

ระบบเติมโอโซนบำบัดไอเสียสำหรับรถจักรยานยนต์ขนาดไม่เกิน 400 cc.

Ozone Supplement Exhaust Gas Remedy System for Motorcycles Maximum 400 cc.

บัญชา บุรพัฒน์ศิริ^{1,3}, ธีรยุทธ จันทร์แจ่ม² และขจรศักดิ์ สมสมัย²

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

² สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

³ ศูนย์วิจัยร่วมทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

1761 ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250 *E-mail: bancha_bu@eng.kbu.ac.th, โทรศัพท์ : 0-2321-6930-9

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอระบบเติมโอโซนบำบัดไอเสียสำหรับรถจักรยานยนต์ขนาดไม่เกิน 400 cc. โดยใช้หลักการผลิตก๊าซโอโซนที่เลียนแบบกระบวนการเกิดโคโรนาดิสชาร์จไปทำให้ออกซิเจนแตกพันธะออกเป็นอะตอมอิสระของออกซิเจน (O) แล้วจึงรวมตัวกับ (O₂) กลายเป็น (O₃) ซึ่งย่านพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ทางเคมี คือ 493 kJ/mol – 762.23 kJ/mol และเมื่อทำการแปลงหน่วยให้อยู่ในย่านพลังงานทางไฟฟ้าที่จำเป็นต้องใช้จะได้ 5.58 kWh/m³ – 7.73 kWh/m³ แต่เนื่องจากในอากาศมีออกซิเจนอยู่โดยประมาณ 21% ดังนั้นคิดเทียบแล้วพลังงานจำเป็นต้องใช้ คือ 1.172 kWh/m³ – 1.62 kWh/m³ จึงเพียงพอต่อการเกิดก๊าซโอโซนในช่องว่างอากาศ โครงสร้างหลักของระบบประกอบด้วยส่วนที่ผลิตก๊าซออกซิเจน, ส่วนที่ผลิตก๊าซโอโซน และส่วนที่ผลิตไฟฟ้าแรงดันสูง ซึ่งเมื่อนำมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน โดยนำไปทดสอบสมรรถนะด้วยการติดตั้งเข้ากับรถจักรยานยนต์ขนาดไม่เกิน 400 cc. ผ่านเครื่องตรวจวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) พบว่าจากผลทดสอบที่ได้สามารถวัดค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ลงเหลือ 0.66 %

คำหลัก: โอโซน, ไอเสีย, รถจักรยานยนต์

Abstract

This paper presents the ozone supplement exhaust gas remedy system for motorcycles maximum 400 cc of motorcycles using ozone produce is likely corona discharge process. The process is oxygen ionize to free oxygen (O), when the oxygen is oxidation with oxygen dioxide(O₂) it will change to ozone (O₃).The chemical energy range use is 493 kJ/mol - 762.23 kJ/mol. When the unit changes to electrical energy use is 5.58 kWh/m³-7.73kWh/m³. Because of the air has oxygen 21% so the necessary electrical energy use is 1.172 kWh/m³-1.62 kWh/m³ it is enough to ozonize in the air space. the main structure of system compound with oxygen producer part, ozone producer part, and high electromotive force part, when the tree part of system connected together, then the efficiency testing is to install with the maximum 400 cc of motorcycles pass to carbon monoxide detector, The testing result that is able to decrease maximum 0.66% of carbon monoxide(CO)

Keywords: Ozone, Exhaust Gas, Motorcycles.

