



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE



Dipartimento di
Ingegneria
e Architettura



Corso di MACCHINE [065IN]
Corso di MACCHINE MARINE [100IN]

Prof. Rodolfo Taccani
Prof. Lucia Parussini
Prof. Ronelly De Souza

A.A. 2025-2026

Esercitazione

Dimensionamento primo stadio di turbina a vapore

Si vuole eseguire il dimensionamento di massima per il primo stadio della turbina di un ciclo Rankine. Le condizioni del vapore all'ingresso dell'ugello sono le seguenti:

$$p_0 = 180\text{bar} \qquad T_0 = 538^\circ\text{C}$$

La pressione di scarico, la portata in massa del vapore e il salto entalpico teorico risultano rispettivamente:

$$p_2 = 131\text{bar} \qquad \dot{m}_v = 357 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \qquad \Delta h_t = 100.7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

La velocità di rotazione risulta $n = 3000 \text{ rpm}$.

I coefficienti di perdita nell'ugello e nella girante risultano rispettivamente $\phi = 0.95$ e $\psi = 0.90$.

Esercitazione

Dimensionamento primo stadio di turbina a vapore

stadio ad azione $p_1 = p_2$ $1s \equiv 2ss$ $h_{00} - h_{2ss} = \frac{1}{2} c_{1s}^2$

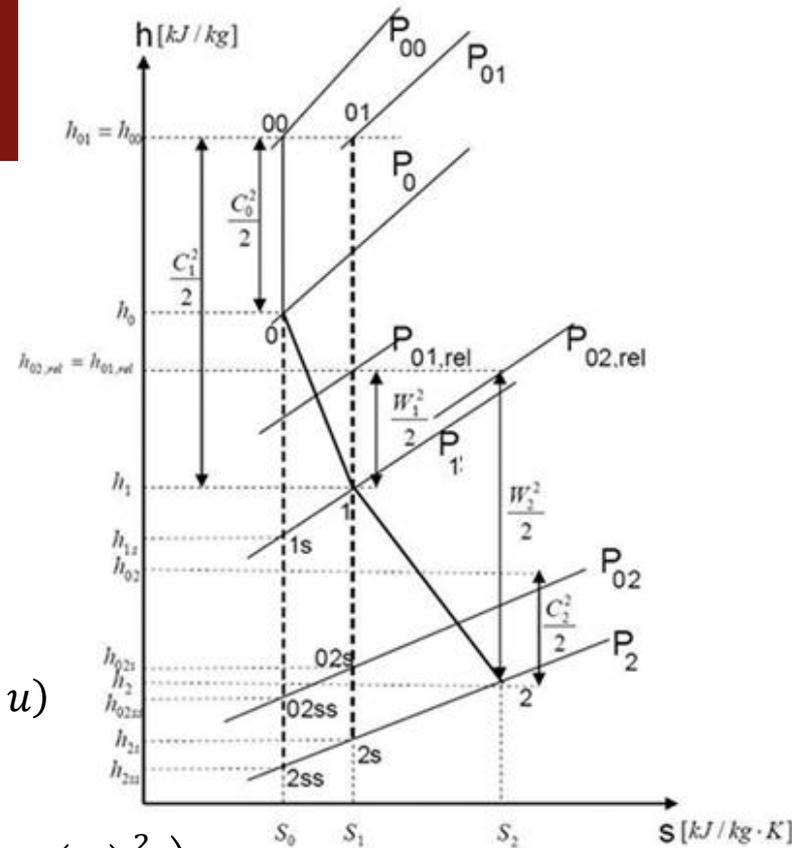
$$\eta_p = \frac{L_u}{\Delta h_t} = \frac{h_{00} - h_{02}}{h_{00} - h_{2ss}}$$

$$L_u = u(c_{u1} - c_{u2})$$

$$c_{u1} = c_1 \cos \alpha_1$$

$$c_{u2} = u - w_2 \cos \beta_2 = u - \psi w_1 \cos \beta_1 = u - \psi(c_1 \cos \alpha_1 - u)$$

$$\eta_p = \frac{u(c_1 \cos \alpha_1 - u + \psi(c_1 \cos \alpha_1 - u))}{\frac{c_1^2}{2\phi^2}} = 2\phi^2 \left(\frac{u}{c_1} \cos \alpha_1 - \left(\frac{u}{c_1} \right)^2 \right) (1 + \psi)$$



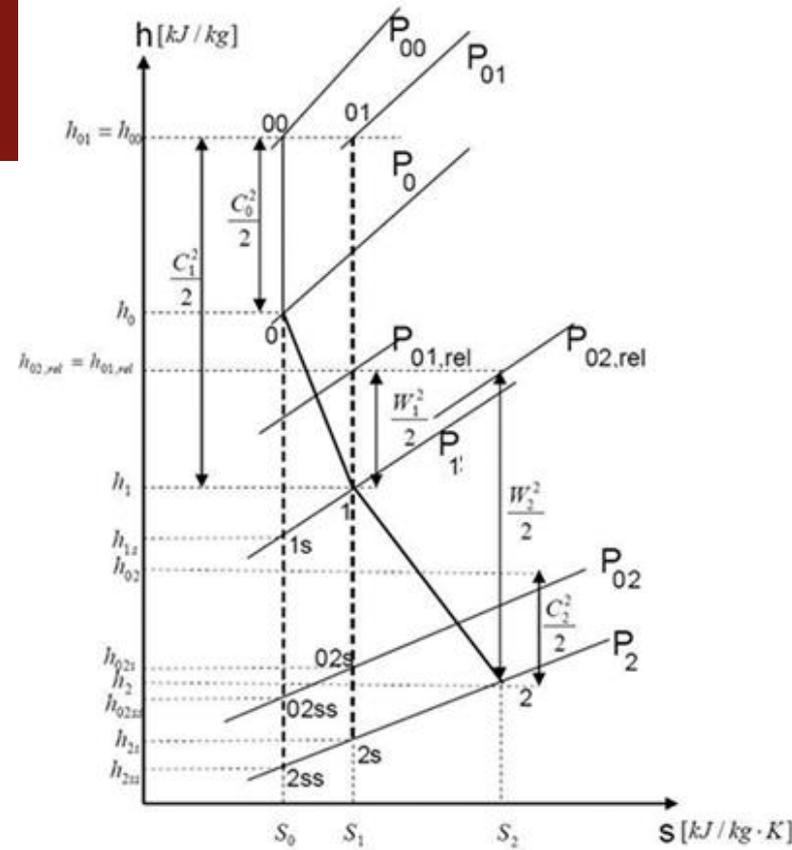
Esercitazione

Dimensionamento primo stadio di turbina a vapore

$$\eta_p = 2\phi^2 \left(\frac{u}{c_1} \cos\alpha_1 - \left(\frac{u}{c_1} \right)^2 \right) (1 + \psi)$$

$$\frac{\partial \eta_p}{\partial \left(\frac{u}{c_1} \right)} = 2\phi^2 \left(\cos\alpha_1 - 2 \left(\frac{u}{c_1} \right) \right) (1 + \psi) = 0$$

$$\left(\frac{u}{c_1} \right)_{ottimo} = \frac{\cos\alpha_1}{2}$$



Esercitazione

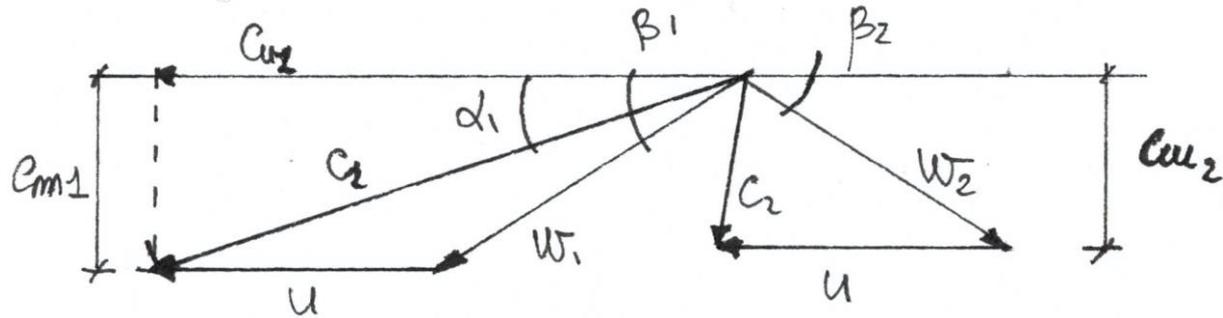
Dimensionamento primo stadio di turbina a vapore

Quesiti:

1. Individuare i triangoli di velocità.
2. Individuare le dimensioni principali della macchina.
3. Riportare graficamente la forma delle pale della macchina.

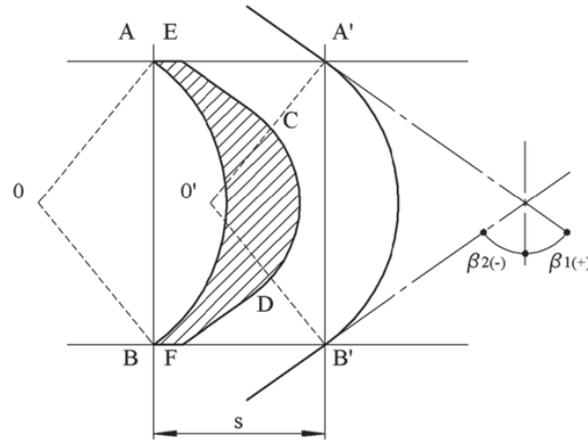
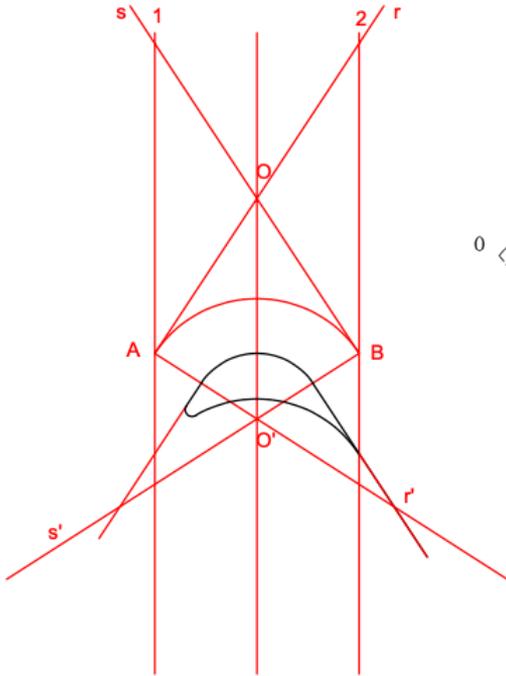
Esercitazione

Dimensionamento primo stadio di turbina a vapore



Esercitazione

Dimensionamento primo stadio di turbina a vapore



La figura mostra come costruire il profilo di una pala. Si riferisce a una pala simmetrica ($\beta_2 = -\beta_1$), ma lo stesso principio si applica ad una pala asimmetrica. Il lato in pressione della pala del rotore è un arco circolare AB con centro O. Una parte del lato in depressione è un arco con centro O' spostato del passo s rispetto a O, in modo che il lato in pressione della pala adiacente A'B' abbia lo stesso centro O'. Le parti del lato in depressione EC e DF sono disegnate diritte nella figura, parallele con le direzioni del flusso in entrata e in uscita. Il flusso nella parte del canale A'B'CD ha linee di flusso circolari con centro O'. Così, in assenza di perdite, il flusso soddisfa la legge del vortice libero con momento angolare costante intorno al centro O'. Ciò significa che la linea di flusso A'B' è sotto pressione costante, vale a dire pressione di ingresso e pressione di uscita. Anche la parte CD è sotto pressione costante, ma ad un valore più basso. La pressione diminuisce nella direzione del flusso nella parte EC e aumenta nella parte DF.

Esercitazione

Turbina a gas

Si considerano i seguenti dati di progetto: la temperatura di ingresso in turbina (TIT) e il rapporto di compressione sono riportati di seguito

$$T_3 = 1250^\circ\text{C} \quad \beta = 16$$

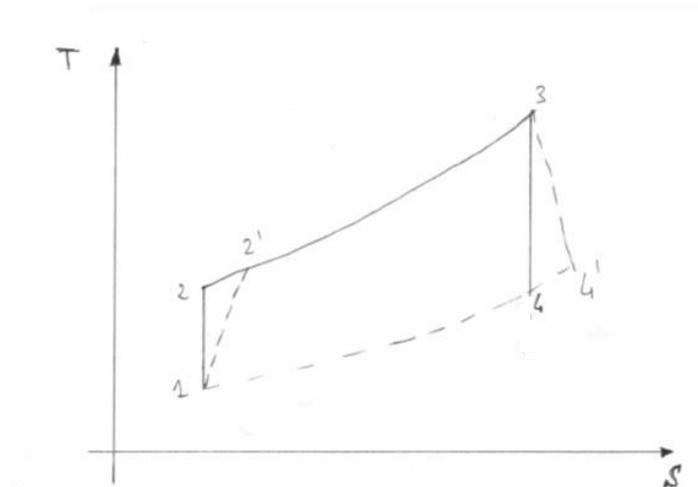
Si suppone di utilizzare come combustibile gas naturale costituito unicamente da metano (CH_4). Si suppone che il rendimento isoentropico del compressore e il rendimento isoentropico della turbina risultino rispettivamente $\eta_{is,c} = 0.83$ e $\eta_{is,t} = 0.86$. La potenza elettrica prodotta risulta: $P_e = 40\text{MW}$.

Quesiti: Calcolare le seguenti quantità adottando tre diversi approcci: il fluido operante è aria trattata come un gas perfetto, il fluido operante è aria trattata come un gas reale, il fluido operante è una composizione dei prodotti della combustione (gas reale).

1. Calcolare la portata in massa di combustibile (\dot{m}_c).
2. Calcolare la portata in massa d'aria (\dot{m}_a).
3. Valutare il rendimento effettivo del ciclo (η_e).

Esercitazione

Turbina a gas



Esercitazione

<https://cearun.grc.nasa.gov/>

<https://trc.nist.gov/refprop/MINIREF/MINIREF.HTM>

<http://www.coolprop.org/index.html>



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE



Dipartimento di
**Ingegneria
e Architettura**