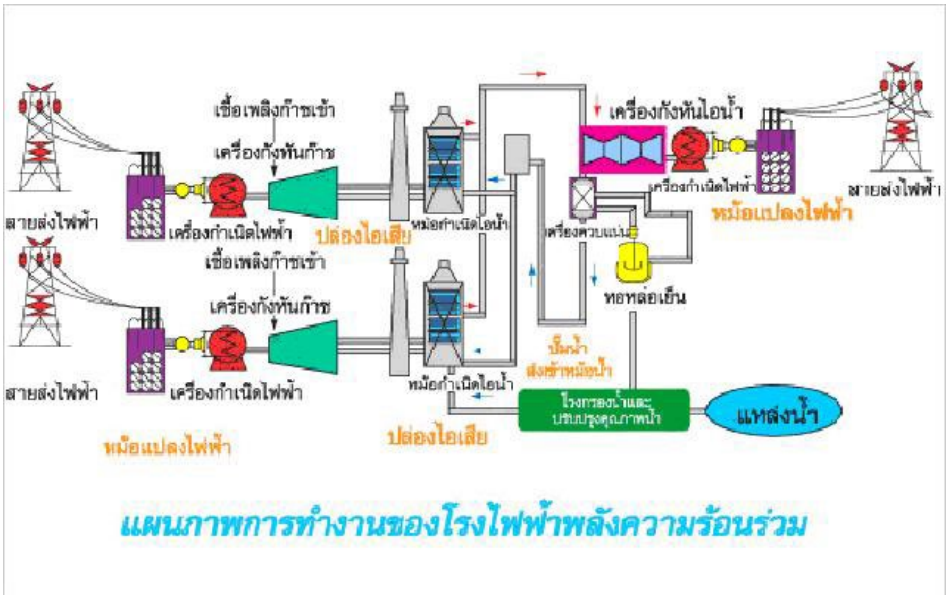
บทที่ 5
โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม
Combined Cycle Power Plant

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Combined Cycle Power Plant) ถือเป็นหนึ่งในนวัตกรรมที่สำคัญที่สุดในวงการผลิตไฟฟ้า ซึ่งเกิดขึ้นจากการนำเอาจุดเด่นของโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซและโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำมาผสมผสานเข้าด้วยกันอย่างชาญฉลาด แนวคิดหลักอยู่ที่การใช้ประโยชน์จากก๊าซร้อนที่เหลือทิ้งจากกังหันก๊าซ ซึ่งในอดีตจะปล่อยออกสู่บรรยากาศโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ แต่ในระบบพลังความร้อนร่วมจะนำก๊าซร้อนที่มีอุณหภูมิ 400-600 องศาเซลเซียสนี้ไปผลิตไอน้ำในหม้อกำเนิดไอน้ำ (Heat Recovery Steam Generator - HRSG) เพื่อขับเคลื่อนกังหันไอน้ำอีกครั้งหนึ่ง วิธีการนี้ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจาก 30-35% ในระบบกังหันก๊าซธรรมดา ขึ้นไปเป็น 50-60% ในระบบพลังความร้อนร่วม ซึ่งถือเป็นก้าวกระโดดที่สำคัญในด้านการประหยัดเชื้อเพลิงและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การพัฒนาเทคโนโลยีนี้เริ่มต้นในช่วงทศวรรษ 1970 และ 1980 เมื่อราคาน้ำมันเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก ทำให้ผู้ผลิตไฟฟ้าต้องหาวิธีการใช้เชื้อเพลิงให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จนปัจจุบันเทคโนโลยีนี้ได้กลายเป็นมาตรฐานในการสร้างโรงไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงหลักทั่วโลก

การออกแบบและการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมต้องอาศัยความเข้าใจในหลักการทางเทอร์โมไดนามิกส์อย่างลึกซึ้ง และการประสานงานระหว่างระบบต่างๆ อย่างแนบแน่น ระบบประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญหลายส่วน เริ่มต้นด้วยเครื่องกังหันก๊าซที่ทำงานตามวัฏจักรเบรย์ตัน เพื่อผลิตไฟฟ้าส่วนแรก จากนั้นก๊าซไอเสียที่ยังมีความร้อนสูงจะไหลเข้าสู่หม้อกำเนิดไอน้ำที่มีการออกแบบพิเศษ ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ เช่น Economizer สำหรับอุ่นน้ำป้อน Evaporator สำหรับผลิตไอน้ำอิ่มตัว และ Superheater สำหรับเพิ่มอุณหภูมิไอน้ำให้สูงขึ้น ไอน้ำที่ผลิตได้จะถูกส่งเข้าสู่เครื่องกังหันไอน้ำที่ทำงานตามวัฏจักรแรงคิน เพื่อผลิตไฟฟ้าส่วนที่สอง ความซับซ้อนของระบบยิ่งเพิ่มขึ้นเมื่อพิจารณาถึงรูปแบบต่างๆ ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม เช่น แบบแกนเดียว (Single Shaft) ที่กังหันก๊าซและกังหันไอน้ำอยู่บนเพลาเดียวกัน และแบบหลายแกน (Multi-shaft) ที่มีกังหันก๊าซหลายตัวทำงานร่วมกับกังหันไอน้ำตัวเดียว นอกจากนี้ยังมีระบบโคเจเนอเรชัน (Cogeneration) ที่สามารถผลิตทั้งไฟฟ้าและความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรม ความยืดหยุ่นในการเดินเครื่องก็เป็นจุดเด่นอีกประการหนึ่ง โดยสามารถเลือกเดินเครื่องเพียงกังหันก๊าซเมื่อต้องการไฟฟ้าเพียงเล็กน้อย หรือเดินเครื่องทั้งระบบเมื่อต้องการกำลังการผลิตสูงสุด

หน่วยเรียนนี้จะพานักศึกษาเข้าสู่โลกของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าที่ทันสมัยและมีความสำคัญสูงที่สุดในปัจจุบัน โดยเริ่มจากการทำความเข้าใจหลักการพื้นฐานของการรวมวัฏจักรเบรย์ตันและวัฏจักรแรงคิน การวิเคราะห์ทางเทอร์โมไดนามิกส์เพื่อเข้าใจการถ่ายโอนพลังงานและการเพิ่มประสิทธิภาพ การศึกษาส่วนประกอบสำคัญต่างๆ โดยเฉพาะหม้อกำเนิดไอน้ำที่เป็นหัวใจของการเชื่อมต่อระหว่างสองระบบ และการเปรียบเทียบระหว่างแบบ Topping Cycle และ Bottoming Cycle เพื่อเข้าใจการประยุกต์ใช้ที่แตกต่างกัน การศึกษาระบบโคเจเนอเรชันจะช่วยให้เข้าใจถึงการใช้ประโยชน์จากพลังงานอย่างครบวงจร ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการประหยัดพลังงานและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์ข้อดีและข้อเสียจะช่วยให้เข้าใจถึงข้อจำกัดและความท้าทายในการออกแบบและดำเนินงาน การศึกษากรณีตัวอย่างของโรงไฟฟ้าในประเทศไทย เช่น โรงไฟฟ้าน้ำพอง วังน้อย จะนะ และพระนครเหนือ จะช่วยให้เข้าใจถึงการประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมและความต้องการที่แตกต่างกัน ความรู้จากหน่วยเรียนนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในยุคปัจจุบันที่โลกต้องเผชิญกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความจำเป็นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมจะยังคงมีบทบาทสำคัญในการเป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าหลักในช่วงการเปลี่ยนผ่านไปสู่พลังงานทดแทน โดยเฉพาะเมื่อสามารถปรับเปลี่ยนมาใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงในอนาคต



[www.egat.co.th]

รูปที่ 5.1 การทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม

รูปที่ 5.1 การทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม แผนภาพแสดงภาพรวมการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Combined Cycle Power Plant) โดยแสดงการไหลของพลังงานตั้งแต่การป้อนเชื้อเพลิงกาซเข้าเครื่องกังหันกาซ ผ่านกระบวนการสันดาปเพื่อผลิตไฟฟ้าในส่วนแรก จากนั้นกาซไอ

เสียที่ยังมีอุณหภูมิสูงถูกส่งเข้าหม้อกำเนิดไอน้ำ (HRSG) เพื่อผลิตไอน้ำสำหรับขับกังหันไอน้ำและผลิตไฟฟ้าในส่วนที่สอง ไอน้ำที่ผ่านการใช้งานแล้วจะถูกควบแน่นกลับเป็นน้ำที่หอระบายความร้อน เพื่อหมุนเวียนกลับเข้าสู่ระบบอีกครั้ง สายส่งไฟฟ้าที่ปรากฏทั้งสองด้านของแผนภาพแสดงถึงพลังงานไฟฟ้าที่ส่งออกจากระบบ

ระบบความร้อนร่วม คือ การรวมระหว่างเครื่องกังหัน ก๊าซ และ กังหันไอน้ำ เข้าเป็นระบบเดียวกัน โดยการนำเอาก๊าซร้อนที่ออกจากเครื่องกังหันก๊าซป้อนเข้าสู่เตาของหม้อน้ำ เพื่อต้มน้ำให้เกิดไอน้ำ แล้วนำเอาไอน้ำนั้นไปขับเครื่องกังหันไอน้ำ เพื่อให้เกิดการทำงานขึ้น

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมระหว่างกังหันก๊าซ / ไอน้ำซึ่งมีการทำงานดังนี้คือ เชื้อเพลิงก๊าซจะถูกส่งเข้าไปยังห้องเผาไหม้ โดยมีอากาศที่ถูกอัดด้วยความดันสูง 8-10 เท่าจากเครื่องอัดอากาศมาช่วยเผาไหม้ ทำให้เกิดการขยายตัวของก๊าซร้อนดันและอุณหภูมิสูงส่งเข้าไปขับดันกังหันก๊าซ ขับเคลื่อนและฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่ออยู่บนเพลาเดียวกัน ส่วนก๊าซร้อนที่ขับดันกังหันก๊าซ และถูกส่งออกไปยังห้องเผาไหม้อีกครั้งหนึ่ง และนำความร้อนนี้ไปต้มน้ำที่หม้อน้ำ น้ำที่ถูกต้มจะกลายเป็นไอความดันสูงไปขับกังหันไอน้ำ เพื่อขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ส่วนไอน้ำที่ขับดันกังหันไอน้ำแล้วส่วนที่ยังคงมีความดันสูงอยู่จะไหลผ่านวาล์วความดันได้ ไอน้ำส่วนนี้ก็จะขับดันกังหันอีกครั้งหนึ่ง ส่วนไอน้ำความดันลดลงก็จะถูกส่งเข้าไปยังเครื่องควบแน่น ซึ่งจะระบายความร้อนของไอน้ำด้วยน้ำ ไอน้ำจะถูกควบแน่นเป็นน้ำ ปั๊มส่งไปยังถังพักน้ำ เพื่อส่งไปต้มต่อไปยังหม้อต้มน้ำ

5.1 ลักษณะของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม

โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมจะใช้ผลิตกำลังไฟฟ้าขนาดใหญ่มาก เช่น มากกว่า 100 MW การทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมนี้ สามารถเลือกให้เดินเครื่องได้ทั้งสองแบบ คือ ให้เดินเครื่องเฉพาะเครื่องกังหันก๊าซหรือให้เดินเครื่องร่วมกันทั้งเครื่องกังหันก๊าซและเครื่องกังหันไอน้ำก็ได้ซึ่งประสิทธิภาพของระบบจะแตกต่างกันดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ลักษณะของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

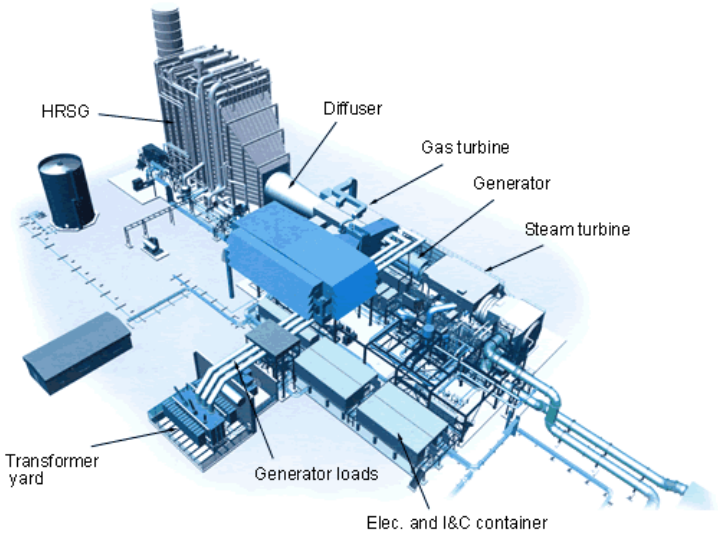
5.1.1 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมแบบแกนเดียว (Single Shaft Combine Cycle Power Plant)

ประกอบด้วยส่วนสำคัญดังนี้

1. HRSG หรือหม้อกำเนิดไอน้ำ หรือ เวสต์ฮีตบอยเลอร์ (West Heat Boiler) จะนำความร้อนที่ออกจากไอเสียของกังหันก๊าซมาต้มน้ำเพื่อส่งไอน้ำขับเครื่องกังหันไอน้ำ
2. Diffuser
3. Gas Turbine หรือ เครื่องกังหันก๊าซ
4. Generator คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับหม้อแปลง
5. Steam Turbine หรือ เครื่องกังหันไอน้ำ
6. Transformer Yard คือ ส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้าที่จะทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตออกมาให้สูงขึ้น เช่น 500 KV และส่งเข้าสู่สายส่งไฟฟ้าของระบบส่งจ่ายไฟต่อไป รายละเอียดของระบบไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมแบบแกนเดียว แสดงในรูปที่ 5.2

5.1.2 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแบบหลายแกน

โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแบบหลายแกนหมายถึงโรงไฟฟ้าที่มีส่วนของเครื่องกังหันก๊าซมากว่า 1 เครื่อง เช่น 2 - 4 เครื่องทำงานร่วมกันและนำไอเสียจากเครื่องกังหันก๊าซทั้ง 2 – 4 ชุด ซึ่งทำให้ความร้อนสูงมากนำมาต้มน้ำในหม้อต้มและนำไอน้ำที่ได้ออกมาใช้กับกังหันไอน้ำเพียงชุดเดียวเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดต่อไป ลักษณะของระบบนี้จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบแกนเดียว ลักษณะของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบหลายแกน แสดงในรูปที่ 5.3



[นภัทร, หน้า 151]

รูปที่ 5. 2 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมแบบแกนเดียว (SSCCP)

รูปที่ 5.2 ภาพสามมิติแสดงโครงสร้างทางกายภาพของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมแบบแกนเดียว (Single Shaft Combined Cycle Power Plant) ซึ่งองค์ประกอบหลักทั้งหมดถูกวางเรียงบนแกนเพลาเดียวกัน ประกอบด้วย หม้อกำเนิดไอน้ำ (HRSG) ที่ตั้งอยู่ด้านซ้ายบน, Diffuser, Gas Turbine (เครื่องกังหันกาซ), Generator (เครื่องกำเนิดไฟฟ้า), Steam Turbine (เครื่องกังหันไอน้ำ), Generator loads, Elec. and I&C container และ Transformer Yard (ลานหม้อแปลงไฟฟ้า) ที่มุมซ้ายล่าง การจัดวางแบบแกนเดียวนี้ทำให้โครงสร้างมีความกะทัดรัด ช่วยลดพื้นที่ในการติดตั้ง

[http://www.umweltbundeamt.at]

รูปที่ 5.3 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบหลายแกน

รูปที่ 5.3 ภาพสามมิติมุมกว้างแสดงผังโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบหลายแกน (Multi-shaft Combined Cycle Power Plant) ที่มีขนาดใหญ่กว่าแบบแกนเดียว โดยปรากฏให้เห็นกลุ่มอาคารของเครื่องกังหันกาซหลายชุดทางด้านซ้าย ซึ่งนำไอเสียจากกังหันกาซทุกชุดเข้าสู่หม้อกำเนิดไอน้ำ (HRSG) ขนาดใหญ่ที่ตั้งเด่นอยู่กลางภาพ แล้วส่งไอน้ำรวมเข้ากังหันไอน้ำเพียงชุดเดียวทางด้านขวา ลักษณะการออกแบบนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพได้สูงกว่าแบบแกนเดียว เนื่องจากความร้อนจากกังหันกาซหลายเครื่องถูกนำมารวมกันใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่

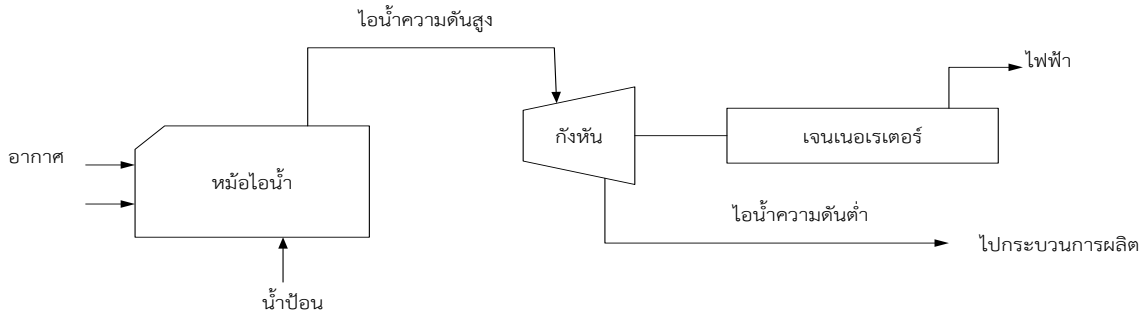
5.2 ระบบการผลิตพลังความร้อนร่วม

ระบบการผลิตพลังความร้อนร่วม (Cogeneration System) หมายถึง การผลิตพลังงานไฟฟ้า (หรือพลังงานกล) ร่วมกับพลังงานความร้อนโดยอาศัยแหล่งความร้อนเดียวกัน ซึ่งพลังงานความร้อนนี้ อาจจะอยู่ในรูปของก๊าซร้อน ของเหลวร้อน หรือไอน้ำโดยกังหันไอน้ำ กังหันก๊าซหรือเครื่องยนต์สันดาปภายในขับเคลื่อนเครื่องจักรกล หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้าทำให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพสูงและประหยัดพลังงาน

5.2.1 ชนิดของระบบการผลิตพลังความร้อนร่วม

ระบบการผลิตพลังความร้อนร่วมสามารถแบ่งตามลำดับของการผลิตไฟฟ้าและความร้อนได้เป็น 2 ชนิด คือ วัฏจักรบน (Topping Cycle) และวัฏจักรล่าง (Bottoming Cycle)

วัฏจักรบน (Topping Cycle) คือ ระบบการผลิตพลังงานความร้อนร่วมที่ไอน้ำหรือก๊าซร้อนถูกนำไปผลิตไฟฟ้าก่อนแล้วจึงนำไอน้ำจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าไปใช้ในกระบวนการผลิตต่อไปนี้ ดังแสดงในรูปที่ 5.4

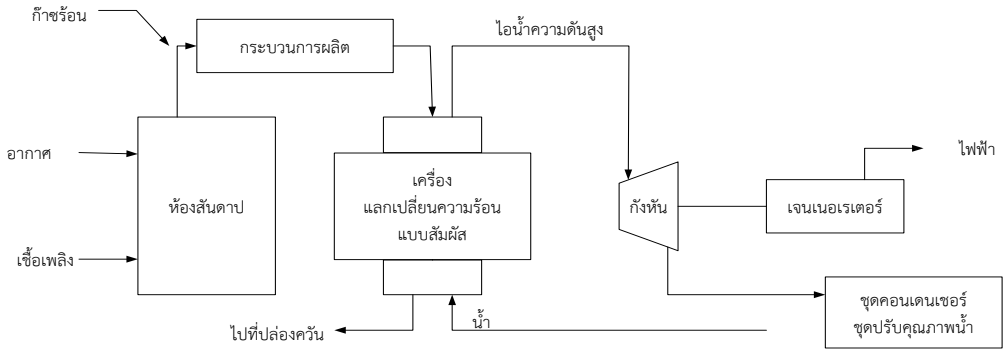


รูปที่ 5.4 ระบบผลิตพลังงานความร้อนร่วมวัฏจักรบน

รูปที่ 5.4 แผนภาพวงจรแสดงหลักการทำงานของระบบ Topping Cycle ซึ่งเป็นระบบที่ผลิตไฟฟ้าก่อนแล้วจึงนำความร้อนที่เหลือไปใช้ต่อ โดยแสดงการไหลของพลังงานจากหม้อไอน้ำ ส่งไอน้ำความดันสูงเข้ากังหันเพื่อขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หลังจากผ่านกังหันแล้ว ไอน้ำความดันต่ำที่ออกมาจะถูกส่งไปใช้ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรม (ปรากฏลูกศรชี้ออกทางด้านล่างขวา) ส่วนน้ำป้อนจะถูกสูบ

กลับเข้าหม้อไอน้ำเพื่อหมุนเวียนในระบบต่อไป วัฏจักรนี้นิยมใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องการทั้งไฟฟ้าและไอน้ำ เช่น อุตสาหกรรมกระดาษและสิ่งทอ

วัฏจักรล่าง (Bottoming Cycle) คือระบบการผลิตพลังความร้อนร่วมที่ไอน้ำหรือก๊าซร้อนถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิตก่อนแล้วจึงนำไอน้ำ หรือก๊าซร้อนที่ออกจากกระบวนการผลิตไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 ระบบการผลิตพลังงานความร้อนร่วมแบบวัฏจักรล่าง

รูปที่ 5.5 แผนภาพวงจรแสดงหลักการทำงานของระบบ Bottoming Cycle ซึ่งมีลำดับการทำงานตรงข้ามกับ Topping Cycle กล่าวคือนำกาซร้อนและไอน้ำไปใช้ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมก่อน จากนั้นจึงนำกาซร้อนที่ออกจากกระบวนการผลิตผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบสัมผัสเพื่อผลิตไอน้ำความดันสูง แล้วส่งเข้ากังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไอน้ำที่ผ่านกังหันแล้วจะถูกควบแน่นที่ชุด Condenser และผ่านชุดปรับคุณภาพน้ำก่อนหมุนเวียนกลับ วัฏจักรนี้เหมาะกับอุตสาหกรรมที่มีความร้อนทิ้งในระดับอุณหภูมิสูง เช่น อุตสาหกรรมหลอมโลหะและซีเมนต์

