บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมทุกประเภท โดยทั่วๆ ไปจะใช้พลังงานจากพลังงาน 2 รูปแบบ คือ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ โดยมีสัดส่วนการใช้งานที่แตกต่างกัน ตามแต่ประเภทของอุตสาหกรรม เนื่องจากพลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญของกระบวนการผลิตการใช้พลังงานอย่างไม่เหมาะสม ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าที่ควรจะเป็น ตั้งแต่เกิดวิกฤตการณ์พลังงานที่ผ่านมาทำให้ ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานเพิ่มขึ้นมากในเวลาเพียงไม่กี่ปี ซึ่งส่งผลโดยตรงกับค่าพลังงานที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ต้องจ่ายเพิ่มขึ้น ทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์สูงขึ้นตามไปด้วย และเพื่อให้สามารถดำเนินการและแข่งขันอยู่ได้ จึงเป็นจุดเริ่มต้นประการหนึ่ง ในการคิดหามาตรการอันจำเป็น ในการประหยัดพลังงาน เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต และยังเป็นการประหยัดพลังงาน ซึ่งมีแนวโน้มจะอัตคัดขึ้นในอนาคต เป็นการชลอการใช้พลังงานให้น้อยลง เพื่อจะได้มีเวลาทันสำหรับการหาพลังงานทดแทนในอนาคต และแนวทางหนึ่งที่สามารถทำได้อย่างได้ผลก็คือ “การจัดการด้านพลังงาน”

ในอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ใช้พลังงานเป็นจำนวนมากในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า ด้วยการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ จะสามารถลดต้นทุนในการผลิต โดยเฉพาะในส่วนเกี่ยวกับพลังงาน ทำให้เกิดผลกำไรเพิ่มขึ้น และเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าการประหยัดพลังงาน นอกจากเป็นการลดต้นทุนการผลิตแล้ว ยังนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตด้วย เนื่องจากในขั้นต้นของกระบวนการประหยัดพลังงานต้องมีการทบทวนระบบการผลิตทั้งในแง่ของการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และในแง่การผลิตอย่างมีประสิทธิภาพด้วย

การใช้พลังงานทุกรูปแบบให้ได้ประโยชน์สูงสุด นับได้ว่าเป็นการสงวนทรัพยากร ธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้มีใช้ได้นานที่สุด และการใช้อย่างประหยัดก็จะช่วยลดค่าใช้จ่าย หรือลดต้นทุนในการผลิตสินค้าลงได้ ก็จะทำให้เศรษฐกิจของทุกๆ ฝ่ายดีขึ้น การใช้ประโยชน์ให้สูงสุดและใช้ในสิ่งที่จำเป็นก็คือ การประหยัดนั่นเอง ดังนั้นการศึกษาเพื่อหาวิธีการใช้พลังงานในการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นสิ่งที่ไม่ควรหลีกเลี่ยง เนื่องจากในอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้าเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานในกระบวนการผลิตเป็นปริมาณที่มาก

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของการประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า ดังนั้นการทำการศึกษานี้จึงมุ่งศึกษาการจัดการพลังงานจากการศึกษาในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม พระนครใต้ ชุดที่ 1

ปัญหา

1. ปัจจุบันการใช้พลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครใต้ ชุดที่ 1 ยังมีประสิทธิภาพไม่ดีพอ เนื่องจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อหน่วยผลิตมีค่ามากขึ้นตามชั่วโมงการเดินเครื่อง เนื่องจากอายุการใช้งานของเครื่องและ การเปรอะเปื้อนของคอมเพรสเซอร์ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมตกลงเรื่อยๆ ตามชั่วโมงการเดินเครื่องในระหว่างการเดินเครื่องระหว่างปีก่อนหยุดเครื่องตรวจสอบประจำปียังไม่มีกำหนดการล้างคอมเพรสเซอร์เพื่อลดผลกระทบนี้ในระหว่างปี ทำให้การเดินเครื่องเกิดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อหน่วยผลิตมากขึ้น ซึ่งในส่วนของการเปรอะเปื้อนของคอมเพรสเซอร์สามารถแก้ไขได้ด้วยการทำความสะอาด
2. การลดการสูญเสียที่เกิดจากการเปรอะเปื้อนของคอมเพรสเซอร์ โดยใช้ระบบชำระล้างคอมเพรสเซอร์แบบชำระล้างในการหยุดเครื่อง (Off-Line Cleaning) ปัจจุบันจะทำหลังจากหยุดเครื่องตรวจสอบประจำปี เนื่องจากระบบชำระล้างต้องหยุดเครื่องประมาณ 12ชั่วโมง อย่างต่ำในการทำความสะอาด 1 ครั้ง ทำให้สูญเสียกำลังการผลิตในช่วงนั้น (ปัจจุบันทำปีละ 1 ครั้ง)
3. ยังไม่มีการพิจารณาเปรียบเทียบผลได้และผลเสียอย่างชัดเจนในการกำหนดความถี่ในการหยุดเครื่องเพื่อชำระล้างคอมเพรสเซอร์ในระหว่างปีกับการเดินเครื่องไปจนถึงช่วงเวลาหยุดเครื่องตรวจสอบระหว่างปีแล้วจึงมีการชำระล้างก่อนการเดินเครื่องขึ้นไปใหม่

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาวิธีการในการผลิตกระแสไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. การศึกษามุ่งที่จะศึกษาถึงปัญหาในการใช้พลังงาน ตลอดจนแนวทางในการประหยัดพลังงาน โดยใช้อุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมพระนครใต้ ชุดที่ 1 เป็นตัวอย่างในการศึกษา โดยการศึกษาครอบคลุมถึงการทำ Preventive maintenance เพื่อรักษาให้ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันก๊าซ

อยู่ในสภาพที่ดี

2. จัดทำคู่มือมาตรฐานการสูญเสียในเครื่องควบแน่นของกังหันไอน้ำใช้เป็นคู่มือมาตรฐานการสูญเสียเพื่อใช้ในการตรวจสอบ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. สำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษากระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครใต้ชุดที่ 1
3. ศึกษาและวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงไฟฟ้าตัวอย่าง
4. วิเคราะห์แนวทางการประหยัดพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า
   โดยการทำ Preventive maintenance ในการชำระล้างคอมเพรสเซอร์
5. วิเคราะห์และประเมินผล
   ด้วยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องกังหันก๊าซ และปริมาณความร้อนที่ใช้ต่อหน่วยผลิต
6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ
7. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. ทราบถึงปัญหาการสูญเสียการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า
2. ทราบแนวทางในการควบคุมการใช้พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า
3. เป็นแนวทางสำหรับโรงไฟฟ้าอื่นๆ
4. ได้แนวทางในการใช้พลังงานในการผลิตไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

1.6 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.6.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการผลิตพลังงานไฟฟ้า

พลังงานในความหมายทางกลศาสตร์คือความสามารถที่จะทำงานได้เราสามารถวัดพลังงานได้จากงานที่เกิดขึ้นจากพลังงานนั้นๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 อย่างคือ แรงที่ใช้ และระยะทางที่วัตถุถูกกระทำให้เคลื่อนที่ไป โดยพลังงานปรากฏใน 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ ซึ่งพลังงานจลน์เป็นพลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของวัตถุ ส่วนพลังงานศักย์เป็นพลังงานที่แฝงอยู่ในวัตถุเนื่องจากตำแหน่งวัตถุ

ในการผลิตพลังงานโดยทั่วไปจะบอกในรูปของกำลังงาน (Power) โดยกำลังงานคือความสามารถในการทำงานในช่วงเวลาหนึ่งๆ หรือ

$$\text{กำลังงาน} = \frac{\text{พลังงาน}}{\text{เวลา}}$$

โดยกำลังงานมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) พลังงานมีหน่วยเป็นจูล (Joule) และเวลาเป็นวินาที (Second) ในระบบ SI

พลังงานจำนวนมากที่ผลิตจากแหล่งพลังงานโดยทั่วไปในการนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าโดยมากออกมาในรูปพลังงานความร้อน และพลังงานกลก่อน แล้วจึงนำมาเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปเดียวที่สามารถส่งไปได้ไกลๆ โดยสะดวก และเสียค่าใช้จ่ายในการจัดส่งน้อยที่สุด ทั้งสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นได้ง่ายและรวดเร็ว

ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจะนำพลังงานดิบ (Raw Energy) ใส่เข้าไปในโรงงานผลิต (Plant) ซึ่งเป็นตัวกลางที่ทำหน้าที่เปลี่ยนรูปพลังงานดิบเป็นพลังงานไฟฟ้า เรียกโรงงานผลิตนี้ว่าโรงงานผลิตกำลังไฟฟ้า (Electric Power Plant) หรือโรงไฟฟ้า (Power Plant) โรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าออกจำหน่ายเป็นโรงงานขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่กับที่ (Stationary Power Plant) กำลังการผลิตมีตั้งแต่หลายสิบเมกะวัตต์ถึงหลายร้อยเมกะวัตต์ ส่วนโรงงานผลิตกำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉพาะแห่ง ที่กระแสไฟฟ้าจากโรงงานขนาดใหญ่ส่งไปไม่ถึงหรือมีไว้ใช้ในกรณี ฉุกเฉิน เรียกว่า โรงงานผลิตกำลังไฟฟ้าเคลื่อนที่ได้ (Movable Power Plant) มีขนาดเล็กขนาดกำลังการผลิตอยู่ในระดับ 10-10,000 กิโลวัตต์ ปกติจะใช้กำลังงานจากเครื่องยนต์ดีเซลเป็นต้นกำลัง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แหล่งพลังงาน

แหล่งพลังงานดิบสามารถแบ่งได้เป็นหลายรูปแบบ ดังนี้

1. พลังงานฟอสซิล (Fossil Energy)

พลังงานฟอสซิลหมายถึงพลังงานของสารเชื้อเพลิงที่เกิดจากซากพืชซากสัตว์ที่ทับถมจมอยู่ใต้พิภพเป็นเวลานานหลายพันล้านปี โดยอาศัยแรงอัดของเปลือกโลกและความร้อนใต้พิภพใต้ผิวโลก มีทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ

2. พลังงานน้ำ (Flowing Streams of Water Energy)

พลังงานน้ำหมายถึง พลังงานที่ได้จากพลังงานจลน์ของน้ำที่ถูกเก็บกักบนที่สูงของอ่างเก็บน้ำหนือเขื่อน ซึ่งสะสมพลังงานศักย์ไว้เมื่อเปิดประตูน้ำ พลังงานศักย์ที่สะสมอยู่จะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ สามารถนำไปหมุนกังหันน้ำ (Turbine) เพื่อฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตกำลังไฟฟ้าได้

3. พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง และพลังงานคลื่น (Ocean Tidal Energy and Wave Energy)

พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง อาศัยหลักการพื้นฐานของพลังงานศักย์ และ พลังงานจลน์ เช่นเดียวกับเขื่อนพลังน้ำ แต่แทนที่จะใช้เขื่อนกักน้ำบนพื้นที่สูงๆ ให้มีความสูงและปริมาณมากๆ กลับอาศัยการต่างระดับของน้ำขึ้นน้ำลง ในแต่ละวันเพื่อเพิ่มศักยภาพของกำลังงาน โดยจะสร้างเขื่อนที่ปากแม่น้ำหรือปากอ่าวที่มีพื้นที่เก็บน้ำได้มากและการต่างระดับหรือพิสัยของน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าสูง โดยเมื่อน้ำขึ้นน้ำจะไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ และเมื่อน้ำลง น้ำจะไหลออกจากอ่างเก็บน้ำ การไหลเข้าและออกจากอ่างเก็บน้ำสามารถนำไปหมุนกังหันน้ำฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเช่นเดียวกับการผลิตกำลังไฟฟ้าพลังน้ำ

พลังงานคลื่น ทะเล มหาสมุทร เป็นแหล่งพลังงานคลื่นที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จำนวนมหาศาล เพียงแต่มีขนาดช่วงกว้างของคลื่นเล็กและไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับแรงลมที่พัดผ่าน ฉะนั้น ในการจะนำพลังงานคลื่นมาใช้งาน จึงต้องอาศัยพื้นที่กว้างใหญ่มาก นั่นหมายถึง จำนวนเงินลงทุนต้องมากมายมหาศาลเช่นกัน

4. พลังงานลม (Wind Energy)

พลังงานลม คือพลังงานจลน์ชนิดหนึ่ง เกิดจากอากาศเคลื่อนที่ ที่เรียกว่า กระแสลม เมื่อนำกระแสลมมาพัดผ่านใบกังหันจะเกิดการถ่ายทอดพลังงานจลน์ไปสู่ใบกังหัน ทำให้ใบกังหันหมุนรอบแกนซึ่งสามารถนำพลังงานจากการหมุนของกังหันนี้ถ่ายทอดต่อไปใช้งานได้ เช่น หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ถึงแม้ปริมาณลมในธรรมชาติจะมีจำนวนมากแต่ก็มีขนาดเล็กและไม่แน่นอน จึงมีความยุ่งยากมากที่จะนำมาผลิตกำลังไฟฟ้าจำนวนมากๆ

5. พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy)

พลังงานแสงอาทิตย์ เกิดจากปฏิกิริยาฟิวชั่นของดวงอาทิตย์ ซึ่งจะปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เรียกว่า รังสีแสงอาทิตย์ (Solar Radiation) รังสีนี้จะแพร่กระจายออกทุกทิศทุกทาง โลกของเราก็ได้รับอิทธิพลของรังสีนี้ โดยความเข้มของรังสีที่ตกลงบนผิวโลกประมาณ 961-1191 วัตต์ต่อตารางเมตร หรือคิดเป็นพลังงานประมาณ 2000-2500 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

ในปัจจุบันมีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการผลิตกำลังไฟฟ้า 2 รูปแบบ คือในรูปพลังงานความร้อน และการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง โดยกระบวนการโฟโตวอลตาอิคด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) อย่างไรก็ตาม การผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ยังถือว่าไม่คุ้มค่ากับการลงทุนสำหรับโครงการขนาดใหญ่ในปัจจุบัน

6. พลังงานความร้อนใต้พิภพ (Terrestrial Heat Energy)

พลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นพลังงานความร้อนในโลกที่ทำให้น้ำใต้ดินมีอุณหภูมิและความดันสูง ถ้ามีจำนวนมากสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตกำลังไฟฟ้าได้

7. พลังงานนิวเคลียร์ (Nuclear Energy)

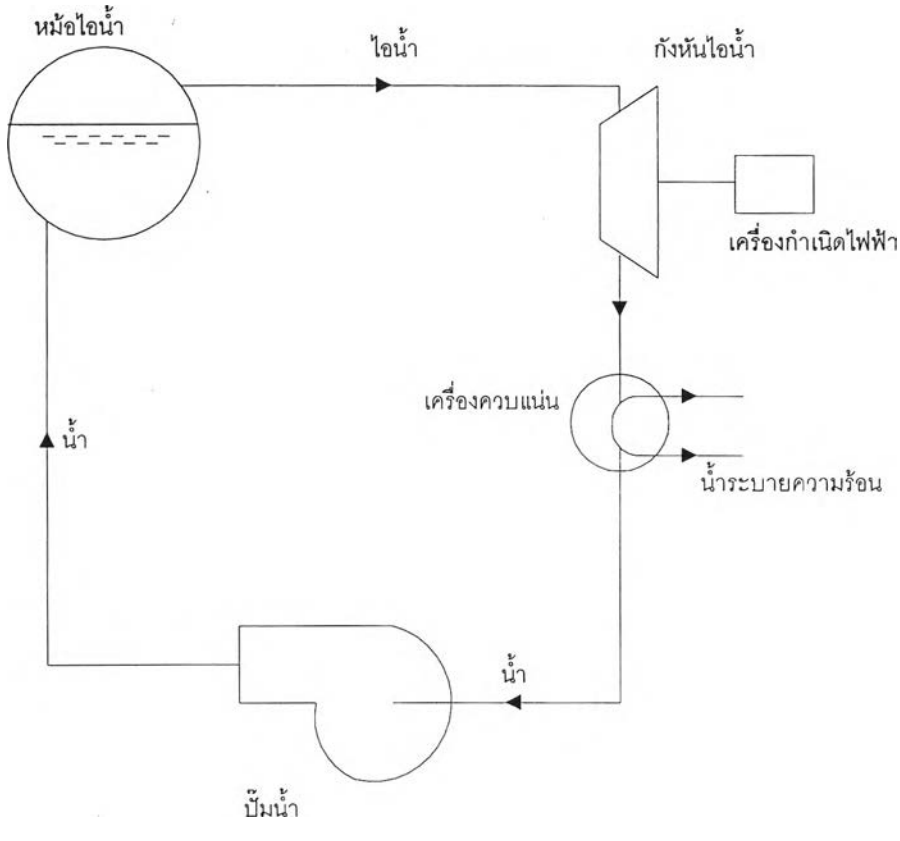
พลังงานนิวเคลียร์ เป็นพลังงานที่เกิดจากการแตกตัว หรือรวมตัวของนิวเคลียสของอะตอม โดยปฏิกิริยาแตกตัว เรียกว่า ปฏิกิริยาฟิชชั่น ปฏิกิริยารวมตัว เรียกว่า ฟิวชั่น พลังงานนิวเคลียร์นี้เป็นพลังงานที่มีปริมาณมาก เมื่อเทียบกับมวลที่ใช้ สามารถใช้เป็นพลังงานที่สำคัญในการผลิตความร้อนเพื่อใช้ในการผลิตกำลังไฟฟ้าได้ สำหรับพลังงานนิวเคลียร์ที่นำมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันจะเป็นพลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยาแตกตัวในเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์

1.6.2 ระบบโรงไฟฟ้า (Power Plant System)

ระบบโรงไฟฟ้าที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบันเป็นระบบที่ทำเป็นการค้า มีต้นทุนการผลิตกำลังไฟฟ้าต่ำ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 5 ระบบใหญ่ๆ คือ

1. โรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ (Steam Power Plant)

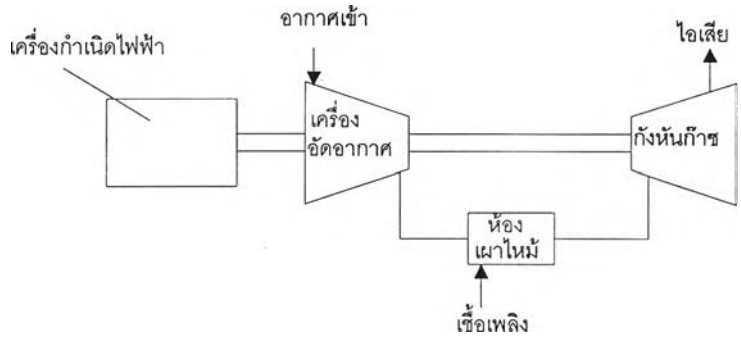
โรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ เป็นโรงไฟฟ้าที่นำเชื้อเพลิงมาต้มน้ำให้เดือดกลายเป็นไอน้ำที่อุณหภูมิสูงและความดันสูง แล้วนำไอน้ำเดือดนี้ไปหมุนกังหันไอน้ำเพื่อฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกต่อหนึ่งเชื้อเพลิงที่ใช้ในระบบนี้จะเป็นเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลเป็นหลักใหญ่ ในปัจจุบันที่ใช้อยู่ในเมืองไทยคือ น้ำมันเตา ถ่านหินลิกไนต์ ก๊าซธรรมชาติ และความร้อนร่วมจากโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ นอกนั้นก็มีการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาต้มน้ำ หรืออาจใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพ ซึ่งมีจำนวนน้อยและยังอยู่ในขั้นทดลอง โดยการผลิตจะมีการปรับขั้นตอนในการทำน้ำร้อนให้เหมาะสมในแต่ละวิธี แต่หลักการส่วนใหญ่จะเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 วงจรการทำงานโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ

2. โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ (Gas Turbine Power Plant)

โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ เป็นโรงไฟฟ้าที่นำเชื้อเพลิงมาเผาไหม้โดยตรง ซึ่งจะให้ก๊าซร้อนที่มีอุณหภูมิและความดันสูงมาก นำไปขับกังหันก๊าซโดยตรงเพื่อฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังแผนภูมิรูปที่ 1.2 คือลักษณะและวัฏจักรการทำงานของโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ



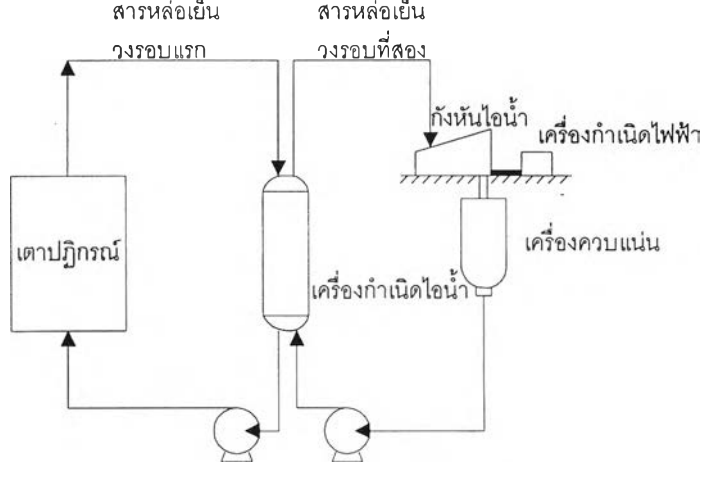
รูปที่ 1.2 วงจรการทำงานของโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ

3. โรงไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydro-Electric Power Plant)

โรงไฟฟ้าพลังน้ำเป็นโรงไฟฟ้าที่นำพลังงานน้ำเหนือเขื่อนมาหมุนกังหันน้ำ เพื่อฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4. โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (Nuclear Power Plant)

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนชนิดหนึ่ง มีลักษณะการทำงานของระบบโรงไฟฟ้าเช่นเดียวกับโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ เพียงแต่เชื้อเพลิงที่ใช้ในการให้ความร้อนใช้พลังงานจากพลังงานนิวเคลียร์เท่านั้น ตามแผนภูมิรูปที่ 1.3



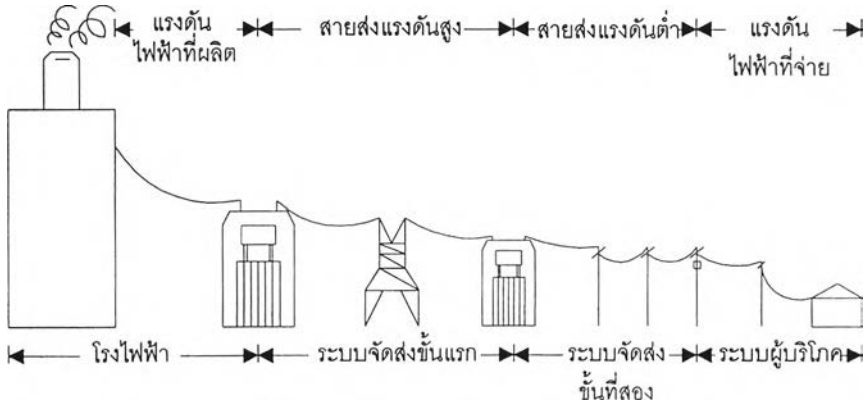
รูปที่ 1.3 วงจรการทำงานโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

5. โรงไฟฟ้าดีเซล (Diesel Power Plant)

โรงไฟฟ้าดีเซล เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ทำงานฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ในประเทศไทยจะใช้เฉพาะในชนบทห่างไกลที่สายส่งหลักไปไม่ถึงเท่านั้น

6. การจัดส่งกำลังไฟฟ้า (Electric Power System)

ในการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่ได้จะมีค่าความต่างศักย์ (Generator Voltage) ค่าหนึ่งตามกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าแต่ละแห่ง ในขณะที่แหล่งผลิตไฟฟ้ามักจะตั้งอยู่ห่างไกลจากแหล่งชุมชนที่ใช้ไฟฟ้า ฉะนั้นเพื่อลดการสูญเสียภายในสายส่งไฟฟ้าที่มีระยะทางไกลให้น้อยลง (I^2R) และจำกัดขนาดของสายส่งให้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเล็กลง เนื่องจากขนาดพื้นที่จะแปรตามจำนวนกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน จึงทำการแปลงกำลังไฟฟ้าให้มีค่าความต่างศักย์หรือแรงดันสูงขึ้น (P=IV เมื่อ V มาก I น้อย) อาจเป็น 69, 115, 230, หรือ 500 กิโลโวลต์ ตามระยะทางใกล้หรือไกล และเมื่อใกล้แหล่งชุมชนจะลดลงให้เป็นไปตามแรงดันตามหน่วยที่ใช้ เช่น 220 โวลต์ สำหรับบ้านเรือนและ 380 โวลต์ สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ดังรูปที่ 1.4 แสดงแผนภูมิระบบจัดส่งขั้นพื้นฐานดังกล่าว ซึ่งอาจเรียกว่า ระบบจำหน่าย (Distribution System) หรือระบบจัดส่งพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 1.4 ระบบจัดส่งพลังงานไฟฟ้า

1.6.3 หลักการเครื่องกังหันก๊าซ (Gas Turbine Principles)

เครื่องกังหันก๊าซ จัดอยู่ในประเภท Combustion Engine ซึ่งเอาผลจากการเผาไหม้มาใช้งานในรูปพลังงานกล เพื่อขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือ คอมเพรสเซอร์ ตามประเภทการใช้งาน โดย Combustion Engine แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

- เครื่องสันดาบภายนอก (External Combustion Engine)
- เครื่องสันดาบภายใน (Internal Combustion Engine)

-เครื่องสันดาบภายนอก (External Combustion Engine)

พลังความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง จะถ่ายเทให้กับตัวกลาง (Medium Fluid) และนำเอาตัวกลางนี้ไปใช้งาน ซึ่งเรียกสารตัวกลางนี้ว่า Working Fulid เช่นการให้ความร้อนกับน้ำใน Boiler จนกลายเป็นไอน้ำใช้ขับ กังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

-เครื่องสันดาบภายใน (Internal Combustion Engine)

พลังความร้อนที่เกิดจากเผาไหม้ระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงถูกนำไปใช้งานโดยตรง ไม่ต้องผ่านตัวกลาง ก๊าซที่เกิดจาการเผาไหม้ทำหน้าที่เป็น Working Fluid โดยตรง เช่น เครื่องยนต์สองหรือสี่จังหวะ สำหรับเครื่องกังหันก๊าซ การทำงานจะต่างจากเครื่องยนต์ที่กล่าวมาคือ การถ่ายเทพลังงานจะเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่มีจังหวะดูด อัด ระเบิด และคาย (Exhaust) ทั้งนี้เนื่องจากส่วนประกอบของเครื่องแตกต่างกัน ชิ้นส่วนหลักของเครื่องกังหันก๊าซประกอบด้วยส่วนประกอบดังนี้

- Compressor ทำหน้าที่ดูดและอัดอากาศเพื่อการเผาไหม้
- Combustion Chamber (ห้องเผาไหม้) ทำหน้าที่เป็นส่วนที่ เกิดการเผาไหม้ระหว่างอากาศที่ถูกอัดและเชื้อเพลิง ทำให้ก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ เพิ่มพลังงานในการขยายตัว
- Turbine ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้เป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการขยายตัวของก๊าซร้อน ผ่าน Turbine Blades ด้วยการทำงานแบบ Impulse Turbine

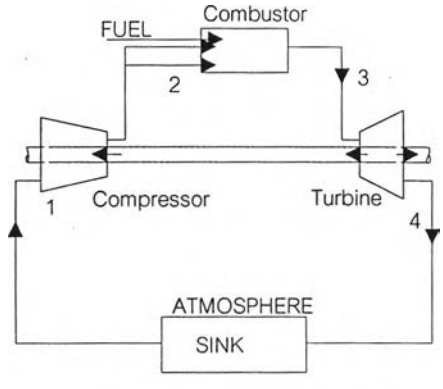
วงจรการทำงานของเครื่องกังหันก๊าซ (Simple Gas Turbine Cycle)

วงจรการทำงานของเครื่องกังหันก๊าซ มีชื่อเรียกว่า Brayton cycle หรือบางทีเรียกว่า Constant Pressure Cycle คือการเผาไหม้ และก๊าซร้อนที่ถ่ายเทพลังงานให้แก่ Turbine ออกสู่บรรยากาศ (Exhaust) เกิดขึ้นในสภาพความดันคงที่ ขบวนการถ่ายทอดพลังงานภายในวงจรจะต่อเนื่องกันทุกจุดของอุปกรณ์ ไม่มีการสะสมพลังงานภายในวงจร เรียกว่า Steady Flow Cycle จากรูปที่ 2.6 ภายใน Brayton Cycle ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก (Major Component) คือ Air Compressor, Combustion Chamber (Combustor) และ Turbine ตัว Air Compressor และ Turbine ติดตั้งอยู่บน Shaft เดียวกัน การทำงานตัว Compressor ดูดอากาศจากภายนอก และอัดอากาศให้มีแรงดันสูงขึ้น ขณะเดียวกันอุณหภูมิจะสูงขึ้นตามด้วย อากาศที่ถูกอัด จะไหลเข้าไปใน Combustor ภายใน Combustor จะมีตัว Burner ป้อนเชื้อเพลิงให้รวมกับอากาศที่ถูกอัด และจุดติดให้เกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง ก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะมี ปริมาตรเพิ่มขึ้นและขยายตัวผ่าน Turbine เพื่อถ่ายทอดและเปลี่ยนเป็นพลังงานกล ก๊าซที่ผ่าน Turbine (เรียกว่า Exhaust Gas) จะออกสู่บรรยากาศทิ้งไปไม่มีการนำกลับมาใช้อีก ลักษณะการทำงานของวงจรแบบนี้เรียกว่า Open Cycle ช่วงการทำงานที่แสดงด้วย PV และ TS Diagram อธิบายดังนี้

ช่วงการทำงานที่แสดงด้วย PV และ TS Diagram อธิบายได้ดังนี้

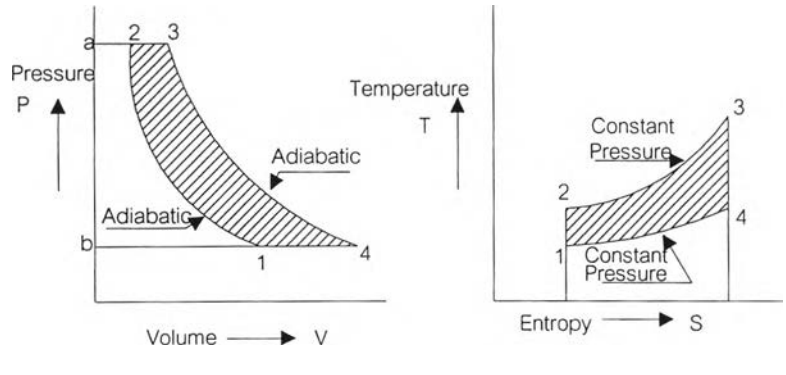
- Stage 1-2 การอัดอากาศด้วยตัว Air Compressor ; ปริมาตรลดลงและอุณหภูมิสูงขึ้น (ΔT=T2-T1)
- Stage 2-3 พลังความร้อนเพิ่มขึ้นด้วยการเผาไหม้กับเชื้อเพลิงขณะความดันคงที่ ; อุณหภูมิเพิ่มขึ้นและปริมาตรเพิ่มขึ้น
- Stage 3-4 การขยายตัวของก๊าซร้อนผ่าน Turbine ; ปริมาตรเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิลดลง (T3=Turbine Inlet Temp.)
- Stage 4-1 Exhaust Gas จาก Turbine ออกสู่บรรยากาศที่ความดันคงที่ (T4=Exhaust Gas Temp.)

ที่ Stage 3-4 เป็นพลังงานกลที่เปลี่ยนรูปมาจากพลังงานความร้อน Output ที่ได้จะมีส่วนหนึ่งถูกใช้ไปขับตัว Air Compressor ซึ่งอยู่บนแกนเดียวกัน (Gas Turbine ลักษณะนี้ เรียกว่าแบบ Single Shaft)



Layout of a Gas Turbine Unit

- Stage 1-2 compression of air in COMPRESSOR
- Stage 2-3 heat added at const. press. in COMBUSTOR
- Stage 3-4 expansion through GAS TURBINE
- Stage 4-1 exhaust to atmosphere
- adiabatic compression& expansion



รูปที่ 1.5 Brayton Cycle

As before,work done W= heat added Qa- heat rejected Qr, assuming constant specific heat,as given in definition of the Air Standard cycle.

Assuming Constant Specific Heat and The Air Standard Cycle

Workdone = Heat Added (QA) - Heat Rejected (QR)

Heat Added $Q_A = WC_P(T3-T2)$

Heat Rejected $Q_R = WC_P(T4-T1)$

$$W = WC_P(T3-T2) - WC_P(T4-T1)$$

* Themal Efficiency $= \frac{W}{Q_A}$

$$= \frac{WC_P(T3-T2) - WC_P(T4-T1)}{WC_P(T3-T2)}$$

$$= 1 - \frac{(T4-T1)}{(T3-T2)}$$

เมื่อไม่มี Pressure Loss ใน Cycle สามารถแสดงค่า

* THERMAL EFFICIENCY $= 1 - \frac{T4}{T3}$

ถ้ากำหนด Pressure Ratio (r_P) = P2/P1

THERMAL EFFICIENCY $= 1 - \frac{1}{r_P^{(K-1)/K}}$

K = ค่าคงที่ใน SENTROPIC PROCESS

Compressor Work

$W_C = WC_P(T2-T1)$

Turbine Work

$W_T = WC_P(T3-T4)$

$W_{NET} = W_T - W_C$

= Work ที่ไปขับ Generator

*NET THERMAL EFFICIENCY

$= \frac{W_{NET}}{Q_A}$

W = Mass Flow จะแปรตาม

- AIR Flow ที่ออกจาก Compressor (VOL., FLOW)
- AIR Density

เพราะฉะนั้น Net Output ที่ใช้ไปขับตัว AC. Generator หรือ Pump จะมีค่าเท่ากับผลต่างของ Output ที่ Turbine ผลิตขึ้น จากการเปลี่ยนพลังงานความร้อนกับพลังงานกล ที่ใช้ขับตัว AIR Compressor

นั่นคือ $W_{NET} = W_T - W_C$; W_T คือ Work ของ Turbine ใน Stage 3-4

W_C คือ Work ของ Compressor ใน Stage 1-2

อัตราส่วนของ $W_C = 2/3 (W_T)$ หรือประมาณ 60 % ในการประมาณค่าโดยทั่วไป เมื่อนำเอา Gas Tubine แบบ Single Shaft ไปขับ AC. Generator ความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิง เปลี่ยนเป็นพลังงานกลและไฟฟ้า ผ่านตัว Turbine = 37.5 MW. จะกลายเป็นพลังงานที่ใช้ขับ Compressor 22.5 MW. และขับ AC. Generator ได้ Output 15 MW.

ประสิทธิภาพของเครื่อง Gas Turbine จะมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับค่า Turbine Inlet Temperture (ค่า T3 ใน Diagram) หรือค่า Pressure Ratio ซึ่งเป็นอัตราส่วนค่าความดันสมบูรณ์ P2/P1 (จาก Diagram) ค่า Pressure Ratio เป็นความสามารถของ Air Compressor ที่สามารถอัด

อากาศได้ความดันสูงเพียงใดที่ค่า Air Flow ขณะนั้น โดยทั่วไปค่า Pressure Ratio ของ Axial Flow Compressor จะอยู่ระหว่าง 6:1 ถึง 11:1 แล้วแต่ขนาดของเครื่อง Gas Turbine ค่า Turbine Inlet Temperture ที่ใช้งานจะอยู่ระหว่าง 850 ถึง 1150 ° C ซึ่งจะได้ค่า Net Thermal Efficiency ประมาณ 20-35 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของ เชื้อเพลิง วัสดุที่ใช้ทำ Turbine Blades และการระบายความร้อนของ Turbine Blades รวมทั้งความก้าวหน้าใน Technology การผลิตชิ้นส่วนของ Gas Turbine ค่า Output ของ Gas Turbine จะแปรตาม Mass Flow ของอากาศที่อัดผ่าน Compressor ซึ่งมีผลโดยตรงกับค่าความหนาแน่น (Density) ของอากาศขณะนั้น ค่าความหนาแน่นของอากาศ จะแปรตามอุณหภูมิแวดล้อม (Ambient Temp.) และความดันบรรยากาศ ณ จุดที่ตั้งเครื่อง Gas Turbine จึงมีมาตรฐานกำหนด Output ของ Gas Tuebineที่ขับ AC. Generator โดยบ่งค่าเป็น MW ที่ ISO Condition ค่า ISO Condition ที่กำหนดโดย International Standard Organization อ้างถึง Ambient Temp. 59 ° F (15 ° C) , Pressure 14.7 Psia และ 60% Relative Humanity เช่น Gas Turbine ของ GE รุ่นMS. 5001 ให้ Output 25,280 KW. ที่ ISO Condition เมื่อนำมาใช้งาน ที่ Ambient Temp. 38 ° C จากสามารถเดินเครื่องจ่ายไฟฟ้าได้เพียง 22,000 KW.

$$\text{ค่า Net Thermal Efficiency} = \frac{\text{Net Turbine Output (Kcal)}}{\text{Heat Input จากเชื้อเพลิง (Kcal)}}$$

ค่า Gas Turbine Heat Rate เป็นตัวเลขที่นิยมแสดงถึงประสิทธิภาพของเครื่อง ซึ่งค่า Heat Rate แสดงอัตราส่วนของค่าความร้อนที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็น BTU/Kw.hr หรือ Kcal/Kw.hr ซึ่งมีค่าแตกต่างกันตามชนิดของเชื้อเพลิงเช่น Distillate Oil , Natural Gas ซึ่งมีค่าความร้อนต่อหน่วยน้ำหนักหรือปริมาตร (Heating Value) ต่างกัน ตัวอย่าง Gas Turbine ของ GE (General Electric CO.) รุ่น MS 5001 (PG 5361) ใช้ Natural Gas ให้ Output 25,280 KW. (ISO) มีค่า Heat Rate 3100 Kcal/Kw.hr แต่เมื่อใช้ Distillate Oil ให้ Output 24,800 KW.(ISO) มีค่า Heat Rate 3140 Kcal/Kw.hr

จากค่า Heat Rate สามารถคำนวนค่า NET Thermal Efficiency ได้จากความสัมพันธ์

$$\text{Efficiency} = (1/\text{Heat Rate}) \times 100 \quad (\%)$$

$$= \frac{860 \times 100}{\text{Heat Rate (Kcal/Kw.hr)}}$$

$$= \frac{3413 \times 100}{\text{Heat Rate (BTU/Kw.hr)}}$$

(1 Kw.hr = 3413 BTU = 860 Kcal)

ตัวอย่าง เครื่อง MS 5001 มีค่า Heat Rate = 3100 Kcal/Kw.hr เมื่อใช้ Natural Gas

$$\text{Efficiency} = \frac{860 \times 100}{3100}$$

$$= 27.74\ \%$$

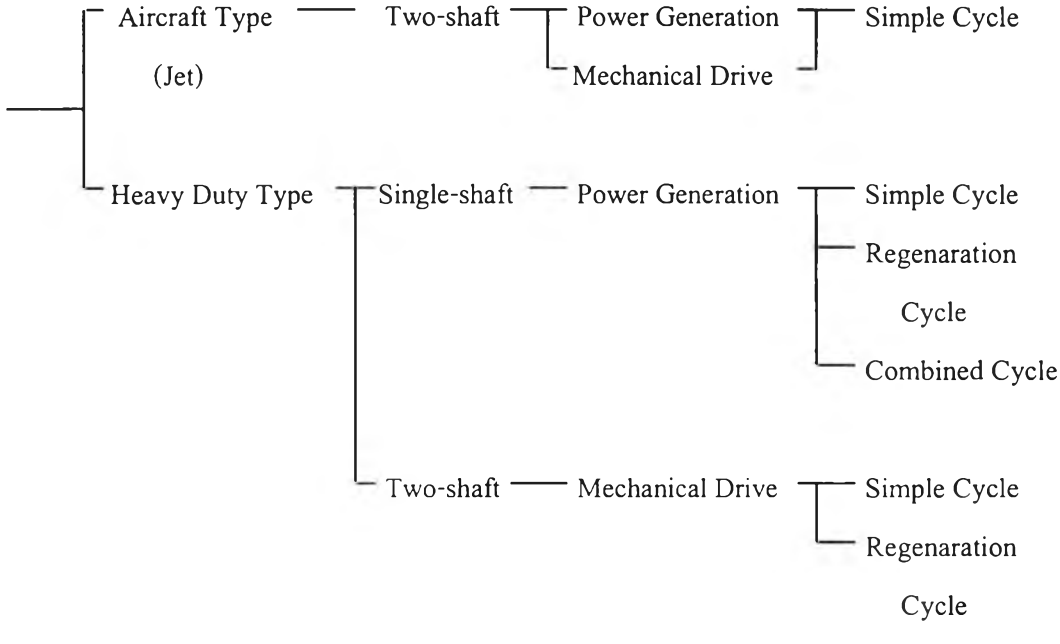
Note ; SI Unit

$$\text{Efficiency} = \frac{3599 \times 100}{\text{Heat Rate (KJ/Kwh)}}$$

(1 kwh = 3599 kJ)

การใช้งานของเครื่องกังหันก๊าซ (Application of the gas turbine)

เครื่อง Gas Turbine ได้มีการพัฒนาในวงการเครื่องบิน (Aircraft Engine) มาตั้งแต่ 1940 และได้ถูกนำมาใช้งานในอุตสาหกรรมผลิตกระแสไฟฟ้าและอื่นๆ ในปี 1960 ซึ่งขนาดของเครื่องมีขนาดตั้งแต่ 1 MW การแบ่งประเภทของเครื่อง Gas Turbine ตามลักษณะการใช้งานมีดังแสดงในรูป 1.6



รูปที่ 1.6 การแบ่งประเภทของเครื่องแก๊สเทอร์ไบน์

Gas Turbine ที่ใช้กับเครื่องบิน (Air Craft) ไอพ่น มีหน้าที่หลักในการสร้างแรงขับ (Thrust Force) และยังต้องออกแบบให้มีขนาดและน้ำหนักเบา พอเหมาะกับเครื่องบิน ส่วน Gas Turbine ชนิด Heavy Duty Type ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องขนาดและน้ำหนัก ซึ่งสามารถติดตั้งบนแท่นตามที่ต้องการ Gas Turbine แบบ Heavy Duty ที่นิยมใช้งานมี 2 ลักษณะคือ Single-shaft และ Two-shaft โดยมีการใช้งานตามประเภทของงาน

- Peak Load Operation เดินเครื่องเฉพาะช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (Peak Load Demand) หลังจากผ่านช่วงเวลานี้ไปแล้ว ตัว Gas Turbine จะหยุดเครื่อง เพราะฉะนั้นจำนวนครั้งการ Start-Up และ Shutdown จะมีค่าสูง ซึ่งมีผลกระทบกับอายุการใช้งานของเครื่อง Gas Turbine

- Standby (Emergency) Operation เดินเครื่องเพื่อจ่ายไฟสำรองในกรณีฉุกเฉินให้กับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่มีขนาดใหญ่เพื่อใช้พลังงานไฟฟ้าในการ Start-up อุปกรณ์ย่อย เมื่อเกิดไฟฟ้าในระบบการผลิตดับหมด (เรียกว่า Black Out) การเดินเครื่อง Gas Turbine ในภาวะนี้เรียกว่า Black Start Operation เช่นโรงไฟฟ้าขนาด 600-1000 MW. จะใช้ Gas Turbine ขนาด 20 MW. เป็นตัว Standby Gas Turbine ที่ใช้งานลักษณะนี้จะต้องมีความสามาถ Start ตัวเองได้โดยเลือกเครื่อง Diesel เป็นตัวขับ (Starting Means) Gas Turbine ในตอนเริ่มเดินเครื่อง ส่วนเครื่อง Diesel สามารถใช้ Battery เป็นตัว Start เครื่องครั้งแรก ในกรณีที่เลือก Electric Motor เป็นตัวขับ Gas Turbine ในตอนเริ่มเดินเครื่องจะไม่สามารถเดินเครื่องในลักษณะนี้ได้ เพราะจำเป็นต้องใช้กระแสไฟฟ้าจากระบบการผลิต แต่ถ้าออกแบบมาใช้งานในลักษณะ Standby จำเป็นต้องมีเครื่อง Emergency Diesel Generator มาใช้จ่ายไฟให้กับ Electric Motor เพื่อ Start-up Gas Turbine เป็นเบื้องต้นก่อนที่จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับการ Start-up โรงไฟฟ้าพลังความร้อนขนาดใหญ่

- Combined Cycle Operation โดยนำเอา Gas Turbine ทำงานร่วมกับวงจรโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ (Steam Cycle) มีชื่อรวมกันเรียกว่า โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Gas-Steam Combined Cycle Power Plant) การทำงานโดยย่อ : Exhaust Gas ที่ออกจากเครื่อง Gas Turbine ซึ่งมีอุณหภูมิสูงและปริมาณมากพอ (Mass Gas Flow) ผ่านเข้าไปยัง Boiler (เรียกว่าWaste Heat Boiler) เพื่อผลิตไอน้ำที่ความดันและอุณหภูมิสูงพอไปขับกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ในการผลิตกระแสไฟฟ้าอีกทอดหนึ่ง ผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ออกจาก AC. Genarators ของ Gas Turbine และ Steam Turbine มีค่ามากขึ้น โดยใช้เชื้อเพลิงที่ตัว Gas Turbine เท่าเดิม หมายความว่าค่าประสิทธิภาพความร้อนของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมมีค่าเพิ่มขึ้น ปกติจะมีค่าอยู่ระหว่าง 40-50% ซึ่งสูงกว่าโรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Conventional Thermal Plant) ทั่วไปที่มีความสามารถเดินเครื่องได้ประสิทธิภาพอยู่ระหว่าง 33-43%

Boiler ที่ใช้งานในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมจะมี 2 ลักษณะคือ ประเภทแรกใช้ความร้อนจาก Exhaust Gas ของเครื่อง Gas Turbine ทั้งหมดในการผลิตไอน้ำ ซึ่งเรียกBoiler ลักษณะนี้ว่า Unfired Waste Heat Boiler ประเภทที่สองจะมี Auxiliary Burners หรือเรียกว่า Duct Burners ติดตั้งอยู่ใน Exhaust Duct ที่เชื่อมต่อระหว่าง Gas Turbine กับ Boiler เพื่อเพิ่มปริมาณความร้อนให้แก่ Boiler มีความสามารถผลิตไอน้ำได้มากขึ้น ตัว Duct Burner สามารถจุดเชื้อเพลิงติดโดยอาศัยปริมาณ Oxygen ส่วนที่เหลือใช้ใน Exhaust Gas ของ Gas Turbine ซึ่งมีค่า Oxygen อยู่ประมาณ 15-17%* Boiler ลักษณะนี้เรียกว่า Supplementary Fired Heat Boiler (Oxygen ในบรรยากาศ มีอยู่ 21% โดยปริมาตร)(* Percent โดยปริมาตร)

Gas Turbine ที่ใช้งานในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมยังสามารถแยกเดินเครื่องอิสระจากวงจรร่วม โดยปล่อย Exhaust Gas ออกสู่บรรยากาศผ่านทาง Bypass Stack ไม่ให้เข้า Waste Heat Boiler ได้ ในกรณีที่มีการตรวจซ่อม Waste Heat Boiler หรือ Steam Turbine โดยที่ยังสามารถเดินเครื่อง Gas Turbine เพียงอย่างเดียวเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า จึงเป็นข้อดีข้อหนึ่งของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม รวมทั้งมีข้อดีที่ใช้เวลาเดินเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าเต็มที่สั้นกว่าโรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Conventional Thermal Plant) ทั่วไป การเดินเครื่อง Gas Turbine แยกอิสระแบบนี้เรียกว่า Open Cycle Operation การเดินเครื่อง Gas Turbine แบบ Open Cycle ให้ได้ Full Load ของเครื่องขนาด 60 MW. ประมาณ 12 นาที แต่ถ้าเดินเครื่องแบบ Combined Cycle ได้ Load รวม 360 MW. ขณะ Cold Start-up จะใช้เวลาประมาณ 4.5 ชั่วโมง, Load 360 MW. = (Gas Turbine Load 4 ตัว 4x60 = 240 MW.) + (Steam Turbine Load 120 MW.)

Co-Generation Operation คือการนำเอา Gas Turbine เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ส่วน Exhaust Gas ที่ออกจาก Gas Turbine จะผ่านเข้าไปยัง Waste Heat Boiler ซึ่งอาจจะเป็นแบบ Unfired หรือ Supplementary Fired ตามปริมาณไอน้ำที่ต้องการใช้งาน ไอน้ำที่ผลิตได้จะนำไปใช้งานในลักษณะให้ความร้อนในขบวนการผลิต เช่นโรงงานกระดาษ, อุตสาหกรรมปิโตรเคมี หรือทำน้ำร้อนใช้ภายในเมืองขนาดใหญ่ การจัดรูปแบบในลักษณะ Co-Generation จะให้ประสิทธิภาพในการนำความร้อนไปใช้งานในการผลิต (Process) และกระแสไฟฟ้าต่อปริมาณเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าตัว Gas Turbine และ Auxiliary Burner มีค่าอยู่ระหว่าง 70-80%

ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี (Petrochemical) นิยมใช้ Gas Turbine เพราะสามารถใช้สิ่งที่ได้จากขบวนการผลิต (By Product) มาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกังหันก๊าซที่ใช้มีทั้งแบบ Single Shaft และแบบ Two Shaft

กังหันก๊าซแบบ Single Shaft (Simple Cycle)

Compressor จะอยู่บนแกนเดียวกับตัว Turbine ซึ่งตัว Turbine จะขับตัว Compressor พร้อมๆ กับขับ AC. Generator เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการผลิตกระแสไฟฟ้า (Load) ตัว Compressor ซึ่งหมุนด้วยความเร็วรอบคงที่พร้อมๆ กับ AC. Generator เพื่อรักษาความถี่ทางไฟฟ้า (Frequency) ให้คงที่นั้นยังคงต้องการพลังงานเท่าเดิม ประมาณ 60 % ที่ตัว Turbine ผลิตได้ เพราะฉะนั้นเมื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าลดลง จะทำให้ประสิทธิภาพลดลงตามไปด้วย ทั้งนี้เป็นผลให้ Exhaust Gas Temp. ลดลงตามด้วย

Output ที่ผลิตได้จากเครื่อง Gas Turbine แบบนี้ สามารถควบคุมโดยการปรับปริมาณเชื้อเพลิงที่เข้า Combustor ในขณะที่ปริมาณอากาศจาก Compressor ยังคงที่อยู่ การควบคุมวิธีนี้ อุณหภูมิของ Exhaust Gas จะแปรตาม Output ด้วย เพื่อช่วยให้ประสิทธิภาพของเครื่องไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก อาศัยการปรับปริมาณอากาศ โดยใช้ Inlet Guide Vane ทั้งนี้อัตราส่วนของเชื้อเพลิงและอากาศ จะไม่จางมากเกินไป ทำให้ค่า Exhaust Gas Temp.ไม่ลดลงมาก เมื่อเทียบกับ Output วิธีการนี้ช่วยให้ประสิทธิภาพที่ Load ต่ำดีขึ้น (Partial Load Efficiency) และยังเหมาะสมกับการนำเอา Exhaust Gas ไปใช้งานใน Waste Heat Boiler ซึ่งทำให้ Steam Temp. ไม่ลดลงมาก เมื่อ Gas Turbine Output ลดลง

รอบของเครื่อง Gas Turbine แบบ single Shaft ที่ใช้งานผลิตกระแสไฟฟ้า มีความเร็วรอบ 3000 RPM. เมื่อใช้ในระบบความถี่ 50 Hz และ 3600 RPM. ที่ความถี่ 60 Hz Gas Turbine ที่ผลิต บางบริษัทจะมีความเร็วรอบ 5100 RPM. ซึ่งต้องใช้ Reducing Gear (Load Gear) ลดรอบลงเหลือ 3000 RPM. ก่อนที่จะต่อ (Coupling) กับ Ac. Generator เช่นเครื่อง Gas Turbine (GE.) รุ่น MS 5001

กังหันก๊าซแบบ Two Shaft (Open Cycle)

Gas Turbine แบบนี้ บางบริษัทใช้ชื่อเรียกว่า Dual. Shaft ลักษณะของเครื่องแยก Shaft ของ Compressor และ Shaft ส่วนที่ต่อกับ Ac. Generator ออกจากกัน Compressor จะถูกขับออกด้วย Turbine ชุดแรกเรียกว่า HP. Turbine (High Pressure Turbine) ซึ่งมี Combustor เป็นตัวให้พลังความร้อน Exhaust Gas ที่ผ่าน HP. Turbine แล้วจะไหลผ่าน Turbine ชุดที่สอง ซึ่งเรียกว่า LP Turbine (Low Pressure Turbine) หรือ Power Turbine เพื่อใช้ขับ Ac. Generator ต่อไป ระหว่างตัว HP. Turbine และ LP. Turbine จะมี Inlet Vane (Nozzle) ที่ปรับมุมได้เป็นตัวควบคุมรอบของ Power turbine ซึ่งความเร็วรอบของ HP. Turbine จะเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 5000-6000 RPM.

Compressor และ HP. Turbine อยู่บน Shaft เดียวกับ เมื่อรวมกับ Combustor มีชื่อเรียกตามหน้าที่ว่า Gas Generator ทำหน้าที่จ่าย Hot Gas ไปขับตัว LP. Turbine ในการผลิต Gas Turbine แบบนี้บางบริษัท เช่น GE. จะรวมตัว Gas Generator และ Power Turbine ให้อยู่ในแนว

เดียวกัน โดยต่อ Casing เข้าด้วยกัน ลักษณะการออกแบบอุปกรณ์ใกล้เคียงกับแบบ Single Shaft แต่บางบริษัทได้นำเอา Air Craft Engine มาทำเป็นตัว Gas generator เพื่อใช้ขับ Power Turbine บางครั้งอาจจะใช้ Gas Generator Gas มากกว่า 1 ตัว เช่น 4 ตัว ใช้งานร่วมกันเพื่อขับ Power Turbine ชุดเดียวกัน เช่น Gas Turbine รุ่น AVON , OLYMPUS ของบริษัท ROLLS-ROYCE LIMITED ส่วนเครื่องของบริษัท GENERAL ELECTRIC จะมีรุ่น MS 5002 , Ms 7002 เป็นต้น

เมื่อนำเอา Two-Shaft Gas Turbine มาใช้ขับ Ac. Generator Speed ของ Power Turbine ต้องควบคุมให้คงที่ เพื่อรักษาความถี่ไฟฟ้าของระบบส่วนตัว Gas Generator สามารถลดรอบลงได้ เมื่อ Output ของ Power Turbine ลดลง ทำให้ Power ที่ใช้ขับ Compressor, Pump ได้ง่าย โดยการปรับ Inlet Vane (Nozzle) ที่อยู่ระหว่าง Hp. Turbine และ Power Turbine แต่ตัว Gas Generator ยังสามารถหมุนที่รอบสูงอยู่ได้ เพื่อรักษา Mass flow ให้พอเหมาะกับ Hp. Turbine Output ที่รอบต่างๆ กัน ตามความต้องการของอุปกรณ์ที่ถูกขับ แต่ถ้าเป็นแบบ Single shaft นำมาใช้งานนี้ ถ้าพยายามรักษา Turbine Inlet Temp. ให้คงที่และลดรอบเครื่องลง 10 % , Output จะลดลง 25 % หรือลดรอบลงถึง 60 %

หลักการเดินเครื่องเบื้องต้น (Basic Operation)

เครื่อง Gas Turbine สามารถเดินเครื่อง (Start-UP) ได้ทั้ง Manual และ Automatic Mode ซึ่งสามารถจัดระบบการสั่งเดิน/หยุดเครื่อง ในขณะ Remote Control ได้ง่าย การ Start-UP จะต้องมีการขับตัว Compressor ให้หมุนก่อนด้วย Starting Means ซึ่งได้แก่ Diesel Engine. Electric Motor หรือ Frequency Converter (FC.) เพื่อให้ตัว Compressor ดูดอากาศจำนวนหนึ่งที่เพียงพอกับการเผาไหม้ช่วงแรก (Firing) ใน Combustor ซึ่งรอบของ Compressor จะประมาณ 20 - 25 % ของรอบใช้งานหลังจากจุดนี้ ระบบเชื้อเพลิงจะสั่งจุด Ignitor เพื่อจุด Burner ในแต่ละ Combustion Chamber พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจะผ่านตัว Turbine ทำให้มี Torque พา Compressor ซึ่งอยู่บนแกนเดียวกัน หมุนเร็วขึ้นด้วยจำนวน Torque ที่มาจาก Starting Means และ Turbine ที่ความเร็วรอบประมาณ 60 % ของรอบใช้งาน จะเกิด Torque เนื่องจากการเผาไหม้เพียงพอที่ Gas Turbine หมุนเลี้ยงตัวเองได้ (เรียกว่า Sustaining Speed)

ระบบป้อนเชื้อเพลิงของ Gas Turbine จะทำงานเพิ่มประมาณเชื้อเพลิงตั้งแต่เริ่ม Firing ขึ้นไปเรื่อยๆ ทำให้ตัว Gas Turbine สามารถเร่งรอบ (Acceleration) ขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึงรอบใช้งาน (Rated Speed) ตัว Starting Means จะเลิกทำงานช่วยหมุน Gas Turbine เมื่อรอบเครื่องสูงกว่า 60 % (บางเครื่องตั้งไว้ที่ 70 % Rated Speed) ซึ่งเป็นจุดที่แน่ใจได้ว่าพลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ สามารถเร่งเครื่องจนถึง Rated Speed เมื่อ Gas Turbine หมุนได้ Rated Speed แล้ว ระบบควบคุมทางไฟฟ้าก็จะสั่งงานให้ Close Generator circuit Breaker เพื่อขนานเครื่อง (Synchronizing) เข้าระบบการผลิตจ่ายกระแสไฟฟ้าต่อไป

การควบคุมปริมาณเชื้อเพลิงระหว่าง Start-UP ให้สัมพันธ์กับรอบของ Gas Turbine (ปริมาณอากาศที่ถูกดูดโดย Compressor) จะถูกควบคุมด้วยวงจร Start-UP controller นอกจากนี้ยังมีวงจร Speed Control, Load Control และ Temperature Control ทำงานร่วมกัน (เรียกรวมกันว่าระบบ Governor control) ควบคุมตัว Gas Turbine ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

ตารางที่ 1.1 สรุปข้อดีและข้อเสียของเครื่องกังหันแก๊ส เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องกังหันไอน้ำ

ข้อดี	ข้อเสีย
1. น้ำหนักเครื่องเบา 2. ไม่มีอุปกรณ์ช่วยมากเหมือนเครื่องกังหันไอน้ำ ทำให้ใช้เนื้อที่ติดตั้งน้อย 3. ราคาเครื่องถูกกว่า 4. การก่อสร้างรากฐานติดตั้ง และเดินเครื่องใช้เวลาน้อย 5. รวดเร็วในการเดินเครื่องเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า	1. ประสิทธิภาพของเครื่องต่ำ 2. ต้นทุนในการเดินเครื่องสูง เมื่อใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง 3. ต้องมีการบำรุงรักษาและตรวจซ่อมบ่อยครั้ง เนื่องจากอุณหภูมิทำงานของเครื่องสูงกว่า

1.6.4. หลักการโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนแต่ละชนิดมีคุณลักษณะเฉพาะตัวต่างกันออกไป กล่าวคือ มีข้อดี ข้อเสีย ข้อจำกัดทางเทคนิค และมีความเหมาะสมในการใช้งานต่างกัน ปัจจุบันโรงไฟฟ้าพลังความร้อนส่วนใหญ่ใช้เชื้อเพลิงประเภท Fossil Fuel หรือปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Nuclear Reactor) ผลิตไอน้ำขับดัน Steam Turbine เพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Gennerator)
โรงไฟฟ้าประเภทดังกล่าวนี้ให้ประสิทธิภาพต่ำกว่า 40 %

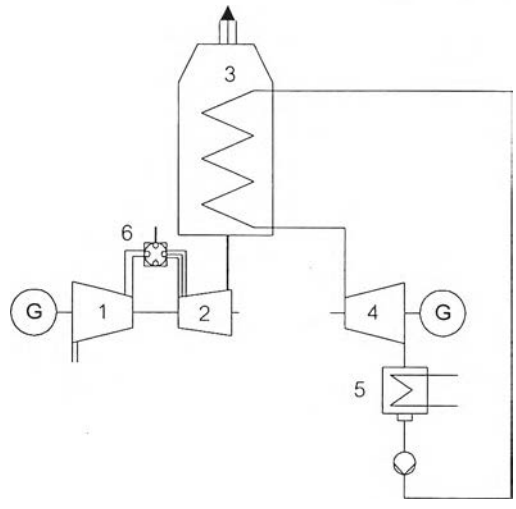
ในปัจจุบัน Steam Turbine ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยเน้นการเพิ่มอุณหภูมิและความดันของไอน้ำเข้าสู่ Steam Turbine ให้สูงขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มระบบ Reheat เข้าในวงจรซึ่งจะเป็นการพัฒนาประสิทธิภาพของวงจรไอน้ำโดยตรง รวมไปถึงการออกแบบ Steam Turbine ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยมีค่าประมาณ 40 - 42 %

การใช้ประโยชน์จาก Gas Turbine ทั้งในลักษณะต่อเนื่องเป็น Base Load หรือในกรณีอื่น อาทิ Peak Load และ Emergency Service เป็นต้น ได้มีการใช้งานมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี คศ. 1939 และในช่วงระยะเวลา 30 ปีที่ผ่านมา Gas Turbine ได้รับการพัฒนาปรับปรุงสมรรถนะอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยมีค่าประมาณ 35 %

การใช้ Gas Turbine ร่วมกับ Steam Turbine . ในลักษณะโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Combined Cycle Power Plant) สามารถทำให้ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าชนิดนี้เพิ่มสูงถึงประมาณ 50 %

จากรูปที่ 1.7 แสดง Flow Diagram อย่างง่าย ๆ ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม พลังความร้อนจากไอเสีย (Exhaust Gas) ที่ปล่อยออกจาก Gas Turbine ยังมีปริมาณสูงพอที่จะเอาไปต้มน้ำ แล้วนำไอน้ำที่ได้ไปขับ Steam Turbine ผลิตไฟฟ้าโดยไม่ต้องเพิ่มเชื้อเพลิงเข้าไปอีก พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้นี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเชื้อเพลิง และประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Heat Recovery Boiler) ,Steam Turbine และ Generator

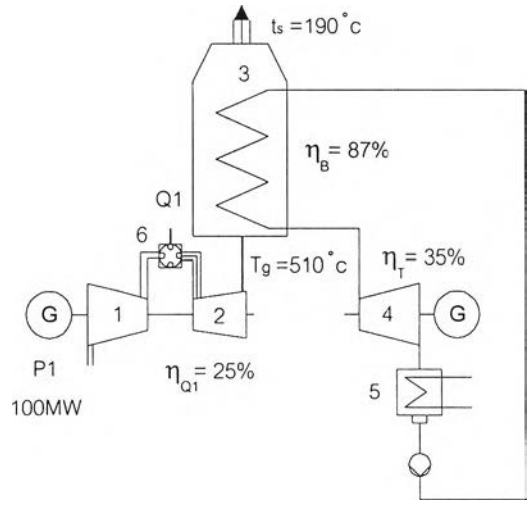
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.7 Flow Diagram อย่างง่ายของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม

1.Compressor	4.Steam turbine
2.Gas turbine	5.Condenser
3.Steam generator	6.Fuel supply

โดยเฉลี่ยแล้วปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก Steam Turbine จะมีค่าประมาณ 50 - 60 % ของพลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก Gas Turbine ซึ่งจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพรวมของโรงไฟฟ้าสูงขึ้น และเพื่อให้เห็นได้ชัดเจนขึ้น จะขอยกตัวอย่างด้วยวิธีคำนวณดังนี้



รูปที่ 1.8 ประสิทธิภาพของ Gas Turbine และประสิทธิภาพโดยรวม

จากรูปที่ 1.8 สมมติว่า η_{GT} = 25 % , P_1 = 100 MW ,Exhaust Gas Temp. = 510°C , Stack Temp = 190°C , η_B = 87 % , η_T = 35 % , η_{G2} = 99 % , C_{pg} = 1.180 KJ / kgk และ Mass Flow = 487 Kg / s.

<u>หาค่า P_2 และ η_C</u>

(1) $Q_1 = 100 / 0.25 = 400$ MW

(2) $P_2 = \eta_B \eta_T \eta_{G2} \times m \times C_{pg} \times (T_g - T_s)$

$= 0.87 \times 0.35 \times 0.99 \times 487 \times 1.180 \times (510 - 190)$

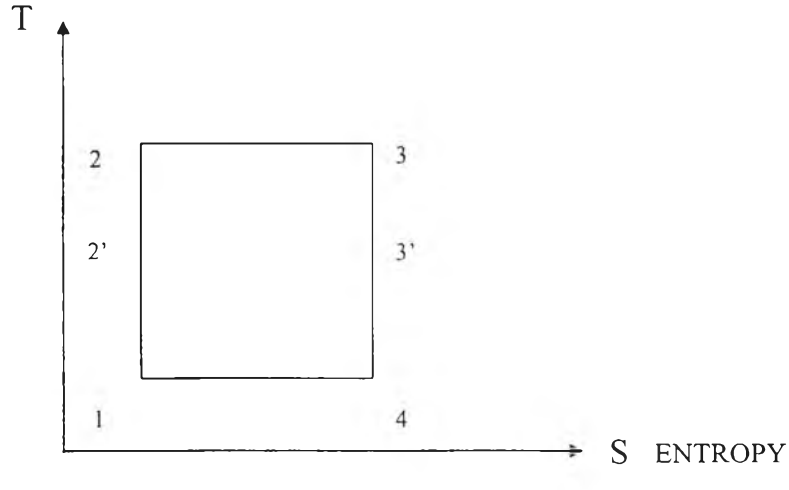
$= 55.43$ MW

(3) $\eta_C = (P_1 + P_2) / Q_1 = (100 + 55.43) / 400 = 38.9$ %

หลักการเบื้องต้นทางเทอร์โมไดนามิกส์ของโรงไฟฟ้าคอมไบน์ไซเคิล

(Thermodynamics Principles of The Combined Cycle Plant)

ประสิทธิภาพคาร์โน (η_C) ซึ่งใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องจักรกลความร้อนต่าง ๆ แสดงให้เห็นการทำงานของวงจร ณ ระดับอุณหภูมิแหล่งป้อนพลังงาน (Heat Source) และแหล่งถ่ายความร้อนทิ้ง (Heat Sink)



รูปที่ 1.9 ประสิทธิภาพวัฏจักรคาร์โน (Carnot Cycle)

จากรูปที่ 1.9 วงจร 1-2-3-4 จะมีประสิทธิภาพคาร์โนสูงกว่าวงจร 1-2'-3'-4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากอุณหภูมิของแหล่งป้อนพลังงานสูงก็จะได้ประสิทธิภาพการทำงานของวงจรสูงด้วยตามความสัมพันธ์ประสิทธิภาพคาร์โน

$$\eta_C = (T_2 - T_1)/T_2 \qquad \text{_____ (1)}$$

หรือ $$\eta_C = (T_w - T_K)/T_w$$

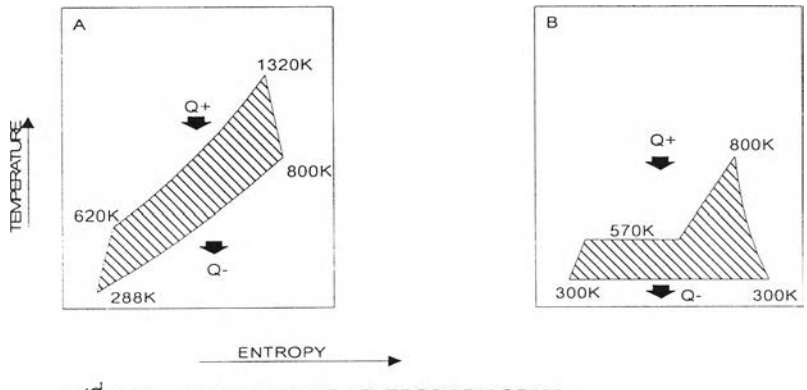
เมื่อ η_C = Carnot Efficiency

T_w = Temperature of Energy Supplied

T_K = Temperature of Environment

ในรอบ 15 - 16 ปีที่ผ่านมา วิกฤตการณ์พลังงานของโลกทำให้ราคาเชื้อเพลิงมีความไม่แน่นอน อัตราความต้องการไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่กำลังพัฒนาหลายประเทศ ได้ตัดสินใจสร้างโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม แทนโรงไฟฟ้าพลังความร้อนชนิดอื่น

การพัฒนาเครื่องจักรความร้อนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงพยายามเน้นการทำงานของ วงจรให้มีอุณหภูมิสูงสุดเท่าที่วัสดุจะทนได้ ปัจจุบัน Gas Turbine สมัยใหม่ซึ่งทำงานตามวงจรเบรย์ตัน (Brayton Cycle) สามารถทำงาน ณ อุณหภูมิสูงสุด 1320 K (1047 °C) สูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดของวงจรการทำงานของ Steam Turbine ที่ทำงานตามวงจรแรงคิน (Rankine Cycle) ซึ่งมีค่าประมาณ 800 K (527°C) ดังแสดงการทำงานของวงจรในรูปที่ 2.10

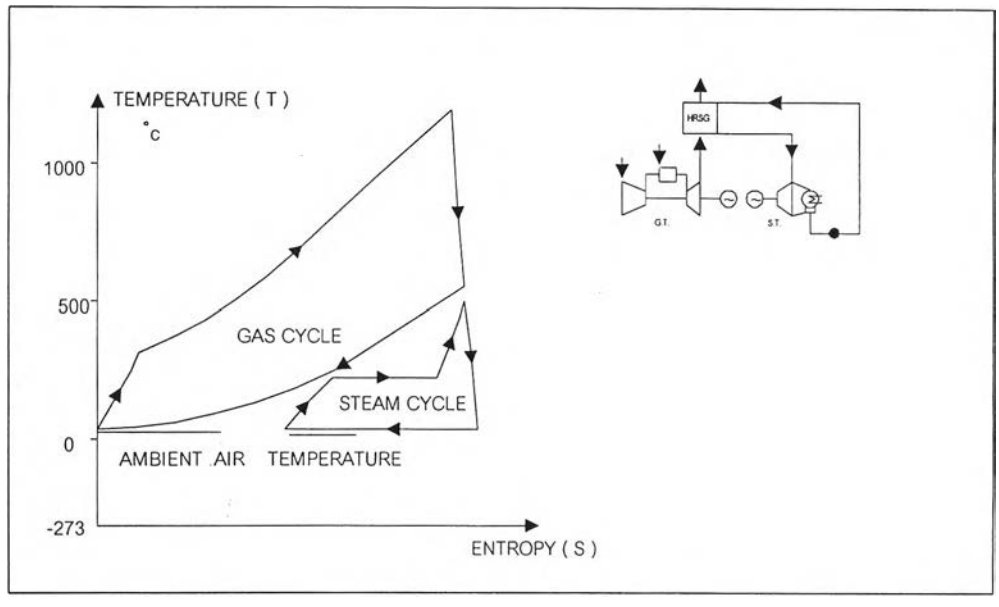


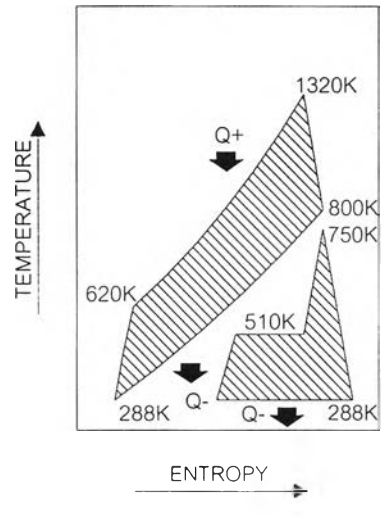
รูปที่ 1.10 TEMPERATURE / ENTROPY DIAGRAM

A : GAS TURBINE

B : STEAM TURBINE WITHOUT REHEAT.

การใช้ประโยชน์ร่วมกันของวงจรทั้ง 2 ในลักษณะของ Combined Cycle จะทำให้ได้ประสิทธิภาพสูงขึ้น ดังแสดง TS Diagram ในรูปที่ 1.11 โดยการทำงานเสริมกันทำให้ได้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกับวงจรของคาร์โน





รูปที่ 1.11 TEMPERATURE / ENYROPY DIAGRAM ของ COMBINED CYCLE POWER PLANT

ตารางที่ 1.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพคาร์โนของวงจรต่าง ๆ ซึ่ง Combined Cycle Power Plant มี Carnot Efficiency สูงสุด 63 - 68 %

	Gas Turbine	Steam Power Plant with Reheat	Steam Power Plant without Reheat	Combined - Cycle Power Plant
Average temperature of the heat supplied , in K (in °F)	**950 - 1000 (1250 - 1340)**	**640 - 700 (690 - 800)**	**550 - 630 (530 - 630)**	**950 - 1000 (1250 - 1340)**
Average temperature of exhaust heat , in K (in°F)	**500 - 550 (440 - 530)**	**320 - 350 (115 - 170)**	**320 - 350 (115 - 170)**	**320 - 350 (115 - 170)**
Carnot efficiency , in %	**42 - 47**	**45 - 54**	**37 - 50**	**63 - 68**

ประสิทธิภาพทางความร้อนของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม

Thermal Efficiency ของ Combined Cycle Plant หาได้จากสมการ

$$\eta_k = \frac{P_{GT} + P_{ST}}{Q'_{GT} + Q'_{SF}} \qquad (2)$$

ในกรณี Heat Recovery Boiler เป็นชนิด Unfired ฉะนั้น $Q_{SF} = 0$ จะได้ความสัมพันธ์ใหม่ดังนี้

$$\eta_k = \frac{P_{GT} + P_{ST}}{Q'_{GT}} \qquad (3)$$

แต่ละวงจรสามารถหาประสิทธิภาพได้ดังนี้

Gas Turbine Process

$$\eta_{GT} = \frac{P_{GT}}{Q'_{GT}} \qquad (4)$$

Steam Turrbine Process

$$\eta_{ST} = \frac{P_{ST}}{Q'_{SF} + Q'_{EXH}} \qquad (5)$$

และ $Q'_{EXH} \cong Q'_{GT}\,(1 - \eta_{GT})$ _____(6)

แทนค่าลงในสมการที่ 5 จะได้

$$\eta_{ST} = \frac{P_{ST}}{Q'_{SF} + Q'_{GT}\,(1 - \eta_{GT})} \qquad \text{_____(7)}$$

เมื่อ η_k = **Thermal Efficiency ของ Combined Cycle Plant**

P_{GT} = Power Output ของ Gas Turbine

P_{ST} = Power Output ของ Steam Turbine

Q'_{GT} = Heat Flow Input Gas Turbine

Q'_{SF} = Heat Flow Supplementary Firing

Q'_{EXH} = Exhaust Heat Flow From Gas Turbine

η_{GT} = Thermal Efficiency ของ Gas Turbine

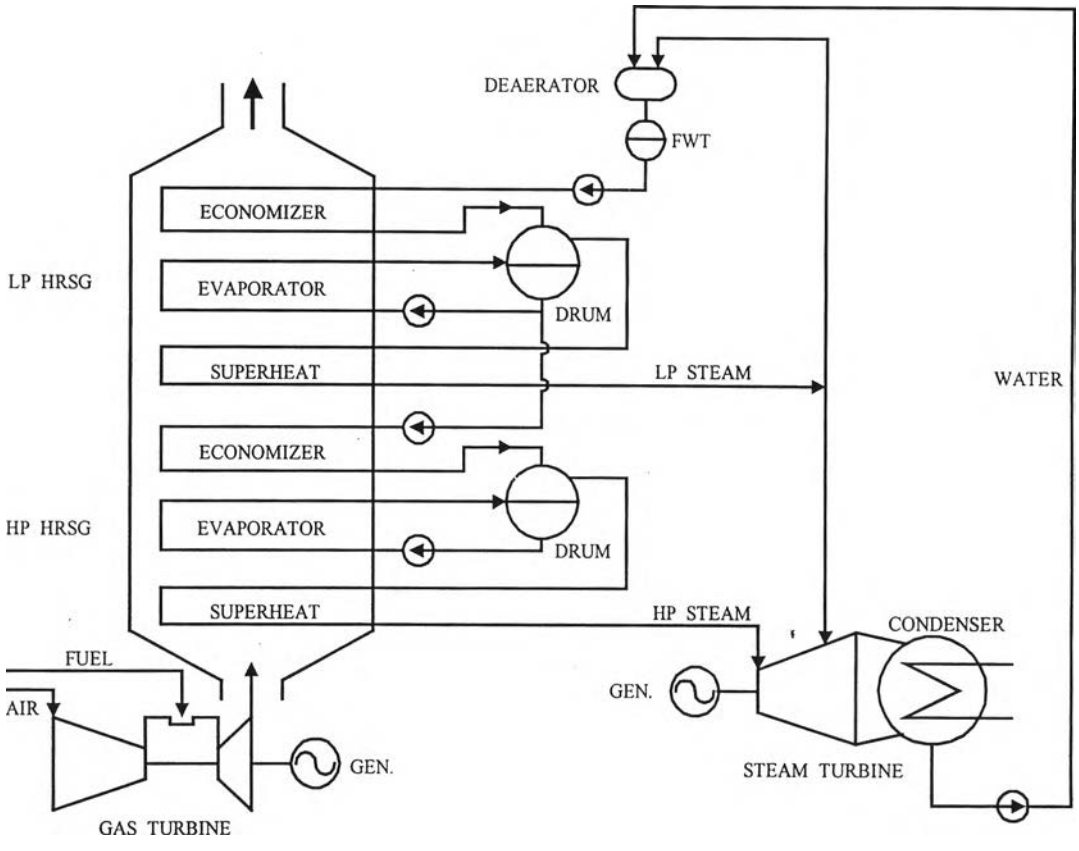
η_{ST} = Thermal Efficiency ของ Steam Turbine

System Layouts Configuration

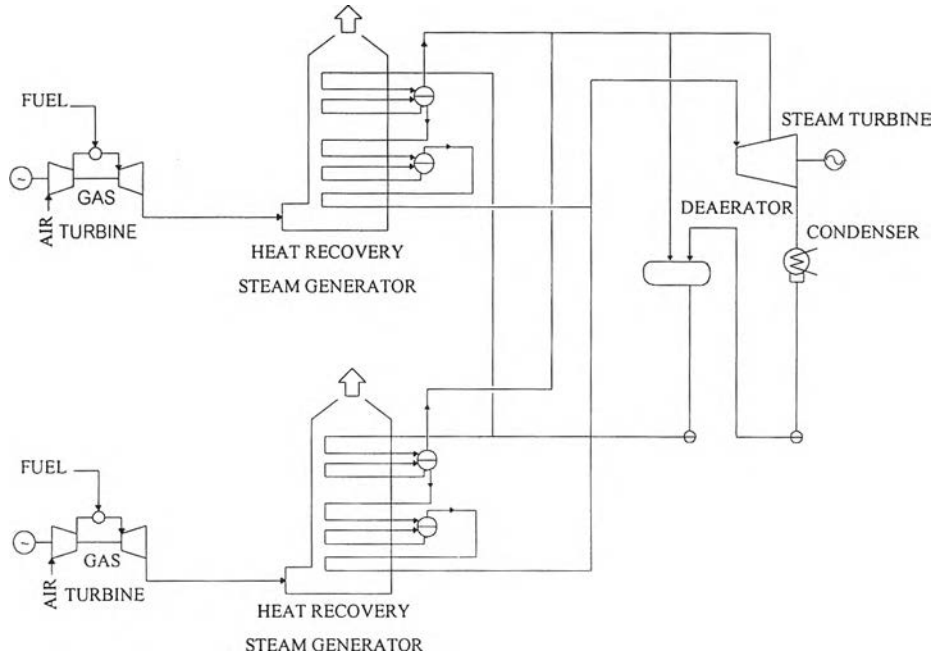
ในการออกแบบโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมนั้นจะพิจารณาสัดส่วนจำนวน Gas Turbine , Steam Turbine และ Heat Recovery Boiler ซึ่งเมื่อรวมกันแล้วจะเรียกว่า 1 TRAIN หรือ Block โดยทั่วไปจะมี 4 ลักษณะด้วยกัน คือ

- 1 GT. + 1 HRB. + 1 ST
- 2 GT. + 2 HRB. + 1 ST
- 3 GT. + 3 HRB. + 1 ST
- 4 GT. + 4 HRB. + 1 ST

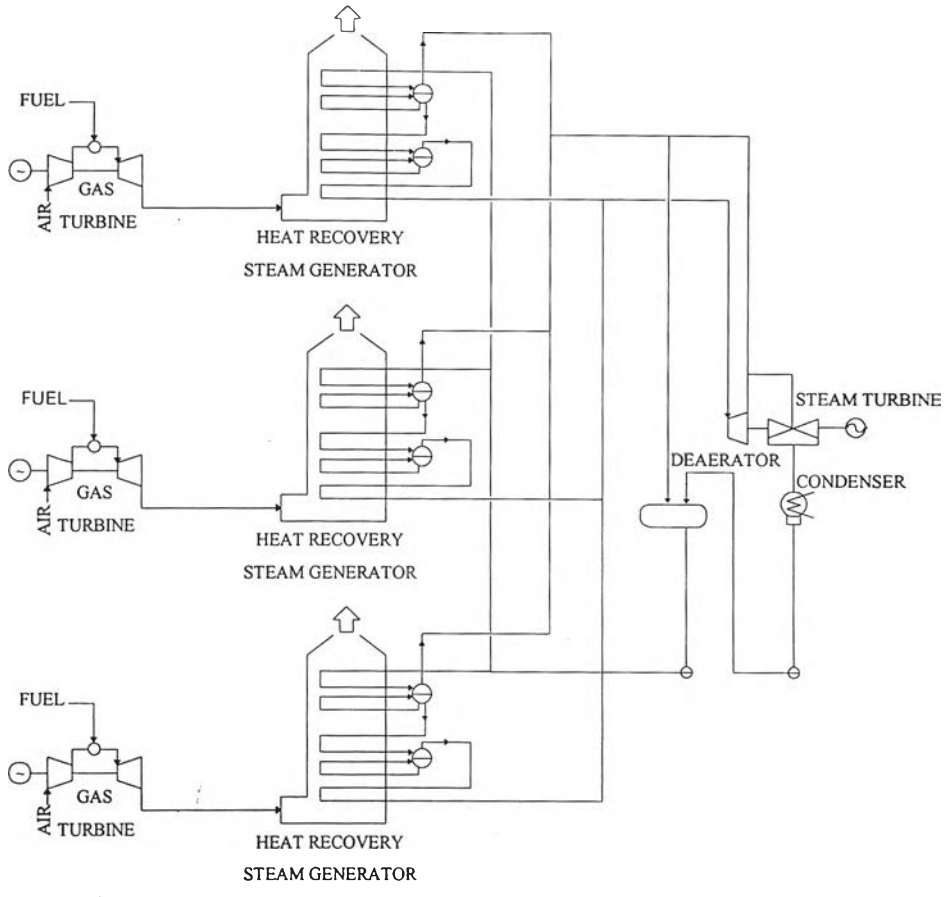
ที่มีลักษณะเด่นมากที่สุด คือ 2 GT. + 2 HRB. + 1 ST เนื่องจากขนาดของ Generator และ Transformer ของ Steam Turbine มีขนาดใกล้เคียงกับของ Gas Turbine ทำให้สะดวกต่อการบำรุงรักษา , การควบคุมไม่ซับซ้อนและค่าลงทุนก่อสร้างถูกกว่าแบบอื่น



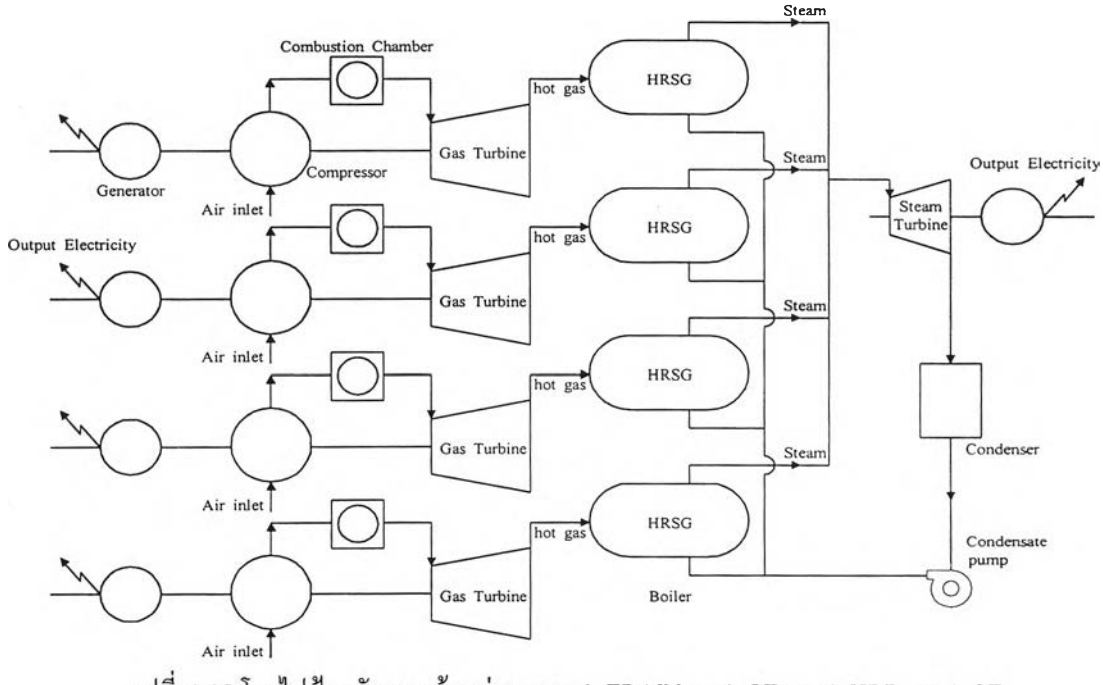
รูปที่ 1.12 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบ 1 TRAIN = 1 GT. + 1 HRB. + 1 ST.



รูปที่ 1.13 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบ 1 TRAIN = 2 GT.+ 2 HRB + 1ST



รูปที่ 1.14 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบ 1 TRAIN = 3GT. + 3 HRB + 1 ST



รูปที่ 1.15 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบ 1 TRAIN = 4 GT. + 4 HRB. + 1 ST.

1.6.5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มนัส วัฒนธรรม (1) ได้กล่าวถึง "พลังงานเป็นทรัพยากรของโลก ที่มีอยู่อย่างจำกัด" ผู้ใช้พลังงาน จำเป็นต้องมีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในทางประหยัดและให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด และในแนวความคิดที่จะใช้ทรัพยากรทางพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดนั้นคือ แนวคิด " Energy LAG" LAG เป็นคำที่รวมมาจาก

L =Loss หมายถึง การสูญเปล่าของพลังงานในการที่ปล่อยความร้อนทิ้งหรือการรั่วไหล

A =Allowance หมายถึง ความฟุ่มเฟือยในการใช้พลังงานไปในการผลิตเพื่อปริมาณ คุณภาพ และเวลา อันมีสาเหตุมาจากเงื่อนไขในการปฏิบัติงาน

G =GAP หมายถึง ช่องว่างในการออกแบบและเงื่อนไขการใช้งาน โดยต้องคำนึงถึงปริมาณของ Load และประสิทธิภาพ

ดังนั้น LAG จึงเป็นการรวมของข้อสูญเสียในการใช้พลังงานไปอย่างไร้ประสิทธิภาพ

มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล (2) การตรวจสอบพลังงานเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับโรงงานที่ต้องการให้มีการจัดการพลังงานที่ดี การตรวจสอบพลังงานเกี่ยวข้องกับการวัดการใช้พลังงานจริง และเปรียบเทียบกับค่าประเมินของพลังงานต่ำสุดที่ต้องใช้ การตรวจสอบพลังงานเป็นการชี้ให้เห็นการไหลของพลังงาน เป็นหน้าที่ของการจัดการพลังงานที่จะต้องตั้งมาตราฐานการใช้พลังงานเพื่อให้เปรียบเทียบสมรรถนะพลังงานและลดปัญหาการรณรงค์การประหยัดพลังงานในกรณีที่การวัดและการวิเคราะห์ไม่เป็นระบบ และการตรวจสอบพลังงานเป็นงานต่อเนื่อง

การดำเนินงานประหยัดพลังงาน จะต้องมีขั้นตอนการวางแผนดำเนินงานดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือกและจัดหาเครื่องวัดที่จำเป็น

ขั้นที่ 2 บันทึกการวัดทุกวันหรือทุกสัปดาห์

ขั้นที่ 3 หาความสัมพันธ์ของพลังงานที่ใช้ต่อผลผลิต

ขั้นที่ 4 คิด ตรวจสอบพลังงานใช้ไปอย่างไร และตั้งคำถามว่า เราจะทำการประหยัดพลังงานได้อย่างไร

ขั้นที่ 5 จัดทำมาตรการประหยัดพลังงานที่ได้รับการแนะนำจากผู้สำรวจ

ขั้นที่ 6 ตั้งเป้าหมายการใช้พลังงาน เป็นรายเดือน หรือ รายปี

ขั้นที่ 7 บันทึกการใช้พลังงานประจำวันหรือสัปดาห์อย่างต่อเนื่อง

ขั้นที่ 8 เปรียบเทียบผลกับเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้

ขั้นที่ 9 ลงมือปรับปรุง ถ้าหากยังมีการใช้มากผิดปกติ ให้หาว่าทำไมแล้วนำมาแก้ไขการดำเนินงาน

คุณวุฒิ ดำรงค์พลาสิทธิ์ (3) ประสิทธิภาพของหม้อน้ำขึ้นอยู่กับการออกแบบโครงสร้างทั้งภายในและภายนอก ถ้าการออกแบบดีความร้อนส่วนใหญ่ก็จะถ่ายเทไปให้กับการผลิตน้ำร้อน นอกจากนี้ หม้อน้ำยังต้องมีการหุ้มฉนวนที่ดีด้วย ดังนั้น หม้อน้ำที่จะมีประสิทธิภาพสูงได้นั้น ขึ้นอยู่กับการออกแบบมาดีเป็นเบื้องต้น และตามมาด้วยการติดตั้งที่ถูกหลักวิชาการ ทั้งด้านความปลอดภัยและประหยัดพลังงาน และท้ายสุด ขึ้นอยู่กับผู้ใช้ว่า จะสามารถจัดการใช้งานหม้อน้ำ โดยคำนึงถึงภาระใช้งานและควบคุมการเผาไหม้อย่างไร โดยปกติประสิทธิภาพสูงสุด จะพบได้เมื่อภาระใช้งานอยู่ที่ภาระใช้งานสูงสุดต่อเนื่อง (Maximum Continuous Rating, MCR) จากผลการทดสอบ พบว่าประสิทธิภาพจะลดลดอย่างมาก ถ้าหม้อน้ำทำงานที่ภาระต่ำกว่า 50 % เนื่องจากการสูญเสียความร้อนจากตัวหม้อน้ำ ด้วยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามส่วน โดยที่ปกติแล้วภาระที่สูงสุดของหม้อน้ำจะมีการสูญเสียพลังงาน 2 % แต่ที่ภาระครึ่งหนึ่งจะเสียไปถึง 4 %

สงวน ตั้งโพธิธรรม (4) ศึกษาการใช้และการประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เมื่อปี 2529 โดยทำการศึกษาในภาคความร้อนและภาคไฟฟ้า การศึกษาส่วนใหญ่ทำในส่วนของการเปลี่ยนแปลงของโหลด ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ประสิทธิภาพของการสันดาปและการใช้ไอน้ำ จากการศึกษาพบว่า สามารถประหยัดพลังงานในระบบต่างๆ ได้ประมาณ 10 % ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ได้แสดงให้เห็นว่าแนวทางการประหยัดพลังงานเหล่านี้ มีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ที่สั้น

บัณฑิต ฟุ้งธรรมสาร (5) ได้รวบรวมแนวความคิดในการประหยัดพลังงานต่างๆ ที่ได้รับการพิสูจน์มาแล้วในต่างประเทศว่าประสบผลสำเร็จ ไว้เป็นตัวอย่างและแนวทางสำหรับผู้ที่จะริเริ่มโครงการการจัดการพลังงานเกิดขึ้นในโรงงานของตน แนวความคิดเหล่านี้เกี่ยวพันโดยตรง กับขั้นตอนและอุปกรณ์การผลิต กล่าวคือ การลดการใช้พลังงานหรือต้นทุนการผลิต มักเป็นผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงกระบวนการผลิตการปรับข้อกำหนดรายการ (Specification) ของผลผลิต การปรับปรุงอุปกรณ์ การควบคุม การประหยัดวัสดุการผลิต ตลอดจนการนำความร้อนทิ้ง (Waste heat) กลับมาใช้งาน

Thomas E. Smith (6) ได้อธิบายถึงการประหยัดพลังงานว่าจะมีผลต่อต้นทุนการผลิต ทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตลดลง กิจการมีกำไรเพิ่มขึ้น

สุพงศ์ ชยุตสาหกิจ (7) หลักสำคัญในการทำโครงการประหยัดพลังงานการประหยัดพลังงาน ไม่ใช่เป็นการห้ามใช้พลังงาน แต่เป็นการหาทางใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าที่สุด ให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุดการประหยัดพลังงาน หมายถึงการทำให้ต้นทุนการผลิตสินค้าส่วนของพลังงานลดลงการประหยัดพลังงาน จึงหมายถึง การหยุดยั้ง ลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็นซ่อมและเปลี่ยนเครื่องจักรให้เหมาะสม ป้องกันพลังงานรั่วไหล เก็บคืนพลังงานที่ทิ้งแล้วทดลองการใช้เชื้อเพลิงชนิดใหม่ พลังงานแหล่งใหม่ และการเพิ่มกำลังการผลิต

ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ (8) การประหยัดพลังงานย่อมให้ผลในการเพิ่มกำไรของกิจการ ดังนั้นในทางการดูแลเบื้องต้นควรมุ่งไปที่ประเด็นสำคัญถึง ระบบไอน้ำ ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง ระบบมอเตอร์ไฟฟ้า การดำเนินโปรแกรมการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นสิ่งจำเป็น และจะต้องทำเป็นกิจกรรมต่อเนื่องจึงจะได้ผลดี กิจกรรมดังกล่าวต้องมีบุคคลเป็นแกนนำ ทำหน้าที่ประสานงาน ติดตาม วัดผลรายละเอียด และวิธีการดำเนินการจะขึ้นกับลักษณะของอุตสาหกรรมและลักษณะโครงสร้างขององค์กร