

STEAM TURBINE (กังหันไอน้ำ)



Steam Turbine Development

Steam turbine Type and Classification

Steam Turbine HP,IP,LP

Steam Turbine Component

- Turbine Oil System
- Turbine Bearing
- Gland Seal system
- Turbine Governing System

Turbine supervisory Instrument



บริษัท เซ็นทรัลเอ็นจิเนียริง แอนด์ คอนซัลแทนต์ จำกัด

Central Engineering and Consultant Co.,Ltd

นาย จิตรกร มะลิซ้อน วุฒิวิศวกร

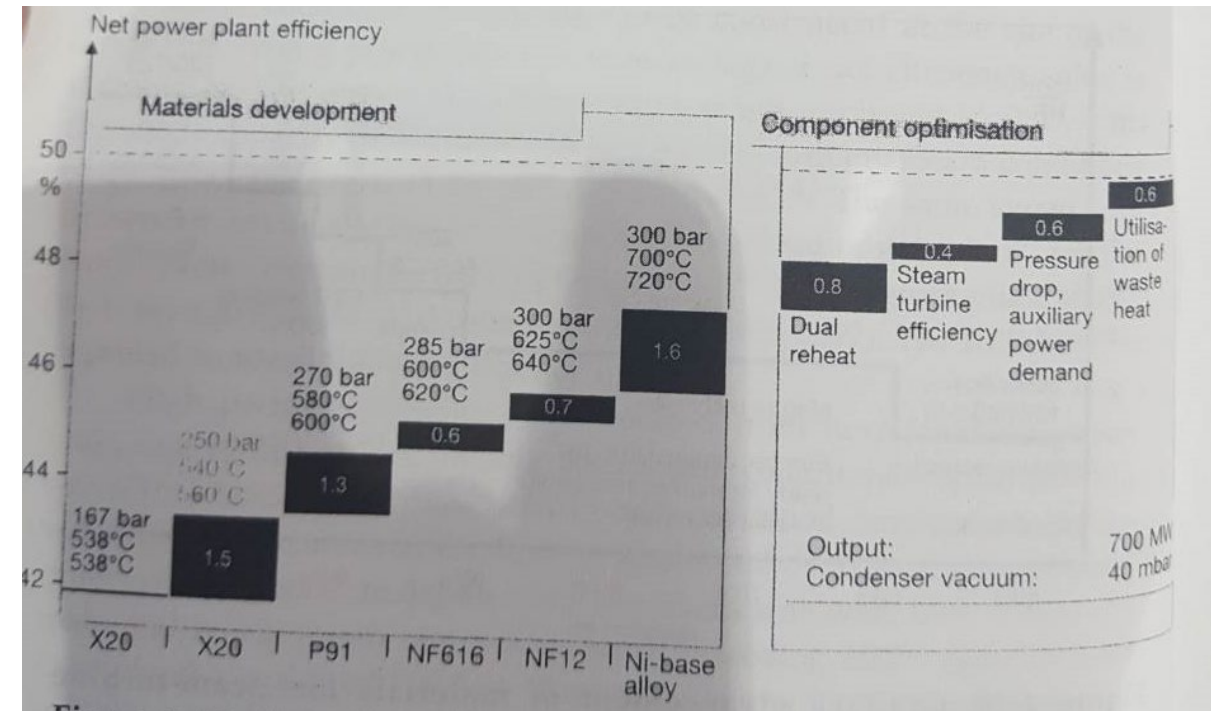
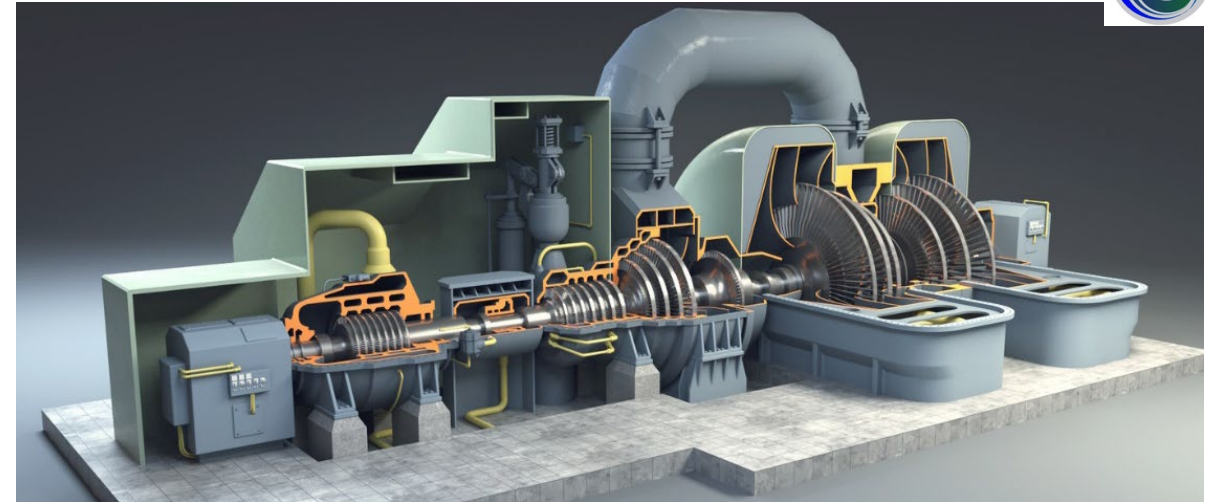
STEAM TURBINE (กังหันไอน้ำ)

กังหันไอน้ำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนพลังงานของไอน้ำ ที่อยู่ในรูปความสัมพันธ์ของความเร็วและแรงดัน ให้เป็นพลังงานกล โดยใช้ไอน้ำไปหมุนกังหัน สำหรับกังหันในโรงไฟฟ้า จะทั่วไปจะประกอบด้วยกังหัน 3 ชุด ได้แก่ HP (high pressure), IP (Intermediate Pressure), LP (Low Pressure) แกนเพลลาของ กังหันไอน้ำจะเชื่อมต่อกับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) อีกครั้ง

ไอน้ำจะถูกทำให้มีความเร็วและแรงดันสูงโดยการบีบผ่าน Nozzleและฉีดผ่านไปยังใบกังหันที่ดันสูงเพื่อหมุนกังหัน ซึ่งการเคลื่อนที่ของกังหันเกิดจากแรงจากโมเมนตัมที่เกิดจากการปะทะของไอน้ำที่มีความเร็วสูง

Steam Turbine Development

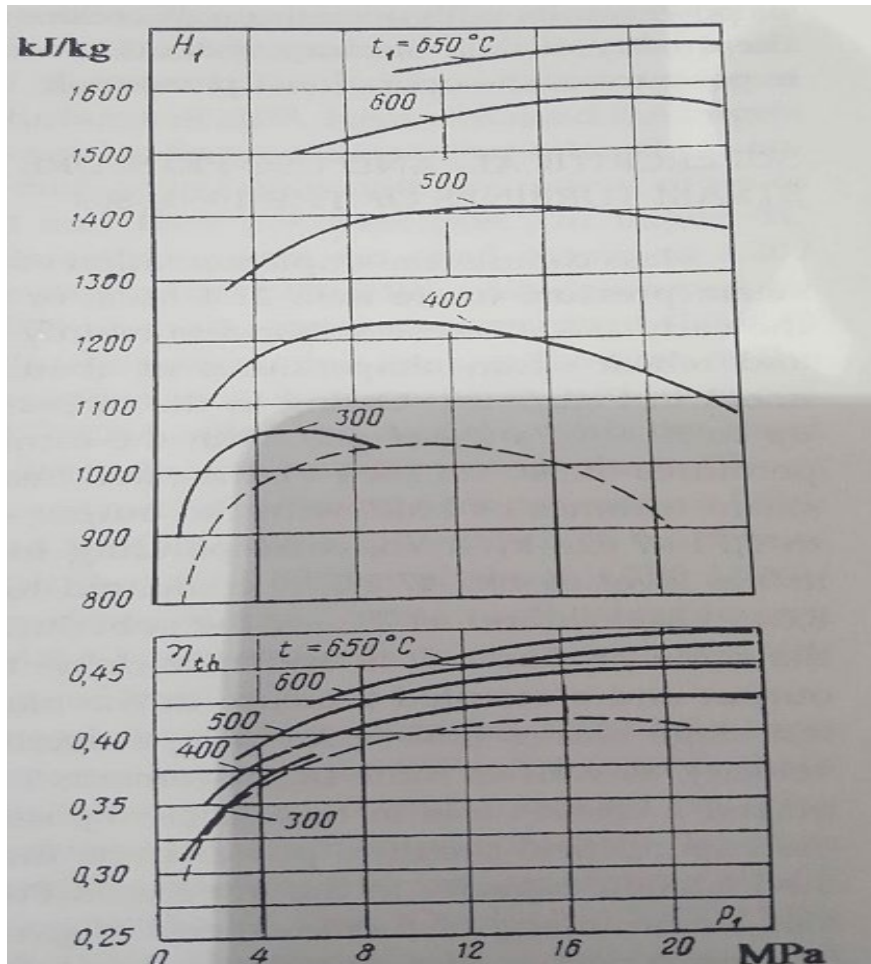
ในบทที่ผ่านมาได้อธิบายเรื่องของ Boiler ซึ่งการแบ่งประเภทของ Boiler ตามจุดทำงานของไอน้ำ เป็น Supercritical Boiler และ Sub Critical Boiler เช่นเดียวกันการพัฒนา steam turbine ก็จะมีความสัมพันธ์กับ พิกัดต่างๆของแรงดันของ ไอน้ำที่ผลิตขึ้นตามเทคโนโลยีทางวัสดุศาสตร์นั่นเอง ซึ่งแรงดันไอน้ำที่สูงประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำก็จะสูงขึ้นตาม สรุปราวๆตามตารางข้างล่าง โดยพิกัดของ กังหันไอน้ำ จะส่วนใหญ่จะไม่เกิน 1,000 MW.



รูปที่ 1 แสดง ความสัมพันธ์ประสิทธิภาพในการพัฒนา กังหันไอน้ำ ตามเทคโนโลยีวัสดุ

Steam Turbine Development (ต่อ)

จากรูปที่ 1 และ 2 แสดงให้เห็น ค่าพลังงานความร้อนต่อหน่วยไอน้ำ KJ/Kg จะมีค่า มากขึ้น ตามพิกัดความความร้อนที่เพิ่มขึ้นและในทางเดียวกันก็จะทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นด้วย



รูปที่ 2 แสดง ความสัมพันธ์ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิไอน้ำ

จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นถึงวัสดุที่ใช้ทำกังหันไอน้ำ ซึ่งจะเป็นเหล็กผสมด้วยวัสดุที่ใช้เพิ่มคุณสมบัติ ด้านความแข็งแรงและการกัดกร่อนที่อุณหภูมิสูง ในแต่ละส่วน โดยเปรียบเทียบที่ 2 พิกัด ความร้อน โดยตัวและใบกังหันส่วนใหญ่จะเป็นการหล่อขึ้นรูป

Major Turbine Components	Turbines with the Steam Temperatures of 538-566°C	Turbines with the Steam Temperatures of 593-600°C
Steam-chests of the main and intercept stop and control valves	2-1/4%Cr-1%Mo-V forged (or cast) steel	9%Cr forged steel
HP and IP inlet pipes	Cr-Mo-V forged steel	9%Cr forged steel
HP nozzle boxes	2-1/4%Cr-1%Mo-V forged (or cast) steel	12%Cr forged steel
HP, IP, or HP-IP rotors	Cr-Mo-V forged steel	New (advanced) 12%Cr forged steel
HP, IP, or HP-IP inner casings	2-1/4%Cr-1%Mo-V cast steel	12%Cr cast steel
HP, IP, or HP-IP outer casings	1-1/4%Cr-1/2%Mo-V cast steel	2-1/4%Cr-1%Mo cast steel
HP and IP first blade rings	1-1/4%Cr-1/2%Mo-V cast steel	12%Cr cast steel
HP and IP second blade rings	1/2%Cr-1/2%Mo-V cast steel	2-1/4%Cr-1%Mo cast steel
HP and IP rotating blades	Cr-Mo-Nb-V or 12%Cr forged steel	Austenitic refractory alloy (R-26) or new 12%Cr forged steel
LP rotors	Ni-Cr-Mo-V forged steel	3-1/2%Ni-Cr-Mo-V superclean forged steel

รูปที่ 2 แสดง ชนิดของเหล็กที่ใช้สร้าง Steam Turbine ในแต่ละส่วนประกอบ



Steam Turbine Development (ต่อ)

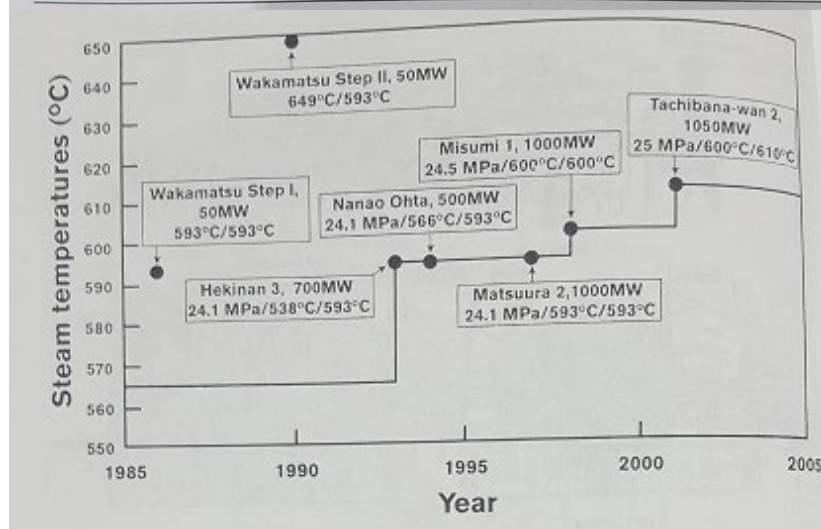
จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็น ประวัติการพัฒนา กังหันไอน้ำจะเห็นว่า เรื่องเกี่ยวกับวัสดุศาสตร์ได้เข้ามาปรับปรุงประสิทธิภาพของ กังหันไอน้ำ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และ พิกัดกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น ตามลำดับ เมื่อไม่นานมานี้เอง ในแต่ละผู้ผลิต

จะเห็นว่า การพัฒนาเครื่องจักรด้วยตนเองโดยเฉพาะเครื่องจักร ต้น กำลัง ในการผลิตพลังงาน เพื่อใช้งานมีผลต่อ การพัฒนาเทคโนโลยี ของ แต่ละประเทศ นั้นๆ ซึ่งการพัฒนาเทคโนโลยี จะเป็นไปเพื่อการแข่งขันมี เป้าหมายและเป็นประโยชน์แท้จริง

สำหรับประเทศไทยแล้ว อย่างน้อยการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ก็มีบริษัทใน เครือ ที่เปิดเป็นโรงซ่อมบำรุง กังหัน ที่ได้มาตรฐาน



Power Unit, Country	Rated Output, MW	Steam Turbine Producer	Steam Conditions, MPa-°C (psi-°F)	Turbine Efficiency, %	Put in Operation in (year)
Hekinan Unit 3, Japan	700	MHI	24.0-538/593 (3,480-1,000/1,100)	47.4	1993
Heßler, Germany	720	ABB	27.5- 578/600 (3,990-1,072/1,112)	47.6	1997
Kawagoe Units 1 &2, Japan	700	Toshiba	31.0- 566/566/566 (4,495-1,050/1,050/1,050)	48.4	1989
Boxberg Unit Q, Germany	907	Siemens	26.6, 545/581 (3,860-1,013/1,078)	49.0	2000
Tachibana-wan Unit 2, Japan	1,050	MHI	25.0- 600/610 (3,625-1,112/1,130)	49.2	2000



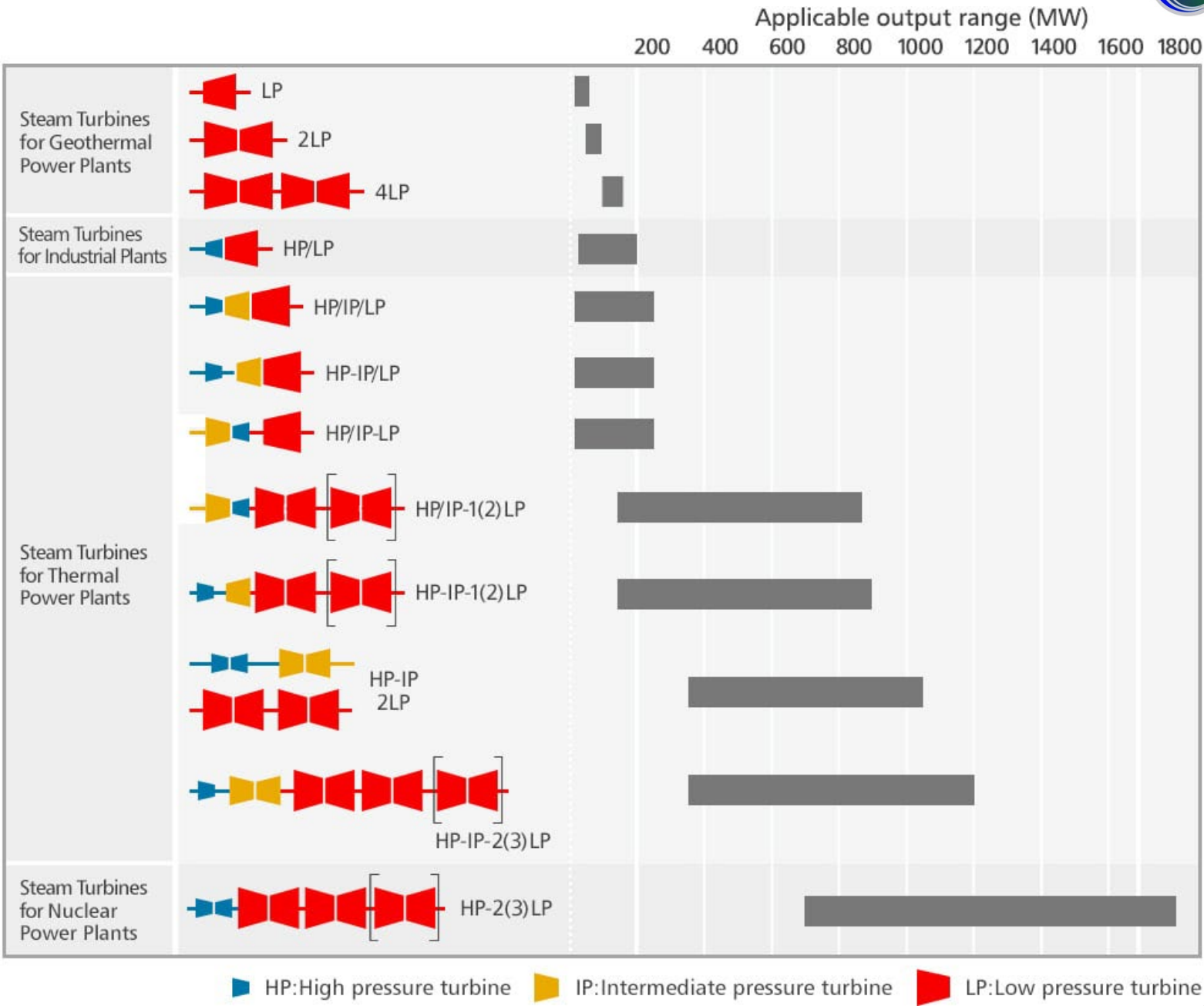
รูปที่ 5 แสดง ระยะเวลาในการพัฒนา ของกังหันไอน้ำ



ในปัจจุบันกังหันไอน้ำมีการพัฒนาให้มีความเหมาะสมกับต้นกำเนิดพลังงานความร้อนที่หลากหลาย ได้แก่

- Steam Turbines for Thermal Power Plants
- Steam Turbines for Industrial Plants
- Steam Turbines for Nuclear Power Plants
- Steam Turbines for Geothermal Power Plants

แผน ภาพจะแสดงพิกัดกำลังผลิต ของกังหันไอน้ำที่ใช้กับ ต้นกำเนิดพลังงานแต่ละประเภท





Steam turbine Type and Classification

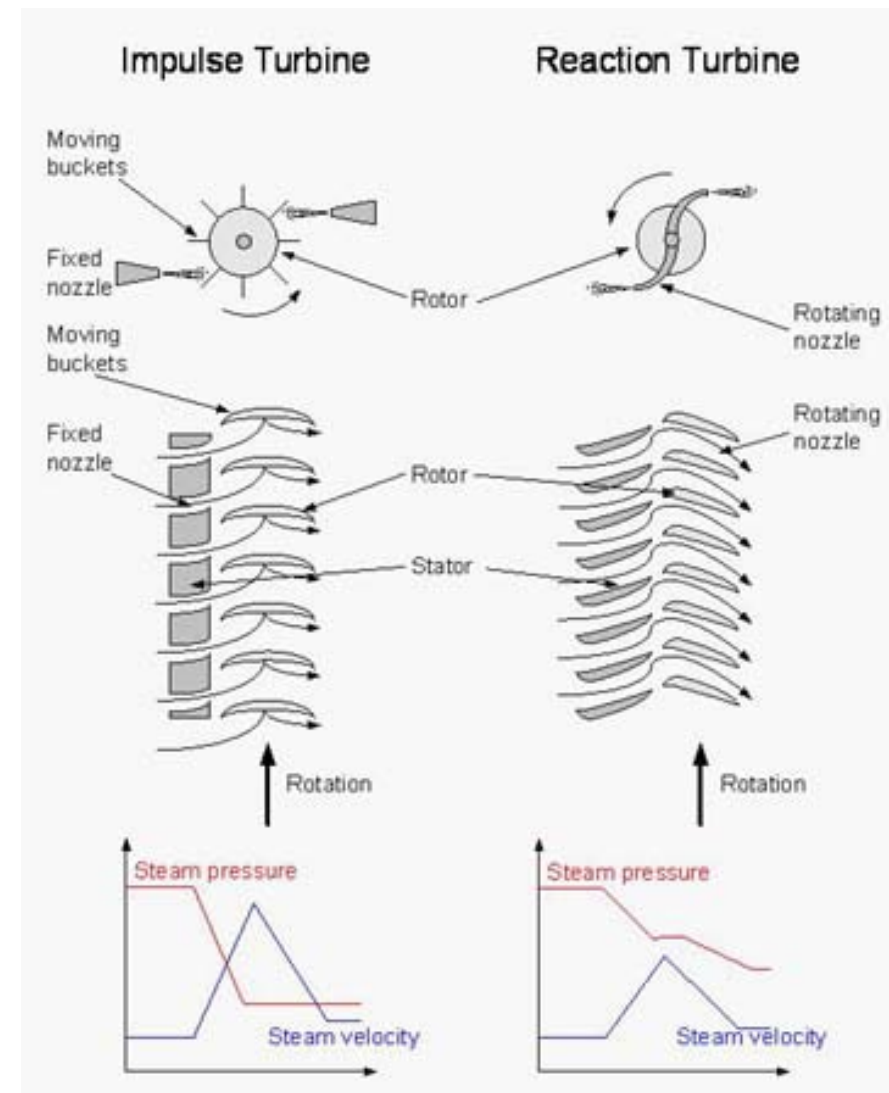
กังหันไอน้ำจะแบ่งตามลักษณะ Blade geometry และ รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงพลังงาน ได้แก่

- Impulse Turbine
- Reaction Turbine

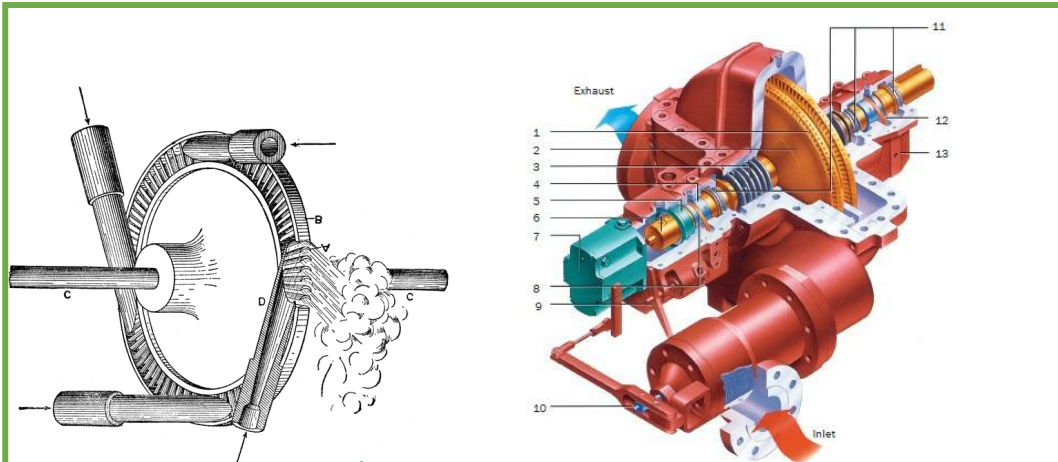
Impulse Turbine

เป็นกังหันที่ใช้เรียกกังหันที่หมุนใบด้วยแรงดลของไอน้ำที่ฉีดผ่าน Nozzle ด้วยความเร็วสูง ประมาณ 1,000 m/s ไปปะทะกับใบกังหันที่ติดกับแกน โดยกังหันจะหมุนไปตามทิศทางของแรง ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมรูปแบบกังหันแบบที่มี ใบเดียว จะเรียกว่า de Laval turbine แต่อย่างไรก็ดี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ได้พัฒนารูปแบบของ Turbine ให้เป็นชุดๆ หมุนบนแกนเดียวกัน เรียกว่า Compounded impulse Turbine ประกอบด้วย Nozzle , Moving Blades , Fix blade โดยแบ่งเป็น 3 ชนิด

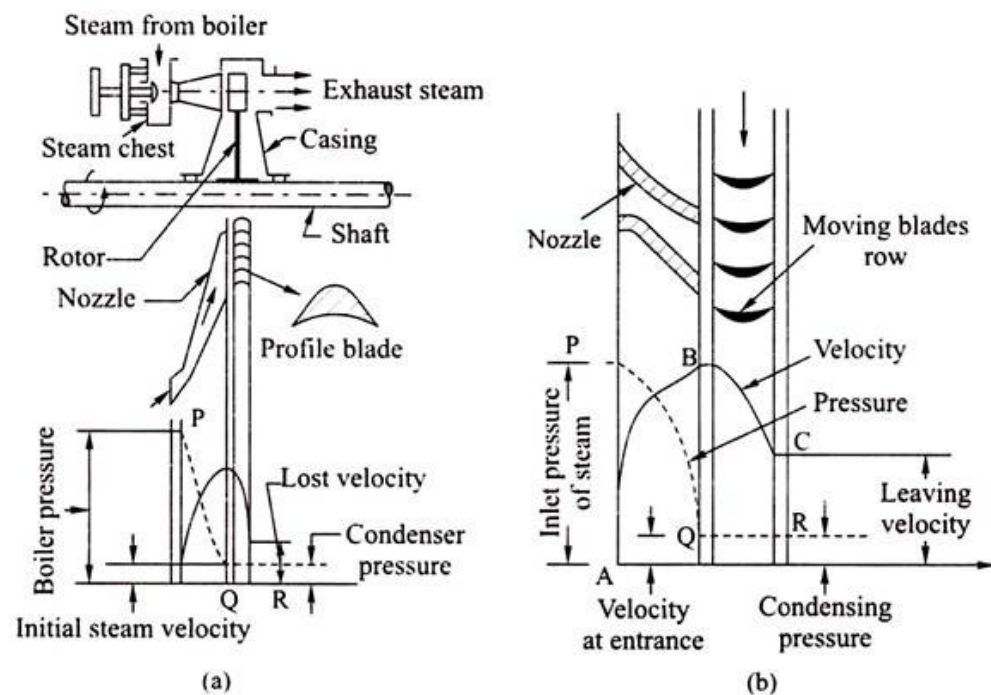
1. Pressure Compounded impulse Turbine
2. Velocity compounded impulse Turbine
3. Velocity Pressure compounded impulse Turbine



รูปที่ 7 แสดงความแตกต่างระหว่าง Impulse และ Reaction Turbine

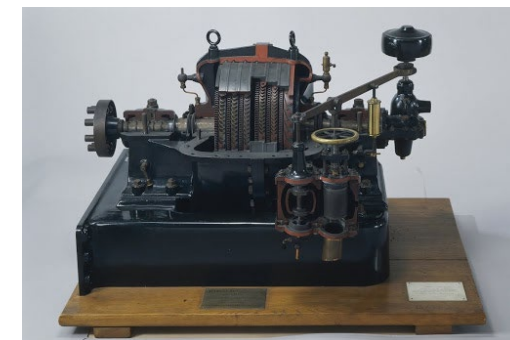
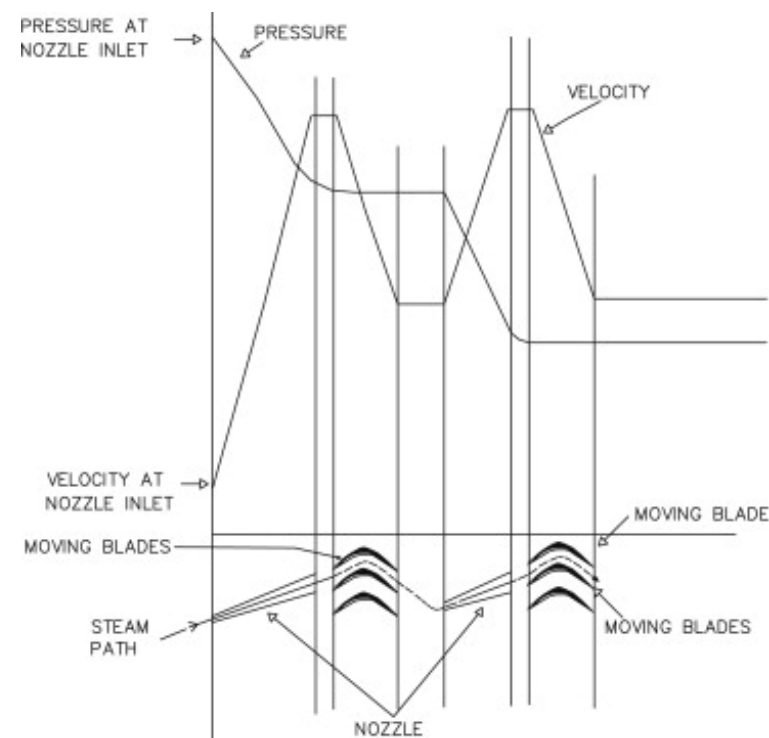


De Laval turbine ตั้งชื่อเพื่อเป็นเกียรติแก่ผู้ประดิษฐ์ขึ้น ซึ่งเป็น Impulse turbine แบบ 1 ชั้น



รูปที่ 6 แสดง a de Laval turbine

จากรูปที่ 6 ได้แสดง Single impulse stage ซึ่งจะมีจุดจ่ายไอน้ำหลายจุด และมีความเร็วสูง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้ออกแบบ กังหันไอน้ำออกเป็น ชุดๆ โดยจะมีชุด Nozzle ติดตั้งในแต่ละชุดอยู่กับที่ โดยไอน้ำที่จากใบกังหันในชุดก่อน (Exhaust steam) จะผ่านเข้าไปยัง Nozzle ของชุด (Stage) ถัดไปและจะถูกฉีดอัดไปปะทะกังหันไอน้ำของชุดดังกล่าว ในกรณีนี้ ทำให้ความเร็วไอน้ำที่เข้าของกังหันจะใกล้เคียงกันทุก Stage ซึ่งเรียก ชนิดของกังหันไอน้ำแบบนี้ Rateau turbine



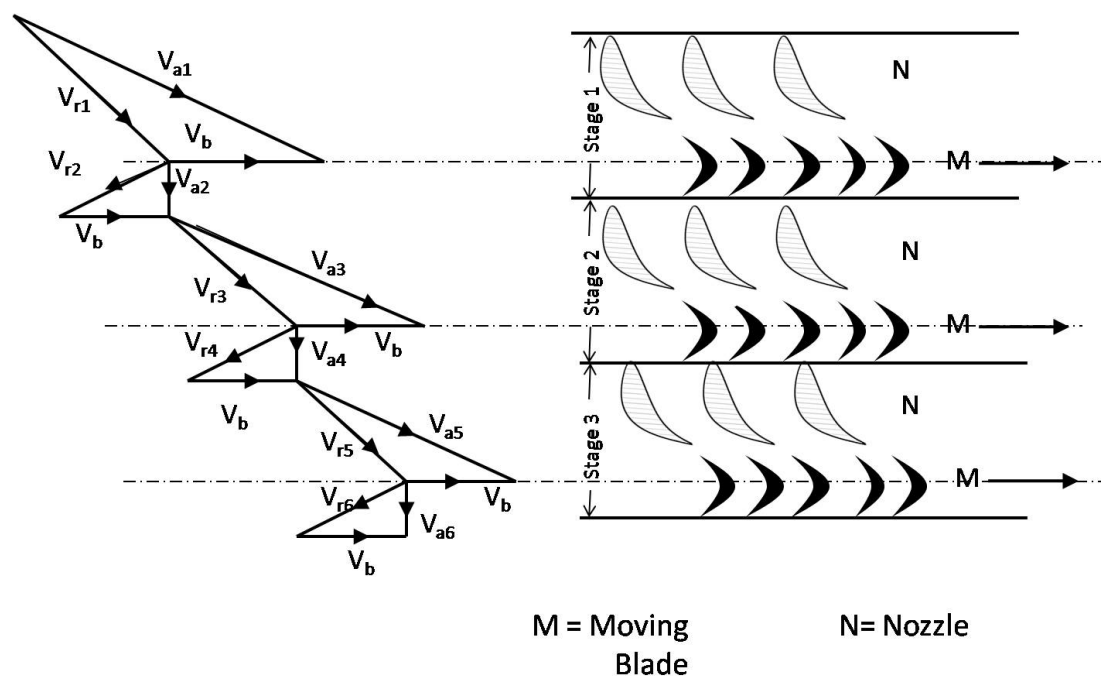
Rateau turbine

รูปที่ 7 Pressure – Compound impulse turbine แสดง ความสัมพันธ์ ระหว่าง Pressure and Velocity



จากรูปที่ 8

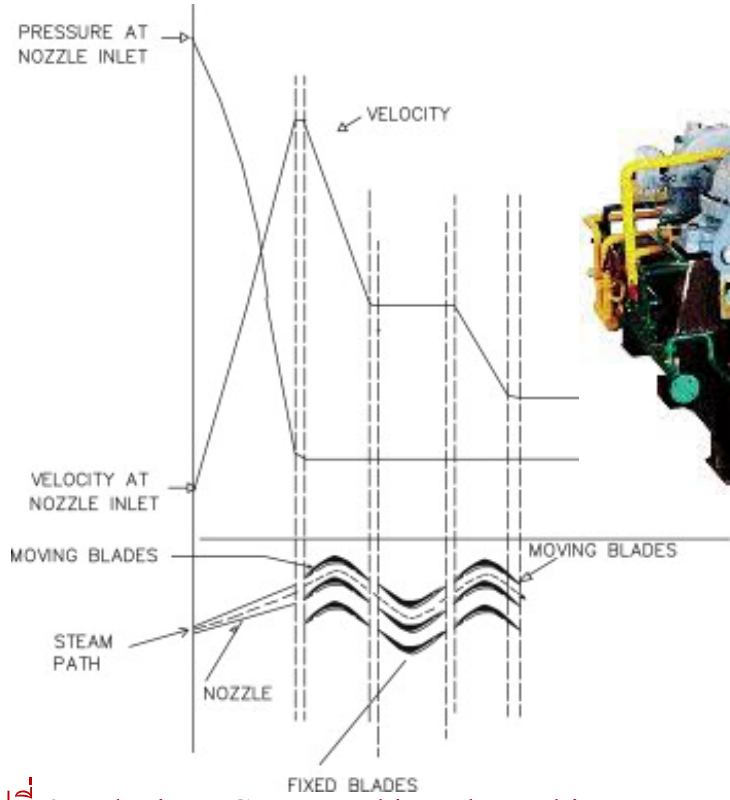
Vr1 คือความเร็ว Vector ของไอน้ำที่เข้าปะทะกับ ใบกังหัน Moving blade
 Vr2 คือความเร็ว Vector ของไอน้ำที่ออกจาก ใบกังหัน Moving blade
 Va1 คือความเร็ว Vector รวมของไอน้ำที่ฉีดที่เข้ากังหัน กับ ความเร็วใบกังหัน
 Vb2 คือความเร็ว Vector รวมของไอน้ำที่ออกจากกังหัน กับ ความเร็วใบกังหัน
 Vb คือความเร็วของใบกังหัน



รูปที่ 8 แสดง แผนภาพ Vector ความเร็ว ของ Pressure compound impulse Turbine

Velocity Compounded impulse Turbine

รูปแบบทั่วไปของ Velocity Compounded impulse Turbine จะประกอบด้วยชุด Nozzle 1 ชุด สำหรับฉีดอัดไอน้ำเข้าปะทะกับใบกังหันซึ่งไอน้ำที่ออกจากใบกังหันชุดก่อน moving blade จะผ่านเข้าผ่าน ใบกังหันที่อยู่ถัดที่ (Fix blade) ซึ่งทำหน้าที่เพียงเปลี่ยนทิศทางการไอน้ำเพื่อเข้าปะทะใบกังหันในลำดับถัดไป ซึ่งความเร็วของ ไอน้ำที่เข้ากังหันใน Stage ถัดไปลดลงตามลำดับ จะเรียก ลักษณะกังหันแบบนี้ว่า Curtis Turbine



รูปที่ 9 Velocity – Compound impulse turbine
แสดง ความสัมพันธ์ ระหว่าง Pressure and Velocity

จากรูปที่ 9

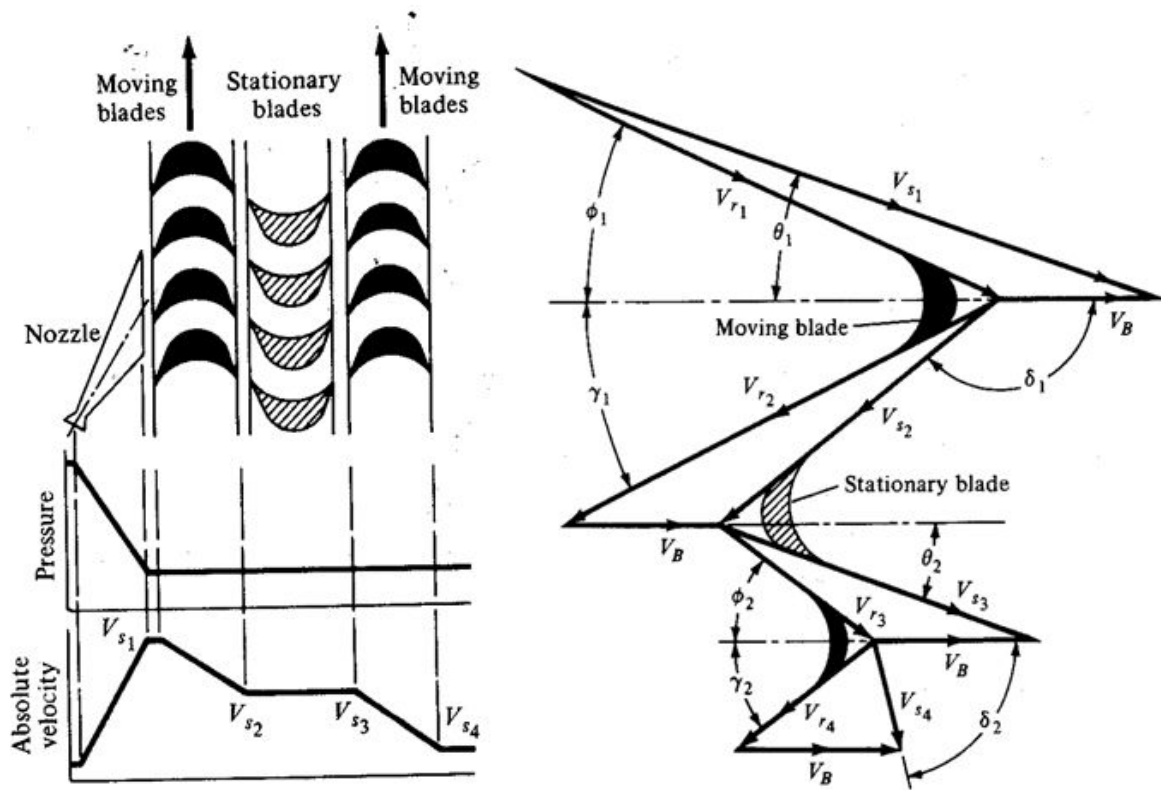
V_{r1} คือความเร็ว Vector ของไอน้ำที่เข้าปะทะกับ ใบกังหัน Moving blade

V_{r2} คือความเร็ว Vector ของไอน้ำที่ออกจาก ใบกังหัน Moving blade

V_{a1} คือความเร็ว Vector รวมของไอน้ำที่ฉีดที่เข้ากังหัน กับ ความเร็วใบกังหัน

V_{b2} คือความเร็ว Vector รวมของไอน้ำที่ออกจากกังหัน กับ ความเร็วใบกังหัน

V_b คือความเร็วของใบกังหัน

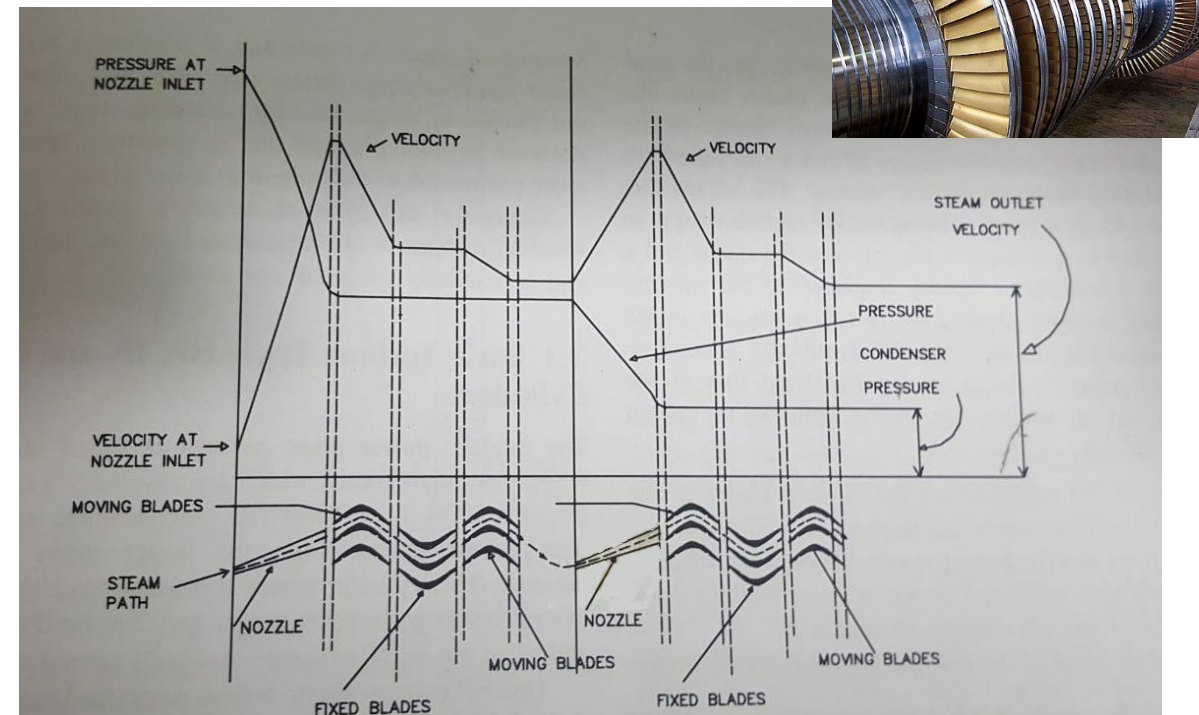


รูปที่ 9 แสดง แผนภาพ Vector ความเร็ว ของ Velocity compound impulse Turbine

Pressure -Velocity Compounded impulse Turbine

จากรูปที่ 9 ได้แสดง ส่วนประกอบกังหันโดยทั่วไปจะประกอบ Velocity Compound impulse Turbine หลายชุด ต่อกัน โดยไอน้ำที่ออกจากชุดก่อนหน้า จะเข้าไปยัง Nozzle ของชุดในลำดับถัดไป และถูกแบบอัดปะทะกับ กังหัน ในลำดับถัดไป ซึ่งในใบแรกของแต่ละชุดเป็นรูปแบบของ Pressure Compounded impulse เมื่อนำมารวมกันจะเรียกว่า

Pressure -Velocity Compounded impulse Turbine

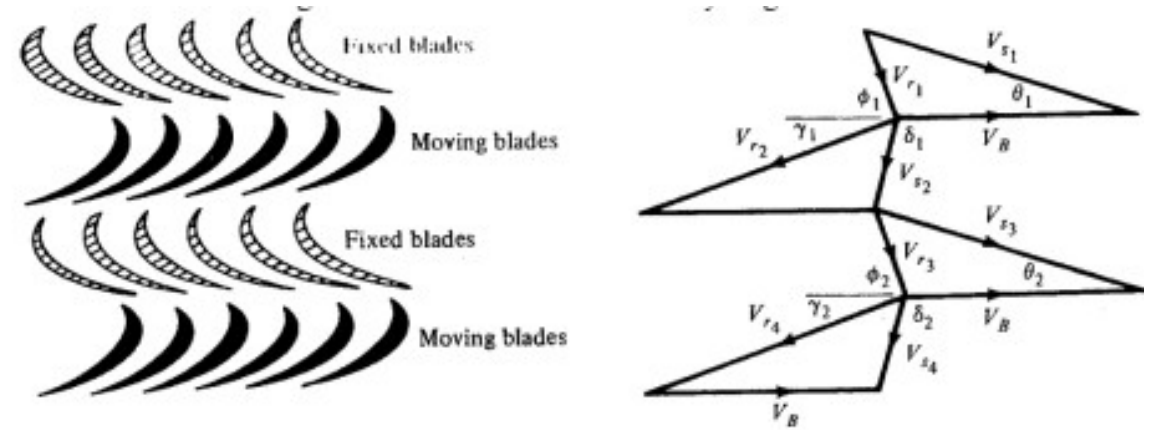
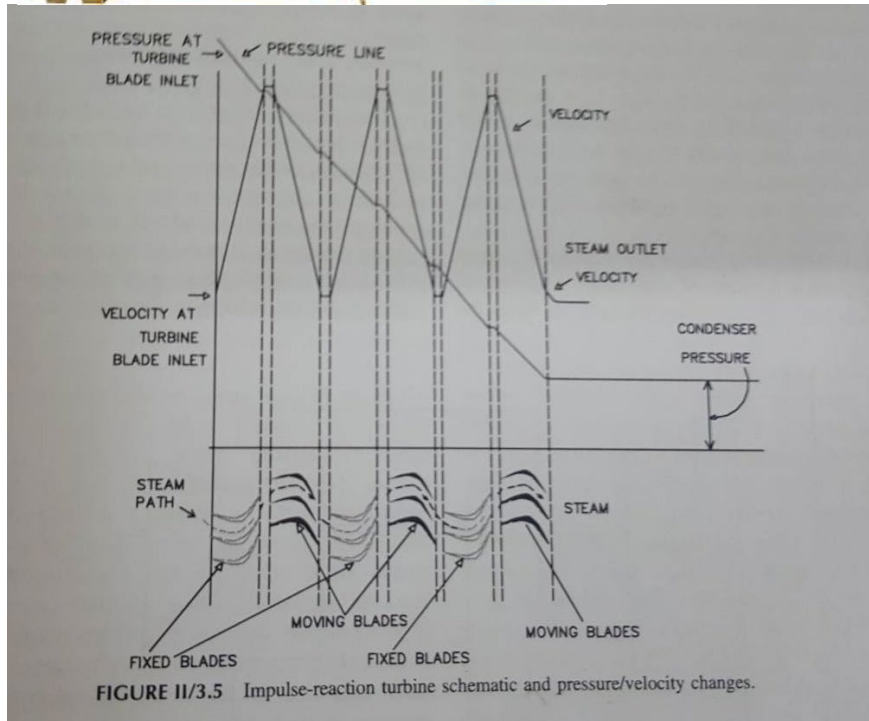


รูปที่ 9 Pressure Velocity – Compound impulse turbine

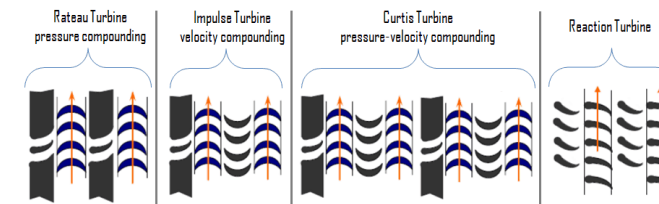
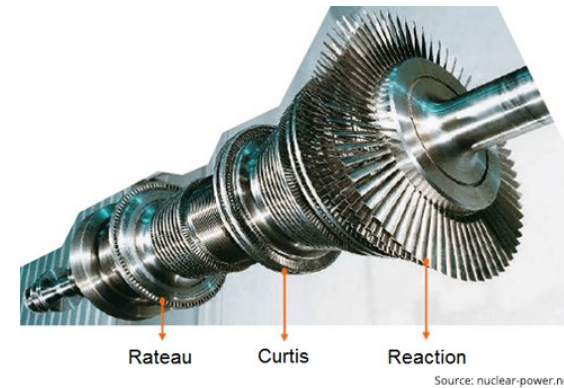
แสดง ความสัมพันธ์ ระหว่าง Pressure and Velocity

Impulse - Reaction Turbine

รูปแบบทั่วไปของกังหันแบบ Reaction ใบจะมีลักษณะโค้ง
โดยความเร็วที่ปลายใบที่ยึดติดจะทำหน้าที่เหมือน Nozzle นิดไปยัง
ใบกังหันในชุดที่เคลื่อนที่ โดยใบแต่ละชุดจะเคลื่อนด้วยความเร็วคงที่
โดยผู้ประดิษฐ์เป็นคนแรกคือ C.A Parson



รูปที่ 9 แสดง แผนภาพ Vector ความเร็ว ของ Impulse Reaction Turbine

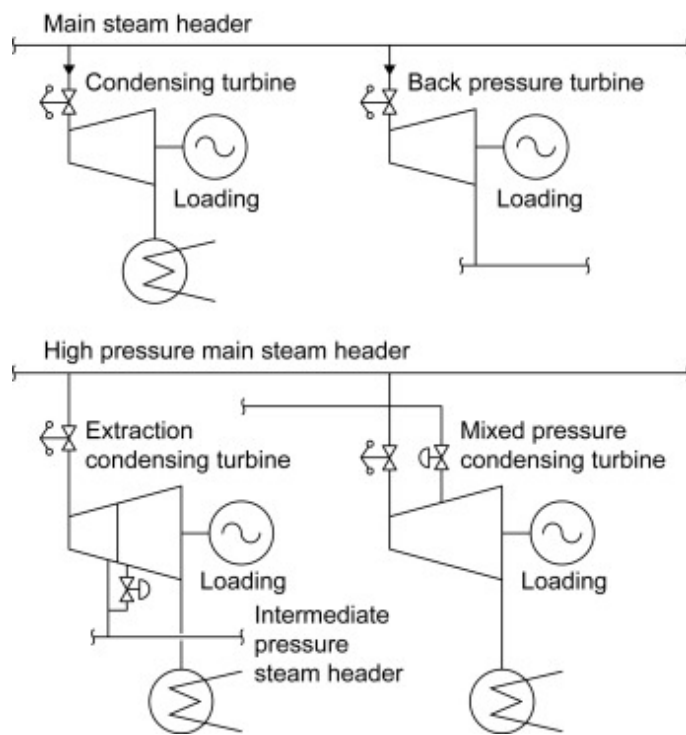




นอกจากที่กล่าวมาการแบ่งประเภทของ กังหันไอน้ำ

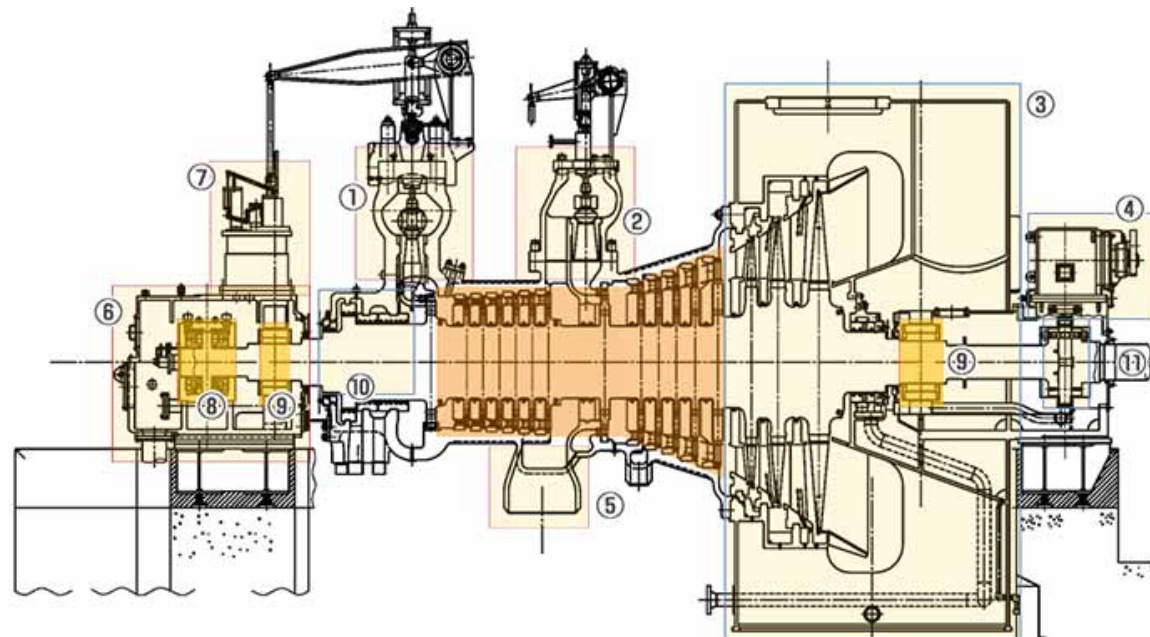
อาจมีการแยกประเภทโดยโดย ขึ้นกับขนาดของกำลังผลิต

- ☐ Small/Mid-sized Condensing Turbines
- ☐ Extraction-condensing Turbines
- ☐ Extraction Back-pressure Turbines
- ☐ Mixed-pressure Turbines
- ☐ Geared Turbines



Small/Mid-sized Condensing Turbines

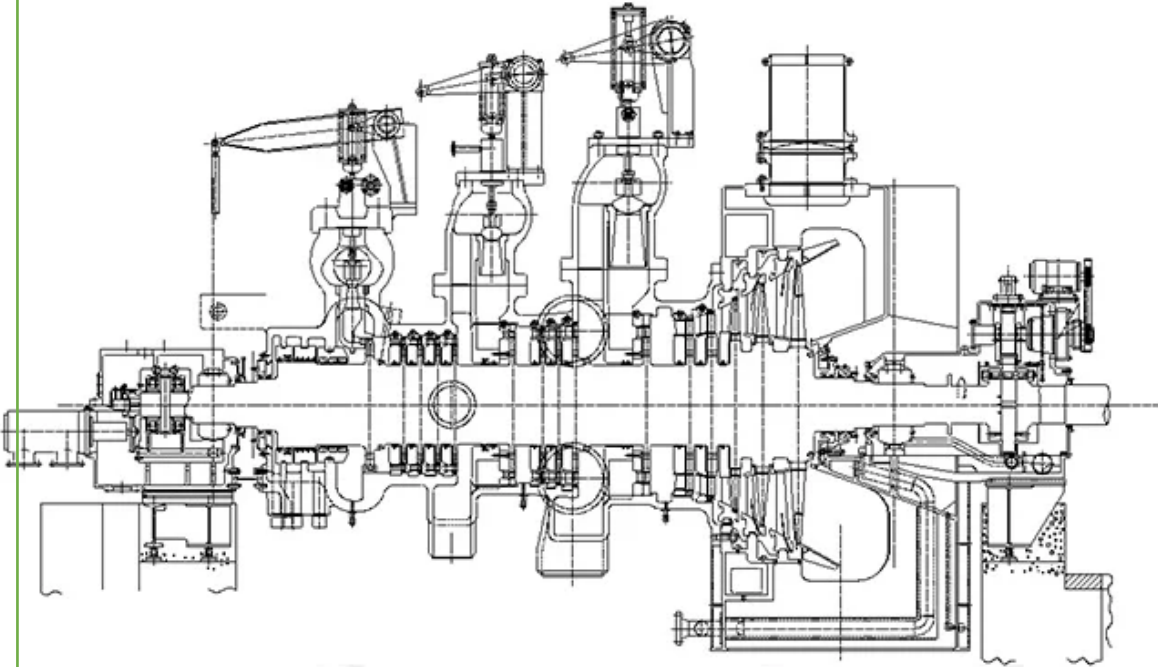
ใช้กับโรงไฟฟ้าขนาดเล็กและขนาดกลาง



- 1 .Governing Valve 2.Extraction Control Valve 3.Exhaust Casing
4.Turning Equipment 5.Extraction Nozzle 6.Bearing Pedestal 7.Valve Servo Cylinder
8.Thrust Bearing 9.Journal Bearing 10.HP Gland Casing 11.Turbine-generator Coupling

Extraction-condensing Turbines

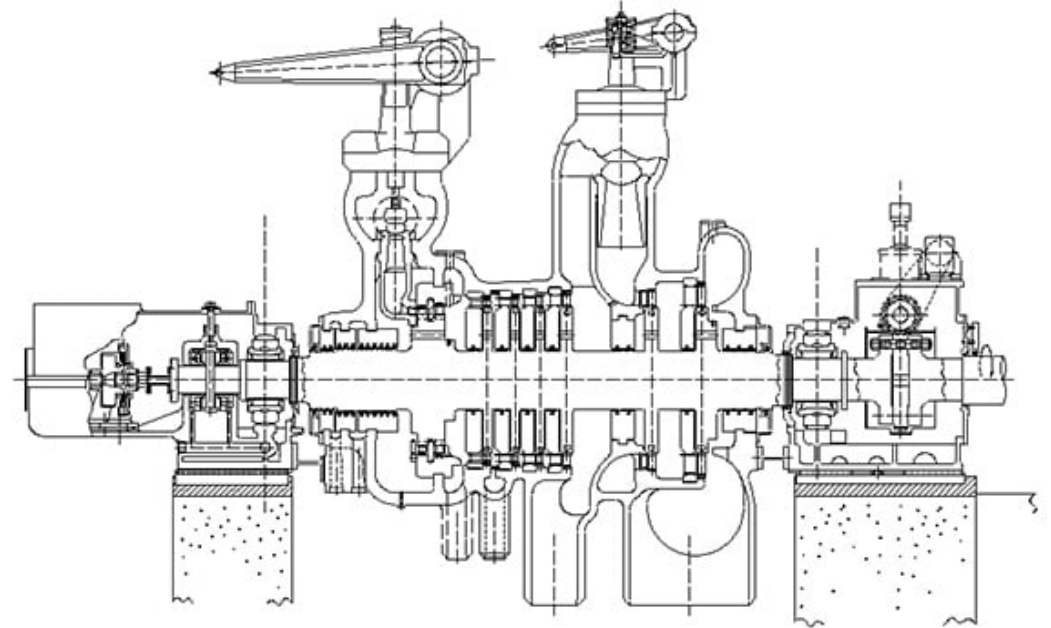
ใช้กับโรงไฟฟ้าที่ต้องการการทำงานต่อเนื่องและแรงดันไอน้ำคงที่



Type	Extraction-condensing turbine
No. of casings	Single casing
Output	Up to 150 MW
Main steam conditions	Up to 13.7 MPa / Up to 566°C
Revolutions per minute	3,000 min ⁻¹ (50 Hz) / 3,600 min ⁻¹ (60 Hz)

Extraction Back-pressure Turbines

ใช้กับโรงไฟฟ้าที่ต้องการการทำงานต่อเนื่องและแรงดันไอน้ำไม่คงที่ ใช้ไอน้ำที่เหลือจากกังหันไปใช้งานในชุดต่อไป หรือ กระบวนการอื่นๆ

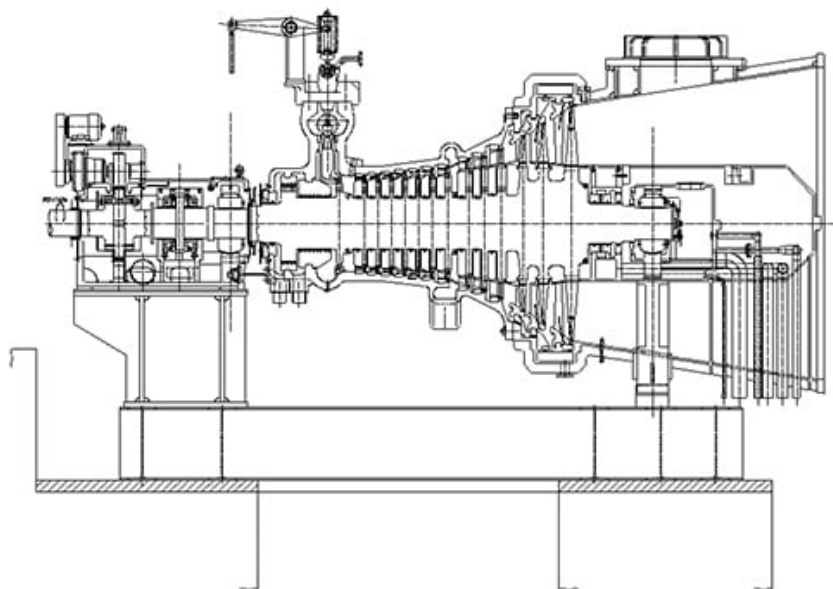


Type	Extraction back-pressure turbine
No. of casing	Single casing
Output	Up to 80 MW
Main steam conditions	Up to 13.7 MPa / Up to 566°C
Revolutions per minute	3,000 min ⁻¹ (50 Hz) / 3,600 min ⁻¹ (60 Hz)



Mixed-pressure Turbines

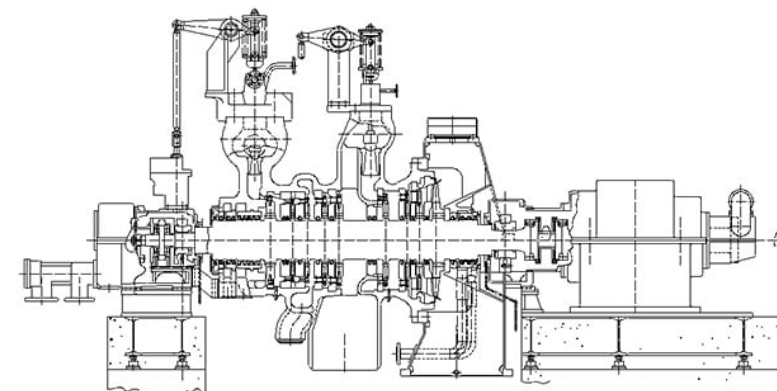
ใช้กับกังหันไอน้ำที่แตกต่างกัน (แรงดันสูง แรงดันปานกลาง และแรงดันต่ำ)



Type	Mixed-pressure turbine
No. of casing	Single casing
Output	Up to 200 MW
Main steam conditions	Up to 12.5 MPa / Up to 566°C
Revolutions per minute	3,000 min ⁻¹ (50 Hz) / 3,600 min ⁻¹ (60 Hz)

Geared Turbines

ใช้สำหรับโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีขนาดไม่เกิน 40 เมกะวัตต์ มีการติดตั้งเกียร์ลดความเร็วระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกังหัน ทำให้สามารถออกแบบกังหันให้มีขนาดเล็กลงในขณะที่ทำงานด้วยความเร็วสูง กังหันแบบมีเกียร์ มีข้อดีเหนือกังหันแบบตรงดังต่อไปนี้: ประสิทธิภาพที่สูงกว่า การลงทุนเริ่มต้นที่น้อยกว่า การบำรุงรักษาที่ง่ายกว่า ระยะเวลาในการจัดส่งที่สั้นกว่า และต้องการพื้นที่ที่น้อยกว่า



Type	Geared turbines
No. of casings	Single casing
Output	Up to 40 MW
Main steam conditions	Up to 12.5 MPa / Up to 541°C
Revolutions per minute	Turbine: approximately 6,000min ⁻¹ Generator: 1,500 (50 Hz)/1,800 (60 Hz) min ⁻¹



- [illegible]

Steam Turbine HP,IP,LP

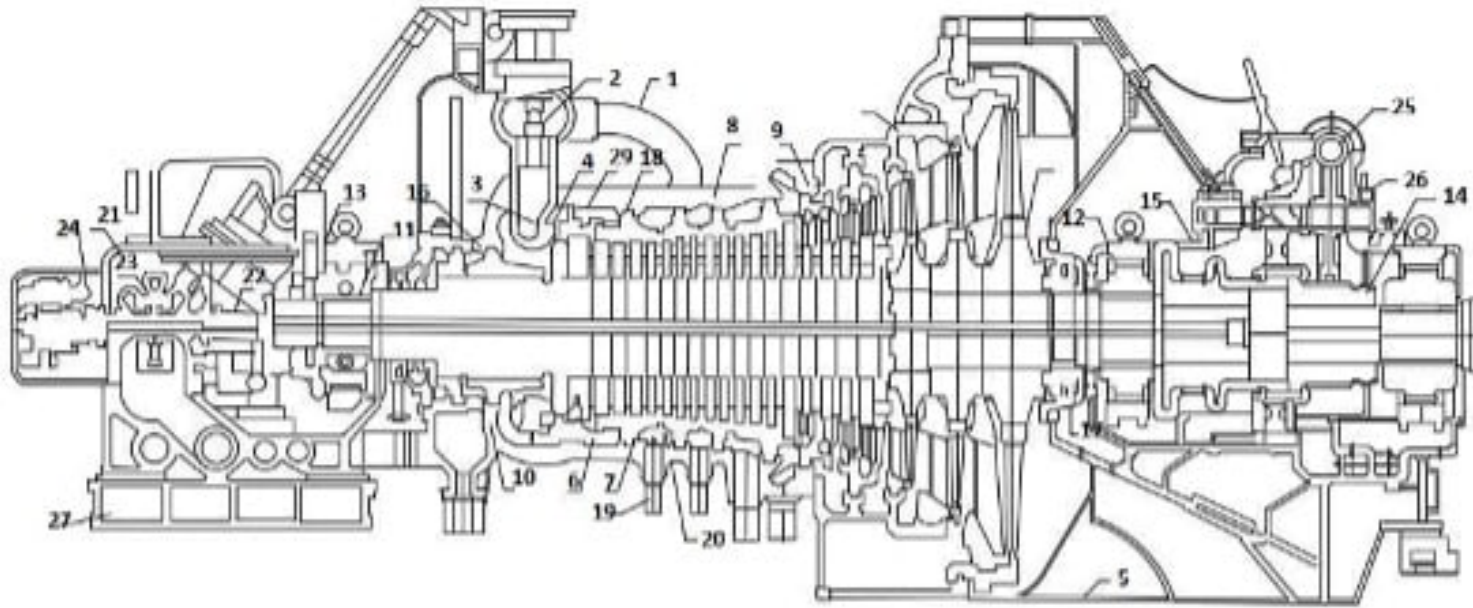
จากที่กล่าวมาแล้ว ว่า ในโรงไฟฟ้าในปัจจุบัน จะใช้ Steam turbine ประกอบด้วยกังหัน 3 ชุด แบ่งตาม Pressure Operation ได้แก่ HP (high pressure), IP (Intermediate Pressure) , LP (Low Pressure) ที่อยู่บนแกนเพลาดียวกัน



จาก Diagram Mass และ T-S Diagram จากหน้าที่แล้ว ซึ่งเป็น Diagram ของโรงจักรไอน้ำที่ใช้ Boiler one though boiler (super Critical Boiler) ซึ่งไอน้ำจะไม่ผ่านจุดวิกฤตซึ่งได้อธิบายไปแล้วนั้นในเรื่องของ Boiler ไอน้ำจากจุดนี้ P30 (541C,25.0MPa) มาเข้า HP Turbine P32(537.1C,24.3Mpa) ด้วยกระบวนการ ลดแรงดัน Isentropic ระหว่างทางจะมีการนำ ไอน้ำไปใช้งาน เรียกจุดที่นำออกไปใช้ ว่า Extraction point ไอน้ำที่ ออกจาก HP Turbine P40(277.8C,3.91Mpa) (จะถูกเพิ่มอุณหภูมิ ขึ้นโดยการ Reheat เพื่อให้เป็น ไอแห้ง และเพิ่มประสิทธิภาพ โดยทั่วไปให้มี Steam moisture ไม่เกิน 10% อย่งไรก็ดีใน Diagram นี้ได้ ใช้วิธีที่ต่างออกไปโดยการนำเฉพาะ Extraction Steam ไปผ่าน Reheat tube ใน Boiler และการนำ Extraction Steam จาก HP ในการควบคุม Steam Condition ซึ่งจะไปเข้า IP Turbine P52(535.1C,3.62Mpa) ด้วยกระบวนการ ลดแรงดัน Isentropic ซึ่งปัจจุบันมักทำให้ 2 ชุด วางคนละทิศใน 1 Vessel เพื่อ ให้เกิดสมดุล ไอน้ำที่ออกจาก IP Turbine P56 (332.6C,0.846Mpa) ก็จะไปเข้ายัง LP Turbine P60 (332.6C,0.846Mpa) ด้วยกระบวนการ ลดแรงดัน Isentropic และออกจาก LP Turbine P69(33.25C,P0.0046MPa) จากนั้นก็จะผ่านไปยัง Condenser ซึ่งในกระบวนการที่ P99-P1 ซึ่งจะต้องมี Heat reject จำนวนมากโดยใช้ Cooling Tower ในการแลกเปลี่ยน ความร้อน ในกระบวนการนี้ จะมี CDP Condensate Pump สากลเรียก CEP (Condensate Extraction Pump) น้ำ Condensate จะถูกปั๊มโดยจะปรับอุณหภูมิและแรงดันให้เหมาะสม ไปรวมกัน ที่ GSC Grand Steam Condensate และจะถูกปั๊มและเพิ่มความร้อนจาก Extraction steam ตามลำดับ GSH, LPH ,HPH จนถึง Boiler โดยจะกล่าวละเอียดในบท Condenser ต่อไป



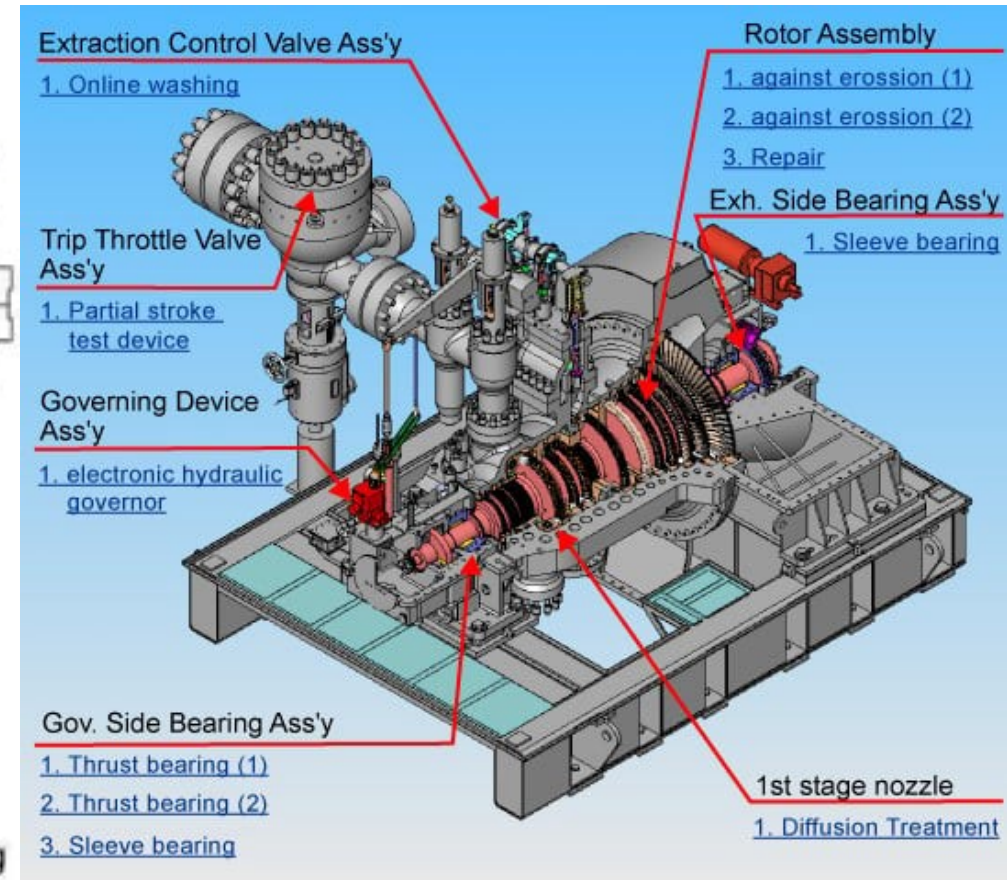
Steam Turbine Component



1 - steam pipeline
2 - intel control valve
3 - nozzle chamber
4 - nozzle-box
5 - outlet
6 - stator
7 - blade carrier
8 - casing

9 - rotor disk
10 - rotor
11 - journal bearing
13 - thrust bearing
14 - generator rotor
15 - coupling
16 - labyrinth seal
19 - steam bleeding (extraction)

21 - bearing pedestal
22 - safety governor
23 - main oil pump
24 - centrifugal governor
25 - turning gear
29 - control stage impulse blading

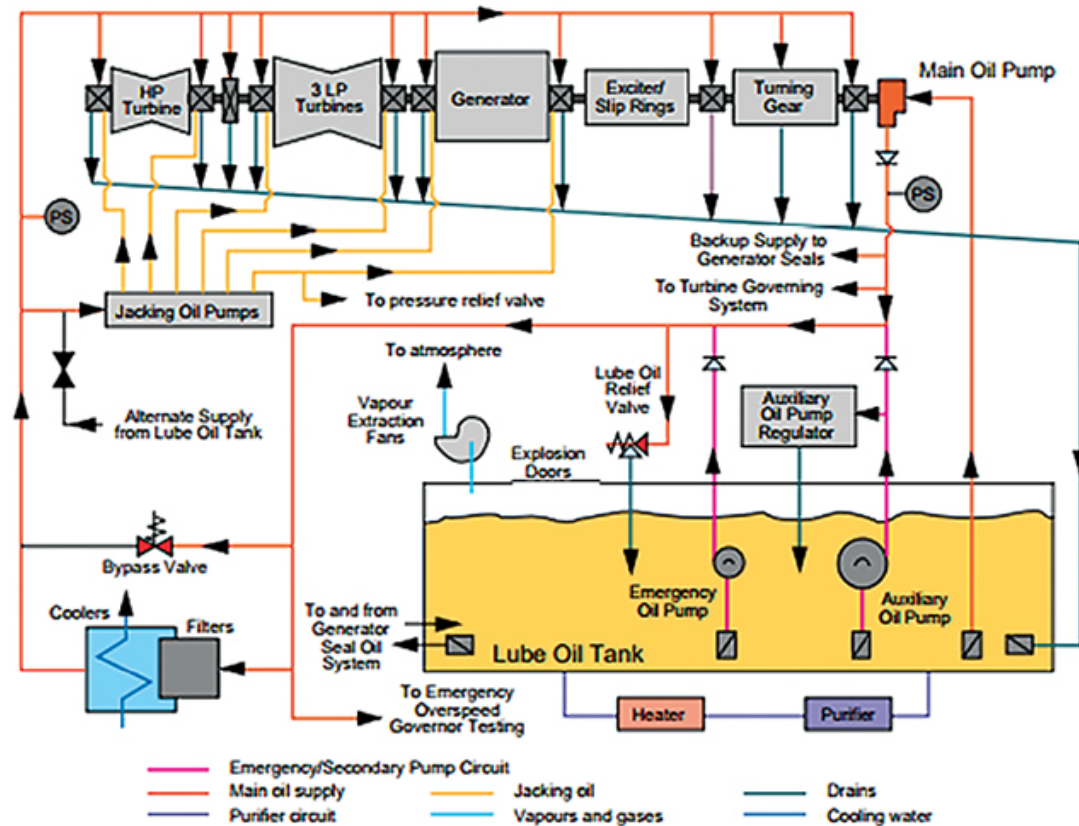


Turbine Oil System



ระบบน้ำมันใน Steam Turbine เป็นระบบย่อยที่มีความสำคัญ แบ่งเป็น 3 ระบบ ดังนี้

1. Lubricating oil
2. Control oil
3. Jacking oil



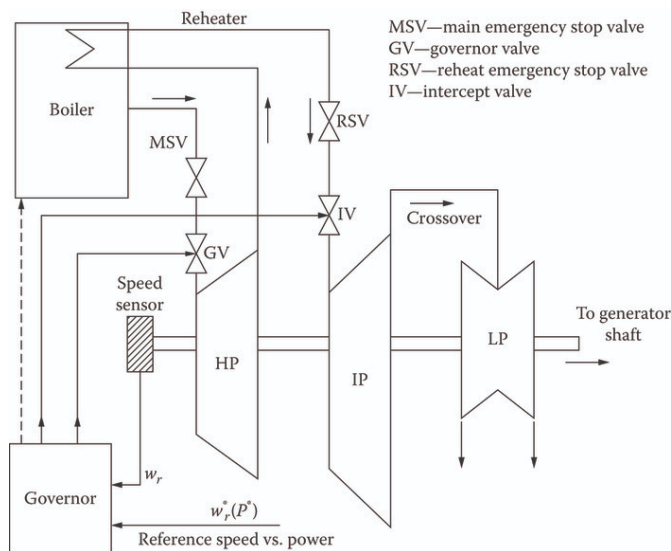
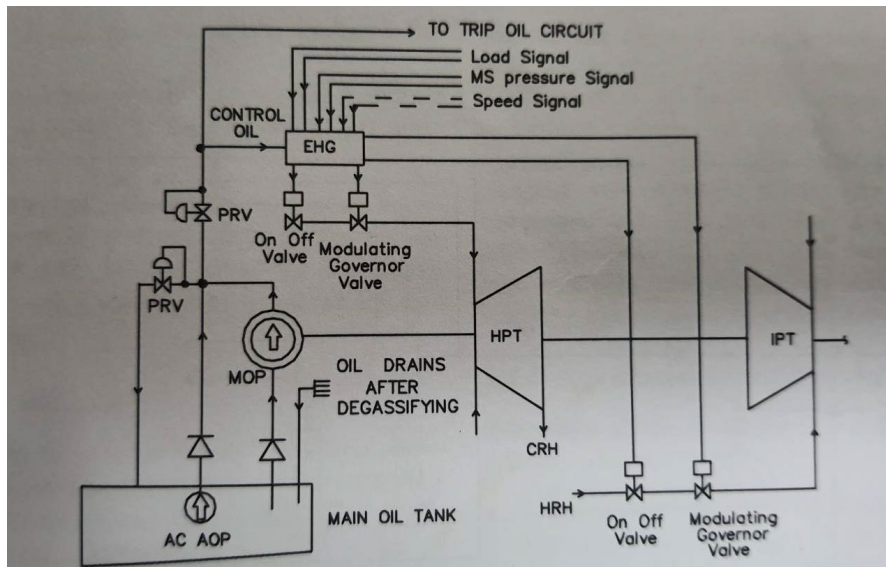
1.

Lubricating oil ใช้เพื่อการหล่อลื่น Barring เพื่อลดแรงเสียดทาน การสึกหลอ จากการสัมผัสระหว่าง แกนเพลลาและ Barring ซึ่ง steam Turbine นั้นมีขนาดใหญ่ หากแกนเพลลาสึกหล่อเพียงเล็กน้อยไม่อยู่ในภาวะที่สมดุล ก็จะทำให้เกิดความเสียหายร้ายแรงได้ ระบบสำคัญของ Lubricating oil จะประกอบด้วย Main Oil pump ซึ่งติดอยู่กับแกนเพลลา เมื่อ Turbine หมุนปัมก็ทำงาน โดยในระบบจะมี Filter เพื่อกรองน้ำมัน และ Cooler ระบายความร้อนโดยใช้น้ำในการควบคุมอุณหภูมิ ในกรณีที่ MOP เสีย หรือขัดข้อง Pressure ต่ำกว่ากำหนด ก็จะมี AOP Auxiliary oil pump ซึ่งใช้ AC motor เป็นชุดขับ โดยจะทำงานอัตโนมัติในระบบ จะควบคุมแรงดันให้คงที่ ด้วย PRV นอกจากนี้ ยังมี EOP Emergency Oil pump ซึ่งใช้ DC motor เพื่อไว้กรณีฉุกเฉิน เนื่องจาก MOP และ AOP มีปัญหา

ระบบที่ป้องกันการสึกหลออีกระบบหนึ่งเรียก

Barring gear หรือ Turning gear เมื่อ Turbine หยุดหมุน เพื่อป้องกันการคดทับของ Shaft ด้านใดด้านหนึ่ง และ ผลจากความร้อน ภายใน Baring ที่ไม่เท่ากัน อาจทำให้ Turbine shaft เสียรูปได้ อาจเป็นหน่วย Microns จึงใช้ Turning gear ช่วยหมุน ในรอบต่ำๆประมาณ 1% ของความเร็วปกติ





2. Control oil system ระบบนี้จะเป็ระบบที่ใช้น้ำมันเป็น เป็นตัวกลางในการควบคุมโดยใช้ในการควบคุม Turbine load/ Speed control โดยการ on/off , Modulating governor Valve โดยจะรับคำสั่งจาก EHG ทัวไปเรียกว่า Electro-Hydraulic Governor โดย EHG จะรับ สัญญาณจาก อุปกรณ์วัดต่างๆได้แก่ Speed signal Load signal , Main steam pressure signal, Exhaust Temperature เป็นต้น ทำการประมวลผลและFeed back signal เพื่อควบคุมความสั้พันธ์ของ Steam load และ ความเร็ว . ซึ่งในระบบนี้ จะมี Automatic Turbine Tester (ATT)ซึ่งเป็นระบบทดสอบ ความสั้พพันธ์ ลังงานโดยที่ระบบไม่ได้ทำงานจริง

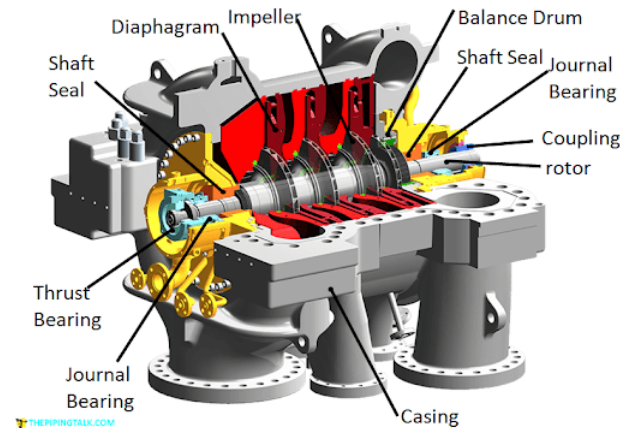
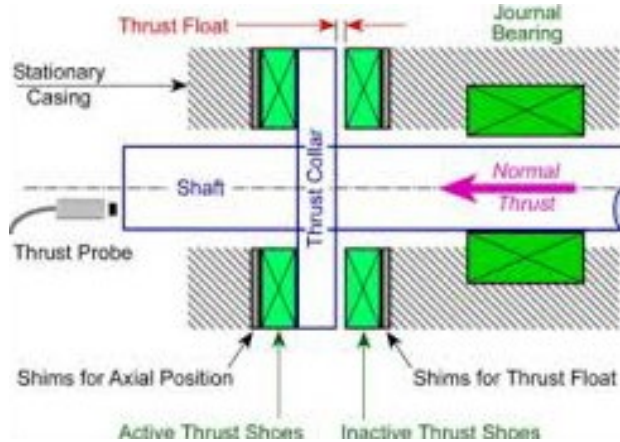
3. Jacking oil .ใช้สำหรับ เมื่อหยุดและจะเริ่มเดิน Turbine ซึ่งมีน้ำหนักมากแรงกดกระทำที่ Barring มากทำให้ Lubricating oil Pump มีแรงดันไม่พอที่จะแทรกเข้าไป ในช่วงแรก ซึ่งในช่วงการเดินระบบใหม่นี้จะมี JOP(Jacking Oil pump) ซึ่งมีแรงดัน ประมาณ 15.6-19.6 MPa อัดน้ำมันเข้า Barring

Diagram Control Oil System

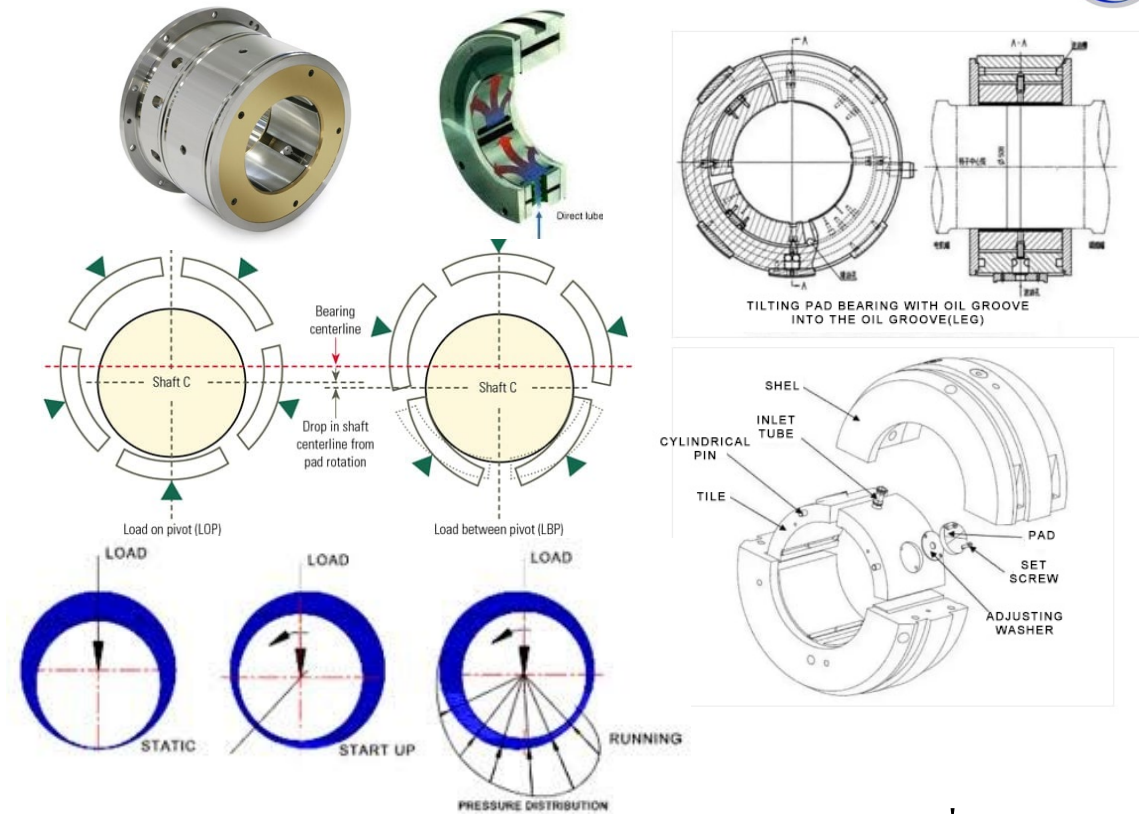
Turbine Bearing

อุปกรณ์รองรับการหมุนของ Turbine คือ Bering ซึ่งเนื่องจากน้ำหนักและความเร็ว (3000rpm) ตลอดจนความร้อน (538 C) ดังนั้น สำหรับ Turbine Bearing นับเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญการเสียหายหรือความผิดพลาดของ Alinement นำไปสู่ความเสียหายของ Bering และนำไปสู่ความเสียหายร้ายแรงของ Turbine ได้ ซึ่งแบบออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ตามแรกกระทำ ได้แก่

- Journal bearing (Main bearing) ซึ่งรับแรง ที่เกิดจากน้ำหนักของ rotating shaft turbine ซึ่งจะเป็นหลักในการรับแรงและยึดแกนของ Turbine
- Trust bearing ซึ่งใช้รับแรงที่กระทำบนแนวแกนที่เกิดจากการหมุนของ Turbine ที่มีมวลมาก



Journal bearing (Main bearing)



จะประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนได้แก่ส่วนที่เป็น Oil Groove โดยจะมีรูฉีคน้ำมันหล่อลื่นรอบ และ Tilting Pad ซึ่งมีตั้งแต่ 2- 6 ชิ้นขึ้นไป ซึ่งเป็นโลหะที่ใช้ในการพยุง Turbine Shaft ทั้งนี้ เพื่อให้สามารถรับ แรงจากการสั่นและรักษา Alinement ของ shaft ให้คงที่ และป้องกันการสัมผัสระหว่าง shaft และ Bearing ซึ่งจะมีฟิล์มน้ำมันเป็นตัวกัน และ จะต้องเป็นโลหะที่ แข็งน้อยกว่า โลหะของ Turbine Shaft ซึ่งหน้าสัมผัสของโลหะ

Trust bearing

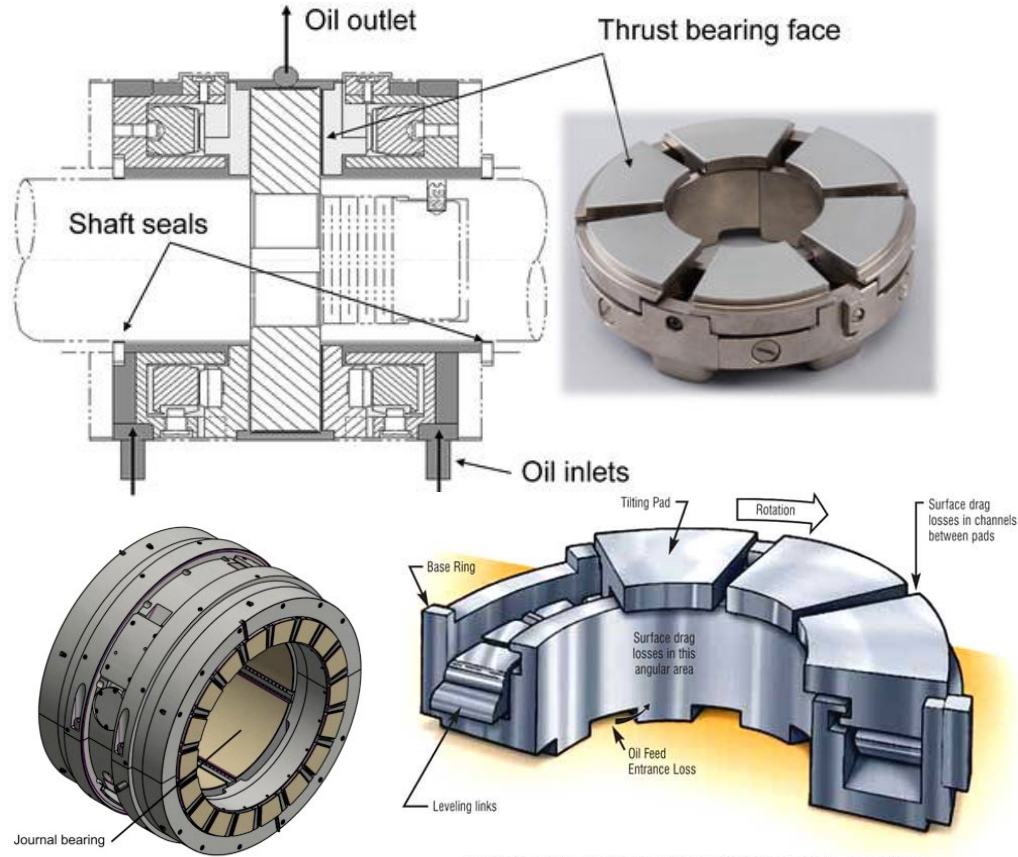
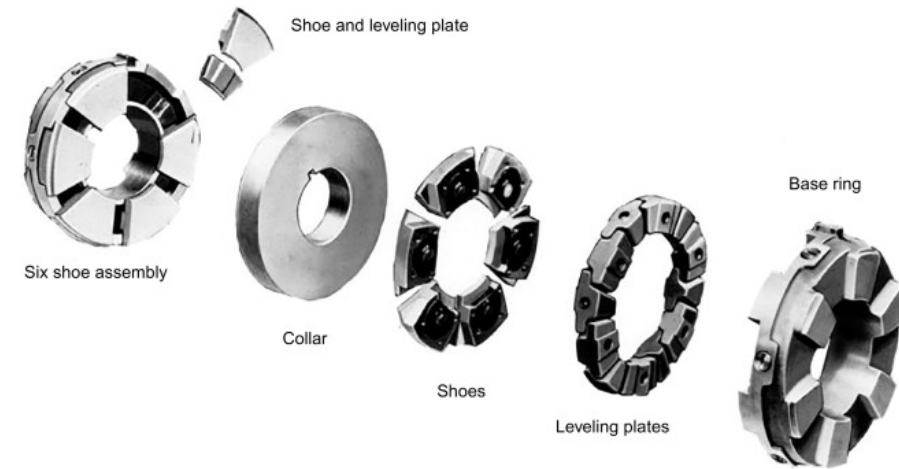
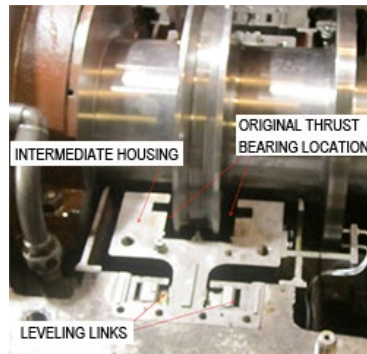
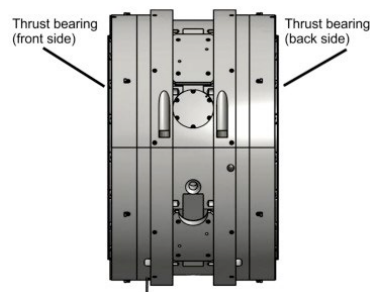


Figure 1. Parasitic Losses in a Pivoted-pad Thrust Bearing



เป็นการรับแรงในแนว แกน Axial Force ซึ่งจะมี Trust Collar อยู่ ระหว่าง Tilting Pad ของ Thrust bearing ซึ่งส่วนประกอบก็จะประกอบด้วย Shell ซึ่งจะมีรูฉีดน้ำมันหล่อลื่น ภายในก็ประกอบด้วย Base Ring ซึ่งมี Tilting Pad ติดอยู่อีกครั้ง รองรับด้วย Level links plate , shoes , Collar ซึ่งจะมี ซึ่ง ข้อดีของ Tilting pad มีดังนี้

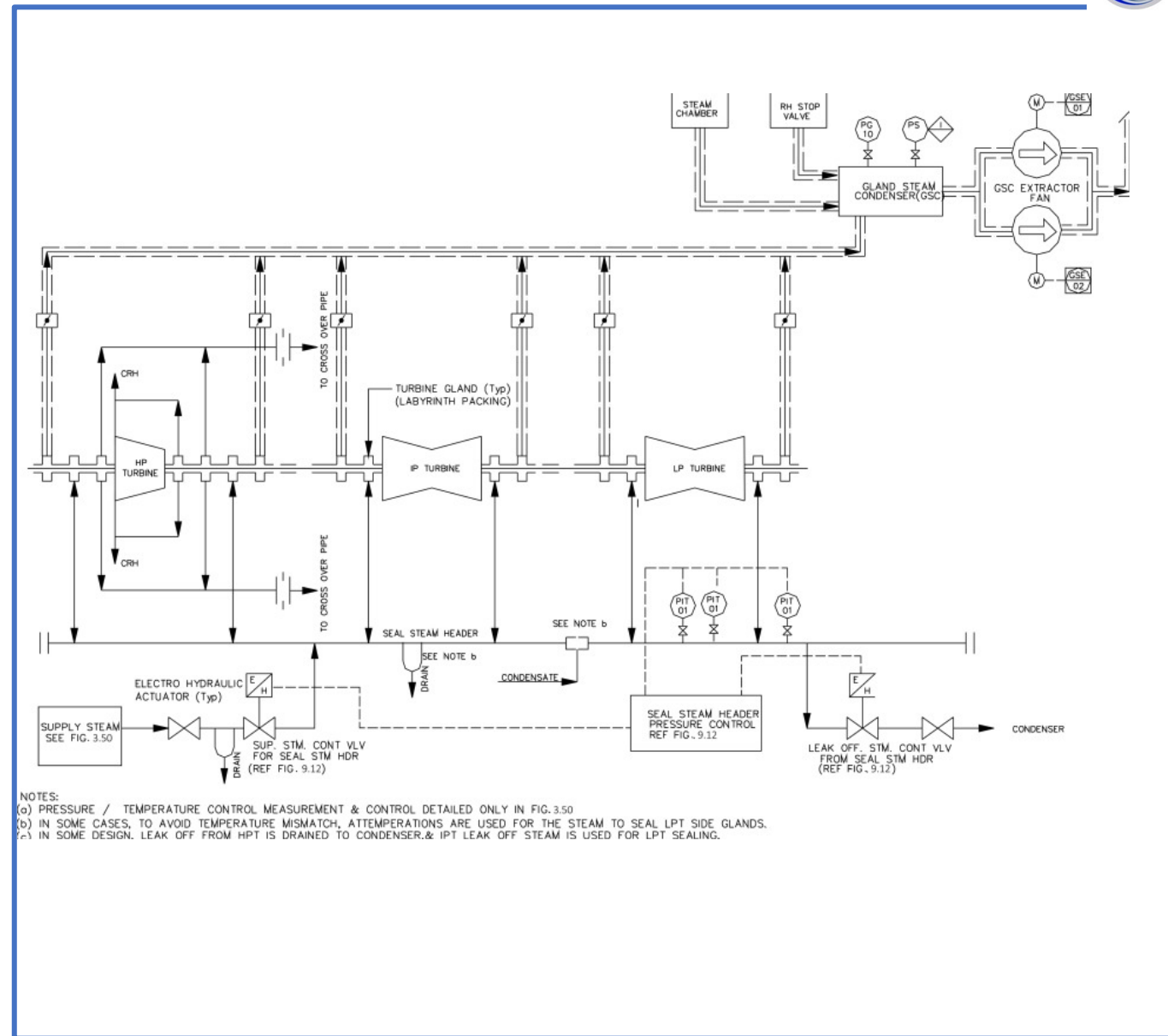
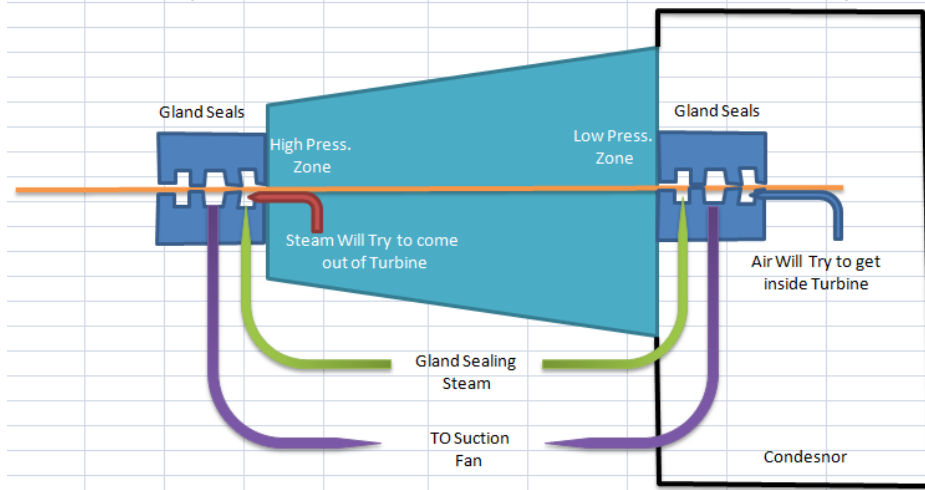
1. หลีกเลี่ยงการหมุนวนของน้ำมันและความไม่เสถียรแบบไดนามิกโดยรวม
2. เพิ่มความปลอดภัย และ การซ่อมบำรุง ง่ายต่อการเปลี่ยน เนื่องจากเป็นชิ้นๆลายขึ้น
3. ลดการสั่นของ shaft – Lower amplitude vibration

The Trust bearing จะติดตั้งอุปกรณ์ สำหรับอุณหภูมิตรวจจับความร้อนกรณีความร้อนสูงเกิน ก็จะหยุดการทำงานของ Turbine เพื่อป้องกันความเสียหาย

Gland Seal system

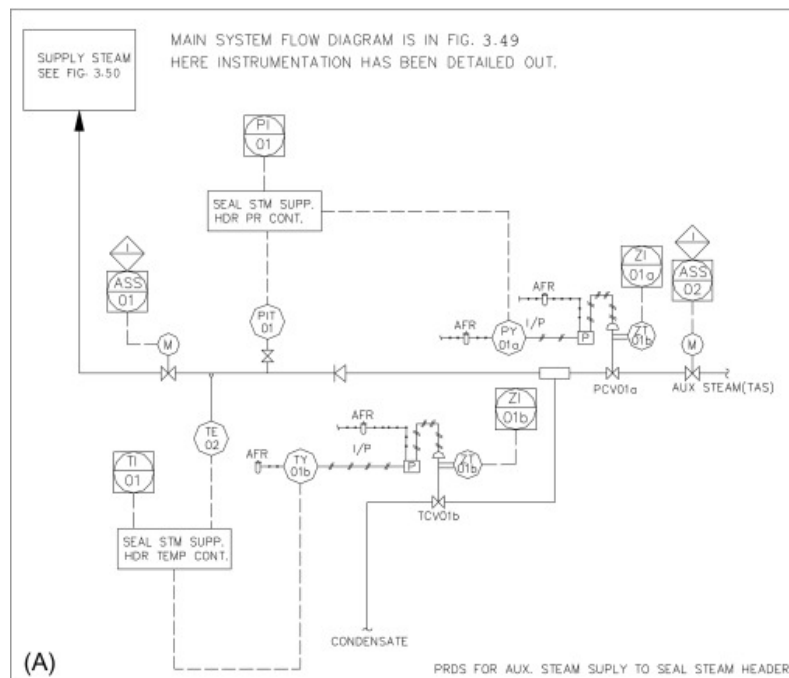
Gland Seal system เป็นระบบที่ป้องกันการ รั่วไหลของ steam ที่ด้านความดันสูง (HP) และ อากาศที่ด้านความดันต่ำของกังหันไอน้ำ (LP) ที่จะโดยรั่วเข้า Casing ตามแนว Rotor shaft

Gland Seal system ประกอบด้วย labyrinth packing ซึ่งมีลักษณะเป็นแหวนประกอบกันและประกบกับ Casing เป็นชั้นๆ อยู่ภายใน labyrinth packing สำหรับด้าน High temperature ทำด้วย Cr-Mo Steel ส่วนด้าน Low temperature ทำด้วย Nickle silver หรือ Phosphor bronze stock ไอน้ำที่รั่วออกด้าน HP จะถูกส่งมาที่แอร์ที่รั่วเข้าทาง LP โดย Steam leak และ Air Leak จะถูกส่งไปยัง Grand Steam Condenser น้ำจะถูก drain ไปยัง Condenser hot well ส่วน Air Leak จะถูกส่งไปยัง Gland Exhaust Fan ปล่อยออกสู่ บรรยากาศ

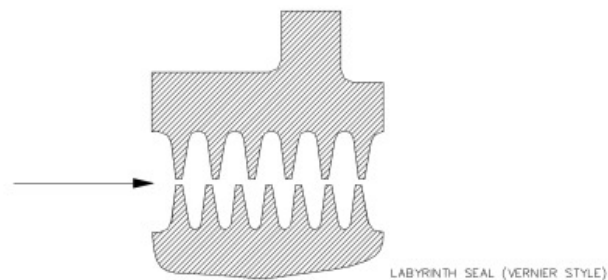




Gland seal system & Labyrinth packing

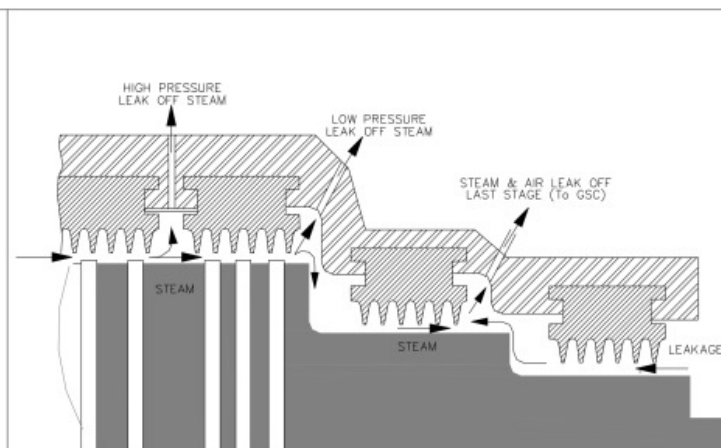


(A)



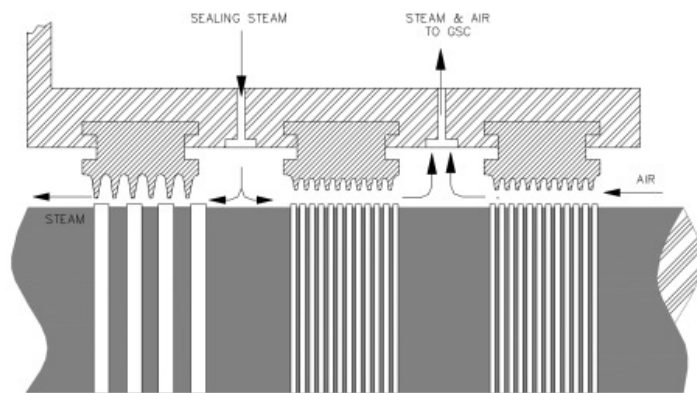
LABYRINTH SEAL (VERNIER STYLE)

(B)



(C)

HP GLAND SEALING PRINCIPLES



(D)

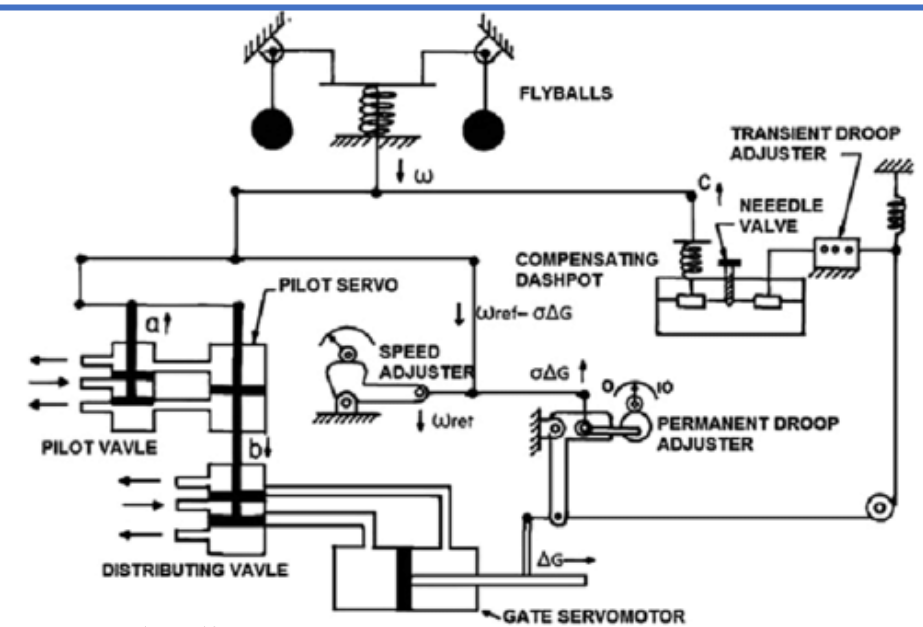
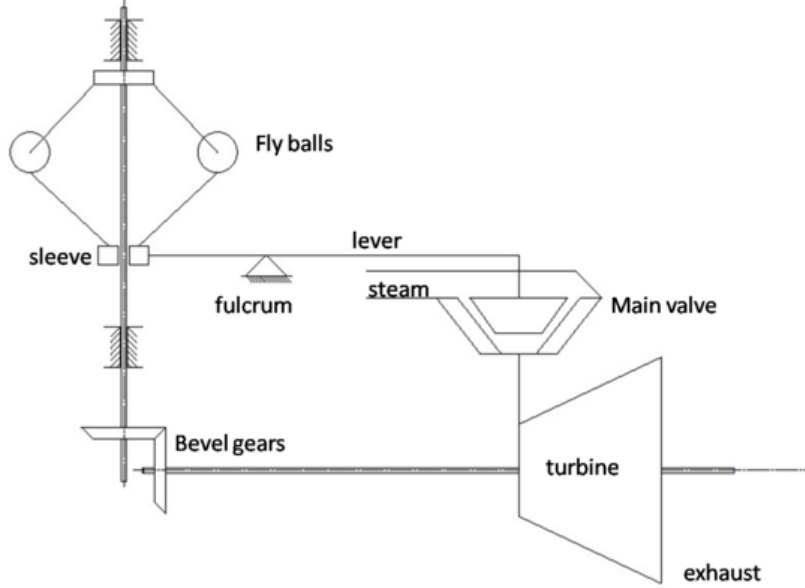
LP GLAND SEALING PRINCIPLES



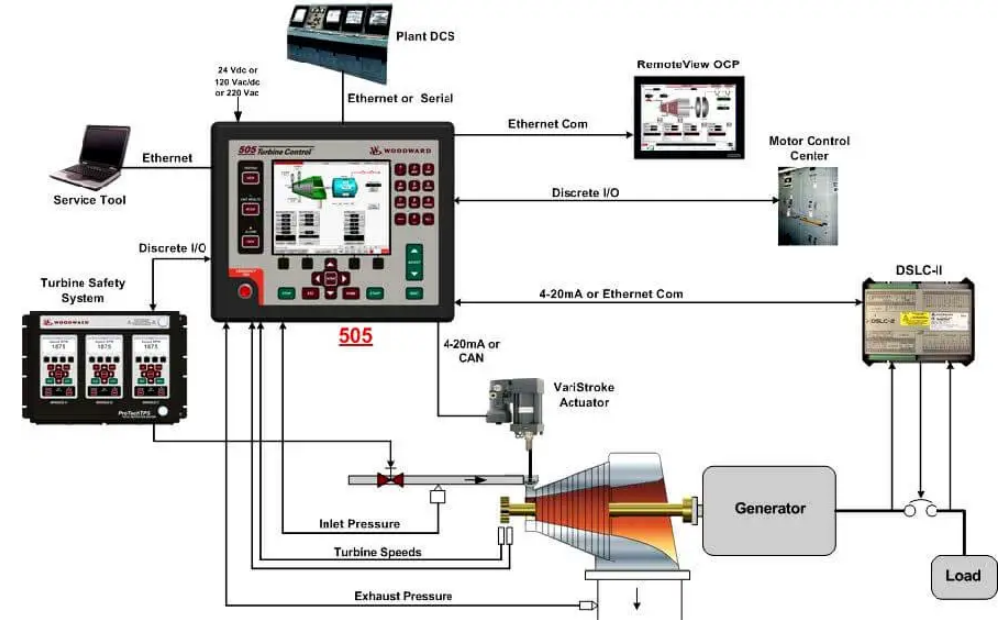
Turbine Governing System

ระบบควบคุมกังหันเป็นส่วนประกอบสำคัญในโรงไฟฟ้าและการใช้งานในอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ใช้กังหันเพื่อผลิตไฟฟ้าหรือทำงานทางกล หน้าที่หลักของระบบควบคุมกังหันคือควบคุมความเร็วและกำลังไฟฟ้าที่ส่งออกของกังหันให้ตรงกับความต้องการโหลดในขณะที่รักษาเสถียรภาพและประสิทธิภาพ โดยมีหน้าที่หลักในการควบคุมเป็นแบบ Feed back loop control แบ่งเป็นประเภทต่างดังนี้

- Mechanical Governors:
- Hydraulic Governors:
- Electronic Governors:
- Digital (Microprocessor-based) Governors



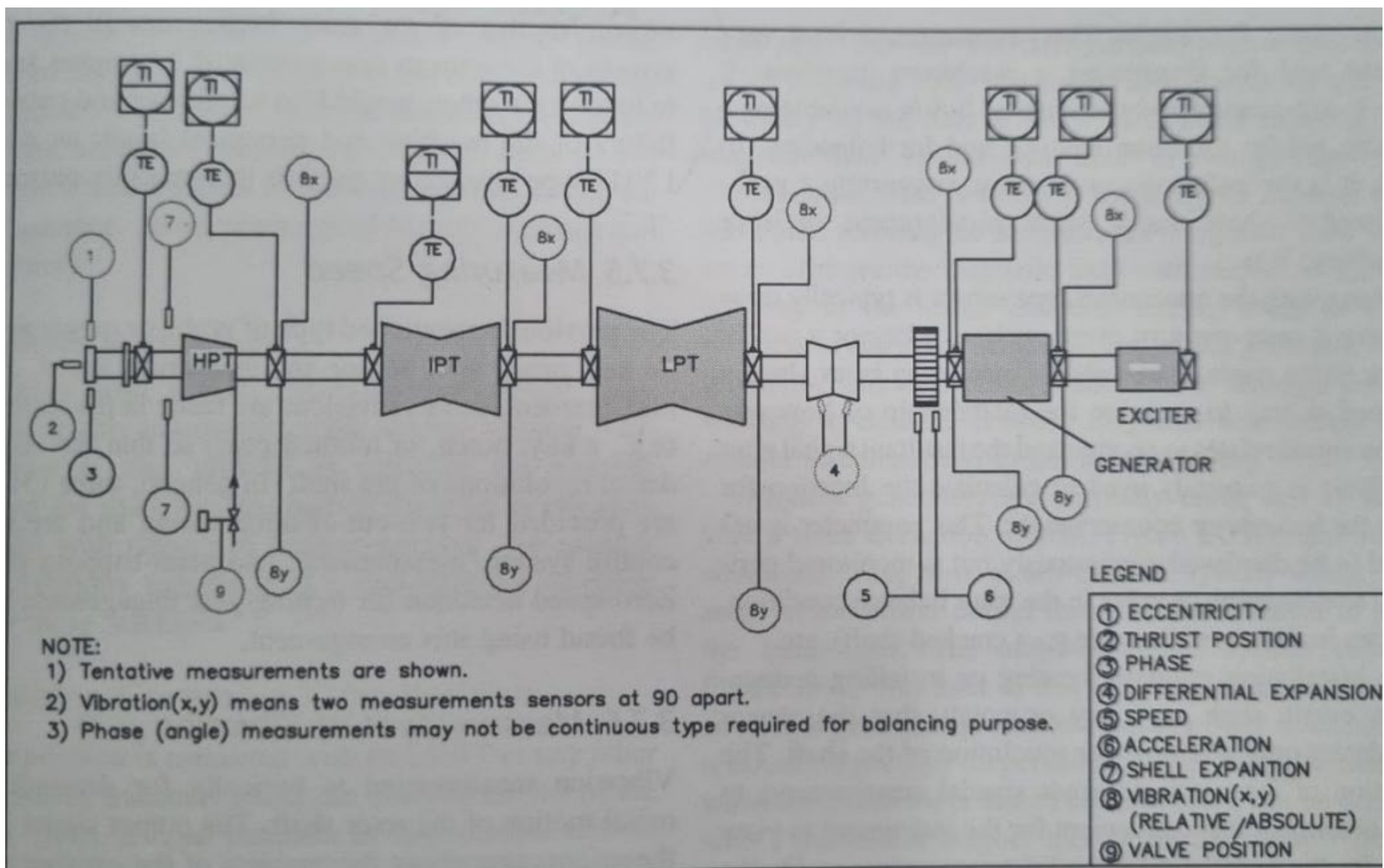
Hydraulic Governors



Digital (Microprocessor-based) Governors

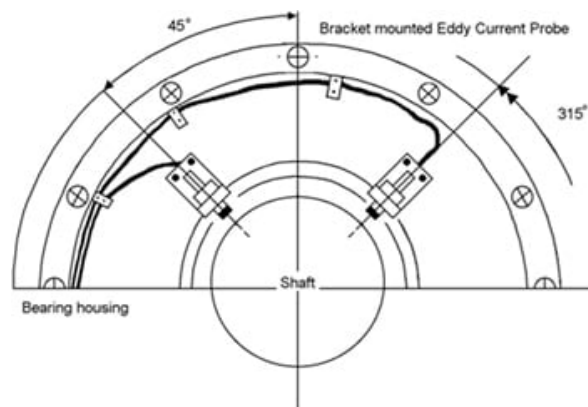


Turbine supervisory Instrument



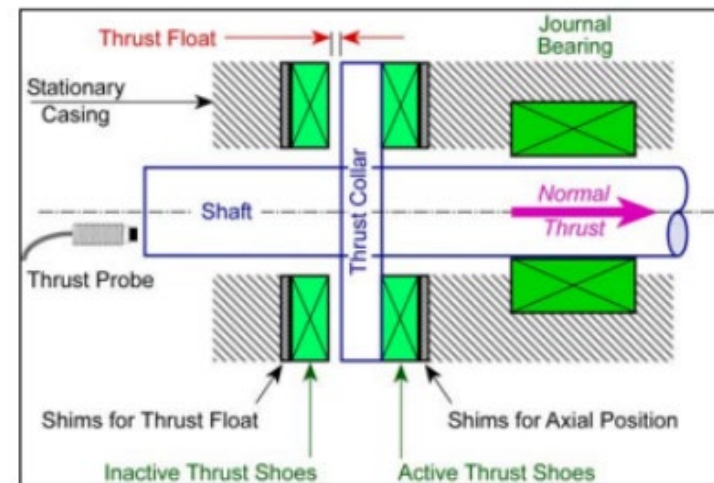


1. Shaft Eccentricity ตำแหน่งความเยื้องศูนย์กลาง



วัดขณะกักน้ำหนมน้ำๆการวัดตำแหน่งความเยื้องศูนย์กลางนี้การวัดการเคลื่อนที่แบบไม่สัมผัสของชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวจะบ่งชี้ถึงการเคลื่อนที่ที่เพิ่มขึ้นในทิศทางที่ไม่ได้ตั้งใจ จึงเป็นตัวแสดงการสึกหรอของตลับลูกปืน บางครั้งเรียกตัววัดนี้ว่า Displacement Eddy current โดยการมีสาเหตุมาจากหลายสาเหตุเช่น การติดตั้งเครื่องจักรที่ไม่ได้ Alignment , Temporary thermal Force หรือ Gravitational force

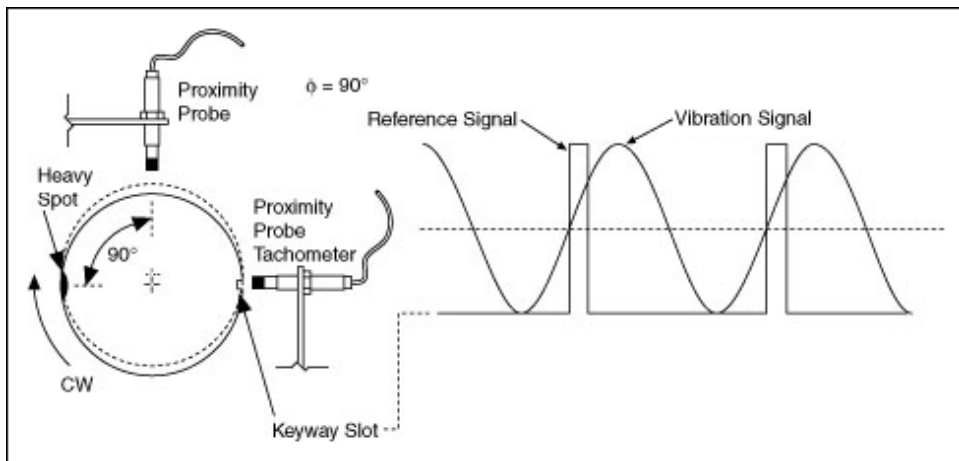
2.Trust Position วัดการเคลื่อนที่ของ Shaft



วัดขณะกักน้ำหนมน้ำเร็วที่ load หนักๆ การเคลื่อนตัวออกไปในแนวระดับที่มากเกินไป จะเป็นต้นเหตุของความเสียหายร้ายแรง โดยปกติจะมีการส่งสัญญาณเพื่อไปหยุดทำงานของกังหัน Emergency shutdown



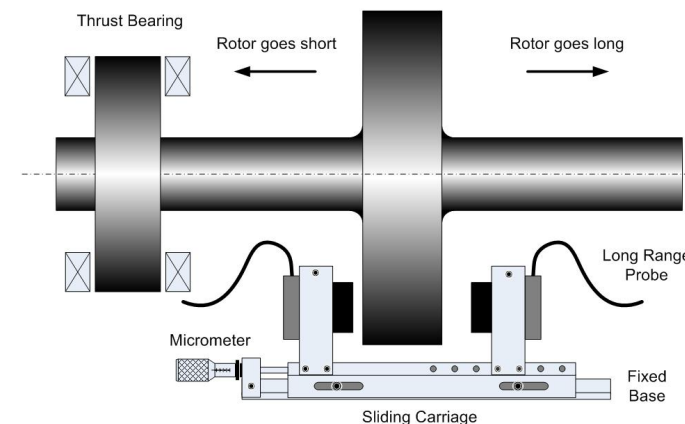
3. Phase or Key phaser or phase angle



คีย์เฟเซอร์เป็นเซ็นเซอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้ในกังหันไอน้ำ เพื่อให้ข้อมูลตำแหน่งเชิงมุมที่แม่นยำ โดยทั่วไปจะประกอบด้วยเซ็นเซอร์แม่เหล็กหรืออปติคัลที่ตรวจจับจุดอ้างอิงหรือเครื่องหมายเฉพาะบนเพลลาหมุน คีย์เฟเซอร์จะสร้างพัลส์ทุกครั้งที่เพลลาผ่านเครื่องหมาย ทำให้สามารถวัดความเร็วรอบและเฟสได้อย่างแม่นยำ โดยปกติ จะเป็นข้อมูลหนึ่งที่ต้องวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูล Vibration เพื่อจะหาจุดที่มีแรงกระทำ หรือ การหา Critical speed สำหรับการสั่นของเพลลา ของกังหัน โดยปกติจะให้กังหันทำงานต่ำกว่า Critical speed การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน สำคัญมาก จะเป็นสัญญาณบอกให้รู้ว่า Shaft Crack , shaft misalignment , rotor damage / mass loss

4. Measurement of Expansion

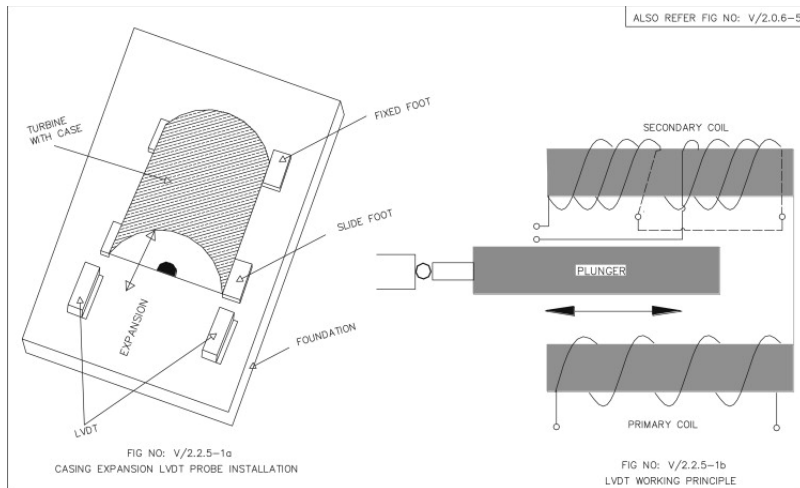
4.1 Differential Expansion



การทำงานของกังหันในแต่ละช่วงจะมีสถานะที่แตกต่างกัน Start up , Running , Tripping และ Shutdown condition ซึ่งแต่ละกระบวนการ แต่ละสถานะ เหล็กจะมีการยืดหด ที่แตกต่างกัน ซึ่งการวัด Expansion จะเป็นการหากระบวนการขั้นตอนที่เหมาะสม และการ ไปถึงการ กำหนด limit และการสั่ง Shut down



4.2 Shell or case Expansion



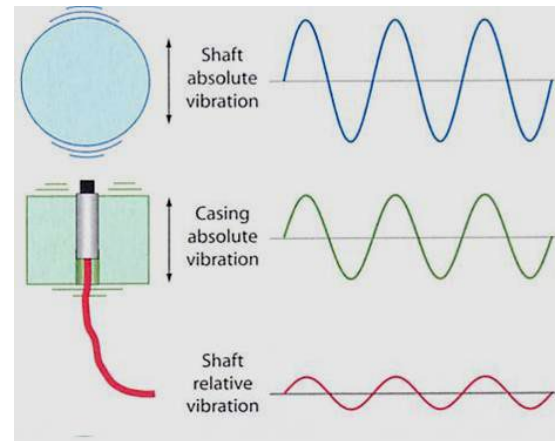
เป็นการตรวจสอบการเคลื่อนตัวโดยติดตั้ง DC LVDT sensor ระหว่าง Casing กับโครงสร้าง เพื่อดูแรงที่เกิดการขยายตัวจาก Thermal Force ยังอยู่ใน Limit

5. Measuring Speed

เป็นการวัดความเร็วการหมุนของ แกนหันไอน้ำโดยจะติดอุปกรณ์ probe magnetic pickup บริเวณ Shaft เพื่อวัดและควบคุม ตลิดจนสั่งให้หยุดการทำงาน

6.Measurement of Vibration

การวัดการสั่น เป็นการหารัศมีการเคลื่อนที่ของ Rotor Shaft โดยผลที่ออกมาจะบอกให้ทราบถึง misalignment ,crack shaft oil whirl , ไม่สมดุล และอื่นๆที่เกิดจาก สาเหตุทาง Dynamic แบ่งเป็น 5.1Relative of Vibration of shaft และ5.2 Absoluter Vibration ซึ่งเป็นการ รวมเอาความสั่นสะเทือนทั้งหมดที่ Shaft ส่งผ่านมายัง Casing



CATEGORY	EXAMPLES	EXCITATION TYPE	VIBRATION TYPE
FORCED VIBRATIONS	UNBALANCE MISALIGNMENT PULSATION	CONSTANT CONSTANT PERIODIC	LATERAL LATERAL AND AXIAL TORSIONAL
TRANSIENT VIBRATIONS	SYNCHRONOUS MOTOR START-UP IMPULSE (SHOCK FORCE)	RANDOM RANDOM	TORSIONAL TORSIONAL, AXIAL, RADIAL
SELF EXCITED	INTERNAL RUB OIL WHIRL GAS WHIRL	RANDOM CONSTANT CONSTANT	LATERAL LATERAL LATERAL

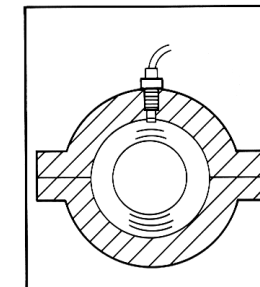
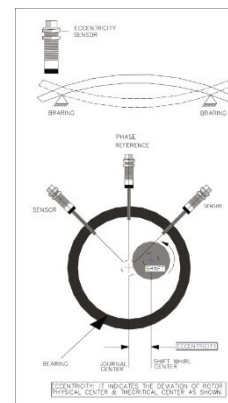


Figure 1.
 ■ Shaft vibration relative to bearing housing: Significant.
 ■ Bearing housing absolute vibration: Little or none.
 ■ Required measurement: Proximity probe.

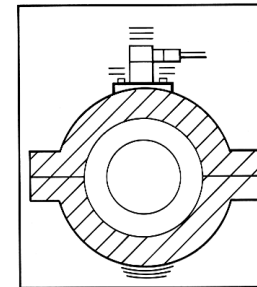


Figure 2.
 ■ Shaft vibration relative to bearing housing: Little or none.
 ■ Bearing housing absolute vibration: Significant.
 ■ Measurement required: Seismic transducer (velocity or acceleration).

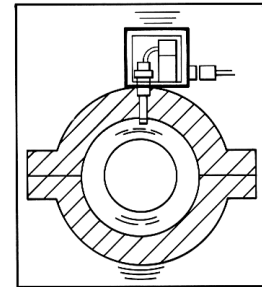


Figure 3.
 ■ Shaft vibration relative to bearing housing: Significant.
 ■ Bearing housing absolute vibration: Significant.
 ■ Required measurement: Dual probe.

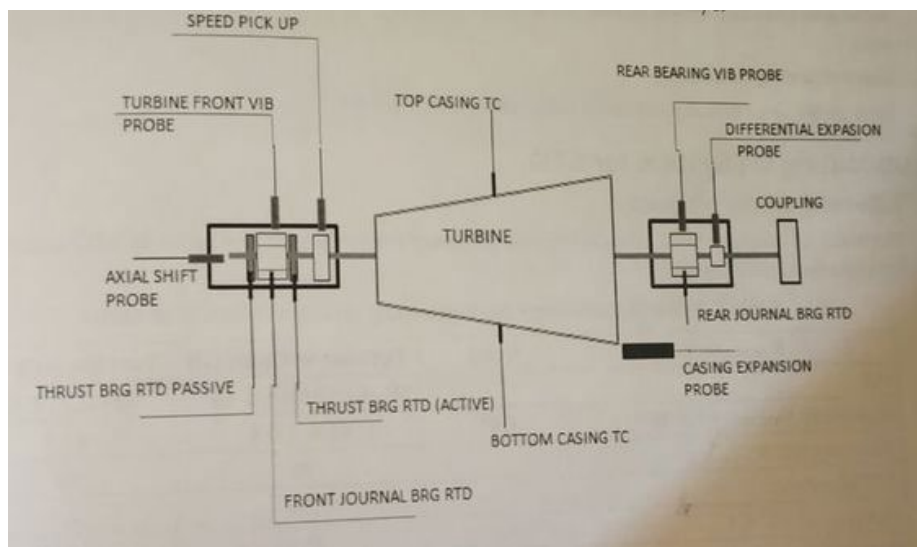


7. Turbine-Governing Valve position

การวัดการเคลื่อนที่ของ Governing Valve ด้วย DC LVDT เพื่อให้รู้ว่า Governing Valve ทำงานปกติหรือไม่

8. Temperature

เพื่อใช้ตรวจสอบสภาพทั่วไปว่าปกติ หรือไม่ ตลอดจนประสิทธิภาพ ของอุปกรณ์อีกด้วย



Basic turbine Monitoring Parameters

- Speed (RPM) and load (kW/MW, or shaft horsepower (SHP))
- Steam turbine inlet pressure and temperature
- Steam turbine 1st stage pressure and temperature (these are the conditions downstream of the first/large impulse stage before remaining HP section blading, as applicable)
- HP turbine outlet (or cold reheat), IP turbine inlet (or hot reheat), and IP turbine outlet/LP turbine inlet (or crossover) pressures and temperatures for reheat/multiple shell turbines only
- Steam turbine rotor/shell differential expansions (as applicable for large turbines)
- Steam turbine shell and steam chest temperatures/differentials (lower and upper half thermocouples installed in HP and IP turbine sections for large turbines)
- Admission and extraction pressures and temperatures (as applicable)
- Extraction line thermocouples to detect water induction (as applicable)
- Water and steam purity at the main steam inlet and condensate pump discharge
- Sealing steam and exhauster pressures (as applicable)
- Steam turbine exhaust pressure and temperature
- Lube oil and hydraulic fluid supply pressures and temperatures
- Cooling water supply pressures and temperatures for the lube oil and hydraulic fluid systems
- Journal bearing and thrust bearing metal temperatures (or drain temperatures, if applicable) for the turbine and gearbox (as applicable)
- Bearing vibration – seismic, shaft rider, or shaft x-and-y proximity probes measurements for all turbine and gearbox (pinion) bearing locations (as applicable)