การออกแบบและสร้างเครื่องรีดนมโค โดยใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ และเศษวัสดุทางการเกษตร เป็นแหล่งพลังงาน

Design and Build a Milking Cow by using Biogas from Manure and Agricultural Waste Materials an Energy Source

ธีรพจน์ แนบเนียน[1], จุติพรรษ์ อนิวรรตกูล[2], โกเมน หมายมั่น[3], ถิรายุ ปิ่นทอง[4]

[*1]อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าเครื่องกลการผลิต มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
อีเมล: t.tru@hotmail.com
[2]อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
อีเมล: noomj@yahoo.com
[3]อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
อีเมล: nutt_nutt1@hotmail.com
[4]อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
อีเมล: volt-energy@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องรีดนมโค โดยใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลโคและเศษวัสดุทางการเกษตรได้แก่ อ้อยและมันสำปะหลัง เป็นแหล่งพลังงาน โดยทำการสร้างบ่อหมักก๊าซชีวภาพ ขนาดกว้าง 1.7 เมตร ยาว 3.80 เมตรและ ลึก 0.75 เมตร ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพมีค่าเฉลี่ยวันละ 4 ลูกบาศก์เมตร นำก๊าซชีวภาพมาจ่ายให้กับเครื่องยนต์ต้นกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาด 3 KVA 220 V 50 Hz ตรวจวัดปริมาณมลพิษ ได้แก่ ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และค่ามลพิษต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินเพียงอย่างเดียว หลังจากนั้นจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องรีดนมโค ขนาดพิกัด 0.75 KW 220 V 50 Hz อัตราความเร็วการรีดนม อยู่ระหว่าง 50-60 ครั้งต่อนาที เมื่อทำการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องรีดนมโค โดยใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินกับเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ พบว่าการจัดจังหวะการรีดนม มีช่วงการทำงานเหมือนกัน การเปิดและการปิดของ inner liner เป็นปกติ ไม่มีการกระเพื่อมของสุญญากาศ ส่งผลให้เครื่องรีดนมโคทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์อยู่ที่ 25,000 บาท ซึ่งถ้าใช้เครื่องรีดนมโค วันละ 3 ชั่วโมง จะสามารถคืนทุนได้ ภายในระยะเวลา 9 เดือน

คำสำคัญ: เครื่องรีดนมโค ก๊าซชีวภาพ พลังงานทดแทน

ABSTRACT

This research aims to design and build a Milking Machine by using biogas from manure and agricultural waste such as sugarcane and cassava. The energy resource was built from a biogas digester 1.7 meters long, 3.80 meters wide and 0.75 meters deep, with an average daily volume of biogas 4 cubic meters. The gas supplied to the generator engine power as 3 KVA 220 V 50 Hz measuring the amount of pollutants, including carbon monoxide carbon dioxide and pollution similar compared with gasoline alone. The capacity of Milking Machine is 0.75 KW 220 V 50 Hz and the pulsation rate between 50-60 beats per minute. The performance comparison between the gasoline fuel Milking Machine and biogas Milking Machine have found that there are the same rhythmic of pumping. The turning on and off of the inner liner are usual. There is no vacuum fluctuation. These make the Milking Machine work properly. The cost of installation is 25,000 baht for three hours a day to nine month payback.