1. บทนำ

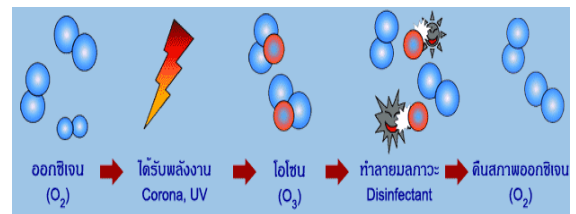
ปัจจุบันมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นมีความสำคัญมากต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และรวมไปถึงสภาวะโลกร้อนที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งสาเหตุหนึ่งอาจมาจากการใช้รถจักรยานยนต์และรถยนต์เป็นจำนวนมาก หรือเครื่องยนต์ที่ใช้อยู่ไม่ได้รับการดูแลรักษาเป็นอย่างดี จึงอาจเป็นต้นเหตุของการก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและคราบเขม่าควันจากท่อไอเสียของเครื่องยนต์ โดยส่วนประกอบของสารมลพิษที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์นั้นได้แก่ สารจำพวกคาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อัลดีไฮด์ และคราบเขม่าที่ประกอบไปด้วยผงคาร์บอนกับยางเหนียว จึงทำให้เกิดการกระตุ้นและตื่นตัวในการพัฒนาเทคโนโลยีด้านยานยนต์ขึ้นใหม่ เพื่อลดมลพิษทางอากาศและรักษาสภาพแวดล้อมยิ่งขึ้น โดยครั้งแรกเริ่มจากการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องยนต์สันดาปภายในให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น เทคโนโลยีการฉีดน้ำมันแรงดันสูงที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ต่อมาไม่นานบริษัทต่างๆ ในอุตสาหกรรมยานยนต์ก็ได้เร่งพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ที่เรียกว่า Valve Load Control (VLC) มาควบคุมเวลาเปิดปิดวาล์ว และเทคโนโลยี Twinport ที่มีการควบคุมการผสมระหว่างน้ำมันและอากาศในห้องเผาไหม้ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตามความต้องการของเครื่องยนต์ หรือระบบเติมอากาศบำบัดไอเสียในรถจักรยานยนต์ที่ค่ายยักษ์ใหญ่อย่าง SUZUKI คิดค้นมาก็ตาม มลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากเครื่องยนต์ทั้งหมดนั้นล้วนเกิดมาจากส่วนผสมระหว่างน้ำมันและอากาศในห้องเผาไหม้เครื่องยนต์ทั้งที่สมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ [1-3] ดังนั้นบทความวิจัยนี้จึงขอเสนอทางเลือกใหม่สำหรับเทคโนโลยียานยนต์ที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้รถ และไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อสภาพแวดล้อม แต่ยังคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพในการทำงานสูง ด้วยเทคนิคไอโซนบำบัดไอเสียที่ประกอบด้วยเพียง 3 ส่วน จึงทำให้ง่ายต่อการออกแบบและติดตั้งเข้ากับรถจักรยานยนต์และรถยนต์ อีกทั้งยังไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องยนต์ด้วย

2. หลักการเกิดก๊าซไอโซนชั้นพื้นฐาน

เนื่องจากระบบเติมไอโซนบำบัดไอเสียที่นำเสนอถูกออกแบบโดยใช้หลักการผลิตก๊าซไอโซนที่เลียนแบบกระบวนการเกิดโคโรนาดิสชาร์จ [4] ไปทำให้ออกซิเจนแตกพันธะออกเป็นอะตอมอิสระ ดังนั้นจึงขออธิบายถึงกระบวนการแตกตัวของก๊าซไอโซนพอสังเขปดังนี้

2.1 กระบวนการแตกตัวของก๊าซไอโซน

อากาศมีองค์ประกอบหลัก คือ ก๊าซไนโตรเจน (N_2) 79% และก๊าซออกซิเจน (O_2) 21% โดยประมาณ นอกนั้นเป็นก๊าซเฉื่อยและไอน้ำ ไอโซนเป็นก๊าซที่ประกอบไปด้วย ออกซิเจน 3 อะตอมจับตัวจับตัวกันอยู่ในสถานะไม่เสถียร สลายตัวได้ง่าย ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขสิ่งแวดล้อมและความหนาแน่นของปริมาณที่ผลิต ซึ่งการที่จะทำให้ออกซิเจนแตกพันธะได้นั้นจะต้องเป็นพลังงานจากภายนอกเข้าไปกระตุ้นให้ก๊าซออกซิเจน (O_2) แตกพันธะออกเป็นอะตอมอิสระของออกซิเจน (O) แล้วจึงไปรวมตัวกับ (O_2) กลายเป็น (O_3) ดังที่แสดงอยู่ในรูปที่ 1 [4]



