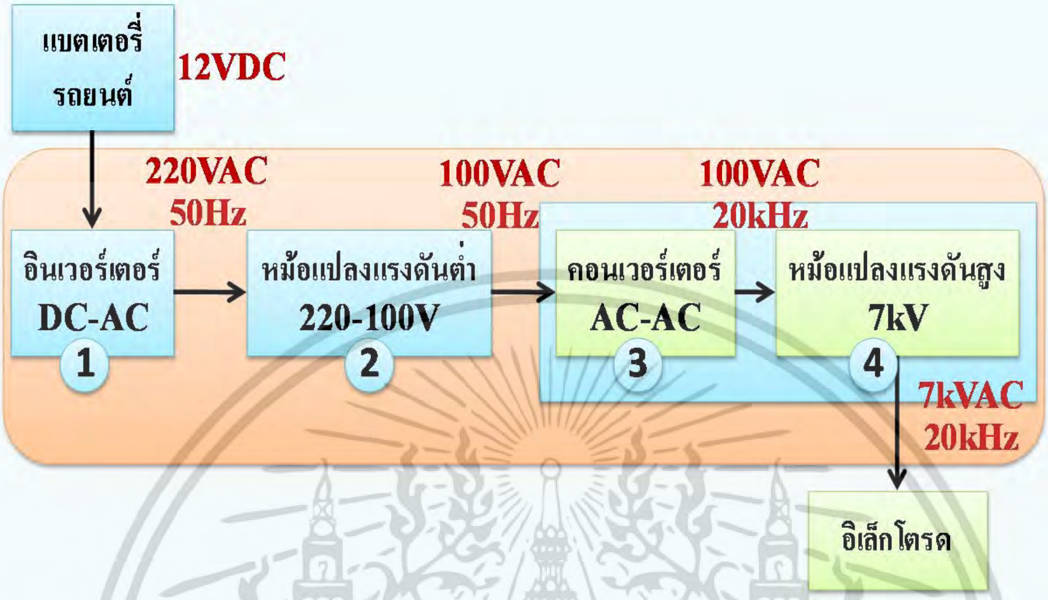




รูปที่ 1 ส่วนประกอบโดยรวมและภาพตัดขวางของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นตอนโดยรวมการทำงานของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ



รูปที่ 2 ลำดับขั้นตอนการทำงานของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ

ขั้นตอนที่ 1

เริ่มต้นจากแหล่งจ่ายพลังงานจากแบตเตอร์รี่รถยนต์ 12 VDC จ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงแรงดันกระแสตรงเป็นกระแสสลับ

ขั้นตอนที่ 2

จากอินเวอร์เตอร์ที่แปลงแรงดันกระแสตรงเป็นกระแสสลับแล้วจะส่งสัญญาณให้กับหม้อแปลงแรงดันต่ำ

ขั้นตอนที่ 3

จากหม้อแปลงแรงดันต่ำสร้างความถี่สูง 20kHz โดยคอนเวอร์เตอร์

ขั้นตอนที่ 4

แรงดันต่ำความถี่สูง 20kHz โดยคอนเวอร์เตอร์ จะถูกแปลงเป็นแรงดันสูง 7kV ความถี่สูง 20kHz โดยหม้อแปลงแรงดันสูง ก่อนจ่ายให้กับอิเล็กโทรดของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษเพื่อสร้างสนามไฟฟ้าในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประสิทธิภาพในการใช้งานของเครื่อง

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณก๊าซมลพิษของชุดต้นแบบเทียบก่อนและหลังติดตั้งชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ก๊าซในไอเสียรถยนต์	เปอร์เซ็นต์ของปริมาณก๊าซในไอเสียรถยนต์		
	ก่อนติดตั้งชุดลดก๊าซมลพิษ (%)	หลังติดตั้งชุดลดก๊าซมลพิษ (%)	ความแตกต่าง
CO	100	63	ลดลง 37 %
CO_2	100	78	ลดลง 22 %
HC	100	90	ลดลง 10 %
O_2	100	130	เพิ่มขึ้น 30 %
แรงดันขาออก 7kV , ความถี่ 20 kHz			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 3 การไหลของก๊าซมลพิษภายในชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ

ข้อมูลด้านเทคนิคของเครื่อง

ตารางที่ 3 ข้อมูลต่างๆ ของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ

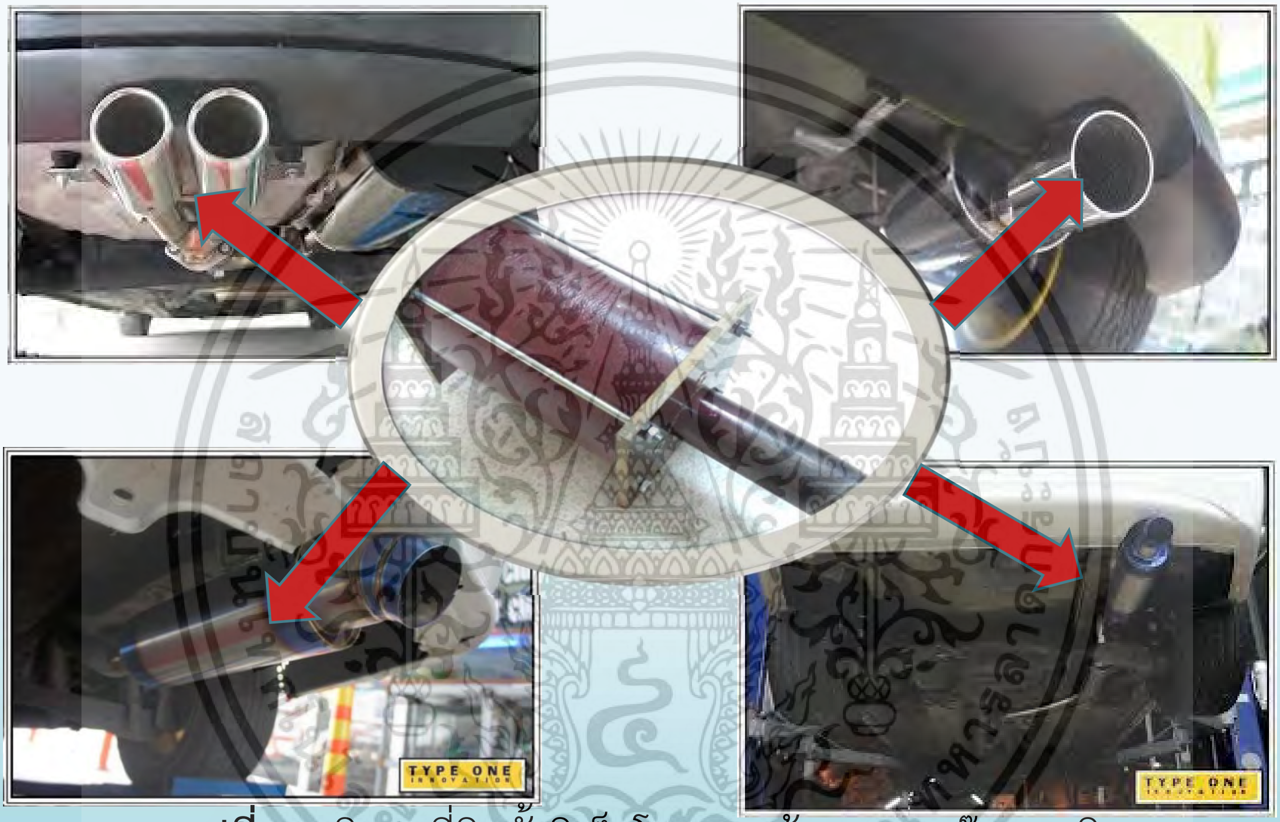
ขนาด(กxยxส)	17x21x8 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำหนัก	2.7 กิโลกรัม
กำลังไฟฟ้า	26 วัตต์
แรงดันไฟฟ้าขาเข้า	12 โวลต์กระแสตรง
กระแสไฟฟ้า	2 แอมป์
แรงดันไฟฟ้าขาออก	7 กิโลโวลต์กระแสสลับ
ความถี่	20 กิโลเฮิร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3 อิเล็กโทรดและแหล่งจ่ายไฟฟ้าของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ

ตำแหน่งการติดตั้ง

อิเล็กโทรดของชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษต้องทำการติดตั้งบริเวณปลายท่อไอเสีย



รูปที่ 4 บริเวณที่ติดตั้งอิเล็กโทรดชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษ

ข้อแนะนำ ควรติดตั้งโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อความปลอดภัยและใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อนามสกุล นายปณิธาน อุดมเดช

วัน เดือน ปีเกิด 22 มิถุนายน 2533 ที่กรุงเทพมหานคร

ที่อยู่ 1267/7 เขตสวนหลวง แขวงสวนหลวง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10250 โทร. 089-116-1371

ประวัติการศึกษา 2555 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2551 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย

พ.ศ.2556 นำเสนอบทความวิจัยในการประชุมทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 36 (EECON 36) เรื่อง “ผลของการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าและความยาวของอิเล็คโทรดต่อการลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์”

พ.ศ.2557 นำเสนอบทความวิจัยในงาน IEEE Region 10 Annual International Conference TENCON-2014 เรื่อง “The Development of a Prototype of Polluted Gas Reducing Instument Used for Gasoline Vehicle”

พ.ศ.2557 นำเสนอบทความวิจัยในการประชุมทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 37 (EECON 37) เรื่อง “การพัฒนาชุดต้นแบบลดก๊าซมลพิษจากไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์แก๊สโซลีน”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้