การออกแบบส่วนผสมของชีวมวลเพื่อผลิตไฟฟ้า กรณีศึกษา : โรงไฟฟ้าชีวมวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

Design of Biomass Mixture for Electricity Generation Case study: Biomass Power Plant Prachuap Khiri Khan Province

เสรี เสือกระสัง[1*] และชาญศักดิ์ ตรีภพ[2]

Seree Suakrasang[1*] and Chansak Treepob[2]

[1*,2]วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

340 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 0 4400 9009

ต่อ 2910 โทรสาร 0 4425 5451 E-mail: suaken@hotmail.com, Chansak.tre@gmail.com

[1*,2]Industrial Management Engineering, Faculty of Industrial Technology,

Nakhonratchasima Rajabhat University. 340 Suranarai Road, Nai Mueang Sub-district, Mueang District, Nakhon Ratchasima Province 30000 Tel. 0 4400 9009 Ext. 2910 Fax. 0 4425 5451

E-mail: suaken@hotmail.com, Chansak.tre@gmail.com

วันที่รับบทความ 27 ธันวาคม 2561 **วันที่รับแก้ไขบทความ** 22 กรกฎาคม 2562 **วันที่ตอบรับบทความ** 17 ธันวาคม 2562

Received: Dec. 27, 2018 **Revised:** Jul. 22, 2019 **Accepted:** Dec. 17, 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้ออกแบบส่วนผสมของชีวมวลเพื่อผลิตไฟฟ้า โดยใช้ขุยมะพร้าวผสมกับไม้ชิพ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบการผสมชีวมวลไว้ 6 แบบ สัดส่วนการผสมระหว่างขุยมะพร้าวกับไม้ชิพ มีดังนี้ 1:1, 1:2, 1:3, 2:1, 3:2 และ4:1 แต่ละแบบนำไปใช้ทดลองผลิตกระแสไฟฟ้ารูปแบบละ 24 ชั่วโมง เพื่อทำการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุน และระยะเวลาคืนทุน ผลการทดลองพบว่าเชื้อเพลิงทั้ง 6 แบบ สามารถให้ความร้อนและสร้างแรงดันที่เพียงพอกับความต้องการในการผลิตกระแสไฟฟ้าเชื้อเพลิงรูปแบบที่ 3 ให้ค่าพลังงานความร้อนสูงสุด และมีผลต่างของค่าเชื้อเพลิง และค่ากระแสไฟฟ้าที่ขายได้ ร้อยละ 68.07 เนื่องจากใช้ขุยมะพร้าว 1 ส่วนต่อไม้ชิพ 3 ส่วน จึงได้ค่าความร้อนสูงสุด และทำให้ต้นทุนของเชื้อเพลิงสูงขึ้นส่งผลต่อผลต่างของค่าเชื้อเพลิงและค่ากระแสไฟฟ้าที่ขายได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงคำนวณเพื่อเปรียบเทียบต้นทุน และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ แบบที่ 4 มีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุน (B/C) เท่ากับ 1.33 และระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period) เท่ากับ 3.93 ปี โดยมีอัตราส่วนผสมของขุยมะพร้าว และไม้ชิพ 2 : 1 ส่วน ซึ่งเป็นแบบที่เหมาะสมที่สุด

คำสำคัญ: การผลิตไฟฟ้าชีวมวล, ส่วมผสมของชีวมวล, การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

Abstract

This research designed a mixture of biomass to generate electricity using coconut husk mixed with wood chips. The biomass mixing model took 6 forms, with the proportion of mixing between coconut flakes and wood chips as follows: 1:1, 1:2, 1:3, 2:1, 3:2 and 4:1. Each model was tested for electricity production for a period of

24 hours. To analyze the return on investment and payback period, the results showed which of the 6 types of fuel mixture were able to generate sufficient heat and pressure to meet the demand for electricity. The model 3 fuel mixture provided the maximum heat energy with fuel that can be sold at a level of 68.07%. The use of 1 part coconut husk and 3 parts wood chips increases the cost of fuel leading to a difference in fuel cost and electricity that can be sold. When calculating the costs and analyzing the economic value, the researcher determined that model 4 has a return on investment (B / C) of 1.33, with a payback period of 3.93 years. Therefore, the proportion of coconut husk and wood chips (model 2:1) is considered to be the most appropriate.
Keywords: biomass power generation, biomass mix, economic value analysis

1. บทนำ

ประเทศไทยใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าเป็นก๊าซธรรมชาติกว่าร้อยละ 70 แต่เนื่องจากความต้องการใช้พลังงานของประเทศที่เติบโตขึ้นทุกวัน ตามการขยายตัวทางเศรษฐกิจ โดยกระทรวงพลังงานมีแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า (Council to reform the country, 2017) ว่าใน 20 ปีข้างหน้า แผนกำลังผลิตไฟฟ้าอยู่ในช่วง 2558 - 2579 มุ่งเน้นให้ใช้พลังงานทางเลือกเพิ่มขึ้นร้อยละ 25 (Wongsa, K., 2014) ภายในระยะเวลา 20 ปี ปัจจุบันมีโรงไฟฟ้าชีวมวลเกิดขึ้นหลายแห่ง และส่วนใหญ่เป็นโรงไฟฟ้าชีวมวล ใช้ทะลายปาล์ม ใบปาล์ม ต้นปาล์ม กะลาปาล์ม แกลบ เศษไม้ ทางมะพร้าว กะลามะพร้าว ฟางข้าว ชานอ้อย มูลสัตว์ เป็นเชื้อเพลิง ชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเริ่มขาดแคลน ทั้งที่เป้าหมายในการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลภายในปี พ.ศ. 2579 ของประเทศไทย ซึ่งได้กำหนดกำลังการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ไว้ถึง 5,570 เมกะวัตต์ ซึ่งคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติมีการกำหนดอัตราราคารับซื้อไฟฟ้าจากชีวมวลในแบบ FiT ไว้แล้ว แต่ปัญหาหลัก คือ ขาดแคลนเชื้อเพลิงชีวมวล ขาดระเบียบการรับซื้อ ทำให้โรงฟ้าชีวมวลเริ่มประสบปัญหาด้านเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า จึงต้องวางแผนในการจัดหาวัตถุดิบชีวมวลในพื้นที่มาเป็นเชื้อเพลิงสำรอง เพื่อลดการขาดแคลน และลดต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้า (Saennil, S. and Kantangkun, P., 2015) วัตถุดิบอยู่กระจัดกระจายการเก็บรวบรวมยาก มีไม่สม่ำเสมอขึ้นอยู่กับฤดูกาล เชื้อเพลิงชีวมวลมีความชื้นทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และผลิตกระแสไฟฟ้าลดลง จำเป็นต้องมีการบริหารจัดการวัตถุดิบเพื่อให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด โดยใช้เศรษฐศาสตร์มาวิเคราะห์หาความอัตราผลตอบแทน และระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Arjharn, W. et al., 2009)

การวิจัยนี้ได้ออกแบบส่วนผสมของชีวมวลผลิตไฟฟ้า เพื่อศึกษาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้ขุยมะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงผสมเนื่องจากในพื้นที่มีผลผลิตมะพร้าวออกมาขายจำนวนมากและมีราคาถูก การใช้ขุยมะพร้าวอย่างเดียวประสิทธิภาพในการทำความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงต้องผสมกับไม้ชิพซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนมากกว่าทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่ดีขึ้น จากการศึกษาโรงไฟฟ้ากรณีศึกษาไม้ชิพเป็นเชื้อเพลิงหลักที่ใช้การผลิตกระแสไฟฟ้า และขุยมะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงผสม เมื่อเปรียบเทียบ

ด้านราคาเชื้อเพลิงหลักจะมีราคาสูงกว่าอยู่ร้อยละ 52.38 และมีพลังงานค่าความร้อนต่างกันอยู่ร้อยละ 42.74 ผู้วิจัยหาแนวทางในการศึกษาการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้ามาเป็นการใช้เชื้อเพลิงแบบผสมเพื่อผลิตไฟฟ้าที่ทำให้ได้ต้นทุนที่ต่ำ

ดังนั้นผู้วิจัยได้ออกแบบส่วนผสมระหว่างไม้ชิพกับขุยมะพร้าวเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยทดลองผลิตกระแสไฟฟ้าในแต่ละแบบ แบบละ 24 ชั่วโมง เพื่อหาปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ แล้วทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษารูปแบบการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในการผลิตไฟฟ้า

2.2 ออกแบบส่วนผสมของเชื้อเพลิงชีวมวล และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 2 ชนิด คือ ไม้ชิพ และขุยมะพร้าว ในการผลิตไฟฟ้า สมมติฐานของการวิจัยนี้เพื่อหาสัดส่วนของเชื้อเพลิงชีวมวลที่เหมาะสมที่ทำให้อัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุน (B/C) สูงสุด และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) น้อยที่สุด ผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 การศึกษาและสำรวจข้อมูลการผลิตไฟฟ้ากรณีศึกษา

โรงงานผลิตไฟฟ้าชีวมวลกรณีศึกษาใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีกำลังการผลิต 9.9 MW/ชั่วโมง 50 Hz 1.5 kv โรงไฟฟ้าชีวมวลใช้ระบบการเผาไหม้โดยตรง (Direct-Fired) โดยนำเชื้อเพลิงชีวมวล ขุยมะพร้าว และไม้ชีพที่ผสมกันในอัตราส่วนที่กำหนด แล้วลำเลียงผ่านสายพานมายังห้องเผาไหม้ แล้วถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นให้กับน้ำในหม้อไอน้ำ (Boiler) จนกลายเป็นไอน้ำที่ร้อนจัดและมีความดันสูง ไอน้ำที่เกิดขึ้นจะส่งไปปั่นกังหันไอน้ำที่ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งในการผสมขุยมะพร้าวกับไม้ชีพสามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 177.5 MW/วัน จากการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล การใช้เชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้าพบว่าปัจจุบันในพื้นที่มีการใช้เชื้อเพลิงการผลิตไฟฟ้า 2 ชนิด คือ ไม้ชิพ มีค่าพลังงานความร้อน 7,650 Kcal/kg และขุยมะพร้าว ค่าพลังงานความร้อน 4,380 Kcal/kg (โรงไฟฟ้าชีวมวลกรณีศึกษา) ส่วนราคาเชื้อเพลิงแต่ละชนิด จากการสัมภาษณ์เจ้าของบริษัท ขุยมะพร้าว ราคา 500 บาท/ตัน และไม้ชิพ ราคา 1,050 บาท/ตัน และราคาขายไฟฟ้า 2.5 บาท/กิโลวัตต์ (ราคาขายของบริษัทเอกชน)

3.2 การออกแบบส่วนผสมของเชื้อเพลิง

(Kaiwan, Y., 2016) การออกแบบการทดลอง แบบสองกลุ่มหรือมากกว่าเป็นแผนการทดลองที่มีการกำหนดแบบการทดลองมากกว่า 1 แบบ และวัดผลการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบหาค่าผลการทดลอง ในการออกแบบส่วนผสมของเชื้อเพลิงเราจะใช้อัตราส่วนผสมระหว่างปริมาณขุยมะพร้าวกับไม้ชีพมาผสมกัน ซึ่งในการผสมผู้วิจัยได้กำหนดสัดส่วนไว้ดังนี้คือ ขุยมะพร้าว 1 ส่วน กับไม้ชิพ 1 ส่วน แล้วนำไปทดลองผลิตไฟฟ้าโดยทำการทดลอง 24 ชั่วโมง แล้วเก็บข้อมูลหาไฟฟ้าที่ได้จากเชื้อเพลิงชีวมวล จากนั้นผู้วิจัยได้กำหนดสัดส่วนโดยเพิ่มปริมาณของไม้ชิพใน จึงได้ส่วนผสมของขุยมะพร้าวกับไม้ชิพเป็น 1:2 และ 1:3 ตามลำดับ และกำหนดได้กำหนดสัดส่วนโดยการใช้ไม้ชิพ 1 ส่วน และขุยมะพร้าว 2 ส่วน แล้วนำไปทดลองผลิตไฟฟ้าโดยทำการทดลอง 24 ชั่วโมง

แล้วเก็บข้อมูลหาไฟฟ้าที่ได้จากวัตถุดิบชีวมวล จากนั้นผู้วิจัยได้กำหนดสัดส่วนโดยเพิ่มปริมาณของขุยมะพร้าว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของปริมาณขุยมะพร้าว และไม้ชิพ ที่ใช้ในการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1

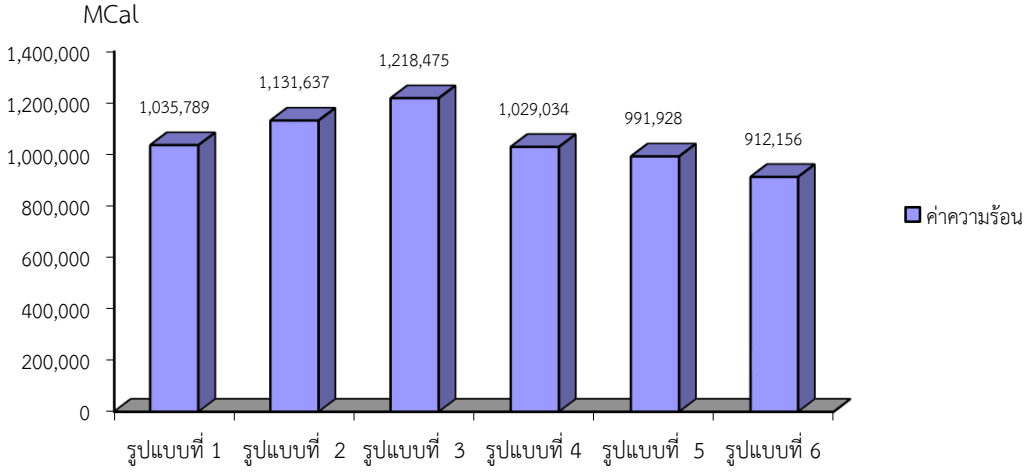
ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมระหว่างปริมาณขุยมะพร้าวกับไม้ชีพ

รูปแบบ	อัตราส่วนผสม	ค่าเฉลี่ยปริมาณเชื้อเพลิง (ตัน/วัน)		
		ขุยมะพร้าว	ไม้ชิพ	รวม(ตัน)
1	1:1	86.87	85.66	172.54
2	1:2	58.12	114.65	172.78
3	1:3	45.10	133.45	178.56
4	2:1	126.25	62.23	188.49
5	3:2	105.43	69.30	174.74
6	4:1	140.68	38.69	175.38

3.3 ผลการทดลองนำส่วนผสมของเชื้อเพลิงชีวมวลไปผลิตกระแสไฟฟ้า

การออกแบบอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิง เพื่อใช้ในการทดลองผลิตกระแสไฟฟ้าปริมาณขุยมะพร้าวกับไม้ชีพที่ใช้ดัง แสดงในตารางที่ 1 โดยนำปริมาณเชื้อเพลิงที่ผลิตไฟฟ้าต่อวันมาหาค่าพลังงานความร้อน ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงต่อไป

ดังนั้นค่าความร้อนของพลังงานเชื้อเพลิงได้จากการผสมของเชื้อเพลิงตามสัดส่วนของแต่ละรูปแบบ ขุยมะพร้าวมีค่าความร้อน 4,380 Kcal/Kg และไม้ชิพไป ค่าความร้อน 7,650 Kcal/Kg โดยมีค่าความร้อนในการทดลองรวมทั้งหมดของแต่ละรูปแบบ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงทั้ง 6 แบบ

ในการออกแบบส่วนผสมของเชื้อเพลิงทั้ง 6 แบบ สามารถหาต้นทุนของเชื้อเพลิง ค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ และไฟฟ้าที่ขายได้ ดังนี้

1) แบบที่ 1 เป็นการผสมเชื้อเพลิงระหว่างขุยมะพร้าว 1 ส่วน ต่อไม้ชิพ 1 ส่วน มีต้นทุนเชื้อเพลิงของขุยมะพร้าว 43,435 บาท และไม้ชิพ 89,943 บาท สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 161.5 MW/วัน และขายไฟฟ้าได้ 403,750 บาท

2) แบบที่ 2 เป็นการผสมเชื้อเพลิงระหว่างขุยมะพร้าว 1 ส่วน ต่อไม้ชิพ 2 ส่วน มีต้นทุนเชื้อเพลิงของขุยมะพร้าว 29,060 บาท และไม้ชิพ 120,382 บาท สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 170.5 MW/วัน และขายไฟฟ้าได้ 426,250 บาท

3) แบบที่ 3 เป็นการผสมเชื้อเพลิงระหว่างขุยมะพร้าว 1 ส่วน ต่อไม้ชิพ 3 ส่วน มีต้นทุนเชื้อเพลิงของขุยมะพร้าว 22,550 บาท และไม้ชิพ 140,122 บาท สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 177.5 MW/วัน และขายไฟฟ้าได้ 443,750 บาท

4) แบบที่ 4 เป็นการผสมเชื้อเพลิงระหว่างขุยมะพร้าว 2 ส่วน ต่อไม้ชิพ 1 ส่วน มีต้นทุนเชื้อเพลิงของขุยมะพร้าว 63,125 บาท และไม้ชิพ 65,341 บาท สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 168.5 MW/วัน และขายไฟฟ้าได้ 421,250 บาท

5) แบบที่ 5 เป็นการผสมเชื้อเพลิงระหว่างขุยมะพร้าว 3 ส่วน ต่อไม้ชิพ 2 ส่วน มีต้นทุนเชื้อเพลิงของขุยมะพร้าว 52,715 บาท และไม้ชิพ 72,765 บาท สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 158.5 MW/วัน และขายไฟฟ้าได้ 396,250 บาท

6) แบบที่ 6 เป็นการผสมเชื้อเพลิงระหว่างขุยมะพร้าว 4 ส่วน ต่อไม้ชิพ 1 ส่วน มีต้นทุนเชื้อเพลิงของขุยมะพร้าว 70,340 บาท และไม้ชิพ 32,224 บาท สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 152.4 MW/วัน และขายไฟฟ้าได้ 381,000 บาท

3.4 การเปรียบเทียบต้นทุนของเชื้อเพลิงรูปแบบต่างๆ

ในการเปรียบเทียบเราพิจารณาจากต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ไปในการผลิตกระแสไฟฟ้า และได้กระแสไฟฟ้าที่นำไปหาค่าของราคาไฟฟ้าที่ขายได้ เพื่อใช้หาผลต่างของการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ต้นทุนของเชื้อเพลิง และค่ากระแสไฟฟ้าที่ขายได้

รูปแบบที่	ค่าเชื้อเพลิง(บาท)	ขายไฟฟ้าได้(บาท)	ผลต่าง (ร้อยละ)
1	133,378	403,750	66.97
2	145,348	426,250	65.90
3	141,672	443,750	68.07
4	128,466	421,250	69.50
5	124,940	396,250	68.47
6	102,564	381,000	73.08

จากตารางที่ 2 แสดงผลต่างการผลิตกระแสไฟฟ้าของค่าเชื้อเพลิง และค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้ง 6 แบบนี้ แบบที่มีค่าผลต่างมากสุด คือ แบบที่ 6 มีผลต่างระหว่างต้นทุนเชื้อเพลิงกับค่าไฟฟ้า

ที่ขายได้ ร้อยละ 73.08 รองลงมาคือ แบบที่ 4 มีผลต่างระหว่างต้นทุนเชื้อเพลิงกับค่าไฟฟ้าที่ขายได้ ร้อยละ 69.50 ตามลำดับ

3.5 การวิเคราะห์ความเหมาะสมโดยวิธีการทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกเลือกวิธีการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงในการเผาให้ความร้อน และอัตราผลตอบแทนของการลงทุนผลิตกระแสไฟฟ้า การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เราจะคำนวณหาต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้า (SuanSawat, R., 2016) แบ่งประเภทต้นทุนเป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1) ต้นทุนผันแปร (Variable Costs) 2) ต้นทุนคงที่ (Fixed Costs) 3) ต้นทุนกึ่งคงที่ (Semi - fixed Costs) และ 4) ต้นทุนผสมหรือต้นทุนกึ่งผันแปร (Mixed Cost หรือ Semi-variable Costs) และ (Urajiraphongphan, S., 2014) แบ่งต้นทุนการผลิตออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ วัตถุดิบทางตรง (Direct Material) ค่าแรงงานทางตรง (Direct Labor) และค่าใช้จ่ายการผลิต (Manufacturing Overhead) เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) และระยะเวลาคืนทุน (Yaemphuan, P., 2013)

1) การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงขุยมะพร้าว และไม้ชิพ ได้จาก

(1) ต้นทุนคงที่ของการผลิตไฟฟ้า (Fc) ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักรโรงไฟฟ้า ค่าเสื่อมราคาเครื่องผลิตน้ำบริสุทธิ์ ค่าเสื่อมราคาโรงเรือนอาคาร และค่าเสื่อมราคาของรถ (รถตัก รถลำเลียงขี้เถ้า)

- ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักรโรงไฟฟ้า เท่ากับ 27,000,000 บาท/ปี โดยพิจารณาจากราคาของเครื่องจักรผลิตกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 300,000,000 บาท อายุการใช้งานของเครื่องจักรโรงไฟฟ้า คิดที่ 10 ปี และมูลค่าซากคิดที่ร้อยละ 10 ของราคาเครื่องจักร

- ค่าเสื่อมราคาเครื่องผลิตน้ำบริสุทธิ์ เท่ากับ 90,000 บาท/ปี โดยพิจารณาจากราคาต้นทุนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตน้ำบริสุทธิ์เท่ากับ 1,000,000 บาท อายุการใช้งานของอุปกรณ์ผลิตน้ำ คิดที่ 10 ปี และมูลค่าซากคิดที่ร้อยละ 10 ของราคาเครื่องจักร

- ค่าเสื่อมราคาโรงเรือนอาคาร เท่ากับ 90,000 บาท/ปี โดยพิจารณาจากราคาต้นทุนของโรงเรือนผลิตกระแสไฟฟ้า โรงเรือนผลิตน้ำ และโรงเรือนเก็บเชื้อเพลิง เท่ากับ 10,000,000 บาท อายุการใช้งานของโรงเรือน คิดที่ 10 ปี และมูลค่าซากคิดที่ร้อยละ 10 ของราคาโรงเรือน

- ค่าเสื่อมราคาของรถ (รถตัก และรถลำเลียงขี้เถ้า) เท่ากับ 180,000 บาท/ปี โดยพิจารณาจากราคาต้นทุนของรถ เท่ากับ 1,000,000 บาท อายุการใช้งานของรถ คิดที่ 5 ปี และมูลค่าซากคิดที่ร้อยละ 10 ของราคารถ

- ค่าแรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า 1,200,000 บาท/ปี โดยพิจารณาจากคนงานในการเดินเครื่องโรงไฟฟ้าจำนวน 6 คน แบ่งเป็น 2 กะ กะละ 3 คน หัวหน้า 2 คน ค่าแรง 480,000 บาท/เดือน และพนักงานเดินเครื่อง 4 คน ค่าแรง 720,000 บาท/เดือน

- ค่าภาษี ได้แก่ค่าใบอนุญาต 10 ปี เท่ากับ 3,000,000 บาท

ดังนั้น ผลรวมต้นทุนคงที่เท่ากับ 344,370,000 บาท/ปี ได้จากผลรวมของค่าเสื่อมราคา ค่า-เครื่องจักรผลิตน้ำ ค่าโรงเรือน ค่ารถ ค่าแรงงาน และค่าภาษี

(2) ต้นทุนผันแปรของการผลิตกระแสไฟฟ้า (Vc)

- ค่าเชื้อเพลิงไม้ชิพ และขุยมะพร้าว เท่ากับ $(1,050X_1) + (500X_2)$ บาท/ปี

- ค่าซ่อมบำรุงรักษาในการผลิตกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 100,000 บาท/ปี
- ค่าโทรศัพท์ในการติดต่อดำเนินงานเฉลี่ยเท่ากับ 48,000 บาท/ปี
- ค่าน้ำมันดีเซลรถตักลำเลียงขี้เถ้าเฉลี่ย 20 ลิตร/วัน เท่ากับ 252,000 บาท/ปี
- ค่าไฟฟ้าในช่วงที่ยังไม่ได้เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เท่ากับ 1,800,000 บาท/ปี
- ค่าภาษีรายได้ 12% คิดจากการขายไฟฟ้าได้ทั้งหมด [$0.12(2.5X_3)$] บาท/ปี

ดังนั้น ต้นทุนผันแปร เท่ากับ [$(1{,}050X_1) + (500X_2)$] + 100,000 + 48,000 + 252,000 + 1,800,000 + [$0.12(2.5X_3)$]

(3) ต้นทุนรวมของการผลิตกระแสไฟฟ้า

ต้นทุนรวม (Tc) = ต้นทุนคงที่ (Fc) + ต้นทุนผันแปร (Vc)

= 344,370,000 + [$(1{,}050X_1) + (500X_2)$] + [$0.12(2.5X_3)$] + 2,200,000

เมื่อ

X_1 = ปริมาณของไม้ชิพที่ใช้

X_2 = ปริมาณของขุยมะพร้าวที่ใช้

X_3 = ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้

ตารางที่ 3 ผลการคำนวณหาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของแต่ละส่วนผสม

ส่วนผสมที่	เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า (ตัน/วัน)		กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (MW/24Hr) (X_3)	ต้นทุนคงที่ ($x10^6$ บาท) (Fc)	ต้นทุนแปรผัน ($x10^6$ บาท /ปี) (Vc)	ต้นทุนรวม ($x10^6$ บาท/ปี) (Tc)
	ไม้ชิพ (X_1)	ขุยมะพร้าว (X_2)				
1	85.66	86.87	161.50	344.37	68.567	412.937
2	114.56	58.12	170.50		75.382	419.752
3	133.45	45.10	177.50		81.012	425.382
4	62.23	126.25	168.50		67.541	411.911
5	69.30	105.43	158.50		65.356	409.726
6	30.69	140.68	152.40		56.324	400.694

2) การวิเคราะห์อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio, B/C) ผลิตกระแสไฟฟ้า

การวิเคราะห์อัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุน พิจารณาจาก กระแสเงินสดจ่าย กระแสเงินสดรับ มูลค่าปัจจุบันกระแสเงินสดจ่าย และมูลค่าปัจจุบันกระแสเงินสดรับ มาใช้หาอัตราส่วนผลตอบแทนการลงทุน ดังนี้

(1) การคำนวณหาผลรวมมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับ (B) แสดงดังสมการที่ 1

$$B = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} \qquad (1)$$

กำหนดให้

B_t = มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับของแต่ละปี

r = อัตราดอกเบี้ยธนาคาร คิดที่ร้อยละ 8

t = ปีที่ใช้ในการพิจารณา

(2) การคำนวณหาผลรวมมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย (C) แสดงดังสมการที่ 2

$$C = \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (2)$$

กำหนดให้

C_t = มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่ายของแต่ละปี

r = อัตราดอกเบี้ยธนาคาร คิดที่ร้อยละ 8

t = ปีที่ใช้ในการพิจารณา

(3) การคำนวณหาอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) แสดงดังสมการที่ 3

$$B/C = \frac{\text{ผลรวมมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับ (B)}}{\text{ผลรวมมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย (C)}} \quad (3)$$

(4) การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) แสดงดังสมการที่ 4

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{จำนวนปีก่อนคืนทุน} + \frac{\text{กระแสเงินสดที่เหลือ}}{\text{กระแสเงินสดทั้งปี}} \quad (4)$$

- การพิจารณากระแสเงินสดจ่าย
  - ปีที่ 0 = ต้นทุนคงที่ + ค่าไฟฟ้า
  - ปีที่ 1,2,3,4,5,7,8,9,10 = ต้นทุนแปรผัน – ค่าไฟฟ้า
  - ปีที่ 6 = ต้นทุนแปรผัน + ค่ารถ
- การพิจารณากระแสเงินสดรับ
  - ปีที่ 5 = รายได้จากการขายไฟ + ค่าซากรถ
  - ปีที่ 10 = ผลตอบแทนปีที่ 10 + ราคามูลค่าซากของเครื่องจักร + มูลค่าซากของรถ

จากสมการที่ 1 และ 2 เป็นการคำนวณหาค่าผลรวมมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับ (B) และผลรวมมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย (C) เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ดังสมการที่ 3 และ 4 ตัวอย่างการคำนวณแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการคำนวณหาค่ามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย เงินสดรับ และระยะเวลาคืนทุน ของส่วนผสมรูปแบบที่ 1

ปีที่ (t)	กระแสเงินสดจ่าย $x10^6$ (C_t)	กระแสเงินสดรับ $x10^6$ (B_t)	กระแสเงินสดสุทธิ	กระแสเงินสดสุทธิ $x10^6$	แฟคเตอร์หามูลค่าปัจจุบัน (a_t)	มูลค่าปัจจุบันกระแสเงินสดจ่าย $x10^6$ (C_t)	มูลค่าปัจจุบันกระแสเงินสดรับ $x10^6$ (B_t)
0	346.170	0	-346.170	-346.170	1	346.170	0
1	66.767	147.369	80.602	-265.568	0.926	61.822	136.453
2	66.767	147.369	80.602	-184.967	0.857	57.242	126.345
3	66.767	147.369	80.602	-104.365	0.794	53.002	116.986
4	66.767	147.369	80.602	-23.764	0.735	49.071	108.320
5	66.767	147.469	80.702	56.938	0.681	45.441	100.365
6	67.767	147.369	79.602	136.539	0.630	42.705	92.867
7	66.767	147.369	80.602	217.141	0.583	38.958	85.988
8	66.767	147.369	80.602	297.742	0.540	36.072	79.619
9	66.767	147.369	80.602	378.344	0.500	33.400	73.721
10	66.767	177.469	110.702	489.045	0.463	30.926	82.202
ผลรวม	**1,014.842**	**1,503.887**	**489.045**	**-**	**-**	**794.814**	**1,002.867**

ผลที่ได้จากการคำนวณหาค่ามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย เงินสดรับ และระยะเวลาคืนทุนของเชื้อเพลิงทั้ง 6 รูปแบบดังตัวอย่างในตารางที่ 4 มาแสดงเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุน (B/C) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ของเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า

ส่วนผสมที่	อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิง (ขุยมะพร้าว : ไม้ชิพ)	อัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุน (B/C)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี) (Payback Period)
1	1 : 1	1.26	4.29
2	1 : 2	1.25	4.22
3	1 : 3	1.25	4.14
4	2 : 1	1.33	3.93
5	3 : 2	1.27	4.27
6	4 : 1	1.32	4.08

5. สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาการใช้เชื้อเพลิง เพื่อออกแบบส่วนผสมของเชื้อเพลิง และหาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมโดยใช้การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทาง (Arjharn, W. et al., 2009) โครงการที่ไม่เหมาะสมแก่การลงทุนโดยพิจารณาจากระยะเวลาการคืนทุนที่มากกว่า 10 ปี โครงการไม่สามารถมีความเป็นไปได้ในการลงทุนคือไม่สามารถคืนทุนได้ตลอดระยะเวลาของโครงการ 30 ปี และโครงการที่เหมาะสมต้องมีอัตราผลตอบแทนสูงสุด และระยะเวลาคืนทุนสั้นสุด จากการออกแบบส่วนผสมของเชื้อเพลิงทั้ง 6 แบบ และทดลองเดินเครื่องรูปแบบละ 24 ชั่วโมง เวลารวมทั้งหมดในการทดลองเดินเครื่องผลิตไฟฟ้า 144 ชั่วโมง รูปแบบที่ 3 เชื้อเพลิงให้ค่าพลังงานความร้อนสูงสุด 1,218,475 Kcal สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 177.5 MW/วัน และขายไฟฟ้าได้เท่ากับ 443,750 บาท มีต้นทุนค่าเชื้อเพลิงเท่ากับ 141,672 บาท แต่มีระยะคืนทุน 4.14 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับแบบที่ 4 มีค่าพลังงานความร้อนน้อยกว่า ผลิตไฟฟ้าได้น้อยกว่า แต่อัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุน (B/C) สูงกว่าหรือเท่ากับ 1.33 และระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period) สั้นสุดหรือเท่ากับ 3.93 ปี เนื่องจากเกิดความแตกต่างทางด้านปริมาณส่วนผสมของขุยมะพร้าวกับไม้ชีพที่ทำให้ปริมาณการใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าไม่เท่ากันราคาต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ผลิตไฟฟ้ามีราคาต่างกันส่งผลให้รูปแบบที่ 4 มีอัตราผลตอบแทน และระยะเวลาคืนที่เหมาะสมที่สุดในการนำส่วนผสมของเชื้อเพลิงไปใช้ผลิตไฟฟ้า

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก คุณประเสริฐ เปลื้องกลาง และเจ้าหน้าที่พนักงาน ของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ได้ให้ข้อมูลต่าง ๆ ในการจัดทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัย ผู้บริหาร และคณะฯ ตลอดจนหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุน ผู้วิจัยหวังอย่างยิ่งว่าการวิจัยครั้งนี้คงจะเป็นประโยชน์ และเป็นแนวทางในการนำไปใช้กับโรงไฟฟ้าชีวมวลอื่น ๆ ต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

Arjharn, W. et al. (2009). **Study of the Economy Cost of a Small Scale Biomass Power Plant for Rural Communities.** Nakhon Ratchasima : Suranaree University of Technology, ข-13. (in Thai)

Council to reform the country. (2017). **Energy Reform Report.** Bangkok. (in Thai)

Khidhathong, P. Wangjiraniran, W. and Suriyawong, A. (2014). A Study on Spatial Potential of Biomass for Electricity Generation. **Energy Research Journal**, 63-76. (in Thai)

Kaiwan, Y. (2016). **Experimental Design for Research.** Bangkok: Chulalongkorn University PrintingHouse. (in Thai)

Saennil, S. and Kantangkun, P. (2015). Raw Material Management for Very Small Power Producer Biomass Power Plant: A case Study in Prachin Buri Province: **Substance engineering Kasetsart University**, 37-46. (in Thai)

SuanSawat, R.(2016). **Cost accounting 2.** Udon Thani Rajabhat University. (in Thai)

Urajiraphongphan, S. (2014). **Cost accounting**. 7th edition. Bangkok: McGraw-Hill PrintingHouse. (in Thai)

Wongsa, K. (2014). **Thai energy future**. Bangkok: Institute of Public Policy Studies Chiang Mai University PrintingHouse. (in Thai)

Yaemphuan, P. (2013). **Engineering Economy**. Bangkok: Se-Education Public Company Limited PrintingHouse. (in Thai)