รูปที่ 1 ลักษณะกระบวนการแตกตัวของก๊าซออกซิเจน

โดยพลังงานของ O_3 จะน้อยกว่า O_2 มาก [5,6] นั้นหมายความว่า ถ้ามีการเพิ่มพลังงานให้กับระบบที่มี O_3 อยู่พลังงานเพียงเล็กน้อยก็จะสามารถทำให้ O_3 สลายตัวได้ ดังนั้นในระบบจึงไม่ควรเกิดความร้อนขึ้นภายในช่องว่างอากาศมากเกินไป เช่น ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเบรกดาวน์

2.2. กระบวนการแปลงหน่วยของก๊าซไอโซน

การผลิตไอโซนยานพลังงานที่ต้องใช้ทางเคมีคือ $493.2 \text{ kJ/mol} - 682.8 \text{ kJ/mol}$ ในกระบวนการแปลงหน่วยจาก mol เป็น ปริมาตร ที่อ้างอิงถึงพฤติกรรมของก๊าซในทางเคมี โดยก๊าซในทางอุณหพลศาสตร์มี

แบบจำลองเป็นจุดและไม่มีแรงกระทำต่อกัน จึงทำให้ 1 mol ของก๊าซในอุดมคติเขียนความสัมพันธ์กฎของก๊าซได้ตามสมการที่ (1) แต่ก๊าซจริง (Real Gas) พบว่าโมเลกุลก๊าซมีขนาดและแรงกระทำระหว่างโมเลกุลเป็นแรง Van der Waals ซึ่งขนาดของโมเลกุลและแรงกระทำนี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของก๊าซแต่ละชนิดและสมการประมาณของก๊าซจริงถูกนำเสนอโดย Van der Waals คือ

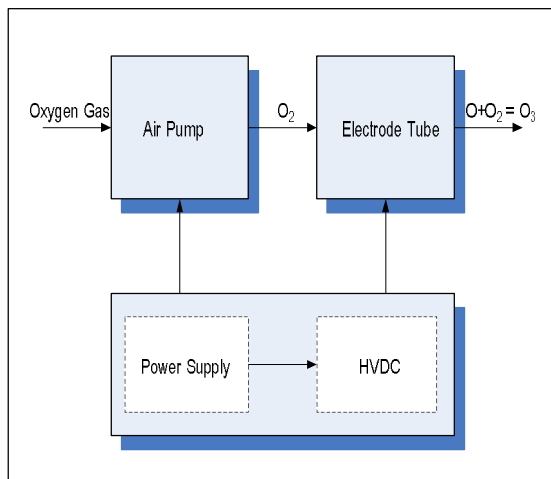
$$PV = nRT \quad (1)$$

$$\left[P + \frac{a}{V^2} \right] (V - b) = RT \quad (2)$$

โดย V คือ ปริมาณก๊าซ m^3
P คือ ความดันบรรยากาศมีค่าเท่ากับ $101.58 \times 10^2 \text{ Pascal}$
N คือ จำนวน mol
R คือ ค่าคงที่ก๊าซ มีค่า 8314.3

3. การออกแบบและหลักการทำงาน

จากความสำคัญของการพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์เพื่อลดมลพิษทางอากาศและรักษาสุขภาพแวดล้อม ตลอดจนทฤษฎีกระบวนการเกิดก๊าซโอโซน ทำให้สามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมโครงสร้างของระบบเติมโอโซนบำบัดไอเสียรถจักรยานยนต์ขนาดไม่เกิน 400 cc. ได้ดังรูปที่ 2

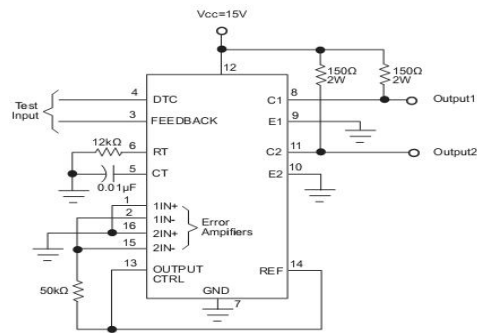


รูปที่ 2 ไดอะแกรมโครงสร้างของระบบเติมโอโซนบำบัดไอเสียรถจักรยานยนต์ขนาดไม่เกิน 400 cc.

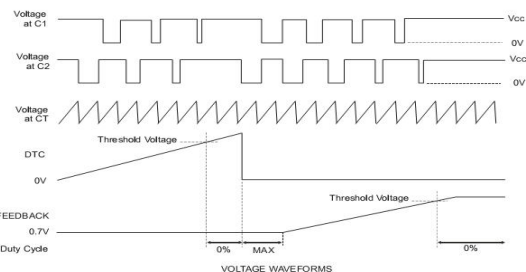
จากรูปที่ 2 จะเห็นว่าเมื่ออากาศ ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก คือ ก๊าซไนโตรเจน (N_2) 79% และก๊าซออกซิเจน (O_2) 21% โดยประมาณผ่านเข้าสู่ Air Pump เมื่อ Air Pump ได้รับไฟเลี้ยงจากแหล่งจ่าย Air Pump ก็จะทำงานโดยดูดก๊าซออกซิเจนส่งผ่านเข้าสู่แท่งโอโซนที่ถูกป้อนด้วยไฟฟ้าแรงดันสูงจนเกิดกระบวนการโคโรนาดีสชาร์จไปทำให้ออกซิเจนแตกพันธะออกเป็นอะตอมอิสระของออกซิเจน (O) แล้วจึงรวมตัวกับ (O_2) กลายเป็น (O_3) ซึ่งกระบวนการโคโรนาดีสชาร์จที่เกิดขึ้นนี้สามารถพิจารณาออกเป็นส่วนใหญ่ได้ดังนี้

3.1 วงจรจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง (HVDC)

ในการสร้างไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเป้าหมายของงานวิจัยนี้ ผู้เขียนจึงขออนุญาตเลือกใช้ไอซีเบอร์ TL494 เป็นตัวสร้างพัลส์วิดโมดูเลชันที่มีสัญญาณความถี่คงที่ อีกทั้งยังสามารถควบคุมการทำงานในโหมดแรงดัน โดยที่คาบเวลาการทำงานของสัญญาณพัลส์เอาต์พุตสามารถกำหนดได้จากค่าของ RT และ CT ที่ต่ออยู่กับ TL494 ดังรูปที่ 3



(ก)



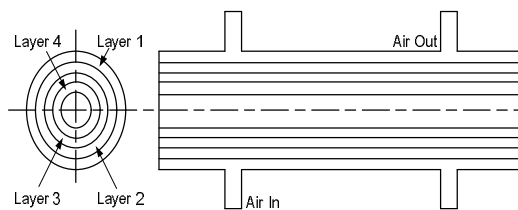
(ข)

รูปที่ 3 วงจรควบคุมคาบเวลาสัญญาณพัลส์เอาต์พุตที่กำหนดด้วยค่า RT และ CT ของ TL494

และเพื่อให้การสร้างไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงมีประสิทธิภาพมากขึ้น สัญญาณเอาท์พุทที่ออกมาจะต้องมีสัญญาณรบกวนต่ำ จึงเลือกใช้ไอซีเบอร์ H11L2 เพื่อทำหน้าที่แยกนิวตรอนออกจากวงจรขับฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ ที่มีไอซีเบอร์ CD4049, IRF460 และหม้อแปลงแรงดันสูงต่อร่วมกัน

3.2 หลอดผลิตโอโซน

ในการสร้างหลอดผลิตโอโซนแบบทรงกระบอกแกนร่วม 3 ชั้น โดยอาศัยหลักการที่ว่า ปริมาณโอโซนจะเกิดได้ดีในความเครียดสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอมาก ดังนั้นการออกแบบหลอดผลิตโอโซนจึงเลือกเป็นแบบทรงกระบอก 4 ชั้น เพราะว่าการใช้ฉนวนที่มีค่า ϵ [4-6] ที่ต่างกันเหมาะกับสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นภายในหลอดผลิตโอโซนจึงประกอบไปด้วย ชั้นที่ 1 ซึ่งเป็นชั้นนอกสุดทำด้วยสแตนเลสทรงกระบอกจึงไม่มีผลกระทบต่อก๊าซโอโซน โดยต่ออยู่กับขั้วแอนโนดและมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 45 mm ความยาวเท่ากับ 300 mm ชั้นที่ 2 ได้ใช้อากาศเป็นฉนวน ชั้นที่ 3 จะใช้ท่อแก้วไพเร็กซ์ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนอีกทั้งยังมีผลกระทบต่อการผลิตโอโซนน้อยมาก โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ที่ 44 mm ความยาวเท่ากับ 300 mm และชั้นที่ 4 ซึ่งเป็นชั้นในสุดที่จะต้องต่ออยู่กับขั้วคาโทดจึงใช้เป็นอะลูมิเนียมฝอยขดรวมกันอยู่ภายในท่อแก้วไพเร็กซ์ ดังที่แสดงส่วนประกอบทั้งหมดอยู่ในรูปที่ 4

