



# การพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมปริมาณก๊าซอัตโนมัติ สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

## Development of Automatic Gas Controller for Biogas Engine

ศุทธิณี ตูย์เต็มวงศ์<sup>1</sup> และ เดช ดำรงศักดิ์<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

**Suttinee Tuytemwong<sup>1</sup> and Det Damrongsak<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Energy Engineering Division, Department of Mechanical Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand

<sup>2</sup>Department of Mechanical Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมปริมาณก๊าซอัตโนมัติสำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ โดยออกแบบส่วนของเข็มปรับปริมาณก๊าซที่ใช้ในการควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพ เพื่อให้สามารถปรับแต่งปริมาณก๊าซชีวภาพให้เหมาะสมกับการเผาไหม้ เพื่อใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ จำนวน 4 สูบ ขนาดความจุ 2,500 cc การควบคุมเข็มปรับปริมาณก๊าซอัตโนมัติ จะใช้ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมเข็มปรับปริมาณก๊าซ โดยใช้ปริมาณออกซิเจนที่ได้จากก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เป็นข้อมูลป้อนกลับไปยังชุดควบคุม เพื่อควบคุมให้เครื่องยนต์ทำงานอย่างเหมาะสม พบว่าช่วงของการจ่ายก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมสำหรับเครื่องยนต์ จะได้แรงดันเอาต์พุตจากตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสียในช่วง 380 ถึง 600 mV ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนในช่วง 11.9 - 10.7% ชุดควบคุมปริมาณก๊าซอัตโนมัติสามารถควบคุมการจ่ายปริมาณก๊าซชีวภาพให้แก่เครื่องยนต์เพื่อการเผาไหม้ที่เหมาะสม ที่ค่าแรงดันเอาต์พุตเฉลี่ยเท่ากับ 1.47 V และเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนเฉลี่ยจากท่อไอเสียเท่ากับ 11.3% ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1,509 rpm

### ABSTRACT

This research presented the development of the automatic gas controller for biogas engine. The biogas adjustable tool was designed and constructed to do such work. The used engine was four-cylinder, four-stroke diesel engine with a capacity of 2,500 cc. The electronic controller unit was used to control the biogas adjustable tool to have the engine run properly by using the measured oxygen from the engine exhaust gas as a feedback signal for the controller. The operating range of the biogas engine required the output voltage from the oxygen sensor rating from 380 to 600 mV in relation to the amount of oxygen rating from 11.9 to 10.7%. The automatic gas controller offered an alternative option for controlling the biogas being supplied to the engine with the average output voltage of 1.47 V and percent of oxygen of 11.3% at 1,509 rpm.

All Rights Reserved

## 1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันในประเทศไทย ภาวะการใช้พลังงานจากน้ำมันได้มีอัตราที่สูงมากขึ้นจนทำให้เกิดวิกฤตการณ์ทางพลังงานอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น จึงจำเป็นต้องหาพลังงานจากแหล่งอื่นๆ ที่สามารถนำมาทดแทนน้ำมัน โดยมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงและไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม จึงจะเป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด พลังงานทดแทนจากแหล่งอื่นๆ ที่สามารถทดแทนน้ำมันได้ เช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานจากชีวมวล พลังงานน้ำ หรือพลังงานจากก๊าซชีวภาพ

พลังงานจากก๊าซชีวภาพ เป็นแหล่งพลังงานอีกแหล่งหนึ่งที่สามารถนำมาเป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการเลี้ยงสุกรเพื่อการเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก ดังนั้น มูลสัตว์ที่ได้จากการเลี้ยงจึงมีจำนวนมากด้วย เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานน้ำมัน จึงได้นำมูลสัตว์ที่ได้จากการเลี้ยงสุกรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพ และในอีกด้านหนึ่งเพื่อเป็นการลดมลภาวะทางด้านสิ่งแวดล้อมและปริมาณสิ่งปฏิกูล

การนำก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานกลในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ไฟฟ้าเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์จะเป็นประโยชน์มาก เนื่องจากสามารถลดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง อีกทั้งยังช่วยลดมลพิษอันเนื่องมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสาเหตุทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก ทำให้โลกร้อนขึ้น ก๊าซชีวภาพยังสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนก๊าซหุงต้ม (LPG) และทดแทนการใช้น้ำมันเตาสำหรับกระบวนการผลิตอาหาร [1-3]

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ [4] ได้นำเอาก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยได้นำเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้เป็นต้นกำลังในการผลิตกระแสไฟฟ้า และทำการปรับปริมาณ

ก๊าซชีวภาพด้วยบอลวาล์ว โดยในการปรับแต่ละครั้ง จะทำการปรับด้วยมือ ซึ่งการปรับปริมาณก๊าซชีวภาพในแต่ละครั้ง จะทำให้เกิดความยุ่งยากในการปรับปริมาณก๊าซชีวภาพเพื่อความสะดวก รวดเร็ว และง่ายต่อการควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพ จึงได้นำระบบควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการควบคุมการปรับปริมาณก๊าซชีวภาพ โดยเพิ่มความละเอียดด้วยเข็มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพ ซึ่งจะนำอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจน (Oxygen Sensor) มาใช้เป็นตัวควบคุมร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์

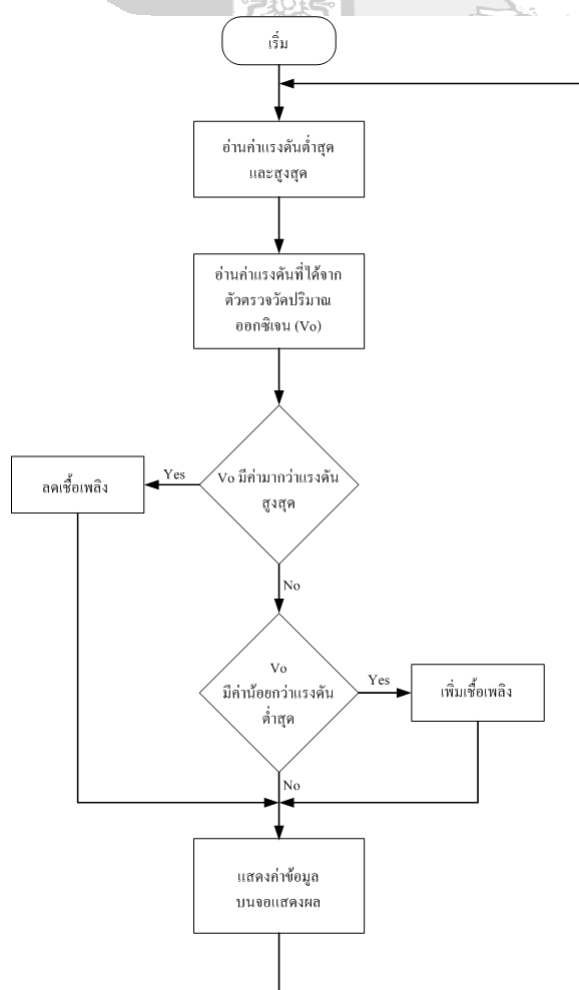
อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจน (Oxygen Sensor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผสมกับอากาศเพื่อการเผาไหม้ โดยจะถูกติดตั้งไว้บริเวณท่อไอเสียของเครื่องยนต์ เมื่อเกิดการเผาไหม้ขึ้น อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนจะทำการตรวจวัดปริมาณออกซิเจน เมื่อปริมาณออกซิเจนที่ได้ออกมามีค่ามากหรือน้อยเกินไป ก็จะเข้าสู่ระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งให้เข็มควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพทำงาน โดยในการปรับเข็มควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพ จะถูกปรับโดยการใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) ซึ่งการใช้ระบบควบคุมก๊าซชีวภาพแบบอัตโนมัติ จะทำให้อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงมีความเหมาะสมเพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ได้

## 2. เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

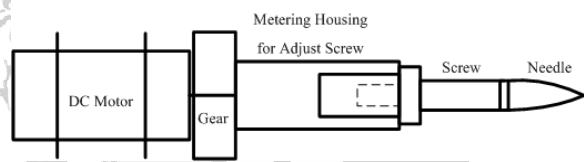
เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบระบบเชื้อเพลิงคู่ประกอบด้วยเครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบ ขนาดกลาง เป็นเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 2L เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ ขนาดกลาง จำนวน 4 สูบ แบบแนวตั้ง ระบายความร้อนด้วยน้ำแบบหม้อน้ำรังผึ้ง มีขนาดกระบอกสูบคูณช่วงชัก เท่ากับ 92 mm x 92 mm ปริมาตรกระบอกสูบ 2,446  $\text{cm}^3$  ให้กำลังสูงสุด 60 kW ที่ความเร็วรอบ 4,000 rpm แรงบิดสูงสุด 162 Nm ที่ความเร็วรอบ 2,400 rpm ระบบการเผาไหม้เป็นแบบห้องเผาไหม้ลว่งหน้า (Swirl Chamber)

