บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ปัจจุบันการใช้พลังงานของประเทศเป็นไปในอัตราที่สูงขึ้น โดยพลังงานหลักที่สำคัญที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ น้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งพลังงานเหล่านี้ เกิดจากการสะสมของซากพืชซากสัตว์ เป็นเวลานับล้านปีและเกิดการแปรสภาพเป็นน้ำมันขึ้นภายใต้พื้นพิภพ โดยพลังงานเหล่านี้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย และนับวันจะน้อยลงทุกที เนื่องจากการกำเนิดของพลังงานที่ไม่ทันต่อการนำมาใช้ หากไม่มีการบริหารการใช้พลังงานที่ดีพอ จะส่งผลให้พลังงานใต้พิภพหมดลงในเวลาอันรวดเร็ว ดังนั้นจะต้องมีการพยายามหาแหล่งพลังงานอื่น เพื่อใช้ทดแทนพลังงานหลัก และเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง โดยนำเอาพลังงานจากธรรมชาติ ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์, พลังงานน้ำ, พลังงานลม และพลังงานจากก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นพลังงานทดแทน [1]

พลังงานจากก๊าซชีวภาพ (Biogas) เป็นอีกหนึ่งหนทางที่ดีที่จะใช้เป็นพลังงานทดแทน ในปัจจุบันนิยมการใช้มูลสัตว์มาทำการหมักและเกิดเป็นก๊าซชีวภาพ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยทดลองนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางเป็นเวลาหลายปีมาแล้ว เช่น ในประเทศอินเดีย, สาธารณรัฐประชาชนจีน และกลุ่มประเทศในแถบทวีปแอฟริกา สำหรับประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม โดยพลเมืองส่วนใหญ่ของประเทศทำอาชีพเกษตรกรรม โดยมีการนำเอาเครื่องจักรกลมาใช้แทนแรงงานสัตว์มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีการใช้แรงงานจากสัตว์ และยังมีการเลี้ยงสัตว์เพื่อการค้าอยู่มาก ดังนั้นจึงยังมีหนทางที่น่าสนใจที่จะใช้มูลสัตว์เหล่านั้น มาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ และในขณะเดียวกันก็จะเป็นการกำจัดสิ่งปฏิกูลให้ถูกสุขลักษณะ เพื่อช่วยสร้างเสริมสภาพแวดล้อมให้ดีขึ้น นอกจากนั้นแล้วมูลสัตว์ที่เกิดจากการหมักแล้วยังมีคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ดีกว่ามูลสดอีกด้วย [2,3]

การนำเอาก๊าซชีวภาพ (Biogas) มาใช้ประโยชน์โดยเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตงานกลในการขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อใช้ในฟาร์มปศุสัตว์ จะเป็นประโยชน์อย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากจะเป็นการลดและทดแทนการใช้เชื้อเพลิงจากน้ำมันแล้วยังช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดจากการเผาผลาญน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งก๊าซ CO_2 เป็นสาเหตุทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhourse Effect) อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้ทั้งในรูปของความร้อนโดยตรง เช่น ใช้แทนก๊าซหุงต้ม(LPG), สำหรับหัวกกลูกสุกร, ทดแทน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้น้ำมันเตาในหม้อต้มไอน้ำ (Boiler) สำหรับกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ จากประโยชน์ดังกล่าว ในระหว่างปี 2531-2537 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่และกรมส่งเสริมการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้ร่วมกันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขึ้นมา โดยได้รับการสนับสนุนและความร่วมมือจากองค์การ GTZ ประเทศเยอรมันนี โดยได้ก่อตั้งหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (BAU) ซึ่งปัจจุบันเปลี่ยนชื่อเป็น "สถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพมหาวิทยาลัยเชียงใหม่" ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2534 และในปลายปี พ.ศ. 2538 ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สพช.) โดยได้ให้การสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานแก่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยตั้งสำนักงานอยู่ในบริเวณสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหี่ยะ ตำบลแม่เหียะ อำเภอเมืองเชียงใหม่ ซึ่งได้จัดสรรงบประมาณสนับสนุนสำหรับการวิจัยผลิตก๊าซชีวภาพขนาด 570 ล้านลูกบาศก์เมตรทั่วประเทศ โดยเป็นค่าดำเนินการให้ไว้กับมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ประมาณ 200 ล้านบาท [4]

สถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้เริ่มต้นนำเอาก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยใช้ชุดผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยใช้หลักการที่ว่าเพลามอเตอร์ต่อตรงเข้ากับเครื่องยนต์ เมื่อเครื่องยนต์หมุนทำงานชนะความเร็วซิงโคนัสของมอเตอร์ มอเตอร์ก็จะทำหน้าที่เป็นไดนาโม ระบบนี้จะมีข้อดีคือ สามารถผลิตไฟฟ้าร่วมกับไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯได้ทันที แต่ระบบนี้จะต้องมีไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ ต่อร่วมด้วยเสมอ โดยระบบจะผลิตเฉพาะในส่วนของกระแส ส่วนแรงดันและความถี่จะใช้ของการไฟฟ้าฯ ทำให้ไม่เกิดผลเปลี่ยนแปลงต่อแรงดันและความถี่ซึ่งหากนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือคอมพิวเตอร์มาต่อใช้งานจะไม่ทำให้ระบบเสียหายแต่อย่างใด และได้พัฒนาระบบผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีกำลังผลิตประมาณ 18 kW โดยใช้เครื่องยนต์ขนาด 1,800-2,000 cc เป็นเครื่องต้นกำลังขับมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 25 HP (18 kW) ทำงานที่ความเร็วรอบ 1,500 rpm โดยที่ฟาร์มมีระบบผลิตก๊าซชีวภาพขนาด 1,000-2,000 m^3 จะติดตั้งชุดผลิตพลังงานไฟฟ้าประมาณ 3-4 ชุด (1 ชุดจะประกอบด้วยชุดเครื่องยนต์ 2 ชุดทำงานสลับกัน) ซึ่งได้พบว่าเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพที่ทำงานอยู่นั้นยังมีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการได้แก่

ก. เกิดปัญหาการระบายความร้อนไม่ดีพอ น้ำระบายความร้อนไม่สะอาด เป็นหินปูน และเครื่องยนต์ร้อนจัด (overheat)

ข. ไม่ทราบถึงตำแหน่งการจุดระเบิดที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพเครื่องยนต์สูงสุด

ค. เครื่องยนต์ที่นำมาดัดแปลงใช้งานเป็นเครื่องยนต์เก่าที่ยังไม่ได้ตรวจเช็คสภาพชิ้นส่วนก่อนนำมาดัดแปลงใช้กับก๊าซชีวภาพ จึงไม่สามารถประเมินอายุการใช้งานได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ง. ในการนำก๊าซชีวภาพมาใช้กับเครื่องยนต์ การปรับส่วนผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพไม่คงที่แน่นอนและวาล์วปรับก๊าซชีวภาพไม่สามารถปรับความละเอียดของส่วนผสมให้ถูกต้องได้ เป็นผลทำให้เกิดก๊าซไอเสียที่เป็นมลพิษและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ต่ำ โดยประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ได้ประมาณ 14% และพบว่าเครื่องยนต์เดินไม่เรียบในบางครั้ง [4]

การที่ไม่สามารถปรับส่วนผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพได้อย่างละเอียดและถูกต้องได้นั้น จะทำให้อัตราส่วนผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพ (air-fuel ratio; AFR) ไม่สามารถควบคุมให้มีอัตราส่วนที่ถูกต้องและเหมาะสมแก่การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ได้ โดยที่อัตราส่วนผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพหมายถึง ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของก๊าซชีวภาพที่เมื่อนำมาผสมคลุกเคล้ากันแล้วเมื่อทำการเผาไหม้หรือเรียกว่าการสันดาปจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ซึ่งถ้าปริมาตรของอากาศมากเกินไป(หรือเรียกว่าส่วนผสมบาง) เมื่อนำมาสันดาปในเครื่องยนต์สันดาปภายในจะส่งผลให้เครื่องยนต์ไม่มีกำลังและความร้อนอาจสูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาตรของอากาศน้อยเกินไป (หรือเรียกว่าส่วนผสมหนา) เมื่อนำมาสันดาปในเครื่องยนต์สันดาปภายในจะส่งผลให้เครื่องยนต์เกิดก๊าซไอเสียมาก ทั้งสองกรณีนี้เรียกว่าการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ผลจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO), ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2), ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_X), ไฮโดรคาร์บอน(HC) และอาจเกิดก๊าซพิษอื่นๆ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์, สภาพแวดล้อมและชั้นบรรยากาศโลก อีกทั้งยังเป็นการทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ต่ำอีกด้วย [5]

ทั้งนี้กฎหมายควบคุมมลพิษจากก๊าซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในเครื่องยนต์ พ.ศ. 2540 กำหนดให้

ก. รถยนต์ที่จดทะเบียนตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2536 เป็นต้นไป ให้มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และไฮโดรคาร์บอน (HC) จากก๊าซไอเสียได้ไม่เกิน 1.5% และ 200 ppm ตามลำดับ

ข. รถยนต์ที่จดทะเบียนก่อนวันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2536 ให้มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และไฮโดรคาร์บอน (HC) จากก๊าซไอเสียได้ไม่เกิน 4.5% และ 600 ppm ตามลำดับ

ค. รถจักรยานยนต์ทุกชนิด (โดยไม่กำหนดช่วงการจดทะเบียน) ให้มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และไฮโดรคาร์บอน (HC) จากก๊าซไอเสียได้ไม่เกิน 4.5% และ 10,000 ppm ตามลำดับ

ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และไฮโดรคาร์บอน (HC) จากก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์รถยนต์หากเกินปริมาณที่กำหนดในแต่ละประเภทจะจัดได้ว่ามีปริมาณที่มากพอที่จะเป็นอันตรายต่อมนุษย์, สภาพแวดล้อมและชั้นบรรยากาศโลก จึงต้องมีการควบคุม [6]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการพิจารณาการทำงานของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพบว่า ในการกำหนดปริมาณก๊าซชีวภาพเพื่อเป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์จะใช้บอลวาล์วในการหมุนปรับโดยมีช่วงในการหมุนปรับ 4.44 % ของระยะการเปิดวาล์วทั้งหมด ซึ่งช่วงการหมุนปรับนี้ถือว่าแคบมากส่งผลให้การปรับส่วนผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูงสุดทำได้ยาก อีกทั้งลักษณะของบอลวาล์วยังมีความฝืดมากในขณะทำการหมุนปรับจากการที่ส่วนผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพไม่ถูกต้อง ดังนั้นการกำหนดปริมาณก๊าซชีวภาพเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์จึงอาจผิดพลาดได้ ซึ่งหากเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะเป็นเหตุให้ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ต่ำ (ในที่นี้ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ประมาณ 14%) และระบบผลิตกระแสไฟฟ้านี้ไม่ได้ทำงานที่ความเร็วรอบที่เข้าใกล้ความเร็วรอบที่ทำให้เกิดแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์ จึงเป็นเหตุผลประการหนึ่งที่ทำให้แรงบิด (torque) ของเครื่องยนต์ต่ำเกินไปเมื่อต่อกำลังเข้ากับมอเตอร์เหนี่ยวนำจึงทำให้กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่ำ โดยใช้เครื่องยนต์ที่ดัดแปลงมาจากเครื่องยนต์เบนซิน 4 สูบ 4 จังหวะ ขนาดความจุ 1,812 cc อัตราส่วนการอัด 8.8:1 แรงบิดสูงสุด 140 N-m ที่ 3,200 rpm แรงม้าสูงสุด 58 kW ที่ 4,800 rpm โดยต่อกำลังเพลาตรงเข้ากับเพลามอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 4 pole 380/660 V 50 Hz 25 HP ทำงานที่ 1,500 rpm อีกทั้งระบบระบายความร้อนเครื่องยนต์ที่ใช้เป็นระบบเปิดจึงเป็นเหตุให้เกิดการสะสมตะกรันภายในเครื่องยนต์เมื่อน้ำเกิดการระเหยและมีการเติมน้ำเพิ่ม ทั้งนี้ตะกรันจะเป็นตัวปิดกั้นการระบายความร้อนที่ดีเครื่องยนต์จึงร้อนจัด ด้วยเหตุผลนี้จึงมีแนวทางที่จะทำการปรับปรุงแก้ไขระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพดังนี้

ก. ปรับปรุงอุปกรณ์ควบคุมอัตราส่วนผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพ หรือคาร์บูเรเตอร์ ให้มีความละเอียดเพียงพอในการปรับและสามารถควบคุมอัตราส่วนผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์, ก๊าซพิษที่เกิดจากก๊าซไอเสียลดลง, ประหยัดเชื้อเพลิง และประสิทธิภาพเครื่องยนต์สูงขึ้น

ข. ปรับแต่งอัตราส่วนการอัดให้เป็น 11:1 และองศาจุดระเบิดของเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง ตลอดจนติดตั้งระบบระบายความร้อนเป็นแบบปิด ทั้งนี้เพื่อให้ประสิทธิภาพเครื่องยนต์สูงขึ้น

ค. เปลี่ยนมอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นแบบ 2 pole 380/660 V 50Hz โดยมี power rating 25 HP ทำงานที่ 3,000 rpm จะทำให้ระบบทำงานที่ความเร็วรอบใกล้เคียงแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าสูงขึ้น

