Primeira Prova 02/04/2020

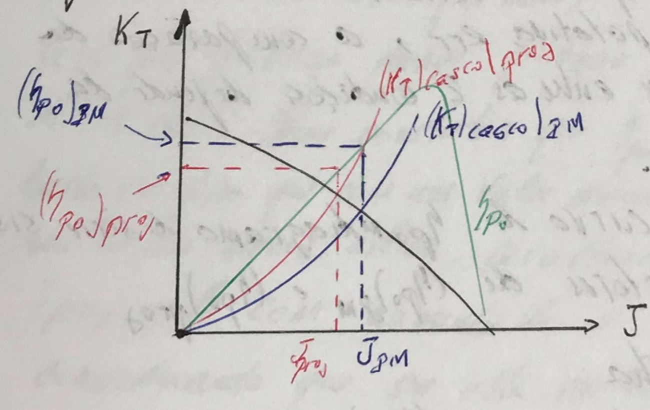
1ª Questão

a) primeira parte: Comparar a rotação do hélice na prova de mar com 74 rpm, que é a rotação para a condição de projeto, isto é, condições médias de casco e mar.

Sabe-se que a rotação de projeto, N_{proj}, foi obtida, a partir de um valor fixado para o diâmetro do hélice, pela intersecção, no diagrama de série sistemática da curva de $(K_T)_{casco}$ com K_T do hélice. Para esta situação a função $(K_T)_{casco}$ é expressa por

$$(K_T)_{casco}\Big|_{proj} = \frac{R_T(V_s)(1+MR)}{\rho(1-t)V_s^2(1-w)^2 D^2} J^2$$

Representando no diagrama do hélice, obtém-se:



$$K_T = T/\rho N^2 D^4$$

$$J = \frac{V_s(1-w)}{N D}$$

Obtém-se do diagrama J_{proj}, a partir do qual determina-se N_{proj}

$$N_{proj} = \frac{V_s(1-w)}{J_{proj}\, D}$$

Para a condição de prova de mar, porém, a função $(K_T)_{casco}$ é diferente; o valor de $R_T(V_s)$ é multiplicado por 1, não aparecendo o fator MR que é a margem de resistência adotada para passar das condições de marco calmo e casco limpo, Prova de Mar, para as condições médias de casco e mar, Condição de Projeto.

Portanto, a curva de (K_T) casco $|_{PM}$ fica abaixo da curva correspondente à condição de projeto. Resulta, desta forma, um valor maior do coeficiente de avanço: $J_{PM} > J_{proj}$

Em consequência:

$$N_{PM} = \frac{V_S(1-w)}{J_{PM}\, D} < N_{proj} = \frac{V_S(1-w)}{J_{proj}\, D}$$

a) segunda parte: Comparação entre eficiência do hélice em prova de mar e condição de projeto

Sabe-se que: $\eta_p = \eta_{po}\, e_{rr}$

em que o valor de η_{po}, eficiência do hélice em água aberta é obtida do diagrama em função de J.

Assim, admitindo-se que não existe variação no valor da eficiência relativa rotativa, e_{rr}, a comparação da eficiência do hélice entre as 2 condições depende da comparação de η_{po}.

Desenhando-se a curva de η_{po} no diagrama de série sistemática obtêm-se os valores de $(\eta_{po})_{PM}$ e $(\eta_{po})_{proj}$

Como a figura mostra:

$$(\eta_{po})_{PM} > (\eta_{po})_{proj}$$

1ª Questão

b) Para saber se o navio efetuou a prova de mar com o deslocamento de projeto, é necessário comparar o valor de potência fornecida pelo motor com o valor previsto. Para estimar o valor previsto utiliza-se como referência o valor de potência do motor na condição de projeto.

$$(Pot_m)_{projeto} = (\text{Potência Efetiva})_{proj} / (\text{Coefic. Propulsivo})_{proj}$$

Admitindo-se que o coeficiente propulsivo tenha o mesmo valor para as duas condições

$$\frac{(Pot_m)_{PM}}{(Pot_m)_{projeto}} = \frac{(Pot\ Efet)_{PM}}{(Pot\ Efet)_{proj}} = \frac{R_T(V_S)\cdot V_S}{R_T(V_S)(1+MR)\cdot V_S}$$

Portanto: $(Pot_m)_{PM} = (Pot_m)_{projeto}\left(\frac{1}{1+MR}\right)$

Como não se conhece o valor da margem de resistência adotada, consideram-se os valores extremos da faixa 0,15 e 0,25

Dado que $(Pot_m)_{proj} = 24.000$ kW

resulta

$$19\,200\ kW \leq (Pot_m)_{PM} \leq 20.900\ kW$$

Como o valor medido na prova de mar foi de 17.500 kW, conclui-se que o navio estava com deslocamento inferior ao de projeto.

Mesmo considerando que o coeficiente propulsivo na prova de mar é maior que o de projeto, devido ao ganho de η_{po}, como visto no item a, esta diferença não é suficiente para compensar o desvio entre os valores previsto e observado da potência da instalação propulsora.

1ª Questão

c) Sabe-se que : $CEC = \dot{m}_{comb} / (Pot)_m$

Resulta, então, para a prova de mar:

$$(CEC)_{PM} = \frac{500.000\,g}{1/6\ h} \cdot \frac{1}{17.500\ kW} =$$

$$= 171\ g/kWh$$

Ou seja, o valor obtido é maior que o de projeto: 16

d) Para um novo navio, igual ao ensaiado na prova de mar, existe a possibilidade de usar um motor 6 80 ME em vez do motor 5 80 ME.

Como o motor 680 tem uma rotação de projeto mais baixa, ele possibilita o emprego de um hélice de maior diâmetro. Este hélice de maior diâmetro terá uma maior eficiência e, em consequência, a instalação propulsora terá que fornecer menor potência para manter a velocidade de 18 nós. Para constatar que η_{po} é maior com o motor 6 basta verificar que com um valor maior de D a curva de $(K_T$ vai ter um menor aclive, resultando um maior valor de J_{proj}. E com aumento de J ocorre aumento de η_p considerando que se está no trecho ascendente da cur

Primeira Prova 02/04/2020

2ª Questão

a) Para a representação dos motores vale a seguinte correspondência:

Motor	Ciclo
IF flex	Otto
IF etanol	Otto
Motor Diesel Alta Rotação de Aspiração Natural	dual
Motor Diesel de Alta Rotação Turbocarregado	dual
Motor Diesel de Média Rotação Turbocarregado	dual

b) Representação dos ciclos nos diagramas pV e Ts

Para representação dos 5 ciclos em único par de diagramas pV e Ts, pode-se desenhar arbitrariamente um deles e, em seguida, construir os outros utilizando as condições especificadas no enunciado.

Seja o ciclo 1 correspondente ao motor IF flex. Coloca-se nos 2 diagramas o ciclo $A_1 B_1 C_1 D_1$, observando que é o do motor de menor razão de compressão.

A seguir desenha-se o ciclo 2, do motor IF a etanol.

O ponto A_2 coincide com o ponto A_1 pois:

- os cilindros tem mesmo volume no ponto morto inferior $V_{A_2} = V_{A_1}$
- ~~tem mesma pressão~~ motores de aspiração natural tem mesma pressão inicial: $p_{A_2} = p_{A_1}$

- tem mesmo temperatura inicial: $T_{A_2} = T_{A_1}$

Assim $A_2 \equiv A_1$

ponto B_2 : no mesmo isentrópica de A_2

: como $V_{A_2}/V_{B_2} = 12 > V_{A_1}/V_{B_1} = 10$

$V_{B_2} < V_{B_1}$

ponto C_2 : ~~Ato~~ $V_{C_2} = V_{B_2}$

$$Qad_2/m_2 = c_v(T_{C_2} - T_{B_2}) = c_v(T_{C_1} - T_{B_1}) = \frac{Qad_1}{m_1} \quad (+)$$

$$(T_{C_2} - T_{B_2}) = (T_{C_1} - T_{B_1})$$

Area $(1 B_2 C_2 3 1) =$
$= $ Area $(1 B_1 C_1 2_1 1)$

ponto D_2 : $s_{D_2} = s_{C_2}$
$v_{D_2} = v_{A_2}$

Para o ciclo 3, sabe-se que motores Diesel de alta rotação tem razão de compressão maior que motores IF. Assim, depois de marcar o ponto A_3

$A_3 \equiv A_1$, obtem-se B_3

$$B_3 \begin{cases} s_{B_3} = s_{A_3} \\ V_{B_3} < V_{B_2} \end{cases}$$

$$C_3, D_3 \begin{cases} Qad_3 = (Qad)_{v=cte} + (Qad)_{p=cte} = \\ m_3 c_v (T_{C_3} - T_{B_3}) + m_3 c_p (T_{D_3} - T_{C_3}) = \quad (*) \end{cases}$$

$$= m_2 c_v (T_{C_2} - T_{B_2})$$

Observar que há diversas soluções possíveis para B_3 e C_3 dependendo das parcelas de calor admitido a volume constante

Area $(1 B_3 C_3 D_3 4 1) =$ Área $(1 B_2, C_2 ; 3\ 1)$

$$E_3 \begin{cases} s_{E_3} = s_{D_3} \\ v_{E_3} = v_{A_3} \end{cases}$$

Ciclo 4 : É ciclo de motor turbocarregado. Então

$p_{A_4} > p_{A_1}$: Mas os cilindros têm mesmo volume
$V_{A_4} = V_{A_1}$

e a temperatura inicial é a mesma $T_{A_4} = T_{A_1}$

ponto B_4

$s_{B_4} = s_{A_4}$ mesma isentrópica por A_4

$V_{B_4} = V_{B_3}$ os motores 3 e 4 são de cilindros iguais

pontos C_4 e D_4 : Obedecem as mesmas relações vistas para os pontos C_3 e D_3

Além do mais, a divisão de calor admitido a pressão constante e volume constante é igual a do motor de aspiração natural. Então:

$r_{p_4} = p_{C_4} / p_{B_4} = r_{p_3} = p_{C_3} / p_{B_3}$

$r_{cp_4} = V_{D_4} / V_{C_4} = r_{cp_3} = V_{D_3} / V_{C_3}$

O calor total admitido por unidade de massa é o mesmo.
Então

$$\left(\frac{Q_{ad}}{m_4}\right)_4 = \text{Area}(5\, B_4\, C_4\, D_4\, 6\, 5) = \left(\frac{Q_{ad}}{m}\right)_3 = \text{Area}(1, B_3, C_3, D_3, 4, 1)$$

ponto E_4 $\begin{cases} s_{E_4} = s_{D_4} \\ v_{E_4} = v_{A_4} \end{cases}$

Ciclo 5 : É outro ciclo de motor turbocarregado. Vamos admitir que sua pressão inicial seja igual à do ciclo 4. Assim, para o ponto A_5, tem-se $p_{A_5} = p_{A_4}$; e com mesmo volume de cilindro: $V_{A_5} = V_{A_4}$

Também vale $T_{A_5} = T_{A_4} = \cdots = T_{A_1}$

Como o motor 5 é de media rotação, ele se aproxima mais do Diesel que o motor de alta rotação. Assim, para ter uma pressão máxima igual a do ciclo do motor de alta rotação, ele deve ter menor calor admitido a volume constante, o que resulta em maior razão de compressão

Portanto:

$$B_5 \begin{cases} V_{A5}/V_{B5} > V_{A4}/V_{B4} \Rightarrow V_{B5} < V_{B4} \\ s_{B5} = s_{B4} \end{cases}$$

$$C_5 \begin{cases} V_{C5} = V_{B5} \\ P_{C5} = P_{C4} \end{cases}$$

$$D_5 \begin{cases} P_{D5} = P_{D4} \\ \left(\frac{Q_{ad}}{m}\right)_5 = c_v (T_{C5} - T_{B5}) + c_p (T_{D5} - T_{C5}) = \\ = \text{Área}(5\, B_5\, C_5\, D_5\, 7\, 5) = \\ = \text{Área}(5\, B_4\, C_4\, D_4\, 6\, 5) = \left(\frac{Q_{ad}}{m}\right)_4 \end{cases}$$

$$E_5 \begin{cases} s_{E5} = s_{D5} \\ v_{E5} = v_{A5} \end{cases}$$

Desta forma estão representados nos diagramas pV e Ts os ciclos correspondentes aos 5 motores

C) Comparação entre as eficiências dos ciclos

Na comparação entre os ciclos 1 e 2, que são ciclo Otto, pode-se usar a expressão da eficiência

$$\eta_t = f(r)$$

Como η_t cresce com r e

$$r_2 = 12 > r_1 = 10$$

tem-se $\eta_{t_2} > \eta_{t_1}$

Mas para as demais comparações, e também para esta, pode-se usar:

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_{rj}}{Q_{ad}}$$

Como todos os ciclos têm o mesmo calor admitido por unidade de massa, será mais eficiente aquele que rejeitar a menor quantidade de calor.

Começando pelos ciclos de aspiração natural tem-se:

$$Q_{rj_3} = Area(1\text{-}B_3\text{-}C_3\text{-}D_3\text{-}4\text{-}1) < Area(1\text{-}B_2\text{-}C_2\,3\text{-}1) = Q_{rj_2} <$$

$$< Area(1\,B_1\text{-}C_1\text{-}2\text{-}1) = \cancel{Area}\ Q_{rj_1}$$

Logo $\eta_{t_1} < \eta_{t_2} < \eta_{t_3}$

Os ciclos 3 e 4 têm os mesmos parâmetros, isto é:

$$r_4 = r_3 \ ; \ r_{p_4} = r_{p_3} \ ; \ r_{cp_4} = r_{cp_3}$$

Logo $\eta_{t_4} = \eta_{t_3}$

Para comparação entre os ciclos 4 e 5, aplica-se novamente $\eta_t = 1 - Q_{rj}/Q_{ad}$

$$Q_{ad_5} = Q_{ad_4}$$

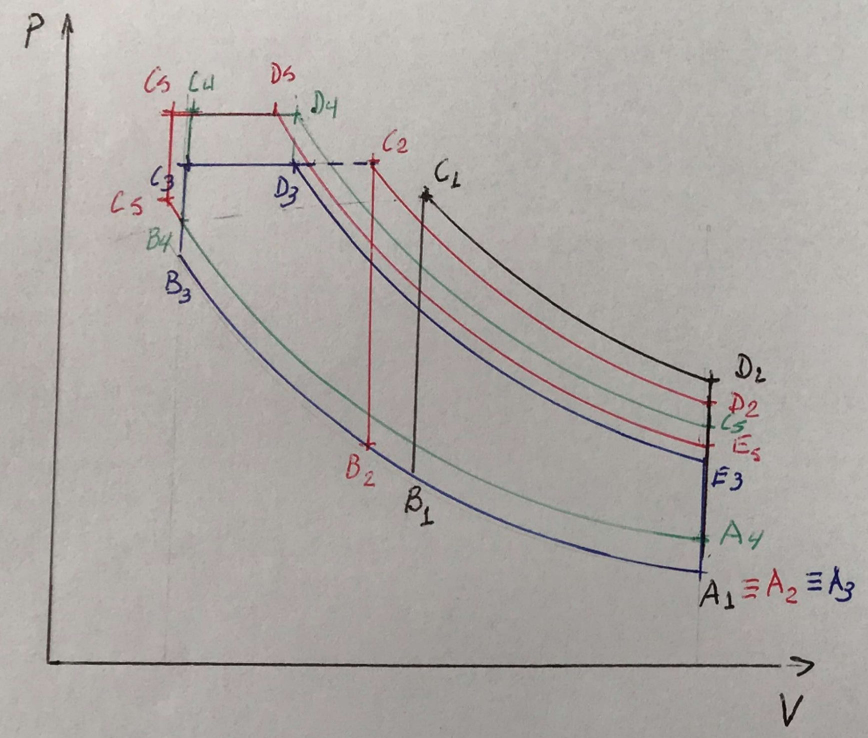
$$Q_{rj_5} = Area(5 - B_5 - C_5 - D_5 - 7 - 5) < Area(5 - B_4 - C_4 - D_4 - 6 - 5)$$

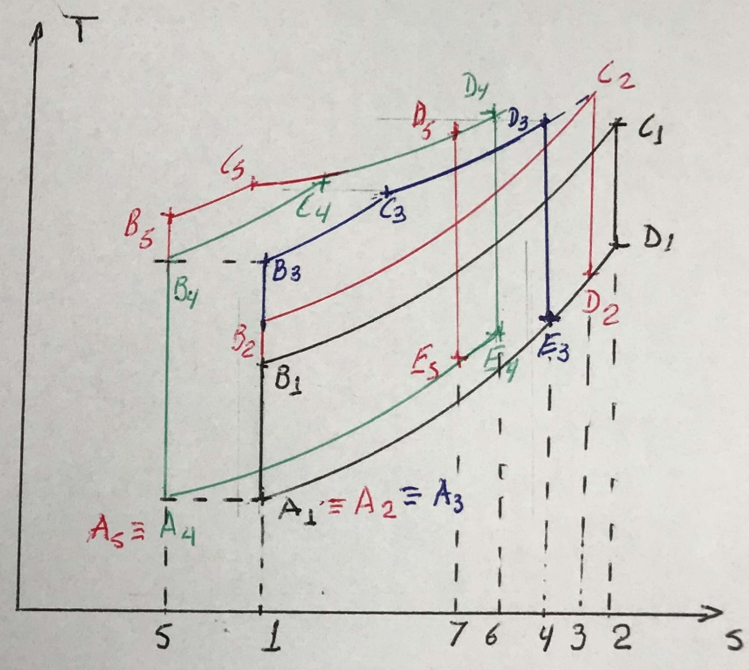
$$= Q_{rj_4}$$

Logo $\eta_{t_5} > \eta_{t_4}$

Sintetizando:

$$\eta_{t_1} < \eta_{t_2} < \eta_{t_3} = \eta_{t_4} < \eta_{t_5}$$


P
V
C5
C4
D5
D4
C2
C1
C3
D3
C5
B4
B3
B2
B1
D2
D2
C5
E5
E3
A4
A1 ≡ A2 ≡ A3


T
s
D4
C2
D5
D3
C1
C5
C4
C3
B5
B3
D1
B4
D2
E3
B2
E5
E4
B1
A1 ≡ A2 ≡ A3
A5 ≡ A4
5
1
7
6
4
3
2