การออกแบบโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่

DESIGN THE BIOGAS POWER PLANT FOR A LAYER POULTRY FARM

นายดนุพล ชอบธรรม รหัส 60361491

นายพุฒิเมธ เพียรธรรม รหัส 60363488

นายสุนทร ทับทิมไทย รหัส 60365253

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2563

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การออกแบบโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่

ผู้ดำเนินโครงงาน นายดนุพล ชอบธรรม รหัส 60361491
นายพุฒิเมธ เพียรธรรม รหัส 60363488
นายสุนทร ทับทิมไทย รหัส 60365253

ที่ปรึกษาโครงงาน ผศ.ดร. สิทธิโชค ผูกพันธุ์

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2563

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผศ.ดร. สิทธิโชค ผูกพันธุ์)

.....กรรมการ
(ผศ. นพรัตน์ สีหะวงษ์)

.....กรรมการ
(ผศ. ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน การออกแบบโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่
ผู้ดำเนินโครงงาน นายดนุพล ชอบธรรม รหัส 60361491
นายพุฒิเมธ เพียรธรรม รหัส 60363488
นายสุนทร ทับทิมไทย รหัส 60365253
ที่ปรึกษาโครงงาน ผศ.ดร. สิทธิโชค ผูกพันธุ์
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ทำการศึกษาการออกแบบโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่ สำหรับกรณีศึกษาในฟาร์มเลี้ยงไก่ไข่แบบปิด 100,000 ตัว ที่มีการปล่อยน้ำเสียออกจากการล้างมูลสัตว์ถูกเก็บไว้ในบ่อเก็บใช้แผ่นพลาสติกปกคลุมเรียกว่า บ่อหมักระบบปิดแบบคัพเวอร์ลากูน ทำให้มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เพื่อตอบสนองความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าและความต้องการกำลังไฟฟ้าของฟาร์ม โดยจะพิจารณาทั้งการวิเคราะห์ด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์ การศึกษานี้กำหนดศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีข้อจำกัดในเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพในรูปแบบคล้ายคลึงกัน ขนาดของเครื่องยนต์แก๊สและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการเปลี่ยนก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานไฟฟ้านั้นขึ้นอยู่กับการรวบรวมข้อมูลความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดและความต้องการพลังงานไฟฟ้าในปัจจุบัน รวมทั้งประมาณการถึงความสามารถที่เต็มกำลังการผลิตของฟาร์ม การลงทุนเริ่มต้นได้มาจากมูลค่าของต้นทุนที่เป็นอุปกรณ์ประกอบในระบบ โดยรวบรวมจากใบเสนอราคาของผู้จัดจำหน่าย ขณะที่ค่าใช้จ่ายรายปีเป็นการประมาณค่าจากการบำรุงรักษาตามเวลาการทำงานของเครื่องจักร จากผลการศึกษาพบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับจำนวนโรงเลี้ยงและจำนวนไก่ไข่ภายในฟาร์ม ซึ่งสามารถรองรับความต้องการพลังงานไฟฟ้าได้ 44% ดังนั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด โรงไฟฟ้าจึงวางแผนให้จ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รองรับความต้องการพลังงานทั้งหมดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เรียกเก็บกับอัตราค่าไฟฟ้าสูงกว่าช่วงเวลากลางคืน จากการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่าโครงการให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่เป็นบวก เท่ากับ 1.15 ล้านบาท มีอัตราผลตอบแทนภายใน เท่ากับ 14% สูงกว่าอัตราผลตอบแทนที่คาดหวัง เท่ากับ 10% และมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย เท่ากับ 3.57 บาทต่อหน่วย ต่ำกว่าค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บจากผู้จำหน่ายไฟฟ้า ดังนั้นฟาร์มไก่ไข่นี้จึงมีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียมาผลิตไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์

Project title	Design the biogas power plant for a layer poultry farm	
Name	Mr. Danuphon Chobtham	ID. 60361491
	Mr. Putthimet Pientam	ID. 60363488
	Mr. Sunthon Thapthimthai	ID. 60365253
Project advisor	ASST. PROF. DR. Sitichoke Pookpunt	
Major	Mechanical Engineering	
Department	Mechanical Engineering	
Academic year	2020	

Abstract

This project pre-feasibilty designs a biogas powerplant in a layer poultry farm with 100,000 layers as case of study. The farm generally discharges an amount of wastewater from manure washing process and collected within the plastic covered lagoon as a digestor for a biogas generation called anaerobic digestion. The energy from biogas could be conversed to electricity using gas engine and generator. This study analyses both technical and economics parameter using mathematical model. The amount of biogas determines from the similar technology of research study. Gas engine and generator used to converse those biogases to an amount of electricity. To maximize the benefit, that electricity considers supplying in the on-peak period which higher tariff than off-peak period. The gas engine and generator are sized based on the collecting data of currently peak power demand, electricity requirement of the farm. The initial investment determines from the major component cost and the annual expense is estimated by the maintenance cost of time of operation leading to achieve the financial parameters. The result shows the range of energy production based on the number of operating cage houses in the farm, supporting 44% of the energy requirement. The financial analysis is recognized by its positive Net Present Value (NPV) as 1.15 million-Baht with in 20 years project planning period. The project shows 14% of Internal Rate of Return (IRR) higher than expected return rate assuming to 10% discount rate in this study. Moreover, the study shows 3.57 Baht/kWh of Levelized Cost of Energy (LCOE) which lower than the electricity cost charged by utility. In conclusion, the study shows high potential in utilize the biogas from wastewater of poultry farm to generate the electricity and maximize benefit on both technical and economics consideration.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้สามารถทำงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. สิทธิโชค ผูกพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินโครงงาน ตลอดจนติดตามประเมินผลการดำเนินโครงงานมาโดยตลอด ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพรัตน์ สีหะวงษ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชูพงษ์ ช่วยเพ็ญ ที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาและแนะนำความรู้ต่างๆ เพื่อให้โครงงานนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบิดาและมารดาที่ให้การอุปการะเลี้ยงดูและสั่งสอนจนกระทั่งสามารถเติบโตมา จนถึงปัจจุบัน ตลอดจนช่วยอุปการะทางการเงินและคอยให้กำลังใจจนกระทั่งโครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ ผู้ดำเนินงานขอขอบคุณงามความดีที่เกิดขึ้นจากโครงงานนี้ แด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำให้โครงงานนี้เสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและถ้าเกิดข้อผิดพลาดประการใดจากโครงงานนี้ ผู้ดำเนินงานต้องกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี่ด้วย

ผู้ดำเนินโครงงาน

นายพุฒิเมธ เพียรธรรม

นายดนุพล ชอบธรรม

นายสุนทร ทับทิมไทย

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
Abstract ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูปภาพ ..... ฌ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.5 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงานโครงงาน 4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ 6
2.2 ชนิดของเทคโนโลยีที่ผลิตก๊าซชีวภาพ 6
2.2.1 บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า (Low rate anaerobic reactor) 7
2.2.2 บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบเร็ว (High rate anaerobic reactor) 7
2.3 กระบวนการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ 12
2.3.1 Water Scrubber Filter 12
2.3.2 Silica Gel Filter 13
2.3.3 Iron Sponge Filter 13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.4 Sodium Hydroxide Solution Filter 14
2.3.5 Activated Carbon Filter 14
2.4 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ 15
2.4.1 การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบกังหันไอน้ำ 15
2.4.2 การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบกังหันก๊าซควบคู่กับระบบกังหันไอน้ำ 16
2.4.3 การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบเครื่องยนต์แก๊สสันดาปภายใน 17
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 20
3.1 ความต้องการไฟฟ้าในฟาร์มไก่ไข่ 21
3.1.1 ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในฟาร์ม 21
3.1.2 ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของฟาร์ม 24
3.2 การวิเคราะห์ศักยภาพของการผลิตไฟฟ้า 26
3.3 การวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 26
3.4 แนวคิดในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่ 27
3.4.1 การผลิตก๊าซชีวภาพ อุปกรณ์ที่ใช้ 29
3.4.2 การกรองก๊าซชีวภาพ อุปกรณ์ที่ใช้ 29
3.4.3 การผลิตไฟฟ้า อุปกรณ์ที่ใช้ 29
3.4.4 การควบคุมการจ่ายไฟฟ้า อุปกรณ์ที่ใช้ 30
3.5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการเงิน (Economic and Financial Analysis) 30
3.5.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) 32
3.5.2 รายได้ (Revenue) 33
3.5.3 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Capital Expenditure) 34
3.5.4 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (Operating Expenditure and Replacement) 34
3.5.5 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (Levelized Cost of Energy) 34

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 36
4.1 ศักยภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเครื่องยนต์แก๊ส 36
4.1.1 การคำนวณหาพารามิเตอร์ในการออกแบบ 37
4.2 มูลค่าโครงการของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยก๊าซชีวภาพ 43
4.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 48
4.3.1 วิธีการคำนวณผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ 49
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน 55
เอกสารอ้างอิง 56
ประวัติผู้จัดทำโครงงาน 59

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงานโครงงาน....4

2.1 ชนิดของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า (Low rate anaerobic reactor)....8

2.2 ชนิดของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบเร็ว (High rate anaerobic reactor) 10

2.3 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์แก๊สสันดาปภายใน.....19

3.1 ข้อมูลความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของฟาร์มไก่ไข่.... 23

3.2 ข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้าของฟาร์มไก่ไข่.... 24

4.1 กลุ่มตัวแปรต้นที่ใช้ในการออกแบบ 38

4.2 กลุ่มตัวแปรตามที่ได้จากการออกแบบ.... 42

4.3 การลงทุนเริ่มต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 180 kW ควบคู่กับเครื่องยนต์ 270 kW [18] 45

4.4 แสดงค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (OPEX) [18].... 47

4.5 สรุปค่าใช้จ่ายรายปี 48

4.6 ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์.... 50

4.7 สรุปผลการวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพของฟาร์มไก่ไข่100,000 ตัว....53

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ	6
2.2	ผังกระบวนการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพโดยรวม	12
2.3	การออกแบบเครื่องกรองน้ำ	13
2.4	การออกแบบตัวกรองซิลิกาเจล	13
2.5	การออกแบบตัวกรองฟองน้ำเหล็ก	14
2.6	การออกแบบตัวกรองสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	14
2.7	การออกแบบตัวกรองถ่านกัมมันต์	15
2.8	ระบบกังหันไอน้ำ	16
2.9	ระบบกังหันก๊าซควบคู่กับกังหันไอน้ำ	17
2.10	เครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ	17
3.1	แผนผังขั้นตอนการดำเนินโครงการ (Flow chart)	20
3.2	อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ไฟฟ้า (Time of Use Rate : TOU) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	22
3.3	ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดแต่ละช่วงเวลา	23
3.4	พลังงานรวมและความต้องการไฟฟ้าสูงสุด	25
3.5	แนวคิดในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่	28
3.6	ผังแสดงการประเมินความคุ้มค่าในโครงการ	31
4.1	กระแสเงินสดที่เกิดขึ้นของโครงการ	51
4.2	แนวโน้มค่าไฟฟ้าอุตสาหกรรมในประเทศไทยปี (2019-2021)โดยผลการวิจัยกรุงศรี [17]	53

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

NPV	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
IRR	อัตราผลตอบแทนภายใน
B/C	ผลประโยชน์ต่อการลงทุน
LCOE	ต้นทุนพลังงานผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย
CH_4	ก๊าซมีเทน
CO_2	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
H_2	ก๊าซไฮโดเจน
H_2S	ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์
N_2	ก๊าซไนโตรเจน
NaOH	ก๊าซโซเดียมไฮดรอกไซด์
TOU	อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)
PK-kW	ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ในช่วงเวลา 9.00 – 22.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์ ในช่วงเวลานี้จะมีการชาร์ทค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเพิ่ม
OP-kW	ความต้องการกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลา 22.00 - 9.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์
OP/HH-kW	ความต้องการกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลา เวลา 00.00 - 24.00 น. วันเสาร์ - วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย)
AEP	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อปี
BG	ปริมาณก๊าซชีวภาพ
$\%CH_4$	สัดส่วนมีเทนในก๊าซชีวภาพ
HHV	ค่าความร้อนสูงสุด
η_G	ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องยนต์แก๊ส
η_{Gen}	ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
W_m	ปริมาณมูลไก่ไข่ต่อวัน
n_L	จำนวนไก่ไข่ในฟาร์ม
$\%V_S$	สัดส่วนของแข็งระเหยง่าย
V_s	สัดส่วนของแข็งระเหยต่อมูลไก่ไข่
HV_{BG}	ค่าความร้อนก๊าซชีวภาพ (MJ/m^3)
HV_{CH4}	ค่าความร้อนก๊าซมีเทน (MJ/m^3)
FIT	อัตราการรับซื้อไฟฟ้า
CAPEX	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน
ICC	กระแสเงินสุทธิเริ่มต้น
OPEX	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ (ต่อ)

CF_0	กระแสเงินสุทธิเริ่มต้นหรือ ICC (Baht)
CF_t	กระแสเงินสุทธิรายปีๆละเท่าๆกัน (Baht/year)
T	ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ
d	อัตราคิดลด (%)
t	ระยะเวลาในการลงทุนโครงการ (year)
$C_{O\&M}$	ค่าบำรุงรักษารายปี (Baht/year)
h_{op}	ชั่วโมงการทำงานต่อปี
C_{fix}	ค่าใช้จ่ายที่ไม่ขึ้นกับเวลาทำงาน หรือค่าใช้จ่ายคงที่
Int&Tax	ดอกเบี้ยและภาษี
C_{RP}	ค่าเปลี่ยนอุปกรณ์ทดแทนที่หมดอายุ (Baht/year)
LICC	การกระจายเงินลงทุนเริ่มต้นให้เป็นรายปี (Baht/year)
A/P	Annuity Factor เพื่อกระจายเงินลงทุนเริ่มต้นให้เป็นรายปี
HDPE	แผ่นพลาสติกคลุมบ่อหมัก
kWh	หน่วยที่ใช้บอกขนาดหรือปริมาณของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานใน 1 หน่วย
PPA	การดำเนินการตามสัญญาซื้อขายไฟฟ้า
C_{lg}	ค่าใช้จ่ายของบ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบ (Cover lagoon)
C_{pipe}	ค่าใช้จ่ายของระบบท่อแก๊ส
C_{filt}	ค่าใช้จ่ายของระบบกรองแก๊ส
C_{dry}	ค่าใช้จ่ายของระบบลดความชื้น
C_{enge}	ค่าใช้จ่ายของเครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
C_{syn}	ค่าใช้จ่ายของชุดควบคุมการขนานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
C_{mesw}	ค่าใช้จ่ายของมิเตอร์ริ่งและสวิทช์ชิ่ง
C_{des}	ค่าใช้จ่ายของรายละเอียดในการออกแบบ
C_{trin}	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งกับติดตั้งระบบ
C_{ofil}	ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องและไส้กรอง
C_{gfil}	ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนไส้กรองแก๊ส
C_{air}	ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนไส้กรองอากาศ
C_{cool}	ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนถ่ายน้ำหล่อเย็นและท่อยาง
C_{valv}	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งวาล์ว ตั้งไทเมอร์ เปลี่ยนสายพาน
C_{oil}	ค่าใช้จ่ายในการล้างอ่างน้ำมันเครื่อง
C_{batt}	ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแบตเตอรี่
C_{gen}	ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
V_{CL}	ปริมาตรของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ (ต่อ)

E_{avg}	ค่าเฉลี่ยพลังงานต่อปี [ตารางที่ 3.2]
ED	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการต่อปี
PP	ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด
HHV_{dies}	ค่าความร้อนของดีเซล
DG_{eff}	ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีเซล
Q	กำลังการผลิตก๊าซชีวภาพ
RPY	รายได้ต่อปี (Revenue Per Year)
EH	ศักยภาพก๊าซชีวภาพ
EG	ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
LF_u	สัดส่วนของพลังงานที่ผลิตได้ต่อความต้องการ
GE	ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
GPE	ความต้องการพลังงานแก๊สต่อการผลิตไฟฟ้า
DPE	ความต้องการพลังงานดีเซลต่อการผลิตไฟฟ้า
MD	ขนาดของเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลง
EBITA	กำไรก่อนที่จะหักภาษีและดอกเบี้ย (Earning Before Interest Tax Depreciation and Amortization)
PV	มูลค่าปัจจุบัน
CF	ตัวประกอบกำลังผลิต
PB	ระยะเวลาคืนทุน
AEDP2015	แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (Alternative Energy Development Plan)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตและส่งออกสินค้าด้านปศุสัตว์เป็นอันดับชั้นนำของโลก ฟาร์มปศุสัตว์ภายในประเทศมีมากมาย เช่น ฟาร์มวัว ฟาร์มสุกร ฟาร์มไก่ไข่ ฟาร์มไก่เนื้อ เป็นต้น โดยฟาร์มที่นำมาใช้ในโครงงานนี้คือ ฟาร์มไก่ไข่ ซึ่งเป็นฟาร์มผลิตไข่เชิงพาณิชย์หรือไก่พันธุ์พิเศษ มีการผลิตไข่ในประเทศประมาณ 15,000 ล้านฟองต่อปีจาก 58 ล้านตัว โดยบริโภคไข่ในประเทศ 40 ล้านฟองต่อวัน และอีก 1 ล้านฟองเพื่อการส่งออก [1] การผลิตไข่มีสามประเภท ได้แก่ ฟาร์มแบบขังกรง ฟาร์มแบบยุ้งฉาง และฟาร์มแบบปล่อยอิสระ ฟาร์มแบบขังกรง หมายถึง การให้อาหารไก่ในกรงตาข่ายที่มีสภาพแวดล้อมที่สะอาดซึ่งนำไปสู่ผลผลิตที่สูงขึ้น การเก็บเกี่ยวไข่ที่สะดวก การควบคุมปริมาณน้ำและอาหาร การทำความสะอาดมูลสัตว์อย่างง่าย และโรคที่เกิดจากไก่น้อยลง ด้วยเหตุนี้ ฟาร์มแบบขังกรงจึงเป็นฟาร์มที่นิยมเลี้ยงมากที่สุด มีการทำฟาร์มขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ ตั้งแต่ 10,000 - 1 ล้านตัว ประมาณ 1,385 แห่ง เป็นฟาร์มขังกรงที่สามารถผลิตไข่ออกสู่ตลาดได้ 80% [2] เกือบทั้งหมด จดทะเบียนเชิงพาณิชย์จำนวนไก่ไข่ตั้งแต่ 30,000 ถึง 100,000 layers เรียกว่าวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม [3] ฟาร์มแบบขังกรงจะปล่อยน้ำเสียจำนวนมากจากกระบวนการทำความสะอาดมูลสัตว์ ตั้งแต่ 20 - 40 m^3 ต่อ 100,000 layers/day มูลสัตว์และการปนเปื้อนจะถูกล้างโดยใช้ตะแกรงและเครื่องบีบอัด [4,5] ส่วนน้ำเสียที่เป็นของเหลวจะถูกเก็บในบ่อหมักแบบปิด (Cover lagoon) ขนาดใหญ่ปกคลุมด้วยแผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) ป้องกันกลิ่นเสีย ป้องกันน้ำเสียล้นบ่อและซึมลงดิน