ระบบการผลิตร่วมแบบวัฏจักรบน Topping Cycle เป็นระบบการผลิตร่วมที่มีประสิทธิภาพและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ดีกว่าระบบการผลิตร่วมแบบ Bottoming Cycle

ตารางที่ 5.1 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าก่อนและหลัง

สภาวะ	วัฏจักรบน	วัฏจักรล่าง
1. ตัวอย่างอุตสาหกรรมที่เหมาะสม	กระดาษ สิ่งทอ อาหาร	หลอมแก้ว โลหะ ซีเมนต์
2. ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสำหรับกระบวนการผลิต	ไม่สูงมาก	ค่อนข้างสูง
3. ความซับซ้อนของระบบ	ไม่ซับซ้อน	ซับซ้อน
4. พลังงานที่มีความสำคัญอันดับแรก	ไฟฟ้า	ความร้อน

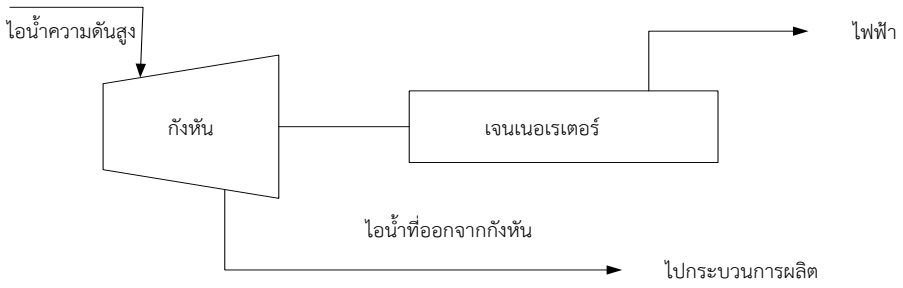
[สมเกียรติ, หน้า 402]

5.3 เครื่องต้นกำลังระบบการผลิตพลังความร้อนร่วม

เครื่องต้นกำลัง หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล เครื่องต้นกำลังที่นิยมใช้กับระบบการผลิตมีอยู่ 3 แบบ คือ หน่วยผลิตกังหันไอน้ำ หน่วยผลิตกังหันก๊าซ และเครื่องยนต์สันดาปภายใน

5.3.1 หน่วยผลิตกังหันไอน้ำ

กังหันไอน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ไม่ซับซ้อน บำรุงรักษางาย นิยมใช้ไอน้ำที่ทางออกของกังหันไอน้ำ (Back Pressure Turbine) ร่วมกับหม้อไอน้ำที่ผลิตไอน้ำความดันสูง ไอน้ำจะถูกปล่อยขยายตัวผ่านกังหันไอน้ำ กังหันไอน้ำจะหมุนขับเจนเนอเรเตอร์ ไอน้ำที่ออกจากกังหันไอน้ำจะเป็นไอน้ำที่มีความดันต่ำ ซึ่งจะนำไปใช้ในกระบวนการผลิตของโรงงานต่อไป ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.6 การนำไอน้ำที่ทางออกของกังหันไปใช้ในกระบวนการผลิตโรงงาน

รูปที่ 5.6 แผนภาพแสดงหลักการทำงานของกังหันไอน้ำแบบ Back Pressure Turbine ที่ใช้ในระบบโคเจเนอเรชัน โดยแสดงการไหลของไอน้ำความดันสูงจากหม้อกำเนิดไอน้ำเข้ากังหันเพื่อขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไอน้ำที่ออกจากกังหันจะยังคงมีความดันอยู่ระดับหนึ่ง (ไอน้ำความดันต่ำ) แต่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตของโรงงานได้โดยตรง แสดงด้วยลูกศรชี้ไปด้านขวา แทนที่จะต้องสูญเสียพลังงานไปที่เครื่องควบแน่นเหมือนโรงไฟฟ้าทั่วไป

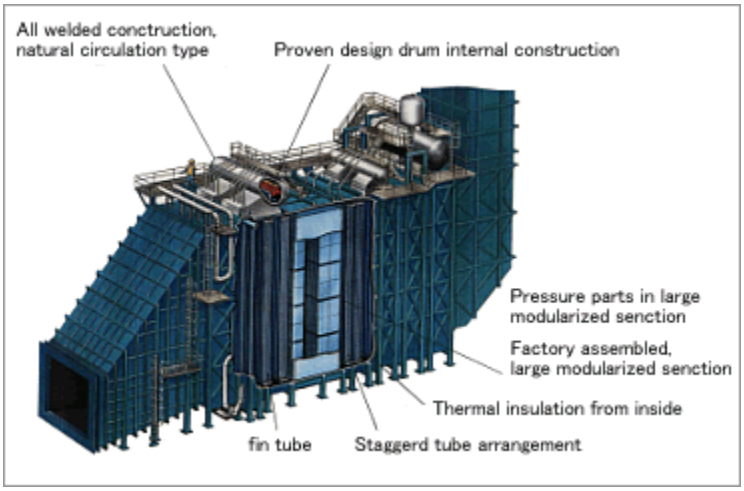
อุปกรณ์หลักประกอบด้วย

1. **หม้อกำเนิดไอน้ำ (Heat Recovery Steam Generator -HRSG)**

เนื่องจากเป็นหม้อกำเนิดไอน้ำที่ใช้ก๊าซเสียจากเครื่องกังหันก๊าซเป็นตัวให้ความร้อน จึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า เวสท์ฮีทบอยเลอร์ (Waste Heat Boiler) โครงสร้างประกอบขึ้นจากโครงเหล็กที่แข็งแรง ภายในติดตั้งขดท่อเหล็กทนความร้อนหลายๆ ชุด ซึ่งเป็นทางผ่านของก๊าซเสียจากเครื่องกังหันก๊าซที่ปล่อยเข้ามาในหม้อน้ำ น้ำและไอน้ำจะไหลเวียนเข้ามารับความร้อนภายในท่อภายนอกหม้อน้ำขณะเชื่อมปิดหมดเพื่อไม่ให้ก๊าซร้อนรั่วออก ทิศทางการไหลของก๊าซร้อนในหม้อน้ำ

อาจจะบังคับด้วยพัดลมชนิดดูดหรือเป่า หรือปล่อยให้ไหลตามธรรมชาติลอยขึ้นเบื้องบน แล้วออกทางปล่องขึ้นกับการออกแบบ ขดท่อต่างๆ ในหม้อน้ำมีหน้าที่และชื่อเฉพาะ ดังนี้

รูปที่ 5.7 ภาพถ่ายและแผนภาพตัดแสดงโครงสร้างภายในของหม้อกำเนิดไอน้ำแบบ Natural Circulation พร้อมคำอธิบายส่วนประกอบสำคัญเป็นภาษาอังกฤษ ได้แก่ โครงสร้างแบบเชื่อมทั้งหมด (All welded construction, natural circulation type), ดรัมภายในแบบพิสูจน์แล้ว (Proven design drum internal construction), ส่วนความดันในโมดูลขนาดใหญ่ (Pressure parts in large modularized section), ประกอบในโรงงาน (Factory assembled, large modularized section), ฉนวนความร้อนจากด้านใน (Thermal insulation from inside), ท่อครีบ (Fin tube) และการจัดวางท่อแบบสลับ (Staggered tube arrangement)



[http://global.kawasaki.com/en/energy/solutions/energy_plants/hrsg_boiler.html]

รูปที่ 5.7 หม้อกำเนิดไอน้ำ (Heat Recovery Steam Generator – HRSG)

หม้อกำเนิดไอน้ำสามารถแบ่งตามการไหลวนของน้ำและไอน้ำ ในส่วน evaporator ออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ คือ Natural Circulation, Assisted Circulation และForced Circulation or One Through HRSG

HRSG แบบ natural circulation มีการไหลวนของก๊าซไอเสียในแนวนอน ผ่านขดท่าที่วางเรียงในแนวตั้งโดยมี header ด้านบนและด้านล่างของชุดขดท่อ การไหลจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนของน้ำและไอน้ำเป็นไปโดยธรรมชาติ โดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่นที่แตกต่างกันระหว่างน้ำและไอน้ำ

HRSG แบบ Assisted Circulation ก๊าซไอเสียจะไหลขึ้นในแนวตั้งผ่านชุดขดท่อน้ำที่วางเรียงในแนวราบ โดยมี recirculating pump ที่ติดตั้งบริเวณส่วนล่างของ evaporator ที่มีน้ำอยู่ HRSG แบบนี้จะมีปริมาตรเล็กกว่าแบบ natural circulation ประมาณ 30%

HRSG แบบ Forced Circulation น้ำจะถูกปั๊มโดย feed water pump ผ่านชุดขดท่อรับการถ่ายเทความร้อนกลายเป็นไอน้ำแล้วนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตไฟฟ้าโดยตรง โดยไม่มีชุด

ถังพักไอ ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบที่มีขนาดเล็กกว่าแบบอื่น และไม่มีเครื่องควบระดับน้ำ ถือว่าเป็นระบบที่ง่ายและสะดวกในการทำงาน

2. เครื่องทวีความร้อน (Super heater) เป็นขดท่อห้อยแขวนไว้ในหม้อน้ำแต่ละปลายและต่อเข้ากับท่อร่วมที่เรียกว่า เฮดเดอร์ (Header) จากเฮดเดอร์ด้านหนึ่งจะยึดแน่นเข้ากับหม้อต้มน้ำ อีกปลายหนึ่งจะยึดตายตัว แต่จะปล่อยให้ขยับตัวได้เพื่อการขยายตัวเมื่อท่อร้อน จากเฮดเดอร์ด้านนี้จะต่อไปยังกังหันไอน้ำเพื่อส่งไอน้ำไปขับดัน ปกติแล้ววงจรการขับดันกังหันไอน้ำจะมี 2 วงจร วงจรแรกเป็นวงจรที่มีความดันไอน้ำสูงกว่า (High Pressure Steam) จะเข้าไปรับความร้อนที่เครื่องทวีความร้อนความดันสูงและส่งไปขับดันกังหันไอน้ำที่กังหันความดันสูงอีกวงจรหนึ่ง มีความดันไอน้ำต่ำกว่า ซึ่งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องจะมีชื่อขึ้นต้นด้วยคำว่า โลว์เพรสเชอร์

3. อีแวปปอเรเตอร์ (Evaporator) เป็นขดท่อเหล็กที่ให้ความร้อนแก่น้ำที่ออกมาจากด้านล่างของดรัม โดยมีเครื่องสูบน้ำ (Circulation Pump) เป็นตัวขับดันเข้ามาในหม้อน้ำ น้ำในท่อของอีแวปปอเรเตอร์จะต้องไม่แห้งเป็นไอน้ำทั้งหมด เนื่องจากขดท่อนี่ไม่สามารถทนความร้อนได้สูงภายในท่อจะให้คงสภาพน้ำผสมไอน้ำไหลอยู่ในท่ออีแวปปอเรเตอร์และไหลกลับสู่ดรัม ที่ซึ่งจะแยกน้ำและไอน้ำออกจากกันโดยไอน้ำจะถูกแยกไปเข้าเครื่องทวีความร้อน ขณะที่น้ำจะถูกปั๊มน้ำส่งเข้าหม้อน้ำอีกครั้งหนึ่ง

4. แผงท่อรับความร้อน (Economizer) เป็นขดท่อให้ความร้อนแก่น้ำที่มาจากระบบสูบน้ำ น้ำที่มาจากระบบนี้ได้กลั่นตัวจากไอน้ำผสมกับน้ำที่เติมเข้าไปในระบบที่เครื่องควบแน่น หม้อกำเนิดไอน้ำแต่ละตัวจะรับก๊าซเสียจากเครื่องกังหันก๊าซผ่านทางท่อ(Gas Duct) ก่อนเข้าหม้อน้ำต้องผ่านบานประตูปิด – เปิด บานประตูนี้จะปิดไม่ให้เข้าหม้อน้ำ หากต้องหยุดซ่อมหม้อน้ำหรือหยุดเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าและก๊าซร้อนจะถูกปล่อยออกทางปล่อง (Bypass Stack) ในกรณีที่ต้องการก๊าซร้อนเข้ามาใช้งานในหม้อน้ำ บานประตูดังกล่าวจะปิดปล่องแต่จะเปิดให้ก๊าซเข้าหม้อน้ำ

5. เครื่องกังหันไอน้ำ เครื่องกังหันไอน้ำ มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ

ก. ส่วนที่อยู่กับที่ (Stationary Part) เป็นส่วนที่ไม่มีการหมุน ได้แก่ กรอบนอก (Casing) ซึ่งเป็นเปลือกนอกที่ห่อหุ้มชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกังหัน

ข. ส่วนหมุน (Rotating Part) เป็นส่วนที่มีการหมุน โดยมีเพลาเป็นแกนกลางและมีใบพัดหลายชุดยึดติดอยู่บนเพลา เมื่อไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูงฉีดมาปะทะใบพัดก็ผลักดันให้เกิดการหมุน

เครื่องกังหันไอน้ำจะมีสองส่วน คือ ความดันสูงและความดันต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการออกแบบวงจรผลิตและการไหลเวียนของไอน้ำ ไอความดันสูงและความดันต่ำที่ออกจากเครื่องทวีความร้อนจะไหลเข้ากังหันความดันสูงและกังหันความดันต่ำตามระดับ และรวมกันออกด้านล่างเข้าสู่เครื่องควบคุม

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน ได้แก่