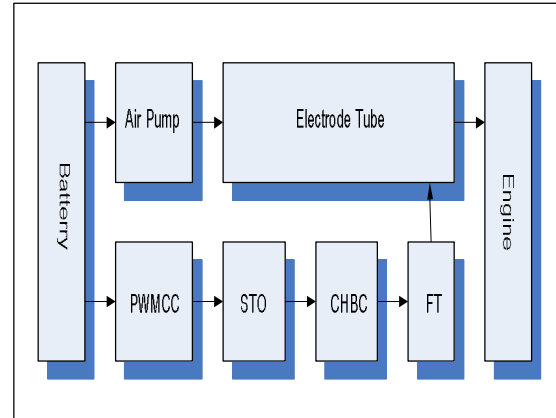


รูปที่ 4 โครงสร้างส่วนประกอบของหลอดผลิตโอโซน

3.3 ระบบเติมโอโซนบำบัดไอเสียสำหรับรถจักรยานยนต์ขนาดไม่เกิน 400 cc. ที่สมบูรณ์

จากโครงสร้างระบบโอโซนตลอดจนกระบวนการโคโรนาดิสชาร์จไปทำให้ออกซิเจนแตกพันธะออกเป็นอะตอมอิสระของออกซิเจน (O) แล้วจึงรวมตัวกับ (O₂)

กลายเป็น (O₃) นั้นสามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมระบบเติมโอโซนบำบัดไอเสียสำหรับรถจักรยานยนต์ขนาดไม่เกิน 400 cc. ที่สมบูรณ์ได้ดังรูปที่ 5

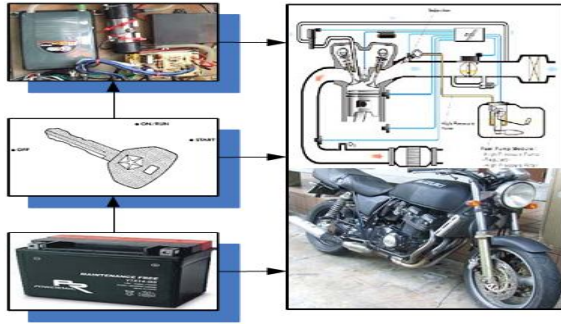


รูปที่ 5 บล็อกไดอะแกรมระบบเติมโอโซนบำบัดไอเสียสำหรับรถจักรยานยนต์ขนาดไม่เกิน 400 cc ที่สมบูรณ์

หลักการทำงานเมื่อวงจร PWMCC ได้รับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงก็จะทำการสร้างสัญญาณพัลส์ที่มีความชันคงที่ด้วยวิธีพัลส์วิดมอดูเลเตอร์ที่สามารถควบคุมการทำงานของสัญญาณเอาท์พุทด้วย R และ C เพื่อส่งผ่านเข้าสู่วงจร STD ที่คอยทำหน้าที่แยกนิวตรอนที่อาจจะปนมากับสัญญาณพัลส์ก่อนที่จะส่งผ่านไปยังวงจร CHBC เพื่อกลับเฟสสัญญาณก่อนเข้าสู่วงจร FT ที่ทำหน้าที่สร้างไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงขนาด 3 - 5 kV ความถี่ 20 - 30 kHz จ่ายให้กับหลอดผลิตโอโซน ดังนั้นเมื่อ Air Pump ได้รับไฟเลี้ยงจากแหล่งจ่าย Air Pump ก็จะทำงานโดยดูดก๊าซออกซิเจนส่งผ่านเข้าสู่หลอดผลิตโอโซนที่ถูกป้อนด้วยไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงจนเกิดกระบวนการโคโรนาดิสชาร์จไปทำให้ออกซิเจนแตกพันธะออกเป็นอะตอมอิสระของออกซิเจน (O) แล้วจึงรวมตัวกับ (O₂) กลายเป็น (O₃) เข้าสู่ระบบไอเสียเครื่องยนต์

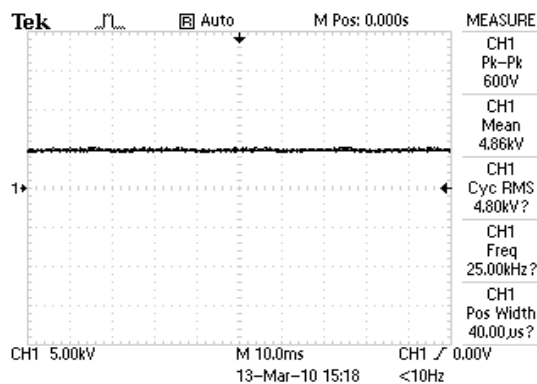
4. ผลทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน

จากโครงสร้างและหลักการทำงานของระบบเติมโอโซนบำบัดไอเสียสำหรับรถจักรยานยนต์ขนาดไม่เกิน 400 cc. ที่สมบูรณ์สามารถเขียนภาพประกอบการติดตั้งใช้งานร่วมกับเครื่องยนต์ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ภาพประกอบการทดสอบติดตั้งบริเวณท่อไอเสียเครื่องยนต์

เพื่อยืนยันผลทดสอบสมรรถนะการทำงานของระบบเติมไอโซนบ้ำบัดไอเสียสำหรับรถจักรยานยนต์ขนาดไม่เกิน 400 cc. บทความวิจัยนี้จึงได้แบ่งผลการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการทดสอบด้วยเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า โดยการใช้ข้อซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่หลอดผลิตไอโซน ซึ่งผลจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่าขณะที่ระบบเติมไอโซนบ้ำบัดไอเสียทำงาน สามารถวัดสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงได้ค่าเท่ากับ 4.8 kV ความถี่ 25 kHz ดังรูปที่ 7 อีกทั้งยังไม่เกิดการเบรกดาวน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 7 ผลทดสอบสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงขนาด 4.8 kV ความถี่ 25 kHz ที่หลอดผลิตไอโซน

และเพื่อให้ผลทดสอบเกิดประสิทธิภาพสูงสุดในส่วนที่ 2 จึงเลือกใช้รถจักรยานยนต์ยี่ห้อ Suzuki Impulse 400 cc. ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดเบนซิน 91 และเครื่องตรวจวัดสารมลพิษของ HESBON Model

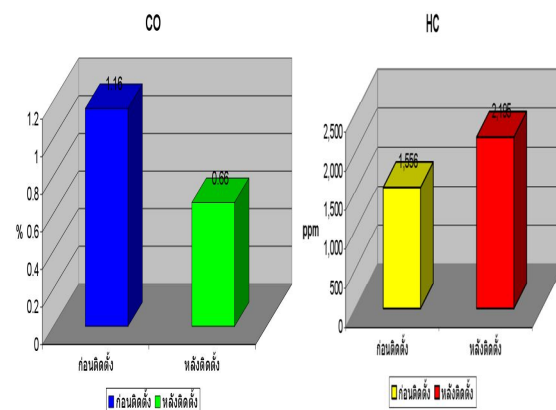
HG-510 ทำการทดสอบโดยการนำระบบเติมไอโซนบ้ำบัดไอเสียเข้าไปติดตั้งตรงท่อไอเสียดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งผลทดสอบพบว่าก่อนติดตั้งสามารถวัดค่าก๊าซได้เท่ากับ 1.16 % สำหรับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ 1,556 ppm สำหรับก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) โดยหลังการติดตั้งสามารถวัดค่าก๊าซได้เท่ากับ 0.66 % สำหรับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ 2,195 ppm สำหรับก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ดังที่แสดงอยู่ในรูปที่ 8 และ 9



ขณะที่ยังไม่ได้ติดตั้ง

ขณะที่ได้ติดตั้ง

รูปที่ 8 ผลทดสอบการตรวจวัดค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ขณะที่ยังไม่ได้ติดตั้งและติดตั้งระบบไอโซนบ้ำบัดไอเสีย



รูปที่ 9 แผนภูมิแท่งผลทดสอบการตรวจวัดค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ขณะที่ยังไม่ได้ติดตั้งและติดตั้งระบบไอโซนบ้ำบัดไอเสีย

รูปที่ 9 ผลทดสอบการตรวจวัดค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ขณะที่ได้ติดตั้งระบบไอโซนบำบัดไอเสีย

5. สรุป

ระบบเติมไอโซนบำบัดไอเสียสำหรับรถจักรยานยนต์ขนาดไม่เกิน 400 cc. ที่นำเสนอประกอบด้วยวงจรที่ไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย สะดวกต่อการติดตั้ง และไม่ยุ่งยากต่อการนำไปใช้งาน ทำให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้รถ และไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบเครื่องยนต์ ถึงแม้ว่าจากผลทดสอบยังไม่สามารถลดค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ได้ก็ตาม ซึ่งอาจมีเหตุผลมาจากการเผาไหม้ ความไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ และสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่เกิดขึ้นจากการใช้งานมานาน รวมไปถึงอะไหล่เครื่องยนต์ไม่ได้มีการดูแลรักษาตามคู่มือ แต่ถึงอย่างไรก็ตามจากผลทดสอบก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในรูปที่ 8 และ 9 นั้นได้ว่าเป็นที่น่าพอใจ และตรงกับวัตถุประสงค์ที่ได้ออกแบบไว้ โดยหวังว่าน่าจะเป็นประโยชน์ไม่มากนักน้อยสำหรับทางเลือกใหม่ของการเทคโนโลยียานยนต์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้ทุกสิ่งทุกอย่าง คุณครู และอาจารย์ ที่ให้คำปรึกษาariumไปถึงความรู้มากมาย ขอบพระคุณนางสาวสุพรรณษา การสะอาด ที่เสียสละเวลาและแรงใจในการสนับสนุนงานวิจัย สุดท้ายที่มีอาลัยม ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงกับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนและส่งเสริมให้มีการพัฒนางานวิจัย และความรู้อย่างต่อเนื่องด้วยดีตลอดมา

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ศิริบูรณ์ เนาว์ถิ่นสุข และกองบรรณาธิการไทยไดร์ฟเวอร์, “ระยะห่างเขี้ยวหัวเทียนกับแรงม้า” Thaidriver Magazine, NO.111, หน้า 138-139, 2009

[2] ศิริบูรณ์ เนาว์ถิ่นสุข และกองบรรณาธิการไทยไดร์ฟเวอร์, “แรงบิดกับน้ำหนักรถ” Thaidriver Magazine, NO.109, หน้า 140-143, 2009

[3] ยุทธศักดิ์ คณาสวัสดิ์, “เทคโนโลยีประหยัดน้ำมัน และรักษาสภาพแวดล้อม,” วารสารส่งเสริมการลงทุน, หน้า 31 – 34, 2009

[4] ธนรักษ์ ลูกต้น, สันติมา สองเมือง และขุนทองบัวดี, “เครื่องผลิตไอโซนโดยใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรงเพื่อบำบัดน้ำเสีย,” สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ปีการศึกษา 2547

[5] ศิธีโรตม์ เกตุแก้ว และ วีระศักดิ์ วงศ์วิวัฒน์, ปีที่ 21 ฉบับที่ 4 เดือน ธันวาคม 2547. การศึกษาผลของการเปลี่ยนความถี่สวิตชิงในฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ต่อปริมาณการผลิตก๊าซไอโซน. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, หน้า 72-76.

[6] ศิธีโรตม์ เกตุแก้ว, ปีที่ 22 ฉบับที่ 2 เดือน มิถุนายน 2548. การศึกษาเทคนิคการผลิตก๊าซไอโซนโดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงความถี่สูงแบบแรงดันกระแสเฟืองสูง. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, หน้า 1-6.

ประวัติผู้เขียน



บัญชา บุรพัฒน์ศิริ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในปี พ.ศ. 2545 และระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมจาก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในปี พ.ศ. 2550 ปัจจุบันอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทำวิจัยเกี่ยวกับด้านการออกแบบวงจรสัญญาณอนาล็อกแรงดันต่ำ ความถี่สูง และความเร็วสูง