ก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซที่ติดไฟได้ จะเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทางชีวภาพที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในกรณีที่ไม่มีออกซิเจนซึ่งเรียกว่าการย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจน จากสารอินทรีย์ก๊าซชีวภาพคือส่วนผสมของก๊าซที่ประกอบด้วยก๊าซมีเทน 55-70% คาร์บอนไดออกไซด์ 30-45% ไฮโดรเจนปริมาณเล็กน้อย [6] ไฮโดรเจนซัลไฟด์ แอมโมเนีย ความชื้นและก๊าซอื่นๆ เกิดขึ้นโดยมีค่าความร้อนสูงกว่าตั้งแต่ 15 ถึง 30 MJ/m^3 [7] สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่เผาไหม้เพื่อสร้างความร้อนและเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อสร้างพลังงานไฟฟ้า โดยทั่วไปก๊าซชีวภาพควรได้รับการทำให้บริสุทธิ์ก่อนนำไปใช้งาน

โรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพแปลงพลังงานที่มีอยู่ในรูปแบบก๊าซเป็นไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในที่เรียกว่าการต่อเครื่องยนต์แก๊สกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ การผลิตไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความต้องการของฟาร์มและอัตราการไหลของก๊าซในช่วงระยะเวลาดำเนินการ โดยความเร็วของ

เครื่องยนต์แก๊สจะคงที่ เครื่องยนต์ที่ใช้เป็นเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลง (Modified Diesel Engine: MD) จะลดอัตราส่วนการอัดลงเป็น 15 ต่อ 1 เพื่อป้องกันปรากฏการณ์น็อค หรือการชิงจุดระเบิดก่อนความต้องการแรงดันเพื่อใช้ในการผลักลูกสูบให้เกิดงานที่ต้องการในการขับเคลื่อน การชิงจุดระเบิดจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของแรงดันในการผลักลูกสูบลดลงและทำให้เกิดความเสียหายกับเครื่องยนต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าออกเทนของเชื้อเพลิง เนื่องจากค่าออกเทนของก๊าซชีวภาพมีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซล [8] การวัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงรวมถึงวาล์วปีกผีเสื้อและคาร์บูเรเตอร์จะอยู่ที่ด้านหน้าท่อร่วมไอดีและดึงก๊าซชีวภาพจากตัวควบคุมและถังเก็บน้ำเพื่อผสมกับอากาศเข้าระบบจุดระเบิด รวมถึงหัวเทียนและระบบควบคุมการจุดระเบิดจะถูกติดตั้งเพื่อให้มีการตั้งค่าระยะการเผาไหม้ เนื่องจากก๊าซชีวภาพไม่สามารถจุดไฟได้เอง เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับร่วมกับมู่เล่ของเครื่องยนต์และทำงานด้วยความเร็วคงที่โดยใช้ผู้ควบคุมซึ่งควบคุมปริมาณอากาศและเชื้อเพลิงตามความต้องการของโหลด เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงมักจะลงทุนต่ำกว่าการซื้อเครื่องยนต์แก๊สใหม่เนื่องจากไม่มีการเรียกเก็บภาษีนำเข้า อย่างไรก็ตาม ความดันการเผาไหม้ที่ต่ำกว่า 30%-40% หมายถึงกำลังขับสูงสุดที่ลดลง [9] เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซลดั้งเดิมเนื่องจากปริมาณพลังงานในก๊าซชีวภาพที่ต่ำกว่าและการแพร่กระจายของเปลวไฟช้าลงระหว่างจังหวะกำลังของเครื่องยนต์

ดังนั้นผู้จัดทำโครงงานนี้ได้ทำการวิเคราะห์ในส่วนเศรษฐศาสตร์ของการออกแบบโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่ จะพิจารณาถึงการวิเคราะห์ระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่ ทั้งทางด้านเทคนิคและพารามิเตอร์ทางการเงิน ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มต้นและค่าดำเนินการ รวมถึงมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C) ต้นทุนพลังงานผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (LCOE) และความคุ้มทุนของโครงการ จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับแหล่งพลังงานหมุนเวียนอื่น เพื่อให้เกิดความเหมาะสมที่จะลงทุนและประโยชน์สูงสุดในโครงการ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อดำเนินการวิเคราะห์ระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่

1.2.2 เพื่อสร้างแบบจำลองเชิงเศรษฐศาสตร์พลังงานของระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาและออกแบบระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่

1.3.2 สร้างแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่

1.3.3 วิเคราะห์ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่ให้เกิดความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์พลังงาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้แบบจำลองของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่

1.4.2 ได้แบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่

1.4.3 สามารถวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ในระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่ให้เกิดความเหมาะสมกับปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบ

1.5 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงานโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงานโครงงาน

กิจกรรม	2563									2564								
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
1.5.1. ศึกษาการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่																		
1.5.2. ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่																		
1.5.3. สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม																		
1.5.4. ศึกษาหาข้อมูลอ้างอิงเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ																		

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงานโครงงาน (ต่อ)

กิจกรรม	2563									2564								
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
1.5.5. วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากโครงงาน													■	■	■			
1.5.6 จัดทำรูปเล่มและนำเสนอโครงงาน																■	■	■

■ แผนการดำเนินโครงงาน

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ (Biogas หรือ Digester gas) หรือ ไบโอก๊าซ คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน โดยทั่วไปจะหมายถึง ก๊าซมีเทนที่เกิดจากการหมัก (Fermentation) ของอินทรียวัตถุหรือของเสียชีวภาพจากมูลสัตว์ ภายใต้สภาวะไม่มีออกซิเจน (Anaerobic) องค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่นๆ เช่น ไฮโดเจน (H_2) ,ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S), ไนโตรเจน (N_2) และไอน้ำ

รูปที่ 2.1 กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ
ที่มา: https://www.diw.go.th/km/safety/pdf/biogas_2.pdf

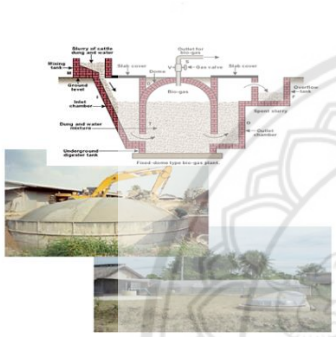
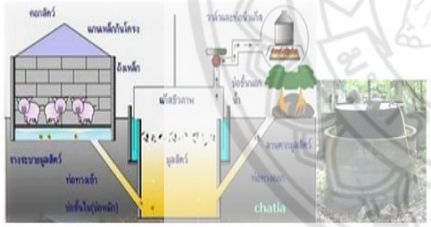
2.2 ชนิดของเทคโนโลยีที่ผลิตก๊าซชีวภาพ

การผลิตก๊าซชีวภาพจะแยกตามแหล่งที่มาของน้ำเสีย ได้แก่ ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ (Farm/manure waste) ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial waste) และครัวเรือน (Household) ปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจะใช้กระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยาแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic process) ภายในบ่อหมัก โดยแบ่งตามอัตราการย่อยสลายอินทรีย์ ได้ 2 ระดับ คือ อัตราการย่อยสลายอินทรีย์ต่ำ (Low rate) และสูง (High rate) สำหรับมูลสัตว์ ดังน

2.2.1 บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า (Low rate anaerobic reactor) มีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ แบบโดมคงที่ (Fixed dome digester) แบบฝาครอบลอย (Floating drum digester) และแบบรางขนาน (Plug flow digester) ซึ่งมี 2 รูปแบบ คือ แบบพลาสติกคลุมบ่อดิน (Cover lagoon) และแบบพลาสติกคลุมราง บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้าจะต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์มาก เพราะต้องใช้เวลาในการกักเก็บน้ำสูง แบ่งชนิดของบ่อหมักได้ดังตารางที่ 2.1

2.2.2 บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบเร็ว (High rate anaerobic reactor) มีอัตราการย่อยสลายเกิดขึ้นรวดเร็ว เพราะในระบบมีการกวนผสม การกักเก็บและรักษาตะกอนแบคทีเรียที่มีคุณภาพให้อยู่ในระบบเป็นเวลานาน โดยออกแบบให้ตะกอนถูกยึดตรึงไว้กับตัวกลาง หรือการทำให้ตะกอนรวมตัวกันเป็นก้อน และยังมีการนำตะกอนที่หลุดไปกับน้ำล้นกลับมาในระบบ บ่อหมักมีขนาดเล็ก สามารถรับปริมาณของเสียได้มาก ซึ่งบ่อหมักแบบนี้ เหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีปริมาณความเข้มข้นสารอินทรีย์สูง และก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้ทดแทนเชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการผลิต ทำให้ลดค่าใช้จ่ายการบำบัดให้ต่ำลง ช่วยลดการใช้เชื้อเพลิง และน้ำเสียที่บำบัดแล้วจะเป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้ง บ่อหมักแบบไร้ออกซิเจนแบบเร็ว จะแบ่งออกเป็น แบ่งชนิดของบ่อหมักได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 ชนิดของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า (Low rate anaerobic reactor)

ชนิดของบ่อหมัก	รูปภาพ	ลักษณะโครงสร้าง	ข้อดี	ข้อเสีย
1. แบบโดมคงที่ (Fixed dome digester)		คอนกรีตฝังอยู่ในดิน มีท่อเพื่อเติมมูลสัตว์และท่อให้มูลสัตว์ไหลออก	- สร้างได้ง่าย - ราคาถูก - แข็งแรงทนทาน	- มีขนาดเล็ก - ต้องใช้ความประณีตและความชำนาญในการก่อสร้าง
2. แบบฝาครอบลอย (Floating drum digester)		สร้างด้วยคอนกรีต ข้างบนบ่อมีฝาครอบเก็บก๊าซทำด้วยโลหะหรือไฟเบอร์กลาส ลอยขึ้นลงตามปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น	- สร้างได้ง่าย - ราคาถูก	- มีขนาดเล็ก

ตารางที่ 2.1 ชนิดของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า (Low rate anaerobic reactor) (ต่อ)

ชนิดของบ่อหมัก	รูปภาพ	ลักษณะโครงสร้าง	ข้อดี	ข้อเสีย
3. แบบรางขนาน (Plug flow digester) หรือ บ่อหมักระบบปิด (Covered Lagoon)		แผ่นพลาสติกคลุมบ่อดิน (HDPE) ในกรณีที่เป็นบ่อดินขุด อาจปูแผ่นยางที่ใช้ปูสระเก็บน้ำมาปูทับ เพื่อมิให้เกิดการรั่วซึมของของเสียลงใต้ดิน	- มีขนาดใหญ่ - สามารถสำรองก๊าซไว้ใช้ได้ - การก่อสร้างทำได้ง่าย	- ต้องการพื้นที่ระบบมาก - ประสิทธิภาพต่ำ การกวนผสมเกิดขึ้นไม่ดี
4. แบบพลาสติกคลุมราง (Channel digester)		เป็นบ่อคอนกรีตที่มีรูปร่างยาวคล้ายรางหรือคลองส่งน้ำ บนบ่อหมักมีพลาสติกคลุมเพื่อใช้เก็บก๊าซชีวภาพ มีท่อเติมมูล	- การดูแลรักษาไม่ยุ่งยาก - ก่อสร้างง่ายไม่ต้องมีอุปกรณ์ติดตั้งภายในบ่อ	- ต้องการพื้นที่ระบบมาก - อาจมีปัญหาการกวนผสมและการกระจายน้ำเสียได้เนื่องจากการกวนผสม ขึ้นอยู่กับการไหลของน้ำและก๊าซที่เกิดขึ้นในบ่อเท่านั้น

ตารางที่ 2.2 ชนิดของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบเร็ว (High rate anaerobic reactor)

ชนิดของบ่อหมัก	รูปภาพ	ลักษณะโครงสร้าง	ข้อดี	ข้อเสีย
1. แบบ (Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket)		ถังหมักรูปทรงกระบอกหรือรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ ด้านบนของบ่อหมัก UASB จะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า Gas Solid Separator ทำหน้าที่แยกก๊าซ	- เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงและค่าก่อสร้างต่ำ - สามารถรับปริมาณสารอินทรีย์ได้สูง - ใช้พื้นที่ติดตั้งระบบน้อย	มีความยุ่งยากในการเลี้ยงตะกอนเม็ดจากตะกอนเบาและไม่เหมาะสมกับน้ำเสียที่มีสารแขวนลอย
2. แบบ (High suspension solid Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket)		ซึ่งพัฒนามาจาก ระบบ Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket สร้างด้วยคอนกรีตแข็งแรงขนาดใหญ่	- มีประสิทธิภาพและเสถียรภาพสูง - มีการใช้ประโยชน์จากตะกอนอย่างสม่ำเสมอ - ดูแลและบำรุงรักษาระบบง่าย - อายุการใช้งานยาวนาน	- ถังหมักแบบ H-UASB จะรองรับน้ำเสียที่มีสารแขวนลอยสูง

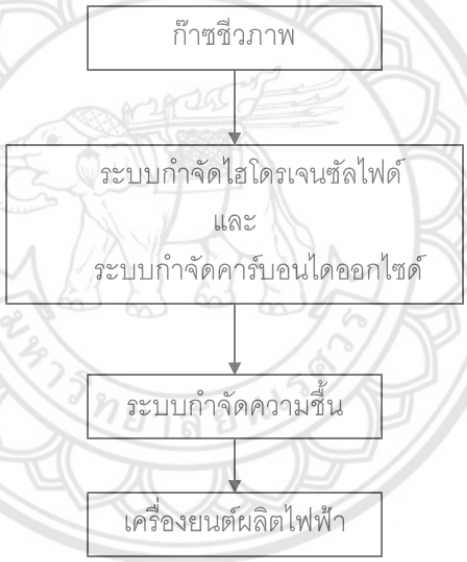
ตารางที่ 2.2 ชนิดของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบเร็ว (High rate anaerobic reactor) (ต่อ)

ชนิดของบ่อหมัก	รูปภาพ	ลักษณะโครงสร้าง	ข้อดี	ข้อเสีย
3. บ่อแบบระบบถังกวนสมบูรณ์ (Continuous Stirred Tank Reactor)		เป็นถังปฏิกรณ์อุดมคติพัฒนาขึ้นมาจากถังย่อยสลัดจ์ที่ของเหลวและของแข็งภายในถังเกิดการกวนผสม อย่างดี ตัวถังมีลักษณะทรงกระบอก	- เนื่องจากใช้เครื่องกวนผสม ทำให้มี ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสูง - รับภาระปริมาณการเติมสารอินทรีย์สูง - ลดระยะเวลาในการกกเก็บน้ำเสีย	- สิ้นเปลืองพลังงานในการกวน - ใช้เงินลงทุนมาก

ที่มา: http://webkc.dede.go.th/testmax/node/188

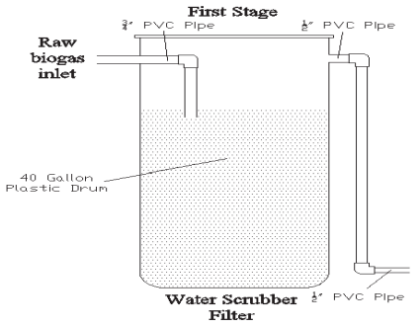
2.3 กระบวนการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ

กระบวนการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อทำให้ก๊าซมีคุณภาพที่ดีขึ้น สามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยหัวเทียนได้อย่างปลอดภัย และลดการกัดกร่อนของอุปกรณ์ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือชุดหัวเผา ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ วาล์ว และท่อภายในระบบ ดังรูปที่ 2.2 ระบบปรังปรุงหลักได้แก่ ระบบกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ ระบบกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ และระบบกำจัดความชื้น ซึ่งแต่ละระบบมีหลักการปรับปรุงคุณภาพดังนี้ ระบบกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ ประกอบด้วย Iron Sponge Filter, Sodium Hydroxide Solution Filter, Activated Carbon Filter ระบบกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ ประกอบด้วย Water Scrubber Filter, Sodium Hydroxide Solution Filter, Activated Carbon Filter และ ระบบกำจัดความชื้น ประกอบด้วย Silica Gel Filter โดยมีคำอธิบายตัวกรองแต่ละชนิดดังนี้



รูปที่ 2.2 ผังกระบวนการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพโดยรวม
ที่มา: https://www.diw.go.th/km/safety/pdf/biogas_2.pdf

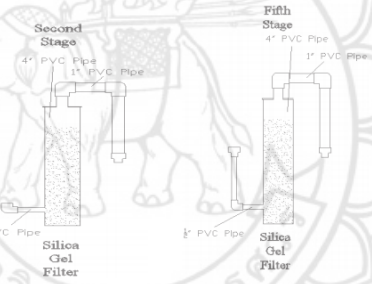
2.3.1 Water Scrubber Filter คือ การกรองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้เครื่องกรองน้ำ ทางเข้าท่อ PVC ถูกติดตั้งไว้ที่ด้านซ้ายของภาชนะบรรจุและจุ่มลงในน้ำหนึ่งนิ้วเพื่อให้ก๊าซเกิดฟองและปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในน้ำ และมีการติดตั้งเต้าเสียบพีวีซีอีกด้านหนึ่งของถังโดยใช้ท่อพีวีซีขนาดครึ่งนิ้วเพื่อเพิ่มความดันในการไหลของก๊าซชีวภาพ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การออกแบบเครื่องกรองน้ำ

ที่มา: https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5022936

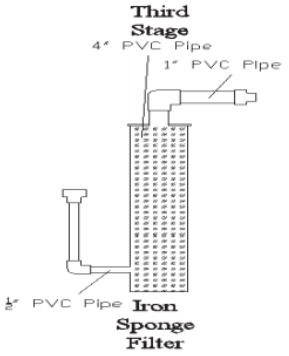
2.3.2 Silica Gel Filter คือ ตัวกรองซิลิกาเจลเพื่อลดความชื้น ถูกนำมาใช้สองครั้งในระบบ โดยวางไว้หลังตัวกรองน้ำและตัวกรองสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ใช้วิธีวิธีการดูดซับทำให้แห้งด้วยสารเคมี ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การออกแบบตัวกรองซิลิกาเจล

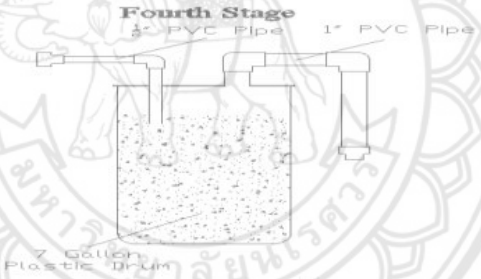
ที่มา: https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5022936

2.3.3 Iron Sponge Filter คือ การกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ต้องถูกกำจัดออกไปเนื่องจากความกัดกร่อนและความเป็นพิษ ความเสียหายของอุปกรณ์สภาพแวดล้อมและอันตรายต่อผู้ใช้ หากยังมีไฮโดรเจนซัลไฟด์อยู่ในขณะเผาก๊าซชีวภาพ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมมาก วิธีที่ใช้ในการกำจัดก๊าซไข่เน่าออกจากก๊าซชีวภาพคือกระบวนการออกซิเดชั่นแบบแห้งซึ่งใช้เหล็กออกไซด์ เหล็กออกไซด์ที่ใช้อยู่ในรูปของฟองน้ำเหล็กหรือขนเหล็กและวางไว้หลังคอลัมน์กรองซิลิกาเจลเพื่อต่อต้านการเกิดสนิมของฟองน้ำเหล็ก ดังรูปที่ 2.5



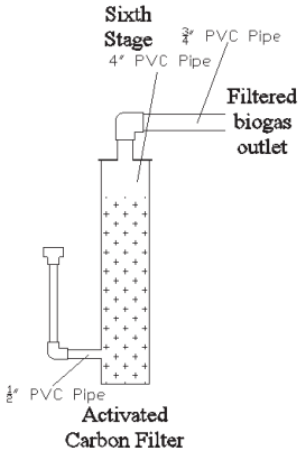
รูปที่ 2.5 การออกแบบตัวกรองฟองน้ำเหล็ก
ที่มา: https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5022936

2.3.4 Sodium Hydroxide Solution Filter เป็นตัวกรองสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ถูกออกแบบมาเพื่อกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากก๊าซชีวภาพโดยใช้น้ำและโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การออกแบบตัวกรองสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
ที่มา: https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5022936

2.3.5 Activated Carbon Filter เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการกรองคือตัวกรองถ่านกัมมันต์ ถ่านกัมมันต์เป็นที่รู้จักกันทั่วไปในเรื่องความสามารถในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งถ่านกัมมันต์ถูกวางไว้หลังตัวกรองซิลิกาเจลเนื่องจากต้องไม่สัมผัสในสภาพเปียกและมีความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์มากเกินไป ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การออกแบบตัวกรองถ่านกัมมันต์

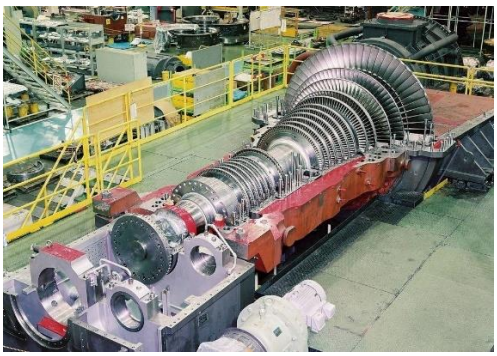
ที่มา: https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5022936

2.4 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยใช้กับเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าในรูปแบบต่างๆ เช่น การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบกังหันไอน้ำ ระบบกังหันก๊าซควบคู่กับระบบกังหันไอน้ำ และระบบเครื่องยนต์แก๊สสันดาปภายใน เป็นต้น

2.4.1 การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบกังหันไอน้ำ

เป็นวิธีที่ใช้กันโดยทั่วไป โดยระบบกังหันไอน้ำแต่ละระบบต่างกันตรงชนิดเชื้อเพลิงที่นำมาเผาให้ความร้อนแก่หม้อน้ำเท่านั้น ระบบนี้เป็นการนำก๊าซชีวภาพมาเผาเพื่อต้มน้ำในหม้อน้ำโดยตรงให้กลายเป็นไอน้ำ จากนั้นใช้ไอน้ำไปหมุนกังหันไอน้ำที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกทอดหนึ่ง ดังรูปที่ 2.8 อุปกรณ์หลักประกอบด้วย เตาเผาก๊าซชีวภาพ หม้อน้ำ (BOILER) ระบบจ่ายน้ำและบำบัดน้ำ เครื่องควบแน่น (CONDENSER) หอหล่อเย็น (COOLING TOWER) กังหันไอน้ำ (TURBINE) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์สำคัญที่ซับซ้อนหลายชนิด



รูปที่ 2.8 ระบบกังหันไอน้ำ

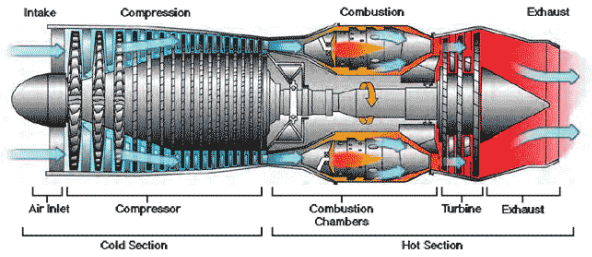
ที่มา: https://www.maritimeprofessional.com/news/steam-turbines-with-chinese-company-230665

จุดเด่นของระบบ: คุณภาพและความดันของแก๊สชีวภาพที่ใช้ไม่จำเป็นต้องสูงมากนัก สิ่งที่ต้องระวังก็คือ อย่าให้การเผาแก๊สก่อความเสียหายแก่เตาเผาการจัดการกับแก๊สในระบบนี้ทำได้ง่าย

จุดด้อยของระบบ: ระบบนี้มีความซับซ้อนมาก ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง การติดตั้งต้องใช้เวลานานและใช้พื้นที่มาก การเคลื่อนย้ายระบบทำได้ลำบาก ปริมาณน้ำที่ใช้สูง ใช้แรงงานในการจัดการมาก

2.4.2 การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบกังหันก๊าซควบคู่กับระบบกังหันไอน้ำ

หลักการทำงานคือ ใช้ระบบกังหันก๊าซชนิดเดียวกับที่ใช้ในเครื่องบินไอพ่น โดยอัดอากาศผ่านเครื่องอัดความดันสูง แล้วนำอากาศความดันสูงที่ได้มาเผาร่วมกับก๊าซชีวภาพในห้องเผาไหม้ ซึ่งทำให้ก๊าซที่เผาไหม้แล้วเกิดการขยายตัวทันที กลายเป็นพลังงานไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เนื่องจากก๊าซเสีย (ก๊าซผสมที่ปล่อยทิ้ง) มีอุณหภูมิสูงถึง 450–550 องศา ดังนั้น จึงสามารถนำไปใช้ให้ความร้อนแก่หม้อน้ำ เพื่อไปหมุนกังหันไอน้ำที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้อีกทอดหนึ่ง ดังรูปที่ 2.9 ระบบนี้ให้ประสิทธิภาพโดยรวมประมาณ 30%



รูปที่ 2.9 ระบบกังหันก๊าซควบคู่กับกังหันไอน้ำ
ที่มา: https://thaifastdict.com/web-thai-fast-dictionary/meaning.php?idWord=47877&word=turbine

จุดเด่นของระบบ: การทำงานของระบบมีความแน่นอนเชื่อถือได้ เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพของก๊าซชีวภาพ แม้จะมีกำมะถันและสิ่งอื่นเจือปนอยู่บ้างก็ไม่เป็นปัญหา เนื่องจากระบบกังหันก๊าซมีประสิทธิภาพสูง แต่ขนาดไม่ใหญ่ สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย

จุดด้อยของระบบ: ใช้พลังงานสูงในกระบวนการผลิตไฟฟ้า โดยเฉพาะระบบกังหันก๊าซซึ่งแม้จะมีประสิทธิภาพสูง แต่ก็ต้องการพลังงานสูงเช่นกันในการอัดก๊าซผสมจำนวนมาก ทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ได้ลดลงถึง 15–20% เมื่อรวมกับพลังงานไฟฟ้าจากระบบกังหันไอน้ำ ส่งผลให้ประสิทธิภาพต่ำลง 10–15%

2.4.3 การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบเครื่องยนต์แก๊สสันดาปภายใน

เครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้ก๊าซธรรมชาติและใช้ก๊าซชีวภาพนั้น การทำงานของเครื่องยนต์จะมีลักษณะเหมือนกับการทำงานของเครื่องยนต์ในรถยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีน ซึ่งต้องมีการจุดระเบิดโดยใช้หัวเทียน แต่มีส่วนประกอบหรือชิ้นส่วนต่าง ๆ เหมือนกับเครื่องยนต์ดีเซลมากกว่า ดังรูปที่ 2.10 โดยก๊าซที่เผาไหม้ในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ก๊าซสันดาปภายในที่จุดศูนย์กลาง อาจมีอุณหภูมิสูงถึง 1,400 องศา ทำให้ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบนี้สูงกว่าระบบที่ใช้กังหันก๊าซเดินคู่กับระบบกังหันไอน้ำโดยมีค่าอยู่ที่ 32–40 % และค่าเฉลี่ยทั่วไปจะอยู่ที่ 35%

รูปที่ 2.10 เครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ
ที่มา: http://www.able.co.th/Upload/File/21.pdf

<u>จุดเด่นของระบบ</u>: คุณภาพของก๊าซไม่จำเป็นต้องสูงมากนักและไม่ต้องเพิ่มความดันให้กับก๊าซที่นำมาใช้ ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงถึง 32 – 40 % หากนำความร้อนจากไอเสียมาใช้ให้เป็นประโยชน์ โดยทำน้ำร้อนและน้ำเย็นเพื่อใช้เป็นระบบปรับอากาศ อาจจะได้ประสิทธิภาพสูงถึง 80 % การสูญเสียพลังงานในระบบการผลิตมีน้อย ปริมาณน้ำที่ใช้ไม่มาก ค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ การติดตั้งใช้เวลาน้อย เครื่องยนต์ก๊าซสันดาปภายในใช้เทคโนโลยีไม่สูง การซ่อมบำรุงรักษาทำได้ง่าย การรื้อถอนและขนย้ายทำได้สะดวก สามารถสร้างได้ตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึง 10 MW จึงสามารถเปรียบเทียบระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ได้ดังตารางที่ 2.3

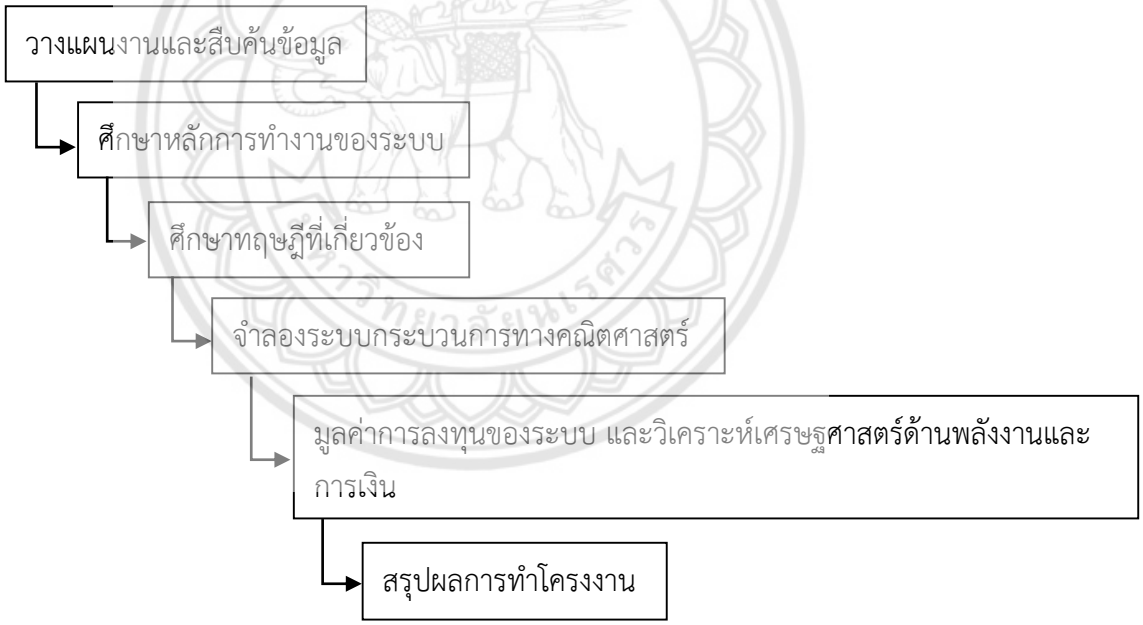
ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์แก๊สสันดาปภายใน

ระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้า	รูปภาพ	ลักษณะโครงสร้าง	ข้อดี	ข้อเสีย
1. เครื่องปั่นไฟฟ้าเชิงพาณิชย์ (Commercial Generators)		เป็นชุดเครื่องปั่นไฟแบบสำเร็จรูป	- ไม่มีต้นทุนเชื้อเพลิง - ลดการปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศ ซึ่งช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก - ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากกลิ่นและก๊าซพิษจากน้ำเสีย	- ต้นทุนการติดตั้งระบบสูง - ระบบต้องการพื้นที่ค่อนข้างมาก - ต้องมีระบบกำจัดก๊าซเสีย - ต้องมีผู้เชี่ยวชาญคอยดูแล
2. เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลง (Modified Diesel Engine)		ติดตั้งหัวเทียนจุดระเบิด (Spark Plug) มีการลดอัตราส่วนการอัดลง (Compression Ratio)	- สามารถเริ่มเดินเครื่องและหยุดได้รวดเร็ว - สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย - การติดตั้งสามารถทำได้รวดเร็ว	- มีกำลังผลิตน้อย - เชื้อเพลิงที่ใช้มีราคาสูง
3. เครื่องยนต์แก๊สโซลีนดัดแปลง		มีการเพิ่มอัตราส่วนการอัด (Compression Ratio)	- ให้กำลังสูงกว่า ที่ความจุเท่ากัน - ให้แรงบิดสูงกว่า ที่รอบเครื่องยนต์ต่ำกว่า - ประหยัดเชื้อเพลิง - ราคาไม่แพง	- ประสิทธิภาพในการทำงานต่ำ - ทำให้เกิดมลพิษสูง - สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงค่อนข้างมาก

บทที่ 3

วิธีดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงานเริ่มต้นจากการวางแผนการดำเนินงาน สืบค้นข้อมูล การศึกษาระบบโครงสร้างการทำงานของโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพและบ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบต่างๆ เช่น บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบเร็ว โดยการวิเคราะห์และศึกษาระบบโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่ รวมถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาอ้างอิงในการศึกษาค้นคว้าและจำลองระบบโดยพึ่งกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้ในการคำนวณมูลค่าในการลงทุนของระบบ และวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ด้านพลังงานและการเงิน เนื่องจากโครงงานนี้ไม่มีการทดลองแต่อย่างใด จึงทำการรวบรวมข้อมูลที่ใช้ประกอบการคำนวณ โดยใช้ข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินโครงการ (Flow chart)

3.1 ความต้องการไฟฟ้าในฟาร์มไก่ไข่

การหาความต้องการและพลังงานไฟฟ้าจากโครงงานนี้ เพื่อวิเคราะห์ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดและพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลาของแต่ละเดือนนั้น มีการใช้ไฟฟ้าจำนวนมากอยู่ในช่วงเวลาใด จะได้ทำการแก้ไขปรับลดการใช้ไฟฟ้าภายในฟาร์มไก่ไข่ได้อย่างถูกวิธี และวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าใช้งานเอง โดยระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม-สิงหาคม เริ่มต้นจากการกำหนดข้อมูลเบื้องต้นของฟาร์มไก่ไข่ เพื่อนำมาหาความต้องการและพลังงานไฟฟ้าสูงสุด และวิเคราะห์ศักยภาพของเครื่องจักรในการผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลาของแต่ละเดือน

กำหนดให้ ข้อมูลเบื้องต้นในฟาร์มไก่ไข่ ประกอบไปด้วย

- โรงเลี้ยงไก่ไข่จำนวน 4 โรงเลี้ยง
- ปริมาณไก่ไข่ต่อโรง 33,000 layers แต่ถูกใช้งานจริงแค่ 100,000 layers ใน 3 โรงเลี้ยง
- ปริมาณมูลไก่ที่ปล่อยลงราง 57.5 g/layers-day เฉลี่ยจากครึ่งหนึ่งของน้ำหนักอาหาร 112 g/layers-day
- ปริมาณมูลไก่ต่อวัน เท่ากับ 5.75 ton/day โดยมีวิธีคำนวณดังนี้ ถ้าปริมาณมูลไก่ต่อตัว คือ 57.5 (g/layers-day) จำนวนไก่ไข่ 100,000 layers นำ [100,000 (layers) × 57.5 (g/layers-day)]/ [1,000 (kg) × 1,000 (ton)] = 5.75 ton/day โดยตัวเลขที่ใช้เก็บตัวอย่างไม่ได้เก็บจริง เพียงตั้งสมมติฐานไว้
- จำนวนบ่อที่สามารถใช้งานได้ 2 บ่อ ขนาดของบ่อ เท่ากับ 5,000 m^3 ใน 1 บ่อ
- ปริมาณน้ำทิ้งต่อวัน 10 m^3/day

3.1.1 ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในฟาร์ม

ความต้องการกำลังไฟฟ้าในฟาร์มไก่ไข่ คือความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ขึ้นอยู่กับการทำงานของเครื่องจักรในการผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลาของแต่ละเดือน ที่มีความแตกต่างกัน ในการเลือกขนาดการออกแบบของเครื่องจักรต้องเลือกค่าที่ให้กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุด แต่ในความเป็นจริงแล้วไม่สามารถทำแบบนั้นได้ อาจจะกำหนดจุดใดจุดหนึ่งในการออกแบบในการผลิตไฟฟ้าได้ พิจารณาเกณฑ์การเลือกใช้เครื่องจักรในการผลิตไฟฟ้า ควรจะเลือกจากต้นทุนทำให้ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าถูกที่สุด ดังแสดงข้อมูลความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของฟาร์มในตารางที่ 3.1 นิยามของ TOU เรียกว่า อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU) โดยกำหนดอัตราช่วงเวลาของการใช้ไฟฟ้าดังรูปที่ 3.2

3.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Peak	Off Peak	
3.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	74.14	4.1025	2.5849	312.24
3.2.2 แรงดัน 22-33 กิโลโวลท์	132.93	4.1839	2.6037	312.24
3.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	210.00	4.3297	2.6369	312.24

รูปที่ 3.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ไฟฟ้า (Time of Use Rate : TOU) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
ที่มา: https://www.pea.co.th/Portals/0/demand_response

ในตารางที่ 3.1 กำหนดให้

รหัสอัตรา 3.2.2.4 คือ อัตราค่าไฟฟ้า TOU โดยในที่นี้ใช้รหัส 3.2.2.4 เป็นการใช้แรงดันไฟฟ้า 22-33 กิโลโวลท์ กับกิจการขนาดกลาง

PK-kW หรือ Peak time-kW ของวันทำการปกติ คือ ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ในช่วงเวลา 9.00 – 22.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์ ในช่วงเวลานี้จะมีการชาร์ทค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเพิ่ม

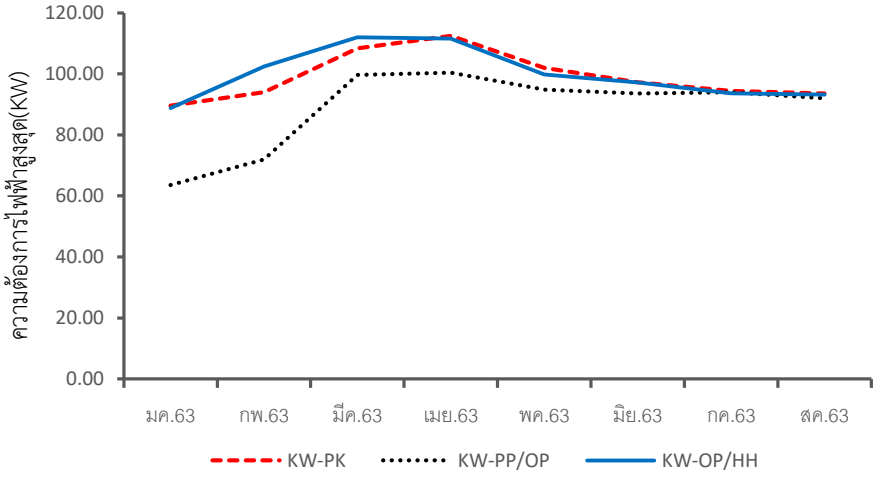
OP-kW หรือ Off Peak-kW ของวันทำการปกติ คือ ความต้องการกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลา 22.00 - 9.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

OP/HH-kW หรือ Off Peak/Holiday-kW คือ ความต้องการกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาเวลา 00.00 - 24.00 น. วันเสาร์ - วันอาทิตย์ วันแรงงานแห่งชาติ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย)

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของฟาร์มไก่ไข่ (ที่มา: บริษัท อุดมฟาร์มแพร่ จำกัด , เลขมิเตอร์ 19933997)

เดือน	รหัสอัตรา	PK-kW	OP-kW	OP/HH-kW
ม.ค.63	3.2.2.4	89.60	63.60	88.80
ก.พ.63	3.2.2.4	94.00	72.00	102.40
มี.ค.63	3.2.2.4	108.40	99.60	112.00
เม.ย.63	3.2.2.4	112.40	100.40	111.60
พ.ค.63	3.2.2.4	102.00	94.80	99.83
มิ.ย.63	3.2.2.4	97.20	93.60	97.20
ก.ค.63	3.2.2.4	94.40	94.00	93.60
ส.ค.63	3.2.2.4	93.60	92.00	93.20
ค่าเฉลี่ยความต้องการกำลังไฟฟ้า 6 เดือน		101.93		
ค่าต่ำสุด		89.60		
ค่าสูงสุด		112.40		

จากตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของฟาร์มไก่ไข่ สามารถวิเคราะห์ได้ว่าช่วงเดือนม.ค.-ก.พ. มีการใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าเดือนมี.ค.-ส.ค. เนื่องจากในเดือนม.ค.-ก.พ. มีการใช้งานโรงเลี้ยงจำนวน 2 โรงเลี้ยง แต่ในช่วงเดือนมี.ค.-ส.ค. มีการใช้โรงเลี้ยงจำนวน 3 โรงเลี้ยง และเดือนเม.ษ. มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 112 kW ดังนั้น ในการออกแบบเครื่องจักรจำเป็นต้องเลือกกำลังการผลิตไฟฟ้าช่วงเดือน มี.ค.- ส.ค. คาดว่าเป็นช่วงที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าเยอะที่สุด เพราะเป็นช่วงฤดูร้อน ทำให้มีอัตราการใช้ไฟฟ้าสูง ค่าที่ได้จากตารางนำไปคำนวณหาศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าได้ต่อไป



รูปที่ 3.3 ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดแต่ละช่วงเวลา

พิจารณารูปที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละช่วงเวลา โดยเริ่มต้นจากช่วงเวลาความต้องการไฟฟ้าในเดือนม.ค.-มี.ค. จะเห็นได้ว่าในช่วงเดือนนี้มีค่า Peak ค่า Off-Peak และค่า Off-Peak ในวันหยุดทำการ มีค่าที่ต่ำกว่าช่วงเดือนเม.ย. ดังรูปที่ 3.3 เนื่องจากขึ้นอยู่กับการเปิดให้ใช้งานแค่ 2 โรงเลี้ยง และจำนวนไก่ไข่ที่ความจุยังไม่เต็มโรงเลี้ยง ทำให้ช่วงนี้มีค่าความต้องการไฟฟ้าที่ยังคงต่ำ และจะเห็นว่าตั้งแต่เดือนเม.ย.-ส.ค. มีค่าที่สูงกว่าเดือนที่ผ่านมา ขึ้นอยู่กับที่มีการเปิดให้ใช้งานโรงเลี้ยงเพิ่มจาก 2 โรงเลี้ยงเพิ่มเป็น 3 โรงเลี้ยงและมีจำนวนไก่ไข่ที่มีความจุเต็มโรงเลี้ยง ทำให้ค่าความต้องการใช้ไฟฟ้ามีค่าที่สูงขึ้น เมื่อเลยเดือนเม.ย. ค่าที่ได้ตั้งแต่เดือนพ.ค.-ส.ค. ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันและจะมีค่าที่คงที่ตลอด

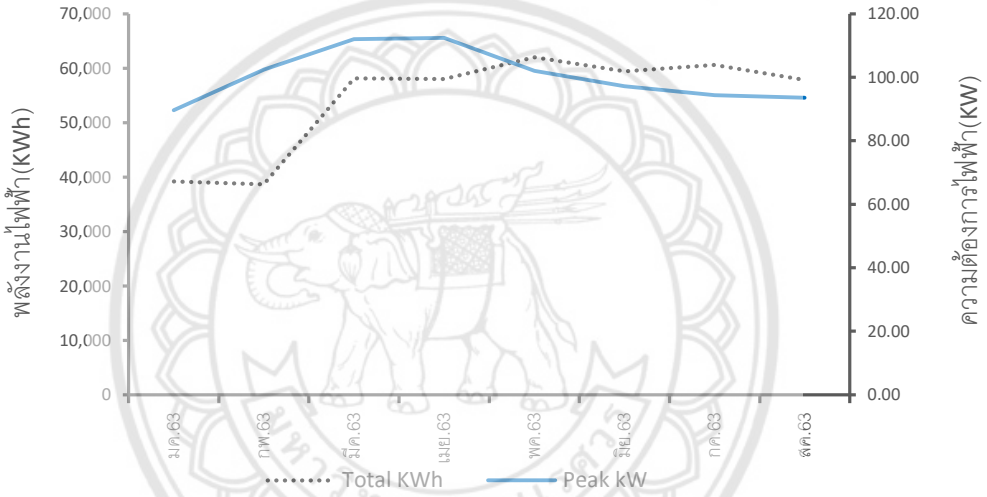
3.1.2 ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของฟาร์ม

ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในฟาร์มไก่ไข่ คือพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ตามช่วงเวลาที่กำหนดในหน่วย (kWh) ขึ้นอยู่กับจำนวนไก่ไข่และโรงเลี้ยงภายในฟาร์มไก่ไข่ หากฟาร์มนั้นมีจำนวนไก่ไข่และโรงเลี้ยงที่น้อยปริมาณไฟฟ้าที่ใช้จะมีพลังงานที่น้อย ถ้ามีจำนวนไก่ไข่และโรงเลี้ยงที่มากความต้องการพลังงานจึงมากขึ้นเช่นกัน ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้าของฟาร์มไก่ไข่ (ที่มา: บริษัท อุดมฟาร์มแพร่ จำกัด, เลขมิเตอร์ 19933997)

เดือน	PK-kWh	OP-kWh	OP/HH-kWh	KWh รวม
ม.ค.63	17,028	10,924	11,268	39,220
ก.พ.63	16,052	10,716	11,904	38,672
มี.ค.63	24,300	16,908	16,944	58,152
เม.ย.63	22,706	16,868	18,446	58,020
พ.ค.63	20,631	15,653	25,703	61,988
มิ.ย.63	23,161	18,545	17,742	59,448
ก.ค.63	21,325	17,359	21,912	60,596
ส.ค.63	20,588	16,756	20,512	57,856
เฉลี่ย 6 เดือน	22,118	17,015	20,210	59,343
ค่าต่ำสุด	16,052	10,716	11,268	38,672
ค่าสูงสุด	24,300	18,545	25,703	61,988
ประมาณการณ์ 1 ปี	265,422	204,179	242,518	712,120

จากตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้าในฟาร์มไก่ไข่นี้มีโรงเลี้ยงจำนวน 4 โรงเลี้ยง แต่ใช้งานจริงเพียง 3 โรงเลี้ยง สามารถวิเคราะห์ได้ว่าในช่วงเดือนม.ค.-ก.พ. มีการใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าเดือนมี.ค.-ส.ค. เนื่องจากในเดือนม.ค.-ก.พ. มีการใช้งานโรงเลี้ยงจำนวน 2 โรงเลี้ยง แต่ช่วงเดือนมี.ค.-ส.ค. มีการใช้โรงเลี้ยงจำนวน 3 โรงเลี้ยง จะเห็นได้ว่าในเดือนม.ค.-ก.พ. มีค่าการใช้กำลังไฟฟ้าที่ต่ำ เพราะว่าจำนวนไก่ไข่มีไม่เต็มโรงเลี้ยง และในเดือนก.ค. มีค่าสูงสุด เพราะมีการใช้งานเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นความต้องการในการเลือกพลังงานไฟฟ้าช่วงเดือน มีค.-สค. จึงค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นช่วงที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด ค่าที่ได้จากตารางนี้สมารถนำไปวิเคราะห์หาศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าและพลังงานได้



รูปที่ 3.4 พลังงานรวมและความต้องการไฟฟ้าสูงสุด

พิจารณารูปที่ 3.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานรวมกับความต้องการไฟฟ้าสูงสุดตามช่วงเวลาในแต่ละเดือน พบว่าช่วงเดือนม.ค.-มี.ค. จะมีค่าความต้องการพลังงานและความต้องการไฟฟ้าที่ต่ำ เนื่องด้วยช่วงดังกล่าวมีการเปิดใช้งานโรงเลี้ยงในฟาร์มไก่ไข่จำนวน 2 โรงเลี้ยงและขนาดความจุของไก่ไข่ที่ไม่เต็มโรงเลี้ยง ทำให้มีค่าที่ต่ำกว่าช่วงเวลาอื่นๆของเดือนถัดไป และเมื่อพิจารณาในเดือนเม.ย.-พ.ค. มีค่าความต้องการพลังงานและความต้องการไฟฟ้าที่สูงขึ้น เพราะว่าในช่วงเดือนนี่มีการเปิดใช้งานโรงเลี้ยง เป็น 3 โรงเลี้ยง จำนวนไก่ไข่ที่จุเต็มโรงเลี้ยง ทำให้ค่าที่ได้เพิ่มสูงขึ้น และหลังจากเดือนพ.ค.จนถึงเดือน ส.ค. ค่าจะดูใกล้เคียงกันมากและมีค่าคงที่ สาเหตุที่ค่าไม่ต่างกันเพราะว่าค่า Peak เกิดขึ้นช่วงเวลา 9.00-22.00 น. คนทำงานในช่วงเวลานี้ และค่า Off-Peak เกิดขึ้นช่วงเวลา 22.00-9.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่มีการทำงานของคน เป็นการเดินเครื่องของเครื่องจักรให้ไก่ไข่อย่างเดียว

3.2 การวิเคราะห์ศักยภาพของการผลิตไฟฟ้า

การวิเคราะห์ศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าในฟาร์มไก่ไข่ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพและการทำงานร่วมกับเครื่องยนต์แก๊สทั้งหมด ซึ่งพิจารณาถึงรูปแบบระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ เช่น ปริมาณมูลไก่ต่อวัน ขนาดบ่อน้ำเสีย และปัจจัยในการนำก๊าซชีวภาพมาผลิตไฟฟ้า [10,11] จากนั้นพลังงานไฟฟ้าถูกกำหนดโดยใช้สมการการแปลงพลังงาน จะได้สมการดังต่อไปนี้

- การผลิตพลังงานประจำปี (Annual Energy Production: AEP) หาได้จากสมการ

$$AEP = (BG \times \%CH_4 \times HHV \times \%\eta_G \times \%\eta_{Gen})/\ 3.6 \quad (3.1)$$

เมื่อ BG คือ ปริมาณก๊าซชีวภาพ

$\%CH_4$ คือ สัดส่วนมีเทนในก๊าซชีวภาพ

HHV คือ ค่าความร้อนสูงสุด

$\%\eta_G$ คือ ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์แก๊ส

$\%\eta_{Gen}$ คือ ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3.3 การวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

ศักยภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่เป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการผลิตไฟฟ้า ในแต่ละพื้นที่แต่ละฟาร์มไก่ไข่อาจจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความจุของโรงเลี้ยงนั้นๆ เช่น ปริมาณมูลไก่ที่ผลิตได้ต่อวัน และขนาดของบ่อหมักในฟาร์มที่แตกต่างกัน เป็นต้น อีกปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ คือ อุณหภูมิ การย่อยสลายสารอินทรีย์ และการผลิตก๊าซจะเกิดขึ้นในอัตราสูงมากในช่วงอุณหภูมิปานกลางและอุณหภูมิสูง รวมทั้งกรดอินทรีย์ระเหยง่าย จะถูกนำไปใช้ผลิตก๊าซมีเทน จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ผลิตก๊าซชีวภาพจากปริมาณเฉลี่ยต่อมูลไก่ไข่ที่ปล่อยออกมาจากแหล่งอ้างอิง หาได้จากสมการต่อไปนี้

- ปริมาณมูลไก่ไข่ต่อวัน (Manure weight, W_m) ขึ้นอยู่กับปริมาณมูลไก่ไข่ต่อตัว 57.5 g/layers-day โดยเฉลี่ยครึ่งหนึ่งของน้ำหนักอาหาร 112 g/layers-day หาได้จากสมการ

$$W_m = n_L \times 57.5/1{,}000 \quad (3.2)$$

เมื่อ n_L คือ จำนวนไก่ไข่ในฟาร์ม

- การผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas: BG) หาได้จากสมการ

$$BG = W_m \times \%V_s \times \%V_g \quad (3.3)$$

เมื่อ $\%V_s$ คือ สัดส่วนของแข็งระเหยง่าย

$\%V_g$ คือ สัดส่วนของแข็งระเหยต่อมูลไก่ไข่

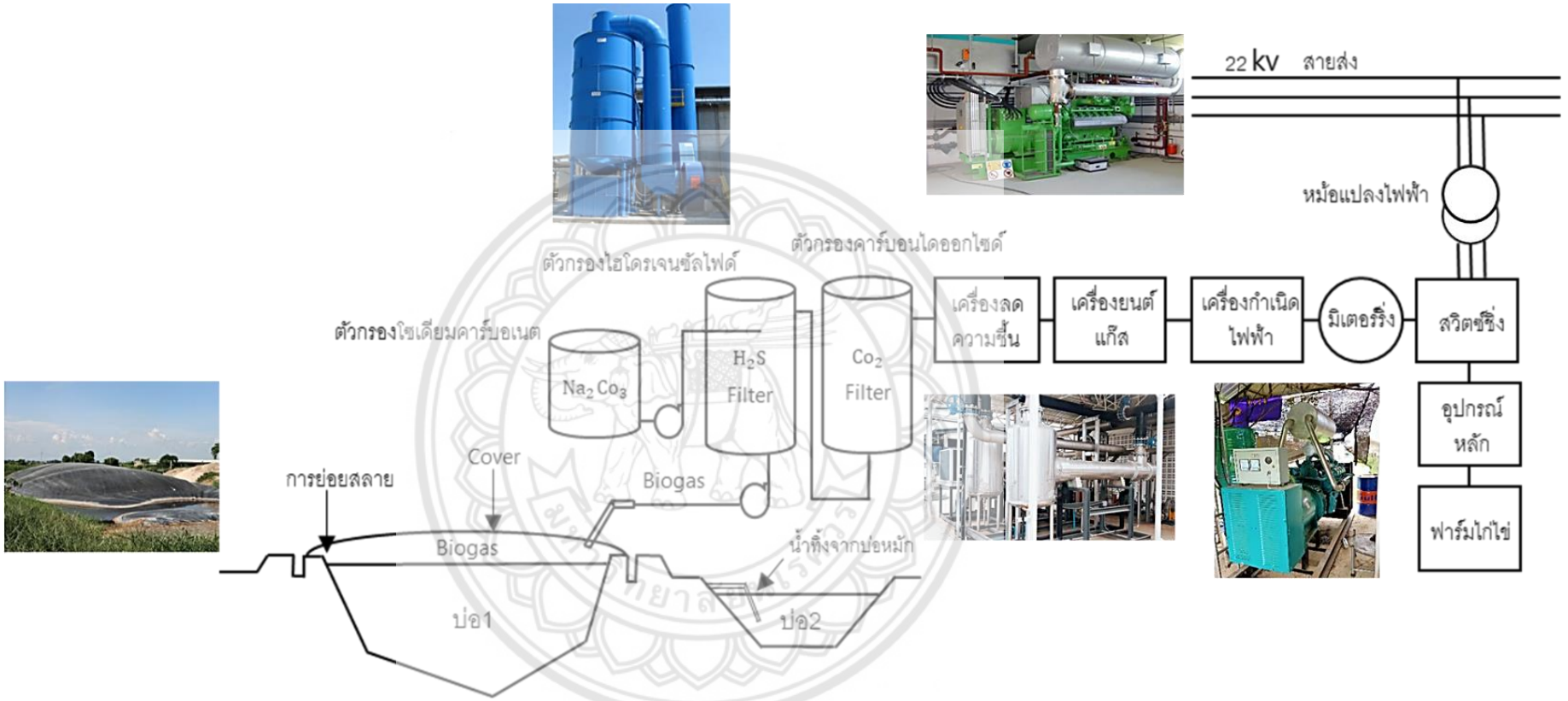
- การหาค่าความร้อนก๊าซชีวภาพ หาได้จากสมการ

$$HV_{BG} = HV_{CH4} \times (\%CH_4) \quad (3.4)$$

เมื่อ HV_{BG} คือ ค่าความร้อนก๊าซชีวภาพ (MJ/m^3)
HV_{CH4} คือ ค่าความร้อนก๊าซมีเทน (MJ/m^3)

3.4 แนวคิดในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่

สำหรับแนวคิดในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่ โดยเริ่มต้นจากการกำหนดให้จำนวนไก่ไข่เต็มโรง 100,000 layers และมีบ่อหมักระบบปิด (Cover lagoon) ให้มีขนาด 5,000 m^3 ใช้จำนวน 2 บ่อ รวมทั้งมีตัวกรองโซเดียมคาร์บอร์เนต ตัวกรองไฮโดรเจนซัลไฟด์ และตัวกรองคาร์บอนไดออกไซด์ จากนั้นนำก๊าซชีวภาพไปทำให้แห้งด้วยการใช้เครื่องลดความชื้นก่อนนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แก๊ส ใช้เป็นต้นกำลังให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้า เมื่อได้พลังงานไฟฟ้าจะทำการเลือกว่าจะเก็บไฟไว้ใช้ภายในฟาร์มหรือว่าขายให้กับการไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แนวคิดในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่

จากรูปที่ 3.5 แสดงแนวคิดในการออบแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่ ซึ่งเริ่มตั้งแต่การผลิตก๊าซชีวภาพ การย่อยสลายสารอินทรีย์ การหมักของเสียในบ่อหมัก การกรองก๊าซด้วยวิธีการกรองต่างๆ และรวมทั้งการผลิตไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้ภายในฟาร์มไก่ไข่และจ่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในขั้นตอนต่อไป โดยสามารถแบ่งส่วนการผลิตไฟฟ้าด้วยก๊าซชีวภาพและแสดงรายละเอียดอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

3.4.1 การผลิตก๊าซชีวภาพ อุปกรณ์ที่ใช้ มีดังนี้

- บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า (Low rate anaerobic reactor) ชนิด cover lagoon คือบ่อหมักที่มีพลาสติกคลุมดิน แบ่งออกเป็น 2 บ่อหมัก โดยบ่อหมักที่ 1 ทำหน้าที่กักเก็บมูลไก่ไข่และย่อยสลายสารอินทรีย์ บ่อหมักที่ 2 ทำหน้าที่รองรับการเก็บน้ำเสียล้นจากบ่อหมักที่ 1

- ท่อ PVC หรือท่อชนิดพิเศษ ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำ และแก๊สที่ได้จากการผลิต

- พลาสติก HDPE คลุมบ่อหมัก ทำหน้าที่ลดปัญหาด้านมลภาวะและผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ที่เกิดจากบ่อบัดน้ำเสียและบ่อเก็บมูลสัตว์ (แผ่น HDPE มีความยืดหยุ่นดีมีความทนทานต่อแรงดันก๊าซและทนต่อแสง UV ได้เป็นอย่างดี)

3.4.2 การกรองก๊าซชีวภาพ อุปกรณ์ที่ใช้ มีดังนี้

- ตัวกรองโซเดียมคาร์บอเนต ทำหน้าที่ดูดความชื้นจากอากาศ และละลายได้ในน้ำ

- ตัวกรองไฮโดรเจนซัลไฟด์ ลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ เพื่อทำให้ก๊าซสะอาดขึ้นและลดการกัดกร่อนอุปกรณ์

- ตัวกรองคาร์บอนไดออกไซด์ ทำหน้าที่ดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ กรองสี และกลิ่น ก่อนจะเข้าเครื่องลดความชื้น

- เครื่องลดความชื้น (gas dryer) ทำหน้าที่ลดความชื้นของก๊าซชีวภาพ ก่อนที่จะเข้าเครื่องยนต์แก๊สในการผลิตไฟฟ้า นอกจากความชื้นที่ลดลงยังทำให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นอีกด้วย

3.4.3 การผลิตไฟฟ้า อุปกรณ์ที่ใช้ มีดังนี้

- เครื่องยนต์แก๊ส (gas engine) ทำหน้าที่ป้อนกำลังให้กับระบบ ส่งมายังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวผลิตไฟฟ้า

- เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator) ทำหน้าที่เป็นเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าสำรองในกรณีที่กระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าดับเพื่อให้หน่วยงานต่างๆมีกระแสไฟฟ้าใช้อย่างต่อเนื่อง

- มิเตอร์ริ่ง (metering) ทำหน้าที่วัดค่าไฟฟ้าส่วนต่างๆ เช่น วัดค่า Power, Voltage เป็นต้น

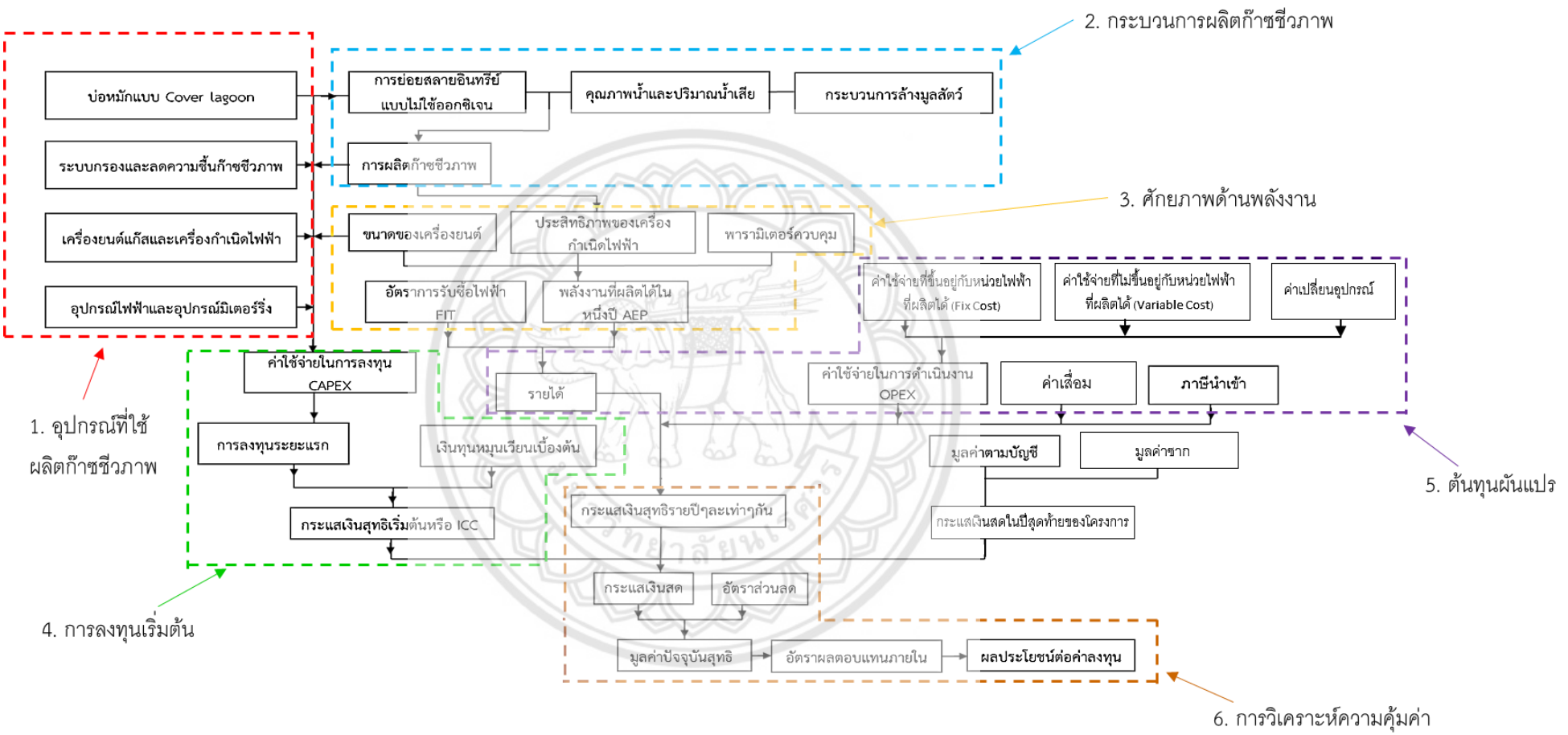
3.4.4 การควบคุมการจ่ายไฟฟ้า อุปกรณ์ที่ใช้ มีดังนี้

- สวิทซ์ชิ่ง (Switching) ทำหน้าที่สับเปลี่ยนวงจรระบบไฟฟ้า จะทำการเลือกว่าจะจ่ายไฟให้กับระบบสายส่งหรือจะจ่ายไฟให้กับฟาร์มไก่ไข่ จะทำงานโดยอัตโนมัติหากมีการใช้ไฟฟ้าในฟาร์มไก่ไข่สวิทซ์ชิ่งจะสับลง และถ้ามีการจ่ายไฟฟ้าให้กับสายส่งสวิทซ์ชิ่งจะสับขึ้น

- หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (step up) ทำหน้าที่เพิ่มแรงดันเอาต์พุต เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจาก 380 Volt ให้เหลือ 22 kV

3.5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการเงิน (Economic and Financial Analysis)

เศรษฐศาสตร์เป็นการวิเคราะห์ เพื่อพิจารณาถึงการจัดสรร การดำเนินงานตามแผนงานและหรือโครงการต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และให้ผลประโยชน์ มีความคุ้มค่า โดยใช้ปัจจัยชี้วัดความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา โดยการเปรียบเทียบต้นทุนการใช้ทรัพยากรและผลประโยชน์ที่ได้รับกลับคืน แสดงการประเมินความคุ้มค่าในโครงการดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ผังแสดงการประเมินความคุ้มค่าในโครงการ

จากรูปที่ 3.6 พิจารณาความคุ้มค่าในการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพในฟาร์มไก่ไข่โดยแยกเป็นแต่ละส่วน ประกอบไปด้วย 6 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพได้แก่ บ่อหมักที่ใช้เป็นบ่อหมักชนิด (Cover lagoon) ระบบกรองก๊าซชีวภาพ เครื่องยนต์แก๊สและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรือมิเตอร์ริ่ง ส่วนที่ 2 กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ ได้แก่ การย่อยสลายอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน ตรวจคุณภาพน้ำและปริมาณน้ำเสีย กระบวนการล้างมูลสัตว์ และการผลิตก๊าซชีวภาพ ส่วนที่ 3 การหาศักยภาพด้านพลังงาน ได้แก่ ขนาดของเครื่องยนต์ ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ พารามิเตอร์ควบคุม อัตราการรับซื้อไฟฟ้า (FIT) และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในหนึ่งปี (AEP) ส่วนที่ 4 องค์ประกอบการลงทุนเริ่มต้น ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (CAPEX) การลงทุนระยะแรก และกระแสเงินสุทธิเริ่มต้น (ICC) ส่วนที่ 5 การหาต้นทุนผันแปร ได้แก่ รายได้ ค่าใช้จ่ายที่ขึ้นอยู่กับหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ (Fix Cost) ค่าใช้จ่ายที่ไม่ขึ้นอยู่กับหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ (Variable Cost) และค่าเปลี่ยนอุปกรณ์ รวมถึงค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (OPEX) ค่าเสื่อม และภาษีนำเข้า ส่วนที่ 6 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ ได้แก่ กระแสเงินสุทธิรายปีๆละเท่าๆกัน กระแสเงินสด (Cash Flow) อัตราส่วนลด มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B/C) จากข้อมูลที่ใช้ในการดำเนินงานภายในโครงการสามารถนำไปวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการเงินของโครงการเพื่อหาความเหมาะสมที่จะลงทุนและผลตอบแทนที่จะได้รับในโครงการต่อไป ซึ่งในโครงงานนี้จะประกอบด้วย

3.5.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุนในโครงการ โดยพิจารณาจากผลรวมของกระแสเงินสดสุทธิที่จะได้รับตลอดอายุของโครงการ ณ อัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นของเงินลงทุนของโครงการ ซึ่งในการวิจัยนี้ได้กำหนดระยะการดำเนินโครงการไว้ที่ 20 year สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$NPV = \sum_{t=1}^{T} \frac{CF_t}{(1+d)^t} - CF_0 \qquad (3.5)$$

เมื่อ NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Baht)

CF_0 คือ กระแสเงินสุทธิเริ่มต้นหรือ ICC (Baht)

CF_t คือ กระแสเงินสุทธิรายปีๆละเท่าๆกัน (Baht/year)

CF_t = กำไรสุทธิ + ค่าเสื่อมราคา

กำไรสุทธิ = (รายได้ – รายจ่ายรายปี – ค่าเสื่อมราคา – ภาษี)

ภาษี = 10% × (รายได้ – ค่าใช้จ่าย – ค่าเสื่อมราคา)

T คือ ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

d คือ อัตราคิดลด (%)

t คือ ระยะเวลาในการลงทุนโครงการ (year)

โดยมีเกณฑ์ในการตัดสินใจ คือ โครงการให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าเมื่อ NPV≥0 และไม่คุ้มค่าเมื่อ NPV<0

3.5.2 รายได้ (Revenue)

รายได้ ขึ้นอยู่กับการผลิตพลังงานประจำปีและอัตรารับซื้อพลังงานไฟฟ้า (FIT) ในประเทศไทยมีอัตราการซื้อมากมายขึ้นอยู่กับแหล่งพลังงานหมุนเวียน โรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพได้รับเงินอุดหนุนจากนโยบายสนับสนุนที่ประกาศระหว่างปี 2557-2558 อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันถูกขัดขวางด้วยข้อกำหนดทั้งใบอนุญาตผลิตไฟฟ้าและการดำเนินการตามสัญญาซื้อขายไฟฟ้า (PPA) ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทน พ.ศ. 2561-2580 [12,13] ในฟาร์มไก่ไข่นี้ มีการวางแผนการดำเนินงานในช่วงเวลาเร่งด่วนโดยพิจารณาจากเหตุผลที่ (1.) โรงไฟฟ้าไม่สามารถให้พลังงานได้ครอบคลุมทุกความต้องการ (2.) เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลง (MD) ไม่สามารถทำงานต่อเนื่องได้ตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน และ (3.) ค่า Peak time ที่เรียกเก็บจากผู้จัดจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าสูงทั้งค่าพลังงานและค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ในการศึกษานี้ใช้อัตราช่วงเวลาการใช้ไฟฟ้า TOU ของต้นทุนพลังงานช่วง Peak period ซึ่งแสดงไว้ในคู่มือข้อกำหนดการจ่ายไฟฟ้าของ กฟภ. ตามอัตราการขายพลังงานไฟฟ้าในช่วงระดับแรงดันไฟฟ้าที่ 11-33 kW จาก กฟผ. ถึง กฟภ. [14] สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{รายได้ (บาท)} = [(4.1839 \times AEP_{Peak}) + (2.6037 \times AEP_{Off\text{-}P})] \quad (3.6)$$

เมื่อ AEP_{Peak} คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตั้งแต่วันจันทร์-วันเสาร์ เวลา 09.00-22.00 น.

$AEP_{Off\text{-}P}$ คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตั้งแต่วันจันทร์-วันศุกร์ เวลา 22.00-09.00 น. และวันเสาร์-อาทิตย์ วันหยุดราชการ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

3.5.3 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Capital Expenditure)

รายจ่ายการลงทุน (CAPEX) เป็นต้นทุนคงที่ หมายถึง เงินทุนเริ่มต้นหรือการลงทุนในสินทรัพย์ ประกอบไปด้วย บ่อหมักแบบคัพเวอร์ลากูน (C_{lg}) ระบบท่อแก๊ส (C_{pipe}) ระบบกรองแก๊ส (C_{filt}) ระบบลดความชื้น (C_{dry}) เครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (C_{enge}) ชุดควบคุมการขนานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (C_{syn}) มิเตอร์ริ่งและสวิทช์ชิ่ง (C_{mesw}) รวมทั้งรายละเอียดในการออกแบบ (C_{desi}) และการขนส่งกับติดตั้งระบบ (C_{trin})

3.5.4 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (Operating Expenditure and Replacement)

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (OPEX) คือ ค่าใช้จ่ายประจำปี สำหรับการดำเนินงานของโครงการ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นค่าใช้จ่ายขึ้นอยู่กับเวลาดำเนินการหรือค่าใช้จ่ายผันแปร รวมถึงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องและไส้กรอง (C_{ofil}) การเปลี่ยนไส้กรองก๊าซ (C_{gfil}) เปลี่ยนไส้กรองอากาศ (C_{air}) เปลี่ยนถ่ายน้ำหล่อเย็นและท่อยาง (C_{cool}) ติดตั้งวาล์ว ตั้งไทเมอร์ เปลี่ยนสายพาน (C_{valv}) ล้างอ่างน้ำมันเครื่อง (C_{oil}) เปลี่ยนแบตเตอรี่ (C_{batt}) และเปลี่ยนชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (C_{gen}) การทำงานและการบำรุงรักษา ($C_{O\&M}$) ของเครื่องยนต์ที่อยู่กับที่นั้นขึ้นอยู่กับเวลาการทำงานเป็นหลัก ซึ่งอาจจ่ายเป็นสัญญาบริการหลังชั่วโมงการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากคู่มือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า [15] ซึ่งชั่วโมงการทำงานต่อปีขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพที่แปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า ขณะที่ค่าใช้จ่ายที่ไม่ขึ้นกับเวลาทำงาน (C_{fix}) หรือค่าใช้จ่ายคงที่จะเป็นเงินเดือนพนักงานหรือพนักงานใบอนุญาตรายปี หรือค่าธรรมเนียมการจดทะเบียน ประกันและวัสดุสิ้นเปลือง ค่าเปลี่ยนอุปกรณ์ทดแทนที่หมดอายุ (C_{RP}) หมายถึง อุปกรณ์ที่ต้องจัดซื้อในช่วงแผนการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่หมดอายุ เช่น ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเครื่องยนต์แก๊สที่หมดอายุการใช้งาน ดังแสดงในสมการ (3.7) สามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$OPEX\ (THB) = (h_{op} \times C_{O\&M}) + (C_{fix} + Int\&Tax) + C_{RP} \quad (3.7)$$

เมื่อ $C_{O\&M}$ คือ ค่าบำรุงรักษารายปี (Baht/year)
h_{op} คือ ชั่วโมงการทำงานต่อปี
C_{fix} คือ ต้นทุนคงที่
Int&Tax คือ ดอกเบี้ยและภาษี
C_{RP} คือ ค่าเปลี่ยนอุปกรณ์ (Baht/year)

3.5.5 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (Levelized Cost of Energy)

LCOE คือ ต้นทุนการผลิตพลังงานที่ได้จากอัตราส่วนของกระแสเงินสดที่จ่ายแต่ละปี ประกอบด้วย การกระจายมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเริ่มต้นรวมกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปีต่อพลังงานที่ผลิตได้ต่อปี ดังสมการที่ (3.8) LCOE เป็นเกณฑ์หนึ่งที่ใช้วัดต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตพลังงานเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งพลังงานหมุนเวียนอื่น

$$LCOE = (LICC+OPEX)/AEP \quad (3.8)$$

LICC คือ การกระจายเงินลงทุนเริ่มต้นให้เป็นรายปี (บาท/ปี) สามารถหาได้จาก

$$LICC = CAPEX \times (A/P) \quad (3.9)$$

เมื่อ (A/P) คือ Annuity Factor เพื่อกระจายเงินลงทุนเริ่มต้นให้เป็นรายปี สามารถหาได้จาก

$$(A/P) = [d(1+d)^t/(1+d)^t-1] \quad (3.10)$$

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ศักยภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเครื่องยนต์แก๊ส

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำหน้าที่แปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า อาศัยการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กที่ตัดผ่านขดลวด และเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กจะทำให้ได้ไฟฟ้าออกมา โดยมีเครื่องยนต์แก๊สเป็นต้นกำลังขับ กำลังไฟฟ้าที่ได้จึงขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องยนต์แก๊สและอัตราการป้อนเชื้อเพลิงในแต่ละช่วงเวลา และขณะที่พลังงานไฟฟ้าที่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่นำมาออกมาแบบเป็นเครื่องปั่นไฟฟ้าเชิงพาณิชย์ (Commercial Generators) แบบสำเร็จรูป มีข้อดีและข้อเสียดังนี้

ข้อดี คือ ไม่มีต้นทุนเชื้อเพลิง ลดการปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศ ซึ่งช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกและลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากกลิ่นและก๊าซพิษจากน้ำเสีย

ข้อเสีย คือ ต้นทุนการติดตั้งระบบสูง ระบบต้องการพื้นที่ค่อนข้างมาก ต้องมีระบบกำจัดก๊าซเสีย และต้องมีผู้เชี่ยวชาญคอยดูแล

ขนาดของเครื่องยนต์ขึ้นอยู่กับความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในฟาร์มและเงินลงทุนในการซื้อเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนั้นเครื่องยนต์แก๊สที่นำมาออกแบบจึงมักจะเป็นเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลง (Modified Diesel Engine) เนื่องจากใช้เงินลงทุนที่น้อยกว่าและไม่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ไม่มีการจ่ายภาษี มีโครงสร้างการติดตั้งอุปกรณ์ดังนี้

1.) ติดตั้งหัวเทียนจุดระเบิด เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลไม่มีหัวเทียน จึงทำให้ต้องมีการติดตั้งหัวเทียน สามารถควบคุมการจุดระเบิดได้ และแก๊สไม่สามารถจุดระเบิดได้เหมือนกับน้ำมันดีเซล เพราะดีเซลจุดระเบิดด้วยการอัด อัดจนเชื้อเพลิงมีการระเบิดตัวได้เอง เรียกว่า compression-ignition engine ดังนั้นเมื่อติดตั้งหัวเทียนแล้วแก๊สก็สามารถจุดระเบิดได้

2.) เครื่องยนต์ดีเซลจุดระเบิดด้วยการอัดอากาศผสมก๊าซชีวภาพทำให้มีความดันและอุณหภูมิสูงแล้วจุดระเบิดด้วยหัวเทียน เพื่อป้องกันการน็อค จึงต้องมีการลดอัตราส่วนการอัดลง และอัตราส่วนการอัดเป็นสัดส่วนของปริมาตรเมื่อลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่งด้านล่างขึ้นไปสู่ตำแหน่งด้านบนลูกสูบ หากจะทำการอัดคืออัตราการเพิ่มความดัน โดยความดันจากอากาศ 1 ส่วนจะถูกอัดจนเหลือกี่ส่วน เช่น อัตราการอัด 15:1 หมายความว่า จากเดิมอากาศที่ดูดเข้า 15 ลูกบาศก์เมตรจะถูกอัดจนเหลือ 1 ลูกบาศก์เมตร จึงทำให้น้ำมันดีเซลระเบิดได

3.) ติดตั้งระบบ Fuel metering หรือ Carburettor เพื่อจ่ายเชื้อเพลิงเข้าไปในเครื่องยนต์และจุดระเบิด โดยเครื่องยนต์ดีเซลจะไม่ดูดเชื้อเพลิงเข้าไปในกระบอกสูบ แต่จะดูดเฉพาะอากาศอย่างเดียว ส่วนเชื้อเพลิงนั้นจะถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบหลังจากที่อากาศภายในถูกอัดจนกระทั่งมีความดันและความร้อนสูง ซึ่งการใช้งานของหัวฉีดมีให้เลือก 2 แบบ คือ หัวฉีดแบบแก๊สหรือแบบคาบูเรเตอร์ ซึ่งหัวฉีดแก๊ส หลักการทำงานของหัวฉีดแก๊สจะเป็นแบบ เปิด และ ปิด การจ่ายแก๊สเข้าสู่เครื่องยนต์ ส่วนคาบูเรเตอร์ หลักการทำงานของคาร์บูเรเตอร์ถูกออกแบบให้มีคอคอด เมื่ออากาศไหลผ่านคอคอดความเร็วของอากาศจะเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดสุญญากาศขึ้น ทำให้เกิดการดูดเชื้อเพลิงจากคาร์บูเรเตอร์มารวมกับอากาศเข้าสู่กระบอกสูบเพื่อใช้ในการเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์

4.) Ignition Control ประกอบด้วยหัวเทียนจุดระเบิดและชุดควบคุมการจุดระเบิดของหัวเทียนในเครื่องยนต์แก๊ส สังเกตว่ามีการจุดระเบิดเกิดขึ้นเมื่อก่อน-หลังขณะลูกสูบทำงานเพิ่มความดันในห้องเผาไหม้ และข้อดีข้อเสียของเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงมีดังนี้

ข้อดี คือ ราคาถูกกว่าเครื่องยนต์ใหม่ ไม่ต้องเสียภาษีนำเข้า สามารถหาอุปกรณ์สำรองหรืออะไหล่ได้ง่าย

ข้อเสีย คือ มีกำลังการผลิตน้อยกว่าเครื่องยนต์ใหม่ อายุการใช้งานสั้น และค่าบำรุงรักษาแพงกว่า

ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้นอยู่กับตัวแปรด้านความต้องการกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ตามช่วงเวลา และต้นทุนของเครื่องจักร

4.1.1 การคำนวณหาพารามิเตอร์ในการออกแบบ

ฟาร์มไก่ไข่เลี้ยงไก่พันธุ์ไข่ไว้จำนวน 100,000 layers ซึ่งมีโรงเลี้ยงจำนวน 4 โรงเลี้ยง ถูกใช้งานจริงเพียง 3 โรงเลี้ยง มีบ่อหมักก๊าซชีภาพที่ความจุขนาด 5,000 m^3 จำนวน 2 บ่อ โดยปริมาณมูลไก่ต่อตัว 57.5 g/layers -day พารามิเตอร์ที่ต้องการหา ประกอบด้วย 1.) กำลังการผลิตของก๊าซชีวภาพ 2.) ศักยภาพก๊าซชีวภาพ 3.) ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 4.) ขนาดของเครื่องยนต์แก๊ส 5.) รายได้ต่อปี และ 6.) พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี

กำหนดให้กลุ่มตัวแปรแต่ละตัวที่ใช้ในการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 กลุ่มตัวแปรต้นที่ใช้ในการออกแบบ

ตัวย่อ	ภาษาอังกฤษเต็มจากคำย่อ	ความหมายตัวแปร,อ้างอิง	ค่าตัวแปร
n_L	number of layers	จำนวนไก่ไข่	100,000 layers
V_{CL}	Volume Cover lagoon	ปริมาตรของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ	5,000 m^3
W_m	Manure weight	ปริมาณมูลไก่ไข่	5,750 kg/day
V_s	Volatile Solids	สัดส่วนของแข็งระเหยง่าย[1]	19.4 V_s /kg
V_g	Methane generation rate per volatile solid added	ก๊าซต่อน้ำหนักของแข็งระเหยได้[1]	0.321 m^3/kg-V_s
CH_4	Methane	สัดส่วนก๊าซมีเทน [1,2,3]	55%
HV_{CH4}	Heating Value methane	ค่าความร้อนก๊าซมีเทน [2]	35.64 MJ/m^3
HV_{BG}	Heating Value Biogas	ค่าความร้อนก๊าซชีวภาพ	19.6 MJ/m^3
η_{Gen}	Generator efficiency	ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า [4]	24%
E_{avg}	Average Energy	ค่าเฉลี่ยพลังงานต่อปี [ตารางที่ 3.2]	59,343 kWh
ED	Energy Demand	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการต่อปี	712,120 kWh/year
PP	Peak Power	ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด	112.40 kW
HHV_{dies}	High Heating Value diesel	ค่าความร้อนของดีเซล	36.4 MJ/L
DG_{eff}	Diesel Gen efficiency	ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีเซล	3.4 kWh/L

<u>วิธีทำ</u> จากโจทย์กำหนด จำนวนโรงเลี้ยง 4 โรงเลี้ยง ใช้งานจริงเพียง 3 โรงเลี้ยง

$$n_L = 100{,}000 \text{ layers}$$

$$V_{CL} = 5{,}000 \ m^3$$

หมายเหตุ: ค่าคงที่ที่กำหนดเพื่อใช้ในการคำนวณสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับตัวแปรในข้อมูลที่นำมาใช้คำนวณ เช่น จำนวนของไก่ไข่ จำนวนโรงเลี้ยง เป็นต้น

โดยปริมาณมูลไก่ไข่ต่อตัว 57.5 g/layers-day (เฉลี่ยจากครึ่งหนึ่งของน้ำหนักอาหาร 112 g/layers-day) หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$W_m = n_L \times 57.5/1,000$$

$$= 100,000 \text{ layers} \times 57.5 \text{ (g/layers-day)}/1,000$$

∴ ปริมาณมูลไก่ไข่ต่อวัน = 5,750 kg/day

1.) กำลังการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas production capacity, Q) หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$Q = [(W_m / \%CH_4) \times (\%V_s \times \%V_g)/100] \quad (4.1)$$

$$= [(5,750 \text{ kg/day}) / 0.55\% \times (19.4 \text{ \%Vs/kg}) \times (0.321 \text{ m}^3\text{/kg- Vs})/100]$$

$$= 650 \text{ m}^3\text{/day}$$

∴ กำลังการผลิตก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 650 m^3/day

2.) ศักยภาพก๊าซชีวภาพ (Biogas Potential, EH) หาได้จากสมการต่อไปนี้

- หาค่าความร้อนก๊าซชีวภาพ หาได้จากสมการ (3.4)

$$HV_{BG} = HV_{CH4} \times (\%CH_4)$$

$$= (35.64 \text{ MJ/m}^3) \times 0.55$$

$$= 19.6 \text{ MJ/m}^3$$

แทนค่าลงในสมการ (4.2)

จะได้ $$EH = Q \times HV_{BG} \quad (4.2)$$

$$= (650 \text{ m}^3\text{/day}) \times (19.6 \text{ MJ/m}^3)$$

$$= 12,742 \text{ MJ/day}$$

∴ ศักยภาพก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 12,742 MJ/day

3.) ศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า (Energy Generation, EG) หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$EG = EH \times \eta_{Gen} / (10^3 \text{ KJ}) \quad (4.3)$$

เมื่อ 1 kWh = 1 k (J/S)(3600 S) = 3600 KJ = 3.6 MJ

EG = (12,742 MJ/day) × (0.24/3.6 MJ/kWh)

= 849 kWh/day

∴ ศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 849 kWh/day

- หาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อปี (Annual Energy Potential)

AEP = EG x 365 day (4.4)

= 849 kWh/day × 365 day

= 310,054 kWh/year

4.) ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator, GE) หาได้จากความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในการทำงานตามช่วงเวลา Peak Period (9.00-22.00 น.) ซึ่งการทำงานของเครื่องยนต์แก๊ส 10 hr/day จะได้ดังนี้

PP = Max.(PP1,PP2,...,PP8) (4.5)

PP = Max.(89.60,102.40,112.00,112.40,102.00,97.20,94.40,93.60)

จะได้ค่า (Peak Power, PP) ขนาดสูงสุดเท่ากับ 112.40 kW เนื่องจาก โดยทั่วไปในการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สไม่สามารถเดินเครื่องที่ 100% Full Load ตลอดเวลา จึงกำหนดให้เครื่องยนต์ทำงานที่ 60% Full Load ดังนั้นการหาขนาดเครื่องยนต์สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

จะได้ GE = (PP/0.6) (4.6)

= 112.40/0.6

เลือกใช้ขนาด = 180 kW

- กรณีที่ใช้เครื่องยนต์แก๊ส หาได้จากสมการดังต่อไปนี้

GPE คือ ความต้องการพลังงานแก๊สต่อการผลิตไฟฟ้า

จะได้

GPE = EH/EG (4.7)

= 12,742/849

= 15.0 MJ/kWh

ดังนั้น ความต้องการพลังงานแก๊สต่อการผลิตไฟฟ้า เท่ากับ 15.0 MJ/kWh ซึ่ง ความต้องการผลิตไฟฟ้าต่อ 1 หน่วย จะต้องใช้แก๊ส 15.0 MJ/kWh

- กรณีที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลง หาได้จากสมการดังต่อไปนี้

DPE คือ ความต้องการพลังงานดีเซลต่อการผลิตไฟฟ้า

จะได้

$$DPE = HHV_{dies}/DG_{eff} \quad (4.8)$$

$$= 36.4/3.4$$

$$= 10.71 \text{ MJ/kWh}$$

ดังนั้น ความต้องการพลังงานดีเซลต่อการผลิตไฟฟ้า เท่ากับ 10.71 MJ/kWh

แทนค่าลงในสมการ (4.9)

$$MD = PP \times (GPE/DPE)/0.6 \quad (4.9)$$

$$= 112.40 \times (15.0/10.71)/0.6$$

$$= 262.37 \text{ kW หรือ } 270 \text{ kW}$$

$$= 270 \text{ kW}$$

∴ ขนาดของเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลง เท่ากับ 270 kW

5.) รายได้ต่อปี (Revenue Per Year) หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$RPY = (AEP_{Peak} \times 4.1839) + (AEP_{Off\text{-}P} \times 2.6037) \quad (4.10)$$

ค่า AEP_{Peak} คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปีในช่วง Peak หาได้จากตารางที่ 3.2 ประมาณการณ์ 1 ปี ของค่า Peak-kWh ได้เท่ากับ 265,422 kWh/year

ค่า $AEP_{Off\text{-}P}$ คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปีในช่วง Off-Peak หาได้จาก AEP - AEP_{Peak} (310,054 – 265,422) ได้เท่ากับ 44,632 kWh/year

จะได้ RPY = (265,422 x 4.1839) + (44,632 x 2.6037)

= 1,110,499 + 116,207

= 1,226,706 Baht/year

6.) พลังงานไฟฟ้าที่ต้องการต่อปี (Energy Demand, ED) หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$ED = \text{ค่าเฉลี่ยพลังงานรวม} \times 12 \text{ month} \quad (4.11)$$

$$= 59{,}343 \text{ kWh} \times 12 \text{ month}$$

∴ พลังงานไฟฟ้าที่ต้องการต่อปี = 712,120 kWh/year

ค่า Load Factor (LF_u) คือ สัดส่วนของพลังงานที่ผลิตได้ต่อความต้องการ

- ค่าศักยภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อปี (AEP) เท่ากับ 310,054 kWh/year

- ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการต่อปี (ED) เท่ากับ 712,120 kWh/year

จะได้ $LF_u = AEP/ED$ (4.12)

$= 310,054/712,120$

$= 0.44$

แสดงว่าโรงไฟฟ้านี้สามารถผลิตพลังงานได้เพียง 44% ของความต้องการ เมื่อการจัดหาพลังงานไฟฟ้า (Supply) น้อยกว่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Demand) ต้องมีการปรับแผนการใช้ไฟฟ้าตามช่วงเวลาในแต่ละโรงเลี้ยงไก่ไข่ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในเชิงเศรษฐศาสตร์การลงทุน ดังนั้นจึงมุ่งเน้นไปที่การนำไฟฟ้าที่ผลิตได้มาใช้ในช่วงเวลาที่มีค่าไฟฟ้าสูงสุดหรือช่วง On-Peak Period

ตารางที่ 4.2 กลุ่มตัวแปรตามที่ได้จากการออกแบบ

ตัวย่อ	ภาษาอังกฤษเต็มจากคำย่อ	ความหมายตัวแปร,อ้างอิง	ค่าตัวแปร
Q	Biogas production capacity	กำลังการผลิตก๊าซชีวภาพ	650 m^3/day
EH	Biogas Potential	ศักยภาพก๊าซชีวภาพ	12,742 MJ/day
EG	Energy Generation	ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	849 kWh/day
AEP	Annual Energy Potential	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อปี	310,054 kWh/year
LF_u	Load Factor of utilization	สัดส่วนของพลังงานที่ผลิตได้ต่อความต้องการ	44%
GE	Generator	ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	180 kW
MD	Modified Diesel Engine	ขนาดของเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลง	270 kW

จากตารางที่ 4.2 แสดงกลุ่มตัวแปรตามที่ได้จากการออกแบบ พบว่าฟาร์มไก่ไข่แห่งนี้สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 650 m^3/ วัน หรือคิดเป็นศักยภาพด้านพลังงานความร้อนของก๊าซชีวภาพได้ 12,742 MJ/วัน เมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 849 kWh/วัน ซึ่งฟาร์มไก่ไข่แห่งนี้มีศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 310,054 kWh/ปี จึงนำมาทดแทนได้ 44% จากความต้องการพลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีที่ 712,120 kWh/ปี ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้ออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 180 kW และใช้เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงขนาด 270 kW เป็นต้นกำลังขับเพื่อรองรับความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของฟาร์มไก่ไข่ที่ 112.4 kW

4.2 มูลค่าโครงการของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยก๊าซชีวภาพ

เป็นการออกแบบในส่วนของระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้า ชุดอุปกรณ์ต่างๆ เช่น บ่อหมัก ชุดกรองก๊าซชีวภาพ เครื่องยนต์แก๊สและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อุปกรณ์ทางไฟฟ้า จำนวนและขนาดที่ติดตั้ง รวมไปถึงค่าใช้จ่ายของพื้นที่และชุดอุปกรณ์ที่ติดตั้ง

1. Cover lagoon digester และแนวท่อส่งก๊าซ คือ บ่อหมักแบบพลาสติกคลุมดิน โครงสร้างบ่อเป็นระบบปิด ซึ่งคลุมด้วยแผ่นวัสดุที่มีความยืดหยุ่น และกันน้ำ เพื่อทำหน้าที่สร้างสภาวะไร้อากาศ และช่วยกักเก็บก๊าซจากกระบวนการย่อยสลายของแบคทีเรีย ในโครงการนี้มีบ่อหมักที่ใช้งานจำนวน 2 บ่อ สมมติฐานที่ใช้ ประกอบด้วย (1.) กำหนดขนาดของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ (กว้าง×ยาว×ลึก) 20 m × 50 m × 5 m (2.) แผ่นพลาสติกคลุมบ่อ ขนาดพื้นที่ติดตั้ง ความกว้างแผ่นพลาสติก 3 m ยาว 1,700 m นำมาต่อกันเพื่อให้ได้พื้นที่ของบ่อหมักลากูน (3.) การวางแนวระบบท่อก๊าซชีวภาพ ใช้ท่อขนาด 4 inch หรือ 6 inch โดยวางท่อยาวขนาด 1,000 m จากสถานที่ตั้งของบ่อหมักก๊าซชีวภาพมายังโรงไฟฟ้า ราคาของท่อจึงอยู่ที่เมตรละ 300 Baht

2. Biogas filtration and dryer system คือ การกรองก๊าซชีวภาพ มีระบบกรอง 3 ระบบ คือ ระบบกรองโซเดียมคาร์บอเนต ทำหน้าที่ดูดความชื้นจากอากาศ ระบบกรองไฮโดรเจนซัลไฟด์ ลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ เพื่อทำให้ก๊าซสะอาดขึ้นและลดการกัดกร่อนอุปกรณ์ ระบบกรองคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้ดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ในส่วน dryer system จะมีเครื่องลดความชื้นก๊าซชีวภาพ (gas dryer) ทำหน้าที่ลดความชื้นก่อนที่จะเข้าเครื่องยนต์แก๊สในการผลิตไฟฟ้า สมมติฐานที่ใช้ ประกอบด้วย (1.) ระบบกรองก๊าซชีวภาพ กำหนดมูลค่าลงทุนคิดที่ 8% ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (2.) ระบบลดความชื้น มูลค่าลงทุนคิดที่ 7.5% ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3. Gas engine and Generator คือ เครื่องยนต์แก๊สที่มีการสันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ภายในเครื่องยนตจ์ประกอบด้วยลูกสูบและเพลาข้อเหวี่ยง ซึ่งจะเชื่อมต่อกับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อมีการป้อนอากาศและก๊าซธรรมชาติกับอากาศข้างต้น จะทำให้เกิดพลังงานกลโดยไปผลักดันให้ลูกสูบและเพลาเคลื่อนที่ ซึ่งเพลาดังกล่าวจะมีการเชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเป็นพลังงานไฟฟ้า และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ อุปกรณ์ที่แปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โครงงานนี้มีการใช้เครื่องยนต์แก๊สที่ดัดแปลงจาก

เครื่องยนต์ดีเซลจำนวน 1 เครื่อง ขนาด 270 kW หรือ 360 HP และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำนวน 1 ชุด ขนาด 180 kW มูลค่าลงทุนคิดตามผู้จัดจำหน่าย ราคา 1,650,000 Baht

4. Electrical equipment and metering device คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ ประกอบไปด้วย metering device เป็นอุปกรณ์วัดพลังงานไฟฟ้า สวิตซ์ ทำหน้าที่เลือกว่าจะขายไฟให้ทางการไฟฟ้าหรือจะเก็บไว้ใช้เองในปริมาณที่ต้องการ และตู้ควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมและจ่ายไฟฟ้าภายในฟาร์ม สมมติฐานที่ใช้ ประกอบด้วย (1.) ตู้ควบคุมและวงจร มูลค่าลงทุนคิดที่ 9.0% ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (2.) อุปกรณ์แสดงค่าทางไฟฟ้าหรือมิเตอริ่งกับสวิตซ์ชิ่ง จำนวน 2 อุปกรณ์ ราคาต่ออุปกรณ์ๆละ 30,000 Baht

ตารางที่ 4.3 การลงทุนเริ่มต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 180 kW ควบคู่กับเครื่องยนต์ 270 kW หรือ 360 HP [18]

ลำดับ	รายการของ CAPEX	ข้อมูลจำเพาะ	Baht	Baht/kW	ratio
1.	บ่อหมักคัพเวอร์ลากูน 5,000 m^3 (C_{lg})	กว้าง×ยาว×ลึก = 20 m × 50 m × 5 m	1,200,000	8,000	24.7%
2.	ระบบท่อแก๊ส (C_{pipe})	ท่อพีวีซีขนาด 4 inch ยาว 1,000 m	300,000	2,000	6.2%
3.	ระบบกรองแก๊ส (C_{filt})	wet scrubbers 2 เครื่อง มีอัตราการไหล 300 m^3/hr	530,000	3,533	10.9%
4.	ระบบลดความชื้น (C_{dry})	เครื่องลดความชื้น มีอัตราการไหล 180 cfm	228,750	1,525	4.7%
5.	เครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (C_{enge})	เครื่องยนต์ (MD) 270 kW พร้อมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 180 kW	1,650,000	11,000	34.0%
6.	ชุดควบคุมการขนานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (C_{syn})	แผงควบคุมและเบรกเกอร์ 400 A	400,000	2,667	8.2%
7.	มิเตอร์ริ่งและสวิทช์ชิ่ง (C_{mesw})	ค่าเชื่อมต่อระบบผู้จำหน่ายไฟฟ้า	60,000	400	1.2%
8.	รายละเอียดในการออกแบบ (C_{desi})	ค่าใช้จ่ายแบบเหมาจ่าย	131,063	874	2.7%
9.	การขนส่งกับติดตั้งระบบ (C_{trin})	ค่าจ้างผู้รับเหมา	160,500	1,070	3.3%
10.	ภาษี	-	189,700	-	-
	รวมเงินลงทุน		4,850,013	32,333	100.0%

จากตารางที่ 4.3 แสดงการลงทุนเริ่มต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 180 kW ควบคู่กับเครื่องยนต์ 270 kW (360 HP) พบว่าในฟาร์มไก่ไข่นี้มีการลงทุนในอุปกรณ์หลักๆ ประกอบด้วยบ่อหมักแบบคัพเวอร์ลากูน 5,000 m^3 ราคา 1,200,000 Baht กับเครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่ที่ 1,650,000 Baht เมื่อรวมกันอัตราส่วนจะมากกว่า 50% ดังนั้นเงินทุนทั้งหมดของโครงการจะได้ 4,850,013 Baht หรือคิดเป็น 32,333 Baht/kW ซึ่งใกล้เคียงกับการลงทุนในพลังงานทดแทนชนิดอื่นๆ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม [16]

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (OPEX) ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายแปรผันตามระยะเวลาใช้งานของเครื่องจักร ดังตารางที่ 4.4 สามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\text{OPEX (ขึ้นอยู่กับเวลาทำงาน)} = (C_{ofil}) + (C_{gfil}) + (C_{air}) + (C_{cool}) + (C_{valv}) + (C_{oil}) + (C_{batt})$$
$$= 45{,}000 + 14{,}000 + 10{,}500 + 7{,}000 + 7{,}000 + 1{,}000 + 2{,}000$$
$$= 86{,}500 \text{ Baht/year}$$

จากตารางที่ 4.4 แสดงค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของแต่ละอุปกรณ์ในระบบ โดยในระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าเมื่อพบว่าอุปกรณ์เกิดการชำรุดเสียหายจะต้องมีการเปลี่ยนและซ่อมบำรุง เช่น การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง การเปลี่ยนไส้กรองก๊าซและอากาศ การเปลี่ยนถ่ายน้ำหล่อเย็น ตั้งวาล์ว เปลี่ยนสายพาน เปลี่ยนแบตเตอรี่ และดำเนินการเปลี่ยนชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตามระยะเวลาที่กำหนด หากไม่ทำการเปลี่ยนก็จะเกิดปัญหาตามมาภายหลังอาจทำให้การดำเนินธุรกิจเสียหายขาดทุน ดังนั้นจึงต้องมีการบำรุงรักษาอุปกรณ์แต่ละชนิดให้มีประสิทธิภาพที่ดีอยู่ตลอดเวลา

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (ที่ไม่ขึ้นอยู่กับเวลาการทำงาน) หรือค่าใช้จ่ายคงที่ ประกอบไปด้วย เงินเดือนพนักงานหรือพนักงานใบอนุญาตรายปีและค่าธรรมเนียมใบอนุญาตการจดทะเบียน รวมทั้งค่าเปลี่ยนอุปกรณ์ทดแทนที่หมดอายุ(C_{RP}) ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงที่หมดอายุการใช้งาน ดังตารางที่ (4.5) สามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\text{OPEX (ไม่ขึ้นอยู่กับเวลาทำงาน)} = \text{ค่าจ้างบุคลากร} \times 12 \text{ month}$$
$$= 12{,}000 \times 12 \text{ month}$$
$$= 144{,}000 \text{ Baht/year}$$

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (OPEX) [18]

ชั่วโมงการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (8,760 x 0.44) (LF_u) = 3854 hr/year				
	ชม.ทำงาน	ราคา	ครั้ง/ปี	รวม (Baht/year)
ถ่ายน้ำมันเครื่อง เปลี่ยนไส้กรอง (C_{ofil})	250	3,000	15	45,000
เปลี่ยนไส้กรองก๊าซ (C_{gfil})	500	2,000	7	14,000
เปลี่ยนไส้กรองอากาศ (C_{air})	500	1,500	7	10,500
เปลี่ยนถ่ายน้ำหล่อเย็น ท่อยาง (C_{cool})	1,500	3,500	2	7,000
ตั้งวาล์ว ตั้งไทเมอร์ เปลี่ยนสายพาน (C_{valv})	1,500	3,500	2	7,000
ล้างอ่างน้ำมันเครื่อง (C_{oil})	2,000	1,000	1	1,000
แบตเตอรี่ (C_{batt})	2,000	2,000	1	2,000
วัสดุสิ้นเปลือง				86,500
ค่าจ้างบุคลากร				144,000
เปลี่ยนชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (C_{gen})	25,000	1,650,000	-	-
รวมค่าดำเนินการ				230,500

ตารางที่ 4.5 สรุปค่าใช้จ่ายรายปี

รายการของ OPEX	Baht/hr	Baht/year	Baht/(C_{RP})
ขึ้นอยู่กับเวลาดำเนินการหรือ O&M (เช่น เปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องพร้อมไส้กรอง กรองแก๊สและอากาศ ท่อน้ำหล่อเย็น สายพาน แบตเตอรี่) คิดค่าบริการ 22.15 Baht/hr	22.15	86,500	
ค่าใช้จ่ายที่ไม่ขึ้นอยู่กับเวลาทำงานหรือคงที่ (เช่น พนักงาน ใบอนุญาต และค่าธรรมเนียม)		144,000	
ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือการเปลี่ยนอุปกรณ์ (เปลี่ยนเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงและเครื่องปั่นไฟฟ้า ทุก 7 year)			1,650,000
ค่าซ่อมแซมระบบบ่อหมักแบบ (Cover lagoon) ทุก 4 year			242,501

จากตารางที่ 4.5 แสดงผลสรุปค่าใช้จ่ายรายปีในแต่ละด้าน ประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่ขึ้นอยู่กับเวลาทำงาน คิดเป็น 22.15 Baht/hr หรือ 86,500 Baht/year รวมทั้งค่าใช้จ่ายที่ไม่ขึ้นอยู่กับเวลาทำงาน คิดเป็น 144,000 Baht/year รวมเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 230,500 Baht/year นอกจากนี้จะต้องมีค่าซ่อมแซมระบบบ่อหมักแบบ ทุก 4 year และค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุก 7 year

4.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาความคุ้มค่าของการลงทุนในโครงการ ต้องมีการคำนวณหามูลค่าการลงทุนรายได้และรายจ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดตลอดโครงการ จากนั้นคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุนในโครงการ คำนวณต้นทุนผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (LCOE) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ว่าสอดคล้องกับผลตอบแทนที่คาดหวัง และผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B/C)

4.3.1 วิธีการคำนวณผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

ตัวแปรต้น ประกอบด้วย

- ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (CAPEX)	4,850,013 Baht
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (OPEX)	230,500 Baht/year
- มูลค่าในการเปลี่ยน Gen set เมื่อหมดอายุการใช้งาน	1,650,000 Baht เปลี่ยนทุก 7 year
- ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงบ่อหมัก	242,501 Baht เปลี่ยนทุก 4 year
- อัตราการสูญเสียกำลังผลิตในแต่ละปี	-2% /year
- อัตราคิดลด	10%
- อายุโครงการ	20 year

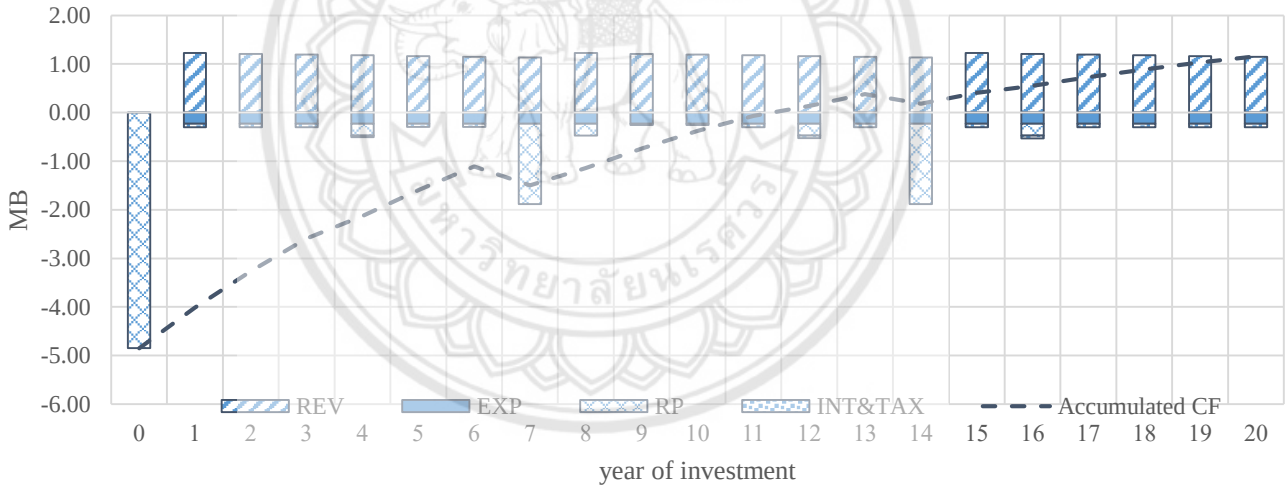
มูลค่าเมื่อสิ้นสุดโครงการ (NPV) คิดที่ 5% ของมูลค่าการลงทุนเริ่มต้น จะเท่ากับ 242,500 Baht

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

ปีที่	พลังงาน	รายได้	รายจ่าย	เปลี่ยนอุปกรณ์	กำไรขั้นต้น	ค่าเสื่อม	EBITA	ภาษี	กำไรสุทธิ	กระแสเงินสด	มูลค่าปัจจุบัน	เงินสดสะสม
0		0		4,850,013					-4,850,013	-4,850,013	-4,850,013	-4,850,013
1	310,054	1,226,706	230,500	0	996,206	485,001	511,205	73,602	437,602	922,604	838,731	-4,011,282
2	303,853	1,210,560	230,500	0	980,060	485,001	495,059	72,634	422,425	907,427	749,939	-3,261,343
3	297,776	1,194,737	230,500	0	964,237	485,001	479,236	71,684	407,552	892,553	670,588	-2,590,754
4	291,820	1,179,231	230,500	242,501	706,230	485,001	221,229	33,184	188,045	673,046	459,700	-2,131,055
5	285,984	1,164,035	230,500	0	933,535	485,001	448,534	67,280	381,254	866,255	537,876	-1,593,178
6	280,264	1,149,143	230,500	0	918,643	485,001	433,641	65,046	368,595	853,596	481,833	-1,111,346
7	274,659	1,134,548	230,500	1,650,000	-745,952	485,001	-1,230,953	0	-1,230,953	-745,952	-382,791	-1,494,137
8	310,054	1,226,706	230,500	242,501	753,705	815,001	-61,296	0	-61,296	753,705	351,609	-1,142,528
9	303,853	1,210,560	230,500	0	980,060	815,001	165,059	24,759	140,300	955,301	405,141	-737,387
10	297,776	1,194,737	230,500	0	964,237	815,001	149,236	22,385	126,851	941,852	363,125	-374,262
11	291,820	1,179,231	230,500	0	948,731	330,000	618,731	70,754	547,977	877,977	307,726	-66,536
12	285,984	1,164,035	230,500	242,501	691,034	330,000	361,034	54,155	306,879	636,879	202,929	136,393
13	280,264	1,149,143	230,500	0	918,643	0	918,643	68,949	849,694	849,694	246,126	382,519
14	274,659	1,134,548	230,500	1,650,000	-745,952	0	-745,952	0	-745,952	-745,952	-196,432	186,087
15	310,054	1,226,706	230,500	0	996,206	330,000	666,206	73,602	592,604	922,604	220,864	406,951
16	303,853	1,210,560	230,500	242,501	737,560	330,000	407,560	61,134	346,426	676,426	147,210	554,161
17	297,776	1,194,737	230,500	0	964,237	330,000	634,237	71,684	562,553	892,553	176,587	730,747

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ (ต่อ)

ปีที่	พลังงาน	รายได้	รายจ่าย	เปลี่ยนอุปกรณ์	กำไรขั้นต้น	ค่าเสื่อม	EBITA	ภาษี	กำไรสุทธิ	กระแสเงินสด	มูลค่าปัจจุบัน	เงินสดสะสม
18	291,820	1,179,231	230,500	0	948,731	330,000	618,731	70,754	547,977	877,977	157,912	888,659
19	285,984	1,164,035	230,500	0	933,535	330,000	603,535	69,842	533,693	863,693	141,221	1,029,880
20	280,264	1,149,143	230,500	0	918,643	0	918,643	68,949	849,694	849,694	126,302	1,156,182
Discounted Average	294,605	1,186,482	230,500	768,189	757,474	464,139	293,335	51,989	241,346	705,485		



รูปที่ 4.1 กระแสเงินสดที่เกิดขึ้นของโครงการ

จากตารางที่ 4.6 แสดงผลลัพธ์การคำนวณเศรษฐศาสตร์ทางด้านการเงิน ประกอบด้วย

- กำไรขั้นต้นคือกำไรหลังหักต้นทุนขาย หาได้จากรายได้หักรายจ่ายและค่าเปลี่ยนอุปกรณ์
- ค่าเสื่อม เป็นการหักค่าใช้จ่ายสินทรัพย์ถาวรในแต่ละปี หาได้จาก 10% ของเงินลงทุนเริ่มต้น เป็นระยะเวลา 10 year
- กำไรก่อนที่จะหักภาษีและดอกเบี้ย (Earning Before Interest Tax Depreciation and Amortization: EBITA) หาได้จาก กำไรขั้นต้นมาหักค่าเสื่อม
- กำไรสุทธิ คือ กำไรที่หักค่าใช้จ่ายทั้งหมดรวมถึงดอกเบี้ยและภาษี หาได้จากกำไรขั้นต้นหักค่าเสื่อมและภาษี
- กระแสเงินสด คือ เงินสดที่เกิดขึ้นในการดำเนินการกิจการ หาได้จากการนำกำไรสุทธิรวมกับค่าเสื่อม
- มูลค่าปัจจุบัน คือ จำนวนเงินในอนาคตที่ถูกปรับลดด้วยอัตราคิดลด (Discount Rate) เพื่อแปลงกลับเป็นมูลค่าปัจจุบัน หาได้จากสมการที่ (4.13)

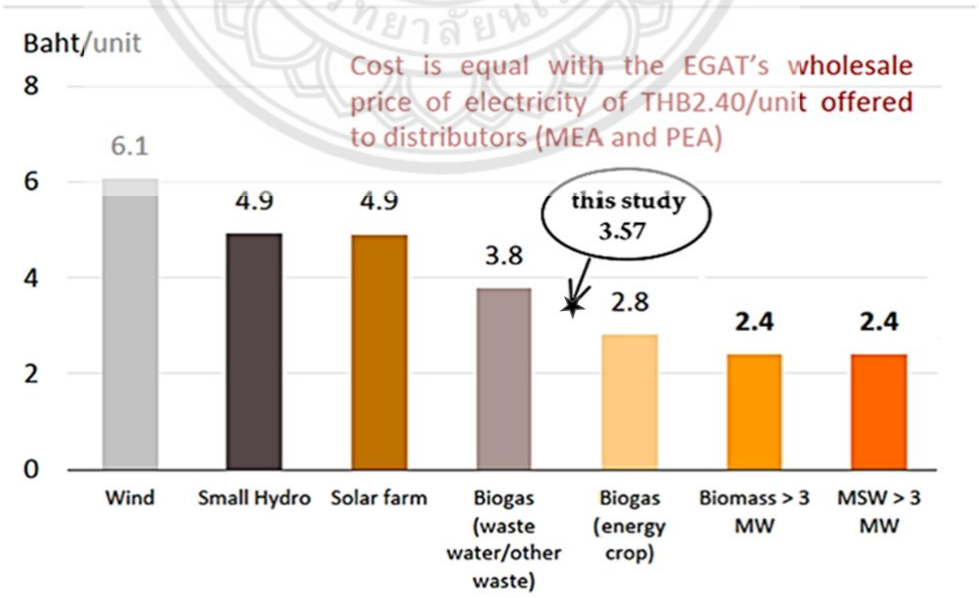
$$\text{มูลค่าปัจจุบัน (PV)} = \text{กระแสเงินสด}/(1+\text{อัตราผลตอบแทน})^{\text{ระยะเวลา}} \quad (4.13)$$

- เงินสดสะสม คือ เงินลงทุนเริ่มต้นรวมกับมูลค่าปัจจุบันที่เกิดขึ้นในแต่ละปีของการดำเนินงาน โดยแสดงกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นของโครงการ ดังรูปที่ 4.1

จากตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์แสดงให้เห็นถึงการลงทุนเริ่มต้นในการเลือกใช้ขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 180 kW ควบคู่กับเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลง 270 kW ราคาอยู่ที่ 4,850,013 Baht หรือ 32,333 Baht/kW จะมีรายได้เฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 1,186,482 Baht/year ขณะที่ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 481,000 Baht/year ส่งผลให้มีกำไรสุทธิเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 241,000 Baht/year ดังนั้นโครงการนี้จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวก ได้เท่ากับ 1,156,000 Baht โดยอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) อยู่ที่ 14% และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C) คือ 1.24 มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (LCOE) เท่ากับ 3.57 Baht/kWh ดังแสดงในตารางที่ 4.7 เมื่อเทียบกับแหล่งพลังงานทดแทนอื่นๆ ค่าตัวประกอบกำลังผลิต (CF) ของก๊าซชีวภาพคือ 0.29 ซึ่งสูงกว่าโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมทั่วไป จะอยู่ในช่วงประมาณ 0.15 ถึง 0.18 ในประเทศไทย [16]

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพของฟาร์มไก่ไข่100,000 ตัว

ผลลัพธ์การวิเคราะห์ทางการเงินสำหรับฟาร์มไก่ไข่ 100,000 ตัว		หน่วย
ขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	180	kW
ขนาดเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลง	270	kW (360 HP)
การผลิตก๊าซชีวภาพ	237,262	m^3/year
อัตราการสูญเสียกำลังผลิตในแต่ละปี	295	MWh/year
เงินลงทุนเริ่มต้น	4,850,013	Baht
รายได้เฉลี่ย	1,186,482	Baht/year
ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย	481,000	Baht/year
กำไรสุทธิเฉลี่ย	241,000	Baht/year
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	1,156,000	Baht
ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (LCOE)	3.57	Baht/kWh
ตัวประกอบกำลังผลิต (CF)	0.29	
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	14%	
ผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน (B/C)	1.24	
ระยะเวลาคืนทุน (PB) ในปี	12	



รูปที่ 4.2 แนวโน้มค่าไฟฟ้าอุตสาหกรรมในประเทศไทยปี (2019-2021) เกี่ยวกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยผลการวิจัยกรุงศรี [17]

จากรูปที่ 4.2 พิจารณาแนวโน้มค่าไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทนอื่นๆ กับค่าไฟฟ้าที่ได้จากโครงงานนี้ เนื่องจากประเทศไทยมีฟาร์มสัตว์ปีกขนาดใหญ่ ก๊าซชีวภาพถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (Alternative Energy Development Plan: AEDP2015) ของนโยบายพลังงานแห่งชาติ [17] ซึ่งการศึกษาครั้งนี้เปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (LCOE) ของพลังงานทดแทนอื่นๆ จึงจำเป็นต้องใช้ในการตัดสินใจทางการเงินและกำหนดนโยบายการสนับสนุนจากภาครัฐ แม้ว่าจะมีการตั้งสมมติฐานและรายละเอียดของสมการในการคำนวณที่แตกต่างกัน เพราะศักยภาพการผลิตไฟฟ้าของพลังงานหมุนเวียนขึ้นอยู่กับสถานที่ และพารามิเตอร์ทางการเงิน ดังนั้นมักจะใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณอย่างเป็นขั้นตอน

โดยการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า (LCOE) ที่ได้มีค่า 3.57 Baht/kWh ซึ่งอยู่ระหว่างต้นทุนค่าไฟฟ้าก๊าซชีวภาพที่ได้จากน้ำเสีย 3.8 Baht/kWh และค่าไฟฟ้าของก๊าซชีวภาพจากพลังงานพืช 2.8 Baht/kWh แม้ว่างานอ้างอิงจะไม่สามารถเปรียบเทียบโดยตรงกับผลลัพธ์นี้ได้เนื่องจากความหลากหลายของข้อมูลตามตำแหน่ง อย่างไรก็ตามการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพจากฟาร์มไก่ไข่นี้มีศักยภาพสูงทั้งในด้านผลการวิเคราะห์ทางเทคนิคและการเงินจึงสามารถนำไปสู่การดำเนินงานทั้งในระดับนโยบายคือการสนับสนุนส่งเสริมจากภาครัฐและระดับเอกชนในการจัดหาแหล่งเงินทุน

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

ฟาร์มไก่ไข่เป็นฟาร์มที่ผลิตไข่เชิงพาณิชย์จากไก่ไข่ซึ่งเป็นไก่พันธุ์ โดยทั่วไปฟาร์มแบบโรงเลี้ยงปิดมีการปล่อยน้ำเสียจำนวนมากจากกระบวนการล้างมูลสัตว์ และฟาร์มแบบโรงเลี้ยงปิด ส่วนใหญ่ใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นต้นทุนหลัก อย่างไรก็ตามผู้ประกอบการไม่สามารถประเมินศักยภาพและมูลค่าก๊าซชีวภาพเพื่อเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนได้ เนื่องจากต้นทุนในการลงทุนเริ่มต้นมีมูลค่าสูง โครงการนี้เป็นกรณีศึกษาในฟาร์มไก่ไข่ 100,000 layers ที่ทุกวันปล่อยปริมาณน้ำเสีย 20 m^3 จากการล้างมูลไก่ 5.70 ton ลงสู่บ่อหมักระบบปิด นำไปสู่การพิจารณาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ซึ่งในการออกแบบเบื้องต้นของโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพมีการพิจารณากระบวนการทางเทคนิคตั้งแต่การหาขนาดของอุปกรณ์ประกอบในระบบ ประกอบด้วยบ่อหมักที่ผลิตก๊าซชีวภาพส่งผ่านระบบการกรองแก๊สให้สะอาดและนำไปใช้ในเครื่องยนต์แก๊สเพื่อผลิตไฟฟ้า นอกจากนี้ได้วางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด แม้ว่าคุณสมบัติและปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้ขึ้นอยู่กับคุณภาพและปริมาณน้ำเสีย อย่างไรก็ตาม โครงการนี้ใช้วิธีประมาณการผลิตก๊าซชีวภาพผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และกำหนดข้อจำกัดในเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพในรูปแบบคล้ายคลึงกัน โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในการแปลงก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานไฟฟ้าถูกขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์แก๊สที่ดัดแปลงจากเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งขนาดเครื่องยนต์และขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดและความต้องการพลังงานไฟฟ้าในฟาร์ม จากการคำนวณ พบว่ากรณีศึกษานี้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อทดแทนความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่อปีได้ ประมาณ 44 % มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (LCOE) เท่ากับ 3.57 Baht/kWh ต่ำกว่าอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่เรียกเก็บจากผู้จำหน่ายไฟฟ้า นอกจากนี้โรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพนี้แสดงให้เห็นว่าตัวประกอบกำลังผลิต (CF) เท่ากับ 0.29 มีค่าสูงกว่าแหล่งพลังงานหมุนเวียนอื่น เช่น โรงไฟฟ้าจากพลังงานลมหรือแสงอาทิตย์ นอกจากนี้การวิเคราะห์ทางการเงินในกรณีศึกษานี้ให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวกเท่ากับ 1,156,000 Baht อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 14% สูงกว่าอัตราผลตอบแทนที่คาดหวัง 10 % ดังนั้นฟาร์มไก่ไข่นี้จึงมีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียมาผลิตไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

[1] Livestock Economics Research Unit, “Eggs Production and Market Situation on July 2563”, Division of Livestock Extension and Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, 2020.

[2] K. Rattanwinkul, “Egg Price Stabilization in Thailand”, Division of Livestock Extension and Development, Vol. 2, No. 63(2)-0211-076, 2020.

[3] Department of Business Development, Business Consultant Manual for SMEs, Ministry of Commerce, Bangkok, pp. 54, 2020.

[4] M. A. Davis, D.R.Sloan, G. Kidder, and R.D.Jacobs, Poultry Manure as a Fertilizer, University of Florida, UF/IFAS Extension Service, 1992.

[5] Y.Ulusoy, A.H.Ulukardesler, R.Arslan and Y.Tekin, "Energy and Emission Benefits of Chicken Manure Biogas Production - A Case Study", in 2017 IEEE 6th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 2017, pp.648-652.

[6] S.Kaya, B.Ozturk and H.Aykac, "Hydrogen Production from Renewable Source : Biogas" in 2013 International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 2013, pp.633-637.

[7] D. B. Bharathiraja, T. Sudharsana, J. Jayamuthunagai, P. K. Ramanujam, C. Sivasankaran, and J. Iyyappan, “Biogas production – A review on composition, fuel properties, feed stock and principles of anaerobic digestion,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, 07/01/2018.

[8] E. Porpatham, A. Ramesh, and B. Nagalingam, “Effect of compression ratio on the performance and combustion of a biogas fuelled spark ignition engine,” Fuel, vol. 95, pp. 247-256, 2012.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[9] N. Ray[1], M. K. Mohanty, and R. Mohanty, “Biogas as Alternate Fuel in Diesel Engines: A Literature

[10] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Biogas from Energy Crop Power Plant Investment Manual Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, Bangkok, 2013.

[11] S. Yamban, “Biogas production from layer chicken manure with Chiang Mai University chanel digester,” Graduate School, Chiang Mai University, Chiang Mai, 2011.

[12] E. Porpatham, A. Ramesh, and B. Nagalingam, “Effect of compression ratio on the performance and combustion of a biogas fuelled spark ignition engine.” Fuel, vol. 95, pp. 247-256, 2012.

[13] N.S. Huirem and A. Layek, “Experimental Study of the Effect of Compression Ratio on the Characteristics of a Biogas Fueled Dual Fuel Compression Ignition Engine”, International Journal of Renewable Energy Research (IJRER), Vol.8, No.4, December 2018.

[14] PEA, Time of Use Tariff : TOU Tariff, Provincial Electricity Authority, Bangkok, 2015.

[15] Cummins, Operator Manual RV Generator Set, Cummins Inc, 2016, ch.5 (Book Chapter) : https://www.cummins.com/sites/default/files/rv-manuals/A043D713.pdf (access on: 31 May 2021)

[16] IRENA, “Renewable Energy Thailand”, Ministry of Energy, 2017: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Nov/IRENA_Outlook_Thailand_2017.pdf (access on: 31 May 2021)

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[17] T. Narin, Industry Outlook 2019-2021 on Power Generation, Krungsri research issue: https://www.krungsri.com/en/research/industry/industry-outlook/Energy-Utilities/Power-Generation/IO/io-power-generation-20 (access on: 21 March 2021)

[18] S. Pookpunt, “Technical and Financial Analysis in Biogas Power Plant for a Layer Poultry Farm”, International Journal of Renewable Energy Research (IJRER), Vol.11, No.2, June, 2021