Keywords: Milking Machine, Biogas, Renewable Energy

1. บทนำ

ภาคกลางของประเทศมีหลายจังหวัดที่ประกอบธุรกิจการเพาะเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจ ได้แก่ ไก่ สุกร โคเนื้อและโคนม การเลี้ยงโคนมถือเป็นสัตว์เศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่หน้าสนใจ เป็นธุรกิจหมุนเวียน ให้ผลตอบแทนเร็วและมีต้นทุนในการเลี้ยงต่ำ เนื่องจากใช้วัตถุดิบทางการเกษตรเป็นอาหาร จังหวัดที่มี การเลี้ยงโคนมมากที่สุดคือ จังหวัดสระบุรี และลพบุรี สำหรับจังหวัดนครสวรรค์ จากข้อมูลประชากรโค นมรายอำเภอประจำปี 2559 พบว่าอำเภอตากฟ้า มีจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมมากที่สุด ศูนย์รับ น้ำนมอยู่ที่สหกรณ์โคนมตากฟ้า จำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม 220 ราย และปริมาณน้ำนม 21 ตันต่อ วัน (กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์, 2559) ทำให้เกิดเป็นธุรกิจหมุนเวียน ภายในจังหวัดที่ให้ผลผลิตสูง การเลี้ยงโคนมในปัจจุบันมีขยายตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้มีแม่โคที่สามารถให้ นมเป็นจำนวนมาก การรีดนมจึงเป็นวิธีการที่จำเป็นในการนำน้ำนมออกมาจากแม่โค การรีดนมเดิมใช้ มือเป็นวิธีการที่ละเอียดอ่อนแต่รีดได้ช้า ดังนั้นเกษตรกรจึงหันไปใช้เครื่องรีดนมกันมากขึ้น เพราะการรีด นมด้วยเครื่องให้ความสะดวกรวดเร็วและมีความปลอดภัยในการรีด รวมทั้งการประหยัดแรงงาน อย่างไรก็ตามการรีดนมโคโดยใช้เครื่อง ยังพบปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง ทำให้ต้นทุนในการเลี้ยงโค

นมสูง ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำเทคโนโลยีพลังงานทดแทน ได้แก่ ก๊าซชีวภาพ เข้ามาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

จากนโยบายและแผนพลังงานภายใต้กรอบการจัดทำแผนพลังงานทดแทน 15 ปี ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2559) กำหนดเป้าหมายให้มีการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพเพื่อผลักดันให้โครงสร้างพื้นฐานรองรับการใช้ก๊าซชีวภาพ ลดการพึ่งพาพลังงานนำเข้าและเทคโนโลยีนำเข้าให้มากที่สุด โดยแนวทางในการพัฒนาและแก้ปัญหาดังกล่าว ควรส่งเสริมให้มีการใช้เทคโนโลยีพลังงานสะอาด (Clean Energy) และ เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) เช่น ก๊าซชีวภาพมาใช้ เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายและแผนพลังงานดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะออกแบบและสร้างเครื่องรีดนมโค โดยใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตร เป็นแหล่งพลังงาน ที่สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและลดต้นทุนการผลิตสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม สามารถลดการขาดแคลนพลังงาน ลดมลพิษจากการใช้พลังงาน รวมทั้งก่อให้เกิดการประหยัดการนำเข้าและเกิดความมั่นคงทางด้านพลังงานของประเทศ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องรีดนมโค โดยใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตร เป็นแหล่งพลังงาน

2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องรีดนมโค ที่ใช้ระบบก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตร ทดแทนพลังงานไฟฟ้า

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาปัญหาและประสิทธิภาพระบบเครื่องรีดนมโค ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม (ศุภชาติ ปานเนียม และ ธนู ภิญโญภูมิมินทร, 2555)

3.2 ออกแบบและสร้างระบบก๊าซชีวภาพจากมูลโคและเศษวัสดุทางการเกษตรได้แก่ อ้อยและมันสำปะหลัง ขนาดบ่อหมัก 10 ลูกบาศก์เมตร ได้ก๊าซชีวภาพ 2.5 ลูกบาศก์เมตร เท่ากับกำลังไฟฟ้า 3 kWh เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับเครื่องรีดนมโค ที่มีขนาดพิกัด 0.75 KW 220 V 50 Hz

3.2.1 โครงสร้างของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ ประกอบด้วย

1) บ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบถุงหมักพีวีซี ขนาดกว้าง 1.7 เมตร ยาว 3.80 เมตร และ ลึก 0.75 เมตร

2) ถุงพลาสติกพีวีซี ความยาว 6 เมตร เส้นรอบวง 5.25 เมตร

3) บ่อเติมมูล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60-100 เซนติเมตร มีท่อเติมเอียง 60°

4) บ่อรับกาก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60-100 เซนติเมตร มีท่อเติมเอียง 45°

5) ติดตั้งท่อส่ง ชุดกับดักน้ำและวาล์วควบคุม

ภาพที่ 1 โครงสร้างของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

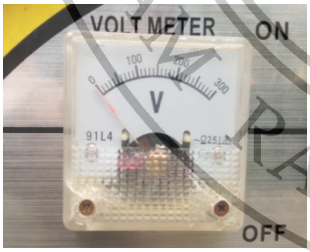
3.2.2 ระบบบ่อหมักก๊าซชีวภาพในงานวิจัยนี้ใช้มูลโค และเศษวัสดุทางการเกษตร ได้แก่ อ้อยและมันสำปะหลัง

3.2.2 โครงสร้างของเครื่องรีดนมโค โดยใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตร เป็นแหล่งพลังงาน มีส่วนประกอบแสดงดังภาพ

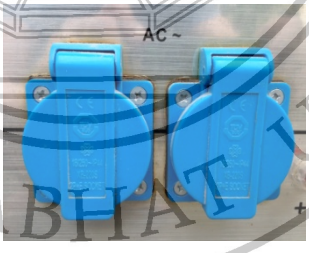
ภาพที่ 2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ภาพที่ 3 ระบบควบคุม

ภาพที่ 4 gas regulator

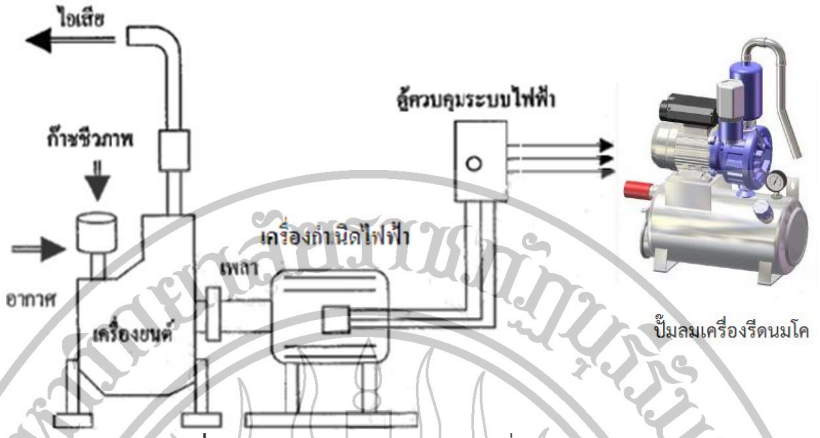


ภาพที่ 5 โวลท์มิเตอร์



ภาพที่ 6 แหล่งจ่ายไฟฟ้า

ภาพที่ 7 ระบบ mixer

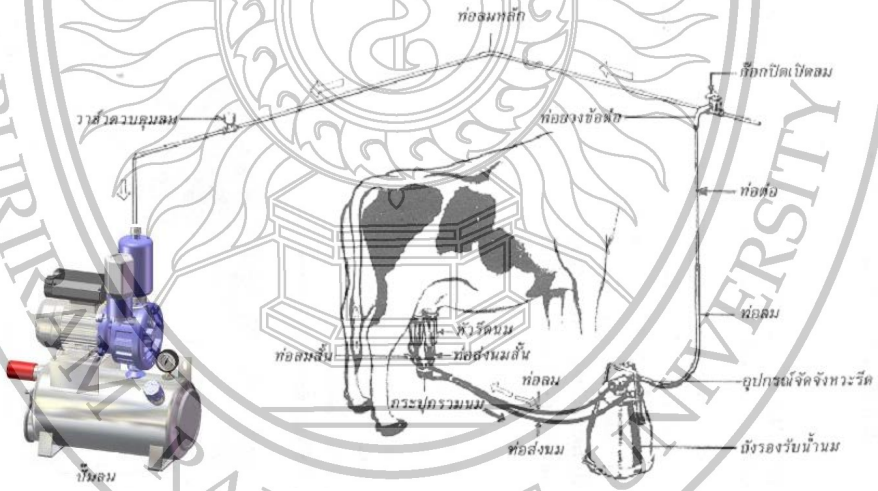


ภาพที่ 8 โครงสร้างของระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ภาพที่ 9 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ภาพที่ 10 เครื่องรีดนมโค

ภาพที่ 11 ท่อส่งลม



ภาพที่ 12 ส่วนประกอบของเครื่องรีดนมโค

ที่มา : บัญญัติ เศรษฐฐิติ (2559)

3.3 ทดสอบการทำงานของระบบบ่อหมักก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตร เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับเครื่องรีดนมโค ดังนี้

1) ตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทน โดยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ Biogas 5000 เพื่อหาปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้สูงสุดต่อวัน

2) ทดสอบการทำงานของเครื่องยนต์ต้นกำลัง โดยการตรวจวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ใช้เครื่องวัดแบบลำแสง DT-240P และวัดอุณหภูมิของเครื่องยนต์ ใช้เครื่องวัดแบบอินฟราเรด

3) ตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้มิเตอร์ FLUKE 78

4) ตรวจวิเคราะห์หาค่ามลพิษต่าง ๆของเครื่องยนต์ต้นกำลังหลังทดสอบการใช้ก๊าซชีวภาพ โดยใช้เครื่องตรวจวิเคราะห์มลพิษทางอากาศ

3.4 การหาประสิทธิภาพของเครื่องรีดนมโค โดยใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตร เป็นแหล่งพลังงาน

3.5 วิเคราะห์หาต้นทุนระบบเครื่องรีดนมโค

4. ผลการวิจัย

จากการทดลองบ่อหมักก๊าซชีวภาพจากมูลโคและเศษวัสดุทางการเกษตรได้แก่ อ้อยและมันสำปะหลังบ่อหมักแบบถุงหมักพีวีซี ขนาดกว้าง 1.7 เมตร ยาว 3.80 เมตรและ ลึก 0.75 เมตร ระยะ 2 สัปดาห์แรก ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากบ่อหมักมีค่าเฉลี่ยวันละ 2 ลูกบาศก์เมตร สามารถฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาด 3 KVA ได้แรงดันไฟฟ้า 100 V เนื่องจากก๊าซชีวภาพในระยะแรกจะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่มาก ซึ่งเมื่อนำไปผ่านสารสกัดคือสารละลายปูนขาว แบบเหลวแล้วจะทำให้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากบ่อหมักมีค่าเฉลี่ยวันละ 4 ลูกบาศก์เมตร โดยสามารถฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาด 3 KVA ได้แรงดันไฟฟ้า 220 V สารสกัดนี้จำเป็นต้องเปลี่ยนทุกๆ 1 เดือน แต่หลังจาก 3 เดือนแล้วตัวแยกก๊าซอาจไม่มีความจำเป็นต้องใช้ เพราะจุลินทรีย์สามารถปรับตัวและสร้างก๊าซมีเทนได้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ดีการใช้เดินเครื่องยนต์ที่ต้องการความเรียบและสม่ำเสมอของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าควรใช้ตัวแยกก๊าซร่วมอยู่ ส่วนอุปกรณ์ที่นำมาใช้งานร่วมกับก๊าซชีวภาพ คือ gas regulator ซึ่งสามารถใช้ได้ดีกับก๊าซ LPG แต่ถ้าต้องการนำมาใช้ประโยชน์ในกรณีของก๊าซชีวภาพจำเป็นต้องปรับนมหนูให้มีขนาดใหญ่ขึ้นคือจาก 2 มิลลิเมตร เป็น 4 มิลลิเมตร อุปกรณ์นี้จะช่วยในการปรับความดันก๊าซที่ระดับต่างๆ กันให้สม่ำเสมอและปรับความดันก๊าซจากความดันสูงให้ต่ำลงเพื่อจ่ายเข้าสู่ mixer ส่วนของ Gasmixer ทำด้วยเหล็ก 2 ชั้น ในลักษณะวงแหวนมีรูจ่ายก๊าซอยู่โดยรอบ เพื่อความสะดวกในการปรับอากาศให้เป็นสัดส่วนกับก๊าซและสามารถปรับเร่งได้ตามชนิดของงานที่ต้องการ

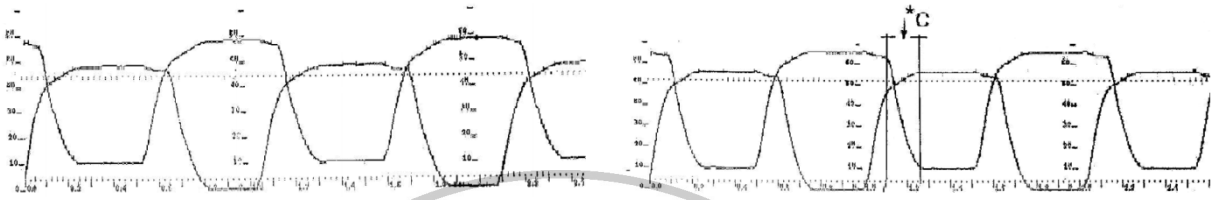
ขนาดของ mixer ที่ปรับนี้ไม่มีผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง การติดเครื่องยนต์จะใช้น้ำมันเบนซินสตาร์ทเครื่องจากนั้นปิดวาล์วน้ำมันและเปิด ก๊าซชีวภาพเข้าสู่เครื่องตามลำดับ วาล์วทองเหลืองจะใช้ในการปรับเครื่องยนต์ให้มีความเร่งสูงสุด จากการทดลองพบว่าเครื่องยนต์ต้นกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถเดินโดยใช้ก๊าซชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงสามารถนำมาใช้กับเครื่องรีดนมโคได้ ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์อยู่ที่ 25,000 บาท ซึ่งถ้าใช้เครื่องรีดนมโค วันละ 3 ชั่วโมง 365 วันต่อปี ค่าไฟฟ้าโดยประมาณ 2.50 บาทต่อหน่วย จะสามารถคืนทุนได้ ภายในระยะเวลา 9 เดือน

ผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมวัดจากค่ามลพิษต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ต้นกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า เมื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพจะทำให้ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และค่ามลพิษต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 1 ค่ามลพิษต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

รายการ		RPM	CO	CO_2	HC	O_2	λ
No.	เชื้อเพลิง	(1/min)	(% vol)	(% vol)	(ppm vol)	(% vol)	
1	ก๊าซชีวภาพ	1500	0.58	12.75	214	1.98	1.04
2	น้ำมันเบนซิน	1500	0.35	11.45	286	2.41	1.06

จากการทดลองตรวจวัดการทำงานของระบบเครื่องรีดนมโค ขนาดพิกัด 0.75 KW 220 V 50 Hz ค่าปกติมาตรฐานของอัตราความเร็วการรีดนม จะอยู่ระหว่าง 50-60 ครั้งต่อนาที (Mein GA, 1997) พบว่าเครื่องรีดนมโค โดยใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตร มีการจัดจังหวะการรีด การดูดและการคลายตัวของยางรีดนม โดยการปล่อยให้อากาศที่อยู่ภายนอกไหลเข้าไปในระบบรีดนม ผ่านทางช่องอากาศที่อยู่บริเวณตัวจัดจังหวะ ในจังหวะที่อากาศจากภายนอกเข้าไปในระบบรีดนม จะทำให้ยางรีดนมที่อยู่ในกระบอกรีดนมเกิดยุบตัว เนื่องจากมีสุญญากาศในท่อลมตลอดเวลา เมื่อทำการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องรีดนมโค โดยใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินกับเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ โดยการใช้ Pulsator testor พบว่าการจัดจังหวะการรีดนม มีช่วงการทำงานเหมือนกันแสดงดังภาพ



(ก) เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน (ข) เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ

ภาพที่ 13 การทำงานของ pulsator ของเครื่องรีดนมโค

จากกราฟการทำงานของ pulsator ของเครื่องรีดนมโค โดยใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน ดังภาพ (ก) เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ ดังภาพ (ข) พบว่าจังหวะการรีดนม การเปิดและการปิดของ inner liner เป็นปกติ ไม่มีการกระเพื่อม (fluctuation) ของสุญญากาศ ความสามารถของปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump) ในการดึงอากาศออกจากระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองเครื่องรีดนมโค โดยใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตร เป็นแหล่งพลังงาน สามารถสรุปผลการทดลองแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ

1. ผลการทดลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลโคและเศษวัสดุทางการเกษตร ได้แก่ อ้อยและมันสำปะหลัง ทำการสร้างบ่อหมักแบบถุงพีวีซี ขนาดกว้าง 1.7 เมตร ยาว 3.80 เมตรและ ลึก 0.75 เมตร ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากบ่อหมักมีค่าเฉลี่ยวันละ 4 ลูกบาศก์เมตร นำมาจ่ายให้กับเครื่องยนต์ต้นกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาด 3 KVA 220 V 50 Hz ส่วนอุปกรณ์ที่นำมาใช้งานร่วมกับก๊าซชีวภาพ คือ gas regulator อุปกรณ์นี้จะช่วยในการปรับความดันก๊าซที่ระดับต่างๆ กันให้สม่ำเสมอและปรับความดันก๊าซจากความดันสูงให้ต่ำลงเพื่อจ่ายเข้าสู่ mixer ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมวัดจากค่ามลพิษต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ต้นกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพจะทำให้ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และค่ามลพิษต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินเพียงอย่างเดียว

2. ผลการทดลองทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องรีดนมโค ที่ใช้ระบบก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตร การทำงานของระบบเครื่องรีดนมโค ขนาดพิกัด 0.75 KW 220 V 50 Hz อัตราความเร็วการรีดนม (pulsation rate) จะอยู่ระหว่าง 50-60 ครั้งต่อนาที ส่งผลให้การจัดจังหวะการรีดนมโคเป็นปกติ เมื่อทำการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องรีดนมโค โดยใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินกับเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ โดยการใช้ Pulsator testor พบว่าการจัดจังหวะการรีดนม มี

ช่วงการทำงานเหมือนกัน การเปิดและการปิดของ inner liner เป็นปกติ ไม่มีการกระเพื่อมของสุญญากาศ ส่งผลให้เครื่องรีดนมโคทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์อยู่ที่ 25,000 บาท ซึ่งถ้าใช้เครื่องรีดนมโค วันละ 3 ชั่วโมง 365 วันต่อปี ค่าไฟฟ้าโดยประมาณ 2.50 บาทต่อหน่วย จะสามารถคืนทุนได้ ภายในระยะเวลา 9 เดือน

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรมีการปรับปรุงบ่อหมักก๊าซชีวภาพให้มีขนาดใหญ่ เพื่อปริมาณก๊าซที่เพียงพอกับการใช้งานและเปรียบเทียบปริมาณก๊าซจากเศษวัสดุทางการเกษตรแต่ละชนิด

6.2 เกษตรกรควรมีความรู้ในระบบการทำงานของเครื่องยนต์ต้นกำลังและระบบควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สำหรับเครื่องรีดนมโค

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2559). ***เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ.*** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=577&option.

กรมปศุสัตว์. (2559). ***จำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมและปริมาณน้ำนม อำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์.***

กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์สารสนเทศ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.dpo.go.th.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2557**). *เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง.*** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น.

บัญญัติ เศรษฐธิติ. (2559). ***การรีดนมโค.*** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.dede.go.th.

ศุภชาติ ปานเนียม และธนู ภิญโญภูมิมินทร์. (2555). ***การสำรวจสภาพและพฤติกรรมการใช้เครื่องรีดนมตลอดจนสุขลักษณะในการรีดนมของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมรายย่อย พื้นที่ภาคตะวันตกของประเทศไทย 2545.*** การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39.

Mein GA. (1997). ***Overview of milking machines and milking management: Relationship to udder disease***. The Post Graduate Foundation Proceedings No. 299. University of Sydney, Australia.