



1

## ทบทวนความเข้าใจ

โรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermal power plant) เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้การเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อนำความร้อนไปใช้งานในกระบวนการถัดไป สำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้ ยกตัวอย่าง เช่น เชื้อเพลิงแข็ง (ถ่านหิน, ชีวมวล, ขยะ) เชื้อเพลิงเหลว (น้ำมันเตา, น้ำมันดีเซล) เชื้อเพลิงแก๊ส (แก๊สธรรมชาติ, แก๊สหุงต้ม)

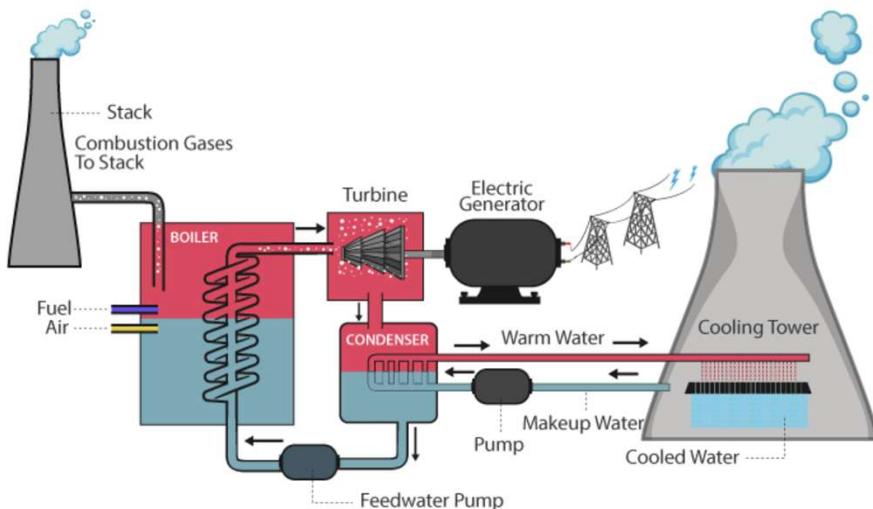
ความร้อนที่ได้จะนำไปตามน้ำให้กลายเป็นไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูงเพื่อใช้เดินเครื่องกังหันไอน้ำซึ่งเวลาของกังหันฯ จะต่อ กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยตรงหรือต่อคันกลางด้วยอุปกรณ์ทั้งหมด

ในปัจจุบันโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนส่วนใหญ่จะผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนของไอน้ำ ซึ่งมักจะถูกเรียกว่า โรงจักรไฟฟ้ากำลังไอน้ำ หรือโรงไฟฟ้ากำลังไอน้ำ (Steam power plant)

ภายในโรงไฟฟ้ากำลังไอน้ำ มีส่วนประกอบหลักๆ คือ เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Steam generator) กังหันไอน้ำ (Steam turbine) เครื่องควบแน่น (Condenser) และระบบหล่อเย็น (Cooling System) ที่ช่วยในการระบายความร้อนออกจากเครื่องควบแน่น นอกนั้นเป็นอุปกรณ์ช่วยในระบบการทำงานต่างๆ

2

### ส่วนประกอบของโรงไฟฟ้ากำลังไอน้ำอย่างง่าย

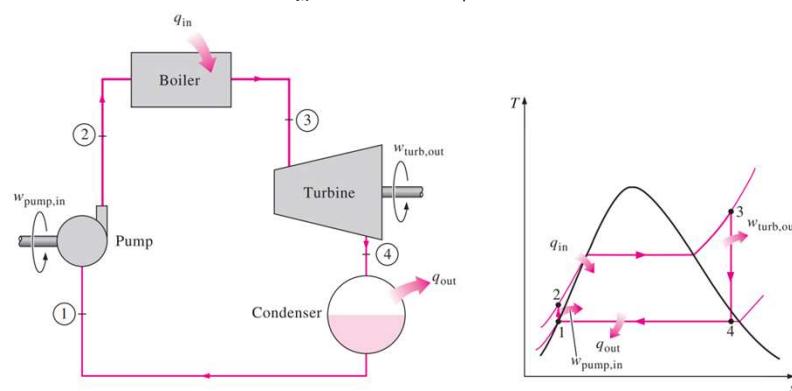


ที่มา <https://byjus.com/physics/fossil-fuel/>

3

### วัฏจักรแรงดันอุดมคติ

การทำงานของโรงไฟฟ้าจะอาศัยหลักการทำทำงานของวัฏจักรแรงดัน (Rankine Cycle) ซึ่งวัฏจักรแรงดันของโรงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงจะมีความซับซ้อนมากกว่าวัฏจักรแรงดันในอุดมคติที่เป็นแบบอย่างง่ายดังภาพด้านล่าง



**FIGURE 10-2**

The simple ideal Rankine cycle.

ที่มา Thermodynamics: An Engineering Approach, 5th edition by Yunus A. Çengel and Michael A. Boles

4

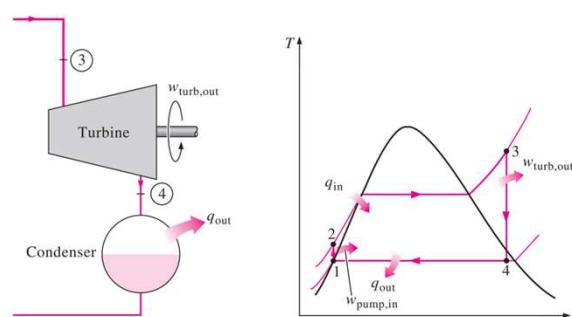
## พิจารณาในส่วนของกังหันไอน้ำ ในวัฏจักรแรงดันอุดมคติ

เมื่อพิจารณาเฉพาะกังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

หมายเลข 3 คือ ไอน้ำอุณหภูมิสูงและความดันสูง (พลังงานสูง)  
ผ่านเข้ามาหรือเรียกว่า Inlet steam

หมายเลข 4 คือ ไอน้ำอุณหภูมิสูงและความดันต่ำ (พลังงานต่ำ)  
ผ่านออก หรือเรียกว่า Exhaust steam

โรงไฟฟ้าจะอาศัยหลักการทำงานของวัฏจักรแรงดัน  
(Rankine Cycle) ซึ่งวัฏจักรแรงดันของโรงไฟฟ้าที่ใช้งานจริง<sup>†</sup>  
จะมีความซับซ้อนมากกว่าวัฏจักรแรงดันในอุดมคติที่เป็น<sup>‡</sup>  
แบบอย่างง่ายดังภาพด้านล่าง



ที่มา Thermodynamics: An Engineering Approach, 5th edition by Yunus A. Çengel and Michael A. Boles

5

## กังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

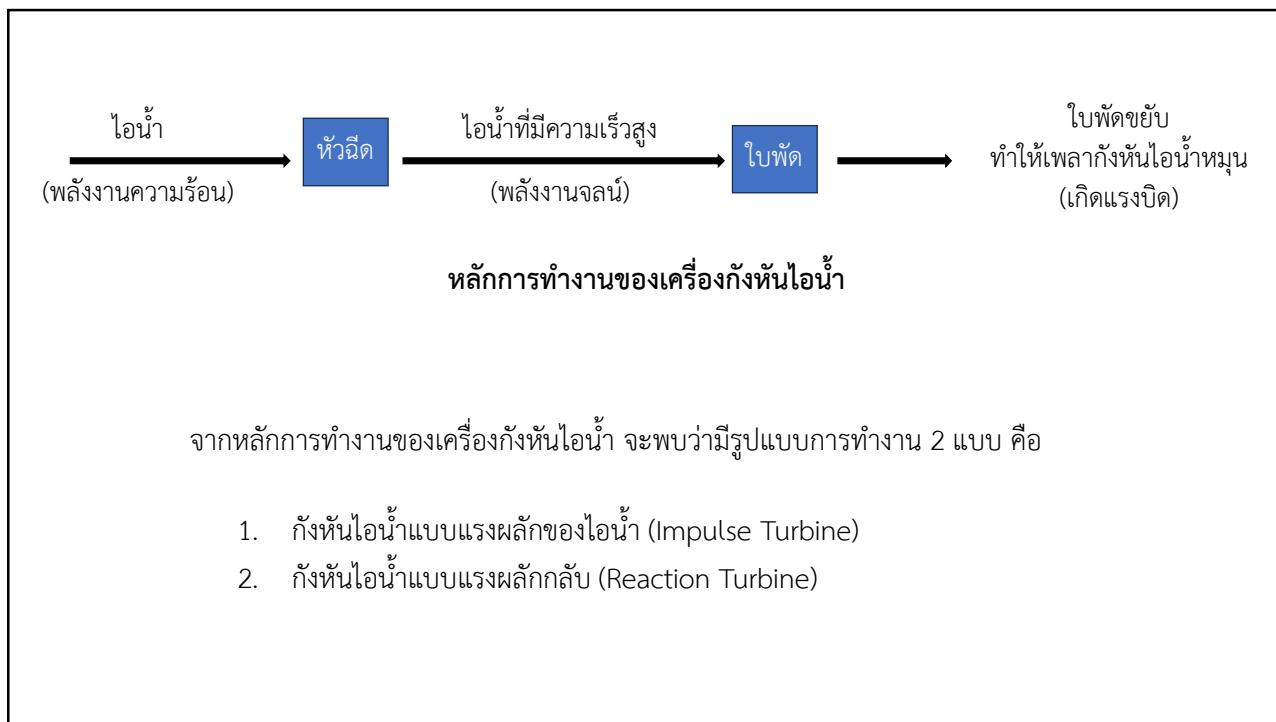
กังหันไอน้ำเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานความร้อน (Thermal energy) ของไอน้ำให้เป็นพลังงานกลในรูปของการหมุนของเพลา กังหัน มีส่วนประกอบสำคัญคือ ระบบควบคุม (Governor System), เพลา กังหัน และใบพัด ส่วนที่หมุน (Rotor & Moving Blade), ตัวถังและใบพัดส่วนที่อยู่กับที่ (Casing & Stationary Blade), วาล์วฉุกเฉิน (Emergency Stop valve), วาล์วควบคุมปริมาณไอน้ำ (Governor control valve), และเครื่องควบแน่น (Condenser) เป็นต้น

**หลักการทำงาน :** เครื่องกังหันไอน้ำ เป็นเครื่องสร้างพลังงานกล (Mechanical energy) ในรูปของแรงบิด (Torque) จากพลังงานความร้อน (Heat energy) ที่มีอยู่ในไอน้ำ โดยพลังงานจะเกิดการเปลี่ยนรูป 2 ครั้ง คือ

**ขั้นตอนแรก** พลังงานความร้อนจากไอน้ำจะเปลี่ยนเป็นพลังงานกลน์ โดยการขยายตัวออกจากช่องเปิดหรือหัวฉีด (Nozzle) ซึ่งไอน้ำจะเคลื่อนที่ผ่านไปในลักษณะเป็นลำของไอน้ำที่มีความเร็วสูง

**ขั้นตอนที่สอง** พลังงานจากไอน้ำที่มีความเร็วสูง จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกลโดยให้กระทบกับใบพัดของกังหัน ทำให้เกิดแรงกระแทกใบพัดซึ่งติดอยู่บนเพลา ทำให้เพลาเกิดการหมุน

6



จากหลักการทำงานของเครื่องกังหันไอ้น้ำ จะพบว่า มีรูปแบบการทำงาน 2 แบบ คือ

1. กังหันไอ้น้ำแบบแรงผลักของไอ้น้ำ (Impulse Turbine)
2. กังหันไอ้น้ำแบบแรงผลักกลับ (Reaction Turbine)

7

### กังหันไอ้น้ำแบบแรงผลักของไอ้น้ำ (Impulse Turbine)

ไอ้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูงไหลผ่านหัวฉีด (Nozzle) จะทำให้เกิดการขยายตัว จะส่งผลให้อุณหภูมิ และความดันของไอน้ำลดลง แต่ความเร็วของไอน้ำจะเพิ่มขึ้น (พลังงานความร้อนเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์) จะทำให้เกิดแรงกระแทกส่วนที่ของทางการไหลของไอน้ำ ซึ่งส่วนที่ของไอน้ำเรียกว่าใบพัดจะติดตั้งอยู่กับวงล้อบนเพลา กังหันในลักษณะเป็นวงกลม

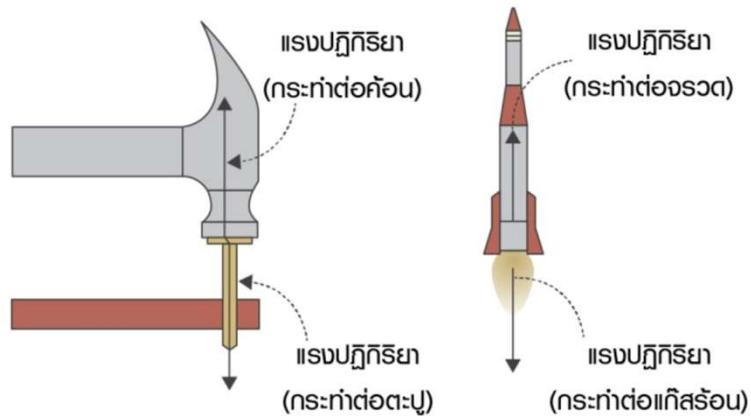
บนเพลาจะมีวงล้อหลายวง ซึ่งแต่ละวงจะติดตั้งใบพัดหลายชิ้น ในขณะที่ใบพัดหนึ่งถูกไอน้ำเข้าไปทักษะ ก็จะทำให้เพลาหมุน ใบพัดใบอื่นก็จะหมุนเข้ามาแทนที่เพื่อรับแรงประทบจากไอน้ำ ทำให้เกิดการหมุนต่อเนื่อง



8

## กังหันไอน้ำแบบแรงผลักกลับ (Reaction Turbine)

กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน ทุกแรงกิริยาที่กระทำต่อวัตถุ ต้องเกิดแรงปฏิกิริยาขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงกันข้ามเกิดขึ้นพร้อมกันเสมอ



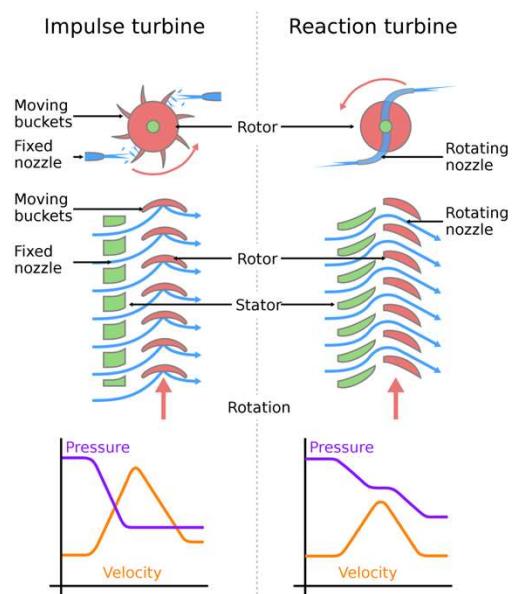
<https://www.trueplookpanya.com/learning/detail/33960>

9

## กังหันไอน้ำแบบแรงผลักกลับ (Reaction Turbine)

หลักการนี้จึงนำมาสร้างใบพัดให้ทำงานที่เป็นหัวฉีดซึ่งติดตั้งอยู่กับวงล้อ เรียกว่าใบพัดเคลื่อนที่ (Moving blade)

ในการส่งไอน้ำเข้ามายังใบพัดเคลื่อนที่ จะต้องติดตั้งใบพัดที่มีรูปร่างเหมือนกันกับใบพัดเคลื่อนที่ติดไว้กับส่วนเปลือกของกังหัน (Casing) โดยติดตั้งแบบสลับແղกับส่วนที่หมุน เราจะเรียกใบพัดชุดนี้ว่าเป็นใบพัดส่วนที่อยู่กับที่ (Fix blade)



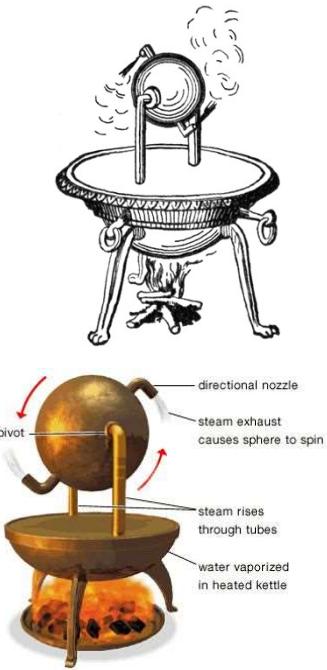
[https://en.wikipedia.org/wiki/Steam\\_turbine#/media/File:Turbines\\_impulse\\_v\\_reaction.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Steam_turbine#/media/File:Turbines_impulse_v_reaction.svg)

10

## Hero's aeolipile

กังหันไอน้ำถูกประดิษฐ์ขึ้นเป็นครั้งแรกโดยนักประดิษฐ์ชาวกรีกชื่อ Hero แห่ง Alexandria โดยเป็นกังหันไอน้ำชนิดแรงปฏิกิริยา (reaction turbine)

มีส่วนประกอบคือ มีส่วนที่ทำหน้าที่ต้มน้ำเพื่อสร้างไอน้ำ, ท่อส่งไอน้ำเข้าสู่ส่วนที่เคลื่อนที่ได้ ส่วนที่เคลื่อนที่ได้มีท่อเปิด 2 ฝั่ง (ตรงข้ามกัน) เพื่อระบายไอน้ำออกสู่บรรยากาศ



[https://en.wikipedia.org/wiki/Hero\\_of\\_Alexandria#/media/File:Aeolipile\\_illustration.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Hero_of_Alexandria#/media/File:Aeolipile_illustration.png)

<https://www.pinterest.com/pin/351562314639694090>

11

## กังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

หลักการทำงาน (ต่อ) : เมื่อไอน้ำ (Steam) ไหลผ่านชุดของใบพัดตั้งแต่ขาเข้า (Inlet) จนถึงขาออก (Exhaust) โดยความดัน (Pressure) และอุณหภูมิ (Temperature) จะค่อยๆ ลดลง ไอน้ำที่หล่อออกจากกังหัน (Exhaust steam) จะไหลเข้าสู่เครื่องควบแน่น (Condenser) ซึ่งมีท่อโลหะ (Tube) สอดขวางอยู่เป็นจำนวนมาก และภายในท่อดังกล่าวจะมีน้ำหล่อเย็น (Cooling Water) เพื่อใช้ระบายความร้อนให้ลดลงในท่อ

หลังจากไอน้ำไหลเข้าสู่เครื่องควบแน่น (Condenser) ไอน้ำจะถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำหล่อเย็นในท่อ ส่วนตัวไอน้ำจะควบแน่นและเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำบริสุทธิ์และถูกสูบวนกลับเข้าหม้อน้ำ (Boiler) อีกครั้ง

การทำงานของระบบกังหันไอน้ำที่กล่าวมานี้เป็นเพียงคร่าวๆ ในการทำงานจริงจะมีระบบอื่นๆ เสริม เช่น เครื่องอุ่นน้ำ, ปั๊มน้ำมันความดันสูง, เครื่องดูดอากาศ เป็นต้น

12

## การแบ่งประเภทของเครื่องกังหันไอน้ำ

1. แบ่งตามความดันไอน้ำข้ออก (Exhaust steam)
  - ✓ Condensing steam turbine จะมีความดันไอน้ำข้อออกต่ำกว่าความดันบรรยายกาศ
  - ✓ Non-condensing steam turbine จะมีความดันไอน้ำข้อออกสูงกว่าความดันบรรยายกาศ
2. แบ่งตามการจัดวางเพลา (Shaft) ของเครื่องกังหันไอน้ำ
  - ✓ Tandem compound คือรูปแบบเครื่องกังหันไอน้ำที่มีเพลาเรียงต่อกัน (เป็นแกนหมุนเดียวกัน)
  - ✓ Cross compound คือรูปแบบเครื่องกังหันไอน้ำที่มีเพลาวางอยู่ในแนวข้างกัน
3. แบ่งตามจำนวนทางออกของไอน้ำข้อออกจากเครื่องกังหันไอน้ำ เช่น ทางเดียว, ส่องทาง, สามทาง เป็นต้น
4. แบ่งตามการออกแบบใบพัด เช่น ใช้ใบพัดแบบ Impulse, ใช้ใบพัดแบบ Reaction, หรือใช้สมกันทั้งสองแบบ

13



<https://www.etwinternational.mx/>



<https://www.weg.net/institutional/US/en/>

**condensing steam turbine**

14



<https://www.ngmetalurgica.com.br/en/energia/condensacao/>

**condensing steam turbine**

15



<https://ems-powermachines.com/non-condensing-steam-turbine/>

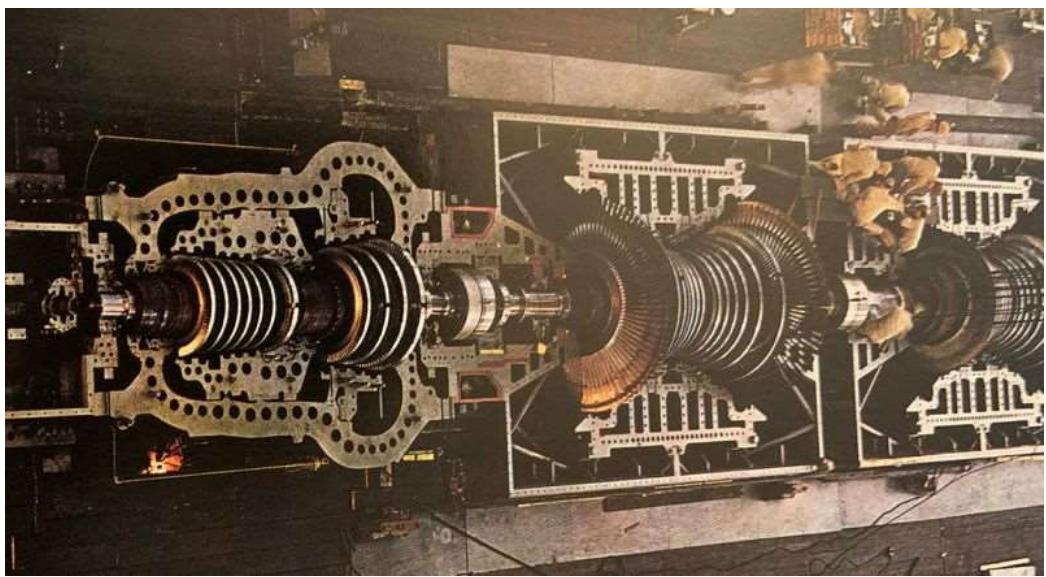
**Non-condensing steam turbine**

16



Non-condensing steam turbine

17



[https://www.linkedin.com/posts/joseph-kubasu-07309531\\_turbines-toshiba-teamtoshiba-activity-7027537268143759360\\_YaE/?originalSubdomain=ke](https://www.linkedin.com/posts/joseph-kubasu-07309531_turbines-toshiba-teamtoshiba-activity-7027537268143759360_YaE/?originalSubdomain=ke)

Tandem compound steam turbine

18



<https://br.pinterest.com/pin/456411743470208556/>

Cross compound steam turbine

19

### การแบ่งประเภทของเครื่องกังหันไอน้ำ (ต่อ)

5. แบ่งตามลักษณะการแยก (Extract) เอาไอน้ำไปใช้ในกระบวนการอื่น
  - ✓ Automatic Extraction จะมีการวิเคราะห์ควบคุมความดันไอน้ำที่ตัวกังหันให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิต
  - ✓ Non-Automatic Extraction จะไม่มีการวิเคราะห์ควบคุมความดันไอน้ำที่ตัวกังหัน โดยความดันไอน้ำจะขึ้นอยู่กับจุดที่แยกออกมาราคาใช้จ่าย และความตันของไอน้ำขาเข้า (Inlet steam)
6. แบ่งตามขนาดของเครื่องกังหันไอน้ำ โดยแบ่งตามกำลังงานของเครื่อง

20

## ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

1. ฐานของกังหัน (Turbine Base) ปกติจะทำด้วยคอนกรีต หรืออาจจะเป็นโครงสร้างเหล็กในบางยี่ห้อ ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบและลักษณะของฝั่งทางออกของไอน้ำ (Exhaust Steam) ที่จะเข้าสู่เครื่องควบแน่น
2. ตัวถังของกังหัน (Turbine Casing)
  - มี 2 ส่วน คือส่วนบน (Upper Casing) และส่วนล่าง (Lower Casing) มีลักษณะภายในสมมาตรกัน ทำหน้าที่เป็นเรือนสำหรับติดตั้งใบพัดส่วนที่อยู่กับที่ (Stationary Blade) และอุปกรณ์ส่วนควบคุมอื่นๆ
  - การออกแบบตัวถังจะทำให้มีความหนาเป็นพิเศษเพื่อทนต่อแรงดันและอุณหภูมิของไอน้ำ
  - ตัวถังส่วนบนและส่วนล่างจะยึดติดกันด้วย Studs bolt และ Nut
  - ตัวถังจะวางอยู่บนฐานรองที่ฝั่งหัว (Front, Steam end) และฝั่งท้าย (Rear, Exhaust end) ที่ให้ความยืดหยุ่นในการขยายตัวทางความร้อนของโลหะอันในทุกทิศทางอย่างสอดคล้องกัน

21

## Turbine Base



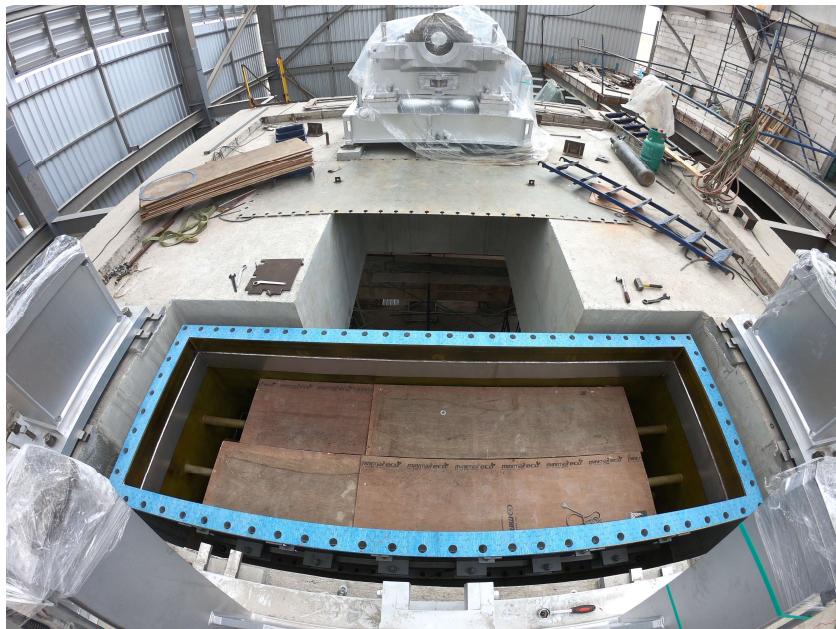
Down exhaust



Top exhaust

22

### Turbine Base



23

### Turbine casing



24

### Turbine casing



25

### Turbine casing



26

### Turbine casing



27

### Turbine casing



28

Turbine Upper casing ชิ้นติดตั้งอุปกรณ์ไว้แล้ว เตรียมประกอบ



29

Turbine Bolt



30

### Turbine casing



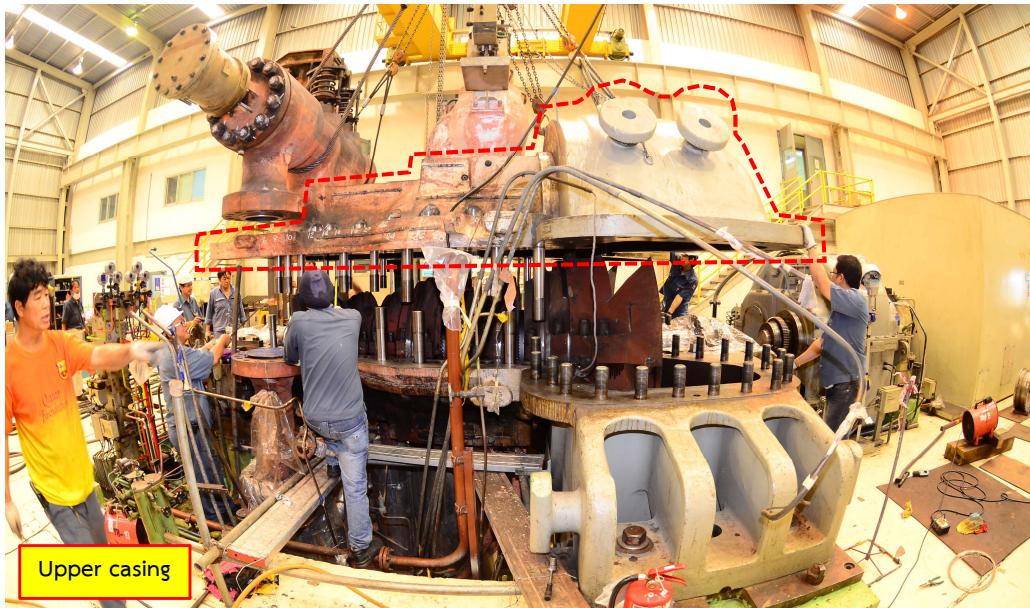
31

### Turbine casing



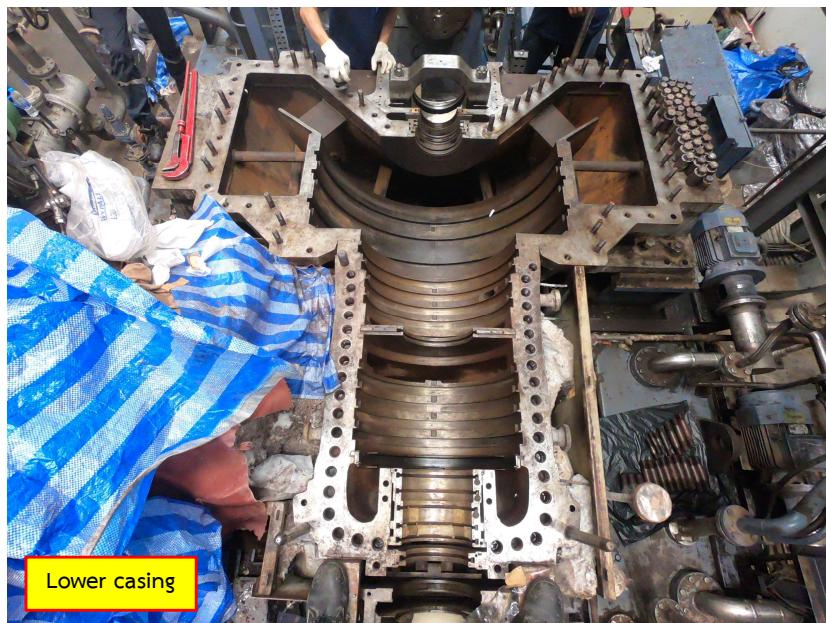
32

Turbine Upper casing ชิ้นติดตั้งอุปกรณ์ไว้แล้ว เตรียมประกอบ



33

Turbine casing



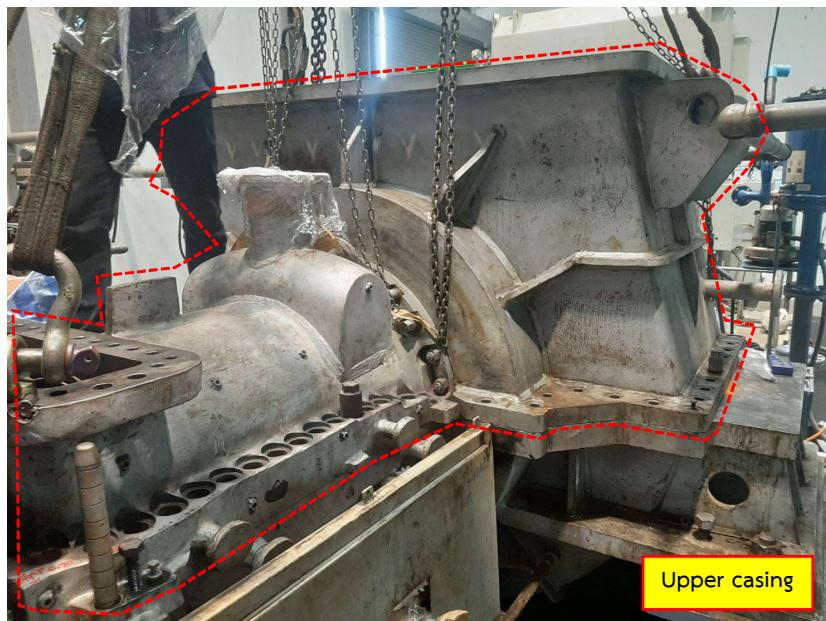
34

### Turbine casing



35

### Turbine casing



36

### Turbine casing



37

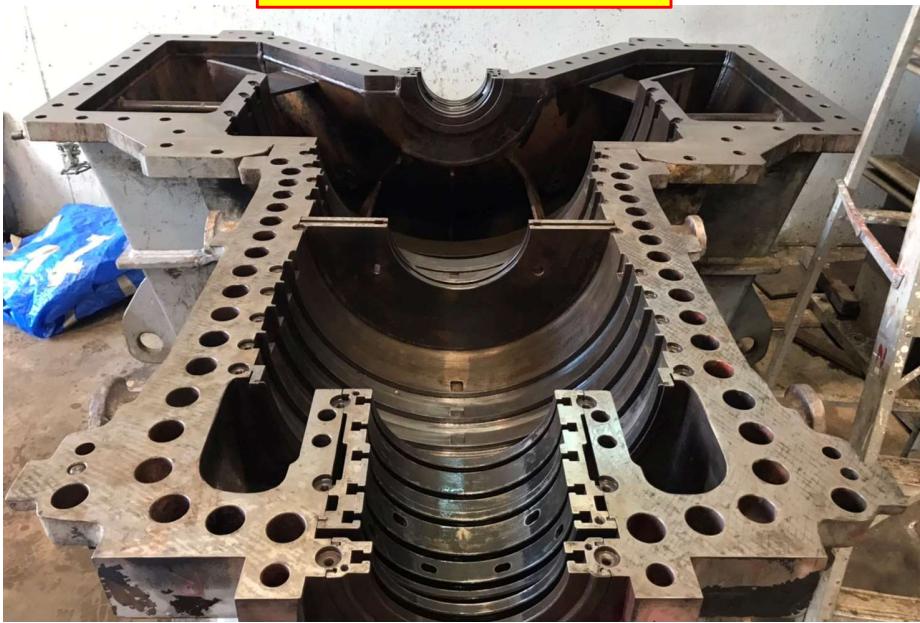
### Turbine casing



38

Turbine casing

Upper casing \*\* ที่ถูกพลิกให้หงายขึ้น



39

ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

3. เพลาและใบพัดส่วนที่หมุน (Turbine Rotor and Moving Blade) ทำหน้าที่หมุนและส่งถ่ายพลังงานกลให้แก่ เครื่องลดรอบความเร็ว (Reduction Gearbox)
4. ใบพัดส่วนที่อยู่กับที่ (Stationary Blade, Fix Blade, Diaphragm Nozzle) เป็นใบพัดส่วนที่ไม่หมุน จะทำหน้าที่รับไอน้ำ ที่มาจากการบินพัดส่วนที่หมุนได้จาก stage ก่อนหน้า และเปลี่ยนทิศทางและเพิ่มความเร็วของไอน้ำส่งต่อ ไปยังใบพัดส่วนที่หมุนได้ใน stage ถัดไป
  - ใบพัดส่วนที่อยู่กับที่ จะแบ่งได้ 2 ส่วน คือส่วนบน (Upper) และส่วนล่าง (Lower) ซึ่งทั้งส่วนบนและส่วนล่างจะมีลักษณะสมมาตรกันและจะยึดติดกันด้วย Studs bolt และ Nut (หรือติดตั้งทั้ง 2 ส่วน แบบประภากันพร้อมกับลิมหรือ key ในบาง )

40

## ประเภทของใบพัดกังหันไอน้ำ (Blade type of Steam Turbine)

Steam Turbine มีหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ (Kinetic Energy) ของไอน้ำ (Steam) ให้เป็นพลังงานกลในรูปของการหมุนของเพลา (Shaft) ในขณะที่ไอน้ำไหลผ่านกังหันฯ จะมีความดันลดลง โดยที่ปริมาตรและความเร็วจะเพิ่มขึ้น

ไอน้ำที่มีความเร็วสูงจะมีพลังงานจลน์สูง ทั้งนี้เนื่องจากพลังงานจลน์แปรผันตรงกับความเร็วของไอน้ำ ( $E_k = \frac{1}{2} m v^2$ ) ที่ออกจากการหัวฉีด (Nozzle)

ใบพัดของกังหันฯ เมื่อแบ่งตามรูปปั้ร่าง ได้ 2 แบบ คือ ใบพัดแบบแรงดล (Impulse Blade) และใบพัดแบบแรงปฏิกิริยา (Reaction Blade)

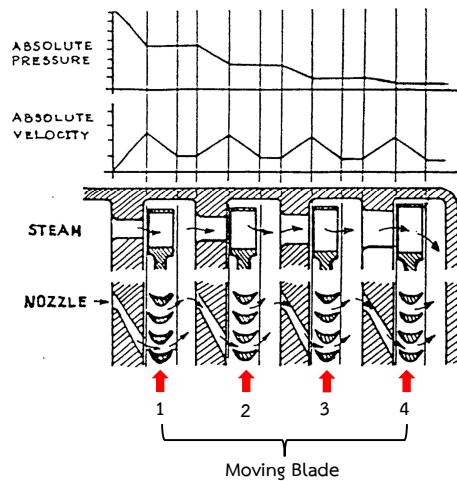
41

## ใบพัดแบบแรงดล (Impulse Blade)

Impulse Blade ดังภาพ เมื่อไอน้ำเริ่มผ่านหัวฉีด (Nozzle) และที่ 1 ความเร็ว (velocity) ของไอน้ำจะเพิ่มขึ้นและความดัน (Pressure) ของไอน้ำจะลดลง ไอน้ำจะกระแทกกับใบพัดส่วนที่หมุน (Moving Blade) ทำให้เพลาของกังหันหมุน

ในขณะที่ไอน้ำไหลผ่าน Moving Blade ความเร็วไอน้ำจะลดลงแต่ความดันไอน้ำจะคงที่ และเมื่อไอน้ำออกจาก Moving Blade ก็จะไหลเข้าไปยังหัวฉีดและที่ 2 โดยจะทำให้ไอน้ำมีความเร็วเพิ่มขึ้นและความดันไอน้ำลดลงอีกครั้ง จากนั้นไอน้ำจะกระแทกกับใบพัดส่วนที่หมุนชุดที่ 2 ต่อไป

ลักษณะการทำงานจะสลับกันระหว่างหัวฉีด (Nozzle, Fix Blade) กับใบพัดส่วนที่หมุน (Moving Blade) จนถึงขาออก (Exhaust Turbine)



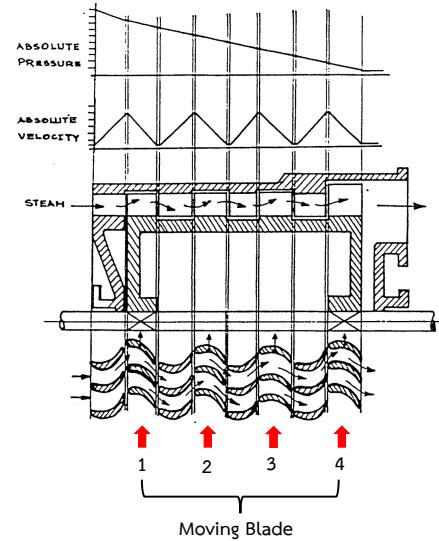
42

## ใบพัดแบบแรงปฏิกิริยา (Reaction Blade)

Reaction Blade ดังภาพ การเคลื่อนที่ของใบพัดเกิดจากไอน้ำฉีดตัวออกจากใบพัดทำให้เกิดการหมุน (เช่นเดียวกับเครื่องบิน JET ที่เคลื่อนที่ออกใบจี้ทางหน้าด้วยแรงฉีดของการเผล่เชือเพลิงในห้องเผาไหม้แล้วพ่นออกทางท่อส่งเพื่อดันให้ตัวเองเคลื่อนที่ไปข้างหน้า)

ใบพัดชนิดนี้ ทั้งในส่วนของใบพัดส่วนที่หมุน (Moving Blade) และใบพัดส่วนที่อยู่กับที่ (Fix Blade) จะมีรูปร่างเหมือนกัน ซึ่งตัวใบพัดส่วนที่อยู่กับที่จะคล้ายกับ Nozzle ทำให้เกิดการรีดไอน้ำผ่านช่องใบพัด

ความเร็วของไอน้ำที่ออกจาก Fix Blade ช่วยทำให้เกิด Impulse (แรงดึง) กระทำต่อ Moving Blade **ความดันไอน้ำจะลดลงทั้งในขณะไอน้ำไหลผ่าน Fix Blade และ Moving Blade**

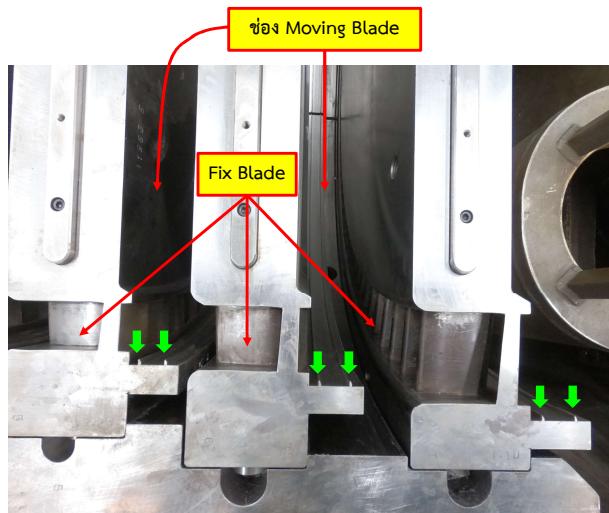


43

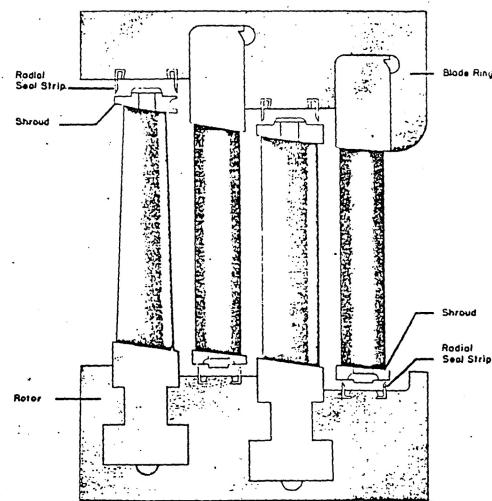
## ใบพัดแบบแรงปฏิกิริยา (Reaction Blade)

ใบพัดส่วนที่หมุนได้ (Moving Blade) ที่เป็นชนิด Reaction จะเกิดความดันตกในขณะที่ไอน้ำไหลผ่านด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงต้องมีการติดตั้ง Radial Fin หรือ Radial seal strip เพื่อป้องกันไอน้ำลัดผ่านตรงขอบใบพัดส่วนที่หมุนได้ ดัง **ลูกศรซึ่งสีเขียว**

สำหรับใบพัดส่วนที่หมุนได้ (Moving Blade) ที่เป็นชนิด Impulse จะไม่เกิดปัญหานี้ ดังนั้นจึงใช้ใบพัดประเภท Impulse สำหรับด้านไอน้ำความดันสูง และใช้ใบพัดประเภท Reaction ทางด้านความดันต่ำ

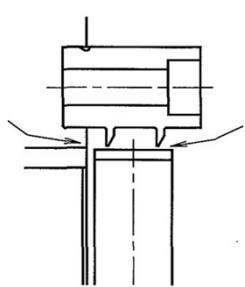


44

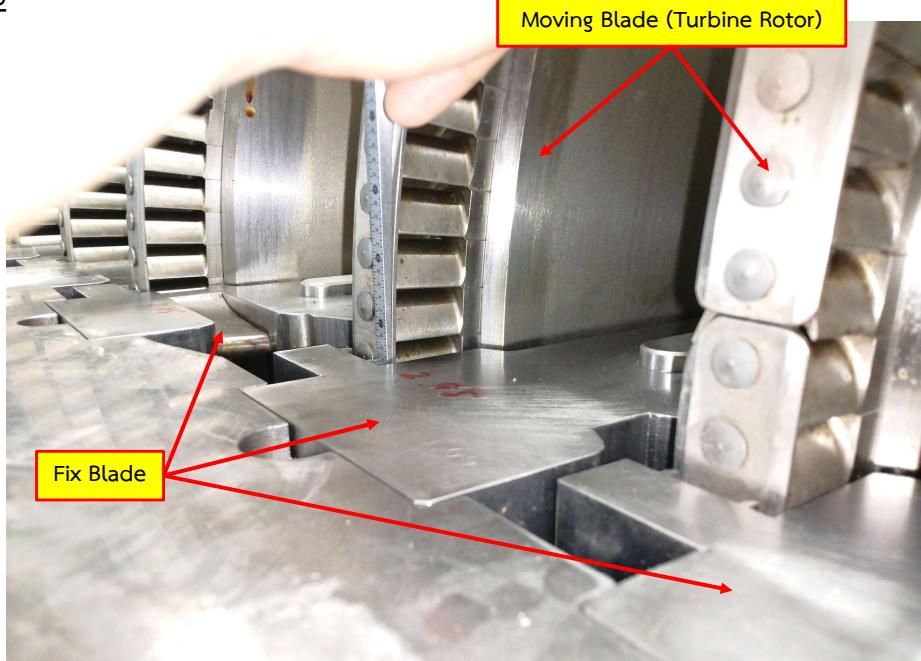
Radial Fin / Radial seal strip**SEALING FOR REACTION BLADING****FEATURES**

1. Removable seal strips in rotor provide inter-stage sealing.
2. Removable seal strips in blade ring minimize tip leakage.

45

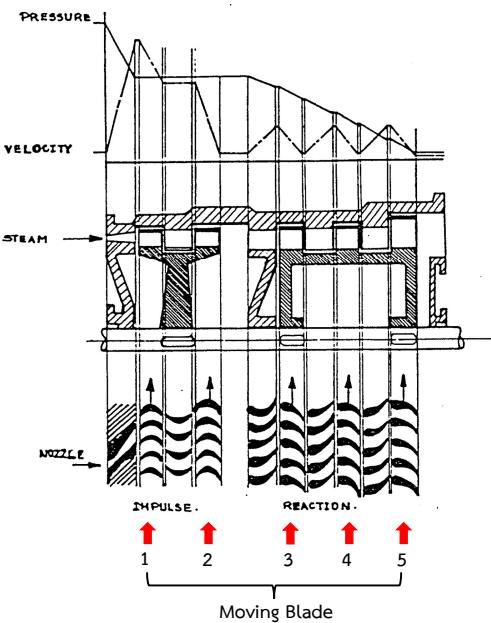
Radial Fin / Radial seal strip

**DETAILS OF RADIAL FIN**  
(2ND~7TH)



46

## กังหันไอน้ำแบบใบพัดผสม



เป็นการนำข้อดีของใบพัดชนิด Impulse และ Reaction มาประกลบกัน ซึ่งมักนิยมใช้ Impulse ใน Stage ที่ 1 และ 2\* และจะใช้ใบพัดชนิด Reaction ใน Stage หลังๆ

\* ทั้งนี้ขึ้นกับการออกแบบของผู้ผลิตกังหัน

47

## Diaphragm / Nozzle / Fix blade / Stationary blade



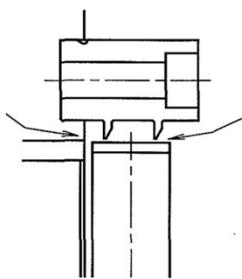
48

Diaphragm / Nozzle / Fix blade / Stationary blade

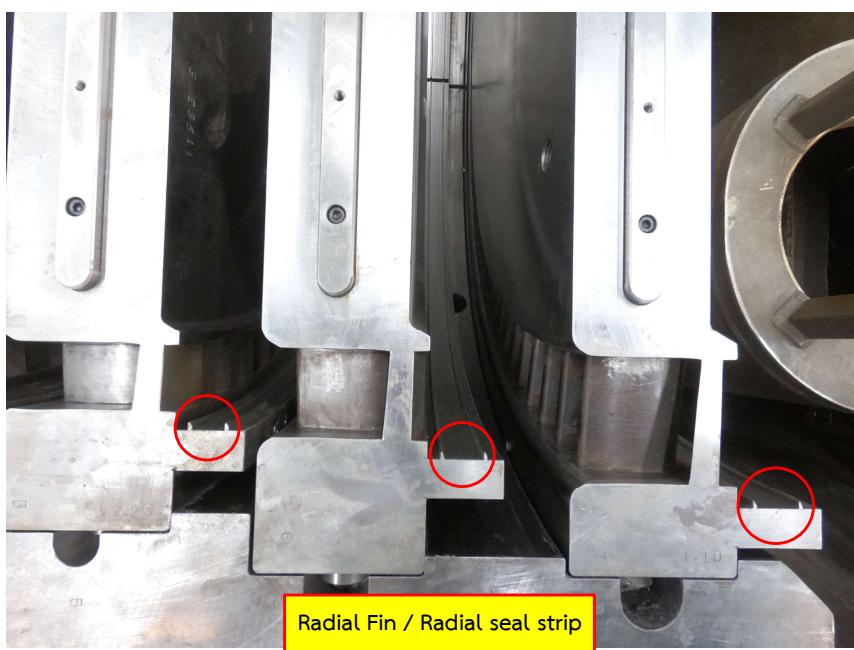


49

Diaphragm / Nozzle / Fix blade / Stationary blade



DETAILS OF RADIAL FIN  
(2ND~7TH)



50

Diaphragm / Nozzle / Fix blade / Stationary blade



ระหว่างการประกอบ Diaphragm Nozzle กับ Lower casing



May 26, 2022 3:22:35 PM

May 26, 2022 3:23:47 PM

May 26, 2022 3:23:54 PM

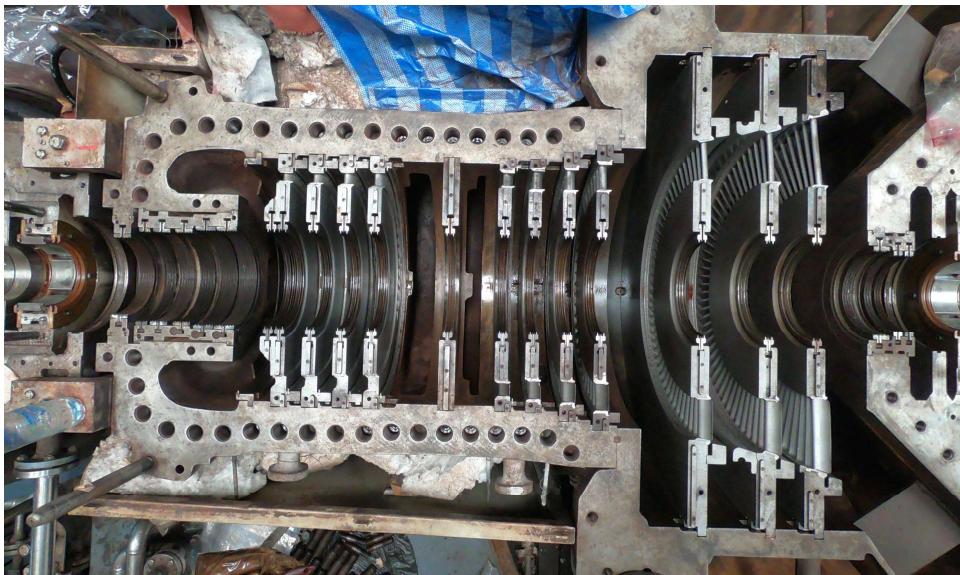
51

Diaphragm / Nozzle / Fix blade / Stationary blade



ระหว่างการประกอบ Diaphragm Nozzle กับ Lower casing

52

Diaphragm / Nozzle / Fix blade / Stationary blade

Diaphragm Nozzle ที่ติดตั้งกับ Lower casing เรียบร้อย

53

Diaphragm / Nozzle / Fix blade / Stationary blade

Diaphragm Nozzle ที่ติดตั้งกับ Lower casing เรียบร้อย

54

Diaphragm / Nozzle / Fix blade / Stationary blade



55

Diaphragm / Nozzle / Fix blade / Stationary blade



56

Diaphragm / Nozzle / Fix blade / Stationary blade



57

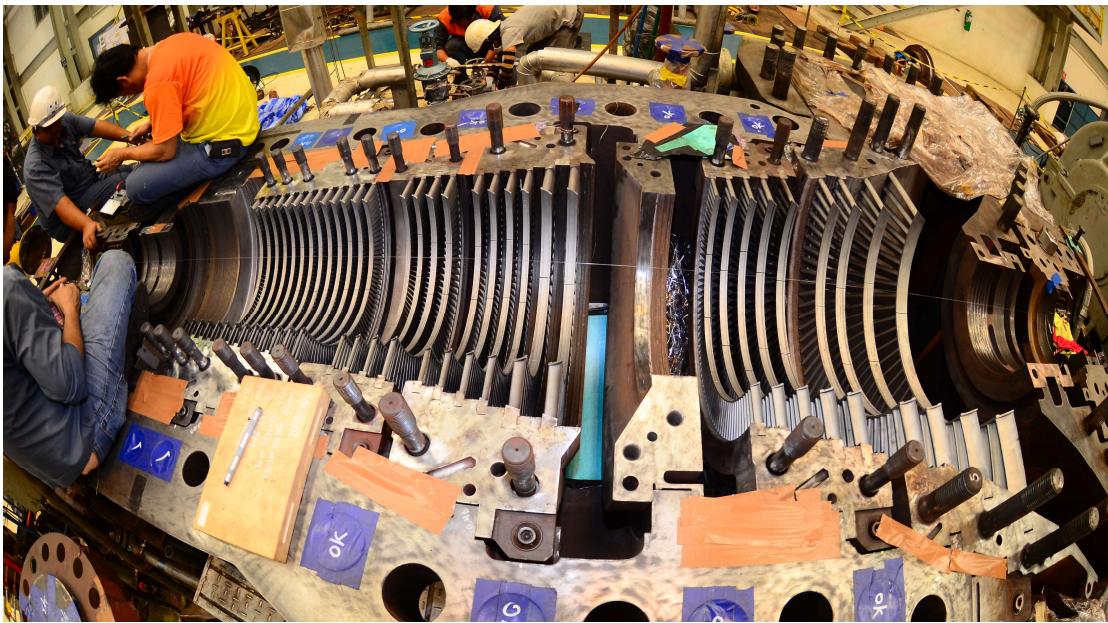
Diaphragm / Nozzle / Fix blade / Stationary blade



<https://www.doosanturbo.com/services/steam-services/diaphragm-nozzle/>

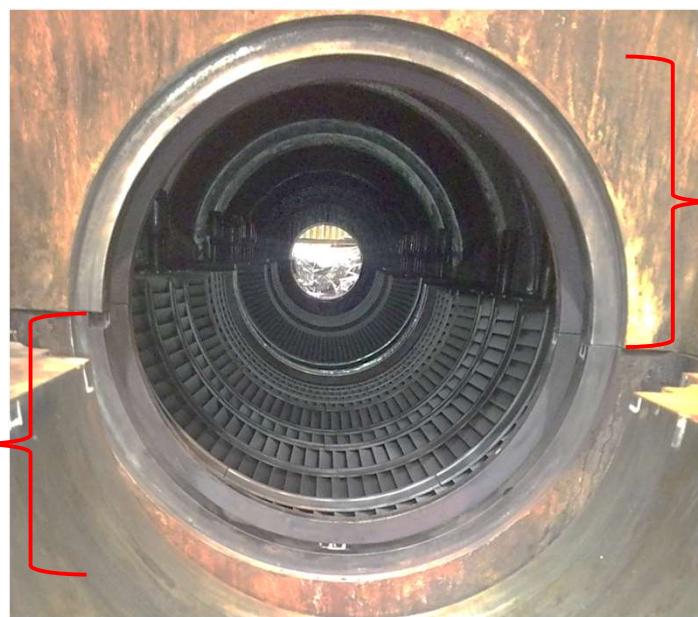
58

Diaphragm / Nozzle / Fix blade / Stationary blade



59

Diaphragm / Nozzle / Fix blade / Stationary blade



Lower casing  
ชิ้นประกอบ Fix blade  
เอาไว้แล้ว

ทดลองประกอบ  
Upper casing  
ลงบน Lower casing

60

ภาพแสดงการประกอบ Diaphragm พร้อมกับ Guide blade carrier ประกอบรอบ Turbine rotor



61

Turbine Rotor



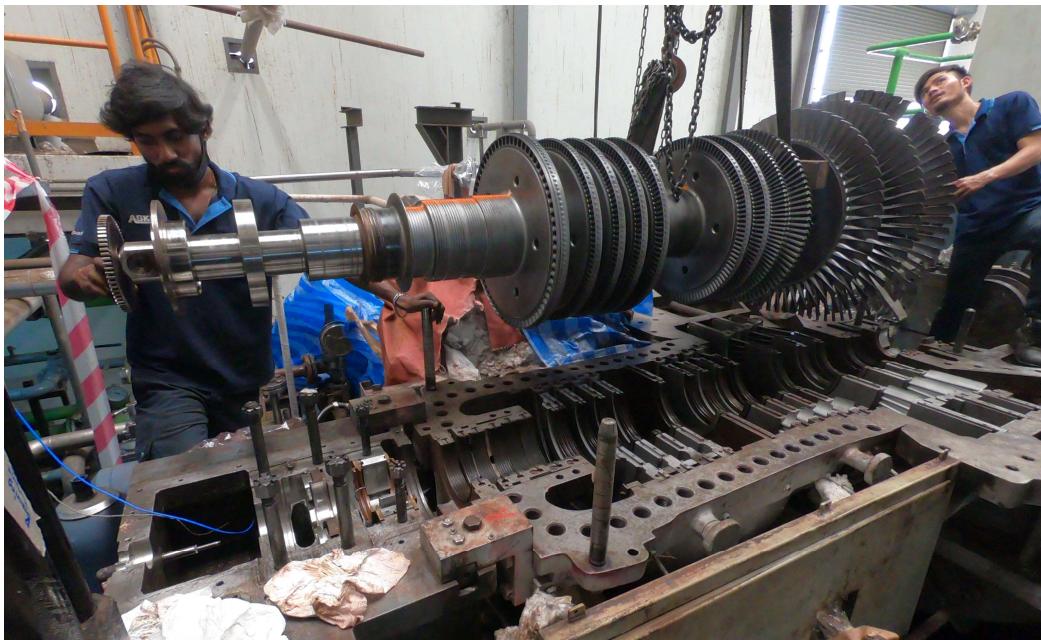
62

Turbine Rotor

63

Turbine Rotor

64

Turbine Rotor

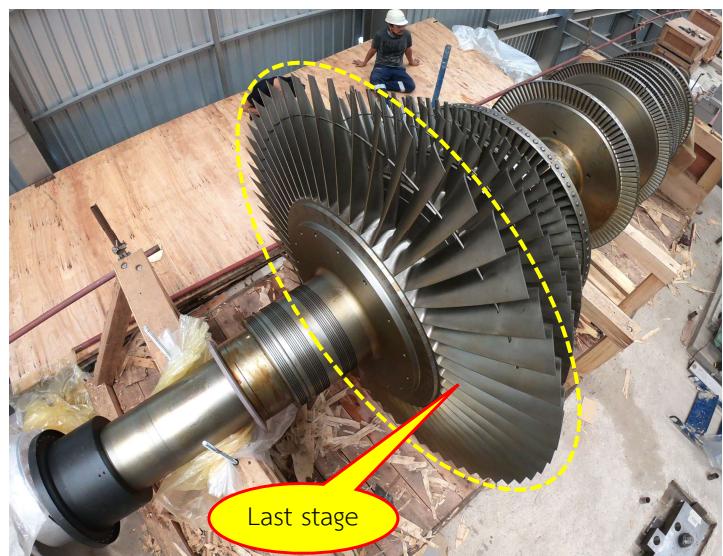
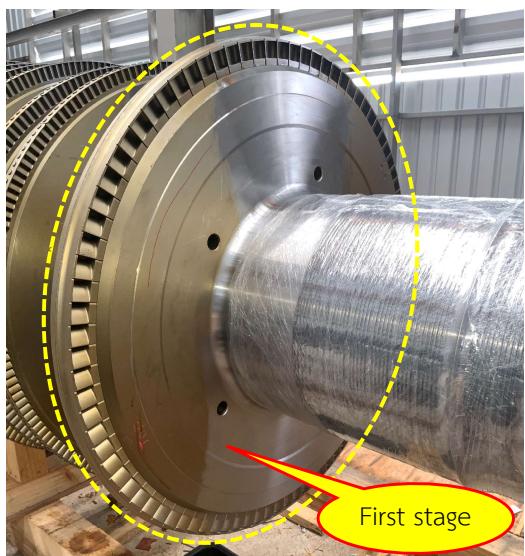
65

Turbine Rotor

66

Turbine Rotor

67

Turbine Rotor

68

Turbine Rotor

69

Turbine Rotor

Turbine Blade (ใบกังหัน)



70

Turbine Rotor

งานสร้าง Rotor แบบ disc type



71

Turbine Rotor

งานสร้าง Rotor แบบ disc type



72

Turbine Rotor

ตัวอย่างงานประกอบ Turbine blade



<https://www.facebook.com/profile.php?id=100072318654796>

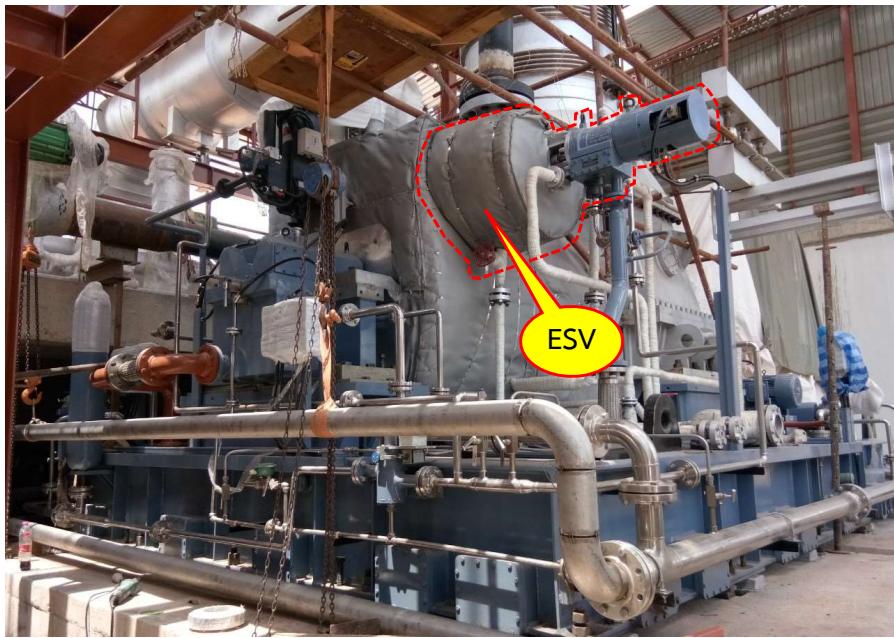
73

ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

5. วาล์วเปิดและปิดไอน้ำกรณีฉุกเฉิน (ESV: Emergency Stop valve หรือกังหันไอน้ำบางยี่ห้ออาจจะเรียกว่า CSEV: Combined Stop & Emergency Valve) ทำหน้าที่เปิดจ่ายไอน้ำเข้าสู่กังหันฯ เพียงอย่างเดียว ควบคุมการเปิดและปิดโดยใช้น้ำมันจากระบบน้ำมันควบคุม (Control oil system) ร่วมกับระบบควบคุมกังหันฯ (Turbine Controller)
6. วาล์วควบคุมปริมาณไอน้ำ (Governor control valve, Throttle valve) ทำหน้าที่ปรับปริมาณไอน้ำที่เข้าสู่กังหันฯ ให้สัมพันธ์กับโหลดทางไฟฟ้า โดยควบคุมการเพิ่มหรือลดปริมาณไอน้ำ (เร่ง/หรี่) ผ่านหัวขับ (Actuator) ซึ่งใช้น้ำมันจากระบบควบคุม (Control oil system) ร่วมกับระบบควบคุมกังหันฯ (Turbine Controller) สำหรับส่วนหนึ่งของตัววาล์วจะอยู่ในห้องพักไอน้ำของกังหันฯ (Steam chest) และอีกส่วนหนึ่งจะอยู่ภายนอกซึ่งจะต่อ กับหัวขับวาล์ว (Actuator)

74

ESV: Emergency Stop valve



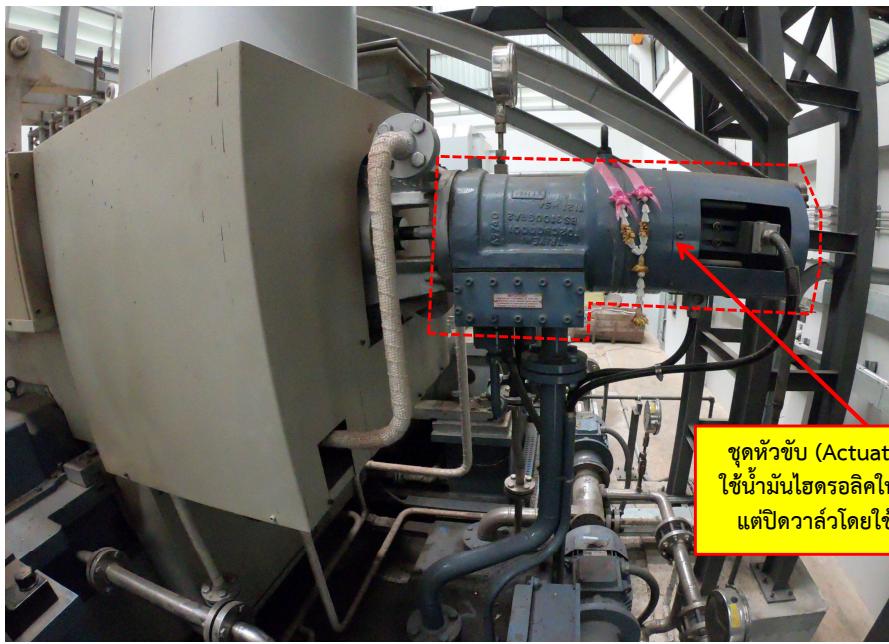
75

ESV: Emergency Stop valve



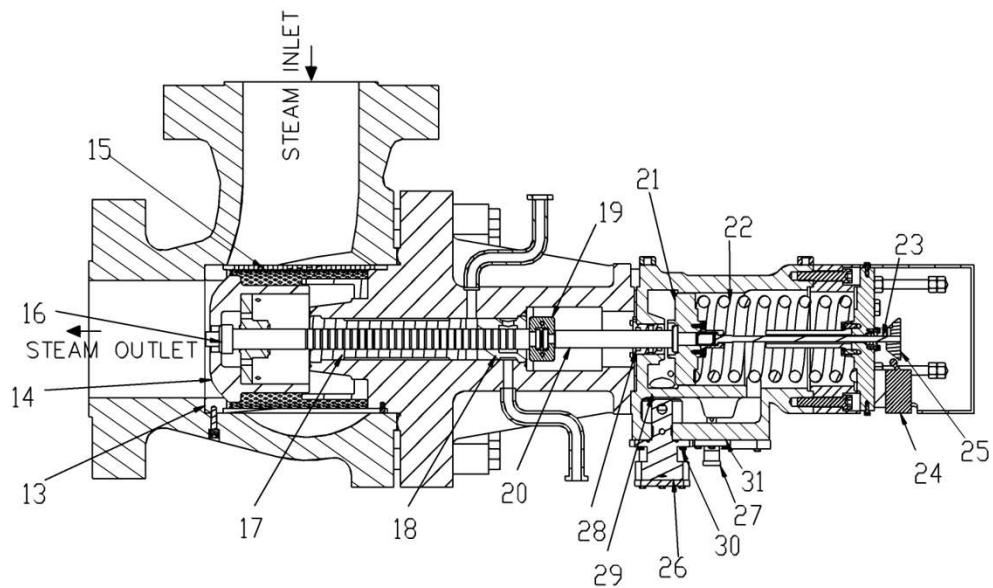
76

ESV: Emergency Stop valve



77

ESV: Emergency Stop valve



78

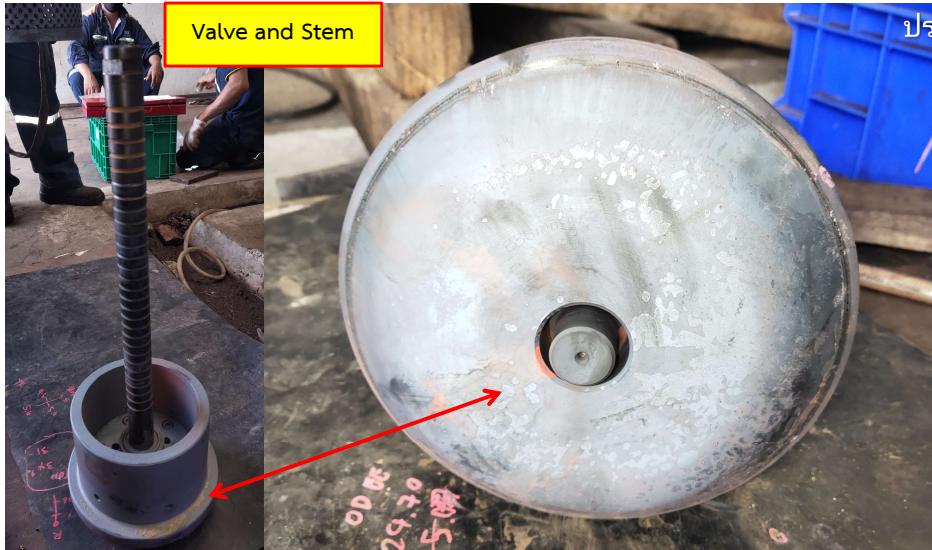
ESV: Emergency Stop valve

79

ESV: Emergency Stop valve

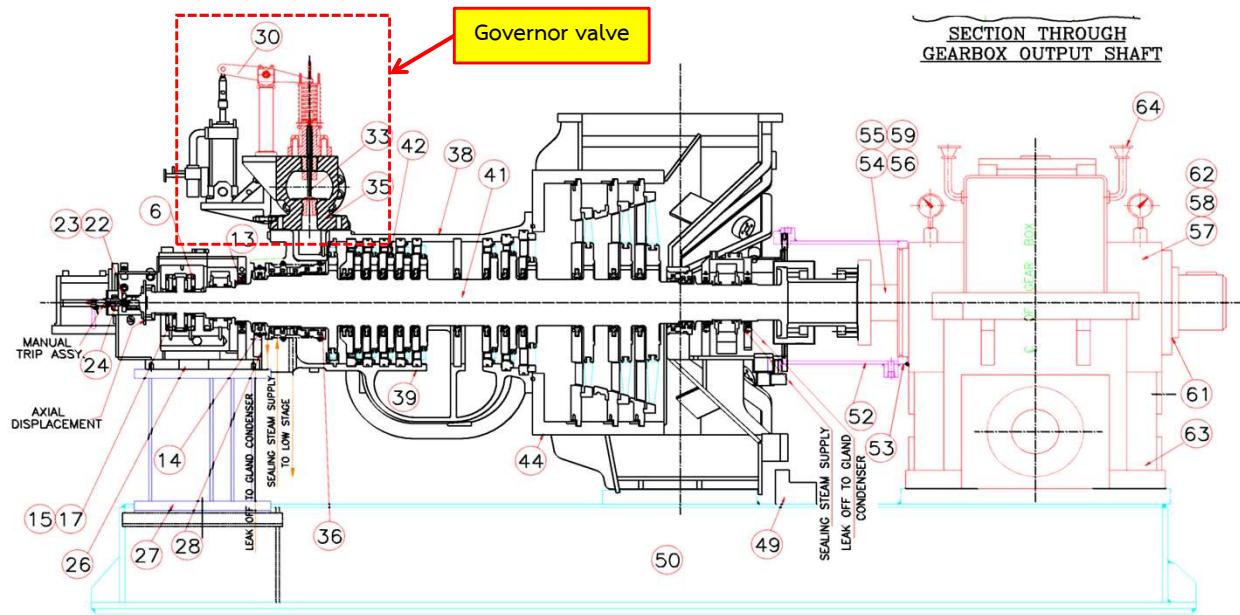
80

### ESV: Emergency Stop valve



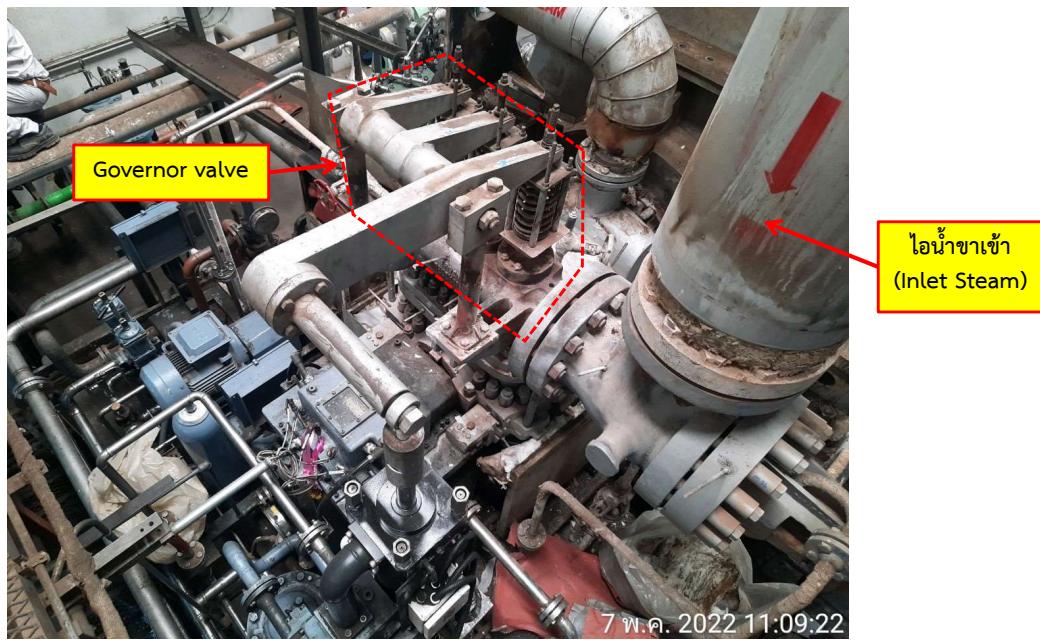
81

### Overview เพื่อให้มองเห็นจุดติดตั้ง Governor valve (Throttle valve or HP Valve)



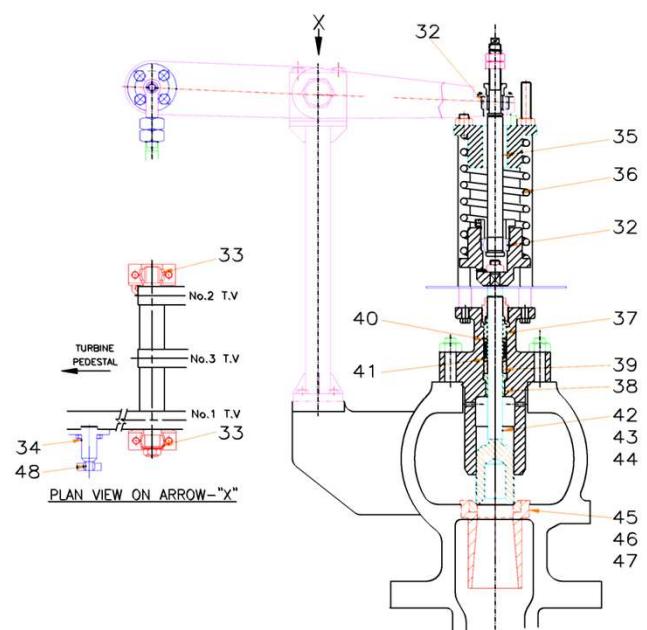
82

Governor valve / Throttle valve / HP Valve

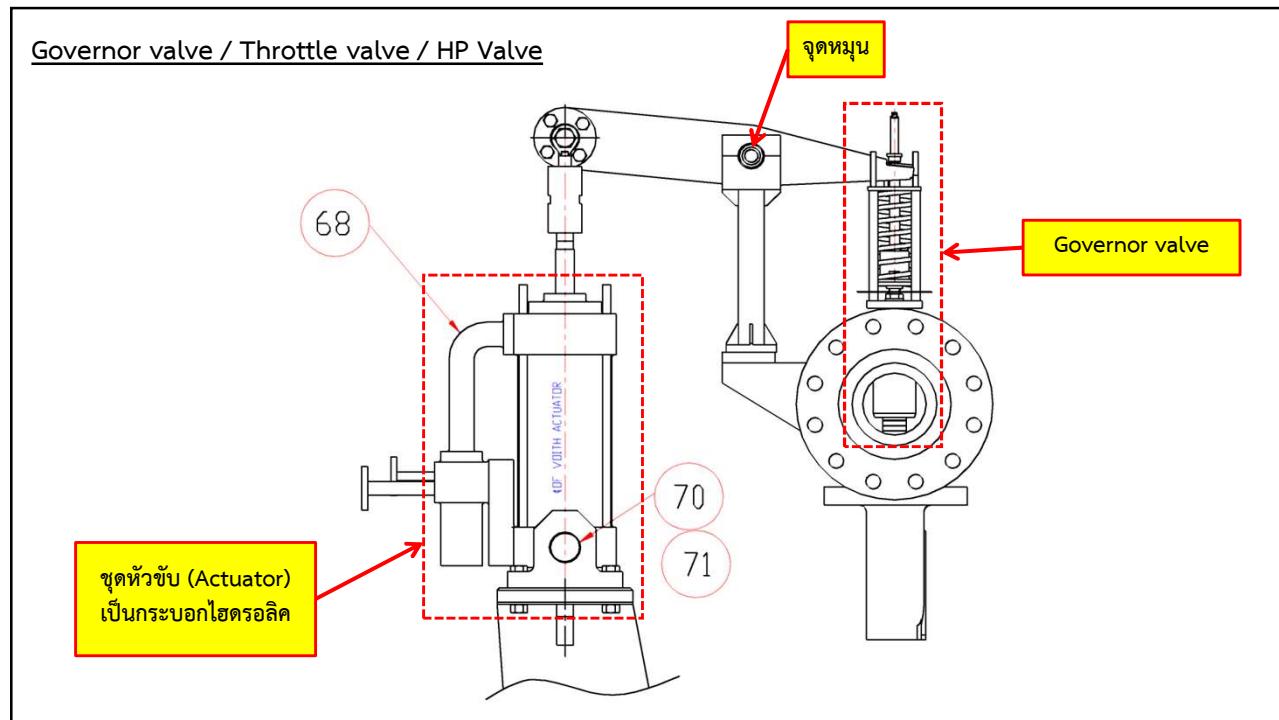


83

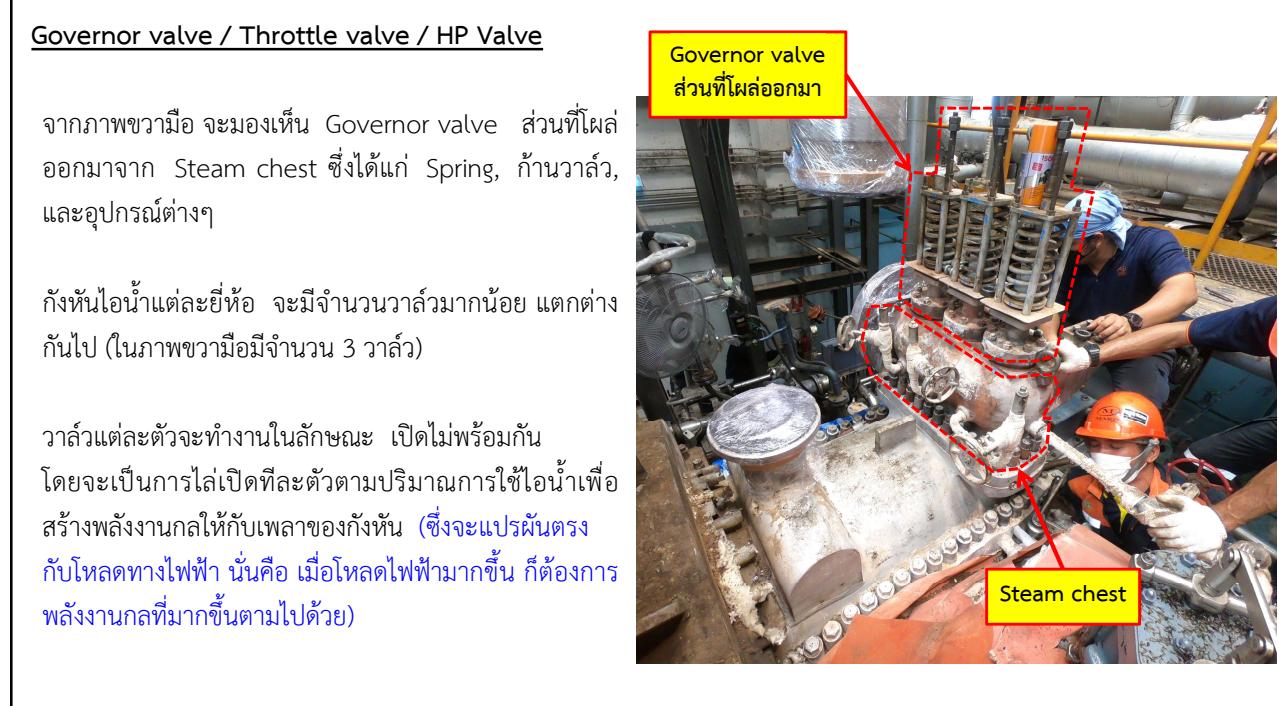
Governor valve / Throttle valve / HP Valve



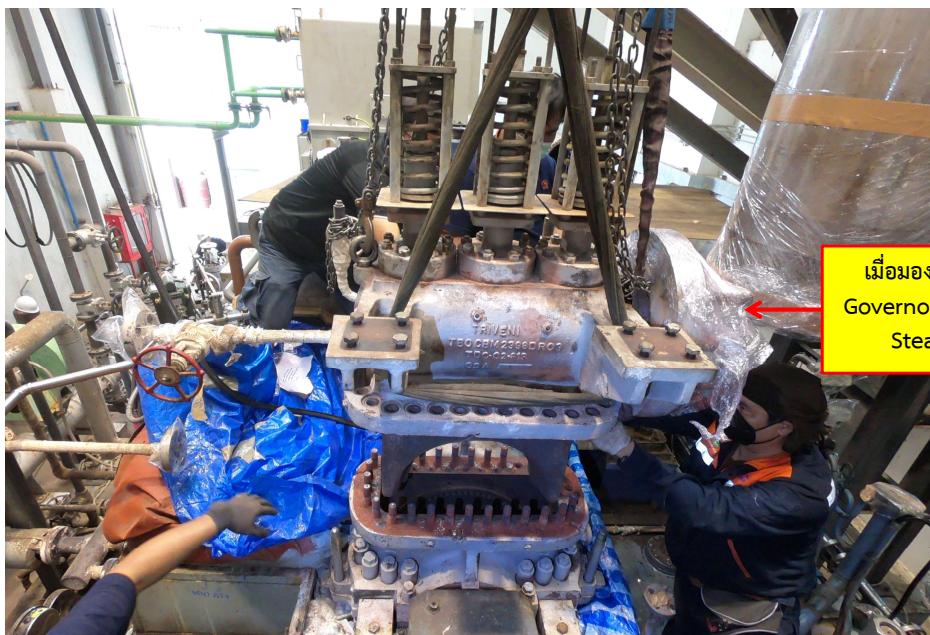
84



85



86

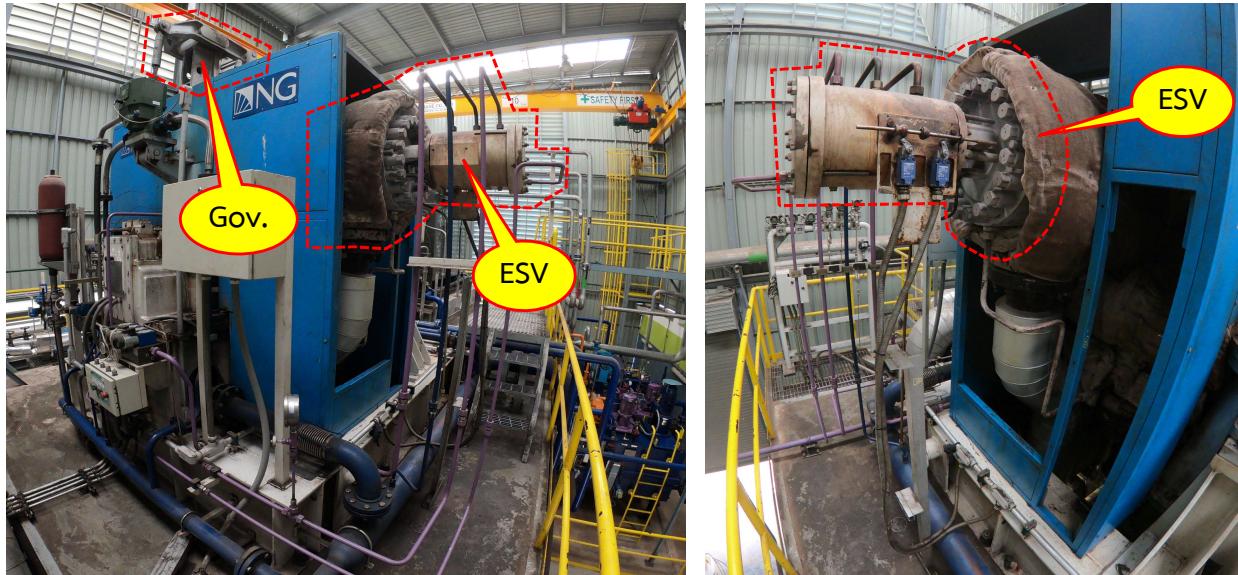
Governor valve / Throttle valve / HP Valve

87

Governor valve / Throttle valve / HP Valve

88

ภาพตัวอย่างกังหันไอน้ำ ที่แสดง Emergency Stop Valve (ESV) และ Governor valve (GOV)



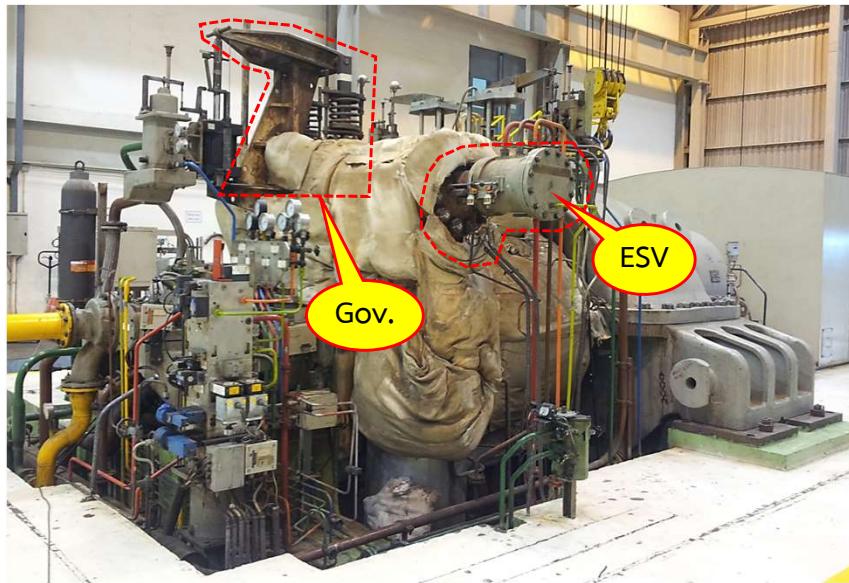
89

ESV: Emergency Stop valve



90

ภาพตัวอย่างกังหันไอน้ำ ที่แสดง Emergency Stop Valve (ESV) และ Governor valve (GOV)



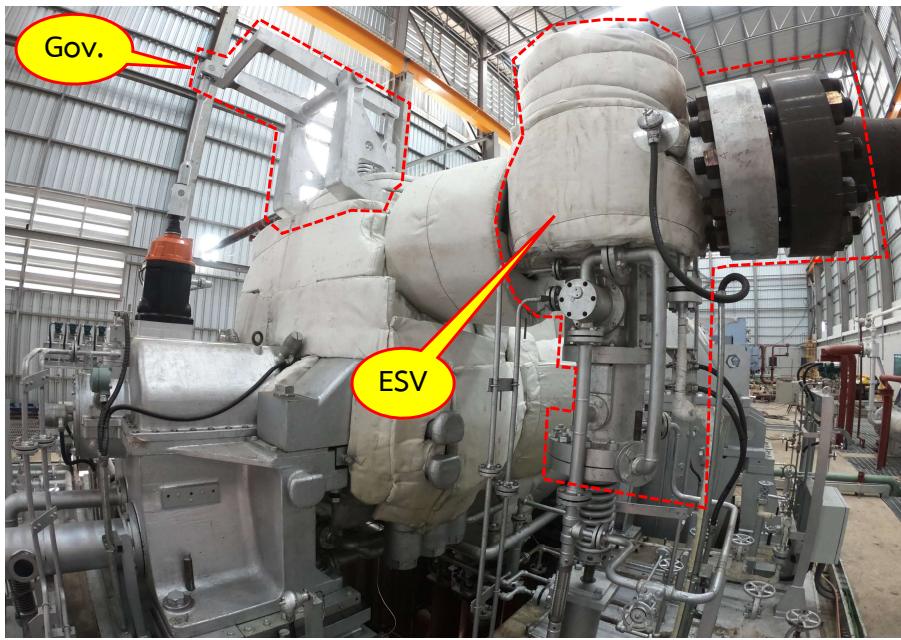
91

Governor valve / Throttle valve / HP Valve



92

ภาพตัวอย่างกังหันไอน้ำ ที่แสดง Emergency Stop Valve (ESV) และ Governor valve (GOV)

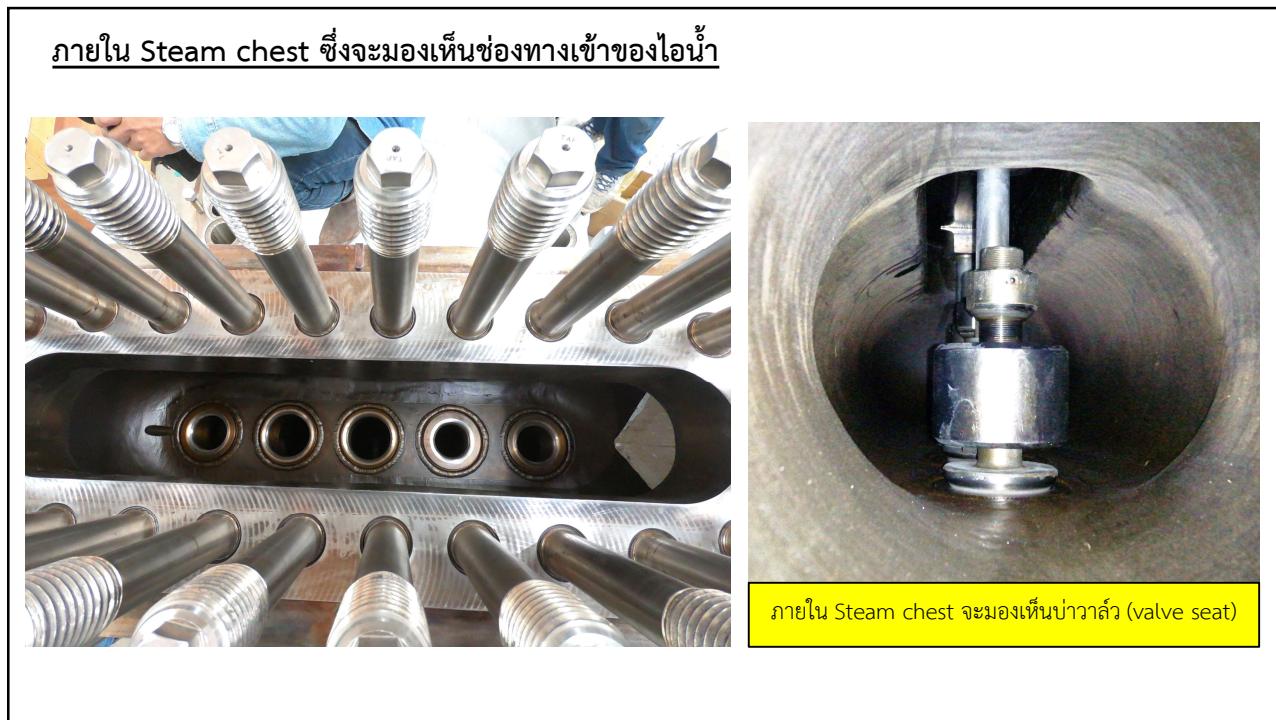


93

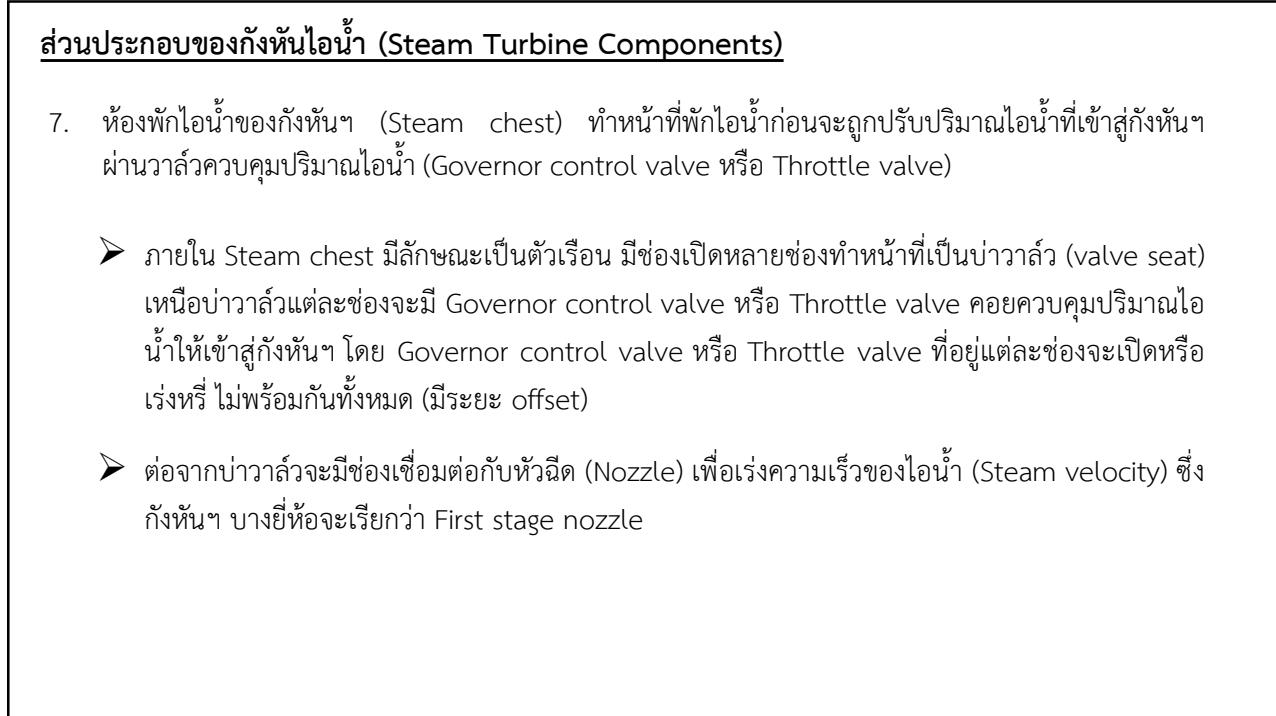
Governor valve / Throttle valve / HP Valve



94

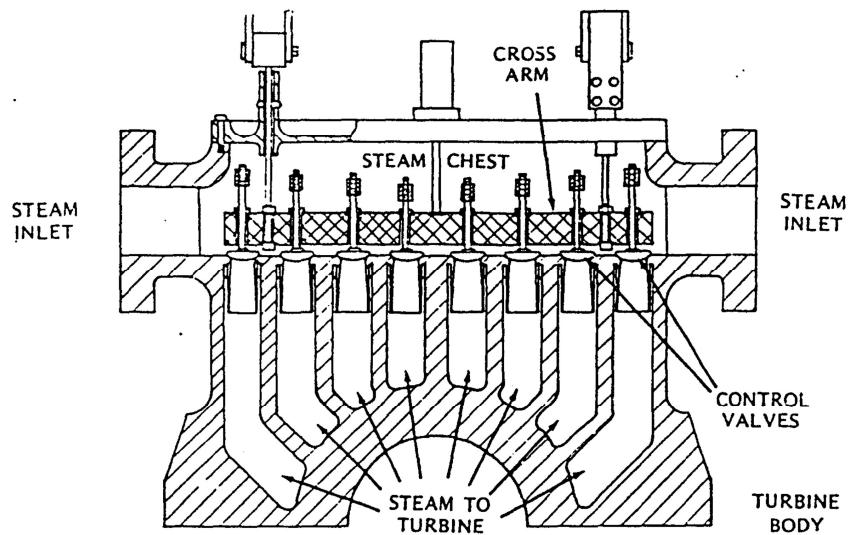


95



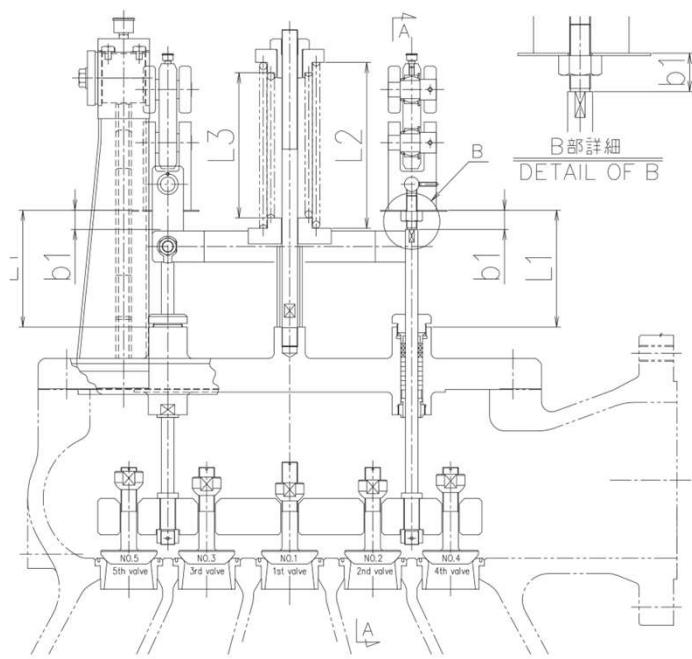
96

### Steam chest

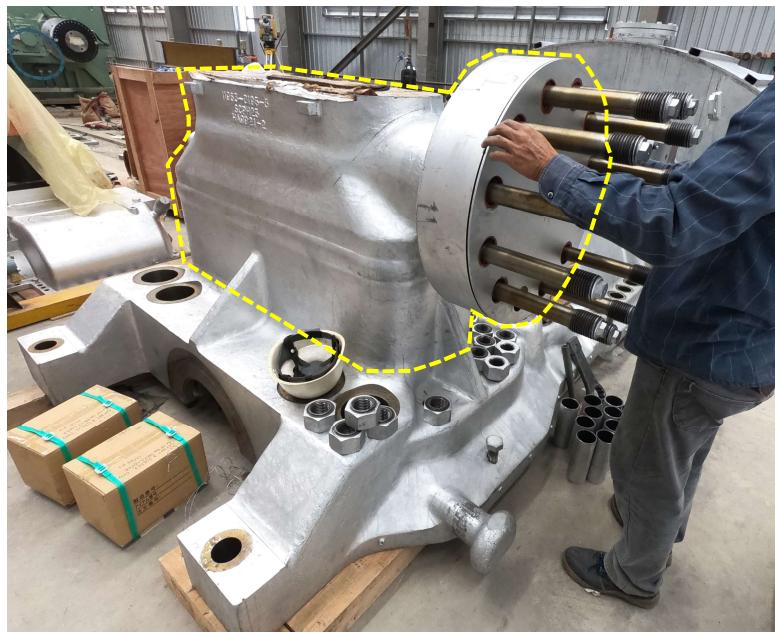


97

### Steam chest



98

Steam chest

99

Steam chest

100

ภาพแสดงอุปกรณ์อื่นติดตั้งร่วมกับ Steam chest (อาทิเช่น Governor valve , steam nozzle)



หัวฉีดไอน้ำ (Steam Nozzle)

101

ภาพแสดงอุปกรณ์อื่นติดตั้งร่วมกับ Steam chest (อาทิเช่น Governor valve , steam nozzle)



102

### ภาพแสดงการประกอบ Steam chest พร้อมอุปกรณ์อื่นๆ



103

### ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

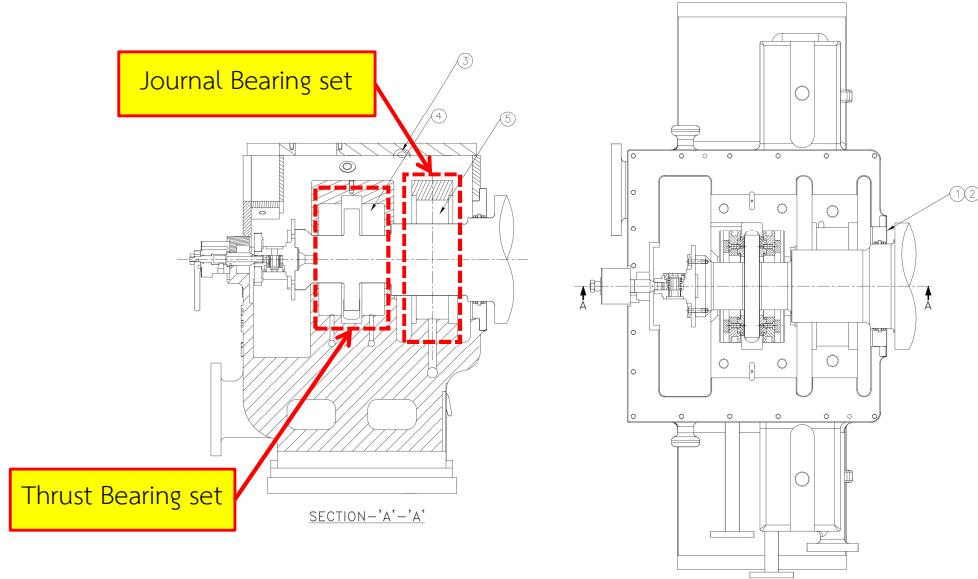
8. ตลับลูกปืน (Bearing) ที่ใช้กับกังหันฯ เพื่อรับแรงจากทิศทางต่างๆ โดยจำแนกชนิดของตลับลูกปืนตามแนวทิศทางของแรง โดยสามารถแบ่งออกเป็น แรงแนวรัศมีหรือแรงที่ตั้งฉากกับเพลา (Radial load) และแรงแนวแกนหรือแรงที่ขานนำไปกับเพลา (Axial load) โดยตัวตลับลูกปืนจะมีช่องให้น้ำมันหล่อลื่นเข้าถึงได้ (หล่อลื่นและระบายความร้อน) ได้แก่

- Journal bearing รับแรงในแนวรัศมี มี 2 ชุด ติดตั้งโดยรองรับเพลาฝั่งหัว (Front) และฝั่งท้าย (Rear)
- Thrust bearing รับแรงในแนวแกน มี 1 ชุด ติดตั้งที่ฝั่งหัว (กังหันฯ บางยี่ห้ออาจจะติดตั้งที่ฝั่งท้าย ลักษณะของการติดตั้ง ตัว bearing จะมี 2 ฝั่ง ประกอบกับ Thrust collar (เป็นปีกส่วนที่ยื่นออกมาซึ่งเป็นเนื้อเดียวกับเพลา)

ตลับลูกปืนจะมีการติดตั้งเครื่องมือวัดที่สำคัญ เช่น อุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน (Vibration element), อุปกรณ์วัดระยะการรุนในแนวแกนเพลา (Axial probe), อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Temperature element)

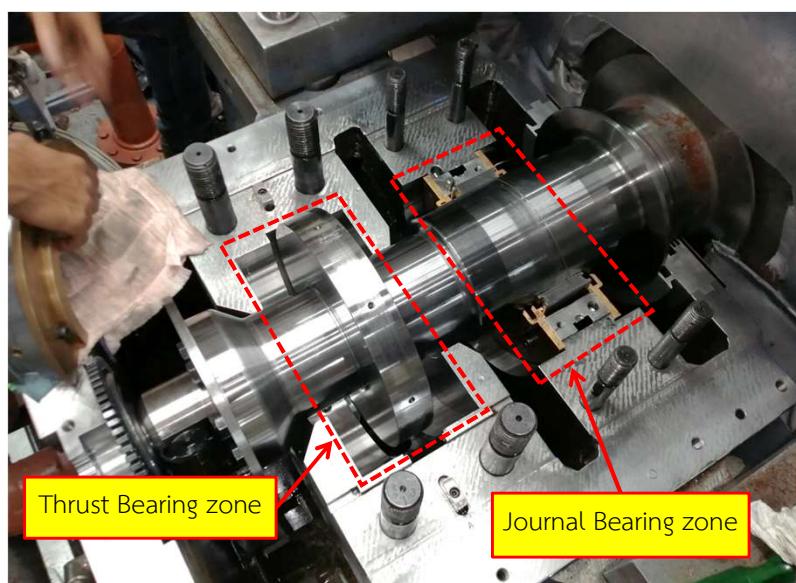
104

## Bearing



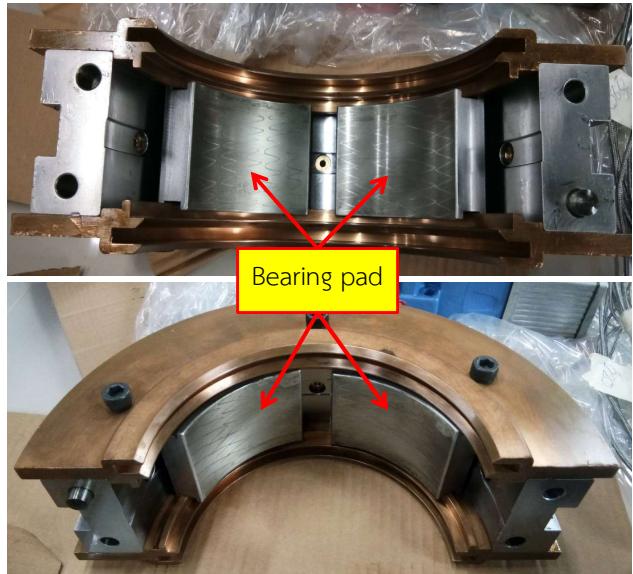
105

## Bearing



106

### Journal Bearing



107

### Journal Bearing (Rear)



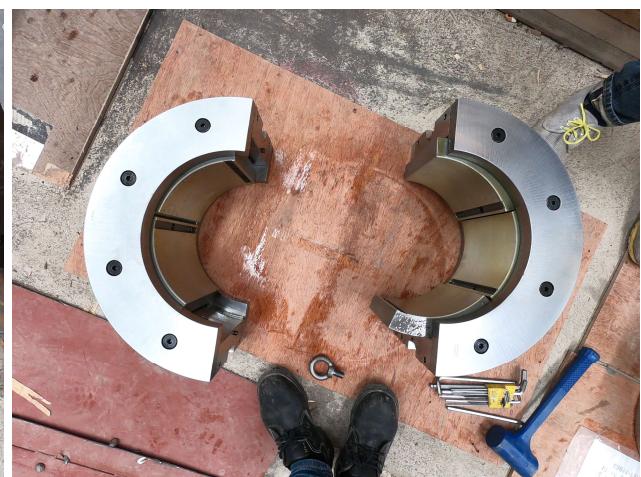
108

### Journal Bearing (Rear)



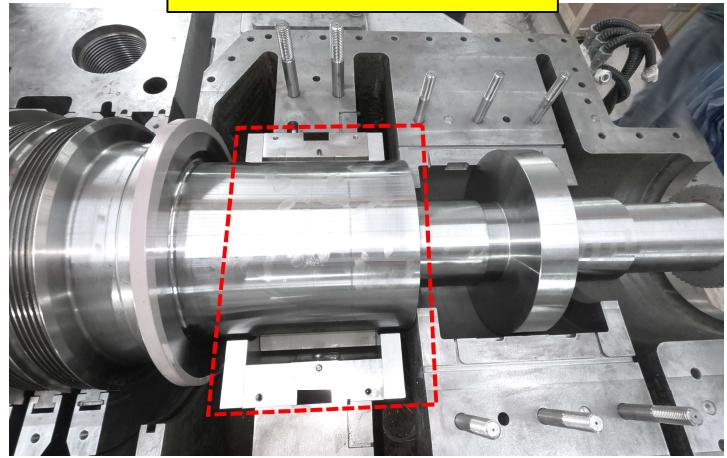
109

### Journal Bearing



110

## Journal Bearing



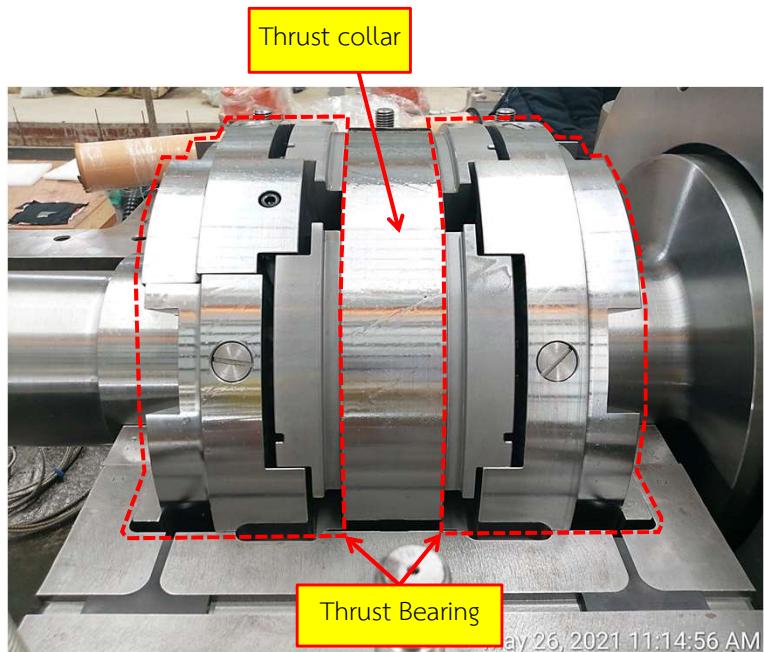
111

## Thrust Bearing



112

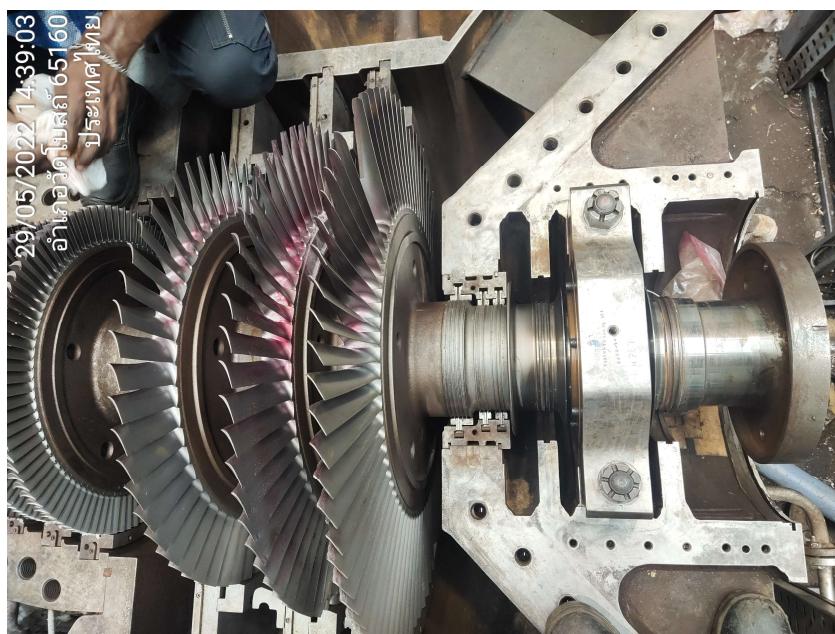
### Thrust Bearing



May 26, 2021 11:14:56 AM

113

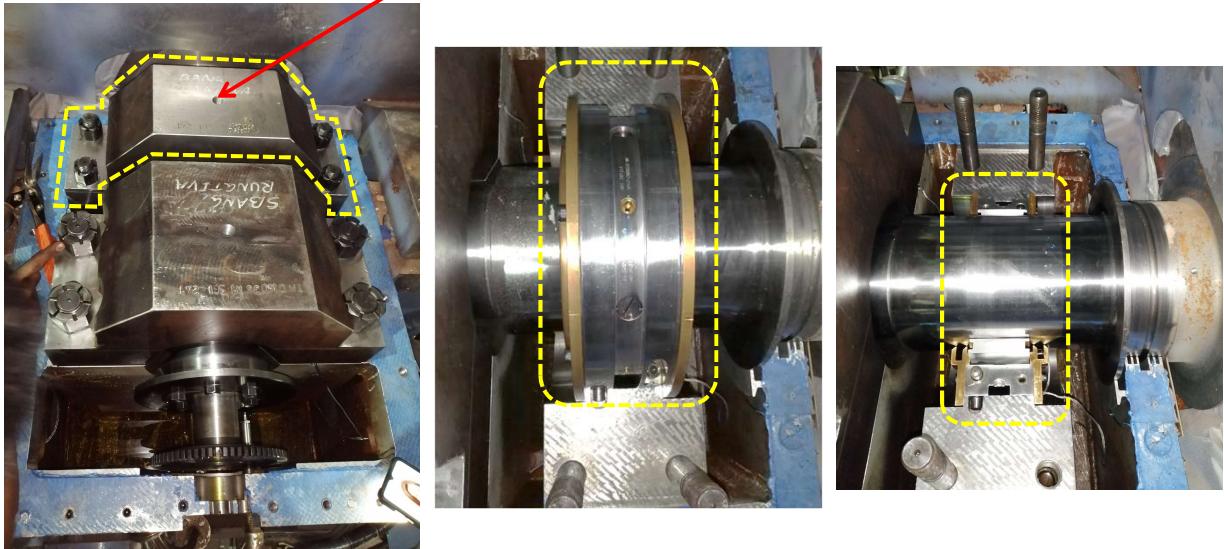
### Journal Bearing (Rear)



114

### Journal Bearing

Journal Bearing cover

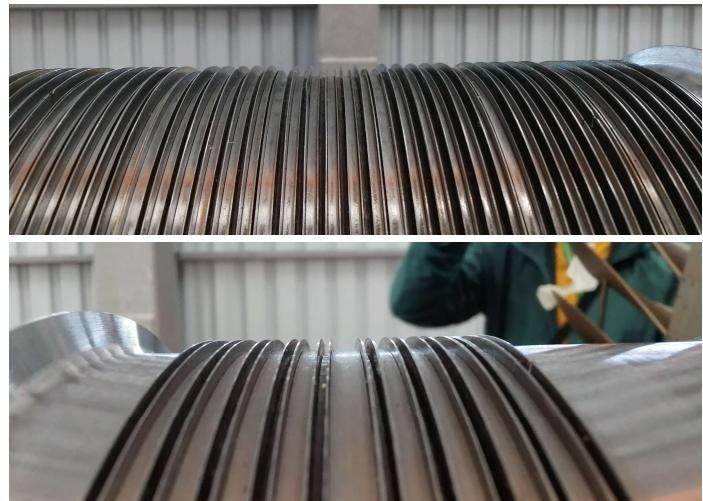


115

### ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

9. Gland seal คือปลอกกันรั่ว ติดตั้งบริเวณส่วนหัวและท้ายของกังหันฯ มีหน้าที่ป้องกันไอน้ำรั่วออกจากกังหันฯ สู่ภายนอกทางด้านความดันสูง (High pressure) และป้องกันอากาศจากภายนอกรั่วเข้าภายในทางด้านความดันต่ำ (Low pressure)

- บริเวณ Rotor ส่วนหัวและท้าย จะมีการติดตั้งแถบ (Strip) ซึ่งเรียกว่า Labyrinth seal strip (*คำว่า Labyrinth แปลตระหงตัวว่า “เขาวงกต, ทางซับซ้อน”*)



116

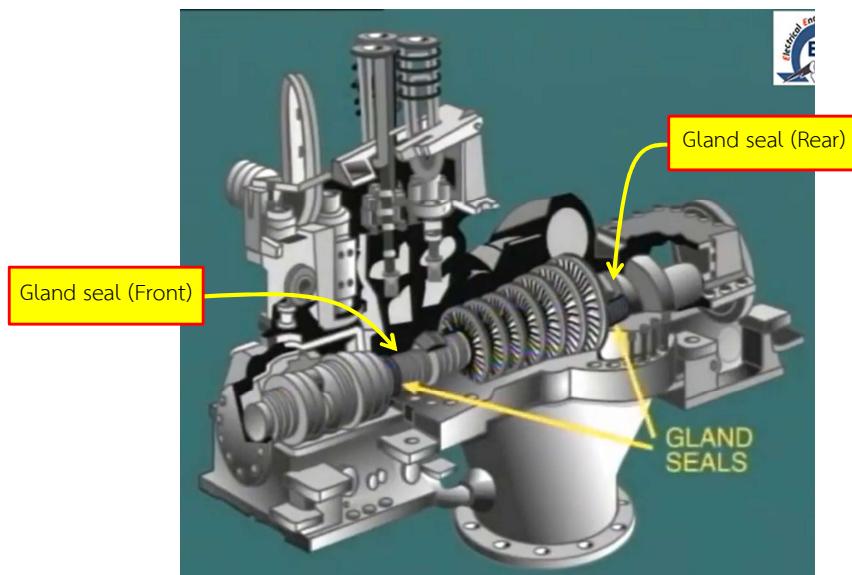
## Gland Seal

ระบบ Gland steam โดยทั่วไปในขณะเริ่ม Start up Turbine ภายใน Condenser และ Steam turbine จะเป็นสูญญากาศทั้งหมด (อากาศถูกสูบออกโดยใช้เครื่องสูบอากาศ) จึงจำเป็นต้องจ่ายไอน้ำเข้าไป Seal (อุด) บริเวณรอบๆ เพลาของกังหันไอน้ำทั้ง 2 ด้าน คือหัว (HP Side) และท้าย (LP Side) ของกังหันไอน้ำ เพื่อป้องกันไอน้ำรั่วออกจากกังหันฯ สู่ภายนอกทางด้านความดันสูง (High pressure side) และป้องกันอากาศจากภายนอกรั่วเข้าภายในทางด้านความดันต่ำ (Low pressure side)

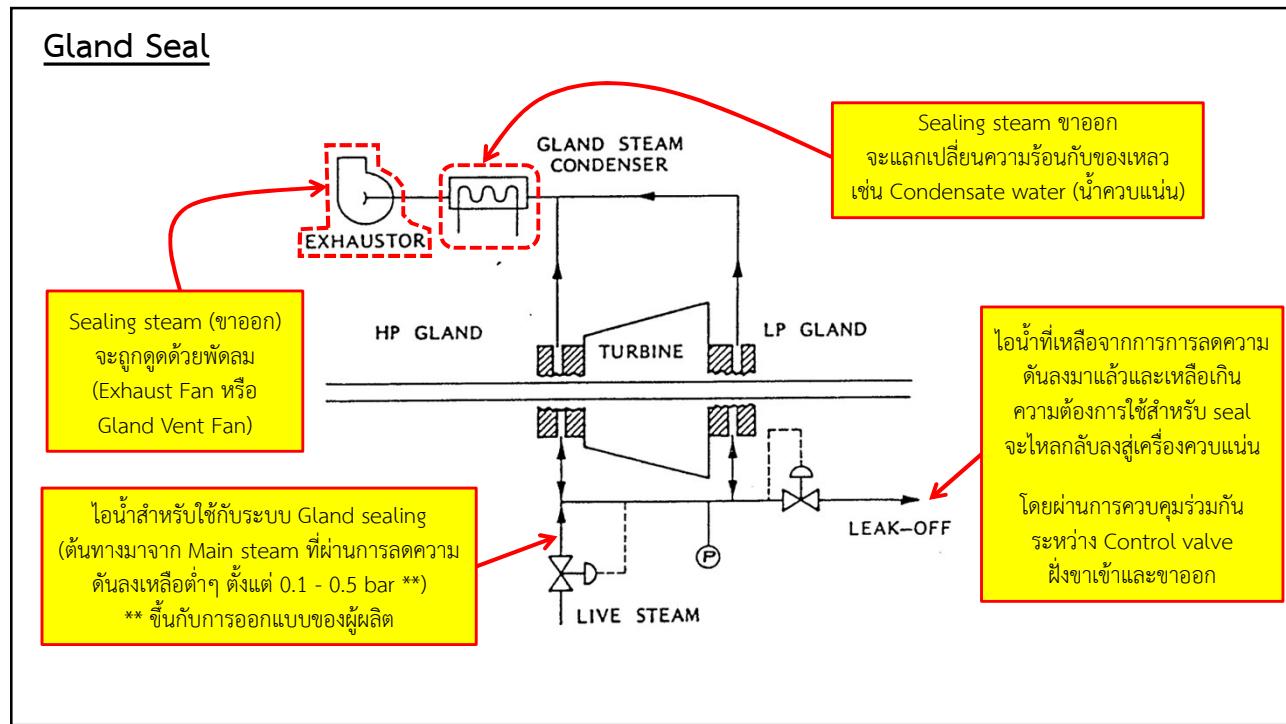
หลังจากกังหันไอน้ำรับโหลดไฟฟ้าแล้ว ทางด้าน High pressure gland seal จะได้รับไอน้ำจากไทรย้อนออกมายังภายนอก และไอน้ำจากส่วนที่ไทรย้อนออกมานั้นยังไหลเข้าไปสู่ Low pressure gland seal ซึ่ง control valve supply ก็จะปิดหรือหลีกโดยยังคงรักษาความดันของไอน้ำในไลน์ Gland steam seal ให้เดิคงที่อยู่ตลอดเวลา ในกรณีที่ความดันของไอน้ำในไลน์ Gland steam seal สูงเกินไป จะทำให้ Automatic leak-off control valve เปิดระบายน้ำลงสู่ Condenser สำหรับความดันของไอน้ำในไลน์ Gland steam seal จะรักษาไว้ระหว่าง 0.1 - 0.5 barg ตามการออกแบบของผู้ผลิตกังหันฯ

117

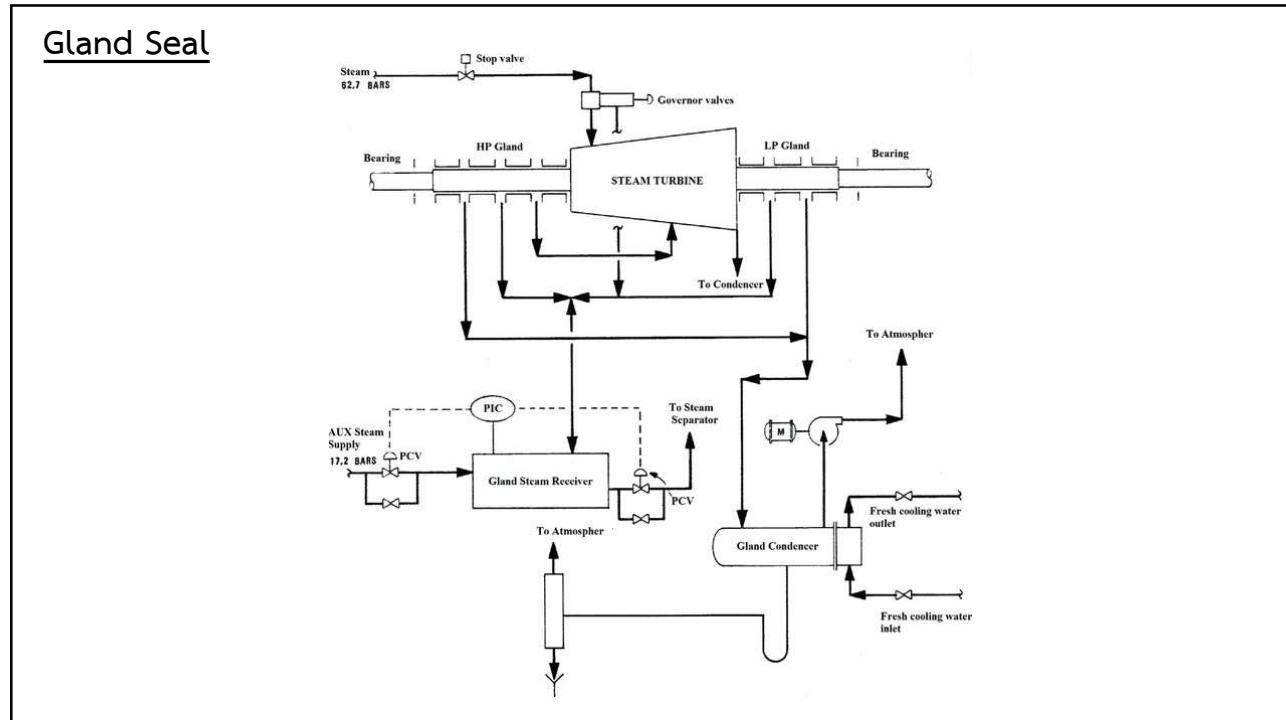
## Gland Seal

Ref : <https://www.youtube.com/watch?v=DtQTD-5Qhil>

118



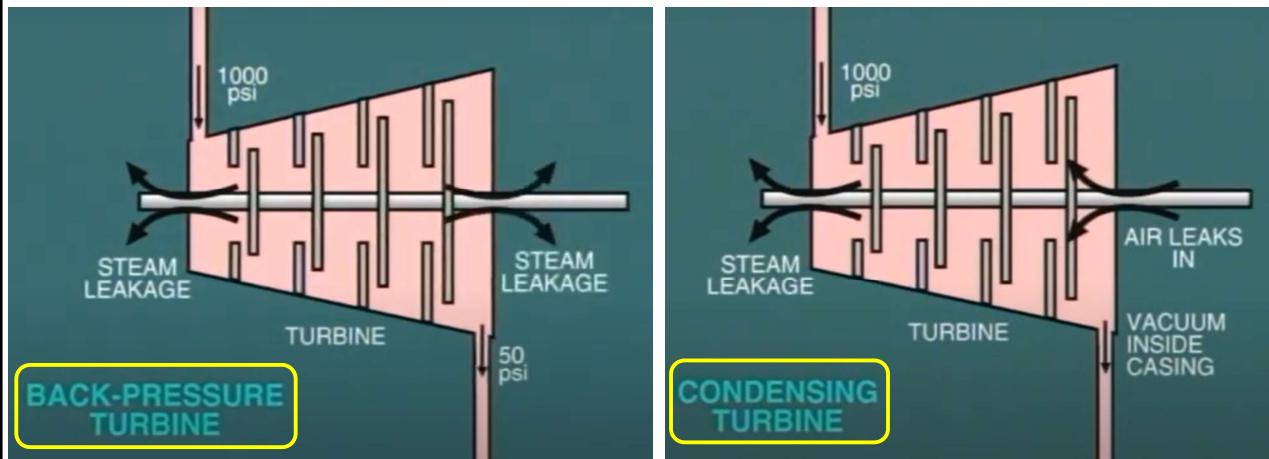
119



120

## Gland Seal

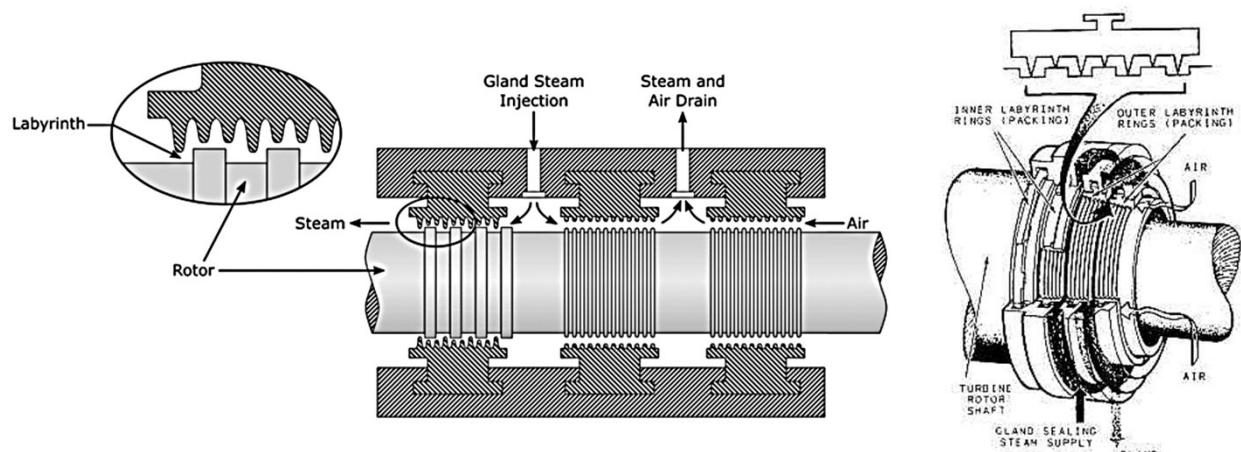
แสดงพื้นที่กรรมของการหลุดของ ของไหเดล (ไอน้ำภายในกังหัน, อากาศภายในอกกังหันฯ) เทียบระหว่าง กังหันฯ 2 แบบ



Ref : <https://www.youtube.com/watch?v=DtQTD-5Qhil>

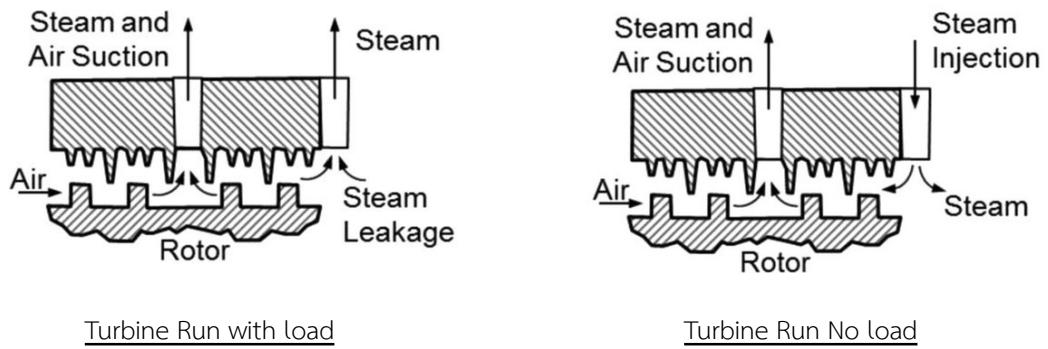
121

## Gland Seal



122

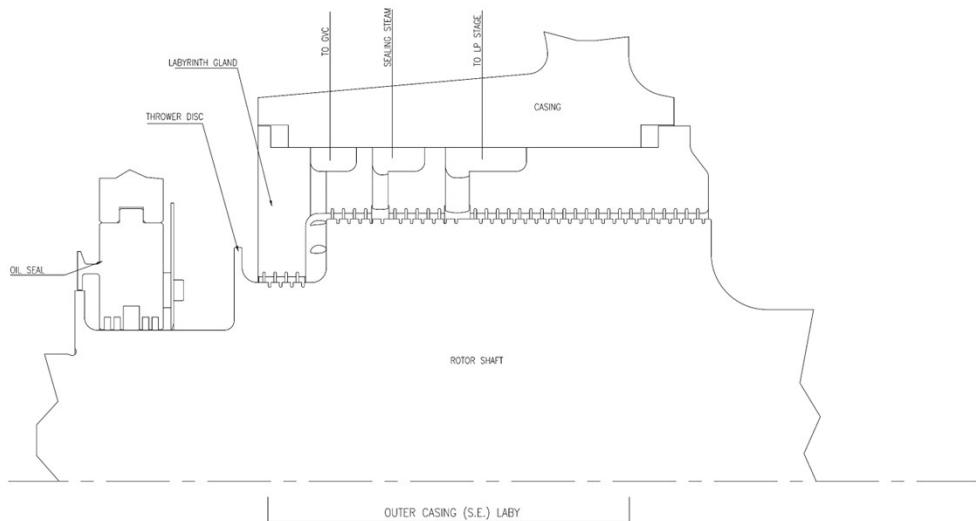
## Gland Seal



123

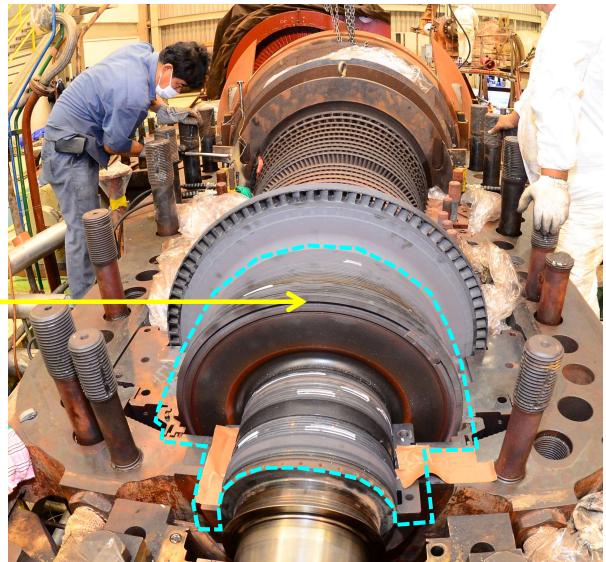
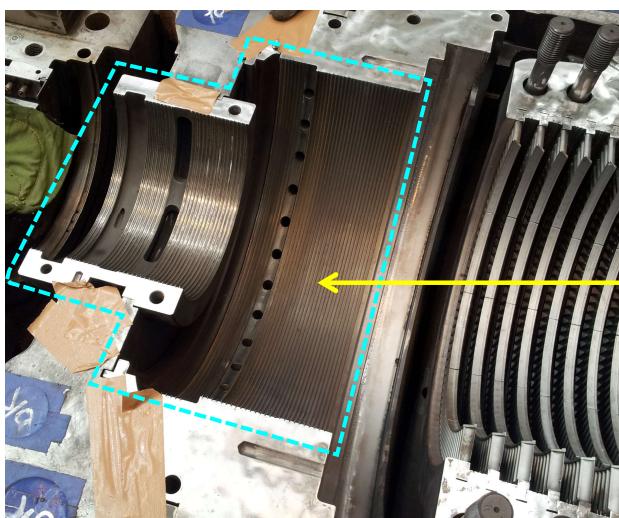
## Gland Seal

### SHAFT SEALING SYSTEM



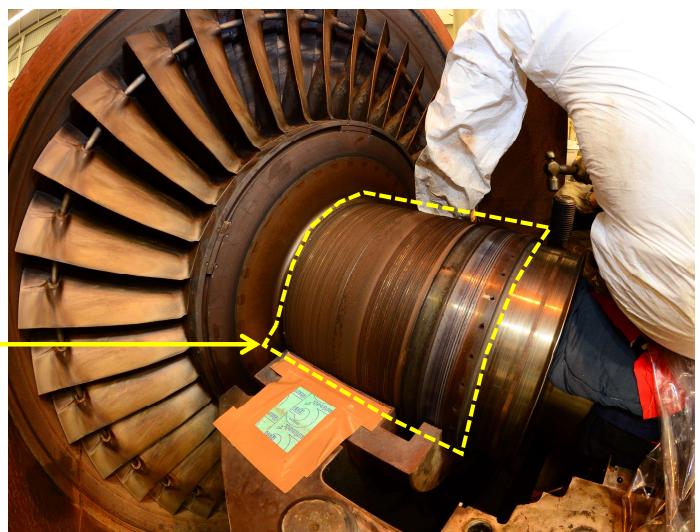
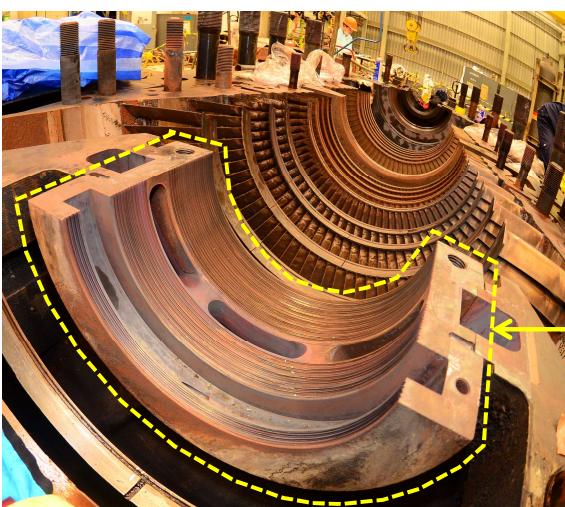
124

### Gland Seal



125

### Gland Seal



126

### Gland Seal



127

### Gland Seal



128

### Labyrinth seal uu Turbine rotor



May 24, 2021 3:50:19 PM

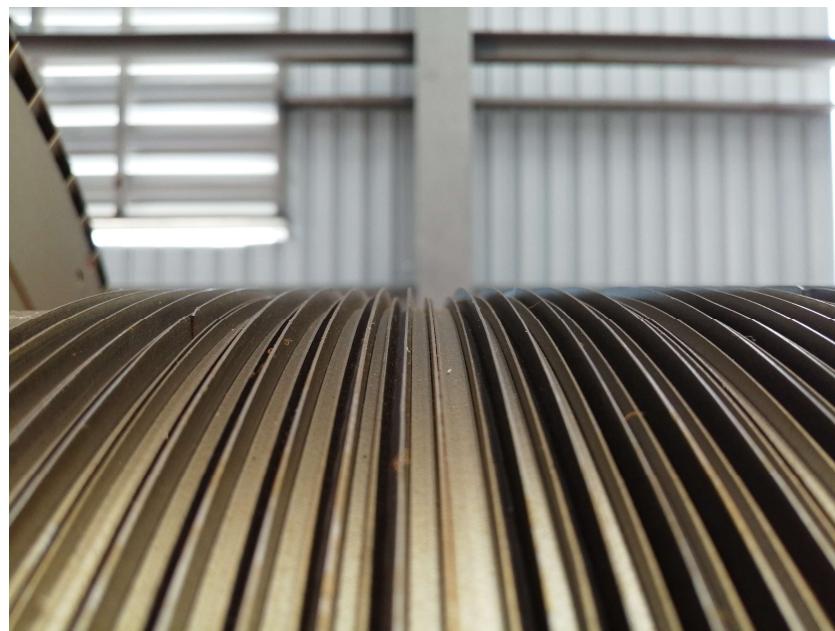
Front of Turbine Rotor



Rear of Turbine Rotor

129

### Labyrinth seal uu Turbine rotor



130

### Labyrinth seal strip



May 22, 2021 11:32:57 AM



May 22, 2021 11

131

### การประกอบชุด Gland Seal เข้ากับ Turbine casing และ sealing strip (Front side)

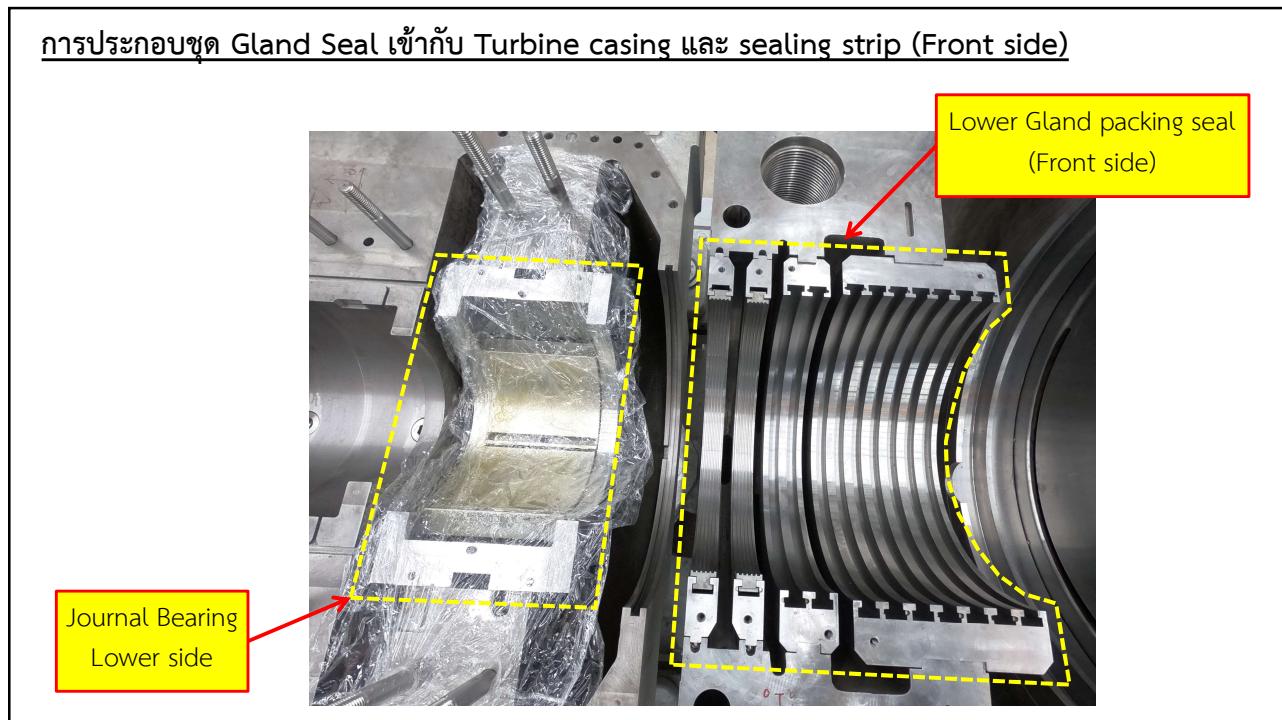


May 28, 2021 4:04:54 PM



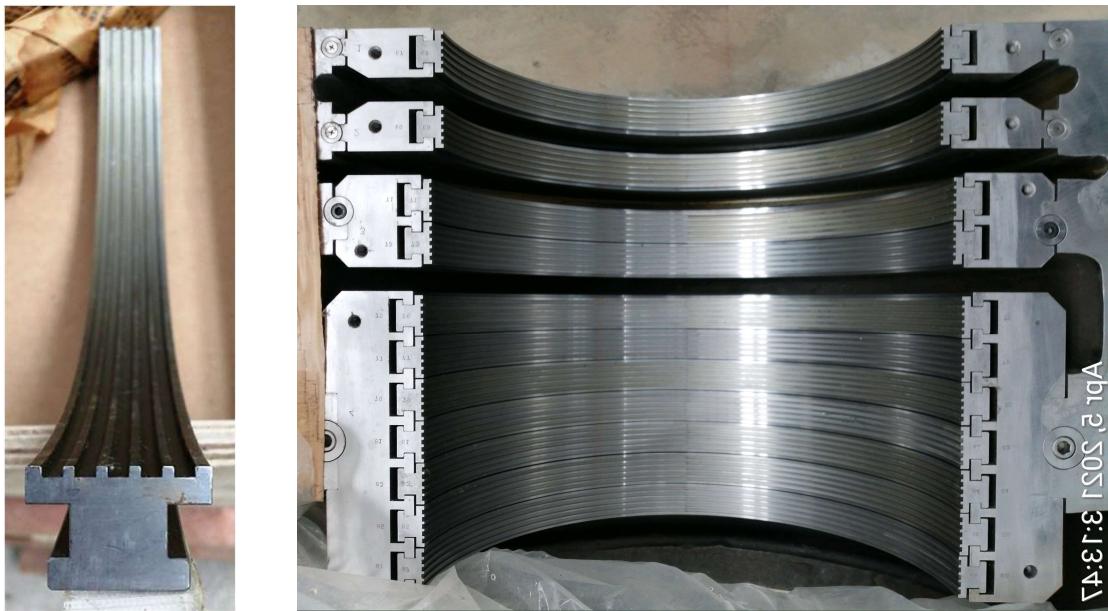
132

การประกอบชุด Gland Seal เข้ากับ Turbine casing และ sealing strip (Front side)



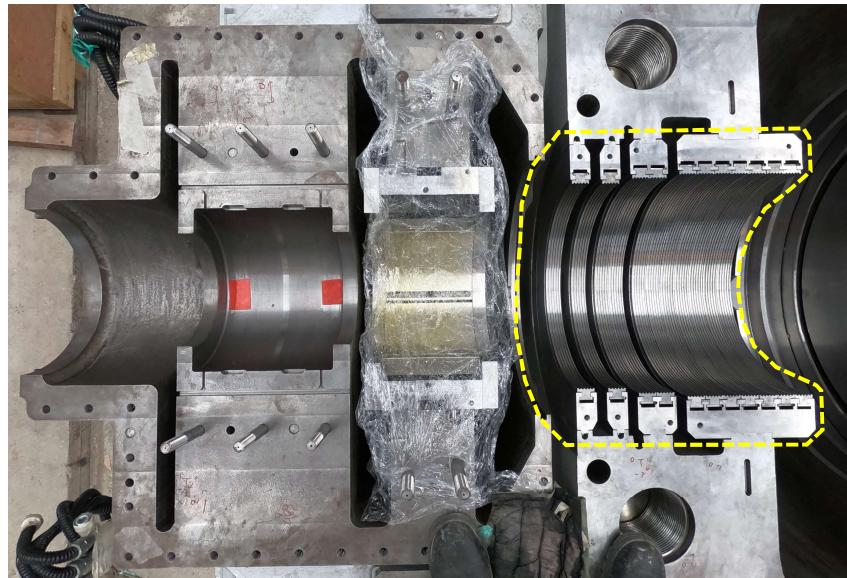
133

การประกอบชุด Gland Seal เข้ากับ Turbine casing และ sealing strip (Front side)



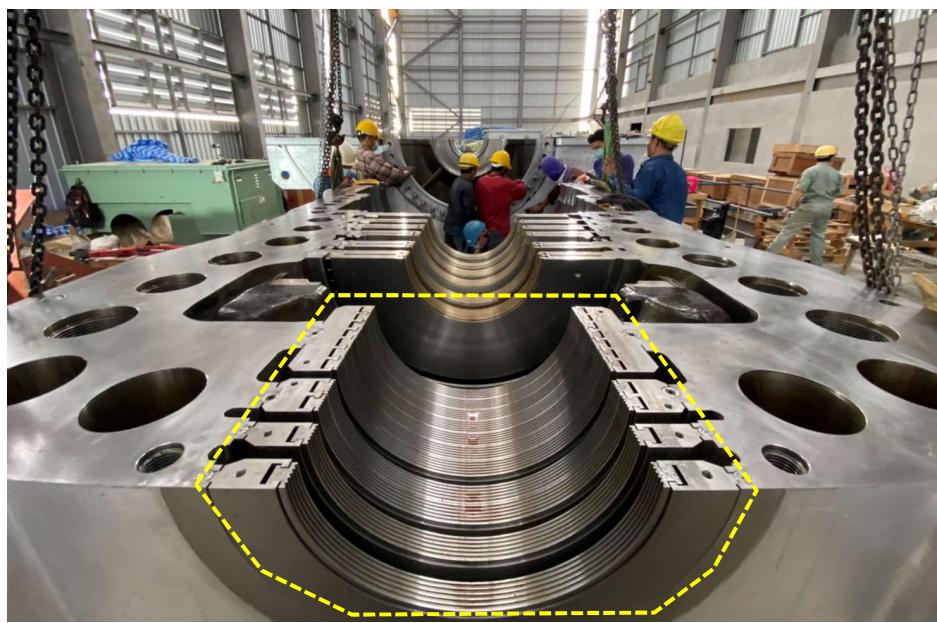
134

การประกอบชุด Gland Seal เข้ากับ Turbine casing และ sealing strip (Front side)



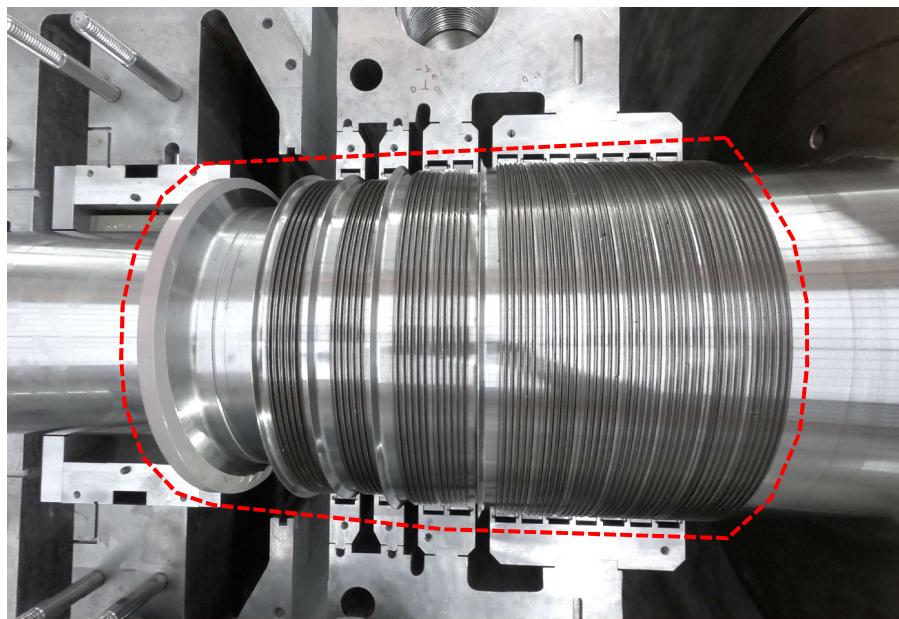
135

การประกอบชุด Gland Seal เข้ากับ Turbine casing (Front side)



136

ภาพแสดง Turbine rotor วางเหนือ Lower Gland packing (Front side)



137

ภาพแสดง Turbine rotor วางเหนือ Lower Gland packing (Front side)



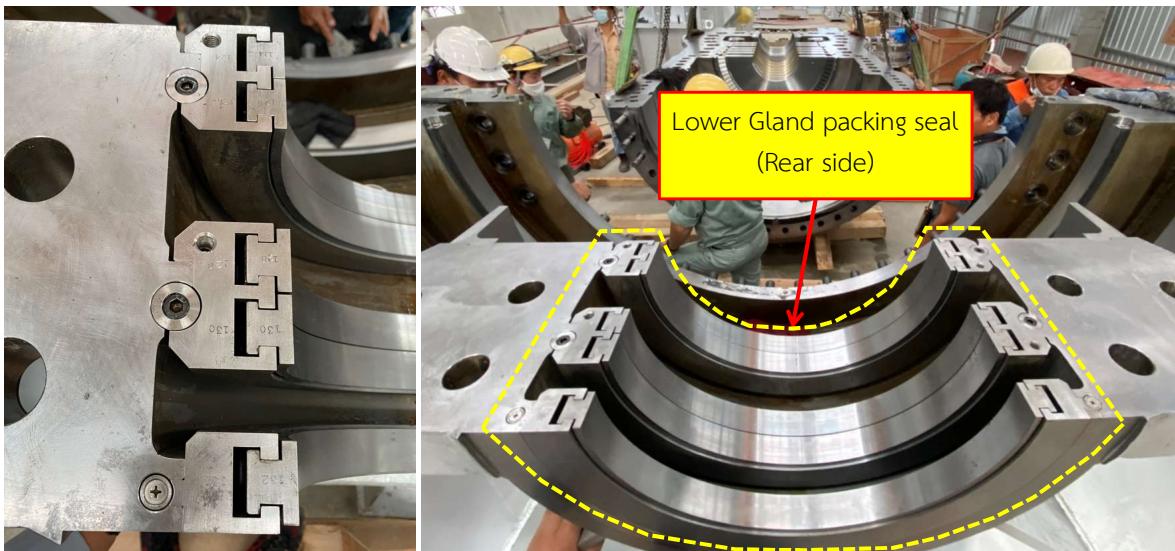
138

การประกอบชุด Gland Seal เข้ากับ Turbine casing และ sealing strip (Rear side)



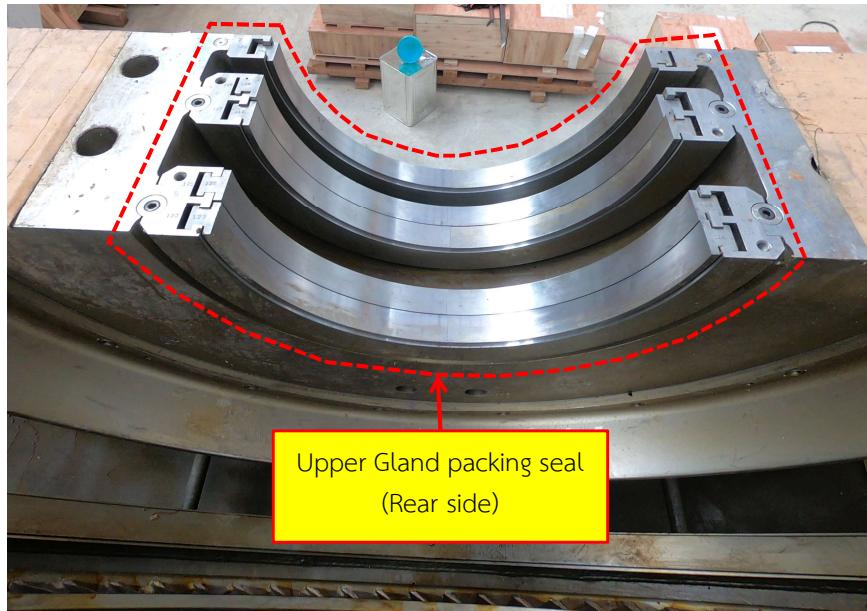
139

การประกอบชุด Gland Seal เข้ากับ Turbine casing และ sealing strip (Rear side)



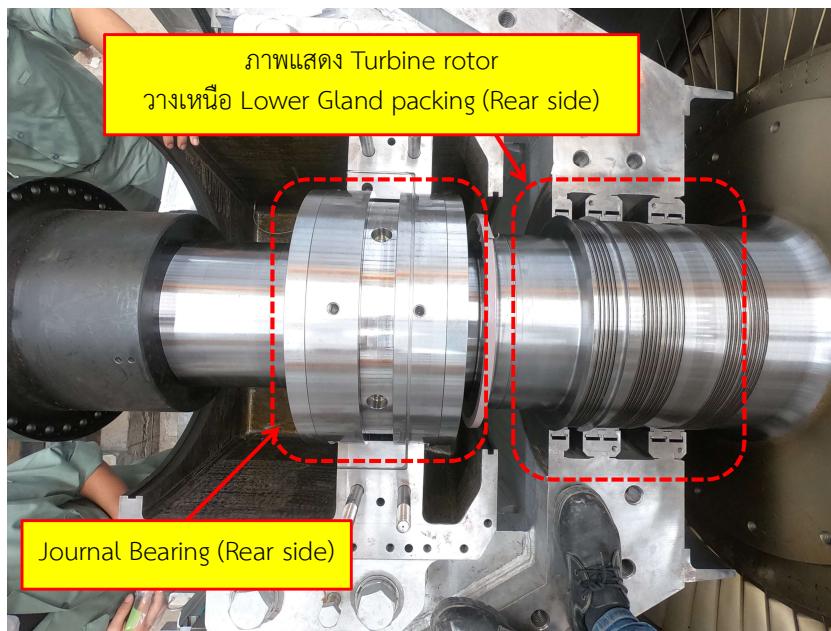
140

การประกอบชุด Gland Seal เข้ากับ Turbine casing และ sealing strip (Rear side)



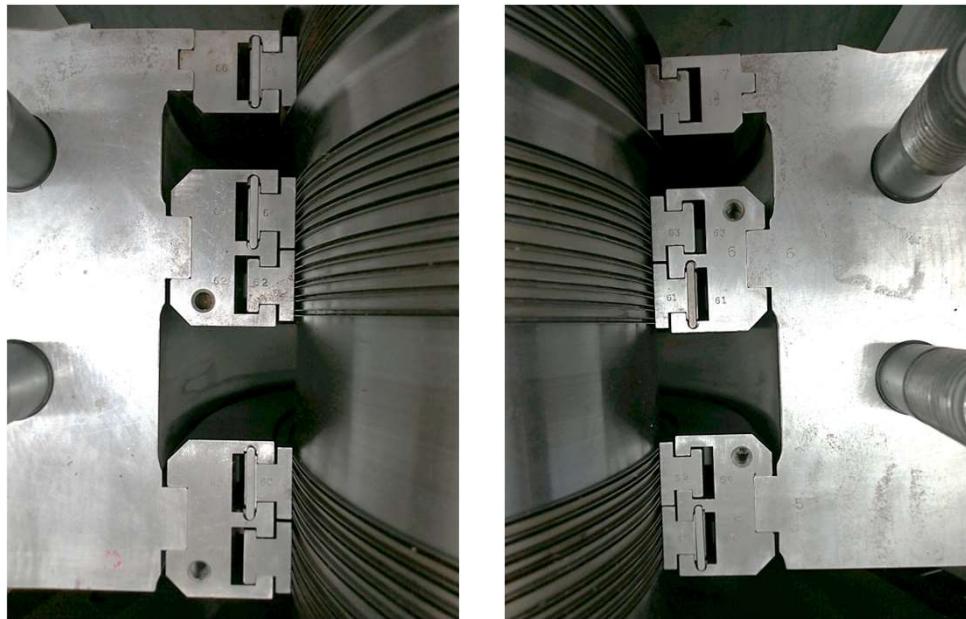
141

ภาพแสดง Turbine rotor วางเหนือ Lower Gland packing (Rear side)



142

### Gland Seal (Rear side)



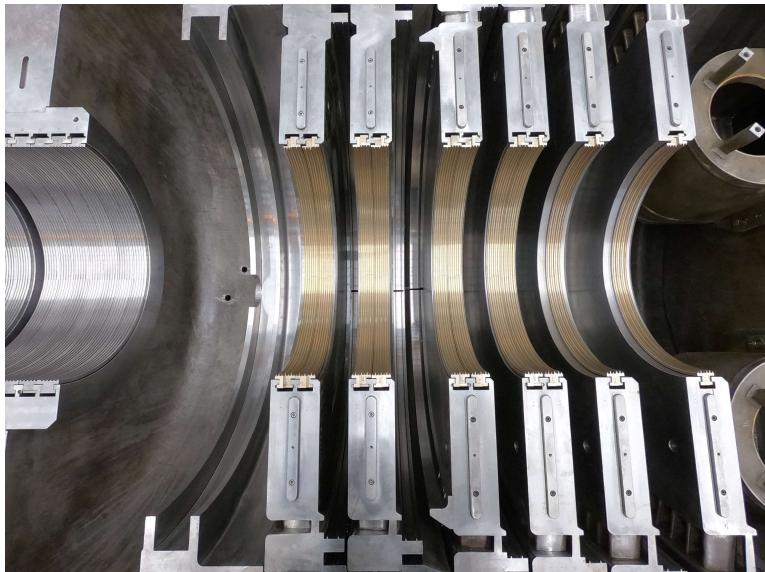
143

### ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

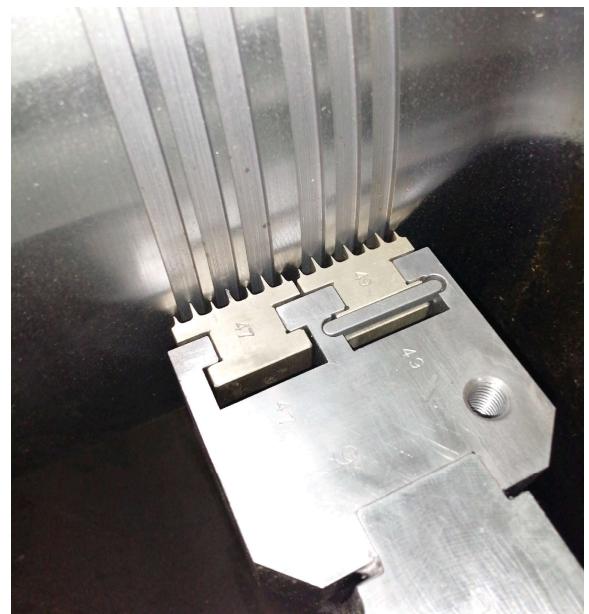
10. Inter stage Labyrinth เป็นແບບປັ້ງກັນໄອນ້າລັດຂ້າມ Stage (ໃນລັກະນະທີ່ໄມ່ໄ່ານໄມ່ມືດ (Blade) ຂອງກັນຫັນ) ໂດຍຕ້ວງ Labyrinth ຈະຕິດຕໍ່ກັບ Diaphragm nozzle ສ່ວນທຽກລາງທີ່ຢູ່ໃກ້ກັບ Turbine rotor ແລະ ອາຈະພບເຫັນບວງສ່ວນຂອບນອກຂອງ Diaphragm nozzle



144

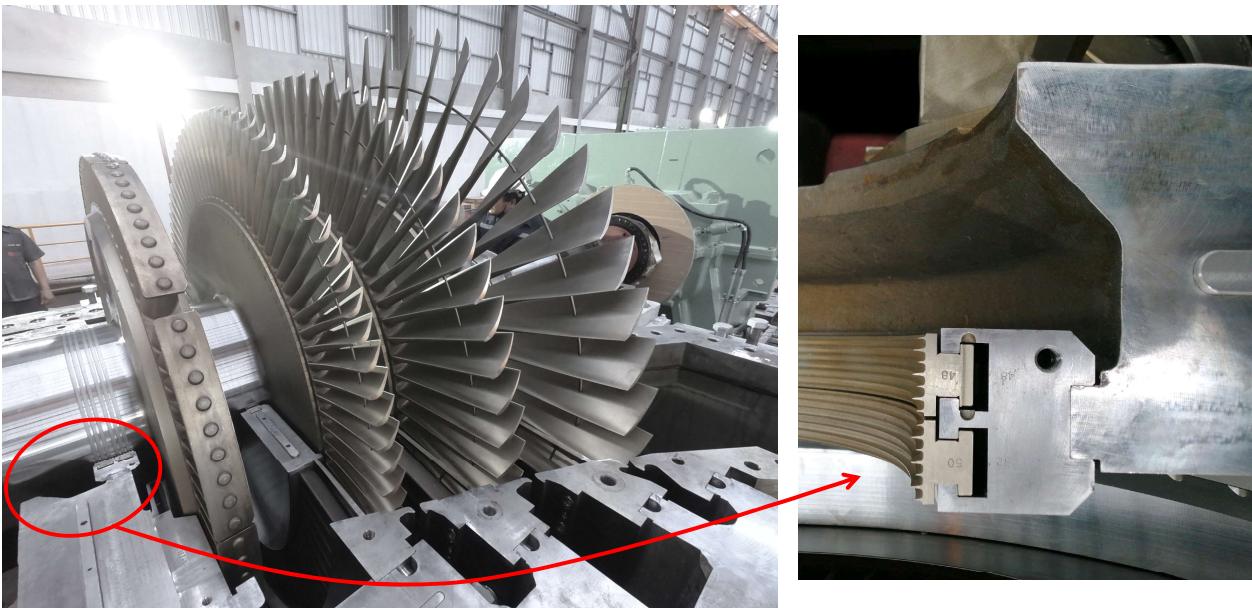
Inter stage Labyrinth

145

Inter stage Labyrinth

146

### Inter stage Labyrinth



147

### ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

11. Lubrication Oil Pump คือ ปั๊มน้ำมันหล่อลื่นระหว่างเพลาของกังหันไอน้ำ (Turbine shaft) และลูกปืนกังหันไอน้ำ (Turbine Bearing) เพื่อสร้างฟิล์มน้ำมันระหว่างคู่แรงเสียดทาน (พื้นผิวแรงเสียดทาน) ซึ่งจะช่วย

- ลดการสึกหรอของชิ้นส่วนที่สัมผัสกัน
- ลดความเสียดทาน
- ลดแรงกระแทก
- ลดอุณหภูมิที่เกิดจากการทำงาน
- ลดการกัดกร่อนของผิว
- ป้องกันสิ่งสกปรกเข้าสู่ระบบ

ปั๊มน้ำมันหล่อลื่นของกังหันฯ จะมีอย่างน้อย 3 ชุด\*\* วัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการเดินเครื่องปกติ (Normal operate), เพื่อใช้เสริมในการเดินเครื่องปกติ (Auxiliary operate), เพื่อใช้ในกรณีฉุกเฉิน (Emergency operate)

\*\* ตามการออกแบบของผู้ผลิต

148

## Lubrication Oil Pump

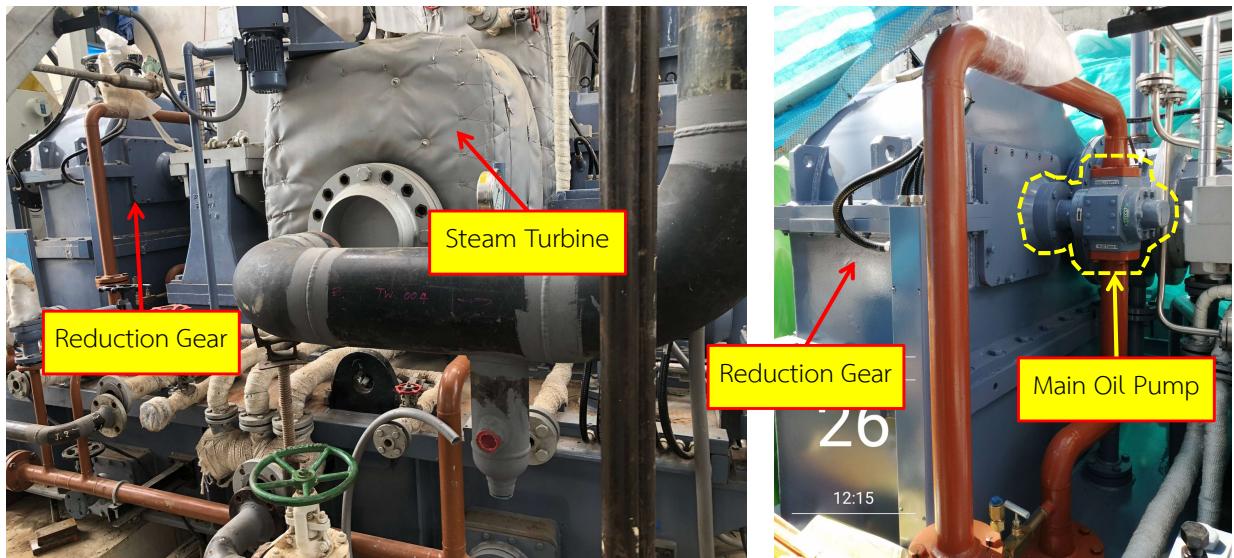
Main Oil Pump (MOP) เป็นปั๊มน้ำมันหล่อลื่นของกังหันฯ เพื่อใช้ในการเดินเครื่องปกติ (Normal operate) ในบางผู้ผลิตมักออกแบบให้เพลาของตัวปั๊มต่อ กับ ส่วนหนึ่ง ส่วนใดของเพลา กังหันฯ หรือต่อ กับ ส่วนหนึ่ง ส่วนใดของเครื่องทดรอบ (Reduction gear) การต่อแบบดังกล่าว ตัวปั๊ม จะรับภาระ ในช่วงที่ รอบของเพลา ที่ต่อขับปั๊ม เข้าใกล้รอบพิกัด แต่ก็ยังคงผู้ผลิตได้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) ในการขับเพลา ของ Main Oil Pump โดยตรง

Auxiliary Oil Pump (AOP) เป็นปั๊มน้ำมันหล่อลื่น เพื่อใช้เสริมในการเดินเครื่องปกติ (Auxiliary operate) เพลาของปั๊มจะถูกขับโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) โดยทั่วไปมักจะออกแบบให้ทำงานเป็นปั๊มตัวแรกก่อนการเดินเครื่อง กังหันฯ และทำงานเสริมกรณีความดันน้ำมันหล่อลื่น จาก Main Oil Pump มีค่าต่ำกว่าค่าปกติ

Emergency Oil Pump (EOP) เป็นปั๊มน้ำมันหล่อลื่น เพื่อใช้ในกรณีฉุกเฉิน โดยส่วนใหญ่มักจะตั้งค่าให้ EOP ทำงาน เมื่อความดันของน้ำมันในระบบหล่อลื่น ต่ำกว่าค่าที่ไม่ปลอดภัย เมื่อปั๊มทำงานน้ำมันจะส่งจ่ายในไลน์ Lube oil (หล่อลื่น) เพื่อหล่อเลี้ยงระบบในกรณีฉุกเฉิน

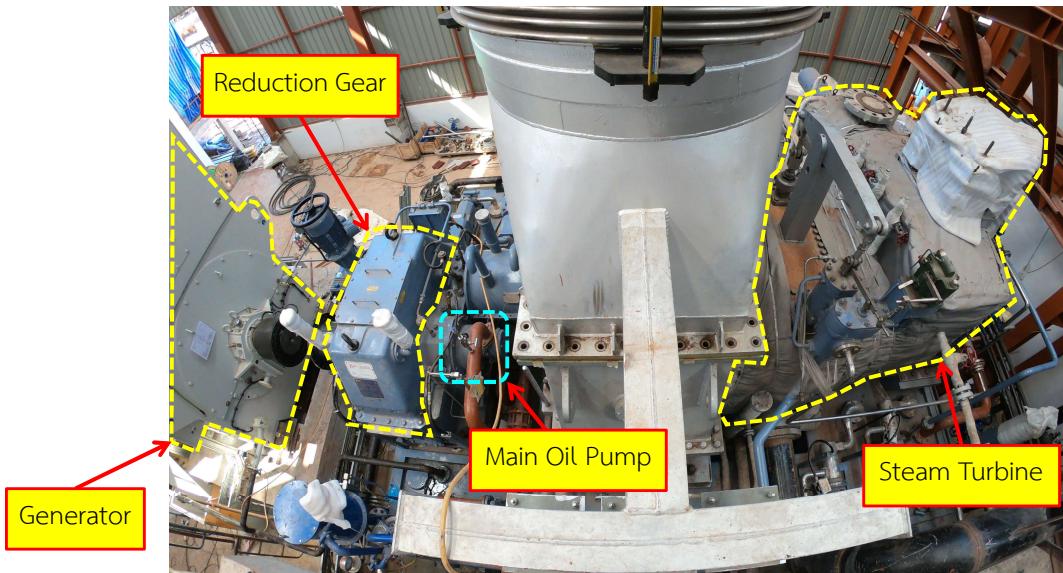
149

## Main Oil Pump (For Lube oil system)



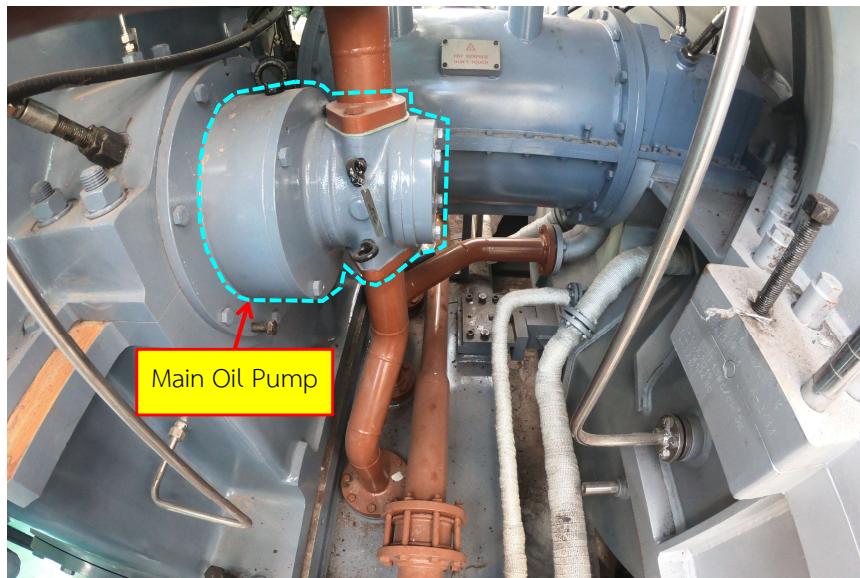
150

### Main Oil Pump (For Lube oil system)



151

### Main Oil Pump (For Lube oil system)



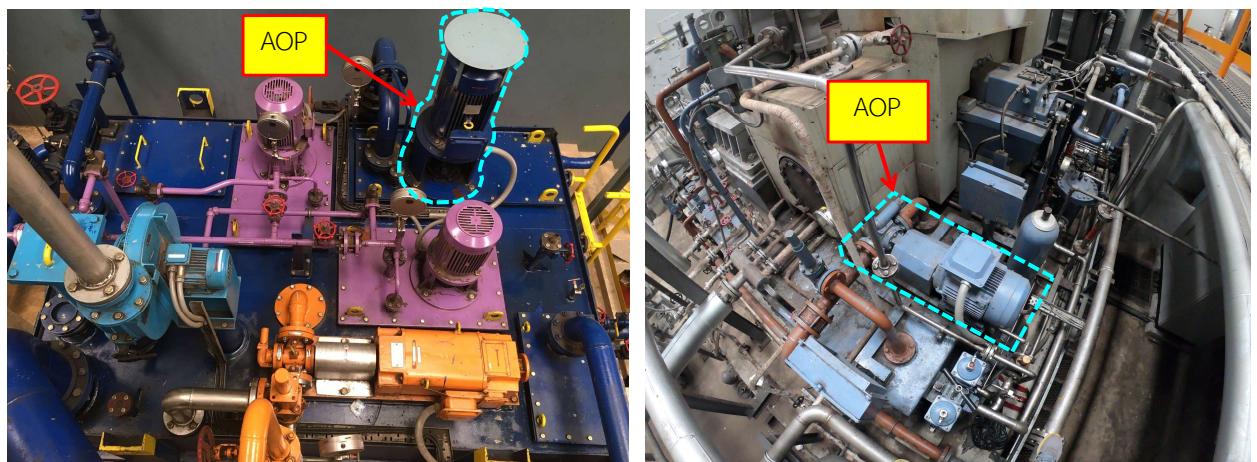
152

### Main Oil Pump (For Lube oil system)



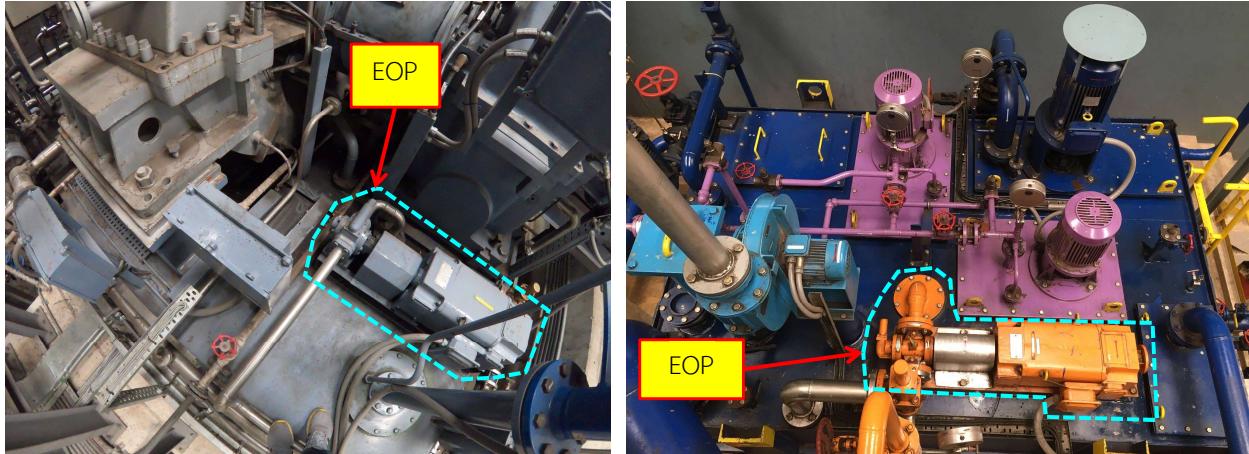
153

### Auxiliary Oil Pump (AOP)



154

### Emergency Oil Pump (EOP)



155

### ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

12. Control Oil Pump คือ ปั๊มน้ำมันควบคุม เพื่อใช้สารทำงานนั่นคือน้ำมัน (น้ำมันชนิดเดียวกับน้ำมันหล่อลื่น) ในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ไฮดรอลิก โดยจะทำงานร่วมกับระบบควบคุมการทำงานของกังหันฯ (Turbine controller)

ปั๊มน้ำมันควบคุมของกังหันฯ จะมีอย่างน้อย 2 ชุด\*\* วัตตุประสงค์เพื่อใช้ในการเดินเครื่องปกติ (Normal operate), เพื่อใช้ช่วยเสริมในการเดินเครื่องปกติ (Standby)

\*\* ตามการออกแบบของผู้ผลิต

156

## Control Oil Pump

น้ำมันควบคุม ใช้สำหรับควบคุมอุปกรณ์ของกังหันฯ (เป็นน้ำมันที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฮดรอลิก เพื่อบังคับแขนกล หรือก้านให้ยกหรือให้ขยับ) เช่น

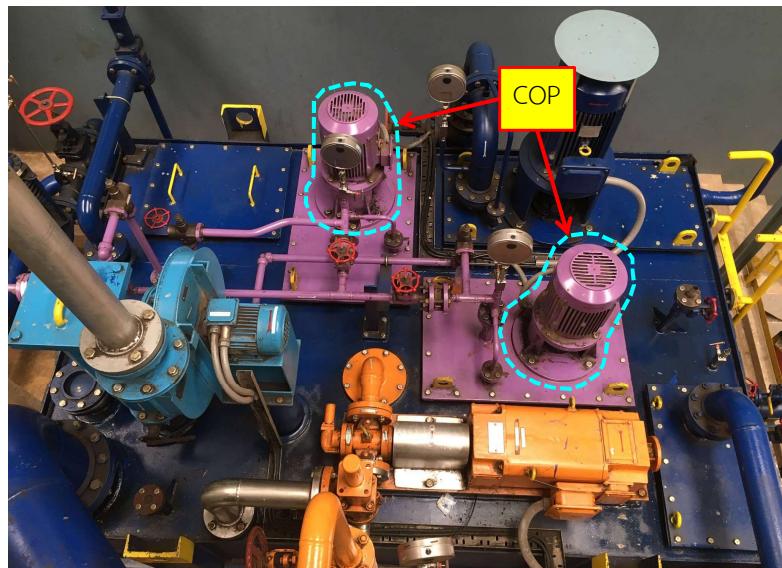
- Emergency Stop Valve (ESV) ใช้น้ำมันในการเปิดหรือปิดวาล์วที่อยู่ตรงช่องทางเข้าของไอน้ำ
- Governor control valve (GOV) หรือ Throttle Valve (TV) ใช้น้ำมันในการเร่งหรือห้ามไว้เพื่อควบคุม ปริมาณไอน้ำที่เข้ากังหันฯ ให้มีปริมาณสัมพันธ์กับโหลดทางกล (หรืออภินัยหนึ่งก็คือโหลดทางไฟฟ้า)

Main Control Oil Pump (MCOP) เป็นปั๊มน้ำมันควบคุมหลัก ที่ใช้ในการเดินเครื่องปกติ (Normal operate) บางผู้ผลิตมักออกแบบให้เพลาของตัวปั๊มต่อ กับ ส่วนหนึ่ง ส่วนใดของเพลา กังหันฯ หรืออาจจะต่อ กับ ส่วนหนึ่ง ส่วนใดของเครื่อง ทดรอบ (Reduction gear) การต่อแบบดังกล่าว ตัวปั๊ม จะรับภาระ ในช่วง ที่ รอบของเพลา ที่ต่อ ขับ ปั๊ม เข้า ใกล้ รอบ พิกัด แต่ ไม่ บาง ผู้ ผลิต ได้ ใช้ มอเตอร์ไฟฟ้า กระแส สลับ (AC Motor) ในการ ขับ เพลา ของ Main Control Oil Pump โดย ตรง

Auxiliary Control Oil Pump (ACOP) เป็นปั๊มน้ำมันควบคุมเสริมกรณีที่ปั๊มตัวหลักมีปัญหาใดๆ ตัวเพลาของปั๊ม จะถูกขับโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor)

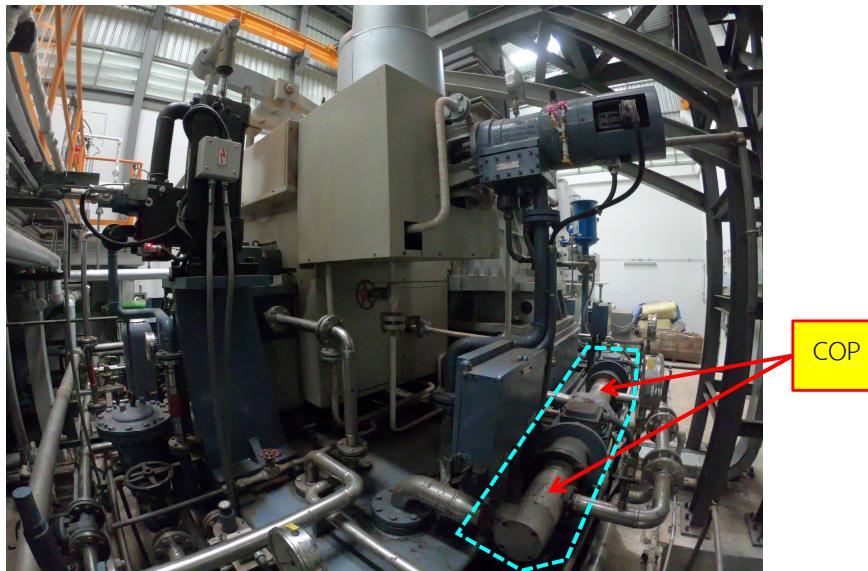
157

## Control Oil Pump



158

### Control Oil Pump



159

### ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

13. Bladder Accumulator คือภาชนะรับแรงดันเพื่อกักเก็บความดันของเหลวในระบบไฮดรอลิก โดยอาศัยหลักการของของไหลในสถานะ Gas ที่สามารถอัดตัวได้ (compressibility) และ คุณลักษณะของของไหลในสถานะ Liquid ที่ไม่สามารถอัดตัวได้ (incompressibility)

#### ทำงานที่

1. รักษาความดันน้ำมัน ลดการกระเพื่อมของความดันน้ำมัน
2. รองรับในการณีกิດการเปลี่ยนแปลงของความดันน้ำมันอย่างกระทันหัน (Pressure shock)

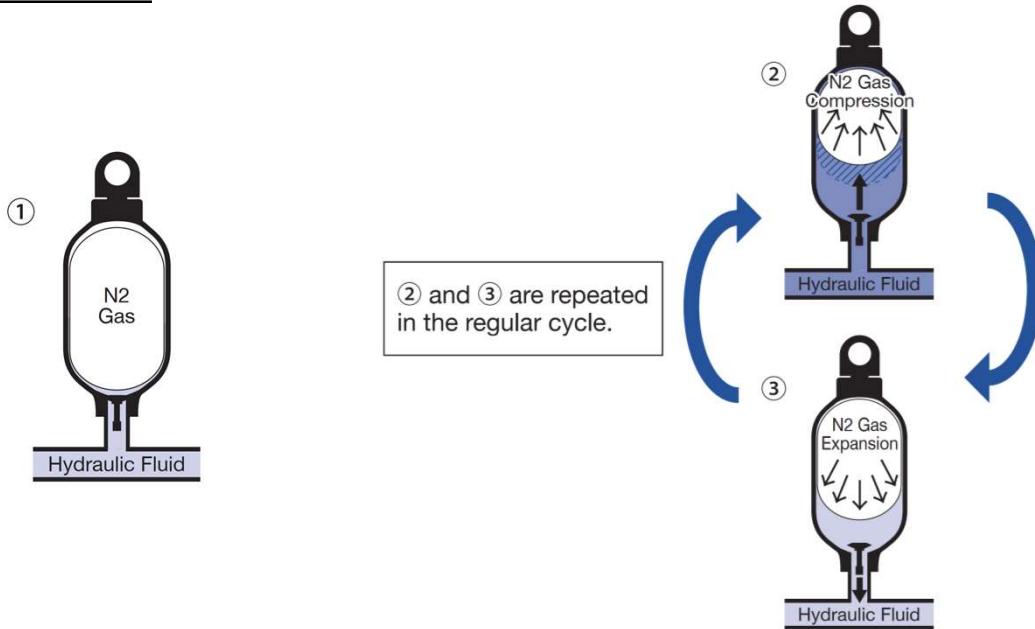
ภายในจะมีถุงบรรจุ gas หรือเรียกว่า bladder (ถุง), หัวเติม, Poppet valve



<https://www.youtube.com/watch?v=RMDE5v3ouN8>

160

## Bladder Accumulator



161

## Bladder Accumulator

### Mechanism of Accumulator Operation

#### ① Before Operation

This is the state just the nitrogen gas has been precharged.

When the hydraulic pressure is lower than the precharged nitrogen gas pressure, the bladder expands fully in the accumulator body.

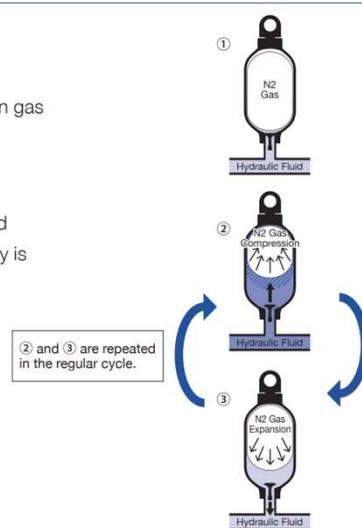
#### ② Energy Storing Up

When the hydraulic pressure becomes higher than the precharged nitrogen gas pressure, the nitrogen gas is compressed and energy is stored.

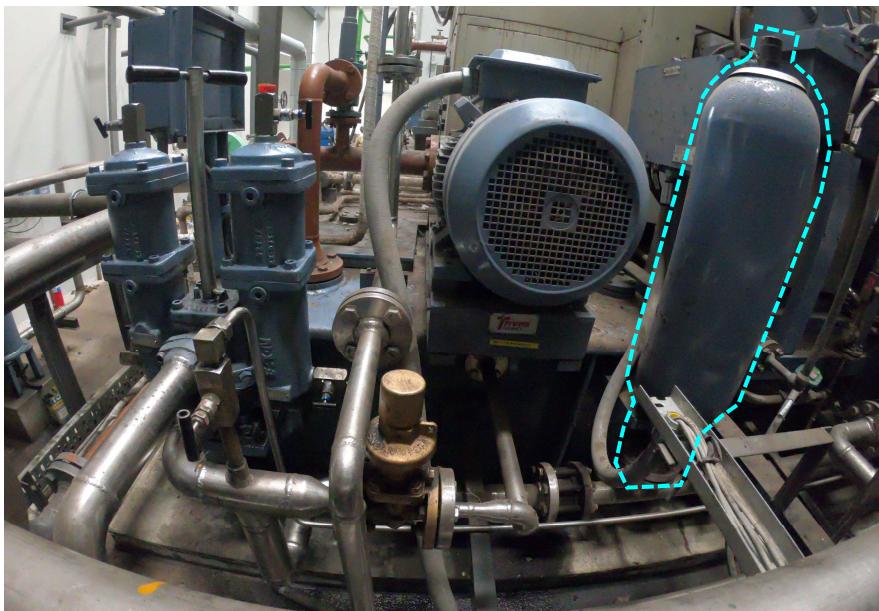
(The slashed area of right figure shows usable stored oil volume.)

#### ③ Stored Energy Release

When the hydraulic pressure drops, the nitrogen gas expands and releases the stored energy.



162

Bladder Accumulator

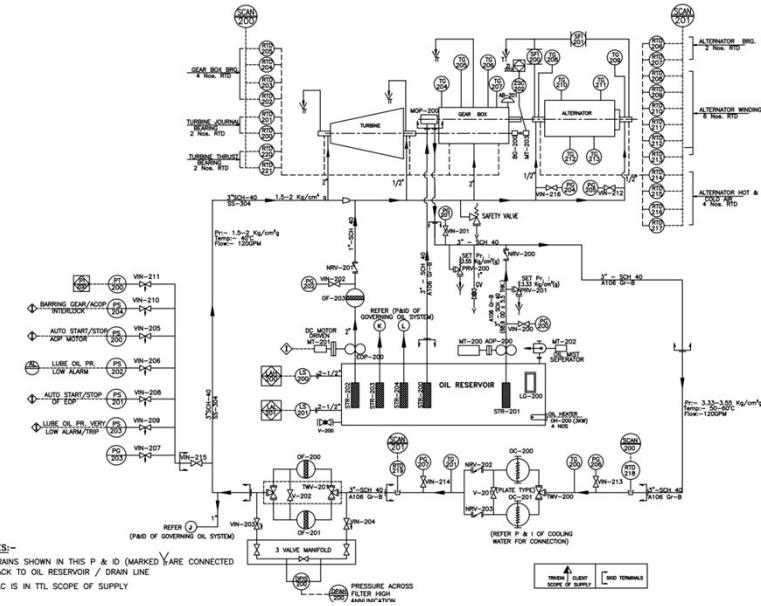
163

Bladder Accumulator

164

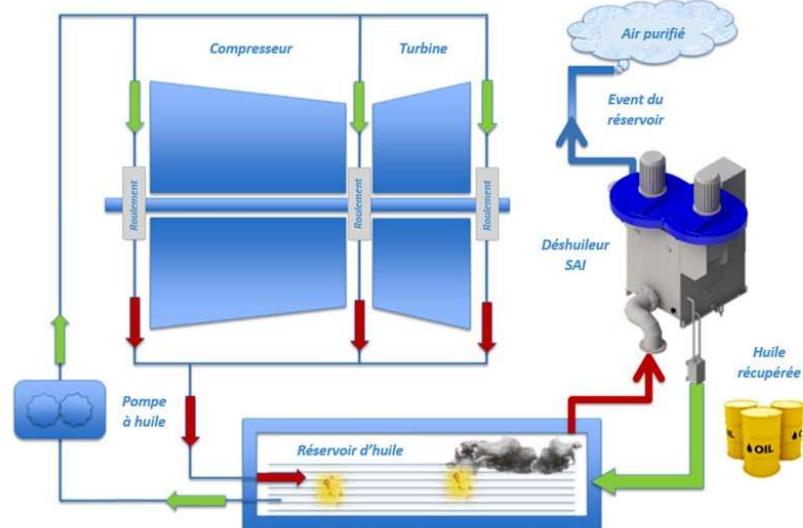
## ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

14. Oil mist Fan หรือ Vapor Fan หรือ Vapor Extractor เป็นอุปกรณ์ซึ่งติดตั้งอยู่เหนือถังน้ำมัน (Oil Tank) ทำหน้าที่ดูดอากาศ, ไอน้ำมัน, หรือแก๊สที่ปะปนในระบบหล่อเลี้นและระบบควบคุม โดยจะระบายน้ำมันออกสู่บรรยากาศ เพื่อช่วยให้การไหลเวียนของน้ำมันในระบบหล่อเลี้นคล่องตัวไม่เกิดการอันภัยในถังน้ำมัน



165

## Oil Mist Fan



<https://saifrance.com/ome/>

166

Oil Tank

167

Oil Tank

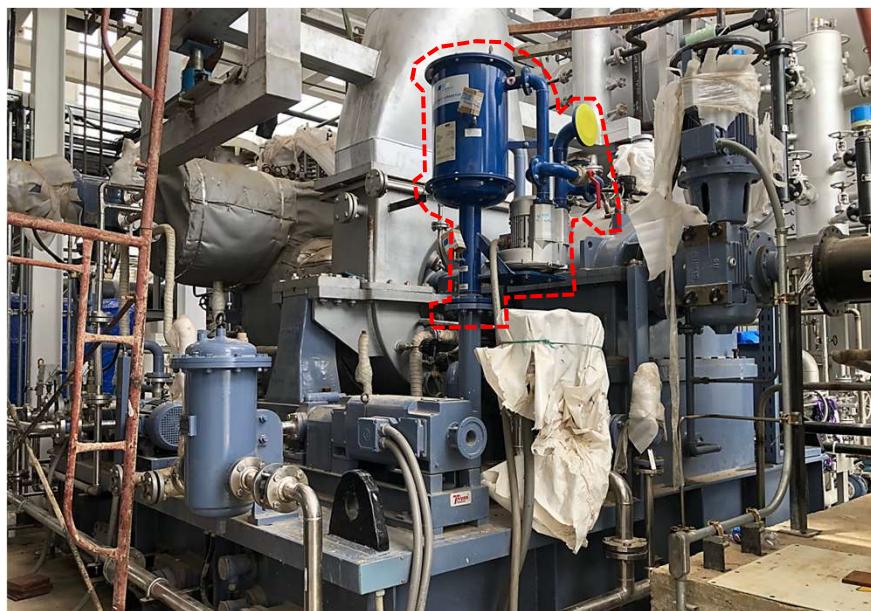
168

Oil Tank

169

Oil mist Fan/ Vapor Vent Fan / Vapor Extractor

170

Oil mist Fan/ Vapor Vent Fan / Vapor Extractor

171

Oil mist Fan/ Vapor Vent Fan / Vapor Extractor

172

### Oil mist Fan/ Vapor Vent Fan / Vapor Extractor



173

### ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

15. Oil Filter หรือกรองน้ำมัน เป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่กรองสิ่ง杂质ปลอมที่ไม่ใช่น้ำมัน ในระบบน้ำมัน เพื่อให้น้ำมันสะอาด ไม่เกิดสิ่ง杂质ปลอมเข้าไปติดขัดตามอุปกรณ์ซึ่งใช้น้ำมันในการทำงาน ส่วนใหญ่มี 2 จุด

- ระบบน้ำมันหล่อลื่น (Lube oil filter)
- ระบบน้ำมันควบคุม (Control oil filter)



174

Lube oil filter / Control oil filter



Control oil Filter

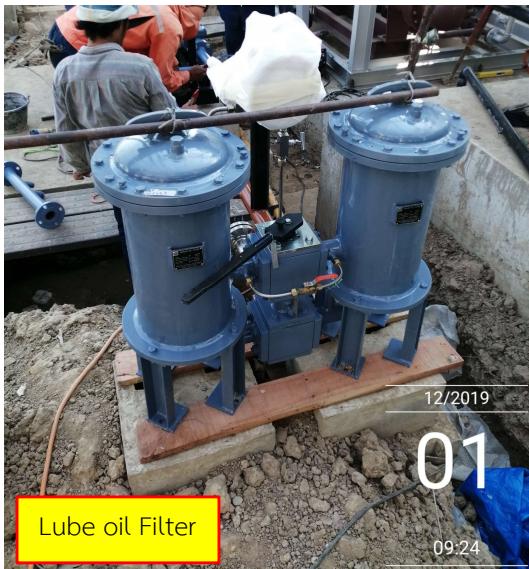
175

Lube oil filter / Control oil filter

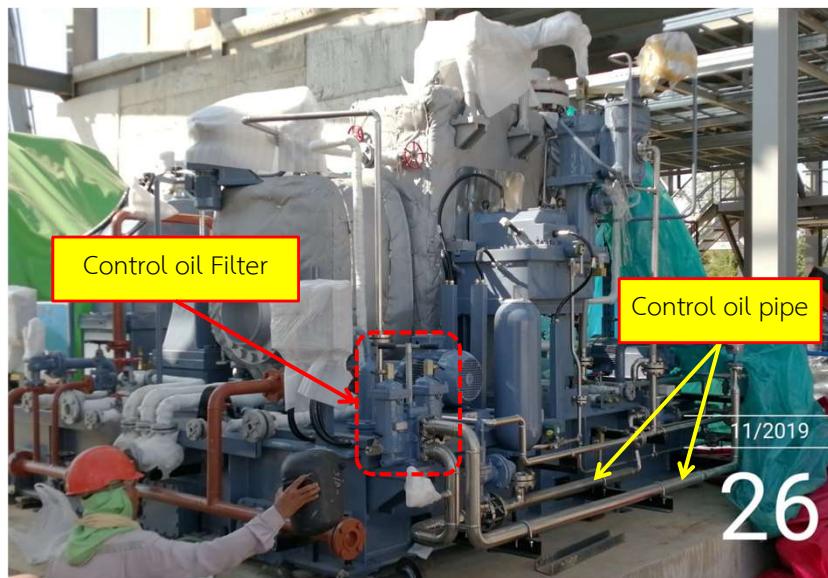


Lube oil Filter

176

Lube oil filter / Control oil filter

177

Lube oil filter / Control oil filter

178

## ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

16. Oil Cooler คือ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำมันกับน้ำหล่อลื่น เพื่อควบคุมไม่ให้มีอุณหภูมิสูงหรือต่ำจนเกินไป จนส่งผลกระทบต่อการทำงานอุปกรณ์ไฮดรอลิกที่ใช้ขับเคลื่อน เช่น Emergency stop valve (ESV.), Governor control valve (GOV.) และในกรณีที่น้ำมันมีอุณหภูมิสูงจะส่งผลทำให้อุณหภูมิของ Bearing ตามจุดต่างๆ สูงตามไปด้วย หรือในกรณีที่น้ำมันอุณหภูมิต่ำจะส่งผลต่อการสั่นสะเทือนของ Bearing (เนื่องจากความหนืด)



179

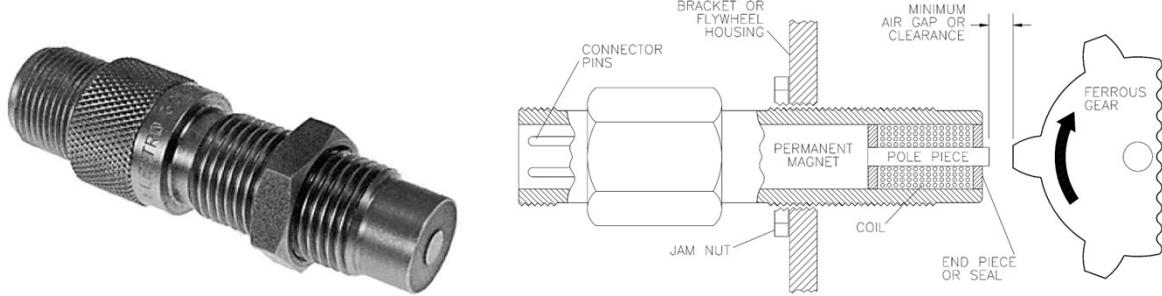
### Oil Cooler



180

## ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

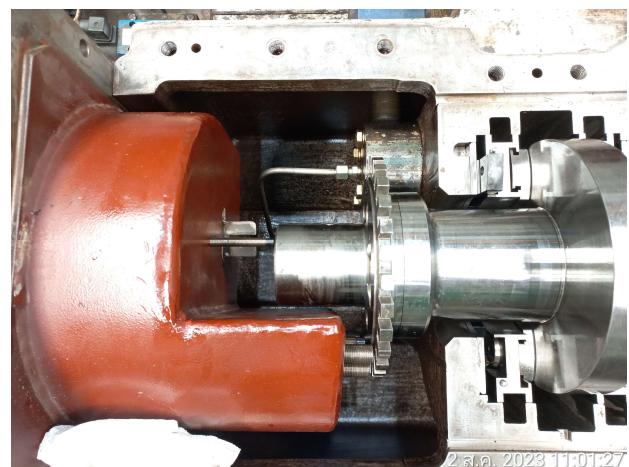
17. Turbine speed sensor (Magnetic Pickups : MPUs) คือ อุปกรณ์วัดรอบการหมุนของเพลา กังหันไอน้ำ โดยตัว sensor จะติดตั้งอยู่รอบๆ เพื่อที่ติดอยู่กับเพลาของกังหันฯ (**เมื่อเวลาหมุน เพื่องกีหมุน**) โดยตัว sensor จะอ่านค่าและส่งสัญญาณข้าออก (Output signal) ออกมาในรูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้า (mV)



Ref. WOODWARD Product Specification 02010

181

## Magnetic Pickups : MPUs



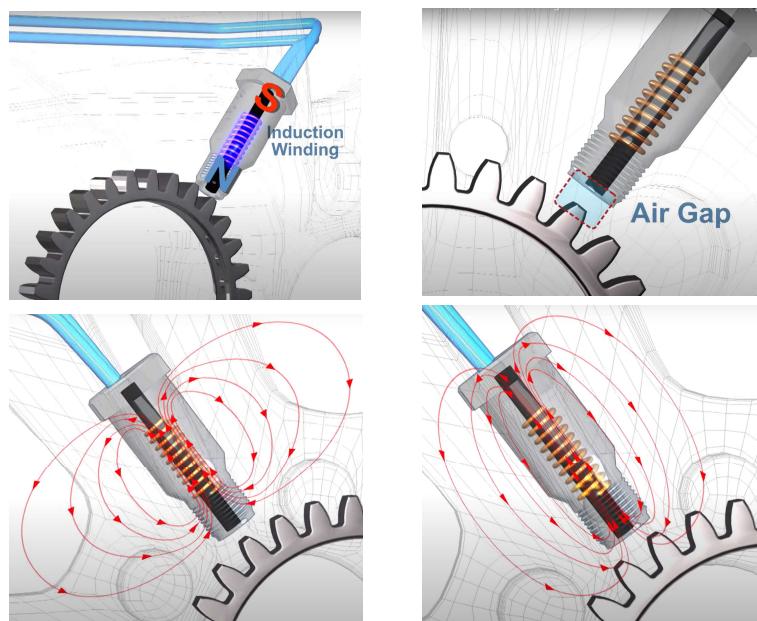
182

### Turbine Speed Sensor



183

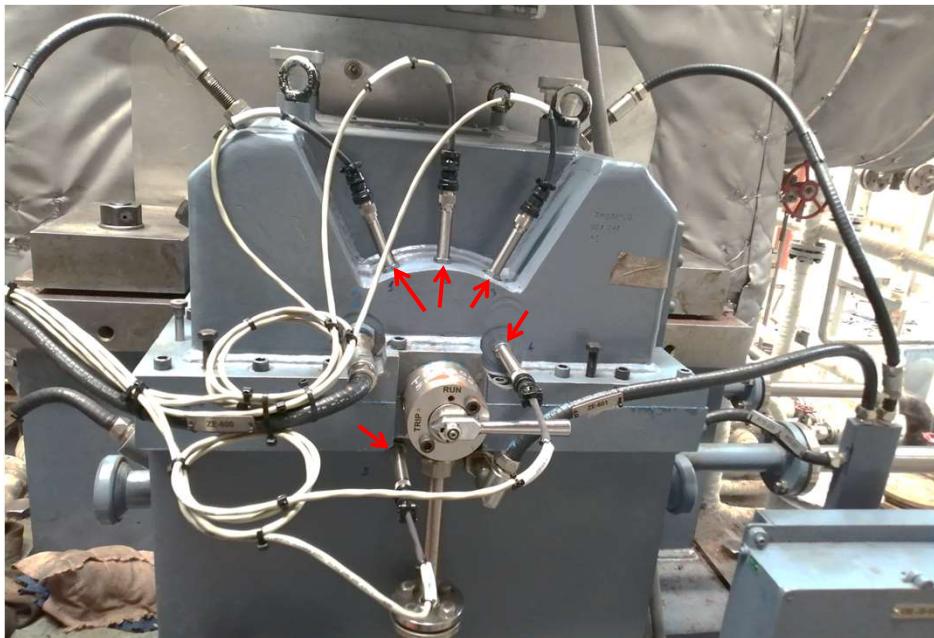
### Turbine Speed Sensor



<https://www.youtube.com/watch?v=YeXlmdlXp2s>

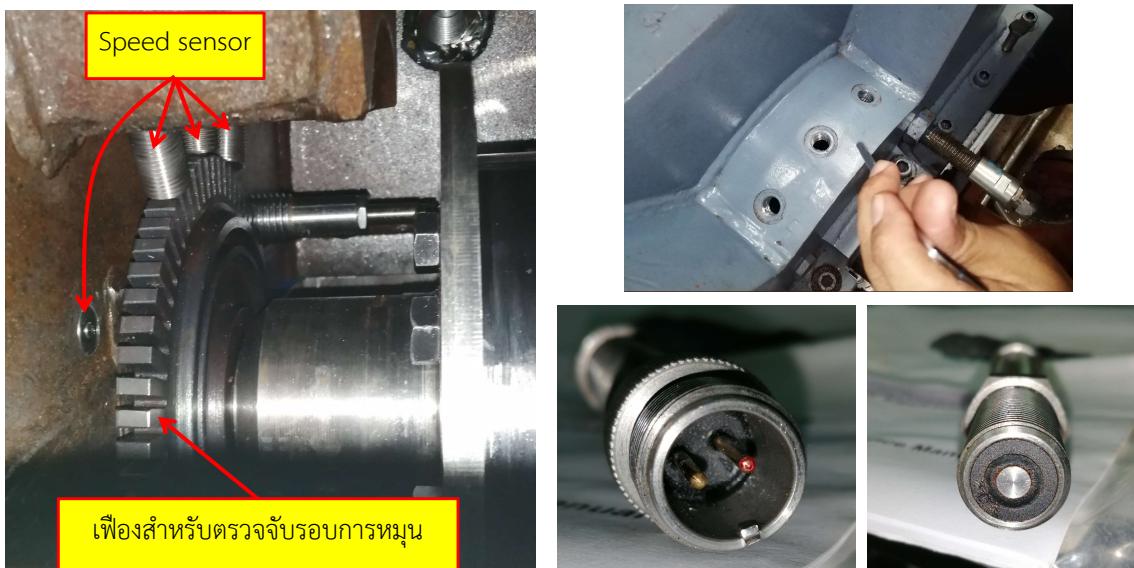
184

### Turbine Speed Sensor



185

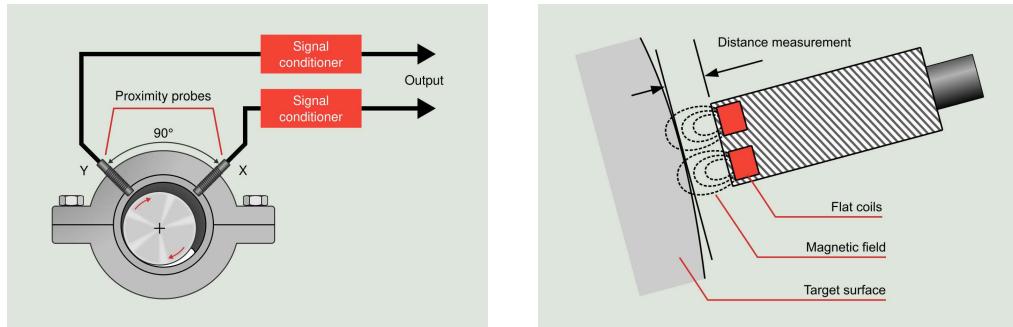
### Turbine Speed Sensor



186

## ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

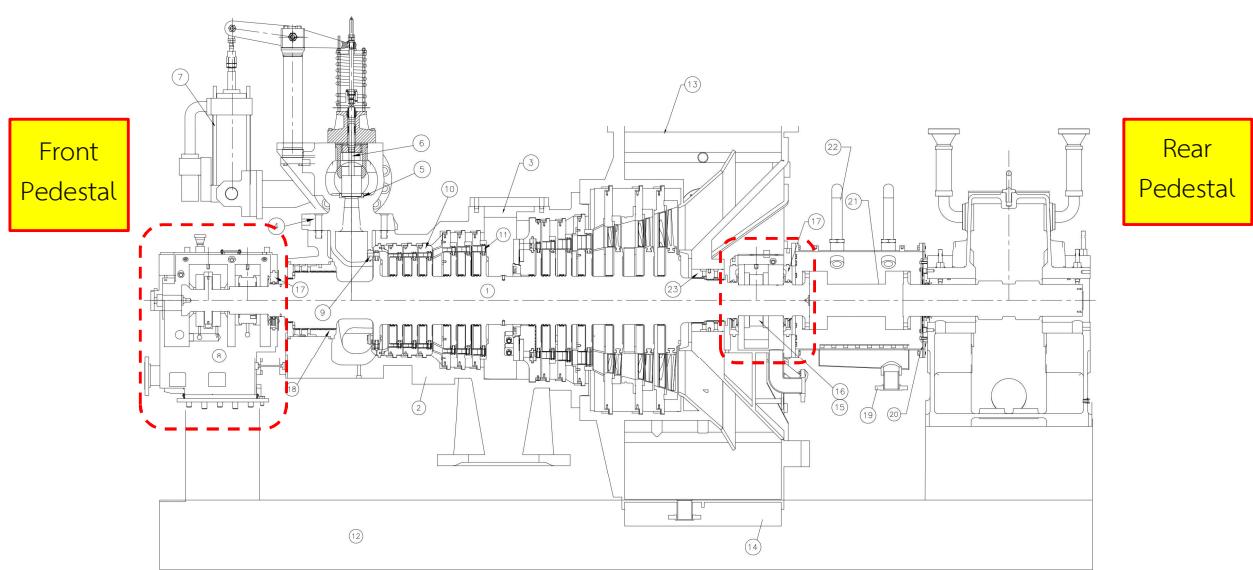
18. Proximity sensor คือ อุปกรณ์จับการมีอยู่ของวัตถุใกล้เคียง โดยไม่ต้องสัมผัสทางกายภาพ ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า นำมาประยุกต์ใช้ในการวัดการสั่นสะเทือน (Vibration) ของเพลา (Turbine rotor), นำมาวัดระยะห่าง (Displacement) โดยการติดตั้งจะติดที่ฝั่งหัว (Front, NDE, Steam End) และฝั่งท้าย (Rear, NDE, Exhaust End) เมื่อเกิดการสั่นหรือมีการขยับของเพลา จะทำให้เกิดระยะห่างระหว่างเพลาและหัว sensor ส่งผลให้ค่าส่งสัญญาณข้าอก (Output signal) ในรูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้า (Vdc) เปลี่ยนแปลงไปตามระยะห่าง



Ref. <https://power-mi.com/content/displacement-sensors>

187

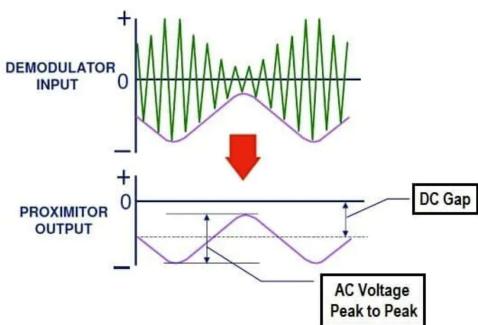
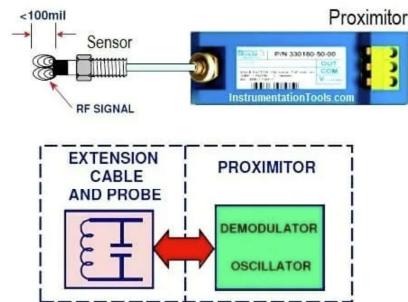
## General Arrangement Steam Turbine Components



188

## Vibration monitoring

### Proximity Transducer System



Ref. <https://instrumentationtools.com/proximity-transducer-system-operation/>

189

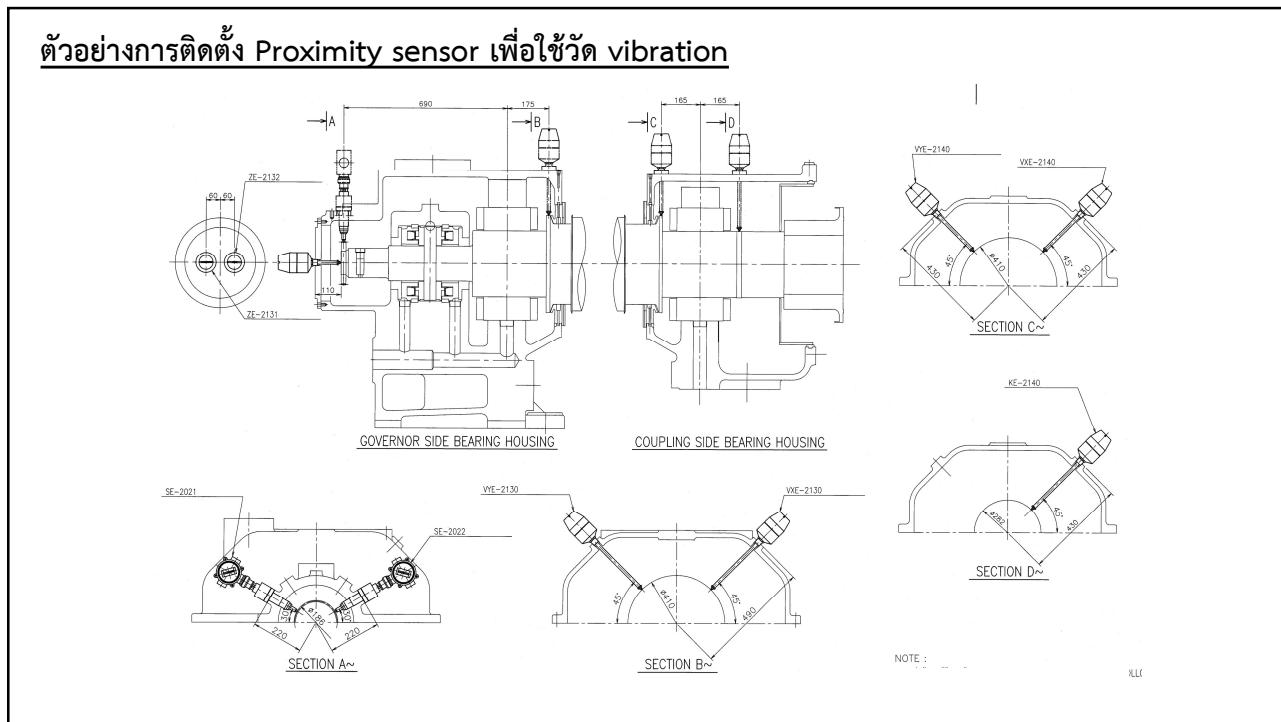
## Proximity sensor



Ref. <https://instrumentationtools.com/proximity-transducer-system-operation/>

190

### ตัวอย่างการติดตั้ง Proximity sensor เพื่อใช้วัด vibration



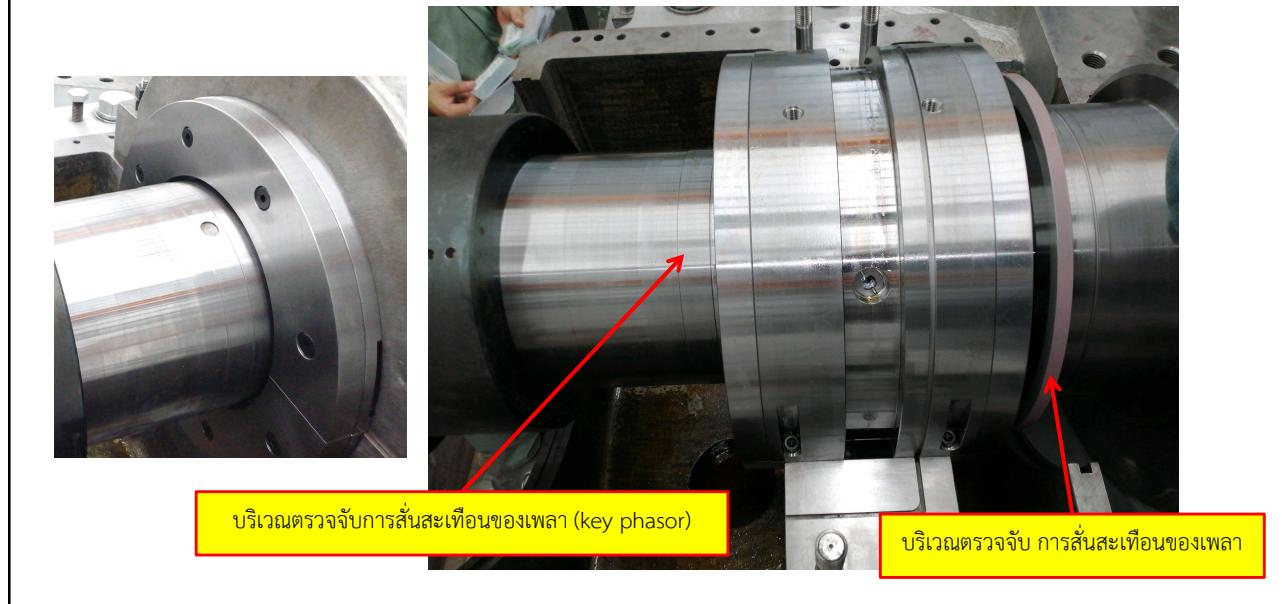
191

### ตัวอย่างการติดตั้ง Proximity sensor เพื่อใช้วัด vibration



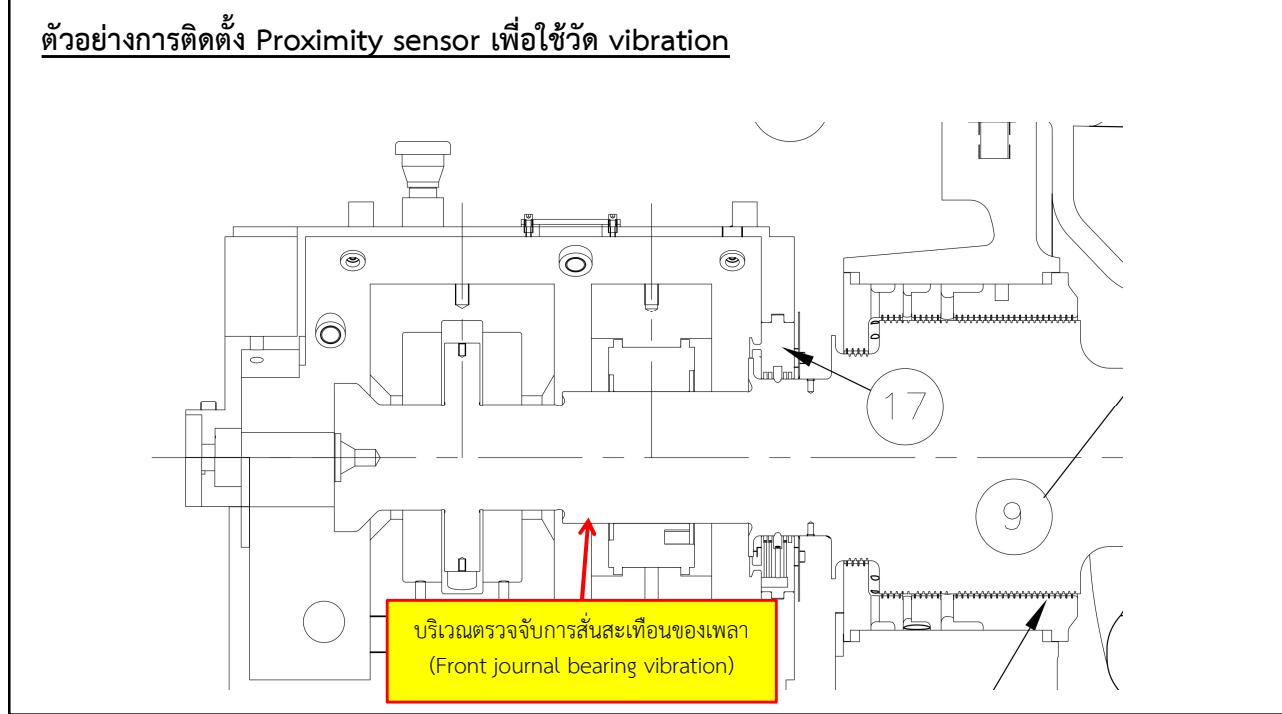
192

### ตัวอย่างการติดตั้ง Proximity sensor เพื่อใช้วัด vibration



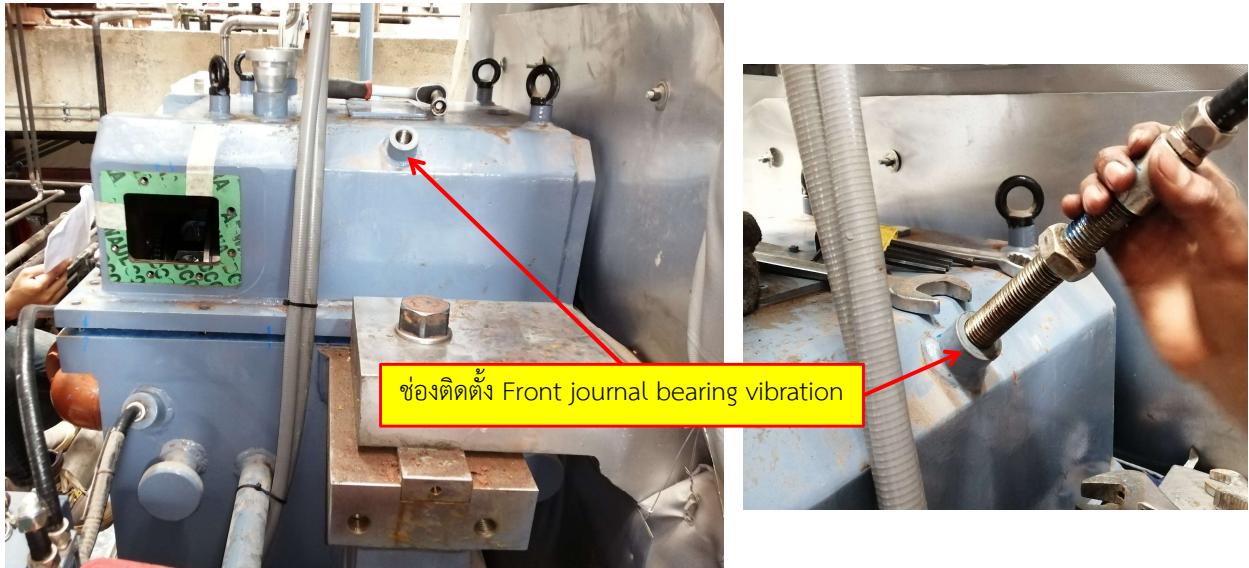
193

### ตัวอย่างการติดตั้ง Proximity sensor เพื่อใช้วัด vibration



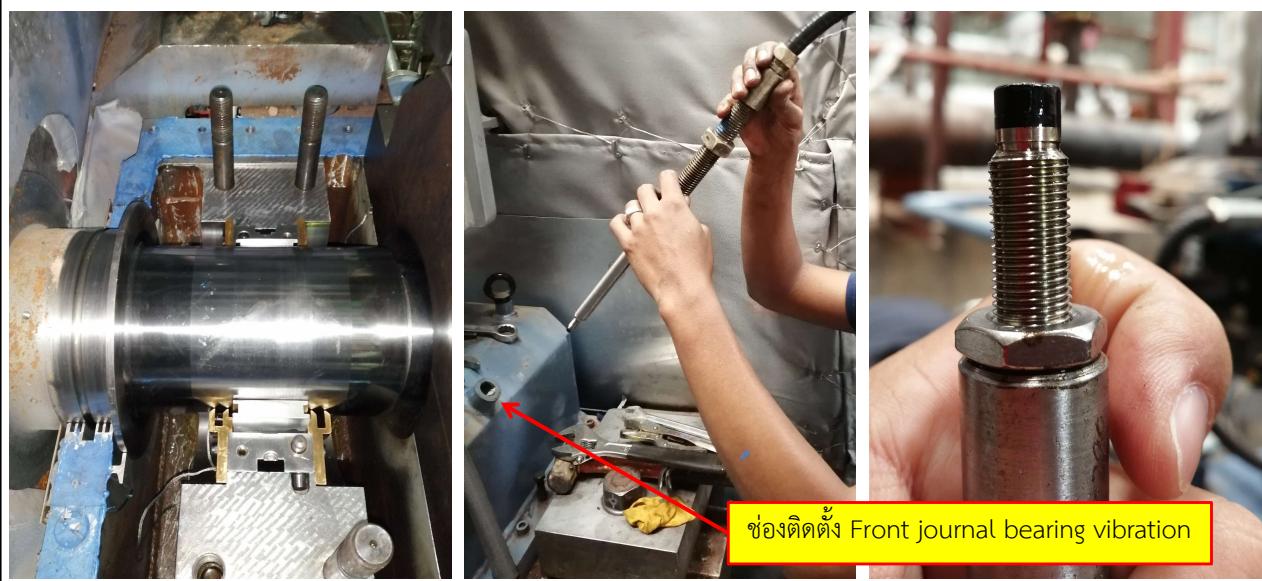
194

ตัวอย่างการติดตั้ง Proximity sensor เพื่อใช้วัด vibration



195

ตัวอย่างการติดตั้ง Proximity sensor เพื่อใช้วัด vibration



196

### ตัวอย่างการติดตั้ง Proximity sensor เพื่อใช้วัด vibration



197

### Axial Displacement Sensor



198

### Axial Displacement Sensor



199

### Axial displacement sensor (ใช้สำหรับวัดระยะเคลื่อนที่ในแนวแกนเพลา : “ระยะรุน”)



200

## ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

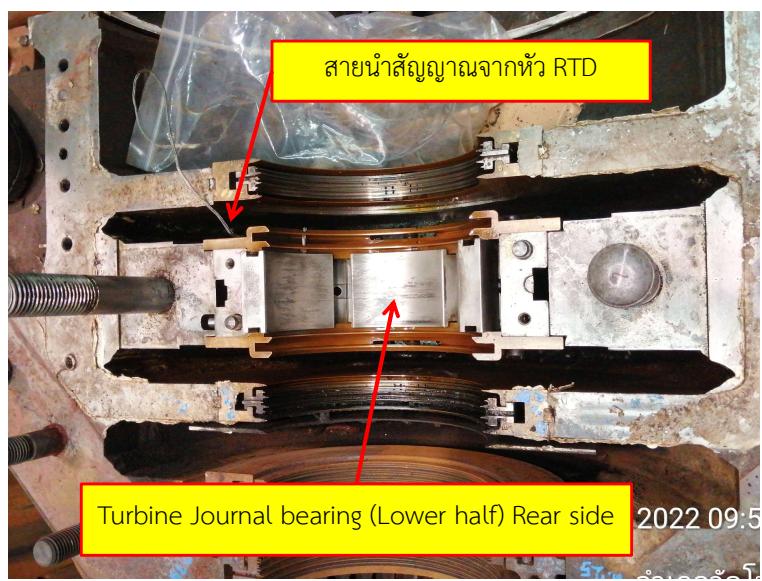
19. Bearing temperature sensor คือ อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนของ Bearing โดยทั่วไปมักใช้ sensor ประเภท RTD (Resistance Temperature Detectors) ตัว sensor จะติดตั้งอยู่ในเนื้อ bearing pad โดยส่วนแยกจุดวัดอุณหภูมิ ดังต่อไปนี้

- Thrust Bearing temperature
- Journal Bearing temperature (Front and Rear)

RTD จะวัดค่าและส่ง output ของการวัดอุณหภูมิเป็นค่าความต้านทาน (หน่วยโอห์ม,  $\Omega$ ) แบบที่นิยมใช้คือ Pt100 (ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จะให้ค่า output 100 โอห์ม

201

## ตัวอย่างการติดตั้ง RTD sensor เข้ากับ Journal bearing



202

ตัวอย่างการติดตั้ง RTD sensor เข้ากับ Journal bearing



203

ตัวอย่างการติดตั้ง RTD sensor เข้ากับ Thrust bearing



204

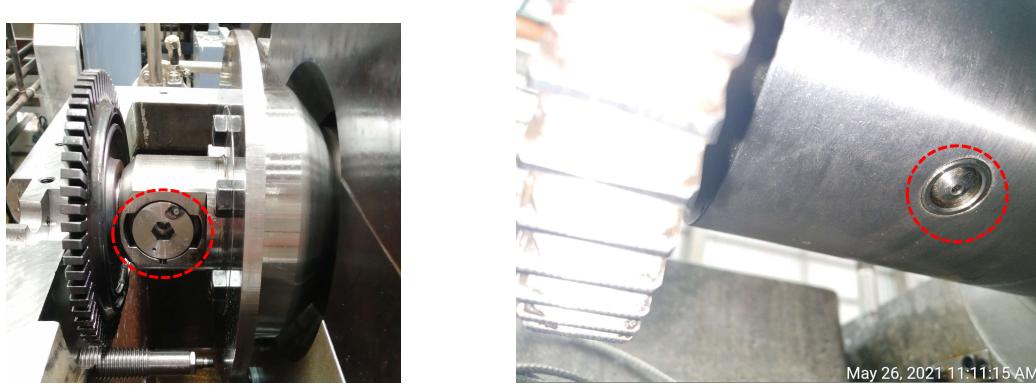
### ตัวอย่างการติดตั้ง RTD sensor เข้ากับ Thrust bearing



205

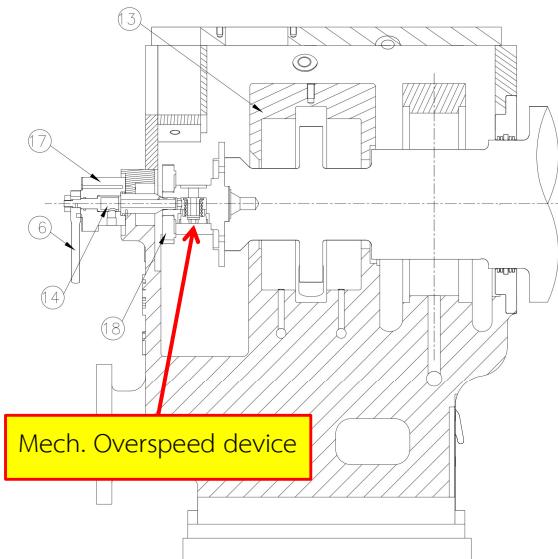
### ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

20. Mechanical Overspeed device คือ อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันรอบเกินของเพลา กังหันไอน้ำ ในขณะที่เกิดรอบเกิน จะมีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ทำให้ปุ่ม (knob) ติดหรือเด้งออกเนื่องจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ขณะแรงสปริงที่อยู่ภายในสำหรับตัว อุปกรณ์จะติดตั้งอยู่กับเพลาบริเวณส่วนหัว ซึ่งจะโดยมีอุปกรณ์ประกอบซึ่งทำงานร่วมกันเพื่อตัดวงจรนำมันไลน์ควบคุม (control oil) เพื่อให้ ESV อยู่ในสถานะปิด



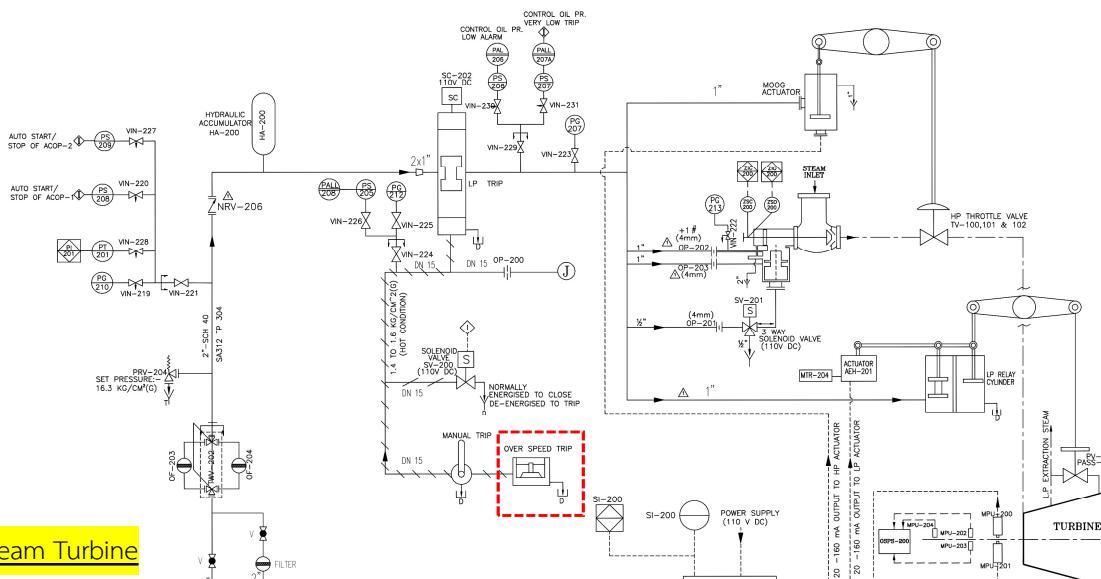
206

## Mechanical Overspeed device



207

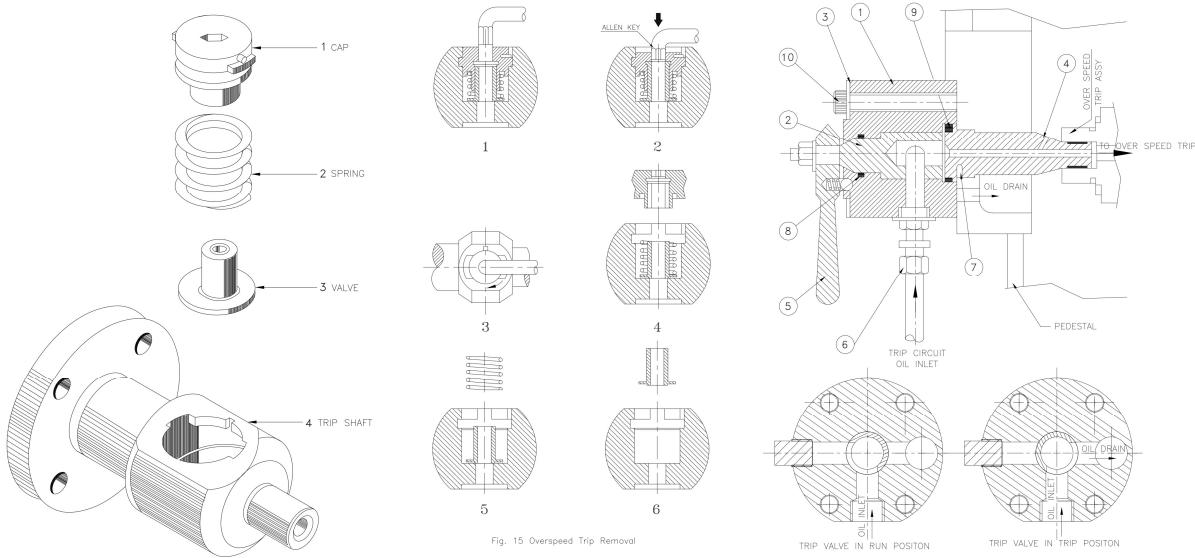
## Mechanical Overspeed device



208

## Mechanical Overspeed device

**Triveni Steam Turbine**



209

## Mechanical Overspeed device



**Triveni Steam Turbine**

210

### Mechanical Overspeed device



Triveni Steam Turbine

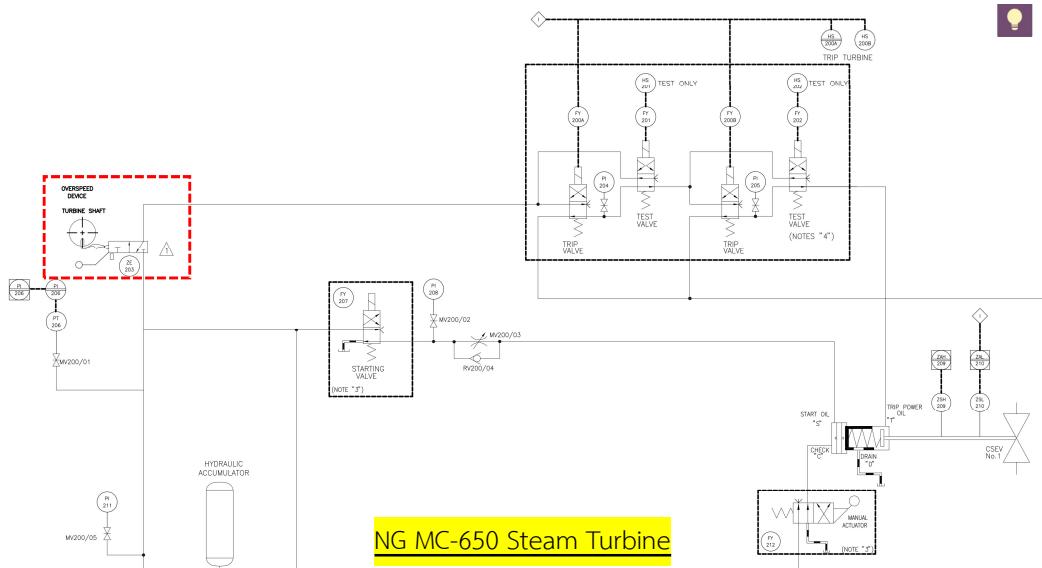
211

### Mechanical Overspeed device



212

## Mechanical Overspeed device



213

## Mechanical Overspeed device



214

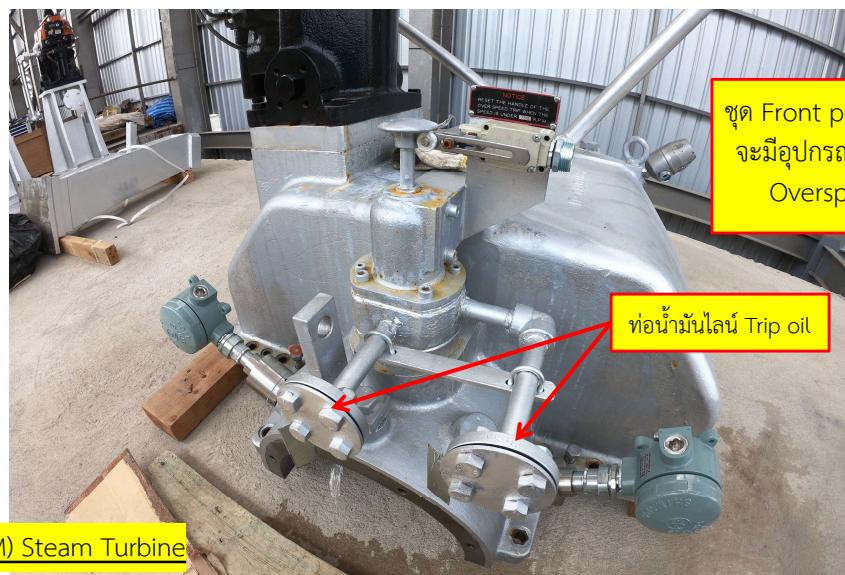
### Mechanical Overspeed device



NG MC-650 Steam Turbine

215

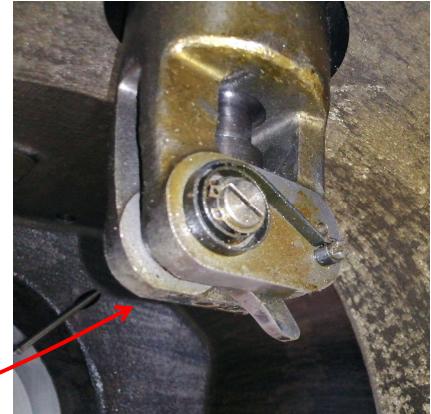
### Mechanical Overspeed device



Shin Nippon (SNM) Steam Turbine

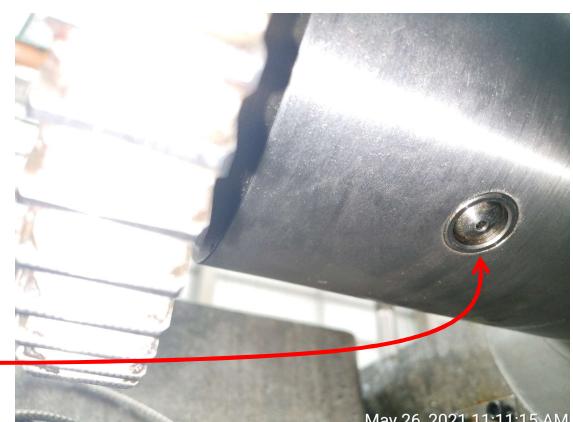
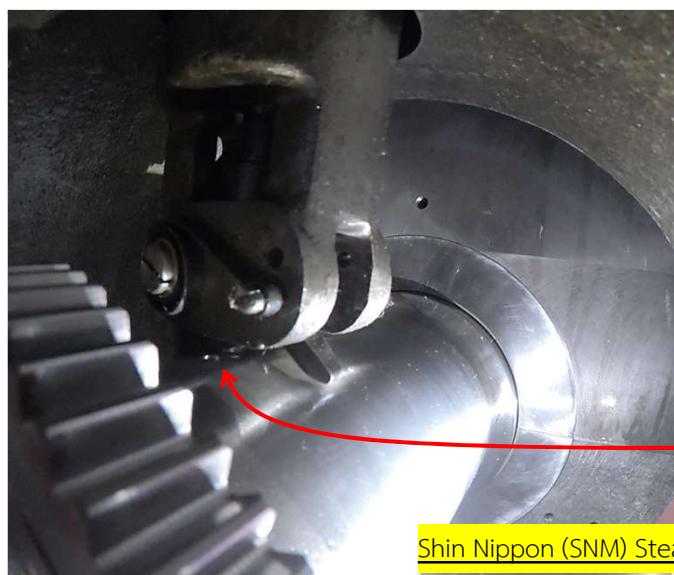
216

### Mechanical Overspeed device



217

### Mechanical Overspeed device



Shin Nippon (SNM) Steam Turbine

218

### ส่วนประกอบของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

21. Insulation หุ้มฉนวนที่ตัว Turbine casing เพื่อลดความร้อนสูญเสีย และเพื่อรักษาอุณหภูมิระหว่างภายใน Turbine casing และภายนอก Turbine casing ไม่ให้แตกต่างจนมากเกินไป



219

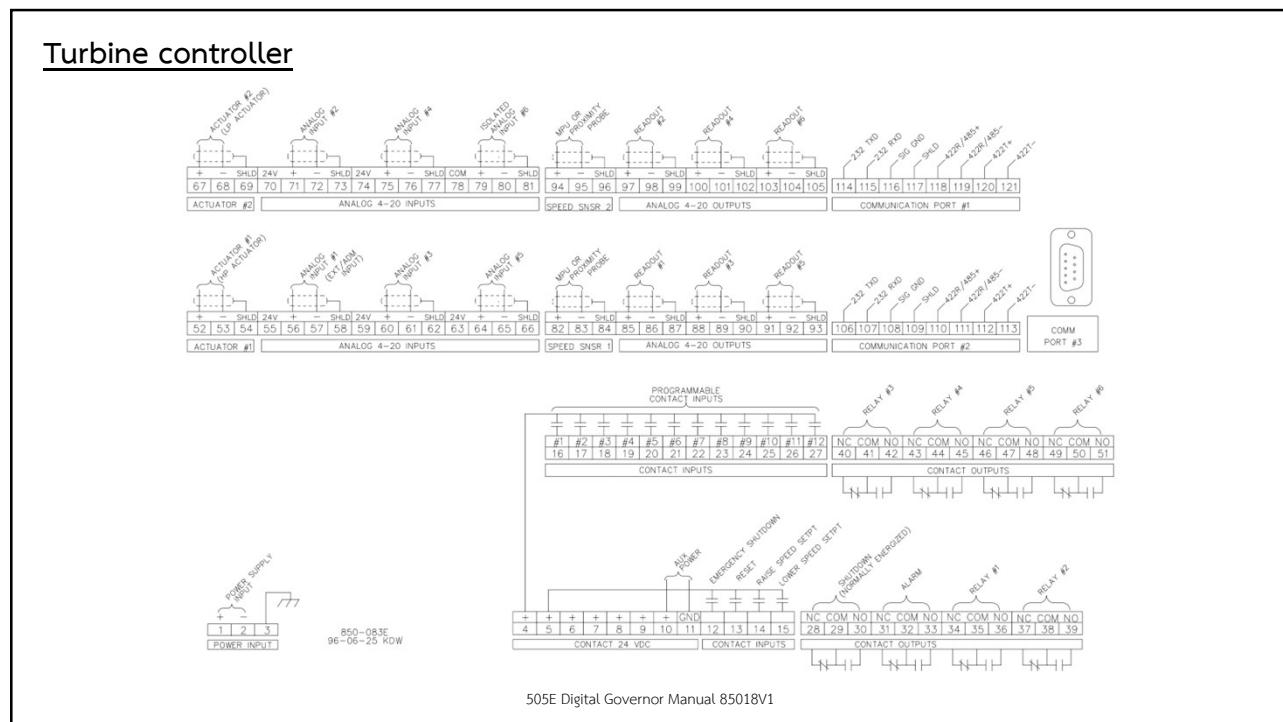
### ส่วนประกอบอื่นๆ ของกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Components)

22. อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของกังหัน (Turbine controller) ทำหน้าที่รับค่าสัญญาณต่างๆ จาก PLC หรือรับค่าสัญญาณตรงมาจากเครื่องมือวัด เช่น

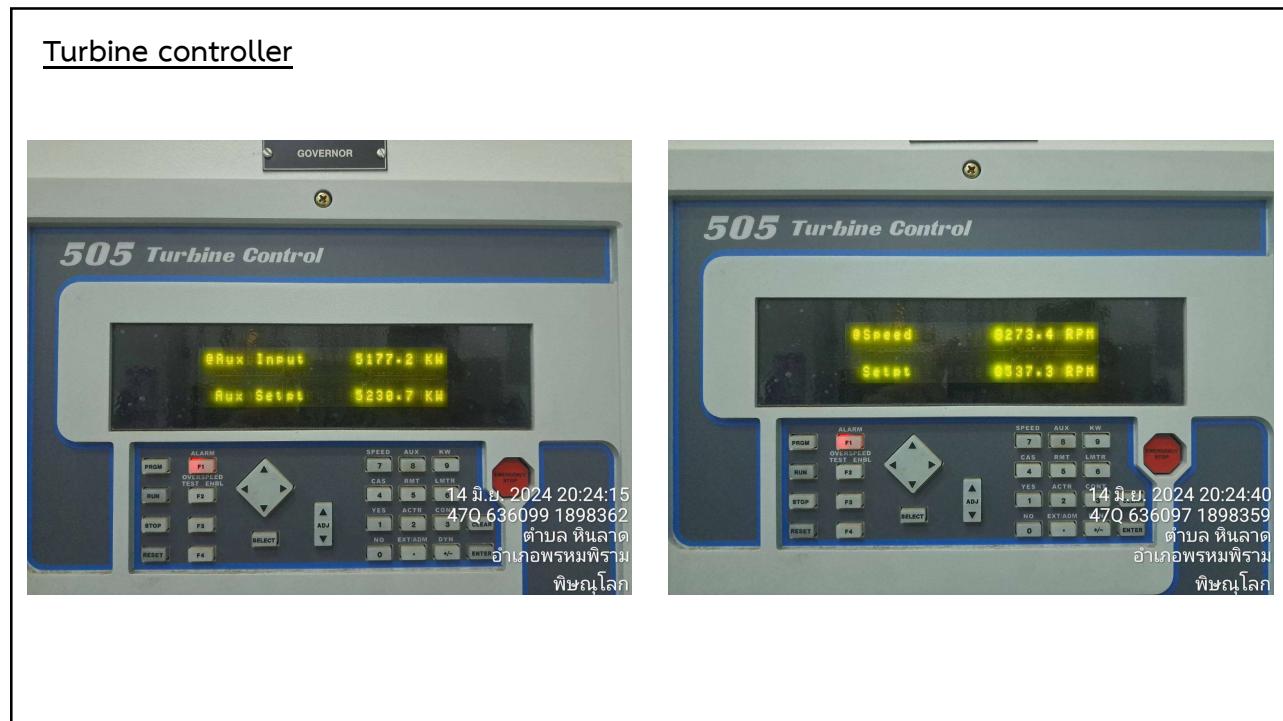
- รอบการหมุนของเพลา (Shaft Speed)
- ความดันไอน้ำเข้า (Inlet steam pressure)
- ความดันไอน้ำส่วนที่แยกออกมาจากกังหัน (Extraction steam pressure)
- สถานะไฟของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator breaker : 52G)
- สถานะไฟของตู้เชื่อมโยงกับโครงข่ายระบบส่งจำหน่ายไฟฟ้า (Tie breaker : 52S)
- สัญญาณคำสั่งเพื่อป้องกันกังหันไอน้ำเสียหาย (Protection turbine from PLC)

เพื่อนำไปประมวลผลในการควบคุมอุปกรณ์ส่วนที่เกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณการเปิดวาล์วไอน้ำเข้าสู่กังหันไอน้ำให้สัมพันธ์กับโหลดทางไฟฟ้า (โหลดทางกล) เป็นต้น

220



221



222

### ส่วนประกอบอื่นๆ ซึ่งทำงานร่วมกับกังหันไอน้ำ

23. Turbine condenser จะทำหน้าที่ควบแน่นไอน้ำขากจากกังหันไอน้ำ
24. Gland Vent fan จะทำหน้าที่ดึง Sealing steam ออกมากจากห้องกลับ เพื่อช่วยให้เกิดการไหลเวียนของ Sealing steam โดย Sealing steam จะไหลไปควบแน่นใน Gland vent condenser (น้ำที่เกิดจากการควบแน่นจะถูกส่งกลับไปยังกระบวนการผลิตไอน้ำต่อไป)
25. เครื่องสูบอากาศ จะนิยมใช้ในเครื่องกังหันไอน้ำที่มีการใช้งานร่วมกับเครื่องควบแน่นไอน้ำ(Condenser) โดยเครื่องสูบอากาศจะทำหน้าที่สูบอากาศ เพื่อทำให้ภายในเครื่องควบแน่นมีความดันต่ำกว่าบรรยากาศ (Vacuum) นิยมใช้วิธีการสูบอากาศใน 2 รูปแบบ
  - ใช้ปั๊มสูบอากาศอุตสาหกรรม (Vacuum pump)
  - ใช้ไอน้ำไอลพ่านหัวฉีดด้วยความเร็วเพื่อให้เกิดแรงสูบอากาศ (Steam Ejector)

223

### ระบบป้องกันกังหันไอน้ำ (Protection of Steam turbine) เป็นต้น

1. “ไอน้ำทำให้เพลารุมนูน” : หากไอน้ำเข้ามา มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมกับกังหัน เช่น ความดันไอน้ำเข้าต่ำหรือสูงกว่าปกติ (Inlet steam pressure very low และ/หรือ inlet steam pressure very high) ซึ่งรวมไปถึงอุณหภูมิไอน้ำเข้าต่ำหรือสูงกว่าปกติ (Inlet steam temperature very low และ/หรือ inlet steam temperature very high)
2. “เพลารุมนูน” : การป้องกันในเรื่องของความเร็วรอบเกิน (Overspeed) ซึ่งจะมีทั้งการป้องกันในทางไฟฟ้า (Electrical overspeed) และการป้องกันในทางกล (Mechanical overspeed)
3. “เพลารุมบนลูกปืน (Bearing) ซึ่งต้องมีการหล่อเลี้น” : การป้องกันในเรื่องของการขาดสารหล่อเลี้น (น้ำมัน) ซึ่งก็คือความดันน้ำมันในระบบหล่อเลี้นต่ำ (Lube oil pressure very low) ซึ่งก็รวมไปถึงอุณหภูมิของน้ำมันสูงเกินไป (Lube oil temperature very high)
4. “หมุนแล้วต้องนิ่ง” : การป้องกันการสั่นสะเทือน (Vibration)
5. “เพลารูนได้” : การป้องกันการขับในแนวแกน (Axial) เพลามากเกินไป

224

## ระบบป้องกันกังหันไอน้ำ (Protection of Steam turbine) เป็งตัน

6. **“ไอน้ำขาออก”** : หากไอน้ำขาออกมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมกับกังหัน เช่น ความดันไอน้ำขาออกสูงกว่าปกติ (Exhaust steam pressure very high หรือเรียกว่า Vacuum 低 เป็นต้น)
7. **“ระบบน้ำมันควบคุม”** : เป็นที่ทราบอยู่แล้วว่า การทำงานของ Emergency Stop Valve หรือ Governor valve จะต้องอาศัยแรงดันน้ำมันในการควบคุมการทำงาน ดังนั้น เมื่อความดันไอน้ำในระบบบน้ำมันควบคุมพิคปกติ จะส่งผลกระทบต่อการทำงานของกังหันไอน้ำอย่างแน่นอน (Control oil pressure)
8. **“น้ำมันอยู่ในถัง”** : เมื่อเกิดเหตุการณ์ถังน้ำมันรั่วจนส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำมันในถัง ก็จะต้องมีคำการป้องกันในเรื่องของดับของน้ำมันต่ำ (Lube oil level low)

@@@ @ @ @ @ @ @ @ @ @ @ @ @ @ @