การศึกษาความสัมพันธ์ของจำนวนสัตว์เลี้ยงกับขนาดและจำนวนเครื่องปั่นไฟที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง

Investigation of the relationship between the number of animals and the number and capacity of electrical power generators powered by biogas

สิทธิบูรณ์ ศิริพรอัครชัย [1*] และ สาทิส ถาวรนันท์ [2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

โทร 0-5394-4146 ต่อ 418-419 โทรสาร 0-5394-4143 *อีเมล์ siripornakarachai@yahoo.com

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

โทร 0-5394-4146 ต่อ 418-419 โทรสาร 0-5394-4145 *อีเมล์ satis@dome.eng.cmu.ac.th

Sittiboon Siripornakarachai[1*], and Satis Thavoranun[2]

[1] Energy Engineering Department, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand,

Tel: 0-5394-4146 Ex. 418-419, Fax: 0-5394-4143, *E-mail: siripornakarachai@yahoo.com

[2] Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand,

Tel: 0-5394-4146 Ex. 418-419, Fax: 0-5394-4145, *E-mail: satis@dome.eng.cmu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของจำนวนสัตว์เลี้ยงในฟาร์มเลี้ยงสัตว์กับการเลือกขนาดและจำนวนเครื่องปั่นไฟที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงโดยมีการจัดการของเสียจากสัตว์เลี้ยงเพื่อนำไปผลิตเป็นก๊าซชีวภาพและนำก๊าซที่ผลิตได้นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ทดแทนหรือชดเชยพลังงานไฟฟ้าที่ต้องซื้อจากการไฟฟ้าฯ หรือหน่วยงานรัฐวิสาหกิจโดยใช้วิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในการศึกษานี้ซึ่งผลจากการศึกษาจะได้ข้อสรุปเพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกขนาดและจำนวนเครื่องปั่นไฟที่เหมาะสม ลดต้นทุนในการดูแลรักษาและสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าใช้งานได้อย่างต่อเนื่องและไม่เกินความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในฟาร์มซึ่งจะเป็นการจัดการและใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

Abstract

This study explores the relationship between the number of animals in a farm and the number and capacity of electrical power generators powered by biogas produced from animal waste. The power generators are used in the farm to supplement the power consumed in the farm and reduce the amount of electricity purchased from the national power grid. The study is based on calculations that take in to account of numbers and capacity of power generators, maintenance cost, and power requirement of the farm in question. The result of the study is the selection methods of power generators for optimal farm electrical energy management.

Keywords: Biogas fuels, Gas engines, Biogas engine, Engine for biogas, Engine for electricity

การทำเกษตรกรรมและปศุสัตว์ในประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจการฟาร์มเลี้ยงสัตว์รัฐบาลให้การสนับสนุนให้มีการทำระบบการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดกลางและใหญ่ ดำเนินโครงการโดยสถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งมีฟาร์มเลี้ยงสัตว์จากทั่วประเทศเข้าร่วมโครงการจำนวนมาก จากข้อมูลการสำรวจในปี พ.ศ.2540-2549 พบว่าฟาร์มสุกรขนาดกลางและใหญ่ในประเทศได้ทำการติดตั้งระบบการผลิตก๊าซชีวภาพแล้วถึง 56 แห่งสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 28,054,265 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ส่วนของฟาร์มสุกรขนาดเล็กมีการสร้างระบบการผลิตก๊าซชีวภาพและสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 6,864,657 ลูกบาศก์เมตรต่อปี รวมเป็นจำนวน 34,918,922 ลูกบาศก์เมตรต่อปี เนื่องจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์เหล่านี้มีค่าใช้จ่ายที่ต้อง ซื้อไฟฟ้าจากภาครัฐเดือนหนึ่งเป็นเงินนับแสนบาทจึงมีฟาร์มเลี้ยงสัตว์นวนมากที่นิยมนำเครื่องปั่นไฟที่ดัดแปลงเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ โซลีนและน้ำมันดีเซลมาใช้ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้เองเป็นเชื้อเพลิงแทน เพื่อลดค่าใช้จ่ายที่ต้องซื้อไฟฟ้าจากภาครัฐลงได้มาก [1]

1. เครื่องปั่นไฟที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง

เครื่องปั่นไฟโดยทั่วไปที่มีผลิตและจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศนั้นโดยทั่วไปแล้วจะประกอบด้วยต้นกำลังคือเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว ได้แก่ น้ำมันเบนซิน ซึ่งมักเป็นเครื่องปั่นไฟ

ขนาดเล็กและแบบที่ใช้น้ำมันดีเซลซึ่งมักเป็นเครื่องปั่นไฟขนาดใหญ่ ส่วนอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าทั่วไปจะมีอยู่ 2 รูปแบบ ซึ่งมีวิธีการแตกต่างกันดังนี้

1.1 แบบที่ใช้ไดนาโม (Generator) ทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดไฟฟ้า วิธีนี้จะต้องมีอุปกรณ์หรือวงจรควบคุมความเร็วรอบในการทำงานให้คงที่ทั้งนี้เพื่อให้แรงดันและความถี่ทางไฟฟ้าที่ผลิตออกมามีความคงที่ด้วยนั่นเอง ซึ่งถ้าหากแรงดันและความถี่ทางไฟฟ้าไม่คงที่แล้วหากนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือคอมพิวเตอร์มาต่อใช้งานจะทำให้ระบบเสียหายได้

รูปที่ 1 เครื่องปั่นไฟแบบที่ใช้ Generator ขนาด 250 kW

1.2 ใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor) ทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดกระแสไฟฟ้าวิธีนี้จะใช้หลักการที่ว่าเมื่อเครื่องยนต์ซึ่งทำหน้าที่เป็นต้นกำลังหมุนมีความเร็วเข้าใกล้ความเร็วซิงโครนัสของมอเตอร์แล้วมอเตอร์ก็จะทำหน้าที่เป็นไดนาโม วิธีนี้มีข้อดีคือสามารถผลิตไฟฟ้าร่วมกับไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ ได้ทันที แต่วิธีการนี้จะต้องมีไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ ต่อร่วมด้วยเสมอ โดยระบบจะผลิตเฉพาะในส่วนของกระแสไฟฟ้า ส่วนแรงดันและความถี่นั้นจะอาศัยจากการต่อร่วมจากสายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ ทำให้ไม่เกิดผลเปลี่ยนแปลงต่อแรงดันและความถี่ซึ่งหากนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือคอมพิวเตอร์มาต่อใช้งานจะไม่ทำให้ระบบเสียหายแต่อย่างใด

รูปที่ 2 เครื่องปั่นไฟแบบที่ใช้ Induction Motor ขนาด 120 kW

ปัจจุบันการนำก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงในเครื่องปั่นไฟนั้นจึงต้องมีการเปลี่ยนเครื่องยนต์ต้นกำลังให้เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงเท่านั้น ซึ่งในต่างประเทศมีการผลิตเครื่องปั่นไฟประเภทนี้จำหน่ายแล้วแต่มีราคาค่อนข้างสูงมาก ดังนั้นในประเทศไทยจึงมีการดัดแปลงเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวให้สามารถใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงแทนได้โดยตรงซึ่งต้นทุนในการผลิตและมูลค่าในการจำหน่ายเครื่องปั่นไฟดัดแปลงนี้ต่ำกว่าการนำเข้าจากต่างประเทศหลายเท่า [2]

2. วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ได้ยกตัวอย่างฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในภาคเหนือของประเทศไทยเพื่อใช้เป็นตัวอย่างกรณีศึกษาถึงความสัมพันธ์ของจำนวนสัตว์เลี้ยงในฟาร์มเลี้ยงสัตว์กับการเลือกขนาดและจำนวนเครื่องปั่นไฟที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง เพื่อหาข้อสรุปเพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกขนาดและจำนวนเครื่องปั่นไฟที่เหมาะสมโดยฟาร์มเลี้ยงสัตว์ตัวอย่างนี้เป็นฟาร์มเลี้ยงสุกร โดยมีสุกรทั้งสิ้น 35000 ตัว จากการบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งปีพบว่ามีการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย ในแต่ละวันเท่ากับ 203.66 kW และไม่ปรากฏว่ามีช่วงเวลาใดที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงมากกว่าปกติ (Peak Load) อย่างชัดเจน โดยมีความต้องการที่จะจัดการและควบคุมกำลังผลิตไฟฟ้าจากเครื่องปั่นไฟเพื่อใช้ทดแทนหรือเสริมความต้องการพลังงานไฟฟ้านี้ให้เหมาะสมอย่างต่อเนื่อง

จากข้อมูลการทำวิจัยในต่างประเทศสามารถที่จะกำหนดเป็นข้อมูลสรุปการเกิดของเสียและปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากสัตว์แต่ละชนิดได้จากตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเกิดของเสียกับปริมาณก๊าซชีวภาพ [3,4]

Waste Source per Unit	Waste (kg/day)	Biogas (m^3/day); (CH_4 Content 60-70% by vol.)
Buffalo	15	0.540
Cows	10	0.360
Calves	5	0.200
Pigs (50 kg)	2	0.180
Horses	10	0.350
Sheep	2	0.100
Chickens	0.18	0.011

ข้อมูลจากการศึกษารวบรวมส่วนหนึ่งเกี่ยวกับเครื่องปั่นไฟที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงที่ผลิตและจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการศึกษาและคำนวณ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 มูลค่าของเครื่องปั่นไฟก๊าซชีวภาพขนาดต่าง ๆ [2,5]

Capacity of Generator (kW)	Cost (Baht/unit)	O & M Cost (Baht/yr)	Cost of Overhaul (Baht/unit)	Cost of Replace Engine (Baht/unit)
12	220000	17800	20000	50000
15	200000	33200	15000	40000
20	320000	59100	25000	55000
70	700000	144000	50000	230000
100	770000	144000	50000	260000
120	790000	88200	50000	276000
250	5000000	142500	1000000	1800000

เริ่มต้นด้วยการคำนวณหาปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการหมักของเสียจากสัตว์เลี้ยงแต่ละชนิดจากสมการที่ 1

$$bg_{created} = \frac{Unit\ \ of\ \ Waste\ \ Source_{in\ table} \times bg_{created,in\ table}}{24} \quad \ldots(1)$$

โดยที่

$bg_{created}$ คือ ก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการหมักของเสีย, (m^3/hr)

$Unit\ \ of\ \ Waste\ \ Source_{in\ table}$ คือ จำนวนสัตว์เลี้ยงแต่ละชนิดที่ระบุในตารางที่ 1, (Unit of Animal)

$bg_{created,in\ table}$ คือ ก๊าซชีวภาพที่ได้จากสัตว์เลี้ยงแต่ละชนิดที่ระบุในตารางที่ 1, (m^3/day)

จากนั้นนำผลการคำนวณแทนค่าลงในสมการที่ 2 เพื่อคำนวณหาขนาดกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากก๊าซชีวภาพในแต่ละชั่วโมง

$$P_{match} = \frac{f_C \times \eta_{Eng}\left(\frac{V_{CH_4}}{V_{tot}}\right) \times \rho_{CH_4,std} \times \left(P_{std} + P_{bg} - P'\right) \times T_{std} \times H_{U,std}}{P_{std} \times T_{act} \times 3600} \quad \ldots(2)$$

หรือรวมสมการที่ 1 เข้ากับสมการที่ 2 จะได้เป็นสมการที่ 3 ดังนี้

$$P_{match} = \frac{Unit\ \ of\ \ Waste\ \ Source_{in\ table} \times bg_{created,in\ table} \times \eta_{Eng}\left(\frac{V_{CH_4}}{V_{tot}}\right) \times \rho_{CH_4,std} \times \left(P_{std} + P_{bg} - P'\right) \times T_{std} \times H_{U,std}}{P_{std} \times T_{act} \times 86400} \quad \ldots(3)$$

โดยที่

P_{match} คือ ขนาดกำลังไฟฟ้าที่ต้องการหรือผลิตได้, (kW)

P_{std} คือ ความดันก๊าซชีวภาพที่สภาวะมาตรฐาน = 1013 mbar

T_{act} คือ อุณหภูมิก๊าซชีวภาพ ณ จุดใช้งาน, (^{O}K)

η_{Eng} คือ ประสิทธิภาพเครื่องยนต์

= 0.3 (Dual fuel and larger Otto gas engines),

= 0.25 (Smaller Otto gas engines)

$\left(\frac{V_{CH_4}}{V_{tot}}\right)$ คือ %CH_4 ในก๊าซชีวภาพ $\div 100$

$\rho_{CH_4,std}$ คือ ความหนาแน่นก๊าซชีวภาพที่สภาวะมาตรฐาน

= 0.72 kg/m^3

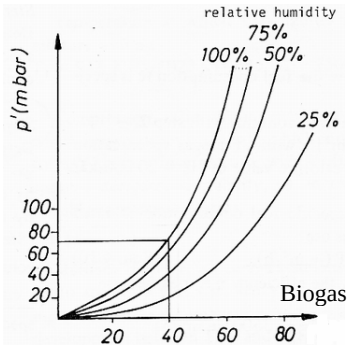
P_{bg} คือ ความดันก๊าซชีวภาพ ณ จุดใช้งาน, (mbar)

P' คือ ความดันไอน้ำในรูปความชื้นสัมพัทธ์,(mbar) จากรูปที่ 3

T_{std} คือ อุณหภูมิก๊าซชีวภาพที่สภาวะมาตรฐาน = 273 ^{O}K

$H_{U,std}$ คือ ค่าความร้อนก๊าซชีวภาพที่สภาวะมาตรฐาน

= 50000 kJ/kg



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันของไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิก๊าซชีวภาพ [3]

ทั้งนี้มีตัวแปรบางตัวที่เป็นคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ที่ต้องทำการวัดค่าจากสถานที่จริงเพื่อให้ผลการคำนวณมีความแม่นยำมากขึ้น ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างค่าตัวแปรก๊าซชีวภาพที่ได้จากการตรวจวัด

Item	V_{CH4}/V_{total}	P_{bg}	T_{act}
Value	62.22%	2.488 mbar	301.7 ^{O}K

วิธีการเลือกขนาดและจำนวนเครื่องปั่นไฟโดยคำนึงถึงปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยรวมจะต้องเพียงพอแก่ความต้องการ ซึ่งในที่นี้จะใช้วิธีการรวมเครื่องปั่นไฟขนาดเดียวกันหลาย ๆ ตัวเข้าด้วยกันเป็นชุด (Set) และให้มีขนาดกำลังผลิตไฟฟ้าได้ใกล้เคียงกับความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยมากที่สุด และจัดรูปแบบระบบการเดินเครื่องในแต่ละวันเพื่อให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอและต่อเนื่องตลอดทั้งวันในการศึกษานี้จะแบ่งรูปแบบการเดินเครื่องในแต่ละชุดออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

2.1 ให้เครื่องปั่นไฟแต่ละชุดทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน โดยจะต้องมีเครื่องปั่นไฟทั้งหมด 2 ชุด เพื่อสลับการทำงานแบบวันเว้นวัน

2.2 ให้เครื่องปั่นไฟแต่ละชุดทำงาน 12 ชั่วโมงต่อวัน โดยจะต้องมี

เครื่องปั่นไฟทั้งหมด 2 ชุด เพื่อสลับการทำงานแบบชุดละครึ่งวัน

การกำหนดช่วงการทำงานใน 2 รูปแบบนี้เพื่อให้เครื่องปั่นไฟแต่ละชุดได้มีเวลาพักเครื่องเพื่อบำรุงรักษาได้ จากนั้นนำวิธีการต่าง ๆ นี้มาคำนวณและวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีประเมินโดยคิดอัตราผลตอบแทนการลงทุนด้วยวิธี Trial and Error ซึ่งค่าอัตราส่วนลดที่หาได้คือค่า IRR นั่นคือค่า i ที่ทำให้ $NPV_{(i)} = 0$ และระยะเวลาการคืนทุน (PBP) จากสมการดังนี้ [6]

$$NPV = \sum_{n=1}^{N} \left(\frac{NCF_n}{(1+i)^n} - TIC \right) = 0 \qquad \ldots(4)$$

โดยที่

TIC คือ มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนทั้งหมด

NCF_n คือ กระแสเงินสดสุทธิของปีที่ n

i คือ อัตราผลตอบแทนการคืนทุน

N คือ อายุการใช้งานของอุปกรณ์

$$PBP = \frac{Investment\ cost}{Average\ Net\ Revenue\ per\ year - Average\ Net\ Expenditure\ per\ year} \qquad \ldots(5)$$

โดยที่

PBP คือ ระยะเวลาการคืนทุน

Investment cost คือ เงินลงทุนเบื้องต้น

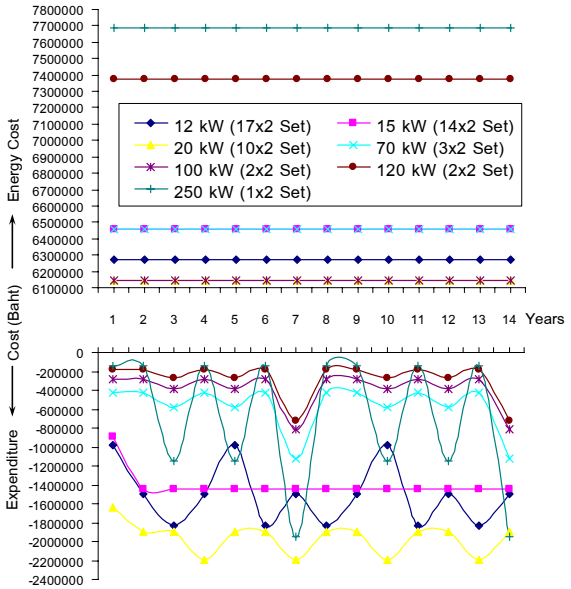
Average Net Revenue per year คือ รายได้เฉลี่ยต่อปี

Average Net Expenditure per year คือ รายจ่ายเฉลี่ยต่อปี

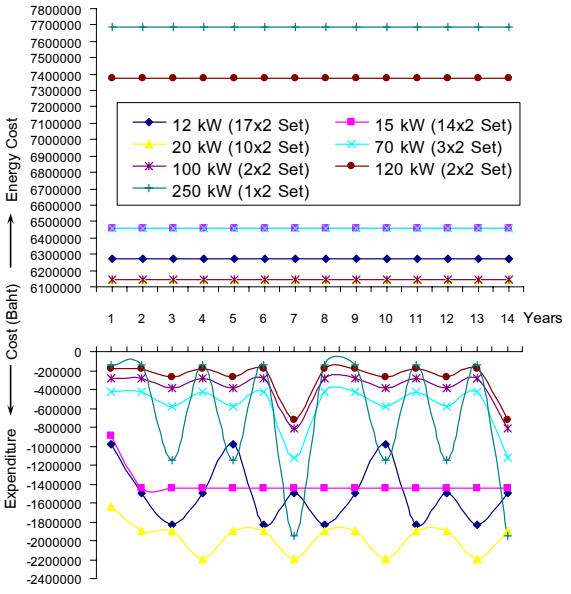
3. ผลการศึกษาและคำนวณ

ในขั้นตอนการคำนวณเพื่อหาปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากสุกรจำนวน 35000 ตัว จะได้ก๊าซชีวภาพ 6300 m^3/day และสามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องปั่นไฟสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ประมาณ 350 kW นั่นหมายถึงฟาร์มเลี้ยงสัตว์แห่งนี้มีสุกรจำนวนมากเพียงพอแก่การผลิตไฟฟ้าได้ตามความต้องการ ส่วนผลการศึกษาคำนวณและวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ได้ผลแสดงในรูปต่อไปนี้

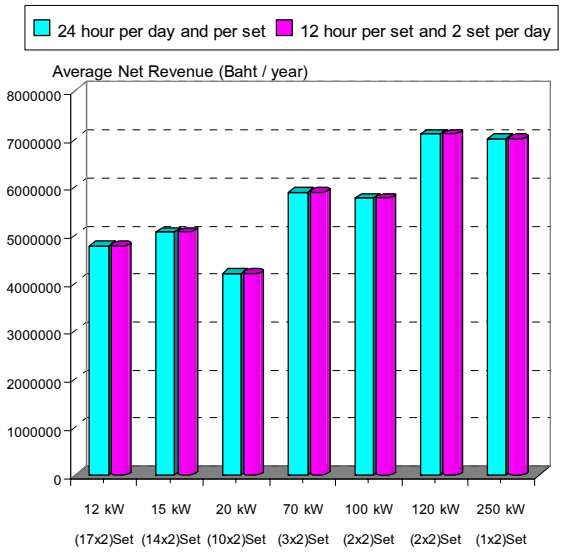
จากรูปที่ 4 และ 5 มูลค่าการบำรุงรักษาที่ต้องเสียไปในแต่ละปี ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการทำการบำรุงรักษาทั่วไป การปรับสภาพเครื่องยนต์ให้ใช้งานได้ตามปกติ (Overhaul) หรือแม้กระทั่งการที่ต้องเปลี่ยนเครื่องยนต์ตัวใหม่เมื่อเครื่องยนต์หมดอายุการใช้งาน มีความผันแปรไปในแต่ละปีในลักษณะเดียวกันทั้ง 2 รูปแบบการทำงาน และจะสังเกตได้ว่าการใช้ชุดเครื่องปั่นไฟที่ประกอบไปด้วยเครื่องปั่นไฟขนาดเล็กจำนวนหลายเครื่องในหนึ่งชุดจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาในแต่ละปีที่สูงกว่าการเลือกใช้ชุดเครื่องปั่นไฟที่ประกอบไปด้วยเครื่องปั่นไฟขนาดใหญ่แต่มีจำนวนเครื่องน้อยกว่าในหนึ่งชุด อีกทั้งการใช้ชุดเครื่องปั่นไฟที่ประกอบไปด้วยเครื่องปั่นไฟขนาดเล็กจำนวนหลายเครื่องในหนึ่งชุดนั้น ยังต้องมีความถี่ในการ Overhaul เครื่องยนต์มากกว่า และเครื่องยนต์มีอายุสั้นทำให้ต้องจัดหาเครื่องยนต์ตัวใหม่มาทดแทนจำนวนมากในขณะที่มีการผลิตกำลังไฟฟ้าในแต่ละชุดที่ใกล้เคียงกัน



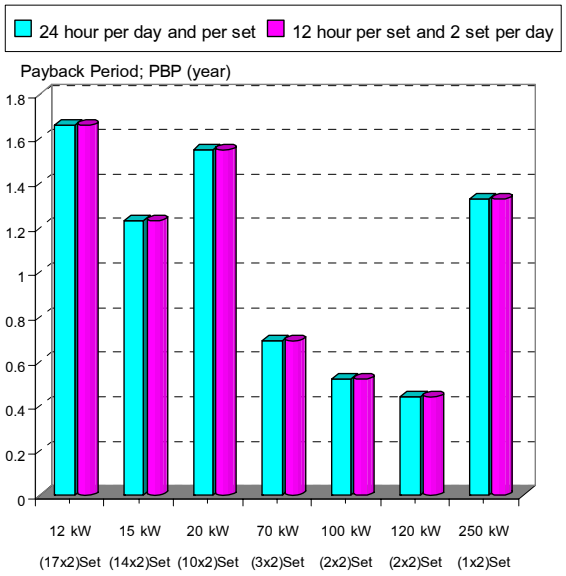
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของมูลค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากชุดเครื่องปั่นไฟขนาดต่าง ๆ ที่ทำงานแบบชุดละ 24 ชั่วโมงต่อวันกับมูลค่าการบำรุงรักษาที่ต้องเสียไปในแต่ละปี



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ของมูลค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากชุดเครื่องปั่นไฟขนาดต่าง ๆ ที่ทำงานแบบสลับกันชุดละ 12 ชั่วโมงต่อวันกับมูลค่าการบำรุงรักษาที่ต้องเสียไปในแต่ละปี



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยมูลค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปีจากชุดเครื่องปั่นไฟขนาดต่าง ๆ ที่ทำงานแบบชุดละ 24 ชั่วโมงต่อวัน และแบบทำงานสลับกันชุดละ 12 ชั่วโมงต่อวัน



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาคืนทุนจากมูลค่าการลงทุนซื้อชุดเครื่องปั่นไฟขนาดต่าง ๆ ที่ทำงานแบบชุดละ 24 ชั่วโมงต่อวัน และแบบทำงานสลับกันชุดละ 12 ชั่วโมงต่อวัน

รูปที่ 6 และ 7 แสดงให้เห็นว่า ในการจัดการให้ชุดเครื่องปั่นไฟทำงานใน 2 รูปแบบ คือ ทั้งแบบให้ชุดเครื่องปั่นไฟทำงานแบบชุดละ 24 ชั่วโมงต่อวัน โดยมีชุดเครื่องปั่นไฟ 2 ชุดทำงานสลับกันแบบวันเว้นวัน กับแบบให้ชุดเครื่องปั่นไฟทำงานชุดละ 12 ชั่วโมงต่อวัน โดยมีชุดเครื่องปั่นไฟ 2 ชุดเช่นกันแต่ทำงานสลับกันชุดละ 12 ชั่วโมงต่อวันนั้นทั้งผลต่างที่เป็นรายได้สุทธิจากการผลิตกระแสไฟฟ้าและระยะเวลาคืนทุนไม่แตกต่างกัน และพบว่าการใช้ชุดเครื่องปั่นไฟที่ประกอบไปด้วยเครื่องปั่นไฟขนาด 120 kW จำนวน 2 เครื่องใน 1 ชุด สามารถผลิตไฟฟ้าได้รวมแล้วพอเพียงแก่ความต้องการอีกทั้งยังให้ผลต่างที่เป็นรายได้สุทธิจากการผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่ากรณีอื่นรวมถึงยังสามารถลดระยะเวลาคืนทุนได้ต่ำสุด ซึ่งเป็นผลให้สามารถคืนทุนได้เร็วกว่ากรณีอื่น ๆ

4. สรุปและเสนอแนะผลการศึกษา

4.1 การศึกษานี้ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของจำนวนสัตว์เลี้ยงในฟาร์มเลี้ยงสัตว์กับการเลือกขนาดและจำนวนเครื่องปั่นไฟที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงได้อย่างเหมาะสม ลดต้นทุนในการดูแลรักษาโดยสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าใช้งานได้อย่างต่อเนื่องและไม่เกินความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในฟาร์มซึ่งจะเป็นการจัดการและใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยวิธีการคำนวณและวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์

4.2 สำหรับฟาร์มเลี้ยงสุกรที่นำมาเป็นกรณีศึกษานี้ การเลือกใช้ชุดเครื่องปั่นไฟที่มีขนาดกำลังผลิตไฟฟ้ารวม 240 kW ซึ่งในหนึ่งชุดจะประกอบไปด้วยเครื่องปั่นไฟเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพขนาด 120 kW จำนวน 2 เครื่อง และจะต้องมีอย่างน้อย 2 ชุดเพื่อแบ่งการทำงานของแต่ละชุดสลับกัน นับว่าเหมาะสมที่สุด เนื่องจากในหนึ่งชุดเครื่องปั่นไฟนี้สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพียงพอแก่ความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในฟาร์ม ให้ผลต่างที่เป็นรายได้สุทธิจากการผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่ากรณีอื่น รวมถึงยังสามารถคืนทุนได้เร็วกว่ากรณีอื่นด้วย และสามารถเลือกรูปแบบการทำงานได้ทั้งสองรูปแบบซึ่งล้วนแต่มีความเหมาะสมด้วยกันทั้งสิ้น เนื่องจากใน 2 รูปแบบนั้นไม่มีความแตกต่างกันในแง่ของผลต่างที่เป็นรายได้สุทธิจากการผลิตกระแสไฟฟ้า

4.3 ถึงแม้ว่ารูปแบบการทำงานของชุดปั่นไฟทั้ง 2 รูปแบบจะไม่มีความแตกต่างกันในแง่ของผลต่างที่เป็นรายได้สุทธิจากการผลิตกระแสไฟฟ้าก็ตาม แต่การเลือกรูปแบบการทำงานของชุดปั่นไฟแบบที่ให้ชุดเครื่องปั่นไฟทำงานแบบชุดละ 24 ชั่วโมงต่อวัน โดยมีชุดเครื่องปั่นไฟ 2 ชุด ทำงานสลับกันแบบวันเว้นวันจะเป็นการลดจำนวนครั้งและความยุ่งยากในการที่จะต้องดำเนินการสลับสับเปลี่ยนการทำงานของแต่ละชุดลงได้ครึ่งหนึ่งเมื่อเทียบกับรูปแบบที่ให้ชุดเครื่องปั่นไฟทำงานชุดละ 12 ชั่วโมงต่อวัน โดยทำงานสลับกันชุดละ 12 ชั่วโมง เนื่องจากไม่ต้องใช้เวลาไปกับการสลับสับเปลี่ยนชุดในระหว่างวันนั่นเอง

4.4 ในสถานประกอบการณ์เลี้ยงสัตว์ต่าง ๆ ล้วนมีจำนวนสัตว์เลี้ยงและรูปแบบลักษณะภาระการบริโภคไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการที่จะเลือกขนาดและจำนวนเครื่องปั่นไฟที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงได้อย่างเหมาะสมเพื่อลดต้นทุนในการผลิตนั้น สถานประกอบการณ์นั้น ๆ จึงควรที่จะต้องมีการบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในแต่ละวันอย่างต่อเนื่องเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์อัตราการใช้ไฟฟ้าอีกทั้งยังจะทำให้ทราบว่าช่วงใดที่มีการใช้ไฟฟ้ามากกว่าปกติ (Peak Load) จึงจะสามารถวางแผนกำหนดขนาดและจำนวนเครื่องปั่นไฟได้อย่างเหมาะสม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และสถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การชี้แนะและสนับสนุนข้อมูลอันเป็นความรู้และเครื่องมือซึ่งนำพาไปสู่ความสำเร็จในการทำการศึกษา,สถานประกอบการฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดใหญ่ "โฟร์ทีฟาร์ม" ที่ให้การเอื้อเฟื้อสถานที่และก๊าซชีวภาพในการทำการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบคุณสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน(สนพ.) กระทรวงพลังงาน ที่ให้การสนับสนุนทุนศึกษาวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่., 2543. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ.โครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ฟาร์มขนาดใหญ่

[2] สมบูรณ์ ศิริพรมงคลชัย., 2546. การปรับปรุงคาร์บูเรเตอร์สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้ก๊าซชีวภาพ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[3] MitZalff, Klaus von., 1988. Engine for biogas. theory, modification, econum, operation, Federal Republic of Garmany

[4] James, and Gisela Lorenz., 1985. Production and Utilization of Biogas. Schriftenreihe der GTZ, No.97, Printed in Garmany

[5] สถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่., 2549. เอกสารข้อมูลการตรวจวัดชุดผลิตพลังงานไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ. โครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ระยะที่ 1 และ 2

[6] วารุณี เตีย., 2540. การวิเคราะห์พลังงานทางเศรษฐศาสตร์และกรณีศึกษาการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรม. เอกสารประกอบการบรรยายคณะพลังงานและพัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี