

ENETT12-EP-126

แผนยุทธศาสตร์การผลิตไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์จากพลังงานชีวมวลของจังหวัดแม่ฮ่องสอน Strategy Power Generation Plan by an Organic Rankine Cycle from Biomass Energy of Mae Hong Son Province

พฤทส์ บุญมาตา^{1*} นัฐพร ไชยญาติ¹ และธรรมาธิ มั่นศิลป์²¹วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290²วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ.เชียงใหม่ 50300

*E-mail: paruehat.en@gmail.com โทรศัพท์ 081-5952457

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์จากพลังงานชีวมวลของจังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณชีวมวลของจังหวัดแม่ฮ่องสอน เพื่อประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวล โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปจัดทำแผนงานตามแผนยุทธศาสตร์พลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้าของแม่ฮ่องสอน จากผลการศึกษาพบว่า ชีวมวลที่มีศักยภาพนำมาผลิตไฟฟ้ามี 3 ชนิด คือ ชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ชีวมวลจากข้าว และ ชีวมวลจากพืชตระกูลถั่ว โดยมีปริมาณ 68,507 Ton/y 47,808 Ton/y และ 10,144 Ton/y ตามลำดับ และสามารถนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ขนาด 1,646 kW_e 870 kW_e และ 448 kW_e ตามลำดับ โดยคิดที่สัดส่วนการนำมาใช้ประโยชน์ที่ 85.19% 50% และ 95% ของชีวมวลที่เกิดขึ้นทั้งหมด รวมทั้งสามารถเพิ่มสัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนได้สูงถึง 11.94% สอดคล้องกับยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงานตามแผน PDP2015 ที่ต้องการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน 10-20% ของการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด

คำสำคัญ: ชีวมวล วัฏจักรแรงดันอินทรีย์ ยุทธศาสตร์พลังงาน แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย 2015

Abstract

This research studies the electricity potential of Organic Rankine Cycle (ORC) by biomass energy of Mae Hong Son province, Thailand. The secondary data of biomass is used to predict the suitable capacity of the ORC-biomass power plant and the strategy of renewable energy planning of Mae Hong Son province. From the study results, it could be found that the biomass from corn, rice and soybean are 68,507 Ton/y 47,808 Ton/y and 10,144 Ton/y, respectively. Those biomass energy could be used to generate electricity from the ORC-biomass power plant of 1,646 kW_e 870 kW_e and 448 kW_e, respectively, which produce from the among of biomass at around 85.19% 50% and 95%, respectively. The electrical energy potential from 3 types of biomass could be increased the ratio of electricity from renewable energy per total electricity at around 11.94%, which supports the goal of strategy energy planning of the Power development plan (PDP) 2015 at 10-120%.

Keywords: Biomass, Organic Rankine Cycle, Strategy Energy Plan, Power Development Plan of Thailand 2015

1. บทนำ

พลังงาน [1] ถือได้ว่าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำเนินชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบันและมีความสำคัญมากขึ้นเมื่อโลกมีการพัฒนามากยิ่งขึ้น ซึ่งในปัจจุบันพลังงานเปลี่ยนไปเป็นแหล่งพลังงานที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีในการผลิตมากยิ่งขึ้น เพื่อพัฒนาศักยภาพในการผลิต ต้นทุน ความคุ้มค่า ความเหมาะสมในการพัฒนา การใช้ประโยชน์ของพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องศักยภาพและการใช้งาน และที่สำคัญคือ

ด้านความมั่นคงที่พลังงานสิ้นเปลืองเริ่มมีปริมาณลดลง จึงมีความพยายามปลดตนเองออกจากการใช้พลังงานสิ้นเปลือง และเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนในแต่ละประเทศ สำหรับประเทศไทยนั้น กระทรวงพลังงาน คือหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบในการกำหนดยุทธศาสตร์ด้านพลังงานของประเทศ [2] ซึ่งประเทศไทยมีแหล่งพลังงานหลายประเภทด้วยกัน แต่อาจจะจะมีปริมาณค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ บางครั้งวิกฤตการณ์ของโลกอาจจะ



ทำให้ประเทศไทยได้รับอิทธิพลอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทั้งนี้เพราะประเทศไทยยังต้องมีการนำเข้าพลังงานเป็นจำนวนมาก กระทรวงพลังงานจึงได้กำหนดแผนยุทธศาสตร์ด้านพลังงานที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาด้านพลังงานที่เกิดขึ้น เพื่อสร้างเสถียรภาพด้านพลังงานของประเทศ ให้มีพอเพียงต่อความต้องการและเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของประเทศ โดยมี วิสัยทัศน์กระทรวงพลังงาน “มุ่งบริหารพลังงานอย่างยั่งยืน ให้ประเทศชาติและประชาชนชาวไทย มีพลังงานใช้อย่างพอเพียง” ในส่วนของจังหวัดแม่ฮ่องสอน [1] เป็นจังหวัดชายแดนตั้งอยู่ทางภาคเหนือตอนบนของประเทศซึ่งห่างจากกรุงเทพมหานครมากที่สุดในภาคเหนือด้วยระยะทางประมาณ 924 km โดยทั่วไปเป็นพื้นที่ภูเขาและที่ราบระหว่างหุบเขา รับกระแสไฟฟ้าจากระบบผลิตภายในจังหวัด กำลังผลิตไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 18,100 kW และระบบจำหน่าย 22 kV จากสถานีไฟฟ้า 3 แห่ง คือ สถานีไฟฟ้าฮอด สถานีไฟฟ้าจอมทอง และสถานีไฟฟ้าแม่แตง จ.เชียงใหม่ นำมาจ่ายไฟในพื้นที่ 7 อำเภอ ซึ่งในปัจจุบันมีการจ่ายไฟในระบบ 115 kV จากสถานีไฟฟ้าแม่แตงผ่านอำเภอปาย ไปถึงอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน จึงทำให้ระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าในพื้นที่อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนมีเสถียรภาพมากขึ้น แต่ก็ยังไม่เพียงพอและทั่วถึงกับการใช้ไฟฟ้าในพื้นที่อำเภอที่เหลืออื่นๆ ซึ่งการใช้พลังงานของประชาชนในจังหวัดแม่ฮ่องสอน ไม่ว่าจะเป็น ไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซหุงต้ม ส่วนใหญ่เป็นการนำเข้าจากภายนอก จะมีเพียงไฟฟ้าเท่านั้นที่สามารถผลิตได้เองในจังหวัด เนื่องด้วยมีทรัพยากรธรรมชาติที่ค่อนข้างสมบูรณ์ โดยผลิตจาก โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กและโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

จากข้อมูลดังกล่าว จะเห็นได้ว่าปัจจุบันจังหวัดแม่ฮ่องสอนยังต้องพึ่งพาไฟฟ้าจากภายนอก เพราะปริมาณการผลิตในจังหวัดยังไม่เพียงพอ และเห็นว่าจังหวัดแม่ฮ่องสอนยังมีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทนในจังหวัดได้ จึงควรทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลพลังงานทดแทนของจังหวัดแม่ฮ่องสอน เพื่อประเมินศักยภาพในการเพิ่มปริมาณการผลิตไฟฟ้าและนำไปใช้ในการวางแผนยุทธศาสตร์พลังงานของจังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยประเมินศักยภาพจากการผลิตไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ (Organic Rankine Cycle, ORC)

2. ทฤษฎี

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องประกอบไปด้วย 2 ทฤษฎี คือ ชีวมวล และวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ชีวมวล

ชีวมวล (Biomass) [3] คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง

ผลิตพลังงานได้ เช่น เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือกากจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น

- แกลบ ได้จากการสีข้าวเปลือก
- ชานอ้อย ได้จากการผลิตน้ำตาลทราย
- เศษไม้ ได้จากการแปรรูปไม้ยางพาราหรือไม้ยูคาลิปตัสเป็นส่วนใหญ่ และบางส่วนได้จากสวนป่าที่ปลูกไว้
- กากปาล์ม ได้จากการสกัดน้ำมันปาล์มดิบออกจากผลปาล์มสด

- กากมันสำปะหลัง ได้จากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง
- ชังข้าวโพด ได้จากการสีข้าวโพดเพื่อนำเมล็ดออก
- กาบและกะลามะพร้าว ได้จากการนำมะพร้าวมาปอกเปลือกออกเพื่อนำเนื้อมะพร้าวไปผลิตกะทิและน้ำมันมะพร้าว
- ส่าเหล้า ได้จากการผลิตแอลกอฮอล์ เป็นต้น

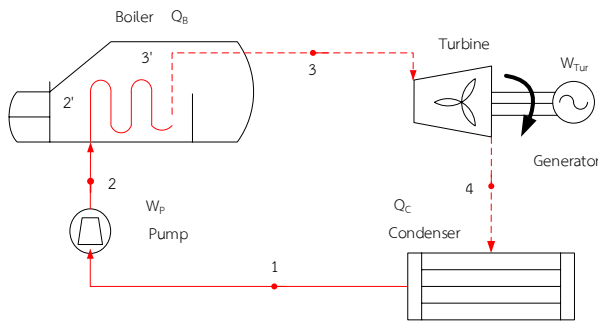
ชีวมวล สามารถเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานได้ เพราะในขั้นตอนของการเจริญเติบโต พืชใช้ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง ได้เป็นแป้งและน้ำตาล กักเก็บไว้ตามส่วนต่างๆ ของพืช ดังนั้นเมื่อนำพืชมาเป็นเชื้อเพลิง เราจะได้พลังงานออกมา เมื่อนำชีวมวลมาเผาไหม้ เกิดพลังงานความร้อน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

ชีวมวลมีอยู่ทั่วไปในประเทศไทย หากมีการใช้ประโยชน์ในบริเวณที่ไม่ไกลจากแหล่งเชื้อเพลิงซึ่งจะไม่เสียต้นทุนค่าขนส่งมากนัก นับเป็นแหล่งเชื้อเพลิงราคาถูก การนำชีวมวลมาใช้จึงช่วยลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าเชื้อเพลิงและสร้างรายได้ให้กับคนท้องถิ่น นอกจากนี้ การผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะไม่ก่อให้เกิดมลภาวะและไม่สร้างสภาวะเรือนกระจก เนื่องจากการปลูกทดแทนทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดการหมุนเวียนและไม่มีการปลดปล่อยเพิ่มเติม การพัฒนาโครงการเกี่ยวกับชีวมวลจะสามารถเสริมสร้างความเข้มแข็ง และการมีส่วนร่วมของชุมชนได้อีกด้วย

2.2. วัฏจักรแรงดันอินทรีย์ (ORC)

วัฏจักรแรงดันอินทรีย์ [4] เป็นระบบการทำงานที่ใช้หลักการของระบบแรงดัน (Rankine cycle) แต่ใช้สารทำงานในกลุ่มสารอินทรีย์ (Organic) ที่มีมวลโมเลกุลสูง สามารถเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอที่อุณหภูมิต่ำกว่าหรือมีจุดเดือดต่ำ (Boiling point) เมื่อเปรียบเทียบกับจุดเดือดของน้ำที่ใช้เป็นสารทำงานในระบบแรงดันทั่วไป ทำให้ระบบ ORC สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยใช้ความร้อนอุณหภูมิต่ำ (น้อยกว่า 100 °C) ระบบ ORC มีหลักการการทำงาน คือ ของไหลที่ผ่านกระบวนการควบแน่นจนสมบูรณ์ในเครื่องควบแน่น (Condenser) จะควบแน่นเป็นของเหลวอิมตัว (จุดที่ 1) และของไหลจะถูกอัดตัวโดยปั๊ม (Pump) ภายใต้อัตราการ

ไอเซนทรอปิก จนกระทั่งมีความดันสูงขึ้น (P_{High}) (จุดที่ 2) จะเท่ากับความดันภายในหม้อต้ม (Boiler) จากนั้นของเหลวจะถูกให้ความร้อนภายใต้ความดันคงที่ ($P_2=P_2'$) จนกระทั่งเข้าสู่สภาวะของเหลวอิ่มตัวที่สภาวะ (จุดที่ 2') กลายเป็นไออิ่มตัวที่สภาวะ (จุดที่ 3') และกลายเป็นไอร้อนยวดยิ่ง (จุดที่ 3) ในที่สุด ไอร้อนยวดยิ่งจะเข้าสู่กังหัน (Turbine) ขยายตัวแบบไอเซนทรอปิก และผลิตงานโดยการขับเพลลาที่ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ทำให้ความดันและอุณหภูมิของไอสารทำงานลดลง (P_{Low}) (จุดที่ 4) ที่ทางออกของกังหันซึ่งอยู่ในสถานะของผสม (ไอและของเหลว) จากนั้นจะไหลไปควบแน่นยังเครื่องควบแน่นภายใต้ความดันคงที่ ($P_4=P_1$) กลายเป็นของเหลวอิ่มตัวที่สภาวะ (จุดที่ 1) อีกครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพของระบบ ORC

3. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการของงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการศึกษาดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบ ORC

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาแผนยุทธศาสตร์พลังงาน

ขั้นตอนที่ 3 รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิพลังงานชีวมวลภาคเกษตรกรรมของจังหวัดแม่ฮ่องสอน

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินศักยภาพด้านพลังงานชีวมวลภาคเกษตรกรรมของจังหวัดแม่ฮ่องสอน

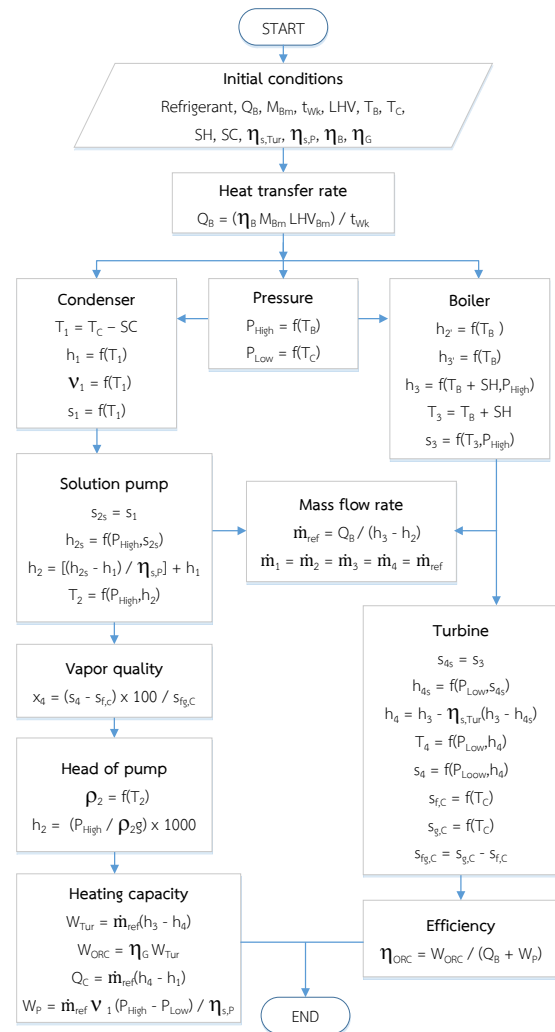
ขั้นตอนที่ 5 ประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ ORC จากพลังงานชีวมวลภาคเกษตรกรรมของจังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีเงื่อนไขในการทำงานดังนี้

- สารทำงานในระบบ : R-245fa
- อุณหภูมิสารทำงานที่หม้อต้ม (T_B) : 80 °C
- อุณหภูมิสารทำงานที่เครื่องควบแน่น (T_C) : 40 °C
- อัตราการถ่ายเทความร้อนที่หม้อต้ม (Q_B) : หาได้จาก

สมการ $Q_B = (\eta_B M_{Bm} LHV_{Bm}) / t_{wk}$

- ประสิทธิภาพของหม้อต้ม (η_B) : 60% [5]
- ประสิทธิภาพไอเซนทรอปิกกังหัน ($\eta_{s,Tur}$) : 85% [5]
- ประสิทธิภาพไอเซนทรอปิกปั๊ม ($\eta_{s,P}$) : 85% [5]
- ประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (η_{Gen}) : 85% [5]
- Superheating (SH) : 10 °C
- Subcooling (SB) : 0 °C
- ระยะเวลาทำงาน (t_{wk}) 350 d/y วันละ 12 hr
- ขั้นตอนการคำนวณของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ของระบบ ORC แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนผังการจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ ORC

ขั้นตอนที่ 6 นำศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ ORC จากพลังงานชีวมวลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มาประเมินร่วมกับอัตราส่วนการใช้ไฟฟ้าของจังหวัดแม่ฮ่องสอน และเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนตามนโยบายของรัฐบาล เพื่อกำหนดแผนยุทธศาสตร์ด้านพลังงานทดแทนระยะสั้น กลาง และยาว ทั้งนี้การประเมิน



ดังกล่าวไม่พิจารณาผลของราคาชีวมวล และค่าใช้จ่ายจากการขนส่ง

4. ผลและการอภิปรายผล

4.1 ศักยภาพพลังงานชีวมวล

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกในภาคเกษตรกรรม ผลผลิต ปริมาณชีวมวล ศักยภาพชีวมวลทั้งหมด และปริมาณชีวมวลที่เหลือใช้ของจังหวัดแม่ฮ่องสอน รวมถึงค่าความร้อนของชีวมวลแต่ละประเภท พบว่า ชีวมวลของจังหวัดแม่ฮ่องสอนที่มีศักยภาพนำมาผลิตไฟฟ้ามี 3 ชนิด คือ 1) ข้าว มีปริมาณผลผลิตมากที่สุด คือ 68,297 Ton/y ชีวมวลจากข้าว 47,808 Ton/y ซึ่งทั้งหมดไม่ได้นำกลับมาใช้งานด้านพลังงาน 2) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีปริมาณผลผลิตอันดับสอง คือ 32,936 Ton/y ชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีมากที่สุด คือ 68,507 Ton/y ถูกนำไปใช้ในการเกษตร 10,144 Ton/y คิดเป็น 14.81% ของชีวมวลทั้งหมด และ 3) พืชตระกูลถั่ว มีปริมาณผลผลิตน้อยที่สุด คือ 8,610 Ton/y และมีชีวมวลจากพืชตระกูลถั่ว 10,134 Ton/y ซึ่งถูกนำไปใช้ในการเกษตร 507 Ton/y คิดเป็น 5% ของชีวมวลทั้งหมด ดังนั้นจะเห็นว่าปริมาณชีวมวลจากภาคเกษตรกรรมรวมแล้วมีมากถึง 126,489 Ton/y และเป็นที่น่าสนใจว่าชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และพืชตระกูลถั่ว มีปริมาณชีวมวลมากกว่าปริมาณผลผลิต ซึ่งแตกต่างจากข้าวที่มีปริมาณชีวมวลน้อยกว่าผลผลิต โดยชีวมวลจากพืชตระกูลถั่วจะมีค่าความร้อนสูงสุด คือ 16.23 MJ/kg รองลงมา คือ ชีวมวลจากข้าว 12.33-13.52 MJ/kg และชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 9.62-9.83 MJ/kg ถึงแม้ชีวมวลจากข้าวจะถูกนำไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ เชื้อเพลิง หรือประโยชน์อื่นๆ แล้วก็ตาม แต่ก็ยังคงมีศักยภาพชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และพืชตระกูลถั่วมากถึง 67,990 Ton/y คิดเป็น 53.77% ของปริมาณชีวมวลทั้งหมด (คิดจากชีวมวล 3 ชนิด) ซึ่งถือว่ามีความเหมาะสมที่จะนำไปผลิตไฟฟ้าต่อไป

ตารางที่ 1 ข้อมูลชีวมวลของจังหวัดแม่ฮ่องสอน

รายการ	ข้าว	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	พืชตระกูลถั่ว
ชีวมวล	แกลบและฟางข้าว	ลำต้นและซังข้าวโพด	ลำต้น เปลือกและใบถั่วเหลือง
พื้นที่เพาะปลูก (Rai)	143,939	52,950	26,325
ปริมาณผลผลิต (Ton/y)	68,297	32,936	8,610
ปริมาณชีวมวล (Ton/y)	47,808	68,507	10,134

รายการ	ข้าว	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	พืชตระกูลถั่ว
ชีวมวลที่ใช้แล้ว (Ton/y)	47,808	10,144	507
สัดส่วนชีวมวลที่ใช้แล้ว (%)	100	15	5
ชีวมวลที่เหลือ (Ton/y)	-	58,363	9,627
สัดส่วนชีวมวลที่เหลือ (%)	-	85.19	95.00
ค่าความร้อน (MJ/kg)	12.33-13.52	9.62-9.83	16.23

4.2 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเหลือใช้ทางการเกษตรในปัจจุบัน

จากหัวข้อที่ผ่านมาทำให้ทราบข้อมูลศักยภาพพลังงานชีวมวลที่สามารถนำมาผลิตไฟฟ้าได้แล้วนั้น ขั้นตอนต่อไป คือ การประเมินศักยภาพด้านความร้อนของชีวมวลที่เหลือใช้ในปัจจุบัน คือ ชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และชีวมวลจากพืชตระกูลถั่ว โดยพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อคำนวณหาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ ORC ที่ใช้สารทำงาน คือ R-245fa โดยคิดวันทำงานที่ 350 d/y และระยะเวลาทำงานวันละ 12 hr ผลการคำนวณศักยภาพชีวมวลที่สามารถผลิตไฟฟ้าจากระบบ ORC ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลในปัจจุบัน [6]

รายการ	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	พืชตระกูลถั่ว
ประเภทชีวมวล	ต้นและซังข้าวโพด	ลำต้น เปลือกและใบถั่วเหลือง
ปริมาณชีวมวล (Ton/y)	58,363	9,628
ค่าความร้อน (MJ/kg)	9.62-9.83	16.23
ปริมาณความร้อนทั้งหมด (TJ)	574	156
ขนาดระบบ ORC (kW _e)	1,646	448
ศักยภาพการผลิตไฟฟ้า (kWh/y)	6,911,687	1,882,970
FIT ชีวมวล (Baht/kWh)	4.82	5.34
รายได้ (Baht/y)	33,314,333	10,055,059

จากศักยภาพพลังงานชีวมวลเหลือใช้ทางการเกษตรในปัจจุบันสามารถนำมาใช้กับสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลได้ 2 โรง คือ โรงไฟฟ้าจากชีวมวลข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปริมาณชีวมวล 58,363 Ton/y ขนาดระบบ ORC 1,646 kW_e ผลิตไฟฟ้าได้

6,911,687 kWh/y สามารถสร้างรายได้ 33.31 Million Baht/y และโรงไฟฟ้าจากชีวมวลพืชตระกูลถั่ว ปริมาณชีวมวล 9,628 Ton/y ขนาดระบบ ORC 448 kW_e ผลิตไฟฟ้าได้ 1,882,970 kWh/y สร้างรายได้ 10.05 Million Baht/y สาเหตุที่พิจารณาแยกเป็น 2 โรงไฟฟ้า เพราะค่าความร้อนของชีวมวลทั้ง 2 ประเภทต่างกัน จึงควรที่จะใช้หม้อต้มสำหรับผลิตน้ำร้อนแยกจากกัน ซึ่งหากลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าระบบ ORC จำนวน 2 โรง โดยคิดราคาค่าโรงไฟฟ้าที่ 1,750 USD/kW_e [5] โรงไฟฟ้าจากชีวมวลข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะใช้เงินลงทุน 101.4 Million Baht ค่าการรับซื้อไฟฟ้า (Feed in Tariff, FIT) ของโรงไฟฟ้าขนาด 1-3 MW อยู่ที่ 4.82 Baht/kWh [7] มีระยะคืนทุนที่ 3.04 y สำหรับโรงไฟฟ้าจากชีวมวลพืชตระกูลถั่วจะใช้เงินลงทุน 27.6 Million Baht ค่าการรับซื้อไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าขนาดต่ำกว่า 1 MW อยู่ที่ 5.34 Baht/kWh [7] มีระยะคืนทุนน้อยกว่า คือ 2.75 y จะเห็นได้ว่าโรงไฟฟ้าระบบ ORC ทั้ง 2 โรงที่ใช้ชีวมวลที่เหลือใช้ทางการเกษตรในปัจจุบันสามารถดำเนินการได้ทันทีเพราะมีชีวมวลพร้อมใช้งานและโรงไฟฟ้ามีระยะคืนทุนน้อย คือ 2.75-3.04 y

4.3 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเหลือใช้ทางการเกษตรที่เป็นไปได้

ชีวมวลจากข้าว คือ แกลบและฟางข้าวถูกนำไปใช้แล้วทั้งหมดในการเกษตรและเผาทิ้ง ซึ่งหากสามารถนำกลับมาผลิตไฟฟ้า จะสามารถเพิ่มศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าด้วยชีวมวลของจังหวัดแม่ฮ่องสอนได้เป็นอย่างมาก ซึ่งในการศึกษานี้ นำชีวมวลจากข้าวมาพิจารณาที่ปริมาณชีวมวล 50% และ 100% เพื่อหาความเป็นไปได้ของศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าด้วย ORC เพื่อเป็นทางเลือกในอนาคตที่จะพิจารณาถึงความคุ้มค่า และความเป็นไปได้ในการนำมาผลิตไฟฟ้าแทนการนำไปใช้ด้านอื่นๆ โดยรายละเอียดของศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ ORC จากชีวมวลข้าวแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลที่เป็นไปได้

รายการ	ข้าว	
	แกลบและฟางข้าว 50%	แกลบและฟางข้าว 100%
ปริมาณชีวมวล (Ton/y)	23,904	47,808
ค่าความร้อน (MJ/kg)	12.33-13.52	
ปริมาณความร้อนทั้งหมด (TJ)	303	607
ขนาดระบบ ORC (kW _e)	870	1,740
ศักยภาพการผลิตไฟฟ้า (kWh/y)	3,654,688	7,309,376
FIT ชีวมวล (Baht/kWh)	5.34	4.82
รายได้ (Baht/y)	19,516,034	35,231,192

จากศักยภาพพลังงานชีวมวลข้าวที่เป็นไปได้ สามารถนำมาใช้กับโรงไฟฟ้าชีวมวลได้ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ใช้ชีวมวลจากข้าว 50% ปริมาณชีวมวล 23,904 Ton/y ขนาดระบบ ORC 870 kW_e ผลิตไฟฟ้าได้ 3,654,688 kWh/y รายได้ 19.52 Million Baht/y และแบบที่สอง คือ ใช้ชีวมวลจากข้าว 100% ปริมาณชีวมวล 47,808 Ton/y ขนาดระบบ ORC 1,740 kW_e ผลิตไฟฟ้าได้ 7,309,376 kWh/y รายได้ 35.23 Million Baht/y ซึ่งถ้าหากลงทุนสร้างโรงไฟฟ้า ORC ทั้ง 2 แบบ โดยคิดราคาค่าโรงไฟฟ้า ที่ 1,750 USD/kW_e [5] โรงไฟฟ้าแบบแรกใช้ชีวมวลจากข้าว 50% จะใช้เงินลงทุน 53.62 Million Baht ค่าการรับซื้อไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าขนาดต่ำกว่า 1 MW คือ 5.34 Baht/kWh [7] ระยะคืนทุน คือ 2.75 y แบบที่สองใช้ชีวมวลจากข้าว 100% จะใช้เงินลงทุน 107.23 Million Baht ค่าการรับซื้อไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าขนาด 1-3 MW จะคิดที่ 4.82 Baht/kWh [7] มีระยะคืนทุนที่ 3.04 y ซึ่งจะเห็นได้ว่าโรงไฟฟ้าระบบ ORC ทั้ง 2 แบบที่ใช้ชีวมวลจากข้าวที่ 50% และ 100% ของปริมาณทั้งหมด มีระยะคืนทุนที่ 2.75-3.04 y ใกล้เคียงกับโรงไฟฟ้าระบบ ORC จากชีวมวลที่เหลือใช้ในปัจจุบัน แต่ชีวมวลจากข้าวถูกใช้ในด้านอื่นๆ ทั้งหมด จึงต้องศึกษาเพิ่มเติมถึงความสามารถในการนำปริมาณชีวมวลจากข้าวกลับมาใช้มาในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งกระบวนการดังกล่าวต้องใช้ระยะเวลาดำเนินการ ไม่สามารถดำเนินการได้ทันที

4.4 การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในอนาคต

การผลิตไฟฟ้าระบบ ORC จากพลังงานชีวมวลสามารถเพิ่มสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าของจังหวัดแม่ฮ่องสอนโดยใช้พลังงานทดแทน หากพิจารณาข้อมูลสถิติการใช้ไฟฟ้าของจังหวัดแม่ฮ่องสอนในปี พ.ศ.2557 [8] ที่มีการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 104,287,800 kWh/y ร่วมกับข้อมูลจากตารางที่ 2 และตารางที่ 3 สามารถพิจารณาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลรวมได้ 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 ใช้ชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และพืชตระกูลถั่วซึ่งเป็นชีวมวลที่มีศักยภาพสามารถใช้ได้ทันทีที่ผลิตไฟฟ้าได้รวม 8,794,657 kWh/y ทดแทนไฟฟ้าที่ใช้ในจังหวัดได้ 8.43% ดังแสดงในตารางที่ 4 กรณีที่ 2 ชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และพืชตระกูลถั่ว ร่วมกับการใช้ชีวมวลจากข้าว 50% ของปริมาณทั้งหมด ผลิตไฟฟ้าได้รวม 12,449,345 kWh/y ทดแทนไฟฟ้าที่ใช้ในจังหวัดได้ 11.94% ดังแสดงในตารางที่ 5 กรณีที่ 3 ใช้ชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พืชตระกูลถั่วและชีวมวลจากข้าว 100% ของปริมาณทั้งหมด ผลิตไฟฟ้าได้รวม 16,104,033 kWh/y ทดแทนไฟฟ้าที่ใช้ทั้งจังหวัดได้ 15.44% ดังแสดงในตารางที่ 6

อนึ่งปัจจุบันไฟฟ้าที่ใช้ในจังหวัดแม่ฮ่องสอนได้มาจากการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าฟอสซิล และโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน โดยที่ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนมาจาก 2 แหล่ง คือ

พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานน้ำ ซึ่งต้องพึ่งพาแสงแดดและแหล่งน้ำธรรมชาติ การผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ ORC จากพลังงานชีวมวล จะทำให้เกิดโรงไฟฟ้ารูปแบบใหม่ อีกทั้งช่วยเสริมความมั่นคงและเสถียรภาพด้านพลังงาน เพิ่มปริมาณการใช้พลังงานทดแทน ลดการใช้พลังงานฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้าในจังหวัดแม่ฮ่องสอนอีกด้วย

ตารางที่ 4 ผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ ORC จากชีวมวลเหลือใช้ปัจจุบัน

รายการ		kWh/y	%
การใช้ไฟฟ้าของจังหวัดแม่ฮ่องสอน ปี พ.ศ.2557		104,287,800	100
ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ ORC	ชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	6,911,687	6.63
	ชีวมวลจากพืชตระกูลถั่ว	1,882,970	1.81
	รวม	8,794,657	8.43

ตารางที่ 5 ผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ ORC (รวมชีวมวลข้าว 50%)

รายการ		kWh/y	%
การใช้ไฟฟ้าของจังหวัดแม่ฮ่องสอน ปี พ.ศ. 2557		104,287,800	100
ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ ORC	ชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	6,911,687	6.63
	ชีวมวลจากพืชตระกูลถั่ว	1,882,970	1.81
	ชีวมวลจากข้าว 50%	3,654,688	3.50
	รวม	12,449,345	11.94

ตารางที่ 6 ผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ ORC (รวมชีวมวลข้าว 100%)

รายการ		kWh/y	%
การใช้ไฟฟ้าของจังหวัดแม่ฮ่องสอน ปี พ.ศ.2557		104,287,800	100
ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ ORC	ชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	6,911,687	6.63
	ชีวมวลจากพืชตระกูลถั่ว	1,882,970	1.81
	ชีวมวลจากข้าว 100%	7,309,376	7.01
	รวม	16,104,033	15.44

4.5 แผนยุทธศาสตร์พลังงานทดแทนการผลิตไฟฟ้า

จากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579 (PDP2015) [9] กระทรวงพลังงานกำหนดเป้าหมายในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลในปี พ.ศ.2569 คือ 10-20% และในปี พ.ศ.2579 คือ 15-20% จะเห็นได้ว่าศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ ORC จากพลังงานชีวมวลของจังหวัดแม่ฮ่องสอน สามารถเพิ่มสัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวได้สูงสุดถึง 15.44% สอดคล้องกับยุทธศาสตร์

กระทรวงพลังงาน [2] และตอบสนองนโยบายรัฐบาลได้ตามแผน PDP2015 ทั้งนี้จากข้อมูลในหัวข้อที่ผ่านมา สามารถนำมาใช้วางแผนยุทธศาสตร์ด้านพลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้า 3 ระยะ อนึ่งระยะเวลาของแผนงานแต่ละระยะนั้นไม่ได้หมายถึงระยะเวลาของโครงการ แต่หมายถึงระยะเวลาที่จะสามารถดำเนินการเพื่อให้เป็นไปตามยุทธศาสตร์พลังงานในการผลิตไฟฟ้า ตามศักยภาพของชีวมวลแต่ละประเภท โดยแผนงานในระยะต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

ระยะที่ 1 แผนงานระยะสั้น ดำเนินการภายในระยะเวลา 1-3 ปี คือ นำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในปัจจุบันคือ ชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และพืชตระกูลถั่วมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าระบบ ORC ซึ่งสามารถดำเนินการได้ทันทีเพราะมีปริมาณเพียงพอ และยังไม่มีมีการนำไปใช้ในด้านอื่นๆ ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้ารวม 8,794,657 kWh/y เพิ่มสัดส่วนพลังงานทดแทนได้ 8.43%

ระยะที่ 2 แผนงานระยะกลาง ดำเนินการภายในระยะเวลา 4-6 ปี คือ กระบวนการที่จะต้องนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เป็นไปได้คือ ชีวมวลจากข้าว 50% ของปริมาณทั้งหมด มาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าระบบ ORC ซึ่งปัจจุบันมีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นทั้งหมด ไม่สามารถดำเนินการได้ทันที จึงกำหนดเป็นแผนระยะกลาง เพราะต้องใช้เวลาในการดำเนินงาน ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าคือ 3,654,688 kWh/y เพิ่มสัดส่วนพลังงานทดแทนได้อีก 3.5% เมื่อรวมกับแผนงานระยะสั้นจะได้ผลรวมเป็น 11.94%

ระยะที่ 3 แผนงานระยะยาว ดำเนินการภายในระยะเวลา 7-10 y คือ เป็นกระบวนการต่อเนื่องจากแผนงานระยะที่ 2 คือ นำชีวมวลจากข้าวมาให้ได้อีก 50% รวมเป็น 100% ของปริมาณทั้งหมด มาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าระบบ ORC หากสามารถดำเนินการสำเร็จ ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเป็น 3,654,688 kWh/y เพิ่มสัดส่วนพลังงานทดแทนได้อีก 3.5% เมื่อรวมกับแผนงานระยะสั้นและระยะกลาง จะได้ผลรวมของสัดส่วนพลังงานทดแทนเป็น 15.44% แต่ที่กำหนดไว้ในแผนงานระยะยาว เพราะต้องดำเนินการแผนงานระยะกลางให้แล้วเสร็จก่อน โดยนำชีวมวลจากข้าวที่ใช้ไปแล้ว 50% กลับมาผลิตไฟฟ้า จากนั้นจึงดำเนินการขั้นต่อไปสำหรับชีวมวลที่เหลืออีก 50% จึงนำปริมาณชีวมวลรวม 100% กลับมาผลิตไฟฟ้า ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แผนงานตามยุทธศาสตร์พลังงานในการผลิตไฟฟ้า

รายการ	ศักยภาพการผลิตไฟฟ้า (kWh/y)	%	แผนงาน
ชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	6,911,687	6.63	ระยะสั้น 1-3 ปี
ชีวมวลจากพืชตระกูลถั่ว	1,882,970	1.81	
ชีวมวลจากข้าว 50%	3,654,688	3.50	ระยะกลาง 4-6 ปี
ชีวมวลจากข้าว 50% (รวม 100%)	3,654,688	3.50	ระยะยาว 7-10 ปี

5. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

□ ชีวมวลที่มีศักยภาพนำมาผลิตไฟฟ้าของจังหวัดแม่ฮ่องสอนมี 3 ชนิด คือ ชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ชีวมวลจากข้าว และชีวมวลจากพืชตระกูลถั่ว โดยมีปริมาณ 68,507 Ton/y 47,808 Ton/y และ 10,144 Ton/y ตามลำดับ

□ โรงไฟฟ้าระบบ ORC จากชีวมวลข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าว และพืชตระกูลถั่ว มีขนาด 1,646 kW_e 870 kW_e และ 448 kW_e ตามลำดับ โดยคิดที่สัดส่วนการนำมาใช้ประโยชน์ที่ 85.19% 50% และ 95% ของชีวมวลที่เกิดขึ้นทั้งหมด

□ การผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ ORC จากชีวมวลข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าว และพืชตระกูลถั่ว ในปริมาณ 85.19% 50% และ 95% ของชีวมวลทั้งหมด สามารถเพิ่มสัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนได้สูงถึง 11.94%

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณทุนการศึกษาจากกองทุนเงินอุดหนุนจากสัญญาโรงกลั่นปิโตรเลียมที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาและการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานพลังงานจังหวัดแม่ฮ่องสอน. (2558). *แผนปฏิบัติการพลังงานจังหวัดแม่ฮ่องสอน พ.ศ. 2559-2562*.
- [2] กระทรวงพลังงาน. (2559). *ยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงาน (พ.ศ. 2559-2563)*.
- [3] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. กระทรวงพลังงาน. *ชีวมวล*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.eppo.go.th>, เข้าดูเมื่อวันที่ 25/04/2559.
- [4] นัฐพร ไชยญาติ. (2558). การออกแบบระบบพลังงานทดแทนด้านความร้อน (Renewable Energy System : Part Thermal), เชียงใหม่.

[5] Chaiyat N. (2015). *ต้นแบบโรงไฟฟ้าระบบ Organic Rankine cycle*. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.researchgate.net/profile/Nattaporn_Chaiyat2, เข้าดูเมื่อวันที่ 25/04/2016.

[6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. *ระบบรายงานศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย*. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://biomass.dede.go.th/biomass_web/index.html, เข้าดูเมื่อวันที่ 25/04/2016.

[7] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. กระทรวงพลังงาน. *นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.eppo.go.th>, เข้าดูเมื่อวันที่ 25/04/2559.

[8] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. *สถิติผู้ใช้ไฟฟ้าและการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าจำแนกตามประเภทผู้ใช้ พ.ศ. 2548-2557*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://service.nso.go.th>, เข้าดูเมื่อวันที่ 25/04/2559.

[9] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. กระทรวงพลังงาน. *แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579 (PDP2015)*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.eppo.go.th>, เข้าดูเมื่อวันที่ 25/04/2559.

8. รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์

g	ค่าแรงโน้มถ่วง (m/s ²)
h	เอนทัลปี (kJ/kg)
LHV	ค่าความร้อนต่ำ (MJ/kg)
M	ปริมาณ (kg)
m	อัตราการไหล (kg/s)
P	ความดัน (kPa)
Q	อัตราความร้อน (kW)
SH	Superheating (°C)
SC	Subcooling (°C)
s	เอนโทรปี (kJ/kg·K)
T	อุณหภูมิ (°C)
t	เวลา (s)
W	กำลังงาน (kW)
x	อัตราส่วนไอน้ำ (%)

ตัวกรีก

η	ประสิทธิภาพ (%)
v	ปริมาณจำเพาะ (m ³ /kg)
ρ	ความหนาแน่น (kg/m ³)
ตัวย่อ	
B	หม้อต้ม

Bm	ชีวมวล
C	เครื่องควบคุม
e	ไฟฟ้า
f	ของเหลว
G	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
g	ก๊าซ
High	สูง
Low	ต่ำ
ORC	วัฏจักรแรงดันอินทรีย์
P	ปั๊มสารทำงาน
ref	สารทำงาน
s	ไอเซนทรอปิก
Tur	กังหัน
Wk	การทำงาน