

## ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายในใช้ก๊าซชีววมวล: กรณีศึกษาการติดตั้งและทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าขนาด 75 kW

### Electricity Generation using Producer Gas Engine: Installation and Testing of 75 kW Generator sets

พิศาล สมบัติวงศ์<sup>1\*</sup>, ธนภฤต นนท์ชนะ<sup>1</sup>, ประชาสันติ ไตรยสุทธิ<sup>2</sup>, กุลเชษฐ์ เพียรทอง<sup>2</sup>  
และคณิต วัฒนวิเชียร<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 85 ตำบลเมืองศรีโค  
อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

<sup>2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 85 ตำบลเมืองศรีโค อำเภวารินชำราบ  
จังหวัดอุบลราชธานี 34190

<sup>3</sup> ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330  
\*ติดต่อ: pisanme@hotmail.com, โทรศัพท์ 0-4535-3300 ต่อ 3394, โทรสาร 0-4535-3308

#### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการติดตั้งและทดสอบเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้ก๊าซชีววมวลเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 75 kW เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ 6 สูบ ขนาด 12,900 ซีซี จำนวน 2 เครื่อง ติดตั้งเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 ชนิดคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Synchronous และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Induction ระบบผลิตก๊าซชีววมวลที่ใช้เป็นแบบ Downdraft gasifier ขนาด 100 kW<sub>e</sub> ที่อัตราการไหลก๊าซ 300 Nm<sup>3</sup>/hr ใช้ไม้ยูคาลิปตัสสับเป็นเชื้อเพลิง ระบบผสมเชื้อเพลิงกับอากาศได้รับการออกแบบใหม่ให้เหมาะสมกับเชื้อเพลิงที่ใช้ ทดสอบที่ภาระทางไฟฟ้า 100%, 75%, 50% และ 25% เพื่อหาสมรรถนะและมลพิษ ภาระทางไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบเป็นภาระทางไฟฟ้าเทียบและทดสอบจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบสายส่งแรงต่ำของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ผลการทดสอบพบว่า ระบบผลิตก๊าซชีววมวลมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 70-75% ประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวมของระบบไฟฟ้าแบบ Synchronous และแบบ Induction โดยใช้ก๊าซชีววมวลเป็นเชื้อเพลิง คำนวณได้ 20% ที่ภาระทางไฟฟ้า 75% และ 17.6% ที่ภาระทางไฟฟ้า 100% ตามลำดับ ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุดที่คำนวณได้คือ 1.5 kg/kWh

**คำหลัก:** เครื่องยนต์ก๊าซชีววมวล; ระบบผลิตก๊าซชีววมวลแบบก๊าซไหลลง; สมรรถนะเครื่องยนต์; ประสิทธิภาพเชิงความร้อน; ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทน

#### 1. บทนำ

ปัจจุบันทั่วโลกต้องเผชิญกับปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและปริมาณน้ำมันสำรองที่หมดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนาต้องเร่งพัฒนาพลังงานทดแทนรูปแบบต่าง ๆ ขึ้น ก๊าซชีววมวลเป็นเชื้อเพลิงทางเลือก

รูปแบบหนึ่งที่มีศักยภาพในการทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในได้ โดยเฉพาะในเครื่องยนต์ติดตั้งกับที่ (Stationary engine) [1-2] เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องสูบน้ำ เป็นต้น โดยสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด โดยทดแทนน้ำมันดีเซลบางส่วนในรูปแบบของ

## AEC-98

เชื้อเพลิงร่วม (Dual fuel mode) และในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ในรูปของเชื้อเพลิงเดี่ยว (Producer gas alone mode)

การใช้ก๊าซชีววมวลในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ในรูปแบบเชื้อเพลิงเดี่ยว จะใช้หัวเทียนในการเริ่มต้นการจุดระเบิด แต่การใช้ในรูปเชื้อเพลิงร่วมนั้น จำเป็นต้องใช้น้ำมันดีเซลบางส่วนช่วยในการเริ่มต้นการจุดระเบิด เนื่องจากก๊าซชีววมวลมีค่าออกเทนสูงกว่า 105 ทำให้ไม่สามารถจุดระเบิดด้วยตัวเองภายใต้สภาวะแรงดันและอุณหภูมิภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไปได้ [3] เมื่อเปรียบเทียบการทำงานของทั้ง 2 รูปแบบแล้ว พบว่า การใช้งานในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟสามารถใช้ก๊าซชีววมวล 100% ได้ ในขณะที่รูปแบบเชื้อเพลิงร่วมยังต้องการน้ำมันดีเซลหรือน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อเป็นเชื้อเพลิงฉีดนำ หากพิจารณาถึงอายุการใช้งานแล้ว S. Dasapa et al. [4] รายงานไว้ว่า การศึกษาการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีววมวลเป็นเชื้อเพลิงเป็นระยะเวลา 5,000 ชั่วโมง พบว่า มีการสึกหรออยู่ในระดับปกติใกล้เคียงกับการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ทำให้เชื่อได้ว่าการใช้งานก๊าซชีววมวลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จะไม่ส่งผลเสียต่อการสึกหรอและอายุการใช้งานของเครื่องยนต์เช่นกัน

ในการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์สันดาปภายในใช้ก๊าซชีววมวลในเครื่องยนต์ขนาดเล็กนั้น M. Munoz et al.[5] และ Ajay Shah et al.[6] ได้ศึกษาพบว่ากำลังที่ได้จากเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีววมวลต่ำกว่าการใช้น้ำมันแก๊สโซลีนประมาณ 45-50% เมื่อทดสอบในเครื่องยนต์เดียวกัน ส่วนด้านมลพิษพบว่า CO จากการใช้ก๊าซชีววมวลต่ำกว่าการใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 63-70% ซึ่งเป็นข้อดีของการใช้ก๊าซชีววมวลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายใน

ในประเทศไทยนั้น มีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ก๊าซชีววมวลเพื่อผลิตไฟฟ้าอยู่บ้าง เช่น สหฤทัย ลาตปาละ และคณะ[7] ได้ศึกษาประสิทธิภาพทางด้านเทคนิคของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยก๊าซชีววมวล โดยใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นเชื้อเพลิง พบว่า ประสิทธิภาพการ

เปลี่ยนรูปพลังงานโดยรวมเท่ากับ 10% โดยเชื้อเพลิงชีววมวล 2 kg สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 1 kWh ทิพย์สุภินทร์ หินชุย [8] ได้ศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม โดยใช้เตาผลิตก๊าซชีววมวลแบบไหลลงพบว่า ประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปพลังงานโดยรวมเท่ากับ 12.27% อัตราการใช้เชื้อเพลิงกากตะกอนเท่ากับ 2.09 kg/kWh

จากการทบทวนเอกสารพบว่า ถึงแม้จะมีการใช้งานก๊าซชีววมวลในเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในมาเป็นเวลายาวนาน แต่ในประเทศไทยยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก งานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องยนต์ก๊าซชีววมวลส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในเครื่องยนต์ขนาดเล็ก ส่วนการศึกษาการประยุกต์ใช้ในระดับใหญ่ขึ้นยังมีข้อมูลเผยแพร่อยู่น้อย ดังนั้นบทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ผลการศึกษา การติดตั้งและทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายในใช้ก๊าซชีววมวลเป็นเชื้อเพลิง ภายใต้โครงการศึกษาแนวทางการพัฒนาเครื่องยนต์สันดาปภายในใช้ก๊าซชีววมวล (Gas engine) ที่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน [9] ทั้งนี้เพื่อหาแนวทางในการส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาเครื่องยนต์เพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์และส่งเสริมใช้งานระบบผลิตก๊าซชีววมวลให้แพร่หลายในประเทศไทยให้มากขึ้นด้วย

## 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ก๊าซชีววมวล

ก๊าซชีววมวล เป็นก๊าซที่ได้จากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification process) ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็ง (ชีววมวล) ให้อยู่ในรูปก๊าซเชื้อเพลิง โดยปฏิกิริยาเคมีความร้อน (Thermochemical reaction) ซึ่งเริ่มจากการออกซิเดชันบางส่วน (Partial oxidation) ของเชื้อเพลิงแข็ง ที่อุณหภูมิสูงด้วยอากาศ ไอน้ำหรือออกซิเจน ในช่วงอุณหภูมิ 800 – 1,800 องศาเซลเซียส ความร้อนที่ได้จากกระบวนการนี้จะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาประเภทต่างๆ

## AEC-98

ตามมาก็คือ ปฏิบัติการรีดักชัน (Reduction) ไพโรไลซิส (Pyrolysis) และการอบแห้ง (Drying) ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้คือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) และน้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในปฏิบัติการรีดักชัน (Reduction) เพื่อผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Producer gas) ซึ่งมีค่าความร้อนประมาณ 3 - 10 MJ/Nm<sup>3</sup> ขึ้นอยู่กับตัวทำปฏิกิริยาและเชื้อเพลิงที่ใช้ โดยทั่วไปก๊าซชีว-มวลที่ใช้ในอากาศเป็นตัวทำปฏิกิริยาในเตาผลิตก๊าซแบบไหลลง จะมีค่าความร้อนประมาณ 5 MJ/Nm<sup>3</sup> [1-3] ก๊าซเชื้อเพลิงนี้มีองค์ประกอบหลักคือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไฮโดรเจน ( $\text{H}_2$ ) และ ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ซึ่งเป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ได้ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น การนำไปใช้ให้ความร้อนในครัวเรือนและอุตสาหกรรม ใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ เครื่องจักรกังหันก๊าซ หรือการใช้เป็นสารตั้งต้นในการเพิ่มคุณภาพให้เป็น สารเคมีหรือน้ำมันเชื้อเพลิงสังเคราะห์สำหรับการขนส่ง

### 2.2 เครื่องยนต์ก๊าซชีวมวล

ก๊าซชีวมวลสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบลูกสูบได้ โดยแบ่งตามลักษณะการใช้เชื้อเพลิงได้เป็น 2 ประเภทคือ การใช้ในรูปแบบเชื้อเพลิงเดี่ยว และการใช้ในรูปแบบเชื้อเพลิงร่วมเครื่องยนต์เชื้อเพลิงเดี่ยว เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีว-มวลเพียงอย่างเดียว จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ดัดแปลงมาจากเครื่องยนต์แก๊สโซลีนหรือเครื่องยนต์ดีเซลก็ได้ มีข้อดีคือสามารถทำงานได้โดยใช้ก๊าซชีว-มวลเพียงอย่างเดียว และใช้หลักการเดียวกับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟทั่วไป

เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟที่ใช้ก๊าซชีว-มวลเป็นเชื้อเพลิง ดัดแปลงได้จากเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซล มีสิ่งที่จะต้องมีการปรับปรุงดังนี้

1) ติดตั้งอุปกรณ์ผสมก๊าซเชื้อเพลิงกับอากาศ (Gas mixer) ที่บริเวณท่อร่วมไอดีก่อนเข้าคาบูเรเตอร์ หรือบริเวณหน้าลิ้นปีกผีเสื้อเพื่อผสมอากาศและก๊าซ

เชื้อเพลิง ถ้าเป็นเครื่องหัวฉีด ให้เอาหัวฉีดออก แต่ถ้าต้องการให้เครื่องยนต์สามารถชักกับน้ำมันแก๊สโซลีนได้ด้วย ก็ไม่ต้องเอาหัวฉีดหรือคาบูเรเตอร์ออก เพียงแต่ติดตั้ง Gas mixer ที่ท่อร่วมไอดีและทำสวิทช์เลือกว่าจะให้น้ำมันหรือก๊าซไหลเข้าเครื่องยนต์

2) ติดตั้งวาล์วปรับอัตราการไหลของก๊าซ เพื่อควบคุมปริมาณก๊าซและอากาศในอัตราส่วนที่เหมาะสม

3) ปรับองศาจุดระเบิดให้เหมาะสมกับเชื้อเพลิงและอัตราส่วนการอัด (Compression ratio) โดยเชื้อเพลิงที่มีความเร็วในการเผาไหม้ต่ำต้องปรับองศาจุดระเบิดล่วงหน้ามากขึ้น ในขณะที่อัตราส่วนการอัดสูงต้องปรับองศาจุดระเบิดให้ล่าช้าลง

4) เพิ่มค่าอัตราส่วนการอัด ถ้าเป็นไปได้ควรเพิ่มอัตราส่วนการอัดให้สูงขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ แต่มีข้อจำกัดในการเพิ่มอัตราส่วนการอัดต้องไม่สูงจนทำให้เครื่องยนต์เกิดการน็อกขึ้น

## 3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

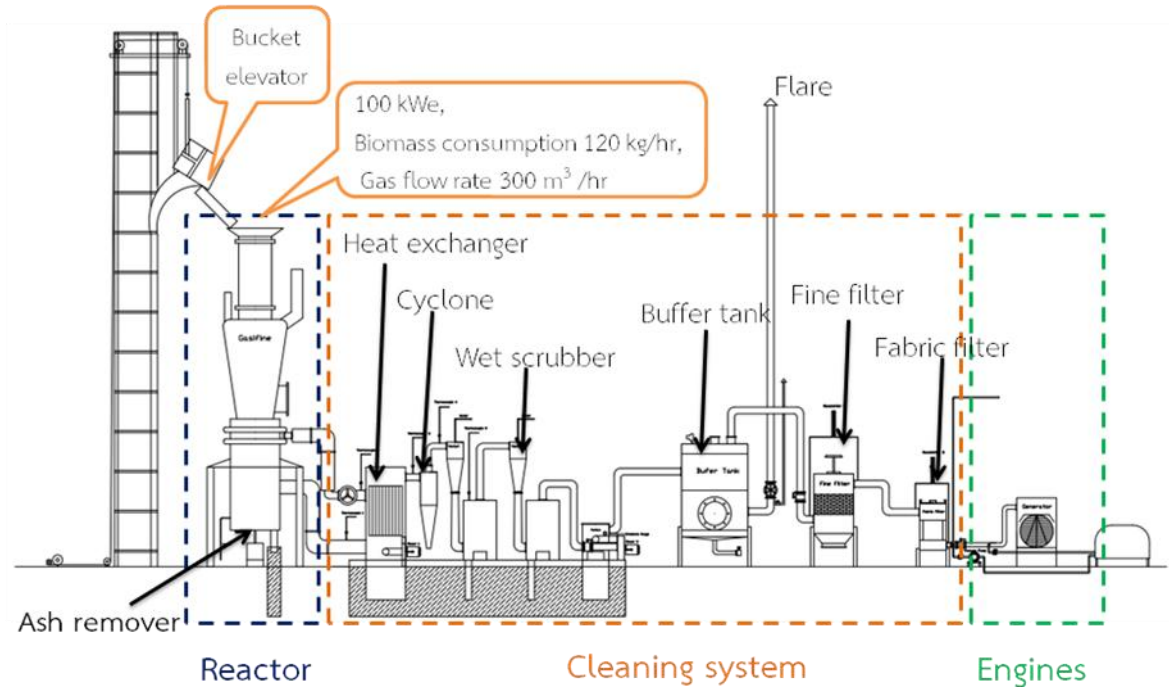
### 3.1 อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยเตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบก๊าซไหลลง เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ 4 จังหวะ ติดตั้งเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องมือวัดอัตราการไหล ตู้ควบคุมทางไฟฟ้าและภาระทางไฟฟ้า พร้อมด้วยเครื่องวัดมลพิษจากไอเสีย

เตาผลิตก๊าซชีวมวลเป็นแบบก๊าซไหลลง ขนาด 100 kW<sub>e</sub> โดยใช้ไม้ยูคาลิปตัสขนาด 30-50 มิลลิเมตร เป็นเชื้อเพลิง รายละเอียดของเตาผลิตก๊าซชีวมวลแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 1

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องยนต์ก๊าซชีวมวล 4 จังหวะ จุดระเบิดด้วยประกายไฟ หกสูบ เรียง ระบายความร้อนด้วยน้ำ ยี่ห้อ Lvhuan รุ่น LHBMG 100 จำนวน 2 เครื่อง ดังแสดงในรูปที่ 2 รายละเอียดของเครื่องยนต์ทดสอบแสดงในตารางที่ 2

**AEC-98**



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบผลิตก๊าซชีววมวล

ตารางที่ 1 รายละเอียดเตาผลิตก๊าซชีววมวล

Type of gasifier	Double throat downdraft
Capacity	100 kW <sub>e</sub>
Fuel consumption	120 kg/hr
Gas flow rate	300 Nm <sup>3</sup> /hr
Biomass size	30 mm – 50 mm
Efficiency	70 – 75%



รูปที่ 2 เครื่องยนต์ก๊าซชีววมวลที่ใช้ทดสอบ

เครื่องยนต์ 2 เครื่อง ได้รับการติดตั้งเข้ากับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 ชนิดคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบบ Synchronous และแบบ Induction ตารางที่ 2 รายละเอียดเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ

Model	Lvhuan LHBMG 100
Bore x Stroke	135 x 150
No. of cylinder	6
Piston displacement	12,900 cc
Rated speed	1500 rpm

อุปกรณ์ผสมอากาศและเชื้อเพลิง (Mixer) ที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นแบบ Venturi mixer ออกแบบโดย ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี [9] ดังแสดงในรูปที่ 3

วัดก๊าซไอเสียจากเครื่องยนต์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ ก๊าซไอเสียรุ่น HM 5000 ผลิตโดย Infrared Industries ซึ่งสามารถวัดก๊าซต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายละเอียดเครื่องวัดไอเสียจากเครื่องยนต์

Gas	Range	Resolution&Accuracy
HC	0 - 10,000 ppm	10 ppm ±2%

## AEC-98

CO	0 – 10 %	0.01% ±2%
CO <sub>2</sub>	0 – 20 %	0.01% ±2%
O <sub>2</sub>	0 – 25 %	0.01% ±2%
NO <sub>x</sub>	0 – 5000 ppm	1 ppm ±2%



รูปที่ 3 Venturi mixer ที่ติดตั้งเข้ากับเครื่องยนต์

### 3.2 วิธีการทดสอบ

ในการศึกษานี้ได้ออกแบบการทดลองและวางเงื่อนไขการทดลองไว้ดังนี้

1) ทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ภาระทางไฟฟ้า 25%, 50%, 75% และ 100% ในกรณีการทดสอบ Synchronous generator 100% หมายถึง 75 kVA ส่วน กรณี Induction generator 100% หมายถึง 75 แรงม้า

2) ภาระทางไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบ Synchronous generator จะใช้อ่างน้ำเกลือ (Salt bath dummy load) เป็นภาระจำลองดังแสดงในรูปที่ 5 ส่วนการทดสอบ Induction generator จะใช้การจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบของการไฟฟ้าแล้วปรับภาระโดยการปรับปริมาณเชื้อเพลิง ด้วยวาล์วปีกผีเสื้อที่อยู่ในเครื่องยนต์ซึ่งถูกควบคุมด้วย Speed adjuster ที่ติดตั้งที่ตู้ควบคุมทางไฟฟ้า

3) ค่าที่ทำการศึกษาวัดได้แก่ อัตราการไหลของก๊าซ, กำลังไฟฟ้าที่จ่าย, มลพิษ ที่ภาระทางไฟฟ้า 25%, 50%, 75% และ 100%

4) การวัดอัตราการสิ้นเปลืองชีวมวลใช้วิธีการเติมชีวมวลให้เต็มเตาทุก ๆ 1 ชั่วโมง และบันทึกน้ำหนักที่เติมไว้

5) วิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวมของระบบ (Overall thermal efficiency, gas to electricity)

6) ตรวจสอบสภาพน้ำมันเครื่อง, หัวเทียน, กรองอากาศ ต่าง ๆ



รูปที่ 5 ภาระทางไฟฟ้าเทียมที่ใช้ทดสอบ

### 4. ผลการทดสอบ

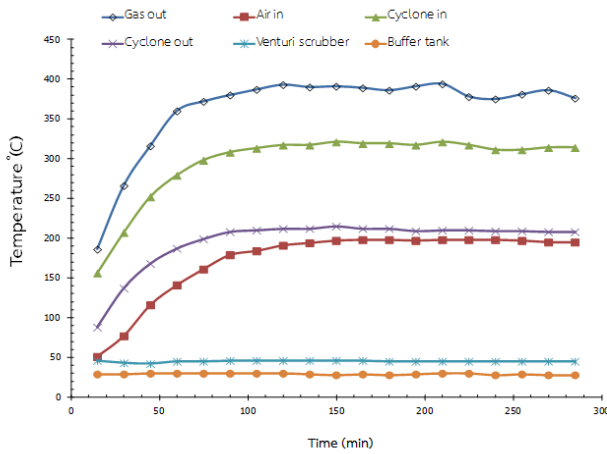
ผลการทดสอบแบ่งเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือ ผลการทดสอบระบบผลิตก๊าซชีวมวล และผลการทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวมวล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.1 ผลการทดสอบระบบผลิตก๊าซชีวมวล

##### 4.1.1 อุณหภูมิในระบบผลิตก๊าซชีวมวล

จากรูปที่ 6 ซึ่งแสดงอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ภายในระบบผลิตก๊าซชีวมวล พบว่า อุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ จะเข้าสู่สภาวะคงที่ หลังจากเวลาผ่านไปประมาณ 100 นาที ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการใช้งานและการเก็บตัวอย่างก๊าซชีวมวลเพื่อวัดค่าองค์ประกอบก๊าซควรเก็บภายหลังจากเดินระบบผลิตก๊าซชีวมวลไปแล้วประมาณ 2 ชั่วโมง

## AEC-98



รูปที่ 6 อุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ภายในระบบผลิตก๊าซชีววมวล

### 4.1.2 องค์ประกอบก๊าซและค่าความร้อน

ค่าองค์ประกอบก๊าซที่วัดได้แสดงในตารางที่ 4 ได้จากการเก็บก๊าซตัวอย่างใส่ถุงเก็บก๊าซและวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas chromatography โดยสุ่มเก็บตัวอย่างทุก ๆ 1 ชั่วโมง พบว่า ค่าองค์ประกอบก๊าซชีววมวลที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกับที่ผู้ผลิตให้ไว้เป็นค่าอ้างอิง เมื่อนำองค์ประกอบก๊าซที่วัดได้มาวิเคราะห์ค่าความร้อนจะได้ค่าอยู่ระหว่าง 4.5 – 5.8 MJ/m<sup>3</sup> ซึ่งเป็นค่าความร้อนโดยทั่วไปของระบบผลิตก๊าซชีววมวลที่ใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงและใช้อากาศเป็นตัวทำปฏิกิริยา

ตารางที่ 4 องค์ประกอบก๊าซและค่าความร้อนของก๊าซชีววมวล

Gas	Percentage
CO	17-20%
H <sub>2</sub>	12-14%
CH <sub>4</sub>	1.2-6%
CO <sub>2</sub>	6-7%
N <sub>2</sub>	50-54%
Calorific value	4.5 – 5.8 MJ/Nm <sup>3</sup>

### 4.1.2 ทาร์และฝุ่น

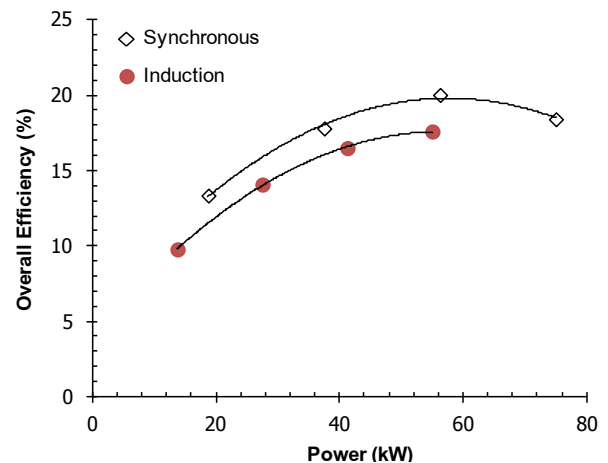
วัดโดยการดูดตัวอย่างก๊าซผ่านกระดาษกรองและชุดของขวดอิมฟิงเจอร์ที่บรรจุสารละลายไอโซโพรพา-

นอล จำนวน 6 ขวด แก๊สเชื้อเพลิงที่ไหลผ่านควบคุมให้มีอัตราการไหล 10 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 50 นาที ปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงที่ไหลผ่านจะเท่ากับ 0.5 Nm<sup>3</sup> ผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณทาร์ที่วัดได้มีค่าระหว่าง 24 – 30 mg/m<sup>3</sup> และฝุ่นที่วัดได้มีค่า 0.002 – 0.034 mg/m<sup>3</sup> ซึ่งมีขนาดไม่เกินค่ามาตรฐานที่ผู้ผลิตระบุไว้สามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี

## 4.2 ผลการทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีววมวล

### 4.2.1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวม

จากผลการเก็บข้อมูลอัตราการไหลของก๊าซชีววมวล และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับภาระ สามารถนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวม (จากก๊าซชีววมวลไปเป็นไฟฟ้า) ได้ และเมื่อนำค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวมในแต่ละภาระ มาเขียนเป็นแผนภูมิแสดงแนวโน้มจะได้ดังรูปที่ 7 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อภาระเพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องยนต์ที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Synchronous จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบ Induction generator โดยประสิทธิภาพสูงสุดที่วัดได้ของเครื่องยนต์ที่ต่อกับ Synchronous generator สามารถได้ 20% ที่ภาระทางไฟฟ้า 75% ส่วนประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวมสูงสุดของเครื่องยนต์ต่อกับ Induction generator สามารถได้ประมาณ 17.6% ที่ภาระ 100%

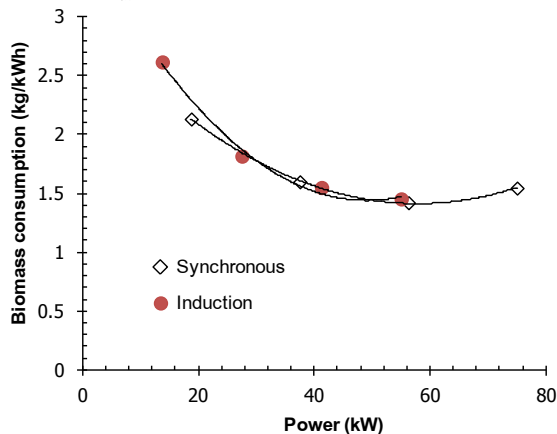


## AEC-98

รูปที่ 7 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยรวมของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยก๊าซชีววมวล

### 4.2 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ

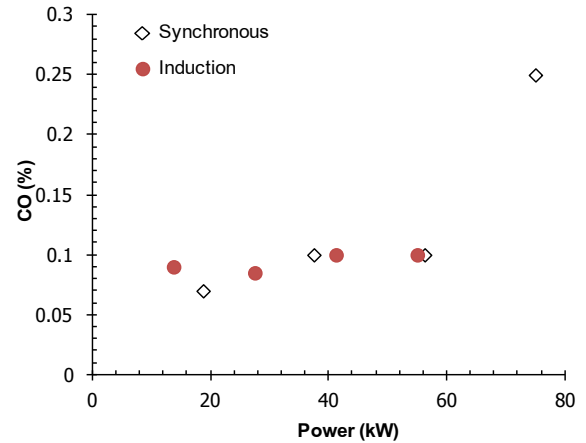
เมื่อนำอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเทียบกับปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อชั่วโมง มาคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ และเขียนเป็นแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ จะสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อภาระทางไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะจะลดลง และค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุดที่คำนวณได้คือประมาณ 1.4-1.5 kg/kWh ที่ภาระ 75-100% ดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งใกล้เคียงกับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยก๊าซชีววมวลที่ใช้ไม่เป็นเชื้อเพลิงในเตาผลิตก๊าซแบบ Downdraft gasifier ที่ใช้อากาศเป็นตัวทำปฏิกิริยาทั่ว ๆ ไป



รูปที่ 8 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ ของเครื่องยนต์

### 4.3 มลพิษจากเครื่องยนต์

จากผลการวัดก๊าซไอเสียจากเครื่องยนต์ เมื่อนำมาเขียนเป็นแผนภูมิ ดังรูปที่ 9 จะเห็นว่า ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากเครื่องยนต์ก๊าซชีววมวลมีค่า 0.07-0.11% มีค่าต่ำกว่าการใช้น้ำมันแก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งโดยทั่วไปมีค่าประมาณ 1% ขึ้นไป ทั้งนี้ อาจเกิดจากก๊าซชีววมวลมีสถานะเป็นก๊าซสามารถผสมเข้ากันเป็นอย่างดีกับอากาศภายใน Mixer ทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างทั่วถึงสมบูรณ์กว่า



รูปที่ 9 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากเครื่องยนต์

## 5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการติดตั้งและทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อทดสอบหาสมรรถนะและมลพิษ ของเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีววมวลเป็นเชื้อเพลิงสามารถสรุปผลได้ดังนี้

ระบบผลิตก๊าซชีววมวลจะมีอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ คงที่หลังจากใช้งานผ่านไปประมาณ 2 ชั่วโมง สามารถผลิตก๊าซชีววมวลที่มีค่าความร้อน 4.5-5.8 MJ/m<sup>3</sup> ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบผลิตก๊าซชีววมวล 70-75% โดยมีทาร์และฝุ่นต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับการใช้งานกับเครื่องยนต์

การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พบว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Synchronous มีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบ Induction generator โดยประสิทธิภาพสูงสุดที่วัดได้ ของเครื่องยนต์ต่อกับ Synchronous generator คำนวณได้ 20% ที่ภาระทางไฟฟ้า 75% ส่วนประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวมสูงสุดของเครื่องยนต์ต่อกับ Induction generator คำนวณได้ประมาณ 17.6% ที่ภาระ 100% ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุดที่คำนวณได้คือประมาณ 1.4-1.5 kg/kWh ส่วนมลพิษที่วัดได้พบว่า CO มีค่า 0.07-0.1%

ในการศึกษานี้ยังขาดการศึกษาเรื่องอิทธิพลของอัตราการจุดระเบิดและอัตราส่วนการอัดต่อสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการนำไปพัฒนาเครื่องยนต์สันดาปภายในใช้ก๊าซชีววมวล ซึ่งเป็นเรื่องที่ควรศึกษาเพิ่มเติม

## AEC-98

### 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยนี้ และศูนย์เชื้อเพลิงและพลังงานจากชีวมวล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี ที่อนุเคราะห์ระบบผลิตก๊าซชีวมวล สถานที่ติดตั้งเครื่องยนต์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

### 7. เอกสารอ้างอิง

[1] Martinez, J.D., Mahkamov, K., Andrade, R.V. and Silva Lora, E.E. (2012). Syngas production in downdraft biomass gasifiers and its application using internal combustion engines, *Renewable Energy*, vol. 38, pp.1-9.

[2] Ramadas, A.S., Jayaraj, S. and Muraleedharan, C. (2008). Dual fuel mode operation in diesel engines using renewable fuels: Rubber seed oil and coir-pith producer gas. *Renewable Energy*, vol 33, pp. 2077-2083.

[3] Banapurmath, N.R., Tewari, P.G., Yaliwal V.S., Kambalimath, Satish and Basavarajappa. 2009. Combustion characteristics of a 4-stroke CI engine operated on Honge oil, Neem and Rice Bran oils when directly injected and dual fuelled with producer gas induction, *Renewable Energy*, vol. 34, pp. 1877-1884.

[4] Dasappa, S., Sridhar, G., Sridhar, HV, Rajan, NKS., Paul, P.J. and Upasani, A. (2007). Producer gas engines—proponent of clean energy technology, paper presented in *the 15th european biomass conference and exhibition—from research to market deployment—biomass for energy, industry and climate protection*, Munich, Germany.

[5] Munoz, M., Moreno, F., Morea-Roy, J., Ruiz, J. and Arauzo, J. (2000), Low heating value gas

on spark ignition engines. *Biomass and Bioenergy*, vol. 18, pp. 431-439

[6] Shah, A., Srinivasan, R., Filip, D.S. and Eugene P. Columbus, E.P. (2010) Performance and emissions of a spark-ignited engine driven generator on biomass based syngas. *Bioresource Technology*, vol.101, pp. 4656-4661

[7] สหัตถยา ลาดपालะ, นิพนธ์ เกตุจ้อย และวัฒนพงษ์ รัถวิเชียร (2550). การประเมินประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าแก๊สชีวมวล, *การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3*, โรงแรมใบหยกสกาย กรุงเทพฯ

[8] ทิพย์สุภินทร์ หินชุย (2550). การศึกษาการกำจัดกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตพลังงานโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน : กรณีศึกษาจากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม, *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสุรนารี*, หน้า 117 – 121

[9] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2557). *รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาแนวทางการพัฒนาเครื่องยนต์สันดาปภายในใช้ก๊าซชีวมวล (Gas Engine)*