

Exercício 5

Uma turbina a vapor é constituída de estágios com grau de reação de 0.5 e possui as seguintes características:

- Diâmetro médio das coroas: 1.2 m
- Velocidade de rotação: 3000 rpm
- Ângulo de saída dos bocais fixos: 15°
- Coeficientes de perdas nos bocais: 0.88
- Vazão de vapor: 25 ton/h

Sabendo-se que as pás dos bocais fixos e móveis têm o mesmo perfil e considerando-se a condição de rendimento periférico máximo, calcular:

1. Os triângulos de velocidade
2. O salto periférico em cada estágio
3. O rendimento periférico
4. A potência periférica de um estágio

Resolução

1) Triângulo de velocidades

Seja o triângulo de velocidades da Figura 1.

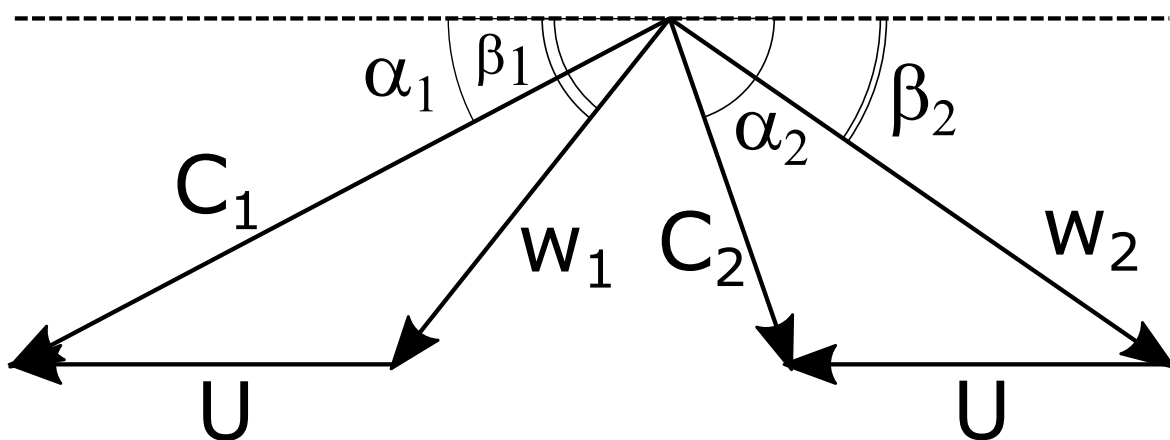


Figura 1: Diagrama de velocidades. Fonte: Adaptado de (1, p. 275)

velocidade U :

$$U = \frac{\pi D n}{60} \quad (1)$$

$$U = \frac{\pi 3000 \cdot 1.2}{60} \quad (2)$$

∴ velocidade U : 188.50 m/s

velocidade C_1 :

Supondo condição de rendimento periférico máximo.

$$\frac{U}{C_1} = \cos(\alpha_1) \quad (3)$$

$$C_1 = \frac{U}{\cos(\alpha_1)} \quad (4)$$

$$C_1 = \cos^{-1}\left(\frac{\pi}{12}\right) 188.5 \quad (5)$$

∴ velocidade C_1 : 195.15 m/s

velocidade w_1 :

$$w_1^2 = C_1^2 - 2C_1U \cos(\alpha_1) + U^2 \quad (6)$$

$$w_1 = \sqrt{C_1^2 - 2C_1U \cos(\alpha_1) + U^2} \quad (7)$$

$$w_1 = \sqrt{-2 \cos\left(\frac{\pi}{12}\right) 188.5 \cdot 195.15 + 188.5^2 + 195.15^2} \quad (8)$$

∴ velocidade w_1 : 50.51 m/s

velocidade C_{1t} :

$$C_{1t} = \frac{C_1}{\varphi} \quad (9)$$

$$C_{1t} = 0.88^{-1} \cdot 195.15 \quad (10)$$

∴ velocidade C_{1t} : 221.76 m/s

velocidade w_2 :

$$h_0 - h_1 = -C_0^2 + C_1^2 \quad (11)$$

Condição: $C_0 = w_1$.

$$h_0 - h_1 = -50.51^2 + 195.15^2 \quad (12)$$

Como é uma turbina com grau de reação 0.5, a queda entálpica é a igual entre as pás móveis e fixas.

$$h_0 - h_1 = h_1 - h_2 \quad (13)$$

$$h_1 - h_2 = 35532.25 \quad (14)$$

$$h_1 - h_2 = -w_1^2 + w_2^2 \quad (15)$$

$$w_2 = \sqrt{50.51^2 + 35532.25} \quad (16)$$

∴ velocidade w_2 : 195.15 m/s

velocidade C_2 :

$$C_2^2 = U^2 - 2Uw_2 \cos(\beta_2) + w_2^2 \quad (17)$$

Condição: $\beta_2 = \alpha_1$.

$$C_2 = \sqrt{188.5^2 - 2 \cdot 195.15 \cos(0.26)188.5 + 195.15^2} \quad (18)$$

∴ velocidade C_2 : 49.87 m/s

velocidade β_2 :

$$w_1 \cos(\beta_1) = C_1 \cos(\alpha_1) - U \quad (19)$$

$$\beta_1 = \text{acos} \left(50.51^{-1} \left(\cos \left(\frac{\pi}{12} \right) 195.15 - 188.5 \right) \right) \quad (20)$$

∴ ângulo β_1 : 90.0 graus

2) Salto periférico em cada estágio

Como o grau de reação é 0.5, no estágio:

$$\Delta h_{real} = \Delta h_{fixo} + \Delta h_{movel} \quad (21)$$

$$\Delta h_{movel} = \Delta h_{fixo} \quad (22)$$

$$\Delta h_{fixo} = h_0 - h_1 \quad (23)$$

$$\Delta h_{real} = 2(h_0 - h_1) \quad (24)$$

∴ salto periférico Δh_{real} : 71064.5 J/kg

3) Rendimento periférico

$$\Delta h_{ideal} = h_0 - h_{1s} + h_{1s} - h_{2s} \quad (25)$$

$$\Delta h_{ideal} = 2(h_0 - h_{1s}) \quad (26)$$

$$\Delta h_{ideal} = 2(-C_0^2 + C_{1t}^2) \quad (27)$$

$$\eta = \frac{\Delta h_{real}}{\Delta h_{ideal}} \quad (28)$$

$$\eta = 71064.5 \cdot 93252.5^{-1} \quad (29)$$

∴ rendimento periférico η : 76.2 %

4) Potência periférica de um estágio

$$N_{real} = \Delta h_{ideal} \dot{m} \eta \quad (30)$$

$$N_{real} = 76.21 \cdot 100^{-1} \cdot 25000 \cdot 3600^{-1} \cdot 93252.5 \quad (31)$$

∴ potência periférica de um estágio N_{real} : 661.8 cv

Referências

1 LORA, E. E. S.; NASCIMENTO, M. A. R. do. *Geração termelétrica: planejamento, projeto e operação*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2004. v. 1.