บทที่ 5

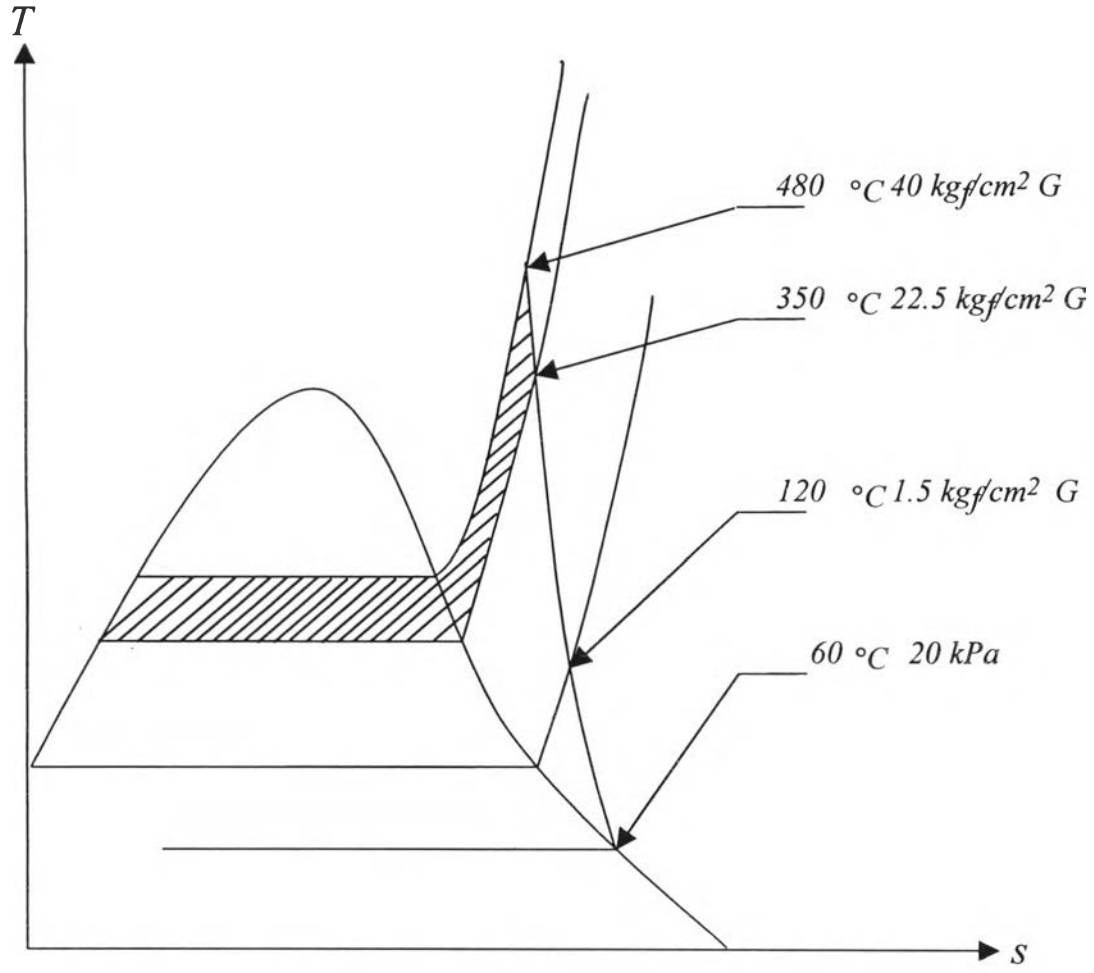
การเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาล

5.1 กล่าวนำ

สภาพการใช้ไอน้ำของโรงงานน้ำตาลในประเทศไทยจะมีสภาพของไอน้ำที่ควมดันปานกลาง ประมาณ 22 kg_f/cm^2 G โรงงานน้ำตาลในต่างประเทศ เช่น ประเทศในแถบอเมริกา ออสเตรเลียและแอฟริกา หม้อไอน้ำจะผลิตไอน้ำที่ความดัน 60 kg_f/cm^2 G โดยมีจุดประสงค์เพื่อการผลิตไฟฟ้าขายเป็นหลัก เนื่องจากการสนับสนุนของรัฐบาลนั้นๆและราคาค่าไฟฟ้าในต่างประเทศมีราคาสูงกว่าในเมืองไทย จะเห็นได้ว่าระบบผลิตพลังงานร่วมของโรงงานน้ำตาลในประเทศนี้ยังสามารถที่จะพัฒนาให้มีศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าได้สูงขึ้นได้ จึงเป็นแนวทางในการที่จะพัฒนาระบบหม้อไอน้ำของโรงงานน้ำตาลภายในประเทศ ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะทำการปรับปรุงระบบหม้อไอน้ำให้มีความดันไอน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้ทางโรงงานสามารถเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น ในการเพิ่มความดันของระบบหม้อไอน้ำนั้นต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมระบบ ความจำเป็นของทางโรงงานเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการผลิตที่สูงขึ้น

เนื่องจากว่าการลงทุนในโรงงานนั้นจะใช้ต้นทุนค่อนข้างสูงซึ่งทางโรงงานมักไม่อยากลงทุนในส่วนนี้โดยไม่จำเป็น การขยายโรงงานจึงเป็นช่วงเวลาที่ผู้ประกอบการจะต้องพิจารณาค่อนข้างระมัดระวังเพื่อให้ได้ระบบที่มีคุณภาพ ซึ่งปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องในการตัดสินใจได้แก่ ต้นทุนที่ต้องลงทุน อัตราการคืนทุน ประโยชน์ที่จะได้รับจากระบบ ความเสี่ยงและการเข้ากันได้กับระบบเดิมที่มีอยู่ ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยจะทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตกระแสไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาล โดยจะทำการเพิ่มความดันไอน้ำที่ใช้อยู่ในปัจจุบันที่ประมาณ 22 kg_f/cm^2 G เป็น 40 kg_f/cm^2 G โดยพิจารณาถึงความสามารถในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น ปริมาณการใช้กากอ้อยที่เพิ่มสูงขึ้นและแนวทางการแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มความดันของไอน้ำเพื่อความเหมาะสม

5.2 แนวความคิดในการเพิ่มกำลังในการผลิตไฟฟ้าของโรงงานน้ำตาล



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสำพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับพลังงาน(T-s diagram)

คุณภาพของไอน้ำที่ใช้อยู่ในโรงงานน้ำตาลโดยทั่วไป จะอยู่ที่ความดันไอน้ำประมาณ 22.5 kg_f/cm^2 G อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีค่าพลังงานเท่ากับ 3141 kJ/kg จะมีพลังงานที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตกำลังกลโดยใช้กังหันไอน้ำได้เท่ากับ 363 kJ/kg มีศักยภาพการผลิตไฟฟ้าเป็น 5.22 MW ส่วนระบบไอน้ำที่ความดันใหม่นี้ จะติดตั้งหม้อไอน้ำที่ผลิตไอน้ำความดันอยู่ที่ 40 kg_f/cm^2 G อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานเท่ากับ 3399 kJ/kg จะมีพลังงานที่จะนำไปใช้ประโยชน์จากการผลิตกำลังกลได้เท่ากับ 630 kJ/kg มีศักยภาพการผลิตไฟฟ้าเป็น 8.60 MW จะเห็นได้ว่าระบบใหม่นี้จะให้พลังงานเพิ่มขึ้นเป็น 267 kJ/kg กำลังการผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 2.18 MW

(โดยที่จะพิจารณาคุณสมบัติไอน้ำขาออกที่เดียวกัน คือ มีความดันไอน้ำขาออกเท่ากับ 1.5 kg_f/cm^2 G อุณหภูมิ 120 $^{\circ}C$ จะมีค่าพลังงานเท่ากับ 2711 kJ/kg) เป็นพื้นที่แรเงาในกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับพลังงาน(T-s diagram) ดังแสดงในรูปที่ 5.1 จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาระบบ โดยในเบื้องต้นจะพิจารณาถึงความเหมาะสมในด้านการลงทุน

ในการลงทุนเพื่อการติดตั้งและพัฒนาระบบเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาอย่างรอบ สิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาในเบื้องต้นได้แก่ ปริมาณกากอ้อยที่ผลิตได้เพียงพอต่อการใช้กากอ้อยของระบบใหม่หรือไม่ ความเสี่ยงในการลงทุน ระยะเวลาในการลงทุน โดยจะต้องไม่เป็นการลงทุนที่รอผลการลงทุนที่ยาวนานเกินไป เป็นต้น จึงต้องมีการศึกษากันอย่างละเอียดเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจของผู้ประกอบกิจการโรงงานน้ำตาล

