

**การพัฒนาระบบควบคุมการน็อกของเครื่องยนต์ดีเซลอเนกประสงค์ทางการเกษตร  
ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพแบบผสม**

**Development of Knock Control System for a Multipurpose Diesel Engine in  
Agricultural Using Biogas as Dual – Fuel**

สุร มะลิซ้อน<sup>1</sup>, ตะวัน สุจริตกุล<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่  
239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200  
โทร 053-944146 โทรสาร 053-944145

**บทคัดย่อ**

เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับน้ำมันดีเซล พบว่ามีปัญหาการน็อกเนื่องจากปริมาณก๊าซชีวภาพเข้าที่เข้าไปห้องเผาไหม้มากเกินไป ทำให้ความดันภายในห้องเผาไหม้สูงขึ้นเกิดการน็อก เครื่องยนต์ได้รับความเสียหาย จึงได้พัฒนาระบบควบคุมการน็อกของเครื่องยนต์ดีเซลอเนกประสงค์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพร่วมกับน้ำมันดีเซล ซึ่งทำการติดตั้งหัววัดการสั่นสะเทือนบนหัวนอตของเครื่องยนต์ และใช้สเต็ปมอเตอร์ควบคุมอัตราการไหลก๊าซชีวภาพที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ให้เป็นแบบอัตโนมัติ การทดสอบหาความเหมาะสมจากการวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากหัววัดการสั่นสะเทือน เมื่อเพิ่มปริมาณก๊าซชีวภาพเข้าภายในห้องเผาไหม้เพื่อลดการใช้ น้ำมันดีเซล พบว่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าซึ่งแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์การทดแทนน้ำมันดีเซลมีค่าต่ำลง อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มปริมาณก๊าซชีวภาพเข้าสู่เครื่องยนต์มากขึ้นจะอ่านสัญญาณแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดได้ ณ จุดที่ก่อนเกิดการน็อกของเครื่องยนต์ จากผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1,200 – 2,200 รอบต่อนาที โดยเพิ่มความเร็วยกครั้งละ 200 รอบต่อนาทีพบว่าอ่านค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดที่ 0.208, 0.36, 0.44, 0.84, 1.56, 2.12 โวลท์ ตามลำดับ สำหรับแต่ละ ความเร็วรอบโดยสามารถทดแทนการใช้ น้ำมันดีเซล 64.61, 71.04, 86.65, 73.91, 62.13, 23.96 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะลดลงโดยแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์การทดแทนน้ำมันดีเซลโดยก๊าซชีวภาพที่เพิ่มขึ้น

**คำหลัก:** ก๊าซชีวภาพ/การน็อก/หัววัดการสั่นสะเทือน

**Abstract**

Typical problem of biogas-diesel dual fuel engine is knocking. Knocking is caused by excess amount of biogas that was fed in to the engine. In this research, development of knock control system for a multipurpose diesel engine in agricultural using biogas-diesel dual fuel system was performed. The vibration sensor was placed on modified engine head bolt to measure the vibration of the engine and send the vibration data in form of voltage signal. In the experiments, the engine was tested between 1,200 and 2,200 revolutions per minute (rpm) at 200 rpm increments. When amount of the biogas was increased to substitute diesel, it was found that, the voltage signal from the sensor was decreased. At the

maximum amount of biogas was fed into the engine before knocking occur, the voltage signal shows the minimum value. Therefore, the optimal or the minimum voltage signal points are 0.208, 0.36, 0.44, 0.84, 1.56, 2.12 volt for each rpm respectively. From the minimum voltage signal points diesel can be substitute of 64.61, 71.04, 86.65, 73.91, 62.13, 23.96%. However, the efficiency of engine will be decreased when diesel to biogas substitution percent was that increased.

**Keywords:** Biogas/Knocking/Knock Sensor

## 1. บทนำ

ในสภาวะการปัจจุบัน การใช้พลังงานของประเทศเป็นไปในอัตราที่สูงขึ้น โดยพลังงานหลักที่สำคัญที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ น้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งพลังงานเหล่านี้ เกิดจากการสะสมของซากพืชซากสัตว์ เป็นเวลานานนับล้านปีจึงทำให้เกิดการแปรสภาพและก่อให้เกิดเป็นน้ำมันขึ้นภายใต้พื้นพิภพ โดยพลังงานเหล่านี้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย และนับวันจะน้อยลงทุกที เนื่องจากการกำเนิดของพลังงาน ไม่ทันต่อการนำมาใช้ หากไม่มีการบริหารการใช้พลังงานที่ดีพอ ดังนั้นจะต้องมีการพยายามหาแหล่งพลังงานอื่น เพื่อใช้แทนพลังงานหลักและเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง โดยพลังงานที่เหมาะสมที่ใช้เป็นพลังงานทดแทน ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม และพลังงานจากก๊าซชีวภาพ พลังงานจากก๊าซชีวภาพนิยมใช้มูลสัตว์ ทำการหมักและเกิดเป็นก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง สำหรับประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม โดยพลเมืองส่วนใหญ่ของประเทศทำอาชีพเกษตรกรรม โดยมีการนำเอาเครื่องจักรกลมาใช้แทนแรงงานสัตว์มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีการใช้แรงงานจากสัตว์ และยังมีเลี้ยงสัตว์เพื่อการค้าอยู่มาก ดังนั้นจึงยังมีหนทางที่น่าสนใจ ที่จะใช้มูลสัตว์เหล่านั้น มาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ และในขณะเดียวกัน ก็จะเป็นการกำจัดสิ่งปฏิกูลให้ถูกสุขลักษณะ เพื่อช่วยสร้างเสริมสภาพแวดล้อมให้ดีขึ้น นอกจากนั้นแล้วมูลสัตว์ที่เกิดจากการหมักแล้วยังจะมีคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ดีกว่ามูลสดอีกด้วย การเอาก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์โดยเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตงานกล เพื่อขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อใช้ในฟาร์ม

ปศุสัตว์ จะเป็นประโยชน์อย่างมากทั้งนี้เนื่องจากจะเป็นการลดและทดแทนการใช้เชื้อเพลิงจากน้ำมัน ช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ที่เกิดจากการเผาผลาญน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งก๊าซ CO<sub>2</sub> เป็นสาเหตุทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้ทั้งในรูปของรูปของความร้อนโดยตรง เช่น ใช้แทนก๊าซหุงต้ม (LPG) สำหรับหวักกกลูกสุกร ทดแทนการใช้น้ำมันเตาในหม้อน้ำต้มไอน้ำ (Boiler) สำหรับกระบวนการผลิตอาหาร เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งมีการใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตรค่อนข้างมาก โดยเฉพาะเครื่องยนต์ดีเซลอเนกประสงค์ ที่มีการใช้มากในเกษตรกรรมทุก ๆ ระดับ เช่น ใช้ในการสูบน้ำการไถเตรียมดิน การปั่นกระแสไฟฟ้า หรือจะเป็นการ ต่อพ่วงเข้ากับอุปกรณ์ทำงานต่าง ๆ เป็นต้น จากการสำรวจพบว่าปัจจุบันมีการใช้เครื่องยนต์ดีเซลอเนกประสงค์เป็นจำนวน 2,115,782 เครื่อง โดยติดตั้งกับรถไถเดินตามเป็นหลักและมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น 1.22 เปอร์เซ็นต์ต่อปี และมีการใช้เครื่องสูบน้ำกับเครื่องยนต์ดีเซลอเนกประสงค์จำนวน 1,272,515 เครื่อง นอกจากนี้ก๊าซชีวภาพเป็นสิ่งที่ได้มาเปล่า ดังนั้นการวิจัยพัฒนาเพื่อนำก๊าซชีวภาพมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลอเนกประสงค์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยเหลือเกษตรกรไทยให้มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง มีกำไรเพิ่มมากขึ้น

ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเป็นศึกษาการพัฒนาระบบควบคุมการน็อกของเครื่องยนต์ดีเซลอเนกประสงค์ การเกษตรที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพร่วมกับน้ำมันดีเซล เพื่อหาจุดที่เหมาะสมต้องการทราบอัตราส่วน

การใช้ก๊าซร่วมกับน้ำมันดีเซล ซึ่งจะใช้ชุดอุปกรณ์ผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพสำหรับเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ของทางสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยทำการทดสอบร่วมกับเครื่องสูบน้ำและในขณะเติมก๊าซเข้าไปเผาไหม้ในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้เกิดการน็อก จึงคิดพัฒนาระบบควบคุมการน็อกของเครื่องยนต์ โดยใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์และไม่โครคอนโทรลเลอร์ เข้ามาควบคุมอัตราการไหลหรือปริมาณของก๊าซก่อนเข้าไปยังห้องเผาไหม้ให้เป็นระบบอัตโนมัติ ซึ่งการเกิดการน็อกเป็นผลทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพต่ำ การสึกหรอหรือเสียหายต่อลูกสูบ แหวนลูกสูบ ประเกณฝาสูบ เครื่องยนต์มีอายุการทำงานสั้นดังนั้นจึงน่าจะมีการวิจัยทางด้านแมคคาทรอนิกส์เพื่อเป็นความรู้และประโยชน์ในการพัฒนาเทคโนโลยีแมคคาทรอนิกส์โดยการนำเอาความรู้วิศวกรรมเครื่องกลมาประยุกต์ใช้

## 2. ทฤษฎี

### 2.1 ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน (Anaerobic bacteria) ก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) โดยปริมาตรและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) โดยปริมาตร นอกนั้นเป็นก๊าซชนิดอื่นๆ มีปริมาณเล็กน้อย เช่น ก๊าซไฮโดรเจน ( $\text{H}_2$ ), ก๊าซออกซิเจน ( $\text{O}_2$ ), ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $\text{H}_2\text{S}$ ), ก๊าซไนโตรเจน ( $\text{N}_2$ ), และไอน้ำสรุปเป็นตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบก๊าซชีวภาพ

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์
มีเทน ( $\text{CH}_4$ )	60 - 70
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ )	30 - 40
ก๊าซไฮโดรเจน( $\text{H}_2$ )	0 - 1
ก๊าซออกซิเจน( $\text{O}_2$ )	0 - 1
ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $\text{H}_2\text{S}$ )	0 - 1
ก๊าซไนโตรเจน( $\text{N}_2$ )	0 - 1

### 2.2 เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

การใช้ก๊าซชีวภาพเป็น เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในนั้นจะต้องปรับปรุงลักษณะบางประการของเครื่องยนต์เพื่อที่จะทำให้เครื่องยนต์นั้นๆ เหมาะสมแก่การใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงและสามารถทำงานได้ดีใกล้เคียงกันกับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน โดยการ คัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อนำ มาประยุกต์ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงมีลักษณะการประยุกต์ โดยนำเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลมาใช้ร่วมกับก๊าซชีวภาพหรือเรียกว่า ใช้เชื้อเพลิงคู่ (Gas-Diesel Engine or Dual Fuel) โดยใช้ก๊าซชีวภาพผสมกับอากาศเป็นไอดีเข้าห้องเผาไหม้ส่วนการจุดระเบิดยังใช้น้ำมันดีเซลฉีดเข้าห้องเผาไหม้วิธีการแบบนี้เครื่องยนต์ต้องการใช้น้ำมันดีเซลเพื่อใช้ในการจุดระเบิดประมาณ 10-20 % ของการใช้เครื่องยนต์ดีเซลปกติ ดังนั้นจึงประหยัดน้ำมันได้ 80-90 % และไม่ต้องดัดแปลงลักษณะการทำงานเครื่องยนต์ดีเซลแต่อย่างใด ซึ่งงานวิจัยนี้มาจาก สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการพัฒนาระบบเชื้อเพลิงคู่

### 2.3 การน็อกของเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซลจะเดินได้เรียบสม่ำเสมอขึ้นอยู่กับอัตราการเพิ่มขึ้นแรงดันในกระบอกสูบระหว่างช่วงการสันดาป การเพิ่มขึ้นแรงดันภายในกระบอกสูบถ้าสูงและรุนแรงก็จะทำให้เครื่องเดินไม่เรียบ ปกติในการจุดระเบิดให้เชื้อเพลิงสันดาปภายในกระบอกสูบจะต้องจุดระเบิดเชื้อเพลิงอนุภาคแรกๆ ให้ลุกขึ้นก่อนจะสิ้นสุดการฉีดของหัวฉีด แต่ถ้าหากเชื้อเพลิงมีการจุดระเบิดล่าช้ามากเกินไป คือถ้าต้องรอจนกระทั่งสิ้นสุดการฉีดของหัวฉีด ก็จะทำให้เชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าไปยังห้องสันดาปสะสมกันจนมีปริมาณมากแล้วต้องจุดระเบิดขึ้นพร้อมกัน ดังนั้นจึงทำให้เกิดการจุดระเบิดที่รุนแรง กำลังดันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้เกิดคลื่นเสียง เกิดเสียงเคาะดังขึ้นเรียกว่าเป็นการน็อกของเครื่องยนต์ดีเซล หรือเรียกว่า คอมบัสชันน็อก (Combustion knock) เพราะเป็นการน็อกที่เกิดจากการสันดาปซึ่งคล้ายกับการเกิดดีโทเนชันใน

เครื่องยนต์เบนซินซึ่งจุดระเบิดด้วยหัวเทียน ถ้าความ  
ล่าช้าของการจุดระเบิดมีช่วงระยะเวลาอันสั้น คือ  
เชื้อเพลิงไม่หน่วงเหนี่ยวทำให้มีความล่าช้า ต่อการจุด  
ระเบิดอยู่นาน ละอองของน้ำมันเชื้อเพลิงอนุภาคแรงๆ  
ก็จะสันดาปได้ในเวลาอันรวดเร็ว นั่นคือ ละอองของ  
น้ำมันที่จะสะสมอยู่ในห้องสันดาปเพื่อรอการสันดาป  
จริงมีโอกาสสะสมอยู่ได้น้อย ดังนั้น อัตราส่วนผสม  
ของมวลที่สันดาปจึงต่ำ แรงดันจากการสันดาปจริงจึง  
ไม่เพิ่มขึ้นอย่างรุนแรง ลูกสูบจึงได้รับแรงดันที่  
ราบเรียบ ในทางตรงข้ามถ้าความล่าช้าของการจุด  
ระเบิดมีมาก ปริมาณเชื้อเพลิงก็จะสะสมไว้เพื่อการ  
สันดาปมาก ดังนั้นเมื่อถึงเมื่อเวลาที่เชื้อเพลิงสันดาป  
จึงเกิดการสันดาปที่รวดเร็วและรุนแรง ผลที่ได้รับก็คือ  
ลูกสูบได้รับแรงกระแทกจากการสันดาปบนหัวสูบ  
รุนแรงมาก เครื่องจะเดินไม่เรียบ

#### 2.4 การหาเปอร์เซ็นต์การทดแทนน้ำมันดีเซล

การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ทดแทนน้ำมันดีเซล  
หาได้จากสมการดังนี้

$$\% = \frac{(\rho_{HH} V_{diesel})}{(\rho_{HH} V_{diesel} + (\rho_{HH} V_{biogas})}$$

โดยที่  $\rho$  คือ ความหนาแน่น ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$Q$  คือ อัตราการไหล ( $\text{m}^3/\text{hr}$ )

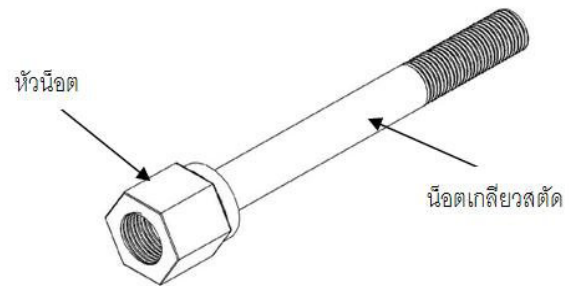
HHV คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ( $\text{MJ}/\text{kg}$ )

### 3. การทดลอง

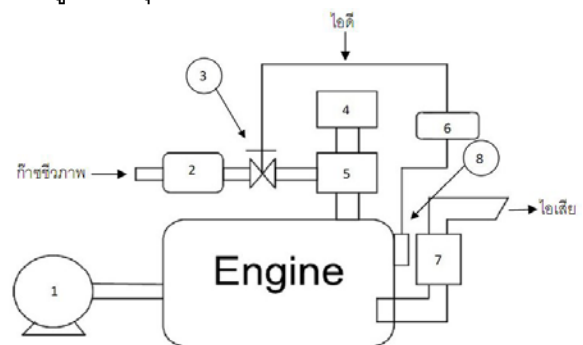
#### 3.1 การออกแบบการทดลอง

การทดสอบระบบควบคุมการน็อกของเครื่องยนต์  
ซึ่งจะทำการติดตั้งหัววัดการสันสะเทือนบนหัวน็อตฝาสูบ  
ของเครื่องยนต์ แสดงดังรูปที่ 1 เพื่อรับสัญญาณการ  
สันสะเทือนจากการน็อก ซึ่งมีระบบอิเล็กทรอนิกส์และ  
ไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ามาควบคุมอัตราการไหล  
ปริมาณของก๊าซชีวภาพก่อนเข้าไปยังห้องเผาไหม้  
เพื่อให้ปริมาณก๊าซชีวภาพทดแทนการใช้้ำมันดีเซล  
จนถึงสุดสภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุด โดยจะนำ  
สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากหัววัดการสันสะเทือน  
มาควบคุมการไหลก๊าซชีวภาพให้เป็นระบบอัตโนมัติ  
ก่อนเข้าไปยังห้องเผาไหม้ และไม่ให้เกิดการน็อก ซึ่ง  
การ เกิดการน็อก เป็น ผลทำ ให้ เครื่องยนต์มี  
ประสิทธิภาพต่ำลง เกิดการสึกหรอหรือเสียหายต่อ

เครื่องยนต์ โดยการทดสอบกับเครื่องสูบน้ำ ที่  
ความเร็วรอบ 1,200 – 2,200 รอบต่อนาที ที่ความเร็ว  
รอบคงที่ เพื่อเป็นการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลือง  
เชื้อเพลิงระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลล้วนกับ  
เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับน้ำมันดีเซล แสดง  
ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 อุปกรณ์ติดตั้งหัววัดการสันสะเทือน



รูปที่ 2 การติดตั้งระบบควบคุมการน็อก

รายละเอียดส่วนประกอบของระบบควบคุมและ  
อุปกรณ์ใช้ทดสอบ

1. เครื่องสูบน้ำ (ยี่ห้อ ตรามังกร ขนาด 2 นิ้ว)
2. เครื่องวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ (ยี่ห้อ ELSTER รุ่น G4)
3. สเต็ปมอเตอร์ (ยี่ห้อ Yangyu รุ่น ISC23)
4. ใส์กรองอากาศ
5. อุปกรณ์สำหรับผสมเชื้อเพลิง (จากงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน รายงานฉบับ สมบูรณ์โครงการพัฒนาระบบเชื้อเพลิงคู่)
6. ระบบควบคุม (ยี่ห้อ ETT รุ่น ET-BASE51)
7. ท่อไอเสีย
8. หัววัดการสันสะเทือน (ยี่ห้อ TOYOTA รุ่น COROLLA GTS OME 89615-12040)

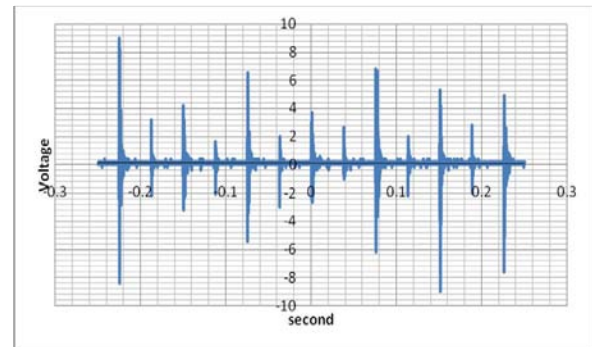
### 3.2 วิธีการทดลอง

การทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพซึ่งทำการติดตั้งอุปกรณ์ผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพทางท่อไอดี จากนั้นทำการทดสอบเพื่อหา กำลังงานอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบต่างๆ โดยจะทำการปรับปริมาณก๊าซชีวภาพให้มีปริมาณก๊าซเข้าเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นครั้งละ 1 สเต็ป (ใน 1 สเต็ป คือการหมุนสเต็ปมอเตอร์ ควบคุมการไหลของก๊าซในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา 15 องศา หรือ 0.417 %) เพื่อให้ปริมาณก๊าซชีวภาพเข้าภายในห้องเผาไหม้ ทดแทนการใช้ น้ำมันดีเซล จนถึงสุดสภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุด (Optimum) ซึ่งเครื่องยนต์เดินเรียบความเร็วคงที่ ไม่เกิดอาการน็อกของเครื่องยนต์หรือมีอาการกระตุก

#### 4. ผลการทดลอง

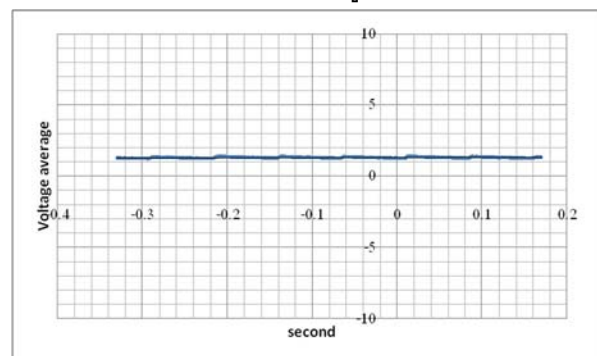
สัญญาณน็อกที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบขณะการเผาไหม้ จะใช้วิธีการตรวจจับสัญญาณความถี่ของการสั่นเครื่องยนต์ โดยในการวิจัยนี้ใช้หัวตรวจจับการน็อกของโตโยต้า ซึ่งประกอบด้วยผลึกแรมปีโซอิเล็กทริก จะเป็นตัวกำเนิดแรงดันไฟฟ้าเมื่อเกิดการสั่นของเครื่องยนต์หรือเสียงต่างๆ จากเครื่องยนต์ สัญญาณที่วัดได้จากหัววัดการสั่นสะเทือนจะเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) โดยที่ความเร็วรอบคงที่ (เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ ยี่ห้อมิตซูบิชิ รุ่น DI800 และชุดอุปกรณ์ผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพสำหรับเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ของทาง สถาบันวิจัยและพัฒนา พลังงาน)

การทดสอบวัดสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) จากหัววัดการสั่นสะเทือน ของการสั่นเครื่องยนต์ตามจังหวะการจุดระเบิดในกระบอกสูบเกิดการเผาไหม้ โดยใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียว ซึ่งพบว่า มีช่วงจังหวะการจุดระเบิดด้วยน้ำมันดีเซล มีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 2 – 9 โวลท์ ที่ความเร็วรอบ 1,600 รอบต่อนาที ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

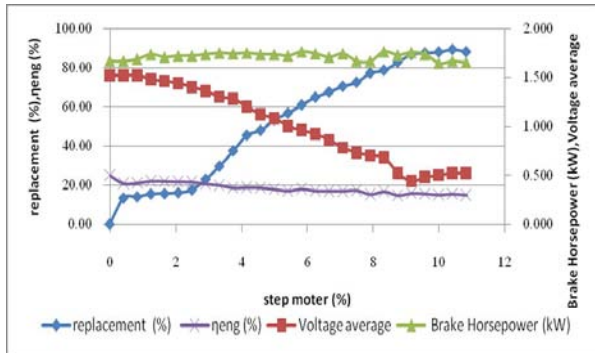
การทดสอบวัดสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) จากหัววัดการสั่นสะเทือน ของการสั่นเครื่องยนต์ตามจังหวะการจุดระเบิดในกระบอกสูบเกิดการเผาไหม้ ที่ผ่านวงจร ขยายสัญญาณและกรองสัญญาณแรงดันไฟฟ้า โดยใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียว ซึ่งพบว่า สามารถกรองแรงดันช่วงจังหวะการจุดระเบิดด้วยน้ำมันดีเซล ให้เรียบและคงที่เป็นเส้นตรง มีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 1.4 โวลท์ ที่ความเร็วรอบ 1,600 รอบต่อนาที ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่ผ่านวงจรกรองแรงดัน

ผลการทดสอบจากวัดสัญญาณไฟฟ้าจากหัววัดการสั่นสะเทือน เมื่อปริมาณก๊าซชีวภาพเข้าภายในห้องเผาไหม้ ทดแทนการใช้ น้ำมันดีเซลพบว่า สัญญาณโวลท์เตจมีค่าต่ำ ลงซึ่งแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์การทดแทนที่เพิ่มขึ้น จุดที่เหมาะสมที่สุดเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการน็อก คือค่าสัญญาณโวลท์เตจ 0.44 โวลท์ ที่เปอร์เซ็นต์การทดแทนน้ำมันดีเซล 86.65 เปอร์เซ็นต์ กำลังของเครื่องยนต์มีค่าค่อนข้างคงที่ 1.71 กิโลวัตต์ แต่ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลงซึ่งแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์การ

ทดแทนที่เพิ่มขึ้น ที่ความเร็วรอบ 1,600 รอบต่อนาที  
 ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณไฟฟ้าจากหัววัด  
 การสั่นสะเทือน เพอร์เซ็นต์การทดแทน ประสิทธิภาพ  
 เครื่องยนต์ และกำลังของเครื่องยนต์

### 5. สรุปผล

การทดสอบหาความเหมาะสมจากวัตต์สัญญาณไฟฟ้า  
 จากหัววัดการสั่นสะเทือน เมื่อปริมาณก๊าซชีวภาพเข้า  
 ภายในห้องเผาไหม้ ทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลพบว่า  
 สัญญาณโวลต์ที่เจกมีค่าต่ำลงซึ่งแปรผกผันกับ  
 เพอร์เซ็นต์การทดแทนที่เพิ่มขึ้น จุดที่เหมาะสมที่สุดที่  
 ไม่เกิดการน็อกของเครื่องยนต์ คือค่าสัญญาณ  
 โวลต์ที่เจก 0.208, 0.36, 0.44, 0.84, 1.56, 2.12 โวลต์  
 ที่เพอร์เซ็นต์การทดแทนน้ำมันดีเซล 64.61, 71.04,  
 86.65, 73.91, 62.13, 23.96 เพอร์เซ็นต์ แต่  
 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลงซึ่งแปรผกผันกับ  
 เพอร์เซ็นต์การทดแทนน้ำ มันดีเซลโดยก๊าซชีวภาพที่  
 เพิ่มขึ้น ที่ความเร็วรอบ 1,200, 1,400, 1,600, 1,800,  
 2,000, 2,200 รอบต่อนาที ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุป  
 ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงสภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุด

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	การทดแทน น้ำมันดีเซล (เปอร์เซ็นต์)	สัญญาณ แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
1,200	64.61	0.208
1,400	71.04	0.36
1,600	86.65	0.44
1,800	73.91	0.84
2,000	62.13	0.56

2,200	23.96	2.12
-------	-------	------

ในการเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางด้าน

เศรษฐศาสตร์ต่อการนำไปใช้จริงระหว่างการใช้ น้ำมัน  
 ดีเซลอย่างเดียวกับการใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซ  
 ชีวภาพ ได้ลงทุนเพิ่มจากโครงการเครื่องยนต์ระบบ  
 เชื้อเพลิงคู่ของทางสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน  
 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งทำการติดตั้งระบบควบคุม  
 การน็อกเพิ่มเติม โดยใช้เครื่องสูบน้ำขนาด 2 นิ้ว เป็น  
 ภาระในการทดสอบ พบว่าที่ความเร็วรอบ 1,600 รอบ  
 ต่อนาที ที่สภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุด  
 (Optimum) ซึ่งเครื่องยนต์เดินเรียบ ความเร็วคงที่ ไม่  
 เกิดอาการน็อกของเครื่องยนต์หรือมีอาการกระตุก มี  
 การทดแทนน้ำมันดีเซลได้มากที่สุด สามารถคืนทุนใน  
 เวลา 8 เดือน 9 วัน

### 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน  
 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ช่วยสนับสนุนงบประมาณใน  
 การทำงานวิจัย

### 7. เอกสารอ้างอิง

#### 7.1 บทความจากวารสาร (Journal)

- [1] N. Tippayawong, A. Permsuwan, N. Vorayos, T. Kiatsiriroat, S. Uppakam, and M. Panyacum, *Durability Test on Crude Palm Oil/Diesel Blends in a Modern DI Diesel Engine*, R & D Journal of the Engineering Institute of Thailand, vol.15, n.1, 2004, pp.41-49.
- [2] Sittiboon Siripornakarachai and Thawan Sucharitakul, *Modification and tuning of diesel bus engine for biogas electricity production*, Maejo International Journal of Science and Technology, vol.1, 2007, pp.194-207.

#### 7.2 รายงาน

- [1] สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน (2550). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการพัฒนาระบบเชื้อเพลิงคู่ (ก๊าซชีวภาพน้ำมันดีเซล) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

### 7.3 หนังสือ

[1] MitZalff, K., (1988). *Engine for biogas*, Theory, modification, econum operation, Federal Republic of Germany.

[2] Qi, D.H., Bian, Y.ZH., Ma, ZH.Y., Zhang, CH.H., Liu, SH.Q., (2005). *Combustion and Exhaust emission characteristics of a compression ignition engine using liquefied Petroleum gas-Diesel blended fuel*, Energy Conversion and Management, 48, 500-509.

### 7.4 เว็บไซต์

[1] สำนักงานวิจัยเศรษฐกิจเกษตร (2547). *เครื่องมือทางการเกษตร*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.oae.go.th>

[2] อุดมศักดิ์ สุขไพศาล (2547). *การติดตั้งแก๊ส*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.gasthai.com>