

บทที่ 4

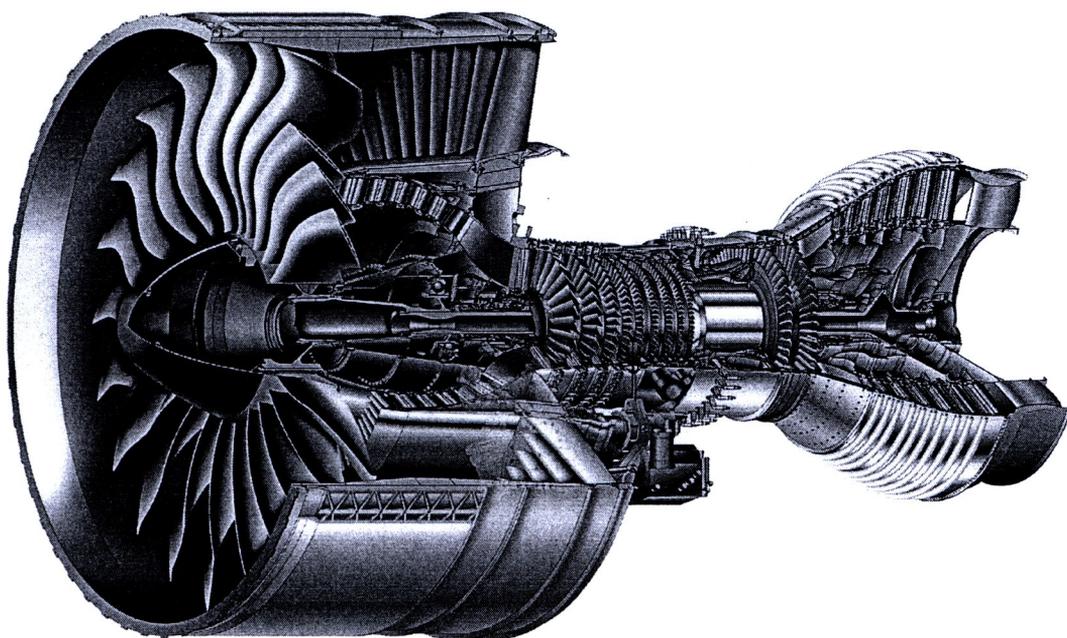
ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันก๊าซ

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงระบบกังหันก๊าซในเบื้องต้น และการประยุกต์ใช้ระบบกังหันก๊าซเพื่อผลิตไฟฟ้า โดยจะเน้นกล่าวถึงวัฏจักรกังหันก๊าซของเบรย์ตัน ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 ประวัติเบื้องต้นของการใช้งานกังหันก๊าซ

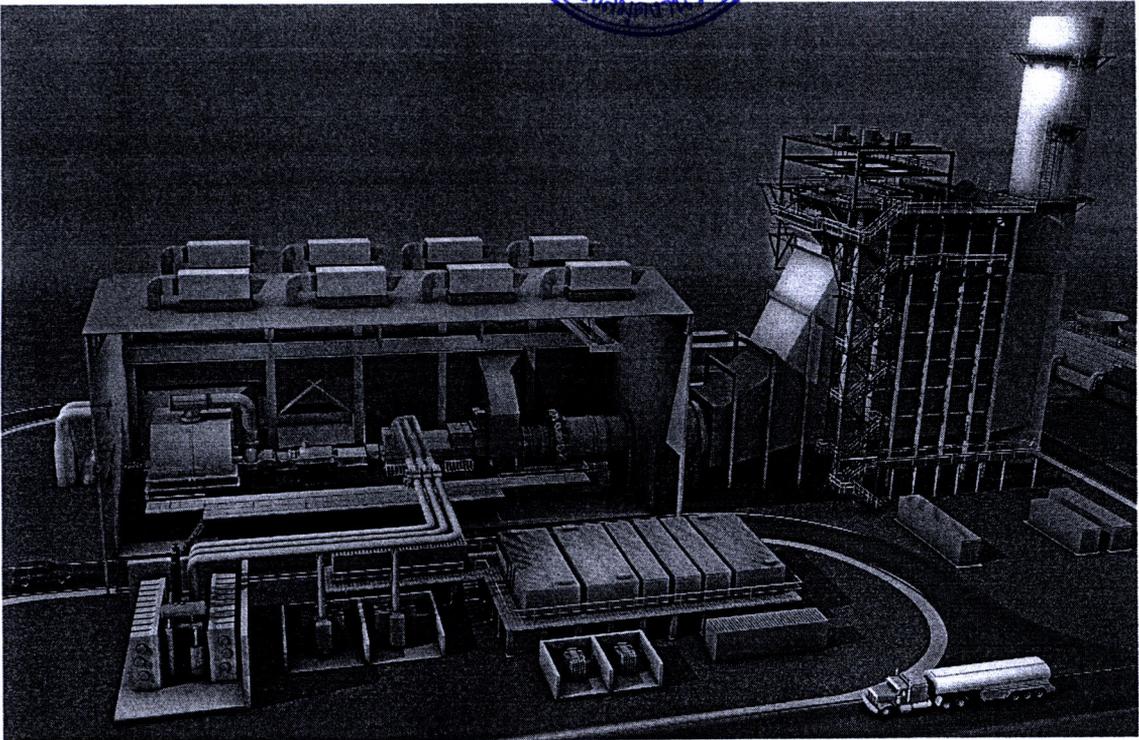
กังหันก๊าซได้มีการจดทะเบียนสิทธิบัตรในปี พ.ศ. 2334 โดย นายจอห์น บาร์เบอร์ (John Barber) ชาวอังกฤษ ต่อมาได้มีการนำกังหันก๊าซไปใช้เป็นระบบขับเคลื่อนที่ต้องการสมรรถนะสูง เช่น ในยานพาหนะและระบบผลิตไฟฟ้า เป็นต้น

มีการใช้เครื่องยนต์กังหันก๊าซดังรูปที่ 4.1 อย่างแพร่หลาย เช่น ในยานพาหนะ เช่น รถยนต์ เครื่องบิน เฮลิคอปเตอร์ และเรือเดินทะเล

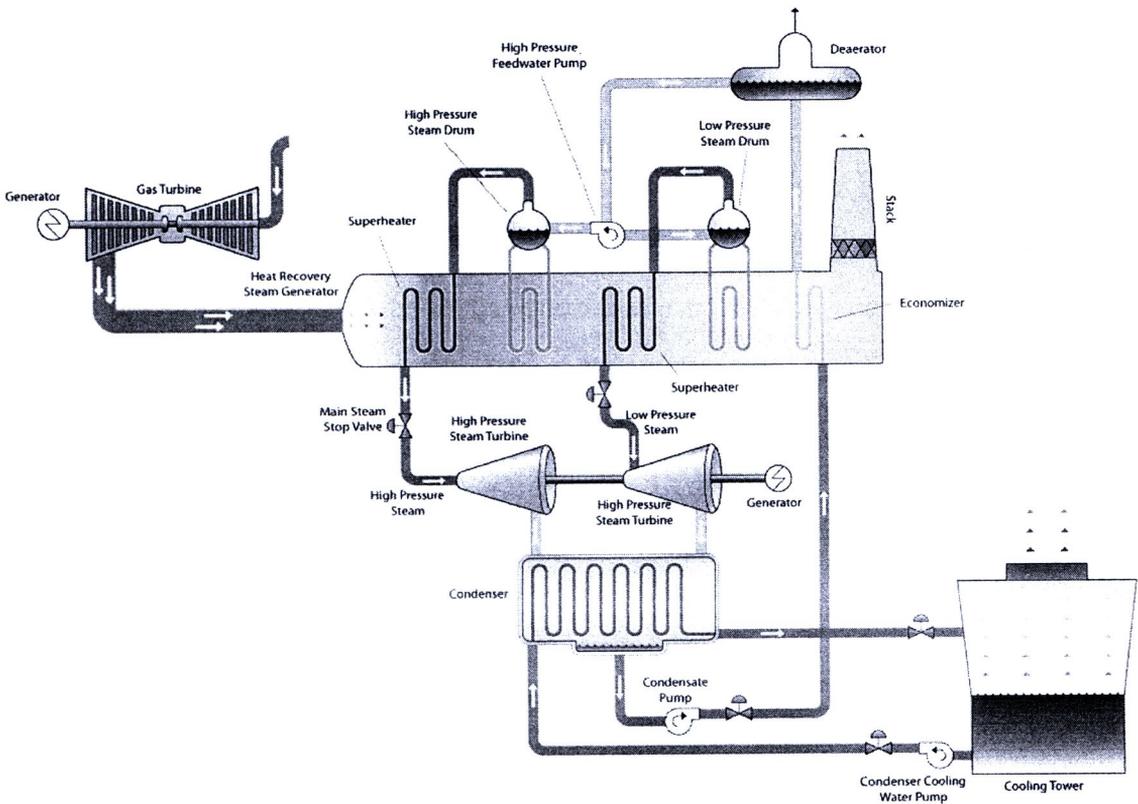


รูปที่ 4.1 เครื่องยนต์กังหันก๊าซที่ใช้สำหรับยานพาหนะ

วัฏจักรกังหันก๊าซ (Gas Turbine Cycle) ที่นิยมใช้ในการผลิตไฟฟ้า เป็นวัฏจักรความร้อนร่วม (Combined Cycle Plant) ซึ่งเป็นระบบโรงไฟฟ้าที่มีการใช้ระบบกังหันก๊าซร่วมกับกังหันไอน้ำ แสดงได้ดังรูปที่ 4.2 และ 4.3 โดยนำพลังงานด้านขาออกของกังหันก๊าซกลับมาใช้ใหม่ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเวียนกลับมาใช้ใหม่ (Heat Recovery Steam Generator) และยังคงได้มีการออกแบบและพัฒนาปรับปรุงจากวัฏจักรเบรย์ตันพื้นฐานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้ดีขึ้นกว่าเดิมอย่างต่อเนื่องอีกด้วย



รูปที่ 4.2 ภาพจำลองของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม



รูปที่ 4.3 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบพลังงานความร้อนร่วม

ในอุตสาหกรรมหลายประเภท จะพิจารณาออกแบบให้ระบบสามารถใช้ได้ทั้งพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าร่วมกันเนื่องจากมีข้อดีดังต่อไปนี้

- สามารถนำเอาความร้อนที่กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ (Waste Heat Recovery) ทำให้ประหยัดพลังงาน และมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบผลิตความร้อนหรือไฟฟ้าในอุตสาหกรรมเพียงอย่างเดียว ซึ่งโดยทั่วไปการผลิตความร้อนจะมีประสิทธิภาพประมาณ 75% ในขณะที่กระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันก๊าซอย่างเดียวจะมีประสิทธิภาพประมาณ 25% แต่ถ้าใช้ระบบการผลิตความร้อนร่วม โดยนำก๊าซร้อนด้านขาออกของกังหันก๊าซมาผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันไอน้ำ จะสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้อีก 10 – 30% และระบบการผลิตแบบนี้ยังสามารถให้ประสิทธิภาพสูงประมาณ 65 – 85% อีกด้วยขึ้นอยู่กับสัดส่วนของการนำพลังงานความร้อนไปใช้ในกระบวนการอื่นๆ

- เงินลงทุนแรกเริ่มของระบบการผลิตพลังงานแบบความร้อนร่วม จะต่ำกว่าโรงไฟฟ้านิวเคลียร์หรือ โรงงานไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเมื่อกำลังผลิตไฟฟ้าเท่ากัน

- เป็นเทคโนโลยีการผลิตและใช้พลังงานที่มีความเชื่อถือได้ (reliability) สูง

- ลดการใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน ทำให้การเผาไหม้สะอาดซึ่งเป็นผลดีต่อสภาพแวดล้อม

ระบบกังหันก๊าซมีข้อดีเหนือกว่าระบบกังหันไอน้ำในการผลิตไฟฟ้า เช่น ระบบมีมวลเบาและขนาดเล็ก ราคาลงทุนต่อหน่วยต่ำ สามารถจัดตั้ง ประกอบและติดตั้งระบบได้สะดวกและรวดเร็ว สามารถเดินเครื่องทำงานได้รวดเร็วจึงนิยมใช้เป็นระบบผลิตกำลังไฟฟ้าสำรองที่สามารถเดินเครื่องได้เร็ว (Rapid Start Unit) การเผาไหม้สะอาดเกิดปัญหามลภาวะน้อย แต่การใช้ระบบกังหันก๊าซเพื่อผลิตไฟฟ้าโดยตรงมีประสิทธิภาพต่ำ ทำให้ต้องมีการปรับปรุงให้เป็นระบบพลังงานความร้อนร่วม

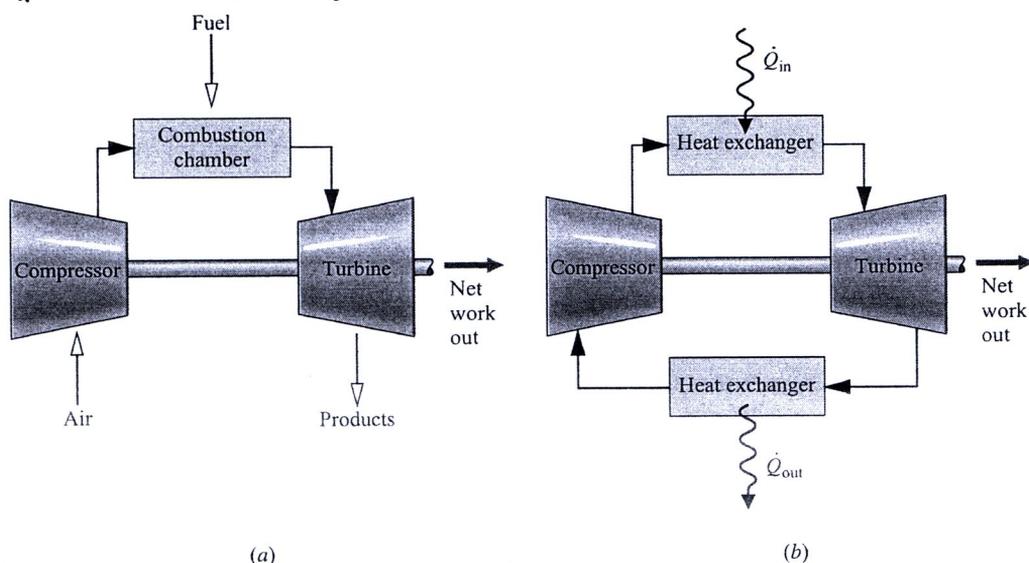
อย่างไรก็ตาม ระบบการผลิตพลังงานความร้อนร่วมเป็นระบบที่มีการออกแบบ ติดตั้ง และควบคุม ซับซ้อน ซึ่งต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์ของบริษัทที่ชำนาญการ โดยเฉพาะในการให้คำที่ปรึกษาด้านการออกแบบและควบคุมงานก่อสร้าง ในด้านการควบคุมการผลิต ต้องควบคุมให้มีกำลังการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันก๊าซค่อนข้างสูง จึงจะสามารถผลิตไอน้ำและไฟฟ้าในอัตราส่วนที่ค่อนข้างคงที่และมีประสิทธิภาพ ในด้านเศรษฐศาสตร์และการลงทุน ราคาเชื้อเพลิงของก๊าซมีความผันผวนสูงกว่าถ่านหิน ทำให้การลงทุนมีความเสี่ยงสูงกว่า แต่ถ้ามีนโยบายด้านพลังงานที่ดีจากรัฐบาลช่วยสนับสนุนการใช้พลังงานในระบบพลังงานความร้อนร่วมจะเป็นทางเลือกอันดับต้นๆ ในการพิจารณา

ในงานวิจัยนี้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันก๊าซจะหมายถึง ระบบที่มีการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งจะแตกต่างจากระบบโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซที่มีกำลังการผลิตสูงๆ ที่เน้นการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงอยู่บ้าง ในด้านของคุณสมบัติของระบบและอุปกรณ์ร่วมใช้งาน อย่างไรก็ตามยังคงมีหลักการงานเบื้องต้นคล้ายกันดังจะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป

4.2 หลักการทำงานของเครื่องกังหันก๊าซ

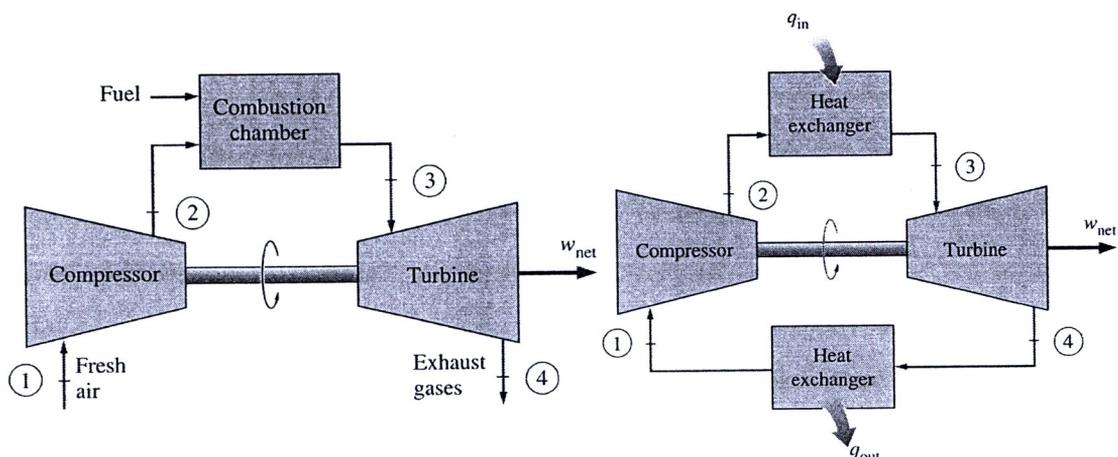
กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากกังหันก๊าซ จะเริ่มจากการดูดอากาศจากอากาศเข้าสู่เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) เพื่อทำการอัดอากาศจนกระทั่งมีความดัน ณ ห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber) ตามค่าที่ออกแบบไว้ งานที่ใช้ในเครื่องอัดจะมีผลให้อุณหภูมิของอากาศมีค่าสูงขึ้นด้วย อากาศอัดจะผสมกับก๊าซธรรมชาติที่เป็นเชื้อเพลิงที่ห้องเผาไหม้ เมื่อเผาไหม้แล้วเสร็จความร้อนที่เกิดขึ้นจะปล่อยออกจากห้องเผาไหม้เพื่อเข้าสู่ตัวกังหัน ทำให้พลังงานความร้อนขยายตัวและเกิดแรงบิดเพื่อใช้สำหรับการหมุนเพลลา ที่เกิดขึ้นที่เพลลาจะนำไปใช้กับเครื่องอัดอากาศและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้ความดันและอุณหภูมิของก๊าซมีค่าลดลงเมื่อผ่านตัวกังหัน ห้องเผาไหม้จะสร้างด้วยโลหะที่สามารถทนความร้อนสูงได้ บางส่วนของอากาศจะใช้ในการเผาไหม้ ส่วนที่เหลือจะผสมกับก๊าซร้อนที่เข้าไปยังตัวกังหัน อุณหภูมิของเปลวไฟในห้องเผาไหม้มีค่าอยู่ระหว่าง $3,000 - 4,000^{\circ}\text{F}$ ในขณะที่ก๊าซร้อนก่อนเข้าสู่ตัวกังหันมีอุณหภูมิประมาณ $1,000 - 1,500^{\circ}\text{F}$ พลังงานที่ผลิตได้จากเครื่องกังหันก๊าซจะนำไปใช้กับเครื่องอัดอากาศและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

วัฏจักรของกังหันก๊าซสามารถแบ่งได้สองแบบตามลักษณะการใช้พลังงาน ได้แก่ วัฏจักรโดยตรง (Direct Cycle) โดยการนำก๊าซร้อนที่ออกจากห้องเผาไหม้มาใช้ขับเคลื่อนกังหันโดยตรง หรือโดยทางอ้อม (Indirect Cycle) โดยการให้ความร้อนของไหลทำงานในขั้นต้นก่อน ในรายงานนี้จะเน้นกล่าวถึงเฉพาะวัฏจักรกังหันก๊าซแบบโดยตรง ซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็นวัฏจักรเปิด (Open Cycle) และวัฏจักรปิด (Closed Cycle) ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 วัฏจักรการทำงานของเครื่องกังหันก๊าซเบื้องต้น (a) วัฏจักรเปิด (b) วัฏจักรปิด

วัฏจักรการทำงานของกังหันก๊าซอุดมคติคือวัฏจักรเบรย์ตัน (Brayton Cycle) ซึ่งทั้งในระบบเปิดและระบบปิดจะประกอบด้วยกระบวนการพื้นฐานดังรูปที่ 4.5

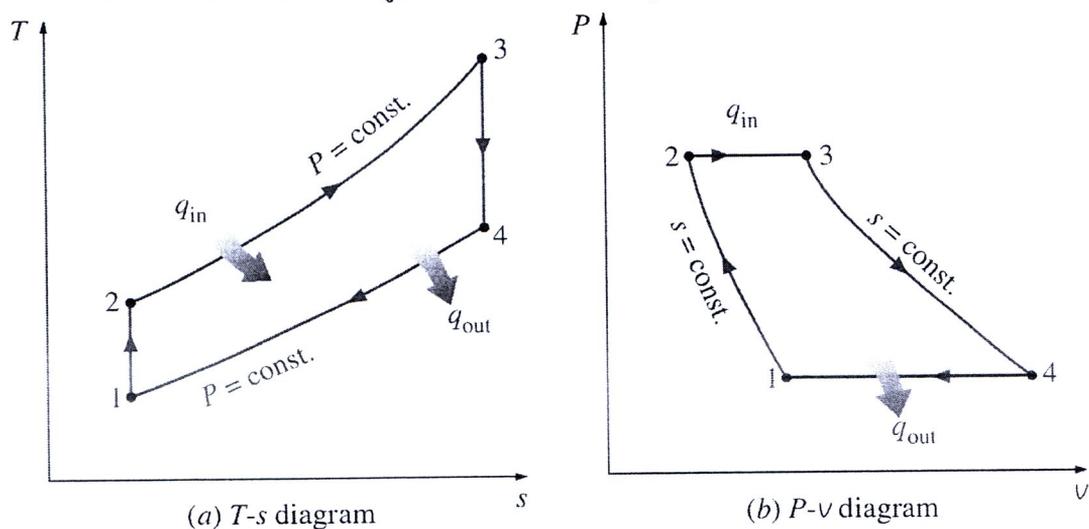


รูปที่ 4.5 กระบวนการทำงานของเครื่องกังหันก๊าซในวัฏจักรเบรย์ตัน (a) วัฏจักรเปิด (b) วัฏจักรปิด

กระบวนการทำงานของเครื่องกังหันก๊าซในวัฏจักรเบรย์ตันอย่างง่ายประกอบด้วยกระบวนการหลัก 4 กระบวนการด้วยกัน ได้แก่

- กระบวนการที่ก๊าซถูกอัดด้วยเครื่องอัดอากาศโดยมีค่าเอนโทรปีคงที่ (Isentropic Process) จากจุด 1 ไปจุด 2
- กระบวนการเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนที่ความดันคงที่จากจุด 2 ไป 3
- กระบวนการที่ก๊าซร้อนขยายตัวผ่านกังหันแบบมีค่าเอนโทรปีคงที่ จากจุด 3 ไปจุด 4
- กระบวนการระบายความร้อนจากจุด 4 สู่จุด 1 ซึ่งอาจเกิดขึ้นในระบบเปิดออกสู่บรรยากาศ หรือ เกิดขึ้นในระบบปิด โดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนก็ได้

แผนภาพของกระบวนการรูปที่ 4.4 สามารถเขียนอยู่บนระนาบ $T-s$ และ $P-v$ ได้ดังรูปที่ 4.6

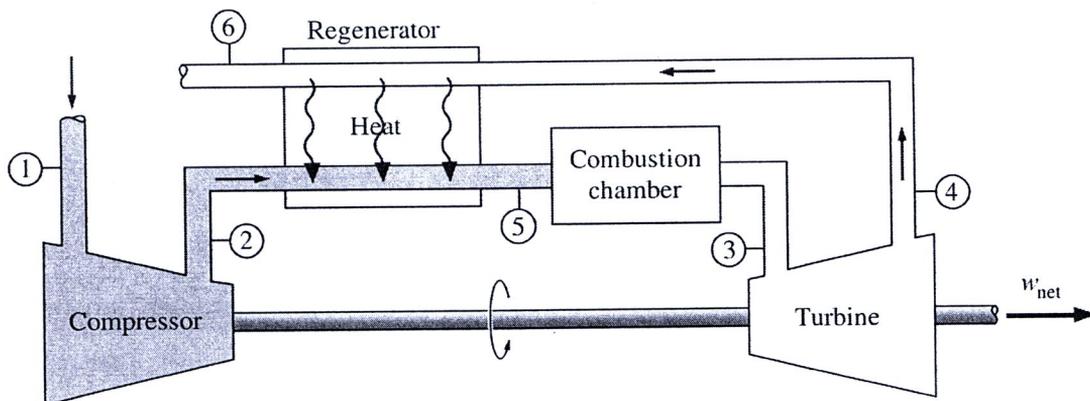


รูปที่ 4.6 แผนภาพ $T-s$ และ $P-v$ ของวัฏจักรเบรย์ตันเบื้องต้น

การเพิ่มประสิทธิภาพ ในวัฏจักรเบรย์ตันสามารถทำได้ดังนี้

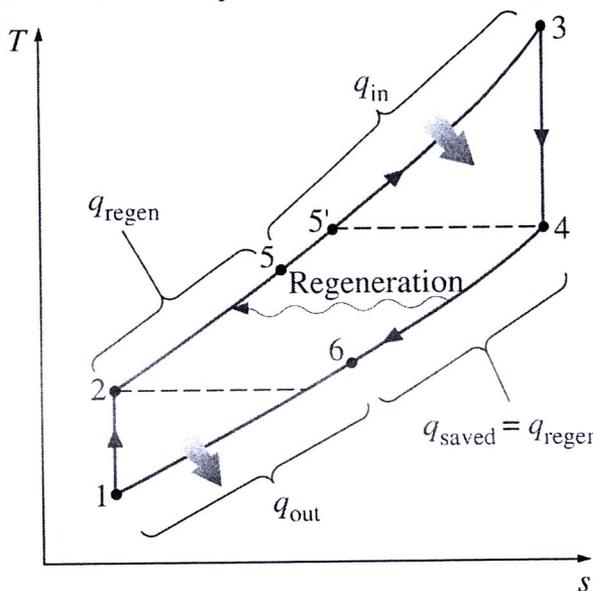
○ รีเจนเนอเรชั่น (Regeneration)

เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพโดยการอุ่นอากาศที่ออกจากเครื่องอัดอากาศ ณ จุดที่ 2 โดยใช้ความร้อนจากก๊าซร้อนด้านขาออกของกังหันก๊าซ ณ จุดที่ 4 โดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบผิวสัมผัสที่เรียกว่า รีเจนเนอเรเตอร์ หรือบางครั้งเรียกว่า รีคิวเปอเรเตอร์ (Recuperator) ดังรูปที่ 4.7 การเพิ่มกระบวนการรีเจนเนอเรชั่น ทำให้อัตราส่วนความดันที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดมีค่าลดลง ผลต่างระหว่างอุณหภูมิ T_4 และ T_2 มีค่าเพิ่มขึ้น ความร้อนที่ใส่เข้าไปในวัฏจักรจึงลดลง ในทางปฏิบัติวัฏจักรกังหันก๊าซที่ปรับปรุงประสิทธิภาพแบบรีเจนเนอเรชั่น มีประสิทธิภาพมากกว่าวัฏจักรกังหันก๊าซแบบธรรมดาประมาณ 30 % แต่การที่อัตราส่วนการอัดมีค่าต่ำมากจะทำให้งานของวัฏจักรลดลงไปด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพด้วยระบบนี้เหมาะสำหรับการเดินเครื่องเบา



รูปที่ 4.7 กระบวนการทำงานของเครื่องกังหันก๊าซในวัฏจักรเบรย์ตันแบบรีเจนเนอเรชั่น

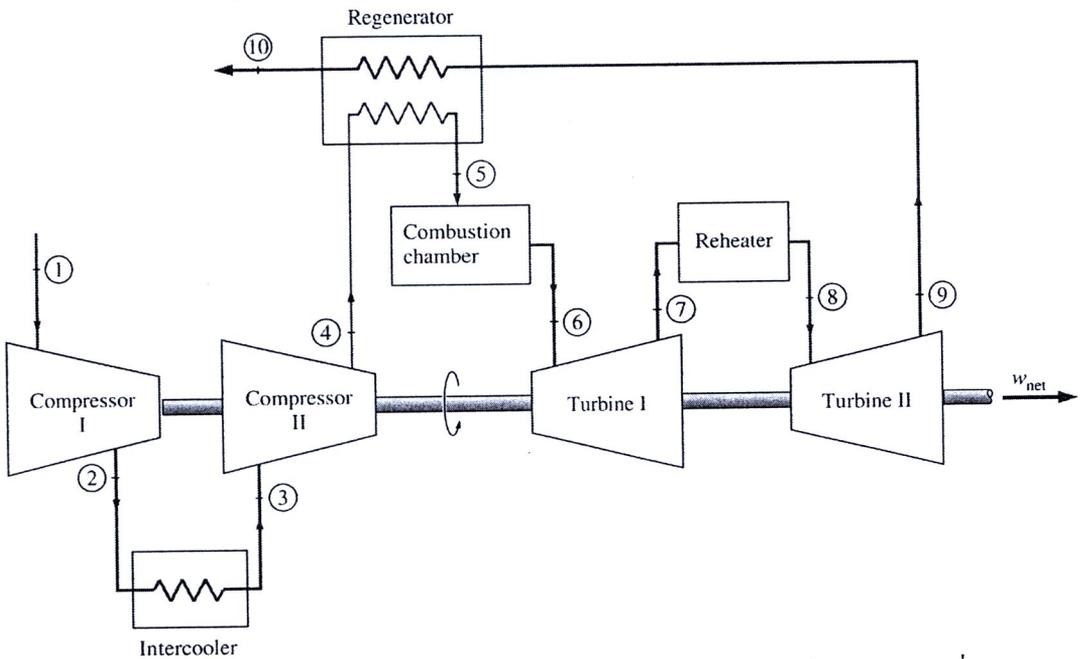
แผนภาพ T - s ของกระบวนการในรูปที่ 4.7 สามารถเขียน ได้ดังรูปที่ 4.8



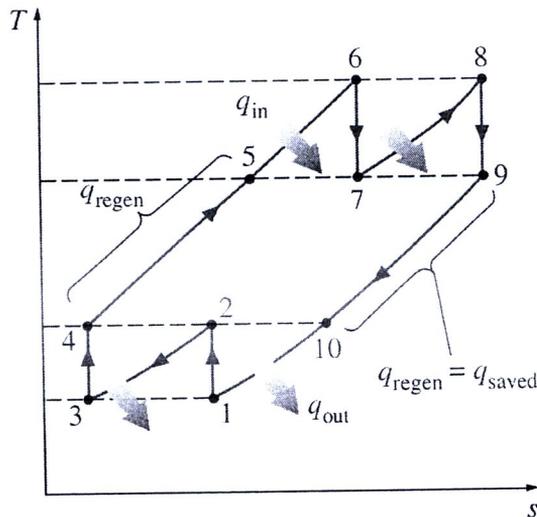
รูปที่ 4.8 แผนภาพ T - s ของกระบวนการของเครื่องกังหันก๊าซในวัฏจักรเบรย์ตันแบบรีเจนเนอเรชั่น

○ การหล่อเย็นร่วมของเครื่องอัด (Compressor Intercooling)

ขณะที่เครื่องอัดอากาศทำการอัดอากาศระหว่างจุด 1 และ 2 งานที่ใช้จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการของเครื่องอัดมีค่าเป็นลบทำให้งานสุทธิของวัฏจักรลดลงตามไปด้วย ในทางทฤษฎีหากสามารถทำให้อุณหภูมิของอากาศที่ถูกอัดมีค่าคงที่ประสิทธิภาพของระบบก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ในทางปฏิบัติสามารถทำได้โดยการหล่อเย็นอย่างต่อเนื่องเป็นช่วงๆ ขณะที่ทำการอัดอากาศ เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการหล่อเย็นร่วมของเครื่องอัด สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.9 แผนภาพ T - s ของกระบวนการในรูปที่ 4.9 สามารถเขียน ได้ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.9 การทำงานของเครื่องกังหันก๊าซในวัฏจักรเบรย์ตันแบบมีการหล่อเย็นร่วมของเครื่องอัด



รูปที่ 4.10 แผนภาพ T - s ของเครื่องกังหันก๊าซในวัฏจักรเบรย์ตันแบบมีการหล่อเย็นร่วมของเครื่องอัด

○ การให้ความร้อนซ้ำของกังหัน (Turbine Reheat)

พลังงานที่ได้จากกังหันสามารถเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มอุณหภูมิให้กังหัน ซึ่งในทางทฤษฎีสามารถทำได้โดยการให้ความร้อนกับก๊าซอย่างต่อเนื่องในขณะที่กังหันทำงาน ในทางปฏิบัติการเพิ่มความร้อนต้องกระทำโดยการให้ความร้อนซ้ำเป็นขั้นๆ โดยรวมแล้วการเพิ่มจำนวนขั้นการให้ความร้อนรวมทั้งการหล่อเย็นร่วมจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นตอนการทำงานทั้งสองกระบวนการจะเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ระยะเวลาคุ้มทุนจะของโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่จะเร็วกว่าโรงไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตขนาดเล็ก การออกแบบขนาดและระบบการทำงานของโรงไฟฟ้าให้เหมาะสมจึงต้องพิจารณา ทั้งค่าการลงทุน ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน เช่น เชื้อเพลิงและค่าตอบแทนพนักงาน

○ การฉีดน้ำผสม (Water injection)

การฉีดน้ำผสมกับอากาศก่อนที่จะถูกอัดตัว เป็นวิธีที่ทำให้กำลังงานขาออกของวัฏจักรกังหันก๊าซเพิ่มขึ้น ได้อย่างชัดเจน เนื่องจากการระเหยของน้ำที่อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นขณะผ่านกระบวนการอัด จะช่วยลดอุณหภูมิของอากาศที่ถูกอัด อันเป็นการลดการทำงานของเครื่องอัด ซึ่งมีผลคล้ายกับการหล่อเย็นร่วม ในวัฏจักรกังหันก๊าซที่มีรีเจนเนอเรชั่นทั้งเครื่องเพลลาเดียวและสองเพลลา การฉีดน้ำผสมจะกระทำระหว่างกระบวนการอัดอากาศและรีเจนเนอเรชั่น ปริมาณของไอน้ำที่ฉีดเข้าไปสามารถคำนวณได้จากปริมาณที่ทำให้อากาศที่ถูกอัดอึดตัวที่อุณหภูมิหลังการเผาไหม้ก่อนเข้ากังหัน ปริมาณของน้ำที่มากเกินไปมีผลประสิทธิภาพโดยรวมลดลงและทำให้ใบพัดของเครื่องกังหันเสียหายได้

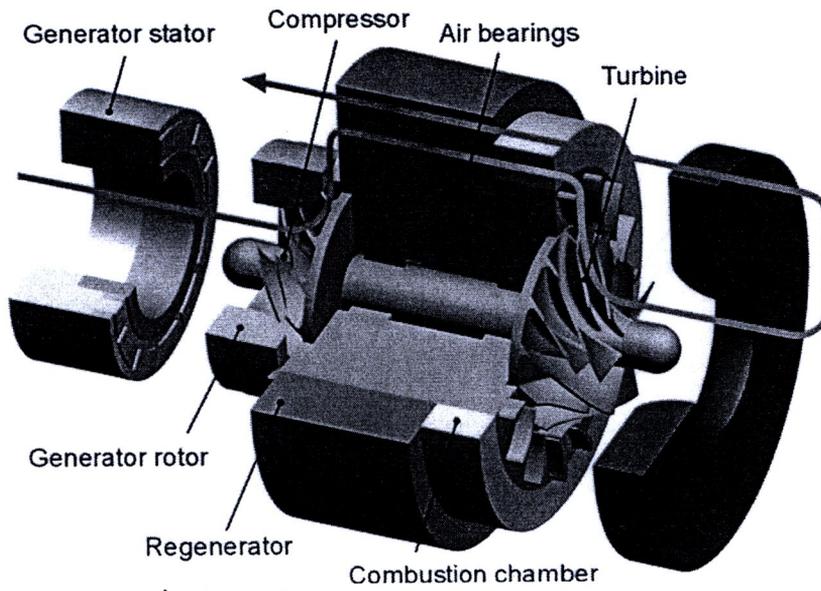
ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากสาเหตุหลัก ดังนี้

- งานของกังหันเพิ่มขึ้นเนื่องจากอัตราการไหลของอากาศ และไอน้ำที่เพิ่มขึ้น
- อัตราส่วนความดันที่เหมาะสมสำหรับงานเพิ่มขึ้น รวมทั้งประสิทธิภาพและอัตราส่วนความดันที่เหมาะสม ของประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นด้วย

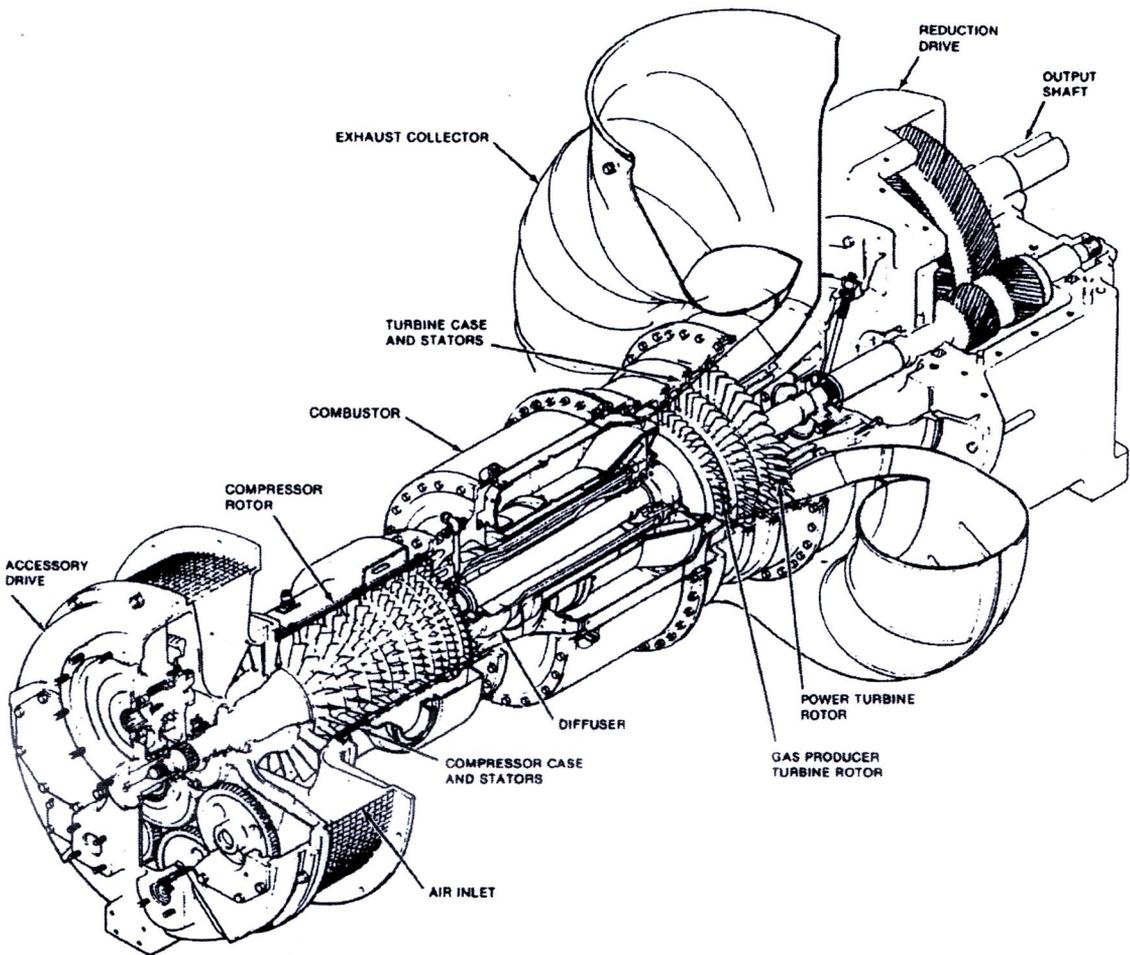
ข้อดีของระบบที่มีการฉีดน้ำ คือ ขณะที่กังหันทำงานไม่เต็มกำลังสามารถรักษาประสิทธิภาพให้สูงอยู่เกือบตลอดเวลา โดยการควบคุมอุณหภูมิของกังหันให้มีค่าคงที่ด้วยการปรับลดอัตราการฉีดน้ำ นอกจากนี้การฉีดน้ำผสมยังสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ในสภาวะที่ทำงานที่พิกัดกำลังสูงซึ่งอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงลดลง

4.3 ส่วนประกอบของกังหันก๊าซ

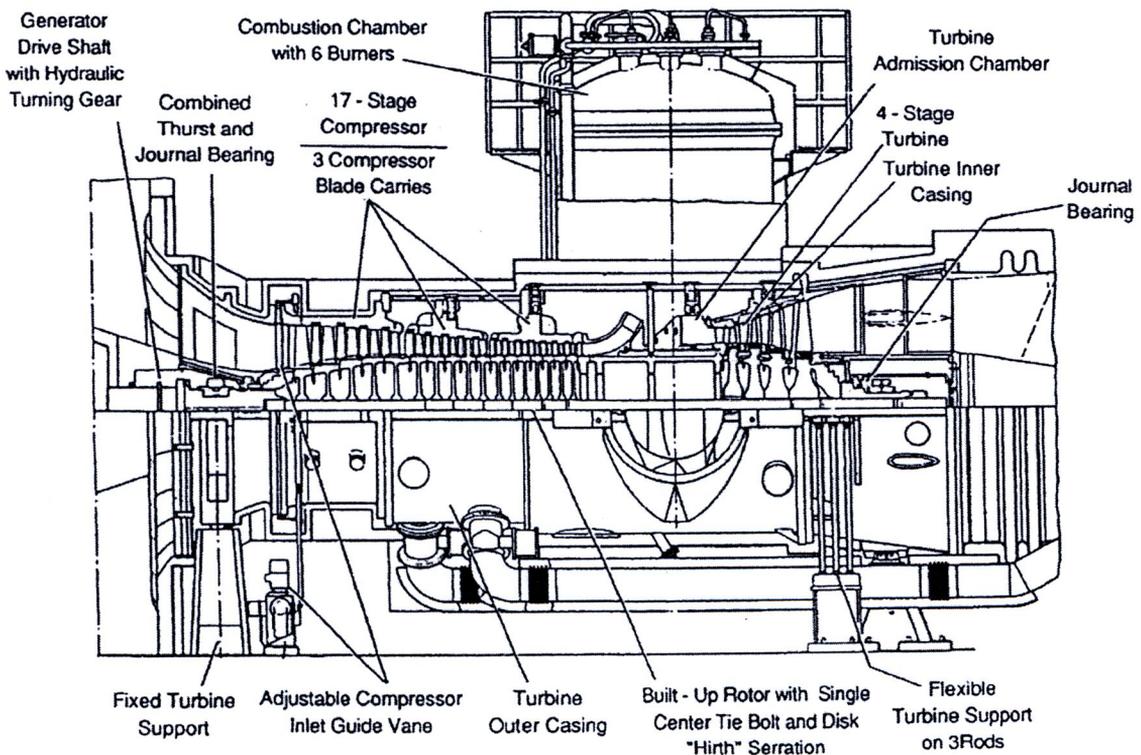
ระบบกังหันก๊าซโดยทั่วไป มีส่วนประกอบหลักทั้งหมดอยู่ 3 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ เครื่องอัดอากาศ (Air compressor) ห้องเผาไหม้ (Combustion chamber) และเครื่องกังหัน (Turbine) ดังแสดงในรูปที่ 4.10 ส่วนประกอบย่อยของระบบกังหันก๊าซในอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้าโดยทั่วไปสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.11 (a) และ (b)



รูปที่ 4.10 ระบบหลักของเครื่องกังหันก๊าซ



(a) กังหันก๊าซของบริษัท Courtesy Solar Turbines Incorporated



(b) กังหันก๊าซของบริษัท Siemens Power Generation

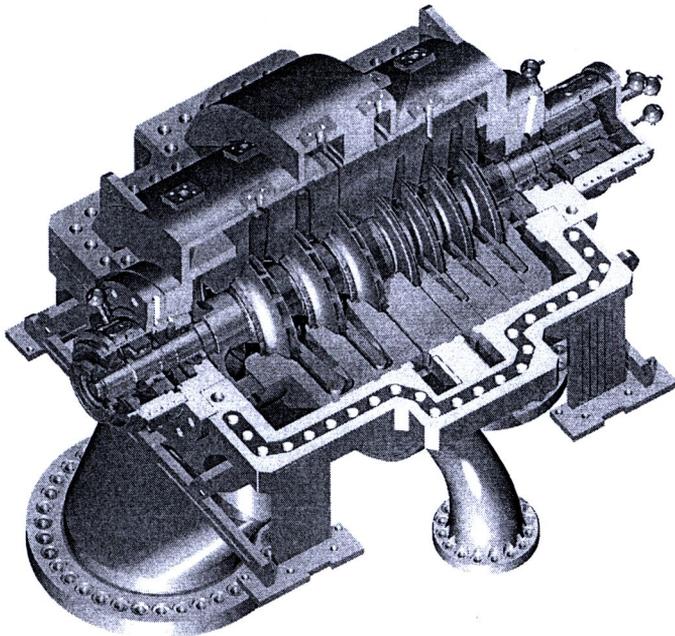
รูปที่ 4.11 ระบบเครื่องกังหันก๊าซทั่วไปในอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า

4.3.1 เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) มีหน้าที่อัดอากาศให้ได้ค่าประมาณ 6 – 8 เท่า ของบรรยากาศ ตามที่ออกแบบไว้ ก่อนนำไปผสมกับเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ อากาศที่ถูกดูดเข้าไปอัดเพิ่มความดันจะต้องผ่านแผ่นกรองอากาศ เพื่อแยกฝุ่นละอองออกไปก่อนทำการ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้อื่นส่วนภายในเครื่องกังหันเกิดการสึกกร่อน โดยทั่วไปเครื่องอัดอากาศแบ่งตามลักษณะการไหลของอากาศได้สองชนิด คือ

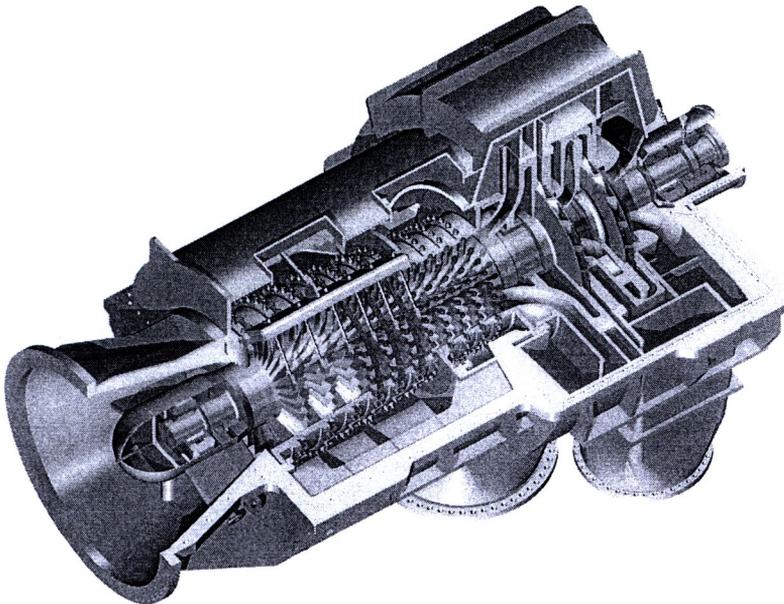
- **เครื่องอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal Compressor)** ทำงานคล้ายกับปั๊มแรงเหวี่ยง โดยใช้ใบพัดในการอัดเรียงจากขนาดเล็กไปใหญ่ เหมาะที่จะใช้กับเครื่องกังหันก๊าซขนาดเล็ก ดังรูป 4.12
- **เครื่องอัดอากาศในแนวแกน (Axial Compressor)** โครงสร้างประกอบด้วยระบบใบพัดสองแบบคล้ายกับกังหัน ได้แก่ ใบพัดที่หมุนได้ (Moving Blade) จะติดอยู่บนเพลาวางสลักกับใบพัดอีกแบบที่ติดอยู่กับโครงของเครื่องอัดอากาศ (Fixed Blade) อากาศที่ดูดเข้ามาจะถูกอัดตามแนวแกนผ่านใบพัดที่อยู่กับที่ใบพัดหมุนและที่ติดอยู่บนเพลลา ทำให้ปริมาณอากาศลดความดันจึงมีค่าเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.13 เครื่องอัดอากาศแบบตามแนวแกนยังแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ได้แก่
 - **แบบลูกสูบ** ประกอบด้วยลูกสูบที่เคลื่อนที่ในกระบอกสูบ โดยรับกำลังขับเคลื่อนผ่านก้านสูบและข้อเหวี่ยง มีลิ้นดูดอากาศและลิ้นส่งติดอยู่ตอนบนของหัวสูบ ถ้าต้องการอัดอากาศให้ได้

ที่ความดันสูง จะต้องออกแบบให้มีโครงสร้างแข็งแรงมาก แรงบิดตอนเริ่มสตาร์ทจะมีค่าสูงทำให้ข้อเหวี่ยงมีขนาดใหญ่รวมทั้งต้องแก้ปัญหาเรื่องการสั่นของระบบ ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงให้มีการหยุดทำงานเป็นจังหวะโดยใช้การอัดอากาศหลายชั้น

○ **แบบโรตารี** มีการออกแบบพื้นฐานอยู่ 3 แบบด้วยกัน คือ แบบเหวี่ยงออกตามแนวรัศมีรอบตัวหรือแบบใช้แรงเหวี่ยง (Radial or Centrifugal Compressor) แบบไหลตามแนวแกน และแบบขับออกทางบวกหรือพัดลม



รูปที่ 4.12 เครื่องอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงแบบเพลลาเดี่ยวของ บริษัท ABB รุ่น STC-SH



รูปที่ 4.13 เครื่องอัดอากาศแบบตามแนวแกนของ บริษัท ABB รุ่น SCT-SR

4.3.2 ห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber)

ห้องเผาไหม้มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกสองชั้นซ้อนกันอยู่ ชั้นนอกจะทำหน้าที่เป็นทางเดินของอากาศอัดที่ส่งมาจากเครื่องอัดอากาศ ทรงกระบอกชั้นในจะประกอบด้วยห้องเผาไหม้ ห้องผสมอากาศ หัวฉีดเชื้อเพลิง รวมทั้งจะมีช่องทางส่งอากาศร้อนจากห้องเผาไหม้เข้าไปที่ตัวกังหัน

4.3.3 เครื่องกังหัน (Turbines)

กังหันก๊าซแบ่งเป็น 2 ชนิดหลักตามลักษณะการไหลของก๊าซร้อน คือ แบบให้ก๊าซไหลตามแนวรัศมี (Radial Flow) มีลักษณะคล้ายคลึงกับเครื่องอัดแบบแรงเหวี่ยง การไหลของก๊าซจะเกิดตามแนวรัศมี กังหันก๊าซแบบนี้ไม่เหมาะที่จะใช้กับระบบที่มีการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง ประสิทธิภาพเชิงความร้อนจึงต่ำ ทำให้ใช้งานเฉพาะในระบบกังหันขนาดเล็กเท่านั้น และ แบบให้ก๊าซไหลตามแกน (Axial Flow) มีลักษณะคล้ายกังหันไอน้ำยกเว้นแต่ของไหลที่ใช้ในการทำงานเป็นก๊าซประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะดีกว่าแบบไหลตามแนวรัศมี

4.3.4 ใบกังหันก๊าซ (Gas Turbine Blade) เนื่องจากประสิทธิภาพของวัฏจักรกังหันก๊าซแบบเบรย์ตัน (Brayton Cycle) มีค่าต่ำกว่าประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำในวัฏจักรแรงคิน ทำให้มีการออกแบบกังหันก๊าซเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ ด้วยการใช้ใบกังหันที่บิดตลอดตามแนวใบพัดเพื่อให้เกิดการไหลวนของก๊าซขณะเคลื่อนที่ ซึ่งแตกต่างจากใบพัดของกังหันไอน้ำที่มีใบลักษณะค่อนข้างตรง ดังแสดงได้ในรูปที่ 4.14 และ 4.15



รูปที่ 4.14 ลักษณะใบพัดของเครื่องกังหันก๊าซ

http://www.vanwestholland.com/turbo_blower_parts.html

4.4 การบำรุงรักษาระบบกังหันก๊าซ

การบำรุงรักษาระบบกังหันก๊าซเป็นขั้นตอนได้ในลักษณะเดียวกันกล่าวคือ

○ การตรวจสอบระหว่างเดินเครื่อง เป็นขั้นตอนการตรวจสอบปกติเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพและข้อบกพร่องของระบบ ทำให้สามารถที่จะดำเนินการแก้ไขได้อย่างถูกต้อง การตรวจสอบแบบนี้ส่วนใหญ่เป็นการสังเกตด้วยตา เช่น การสันสะเทือน ณ ตำแหน่งต่างๆ ของระบบ และสังเกตสภาพทั่วไป เป็นต้น รวมทั้งการบันทึกค่าพารามิเตอร์การทำงานของระบบที่สำคัญ เช่น อุณหภูมิ ก๊าซขาออกของกังหัน ณ ค่าโหลด ต่างๆกันอัตราการไหล และความดันของระบบเชื้อเพลิง อุณหภูมิ ณ จุดต่างๆ ของระบบ และระยะเวลาในการเริ่มเดินเครื่อง เป็นต้น

○ การตรวจสอบระหว่างการหยุดเดินเครื่อง โดยไม่ถอดอุปกรณ์โดยไม่จำเป็นแต่จะใช้เครื่องมือพิเศษทำการตรวจสอบบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อความเสียหายสูง เช่น ใบกังหัน และห้องเผาไหม้ เป็นต้น การตรวจสอบแบบนี้เป็นขั้นตอนที่สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบ

○ การตรวจสอบระบบสันดาปและระบบที่มีอุณหภูมิสูง โดยทำการถอดส่วนประกอบที่สำคัญ เช่น ระบบสันดาป ซึ่งต้องทำการตรวจสอบหัวฉีดเชื้อเพลิง ห้องสันดาป และ ระบบท่อหรือการตรวจสอบกังหัน และใบกังหัน ซึ่งต้องใช้เวลาประมาณ 4 – 5 สัปดาห์

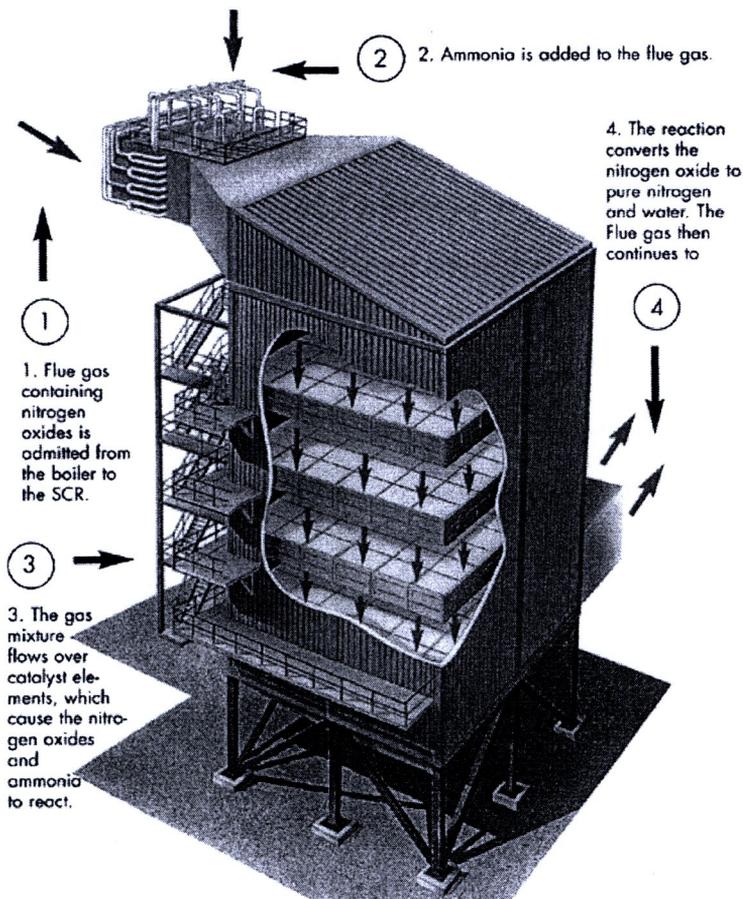
○ การตรวจสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การตรวจสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะดำเนินการในช่วงเวลาเดียวกันกับการตรวจสอบกังหัน โดยทำการตรวจสอบระบบกรงอากาศ load gear , bearing seals , stator winding และส่วนประกอบอื่นๆ นอกจากนี้ในระหว่างการทำงานต้องทำการตรวจวัดอุณหภูมิและการสันสะเทือนด้วย

○ การตรวจสอบระบบควบคุมบังคับ โดยปกติการตรวจสอบระบบนี้จะขึ้นกับเทคโนโลยีของอุปกรณ์ที่ใช้งาน เช่น ระบบ mark II จะต้องทำการ calibrate ระบบทุกปี แต่ในปัจจุบันส่วนใหญ่จะใช้ระบบ mark IV ซึ่งต้องการการบำรุงรักษาน้อยมาก

○ การตรวจสอบอุปกรณ์เครื่องกล ประกอบด้วยการตรวจสอบระบบอุปกรณ์เครื่องกลต่างๆ เช่นระบบกรงอากาศ ป้อน ระบบปรับคุณภาพน้ำ และวาล์วต่างๆ เป็นต้น

4.5 ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ก๊าซไอเสียที่ออกจากกังหันก๊าซจะมีส่วนผสมของออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจนในรูป NO_x และ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม ก๊าซ NO_x สามารถควบคุมโดยการติดตั้งชุดควบคุมการเกิด NO_x (Selective Catalytic Reduction; SCR) เข้าที่ชุดผลิตไอน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 โครงสร้างของชุดควบคุมการเกิด NO_x

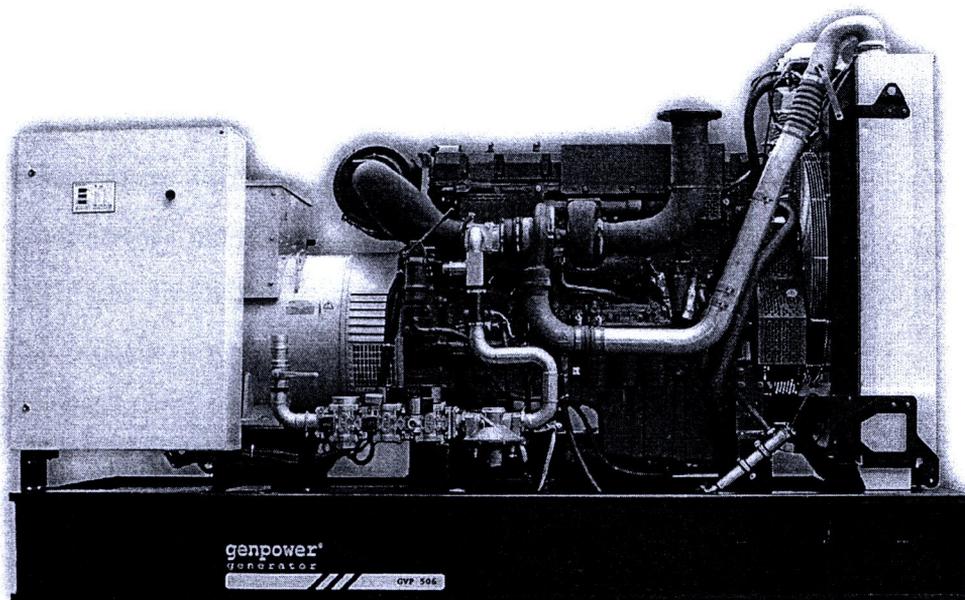
หลักการควบคุมการเกิด NO_x ให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน 75 ppm ทำได้โดยการลดอุณหภูมิการเผาไหม้โดยการฉีดไอน้ำเข้าไปผสมกับแอมโมเนียที่ทางด้านขาออกของกังหัน เพื่อเปลี่ยน NO_x ให้เป็นก๊าซไนโตรเจนและน้ำ ดังสมการ $\text{NO}_2 + 2\text{NH}_3 + 1/2\text{O}_2 = 3/2\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ ส่วนการควบคุม SO_2 ทำได้โดยการควบคุมคุณภาพของเชื้อเพลิงให้มีส่วนประกอบของซัลเฟอร์ให้น้อยที่สุด นอกนั้นภายในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม จะติดตั้งระบบเก็บเสียงเพื่อให้ความดังรอบชุดกังหันก๊าซไม่เกิน 90 dBA

4.6 เครื่องยนต์เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ

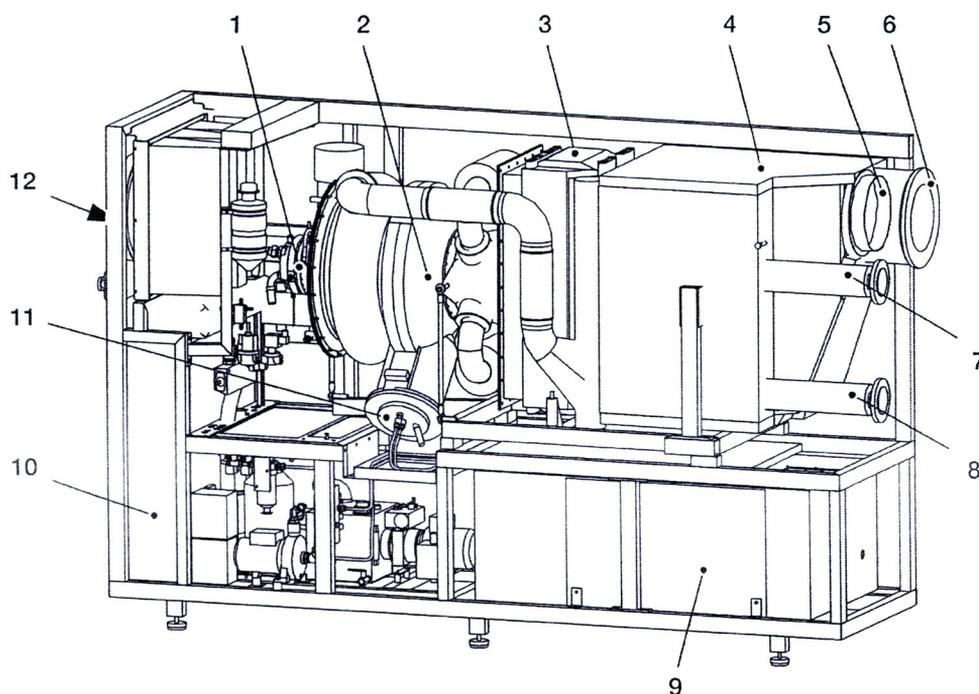
ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ สามารถใช้ได้ทั้งระบบเครื่องยนต์ก๊าซสันดาปภายในและระบบกังหันก๊าซ โดยส่วนใหญ่แล้วในระบบที่มีกำลังการผลิตไม่มากการใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในด้วยก๊าซชีวภาพเป็นทางเลือกที่เหมาะสม เนื่องจากมีข้อดีหลายอย่าง เช่น

- คุณภาพของก๊าซไม่จำเป็นต้องสูงมาก และไม่ต้องเพิ่มความดันให้กับก๊าซที่นำมาใช้
- ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยพื้นฐานค่อนข้างสูงประมาณ 35 %
- พลังงานสูญเสียในระบบการผลิตมีน้อย และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิตประมาณ 3 %

- ค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ การติดตั้งง่าย สะดวก ใช้เวลาน้อย
- เครื่องยนต์ก๊าซสันดาปภายในใช้เทคโนโลยีคล้ายกับเครื่องยนต์ดีเซล ทำให้การซ่อมบำรุงรักษาทำได้ง่าย การรื้อถอนและขนย้ายทำได้สะดวก
- มีกำลังการผลิตตั้งแต่ระดับ 500 kW จนถึง 10 MW



รูปที่ 4.17 เครื่องยนต์สันดาปภายในด้วยก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 4.18 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกังหันก๊าซ

จากรูปที่ 4.18 ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบประกอบด้วย

- 1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)
- 2) เครื่องยนต์กังหันก๊าซ (Gas Turbine Engine)
- 3) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบผิวสัมผัส (Recuperator)
- 4) อุปกรณ์ช่วยระบายความร้อน (Heat Exchanger)
- 5) ทางระบายอากาศร้อนสู่ภายนอก (Ventilation Air Outlet)
- 6) ทางออกของก๊าซร้อนขาออก (Exhaust Outlet)
- 7) ทางเข้าของน้ำหล่อเย็น (Water Inlet)
- 8) ทางออกของน้ำหล่อเย็น (Hot-water Outlet)
- 9) ชุดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power Electronics)
- 10) ชุดอุปกรณ์ควบคุม (Control System)
- 11) ห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber)
- 12) ทางเข้าของอากาศที่ใช้เผาไหม้ (Air Inlet)