5.3 ข้อเสนอแนะเบื้องต้น

ในการวิเคราะห์นี้เป็นการพิจารณาเพื่อนำเสนอแก่โรงงานที่ต้องการทำการปรับเปลี่ยนระบบหม้อไอน้ำนี้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ควรจะทำการเปลี่ยนแปลงโดยที่ทางโรงงานมีแผนการจัดการระบบหม้อไอน้ำในลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

1. โรงงานมีนโยบายหรือแผนที่จะทำการขยายกำลังการผลิตของโรงงาน เพื่อเป็นการรองรับกับปริมาณของอ้อยที่เพิ่มสูงขึ้น
2. โรงงานมีแผนในการเปลี่ยนหม้อไอน้ำที่เสื่อมสภาพหรือมีประสิทธิภาพต่ำกว่าที่ยอมรับได้เป็นหม้อไอน้ำใหม่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้กากอ้อยและลดปริมาณการใช้กากอ้อยที่เกินจริง
3. โรงงานต้องการเพิ่มปริมาณไอน้ำในกระบวนการผลิต เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ไอน้ำภายในโรงงาน โดยการติดตั้งหม้อไอน้ำเพิ่ม
4. โรงงานมีแผนในการผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่าย

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทางผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลการทำงานของหม้อไอน้ำของโรงงานตัวอย่างที่ได้ทำการคัดเลือก 3 โรงงาน(ภาคผนวก ก) เพื่อประเมินหาหม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุดหรือมีประสิทธิภาพต่ำกว่าที่ยอมรับได้ หลังจากนั้นจะพิจารณาเลือกการจัดการระบบหม้อไอน้ำตามข้อเสนอแนะในหัวข้อที่ 2 โดยการนำหม้อไอน้ำใหม่มาเปลี่ยนแทนหม้อไอน้ำ

ขนาดเดิมที่มีประสิทธิภาพต่ำ แต่ถ้าโรงงานมีการพิจารณามีหม้อไอน้ำมากกว่า 2 ตัวก็จะทำให้ค่าลงทุนเฉลี่ยถูกกว่าการติดตั้งหม้อไอน้ำแค่เพียงตัวเดียว เพราะระบบที่ติดตั้งใหม่นี้จะต้องมีการลงทุนในอุปกรณ์อื่นๆ เช่น ท่อไอน้ำความดันสูง เป็นต้น

5.4 ข้อกำหนด

ในการวิเคราะห์นี้เพื่อให้ง่ายต่อการประเมินผลการคำนวณและค่าใช้จ่ายของระบบที่สูงเกินจริง อีกทั้งเพื่อการปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น มีข้อกำหนดเบื้องต้นบางประการในการวิเคราะห์ระบบที่ความดัน 40 kg_f/cm^2 G ดังนี้

1. ความต้องการใช้ปริมาณไอน้ำเท่ากับปริมาณไอน้ำเฉลี่ยของข้อมูลการทำงานของหม้อไอน้ำในช่วงเวลาที่ได้เข้าไปเก็บข้อมูล หมายถึง โรงงานยังคงมีปริมาณความต้องการใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิตเท่าเดิม
2. ไอน้ำที่ผลิตจากหม้อไอน้ำนี้ จะส่งไปยังกังหันไอน้ำที่ติดตั้งใหม่เท่านั้น เพื่อให้ง่ายต่อการประเมินประสิทธิภาพของระบบ
3. หม้อไอน้ำที่จะทำการปรับเปลี่ยนจะต้องมีประสิทธิภาพต่ำกว่า 50%
4. ระบบผลิตพลังงานร่วมนี้จะสมมติให้หม้อไอน้ำมีประสิทธิภาพ 76% (เท่ากับประสิทธิภาพการใช้พลังงานของหม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดของโรงงานงานน้ำตาลทั้ง 3 โรงงาน ในบทที่ 6) และกังหันไอน้ำมีประสิทธิภาพ 90%

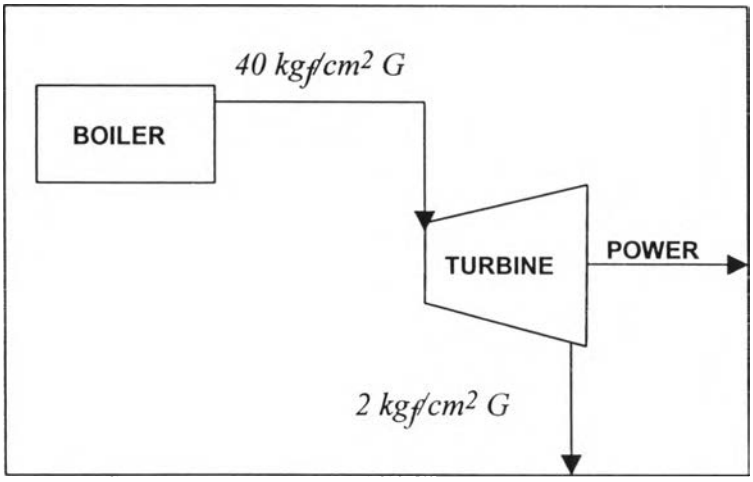
5.5 การคัดเลือกระบบ

การคัดเลือกกังหันไอน้ำที่เหมาะสมนั้นจะทำให้ต้นทุนของระบบต่ำและเกิดประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด การทำงานของระบบแต่ละระบบมีความแตกต่างกันและมีข้อดี-เสียต่างกันไป เพื่อให้ได้ระบบที่มีความเหมาะสมมากที่สุด จึงต้องมีการพิจารณาอย่างรอบคอบ ยกตัวอย่างเช่น หากใช้กังหันไอน้ำชนิดที่สามารถแบ่งเอาไอน้ำบางส่วนมาใช้ได้ (Extraction turbine) โรงงานจะต้องใช้เงินลงทุนที่สูงกว่ากังหันไอน้ำแบบธรรมดา (Back pressure steam turbine) ถึง 1.5 - 2 เท่าของราคากังหันไอน้ำแบบธรรมดา หากโรงงานเลือกใช้กังหันไอน้ำชนิด Condensing turbine ก็จะต้องจ่ายแพงกว่ากังหันไอน้ำแบบธรรมดาประมาณ 1.5 เท่า แต่การเลือกใช้กังหันไอน้ำชนิดนี้จะทำให้ทางโรงงานสามารถที่จะควบคุมปริมาณไอน้ำในกระบวนการผลิตได้ซึ่งเป็นข้อดีของระบบนี้ ทำให้ลด

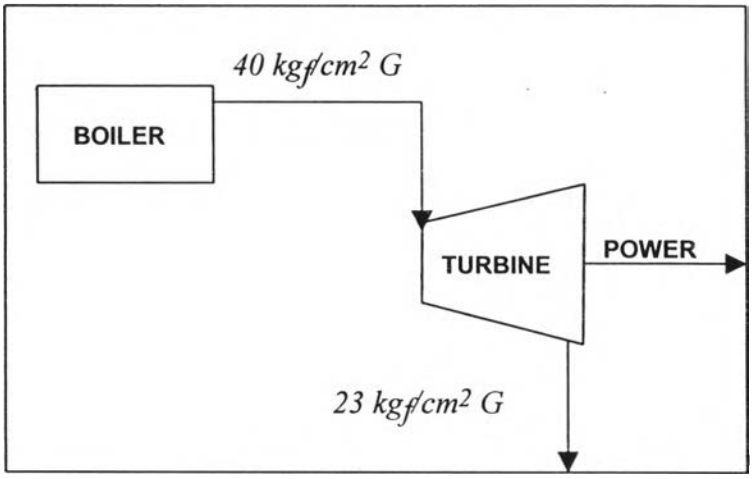
การสูญเสียไอน้ำในระบบอันเนื่องมาจากการปล่อยทิ้งไอน้ำลดลงกังหันไอน้ำทั้งสองแบบนี้เหมาะกับโรงงานน้ำตาลที่เน้นผลิตไฟฟ้าเพื่อขาย โรงงานน้ำตาลโดยทั่วไปเล็งเห็นว่าการขายไฟฟ้านั้นเป็นผลพลอยได้จากการหีบอ้อยทำให้ระบบนี้จึงทำให้ไม่ค่อยเหมาะสมเท่าไรนัก

จากการสอบถามจากผู้ประกอบการโรงงานน้ำตาลและบริษัทตัวแทนผู้จำหน่ายกังหันไอน้ำในเมืองไทยให้ความเห็นว่าระบบที่ดีที่สุดนั้นควรจะเป็นระบบที่ใช้กังหันไอน้ำแบบธรรมดา เนื่องจากราคาของกังหันไอน้ำไม่แพงเกินไปและง่ายต่อการดูแลรักษา

จากข้อกำหนดในข้อ 1. ระบบกังหันไอน้ำที่เหมาะสมกับโรงงานน้ำตาลในประเทศไทยมี 2 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 5.2(ก) และ (ข) ซึ่งระบบผลิตพลังงานร่วมที่แสดงในรูปที่5.2(ก) คุณภาพของไอน้ำขาออกจากกังหันไอน้ำอยู่ที่ ความดัน 2 kg_f/cm^2 G, อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ไอน้ำเสียจากกังหันไอน้ำที่ได้น้ำจะสามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตได้เลย ส่วนระบบผลิตพลังงานในรูปที่ 5.2(ข) คุณภาพของไอน้ำขาออกจากกังหันไอน้ำอยู่ที่ความดัน 23 kg_f/cm^2 G อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส ความดันไอน้ำของไอน้ำออกมาจากกังหันไอน้ำนี้จะมีความดันปานกลาง โดยจะนำไอเสียที่ได้นี้จะใช้ขับกังหันไอน้ำลูกเก่าที่ใช้งานอยู่ในโรงงาน เพื่อที่จะให้เกิดการใช้ประโยชน์ของอุปกรณ์เดิมสูงสุด



รูปที่ 5.2 (ก.) ตัวอย่างระบบผลิตพลังงานร่วมโดยใช้กังหันไอน้ำชนิดธรรมดา
ที่ความดันขาออกเป็น 2 kg_f/cm^2 G



รูปที่ 5.2 (ข.) ตัวอย่างระบบผลิตพลังงานร่วมโดยใช้กังหันไอน้ำชนิดธรรมดา
ที่ความดันขาออกเป็น 23 kg_f/cm^2 G

5.6 การประเมินทางด้านเทคนิค

ในการประเมินทางด้านเทคนิคนี้ ในการติดตั้งอุปกรณ์จะสมมุติให้ระบบผลิตพลังงานร่วมที่ติดตั้งใหม่เป็นระบบในแบบที่แสดงในรูปที่ 5.2 (ก.) เพื่อให้การใช้ไอน้ำความดันสูงมีประสิทธิภาพสูงสุด ในการประเมินระบบผลิตพลังงานร่วมทางด้านเทคนิคนี้จะคำนึงถึงปริมาณกากอ้อยที่ใช้มากขึ้นและศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น โดยเปรียบเทียบกับระบบเดิมที่ใช้งานอยู่และพิจารณาถึงความต้องการใช้ไอน้ำของระบบเดิมให้พอเพียงกับความต้องการ

- **ปริมาณกากอ้อย(เชื้อเพลิง)ของหม้อไอน้ำ**

ปริมาณกากอ้อยที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ สามารถประเมินได้จากการสมการ

$$ประสิทธิภาพ = \frac{พลังงานที่หม้อไอน้ำผลิตได้}{ปริมาณกากอ้อยที่ใช้ \times ค่าความร้อนของกากอ้อย + พลังงานไฟฟ้า} \quad (5.1)$$

เนื่องจากปริมาณไฟฟ้าที่ใช้มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับพลังงานที่ได้จากกากอ้อย จึงสามารถตัดได้ จะได้สมการการใช้กากอ้อยเป็น

$$\text{ปริมาณกากอ้อยที่ใช้} = \frac{\text{พลังงานที่หม้อไอน้ำผลิตได้}}{\text{ค่าความร้อนของกากอ้อย} \times \text{ประสิทธิภาพ}} \quad (5.2)$$

- **ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าของหม้อไอน้ำ**

ในการประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าของหม้อไอน้ำ จะสมมติให้ไอน้ำที่ผลิตได้จากหม้อไอน้ำตัวใหม่นี้ จ่ายไอน้ำทั้งหมดไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีความดันขาเข้าเป็น 40 kg_f/cm^2 G ส่วนที่ความดันไอน้ำขาออกจากกังหันไอน้ำนี้จะเท่ากับ 2 kg_f/cm^2 G ส่วนกังหันไอน้ำที่ใช้มีประสิทธิภาพการทำงานอยู่ที่ร้อยละ 90

$$\text{ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิต} = \text{ประสิทธิภาพ x อัตราการใช้ไอน้ำ x พลังงานในไอน้ำ} \quad (5.3)$$

5.7 การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการปรับปรุงระบบหม้อไอน้ำโดยการเพิ่มความดันไอน้ำ สิ่งสำคัญที่ผู้ประกอบการจะตัดสินใจในการลงทุนนั้น ต้องมีปัจจัยทางด้านอื่นมาเสริมด้วย อย่างเช่น ต้นทุนของการลงทุนและการคืนทุนควรอยู่ในช่วงที่ไม่นานเกินไป ซึ่งถ้าหากทางรัฐให้การสนับสนุนในลงทุน ก็จะปัจจัยที่ดึงดูดให้มีความเป็นไปได้สูงขึ้น ในเบื้องต้นเราจะพิจารณาถึงส่วนจำเป็นของการลงทุนเบื้องต้น

- **สมการวัตถุประสงค์:**

กำไร(Profit) = รายรับ(Income) - ต้นทุนแปรผัน(Variable cost) - ต้นทุนคงที่(Fixed cost)

$$Z = I - Z_r - Z_f \quad (5.4)$$

- **รายได้ที่เกิดขึ้นทั้งหมด (Income: I)**

รายได้ = ไฟฟ้าที่ขายxราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วย+กากอ้อยส่วนเกินxราคากากอ้อยต่อหน่วย

เมื่อ

กากอ้อยส่วนเกิน = กากอ้อยที่เหลือจากการผลิตไฟฟ้าและการสำรองเพื่อการอุ่นเตา

เขียนในรูปของสมการได้ดังนี้

$$I = (MW_g - MW_d) \times C_{ele} \times T + (B_g - B_d) \times C_{bag} \quad (5.5)$$

เมื่อ

MW_g	=	ปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้	MW
MW_d	=	ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าของโรงงาน	MW
B_g	=	ปริมาณกากอ้อยที่โรงงานผลิตได้	ton-bagasse/h
B_d	=	ปริมาณการใช้กากอ้อยในโรงงาน	ton-bagasse/h
C_{ele}	=	ราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วย	บาท/kW
C_{bag}	=	ราคากากอ้อยต่อหน่วย	บาท/ตัน
T	=	ระยะเวลาของกางทำงานในช่วงฤดูหีบอ้อย	ชั่วโมง/ ปี

- **ต้นทุนแปรผัน (Variable cost)**

ต้นทุนผันแปร = กากอ้อยที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าส่วนเกิน x ราคากากอ้อยต่อหน่วย

เขียนในรูปของสมการได้ดังนี้

$$Z_r = B_{ex\text{-}bag} \times C_{bag} \quad (5.6)$$

เมื่อ

กากอ้อยที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าส่วนเกิน = ปริมาณไฟฟ้าที่ขาย x อัตราการใช้ไอน้ำของเครื่อง กำเนิดไฟฟ้า x เวลาการทำงาน / ปริมาณกากอ้อยที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ

โดยที่

ปริมาณไฟฟ้าที่ขาย = ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมด - ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในโรงงาน

กากอ้อยที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าส่วนเกิน	หน่วยเป็น	ton-bagasse/y
ปริมาณไฟฟ้าที่ขาย	หน่วยเป็น	MW
อัตราการใช้ไอน้ำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	หน่วยเป็น	ton-steam/h
ปริมาณกากอ้อยที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ	หน่วยเป็น	ton-steam/ton-bagasse
ระยะเวลาของกางทำงานในช่วงฤดูหีบอ้อย	หน่วยเป็น	h/y

นั่นคือ

$$B_{ex\text{-}bag} = (MW_g - MW_d) \times \dot{m}_{Gen} \times T / B_{con} \qquad (5.7)$$

โดยที่

$B_{ex\text{-}bag}$ = ปริมาณกากอ้อยที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าส่วนเกิน: ton-bagasse/y
B_{con} = ปริมาณกากอ้อยที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ: ton-steam/ton-bagasse
$\dot{m}_{Gen}$ = อัตราการใช้ไอน้ำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า: ton-steam/h
T = ระยะเวลาของกางทำงานในช่วงฤดูหีบอ้อย: h/y

แทน 5.7 ลงใน 5.6 จะได้

$$Z_r = \left(MW_g - MW_d\right) \times \dot{m}_{Gen} \times C_{bag} \times T / B_{con} \qquad (5.8)$$

- **ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)**

ต้นทุนคงที่ = เงินลงทุน(คิดเป็นรายปี) + ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาระบบรายปี

$$Z_f = R_B \times I_B + R_G \times I_G + \tau_B \times I_B + \tau_G \times I_G$$

$$Z_f = (R_B + \tau_B) \times I_B + (R_G + \tau_G) \times I_G \quad (5.9)$$

โดยที่

I_B = ราคาของหม้อไอน้ำประมาณ (ล้านบาท)

= 1.2 ล้านบาท/ตันไอน้ำ (ราคานี้ยังไม่รวมภาษีการนำเข้าอีก 20% ของราคาเงินลงทุน) + ค่าอุปกรณ์เสริม 6 ล้านบาท(ค่าฐานรองรับหม้อไอน้ำ)+ค่าแรง 8 - 10 ล้านบาท

(อนุเคราะห์ข้อมูลโดยคุณณรงค์ อัมพวานนท์ บริษัทณรงค์ เอ็นเตอร์ไพรส์)

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้ดังนี้

I_B = 1.44 x SOR + 15 (5.10)

เมื่อ SOR = Boiler capacity (ton/h)

I_G = ราคาของกังหันไอน้ำ (ล้านบาท)

(อนุเคราะห์ข้อมูลโดย Mr.Igarashi ตัวแทนจำหน่ายของ Shinko Ind.Ltd.)

τ_B = อัตราส่วนของค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงต่อราคาหม้อไอน้ำ (1/y)

τ_G = อัตราส่วนของค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงต่อราคากังหันไอน้ำ (1/y)

ซึ่งค่าตัวแปร R_B ของหม้อไอน้ำสามารถหาได้จากสมการ(พิจารณาตารางที่ 5.1ประกอบ)

$$R_B = \frac{r \times \left[1 - \rho_B \times (1+r)^{-\varepsilon_B}\right]}{\left[1 - (1+r)^{-\varepsilon_B}\right]} \quad (5.11)$$

เมื่อ

r	=	อัตราดอกเบี้ย
ρ_B	=	ค่าเสื่อมราคา
$\rho_B \times (1-r)^{-\varepsilon_B}$	=	ราคาเงินในปัจจุบันของหม้อไอน้ำ
$r / \left[1 - (1+r)^{-\varepsilon_B}\right]$	=	Capital recovery factor
ε_B	=	ระยะเวลาของการใช้หม้อไอน้ำ

ซึ่งค่าตัวแปร R_G ของกังหันไอน้ำสามารถหาได้เช่นเดียวกันกับของหม้อไอน้ำ ดังนั้นแทนสมการ (5.5), (5.8) และ (5.11) ลงใน (5.4) จะได้

$$Z = I - Z_r - Z_f$$

$$Z = \left[\left(MW_g - MW_d\right) \times C_{ele} \times T + \left(B_g - B_d\right) \times C_{bag}\right] -$$

$$\left[\left(MW_g - MW_d\right) \times \dot{m}_{Gen} \times C_{bag} \times T / B_{con}\right] -$$

$$\left[\left(R_B + \tau_B\right) \times I_B + \left(R_G + \tau_G\right) \times I_G\right] \qquad (5.12)$$

ตาราง 5.1 ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์

รายละเอียด	หม้อไอน้ำ	กังหันไอน้ำ
ระยะเวลาโครงการ, ε	15	15
ค่าเสื่อมราคา, ρ	0.1	0.2
อัตราส่วนของเงินค่าบำรุงต่อเงินลงทุน, τ	0.01	0.01
อัตราดอกเบี้ย, r	0.10	0.10
อัตราตอบแทน	0.12	0.12