3500 0400 Leandro (Recrutamento)

1 1

B- 04-02-2015

ME7510 - Elementos de Máquina I

Professores: { Parte A: Alberto Vieira Jr
Parte B: Djalma Souza de Paulo

Programa da Parte B:

1) Transmissão por Correias
2) Transmissão por Correntes
3) Fixação de tubos em eixos:
3.1) Por chavetas
3.2) Por estrias (entalhes ou dentes)
4) Mancais de deslizamento

- Bibliografia

A) Para consulta: São todos os Livros com título "Elementos de Máquinas"
Principais autores: { - Joseph Edward SHIGLEY (2 Volumes)
- Gustav Nieman (3 Volumes)

ou os Livros ~~contido~~ com título: "Projetos de Máquinas" ou "Machine Design".
Autores: { * SHIGLEY || - Juvinal
* Norton || - SPOTTS
* Collins

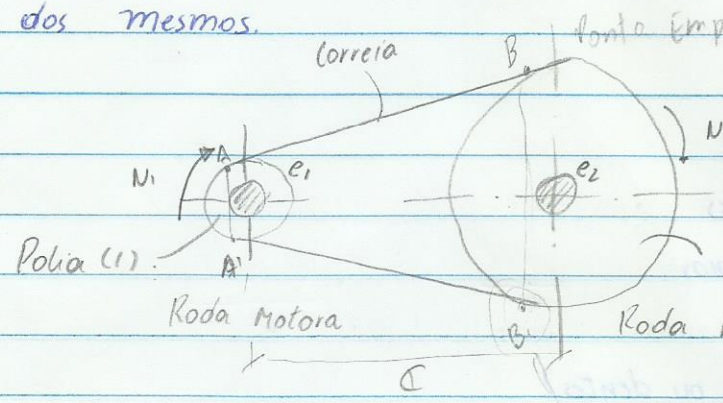
B) Obrigatória: Apostila do Prof. Alberto Vieira Jr

- Critério de Avaliação: $M = \frac{P_1 + 2P_2}{3}$

; Obs: Teremos 2 Listas de Exercício que nos dias das provas (Deve ser entregue na Sala Geral)

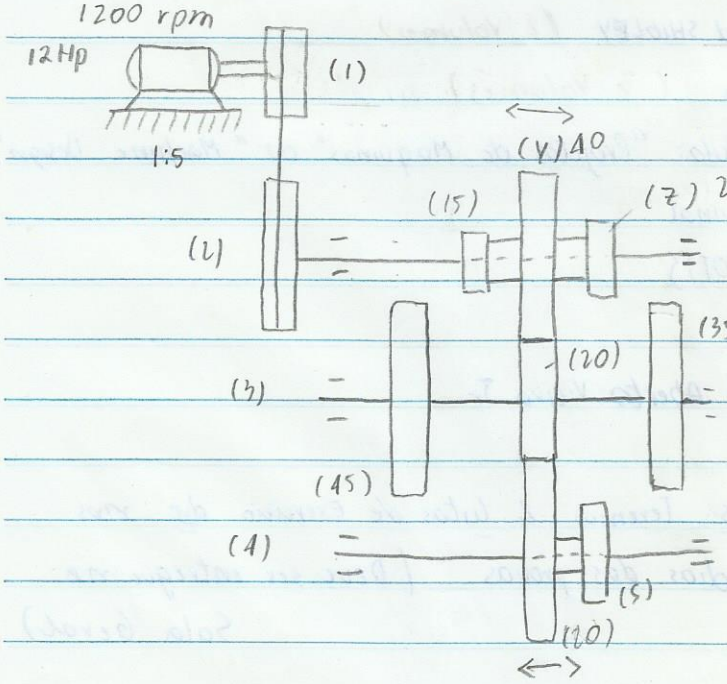
Transmissão por Correias

Definição: Correias são Elementos de Construção de Maquinas (E.C.M) Flexíveis usadas sempre em conjunto com 2 polias, para fazer Transmissão de potência entre 2 eixos, ~~Norma~~ através de movimento rotativo dos mesmos.



A- 27-03-2015

Diagrama de rotações (Germar)

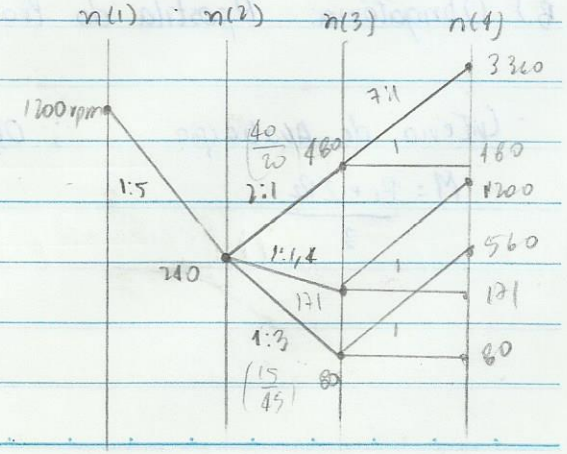


- 6 tipos de configuração

$a = r_1 + r_2 = r_3 + r_4$; $r = d/2$

$d = m.z$

$\frac{m(z_1+z_2)}{2} = \frac{m'(z_3+z_4)}{2}$



Todas rodas têm mesmo módulo m

$T = \frac{P}{w} = \frac{P}{2\pi n}$

$\Rightarrow T = \frac{12 \times 746}{2\pi n}$

Pg 33: $\eta_{cor} = 0,98$

$\eta_{eng} = 0,96$

$\eta_{rol} = 0,99$

Tmáx no eixo 4 (saída)

$P_{s4} = P_m \cdot \eta_{cor} \cdot \eta_{rol}^3 \cdot \eta_{eng}^2 = 7845\,W$

$T_{s4} = \frac{7845}{\frac{2\pi \times 80}{60}} = 936\ Nm$

Parte A - Elementos de Máquina I

Transmissão de Potência: (Capítulo 3)

Relação de Transmissão: (i)

(Para engrenagens)

$$i = \frac{w_1}{w_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$f_s = f_e \cdot \frac{d_1 \cdot d_3 \cdot d_5 \ldots \text{(motores)}}{d_2 \cdot d_4 \cdot d_6 \ldots \text{(movidos)}}$$

w: velocidade angular [rad/s]

d: diâmetro primitivo [mm]

n = f: frequência de rotação [Hz, rpm]

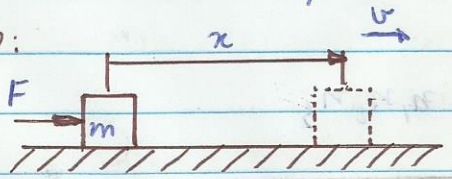
z: número de dentes

Lembrete:

$rpm = \frac{1}{min}$; $\frac{1}{1}$; $v = \omega r$; $\omega = 2\pi f$

Potência: $P = \frac{\text{Trabalho}}{\text{tempo}}$

Translação:



$F = m \cdot a$

$$P = \frac{F \cdot x}{t} = F \cdot v$$

m: massa (Kg)

v: velocidade linear (m/s)

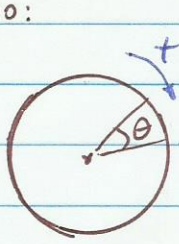
x: deslocamento linear (m)

a: aceleração linear (m/s^2)

F: Força (N)

P: potência ($\frac{Nm}{s} = \frac{J}{s} = W$)

Rotação:



$$P = T \cdot w$$

$$w = \frac{d\theta}{dt} = \dot{\theta}$$

$$T = J \cdot \alpha$$

α: aceleração angular (rad/s²)

T: Torque, momento de torção conjugado ou binário (Nm)

J: Momento de Inércia de massa (Nms^2)

Sistema métrico

$$1\ cv = 75\ \frac{Kgf \cdot m}{s} \cong 736\ \frac{N \cdot m}{s} = 736\ W$$

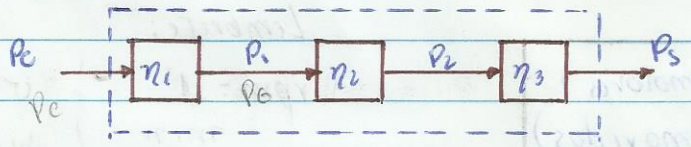
$$1\ W = 1\ \frac{J}{s} = 1\ \frac{Nm}{s} \qquad 1\ Kgf \cong 9{,}81\ N \qquad 1hp \cong 746\ W$$

Sistema de Transmissão de Potência

η: eta

$$\eta = \frac{\text{trabalho útil}}{\text{trabalho total}} = \frac{P_u}{P_t} < 1$$

Série:



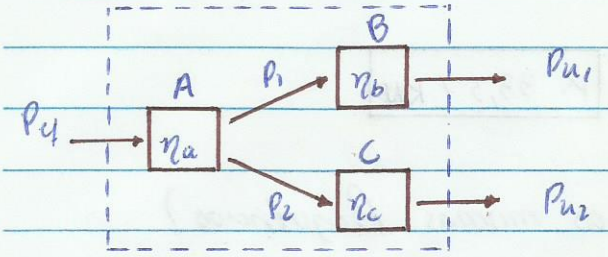
$$\eta_1 = \frac{P_1}{Pe} \Rightarrow P_1 = Pe \cdot \eta_1$$

$$\eta_2 = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow P_2 = P_1 \cdot \eta_2 \Rightarrow P_2 = Pe \cdot \eta_1 \eta_2$$

$$\eta_3 = \frac{P_s}{P_2} \Rightarrow P_s = P_2 \eta_3 \Rightarrow P_s = Pe\ \eta_1 \eta_2 \eta_3$$

$$\eta_{total} = \frac{P_s}{Pe} \Rightarrow \boxed{\eta_{Total} = \eta_1 \eta_2 \eta_3}$$

Paralelo:



$$\eta_{total} = \frac{P_{u1} + P_{u2}}{P_{ef}}$$

$$\eta_a = \frac{P_1 + P_2}{P_{ef}} \; ; \; \eta_b = \frac{P_{u1}}{P_1} \; ; \; \eta_c = \frac{P_{u2}}{P_2}$$

Potência que sai de A: $P_A = P_1 + P_2 = P_{ef} \cdot \eta_a$

Exercício 3.2 (Apostila)

motor para redução:  Reduz pois a menor Ø é a motriz

$$f_s = \frac{f_e \cdot d_1 \cdot d_3 \cdot d_5}{d_2 \cdot d_4 \cdot d_6} \qquad P = \frac{F \cdot x}{t} = F \cdot v \qquad v = 2\pi f \cdot R$$

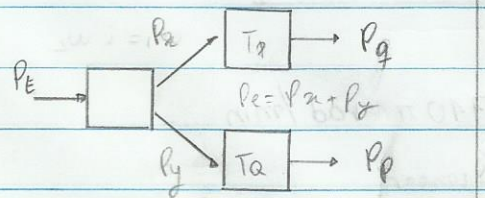
Procedimento:

A) P↑ Q↑

$P_q = Q \cdot v_Q$

$v_Q = 2\pi f_q \cdot R_t$

$f_Q = f_e \cdot \frac{d_H \cdot d_A \cdot d_C \cdot d_E}{d_F \cdot d_B \cdot d_D \cdot d_E}$



$P_Q = P_1 \cdot v_p$

$v_p = 2\pi f_6 \cdot R_6$

$f_6 = f_e \cdot \frac{d_H \cdot d_A \cdot d_C \cdot d_E}{d_F \cdot d_B \cdot d_D \cdot d_6}$

$f_q = 20 \cdot \frac{100 \cdot 90 \cdot 110 \cdot 100}{400 \cdot 279 \cdot 451 \cdot 160}$ ∴ $f_E = 0{,}246\ Hz$

$v_Q = 2\pi \cdot 0{,}246 \cdot \frac{300 \cdot 10^{-3}}{2}$ ∴ $v_Q = 0{,}232\ m/s$

$P_Q = 35\ KN \cdot 0{,}232 \frac{m}{s}$ ∴ $P_Q = 8{,}11\ \frac{KNm}{s}$

→ $P_E = P_m \times \eta_{correia}^{1} \times \eta_{eng}^{2} \times \eta_{rol}^{?}$

$P_E = 13.6 \times 0{,}96 \times 0{,}97^2 \times 0{,}99^3$ ∴ $P_E = 11{,}919\ KW$

→ $P_Q = P_x \cdot \eta_{eng}' \, \eta_{cor}^{\circ} \, \eta_{tam}' \, \eta_{rol}'$

$8{,}11\ KW = P_x \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}99$ ∴ $P_x = 8{,}89\ KW$

→ $P_y = P_E - P_x$ ∴ $P_y = 3{,}03\ KW$

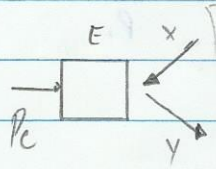
→ $P_p = P_y \times \eta_{eng}' \cdot \eta_{cor}^{\circ} \, \eta_{tam}' \cdot \eta_{rol}'$

$P_p = 3{,}03 \times 0{,}97 \times 0{,}95 \times 0{,}99$ ∴ $P_p = 2{,}76\ KW$

$f_p = 20 \times \frac{100 \times 90 \times 110 \cdot 100}{400 \times 279 \cdot 451 \, 451}$ ∴ $f_p = 0{,}087\ Hz$

$v_p = 2\pi f_{eq} \cdot R_p \Rightarrow v_p = 2\pi \cdot 0,087 \cdot \frac{300}{2} 10^{-3} \therefore v_p = 0,082 \text{ m/s}$

$P_p = P \cdot v_p \therefore 2,76 = P \times 0,082 \therefore \boxed{P = 33,57 \text{ KN}}$

(B) 

(Admitindo as mesmas frequências)

$P_e = Y - X$

$P_E = 11,919 \text{ KW}$ $\quad P_x = P_Q \times \eta_{eng} \eta_{tam} \eta_{rol}$

$P_Q = 8,11 \text{ KW}$ $\quad P_x = 8,11 \times 0,97 \times 0,95 \times 0,99 \therefore P_x = 7,399 \text{ KW}$

$P_y = P_e + P_x = 11,919 + 7,399 \therefore P_y = 19,32 \text{ KW}$

$P_p = P_y \cdot \eta_{eng} \eta_{tam} \eta_{rol} = 19,32 \times 0,97 \times 0,95 \times 0,99 \therefore P_p = 17,624 \text{ KW}$

$P_p = v_p \cdot P \therefore 17,624 = 0,082 P \therefore \boxed{P = 214,38 \text{ KW}}$

Exercício 3.3 (Apostila)

A) Velocidades v_1, v_2 e v_3 $\quad \eta_t = \frac{P_s}{P_e}$

$\boxed{P = \frac{F \cdot x}{t} = F \cdot v}$ $\quad \boxed{\omega = 2\pi f R}$ $\quad \boxed{f_s = f_e \frac{d_1 \cdot d_3 \cdot d_5}{d_2 \cdot d_4 \cdot d_6}}$ $\quad i = \frac{f_1}{f_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$

$\omega_1 = i \omega_2$

$f_m = 870 \text{ rpm} \Rightarrow \omega_m = 2\pi f_m \therefore \omega_m = 1740\pi \text{ rad/min}$

$\omega_1 = 1740\pi / 2,5 = 696\pi$ $\quad | \quad v_2 = \omega_2 R_{tambor}$

$\omega_2 = 696\pi / 20 = 34,8\pi$

$v_2 = 34,8\pi \times \frac{200}{2} 10^{-3} \therefore \boxed{v_2 = 10,93 \text{ m/min}}$

$\omega_3 = 1740\pi / 30 = 58\pi$ $\quad v_2 = v_3 = 14,5\pi \cdot \frac{200}{2} \cdot 10^{-3} \therefore \boxed{v_2 = v_3 = 4,56 \frac{m}{min}}$

$\omega_4 = 58\pi / 4 = 14,5\pi$

B) Potência mínima do motor

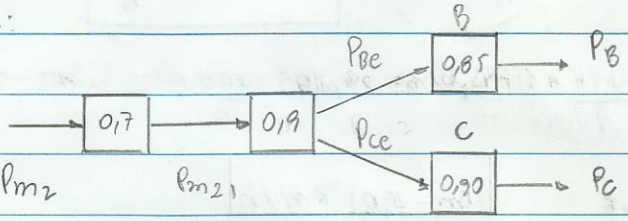
$P_A = 10 \times 10{,}93 \ KN \times \frac{m}{min} = \frac{109{,}3 \ KNm}{60} \ (W) \therefore P_A = 1{,}82 \ KW$

$P_B = 15 \times 4{,}56 = 1{,}14 \ KW$

$P_C = 17 \times 4{,}56 = 1{,}29 \ KW$

$P_A: \quad 1{,}82 = P_{m1} \times 0{,}80 \times 0{,}70 \times 0{,}9 \therefore P_{m1} = 3{,}615 \ KW$

P_B e P_C:



$P_B = 0{,}85 \ P_{Be} \Rightarrow P_{Be} = P_b / 0{,}85$

$P_C = 0{,}90 \ P_{Ce} \Rightarrow P_{Ce} = P_c / 0{,}90$

$\frac{P_b}{0{,}85} + \frac{P_c}{0{,}90} = 0{,}9 \ P_{m21} \ ; \ P_{m21} = P_{m2} \ 0{,}7$

$\frac{P_b}{0{,}85} + \frac{P_c}{0{,}90} = 0{,}9 \times 0{,}7 \ P_{m2} \ ; \ P_b = 1{,}14 \text{ and } P_c = 1{,}29 \therefore P_{m2} = 4{,}40 KW$

$P_{min} \geq P_{m1} + P_{m2} \therefore \boxed{P_{min} \geq 8{,}02 \ KW}$

c) O rendimento total do sistema

$\eta_{total} = \frac{P_{saida}}{P_{entrada}} = \frac{P_A + P_B + P_C}{P_{min}}$

$\eta_{total} = \frac{1{,}82 + 1{,}14 + 1{,}29}{8{,}02}$

$\therefore \boxed{\eta_{total} = 0{,}53}$

Exercício 3.1) (Apostila)

1 Hp = 746 W

10 Hp = 7460 W

$\eta_{motor} = 1160$ rpm $P_{motor} = 10$ Hp

$\eta_{motor} = 2320\pi$

$v = \omega R$

$\omega_0 = 2320\pi \cdot \frac{24 \times 94}{94 \times 24} \therefore \omega_0 = 2320\pi$ $v_0 = 2320\pi \times \frac{50,8}{2} \cdot \frac{10^{-3}}{60} \therefore v_0 = 3,09 \frac{m}{s}$

$\frac{m}{s} = \frac{10^{-3}}{\frac{1}{60^2}} \frac{Km}{h} \Rightarrow 1\frac{m}{s} = 3,6 \frac{Km}{h}$ $\therefore$ **$v_0 = 11,11 \frac{Km}{h}$**

$\omega_m = 2320\pi \times \frac{33 \times 77 \times 44 \times 71}{77 \cdot 110 \times 71 \times 41} \therefore \omega_m = 39,109 \frac{rad}{s}$

$v_m = 39,109 \cdot \frac{28,575}{2} \cdot 10^{-3} \times 3,6 \therefore$ **$v_m = 2,01$ Km/h**

$\omega_n = \omega_m \times \frac{28 \times 36}{33 \times 18} \therefore \omega_n = 66,37$ rad/s

$v_n = 66,37 \times \frac{28,575}{2} \cdot 10^{-3} \times 3,6 \therefore$ **$v_n = 3,41$ Km/h**

(B) Velocidade do Varão Cremalheira

$\omega_V = \frac{2320\pi}{60} \times \frac{56 \times 64 \times 21 \times 58}{64 \times 68 \times 65 \times 63} \therefore \omega_V = 29,75 \frac{rad}{s}$

$v_V = 29,75 \times \frac{30}{2} \cdot 10^{-3} \therefore v_V = 0,446 \frac{m}{s}$

$v_V = 1,61 \frac{Km}{h}$

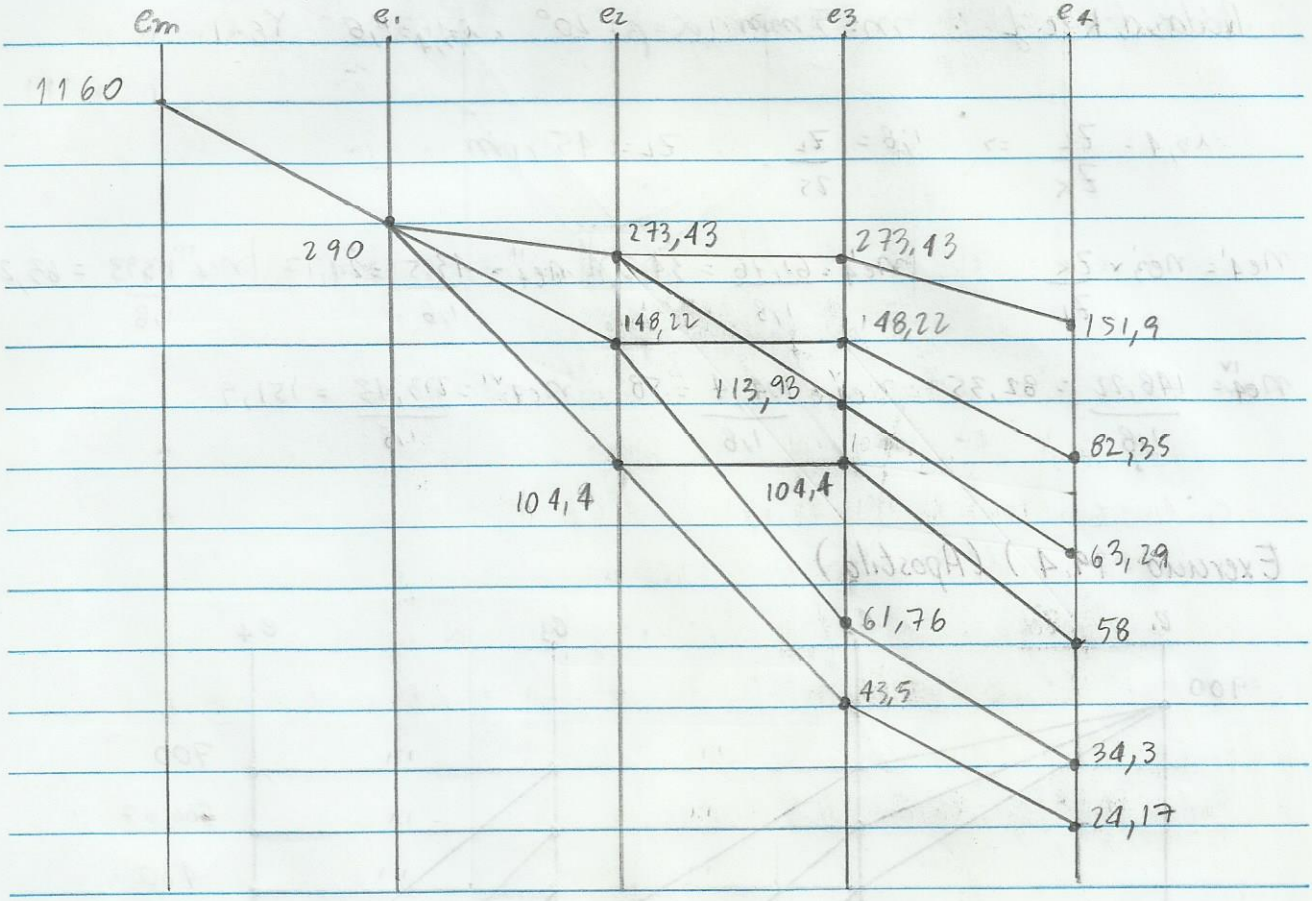
Exercício 19.2) (Apostila)

$d = m.z$

Dados: Motor CA → $P = 5hp$, $n = 1160 rpm$

Rendimento → $\eta_{corr} = 96\%$ $\eta_{eng} = 97\%$ $\eta_{rol} = 98\%$

Engrenagens → $Z_A = 18$, $Z_B = 50$, $Z_C = 2$, $Z_E = 33$, $Z_D = 20$, $Z_1 = 34$, $Z_K = 25$



Determinando e:

$a = r_1 + r_2$

$a = 18 + 50 = 68$

$a = K_C + K_D$

$K_D = 68 - 23 = 45$

$K_J = 68 - 34 = 34$

$K_F = 68 - 33 = 35$

$K_H = 68 - 20 = 48$

$n_{e1} = n_m \frac{d}{D} \Rightarrow n_{e1} = 1160 \times \frac{80}{320} \therefore n_{e1} = 290 rpm$

$n_{e2}' = n_{e1} \times \frac{K_C}{K_D} \Rightarrow n_{e2} = 290 \times \frac{23}{45} \therefore n_{e2} = 148,22 rpm$

$n_{e2}'' = n_{e1} \times \frac{K_A}{K_B} \Rightarrow n_{e2} = 290 \times \frac{18}{50} \therefore n_{e2} = 104,4 rpm$

$n_{e2}''' = n_{e1} \times \frac{K_E}{K_F} \Rightarrow n_{e2} = 290 \times \frac{33}{35} \therefore n_{e2} = 273,43 rpm$

$n_{e3}' = n_{e2}' \times \frac{K_G}{K_H} \Rightarrow n_{e3} = 148,22 \times \frac{20}{48} \therefore n_{e3} = 61,76 rpm$

$n_{e3}'' = n_{e2}'' \times \frac{K_G}{K_H} \Rightarrow n_{e3} = \frac{104,4 \times 20}{48} = 43,5 \text{ rpm}$

$n_{e3}''' = n_{e2}''' \times \frac{K_G}{K_H} \Rightarrow n_{e3} = \frac{273,43 \times 20}{48} = 113,93 \text{ rpm}$

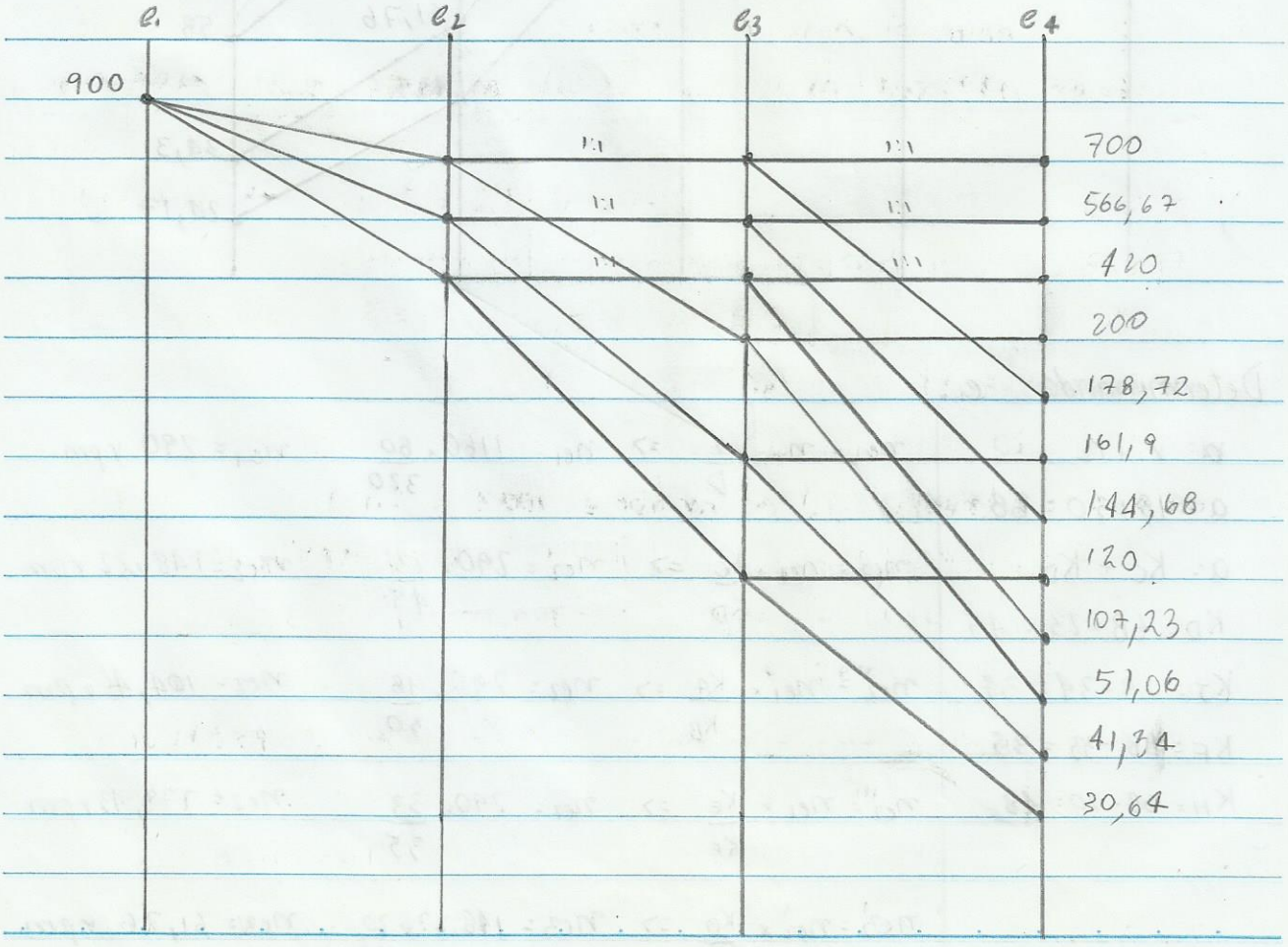
Rodas K e L : $m = 5\,mm$ $\alpha = \beta = 20°$, $i_{3,4} = 1,8$ $Y_\varepsilon = 1$

$i_{3,4} = \frac{Z_L}{Z_K} \Rightarrow 1,8 = \frac{Z_L}{25} \therefore Z_L = 45 \text{ rpm}$

$n_{e4}' = n_{e3}' \times \frac{Z_K}{Z_L} \therefore n_{e4}' = \frac{61,76}{1,8} = 34,3$ | $n_{e4}'' = \frac{43,5}{1,8} = 24,17$ | $n_{e4}''' = \frac{113,93}{1,8} = 63,29$

$n_{e4}^{IV} = \frac{148,22}{1,8} = 82,35$ $n_{e4}^{V} = \frac{104,4}{1,8} = 58$ $n_{e4}^{VI} = \frac{273,43}{1,8} = 151,9$

Exercício 19.4) (Apostila)



$\frac{n_1}{n_2'} = \frac{z_D}{z_A} \Rightarrow \frac{900}{n_2} = \frac{30}{14} \therefore n_2' = 420$

$\frac{n_1}{n_2''} = \frac{z_E}{z_B} \Rightarrow \frac{900}{n_2''} = \frac{27}{21} \therefore n_2'' = 700$

$\frac{n_1}{n_2'''} = \frac{z_F}{z_C} \Rightarrow \frac{900}{n_2'''} = \frac{27}{17} \therefore n_2''' = 566,67$

$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2}$

$i' = \frac{z_I}{z_G} = \frac{42}{12} \therefore i' = 3,5$

$i'' = \frac{z_M}{z_K} = \frac{47}{12} \therefore i'' = 3,92$

$n_3' = \frac{n_2'}{i} = \frac{420}{3,5} = 120$

$n_3'' = \frac{700}{3,5} = 200$

$n_3''' = \frac{566,67}{3,5} = 161,9$

$n_4' = \frac{120}{i''} = 30,64$

$n_4'' = \frac{200}{i''} = 51,06$

$n_4''' = \frac{161,9}{i''} = 41,34$

$n_4^{IV} = \frac{700}{i''} = 178,72$

$n_4^{V} = \frac{420}{i''} = 107,23$

$n_4^{VI} = \frac{566,67}{i''} = 144,68$

As rotações no eixo de saída 4 podem ser:

700; 566,67; 420; 200; 178,72; 161,9; 144,68; 120; 107,23; 51,06; 41,34; 30,64 rpm

Exercício 19.5) (Apostila)

$P = \frac{F.x}{t} = F.v = T.w$ $\qquad \frac{Nm.rad}{s} = W$

$n_1 = 1420$ rpm, $M_{t1} = 320$ Nm $\rightarrow f_1 = \frac{1420}{60} = 23,67$ Hz

$w = 2\pi f \therefore w_1 = 148,70$ rad/s

$P_e = 320 \times 148,70 \therefore P_e = 47584,66$ W

Como o rendimento (η) do redutor é 100%, temos:

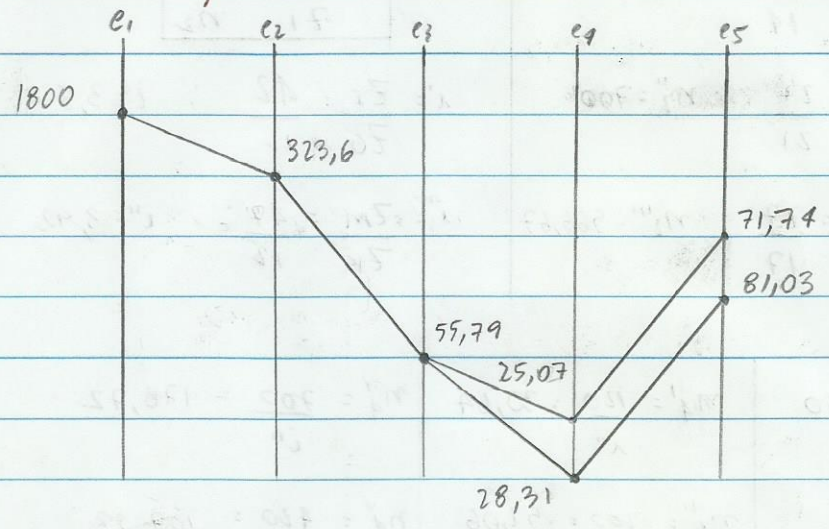
$P_{entrada}\ (P_e) = P_{saída}\ (P_s) \therefore P_s = 47584,66$ W

$n_s = n_1 \times \frac{z_{1c} \times z_1}{z_{2c} \times z_2} = 1420 \times \frac{16 \times 20}{49 \times 58} \therefore n_s = 159,89$ rpm $\Rightarrow 2,66$ Hz

$w_s = 2\pi f_s = 2\pi . 2,66 \therefore w_s = 16,74$ rad/s $\qquad T = P/w \quad T = \frac{47584,66}{16,74}$

$\therefore T_s = 2842$ Nm

Exercício 19.6) (Apostila)



$e_2 = e_1 \frac{Z_A}{Z_B} = 1800 \times \frac{16}{89} = 323,6$

$e_3 = e_1 \frac{Z_A \times Z_C}{Z_B \times Z_D} = 1800 \times \frac{16 \times 15}{89 \times 87} = 55,79$

$e_4' = e_1 \frac{Z_A \times Z_C \times Z_G}{Z_B \times Z_D \times Z_H} = 1800 \times \frac{16 \times 15 \times 31}{89 \times 87 \times 69} = 25,07$

$e_4'' = e_1 \frac{Z_A \times Z_C \times Z_I}{Z_B \times Z_D \times Z_I} = 1800 \times \frac{16 \times 15 \times 34}{89 \times 87 \times 67} = 28,31$

$e_5 = 25,07 \times \frac{83}{29} = 71,74$

$e_5 = 28,31 \times \frac{83}{29} = 81,03$

Rotações de saída:
71,74 e 81,03 rpm

$P = F.v = T.w \qquad P_s = P_e \eta \qquad 1\,cv \cong 746\,W$

$P_5 = 10 \times 746 \times 0,97^4 \times 0,99^5 \therefore P_5 = 6280,61\,W$

$P = T.w$

$T = P / 2\pi f$

$T_1 = \frac{6280,61}{2\pi \times \frac{71,74}{60}} = 836\,Nm \qquad T_2 = \frac{6280,61}{2\pi \times \frac{81,03}{60}} = 740,14\,Nm$

$T_1 = 836\,Nm$

$T_2 = 740,14\,Nm$

$P_3 = 10 \times 746 \times 0,97^2 \times 0,99^3 = 6810,64\,W$

$T_D = \frac{6810,64}{2\pi \frac{55,79}{60} \times 2)} \therefore T_D = 582,85\,Nm$

Exercício 19.7) (Apostila)

$1\ Hz = 2\pi \frac{rad}{s} = 60\ rpm$

$P = F.v = T.\omega \qquad P_s = P_e.\eta \qquad \omega = 2\pi f$

$n_3 = n_m \times \frac{z_A \times z_C}{z_B \times z_D} = 870 \times \frac{18 \times 16}{80 \times 90} = 34,8\ rpm \rightarrow \frac{34,8}{60}\ Hz$

$n_4 = n_m \times \frac{z_A \times z_C \times z_6}{z_B \times z_D \times z_H} = 870 \times \frac{18 \times 16 \times 27}{80 \times 90 \times 101} = 9,30\ rpm \rightarrow \frac{9,30}{60}\ Hz$

$P_p = 2\pi \frac{n_3}{60} \times R_t \times P = 2\pi \times \frac{34,8}{60} \times \frac{200}{2}.10^{-3} \times 13.10^3 \quad \therefore \quad P_p = 4\,737,52\ W$

$P_p' = 4884,04\ W$

$P_3 = 9,2.10^3 \times 0,99^3 \times 0,98^2 = 8\,573,25\ W$

$P_3 = P_p' + P_4 \qquad P_4 = 3\,689,21\ W$

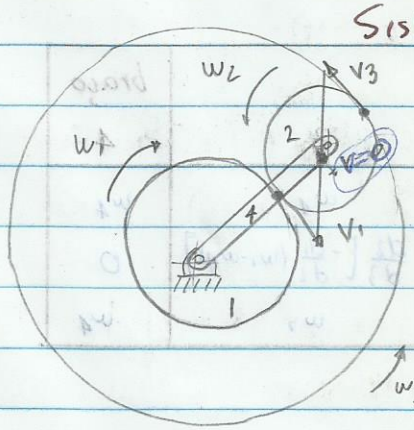
$P_Q = 3\,689,2 \times 0,99 \times 0,97 . 0,98 \quad \therefore \quad P_Q = 3\,471,89\ W$

$3\,471,89 = 2\pi \times \frac{9,30}{60} \times \frac{300}{2}.10^{-3}.Q \quad \therefore \quad \boxed{Q = 23\,766,4\ N}$

6-03-2015

$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_2}{d_1}$

Sistema básico



Sistema básico, ou comum, tem todos os eixos fixos (não transladam)

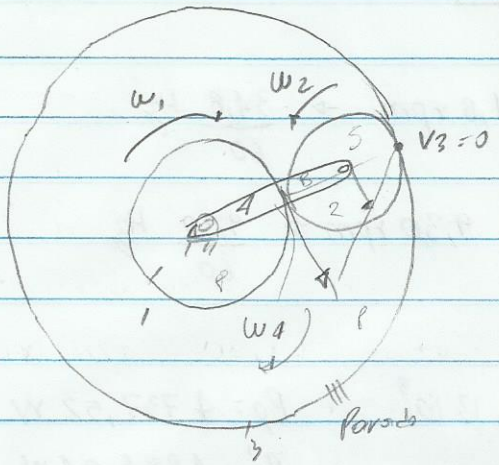
- braço 4 parado ($\omega_4 = 0$)

$\omega_2 = \omega_1 \frac{d_1}{d_2}$

$\omega_3 = \omega_2 \frac{d_2}{d_3} = \omega_1 \frac{d_1 . d_2}{d_2 . d_3}$

Sistema planetário, ou epicicloidal

existe pelo menos 1 eixo móvel (translada)



Satélite: 2
Planeta: 1 e 3
Braço: 4
Caminho: 123

Definições: (Apenas para sistema com barra e é epicicloidal)

Satélite é o elemento no eixo móvel que sofre translação e rotação.

Planeta é o elemento em eixo fixo que esta em contato direto com o satélite

Braço é o elemento que arrasta ou é arrastado pelo eixo móvel.

Caminho é o percurso de engrenamento iniciando sempre por um planeta e terminando em outro planeta (se houver)

ω ou f ou x	CAMINO			braço
	1	2	3	4
arrastamento	ω_4	ω_4	ω_4	ω_4
relativa	$\omega_1 - \omega_4$	$-\frac{d_1}{d_2}(\omega_1 - \omega_4)$	$+\frac{d_2}{d_3}\left[-\frac{d_1}{d_2}(\omega_1 - \omega_4)\right]$	0
absoluta	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4

abs = rel + ar ∴ rel = (abs - ar)

Par girando no mesmo sentido → sinal +

Par girando em sentidos opostos → sinal -

$$\omega_3 = -\frac{d_2 \times d_1}{d_3 \times d_2}(\omega_1 - \omega_4) + \omega_4$$

$$\omega_2 = -\frac{d_1}{d_2}(\omega_1 - \omega_4) + \omega_4$$

Exemplo: Para o sistema dado, calcule ω_2 e ω_3 com $d_1 = 50mm$ $d_2 = 30mm$ e $\omega_1 = 10\ rad/s$

1) $\omega_4 = 0$ ↻ (Assumindo $\omega_4 = 0$) $\quad d_3 = d_1 + 2d_2 = 110mm$

$\omega_2 = -\frac{50}{30}(10-0) + 0 = -16,67\ \frac{rad}{s}$ $\quad \omega_3 = -\frac{30 \times 50}{110 \times 30}(10-0) + 0 = -4,55\ \frac{rad}{s}$

2) $\omega_3 = 0$

$0 = -\frac{50}{110}(10 - \omega_4) + \omega_4 \Rightarrow -500 + 50\omega_4 + 110\omega_4 = 0 \therefore \omega_4 = 3,125\ \frac{rad}{s}$ ↻

$\omega_2 = -\frac{50}{30}(10 - 3,125) + 3,125 \therefore \omega_2 = -8,33\ \frac{rad}{s}$ ↺

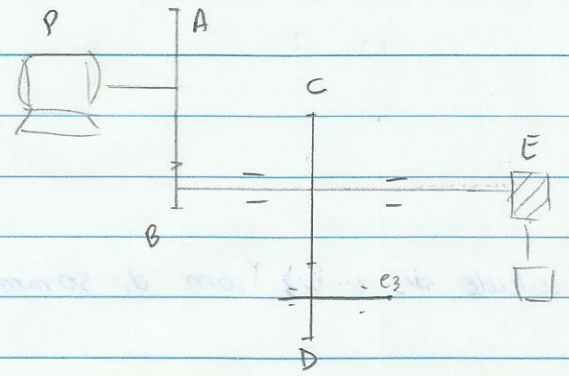
3) $\omega_3 = +10\ rad/s$

$10 = -\frac{50}{110}(10 - \omega_4) + \omega_4 \Rightarrow 1100 = -500 + 50\omega_4 + 110\omega_4 \therefore \omega_4 = 10\ \frac{rad}{s}$

$\omega_2 = -\frac{50}{30}(10 - 10) + 10 \therefore \omega_2 = 10\ \frac{rad}{s}$

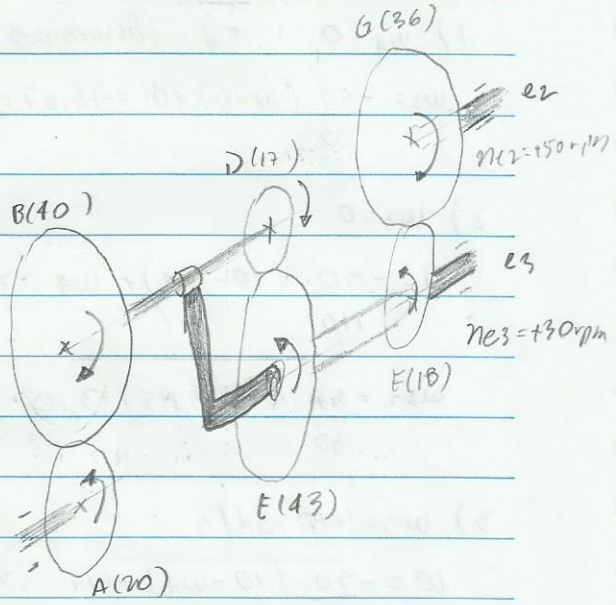
- Exercício 3,6 em diante até 3,9 (Prova) {3,6 → 3,9}

13-03-2015



eixo	Pe	Psai
e_1	P	$P\eta_{rot}$
e_2	$P\eta_{rot}\eta_{eng}$	$P\eta_{rot}^2\eta_{eng} = n+y$
e_3	$(P\eta_{rot}^2\eta_{eng} - x)\eta_{eng}$	$(P\eta_{rot}^2\eta_{eng} - x)\eta_{eng}\eta_{rot}$

Exercício 3.6) (Apostila)



(a) Classificar todos os elementos

eixo móvel: B, D

Satélite: B, D

Planeta: A, E

Braço: C

Caminho: A B D E

(b) Determinar as rotações $n_{e3}=+30$ rpm e $n_{e2}=+50$ rpm

numero rotações	CAMINHO A	B	D	E	Braço C
arrastamento	n_C	n_C	n_C	n_C	n_C
relativa	$n_A - n_C$	$-\frac{z_a}{z_B}(n_A - n_C)$	$-\frac{z_a}{z_D}(n_A - n_C)$	$-\frac{z_a}{z_E}\left[-\frac{z_a}{z_D}(n_A - n_C)\right]$	0
absoluta	n_A	n_B	n_D	n_E	n_C

$n_C = 30$ rpm ↻

$n_E = \frac{17\times20}{43\times40}(n_A - n_C) + n_C$ | $-100 = \frac{17\times20}{43\times40}(n_A - 30) + 30 \therefore n_A = -627{,}6$ rpm

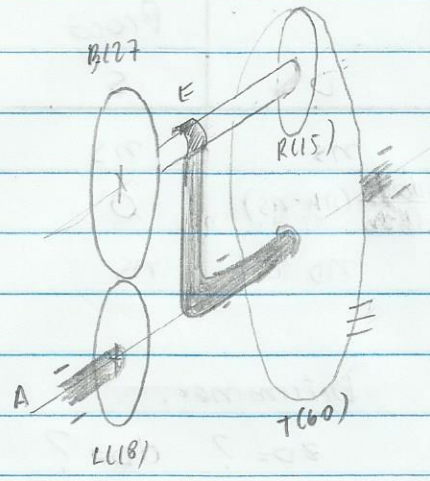
$n_F = -50\times\frac{36}{18} = -100$ rpm

$n_B = -\frac{20}{40}(n_A - n_C) + n_C \therefore n_B = 358{,}8$ rpm

$n_E = n_F = -100$ rpm

$n_D = n_B = +358{,}8$ rpm

Exercício 3.7) (Apostila)



eixo móvel: BR

braço E

Satélite: BR

Planeta: LT

Caminho: LBRT

$n_A = +1400$ rpm

número de rotações	CAMINHO				Braço
	L	B	R	T	E
arrastamento	n_E ✓	n_E ✓	n_E ✓	n_E ✓	n_E
relativa	$(n_L - n_E)$	$-\frac{18}{27}(n_L - n_E)$	$-\frac{18}{27}(n_L - n_E)$	$-\frac{18\times15}{27\times60}(n_L - n_E)$	0
absoluta	n_L 1400 ✓	n_B ✓	n_R ✓	n_T ✓	n_E

$n_T = 0$; $n_L = n_A = +1400$ abs = rel + arr

$$\frac{-18\times15}{27\times60}(n_L - n_E) + n_E = n_T \Rightarrow \frac{-1}{6}(1400 - n_E) + n_E = 0 \therefore \boxed{n_E = +200 \text{ rpm}}$$

$$n_B = n_E - \frac{18}{27}(n_L - n_E) \Rightarrow n_B = 200 - \frac{18}{27}(1400 - 200) \therefore \boxed{n_B = -600 \text{ rpm}}$$

$$n_R = n_E - \frac{18}{27}(n_L - n_E) \Rightarrow n_R = 200 - \frac{18}{27}(1400 - 200) \therefore \boxed{n_R = -600 \text{ rpm}}$$

$$\boxed{n_T = 0}$$

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1}$$

1 1

Exercício 3.8) (Apostila)

número rotações	CAMINHO A	CAMINHO B	CAMINHO D	Braço S
arrastamento	n_S	n_S	n_S	n_S
relativa	$n_A - n_S$	$-\frac{d_a}{d_b}(n_A - n_S)$	$-\frac{d_a d_b}{d_B d_D}(n_A - n_S)$	0
absoluta	n_A	n_B	n_D ✓	n_S

$z_A = 30$ dentes — S: 1 volta — Determinar: $z_D = ?$ $d_D = ?$

$d_A = 60$ mm — A: 4 voltas

$n_D = 0$

→ Para S → 1 volta então A → 4 volta ($n_S = 1$ e $n_A = 4$)

$$n_D = n_S - \frac{d_A}{d_D}(n_A - n_S) \Rightarrow 0 = 1 - \frac{60}{d_D}(4-1) \therefore \boxed{d_D = 180\,mm}$$

$$n_D = n_S - \frac{z_A \times z_B}{z_B \times z_D}(n_A - n_S) \Rightarrow 0 = 1 - \frac{30}{z_D}(4-1) \therefore \boxed{z_D = 90 \text{ dentes}}$$

Exercício 3.9) (Apostila)

{ Porque devo assumir $n_D = 0$? }

número rotações	Caminho B	Caminho A	Caminho C	Braço D
arrastamento	n_D	n_D	n_D	n_D
relativa	$n_B - n_D$	$-\frac{d_b}{d_A}(n_B - n_D)$	$-\frac{d_b}{d_C}(n_B - n_D)$	0
absoluta	n_B	n_A	n_C	n_D

Para C travada:

$\boxed{n_C = 0\,rpm}$ $\quad 0 = -\frac{24}{56}(300 - n_D) + n_D \therefore \boxed{n_D = 190\,rpm}$

Para C Girando:

$n_A = -\frac{24}{16}.(300 - n_D) + n_D$; (Assumindo $n_D = 0$) $\quad \therefore n_A = -450\,rpm$ $\quad n_C = -\frac{24}{56}(300 - 0) + 0$

$\therefore \boxed{n_C = -128{,}6\,rpm}$

Exercícios Pré-Prova

Exercício 3.2)

$$f_E = f_H \times \frac{d_H \cdot d_A \cdot d_C \cdot d_E}{d_F \cdot d_B \cdot d_D \cdot d_F} = 20 \times \frac{100 \times 90 \times 110 \times 100}{400 \times 279 \times 451 \times 160} \therefore f_E = 0,246\ Hz$$

$$P = F \cdot v = F \cdot 2\pi f \cdot R$$

$$P_Q = 2\pi \cdot 0,246 \cdot \frac{0,3}{2} \times 35 \therefore P_Q = 8,11\ \frac{kNm}{s} \quad B$$

$$P_E = P_m \times \eta_{eng}^2 \times \eta_{cor}^1 \times \eta_{rol}^3 = 13,6 \times 0,97^2 \times 0,98 \times 0,99 \therefore P_E = 11,98\ kW \quad C$$

$$P_E = P_x + P_y$$

$$P_Q = P_x \times \eta_{eng}^1 \eta_{cor}^0 \eta_{rol}^1 \eta_{tom}^1 = P_x \times 0,97 \times 0,99 \times 0,95 \therefore P_x = 8,89\ kW \quad D$$

(As duas sobem)

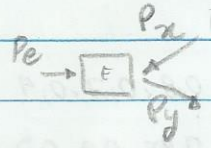
$$P_y = P_E - P_x = 11,98 - 8,89 \therefore P_y = 3,03\ kW \quad E$$

$$P_p = P_y \cdot \eta_{eng}^1 \eta_{cor}^0 \eta_{rol}^1 \eta_{tom}^1 = 3,03 \times 0,97 \times 0,99 \times 0,95 \therefore P_p = 2,76\ kW \quad F$$

$$f_g = f_H \times \frac{d_H \cdot d_A \cdot d_C \cdot d_E}{d_E \cdot d_B \cdot d_D \cdot d_G} = 20 \times \frac{100 \times 90 \times 110 \times 100}{100 \times 279 \times 451 \times 451} \quad f_g = 0,09\ Hz \quad X$$

$$P_p = 2\pi f_g R Q$$

$$2,76 = 2\pi \cdot 0,09 \times \frac{0,3}{2} Q \therefore \boxed{Q = 33,6\ kN}$$



(Apenas P sobe enquanto Q desce)

$P_E = P_y - P_x$ (Admitindo as mesmas frequências)

$$P_x = P_Q \times \eta_{eng}^1 \eta_{cor}^0 \eta_{rol}^1 \eta_{tom}^1 = 8,11 \times 0,97 \times 0,99 \times 0,95 \therefore P_x = 7,4\ kN$$

$$11,98 = P_y - 7,4 \therefore P_y = 19,32\ kW \qquad P_Q = P_y \times \eta_{eng}^1 \eta_{cor}^0 \eta_{rol}^1 \eta_{tom}^1$$

$$P_Q = 19,32 \times 0,97 \times 0,99 \times 0,95 = 17,62\ kW$$

$$17,62 = \frac{2\pi \cdot 0,09 \times 0,3}{2} Q \therefore \boxed{Q = 214,36\ kN}$$

Exercício 3.3 $A = 10KN$ $B = 15KN$ $C = 17KN$

$n_{motor} = 870rpm$ $d_t = 200mm$

$P = F.v$ $i = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_1 = i n_2$

a) v_1, v_2, v_3 ?

$w_1 = \frac{870}{2,5} = 348rpm$ $w_A = \frac{348}{20} = 17,4 rpm$

$v = wR$ $v = 2\pi . 17,4 \times 0,1$ $\therefore \boxed{v_A = 10,93 m/min}$

$rpm = \frac{1rev}{min} = \frac{2\pi}{1} \frac{rad}{min}$

$w_2 = \frac{870}{30}$ $w_3 = \frac{w_2}{4} = \frac{870}{120} = 7,25 rpm = 14,5\pi rad/min$

$v_B = 14,5\pi . 0,1$ $\boxed{v_B = v_C = 4,56 rad/min}$

$v_C = 14,5\pi . 0,1$

(b) Potência mínima do motor ?

$P_A = \frac{10 \times 10,93}{60} = 1,82 KW$ $P_B = \frac{15 . 4,56}{60} = 1,14 KW$ $P_C = \frac{17 \times 4,56}{60} = 1,29 KW$

$P_A = Pm_1 \times 0,8 \times 0,7 \times 0,9$ $\therefore Pm_1 = 3,62 KW$

$P_B = Pm_2 \times 0,85 \times 0,9 \times 0,7$ $\therefore Pm_2 = 2,13 KW$ $Pm = Pm_1 + Pm_2 + Pm_3$

$P_C = Pm_3 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,7$ $\therefore Pm_3 = 2,28 KW$ $\boxed{Pm = 8,02 KW}$

(c) Rendimento total do Sistema

$P_S = P_e . \eta$ $\therefore \eta_t = \frac{\sum P_S}{P_e} = \frac{P_A + P_B + P_C}{P_m}$ $\therefore \boxed{\eta_t = 0,53}$

Exercício 3.6)

(a)

Planeta: A e F Braço: C

Satélite: B e D Caminho: ABDE

(b) Determinar as rotações quando $n_{E3} = +30$ rpm e $n_{E2} = +50$ rpm

número de rotações	Caminho A	Caminho B	Caminho D	Caminho E	Braço C
arrastamento	$n_C^{(30)}$	$n_C^{(+30)}$	$n_C^{(+30)}$	$n_C^{(+30)}$	n_C
relativa	$n_A - n_C$	$-\frac{z_A}{z_B}(n_A - n_C)$	$-\frac{z_A}{z_B}(n_A - n_C)$	$+\frac{z_A z_D}{z_B z_E}(n_A - n_C)$	0
absoluta	n_A ✓	n_B ✓	n_D ✓	n_E ✓	n_C

$n_{abs} = n_{arr} + n_{rel}$

$n_{E3} = n_C = +30$ rpm

$\frac{n_G}{n_F} = \frac{z_F}{z_G}$ $n_F = 50 \times \frac{36}{18} = 100$ rpm $n_E = -n_F$

$n_E = n_C + \frac{z_A z_D}{z_B z_E}(n_A - n_C) \Rightarrow -100 = 30 + \frac{20 \times 17}{40 \times 43}(n_A - 30) \therefore$ **$n_A = -627{,}65$ rpm**

$n_D = n_C - \frac{z_A}{z_B}(n_A - n_C) \Rightarrow n_D = 30 - \frac{20}{40}(-627{,}65 - 30) \therefore$ **$n_D = 358{,}82$ rpm**

$n_B = n_C - \frac{z_A}{z_B}(n_A - n_C) \quad \therefore n_B = n_D$ **$n_B = 358{,}82$ rpm**

$n_E = -100$ rpm **$n_C = +30$ rpm**

Exercício 3.7)

Planeta: LT Braço: E

Satélite: BR Caminho: LBRT

número de rotações	Caminho L	B	R	T	Braço E
arrastamento	n_E	n_E	n_E	n_E	n_E
relativo	$n_L - n_E$	$-\frac{z_L}{z_B}(n_L - n_E)$	$-\frac{z_L}{z_B}(n_L - n_E)$	$-\frac{z_L \times z_R}{z_B \times z_T}(n_L - n_E)$	0
absoluto	n_L ✓	n_B	n_R ✓	n_T ✓	n_E ✓

$n_A = +1400$ rpm $n_L = n_A$ $\therefore$ $\boxed{n_L = +1400 \text{ rpm}}$ $\boxed{n_T = 0 \text{ rpm}}$

$$n_T = n_E - \frac{z_L \times z_R}{z_B \times z_T}(n_L - n_E) \Rightarrow 0 = n_E - \frac{18 \times 15}{27 \times 60}(1400 - n_E)$$

$$0 = n_E - \frac{1}{6} \times 1400 + \frac{1}{6} n_E \quad \therefore \quad \boxed{n_E = +200 \text{ rpm}}$$

$$n_R = -\frac{z_L}{z_B}(n_L - n_E) + n_E \Rightarrow n_R = -\frac{18}{27}(1400 - 200) + 200$$

$\therefore$ $\boxed{n_R = -600 \text{ rpm}}$

$$n_B = n_E - \frac{z_L}{z_B}(n_L - n_E) + n_E \quad \therefore \quad n_B = n_R \quad \therefore \quad \boxed{n_B = -600 \text{ rpm}}$$

Exercício 19.8) $P = F.v = T.w$

(a) Torque no eixo de saída

$n_s = 1420 \times \frac{16 \times 20}{49 \times 58}$ ∴ $n_s = 159,89$ rpm $= 16,74 \frac{rad}{s}$

1420 rpm = 148,70 rad/s (Devido $\eta = 100$) ∴ $P_s = P_e$

$P = 320 \times 148,70$ ∴ $P_e = 47,58$ KW $P_s = 47,58$ KW

$P = Tw$ $T = \frac{47,58.10^3}{16,74}$ ∴ $\boxed{T = 2842 \text{ Nm}} = 2842.10^3$ Nmm

(b) Dimensões das chavetas no eixo de entrada

$d_e = 55$mm { $b = 16$mm $h_1 = 6$mm $l_{min} = 45$ mm
$h = 10$mm $h_2 = 4,3$ mm $l_{max} = 180$ mm

{ $p_{adm} = 60$ MPa
$\tau_{adm} = 40$ MPa

→ Falha devido ao esmagamento

$T = F_c \left(\frac{d}{2} - h_1 + \frac{3}{4}h\right)$ $320.10^3 = F_c \left(\frac{55}{2} - 6 + \frac{3}{4}.10\right)$ ∴ $F_c = 11,03.10^3$ N

$\frac{2 \times F_c}{hL} \leq p_{adm} \Rightarrow \frac{2 \times 11,03.10^3}{10 \times 60} \leq L$ ∴ $L \geq 36,78$ mm

→ Falha devido ao cisalhamento:

$T = Q.\frac{d}{2}$ $320.10^3 = Q.\frac{55}{2}$ ∴ $Q = 11636,36$ N

$\frac{Q}{bL} \leq \tau_{adm} \Rightarrow \frac{11636,36}{10L} \leq 40$ ∴ $L \geq 29,09$

∴ $\boxed{L = 45 \text{ mm}}$

Mancais de deslizamento (Matéria do Djalma) 08-04-2015

- Definição: Mancais são apoios de eixos ou de qualquer elemento de máquina que permitem movimento relativo entre 2 componentes, seja o movimento rotativo ou linear deslizante e alternativo.

- Tipos de Mancais

A) Mancais de Rolamento: (Abordado pelo professor Alberto)

* Composto por anel externo e interno e elementos rolantes: esferas ou rolos (cilíndricos ou cônicos)

B) Mancais de Deslizamento:

10-04-2015

Exercício 3.14-)

				1	2	
Planeta: T, R	F, H	Braço:	E	R	(Fazer análise antes da tabela)
Satélite: S	G	Caminho:	TSR	HGF	

número de rotações	Caminho			Braço
	T	S	R	E
arrastamento	n_E	n_E	n_E	n_E
relativo	$(n_T - n_E)$	$*\frac{30}{30}(n_T - n_E)$	$\Delta\frac{30}{30}[*\frac{30}{30}(n_T - n_E)]$	0
absoluto	n_T	n_S	n_R	n_E

número de rotações	Caminho			Braço
	H	G	F	R
arrastamento	n_R	n_R	n_R	n_R
relativo	$(n_H - n_R)$	$\star\frac{30}{30}(n_G - n_R)$	$\#\frac{30}{30}[\star\frac{30}{30}(n_G - n_R)]$	0
absoluto	n_H	n_G	n_F	n_R

abs = relat + arr

$n_R = \Delta * (n_T - n_E) + n_E \qquad \Delta * = -$

$\therefore n_R = -(n_T - n_E) + n_E$

$n_R = -n_T + 2n_E$

$n_R = -n_T + 2 \times (-33,\bar{3})$

$\therefore \boxed{n_R = -n_T - 66,\bar{6}}$ (I)

$n_F = n_A = +100 \times \frac{18}{17} \cdot \frac{17}{36} = +50$ rpm

$n_E = -100 \times \frac{35}{105} = -33,\bar{3}$ rpm

$n_T = n_H$

$Z = 30$

$n_S = * (n_T - n_E) + n_E$

$\boxed{n_S = * (n_T + 33,\bar{3}) - 33,\bar{3}}$ (II)

—//—

$n_F = \#\,\text{✡}\, (n_O - n_R) + n_R \qquad \#\,\text{✡} = -$

$n_F = -(n_O - n_R) + n_R$

$\boxed{n_F = -n_O + 2n_R}$ (III)

$\boxed{n_O = \text{✡}\, (n_O - n_R) + n_R}$ (IV)

Substituindo valores:

(I) $n_R = -n_T - 66,\bar{6}$; $n_T = n_H$

$\therefore n_R = -n_H - 66,\bar{6} \qquad (n_H = -66,\bar{6} - n_R)$

(III) $n_F = -n_O + 2n_R$

$n_F = -n_H + 2(-n_H - 66,\bar{6})$

$n_F = -n_H - 2n_H - 133,\bar{3}$

$n_F = -3n_H - 133,\bar{3}$; $n_F = +50$

$+50 = -3n_H - 133,\bar{3} \quad \therefore \boxed{n_H = -61,\bar{1} \text{ rpm}} \qquad (n_H = n_T)$

(II) $n_S = * (n_T + 33,\bar{3}) - 33,\bar{3}$; $n_T = n_H$

$n_S = * (-61,\bar{1} + 33,3) - 33,\bar{3}$

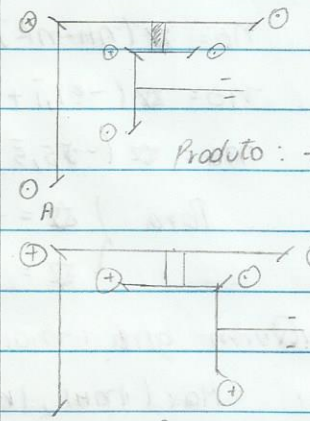
$n_S = * (-27,\bar{7}) - 33,\bar{3}$

Para $\begin{cases} * = + \Rightarrow n_S = -61,\bar{1} \text{ rpm} \\ * = - \Rightarrow n_S = -5,\bar{5} \text{ rpm} \end{cases}$

(I) $n_R = -n_H - 66,\bar{6}$; $n_H = -61,1$

$\therefore \boxed{n_R = -5,\bar{5} \text{ rpm}}$

Exemplo:



Analisar os Planetas

Quem gira mais rápido entre os planetas?

$\text{Max}(|n_T|, |n_R|) = n_T$

Comparamos $n_{braço}$ com n do planeta mais rápido.

$n_E = - \ldots$ $n_T = - \ldots$

mesmo sentido (sinal)

logo, usamos o satélite com menor rotação em módulo

(Mesmo sentido, baixa velocidade)

$\therefore$ $\boxed{n_S = -5,\bar{5} \text{ rpm}}$

(IV) $n_G = \text{✡}(n_H - n_R) + n_R$

$n_G = \text{✡}(-61,\bar{1} + 5,\bar{5}) - 5,\bar{5}$

$n_G = \text{✡}(-55,\bar{5}) - 5,5$

Para $\begin{cases} \text{✡} = + \Rightarrow n_G = -61,\bar{1} \text{ rpm} \\ \text{✡} = - \Rightarrow n_G = +50 \text{ rpm} \end{cases}$

Quem gira mais rápido entre os planetas?

$\text{Max}(|n_H|, |n_E|) = n_H$

Comparando $n_{braço}$ com n_H

$n_R = \ominus \ldots$ $n_H = \ominus \ldots$

mesmo sinal (sentido)

logo, usamos o satélite com velocidade menor

$\therefore$ $\boxed{n_G = +50 \text{ rpm}}$

Exercícios no modelo P2

Exercício 3.10)

Distinção das engrenagens:	$n_A = n_E$
Planetas: A, C	$n_E = \frac{25}{75} n_G \quad \therefore \quad n_E = \frac{n_G}{3}$
Satélite: B	
Braço: D	$n_C = 0$
Caminho: ABC	

número de	Caminho			Braço
rotações	A	B	C	D
arrastamento	n_D	n_D	n_D	n_D
relativa	$(n_A - n_D)$	$\square \frac{120}{60}(n_A - n_D)$	$\Delta \frac{60}{88}\left[\square \frac{120}{60}(n_A - n_D)\right]$	0
absoluta	n_A	n_B	n_C	n_D

$$n_C = \Delta\square \frac{15}{11}(n_A - n_D) + n_D \quad ; \quad n_A = n_E = \frac{n_G}{3}$$

$$n_C = \Delta\square \frac{15}{11}\left(\frac{n_G}{3} - n_D\right) + n_D \qquad \Delta\square = -$$

$$n_C = -\frac{5}{11} n_G + \frac{15}{11} n_D + n_D \quad \therefore \quad n_C = \frac{-5 n_G + 26 n_D}{11}$$

Sabendo que $n_C = 0$ $\therefore$ $\quad 0 = \frac{-5 n_G + 26 n_D}{11}$

$$\frac{n_G}{n_D} = \frac{26}{5} = 5{,}2$$

Exercício 3.12

Planetas: H, F	$n_A = n_D = +60$ rpm
Satélites: 6	$n_C = n_H = \frac{18 \times 24 \times 60}{24 \times 30} \therefore n_C = n_H = +36$ rpm
Braço: Engenagem helicoidal	
Caminho: H 6 F	$n_F = n_E = \frac{66}{30} \times 60 \therefore n_F = n_E = -132$ rpm

número de rotações	Caminho			Braço
	H	6	F	Br
arrastamento	n_{Br}	n_{Br}	n_{Br}	n_{Br}
relativo	$(n_H - n_{Br})$	$\square \frac{40}{44}(n_H - n_{BR})$	$\Delta \frac{44}{20}\left[\square \frac{40}{44}(n_H - n_{BR})\right]$	0
absoluto	n_H	n_6	n_F	n_{Br}

$n_F = \Delta\square 2(n_H - n_{BR}) + n_{BR}$; $\Delta\square = -1$

$-132 = -2(+36 - n_{BR}) + n_{BR}$

$-132 = -72 + 2n_{BR} + n_{BR}$ $\therefore$ $\boxed{n_{BR} = -20 \text{ rpm}}$

$n_6 = \square\,(10/11)(n_H - n_{BR}) + n_{BR}$

$n_6 = \square\ 10/11\ (+36 + 20) - 20$

Para $\begin{cases} \square = - \Rightarrow n_6 = 30,\overline{90} \text{ rpm} \\ \square = + \Rightarrow n_6 = -70,\overline{90} \text{ rpm} \end{cases}$

Max $(|n_H|, |n_F|) = ?$ máximo n entre os planetas: -132 rpm

Comparando sentido n_{BR} e n_F $\therefore$ Satélite deve ter a menor velocidade

$\therefore$ $\boxed{n_6 = 30,\overline{90} \text{ rpm}}$

Como calcular n_S?

Exercício 3.13

Planeta: G, F	$n_H = +700$ rpm
Satélite: DE	$n_G = n_C = \frac{120}{70} \cdot 700 \therefore n_G = n_C = -1200$ rpm
Braço: A	
Caminho: GDA	$n_F = -1800$ rpm

número de rotações	Caminho G	Caminho DE	Caminho F	Braço A
arrastamento	n_A	n_A	n_A	n_A
relativo	$(n_G - n_A)$	$\square \frac{100}{90}(n_G - n_A)$	$\frac{\Delta 60}{60}\left[\square \frac{100}{90}(n_G - n_A)\right]$	0
absoluto	n_G	n_D	n_F	n_A

$$n_F = \Delta\square \frac{10}{9}(n_G - n_A) + n_A$$

$$-1800 = \Delta\square \frac{10}{9}(-1200 - n_A) + n_A \quad ; \quad \Delta\square = -$$

$$-1800 = \frac{10}{9} \cdot 1200 - \frac{10}{9} n_A + n_A \therefore \boxed{n_A = 28200 \text{ rpm}}$$

$$n_D = \square\, {}^{10}/_{9}(n_G - n_A) + n_A$$

$$n_D = \square\, {}^{10}/_{9}(-1200 - 28200) + 28200$$

Para $\square = -1$, $n_D = 60\,866{,}\bar{6}$ rpm

$\square = +1$, $n_D = -4\,466{,}\bar{6}$ rpm

Número máximo de rotações dos planetários $|n_F| > |n_G|$

$\therefore n_F = \ominus \ldots$ e $n_A = \oplus \ldots$

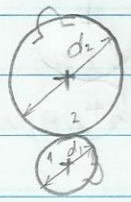
Portanto Satélite => maior velocidade

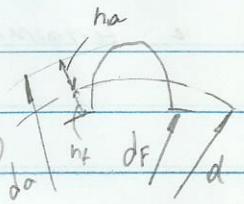
$$\boxed{n_D = 60\,866{,}\bar{6} \text{ rpm}}$$

$$n_B = \frac{40}{30} \times 28200 \quad \therefore \quad \boxed{n_B = 37600 \text{ rpm}}$$

Transmissão por engrenagens

Definição: Engrenagem é o par de rodas dentadas que transmitem movimento de rotação constante, sem escorregamento, por meio do contato das laterais dos dentes engrenados





d = Ø primitivo

d_f = Ø interno ou de pé (FUSS)

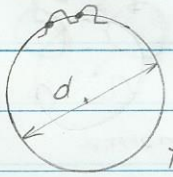
d_a = Ø externo (aussen)

h_a = altura da cabeça

h_f = altura do pé do dente

p: passo [mm]

z: nº de dentes



$\ell = \pi d$

$\ell = z p$

$\pi d = z p$

$\therefore d = \frac{z p}{\pi}$

Para rodas normais (sem correção)

$h_a = m$, $h_f = 1{,}25m$

h: altura do dente

$h = h_f + h_a = 2{,}25m$

m: módulo, em mm

$$d = \frac{p \cdot z}{\pi} = mz$$

$\frac{p}{\pi} = m$ (módulo) [mm] S.I.

$\frac{\pi}{p} = DP$ (diametral pitch) $\left[\frac{1}{pol}\right]$

$$\boxed{d = \frac{p \cdot z}{\pi} = mz = \frac{z}{DP}}$$

$m = 2m$	$m' = 2m$
$z_1 = 18$	$z_3 = 40$
$z_2 = 54$	$z_4 = 33$
$a = 72m$	$a = 73$

$$a' = \frac{m'(40+33)}{2} = 72$$

$$m' = 1{,}97\ mm$$

A ferramenta com $m = 1{,}57m$

Deve-se usar $m = 2mm$, aproximando a ferramenta v

$$a = \frac{m(z_1+z_2)}{2}$$

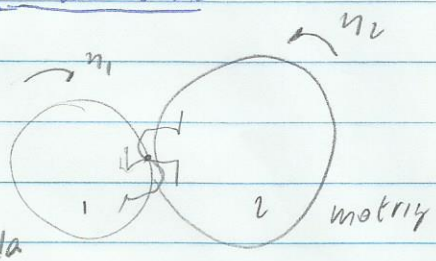
$v = xm$

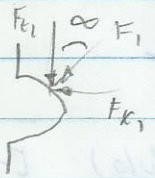
v: afastamento

normal

Evolvente é o lugar geométrico de um ponto de uma reta que rola sem escorregar sobre uma circunferência

Forças em ECDR





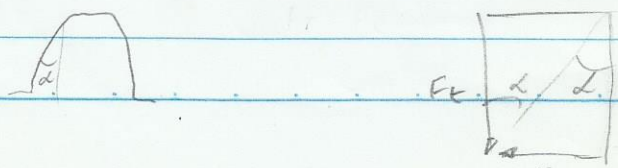
α: ângulo de pressão (em geral $\alpha = 20°$)

Pode ser também $\alpha = 14{,}5°$

$\alpha = 15°$

$\alpha = 45$

α é o ângulo da ferramenta de corte $\quad tg\,\alpha = \frac{F_r}{F_t} \Rightarrow F_r = F_t\, tg\,\alpha$

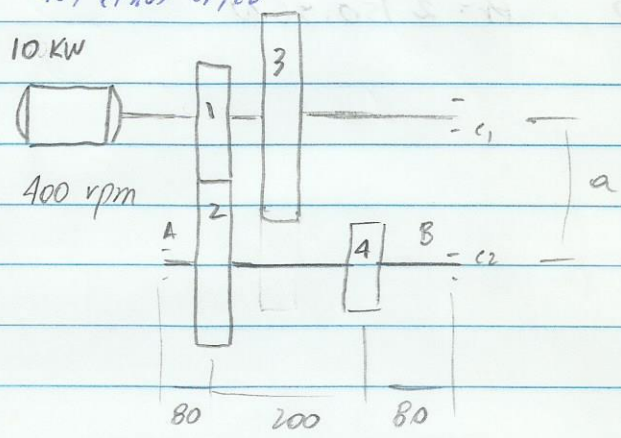


$$T = F_t \cdot \frac{d}{2}$$

Ex: Calcular

1) d_1, d_2, d_3, d_4
2) a
3) n_1, n_2, n_3, n_4
4) Torques de entrada e saída nos eixos e_1, e_2
5) Forças F_t e F_r em cada roda
6) Reações de apoio no eixo e_2

Dados: $z_1 = 20$ $z_2 = 50$ $z_3 = 40$ $\eta_{eng} = 95\%$ $m = 4mm$ $\alpha = 20°$ $\eta_{rol} = 99\%$ Sem correção



$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$a = \frac{m(z_1+z_2)}{2} \quad ; \quad d = \frac{mz}{\pi} = m_z$$

(1) $d_1 = 4 \times 20 = 80mm$ $d_2 = 200\ mm$ $d_3 = 160\ mm$ $d_4 = 120\ mm$

$$a = \frac{4(20+50)}{2} = \frac{4(40+z_4)}{2} \quad \therefore z_4 = 30$$

(2) $$a = \frac{4(20+50)}{2} = 140\ mm \quad \therefore \boxed{a = 140\ mm}$$

Lembrete:

$P = F.v = T.\omega$

$v = 2\pi f.R$

$[Hz] = \frac{[rpm]}{60}$

(3) $n_1 = n_3 = nm \quad \therefore \boxed{n_1 = n_3 = 400\ rpm}$

$$n_2 = n_1 \times \frac{d_1}{d_2} = 400 \times \frac{80}{200} \quad \therefore \boxed{n_2 = 160\ rpm}$$

$$n_4 = n_3 \frac{d_3}{d_4} = 400 \times \frac{160}{120} \quad \therefore \boxed{n_4 = 533,\bar{3}\ rpm}$$

(4) $P_1 = P_m \times \eta_{rol} = 10 \times 0,99 \quad \therefore \boxed{P_1 = 9,9\ KW}$

$$v = 2\pi \frac{n}{60} . R \rightarrow v_2' = 2\pi . \frac{160}{60} . 50.10^{-3} \quad \therefore v_2' = \frac{4\pi}{15}$$

$$v_2'' = 2\pi . \frac{533,\bar{3}}{60} \times 60.10^{-3} \quad \therefore v_2'' = \frac{16\pi}{15}$$

1 / 1

$P = T.w = F.v$

$\Leftrightarrow P = T.2\pi f$

$T_1 = \dfrac{9,9.10^3}{\frac{2\pi . 400}{60}} = 236,35\ Nm$ $\quad \therefore F_T = \dfrac{2T_1}{d_1} = \dfrac{2 \times 236,35}{80.10^{-3}}$

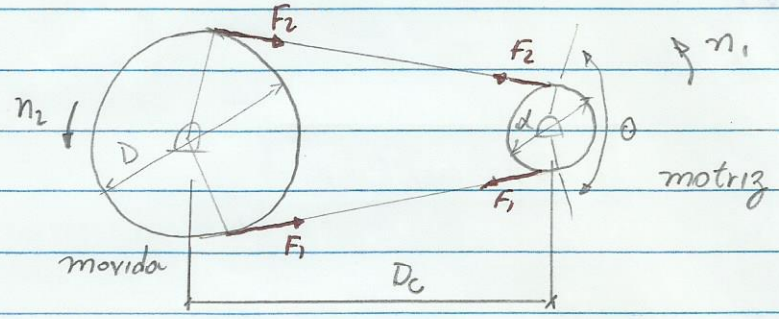
$\therefore F_T = 5\,908,63\ N$

$F_r = F_t \, tg(\alpha) = 5908,63\ tg\,20 \quad \therefore F_r = 2\,150,56\ N$.

Forças em correias (Cap 11)

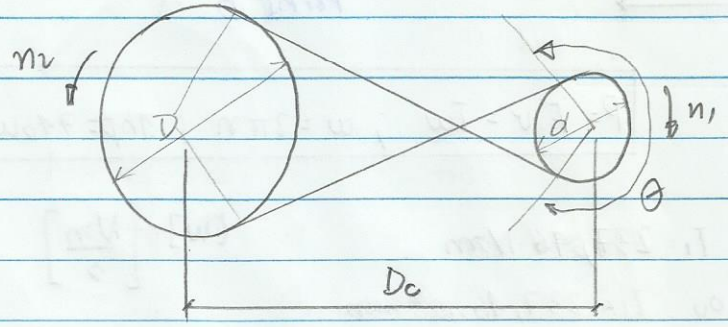
Transmissão aberta $\theta = \pi - \left(\frac{D-d}{D_c}\right)$

$$L = 2D_c + 1{,}57(D-d) + \frac{(D-d)^2}{4D_c}$$



Transmissão cruzada: $\theta = \pi + \left(\frac{D+d}{D_c}\right)$

$$L = 2D_c + 1{,}57(D+d) + \frac{(D+d)^2}{4D_c}$$



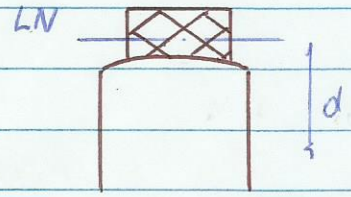
d e D = Ø primitivos (Pitch)

D_c = distância entre centros

θ = arco de contato entre polia menor e correias

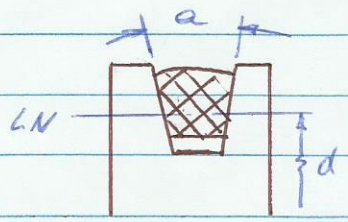
n_1 e n_2 = frequência de rotações

correia plana

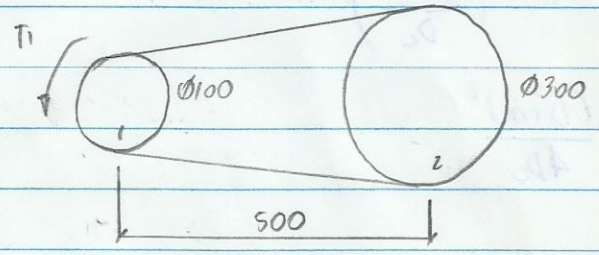


$a = 180°$

correia trapezoidal (em V)



Ex: Calcule as forças F_p e F_s, dados:



$P_1 = 20\ hp$

$n_1 = 600\ rpm$

$\mu = 0{,}25$

Perfil B

1- Calcular o Torque T_1

$$\boxed{P = F \cdot v = T\omega \ ; \ \omega = 2\pi n \ ; \ 1hp = 746w}$$

$$T_1 = \frac{20 \times 746}{2\pi \cdot \frac{600}{60}} \qquad T_1 = 237{,}46\ Nm \qquad [w] = \left[\frac{Nm}{s}\right]$$

ou $T_1 = 237{,}46 \cdot 10^3\ mm$

2- Calcular F_1

$$F_1 = \frac{2T_1}{d(1 - e^{-\mu\theta_c})} \ ; \quad \boxed{\theta_c = \frac{\theta}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \ ; \ \theta = \pi - \left(\frac{D-d}{D_0}\right)}$$

$$\theta = \pi - \left(\frac{300-100}{500}\right) \ : \ \theta = 2{,}74 \qquad \alpha\,(\text{Perfil A}, 300) = 38°$$

$$\theta_c = \frac{2,74}{\sin\left(\frac{38}{2}\right)} \quad \therefore \quad \theta_c = 8,42$$

$$F_1 = \frac{2 \times 237,46.10^3}{100\left(1 - e^{-0,25.8,42}\right)} \quad \therefore \quad F_1 = 5407,96\,N$$

3- Calcular F_2

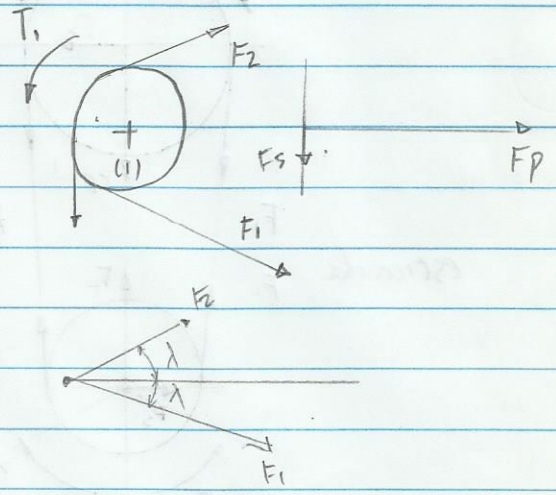
$$F_2 = \frac{2T_1}{d\left(e^{\mu\theta_c} - 1\right)} = \frac{2 \times 237,46.10^3}{100\left(e^{0,25.8,42} - 1\right)} \quad \therefore \quad F_2 = 658,78\,N$$

4- Calcular F_p e F_s

$$F_p = (F_1 + F_2)\cos\left(\frac{\pi - \theta}{2}\right) \qquad F_s = (F_1 - F_2)\sin\left(\frac{\pi - \theta}{2}\right)$$

$$F_p = (5407,96 + 658,78)\cos\left(\frac{\pi - 2,74}{2}\right) \quad \therefore \quad F_p = 5945,8\,N$$

$$F_s = (5407,96 - 658,78)\sin\left(\frac{\pi - 2,74}{2}\right) \quad \therefore \quad F_s = 943,52\,N$$



Motor Sentido oposto
Movido mesmo sentido
(do Força e Torque)

$$\theta + 2\lambda = \pi$$

$$\lambda = \frac{\pi - \theta}{2}$$

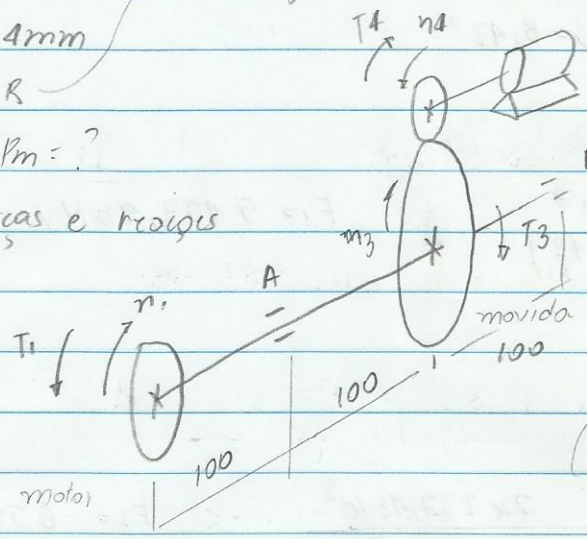
▷ Engrenagem Cilíndrica de dentes retos

$Z_4 = 18$ $m = 4mm$

$Z_3 = 50$ ECDR

F_{T3}, F_{R3}, P_m = ?

Desenhe as forças e reações em A e B



(Entregar próxima aula)

(Resolvido e Entregue)

3.3 Exemplo:

Potência dimensionada 46 cv

engrenagens: $m = 10\,mm$ $\alpha = 20°$

polias: $\mu = 0.32$ e $a = 33°$

▷ alumínio

a) diagrama de esforços para o eixo

b) diagramas de torque e de momento fletor

c) Momento resultante e torque em A e B

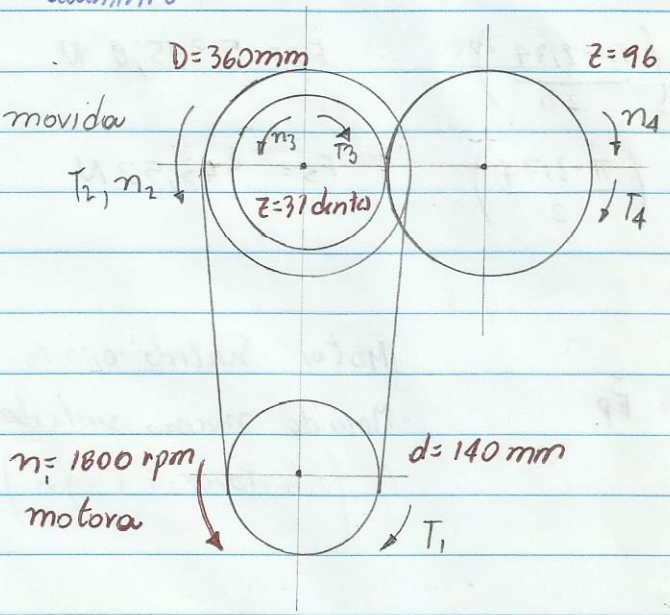
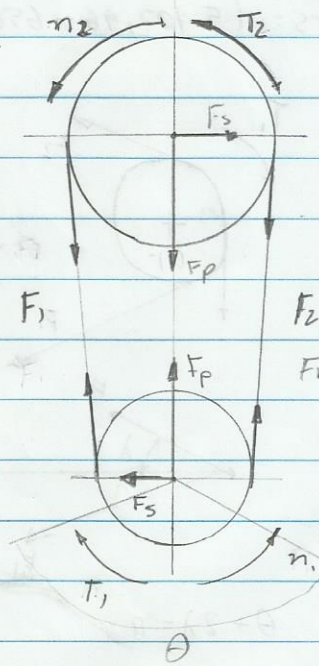


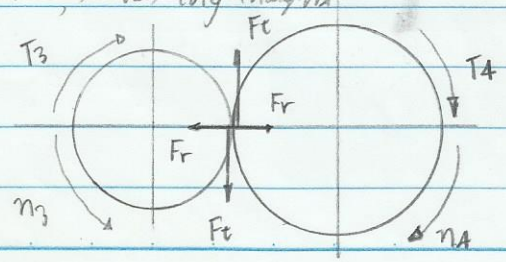
Diagrama de esforços



estica da

Frouxa

Esforços nas engrenagens



$180 - \pi$
$a - x$

/ /

- Determinar D_c (Distância entre Centros)

Como D_c não é conhecido, temos: $D_c = \frac{3d+D}{2}$

$D_c = \frac{3d+D}{2} = \frac{3 \times 140 + 360}{2} \therefore D_c = 390\ mm$

- θ (Ângulo de abraçamento) $\theta = \pi - \frac{D-d}{D_c}$

$\theta = \pi - \left(\frac{360-140}{390}\right) \therefore \theta = 2{,}577\ rad$

- Ângulo de abraçamento corrigido (θ_c) e Torque T_1

$\theta_c = \frac{\theta}{\sin\left(\frac{a}{2}\right)} = \frac{2{,}577}{\sin\left(\frac{33 \times \pi}{180 \times 2}\right)} \quad \theta_c = 9{,}075\ rad$

$P_1 = 2\pi n . T_1 \quad T_1 = \frac{P_1}{2\pi n_1} = \frac{46 \times 735}{2\pi \frac{1800}{60}} \therefore T_1 = 179{,}368\ Nm$

- Esforços nas correias e no eixo

$F_1 = \frac{2T_1}{d(1 - e^{-\mu\theta_c})} = \frac{2 \times 179{,}368}{140.10^{-3}(1 - e^{-0{,}32 \times 9{,}075})}$ $\boxed{F_1 = 2\,710{,}956\ N}$

$F_2 = \frac{2T_1}{d(e^{+\mu\theta_c} - 1)} = \frac{2 \times 179{,}368}{140.10^{-3}(e^{0{,}32 \times 9{,}075} - 1)} \therefore$ $\boxed{F_2 = 148{,}562\ N}$

$F_p = (F_1 + F_2)\cos\left(\frac{\pi-\theta}{2}\right) = (2710{,}956 + 148{,}562)\cos\left(\frac{\pi - 2{,}577}{2}\right) \therefore \boxed{F_p = 2746{,}9}$

$F_s = (F_1 - F_2)\sin\left(\frac{\pi-\theta}{2}\right) = (2710{,}956 - 148{,}562)\sin\left(\frac{\pi - 2{,}577}{2}\right) \therefore \boxed{F_s = 713{,}18\ N}$

- Esforços nas engrenagens

$F_T = \frac{2T_3}{d_3} = \frac{2T_4}{d_4}$ Lembrando que $i = \frac{D}{d} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{n_1}{n_2}$; $i \geq 1,0$

$\Rightarrow \frac{d_2}{d_1} = \frac{T_2}{T_1}$; $T_1 = 179,368$ Nm $\therefore$ $T_2 = T_1 \cdot \frac{d_2}{d_1}$ $\therefore$ $T_2 = 461,231$ Nm

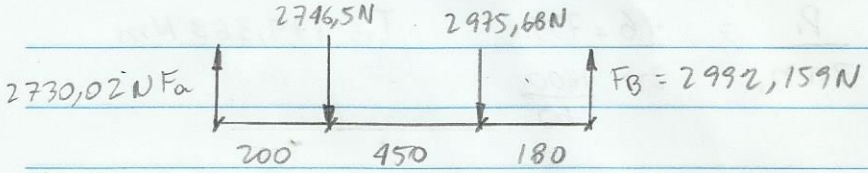
"A somatória dos torques no eixo é zero"

$\Sigma T = 0$ $\quad T_2 - T_3 = 0$ $\therefore$ $T_3 = T_2 = 461,231$ Nm

$F_T = \frac{2 \times 461,231}{10 \times 31 \times 10^{-3}}$ $\therefore$ $\boxed{F_T = 2975,68\ N}$

$F_r = F_c \cdot tg(\alpha) = 2975,68\ tg(20)$ $\therefore$ $\boxed{F_r = 1083,06\ N}$

Plano Vertical (F_p e F_T)

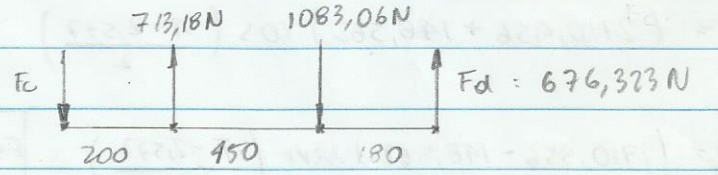


$\Sigma F = 0$ $\Rightarrow$ $F_a + F_b = 2746,5 + 2975,68$ $\Rightarrow$ $F_a + F_b = 5722,18\ N$

$\Sigma M_a = 0$ $\quad 0,83\ F_b - 0,2 \times 2746,5 - 0,65 \times 2975,68 = 0$

$\therefore$ $F_b = 2992,159\ N$ e $F_a = 2730,02\ N$

Plano Horizontal (F_s e F_r)



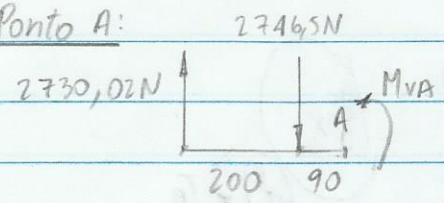
$\Sigma F = 0$ $\Rightarrow$ $F_d - F_c = -713,18 + 1083,06$ $\therefore$ $F_d - F_c = +369,88\ N$

$\Sigma M_c = 0$ $\Rightarrow$ $0,83\ F_d + 0,2 \times 713,18 - 0,65 \times 1083,06 = 0$

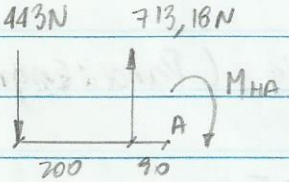
$F_d = 676,323\ N$ e $F_c = 306,443\ N$

- Momento resultante e torque nas seções A e B.

Ponto A:



(Plano Vertical)



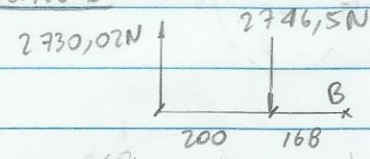
(Plano Horizontal)

$M_{VA} =$

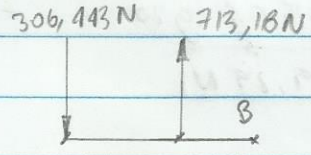
$M_{HA} =$

$M_A = \sqrt{M_{VA}^2 + M_{HA}^2} =$

Ponto B



(Plano Vertical)



(Plano Horizontal)

$M_{VB} =$

$M_{HB} =$

$M_B = \sqrt{M_{VB}^2 + M_{HB}^2} =$

Pg. 11.34 - Ex. 1 Calcular esforços na engrenagem

T = 400 Nm (Para Engrenagem B)

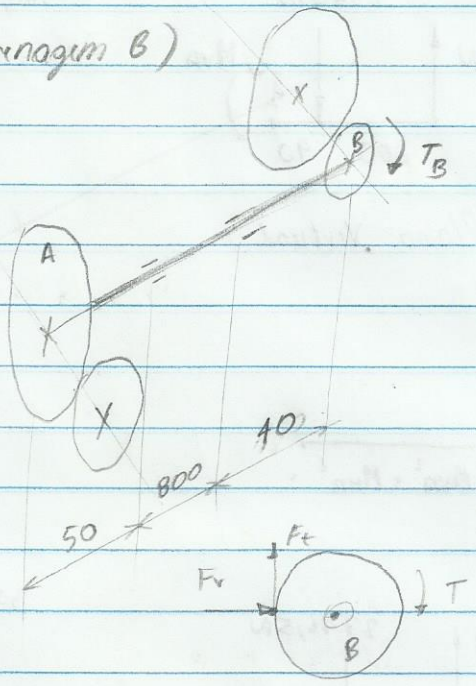
$F_T = \frac{2T_i}{d_i} \Rightarrow F_T = \frac{2T_B}{m z_B}$

$\therefore F_T = \frac{2 \times 400}{7 \times 19.10^{-3}} \therefore \boxed{F_T = 6015,04\ N}$

"A Somatória dos momentos no eixo é zero" $\therefore T_A = T_B$

$F_r = F_t \cdot tg(\alpha) = 6015,04\ tg\ 20$

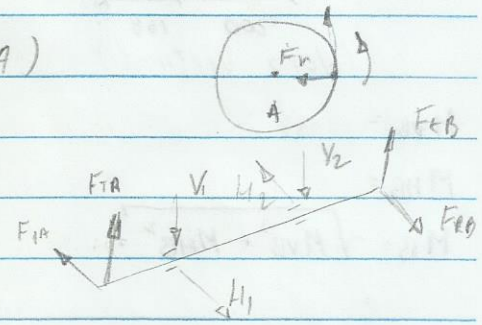
$\therefore \boxed{F_r = 2189,29\ N}$



(Para engrenagem A)

$F_T = \frac{2 \times 400}{6 \times 112.10^{-3}} \therefore \boxed{F_T = 1190,48\ N}$

$F_r = 1190,48\ tg\ 20 \therefore \boxed{F_r = 433,3\ N}$



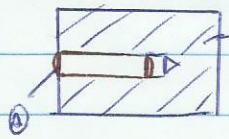
Pinos e Cavilhas - Cap 6

Pinos são fixados com ajuste deslizante (folga)

Cavilhas são fixados com ajuste forçado (interferência)

Exemplo

Determine as tensões admissíveis



peça ferro fundido F°F°

(A) de aço, classe 5.6

carga II

Pags de consulta

(6.5
5.12)

1 / 1

1) A é pino	2) A é cavilha lisa	3) A é cavilha entalhada
σ_{Fadm} = 96 MPa	σ_{Fadm} = 80 MPa	σ_{Fadm} = 68 MPa
τ_{adm} = 52 MPa	τ_{adm} = 52 MPa	τ_{adm} = 44 MPa
p_{adm} = 16 MPa	p_{adm} = 52 MPa	p_{adm} = 34 MPa

Dimensões d = 2 mm (A)

1) Pino (Pag 6.4) ou 2) Cavilha lisa (cilíndrica)

d = 2 mm

l = 5 a 25 mm (5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25)

Caso l = 10 mm → d = 0,8 a 4 mm

3) Cavilha entalhada DIN 1475

d = 2 mm → l = 6 a 30 mm

l = 10 mm → d = 4,5 a 4 mm

4) Cavilha DIN (Cavilha cônica) (Pag 6.3)

— " —

Ex. 6.1 (Etem 6) Qual o diâmetro de uma cavilha lisa transversal 6 6?

T = 45 Nm

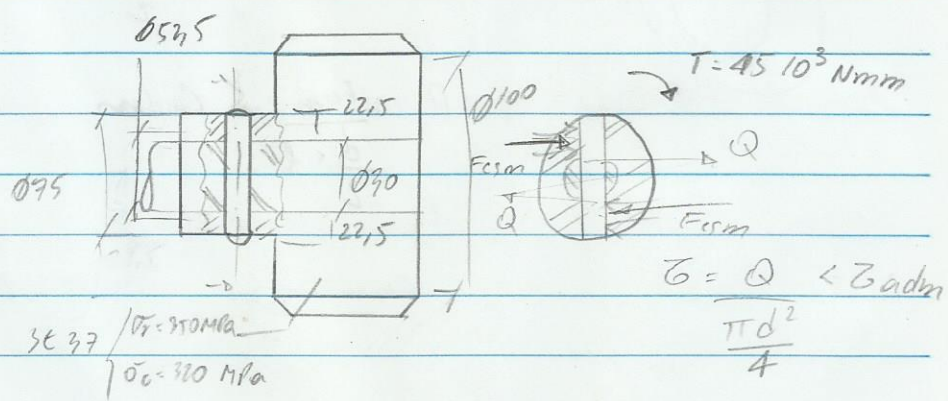
eixo Aço St 50

cubo Aço St 37

choques leves

carga II

$\sigma_{e\,cubo}$ = 320 MPa



$\tau = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}} < \tau_{adm}$

$T = Q \times \frac{30}{2} + Q \times \frac{30}{2} = 30Q$

$45.000 = Q\,30$

$\therefore Q = 1500N$

$\frac{1500}{\frac{\pi d^2}{4}} < 64 \quad \therefore d \geq 5,46\,mm$

Esmagamento "cavilha"

$$p = \frac{F}{A_{proj}} \leq p_{adm}$$

$h = 22,5$

$$T = F_{esm} \times \frac{52,5}{2} + F_{esm} \cdot \frac{52,5}{2} \cdot F_{esm} \cdot 52,5$$

$T = 45.10^3$ Nmm $\quad \therefore F_{esm} = 857,14$ N

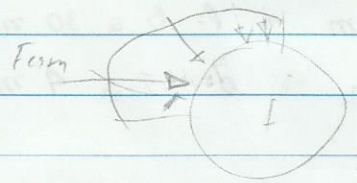
$$\frac{857,14}{22,5d} \leq 72 \quad \therefore d \geq 0,53 \text{ mm}$$

$\therefore d_n = 6$ mm $\quad l = 75$ mm

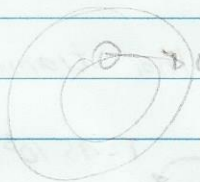
Item 2)

$$\tau = \frac{Q}{dl} \leq \tau_{adm}$$

$$T = Q\frac{30}{2}$$



Admite F_{esm} passando no meio da cavilha



$Q = F_{esm}$

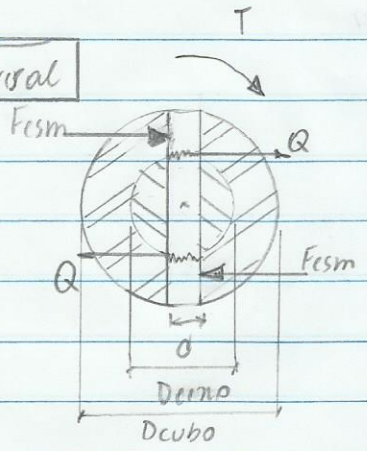
$$T = F_{esm}\frac{30}{2} \Rightarrow T = 15F_{esm}$$

$$p = \frac{F_{esm}}{\frac{d \cdot l}{2}} \leq p_{adm}$$

Exercício 6.2

(Resumo)

Transversal



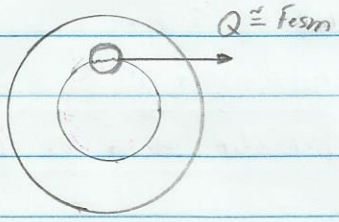
Analisando pela força de cisalhamento

$$\tau = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}} < \tau adm \qquad T = Q \cdot \frac{Dcino}{2} + Q \cdot \frac{Dcino}{2}$$

Analisando pela força de esmagamento

$$p = \frac{F}{Aproj} < padm \Rightarrow p = \frac{Fesm}{\left(\frac{Dcubo - Dcino}{2}\right) \times d} \qquad T = \left[Fesm \times \left(\frac{Dcubo + Dcino}{4}\right)\right] \times 2$$

Longitudinal



Critério de cisalhamento

$$\tau = \frac{Q}{dL} < \tau adm$$

Critério de esmagamento

$$p = \frac{Q}{\frac{d}{2} L} < padm$$

Dados: Cavilhas DIN 1474
Classe 10.9
carga II

Roda	Caminhão
padm = 52 MPa	padm = 70 MPa
τadm = 60 MPa	

- Critério de cisalhamento

$$\tau = \frac{12.10^3 \times 0,25}{\frac{\pi d^2}{4}} < 60 \quad \therefore \boxed{d \geq 7,98 \text{ mm}} \text{ (cavilha)}$$

DIN 1474
Pino e Cavilha

$$\tau = \frac{12.10^3 \times 0,25}{\frac{\pi d^2}{4}} < 74 \quad \therefore \boxed{d \geq 7,18 \text{ mm}} \text{ (pino)}$$

· Critério de esmagamento

(Roda) $p = \frac{12 \cdot 10^3 \cdot 0,015}{20\,d} < 24 \quad \therefore d > 6,25\ mm$

(Catraca)

$$p_F = \frac{12 \times 10^3 \times 0,25}{30\,d} = \frac{100}{d}$$

Exercícios de Revisão Pré-Prova

Exercício (3.14)

- Satélite são os móveis
- Planetas são os fixos

abs = relativo + arrast

Satélite	G	S
Planeta	F, H	R, T
Braço	R	E
Caminho	FGH	RST

numero de rotações	CAMINHO F	G	H	Braço R
arrastamento	n_R	n_R	n_R	n_R
relativo	$(n_F - n_R)$	$\Delta (n_F - n_R)$	$\Delta\Delta (n_F - n_R)$	0
absoluto	n_F ✓	n_G	n_H	n_R

numero de rotações	CAMINHO R	S	T	Braço E
arrastamento	n_E	n_E	n_E	n_E
relativo	$(n_R - n_E)$	$\star (n_R - n_E)$	$\star\square (n_R - n_E)$	0
absoluto	n_R	n_S	n_T	n_E ✓

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \qquad n_B = n_C \frac{z_C}{z_B} \quad \therefore \quad n_B = -100 \times \frac{18}{17} \quad \therefore \quad n_B = -105,88 \text{ rpm}$$

$$n_A = n_B \times \frac{z_B}{z_A} \quad \therefore \quad n_A = +105,88 \cdot \frac{17}{36} \quad \therefore \quad n_A = +50 \text{ rpm} \; ; \; n_E = n_A$$

$$n_C = n_D \quad \therefore \quad n_E = n_D \times \frac{z_D}{z_E} = -100 \times \frac{35}{105} \quad \therefore \quad n_E = -33,\bar{3} \text{ rpm}$$

Caminho FGH

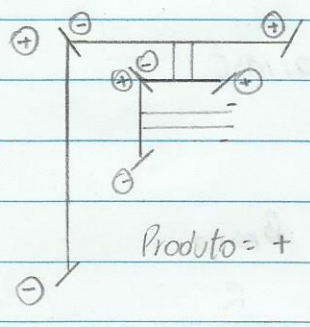
$n_G = \Delta (n_F - n_R) + n_R)$ $\qquad$ $n_H = \Delta\Delta (n_F - n_R) + n_R$

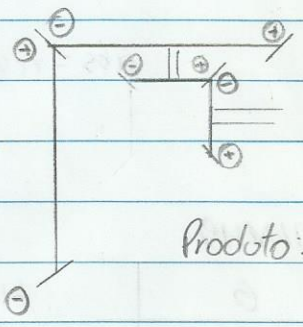
$n_G = \Delta (+50 - n_R) + n_R$ $\qquad$ $n_H = \Delta\Delta (+50 - n_R) + n_R$

Caminho RST

$n_S = \bigstar (n_R - n_E) + n_E$ $\quad$ $n_T = \bigstar \square (n_R - n_E) + n_E$

$n_S = \bigstar (n_R + 33,\bar{3}) - 33,\bar{3}$ $\quad$ $n_T = \bigstar \square (n_R + 33,\bar{3}) - 33,\bar{3}$





Portanto:

$n_H = \Delta O (+50 - n_R) + n_R$; $\Delta O = -$

$n_H = -(50 - n_R) + n_R$

$n_H = -50 + 2n_R$

$n_T = \bigstar \square (n_R + 33,\bar{3}) - 33,\bar{3}$; $\bigstar \square = -$

$n_T = -(n_R + 33,\bar{3}) + 33,\bar{3}$

$n_T = -n_R - 66,\bar{6}$

$n_T = n_H$

$-n_R - 66,\bar{6} = -50 + 2n_R$

$\therefore \boxed{n_R = -5,\bar{5} \text{ rpm}}$

$n_T = n_H = -50 + 2 \times (-5,\bar{5})$

$\therefore \boxed{n_T = n_H = -61,\bar{1} \text{ rpm}}$

$n_G = \Delta (+50 - n_R) + n_R$

Para $\Delta = -$: $n_G = -(+50 + 5,\bar{5}) + (-5,\bar{5}) \Rightarrow n_G = -61,1$ rpm

$\Delta = +$: $n_G = +(+50 + 5,\bar{5}) + (+5,\bar{5}) \Rightarrow n_G = 50$ rpm

Qual o planeta que gira mais rápido $|n_F|$ ou $|n_H| \Rightarrow n_H$

Comparano n_{bloco} com $n_{planeta}$

⊖ e ⊖ (Mesmo sentido) $\therefore n_G = +50$ rpm

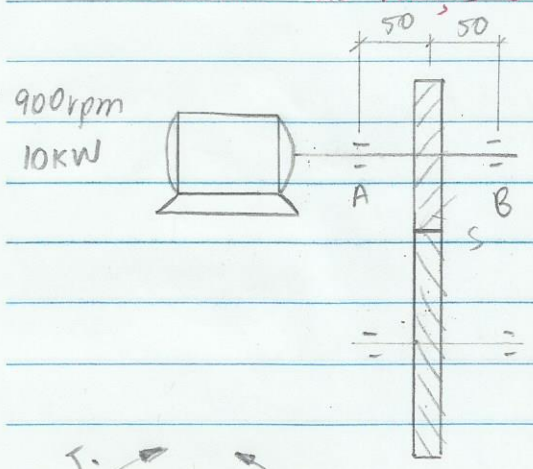
$n_S = \bigstar (n_R - n_E) + n_E$ $\quad$ $Max(|n_R|, |n_T|) = n_T = -61,1$

$n_S = \bigstar (n_R + 33,\bar{3}) - 33,\bar{3}$ $\quad$ ⊖ e ⊖ $\quad$ $n_S = -5,5$ rpm

Para $\bigstar = -$: $n_S = -61,1$ rpm

$\bigstar = +$: $n_S = -5,5$ rpm

Determine as reações de apoio em A e B



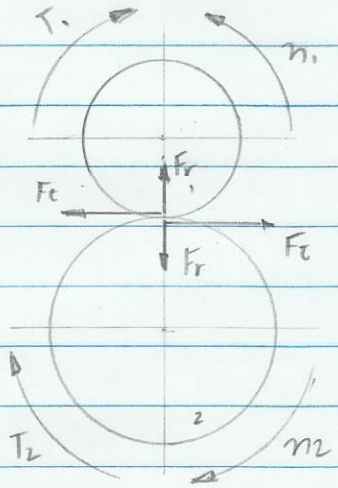
S = ECDH com $\alpha = 20°$ $\beta = 15°$

$m_n = 2mm$ $z = 20$ dentes

$P = T.\omega \Rightarrow T = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2\pi f}$

$P = F.v$

$T = \frac{10.10^3}{2\pi \frac{900}{60}} \therefore T = 106,1\ Nm$



$F_t = \frac{P}{v} = \frac{T}{\frac{d}{2}} \therefore F_t = \frac{2T}{d}$

$d = \frac{mz}{\cos\beta}$ $F_r = F_t \frac{tg\alpha}{\cos\beta}$ $F_a = F_t tg\beta$