งานวิจัยนี้ จึงได้ทำการศึกษาเพื่อหารูปแบบและวิธีการในการปรับปรุงอุปกรณ์ในการควบคุมและปรับอัตราส่วนผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพให้เหมาะสมแก่ความต้องการของเครื่องยนต์ในระบบผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อให้การสันดาปเชื้อเพลิงเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้ประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของเครื่องยนต์และระบบการทำงานสูงขึ้น, การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำลง การเกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และไฮโดรคาร์บอน (HC) จากก๊าซไอเสียไม่เกิน 3% และ 600 ppm ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์, สภาพแวดล้อมและชั้นบรรยากาศโลก โดยทดสอบเปรียบเทียบให้ระบบทำงานที่ความเร็วรอบคงที่ 3,000 rpm และ 1,500 rpm ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อหาสภาพการทำงานที่เหมาะสมที่สุด โดยถือเอาจุดที่ให้ประสิทธิภาพเครื่องยนต์สูงสุดเป็นหลัก โดยจะใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในแบบก๊าซโซลีน 4 สูบ 4 จังหวะ ขนาดความจุ 1,171 cc นำมาดัดแปลงเพื่อใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง จึงเรียกว่า "เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ" โดยต่อกำลังเพลาตรงจากเครื่องยนต์เข้ากับเพลามอเตอร์เหนี่ยวนำในการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้นเครื่องยนต์จึงมีลักษณะการทำงานโดยใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพและออกซิเจนจากอากาศผสมกันเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้หรือสันดาปภายในกระบอกสูบโดยอาศัยการจุดระเบิดเชื้อเพลิงเพื่อให้เกิดกำลังงานด้วยประกายไฟจากหัวเทียน

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

จากการสำรวจงานวิจัยและงานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ทั้งในประเทศและต่างประเทศพบว่า มีการพัฒนาดังต่อไปนี้

นพพร ชูศักดิ์พาณิชย์, และคณะ (2534) [7] ทำการวิจัยโดยใช้ก๊าซชีวภาพเดินเครื่องยนต์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าโดยมีขอบเขตการวิจัย 4 ส่วนดังนี้

- ดัดแปลงเครื่องยนต์เบนซินและเครื่องยนต์ดีเซลให้สามารถใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงร่วมในการสันดาปได้ โดยในเครื่องยนต์ดีเซลได้ดัดแปลงให้ก๊าซชีวภาพเข้าไปผสมกับอากาศที่ผ่านหม้อกรองแล้ว ส่วนระบบอื่นๆ ไม่ได้ดัดแปลง และสำหรับเครื่องยนต์เบนซินได้ดัดแปลงท่อจ่ายก๊าซเพื่อให้ก๊าซชีวภาพไปผสมกับอากาศที่เครื่องดูดเข้าทางหม้อกรองอากาศ โดยไม่ได้ปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์และวงจรจุดระเบิด
- ทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพรวมทั้งระบบของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง และที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงร่วมกับก๊าซชีวภาพ และใช้ก๊าซชีวภาพอย่างเดียว
- วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อหาจุดที่มีการประหยัดเชื้อเพลิงได้มากที่สุดและจุดที่ให้กำลังงานออกมาสูงสุดที่จะนำไปใช้งานได้จริง
- นำเครื่องยนต์ที่ผ่านการทดสอบแล้วไปเป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและศึกษาแนวทางในการไปใช้งานในเชิงปฏิบัติ

และจากการศึกษาสามารถสรุปผลได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- เครื่องยนต์ G-300 เครื่องยนต์ขนาดนี้เมื่อใช้ ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงจะผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 1.5 kW บริโภคก๊าซชีวภาพ 1.17 m^3/kWh ประสิทธิภาพทั้งระบบ 14% ประสิทธิภาพ generator 76%

- เครื่องยนต์ G-200 เมื่อใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซชีวภาพล้วนๆ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 0.42 kW บริโภคก๊าซชีวภาพ 2.43 m^3/kWh และประสิทธิภาพทั้งระบบ 6%

- เครื่องยนต์ E-170 เมื่อใช้ก๊าซชีวภาพร่วมเป็นเชื้อเพลิง เครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 2.9 kW บริโภคก๊าซชีวิภาพ 0.25 m^3/kWh และบริโภคน้ำมัน 0.38 l/kWh ประสิทธิภาพรวมทั้งระบบ 17.8%

- เครื่องยนต์ ET-110 เมื่อใช้ก๊าซชีวภาพร่วมเป็นเชื้อเพลิง เครื่องยนต์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 3.8 kW บริโภคก๊าซชีวภาพ 0.3 m^3/kWh บริโภคน้ำมัน 6.35 l/kWh ประสิทธิภาพรวมทั้งระบบ 17.8%

- เครื่องยนต์ ET-800 เมื่อใช้ก๊าซชีวภาพร่วมเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ถึง 5.2 kW บริโภคน้ำมัน 0.17 l/kWh บริโภคก๊าซชีวภาพ 0.44 m^3/kWh ประสิทธิภาพรวมทั้งระบบ 22%

จากการทดลองเครื่องยนต์เบนซิน G-200 โดยใช้ก๊าซชีวภาพอย่างเดียวเป็นเชื้อเพลิง จากการทดสอบพบว่าเครื่องทำงานได้ไม่ดีเท่าที่ควรและรับโหลดได้ไม่มาก เมื่อเพิ่มโหลดเข้าไปอย่างต่อเนื่องจนถึงจุดๆ หนึ่ง เครื่องยนต์จะดับซึ่งเครื่องยนต์จะแปรผันกับโหลดได้ในช่วงสั้นๆเท่านั้น ส่วนเครื่องเบนซิน G-300 ความสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าดีกว่าเครื่อง G-200 เมื่อใช้เชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซชีวภาพเหมือนกันกล่าวคือ เครื่องสามารถรับโหลดที่แปรผันได้ในช่วงกว้างและสูงกว่า จึงเป็นจุดที่น่าสังเกตุว่าในเครื่องยนต์เบนซินนั้น เมื่อต้องการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงในการสันดาปแล้ว เครื่องขนาดใหญ่ๆ หรือเครื่องที่มีปริมาตรกระบอกสูบมาก จะใช้งานได้ดีกว่าเครื่องยนต์ขนาดเล็ก ดังนั้นในการใช้งานจริง สำหรับเครื่องเบนซินจึงควรใช้เครื่องที่มีขนาดตั้งแต่ 300 cc ขึ้นไป ไม่ควรใช้เครื่องเล็กกว่านี้

เกียรติไกร อายุวัฒน์ (2537) [8] ได้ทำการวิจัยการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ ปีที่ทำการวิจัย 2535-2536 โดยโครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงและทดสอบเครื่องยนต์ขนาด 5 kW, 15 kW และ 30 kW ผลการวิจัยสรุปได้ว่า

- เครื่องยนต์ขนาด 1,800 cc. ต่อตรงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 5 kW มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพต่อกิโลวัตต์ 0.443 m^3/kWh

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- เครื่องยนต์ขนาด 1,800 cc. ต่อตรงกับมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 20 แรงม้า สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 13 kW มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะ 0.5 m^3/kWh และมีอัตราส่วนอากาศกับก๊าซชีวภาพประมาณ 18

- เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 30 kW สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 25 kW โดยมี อัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะ 1.132 m^3/kWh และมีอัตราส่วนอากาศกับก๊าซชีวภาพมีค่าเท่ากับ 11

เครื่องยนต์ใช้ก๊าซชีวภาพทั้ง 3 ขนาดเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงสามารถเดินเครื่องยนต์ได้ราบเรียบสม่ำเสมอตลอดการทดสอบ

เกียรติไกร อายุวัฒน์ (2537) [8] ได้ทำการวิจัยการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซที่เกิดจากการฝังกลบขยะต่อเนื่องจากปี พ.ศ. 2536 โครงการนี้เป็นโครงการร่วมมือวิจัยระหว่างสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับบริษัทวัสดุภัณฑ์ธุรกิจ จำกัด โดยมีวัตถุประสงค์ คือ

- เป็นการสาธิตการนำเอาก๊าซจากขยะ ซึ่งเกิดจากการฝังกลบขยะในกรุงเทพมหานคร โดยมีการเกิดก๊าซมีเทนประมาณ 40-55% มาผลิตกระแสไฟฟ้า โดยป้อนกระแสไฟฟ้า เข้าสู่ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ

- ลดมลภาวะด้านกลิ่นและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งอันตรายที่เกิดจากก๊าซ

- เป็นต้นแบบสำหรับนำก๊าซจากขยะมาใช้เป็นพลังงานทดแทน

โดยใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาด 1,800 cc ต่อโดยตรงกับมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 20 HP ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 10 kW โดยใช้หลักการที่ว่าถ้ามอเตอร์หมุนด้วยความเร็วที่มากกว่าความเร็วซิงโครนัสของมอเตอร์แล้ว มอเตอร์จะเปลี่ยนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จากผลการทดสอบสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มีมูลค่าเดือนละประมาณ 4,500 บาท และพบว่ายังมีก๊าซที่เหลืออยู่อีกเป็นจำนวนมากมีแนวโน้มว่าจะสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้มากถึง 100 kW ซึ่งขณะนี้ได้มีการดำเนินการวิจัยและปรับปรุงเครื่องยนต์ต่อไป

King and Minlner (1996) [9] ได้ทำการศึกษาวิจัยการนำก๊าซชีวภาพมาใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยต่อกำลังจากเครื่องยนต์ไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยระบบการส่งจ่ายก๊าซชีวภาพมีการใช้ปั๊มเพื่อส่งน้ำมันหล่อลื่นให้มาผสมกับก๊าซชีวภาพที่ได้ผ่านการลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์(H_2S) และมีการดักความชื้นออกจากก๊าซชีวภาพอีกทีหนึ่ง จากนั้นจึงส่งไปผสมกับอากาศที่คาร์บูเรเตอร์เพื่อเข้าสู่เครื่องยนต์ต่อไป จากการศึกษาพบว่าก๊าซชีวภาพที่ได้ผ่านการลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และมีการดักความชื้นออกจากนั้นจึงส่งน้ำมันหล่อลื่นให้มาผสมในลักษณะการพ่นฝอย ทำให้เครื่องยนต์มีการสึกหรอที่ต่ำลง และเครื่องยนต์สามารถทำงานได้ดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม (2540) [10] ได้ทำการศึกษาทดลองใช้ก๊าซจากหลุมขยะของกรุงเทพมหานครที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ซึ่งมีปริมาณขยะทั้งหมดรวม 8 ล้านตัน สามารถให้ก๊าซชีวภาพได้ 130,000 ลบ.ม./วัน ให้ค่าความร้อนเทียบเท่าน้ำมันดีเซล 65,000 ลิตรก๊าซที่ได้จะนำมาเป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 435 kW จำนวน 2 ชุด เพื่อเป็นแหล่งไฟฟ้าเสริมในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน คาดว่าโรงไฟฟ้าแห่งนี้จะสามารถรับภาระการใช้ไฟปกติของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้ 30-40% หลังจากใช้งานครบ 15 ปี คาดว่าจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 85.5 ล้านหน่วย ลดปัญหาการปล่อยก๊าซมีเทนประมาณ 399 ล้าน ลบ.ม. นอกจากนั้นยังช่วยลดการแพร่กระจายในทางราบของก๊าซและของไหลจากกองขยะภายในชั้นดินกลบด้วย โครงการนี้ยังไม่สามารถดำเนินการให้แล้วเสร็จตามกำหนดเวลา เนื่องจากปริมาณและคุณภาพก๊าซที่ได้จากหลุมขยะฯ มีปริมาณและคุณภาพไม่เพียงพอที่จะเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และพบว่าการควบคุมการใช้ก๊าซชีวภาพของเครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้ายังต้องปรับปรุง

สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (2540) [11] ได้ทำการวิจัยร่วมกับบริษัทวัสดุภัณฑ์ธุรกิจ จำกัด โดยนำขยะจากรังสิต ดอนเมือง และดินแดง มาทดลองฝังกลบเพื่อผลิตก๊าซโดยใช้ขยะจากรังสิต 50 kg, ดอนเมือง 700 kg และจากดินแดง 540 kg มาหมักฝังกลบ และเก็บก๊าซมาวิเคราะห์เป็นเวลา 5 เดือน ระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2536 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2536 สรุปได้ว่า อัตราการเกิดก๊าซเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และให้ก๊าซสูงสุดที่อุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส และนำก๊าซที่ได้มาทดลองเดินระบบเครื่องยนต์เป็นเวลา 250 ชั่วโมง สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 1,650 หน่วย ราคาที่ซื้อจากการไฟฟ้า หน่วยละประมาณ 2.70 บาท คิดเป็นเงินประมาณ 4,455 บาท ซึ่งน้อยกว่าความสามารถที่จะทำได้ เนื่องจากระบบยังต้องมีการแก้ไขและปรับปรุงให้มีสมรรถนะสูงขึ้น ได้แก่ การแยกก๊าซให้สะอาดมากขึ้น, ระบบระบายความร้อนของเครื่องยนต์, การผสมอากาศกับก๊าซเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้

ชาญชัย กลับชุ่ม (2545) [12] ได้ทำการทดลองใช้ก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในโครงการของศูนย์พัฒนาและเผยแพร่พลังงาน จ.เชียงใหม่ (ดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ.2542-ปัจจุบัน) โดยทำการทดลองที่โรงช้างต้น ศูนย์อนุรักษ์ช้างไทย จ.ลำปาง โดยใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ขนาดกำลังผลิต 15 kW โดยใช้เครื่องยนต์ TOYOTA-18R ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้าแสงสว่างให้แก่หมู่บ้าน ควาญชัย จำนวน 20 ครัวเรือน จากผลการทดลองผลิตไฟฟ้ายังพบปัญหาในการควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพที่เข้าสู่เครื่องยนต์ โดยคาร์บูเรเตอร์ยังไม่สามารถควบคุมอัตราส่วนผสมได้อย่างถูกต้องเพียงพอ ทำให้การเร่งรอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงขึ้นทำได้ไม่ดี เป็นเหตุให้เครื่องยนต์เดินไม่เรียบ อุณหภูมิก๊าซไอเสียสูงมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 เพื่อปรับปรุงอุปกรณ์ควบคุมส่วนผสมอากาศและก๊าซชีวภาพหรือคาร์บูเรเตอร์ เพื่อจ่ายเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบ 4 สูบ 4 จังหวะ ขนาดความจุ 1,171 cc จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ โดยปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และไฮโดรคาร์บอน (HC) จากไอเสียไม่เกิน 3% และ 600 ppm ตามลำดับ ด้วยวิธีการออกแบบและสร้างคาร์บูเรเตอร์ขึ้นใหม่เพื่อให้ขนาดคอดอดเหมาะสมกับขนาดความจุและความเร็วรอบทำงานของเครื่องยนต์และสามารถปรับปริมาณก๊าซชีวภาพโดยการหมุนปรับด้วยมือโดยใช้วิธีการเปลี่ยนพื้นที่หน้าตัดของนมหนูก๊าซโดยเข็มควบคุมปริมาณก๊าซ ให้มีความยืดหยุ่นและง่ายต่อการปรับหรือมีช่วงในการหมุนปรับไม่ต่ำกว่า 20% ของระยะการเปิดทั้งหมดของเข็ม

1.3.2 เพื่อปรับอัตราส่วนการอัดให้เป็น 11:1 และปรับแต่งองศาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ตลอดจนติดตั้งระบบระบายความร้อนเครื่องยนต์เป็นแบบปิดเพื่อลดการสะสมตะกรันภายในเครื่องยนต์ โดยได้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงกว่าระบบเดิมที่ยังไม่ได้ปรับปรุงไม่น้อยกว่า 5%

1.3.3 เพื่อทดสอบเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพที่ความเร็วรอบคงที่ 3,000 rpm และ 1,500 rpm โดยการปรับอัตราส่วนผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพและองศาจุดระเบิด เพื่อหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยถือเอาจุดที่ให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงสุดเป็นหลัก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและ/หรือเชิงประยุกต์

1.4.1 สามารถพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมอัตราส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิงหรือคาร์บูเรเตอร์ ที่สามารถควบคุมอัตราส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพเพื่อใช้กับชุดผลิตกระแสไฟฟ้าโดยมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงได้อย่างสมบูรณ์และปรับแต่งได้ง่าย ส่งผลให้ก๊าซไอเสียที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ก่อให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อมและชั้นบรรยากาศโลกลดลง และประสิทธิภาพเครื่องยนต์สูงขึ้น

1.4.2 สามารถนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้กับเครื่องยนต์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัดเชื้อเพลิง

1.4.3 งานต้นแบบที่พัฒนาขึ้น สามารถเป็นเครื่องต้นแบบในการพัฒนาระบบการทำงานของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1.5.1 ปรับปรุงคาร์บูเรเตอร์โดยการออกแบบและสร้างคาร์บูเรเตอร์ขึ้นใหม่เพื่อติดตั้งเข้ากับเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบ 4 สูบ 4 จังหวะ ขนาดความจุ 1,171 cc จุดระเบิดด้วยประกายไฟ และปรับแต่งอัตราส่วนการอัดไว้ที่ 11:1 ตลอดจนติดตั้งระบบระบายความร้อนเครื่องยนต์เป็นแบบปิด

1.5.2 ทำการประกอบชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ในการทดสอบ โดยต่อกำลังเพลาตรงจากเครื่องยนต์เข้ากับเพลามอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 2 Pole 380/660V 50 Hz 25 HP เพื่อให้ระบบทำงานที่ความเร็วรอบ 3,000 rpm และต่อกำลังเพลาตรงจากเครื่องยนต์เข้ากับเพลามอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 4 Pole 380/660 V 50 Hz 25 HP เพื่อให้ระบบทำงานที่ความเร็วรอบ 1,500 rpm โดยการสลับเปลี่ยนมอเตอร์

1.5.3 การวิจัยนี้จะทำการทดสอบและเก็บข้อมูลโดยการเดินระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพและทำการปรับอัตราส่วนผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพและองศาจุดระเบิด โดยใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 222.6 ชั่วโมง เป็นเวลา 42 วันโดยแบ่งเป็น 2 ส่วนการทดสอบหลักดังนี้

1.5.3.1 ทดสอบและเก็บข้อมูลโดยการเดินระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ โดยต่อกำลังเพลาตรงจากเครื่องยนต์เข้ากับเพลามอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 2 Pole 380/660 V 50 Hz 25 HP ความเร็วรอบทำงาน 3,000 rpm โดยใช้คาร์บูเรเตอร์ที่ได้ทำการปรับปรุงแล้วเป็นเวลาทั้งสิ้น 131.3 ชั่วโมง โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงการทดสอบดังนี้

ช่วงที่ 1 การทดสอบเพื่อหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสม ประกอบไปด้วย 101.3 ชั่วโมงการทดสอบ โดยแบ่งเป็น วันละ 6 ชั่วโมง 20 นาที ต่อเนื่องกันทั้งสิ้น 16 วัน เพื่อให้ได้ข้อมูลจากการทดสอบทั้งสิ้น 16 ชุด

ช่วงที่ 2 การทดสอบที่สภาวะการทำงานที่เหมาะสม ประกอบไปด้วย 30 ชั่วโมงการทดสอบ โดยแบ่งเป็น วันละ 6 ชั่วโมง ต่อเนื่องกันทั้งสิ้น 5 วัน เพื่อให้ได้ข้อมูลจากการทดสอบทั้งสิ้น 5 ชุด ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจได้ว่าระบบสามารถทำงานได้ที่สภาวะการทำงานที่ดีที่สุดได้จริง

1.5.3.2 ทดสอบและเก็บข้อมูลโดยการเดินระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ โดยต่อกำลังเพลาตรงจากเครื่องยนต์เข้ากับเพลามอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 4 Pole 380/660 V 50 Hz 25 HP ความเร็วรอบทำงาน 1,500 rpm โดยใช้คาร์บูเรเตอร์ที่ได้ทำการปรับปรุงแล้วเป็นเวลาทั้งสิ้น 91.3 ชั่วโมง โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงการทดสอบดังนี้

ช่วงที่ 1 การทดสอบเพื่อหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสม ประกอบไปด้วย 61.3 ชั่วโมงการทดสอบ โดยแบ่งเป็น วันละ 3 ชั่วโมง 50 นาที ต่อเนื่องกันทั้งสิ้น 16 วัน เพื่อให้ได้ข้อมูลจากการทดสอบทั้งสิ้น 16 ชุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช่วงที่ 2 การทดสอบที่สภาวะการทำงานที่เหมาะสม ประกอบไปด้วย 30 ชั่วโมงการทดสอบ โดยแบ่งเป็น วันละ 6 ชั่วโมง ต่อเนื่องกันทั้งสิ้น 5 วัน เพื่อให้ได้ข้อมูลจากการทดสอบทั้งสิ้น 5 ชุด ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจได้ว่าระบบสามารถทำงานได้ที่สภาวะการทำงานที่ดีที่สุดได้จริง

1.5.4 ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเดินระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพที่ความเร็วรอบ 3,000 rpm และ 1,500 rpm ได้แก่ อุณหภูมิบรรยากาศ(T_{amb}), อุณหภูมิก๊าซชีวภาพ(T_{bg}), อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น(T_{eng}), อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น(T_{oil}), อุณหภูมิก๊าซไอเสีย(T_{fg}), ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์(CO), ไฮโดรคาร์บอน(HC) จากก๊าซไอเสีย, กำลังไฟฟ้าที่ได้จากระบบ และอัตราการใช้ก๊าซชีวภาพ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพเครื่องยนต์และระบบผลิตกระแสไฟฟ้าโดยแสดงในรูปของกราฟ

1.5.5 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบนี้จะได้รับการปรับปรุงเพื่อใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง 100% ในการผลิตกระแสไฟฟ้า จากสถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตำบลแม่เหี่ยะ อำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ โดยก๊าซชีวภาพที่ใช้มีปริมาณก๊าซมีเทน(CH_4) 74 % โดยปริมาตร

1.6 สถานที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยและเก็บข้อมูล

สถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตำบลแม่เหี่ยะ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved