บทที่ 3

การวิเคราะห์ทางเทคนิค และเศรษฐศาสตร์ ของระบบโคเจนเนอเรชั่น ในโรงงานน้ำตาล

3.1 บทนำ

ในบทนี้กล่าวถึง การวิเคราะห์ทางเทคนิค และเศรษฐศาสตร์ เพื่อประมาณการผลิตไฟฟ้า การใช้เชื้อเพลิง ประสิทธิภาพ และต้นทุนของระบบโคเจนเนอเรชั่น ต่าง ๆ ที่ได้รับการปรับปรุง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ถูกเขียนขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ ระบบโคเจนเนอเรชั่น ชนิด Topping Cycle ที่ใช้ back pressure steam turbine และ high pressure condensing extraction steam turbine จะถูกพิจารณา

3.2 โคเจนเนอเรชั่น (COGENERATION)

หมายถึง การผลิตพลังงานไฟฟ้า (หรือพลังงานกล) ร่วมกับพลังงานความร้อน ซึ่งพลังงานความร้อนนี้อาจจะอยู่ในรูปของ ก๊าซร้อน, ของเหลวร้อน หรือไอน้ำก็ได้ จากการวิเคราะห์ทางทฤษฎีและทดลองในทางปฏิบัติแล้วพบว่า การผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมกันนี้จะมีประสิทธิภาพรวมดีกว่าการผลิตแยกกันมาก ตัวอย่างเช่นในโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งซึ่งจะต้องใช้พลังงานความร้อนไปพร้อม ๆ กัน ผู้บริหารจะมีทางเลือกในการเลือกใช้พลังงานได้ 3 ลักษณะคือ

3.2.1 ซื้อหรือผลิตพลังงานไฟฟ้า แล้วใช้พลังงานไฟฟ้าบางส่วนไปทำความร้อนโดยใช้ขดลวดความร้อน

3.2.2 ซื้อหรือผลิตไฟฟ้าขึ้นใช้เอง ในขณะเดียวกันก็ผลิตพลังงานความร้อนจากน้ำมัน, ก๊าซ, น้ำมันเตา, ถ่านหิน, ถ่านไม้ ฯลฯ

3.2.3 ผลิตไฟฟ้าขึ้นใช้เอง แล้วนำพลังงานความร้อนที่ปล่อยออกมาจากระบบผลิตไฟฟ้าไปใช้อีกต่อหนึ่ง (ระบบ โคเจนเนอเรชั่น)

จากการเลือกทั้ง 3 ทางนี้ วิธีที่ 3 เป็นวิธีที่ใช้น้ำมันน้อยที่สุด จากการ

ศานวณแบบคร่าว ๆ เมื่อสมมติว่าพลังงานความร้อนที่ต้องการเท่ากันทั้ง 3 กรณี วิธีที่ 3 จะต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นในการผลิตไฟฟ้าเป็นปริมาณเพียง 50% ของน้ำมันที่ต้องเพิ่มในกรณีที่ 1 และ 2 ระบบโคเจนเนอเรชั่น จะนำมาใช้ได้เหมาะสมถ้าหากปริมาณความร้อนและไฟฟ้ามักจะไม่สมดุลกัน ซึ่งปัญหานี้จะได้กล่าวถึงในตอนต่อ ๆ ไป

ระบบ โคเจนเนอเรชั่น ไม่ใช่ระบบใหม่ แต่ได้มีการคิดและใช้กันมาแล้วกว่า 30 ปี แต่ในช่วงที่ผ่านมาการศึกษาพัฒนาไม่ได้ก้าวไปไกลมากนักเพราะราคาไฟฟ้าที่รัฐผลิตขายนั้นอยู่ในเกณฑ์ต่ำ โรงงานต่าง ๆ ไม่มีแรงกดดันที่จะต้องผลิตไฟฟ้าใช้เอง ทำให้การใช้ระบบโคเจนเนอเรชั่น ในช่วงที่ผ่านมามีอยู่แต่เฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทเท่านั้น โรงงานที่สำคัญเหล่านั้นได้แก่ โรงงานน้ำตาลทราย และโรงงานน้ำมันปาล์ม เพราะเป็นโรงงานที่มีเศษวัตถุดิบเหลือทิ้งจากขบวนการผลิตที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อย่างเหมาะสม อันได้แก่ ชานอ้อย และใยของผลปาล์ม

3.3 ความสำคัญของระบบ โคเจนเนอเรชั่น

ในโรงไฟฟ้าทั่วไปซึ่งใช้เครื่องกังหันแกส หรือกังหันไอน้ำในการผลิตไฟฟ้านั้น ไอเสียหรือไอน้ำที่ปล่อยออกจากเครื่องกังหันจะมีพลังงานเหลืออยู่ประมาณ 2 ใน 3 ของพลังงานขณะที่เข้าสู่กังหัน ซึ่งหมายความว่าในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง 3 kwh จะผลิตไฟฟ้าได้เพียง 1 kwh วิธีที่จะปรับปรุงสามารถทำได้โดยการขายไอเสียซึ่งยังมีพลังงานอยู่มากนั้นให้กับโรงงานที่อยู่ใกล้เคียงกับโรงไฟฟ้า ประสิทธิภาพรวมของโรงไฟฟ้าก็จะสูงขึ้นทำให้สามารถขายไฟฟ้าได้ด้วยราคาต่ำลง

ในส่วนของโรงงานอุตสาหกรรมเองนั้น โรงงานบางประเภทจะซื้อไฟฟ้าจากรัฐ และในขณะเดียวกันก็ใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ เพื่อผลิตไอน้ำขึ้นในโรงงาน ถ้าหากโรงงานเปลี่ยนมาใช้ระบบ โคเจนเนอเรชั่น โดยการติดตั้งกังหันไอน้ำผลิตไฟฟ้าเองแล้ว โรงงานอาจจะตัดรายจ่ายค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายให้การไฟฟ้าลงได้มาก ส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงที่ต้องใช้มากขึ้นนั้น จะเพิ่มขึ้นจากการใช้ในกรณีแรก (ผลิตพลังงานความร้อนอย่างเดียว) เพียงเล็กน้อยเท่านั้น อาจกล่าวได้ว่าเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ไปนั้นใช้ได้คุ้มค่ายิ่งขึ้น เพราะถูกใช้ในการผลิตไฟฟ้าขั้นหนึ่งก่อนแล้วจึงถูกใช้ในขบวนการความร้อนอีกครั้งหนึ่ง

การใช้ โคเจนเนอเรชั่น นอกจากจะให้ประโยชน์แก่รัฐโดยการลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลงและช่วยลดการเสียเปรียบดุลการค้าแล้ว ในแง่ของโรงงานอุตสาหกรรมเองนั้น ระบบโคเจนเนอเรชั่นจะช่วยให้เกิดการประหยัด และมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนเช่นกัน รูปที่ 3.1

เป็นแนวความคิดคร่าว ๆ ของการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม รูปที่ 3.1.1 แสดงลักษณะการใช้พลังงานของโรงงานขณะที่ยังไม่ได้ใช้ระบบโคเจนเนอเรชั่น ค่าใช้จ่ายค่าพลังงานรวม 1,350 บาทต่อชั่วโมง หลังจากที่ได้มีการติดตั้งระบบ โคเจนเนอเรชั่น แล้วค่าใช้จ่ายค่าพลังงานรวมลดลงเหลือ 1,050 บาท/ชั่วโมง ที่ประหยัดได้นั้นจะนำไปใช้ในการคำนวณเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์เพื่อแสดงถึงความคุ้มทุนของระบบ โคเจนเนอเรชั่น ต่อไป

ที่กล่าวมาเป็นเพียงการแสดงแนวความคิดและประโยชน์ที่จะได้รับจาก ระบบโคเจนเนอเรชั่นอย่างง่ายเพื่อให้เข้าใจถึงหลักการเท่านั้น ในการจะตัดสินใจเลือกใช้ระบบโคเจนเนอเรชั่น นั้นจะต้องมีการศึกษาถึงความเหมาะสมและปัญหาต่าง ๆ เป็นจำนวนมากและยังมีปัจจัยอย่างอื่น ๆ ซึ่งจะชี้บอกว่าระบบโคเจนเนอเรชั่นชนิดใดเหมาะสมกับโรงงานชนิดใด ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

3.4 <u>ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบ โคเจนเนอเรชั่น</u>

3.4.1 <u>ชนิดของระบบ โคเจนเนอเรชั่น</u>

ระบบ โคเจนเนอเรชั่น แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด โดยพิจารณาจากลำดับของการผลิตไฟฟ้า และความร้อน

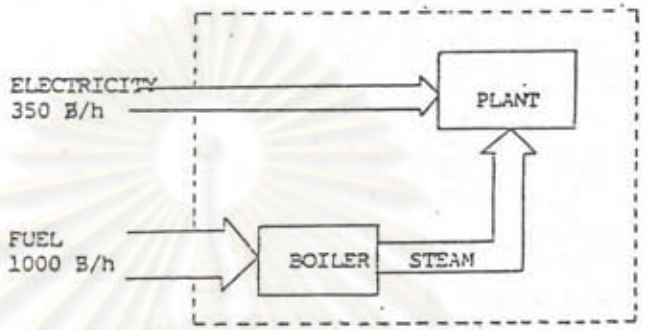
Topping Cycle คือระบบ โคเจนเนอเรชั่น ที่ไอน้ำหรือก๊าซร้อนถูกใช้ในการผลิตไฟฟ้าก่อน แล้วจึงนำไอน้ำที่ออกจากระบบผลิตไฟฟ้าแล้วนั้นไปใช้ในขบวนการความร้อนต่อไป (รูปที่ 3.2.1)

Bottoming Cycle คือระบบ โคเจนเนอเรชั่น ที่ไอน้ำหรือก๊าซร้อนถูกใช้ในขบวนการความร้อนก่อน แล้วจึงนำไอน้ำหรือก๊าซร้อนที่ปล่อยออกมานั้นไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าอีกทีหนึ่ง (รูปที่ 3.2.2)

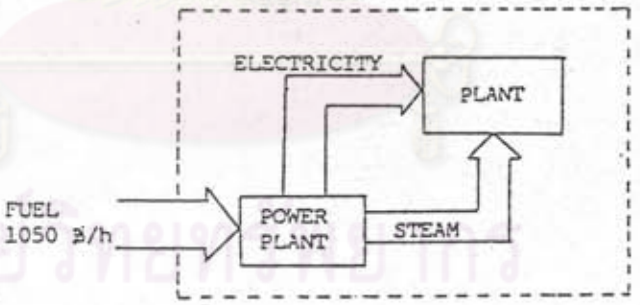
ในปัจจุบันระบบที่นิยมใช้กัน คือ Topping Cycle เพราะให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ดีกว่า และในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วๆ ไปมักจะต้องการพลังงานความร้อนที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก อีกทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ Topping Cycle เป็นอุปกรณ์มาตรฐานที่ได้รับการพัฒนามาแล้วเป็นอย่างดี

3.4.2 <u>อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ โคเจนเนอเรชั่น</u>

อุปกรณ์ที่ใช้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับระบบที่เลือกใช้ว่าเป็นระบบแบบ Topping Cycle หรือ Bottoming Cycle

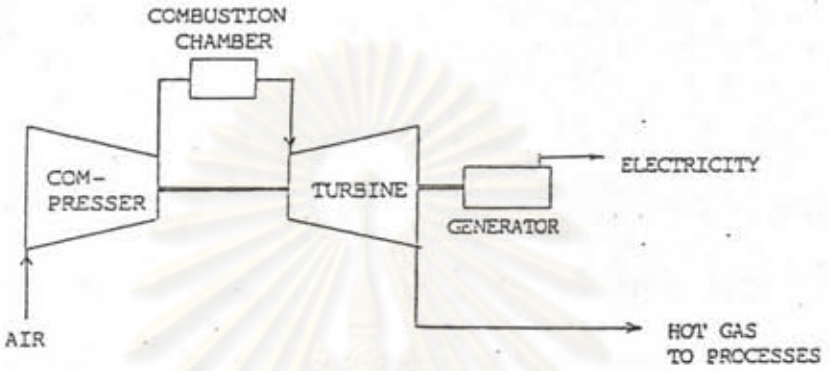


รูปที่ 3.1.1 การใช้พลังงานของโรงงานก่อนการใช้ระบบโคเยนเนอเรชั่น

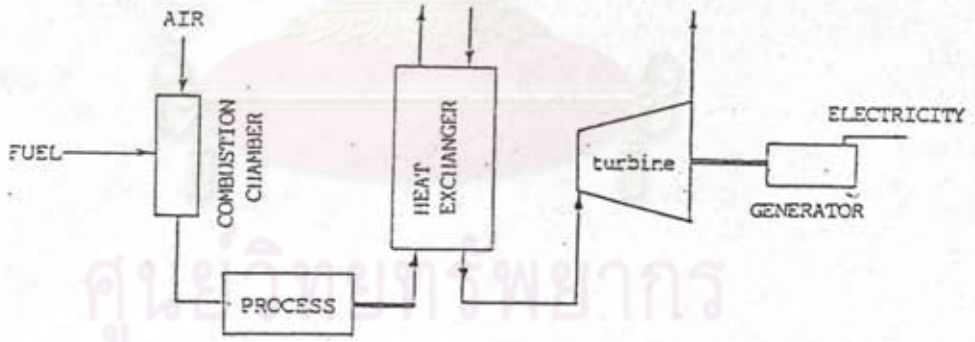


รูปที่ 3.1.2 การใช้พลังงานของโรงงานภายหลังการใช้ระบบโคเยนเนอเรชั่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2.1 ระบบไคเยนเนอเรชั่นแบบ Topping Cycle



รูปที่ 3.2.2 ระบบไคเยนเนอเรชั่นแบบ Bottoming Cycle

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในระบบ Topping Cycle อุปกรณ์ที่เป็นที่นิยมใช้กัน ได้แก่

- Back pressure turbine หรือ Extraction turbine
- Gas turbine
- เครื่องยนต์สันดาปภายใน

ในการศึกษาครั้งนี้จะกล่าวถึงเฉพาะระบบ Topping Cycle แบบ Back Pressure Steam Turbine และ Extraction Condensing Steam Turbine

3.4.2.1 Back pressure steam turbine

Backpressuresteamturbine เป็นเครื่องต้นกำลังที่ใช้กันมาตั้งแต่สมัยโบราณ และปัจจุบันก็ยังนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง หลักการของ Back pressure steam turbine คือน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกเผาใน หม้อไอน้ำ เพื่อผลิตไอน้ำที่ความดันสูง (อาจสูงถึง 10 เมกกะพาสคาล) แล้วปล่อยไอน้ำนั้นขยายตัวผ่านเครื่องกังหันไอน้ำ กังหันไอน้ำนั้นจะหมุนขับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ไอน้ำที่ขยายตัวผ่านกังหันไอน้ำจะถูกปล่อยออกจากตัวกังหันและมีความดันเหลืออยู่ประมาณ 0.3 ถึง 2 เมกกะพาสคาล ไอน้ำนี้จะถูกใช้ในขบวนการต่าง ๆ ของโรงงานต่อไป

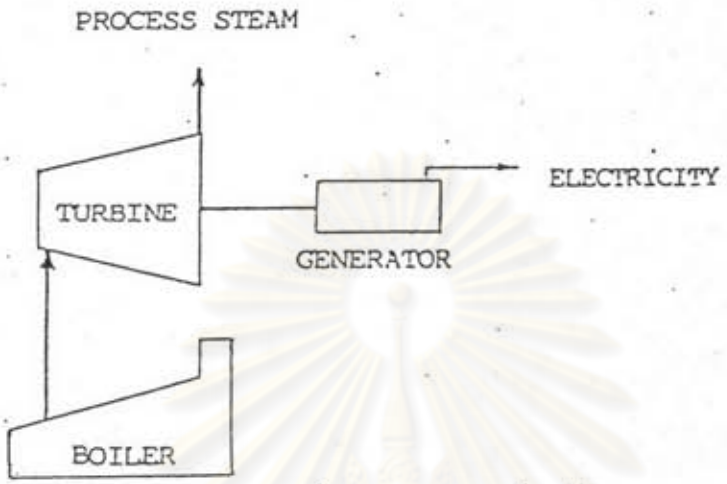
ข้อดีที่สำคัญของการใช้เครื่องกังหันไอน้ำก็คือ สามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิดไม่ว่าจะอยู่ในรูปของของแข็งหรือของเหลวจะสะอาดหรือสกปรก ก็สามารถใช้ได้ดีถ้า หม้อไอน้ำ ที่ใช้ได้รับการออกแบบที่เหมาะสมระบบกังหันไอน้ำจึงเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะใช้ในโรงงานน้ำตาลโรงงานกระดาษ และ โรงงานน้ำมันปาล์ม ที่มีของเสียจากขบวนการที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงของ หม้อไอน้ำ ได้

นอกจากนี้แล้วระบบกังหันไอน้ำยังเป็นระบบที่ไม่สลับซับซ้อน ดูแลรักษาง่าย อีกทั้งเป็นอุปกรณ์ที่มีการพัฒนาใช้งานมาอย่างแพร่หลายเป็นเวลานานจึงมีความเชื่อถือได้สูง(รูปที่ 3.3.1แสดงลักษณะของ Back pressure steam turbine)

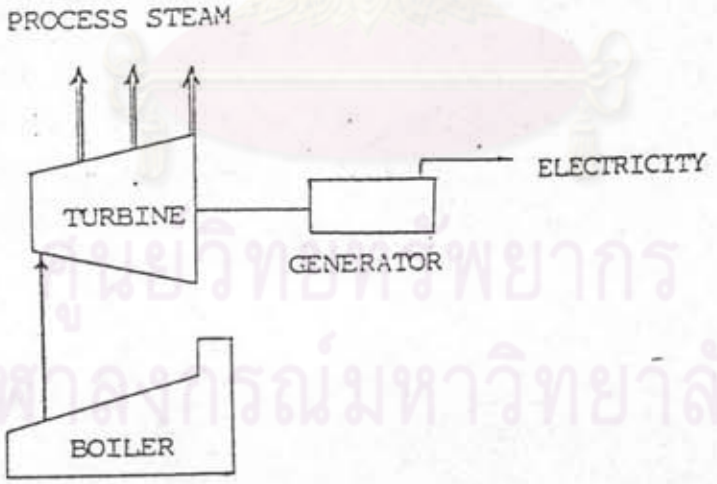
ในกรณีที่โรงงานอุตสาหกรรมเก่าซึ่งใช้หม้อไอน้ำอยู่แล้ว และคิดจะปรับปรุงขึ้นมาใช้ โคเจนเนอเรชั่น แบบ Back pressure steam turbine นั้น มักจะไม่คุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ เพราะเหตุผล 2 ข้อคือ

1. หม้อไอน้ำ ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่ว ๆ ไปมักจะมีความดันสูงสุด สูงกว่าความดันที่ใช้อยู่ในขบวนการผลิตไม่มากนักจึงไม่อาจผลิตไอน้ำที่ความดันสูงพอสำหรับกังหันไอน้ำได้

2. หม้อไอน้ำ ที่ใช้ในโรงงานที่มีขนาดเล็กมักจะผลิตไอเปียก (Saturaled steam) ซึ่งจะทำให้กังหันไอน้ำสึกหรอมากกว่าปกติ



รูปที่ 3.3.1 Backpressure Turbine



รูปที่ 3.3.2 Extraction Turbine

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4.2.2 Extraction condensing steam turbine

Extraction condensing steam turbine เป็นกังหันไอน้ำอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งอาจนำมาใช้ได้ดีในกรณีนี้ Extraction condensing steam turbine มีลักษณะที่แตกต่างไปจาก Back pressure steam turbine คือใน Extraction condensing steam turbine จะมีไอน้ำบางส่วนถูกปล่อยออกมาในช่วงกลางของกังหัน ไอน้ำที่ปล่อยออกมาระหว่างกลางนี้จะมีความดันให้เลือกหลายขนาด ซึ่งอาจเลือกใช้ให้เหมาะสมกับจุดใดจุดหนึ่งของขบวนการผลิตได้ ส่วนไอน้ำส่วนที่เหลือจะถูกปล่อยให้ขยายตัวผ่านกังหันจนมีความดันต่ำจึงออกจากกังหันไอน้ำที่มีความดันต่ำเหล่านี้ยังอาจนำไปใช้กับจุดต่างๆ ในขบวนการที่ต้องการไอที่ความดันต่ำได้อีกด้วย (รูปที่ 3.3.2 แสดงลักษณะของ Extraction condensing steam turbine)

3.4.3 <u>การพิจารณาเลือกระบบ โคเจนเนอเรชั่น</u>

ดังตัวอย่างที่ได้กล่าวมาแล้วว่าระบบ โคเจนเนอเรชั่น นั้นมีได้หลายลักษณะในการเลือกว่าจะใช้ระบบใดกับอุตสาหกรรมที่ทำอยู่นั้นต้องพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ หลายชนิด เช่น

1 ขนาดของระบบ

2 ชนิดของเชื้อเพลิงที่มีอยู่หรือหาได้สะดวก

3 อัตราส่วนระหว่างความร้อนต่อไฟฟ้าที่โรงงานต้องการ

4 ความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์

การพิจารณาเพื่อเลือกใช้ระบบ โคเจนเนอเรชั่น นี้ จะได้กล่าวถึงอย่างละเอียดในการบรรยายต่อ ๆ ไป ส่วนในขณะนี้จะขอกล่าวถึง ค่าพารามิเตอร์ค่าหนึ่งซึ่งมีความสำคัญมากในระบบโคเจนเนอเรชั่น ค่านั้น ได้แก่ ค่า Heat to Power ratio (H/P) ซึ่งหมายถึงความต้องการพลังงานความร้อนต่อพลังงานไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมนั้น

จากการศึกษาพบว่า โรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภทจะมีค่า H/P แตกต่างกันออกไป เช่น

1 โรงงานผลิตกระดาษ จะมีค่า H/P ประมาณ 6.9 - 7.3

2 โรงกลั่นน้ำมัน มีค่า H/P ประมาณ 3.7 - 4.2 เป็นต้น

เนื่องจากระบบ โคเจนเนอเรชั่น แต่ละระบบที่กล่าวมาจะมีประสิทธิภาพสูงที่ค่า H/P เพียงช่วงใดช่วงหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นค่า H/P นี้จึงเป็นพารามิเตอร์สำคัญมากตัวหนึ่งที่จะชี้บอกว่าในโรงงานประเภทหนึ่ง ๆ ซึ่งมีค่า H/P ในช่วงนั้น ควรจะเลือกใช้ โคเจนเนอเรชั่น

ระบบใดจึงจะเหมาะสมที่สุด

ตารางต่อไปนี้แสดงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบ โคเยนเนอเนชั่น ทั้ง 3 ระบบที่ได้กล่าวมา

รายละเอียด	Back pressure Steam turbine	กังหันก๊าซ	เครื่องยนต์สันดาปภายใน
ขนาดของระบบ	500 kW-15 MW	500 kW-100 MW	15 kW-10 MW
ประสิทธิภาพของระบบ	สูงสุด 80% (ขึ้นอยู่กับ Boiler)	55-57%	50-80%
H/P	5 - 20	2 - 5	1 - 3
ความร้อนที่ออกจากระบบ	ไอน้ำ อุณหภูมิสูงถึง ถึง 150 C	ก๊าซร้อน 450 - 550 C	50% น้ำร้อน 50% ก๊าซร้อน 450 C

รายละเอียด	Back pressure Steam turbine	กังหันก๊าซ	เครื่องยนต์สันดาปภายใน
เชื้อเพลิงที่ใช้	ใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด	ก๊าซ หรือ ดีเซล	ก๊าซ หรือเชื้อเพลิงเหลว ขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่อง
ราคาของระบบขนาด 1 MW	7,500 บาท/kw	15,000 บาท/kw	12,500 บาท/kw

I15187600

3.5 ลักษณะของการนำระบบ โคเจนเนอเรชั่น ไปใช้

ระบบ โคเจนเนอเรชั่น สามารถนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมได้ 3 ลักษณะดังนี้

3.5.1 ระบบโคเจนเนอเรชั่น ที่ถูกออกแบบให้รับความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของโรงงานได้ ในขณะที่โรงงานใช้กำลังไฟฟ้าไม่เต็มที่ ไฟฟ้าส่วนเกินบางส่วนจะถูกขายให้กับการไฟฟ้า

3.5.2 ระบบ โคเจนเนอเรชั่น ที่ถูกออกแบบให้รับกับความต้องการไฟฟ้าระดับปกติของโรงงานได้ ส่วนในขณะที่โรงงานต้องใช้กำลังไฟฟ้าในระดับสูง ทางโรงงานจะซื้อไฟฟ้าส่วนที่ขาดนั้นจากการไฟฟ้า

3.5.3 ระบบ โคเจนเนอเรชั่น ที่ทำงานโดยอิสระไม่ต้องเกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า ระบบนี้จะลดความยุ่งยากในการทำสัญญาซื้อขายกับการไฟฟ้า และเป็นเพียงระบบเดียวที่เป็นไปได้ในปัจจุบัน เพราะขณะนี้การไฟฟ้ายังไม่อนุญาตให้เอกชนซื้อขายไฟฟ้ากับรัฐหรือกับเอกชนด้วยกันเองได้

3.6 ระบบ โคเจนเนอเรชั่น ในโรงงานน้ำตาล

โรงงานน้ำตาลโดยทั่วไปได้รับการออกแบบเพื่อผลิตพลังงานสำหรับการผลิตน้ำตาลเท่านั้น ระบบโคเจนเนอเรชั่นที่เผาไหม้ด้วยกากอ้อย จะผลิตไอน้ำที่ความดัน 1.8 - 2.0 เมกกะพาสคาล(MPa)เพื่อนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า โดย back pressure steam turbine และ ผลิตพลังงานกลต่างๆ เช่น ขับเคลื่อนลูกหีบ มอนดีอ้อย และมีดฟันอ้อยเป็นต้น โดยมีกากอ้อยเหลือจากการใช้งานอยู่บ้าง ซึ่งกากอ้อยจำนวนนี้จะถูกขายให้กับโรงงานที่รับซื้อต่อไป เนื่องด้วยน้ำตาลเป็นผลิตภัณฑ์หลัก และกากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงได้มาโดยไม่ต้องซื้อ การปรับปรุงประสิทธิภาพ โดยโรงงาน เพื่อประหยัดกากอ้อยดูเหมือนว่า จะประหยัดได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

แนวโน้มของอุตสาหกรรมน้ำตาลชี้ให้เห็นว่ามีโรงงานน้ำตาลที่ทำการผลิตผลพลอยได้ควบคู่ไปกับการผลิต ผลิตภัณฑ์หลัก เพิ่มมากขึ้น ผลิตผลพลอยได้ ดังกล่าวได้แก่ แอลกอฮอล์

หรือ การผลิตไฟฟ้าเพื่อขายให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ในโรงงานที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิด แล้วการประหยัดพลังงาน และการใช้พลังงานให้คุ้มค่าที่สุดมีความจำเป็นมาก

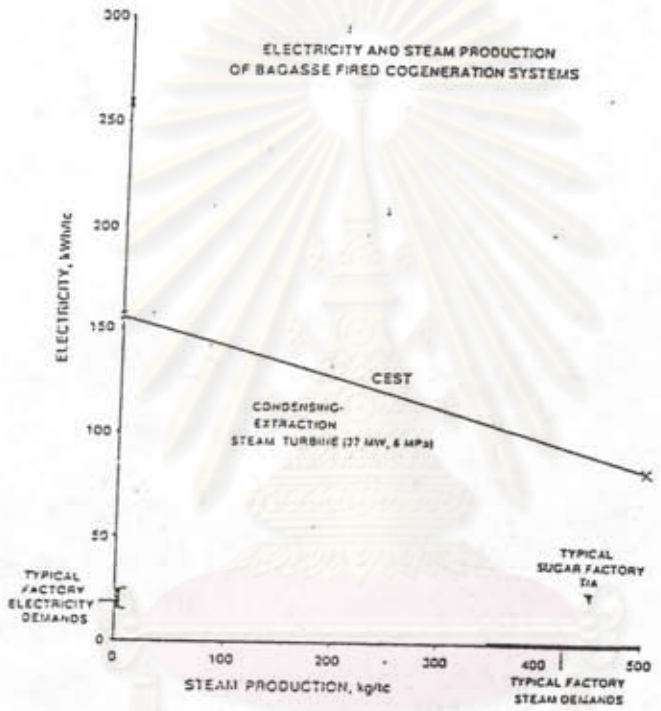
ในการศึกษาครั้งนี้จะกล่าวถึง การปรับปรุงประสิทธิภาพ พลังงานในโรงงานน้ำตาล โดยใช้ระบบโคเยนเนอเรชั่น ซึ่งระบบ โคเยนเนอเรชั่น ที่จะนำมาพิจารณา ได้แก่ Bagasse fired steam generator with back pressure steam turbine และ extraction condensing steam turbine ระบบ โคเยนเนอเรชั่นที่ใช้ Back pressure steam turbine เป็นระบบ ซึ่งใช้ในโรงงานน้ำตาลปัจจุบัน ส่วนระบบ โคเยนเนอเรชั่น ที่ใช้ High pressure condensing extraction steam turbine ซึ่งมีศักยภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าสูงกว่า แบบ Back pressure steam turbine ซึ่งใช้อยู่ในโรงงานน้ำตาลปัจจุบัน

3.6.1 การผลิตไอน้ำและไฟฟ้าในระบบโคเยนเนอเรชั่น

การผลิตพลังงานไฟฟ้าและไอน้ำของระบบ โคเยนเนอเรชั่น ที่ใช้ High pressure condensing-extraction steam turbine (CEST) แสดงดังรูปที่ 3.4 ความต้องการ ไอน้ำ และไฟฟ้าของโรงงานน้ำตาลทรายส่วนใหญ่ในปัจจุบันแสดงในช่วงบน แกน x และ แกน y นอกจากนั้นในรูปดังกล่าว แสดงการผลิตไอน้ำ และไฟฟ้า ของโรงงาน น้ำตาล โดยทั่วไปในปัจจุบัน

สำหรับระบบโคเยนเนอเรชั่นแบบ CEST แล้วการผลิตพลังงานไฟฟ้า สามารถแปรเปลี่ยนได้ในช่วงสภานการทำงาน ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น สามารถผลิตได้ เมื่อความต้องการไอน้ำลดลง และจุดทางซ้ายสุด แสดงปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าสูงสุด เมื่อ ไม่มีการใช้พลังงานไอน้ำในกระบวนการผลิต กราฟในรูปที่ 3.4 ได้จากการคำนวณ การผลิต ไอน้ำและไฟฟ้าที่จุดปลายสุด และสมมติให้การผลิตไฟฟ้า แปรผกผันกับ อัตราการใช้ไอน้ำใน โรงงาน

เมื่อเปรียบเทียบ ระบบโคเยนเนอเรชั่น แบบ CEST กับระบบที่ใช้ใน โรงงานน้ำตาลทั่วๆ ไป (MPST) จะเห็นได้ว่า CEST สามารถตอบสนองความต้องการไอน้ำของ โรงงานน้ำตาลทรายได้ง่ายคือในช่วง 350-500 กิโลกรัมต่อตันอ้อยและสามารถผลิตกระแส ไฟฟ้าได้มากกว่าด้วย แต่ต้นทุนของระบบ CEST จะสูงกว่า จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาทั้งด้าน เทคนิค และเศรษฐศาสตร์ด้วย



รูปที่ 3.4 การผลิตไฟฟ้าและไอน้ำโดยโรงงานน้ำตาลแบบเดิมและระบบโคเยนเนอเรชั่นแบบ Condensing Extraction Steam Turbine

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6.2 การรวมระบบโคเยนเนอเรชั่น กับโรงงานน้ำตาล

รูปที่ 3.5 แสดง การรวมระบบโคเยนเนอเรชั่น เข้ากับโรงงานน้ำตาล โดยแบ่งเป็น 2 กรณีคือ ระบบ โคเยนเนอเรชั่นที่ใช้ small medium pressure back pressure turbo alternators ระบบโคเยนเนอเรชั่น ดังกล่าว เป็นระบบที่มีการใช้งานในโรงงานน้ำตาลทั่ว ๆ ไป และระบบโคเยนเนอเรชั่น ชนิด CEST

ระบบการผลิตและใช้ไฟฟ้าและไอน้ำ ในโรงงานน้ำตาลระบบเดิม แสดงดังรูป 3.5.1 ในโรงงานน้ำตาลส่วนใหญ่ ไอน้ำจะถูกเพิ่มความดันจนถึง 1.8-2 MPa ในหม้อไอน้ำความดันปานกลาง ไอน้ำความดันปานกลางจำนวน 200-250 kg/tc จะใช้ในการขับเคลื่อน small back - pressure mill turbines และไอน้ำจำนวน 150-250 kg/tc ใช้ในการขับเคลื่อน small back pressure turbo alternators ซึ่งจะผลิตไฟฟ้าที่เพียงพอกับการใช้ในโรงงานจำนวน 15-25 kwh/tc แต่ปริมาณไฟฟ้าจำนวนนี้ไม่ได้มีการส่งออก ไอน้ำเสียที่ความดันต่ำ(0.1-0.3 MPa)จากเทอร์ไบน์ลูกหีบ และ เทอร์ไบน์ไฟฟ้า จะนำไปใช้ในกระบวนการผลิตของโรงงาน

การนำระบบ CEST มาใช้กับ ระบบโรงงานน้ำตาลแสดงดังรูป 3.5.2 สำหรับระบบ โคเยนเนอเรชั่น CEST แล้วไอน้ำความดันสูง (4-8 MPa) จะถูกผลิตจากหม้อไอน้ำความดันสูง และนำไปใช้ในการขับเคลื่อน condensing extraction steam turbine ไอน้ำความดันปานกลาง ประมาณ 200-250 kg/tc จะถูกแบ่งไปใช้ในการขับเคลื่อน เทอร์ไบน์ลูกหีบ และไฟฟ้ามีความดัน 1.8-2.0 MPaไอน้ำส่วนที่เหลือใช้ในการผลิตไฟฟ้าจนหมด และส่งผ่านคอนเดนเซอร์ เพื่อทำน้ำให้เย็นลง และนำกลับไปใช้อีกครั้งหนึ่ง

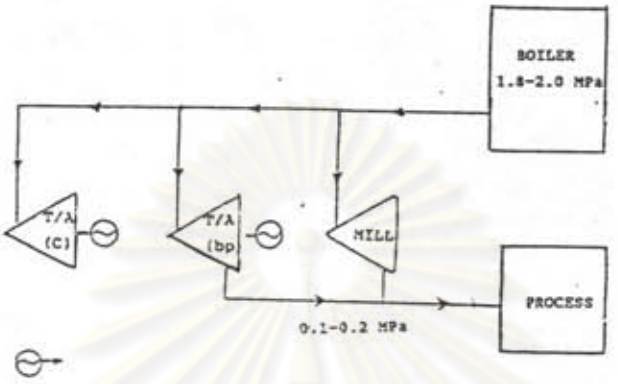
3.6.3 การผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายโดยโรงงานน้ำตาล

การผลิตไฟฟ้าของโรงงานน้ำตาล โดยระบบ CEST จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อใช้ในโรงงานได้อย่างพอเพียง และมีไฟฟ้าเหลือพอที่จะส่งออกจำหน่ายได้ โดยแสดงในรูปฟังก์ชั่นของ ความต้องการไอน้ำในโรงงาน

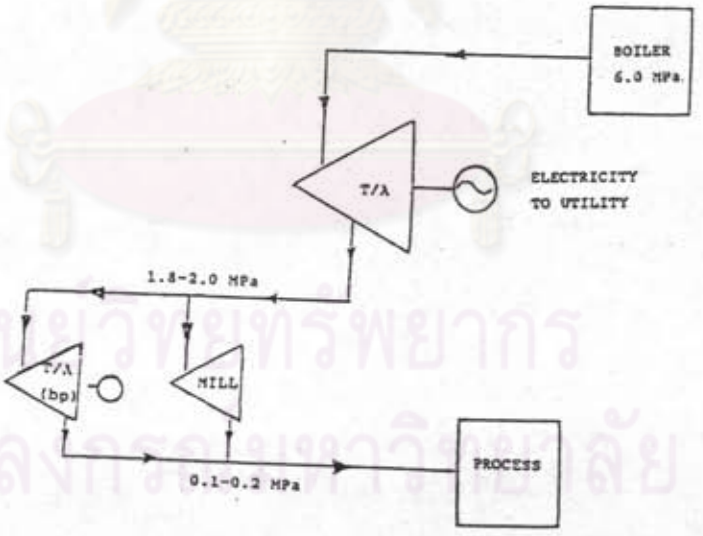
การทดลองในโรงงาน Bernard Lodge ได้แสดงให้เห็นว่าความต้องการไฟฟ้าในโรงงาน สามารถลดลงได้ถึง 1 ใน3 ถ้าได้มีการแทนที่ หม้อไอน้ำตัวเก่าด้วยระบบ CEST

ถ้าสามารถลดความต้องการไอน้ำในหม้อต้ม หม้อเดียว และหม้ออุ่นน้ำอ้อยลงได้จะทำให้ ปริมาณไอเสียที่ต้องการลดลง ดังนั้น ปริมาณไอน้ำความดันปานกลางจากระบบ CEST จะลดลง และการผลิตไฟฟ้าจะเพิ่มมากขึ้น

ถ้าความต้องการไอเสียแรงดันต่ำมีค่ามากกว่า ไอเสียที่ออกจากเทอร์ไบน์



รูปที่ 3.5.1 ระบบโคเยนเนอเรชั่นในโรงงานน้ำตาล ซึ่งใช้กังหันไอน้ำแบบ Backpressure



รูปที่ 3.5.2 ระบบโคเยนเนอเรชั่นในโรงงานน้ำตาล ซึ่งใช้กังหันไอน้ำแบบ Extraction Condensing

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลูกหีบไอน้ำความดันปานกลางบางส่วนจะถูกส่งผ่านbackpressure turbo alternators ในขณะที่ ความต้องการไอน้ำความดันต่ำลดลง ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จะลดลงด้วย การผลิตไฟฟ้าในเทอร์โบ - อัลเทอเนเตอร์ มีค่าประมาณ 0.07 kwh/kg ของไอน้ำความดันปานกลาง ไฟฟ้าที่ผลิตเพื่อการส่งออกสามารแสดงในรูปฟังก์ชั่น ของปริมาณไอน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 3.6

3.6.4 การวิเคราะห์เชิงเทคนิคในระบบโคเยนเนอเรชั่น

การศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาเชิงเทคนิคของวงจรไอน้ำแบบ Back pressure และ Extraction condensing ดังแสดงในภาคผนวก ข

3.7 อุปกรณ์การผลิตเพิ่มเติมในระบบ CEST

ในการนำระบบ โคเยนเนอเรชั่น CEST มาใช้กับโรงงานน้ำตาล โดยทั่วไปของไทยนั้นจะต้องเพิ่มเติมอุปกรณ์การผลิตต่าง ๆ ได้แก่

หม้อไอน้ำความดันสูง

Extraction Condensing Steam Turbine

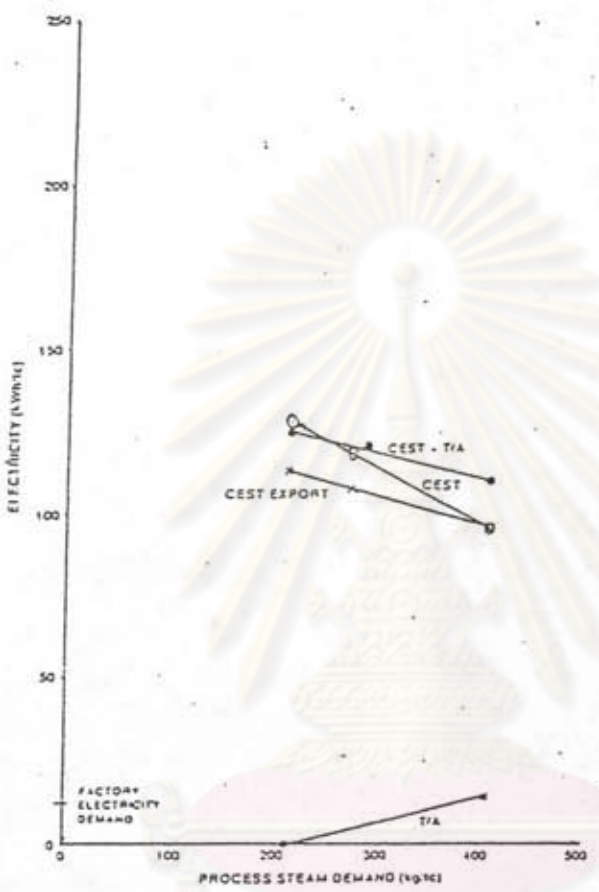
ระบบทำน้ำเย็น

3.7.1 หม้อไอน้ำความดันสูง

หม้อไอน้ำความดันสูงที่นำมาวิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้ มีความสามารถในการผลิต ไอน้ำที่มีความดันสูงถึง 6 เมกกะพาสคาล อุณหภูมิ 480 เซลเซียส และสามารถใช้กากอ้อย และน้ำมันเตา เป็นเชื้อเพลิง

3.7.2 Extraction Condensing Steam turbine

turbo-alternator ขนาด 10 MW มี ไอน้ำเข้าที่ความดัน 6 เมกกะพาสคาล และอุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส ไอน้ำที่ออกจากเทอร์ไบน์ดังกล่าว มีการสกัดมาใช้ที่ความดัน 2 เมกกะพาสคาล โดยอัตราการใช้ไอน้ำ และไอน้ำที่ผ่าน การควบแน่น ที่ความดัน 0.15 กิโลพาสคาล มีอัตราการใช้ โดยรายละเอียดต่าง ๆ ของเทอร์ไบน์ แสดงดังภาคผนวก ช



รูปที่ 3.6 การผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายและความต้องการไอน้ำในการผลิตของโรงงานน้ำตาล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.8 ทางเลือกต่าง ๆ ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในส่วนต้น ๆ ของบทนี้ จะเห็นได้ว่าในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยโรงงานน้ำตาลจะต้องคำนึงถึง ความเหมาะสมทางเทคนิค ได้แก่ ระบบโคเยนเนอเรชั่นที่ใช้ และการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้าของโรงงานกับการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จะกล่าวถึงทางเลือกต่าง ๆ ของโรงงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อการจำหน่าย เพื่อเปรียบเทียบกับระบบปฏิบัติการที่ ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน โดยจะพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวข้างต้น

ทางเลือกที่ 1 ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงงานเท่านั้น แนวทางเลือกนี้จะดำเนินการผลิตน้ำตาล เพียงอย่างเดียว โดยไม่มีการผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น กากอ้อยที่เหลือจะส่งขายโรงงานที่รับซื้อ หรือเก็บไว้เป็นวัตถุดิบในฤดูการผลิตต่อไป

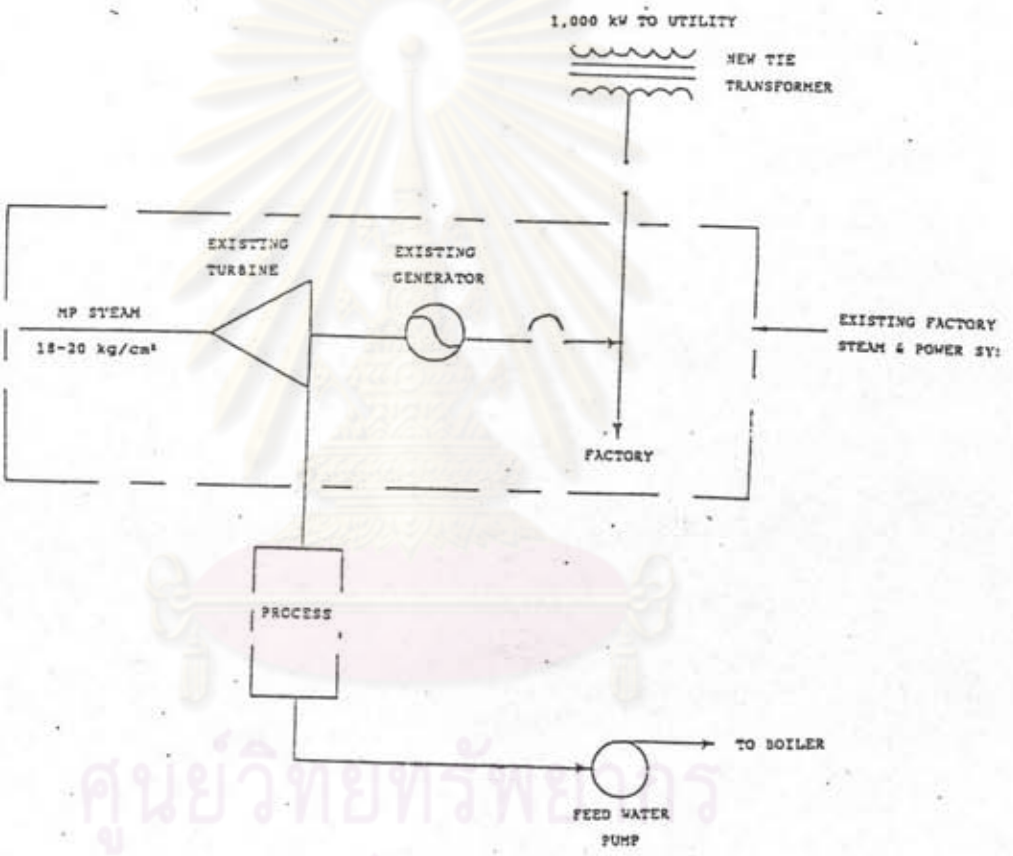
ทางเลือกที่ 2 ผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายโดยใช้ระบบโคเยนเนอเรชั่นแบบ back pressure steam turbine ซึ่งมีอยู่เดิม โดยทางเลือกนี้ ใช้ประโยชน์จากเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว เป็นต้นว่าหม้อไอน้ำ, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, อุปกรณ์เชื่อมโยงสายส่งต่อเชื่อมโยงกับระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และหม้อแปลงเชื่อมโยงที่โรงงานมีอยู่ อุปกรณ์ที่จะต้องติดตั้งเพิ่มเติมได้แก่ระบบการป้องกัน และการวัดต่าง ๆ แสดงดังภาคผนวก ค ทางเลือกนี้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้า ได้ถึง 1000 กิโลวัตต์ การผลิตกระแสไฟฟ้านอกฤดูหีบจะใช้อีวาปอเรเตอร์ที่มีอยู่ในการควบแน่นไอน้ำที่ผลิตออกมาเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

ทางเลือกนี้จะต้องมีการแยกระบบบางระบบออกกล่าวคือ ต้องแยกระบบไอน้ำที่มีกำลังเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการผลิต และเพื่อนำไปผ่านอีวาปอเรเตอร์ในการควบแน่นไอน้ำที่ผลิตออกมาเพื่อผลิตไฟฟ้ากระบวนการผลิต พลังงานไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 3.7

ทางเลือกที่ 3 การผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายโดยใช้ระบบโคเยนเนอเรชั่นแบบ back pressure steam turbine ทางเลือกนี้ใช้ประโยชน์จากหม้อไอน้ำ, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และสายส่งเชื่องโยงกับ กฟภ. ที่โรงงานมีอยู่ พร้อมกับหม้อแปลงเชื่อมโยงตัวใหม่ของโรงงานน้ำตาล ในช่วงนอกฤดูหีบปฏิบัติการ เช่นเดียวกับแนวทางเลือกที่ 2 ระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบนี้แสดงดังรูปที่ 3.8

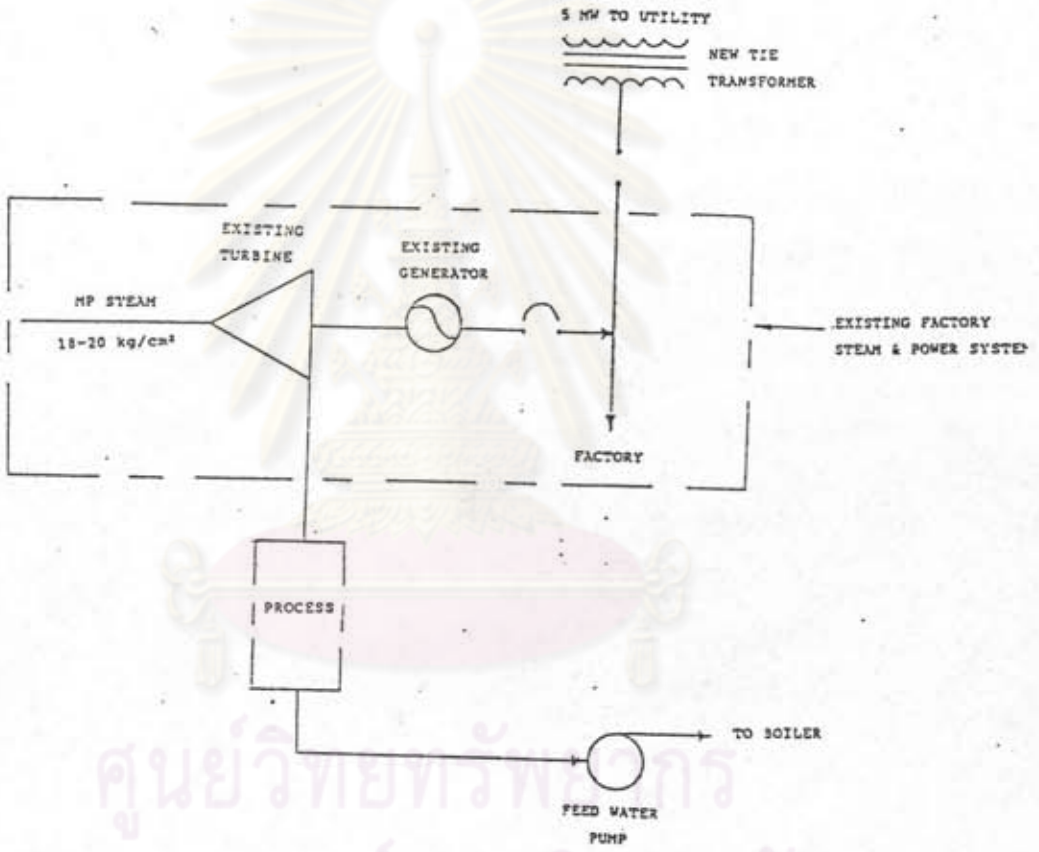
ทางเลือกนี้ สามารถจ่ายไฟในช่วง 1-5 เมกกะวัตต์ โดยส่งเข้าสู่ระบบจำหน่าย 22 กิโลโวลต์ของ กฟภ. และอุปกรณ์เพิ่มเติมในการเชื่อมโยงในระบบตามไฟของโรงงานกับการไฟฟ้าฝ่ายผลิต แสดงดังภาคผนวก ง

ทางเลือกที่ 4 ผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อการจำหน่าย โดยระบบโคเยนเนอเรชั่นแบบ Extration Condensing Steam turbine ทางเลือกนี้จะต้องเพิ่มอุปกรณ์การผลิต เช่น



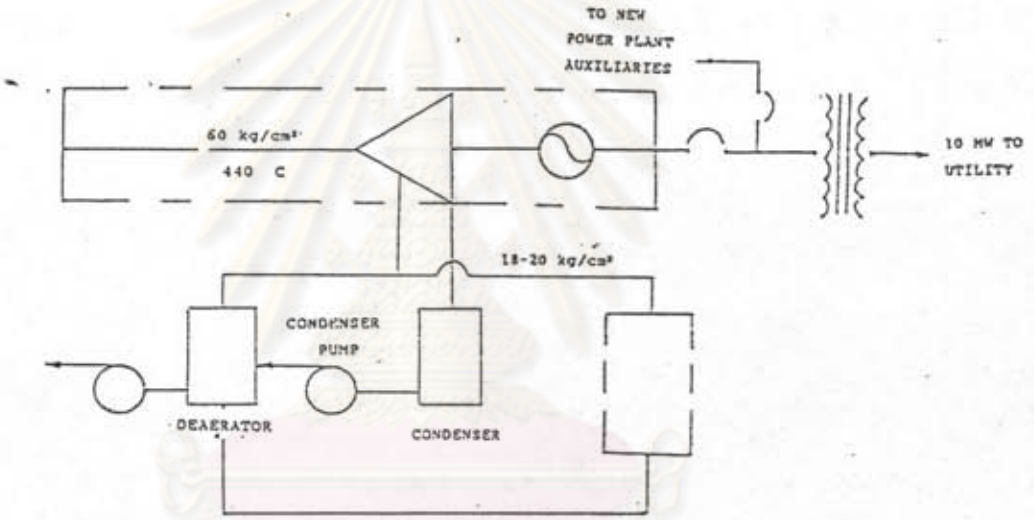
รูปที่ 3.7 แผนผังการผลิตกระแสไฟฟ้าตามแนวทางเลือกที่ 2 (1000 KW EXPORT)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.8 แผนผังการผลิตกระแสไฟฟ้าตามแนวทางเลือกที่ 3 (5 MW EXPORT)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.9 แผนผังการผลิตกระแสไฟฟ้าตามแนวทางเลือกที่ 4 (10 MW EXPORT)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หม้อไอน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบบ extraction condensing steam turbine และสายส่งขนาด 22 กิโลโวลต์ เพื่อต่อไปยังสถานีจ่ายไฟย่อย ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ใกล้ที่สุด ระบบการผลิตไฟฟ้า แบบนี้แสดงดังรูปที่ 3.9

ทางเลือกนี้สามารถจำหน่าย ไฟฟ้าในช่วง 5-10 กิโลวัตต์ โดยส่งเข้าสู่ระบบจำหน่าย 22 กิโลวัตต์ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ต้องติดตั้งเพิ่มเติมแสดงดังภาคผนวก จ

ในช่วงต่อไปของบทนี้ จะกล่าวถึงข้อพิจารณาทางเทคนิค และเครื่องมือที่จะต้องใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่าย ในอุตสาหกรรมน้ำตาล

3.9 การดัดแปลงของโรงงานที่จำเป็นต่อการผลิตพลังงานในช่วงนอกฤดู

ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในช่วงนอกฤดูนั้นจำเป็นต้องเพิ่มและดัดแปลงเครื่องมือบางส่วน ได้แก่

3.9.1 เครื่องมือสำหรับการเตรียมเชื้อเพลิง

โรงงานน้ำตาลในปัจจุบันจะใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของหม้อน้ำระหว่างช่วงฤดูหีบอ้อย อ้อยจะถูกหีบเพื่อการสกัดน้ำตาล ซึ่งผลิตเชื้อเพลิงที่มีลักษณะเป็นใยบดอันได้แก่ กากอ้อย หม้อน้ำที่ใช้กันอยู่ในโรงงานน้ำตาลนั้นสามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลายประเภทด้วยกัน ได้แก่ กากอ้อย น้ำมันเตา และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างๆ

ในการศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาเศษอ้อยเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาหม้อน้ำด้วย ซึ่งมีเครื่องมือสองชนิดด้วยกันที่สำคัญต่อการแบ่งและฉีกเศษอ้อยที่ถูกมัดรวมกัน เพื่อสนองความต้องการในเชื้อเพลิงของหม้อน้ำ

3.9.1.1 เครื่องมือเพื่อจัดการมัดทั้งหลาย

เครื่องมือดังกล่าวจะนำมัดทั้งหมดมาแยกส่วน เพื่อที่จะได้ส่งวัตถุที่เป็นใยต่อไปยังเครื่องบดอีกทีหนึ่ง

3.9.1.2 เครื่องฉีกและเครื่องแบ่งแยก

เครื่องมือชนิดนี้ทำหน้าที่จะแยกเศษอ้อยที่เป็นมัดออกเป็นชิ้นเล็กๆ เท่าๆกัน ธูเสด(2529) ได้ทำการศึกษาทุนสำหรับเครื่องมือทั้งสอง ซึ่งเท่ากับ 3,000 เหรียญสหรัฐต่อเศษอ้อยหนึ่งตันต่อชั่วโมง ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งประมาณ 1,400 เหรียญสหรัฐต่อเศษอ้อยหนึ่งตันต่อชั่วโมง ซึ่งตัวเลขดังกล่าวเป็นข้อมูลในปี 2529 การนำมาใช้ใน

โครงการศึกษาครั้งนี้จะนำมาเทียบเป็นราคาปี 2534 ต่อไป

3.9.2 เครื่องมือสำหรับการกลั่นหรือระบายไอน้ำส่วนเกิน

เครื่องผลิตไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาลของไทยในปัจจุบัน จะใช้เครื่องกังหันไอน้ำแบบ Back pressure ในการผลิตพลังงาน ระบบนี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อสนองความต้องการทั้งด้านไอน้ำและพลังงาน ซึ่งถูกใช้อย่างเต็มที่สำหรับสภาพที่เป็นอยู่ ไอน้ำที่ระบายออกจากด้านพลังของเครื่องกังหันไอน้ำจะถูกใช้ในการผลิตน้ำตาล ถ้าโรงงานนี้ได้ดำเนินการจะไม่มีวิธีการเพื่อที่จะกลั่นไอน้ำที่ถูกระเหยออก เพื่อการใช้ใหม่ในหม้อน้ำได้เลย พลังงานในไอน้ำที่ว่าจึงสูญเสียไป อัตราการใช้น้ำจะเพิ่มขึ้นมาก ดังนั้น ในช่วงฤดูหีบอ้อยจะใช้เครื่องระเหยไอในโรงงานน้ำตาลเพื่อกลั่นไอน้ำที่ถูกระบายทิ้ง ไปสู่ถังน้ำเลี้ยงหม้อน้ำ ต่อไป

3.10 การวิเคราะห์ทางเทคนิคของโรงงานน้ำตาล เพื่อผลิตไฟฟ้า 1 MW และ 5 MW

ในส่วนต่อไปของบทนี้ กล่าวถึงการปฏิบัติการของโรงงานน้ำตาลในช่วงฤดูหีบ และนอกฤดูหีบอ้อย

3.10.1 ปฏิบัติการช่วงฤดูหีบ

การผลิตไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาลนั้น ได้กระทำมาเป็นเวลานานแล้ว โดยโรงงานจะผลิตไฟฟ้า เพื่อใช้ภายในโรงงานในช่วงฤดูหีบอ้อย วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์นี้ได้แก่ การกำหนดว่า โรงงานสามารถผลิตพลังงานได้เพิ่มขึ้นทั้งในและนอกฤดูการผลิตอ้อย โดยอาศัยเครื่องมือที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ดังกล่าวมาจากหลายแหล่งด้วยกัน

1. ข้อมูลจากโรงงานน้ำตาล
2. ข้อมูลผลวิเคราะห์การผลิตของโรงงานน้ำตาล จัดทำโดยสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

ในการวิเคราะห์จะคำนวณหา ปริมาณไอน้ำ และไฟฟ้าที่จะต้องผลิตทั้งในและนอกฤดูการผลิต รวมถึง ปริมาณเชื้อเพลิงที่จะต้องใช้ในการผลิตพลังงาน จำนวนเครื่องจักรและแรงงานที่เพิ่มขึ้น จะได้รับการศึกษาด้วย เพื่อนำไปวิเคราะห์เชิงเศรษฐกิจต่อไปส่วนรายละเอียดการคำนวณและวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ข

- 3.10.2 ปฏิบัติการในช่วงนอกฤดู

การผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายในช่วงไม่มีการหีบอ้อยจากเครื่องมือที่มีอยู่นั้นปริมาณของกากอ้อยที่มีอยู่นั้นไม่พอเพียงต่อการสนองความต้องการทางเชื้อเพลิงเพื่อการดำเนินการนอกช่วงฤดูการวิเคราะห์ในการศึกษานี้ได้พิจารณาเศษอ้อย และน้ำมันเตา เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงงานดังกล่าว

การผลิตพลังงานในช่วงนอกฤดูนั้นไม่จำเป็นจะต้องใช้ทุกส่วนของโรงงาน ส่วนที่จะต้องใช้ ได้แก่ บริเวณที่ใช้เพื่อการเก็บกากอ้อย ห้องหม้อน้ำ เครื่องผลิตไฟฟ้าที่ใช้กำลังขับหมุนจากน้ำและเครื่องระเหย

การวิเคราะห์ความต้องการเชื้อเพลิง เพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับพลังงานจะเสนอต่อไปในภาคผนวก ข

3.11 การวิเคราะห์ทางเทคนิคของโรงงานน้ำตาลเพื่อผลิตไฟฟ้าขนาด 10 MW โดยการลงทุนในเครื่องมือใหม่

การผลิตพลังงานในโรงงานน้ำตาลในช่วงฤดูที่ไม่มีการหีบอ้อยนั้น การใช้หม้อน้ำที่มีแรงกดดันปานกลางอย่างที่ใช้กันอยู่นั้น เช่นเดียวกับเครื่องกังหันไอน้ำแบบ back pressure เป็นไปได้มากทางเทคนิค โดยมีความเสี่ยงในการลงทุนน้อย ช่วงที่แล้วได้กล่าวถึงทางเลือกต่างๆ สำหรับโรงงานในการผลิตพลังงาน โดยอาศัย เครื่องมือที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน แต่มีการดัดแปลงเล็กน้อย เพื่อการผลิตไฟฟ้าสำหรับจำหน่าย ในช่วงนี้จะวิเคราะห์สถิงผลปฏิบัติการที่ดีขึ้นกว่าเดิมสามารถทำได้โดยการลงทุนในเครื่องมือใหม่

การลงทุนเพื่อยกระดับเครื่องมือในโรงผลิตพลังงานของการศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาระบบโคเยนเนอเรชั่นแบบ Extraction Condensing Steam Turbine โดยจะต้องลงทุนใหม่ในอุปกรณ์หลักคือ หม้อไอน้ำแรงดันสูง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Extraction condensing ขนาด 10 MW

การวิเคราะห์เชิงเทคนิคของระบบโคเยนเนอเรชั่นดังกล่าว แสดงในภาคผนวก ข และเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้า โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Extraction Condensing แสดงในภาคผนวก ช

3.12 การประเมินโครงการทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินโครงการทางเศรษฐศาสตร์ จะดำเนินการหลังจากการประเมินโครงการทางเทคนิคของแนวทางเลือก ระบบโคเยนเนอเรชั่นต่าง ๆ การประเมินโครงการทางเศรษฐศาสตร์ เกี่ยวข้องกับข้อกำหนดด้านต้นทุน และรายได้ต่าง ๆ รวมทั้ง การคำนวณผลตอบแทนการลงทุนต่าง ๆ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนภายใน โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณดังกล่าว นอกจากนี้ยังต้องมีการวิเคราะห์ความไวของโครงการ เพื่อดูว่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร หากมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรเข้าต่าง ๆ และเพื่อทราบถึงสภานการณ์ต่าง ๆ ที่ผิดไปจากที่คาดคะเนเอาไว้แต่เดิม

3.12.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการประเมินระบบโคเยนเนอเรชั่น

ในการประเมินศักยภาพ ของระบบโคเยนเนอเรชั่น ของแต่ละแนวทางเลือก โดยใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนภายใน โปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความจำเป็นในการคำนวณในครั้งนี้ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวได้ถูกเขียนด้วย โปรแกรมสำเร็จรูป โลตัส ซึ่งแสดงดังภาคผนวก ก.

ผลของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรเข้าหรือสมการต่าง ๆ สามารถดูได้จากจอภาพ ของแต่ละเซลที่ตัวแปรถูกกำหนดไว้

ในช่วงแรกของรูปแบบคอมพิวเตอร์ แสดงข้อมูลที่ผู้ใช้จะต้องใส่เข้าไป ส่วนที่เหลือเป็นการคำนวณ ค่ารายได้ ค่าใช้จ่าย ค่าเสื่อมราคา และดัชนีทางเศรษฐกิจต่าง ๆ รูปแบบสมการทางการคำนวณของตัวแปรต่าง ๆ และค่าจำกัดความแสดงดังต่อไปนี้

1) รายได้ทั้งหมด (บาท)

= การทดแทนปริมาณไฟฟ้าที่ซื้อ + การขายไฟฟ้า + การทดแทนน้ำมันเตา + รายได้จากการขายกากอ้อย

1.1 การทดแทนปริมาณไฟฟ้าที่ซื้อ

การทดแทนปริมาณไฟฟ้าที่ซื้อ หมายถึง ความต้องการไฟฟ้าในช่วงนอกฤดูหีบ ซึ่งแต่เดิมนั้นทางโรงงานซื้อมาจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงระบบเดิมทำให้โรงงานสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าในช่วงนอกฤดูหีบเพิ่มขึ้น และจะนำมาทดแทนกระแสไฟฟ้าที่ซื้อจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในส่วนนี้ ภาคผนวกด แสดงปริมาณไฟฟ้าและราคาไฟฟ้าต่อหน่วยของโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง

รายได้จากการทดแทนปริมาณไฟฟ้าที่ซื้อ (บาท)

= KWH_{ub}*EP

EP = ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ (บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง)

KWH_{ub} = ค่าพลังงานไฟฟ้าซึ่งถูกทดแทนโดย ระบบโคเยนเนอเรชั่น (กิโลวัตต์ชั่วโมง)

1.2 รายได้จากการขายไฟฟ้า (บาท)

= KWH_b*EP

EP = ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ขายให้การไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง)

KWH_b = พลังงานไฟฟ้าที่ขายให้การไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)

1.3 รายได้จากการทดแทนน้ำมันเตา (บาท)

= FP*FD

FP = ราคาน้ำมันเตา (บาท/ลิตร)

FD = ปริมาณน้ำมันเตา (ลิตร)

1.4 รายได้จากการขายกากอ้อย (บาท)

= BP*BD

BP = ราคากากอ้อย (บาท/ตัน)

BD = ปริมาณกากอ้อย (ตัน)

2. ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท)

= ค่าเชื้อเพลิง + การดำเนินการและซ่อมบำรุง + เงินกู้และดอกเบี้ย

2.1 ค่าเชื้อเพลิง (บาท)

ผู้ใช้ระบบโคเยนเนอเรชั่นสามารถเลือกใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด ได้แก่ กากอ้อย เศษอ้อย และน้ำมันเตา ซึ่งเชื้อเพลิงแต่ละชนิดให้คุณค่าทางความร้อนที่แตกต่างกัน การเลือกใช้เชื้อเพลิงขึ้นกับต้นทุนของเชื้อเพลิงเหล่านั้น

ต้นทุนของเชื้อเพลิง

= $BP;*BQ_i + CRP_i * CRO_i + FOP_i * POQ_i$:

BP_i = ราคากากอ้อย (บาท/ตัน)

BQ_i = ปริมาณกากอ้อยที่ใช้ (ตัน)

CRP_i = ราคาเศษอ้อย (บาท/ตัน)

CRO_i = ปริมาณเศษอ้อยที่ใช้ (ตัน)

FOP_i = ราคาน้ำมันเตา (บาท/ลิตร)

FOQ_i = ปริมาณน้ำมันเตา (ลิตร)

2.2 ต้นทุนการดำเนินงานและค่าบำรุงรักษา (O & M) ,บาท

ต้นทุนการดำเนินงานและค่าบำรุงรักษา ได้แก่ เงินเดือน ค่าจ้าง ค่าบำรุงรักษาวัสดุและเครื่องมือ ต่าง ๆ และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานอื่น ๆ การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และต้นทุนการดำเนินงานของโรงงานตัวอย่างแสดงในภาคผนวก ฉ

2.3 ดอกเบี้ยจากการกู้เงินมาลงทุนและการผ่อนชำระ (บาท)

= P * R /(1- (R + 1)^n)

R = อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (%/ปี)

n = ระยะเวลาการกู้เงิน (ปี)

P = จำนวนเงินลงทุนที่กู้ยืม (บาท)

3. กระแสเงินสดสุทธิก่อนหักภาษี (บาท))

= รายได้ทั้งหมด - ค่าใช้จ่ายทั้งหมด

4. ค่าเสื่อมราคา (บาท)

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีค่าเสื่อมราคาเชิงเส้นตรง

DC(n) = (P-N)/N

BV(n) = P-[n/N*(p-S)]

โดย

BV(n) = มูลค่าทางบัญชีของเครื่องจักรซึ่งแสดงบนสมุดบัญชีปีที่ n (บาท)

DC(n) = ค่าเสื่อมราคาปีที่ n (บาท)

P = ราคาซื้อทรัพย์สิน (บาท)

S = มูลค่าซากในปลายปีที่หมดอายุการใช้งานทรัพย์สิน (บาท)

N = อายุการใช้งานทรัพย์สิน (ปี)

n = จำนวนปีนับจากวันซื้อ (ปี)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. เงินลงทุน

ต้นทุนของระบบโคเจนเนอเรชั่นขึ้นกับความเหมาะสมการใช้งานของแต่ละบริษัท และแต่ละระบบ สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้เสนอแนวทางเลือกในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตพลังงานภายในโรงงานน้ำตาล3แนวทางเลือกด้วยกัน และค่าใช้จ่ายในการลงทุนโดยประมาณตามแนวทางเลือกที่ 2,3 และ 4 แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การประมาณเงินลงทุนตามแนวทางเลือก 2, 3 และ 4

เงินลงทุน (1000 บาท)	แนวทางเลือก 2	แนวทางเลือก 3	แนวทางเลือก 4
1. หม้อไอน้ำและเทอร์โบเจนเนอเรเตอร์			
1.1 ต้นทุนทางตรง			
หม้อไอน้ำ	-	-	159,779,270
เทอร์โบเจนเนอเรเตอร์	-	-	38,085,000
ระบบน้ำหล่อเย็น	-	-	2,539,000
ราคาอุปกรณ์หลัก	-	-	200,403,270
ค่าติดตั้ง (1 เท่าของราคาอุปกรณ์หลัก)	-	-	200,403,270
เครื่องจัดการเศษอ้อย	555,008	2,497,536	1,665,024
ระบบเชื่อมโยงไฟฟ้า	2,239,398	9,410,803	25,993,012
ต้นทุนรวม	2,794,406	11,908,339	428,464,576
กำลังส่งออก, kw	1,000	1,000-5,000	5,000-10,000

6. กระแสเงินสดสุทธิหลังหักภาษี (บาท)

$= NCBF - (NCBF-D_B) * Tax$

NCBF = กระแสเงินสดสุทธิก่อนหักภาษี (บาท)

D_B = ค่าเสื่อมราคา (บาท)

Tax = ภาษีรายได้ (%)

7. ระยะเวลาของโครงการ (ปี)

ระยะเวลาของระบบโคเฮนเนอเรชั่นมีเท่ากับ 20 ปี แต่เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันของเงินตราลดลงตลอดเวลาและมีผลต่ออัตราผลตอบแทนภายใน เมื่อช่วงชีวิตของโครงการนานกว่า 10 ปี ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จะพิจารณาอายุโครงการนี้ 10 ปี

8. อัตราภาษีรายได้ (%)

ตามที่รัฐบาลได้กำหนดอัตราภาษีเงินได้สำหรับบริษัทจดทะเบียนตามกฎหมายว่าด้วยตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย เท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ และสำหรับบริษัท หรือห้างหุ้นส่วนนิติบุคคล ซึ่งมิได้จดทะเบียนตามกฎหมายว่าด้วย ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยเท่ากับ 35%

ในการศึกษาครั้งนี้สมมุติให้โครงการดังกล่าวได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลโดยได้รับการยกเว้นภาษีรายได้

9. มูลค่าซาก

ในการศึกษาครั้งนี้ประมาณมูลค่าซากจากการศึกษาที่ผ่านมาของ Dileep(1988)ในกิจการที่ใกล้เคียงกันโดยให้เท่ากับ 1เปอร์เซนต์ของเงินลงทุน

3.12.2 <u>การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน</u>

จากรายการค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ของแต่ละโครงการสามารถนำมาประเมินค่าโครงการลงทุนเพื่อช่วยตัดสินใจในการเลือกโครงการ โดยเปรียบเทียบผลตอบแทนที่พึงได้รับจากการปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงระบบกับต้นทุนของเงินลงทุน ซึ่งหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจลงทุนในรายงานฉบับนี้ จะใช้หลักเกณฑ์ 2 วิธีด้วยกันคือ

1. วิธีการคำนวณค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)
2. วิธีการคำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน(Internal Rate of Return)

ในการคำนวณทั้ง 2 วิธีนี้ ไม่ว่าจะใช้วิธีใดก็ตามจะต้องอาศัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องคือ

1. เงินลงทุน (Investment Cost)
2. กระแสเงินสดรับสุทธิ (Net Cash flow)
3. อายุการใช้งานของเครื่องจักรที่ลงทุน (Life of Equipment)
4. อัตราส่วนลด (Discount Rate)

3.12.2.1 วิธีการคำนวณค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)

ในการลงทุนเปลี่ยนแปลงระบบ เพื่อให้เหมาะสมกับการผลิตไฟฟ้า เนื่องการจำหน่าย ผู้ลงทุนจะต้องจ่ายเงินลงทุนเริ่มแรกไปก่อนทันทีแต่รายได้สุทธิที่เป็นเงินสดนั้นจะได้รับมาเป็นงวด ๆ และเป็นระยะเวลายาวนานตลอดอายุของโครงการ ดังนั้น เพื่อให้การเปรียบเทียบรายได้จากการลงทุน กับเงินลงทุนเริ่มแรกให้ผลที่ถูกต้อง จึงต้องคำนวณ รายได้สุทธิที่เป็นเงินสดที่ได้รับมาเป็นงวด ๆ นั้น ให้เป็นค่าปัจจุบันทั้งหมดก่อน แล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกับเงินลงทุน ซึ่งถือว่าเป็นค่าปัจจุบันอยู่แล้ว ดังนั้น ค่าปัจจุบัน สุทธิคือ ผลต่างระหว่างค่าปัจจุบันของเงินสดที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละงวด ตลอดอายุของโครงการ กับค่าปัจจุบันของเงินสดจ่าย ออกไป ภายใต้ โครงการที่กำลังพิจารณา ณ.อัตราส่วนลด ที่ถือว่าเป็นอัตราค่าของทุน มีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$NPV = \sum_{t-1}^{n} \frac{ct}{(1+K)^{t}} - I$$

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)

Ct = กระแสเงินสดสุทธิ (บาท)

I = เงินลงทุนเริ่มต้น (บาท)

K = อัตราดอกเบี้ย (บาท)

t = อายุเครื่องจักร (ปี)

หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจก็จะนิจารณาจากค่าปัจจุบันสุทธิที่คำนวณได้ถ้า NPV มีค่าเป็นบวกหรือมากกว่าศูนย์ ก็ควรลงทุน และถ้า NPV มีค่าต่ำกว่า ศูนย์ก็ไม่ควรลงทุน

3.12.2.2 วิธีการคำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return) วิธีนี้เป็นการหาอัตราผลตอบแทน ที่สามารถจะนำเงินลงทุนไปลงทุนหาดอกผลโดยวิธีทบต้น ซึ่งจะทำให้จำนวนเงินลงทุนรอบทั้งหมดเท่ากับค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิที่ได้รับ จากการลงทุน ในอัตราดอกผลเดียวกับที่นำมาใช้หักลด โดยมีสูตรที่ใช้คำนวณ ๆ ดังนี้

$$o = \sum_{t-1}^{n} \frac{Ct}{(1+r)^{t}} - I$$

Ct = กระแสเงินสดสุทธิ (บาท)

I = เงินลงทุนเบื้องต้น (บาท)

n = อายุเครื่องจักร (ปี)

r = อัตราผลตอบแทนภายใน (%)

หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจก็จะพิจารณาจากอัตรา ผลตอบแทนภายใน (IRR) ที่คำนวณได้ โดยนำมาเทียบกับค่าของเงินลงทุนหรืออัตราส่วนลด ถ้า IRR สูงกว่าอัตราผลตอบแทนที่ฝังได้ก็ควรลงทุนในโครงการนั้น แต่ถ้า IRR ต่ำกว่าอัตราผลตอบแทนที่ฝังได้ก็ไม่ควรที่จะลงทุน

3.12.2.3 การเลือกข้อเสนอ(Selection Among Alternatives)

งานด้านวิศวกรรมหรือด้านธุรกิจ โดยทั่วไปแล้วย่อมจะมีทางเลือกในการแก้ปัญหาให้สำเร็จได้มากกว่า 1วิธี หรือ ทางเลือกข้อเสนอ (Alternative) ได้มากกว่า 1 ทาง ในงานวิจัยนี้กำหนดให้การจำแนกข้อเสนอเป็นแบบมิวโชวลลี เอ็กคูซีฟ (Mutually Exclusive) จะหมายถึงการเลือกข้อเสนอเพียงหนึ่งข้อเสนอจากข้อเสนอต่าง ๆ โดยที่ข้อเสนอเหล่านั้น อาจจะต้องใช้เงินลงทุนต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อความแตกต่างของค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ หรือรายรับ ตลอดจนอายุการใช้งานของโครงการ

การตัดสินใจสำหรับการเลือกเสนอจะอาศัยกฎเกณฑ์ต่าง ๆ กล่าวคือ ถ้าข้อเสนอใดที่ใช้เงินลงทุนต่ำ แต่ให้ผลในทางปฏิบัติเป็นที่น่าพอใจมักจะเป็นที่ยอมรับ นอกจากจะมีเหตุผลอื่น ๆ ที่ต้องเลือกข้อเสนอที่มีการลงทุนสูงกว่า

ภายใต้กฎเกณฑ์นี้จะกำหนดให้การลงทุนต่ำสุดเป็นแผนขั้นพื้นฐานในการเปรียบเทียบของข้อเสนอต่าง ๆ ข้อเสนอที่ต้องใช้เงินลงทุนเพิ่มขึ้นจะได้รับการพิจารณาและจะเป็นที่ยอมรับ เมื่อพิสูจน์ได้ว่ามีผลได้เปรียบ หรือให้ผลตอบแทนสูงตามที่ต้องการ การเพิ่มเงินลงทุนในข้อเสนอต่าง ๆ โดยปกติแล้วเพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มกำลังการผลิต เพิ่มรายได้ ลดค่าใช้จ่าย หรือเพิ่มอายุการใช้งานของทรัพย์สิน

จากเหตุผลต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วอาจสรุปได้ว่าการเพิ่มเงินลงทุน ก็เพื่อจะให้ได้มาซึ่งผลกำไรที่เพิ่มมากขึ้นนั่นเอง การเปลี่ยนแปลงของผลกำไรจะเป็นผลโดยตรงที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มเงินทุน ดังนั้นการวัดประสิทธิภาพของเงินลงทุนที่เพิ่มขึ้น จึงอยู่เหนืออัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่ต้องการ ถ้าผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มเงินลงทุนในข้อเสนอที่กำลังพิจารณาสูงกว่าที่ได้รับจากการเพิ่มเงินลงทุนจำนวนเดียวกันในโครงการอื่น เราก็จะยอมรับ

การลงทุนนั้น ในกรณีที่มีการเพิ่มเงินลงทุนแต่ไม่อยู่ในหลักเกณฑ์ที่กล่าวมาแล้ว เราจะเลือกข้อเสนอที่มีการลงทุนต่ำ

จากปรัชญาการลงทุนดังที่กล่าวมาแล้ว เราสามารถจะสรุปเป็นขั้นตอนสำหรับการเปรียบเทียบโครงการที่เป็นแบบ มิวโชวลลี่ เอ็กคูซีฟ ได้โดยวิธีอัตราผลตอบแทน ดังนี้

1. การเพิ่มเงินลงทุนในแต่ละครั้งจะต้องให้ผลตอบแทนสูงเพียงพอ
2. เปรียบเทียบข้อเสนอของการลงทุนที่สูงกว่ากับต่ำกว่าเมื่อได้มีการยอมรับข้อ เสนอที่มีการลงทุนต่ำกว่าแล้ว
3. เลือกข้อเสนอของโครงการที่ใช้เงินลงทุนสูงสุด ถ้าการเพิ่มเงินลงทุนในแต่ละขั้นให้ผลเป็นที่หน้าพอใจ

กฎเกณฑ์ในการเลือกข้อเสนอจะสมมติให้บริษัทสามารถลงทุนได้ เป็นจำนวนสูงสุดตราบใดที่อัตราผลตอบแทนของการเพิ่มเงินลงทุน สูงเพียงพอ ซึ่งอัตราผลตอบแทนที่สูงเพียงพอคืออัตราผลตอบแทนที่มีค่ามากกว่าอัตราผลตอบแทนอย่างต่ำสุดที่ต้องการ โครงงานศึกษานี้ให้อัตราผลตอบแทนอย่างต่ำที่สุด เท่ากับ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคารพาณิชย์ภาคผนวก ท แสดงอัตราดอกเบี้ยต่างๆประจำไตรมาสแรกของปี 2534 ซึ่งตัวเลขดังกล่าวถูกนำมาใช้ในการคำนวณในการศึกษาครั้งนี้

3.12.3 การประเมินผลด้านการเงินภายใต้ความไม่แน่นอน โดยการวิเคราะห์ความไว

ในการคาดคะเน ราคาวัตถุดิบ ราคาไฟฟ้า และปริมาณวัตถุดิบอาจเกิดความผิดพลาดได้ เพราะเป็นการคาดการณ์ล่วงหน้า และก็เช่นเดียวกับสมมุติฐานต่าง ๆ ที่ใช้ในการประมาณค่าของต้นทุนการผลิต เงินลงทุนในโครงการราคาขาย หรืออายุโครงการ อาจไม่ถูกต้องก็ได้ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากหลายประการ เช่น การตัดสินใจว่าจะลงทุนในโครงการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายโดยโรงงานน้ำตาลหรือไม่ อาจต้องคำนึงถึงนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าของรัฐควบคู่ไปกับการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยี และราคา เป็นต้น

การวิเคราะห์การลงทุน ภายใต้ความไม่แน่นอนต่าง ๆ นี้ จะต้องให้ความสนใจกับตัวแปรต่าง ๆ เหล่านี้คือ รายได้จากการขายไฟฟ้า ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า และเงินลงทุนในโครงการ ตัวแปรทั้ง 3 นี้มีอิทธิพลเกี่ยวข้องกับราคาขายและปริมาณการผลิต ดังนั้นตัวแปรซึ่งมีอิทธิพลต่อผลกำไรของโครงการจะต้องนำมาวิเคราะห์ความไม่แน่นอนโดยการวิเคราะห์ความไวต่อไป

การวิเคราะห์ความไวเป็นการวิเคราะห์ดูว่าสถานะทางการเงินของโครงการจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่จะมีผลกระทบต่อโครงการ เช่น ราคาไฟฟ้าที่จะผลิตจะต้องขายในราคาที่ต่ำกว่าที่คาดคะเนไว้หรือราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เป็นต้น สิ่งเหล่านี้มีผลกระทบโดยตรงต่อโครงการ ทำให้ผลตอบแทนการลงทุนของโครงการเปลี่ยนไป ดังนั้น เพื่อมิให้เป็นการเล็งผลเลิศในผลสำเร็จของโครงการสูงเกินไป และเพื่อลดอัตราเสี่ยงของโครงการ ซึ่งต้องทำการวิเคราะห์ความไว จากผลของการวิเคราะห์จะแสดงให้เห็นว่าโครงการมีความคล่องตัว และสามารถทนต่อความเสี่ยงได้มากน้อยเพียงใด

วิธีการวิเคราะห์ความไวให้ดำเนินตามขั้นตอนเหมือนกับการวิเคราะห์ด้านการเงินของโครงการ โดยสมมติให้มีการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ แล้วคำนวณผลตอบแทนที่โครงการจะได้รับใหม่ในด้านต่าง ๆ เช่น อัตราผลตอบแทนการลงทุน และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย