บทที่ 2
พื้นฐานของเครื่องกังหันไอน้ำ

เครื่องจักรพลังความร้อน (Heat engine) หมายถึง เครื่องจักรที่นำเอาพลังงานความร้อนจากรูปแบบต่างๆ มาใช้งานเช่น

- เครื่องสันดาป (Combustion Engine)
- ปฏิกรณ์ปรมาณู (Nuclear Reactor)
- พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar Energy)
- พลังความร้อนใต้พิภพ (Geothermal Energy)

เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) คือ เครื่องจักรพลังความร้อน (Heat Engine) ชนิดหนึ่ง หรือเป็นเครื่องสันดาป (Combustion Engine) ชนิดหนึ่ง โดยการนำเอาพลังงานจากไอน้ำ (Steam) ที่ได้จากการต้มที่หม้อน้ำ (Boiler) ด้วยการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง มาใช้งานนั่นเอง

การสันดาป (Combustion) หมายถึง การที่เชื้อเพลิง (Fuel) รวมตัวกับออกซิเจน (O_2) ทำให้เกิดการเผาไหม้ แล้วได้พลังงานความร้อนขึ้นมา ดังสมการ

$$\text{เชื้อเพลิง} + \text{ก๊าซออกซิเจน} \xrightarrow{\text{การเผาไหม้}} \text{พลังงานความร้อน}$$

เครื่องยนต์สันดาป (Combustion Engine) หมายถึง เครื่องยนต์ที่นำผลซึ่งได้จากการสันดาป มาใช้งาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ

- เครื่องยนต์สันดาปภายนอก (External Combustion Engine)
- เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine)

เครื่องยนต์สันดาปภายนอก (External Combustion Engine)

พลังงานความร้อนที่ได้จากการสันดาป จะถ่ายเทให้กับสารตัวกลาง (Medium Fluid) แล้วนำสารตัวกลางนี้ไปใช้งาน ซึ่งในระยะนี้เรียกว่า "Working Fluid" หรือ "Working Medium"

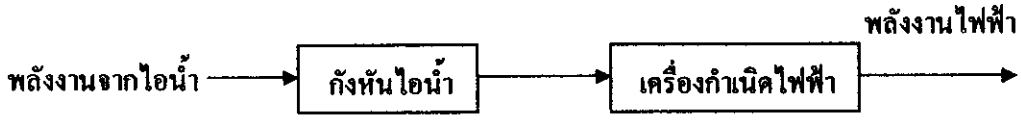
เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine)

ผลที่ได้จากการสันดาประหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง จะถูกนำไปใช้งานโดยตรง ในที่นี้อากาศรวมกับเชื้อเพลิงหลังจากสันดาปจะเป็น "Working Fluid" เลย

เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) มีใช้งานมานานแล้ว แต่เพิ่งจะนำมาใช้เป็นตัวต้นกำลัง (Prime Mover) กันอย่างแพร่หลาย เมื่อประมาณ 100 ปีนี้เอง ในปัจจุบันเครื่องกังหันไอน้ำ นับว่าเป็นตัวต้นกำลังที่มีประโยชน์และสำคัญมาก

เครื่องกังหันไอน้ำ จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อน (Heat Energy) มาเป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) และเป็นตัวต้นกำลังไปขับอุปกรณ์ต่างๆต่อ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator), ปั๊ม (Pump) และคอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นต้น

ในโรงจักรพลังไอน้ำ (Steam Power Plant) เช่น โรงจักรพระนครเหนือ หรือ โรงจักรพระนครใต้ จะใช้เครื่องกังหันไอน้ำขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลที่ได้รับจากเครื่องกังหันไอน้ำในรูปของแรงบิด (Torque) แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) อีกต่อหนึ่ง



ภาพที่ 4 วัฏจักรของโรงจักรพลังไอน้ำ (Steam Powerplant Cycle)

โรงจักรพลังงานไอน้ำ จะผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่มีอุณหภูมิ (Temperature) และความดัน (Pressure) สูงมาขับเคลื่อนกังหันไอน้ำ ซึ่งต่อโดยตรงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

ข้อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) กับเครื่องยนต์ดีเซล (Diesel Engine)

1.เครื่องกังหันไอน้ำได้รับพลังงานจากไอน้ำ ซึ่งได้จากการต้มที่หม้อน้ำ (Boiler) โดยการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอีกทีหนึ่ง จึงจัดเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายนอก (External Combustion Engine) ส่วนเครื่องยนต์ดีเซลได้รับพลังงานจากแก๊สร้อน (Hot Gas) จากการเผาไหม้โดยตรงภายในกระบอกสูบ จึงจัดเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine)

2. การนำกำลังงานหรือแรงบิดจากเครื่องกังหันไอน้ำไปใช้โดยต่อเพลาของอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนที่ต้องการขับเข้ากับเพลาของเครื่องกังหันโดยตรง เช่น ถ้าต้องการใช้เครื่องขับหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็ต่อเพลาเข้ากับเครื่องกังหันได้โดยตรง ส่วนเครื่องยนต์ดีเซลต้องถ่ายทอดพลังงานผ่านก้านและข้อต่อต่างๆ เช่น ก้านสูบ เพลาข้อเหวี่ยงไปยังอุปกรณ์ที่ต้องการขับเคลื่อน

3. เครื่องกังหันไอน้ำสามารถสร้างให้กำลังงานสูงๆได้ ซึ่งเป็นข้อจำกัดของเครื่องยนต์ดีเซล ยกตัวอย่าง เช่น เครื่องกังหันไอน้ำที่โรงจักรพลังไอน้ำบางประกง มีกำลังผลิตถึง 550 เมกะวัตต์ ส่วนเครื่องยนต์ดีเซลให้กำลังงานสูงสุดประมาณ 3 เมกะวัตต์

4. เครื่องยนต์ดีเซลมีขนาดเล็กและไม่ต้องการมีอุปกรณ์เสริม (Auxiliary Equipment) มาก จึงใช้ค่าใช้จ่ายและเวลาในการติดตั้งน้อยกว่า และยังสามารถเคลื่อนย้ายไปยังพื้นที่ต่างๆ ที่ต้องการได้ง่ายกว่าเครื่องกังหันไอน้ำที่มีขนาดใหญ่ และมีอุปกรณ์เสริมมาก เช่น หม้อน้ำ และปั๊มต่างๆ

ข้อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) กับเครื่องกังหันแก๊ส (Gas Turbine)

1. ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันไอน้ำสูงกว่าเครื่องกังหันแก๊ส เมื่อเดินเครื่องตามกำลังงานที่กำหนด (Rated Load) และใช้เชื้อเพลิงชนิดเดียวกัน

2.เครื่องกังหันไอน้ำ สามารถสร้างให้มีกำลังผลิตสูง ๆ ได้ ซึ่งเป็นข้อกำหนดของเครื่องกังหันแก๊ส

3.เครื่องกังหันไอน้ำต้องมีอุปกรณ์เสริม (Auxiliary Equipment) มากกว่าเครื่องกังหันแก๊ส จึงเสียค่าใช้จ่ายและเวลาในการติดตั้งโรงจักรมากกว่า อีกทั้งยังเคลื่อนย้ายไปยังที่ต่าง ๆ ได้ยากกว่า

4.โรงจักรไอน้ำเสียค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องสูงกว่าโรงจักรกังหันแก๊ส

ข้อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) กับเครื่องกังหันพลังน้ำ (Hydro Turbine)

1.ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันไอน้ำต่ำกว่าเครื่องกังหันพลังน้ำ เนื่องจากเครื่องกังหันไอน้ำได้รับพลังงานจากไอน้ำ ซึ่งต้องใช้เชื้อเพลิงในการต้มน้ำ ส่วนเครื่องกังหันพลังน้ำได้รับพลังงานจากการไหลของน้ำ ซึ่งเป็นผลมาจากความสูงของระดับน้ำ

2.เครื่องกังหันไอน้ำสามารถสร้างให้มีกำลังผลิตสูง ๆ ได้ ซึ่งเป็นข้อจำกัดของเครื่องกังหันพลังน้ำ

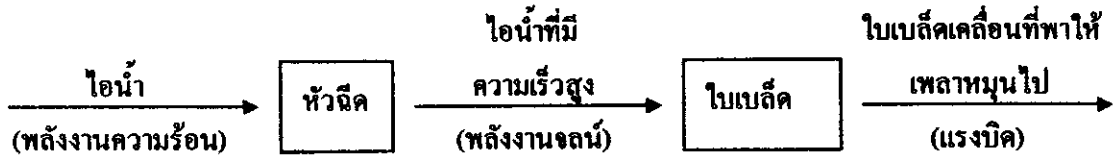
3.เครื่องกังหันไอน้ำสามารถเลือกตำแหน่งที่ตั้งของโรงจักรพลังไอน้ำได้ ไม่ต้องอาศัยธรรมชาติเหมือนเครื่องกังหันพลังน้ำ ซึ่งต้องอาศัยแหล่งน้ำ

4.เครื่องกังหันไอน้ำต้องมีอุปกรณ์เสริม (Auxiliary Equipment) จึงมีราคาของเครื่องจักรสูงกว่า

1. หลักการทำงานของเครื่องกังหันไอน้ำ (Principle of Steam Turbine)

เครื่องกังหันไอน้ำ จัดเป็นเครื่องกำเนิดพลังงานกล (Mechanical Energy) ในรูปของแรงบิด (Torque) จากพลังงานความร้อน (Heat Energy) ของไอน้ำในเครื่องกังหันไอน้ำ พลังงานเกิดการเปลี่ยนรูปสองครั้ง คือ

- **ขั้นแรก** พลังงานความร้อนจากไอน้ำแปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ โดยการบานตัวภายในช่องหรือหัวฉีด และผ่านออกไปในลักษณะที่เป็นลำไอน้ำที่มีความเร็วสูง
- **ขั้นที่สอง** พลังงานจากไอน้ำที่มีความเร็วสูง ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกลโดยให้กระทบกับใบเบล็ด ที่มีมุมและส่วนโค้งพอดี ทำให้เกิดแรงกระแทกให้ชุดของใบเบล็ด ซึ่งติดอยู่บนเพลาหมุนไปได้



ภาพที่ 5 หลักการทำงานของเครื่องกังหันไอน้ำ

หลักการทำงานของเครื่องกังหันไอน้ำ มี 2 แบบ คือ

1. แบบแรงผลักของไอน้ำหรือที่เรียกว่า อิมพัลส์ เทอร์ไบน์ (Impluse Turbine)
2. แบบแรงดันกลับของไอน้ำหรือที่เรียกว่า รีแอคชั่น เทอร์ไบน์ (Reaction Turbine)

1. 1 เครื่องกังหันแบบแรงผลักของไอน้ำ (Impluse Turbine)

หลักการทำงาน เมื่อไอน้ำภายใต้ความดันและอุณหภูมิสูงที่ได้จากหม้อน้ำไหลผ่านหัวฉีด จะเกิดการขยายตัวทำให้ความดันและอุณหภูมิลดลง แต่ความเร็วของไอน้ำจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือ เมื่อไอน้ำไหลผ่านหัวฉีด พลังความร้อนในตัวไอน้ำจะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ จะทำให้เกิดแรงกระทบต่อสิ่งใด ๆ ที่ขวางทางของไอน้ำในแนวทางออกของไอน้ำจากหัวฉีด จึงอาศัยหลักการนี้มาใช้ในเครื่องกังหันไอน้ำ โดยจัดหัวฉีดให้ไอน้ำกระทบใบเบล็ด (Blade) ซึ่งติดอยู่บนวงล้อ (Wheel) ที่หมุนได้อย่างอิสระ ถ้าวงล้อมีเบล็ดอยู่ชุดหนึ่ง ติดอยู่โดยรอบเป็นวงกลม ขณะเมื่อเบล็ดอันหนึ่งหมุนออกไปจากลำไอน้ำ เบล็ดอันอื่น ๆ ก็จะเข้ามาแทนที่ ดังนั้นจึงเกิดแรงหมุนที่ต่อเนื่องกัน ทำให้วงล้อหมุนไปเรื่อย ๆ ตราบที่ยังมีไอน้ำอยู่

ข้อสังเกตของกังหันแบบนี้ คือ เบล็ดของกังหันแถวที่เคลื่อนที่ (Rotating Blade) จะมีลักษณะสมดุลย์กันทั้งซีกซ้ายและซีกขวา ของเส้นที่ลากผ่านแนวกึ่งกลางของเบล็ดในเครื่องกังหันชนิดนี้ ความดันของไอน้ำที่ลดลงทั้งหมดจะเกิดขึ้นภายในหัวฉีด แต่จะคงที่เมื่อใบเบล็ดมีการเคลื่อนที่

1.2 เครื่องกังหันแบบแรงดันกลับของไอน้ำ (Reaction Turbine)

หลักการทำงาน จากกฎข้อสามของนิวตันที่ว่า " เมื่อมีแรงกิริยา (Action) กระทำต่อสิ่งใด ๆ จะมีแรงปฏิกิริยา (Reaction) ขนาดเท่ากันเกิดขึ้นในทางทิศทางตรงข้าม " ตัวอย่างที่เห็นได้ง่าย ๆ คือ เมื่อปล่อยลูกโป่งที่มีอากาศอัดอยู่แน่น อากาศจะพยายามหนีออกทางปากของลูกโป่ง ขณะเดียวกันจะมีแรงปฏิกิริยากระทำในทิศทางตรงข้ามกับทางที่อากาศพ่นออกจากลูกโป่ง ทำให้ลูกโป่งเคลื่อนที่ไปข้างหน้า หรือในขณะที่เราถือหัวสูบฉีดน้ำไว้ เมื่อมีน้ำไหลจะรู้สึกว่ามีแรงดันกลับ และแรงดันกลับนี้จะมาก ถ้าการไหลของน้ำที่ออกจากหัวสูบเร็วขึ้น

หลักการเดียวกันถ้าเอาหัวฉีดจำนวนหนึ่งมาติดไว้รอบวงล้อที่หมุนได้ และให้ไอน้ำผ่านออกจากหัวฉีดเหล่านี้ ขณะเดียวกันถ้าจัดหัวฉีดให้ไอน้ำพุ่งออกจากหัวฉีดในทิศทางที่สัมผัสกับวงล้อ และทำให้แรงดันกลับของไอน้ำสริมกัน จะทำให้วงล้อหมุนไปได้

เครื่องกังหันไอน้ำแบบแรงดันกลับของไอน้ำที่ใช้จริง ๆ แทนที่จะใช้หัวฉีดติดบนวงล้อดังกล่าวกลับดัดแปลงให้เป็นเบล็ด ของกังหันแทน โดยจัดสร้างให้ช่องว่างระหว่างใบเบล็ดที่อยู่ติดกันมีรูปร่างคล้ายหัวฉีด (Profile of a Nozzle)

เบล็ดของเครื่องกังหันแบบนี้ ติดไว้ที่ขอบวงล้อ โดยยื่นออกมาตามแนวรัศมีและจัดให้ช่องว่างระหว่างเบล็ดที่ติดกันมีรูปร่างหน้าตัดเป็นหัวฉีดชุดของใบเบล็ดนี้เรียกว่า เบล็ดที่หมุนเคลื่อนที่ (Rotating Blade) การนำไอน้ำเข้ามาในช่องว่างเหล่านี้ จำเป็นต้องติดเบล็ดนำที่มีรูปร่าง เช่นเดียวกับเบล็ดที่หมุนเข้ากับด้านในของฝากังหันโดยรอบตัวหมุนและอยู่สลับแถวกับเบล็ดที่หมุน เรียกเบล็ดนำนี้ว่า เบล็ดอยู่กับที่ (Stationary Blade)

ข้อสังเกตของกังหันแบบนี้ คือ รูปร่างของเบล็ดทั้งเบล็ดที่อยู่กับที่และเบล็ดที่เคลื่อนที่เป็นแบบไม่สมดุลย์ เมื่อเทียบกับแนวที่ลากผ่านกึ่งกลางของเบล็ด และความดันของไอน้ำจะลดลงทั้งขณะที่ผ่านเบล็ดอยู่กับที่ และเบล็ดที่เคลื่อนที่

2. การแบ่งชนิดของเครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Classification)

เครื่องกังหันไอน้ำ แบ่งออกได้หลายแบบด้วยกัน ขึ้นอยู่กับว่าจะใช้อะไรเป็นหลักในการแบ่ง โดยทั่วไปแล้วจะแบ่งตามหักการดังนี้

2.1 แบ่งตามสภาพความดันตรงทางที่ไอน้ำออกจากเครื่องกังหัน มีอยู่ 2 แบบ คือ

2.1.1 Condensing Turbine เครื่องกังหันแบบนี้ จะมีความดันตรงบริเวณทางออกของน้ำต่ำกว่าความดันบรรยากาศ

2.1.2 Non – condensing Turbine เป็นเครื่องกังหันไอน้ำ ที่มีความดันตรงบริเวณทางออกของไอน้ำสูงกว่าความดันบรรยากาศ

2.2 แบ่งตามลักษณะการจัดวางเพลาหรือเคสซิ่ง (Casing)

2.2.1 การจัดวางเพลา

- Tandom Compound เป็นเครื่องกังหันที่มีเพลาต่อเรียงกันตามความยาว
- Cross Compound เป็นเครื่องกังหันที่มีเพลาวางอยู่ในแนวขนานกัน

2.2.2 เคสซิ่ง (Casing) โดยการดูจากจำนวนของเคสซิ่ง

- Single Casing คือ เครื่องกังหันที่มีเคสซิ่งเดียว
- Two Casing คือ เครื่องกังหันที่มี 2 เคสซิ่ง
- Three Casing คือ เครื่องกังหันที่มี 3 เคสซิ่ง

2.3 แบ่งตามจำนวนทางที่ไอน้ำออกจากเครื่องกังหัน

2.3.1 Single Exhaust คือ เครื่องกังหันที่มีทางออกของไอน้ำทางเดียว

2.3.2 Double Exhaust คือ เครื่องกังหันที่มีทางออกของไอน้ำ 2 ทาง

2.3.3 Tripple Exhaust คือ เครื่องกังหันไอน้ำที่มีทางออกของไอน้ำ 3 ทาง

2.3.4 Quadruple Exhaust คือ เครื่องกังหันไอน้ำที่มีทางออกของไอน้ำ 4 ทาง

2.4 แบ่งตามการออกแบบเบล็ด (Blade)

เป็นการแบ่งโดยดูจากการออกแบบเบล็ดของเครื่องกังหันว่าออกแบบให้มีหลักการทำงานแบบไหน ดังที่กล่าวมาแล้ว

2.4.1 Impluse Turbine เป็นเครื่องกังหันที่มีเบล็ดเป็นแบบแรงผลักของไอน้ำ

2.4.2 Reaction Turbine เป็นเครื่องกังหันที่มีเบล็ดเป็นแบบแรงดันกลับของไอน้ำ

2.4.3 Impluse – Reaction Turbine เป็นเครื่องกังหันที่มีเบล็ดเป็นแบบทั้งแรงผลักของไอน้ำและแรงดันกลับของไอน้ำ

2.5 แบ่งตามลักษณะการแยกไอน้ำไปใช้ในการอุ่นน้ำที่ฮีทเตอร์

โดยพิจารณาว่ามีการแยกไอน้ำไปใช้ในการอุ่นน้ำที่ฮีทเตอร์หรือไม่ ถ้ามีก็จะเป็นแบบ Extraction Turbine นอกจากนี้ Extraction Turbine ยังแบ่งออกได้เป็นได้เป็นแบบอัตโนมัติและไม่อัตโนมัติ

2.5.1 แบบอัตโนมัติ (Automatic Extraction) จะมีการแยกไอน้ำส่วนเกินออกจากเครื่องกังหันไปอุ่นน้ำโดยอัตโนมัติ หลังจากที่เพียงพอกับความต้องการของกังหันแล้ว

2.5.2 แบบธรรมดา (Nonautomatic Extraction) จะมีไอน้ำบางส่วนจากเครื่องกังหัน ถูกนำไป อุ่นน้ำอยู่ตลอดเวลาที่เครื่องกังหันทำงาน

2.6 แบ่งตามขนาดหรือลักษณะงานที่นำไปใช้

2.6.1 แบ่งตามขนาด โดยพิจารณาจากกำลังงานของเครื่อง

- ขนาดเล็ก คือ เครื่องกังหันที่มีกำลังผลิตน้อยกว่า 10 เมกะวัตต์
- ขนาดกลาง คือ เครื่องกังหันไอน้ำที่มีกำลังผลิตตั้งแต่ 10 เมกะวัตต์ ถึง 60 เมกะวัตต์
- ขนาดใหญ่ คือ เครื่องกังหันที่มีกำลังผลิตมากกว่า 60 เมกะวัตต์

2.6.2 แบ่งตามลักษณะงานดูว่านำเครื่องกังหันใช้กับอะไร เช่น

- ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า
- ใช้ในการขับปั๊ม เช่น BFP – TD (Boiler feed pump - Turbine driven) ฯลฯ

3. ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ(Major Components in Turbine)

เครื่องกังหันไอน้ำ ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่สำคัญ ๆ คือ

3.1 Rotor

Rotor เป็นชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่หลักของเครื่องกังหันไอน้ำ โดยจะเคลื่อนที่หมุนรอบตัวเองอยู่ภายในเคสซิ่งและจะเป็นที่ยึดติดอยู่ของใบเบล็ดที่เคลื่อนที่ไปพร้อมกับตัว Rotor ที่เรียกว่า Rotating Blade

Rotor แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

3.1.1 Disc–Type Rotor มีลักษณะเป็นแกนเพลาและมีล้อสวมติดอยู่ ที่วงล้อจะมี Rotating Blade ติดอยู่

3.1.2 Drum – Type Rotor มีลักษณะภายในกลวงเป็นโพรง หรือเจาะเป็นรูตลอด

3.2 Blade

หน้าที่ Blade ของ Turbine จะทำหน้าที่เป็นตัวรับการวิ่งชนของไอน้ำที่มีความดันและความเร็วสูง ซึ่งจะทำให้เกิดแรงผลักดันให้ตัว Blade และ Rotor เคลื่อนที่ในรูปของการหมุน นั่นก็คือ Blade จะทำหน้าที่รับพลังงานจลน์จากไอน้ำแล้วเปลี่ยนเป็นรูปพลังงานกลการหมุน นั่นเอง

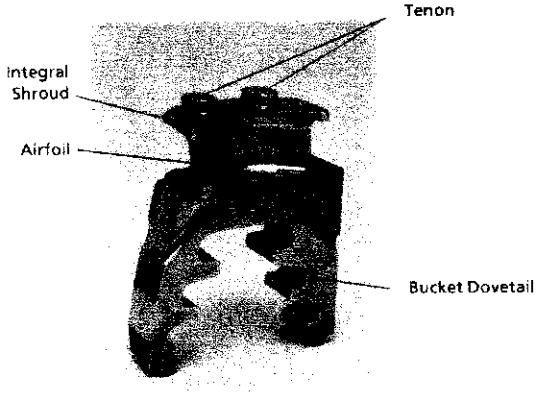
โครงสร้างของ Blade ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของ Blade

1. ใบ Blade จะทำหน้าที่รับการวิ่งชนกระแทกของไอน้ำ โดยมีส่วนของ Blade ด้านที่ไอน้ำวิ่งเข้าชนจะเรียกว่า Leading Edge และด้านที่ไอน้ำวิ่งออกเรียกว่า Tailing Edge

2. Root จะทำหน้าที่ยึดใบ Blade ให้ติดกับตัว Rotor โดยสอดอยู่ในร่อง (Groove) ของ Rotor เพราะในขณะที่ Rotor หมุนอยู่จะมีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เนื่องจากน้ำหนักของตัวมันเอง Root สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

ก. T – Slot Root มีลักษณะคล้ายตัว T เหมาะสำหรับ Blade ขนาดเล็ก เช่น HP. Turbine

ข. Dovetail Root ถูกออกแบบมาใช้กับ Blade ขนาดใหญ่ ๆ เช่น Blade แถว ของ LP. Turbine



First Stage Bucket

<u>ภาพที่ 6</u> แสดงส่วนประกอบของใบพัดกังหัน

(ที่มา: Basic Steam Turbine , 2527)

3. Caulking Piece ทำหน้าที่อัด Root ของ Blade ให้ติดแน่นกับร่องของ Rotor

4. Shroud จะทำหน้าที่ยึดปลายใบ Blade เข้าด้วยกันเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อลดการสั่นของเบลด์ และป้องกันไอน้ำรั่วผ่านระหว่าง Blade แต่ละแถว

5. Tenon จะทำหน้าที่ยึด Shroud เข้ากับ Blade โดยการย้ำหัวคล้ายกับ Rivet

6. Lashing wire จะทำหน้าที่ยึด Blade เข้าด้วยกันโดยจะใช้กับ Blade ที่ยาวมาก ๆ เช่น LP. Last Stage Blade เป็นต้น เนื่องจากเบลด์ยิ่งยาว ความเร็วของปลายใบ Blade จะยิ่งมากขึ้น โอกาสที่จะเกิดการสั่นหรือการบิดตัวก็มีมาก จึงออกแบบให้มี Lashing Wire ดังกล่าวมาเป็นตัวป้องกัน

ชนิดและการทำงาน Blade สามารถแบ่งโดยอาศัยหลักการทำงาน ออกเป็น 2 แบบคือ

1. แบบ Impulse Blade แบบนี้มีรูปร่างลักษณะส่วนของ Blade ด้านไอน้ำเข้าเท่ากับส่วนของ Blade ด้านไอน้ำออกทำงานหรือหมุนไปด้วยแรงชนกระแทกของไอน้ำ

2. แบบ Reaction Blade แบบนี้มีลักษณะตรง Leading Edge ใหญ่กว่า Tailing Edge ทำงานหรือหมุนไปด้วยแรงผลักของไอน้ำที่วิ่งออกจากเบล็ดในทิศทางตรงกันข้าม ยกตัวอย่างเช่น เครื่องฉีดน้ำในสนามหญ้าจะหมุนไปในทิศทางตรงกันข้ามกับน้ำที่พุ่งออกมาจากตัวมัน

การจัดรูปแบบของ Blade ของกังหันไอน้ำแบ่งตามหน้าที่การทำงานออกเป็น 2 อย่างคือ

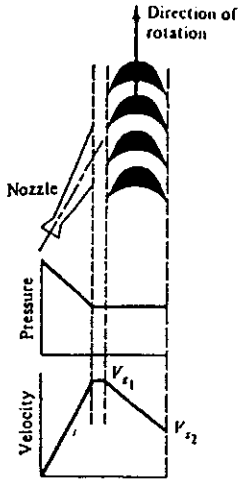
1. Rotating or Moving Blade เป็น Blade ที่ติดอยู่และเคลื่อนที่ไปพร้อมกับการหมุนของ Rotor จะทำหน้าที่รับการชนกระแทกของไอน้ำที่มีความเร็วและความดันสูง ทำให้ตัว Blade เคลื่อนที่เกิดแรงบิดทำให้ Rotor หมุนไป

2. Stationary Blade เป็น Blade ที่อยู่กับที่ประกอบอยู่กับ Blade Ring ทำหน้าที่คล้ายกับหัวฉีด (Nozzle Profile) และจัดทิศทางของไอน้ำให้ได้ทิศทางที่เหมาะสม และเป็นระเบียบก่อนเข้า Rotating Blade แถวต่อไป

ทั้ง Rotating Blade และ Stationary Blade จะจัดตัวรวมเข้าเป็นแถว ๆ ในแนวเส้นรอบวงของ Rotor โดยที่ Rotating Blade และ Stationary Blade อย่างละ 1 แถวเรียกว่า 1 Stage (Turbine Stage)

โดยทั่วไปการจัดรูปของ Turbine Stage ของ Impulse Blade มี 2 แบบคือ แบบ Rateau Stage และแบบ Curtis Stage ส่วนของ Reaction Blade จะมีอยู่แบบเดียวคือ Reaction Stage

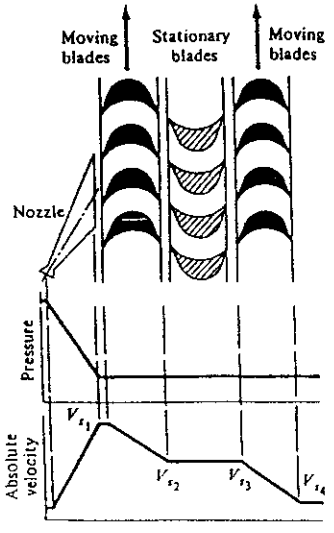
1. Rateau Stage Stage ของ Turbine แบบนี้ประกอบด้วย Nozzle และ Impulse Blade อย่างละ 1 แถว จะใช้เป็น Stage แรกของ HP. Turbine เช่น HP. Turbine ของโรงจักรบางปะกง 550 MW. เป็นต้น



<u>ภาพที่ 7</u> แสดงการจัด Turbine stage แบบ Rateau stage

(ที่มา : Basic Steam Turbine, 2527)

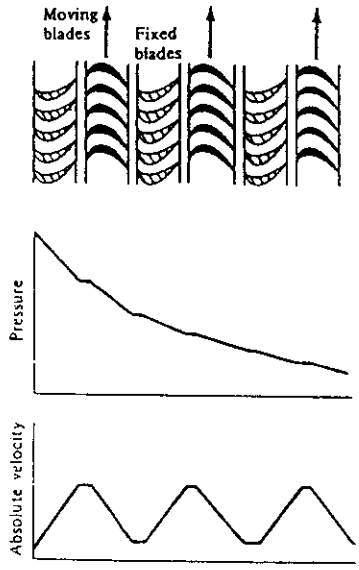
2. Curtis Stage เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Velocity Compound Stage Stage ของ Turbine แบบนี้ประกอบด้วย Nozzle 1 แถว Guide Blade 1 แถว และ Impulse Blade 2 แถว จะใช้เป็น Stage แรกของ HP. Turbine เช่น HP. Turbine ของโรงจักรพระนครใต้, โรงจักรพระนครเหนือ เป็นต้น



<u>ภาพที่ 8</u> แสดงการจัด Turbine stage แบบ Curtis stage

(ที่มา : Basic Steam Turbine, 2527)

3. Reaction Stage Stage ของ Turbine แบบนี้จะประกอบด้วย Reaction Blade 6 แถว เป็น Stationary Blade คือ ทำหน้าที่เป็น Nozzle 3 แถวและ Moving Blade อีก 3 แถว



ภาพที่ 9 แสดงการจัด Turbine stage แบบ Reaction stage

(ที่มา : Basic Steam Turbine, 2527)

3.3 Nozzle

หัวฉีด (Nozzle) เป็นชิ้นส่วนที่สำคัญอย่างมากชนิดหนึ่งของกังหันไอน้ำโดยจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานของไอน้ำในรูปของความดัน เป็นความเร็วหรือที่เรียกว่าพลังงานจลน์

โดยทั่ว ๆ ไปในการออกแบบหัวฉีดจะอาศัยหลักการดังนี้

1. หลีกเลี่ยงการเปลี่ยนทิศทางการไหลของไอน้ำอย่างทันทีทันใด โดยเฉพาะไอน้ำที่มีความเร็วสูง

2. ตรงทางเข้าของหัวฉีด จะออกแบบให้สามารถรับพลังงานของไอน้ำได้มากที่สุด

3. ผิวของหัวฉีดต้องเรียบเพื่อลดความเสียดทาน

3.4 Balance Piston

เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า " Dummy Piston " เป็นส่วนหนึ่งของ Turbine Rotor มีลักษณะคล้ายลูกสูบติดอยู่บนเพลา ทำหน้าที่ลดแรงในแนวแกนที่เกิดจากการที่ไอน้ำวิ่งชนใบเบล็ดของกังหัน โดยอาศัยความต่างของแรงดันที่กระทำบนพื้นที่ที่แตกต่างกันบนเพลาของ Rotor

3.5 Labyrinth seal

ทำหน้าที่ ป้องกันไอน้ำรั่วโดยมีชุด Seal ป้องกันอยู่ โดยทั่วไปชุดของ Labyrinth seal จะประกอบไว้ที่ Station Part โดยที่ปลายของ Seal strip ที่ยื่นไปทาง Rotating part มีลักษณะแหลมเพื่อในกรณีที่เกิดการตั้งค่า Clearance ผิดพลาดเพื่อให้ตัวนี้เป็นฝ่ายเสียหายจากการเสียดสียุบตัวไปเองเป็นการป้องกันการสั่นที่จะเกิดขึ้นได้

3.6 Casing

แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

3.6.1 Single Casing ส่วนมากใช้กับกังหันไอน้ำขนาดเล็กซึ่งจะมีความดันและอุณหภูมิไม่มีสูงนัก

3.6.2 Double Casing สำหรับกังหันไอน้ำที่มีกำลังผลิตสูงๆ จะมีอุณหภูมิและความดันของไอน้ำสูงๆ จึงต้องมี Casing ที่แข็งแรงทนทาน

3.7 Steam Chest

ทำหน้าที่เป็นที่รวมของไอน้ำจาก Super heater ของหม้อน้ำก่อนเข้า Turbine และยังเป็นที่ตั้งของ Steam Strainer, Main Stop Valve และ Governing Valve ด้วย เราสามารถแบ่ง Steam Chest ออกเป็น 2 แบบ คือ

3.7.1 แบบที่ติดอยู่กับเคสซิ่ง แบบนี้จะหล่อติดกับ HP. Outer Casing ข้อเสียคือ การทำงานจะถูกกำหนดอยู่ในสภาวะที่จำกัดที่อุณหภูมิไว้ไม่ควรเกิน 900° F

3.7.2 แบบที่แยกจากเคสซิ่ง แบบนี้ออกแบบให้ใช้งานที่อุณหภูมิสูงขึ้นเป็นการแก้ไขเคสซิ่งแบบแรก สามารถทนความร้อนและความดันได้ดี

3.8 Stub Shaft

ทำหน้าที่ ขับหมุนอุปกรณ์ที่ทำงานสัมพันธ์กับความเร็วรอบของ Turbine เช่น Governor Impeller, Main Oil Pump Impeller และ Mechanical Overspeed Trip Weight เป็นต้น

3.8.1 Governor Impeller ประกอบอยู่กับ Stub Shaft เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนสัญญาณความเร็วรอบของ Turbine

3.8.2 Main Oil Pump Impeller ประกอบอยู่กับ Stub Shaft เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ส่งน้ำมันของระบบทั้งหมด คือ ระบบน้ำมันควบคุม และระบบน้ำมันหล่อลื่น

3.8.3 Mechanical Overspeed Trip Weight ประกอบฝังอยู่ใน Stub Shaft และกดตัวอยู่ด้วยแรงสปริง เป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ป้องกันไม่ให้ Turbine มีความเร็วรอบสูงเกินไป

3.9 Coupling

อุปกรณ์เครื่องจักรกลที่มีใช้งานกันอยู่อย่างแพร่หลายในปัจจุบันนี้ สามารถแบ่งตามลักษณะการทำงานอย่างกว้าง ๆ ออกเป็น 2 ชนิดคือ

3.9.1 อุปกรณ์ต้นกำลัง จะเป็นส่วนที่กำเนิดกำลังขึ้นมา เช่น มอเตอร์ไฟฟ้าและ Turbine เป็นต้น

3.9.2 อุปกรณ์การผลิต จะเป็นส่วนรับกำลังจากอุปกรณ์ต้นกำลังมาเป็นผลิตผลที่ต้องการ เช่น ปั๊มน้ำ หรือ Generator

ภาพที่ 10 แสดงตำแหน่งของ Coupling

ดังนั้น Coupling จึงมีหน้าที่เป็นตัวส่งผ่านกำลังขับที่อยู่ในรูปของแรงบิด จากอุปกรณ์ต้นกำลังไปขับหรือหมุนอุปกรณ์การผลิตให้ทำงานได้ตามที่ต้องการ นอกจากนี้ Coupling ยังส่งถ่ายแรงรุนที่เกิดขึ้นในแนวแกนจากอุปกรณ์ทั้ง 2 ถึงกันได้ คือ ถ้าเกิดแรงรุนที่ Turbine แล้ว Generator ก็จะได้รับด้วยและทำนองเดียวกัน ถ้าเกิดที่ Generator บ้าง Turbine ก็ต้องได้รับด้วยเช่นกัน

3.10 Bearing

Bearing ที่ใช้กับเครื่องกังหันไอน้ำจะเป็นแบบ Slide – Type Bearing ซึ่งเป็นแบบที่อาศัยการลื่นไถลของเพลาบนผิวหน้าของ Bearing

Slide – Type Bearing แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

3.10.1 Journal Bearing or Sleeve Bearing เป็น Bearing ที่ใช้รองรับน้ำหนักของเพลาทั้งหมดและแรงที่เกิดขึ้นทั้งหมดในแนวรัศมี และยังรักษาค่า Clearance ในแนวรัศมีระหว่างชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่กับชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ของ Turbine และ Generator ด้วย

3.10.2 Thrust Bearing เป็นแบริ่งที่ใช้กำหนดตำแหน่งและจำกัดการเคลื่อนที่ในแนวแกนของเพลา เพื่อรักษาค่า Clearance ในแนวแกนระหว่างชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่กับชิ้นส่วนที่อยู่กับที่ของ Turbine และ Generator และรับแรงรุนที่เกิดจากการหมุนของเพลาซึ่งเกิดขึ้นในแนวแกนของเพลา

3.11 Turning Gear

3.11.1 ใช้หมุนพลิก Turbine Rotor หลังจากการหยุดเครื่องเพื่อให้เกิดการเย็นตัวอย่างสม่ำเสมอ เป็นการป้องกันการโก่งตัวของ Rotor ที่เกิดจากการตกท้องช้างอันเนื่องมาจากน้ำหนักที่หนักมากของ Rotor ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการสั่น

3.11.2 ใช้หมุนพลิก Turbine และ Generator Rotor ในระหว่างการเริ่มเดินเครื่องทุกครั้ง เพื่อลดแรงเฉื่อยของ Rotor ทำให้ไอน้ำที่เข้ามาเพื่อหมุน Turbine ในตอนแรกมีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

3.11.3 ใช้หมุนพลิก Turbine Rotor ให้หมุนหรือเปลี่ยนไปหยุดในตำแหน่งใหม่ตามที่ต้องการได้ในระหว่างการตรวจซ่อม

ความเร็วรอบที่ใช้หมุน Turbine Rotor ด้วย Turbine Gear ขึ้นอยู่กับการออกแบบของบริษัทผู้ผลิต ซึ่งโดยปรกติแล้วแบบที่มอเตอร์ขับจะประมาณ 3 รอบต่อนาที ส่วนแบบที่ใช้ความดันของน้ำมันขับจะประมาณ 120 รอบต่อนาที

3.12 Gland Seal

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันไอน้ำรั่ว (Leak) ออกจากเครื่องกังหันและป้องกันอากาศรั่วเข้าไปภายในเครื่องกังหัน มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

3.12.1 Gland Case จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ซีกบนและซีกล่าง เพื่อความสะดวกต่อการถอดประกอบที่ Gland Case จะมีร่องสำหรับใส่ Gland Seal Ring

3.12.2 Gland Seal Ring จะทำเป็นลักษณะ T – Root เพื่อสอดกระชับเข้าร่องของ Gland Case และตรงส่วนที่กระชับเข้ากับเพลาของ Rotor จะออกแบบให้เป็น Labyrinth Seal คือ ประกอบ Seal Strip หลาย ๆ วง

3.12.3 Gland Seal Strip ป้องกันการเสียดสีกับเพลาซึ่งมีปลายแหลมคอยป้องกันอยู่ ซึ่งสามารถทำการขูดแต่งหรือเปลี่ยนใหม่ได้ง่าย เป็นการป้องกันและลดการเสียหายของเพลา

3.12.4 Gland Seal Spring จะใส่อยู่ในร่องระหว่าง Gland Case กับ Gland Seal Ring ให้อยู่ตัวและยังช่วยให้ Seal Ring ยุบตัวเข้าไปใน Gland Case ในกรณีที่เกิดการเสียดสีระหว่าง Seal Strip กับ เพลา

4. วาล์วไอน้ำ (Steam Valve)

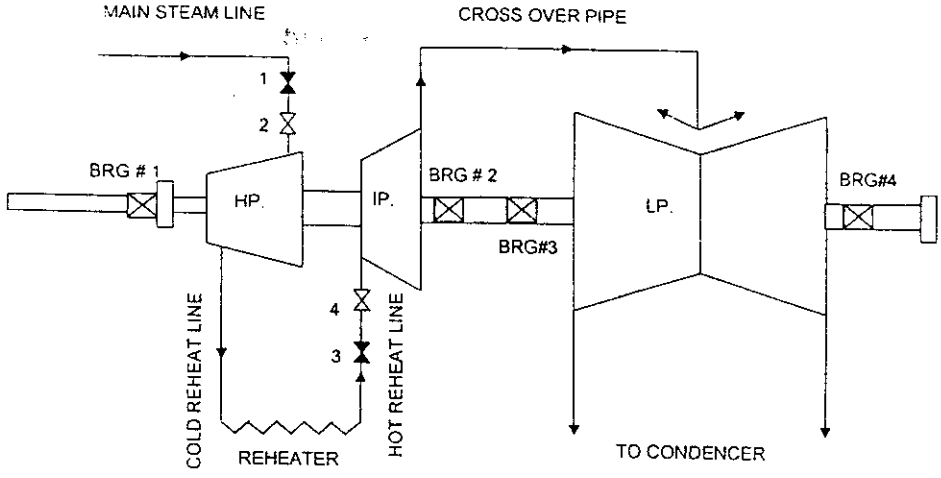
Steam Valve คือ อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ปิด – เปิด หรือควบคุมปริมาณไอน้ำที่จะเข้าไปใน Turbine

ดังเป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่า การที่ Steam Turbine จะทำงานได้นั้นจำเป็นต้องมีไอน้ำจากหม้อน้ำเข้าไปผลักใบ Blade ของ Turbine การผลักของไอน้ำดังกล่าวจะทำให้ Rotor ของ Turbine หมุนไป ซึ่งเราสามารถนำกำลังงานที่เกิดจากการหมุนของ Rotor ไปใช้งานได้ แต่การปล่อยไอน้ำเข้าไปใน Turbine นี้จำเป็นต้องมีการควบคุม เพื่อให้ Turbine ทำงานตามที่เราต้องการ เช่น ปิดกั้นไม่ให้ไอน้ำเข้าไปใน Turbine เมื่อไม่ต้องการให้ Turbine ทำงาน (Shut – Down หรือ Trip) , เปิดให้ไอน้ำเข้าไปใน Turbine เมื่อต้องการให้ Turbine ทำงาน (Start up หรือ Operation) , และควบคุมปริมาณไอน้ำที่จะเข้าไปใน Turbine เพื่อเพิ่มหรือลดความเร็วรอบ เป็นต้นซึ่งอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ดังกล่าวคือ " Steam Valve " นั่นเอง

Steam Valve แบ่งตามลักษณะการทำงานได้ 2 ชนิด คือ

1. Stop Valve มีหน้าที่เพียงเปิดสุดหรือปิดสุด เมื่อเราต้องการหรือ ไม่ต้องการให้ไอน้ำเข้าไปใน Turbine ซึ่ง Stop Valve นี้มีไว้สำหรับเป็นตัวป้องกัน คือ เมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน Stop Valve จะปิดอย่างรวดเร็ว เพื่อไม่ให้ไอน้ำเข้าไปใน Turbine ดังนั้นจึงทำให้ Turbine " Trip " ทันที Valve ชนิดนี้ได้แก่ Throttle Valve และ Reheat Stop Valve

2. Control Valve มีหน้าที่ควบคุมปริมาณของไอน้ำที่จะเข้าไปใน Turbine เพื่อเพิ่มหรือลดความเร็วรอบของ Turbine ซึ่งวาล์วชนิดนี้ได้แก่ Governing Valve และ Intercepter Valve



1. Throttle Valve 2. Governing valve 3.Reheat Stop Valve 4. Interceptor Valve

<u>ภาพที่ 11</u> แสดงการทำงานของ Steam valve

(ที่มา : Basic Steam Turbine, 2527)

การทำงานของ Steam Valve

จากรูปจะเห็นได้ว่าไอน้ำจากหม้อน้ำจะมาตามท่อ Main Steam ผ่าน Throttle Valve ซึ่งขณะนี้เปิดสุดแล้วผ่าน Governing Valve เพื่อควบคุมปริมาณไอน้ำก่อนเข้า HP. Turbine Governing Valve นี้จะเปิดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาวะการ ทำงานของเครื่อง โดยจะยอมให้ไอน้ำเข้าไปใน HP. Turbine ได้ในปริมาณอันพอเหมาะที่จะทำให้ความเร็วรอบของ Turbine คงที่ 3000 รอบต่อนาทีตลอดเวลา เมื่อไอน้ำผ่าน Governing Valve แล้วก็จะเข้าไปใน HP. Turbine เพื่อทำให้ Rotor ของ Turbine หมุน เมื่อผ่าน HP. Turbine แล้วไอน้ำส่วนนี้จะเสียพลังงานความร้อนไปมากไม่สามารถนำไปใช้งานได้อีก ดังนั้นจึงต้องมีการเพิ่มความร้อนให้กับไอน้ำส่วนนี้อีกครั้งหนึ่ง โดยจัดให้ไอน้ำดังกล่าวไหลออกจาก HP. Turbine ไปตามท่อ Cold Reheat เพื่อเข้าไปรับความร้อนภายใน Reheater และหลังจากได้รับความร้อนเพิ่มแล้ว ไอน้ำจะออกจาก Reheater มาตามท่อ Hot Reheat ผ่าน Reheat Stop Valve และIntercepter

Valve ซึ่งขณะนี้เปิดสุดทั้งสองตัว แล้วจึงเข้าไปใน IP. Turbine ออกจาก IP. Turbine แล้วไอน้ำจะไปตามท่อ Cross over Pipe เข้าสู่ LP. Turbine ซึ่งเมื่อผ่าน LP. Turbine แล้ว ไอน้ำก็จะลงสู่ Condenser เพื่อกลั่นตัวเป็นน้ำและกลับเข้าสู่หม้อน้ำ เพื่อทำให้กลายเป็นไอน้ำที่มีพลังความร้อนสูงอีกครั้งหนึ่ง ก่อนที่จะถูกส่งมาไหลเวียนภายในระบบต่อไป ซึ่งการทำงานดังที่ได้อธิบายมาแล้วทั้งหมดนี้เป็นการทำงานตามปกติ แต่เมื่อมีเหตุผิดปกติเกิดขึ้น Steam Valve แต่ละตัวก็จะทำงานแตกต่างกันไปตามหน้าที่ของวาล์วชนิดนั้น ๆ

5. ระบบน้ำมันหล่อลื่น (Lube Oil System)

การหล่อลื่นเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในเครื่องจักรกลทั่ว ๆ ไป เพราะจะส่งผลให้การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรกลนั้น ๆ ด้วย ใน Stem Turbine ก็เช่นกันการเคลื่อนที่หรือการหมุนเสียดสีกันเช่นที่ Journal Bearing , Thrust Bearing และ Turning Gear เป็นต้น ย่อมทำให้เกิดการสึกหรอและแรงเสียดทานที่บริเวณจุดนั้น เพื่อให้การหมุนของ Turbine Rotor เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพจึงต้องใช้น้ำมันเข้าไปหล่อลื่นยัง Bearing , Thrust Bearing และ Turning Gear ของ Turbine

หน้าที่ของน้ำมันหล่อลื่นมีดังนี้

1. ลดแรงเสียดทานและการสึกหรอระหว่างชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์กัน โดยจะทำหน้าที่เป็นฟิล์มน้ำมันบาง ๆ รองชั้นระหว่างชิ้นส่วนนั้น

2. ช่วยระบายความร้อน โดยการพาความร้อนที่เกิดจากแรงเสียดทานติดไปกับน้ำมันแล้วถ่ายเทความร้อนออกให้น้ำที่ Oil Cooler อีกทีหนึ่ง

อุปกรณ์เพิ่มเติมในระบบหล่อลื่น

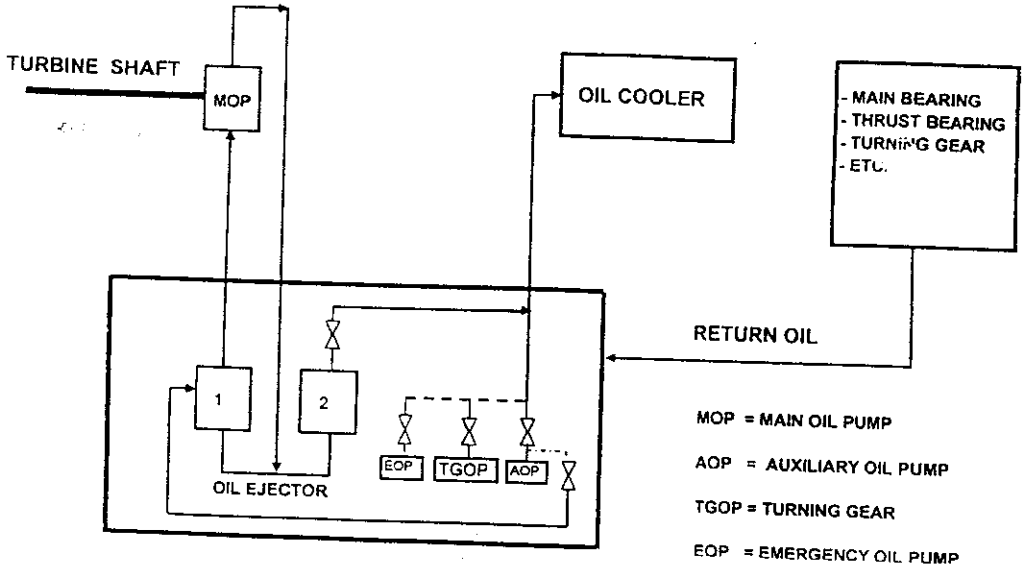
1. A.C. Auxiliary Oil Pump ติดตั้งอยู่ที่ถังเก็บน้ำมันขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ทำหน้าที่ส่งน้ำมันให้แก่ระบบในระหว่างการ Start Up และ Shutdown Turbine ซึ่งในขณะนั้นความเร็วรอบของ Turbine ยังไม่สูงพอที่ Main Oil Pump จะทำงานได้

2. A.C. Turbine Gear Oil Pump ติดตั้งอยู่ที่ถังน้ำมันขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ทำหน้าที่ส่งน้ำมันในระบบหล่อลื่น ใช้เดินในขณะที่ Turbine Turning Gear หรือ Unit Shutdown อยู่

3. D.C. Emergency Oil Pump ติดตั้งอยู่ที่ถังน้ำมันเช่นเดียวกับ AOP และ TGOP ขับด้วยมอเตอร์กระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากแบตเตอรี่ทำหน้าที่ส่งน้ำมันไปยัง Bearing และ Turning Gear ในกรณีไฟฟ้ากระแสสลับเกิดหายไปหรือขัดข้อง EOP จะเกิดขึ้นมาแทน AOP และ TGOP เพื่อส่งน้ำมันหล่อลื่นให้แก่ระบบได้อย่างทันท่วงทีต่อไป

จาก Block Diagram ข้างล่างแสดงถึงการทำงานในระบบหล่อลื่น (Lube Oil System) ในช่วงที่ Turbine เดินเครื่องปกติ Main Oil Pump ที่ต่อตรงกับ Stub Shaft ของ Turbine จะส่งน้ำมันเรียกว่า

Main Oil Pump Discharge ซึ่งจะแยกออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งจะเข้าไป Oil Ejector#1 แล้วกลับเข้า Main Oil Pump อีก เรียกน้ำมันนี้ว่า Main Oil Pump Suction น้ำมัน Main Oil Pump Discharge อีส่วนหนึ่งจะแยกไปเข้า Oil Ejector#2 แล้วไปเข้า Oil Cooler เพื่อปรับอุณหภูมิก่อน จากนั้นจึงไปหล่อลื่นและระบายความร้อนของ Main Bearing , Thrust Bearing และ Turning Gear แล้วจึงไหลย้อนกลับเข้าถังเก็บน้ำมันอีก



ภาพที่ 12 แสดงการทำงานในระบบหล่อลื่น (Lube Oil System)

(ที่มา : Basic Steam Turbine, 2527)

ในช่วง Startup Turbine Auxiliary Oil Pump จะทำหน้าที่ส่งน้ำมันเข้า Main Oil Pump Suction และส่งน้ำมันหล่อลื่นส่วนต่าง ๆ ของ Turbine แทน จนกระทั่งความเร็วรอบของ Turbine สูงพอที่ Main Oil Pump ทำงานได้ก็จะหยุด Auxiliary Oil Pump และ Main Oil Pump ก็จะทำงานแทน

ในช่วง Shutdown หรือเดิน Turning Gear Turbine อยู่เราจะเดิน Turning Gear Oil Pump ทำหน้าที่ส่งน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปในระบบ ส่วน Emergency Oil Pump จะทำหน้าที่ส่งน้ำมันหล่อลื่นแทน Auxiliary Oil Pump และ Turning Gear Oil Pump ในกรณีฉุกเฉินไม่มีกระแสไฟฟ้าสลับ

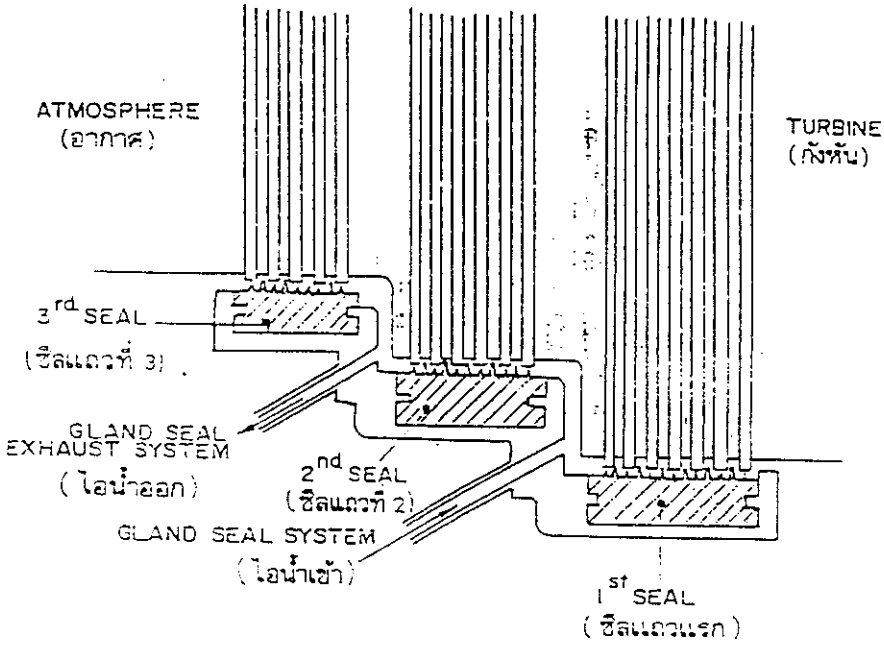
6. ระบบซีลไอน้ำ (Gland Sealing System)

Gland Sealing System เป็นระบบซีลที่คอเพลาของ Turbine Rotor ตรงจุดที่ยื่นตัวออกจาก Casing เพื่อกันไม่ให้ไอน้ำภายใน Turbine รั่วออกมาภายนอกและกันอากาศจากภายนอกรั่วเข้าไปภายใน Turbine โดยมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ดังกล่าวเรียกว่า " Gland Seal " นั่นคือ Gland Seal จะทำหน้าที่

1. ป้องกันอากาศเข้าภายในตัว Turbine ในช่วง Start Up
2. ป้องกันไอน้ำรั่วออกจากตัว Turbine ในช่วง Steam Admission

ความดันภายใน Turbine จะเปลี่ยนแปลงตาม Load ก็คือขึ้นอยู่กับปริมาณการ Flow ของไอน้ำเข้า Turbine นั่นเอง ที่ Load ต่ำๆ ด้านท้ายๆ ของ Turbine จะเป็นสุญญากาศ คือมีความดันต่ำกว่าบรรยากาศ ที่ Load สูงๆ ภายใน Turbine จะมีความดันสูงกว่าบรรยากาศ ยกเว้นบริเวณ Last Stage Blade จะเป็น Vacuum

ในขณะที่ความดันภายใน Turbine สูงกว่าบรรยากาศ ไอน้ำภายใน Turbine จะLeak ออกมาทางคอเพลาและในขณะที่ภายใน Turbine เป็น Vacuum อากาศภายนอกก็จะ Leak เข้า Turbine ซึ่งผลทั้ง 2 กรณีล้วนแล้วแต่จะทำให้ประสิทธิภาพของ Turbine ลดลง จึงต้องมี Gland Seal ทำหน้าที่ดังกล่าว



ภาพที่ 13 แสดง Gland Seal

(ที่มา : Basic Steam Turbine, 2527)

จากรูปแสดง Gland Seal ที่ประกอบด้วย Seal Ring 3 แถว ซึ่ง Seal Ring แต่ละแถวประกอบไปด้วยชุดของ Labyrinth Seal การจัดรูปแบบของ Labyrinth Seal และร่อง (Groove) บน Turbine Shaft ทำให้มี Clearance ระหว่าง Shaft กับ Seal น้อยๆ เพื่อให้อากาศหรือไอน้ำผ่านเข้าออกได้ยาก และไม่มีการเสียดกันระหว่าง Shaft กับ Labyrinth Seal

ลักษณะของการ Seal ถ้าให้ Seal Ring แถวแรกอยู่ด้านใน คือติดกับ Turbine Seal Ring แถวที่ 3 จะเป็นด้านอากาศแล้ว Sealing Steam หรือ Sealing Water (ซึ่งขึ้นกับชนิดของ Seal หรือ Water Seal) จะต่อเข้าระหว่าง Seal Ring แถวแรกและแถวที่ 2 ทางด้าน Exhaust จะต่อเข้าระหว่าง Seal Ring แถวที่ 2 และแถวที่ 3

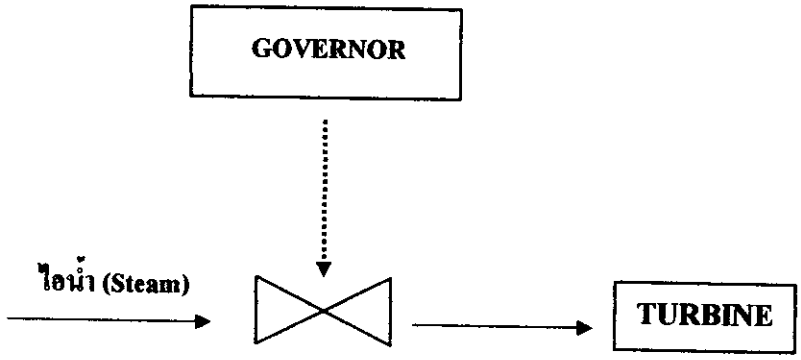
7. ระบบควบคุม (Control System)

ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงจักรพลังไอน้ำ (Steam Power Plant) จะมีอุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่รับพลังงานรูปหนึ่ง แล้วเปลี่ยนไปเป็นพลังงานอีกอย่างหนึ่ง อุปกรณ์ดังกล่าวได้แก่ หม้อน้ำ (Boiler) , เครื่องกังหันไอน้ำ (Turbine) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เป็นต้น

อุปกรณ์ควบคุม Turbine ดังกล่าวก็ คือ "Governor" นั่นเอง

1. ควบคุมความเร็วรอบของ Turbine ในช่วงที่ Turbine ยังไม่ได้รับภาระ ก็คือ ทำหน้าที่เพิ่มความเร็วรอบและลดความเร็วรอบของ Turbine นั่นเอง

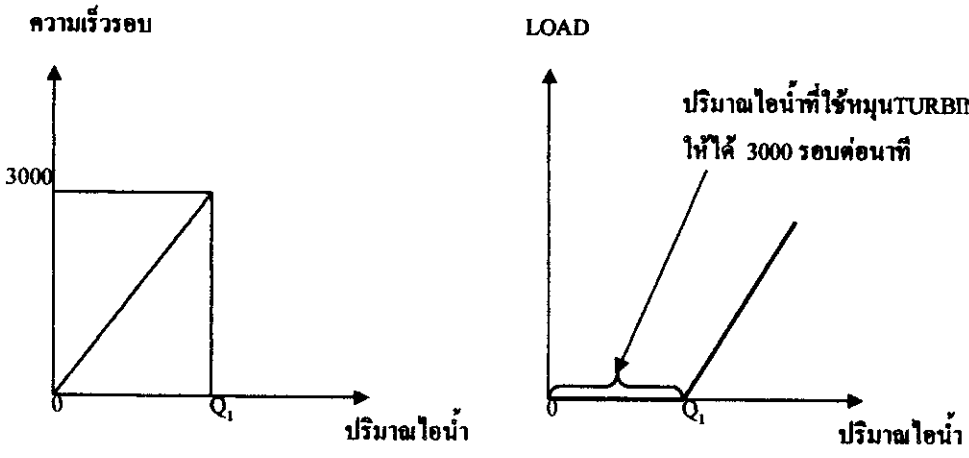
2. ควบคุมภาระของ Turbine ในช่วงที่ Turbine รับภาระอยู่ ก็คือ ทำหน้าที่เพิ่มหรือลด Load โดยที่ความเร็วรอบของ Turbine ไม่เปลี่ยน



ภาพที่ 14 แสดงตำแหน่งของ Governor

(ที่มา : Basic Steam Turbine, 2527)

กำลังงานของ Turbine จะขึ้นกับปริมาณน้ำโดยตรง ในช่วง Turbine ไม่ได้รับ Load Governor จะควบคุมปริมาณน้ำเข้า Turbine เพื่อให้ใช้ในการเพิ่มหรือลดความเร็วรอบของ Turbine (ดูกราฟรูป ก.) แต่ในช่วง Turbine รับ Load (ดูกราฟรูป ข.) จะเห็นว่ามี Load ได้ก็ต่อเมื่อปริมาณไอน้ำมากกว่า Q1 ซึ่ง Q1 เป็นปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการหมุน Turbine ให้ได้ 3000 รอบต่อนาที



ก. Turbineไม่ได้รับLoad ข. Turbine รับ Load

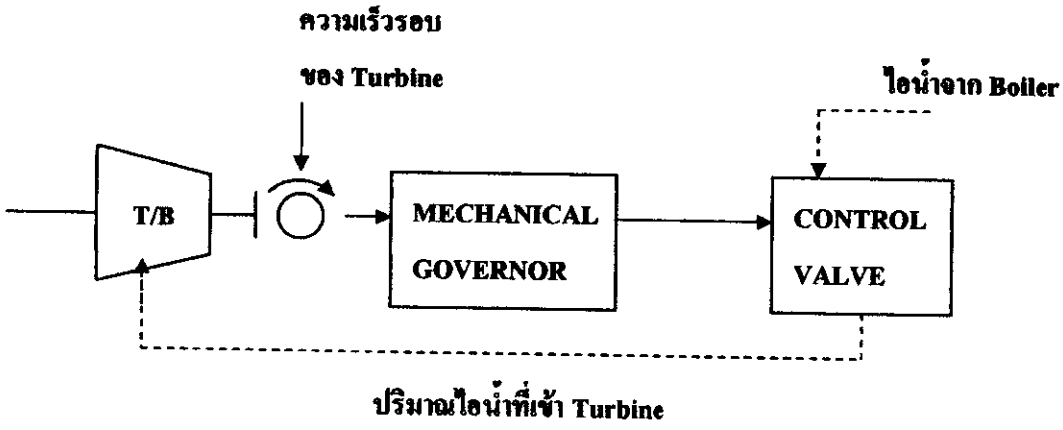
กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของ Turbine กับ ปริมาณไอน้ำที่เข้า Turbine
(ที่มา : Basic Steam Turbine, 2527)

7.1 ชนิดของ Governor

Governor ที่ใช้กับเครื่องกังหันไอน้ำ มีอยู่ด้วยกัน 3 แบบคือ

7.1.1 Mechanical Governor เป็น Governor ที่ควบคุมการทำงานของ Turbine โดยอาศัยแรงเหวี่ยงตัว (Centrifugal Force) วัดความเร็วรอบจริงของ Turbine แล้วเปรียบเทียบและปรับให้เท่ากับความเร็วรอบที่ต้องการ ตัวอย่างของ Governor แบบนี้ได้แก่ Governor ของกังหันไอน้ำที่โรงจักรกระบี่ เป็นต้น

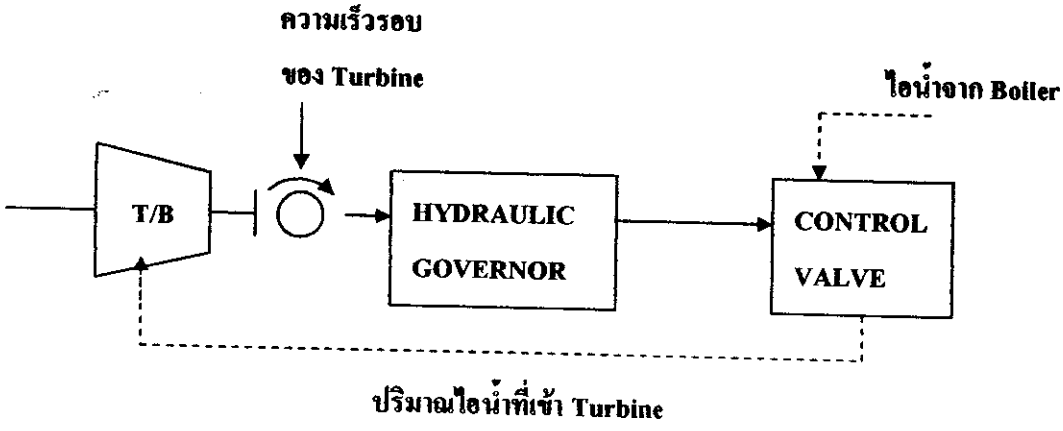
Mechanical Governor จะวัดความเร็วรอบจริงของ Turbine แล้วส่งสัญญาณไปควบคุมการเปิด-ปิดของ Control Valve เพื่อให้ปริมาณน้ำเข้า Turbine สัมพันธ์กับความเร็วรอบของ Turbine ก็คือ ถ้าความเร็วรอบของ Turbine น้อยกว่าค่าที่กำหนด Centrifugal Governor จะสั่งเปิด Control Valve ให้ปริมาณน้ำเข้า Turbine เพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่กำหนด แต่ถ้าความเร็วรอบจริงของ Turbine สูงกว่ากำหนดเหตุการณ์จะเกิดในทางตรงข้าม ตัวอย่างของ Governor แบบนี้ได้แก่ Fly– Ball Governor



ภาพที่ 15 แสดงตำแหน่งของ Mechanical Governor

(ที่มา : Basic Steam Turbine, 2527)

7.1.2 Hydraulic Governor เป็น Governor ที่ควบคุมการทำงานของ Turbine โดยอาศัยสัญญาณของน้ำมันวัดความเร็วรอบจริงของ Turbine แล้วเปรียบเทียบและปรับให้เท่ากับความเร็วรอบที่ตรงการ ตัวอย่างของ Governor แบบนี้ได้แก่ Governor ของเครื่องกังหันไอน้ำที่โรงจักรพระนครเหนือ , โรงจักรพระนครใต้ และโรงจักรแม่เมาะ หน่วยที่ 1 – 3 เป็นต้น Governor แบบนี้ส่วนใหญ่แล้วจะมี Centrifugal Pump หรือ Impeller เป็นตัววัดความเร็วรอบของ Turbine โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างความดันและความเร็ว คือ ความดันน้ำมันจะแปรผันโดยตรงกับความเร็วรอบยกกำลังสอง Centrifugal Pump หรือ Impeller นี้จะเรียกว่า Governor Impeller

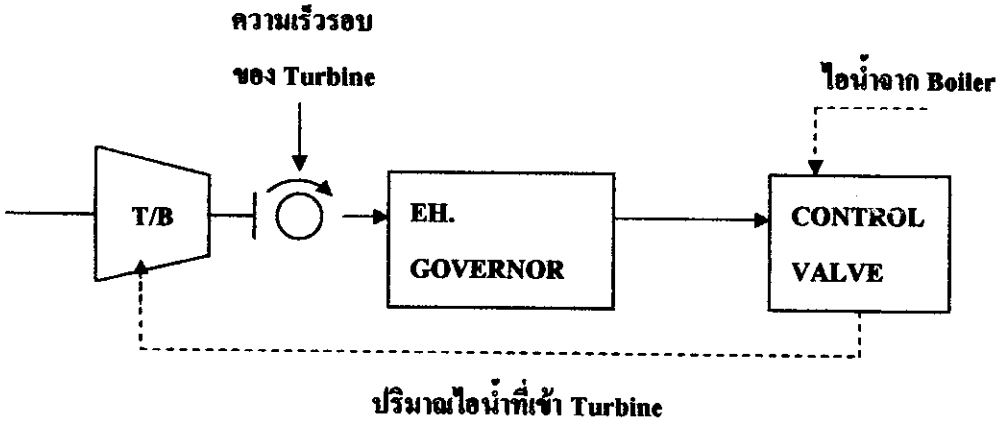


ภาพที่ 16 แสดงตำแหน่งของ Hydraulic Governor

(ที่มา : Basic Steam Turbine, 2527)

สำนักหอสมุด
24 ก.ย. 2547
4740533

7.1.3. Electro – Hydraulic Governor เป็น Governor ที่ควบคุมการทำงานของ Turbine โดยอาศัยสัญญาณทางไฟฟ้าวัดความเร็วรอบจริงของ Turbine แล้วเปรียบเทียบและปรับให้เท่ากับความเร็วรอบที่ต้องการตัวอย่าง Governor แบบนี้ได้แก่ Governor ของเครื่องกังหันไอน้ำที่โรงจักรบางปะกง , โรงจักรแม่เมาะหน่วยที่ 4 – 7 และโรงจักรขนอม เป็นต้น



ภาพที่ 17 แสดงตำแหน่งของ Electro - Hydraulic Governor
(ที่มา : Basic Steam Turbine, 2527)

จากรูป Electro-Hydraulic Governor (EH. Governor) จะวัดความเร็วรอบจริงของ Turbine แล้วส่งสัญญาณไปควบคุมการเปิด-ปิดของ Control Valve เพื่อให้ปริมาณน้ำไอเข้า Turbine สัมพันธ์กับความเร็วรอบของ Turbine ก็คือ ถ้าความเร็วรอบจริงของ Turbine น้อยกว่าค่าที่กำหนด EH Governor จะสั่งเปิด Control Valve ให้ปริมาณไอน้ำเข้า Turbine เพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่กำหนด แต่ถ้าความเร็วรอบจริงของ Turbine สูงกว่าความเร็วรอบกำหนด เหตุการณ์จะเกิดในทางตรงกันข้าม

ระบบควบคุมของกังหันไอน้ำ ทั้ง 3 แบบ ตามที่กล่าวมาแล้วเป็นเพียงหลักการพื้นฐานเท่านั้น ผู้ศึกษาจะต้องศึกษาเพิ่มเติมจาก "ไดอะแกรมของน้ำมันหล่อลื่น และระบบควบคุม (Lube Oil and Control Oil Diagram)" ของเครื่องกังหันไอน้ำแต่ละเครื่องโดยเฉพาะ จึงจะสามารถเข้าใจได้อย่างแท้จริง

8. อุปกรณ์ป้องกัน (Protective Device)

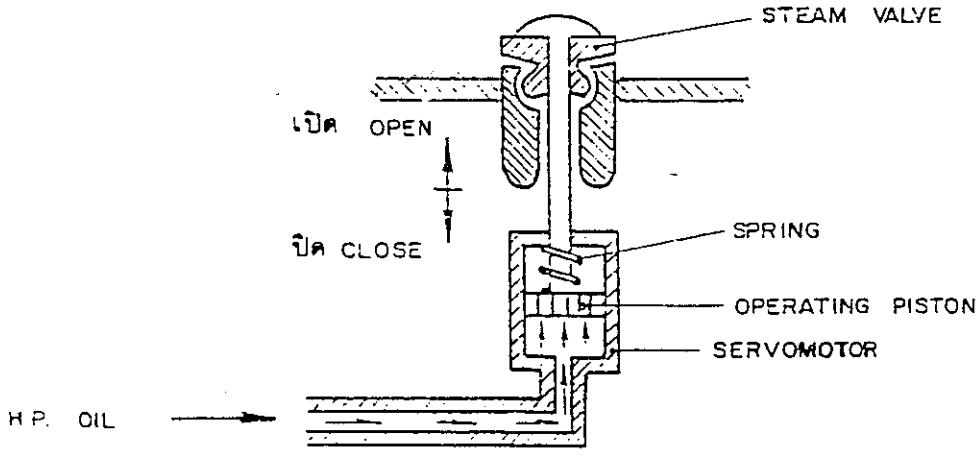
8.1 หน้าที่ของอุปกรณ์ป้องกัน

อุปกรณ์ป้องกันมีหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นแก่เครื่องกังหันไอน้ำ อันเนื่องมาจากระบบต่าง ๆ ของเครื่องเกิดการขัดข้องหรือทำงานผิดพลาด โดยระบบป้องกันจะส่งสัญญาณเตือน (Show Alarm) หรือหยุดเดินเครื่อง (Trip Turbine) แล้วแต่ละกรณี เช่น เมื่อเกิดการขัดข้องหรือ

ผิดพลาดเพียงเล็กน้อย ระบบป้องกันก็เพียงแต่ส่งสัญญาณเตือนให้ทราบ แต่ถ้าการขัดข้องหรือผิดพลาดนั้น มีค่าเพิ่มมากขึ้นและอาจก่อให้เกิดความเสียหายอย่างร้ายแรง ในกรณีเช่นนี้ระบบป้องกันจะสั่งหยุด

8.2 วิธีหยุดเดินเครื่อง (Trip Turbine)

การที่เครื่องกังหันไอน้ำจะทำงานได้นั้นจะต้องมีไอน้ำเข้าไปทำให้หมุน โดยผ่านเข้ามาทาง Steam Valve ดังนั้นวิธีที่จะทำให้ Turbine หยุดทำงานก็ทำได้โดยการปิด Steam Valve ทุกตัว เพื่อตัดไอน้ำไม่ให้เข้าไปใน Turbine ได้อีกต่อไป



ภาพที่ 18 แสดงการทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน

(ที่มา : Basic Steam Turbine, 2527)

ตามปรกติ Steam Valve จะถูกสปริงดันให้อยู่ในตำแหน่งปิดสุดตลอดเวลาแต่เมื่อต้องการให้ Turbine ทำงานจะมีน้ำมัน (H.P. Oil) เข้ามาดันที่ใต้ลูกสูบโดยที่น้ำมันนี้จะมีแรงดันมากกว่าแรงของสปริง จึงดันให้ลูกสูบเลื่อนขึ้น เป็นผลให้ Steam Valve อยู่ในตำแหน่งเปิด ทำให้ไอน้ำสามารถผ่าน Steam Valve แล้วเข้าไปใน Turbine ได้ ในกรณีที่ต้องการหยุดเดินเครื่อง ทำได้โดยการตัดน้ำมัน (H.P. Oil) ไม่ให้เข้าไปในลูกสูบได้อีก และเปิดระบายน้ำมัน (Drain) ส่วนที่ยังเหลือค้างอยู่ที่ใต้ลูกสูบออกทิ้งไป เมื่อไม่มีน้ำมันมาดันที่ใต้ลูกสูบดังนี้แล้ว สปริงจะดันกลับให้ Steam Valve อยู่ในตำแหน่งปิด ไม่ให้ไอน้ำเข้าไปใน Turbine ได้อีกต่อไป Turbine จึงหยุดทำงาน ซึ่งวิธีหยุดเดินเครื่องดังกล่าวมาแล้วนี้ ถ้าเป็นการหยุดเดินเครื่องในกรณีฉุกเฉินจะเป็นหน้าที่ของอุปกรณ์ในระบบป้องกัน ที่จะทำให้เกิดการตัดน้ำมันไม่ให้เข้าไปดันที่ใต้ลูกสูบ และระบายน้ำมันส่วนที่ยังค้างอยู่ออกไป

8.3 ระบบป้องกันจะประกอบด้วย

8.3.1 Overspeed Trip Mechanism มีหน้าที่หยุดเดินเครื่องเมื่อความเร็วรอบของ Turbine สูงเกินกว่าค่าที่กำหนด คือ 3300 รอบต่อนาที ตามปกติ Turbine จะหมุนความเร็วรอบคงที่ที่ 3000 รอบต่อนาทีตลอดเวลา โดยมี Governing Valve และ Intercepter Valve เป็นตัวควบคุมความเร็วรอบ (ดังได้

กล่าวแล้วในเรื่อง Steam Valve) ซึ่ง Valve ทั้งสองตัวนี้ควบคุมโดย Speed Governor อีกต่อหนึ่ง แต่ในบางครั้งความเร็วรอบของ Turbine จะเพิ่มขึ้นมากจนไม่สามารถควบคุมได้อีกต่อไปจนถึงค่าที่กำหนดไว้ที่ 3300 รอบต่อนาที ในกรณีเช่นนี้ชุด Overspeed Trip จะทำการหยุดเดินเครื่องทันที เพราะถ้าปล่อยให้ Turbine ทำงานได้อีกต่อไป อาจจะเกิดความเสียหายอย่างร้ายแรงแก่ Turbine ได้

8.3.2 Low Bearing Oil Pressure Trip ในสภาวะการทำงานของปกติของ Turbine นั้น จำเป็นต้องมีระบบน้ำมันเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น ระบบน้ำมันหล่อลื่น และระบบน้ำมันควบคุม เป็นต้น ซึ่งน้ำมันในระบบต่าง ๆ เหล่านี้ต้องมีความดันที่เพียงพอต่อการใช้งาน ถ้าความดันน้ำมันต่ำเกินไป อาจก่อความเสียหายให้แก่ Turbine ได้ เช่น ถ้าน้ำมันในระบบหล่อลื่นมีความดันต่ำกว่ากำหนด จะทำให้แบริ่งร้อนหรืออาจไหม้ได้ เพราะมีปริมาณน้ำมันหล่อลื่นไม่เพียงพอ ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นแก่ Turbine จึงจัดให้มีอุปกรณ์ป้องกันขึ้นเรียกว่า " Low Bearing Oil Pressure Trip " อุปกรณ์นี้มีหน้าที่ส่งสัญญาณเตือน เมื่อความดันของน้ำมันในระบบหล่อลื่นลดลง และหยุดเดินเครื่องเมื่อความดันของน้ำมันในระบบหล่อลื่นลดลงต่อไปอีกจนถึงค่าที่กำหนดไว้

8.3.3 Thrust Bearing Wear Trip แบริ่งตัวนี้มีหน้าที่กำหนดตำแหน่งและรับแรงรุน (Thrust Force) ในแนวแกนของ Turbine Rotor ป้องกันไม่ให้ Rotor เลื่อนไปทางด้านส่วนหัว Turbine หรือด้าน Generator มากเกินไป ในขณะที่มันหมุน เพราะ Rotor เกิดอาการรุนมากเกินไปแล้ว อาจทำให้เกิดการเสียดสีระหว่างชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่กับชิ้นส่วนที่อยู่กับที่ ซึ่งจะก่อความเสียหายภายในตัว Turbine เป็นอย่างมาก ดังนั้นสภาพของ Thrust Bearing จึงมีความสำคัญมากจึงได้จัดให้มีอุปกรณ์ " Thrust Bearing Trip " ขึ้นเพื่อตรวจสภาพของ Thrust Bearing ในขณะที่ Turbine ทำงาน ถ้า Thrust Bearing เกิดการสึกหรอมาก จนทำให้ Rotor เกิดการรุนมากขึ้น ซึ่งอาจจะเกิดความเสียหายแก่ Turbine ได้แล้ว Thrust Bearing Trip จะสั่งให้ Turbine หยุดทำงานทันที

8.3.4 Low Vacuum Trip สิ่งที่มีความสำคัญต่อสภาวะการทำงานของ Turbine อีกอย่างหนึ่งก็ คือ ความเป็นสุญญากาศ ภายใน Condenser ซึ่งสุญญากาศภายใน Condenser นี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการไหลเวียนของไอน้ำที่ผ่าน Turbine ให้ดีขึ้น การที่สุญญากาศภายใน Condenser มีค่าลดลง จะทำให้ไอน้ำที่ผ่าน Blade ของ Turbine ในแถวท้าย ๆ มีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และถ้าสุญญากาศภายใน Condenser มีค่าลดลงมากเกินไป จะทำให้ไอน้ำส่วนที่ออกมาจาก Turbine แล้วและส่วนที่ยังค้างอยู่ใน Blade แถวท้าย ๆ ของ Turbine มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นมาก จนทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้น ซึ่งเราเรียกว่า " แรงดันกลับ " (Black Pressure)

หมายเหตุ การที่สุญญากาศภายใน Condenser มีค่าลดลงนั้น เกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น มีอากาศจากภายนอกรั่วเข้าไปใน Condenser หรือ Vacuum Pump และ Ejector ขัดข้อง หรืออาจเกิดจากน้ำหล่อเย็น (Circulating Water) ภายใน Condenser มีปริมาณไม่เพียงพอ เป็นต้น

8.3.5 Solenoid Valve Trip เป็นการทำงานทางระบบไฟฟ้า ซึ่งสัญญาณไฟฟ้าที่มาสั่งให้ Solenoid ทำงานนี้ได้มาจากหลายแหล่งด้วยกัน เช่น ระบบป้องกันหม้อน้ำ ระบบป้องกัน Generator ชุด Thrust Bearing Trip และการกดปุ่มหยุดเดินเครื่องฉุกเฉิน ภายใน Control Room เป็นต้น

9. อุปกรณ์ตรวจวัดการทำงานเครื่องกังหันไอน้ำ (Supervisory Instrument)

Supervisory Instrument เป็นอุปกรณ์ที่ใช้บอกสภาพของ Turbine ในระหว่างการเริ่มเดินเครื่อง, เดินเครื่องปกติ และ ขณะจะหยุดเดินเครื่อง

Supervisory Instrument ของ Turbine จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่อไปนี้

9.1 Casing Expansion Recorder

ขณะที่เครื่องเริ่มเดินจากสภาพที่ยังเย็นอยู่ และได้รับความร้อนจากไอน้ำจนร้อนขึ้นเรื่อย ๆ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะทำให้ Casing ขยายตัว และเนื่องจากที่จุด ๆ หนึ่งใกล้กับแนวกึ่งกลางของ L.P. Turbine ยึดตรึงติดกับฐานรองรับ ซึ่งเราเรียกว่า Anchored Point Casing จะขยายตัวตามแนวแกนออกไปจากจุดนี้ ทางอีกปลายหนึ่งของเครื่อง Governor Pedestal จะออกแบบให้เคลื่อนตัวอย่างสะดวกไปตาม Centering Key ซึ่งชโลมสารหล่อลื่นไว้ ถ้าการเคลื่อนตัวเป็นไปไม่ได้สะดวก ขณะที่ Casing กำลังขยายตัวก็จะทำความเสียหายเกิดขึ้นได้มาก

Casing Expansion Meter จะวัดการเคลื่อนตัวของ Governor Pedestal โดยใช้เทียบกับฐานรองรับซึ่งไม่เคลื่อนที่มิเตอร์จะแสดงการขยายตัว (Expansion) และหดตัวของ(Contraction) Casing ระหว่างที่กำลังเริ่มเดินเครื่องและหยุดเครื่อง และขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงภาระ (Load) , อุณหภูมิของไอน้ำ (Steam Temperature) เป็นต้น

9.2 Differential Expansion Recorder

เมื่อมีไอน้ำเข้าไปหมุน Turbine Rotor และ Casing จะเกิดการขยายตัวเพราะความร้อน ถ้า Rotor ขยายตัวอัตราเดียวกันกับ Casing แล้วข้อยุ่งยากที่เกิดขึ้นก็จะไม่มี แต่เนื่องจาก Rotor เป็นส่วนที่มีน้ำหนักน้อยกว่า Casing จึงทำให้ร้อนเร็วกว่า เพราะฉะนั้นจึงขยายตัวได้เร็วกว่า Casing

Axial Clearance ระหว่างชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ (Rotating Part) และชิ้นส่วนที่อยู่กับที่ (Stationary Part) จะกำหนดไว้ที่ค่า ๆ หนึ่ง ถ้าการขยายตัวของ Rotor และ Casing ต่างกันมากเกินกว่ากำหนดที่ให้ไว้ก็จะเกิดการเสียดสีกันขึ้นระหว่างชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่และชิ้นส่วนที่อยู่กับที่

วัตถุประสงค์ของ Differential Expansion Meter ก็คือเป็นเครื่องบอกให้ทราบถึงการเคลื่อนตัวของ Rotating Part เทียบกับ Stationary Part , Meter จะแสดงค่า Axial Clearance นี้ตลอดเวลาที่เดินเครื่องอยู่ถ้าค่าที่วัดขึ้นสูงเกิน Alarm ที่กำหนดจะมีเสียงบอกให้ทราบ เมื่อ Rotating Part และ Stationary Part ถูกทำให้ร้อนขึ้นเท่า ๆ กันแล้ว Differential Expansion จะลดลงซึ่งจะทำให้ Axial Clearance มีมากขึ้นเราจึงสามารถเพิ่มปริมาณและอุณหภูมิของไอน้ำที่เข้าไปใน Turbine ได้อีก

9.3 Rotor Eccentricity Recorder

ขณะหยุดเครื่อง Turbine Rotor จะงอตัวลงเนื่องจากการเย็นตัวของครึ่งส่วนบนและครึ่งส่วนล่างของตัว Rotor ไม่เท่ากัน โดยการหมุน Rotor ด้วย Turning Gear จะทำให้ Rotor เย็นเท่ากันทุกส่วนซึ่งจะทำให้เกิดการงอตัวน้อยที่สุด

Recorder จะวัดค่าของ Rotor Eccentricity ตลอดเวลาที่หมุน Turbine ด้วย Turning Gear และขณะที่หมุน Turbine จนได้ Speed ประมาณ 600 rpm. เมื่อถึง Speed นี้ Oil Pressure Switch จะตัด Eccentricity Instrument ออกและเปลี่ยน Vibration Instrument เข้าแทน เนื่องจากการงอของ Rotor จะปรากฏขึ้นในรูปของ Vibration ที่ Speed ตั้งแต่ 600 rpm. ขึ้นไป

9.4 Vibration Recorder

ใช้สำหรับวัดและบันทึกค่าการสั่นของ Turbine Rotor ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 600 rpm. ขึ้นไป ถ้าความเร็วรอบต่ำกว่านี้จะวัดเป็นค่าของ Eccentricity ค่า Vibration จะวัดมาจากตัว Rotor บริเวณใกล้กับ Main Bearing ถ้า Vibration ที่อ่านได้สูงเกินไปก็แสดงว่ามีเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้น ซึ่งจะเป็นอันตรายถ้าเราเดินเครื่องต่อไป Recorder จะมี Alarm คอยเตือนให้ทราบเมื่อ Vibration ที่ Main Bearing จุดใดจุดหนึ่งขึ้นสูงผิดปรกติ

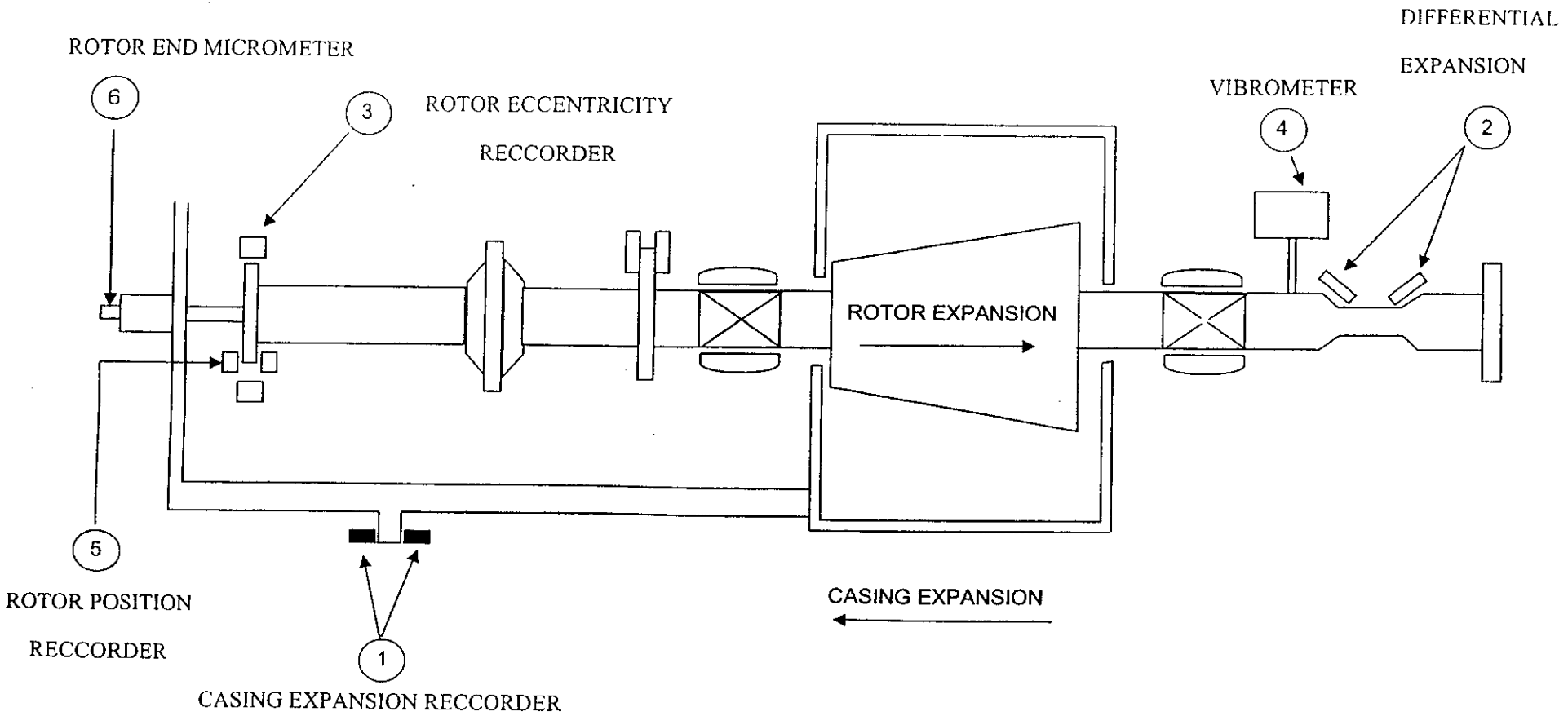
9.5 Rotor Position Recorder

Recorder จะวัดค่าตำแหน่งในแนวแกนของ Turbine Rotor หรือ Thrust Collar โดยคิดเทียบกับ Thrust Bearing Support

Thrust Collar จะส่งแรงดันไปต้านกับ Thrust Shoe ซึ่งติดอยู่บน Thrust Collar ทั้ง 2 ข้าง การที่ Rotor เคลื่อนตัวไปตามแนวแกนเพียงเล็กน้อยจะเกิดขึ้นเมื่อ Load ที่ Turbine รับอยู่เปลี่ยนไปและการที่ Thrust shoe ขยับไปจะเกิดขึ้นเพราะการเคลื่อนตัวในแนวแกนของ Rotor ซึ่ง Recorder จะอ่านค่าออกมา ถ้า Rotor เคลื่อนที่ไปเกินกว่ากำหนดจะมี Alarm เตือนบอกให้ทราบ

9.6 Rotor End Micrometer

เป็นเครื่องมือตรวจสอบว่า Rotor Position Recorder ทำงานถูกต้องหรือไม่



ภาพที่ 19 Supervisory Instrument

(ที่มา : Basic Steam Turbine, 2527)