

## ระบบควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ Electronic Fuel System for Biogas Engine

อัสฎาวุช ศักรินทร์กุล<sup>1</sup> เดช ดำรงค์ศักดิ์<sup>2</sup> ตะวัน สุจริตกุล<sup>3</sup> สัมพันธ์ ไชยเทพ<sup>4</sup>

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถ. ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ. เมือง เชียงใหม่ 50200

โทร 0-5394-4146 โทรสาร 0-5394-4145

E-mail: asdawut@hotmail.com<sup>1</sup> det@dome.eng.cmu.ac.th<sup>2</sup> thawan@dome.eng.cmu.ac.th<sup>3</sup> sumpun@dome.eng.cmu.ac.th<sup>4</sup>

Asdawut Sakarinkool<sup>1</sup> Det Damrongsak<sup>2</sup> Thawan Sucharitakul<sup>3</sup> Sumpun Chaitep<sup>4</sup>

Department of Mechanical, Faculty of Engineering, Chiang Mai University

239 huaykaew Rd. Sutthap, Muang, Chiang Mai 50200, Thailand

Tel: 0-5394-4146 Fax: 0-5394-4145

E-mail: asdawut@hotmail.com<sup>1</sup> det@dome.eng.cmu.ac.th<sup>2</sup> thawan@dome.eng.cmu.ac.th<sup>3</sup> sumpun@dome.eng.cmu.ac.th<sup>4</sup>

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงแนวทางการพัฒนาระบบควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพที่สามารถปรับส่วนผสมของก๊าซชีวภาพกับอากาศให้เหมาะสมโดยอัตโนมัติเพื่อให้เกิดการใช้ก๊าซชีวภาพคุ้มค่าที่สุด เมื่อพิจารณาต้นทุนและความเข้ากันได้กับระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบเดิม ระบบควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่เหมาะสม ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ 1.หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผล 2. ส่วนป้อนกลับ ใช้ตัวตรวจวัดออกซิเจนวัดปริมาณออกซิเจนที่เหลือในก๊าซไอเสีย แล้วส่งสัญญาณให้แก่หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เพื่อปรับการจ่ายเชื้อเพลิงให้เหมาะสม สำหรับตัวตรวจวัดออกซิเจน จะใช้ตัวตรวจวัดออกซิเจนของรถยนต์โดยทั่วไปซึ่งหาได้ง่ายและทนทาน 3. ส่วนควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิง จะรับสัญญาณจากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ไปควบคุมสเต็ปมอเตอร์เพื่อหมุนวาล์วเข็มเพื่อปรับปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิง สำหรับต้นทุนการสร้างต้นแบบของระบบควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด คาดว่าจะใช้งบประมาณไม่เกิน 15,000 บาท

### Abstract

This research is to develop the Electronic Control Fuel System for biogas engine that can automatically control the proper Air-Fuel ratio in order to optimize the biogas usage. With the consideration of cost and fuel system compatibility, this electronic control fuel system consists of three major components: 1. Electronic Control Unit (ECU ) controlled by

microcontroller 2. In the feedback part, the oxygen sensor is used to measure the oxygen quantity from the exhausted gas. Then, the oxygen quantity will be transmitted to the ECU to control the proper fuel distribution. 3. Fuel Control part, the signal from the ECU will be used to control a step motor to adjust a needle value for controlling biogas flow rate. The estimated cost of the overall prototype system is approximately 15,000 Baht.

### 1. บทนำ

ปัจจุบันประชากรมนุษย์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้มนุษย์ต้องเพิ่มปริมาณการเลี้ยงสัตว์ที่เป็นอาหารเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย สำหรับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ทั่วไป การกำจัดมูลสัตว์และกลิ่นเป็นปัญหาใหญ่ การนำมูลสัตว์มาหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ ก็เป็นวิธีการแก้ปัญหาวิธีหนึ่งที่ใช้กันแพร่หลาย เนื่องจากได้พลังงานมาใช้ประโยชน์และลดกลิ่นได้ดี ก๊าซชีวภาพที่ได้จากมูลสัตว์ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน ทั้งการใช้เป็นแหล่งให้พลังงานความร้อนหรือแสงสว่างโดยตรง เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาหุงต้ม หรือตะเกียงก๊าซ หรือเพื่อเดินเครื่องยนต์ต้นกำลัง เพื่อสูบน้ำหรือผลิตกระแสไฟฟ้า [7]

สำหรับการใช้ก๊าซชีวภาพเดินเครื่องยนต์ต้นกำลัง เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้ากำลังได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากไฟฟ้าเป็นพลังงานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้หลากหลายกว่าพลังงานในรูปแบบอื่น ปัจจุบัน ในประเทศไทยเริ่มมีฟาร์มเลี้ยงสัตว์หลายแห่งที่ได้นำก๊าซชีวภาพมาเดินเครื่องยนต์เพื่อผลิตไฟฟ้า เครื่องยนต์ที่นำมาใช้ทั่วไปเป็นเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน โดยนำมาดัดแปลงระบบจ่ายเชื้อเพลิงเพื่อให้สามารถใช้ก๊าซชีวภาพเป็น เชื้อเพลิงแทนน้ำมันก๊าซโซลีนได้ แต่การ

ใช้คนปรับวาล์วควบคุมอัตราส่วนผสมระหว่าง ก๊าซชีวภาพกับอากาศ ยังขาดความแม่นยำ เนื่องจากก๊าซชีวภาพในแต่ละช่วงการทำงาน จะมีคุณสมบัติในการเผาไหม้แตกต่างกันไป ส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ต่ำลงเนื่องจากอัตราส่วนระหว่างก๊าซชีวภาพกับอากาศ ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณี ที่ก๊าซชีวภาพมีอัตราส่วนมากเกินไป ก็จะส่งผลให้มีก๊าซชีวภาพหลงเหลือในไอเสีย ทำให้เกิดการสูญเสียก๊าซชีวภาพโดยไร้ประโยชน์ ตลอดจนเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศด้วย

Mitzlaff [7] ระบุว่า โดยทั่วไปก๊าซชีวภาพปริมาณ 1 m<sup>3</sup> จะสามารถนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ประมาณมากกว่าหรือเท่ากับ 1.3 kWh และในการวิจัยของ Tentscher (2535) ที่ศูนย์วิจัยทับทวง ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่าก๊าซชีวภาพ 1 m<sup>3</sup> ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 1.4 kWh แต่จากรายงานของ ปรีชา สิริชาญ (2544) พบว่าฟาร์มหลายแห่งในประเทศไทยใช้ก๊าซชีวภาพเดินเครื่องยนต์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า กลับพบว่าก๊าซชีวภาพจำนวนเท่ากันนี้ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ไม่ถึง 1.2 kWh โดยไฟฟ้าที่ผลิตได้ มีค่าเฉลี่ยโดยประมาณเพียงแค่ 1 kWh/m<sup>3</sup> เท่านั้น อีกทั้งต้นทุนในการติดตั้งยังสูงมาก ตลอดจนระยะเวลาคืนทุนที่ยาวนาน ดังนั้นการพัฒนากระบวนการที่มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิมจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อที่จะช่วยลดระยะเวลาคืนทุน และใช้พลังงานเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพได้อย่างคุ้มค่า

ตารางที่ 1 แสดงการลงทุนของระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ [3]

ฟาร์ม	ทุน (บาท)	ไฟฟ้า(kw)	คืนทุน(ปี)
กิตติวัฒน์ฟาร์ม	4,840,000	35	13.8
ต.ประสบผลฟาร์ม	7,178,000	70	11.3
เอส.พี.เอ็ม ฟาร์ม 1	8,700,000	112	11.3
เอส.พี.เอ็ม ฟาร์ม 2	21,250,000	138	13.3

## 2. ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพผลิตได้จากการหมักอินทรีย์วัตถุ โดยแบคทีเรียจะย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในสภาพไร้ออกซิเจน ได้แก๊ซมีเทนออกมา ก๊าซชีวภาพ โดยทั่วไปจะมีก๊าซหลายชนิด ผสมกันดังนี้

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ [10]

ส่วนประกอบ	ปริมาณ	หน่วย
CH <sub>4</sub> (methane)	55-70	%vol
CO <sub>2</sub> (carbon dioxide)	30-45	%vol
N <sub>2</sub> (nitrogen)	0-2	%vol
H <sub>2</sub> S (hydrogen sulphide)	~500	ppm
NH <sub>3</sub> (ammoniac)	~100	ppm
Net calorific value	20	MJ/kg
Density	1.16	kg/m <sup>3</sup>
Stoichiometric mixtures	6.22	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> gas

## 3. ทฤษฎีเบื้องต้น

### ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ

ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพจะขึ้นกับปริมาณของแก๊ซมีเทนที่เป็นองค์ประกอบหลักในก๊าซชีวภาพ ตลอดจนความดันและอุณหภูมิในถังหมัก

สัดส่วนปริมาณเชิงปริมาตรของแก๊ซมีเทนในก๊าซชีวภาพหาได้จาก [7]

$$\%CH_4 = 100\% - \%CO_2 \quad (1)$$

ความดันของก๊าซชีวภาพ ( $P_{act}$ ) หาได้จากสมการ

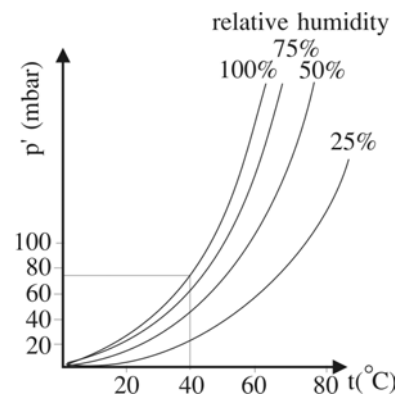
$$P_{act} = P_a + P_d - P' \quad (2)$$

$P_{act}$  คือ ความดันของก๊าซชีวภาพ

$P_a$  คือ ความดันบรรยากาศ

$P_d$  คือ ความดันในบ่อหมัก

$P'$  คือ ความดันของไอน้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นสัมพัทธ์ในก๊าซชีวภาพ หาได้จากรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของความดันไอน้ำกับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในก๊าซชีวภาพ [7]

ความหนาแน่นของแก๊ซมีเทน ( $\rho_{CH_4,act}$ ) ในก๊าซชีวภาพหาได้จาก [7]

$$\rho_{CH_4,act} = \frac{\rho_{CH_4,std} \times P_{act} \times T_{std}}{P_{std} \times T_{act}} \quad (3)$$

$\rho_{CH_4,act}$  คือ ความหนาแน่นของแก๊ซมีเทนในก๊าซชีวภาพ, kg/m<sup>3</sup>

$\rho_{CH_4,std}$  คือ ความหนาแน่นของแก๊ซมีเทนที่สภาวะมาตรฐาน = 0.72 kg/m<sup>3</sup>

$P_{act}$  คือ ความดันของแก๊ซชีวภาพ, mbar

$T_{std}$  คือ อุณหภูมิของแก๊ซมีเทนที่สภาวะมาตรฐาน = 273 K

$T_{act}$  คือ อุณหภูมิของก๊าซชีวภาพ, K  
 $P_{std}$  คือ ความดันมาตรฐาน = 1,013 mbar

ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพที่ใช้งาน ( $H_{u,act}$ ) จะสัมพันธ์กับสัดส่วนเชิงปริมาตรของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ ( $V_{CH_4}/V_{total}$ ) ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนใช้งาน ( $\rho_{CH_4,act}$ ) และค่าความร้อนต่ำของก๊าซมีเทนที่สภาวะมาตรฐาน ( $H_{u,std}$ ) ดังสมการ [7]

$$H_{u,act} = \frac{V_{CH_4}}{V_{total}} \times \rho_{CH_4,act} \times H_{u,std} \quad (4)$$

$H_{u,act}$  คือ ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพที่ใช้งาน, kJ/kg  
 $V_{CH_4}$  คือ ปริมาตรของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ,  $m^3$   
 $V_{total}$  คือ ปริมาตรของก๊าซชีวภาพทั้งหมด,  $m^3$   
 $\rho_{CH_4,act}$  คือ ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ,  $kg/m^3$   
 $H_{u,std}$  คือ ค่าความร้อนต่ำของก๊าซมีเทนที่สภาวะมาตรฐาน = 50,000 kJ/kg

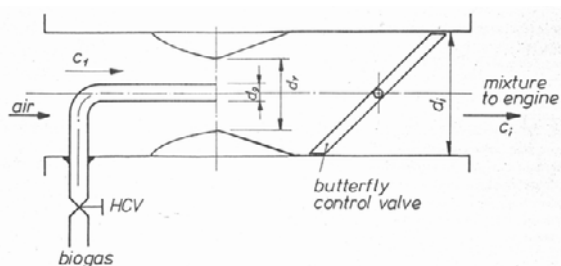
**อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ**  
 การหาอัตราการสิ้นเปลืองก๊าซชีวภาพหาได้จาก [7]

$$fc = \frac{1}{\eta} \times P \times \frac{1}{H_u} \times 3,600 \quad (5)$$

$fc$  คือ อัตราการสิ้นเปลืองก๊าซชีวภาพ,  $m^3/h$   
 $P$  คือ กำลังของเครื่องยนต์, kW  
 $\eta$  คือ ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์  
 $H_u$  คือ ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ,  $kJ/m^3$

#### 4. อุปกรณ์ผสมเชื้อเพลิงกับอากาศ (Mixing Device)

สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ อุปกรณ์ที่นิยมใช้ผสมเชื้อเพลิงกับอากาศก่อนจะเข้าสู่ห้องเผาไหม้ คือ Venturi Mixer ซึ่งอาศัยคอขวดซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วของอากาศ ทำให้ความดันที่บริเวณคอขวดลด ซึ่งที่บริเวณคอขวดมีทางเข้าของก๊าซเชื้อเพลิง ส่งผลให้เกิดการดึงก๊าซเชื้อเพลิงเข้าไปผสมกับอากาศ



รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศ (Venturi Mixer) [7]

หมายเหตุ: HCV คือ Hand Control Valve : วาล์วควบคุมด้วยมือ



รูปที่ 3 แสดงคอขวดของ mixing device ในเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ [6]

#### 5. สเต็ปเปอร์มอเตอร์

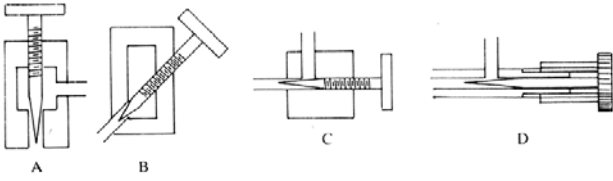
สเต็ปเปอร์มอเตอร์ หรือบางครั้งเรียก สเต็ปมอเตอร์ หรือ สเต็ปมิ่งมอเตอร์ เป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนทางกลที่ทำงานด้วยไฟฟ้า โดยการขับเคลื่อนกระทำเป็นขั้น มอเตอร์แบบนี้จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นการหมุนทางกล การหมุนของเฟลามอเตอร์จะหมุนเป็นขั้น ซึ่งมีขนาดมุมการหมุนเท่ากัน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านคอยล์หลายอันภายในมอเตอร์โดยการส่งกระแสผ่านคอยล์อันหนึ่งก่อน และตัดกระแสจากคอยล์อันนั้น แล้วจึงจ่ายกระแสให้คอยล์ต่อไปอย่างเป็นลำดับ สเต็ปมอเตอร์ที่มีใช้กันทั่วไปมักจะเป็นแบบที่มีคอยล์อยู่ภายใน 4 ชุด หรือเรียกกันว่าเป็นมอเตอร์แบบ 4 เฟส ลักษณะการขับเคลื่อนแบบนี้ทำได้ โดยใช้ ไมโครคอมพิวเตอร์หรือไมโครโปรเซสเซอร์ในการควบคุมการจ่ายไฟให้แก่แต่ละเฟส ซึ่งก็จะทำให้สามารถควบคุมทิศทาง ความเร็ว และอัตราเร่งของมอเตอร์ได้ด้วยโปรแกรม [5]



รูปที่ 4 แสดงลักษณะของสเต็ปมอเตอร์

#### 6. วาล์วเข็ม (Needle Valve)

วาล์วเข็ม คือ globe valve ชนิดหนึ่งที่มีขนาดเล็ก โดยมีความเฉียดหรือความเรียวยของหัวปลั๊กมากกว่าวาล์วทั่วไป การเคลื่อนที่ของหัวปลั๊กจะเป็นการเคลื่อนที่ตามแนวแกนซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับขนาดของรูที่ของไหลไหลผ่าน ซึ่งทำให้วาล์วเข็มสามารถควบคุมช่องเปิดของวาล์วได้อย่างดี ทำให้การควบคุมการไหลทำได้ละเอียดกว่าวาล์วชนิดอื่น บางทีวาล์วเข็ม อาจเรียกโดยทั่วไปว่า วาล์วคาร์บูเรเตอร์ (Carburetor-type valve)



รูป 5 แสดงลักษณะของวาล์วเข็มแบบต่าง ๆ

## 7. ตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจนจากไอเสีย

### (Exhaust Gas Oxygen sensor or Lambda sensor)

ตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณออกซิเจน ในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์ และส่งสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการวัดป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ให้ทำการปรับอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง

ตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจน จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เซรามิกชนิดพิเศษที่ทำจากเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (Zirconium Dioxide) ฉาบผิวด้วยแพลตตินัม (Platinum plate) ที่มีลักษณะเป็นรูพรุนไว้ทั้งด้านนอกและใน ตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจนจะถูกติดตั้งยื่นเข้าไปในห้องรวมไอเสียของเครื่องยนต์ ให้แผ่นแพลตตินัมที่ฉาบอยู่ทางด้านนอกของเซรามิกได้สัมผัสกับก๊าซไอเสีย ส่วนแผ่นแพลตตินัมทางด้านในของเซรามิกจะต่อกับบรรยากาศภายนอก สำหรับป้องกันตัวของเซรามิกจะเป็นท่อโลหะที่มีช่องให้ก๊าซไอเสียผ่านไปยังแผ่น แพลตตินัมและเซรามิกได้ ป्लอกนี้จะทำหน้าที่ป้องกันของแข็งเล็ก ๆ ที่ปนอยู่กับก๊าซไอเสียไม่ให้กระทบกับตัวเซรามิก สำหรับแรงดันไฟฟ้าจาก Oxygen sensor แบบ Zirconium Dioxide จะสามารถคำนวณได้จากสมการของ Nernst

$$V_{out} = \frac{R \times T}{n \times F} \times \ln \left( \frac{P_{o, air}}{P_{o, exh}} \right) \quad (6)$$

$V_{out}$  คือ แรงดันไฟฟ้าจาก Oxygen Sensor

R คือ Universal Gas Constant = 8.3143 Joul/gram-mole\*K

T คือ อุณหภูมิของก๊าซไอเสีย, K

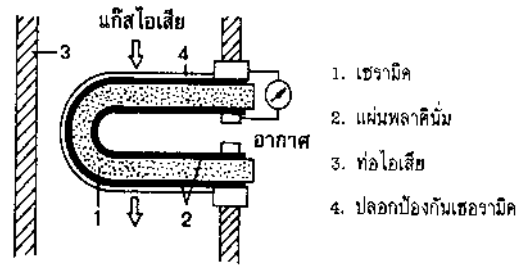
n คือ จำนวนของอิเล็กตรอนที่เกิดการถ่ายเท = 4

F คือ Faraday constant = 96,480 Coulomb/gram-mole

$P_{o, air}$  คือ แรงดันย่อยของออกซิเจนในบรรยากาศ, Pa

$P_{o, exh}$  คือ แรงดันย่อยของออกซิเจนในไอเสีย, Pa

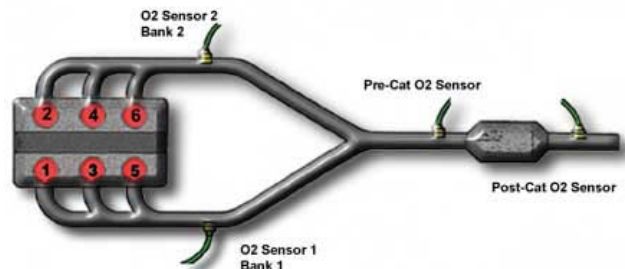
จากการทำงานดังกล่าว จะมีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นที่ตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจน ประมาณ 100-900 mV โดยแปรผันไปตามปริมาณของออกซิเจนในก๊าซไอเสีย ซึ่งมีผลมาจากค่าอัตราส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ หากส่วนผสมหนาขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเข้าใกล้ 900 mV และจะลดต่ำลงเข้าใกล้ 100 mV เมื่ออัตราส่วนผสมบางลง (ค่าแรงดันไฟฟ้าจากตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจนนี้จะเชื่อถือได้ก็ต่อเมื่อตัวตรวจวัดออกซิเจนมีอุณหภูมิสูงถึง 350 °C เนื่องจากเซรามิกจะมีความต้านทานสูงเมื่ออุณหภูมิต่ำ)



1. เซรามิก
2. แผ่นแพลตตินัม
3. ท่อไอเสีย
4. ป्लอกป้องกันเซรามิก

รูปที่ 6 แสดงส่วนประกอบของตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจน

สำหรับเครื่องยนต์สมัยใหม่ที่ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปริมาณเชื้อเพลิงอาจจะเพิ่มตัวตรวจวัดออกซิเจนเพิ่มดังรูป



รูปที่ 7 แสดงตำแหน่งตัวตรวจวัดออกซิเจนในเครื่องยนต์สมัยใหม่ [13]

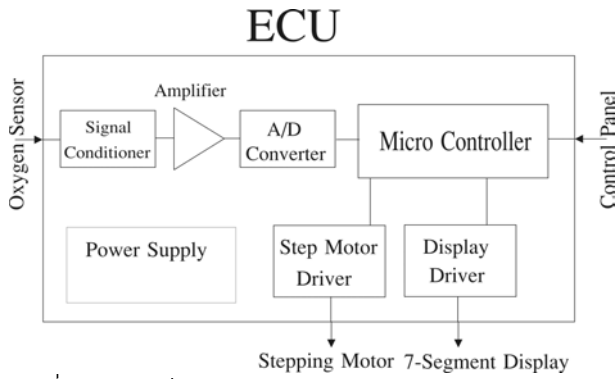
## 8. หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU:Electronic Control Unit)

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมอัตราการจ่ายเชื้อเพลิงให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์ในสภาวะการทำงาน

โครงสร้างภายในของหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย ไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น เช่น วงจรแปลง Analog to Digital (A/D converter) วงจรควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิง วงจรกรองสัญญาณรบกวน ฯลฯ

สำหรับระบบควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ข้อมูลสภาพเครื่องยนต์และสภาพแวดล้อมยังไม่พอเพียงที่จะทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากข้อมูลที่ ECU ได้รับจาก sensor ต่าง ๆ อาจมีความผิดพลาด หรือทำงานบกพร่อง ดังนั้นเครื่องยนต์ที่ควบคุมด้วย ECU มักจะติดตั้ง ตัวตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนเสมอ เพื่อวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้ ซึ่งถ้ามีก๊าซออกซิเจนเหลือในไอเสียมาก แสดงว่าอัตราส่วนของเชื้อเพลิงมีน้อยเกินไป ข้อมูลที่ได้จากตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจนจะนำไปปรับแก้ปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงเพื่อให้อัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น [1]

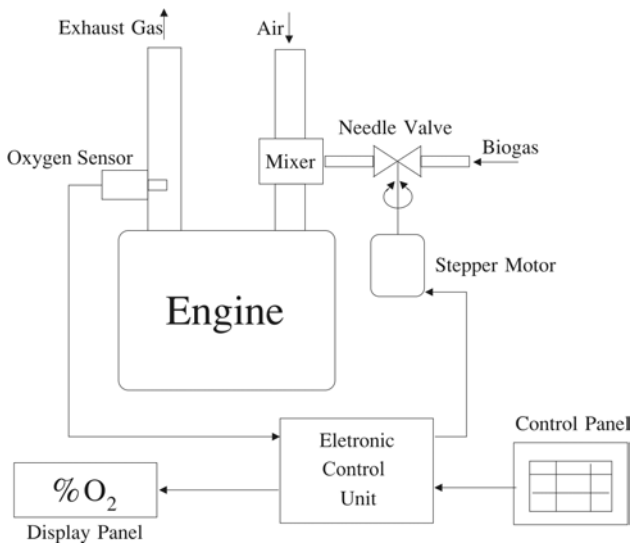
สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพที่ใช้เดินเครื่องผลิตรถไฟฟ้จะทำงานในลักษณะโหลตคงที่เสมอ ทำให้สามารถตัดอุปกรณ์ใน ECU ให้น้อยลงเหลือเพียงอุปกรณ์ดังรูปที่ 8 ซึ่งพอเพียงต่อการทำงานแบบวงปิด (Close Loop Control)



รูปที่ 8 แสดงองค์ประกอบหลักของ Electronic Control Unit สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

### 9. สรุป

เมื่อรวมระบบต่างๆเข้าด้วยกัน ก็จะประกอบเป็นระบบควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ ซึ่งสามารถปรับอัตราการจ่ายเชื้อเพลิงได้อย่างอัตโนมัติ โดยมีตัวตรวจวัดออกซิเจน (Oxygen Sensor) เป็นตัวป้อนกลับ (Feed Back) ซึ่งจะสามารถควบคุมการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ได้ดีกว่าการปรับการจ่ายก๊าซชีวภาพด้วยมือ โดยมีต้นทุนในการสร้างต่ำ และสามารถนำไปติดตั้งเพิ่มกับระบบควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพแบบเดิมได้โดยดัดแปลงเพียงเล็กน้อย โดยเมื่อพิจารณาควาวัสดุทั้งหมดแล้วคาดว่าจะใช้งบประมาณ 15,000 บาท ในการสร้างต้นแบบ



รูปที่ 9 แสดงโครงสร้างของระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

### 10. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อ.ดร. เดช ดำรงค์ศักดิ์ รศ. ตะวัน สุจริตกุล และ รศ.ดร สัมพันธ์ ไชยเทพ ที่ให้คำปรึกษา

### เอกสารอ้างอิง

- [1] นกตล เวชวิฐาน. 2535. เครื่องยนต์หัวฉีด EFI, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [2] กฤษฎา กิมแสง และพิชัย อัมระนันท์.2534. ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมจากเครื่องยนต์ใช้ก๊าซชีวภาพ,ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตร,มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [3] ปรีชา ศิริชาญ.2544.การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ,วิทยานิพนธ์คณะวิศวกรรมศาสตร,มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [4] ณทพร จินดาประเสริฐ. 2544. การศึกษาคุณลักษณะการเผาไหม้ของก๊าซชีวภาพในเครื่องยนต์สันดาปภายใน, วิทยานิพนธ์คณะวิศวกรรมศาสตร,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [5] ตะวัน สุจริตกุล. 2532. ระบบควบคุมสตีปเปอร์มอเตอร์. โครงการตำราภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [6] สมบูรณ์ ศิริพรมงคลชัย. 2546. การปรับปรุงคาร์บูเรเตอร์สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้ก๊าซชีวภาพ, วิทยานิพนธ์คณะวิศวกรรมศาสตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [7] Mitzlaff K. 1988. *Engine for Biogas*,Deutsches Zentrum fur Entwicklungstechnologien – Gate, Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit(GTZ) GmbH.
- [8] Campbell Ian. 1983. *Biomass, Catalyst and Liquid Fuels*,Technomic Publishing.
- [9] Clark, et.al, *Development of a Closed Loop Fuel Management System for aLean Burn Natural Gas Engine*, Proceedings of the 1994 Automotive Technology Development Contractors, Coordination Meeting, SAE P-289, 1994.
- [10] JAN K. JENSEN, *Biogas and Natural Gas Fuel Mixture For The Future*, 1<sup>st</sup> WORLD CONFERENCE AND EXHIBITION ON BIOMASS FOR ENERGY AND INDUSTRY,SEVILLA, 5-9 June 2000.
- [11] Wolfgang Tentscher. 2535. ระบบก๊าซชีวภาพแบบ HYPHI. การประชุมทางวิชาการ"ก๊าซชีวภาพในประเทศไทย : สถานภาพปัจจุบันและศักยภาพในอนาคต" จัดโดย โครงการก๊าซชีวภาพไทย-เยอรมัน 27 - 28 กุมภาพันธ์ 2535 ณ โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ จ.เชียงใหม่
- [12] Pulkrabek Willard W. 1997. *ENGINEERING FUNDAMENTALS OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE*. Prentice-Hall International.
- [13] <http://www.boschusa.com/AutoOrigEquip/Gasoline/>