การควบคุมเครื่องชนิดจะควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์สามารถควบคุมการทำงานได้ง่าย โดยประมวลผลข้อมูลจาก Sensor และแสดงผลเป็นตัวอักษรผ่านจอ LCD ได้ จึงเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ของ Philips เบอร์ P89C51RD2 เป็นหน่วยประมวลผลกลาง โดยมีข้อดีเหนือกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่นๆ คือ มีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลในตัว มีราคาถูก และหาได้ง่ายในท้องตลาด ภาษาที่ใช้เขียนควบคุม คือ ภาษาซี โดยองค์ประกอบของระบบควบคุมแบบ

อิเล็กทรอนิกส์ จะประกอบไปด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า (Power Supply) จอภาพแสดงผลตัวอักษรแบบ LCD (LCD Display) ในการทำงานของระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ จะรับข้อมูลจากสัญญาณ Oxygen Sensor และวัดค่า Upper Limit และ Lower Limit จากลูกบิดแบบ Volume แล้วนำมาประมวลเพื่อควบคุมอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพ โดยมีลำดับการทำงานแสดงเป็น Flow Chart ได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการประมวลผลเพื่อควบคุมอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพ

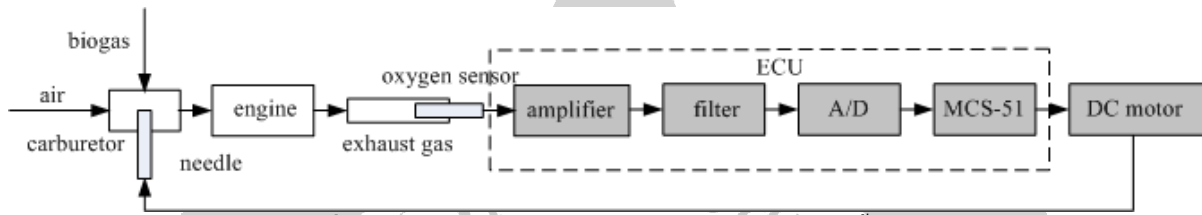


รูปที่ 2 ลักษณะการเชื่อมต่อ Metering Adjust Screw เข้ากับมอเตอร์

### 3. ขั้นตอนการดำเนินงานและวิธีการทดลอง

1. เดินเครื่องชนิดเพื่อหาความสัมพันธ์ของอัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ โดยใช้เครื่องวัด Gas Analyzer เพื่อใช้ในการวัดปริมาณออกซิเจนที่เกิดจากการเผาไหม้จากท่อไอเสีย จากนั้นทำการปรับปริมาณก๊าซชีวภาพตั้งแต่อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงต่ำสุดไปถึงสูงสุด แล้วทำการอ่านค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ได้

2. ออกแบบและสร้างเข็มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพให้มีระยะการหมุนเข็มขึ้น - ลง ตั้งแต่ปิดสนิทถึงเปิดสุดเป็นจำนวน 15 รอบ และกำหนดให้มีระยะพิทเกิดลื่นของการหมุนมีค่าเท่ากับ 1.75 mm โดยในการออกแบบเข็มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพ จะต้องควบคุมพื้นที่หน้าตัดของเข็มให้มีอัตราการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ที่คงที่ตลอดเวลา เมื่อมีการปรับเข็มให้ขึ้นหรือลงในแต่ละครั้งทีระยะเท่าๆ กัน เพื่อให้ปริมาณก๊าซชีวภาพมีการเปลี่ยนแปลงที่คงที่ตามการปรับเข็มในแต่ละครั้ง จากนั้น สร้างเข็มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพตามที่ได้ทำการออกแบบไว้ [5]



รูปที่ 3 ระบบควบคุมอัตราการเผาไหม้ระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง

3. ติดตั้งตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจนไว้ที่ท่อไอเสียของเครื่องยนต์ จากนั้นต่อสายสัญญาณให้ถูกต้อง ปรับเข็มควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพตั้งแต่อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงต่ำสุดไปถึงสูงสุด อ่านค่าแรงดันเอาท์พุทที่ได้ โดยค่าแรงดันเอาท์พุทจากตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจนจะเชื่อถือได้ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิภายในท่อไอเสียมีอุณหภูมิสูงถึง 350°C ซึ่งการทำงานในช่วงแรกสัญญาณที่อ่านได้จะน้อยมาก เพราะเป็นช่วงที่เครื่องยนต์เริ่มทำงาน อุณหภูมิภายในท่อไอเสียจะมีค่าไม่สูงถึง 350°C ดังนั้น จึงต้องทำการหน่วงสัญญาณไว้ที่ประมาณ 5-10 นาที ก่อนที่จะให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณต่อไป

4. ติดตั้งชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมเข็มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพ ดังนี้

4.1 มอเตอร์ติดตั้งไว้เพื่อควบคุมเข็มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพ

4.2 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) รับสัญญาณจากตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจน ส่งสัญญาณ

ให้กับ DC Motor เพื่อควบคุมเข็มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพให้หมุนปรับตามสัญญาณที่ได้รับมาจาก ECU

5. เดินเครื่องยนต์และเปิดชุดระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ โดยทำการตั้งค่าให้ระบบมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ โดยแรงดันเอาท์พุทจะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 450 mV หรือประมาณ 1.35 V เมื่อขยายสัญญาณแล้ว

6. วิเคราะห์และสรุปผลการควบคุมเข็มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพแบบอัตโนมัติ

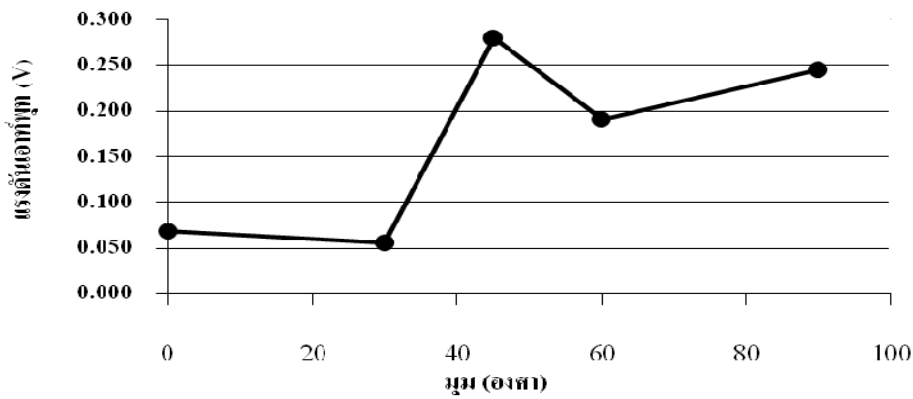
4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการทดสอบหาความละเอียดของการหมุนปรับก๊าซด้วยมือ

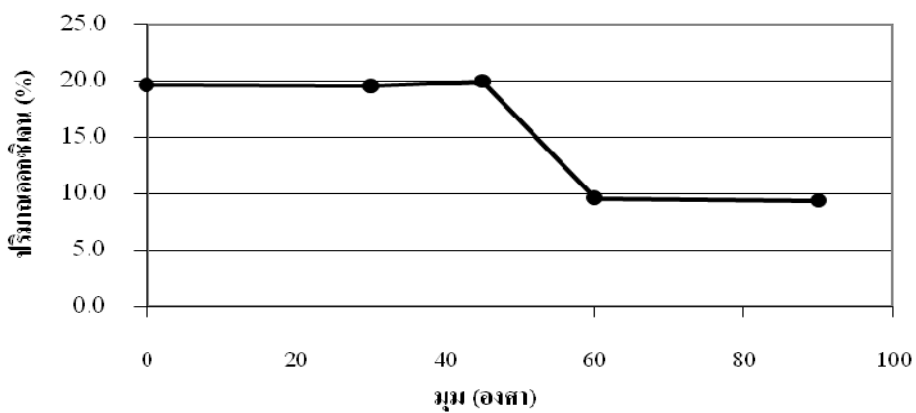
เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ในการควบคุมอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพ จะต้องมีการทดสอบเครื่องยนต์ โดยการปรับวาล์วที่ติดตั้งอยู่เดิมว่าสามารถปรับปริมาณก๊าซได้เป็นอย่างไร โดยมีผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของวาล์ว และข้อมูลที่ได้จากตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจนและ Gas Analyzer

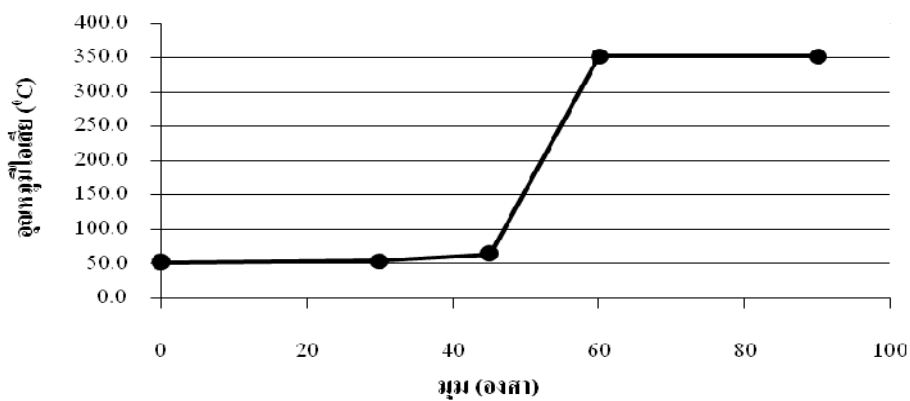
มุมการปรับบอลวาล์ว (องศา)	ตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจน	Gas Analyzer	
	แรงดันเอาท์พุท (V)	ปริมาณออกซิเจน (%)	อุณหภูมิไอเสีย (°C)
0	0.069	19.7	51.7
30	0.056	19.6	53.9
45	0.280	20.0	64.0
60	0.191	9.6	352.2
90	0.245	9.4	352.2



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมการปรับบอลวาล์ว และแรงดันเอาต์พุต



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมการปรับบอลวาล์ว และปริมาณออกซิเจน



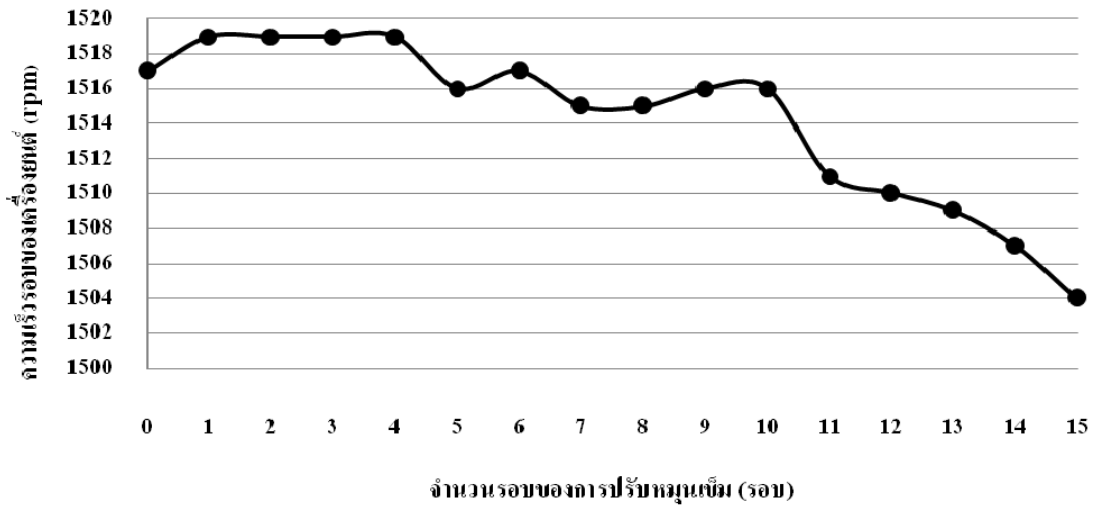
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมการปรับบอลวาล์ว และอุณหภูมิไอเสีย

จากตารางที่ 1 และรูปที่ 4-6 เมื่อทำการปรับมุมวาล์วควบคุมก๊าซชีวภาพไปที่ 0 องศา (ปิดสุด) 30, 45, 60 และ 90 (เปิดสุด) องศา ตามลำดับ แรงดันเอาต์พุตที่ได้มีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้น กล่าวคือ ถ้าปริมาณก๊าซชีวภาพน้อย

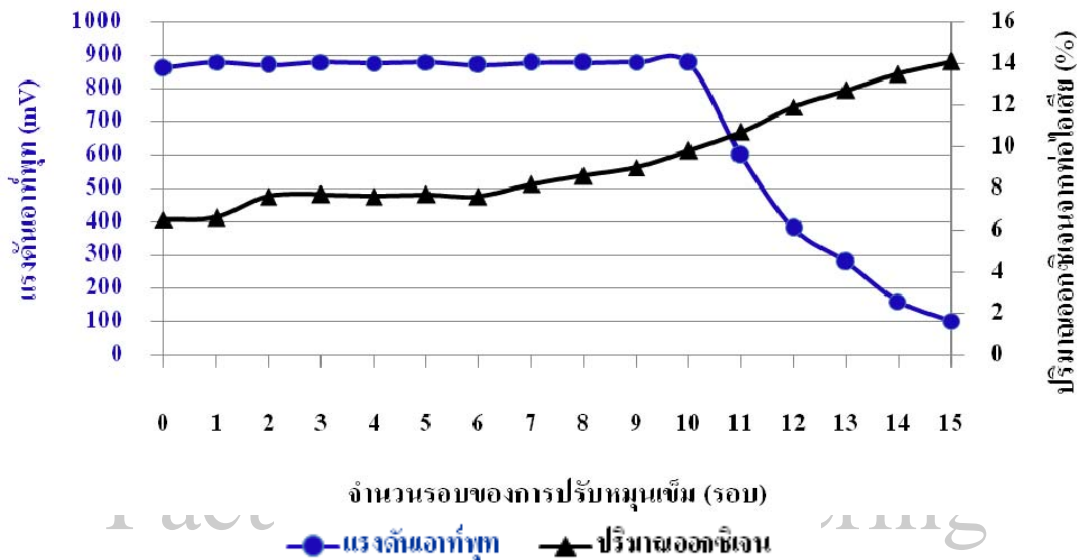
แรงดันเอาต์พุตที่ได้จะน้อย นอกจากนั้นพบว่า อุณหภูมิภายในท่อไอเสียมีค่าต่ำกว่า 350°C เมื่อมีปริมาณก๊าซชีวภาพน้อย ซึ่งส่งผลให้แรงดันเอาต์พุตที่อ่านได้เป็นค่าที่ใช้อย่างไม่ถูกต้อง เนื่องจากตัววัดปริมาณออกซิเจนจะสามารถอ่าน

ค่าที่ถูกต้องที่อุณหภูมิตั้งแต่ 350°C ขึ้นไป ดังนั้น ในการปรับตั้งครั้งแรก จะปรับตั้งบอลวาล์วไว้ที่ตำแหน่ง 6 องศา และเครื่องยนต์เชื้อเพลิงชนิดนี้ได้ปรับอัตราส่วนของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน : ก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 1:9 โดยกำหนดให้ไฮโดรคาร์บอนที่ค่าหนึ่ง และทำการปรับปริมาณก๊าซชีวภาพจนได้

อัตราส่วนดังกล่าว เมื่อทำการปรับวาล์วเปิดสุด ยังมีอากาศส่วนเกินเหลือออกมา โดยมีปริมาณออกซิเจนประมาณ 10% สรุปได้ว่า เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลองนี้มีการปรับแต่งให้เป็น Lean mixture อยู่ตลอดเวลา ถึงแม้ว่าจะทำการหมุนวาล์ว ณ ตำแหน่งใดก็ตาม



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างการหมุนเข็มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพตั้งแต่เปิดสุดถึงปิดสุดและความเร็วรอบของเครื่องยนต์



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างการหมุนเข็มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพตั้งแต่เปิดสุดถึงปิดสุดและแรงดันเอาต์พุตกับปริมาณออกซิเจน (%)

All Rights Reserved

รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ความสัมพันธ์ระหว่าง การหมุนเพิ่มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพตั้งแต่เปิดสุดถึงปิดสุด และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ พบว่า ในแต่ละรอบของการหมุนปรับเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องยนต์ จะมีค่าประมาณ 1,517 rpm ที่รอบของการหมุนปรับเพิ่มเปิดสุด จนถึงการหมุนปรับเพิ่มรอบที่ 10 จนกระทั่งการปรับหมุนเพิ่ม ไปรอบที่ 11 ความเร็วของเครื่องยนต์จะตกลงไปที่ 1,511 rpm และมีความเร็วรอบลดลงเรื่อยๆ ถ้ามีการหมุนเพิ่มปรับปริมาณก๊าซไปจนกระทั่งเพิ่มเปิดสุด สามารถสรุปได้ว่า ถ้ามีการหมุนรอบของเพิ่มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้น ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ จะลดลง ซึ่งจะส่งผลทำให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีค่าลดลงตามไปด้วย

รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่าง การหมุนเพิ่มปรับ ปริมาณก๊าซชีวภาพตั้งแต่เปิดสุดถึงปิดสุดและแรงดันเอาท์พุทกับปริมาณออกซิเจน (%) พบว่าในรอบการหมุนที่ 11 ถึง 12 จะได้ค่าแรงดันเอาท์พุทมีค่าเท่า 600 และ 380 mV ตามลำดับ เมื่อหมุนเพิ่มปรับปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้น แรงดันเอาท์พุทจะมีค่าน้อยกว่าที่ประมาณ 875 mV ตั้งแต่เปิดสุด จนกระทั่งหมุนเพิ่มปรับปริมาณก๊าซไปรอบที่ 10 จากนั้นในรอบที่ 11 ถึงรอบที่ 15 แรงดันเอาท์พุทจะมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว โดยลดจาก 600 mV ที่รอบที่ 11 ลงเหลือ 100 mV ที่รอบที่ 15 ซึ่งเป็นไปตามคุณลักษณะของตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจน คือ ถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงต่ออากาศมาก แรงดันเอาท์พุทจะมีค่ามาก แต่ถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงต่ออากาศน้อย แรงดันเอาท์พุทจะมีค่าน้อย

สำหรับปริมาณออกซิเจนจากท่อไอเสียที่ตรวจวัดได้นั้น เมื่อทำการปรับหมุนเพิ่มปรับปริมาณก๊าซที่จำนวนรอบเพิ่มมากขึ้น ปริมาณออกซิเจนจากท่อไอเสียก็จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงมีปริมาณอากาศมากขึ้นเรื่อยๆ ตามจำนวนรอบของการหมุนปรับเพิ่มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพที่เพิ่มมากขึ้น

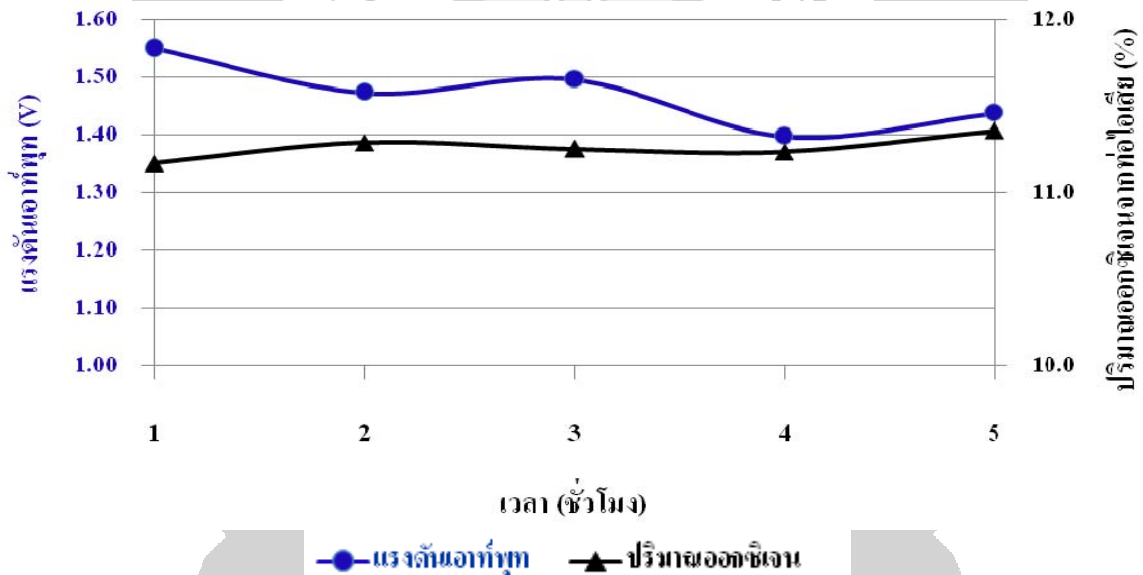
#### 4.2 การทดสอบชุดควบคุมอัตโนมัติสำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

การทดสอบชุดควบคุมอัตโนมัติสำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ โดยเป็นการควบคุมเพิ่มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพเพื่อควบคุมการจ่ายก๊าซชีวภาพด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ จะทำการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนจากท่อไอเสียแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในช่วง 200 ถึง 900 mV ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีขนาดเล็ก ดังนั้น จึงต้องทำการขยายสัญญาณเป็นขนาด 3 เท่า ของสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจน เพื่อให้สัญญาณอยู่ในช่วง 0-3 V ที่ A/D สามารถอ่านได้ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 600 ถึง 380 mV หรือ 1.80 ถึง 1.14 V (ช่วงที่ทำการขยายสัญญาณ) โดยปกติสัญญาณที่ได้ อาจเกิดสัญญาณรบกวนขึ้น จึงทำการกรองสัญญาณเพื่อลดสัญญาณรบกวนลงด้วยตัวกรองสัญญาณ (Filter) สัญญาณที่ได้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า จากนั้น เปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้าที่เป็นอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลเข้าสู่หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ทำการประมวลผลของสัญญาณเพื่อส่งสัญญาณไปที่ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ (Motor Drive) จากนั้น ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์จะส่งสัญญาณควบคุมมอเตอร์ ให้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนเพิ่มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพให้เหมาะสมกับอากาศเพื่อใช้ในการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพได้

การทดสอบชุดควบคุมอัตโนมัติสำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ จะทำการออกแบบให้ชุดควบคุมอัตโนมัติควบคุมการหมุนของเพิ่มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพอยู่ในรอบที่ 11 และ 12 โดยเครื่องยนต์มีความเร็วรอบคงที่ที่ 1,500 rpm แรงดันเอาท์พุทจากตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจนอยู่ในช่วง 600 ถึง 380 mV หรือ 1.80 ถึง 1.14 V ตามลำดับ เมื่อขยายสัญญาณแล้ว เพื่อให้ A/D สามารถอ่านค่าได้ (เป็นช่วงที่เครื่องยนต์เผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์) และปริมาณออกซิเจนที่ได้จากการตรวจวัดจากท่อไอเสียมีค่าอยู่ในช่วง 10.7-11.9% การทดสอบชุดอุปกรณ์อัตโนมัติสำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพนั้น จะออกแบบให้ เติ

เครื่องยนต์เป็นเวลาทุกๆ 1 ชั่วโมง รวมเวลาทั้งหมด 5 ชั่วโมง ในแต่ละชั่วโมงที่ทดลอง ได้บันทึกข้อมูล ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ แรงดันเอาต์พุตจากตัวตรวจวัดปริมาณ

ออกซิเจน ปริมาณออกซิเจนจากท่อไอเสีย กำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า จากนั้น เกลี่ยข้อมูลที่บันทึกเพื่อเป็นตัวแทนข้อมูลใน 1 ชั่วโมง



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและแรงดันเอาต์พุตกับปริมาณออกซิเจน (%) ที่รอบเครื่องยนต์ 1,509 rpm

เมื่อทดสอบการทำงานของชุดควบคุมเข็มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพที่สร้างขึ้นใหม่นี้ สามารถควบคุมปรับปริมาณก๊าซชีวภาพให้มีค่าแรงดันเอาต์พุตเฉลี่ยเท่ากับ 1.47 V เปอร์เซ็นต์ออกซิเจนเฉลี่ยจากท่อไอเสียเท่ากับ 11.3% ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1,509 rpm ดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งชุดอุปกรณ์อัตโนมัติสามารถควบคุมปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพเข้าเครื่องยนต์ และสามารถควบคุมการทำงานให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ได้

ปริมาณก๊าซ จากการทดสอบการทำงานของชุดควบคุมเข็มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพที่สร้างขึ้นนี้ สามารถควบคุมปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพเข้าเครื่องยนต์ และสามารถควบคุมการทำงานให้เกิดการเผาไหม้ที่เหมาะสมที่ค่าแรงดันเอาต์พุตเฉลี่ยเท่ากับ 1.47 V เปอร์เซ็นต์ออกซิเจนเฉลี่ยจากท่อไอเสียเท่ากับ 11.3% ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1,509 rpm

### 5. สรุป

อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติสำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ ถูกออกแบบเข็มปรับปริมาณก๊าซชีวภาพให้มีระยะการหมุนเพิ่มขึ้น – ลง ตั้งแต่ปิดสนิทถึงเปิดสุด เป็นจำนวน 15 รอบ และกำหนดให้มีระยะพิทเคลี้ยวของการหมุนมีค่าเท่ากับ 1.75 mm ทำให้มีช่วงในการหมุนปรับที่กว้างขึ้น โดยวิธีการเปลี่ยนพื้นที่หน้าตัดของนมหนู โดยเข็มควบคุม

### 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักนโยบายและแผนพลังงาน ซึ่งงานวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และ สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และข้อมูลสำหรับงานวิจัย



เอกสารอ้างอิง

- [1] กฤษฎา กัมแสง และพิชัย อัมระนันท์. (2534). *ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมจากเครื่องยนต์ใช้ก๊าซชีวภาพ*, ปรินูญาพันธคณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [2] ฉนพร จินดาประเสริฐ. (2544). *การศึกษาคุณลักษณะการเผาไหม้ของก๊าซชีวภาพในเครื่องยนต์สันดาปภายใน*, วิทยานิพนธ์คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [3] ปรีชา ศิริชาญ. (2544). *การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ*, ปรินูญาพันธคณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [4] สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2550). *โครงการพัฒนาเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ (ก๊าซชีวภาพน้ำมันดีเซล)*.
- [5] สมบูรณ์ ศิริพรมงคลชัย. (2548). *การปรับปรุงคาร์บูเรเตอร์สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้ก๊าซชีวภาพ*, ปรินูญาพันธคณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลิขสิทธิ์คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright©by  
Faculty of Engineering  
Chiang Mai University  
All Rights Reserved