บทที่ 2

ความรู้พื้นฐานของระบบโคเจนเนอเรชัน

2.1 โคเจนเนอเรชันคืออะไร

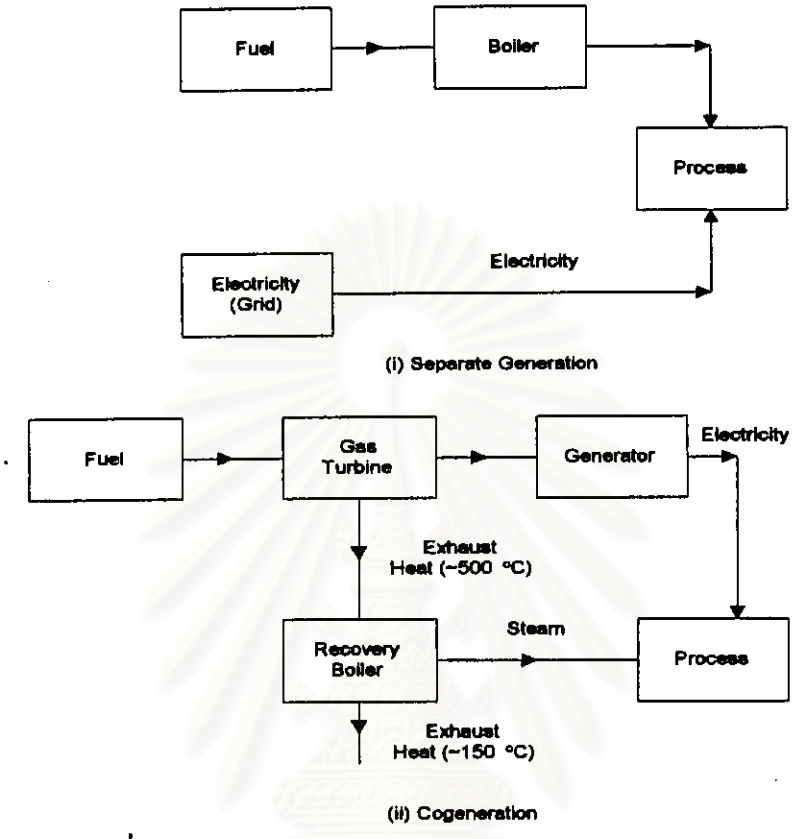
โคเจนเนอเรชัน (cogeneration) หมายถึง กระบวนการผลิตพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้สองรูปแบบตามลำดับ โดยใช้แหล่งพลังงานปฐมภูมิเดียว พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้สองรูปแบบประกอบไปด้วย พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน หรือ พลังงานกล และพลังงานความร้อน ส่วนลำดับของกระบวนการผลิตพลังงาน สามารถทำการผลิตพลังงานชนิดใดก่อน หรือหลังก็ได้

ตัวอย่างของโคเจนเนอเรชันเช่น อุตสาหกรรมที่จำเป็นต้องใช้ทั้งพลังงานไฟฟ้าและกระบวนการผลิตที่ต้องการใช้ไอน้ำที่มีความดันต่ำ ความแตกต่างระหว่างโคเจนเนอเรชัน และกระบวนการผลิตพลังงานแบบดั้งเดิม ที่มีการแยกการผลิตพลังงานสองรูปแบบแสดงได้ดังรูปที่ 2.1

จากรูปจะเห็นได้ว่า โคเจนเนอเรชันทำการผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้ในกระบวนการผลิต และนำพลังงานความร้อนที่เหลือจากไอเสียไปใช้ผลิตไอน้ำความดันต่ำเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป ส่วนกรณีระบบการผลิตแบบดั้งเดิมที่มีการแยกการผลิต จะทำการผลิตไอน้ำอย่างเดียว สำหรับพลังงานไฟฟ้าจะทำการซื้อจากการไฟฟ้า ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระบวนการผลิตแบบดั้งเดิมนั้นไม่เป็นการประหยัดพลังงานเนื่องจากทำการปล่อยไอน้ำ หรือไอเสียที่เหลือใช้จากการผลิตที่ยังมีความสามารถในการผลิตพลังงานอยู่ทิ้ง ออกสู่บรรยากาศแทนที่จะนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงงาน นอกจากนี้ยังเป็นปัญหาทางด้านมลภาวะให้กับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

จุดเด่นของโคเจนเนอเรชันได้แก่

1. จากการใช้พลังงานไฟฟ้าควบคู่กับพลังงานความร้อนในเวลาเดียวกัน ทำให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพรวมสูงขึ้น และประหยัดพลังงาน การผลิตไฟฟ้าของโรงจักรแบบเดิมที่ผ่านมา มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับประมาณ 39 % โดยอีก 61 % ที่เหลือจะอยู่ในรูปของความร้อนสูญเปล่า (waste heat) ที่ส่วนใหญ่จะถูกทิ้งลงทะเล หรือปล่อยทิ้งไปในบรรยากาศ นอกจากนี้ไฟฟ้าที่ผลิตได้ยังมีการสูญเสียในสายส่งอีกประมาณ 4 % กว่าจะส่งไปถึงผู้ใช้ ในความเป็นจริงจึงเหลือพลังงานที่ใช้ประโยชน์จริงเพียงประมาณ 35 % เท่านั้น [16]



รูปที่ 2.1 แสดงระบบผลิตแบบแยกการผลิต และระบบการผลิตแบบโคเจนเนอเรชัน

ในกรณีของระบบโคเจนเนอเรชันนั้น นอกจากจะใช้พลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 30-40% แล้ว ยังสามารถนำพลังงานความร้อนที่เหลือใช้กลับมาใช้ได้อีก 30-50 % ทำให้มีประสิทธิภาพรวมของการใช้พลังงานสูงถึง 70-80 % [16]

2. ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน โดยให้ผลคุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพรวมสูงขึ้น จึงเป็นการประหยัดพลังงานและลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงได้มาก เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ใช้พลังงานในการผลิตไฟฟ้าอย่างเดียว นอกจากนี้ยังช่วยลด Loss ที่เกิดในระบบส่ง และระบบจำหน่ายลงจากเดิมด้วย

3. เป็นการกระจายแหล่งพลังงาน ซึ่งเป็นหลักประกันแหล่งพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อนในกรณีฉุกเฉินได้เป็นอย่างดี ในกรณีที่มีการผลิตไฟฟ้าขึ้นใช้เองบางส่วนด้วยระบบโคเจนเนอเรชัน ผู้ใช้ไฟฟ้าจะมีแหล่งพลังงานถึงสองแหล่ง ดังนั้นในกรณีที่ไฟฟ้าจากกายนอกดับลงก็ยังสามารถจ่ายไฟฟ้าใช้เองได้ในส่วนที่จำเป็น นอกจากนี้ในสภาวะการณ์ในปัจจุบันซึ่งยังคงมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ประกอบกับการก่อสร้างโรงไฟฟ้าในชุมชนมีแนวโน้วที่จะมีปัญหามากขึ้น ในสภาวะการณ์เช่นนี้ หากมีการส่งเสริมให้มีการติดตั้งโคเจนเนอเรชัน

ให้กับอุตสาหกรรมต่างๆ ก็จะเป็นการเพิ่มเสถียรภาพให้กับระบบไฟฟ้ามากขึ้นโดยที่รัฐไม่ต้องทำการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าขึ้นเอง

4. ลดค่าพลังไฟฟ้า ราคาค่าไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะมาจากค่าความต้องการสูงสุด (Peak Demand) ทั้งนี้เพราะการจ่ายไฟฟ้าจะต้องมีอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่พอที่จะรับภาระสูงสุด (Maximun Load) ในกรณีที่ใช้ระบบโคเจนเนอเรชัน เพื่อผลิตไฟฟ้าใช้เองในช่วงที่เกิด Peak Demand ก็จะลดค่าความต้องการสูงสุดของไฟฟ้าที่ซื้อจากภายนอกได้

5. ช่วยลดปัญหาทางด้านมลภาวะสิ่งแวดล้อม เนื่องจากในปัจจุบันภาคพลังงานเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาโลกร้อนขึ้นเนื่องจากมีการปล่อยมลภาวะต่างๆ หลายอย่างออกสู่บรรยากาศ ดั้งนั้นในบางประเทศจึงมีมาตรการในการป้องกันมลภาวะแวดล้อมเช่น ต้องเสียภาษีคาร์บอน (Carbon tax) ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศเพื่อจำกัดมลภาวะจากภาคพลังงาน เทคโนโลยีของโคเจนเนอเรชันสามารถช่วยลดปัญหาทางด้านมลภาวะได้เนื่องจากเป็นระบบที่มีการใช้พลังงานปฐมภูมิน้อยกว่าระบบแบบดั้งเดิม

นอกจากข้อดีที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ระบบโคเจนเนอเรชันยังมีข้อดีอื่นๆอีกมาก อย่างไรก็ตาม การนำระบบโคเจนเนอเรชันมาใช้ยังมีปัญหาในรายละเอียดที่เกี่ยวเนื่องกับระบบจ่ายไฟฟ้าอีกหลายประการเช่น โคเจนเนอเรชันบางกรณีไม่สามารถที่จะทำ unit commitment เหมือนกับโรงไฟฟ้าของรัฐได้เนื่องจาก เราไม่สามารถควบคุมได้เหมือนกับโรงไฟฟ้าของรัฐ นอกจากนี้ในการเกิดความผิดพล่องโดยส่วนมากเป็นแบบชั่วคราว (Temporary fault) ระบบกริดของการไฟฟ้าโดยปกติจะมีอุปกรณ์ reclosures ที่ใช้ในการตัดกระแสฟอลต์ และหลังจากนั้นจะทำการต่อวงจรเหมือนเดิมหลังจากช่วงระยะเวลาหนึ่ง ในกรณีที่ยังไม่สามารถทำการเคลียร์ฟอลต์ที่เกิดขึ้นได้ เซอร์กิตเบรกเกอร์ก็จะทำการเปิดวงจรเพื่อตัดฟอลต์ออกไป กระบวนการตัดกระแสฟอลต์ และทำการจ่ายโหลดนี้จะทำซ้ำหลายครั้ง จนในที่สุดถ้ายังไม่มีการเคลียร์ฟอลต์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ก็จะทำการเปิดวงจรแบบถาวรตลอดไป การใช้ reclosure นี้เป็นปัญหาสำหรับแหล่งจ่ายพลังงานแบบแอกทีพ ที่ต่ออยู่กับระบบของการไฟฟ้า เนื่องจากในช่วงที่เกิดการแยกวงจรระบบกริดของการไฟฟ้ายังคงมีความถี่ 50 Hz อยู่ ในขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอินดักชันจะเกิดการหยุด synchronize ทำให้สูญเสียแหล่งจ่ายกระแส magnitizing จึงทำให้ทั้งแรงดันเอาท์พุท และความถี่เกิดการเปลี่ยนแปลง เมื่อ reclosure ทำการต่อวงจรกลับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมีแรงดันที่แตกต่างไปจากของระบบกริดของการไฟฟ้า ความแตกต่างทางด้านความถี่และทางด้านแรงดันอาจมีค่ามากถึงแม้ว่าจะมีเกิดเอาท์เตจเพียงระยะสั้นไม่กี่วินาทีก็ตาม จึงทำให้เกิด High Transient Currents เข้าสู่ระบบกริดได้ ถึงแม้ว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ synchronous จะสามารถรักษาระดับแรงดันได้ในช่วงระยะ

เวลาสั้นๆ ก็อาจเกิดความต่างเฟสได้เหมือนกัน ดังนั้นในทางปฏิบัติจะทำการตัดวงจรออกจากระบบในทันทีที่เกิดการสูญเสียแรงดันจนกว่าระบบกริดของการไฟฟ้าสามารถเตลียร์ฟลอต์เรียบร้อย แล้วจึงทำการ synchronize เข้ากับระบบกริดเหมือนเดิม ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงต้องทำการติดต่อประสานงานอย่างใกล้ชิดกันทั้งสองฝ่าย

ในบทนี้เราจะทำการพิจารณาเฉพาะปัจจัยทางเทคนิคที่สำคัญ ของโคเจนเนอเรชันเท่านั้น ส่วนกรณีปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ การเงิน และอื่นๆ สามารถอ่านได้จากหนังสือโคเจนเนอเรชันที่ให้ไว้ในภาคผนวกท้ายเล่ม [8,9,15,16]

2.2 การแบ่งประเภทของระบบโคเจนเนอเรชัน

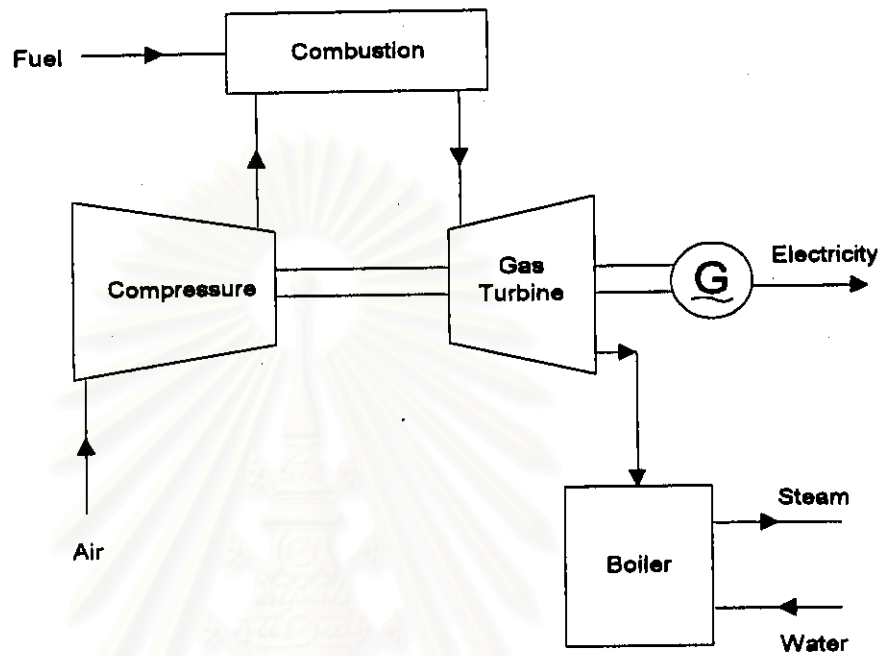
เราสามารถทำการแบ่งระบบโคเจนเนอเรชันออกได้หลายวิธี วิธีที่ใช้มากที่สุดนั้นจะทำการแบ่งตามลำดับขั้นของการใช้พลังงาน prime mover และการทำงานของระบบ [8]

2.2.1 การแบ่งชนิดตามลำดับขั้นของการใช้พลังงาน (Sequence of Energy Use)

โคเจนเนอเรชันบางครั้งจะนิยามว่าเป็นกระบวนการผลิตพลังงานทั้งความร้อน และพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานกล พร้อมกัน เมื่อพิจารณาในด้านลำดับของการใช้พลังงานแล้วเราจะสามารถทำการแยกออกเป็นสองชนิดได้ดังนี้

1.) Topping-Cycles Cogeneration

โคเจนเนอเรชันแบบ topping cycle คือระบบโคเจนเนอเรชันที่นำเอาพลังงานความร้อนมาผลิตพลังงานกลหรือพลังงานไฟฟ้าก่อนที่จะส่งพลังงานความร้อนที่เหลือเข้าไปใช้ในกระบวนการผลิต พลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตนี้เป็นชนิดพลังงานความร้อนเกรดต่ำ คือเป็นลักษณะ low pressure และ low temperature ตัวอย่างของการใช้พลังงานความร้อนเกรดต่ำนี้ได้แก่ กระบวนการทำความร้อนและความเย็นที่ใช้ในอาคาร (Space heating and cooling) กระบวนการผลิตที่เกี่ยวกับการทำให้แห้ง (Drying) กระบวนการผลิตที่เกี่ยวกับการทำสารให้เจือจางหรือเข้มข้น (Distillation and concentration) ตัวอย่างของระบบ topping cycle cogeneration โดยใช้ gas turbine เป็น prime mover แสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ระบบโคเจนเนอเรชันแบบ Topping Cycle with Gas Turbine

นอกจาก gas turbine แล้ว steam turbine และ internal combustion engines ยังสามารถใช้เป็น prime movers ให้กับระบบโคเจนเนอเรชันแบบ topping cycle ได้อีกด้วย รูปแบบทั่วไปของระบบโคเจนเนอเรชันแบบ topping cycles ที่ใช้ในทางอุตสาหกรรมได้แก่

- Boiler / Steam turbine
- Gas turbine / Waste heat recovery boiler (or heat exchanger)
- I.C. engine / Waste heat recovery boiler (or heat exchanger)
- Gas turbine / Waste heat recovery boiler / Steam turbine

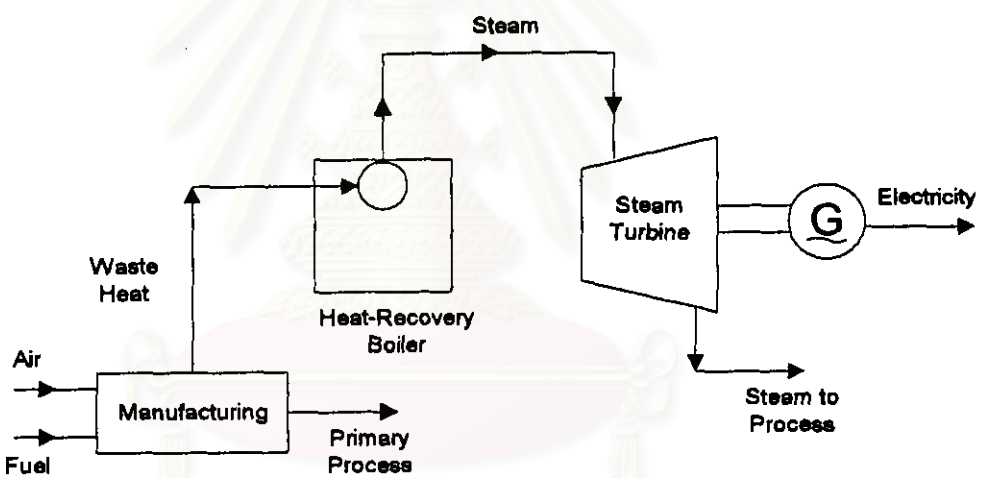
รูปแบบสุดท้ายนี้โดยทั่วไปจะเรียกว่าระบบพลังความร้อนร่วม Combined Cycle เป็นระบบที่นิยมใช้เนื่องจากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กับโรงไฟฟ้าได้มากขึ้น

ตัวอย่างของระบบโคเจนเนอเรชันแบบ topping cycle ในประเทศไทยที่นิยมใช้ได้แก่ อุตสาหกรรมการผลิตอาหาร (Food processing) อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ (Pulp and paper industry) และ อุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นต้น

2.) Bottoming-Cycles Cogeneration

ระบบโคเจนเนอเรชันแบบ bottoming cycle คือระบบโคเจนเนอเรชันที่ผลิตความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตก่อน หลังจากมีการใช้ความร้อนไปในกระบวนการผลิตแล้ว ความ

ร้อนส่วนที่เหลือจะถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์โดยนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้า หรือพลังงานกล อาจพูดได้อีกทางหนึ่งว่าระบบโคเจนเนอเรชันแบบ bottoming cycle เป็นระบบที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานกลจากพลังงานเกรดต่ำ ที่เหลือใช้จากกระบวนการผลิต พลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตเป็นพลังงานความร้อนแบบเกรดสูง (high grade) คือมีความดันสูง และมีความร้อนสูงนั่นเอง ตัวอย่างของการใช้พลังงานความร้องเกรดสูงได้แก่ อุตสาหกรรมโลหะพื้นฐาน เช่น โรงงานผลิตโลหะอลูมิเนียม ทองแดงและเหล็ก เป็นต้น อุตสาหกรรมอโลหะ เช่น อุตสาหกรรมซีเมนต์ แก้วและเซรามิกส์ เป็นต้น และอุตสาหกรรมโลหะแปรรูป เช่น การรีดเหล็ก การหล่อเหล็ก และการขึ้นรูปโลหะ เป็นต้น ตัวอย่างของระบบโคเจนเนอเรชันแบบ bottoming cycle โดยใช้ steam turbine เป็น prime mover แสดงได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ระบบโคเจนเนอเรชันแบบ Bottoming Cycle with Steam Turbine

รูปแบบทั่วไปของระบบโคเจนเนอเรชันแบบ bottoming cycle ที่ใช้ในทางอุตสาหกรรมได้แก่

- Steam Bottoming Systems
- Organic Fulid Bottoming Systems

โดยปกติระบบ steam bottoming systems จะได้รับการเลือกใช้ต่อเมื่อมี exhaust steam ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 250°C ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าค่าดังกล่าวมักนิยมใช้ organic fulid ที่มีอุณหภูมิจุดเดือด (boiling point) ต่ำกว่าน้ำ organic fluid ที่นิยมใช้กันได้แก่ R-11 R-113 R-114 แอมโมเนีย และ pyridine-water mixture [8]

2.2.2 การแบ่งชนิดโดยใช้ prime mover เป็นเกณฑ์

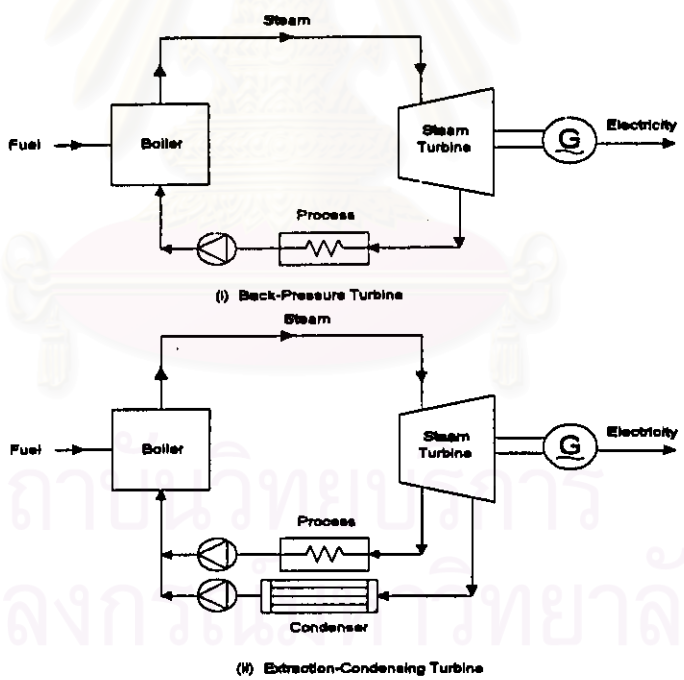
ระบบโคเจนเนอเรชันในบางครั้งจะแยกตามชนิดของ prime mover ที่ใช้ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น steam turbine gas turbine combined cycle และ internal combustion engine

1.) Steam Turbine Cogeneration System

ระบบโคเจนเนอเรชันที่ใช้ steam turbine เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง และนิยมใช้กันทั่วไปทั้งรูปแบบ topping cycle และ bottoming cycle

ระบบโคเจนเนอเรชันแบบ topping cycle ที่ใช้ steam turbine ที่นิยมใช้ได้แก่

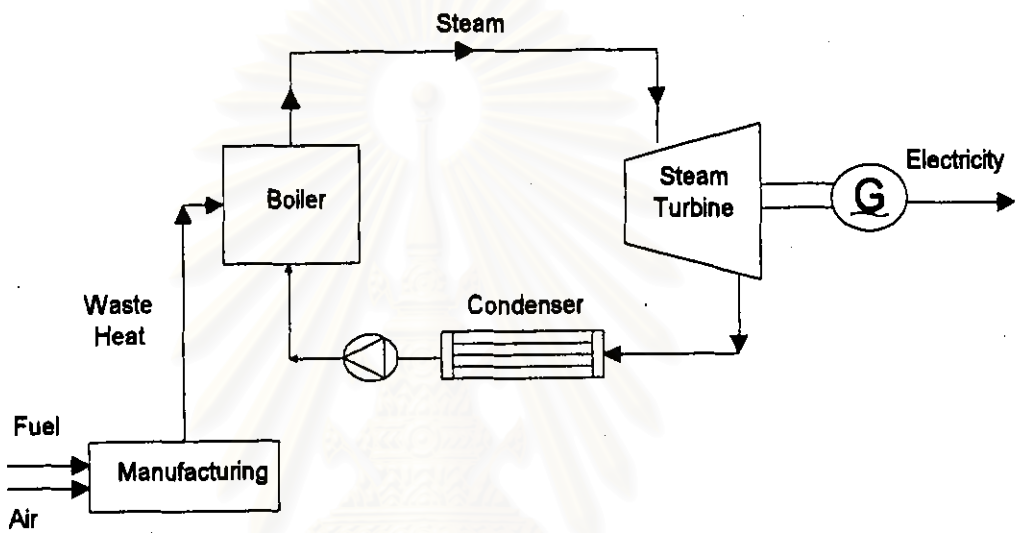
- Back-pressure turbine
- Extraction-condensing turbine



รูปที่ 2.4 แสดงไดอะแกรมของระบบโคเจนเนอเรชันแบบ Back-Pressure Turbine และ Extraction Condensing Turbine

เงื่อนไขการเลือกใช้งานระบบขึ้นอยู่กับ ปริมาณความต้องการกำลังไฟฟ้า และ พลังงานความร้อนสำหรับกระบวนการผลิต คุณภาพของพลังงานความร้อน และปัจจัยทางด้านการเงิน สำหรับจำนวนจุดที่จะนำ (Tap) เอาปริมาณความร้อนออกมาใช้งาน (extraction points) นั้นขึ้นอยู่

กับระดับอุณหภูมิที่ต้องการใช้ในกระบวนการผลิต เช่นกรณีกระบวนการผลิตที่ต้องการใช้ระดับของอุณหภูมิสองระดับ เราจะใช้ระบบที่เรียกว่า extraction-back pressure turbine ส่วนกรณีระบบโคเจนเนอเรชันแบบ bottoming cycle ที่ใช้ full-condensing steam turbines แสดงไว้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ระบบโคเจนเนอเรชันแบบ bottoming cycle with fully-condensing steam turbine

ข้อดีของระบบโคเจนเนอเรชันที่ใช้ steam turbine คือสามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด เช่นถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน และ ชีวมวล (biomass) ระบบโคเจนเนอเรชันที่ใช้ steam turbine สามารถให้พลังงานความร้อน (kJ) ต่อ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kW-h) มากกว่าระบบโคเจนเนอเรชันชนิดอื่น ระบบ steam turbine นี้นิยมใช้ในกรณีที่มี demand มากกว่า 1 MW จนถึงไม่กี่ร้อย MW

2.) Gas Turbine Cogeneration System

ระบบโคเจนเนอเรชันแบบใช้ gas turbine จะทำการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่จำเป็นต้องใช้ในกระบวนการผลิต ส่วนพลังงานความร้อนจากปล่องไอเสีย (exhaust stack) จะถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตซึ่งมีได้หลายรูปแบบเช่น ไอร้อน (Hot air) ของเหลวร้อน (Hot fluid) และไอน้ำ

ปัจจุบัน gas turbine cogeneration system นิยมใช้ในทางอุตสาหกรรมมากขึ้นเนื่องจาก มีค่าใช้จ่ายทางด้านต้นทุนต่ำ และประสิทธิภาพทางด้านสิ่งแวดล้อมดีกว่าระบบอื่น

ข้อดีของระบบโคเจนเนอเรชันที่ใช้ gas turbine

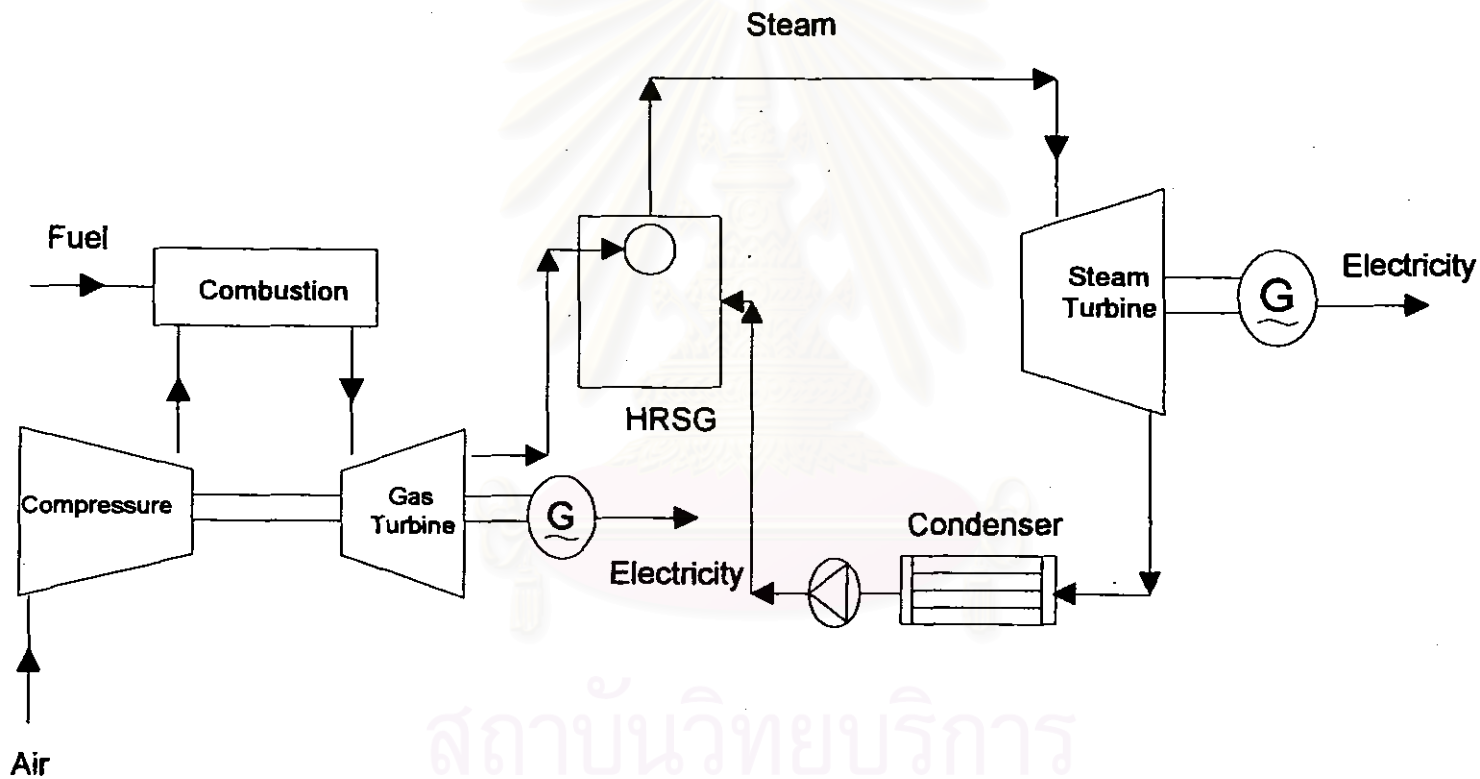
- โครงสร้างมีลักษณะกระทัดรัด
- ค่าใช้จ่ายต่อกิโลวัตต์ในการติดตั้งต่ำ
- ไอเสียที่ออกจาก turbine มีลักษณะ แห้งและสะอาดดังนั้นจึงสามารถรักษามาตรฐานทางด้านมลภาวะได้
- เป็นระบบที่มีความเชื่อถือได้สูง และการบำรุงรักษาทำได้ง่าย
- เวลาที่ใช้ในการเดินเครื่องต่ำและยังสามารถใช้งานแบบ intermittent ได้อีกด้วย

เชื่อเพลิงที่ใช้สำหรับ gas turbine cogeneration system ได้แก่ natural gas LPG และน้ำมันดีเซล ขนาดกำลังไฟฟ้าที่นิยมใช้ระบบนี้อยู่ในช่วง 0.1 ถึง 100 MW

3.) Combined Cycle Cogeneration System

ระบบโคเจนเนอเรชันแบบ combined cycle นี้ประกอบไปด้วย gas turbine steam turbine และ heat recovery steam generator (HRSG) ระบบนี้ใช้เมื่อต้องการ พลังงานไฟฟ้ามากกว่า พลังงานความร้อน ไดอะแกรมทั่วไปของระบบ combined cycle cogeneration system แสดงดังรูปที่ 2.6

จากรูปจะเห็นว่าไอเสียที่ออกจาก gas turbine จะนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำโดยใช้ heat recovery steam generator (HRSG) ไอน้ำที่ได้นำไปผ่าน back-pressure steam turbine หรือ extraction-condensing steam turbine เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพิ่มเติม exhaust steam หรือ extracted steam จาก steam turbine ยังสามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตได้อีกด้วย ระบบโคเจนเนอเรชันแบบ combined cycle จึงมักนิยมใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากมีประสิทธิภาพทางด้านพลังงานความร้อนสูง (high overall thermal efficiency)



รูปที่ 2.6 แสดงไดอะแกรมของระบบโคเจนเนอเรชันแบบ Combined Cycle

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.) Internal Combustion (I.C.) Engine Cogeneration System

ระบบโคเจนเนอเรชันแบบใช้ I.C. engine เหมาะสำหรับ ระบบที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนไม่มากนัก พลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกลโดย rotating crankshaft เพื่อนำไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ส่วนพลังงานความร้อนได้มาจากความร้อนของน้ำมันหล่อลื่น ระบบน้ำหล่อเย็น และไอเสียที่ได้จากเครื่องยนต์ ตัวอย่างของระบบโคเจนเนอเรชันแบบ I.C. engine ได้แก่ Otto engines และ Diesel enginesประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของ I.C. engines จะมีค่าสูง ประมาณ 33-40% เมื่อเปรียบเทียบกับ primer mover ชนิดอื่น ข้อเสียของ I.C. engine คือต้องการการบำรุงรักษาอย่างมากเนื่องจากการสึกหรอของเครื่องยนต์

เชื้อเพลิงที่ใช้กรณีของ Otto cycle engine ได้แก่ gasoline หรือ gaseous fuel ในปัจจุบัน gas engine ที่ใช้เชื้อเพลิงแบบ biogas มีการขยายตัวทางด้านการตลาดมากขึ้น ประสิทธิภาพของ Otto cycle โดยทั่วไปจะต่ำกว่ากรณี Diesel cycle เนื่องจากค่าอัตราส่วนการอัด (compression ratio) ของ Otto engine จะถูกจำกัดเพื่อป้องกันการเกิด pre-ignition ขนาดกำลังไฟฟ้าที่นิยมอยู่ในช่วง 50 kW ถึง 50 MW

2.2.3 การแบ่งชนิดโดย Operating Scheme

ระบบโคเจนเนอเรชันสามารถแยกชนิดตามลักษณะการทำงานของระบบที่ออกแบบไว้ได้ดังนี้

1.) Base Electrical Load Matching

กรณีนี้จะทำการเลือกขนาดของโคเจนเนอเรชันให้สามารถจ่ายโหลดไฟฟ้าฐาน (Base load) ที่ต้องการได้ โดยพิจารณาจากข้อมูล demand curve ที่เก็บไว้ในอดีต ส่วนพลังงานไฟฟ้าที่เหลือจะทำการซื้อจากการไฟฟ้า สำหรับกรณีพลังงานความร้อนที่ต้องการสามารถผลิตได้จากระบบโคเจนเนอเรชันทั้งหมด หรือได้จาก auxiliary boiler ถ้าพลังงานความร้อนที่ผลิตได้จากกรณีนี้เหลือใช้ ยังสามารถทำการขายให้กับลูกค้ารายอื่นที่อยู่ใกล้ได้อีกด้วยถ้าทำได้

2.) Base Thermal Load Matching

กรณีนี้จะทำการเลือกระบบโคเจนเนอเรชันให้สามารถจ่ายพลังงานความร้อนตามค่าที่ต้องการต่ำสุดได้ ส่วนช่วงเวลาที่ต้องการใช้พลังงานความร้อนเพิ่มมากขึ้นก็สามารถใช้ standby-boiler หรือ burners เพิ่มเติมโดย prime mover จะทำงาน full load ตลอดเวลา ถ้าความ

ต้องการไฟฟ้ามีค่าเกินกว่าที่สามารถผลิตได้จะทำการซื้อจากการไฟฟ้า เช่นเดียวกับกรณีก่อน ถ้ามีการผลิตไฟฟ้าเกินความต้องการยังสามารถทำการขายให้กับการไฟฟ้าได้อีกด้วย

3.) Electrical Load Matching

กรณีนี้ระบบการผลิตไฟฟ้าจะเป็นลักษณะแยกแบบอิสระจากระบบของการไฟฟ้า ในการเลือกขนาดของโคเจนเนอเรชันจะทำการพิจารณา กำลังผลิตสำรอง (reserve) ที่จำเป็นในช่วงที่ทำการบำรุงรักษา (scheduled and unscheduled maintenance) ระบบนี้เราอาจเรียกได้อีกอย่างว่าเป็นระบบ stand-alone system ถ้าความต้องการพลังงานความร้อนมีค่าสูงเกินกว่าที่สามารถผลิตได้ จะใช้ auxiliary boiler ช่วยผลิตเพิ่มเติม ในทางกลับกัน ถ้ามีพลังงานความร้อนเหลือใช้จากการผลิตยังสามารถขายให้กับลูกค้าที่อยู่ใกล้เคียงถ้าทำได้

4.) Thermal Load Matching

กรณีนี้จะออกแบบโคเจนเนอเรชันให้สามารถจ่ายพลังงานความร้อนที่ต้องการได้ตลอด prime mover จะทำงานตามความต้องพลังงานความร้อน ในช่วงเวลาที่ต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่าที่ทำการผลิตได้ จะทำการซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าแทน ในทางกลับกันถ้ามีการผลิตพลังงานไฟฟ้าเหลือใช้สามารถทำการขายให้กับการไฟฟ้าได้อีกด้วย

2.3 พารามิเตอร์ทางเทคนิคที่สำคัญในการเลือกระบบโคเจนเนอเรชัน

ในการเลือกระบบโคเจนเนอเรชัน พารามิเตอร์ทางเทคนิคเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นลำดับแรก เนื่องจากเป็นตัวกำหนดชนิด และลักษณะการทำงานของระบบโคเจนเนอเรชัน พารามิเตอร์ที่สำคัญได้แก่

1.) Heat-To-Power Ratio

อัตราส่วนค่าพลังงานความร้อนต่อค่าพลังงานไฟฟ้า มักมีหน่วยเป็น Btu/kWh หรือ kcal/kWhหรือ lb/hr/kW ฯลฯ เป็นค่าที่สะท้อนให้เห็นถึงความต้องการพลังงานความร้อนต่อพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการของโรงงานโดยมากมักนิยมให้มีหน่วยทางพลังงานเหมือนกัน เช่น kW

ค่า heat-to-power ratio เป็นพารามิเตอร์ทางเทคนิคที่สำคัญที่สุดในการเลือกชนิดของระบบโคเจนเนอเรชัน ค่า heat-to-power ratio ของโรงงานควรสอดคล้องกับระบบโคเจนเนอเร

ชันที่จะใช้งานตารางที่ 2.1 แสดงค่า heat-to-power ratio ของระบบโคเจนเนอเรชันแบบต่างๆจาก ตารางจะพบว่า steam turbine cogeneration system มีช่วงกว้างของ heat-to-power ratio มากที่สุด

ตารางที่ 2.1 แสดงค่า Heat-to-Power Ratio พื้นฐานและค่าพารามิเตอร์อื่นของระบบโคเจนเนอเรชัน [8]

Cogeneration System	Basic Heat-To-Power Ratio (kWth/kWe)	Power Output (% of Fuel Imput)	Overall Efficiency (%)
Back-Pressure Steam Turbine	4.0-14.3	14-28	84-92
Extraction-Condensing Steam Turbine	2.0-10.0	22-40	60-80
Gas Turbine	1.3-2.0	24-35	70-85
Combined Cycle	1.0-1.7	34-40	69-83
I.C. Engine	1.1-2.5	33-53	75-85

2.) ความต้องการทางด้านคุณภาพของพลังงานความร้อน

คุณภาพทางด้านพลังงานความร้อนที่ต้องการ ได้แก่ อุณหภูมิ และความดัน เป็นตัวกำหนดชนิดของระบบโคเจนเนอเรชัน ตัวอย่างเช่น โรงงานน้ำตาลต้องการใช้พลังงานความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 120°C ดังนั้นจึงเลือกระบบโคเจนเนอเรชันแบบ topping cycle กรณีโรงงานซีเมนต์ต้องการพลังงานความร้อนที่อุณหภูมิ ประมาณ 1450°C ดังนั้นจึงเลือกระบบโคเจนเนอเรชันแบบ bottoming cycle เนื่องจากสามารถผลิตพลังงานความร้อนคุณภาพสูงและยังสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าให้กับโรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย

3.) ลักษณะกราฟโหลดของพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า (Load Patterns)

ลักษณะกราฟโหลดของพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้ามีผลกระทบต่อการเลือกชนิดและขนาด ของระบบโคเจนเนอเรชัน ดังนั้นระบบที่มี load pattern ของ heat และ power ต่างกันจะทำให้ระบบโคเจนเนอเรชันต่างกันทั้งชนิดและขนาดของโคเจนเนอเรชัน

4.) เชื้อเพลิง ที่มีความพร้อมใช้งาน

ระบบโคเจนเนอเรชันในบางระบบอาจจะต้องยกเลิกเนื่องจากเชื้อเพลิงที่จะใช้สำหรับโคเจนเนอเรชันเช่น กรณีมีเชื้อเพลิงที่เป็นของเสียเหลือใช้ราคาถูกเช่น เปลือกข้าวของโรงงานสีข้าว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ระบบโคเจนเนอเรชันชนิดที่ใช้ steam turbine เนื่องจากมีเชื้อเพลิงที่เป็นเปลือกข้าวอยู่จำนวนมากจึงเหมาะสมที่จะใช้ในการทำ steam มากกว่าที่จะใช้ระบบอื่น

5.) ความเชื่อถือได้ของระบบ

กรณีโรงงานต้องการพลังงานไฟฟ้า และ/หรือ พลังงานความร้อนที่มีความเชื้อถือได้สูง เช่น อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ เป็นอุตสาหกรรมที่ไม่สามารถขาดไอน้ำที่จะใช้ในกระบวนการผลิตดังนั้นระบบโคเจนเนอเรชันที่จะใช้ควรเป็นชนิดที่มีลักษณะเป็นแบบ modular เช่น ประกอบ ด้วยหลาย unit เพื่อว่าถ้ามีการหยุดทำงานในยูนิตใดยูนิตหนึ่งยังไม่ส่งผลกระทบต่อที่ทั้งระบบ

6.) ระบบกริดแบบอิสระหรือไม่อิสระ

ระบบไม่อิสระ (Dependent System) หมายถึงระบบที่สามารถเข้าถึงกริด และสามารถทำการซื้อหรือขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าได้ ส่วนระบบอิสระ (Independent System) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าเป็นระบบแบบ stand-alone ซึ่งเป็นระบบที่ต้องออกแบบให้สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโรงงานได้เองทั้งหมดเนื่องจากไม่สามารถทำการซื้อหรือขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าได้ ดังนั้นเมื่อเปรียบการใช้พลังงานที่เท่ากัน ระบบโคเจนเนอเรชันที่ใช้กับระบบ Independent System จะถูกออกแบบให้ต่างจากกรณีที่ใช้กับระบบ Dependent system

7.) การปรับปรุงจากระบบเดิมที่มีอยู่ (Retrofit) หรือทำการติดตั้งใหม่ทั้งหมด

ถ้าระบบโคเจนเนอเรชันที่จะติดตั้งเป็นแบบการปรับปรุงจากระบบเดิมที่มีอยู่ จะต้องออกแบบให้สอดคล้องกับระบบการเปลี่ยนแปลงพลังงานเดิม (Energy conversion) ที่ใช้อยู่ เช่น หม้อไอน้ำ ที่ยังคงสามารถใช้งานได้ ดังนั้นในกรณีนี้จำนวนทางเลือกของระบบโคเจนเนอเรชันจะขึ้นอยู่กับว่าเป็นระบบที่ปรับปรุงจากระบบเดิมที่มีอยู่หรือเป็นการติดตั้งใหม่ทั้งหมดนั่นเอง

8.) การรับซื้อไฟฟ้าคืน

การพิจารณาทางเทคนิคของระบบโคเจนเนอเรชันจะต้องพิจารณาถึงกฎเกณฑ์ในการที่จะขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้า ชนิดและขนาดของระบบโคเจนเนอเรชันจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการอนุญาตให้สามารถขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าได้หรือไม่ด้วย

9.) กฎหมายเกี่ยวกับทางด้านสิ่งแวดล้อม

กฎเกณฑ์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเป็นตัวจำกัดชนิดของเชื้อเพลิงที่จะใช้ในระบบโคเจนเนอเรชันที่เสนอไว้ กรณีที่มีมาตราการณ์ที่เข้มงวดมากจะทำให้ไม่สามารถใช้เชื้อเพลิงบางชนิดได้ เนื่องจากจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในด้านการป้องกันหรือบำบัดไอเสียที่จะปล่อยออกสู่บรรยากาศสูง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย