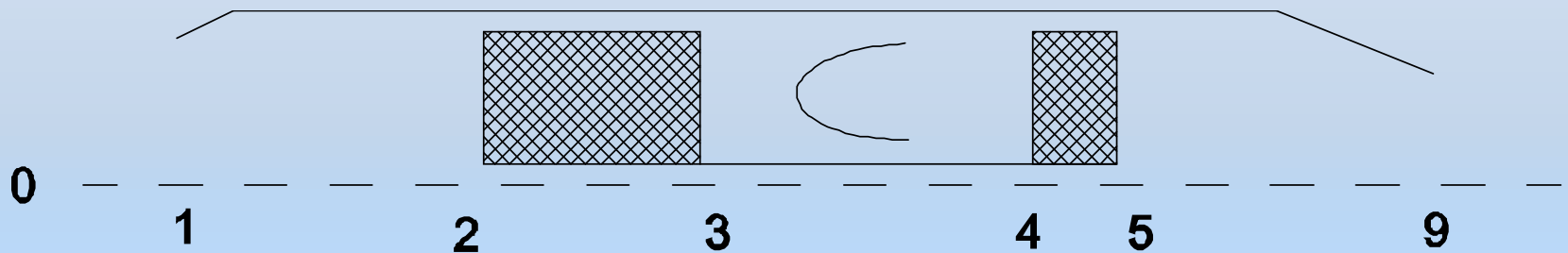


PROPULSÃO I
Turbojato
Análise de Ciclo
Fora do Ponto de Projeto
Prof. José Eduardo Mautone Barros
mautone@demec.ufmg.br
www.mautone.eng.br

Exercícios

1) Deduzir a equação de variação de temperatura de estagnação no compressor de um turbojato de um único eixo, fora do ponto de projeto, listada abaixo:

$$\tau_c = 1 + (\tau_{cR} - 1) \frac{T_{t4}/T_{t2}}{(T_{t4}/T_{t2})_R}$$

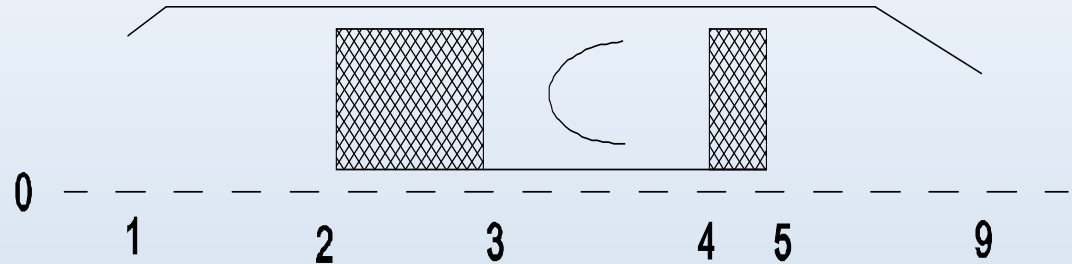


Exercícios

1) Solução

Balanço de energia no eixo

$$\dot{W}_c = \dot{W}_t$$



$$\dot{m}_0 c_{pc} T_{t2} (\tau_c - 1) = \eta_m (\dot{m}_0 + \dot{m}_f) c_{pt} T_{t4} (1 - \tau_t)$$

mas, $f = \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_0}$ $(\tau_c - 1) = \eta_m (1 + f) \frac{c_{pt} T_{t4}}{c_{p0} T_{t2}} (1 - \tau_t)$

Na hipótese de , $\tau_t = \tau_{tR}$

e fazendo a relação com a condição de referência no ponto de projeto (R), temos que,

$$\frac{(\tau_c - 1)}{(\tau_{cR} - 1)} = \frac{T_{t4}/T_{t2}}{(T_{t4}/T_{t2})_R} \frac{(1 + f)}{(1 + f_R)}$$

Exercícios

1) Solução (cont.)

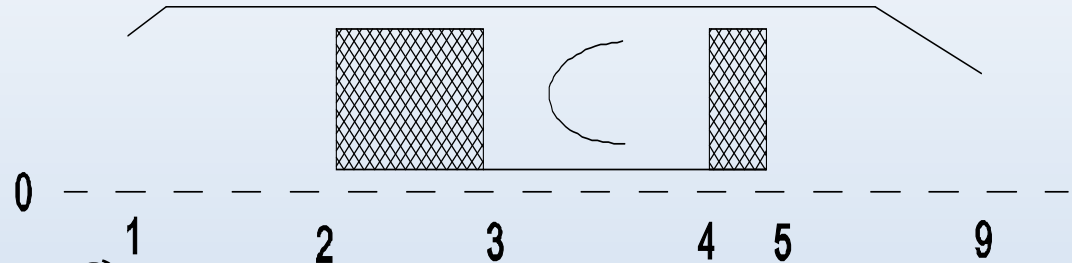
Eliminando os termos constantes,

$$\frac{(\tau_c - 1)}{(\tau_{cR} - 1)} = \frac{T_{t4}/T_{t2}}{(T_{t4}/T_{t2})_R} \frac{(1 + f)}{(1 + f_R)}$$

Como a razão combustível/ar (f) é um número muito pequeno, o termo dependente de f é muito próximo de 1,0, assim,

$$\tau_c = 1 + (\tau_{cR} - 1) \frac{T_{t4}/T_{t2}}{(T_{t4}/T_{t2})_R}$$

Esta última consideração evita um processo iterativo de cálculo da razão de temperatura de estagnação no compressor.



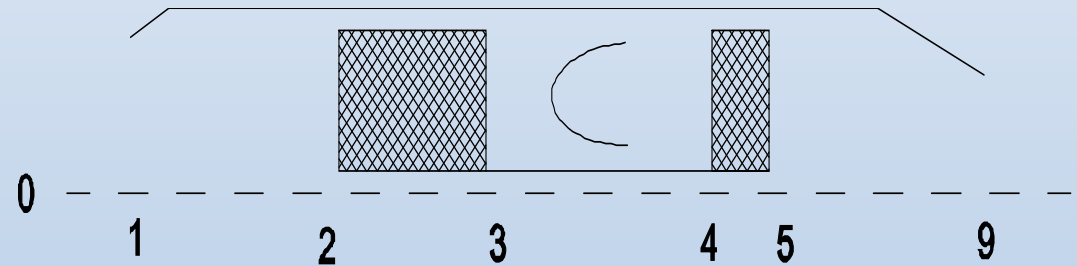
Exercícios

- 2) Apresentar um procedimento para cálculo de pressão estática na saída da tubeira (bocal convergente) de um turbojato em função das condições de estagnação na saída da tubeira ($A_8=A_9$). Conhecida a área na entrada da turbina (A_4).

Solução

Para a seção i ,

$$MFP = \frac{\dot{m}_i \sqrt{T_{ti}}}{P_{ti} A_i}$$

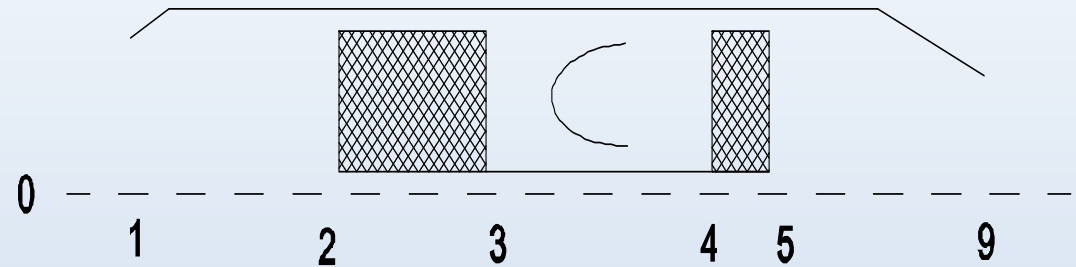


Considerando sempre a saída do estator da turbina com escoamento sônico (entupida), temos, $M_4 = 1,0$

Exercícios

2) Solução (cont.)

Para a seção 4,



$$MFP(1), A_4, P_{t4}, T_{t4} \xrightarrow[\text{compressível}]{} \dot{m}_4$$

$$P_{t4}, T_{t4} \xrightarrow[\tau_t]{} P_{t5}, T_{t5}$$

Para a seção 5, a área crítica pode ser calculada $\dot{m}_4, P_{t5}, T_{t5} \xrightarrow[\text{comp.}]{} A^*_5$

As propriedades estáticas na seção 9 podem agora ser calculadas,

$$\frac{A_9}{A^*_5} \xrightarrow[\text{processo iterativo}]{} M_9 \xrightarrow[\text{compressível}]{} \frac{P_9}{P_{t9}} \xrightarrow[\pi_r \cdot \pi_n]{} \frac{P_0}{P_9}$$

Exercício 3:

Calcular P_9 para o motor VT-80 no ponto de projeto com as dimensões do motor com tubeira curta.

$$A_4 = 0,0007 \text{ m}^2 \text{ e } A_9 = 0,0024 \text{ m}^2$$

Bibliografia

- MATTINGLY, J. D. *Elements of Gas Turbine Propulsion*. New York: McGraw-Hill, 1996. 960p.
- OATES, G. C. *Aerothermodynamics of Gas Turbine and Rocket Propulsion*, AIAA Education Series, AIAA, Washington, DC, 1988. 456p.
- ROLLS-ROYCE. *The Jet Engine*. Derby: The Technical Publications Department, Rolls-Royce plc, 1986. 278p.
- ZUCROW, M. J. et HOFFMAN, J. D. *Gas Dynamics*. New York: John Wiley & Sons. vol. I, 1976.
- BARROS, J. E. M. *Rotinas em Matlab para escoamento compressível*. disponível em: www.mautone.eng.br, acessado em nov. 2014.