GIOVANNI BUSETTI 880887

1

Voto ADAMS: 4 conseguito nell'anno 2019/2020.

ESERCIZIO 2

$w=8 \to z_1 = 22+2\cdot 8 = 38$ $\quad z_1' = 20+3\cdot 8 = 44$ $\quad z_1'' = 30+2{,}5\cdot 8 = 50$

$z_2 = 20+8 = 28$ $\quad z_2' = 26-8 = 18$ $\quad z_2'' = 17+w/2 = 21$

$z_3 = z_1+2z_2 = 94$ $\quad z_3' = z_1'+2z_2' = 80$ $\quad z_3'' = z_1''+2z_2'' = 92$

Formula di Willis per rotismi epicicloidali: $\tau_0 = \dfrac{\omega_3-\omega_p}{\omega_1-\omega_p} = \dfrac{\omega_3}{\omega_1} = -\dfrac{z_1}{z_3}$, allora

$\tau_0 = -\dfrac{z_1}{z_3} = -\dfrac{38}{94} = -0{,}40$; $\tau_0' = -\dfrac{z_1'}{z_3'} = -\dfrac{44}{80} = -0{,}55$; $\tau_0'' = -\dfrac{z_1''}{z_3''} = -\dfrac{50}{92} = -0{,}54$

Dalla figura vale che $\begin{cases} \omega_p = \omega_1' \\ \omega_3' = \omega_1'' \\ \omega_p' = \omega_p'' \end{cases}$

Azionando I_1 si ha $\omega_p = \omega_1$, allora da $\tau_0 = \dfrac{\omega_3-\omega_p}{\omega_1-\omega_p}$ $\quad \underbrace{(\omega_1-\omega_p)}_{=0}\tau_0 \Rightarrow \underbrace{\omega_3-\omega_p}_{=0}$

deve essere $\omega_3 = \omega_p\ (=\omega_1)$.

Azionando I_2 si ha $\omega_3' = \omega_1'$, allora da $\tau_0' = \underbrace{\dfrac{\omega_3'-\omega_p'}{\omega_1'-\omega_p'}}_{=1}$ $\quad (\omega_1'-\omega_p')\underbrace{\tau_0'}_{\neq 1} = \omega_3'-\omega_p'$

deve essere $\omega_3' = \omega_1' = \omega_p'\ (=\omega_p'' = \omega_p)$.

Azionando F_A si ha $\omega_1 = 0$ allora da $\tau_0 = \dfrac{\omega_3-\omega_p}{\cancel{\omega_1}-\omega_p}$ $\quad -\omega_p\tau_0 = \omega_3-\omega_p$

$\omega_p(1-\tau_0) = \omega_3$

Quindi, azionando I_1 e I_2, $\tau = \dfrac{\Omega_u}{\Omega_e} = \dfrac{\omega_p'}{\omega_3} = \dfrac{\omega_p}{\omega_p} = 1$ ovvero presa diretta.

Noto da I_2 e dalla figura

Noto Da I_1

Quindi, azionando F_A e F_C, si ha

$\tau = \dfrac{\Omega_u}{\Omega_e} = \dfrac{\omega_p''}{\omega_3}$ $\quad \begin{cases} \omega_3 = \omega_p(1-\tau_0) & \text{dal freno A} \\ \omega_p = \omega_1' & \\ \omega_3' = \omega_1'' & \text{dalla figura} \\ \omega_p' = \omega_p'' = \Omega_u & \\ \omega_3'' = 0 & \text{dal freno C} \end{cases}$

$\begin{cases} \tau_0'' = \dfrac{\cancel{\omega_3''}-\omega_p''}{\omega_1''-\omega_p''} = \dfrac{-\Omega_u}{\omega_3'-\Omega_u} \to \omega_3'\tau_0'' - \Omega_u\tau_0'' = -\Omega_u \to \omega_3' = \dfrac{\Omega_u(\tau_0''-1)}{\tau_0''} \\ \tau_0' = \dfrac{\omega_3'-\omega_p'}{\omega_1'-\omega_p'} = \dfrac{\omega_3'-\Omega_u}{\omega_p-\Omega_u} \to \omega_p\tau_0' - \Omega_u\tau_0' = \omega_3'-\Omega_u \to \omega_p\tau_0' + \Omega_u(1-\tau_0') = \omega_3' \\ \omega_p = \dfrac{\omega_3}{1-\tau_0} = \dfrac{\Omega_e}{1-\tau_0} \end{cases}$

$\left(\dfrac{\Omega_e}{1-\tau_0}\right)\tau_0' + \Omega_u(1-\tau_0') = \omega_3'$. Confrontando,

$\Omega_u\dfrac{(\tau_0''-1)}{\tau_0''} = \dfrac{\Omega_e}{1-\tau_0}\tau_0' + \Omega_u(1-\tau_0') \to \Omega_u\left[\dfrac{\tau_0''-1}{\tau_0''} - 1 + \tau_0'\right] = \Omega_e\dfrac{\tau_0'}{1-\tau_0} \to$

$\dfrac{\Omega_u}{\Omega_e} = \dfrac{\dfrac{\tau_0'}{1-\tau_0}}{\dfrac{\tau_0''-1}{\tau_0''} - 1 + \tau_0'} = \dfrac{\dfrac{-0{,}55}{1+0{,}4}}{\dfrac{-1{,}54}{-0{,}54} - 1 - 0{,}55} = \tau = -0{,}30$ Retromarcia

GIOVANNI BUSETTI 880887

2

$w = 15 = 8+7$

$z = 250\ \text{cm}/\text{h} =$

$i_{rid} = \frac{\omega_m}{\omega_c} = 180 + 2\cdot 15 = 210$

$J_{rid} = 0.0005\ \text{kgm}^2$

$\eta_{rid} = 0.92$

$J_T = 1 + \frac{15}{10} = 2{,}5\ \text{kgm}^2$

$\tau = \frac{v_{fune}}{\omega_{motore}} = \frac{\omega_c \cdot r}{\omega_m} = \frac{r}{i_{rid}} = \frac{100 + 10\cdot 15}{210} = 1{,}2\ \text{mm} = 0{,}0012\ \text{m}$

Peso del carico $= m\cdot g = [2500 + 100\cdot 15]\cdot g = 39240$ N

Coppia resistente in salita $C_{rs} = \frac{mg\,\tau}{\eta_{rid}} = 51{,}2\ \text{Nm}$

in discesa (moto retrogrado) $C_{rD} = -mg\,\tau\,\eta_{rid} = -43{,}3$

Scelta del motore in base alla coppia: si considera C_{rs} perché $|C_{rs}| > |C_{rD}|$

$C_{mn} \geq \frac{|C_{rs}|}{K_a \cdot K_T}$ dove $K_a = 0.92$ (2000m s.l.m.), $K_T = 1$ (40°C), $C_{mn} \geq \frac{51{,}2\ \text{Nm}}{0{,}92} = 55{,}65\ \text{Nm}$

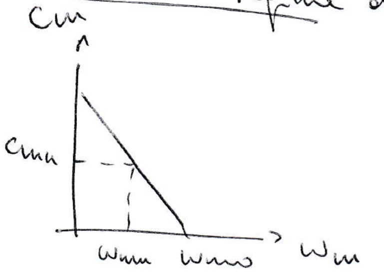
Si sceglie il motore $P_n = 10\ \text{kW} = 10000\ \text{W}$, $C_{mn} = 65\ \text{Nm}$

$\omega_{mn} = 1468\ \text{rpm}$, $\omega_{mn} = \frac{2\pi n_{mn}}{60} = 153{,}7/\text{s}$ $\left(\omega_{mo} = \frac{2\pi\,1500}{60} = 157/\text{s}\right)$

$C_{mav} = 0{,}85\cdot 3\cdot C_{mn} = 166\ \text{Nm}$

$J_m = 0.003\cdot 10 + 0.00013\cdot 100 = 0{,}043\ \text{kgm}^2$

Velocità di regime del carico



nel tratto finale della caratteristica del motore, il funzionamento si può supporre lineare come da grafico. Allora a regime $C_{mR} = C_{RS,D}$

$$\frac{C_{mn}}{\omega_{mo} - \omega_{mn}}(\omega_{mo} - \omega_{mR}) = C_R$$

$$19{,}7(\omega_{mo} - \omega_{mR}) = C_R \qquad \frac{19{,}7\,\omega_{mo} - C_R}{19{,}7} = \omega_{mR}$$

$\omega_{mR_S} = 154{,}4/\text{s} \rightarrow \omega_{cs} = \frac{\omega_{mRS}}{i_{rid}} = 0{,}735/\text{s}$

$\omega_{mR_D} = 159{,}2/\text{s} \rightarrow \omega_{cD} = \frac{\omega_{mRD}}{i_{rid}} = 0{,}758/\text{s}$

$v_{RS} = \omega_{cs}\cdot\tau = 0{,}735\cdot 0{,}0012 = 8{,}82\cdot 10^{-4}\ \text{m/s}$

$v_{RD} = \omega_{cD}\cdot\tau = 0{,}758\cdot 0{,}0012 = 9\cdot 10^{-4}\ \text{m/s}$

Tempo di avviamento: Inerzie ridotte al motore: $J_{TOTS} = J_m + J_{rid} + \frac{m\tau^2}{\eta_{rid}} + \frac{J_T}{i_{rid}^2\,\eta_{rid}}$

$J_{TOTD} = J_m + J_{rid} + m\cdot\tau^2\cdot\eta_{rid} + \frac{J_T\,\eta_{rid}}{i^2_{rid}}$

allora $J_{TOTS} = 0{,}105\ \text{kgm}^2$

$J_{TOTD} = 0{,}096\ \text{kgm}^2$

Dalla legge di moto, $C_m - C_r = J_{TOT}\cdot\dot{\omega}_m$ allora

$t_{av} \approx \frac{J_{TOTS,D}\cdot\omega_{mRS,D}}{C_{mav} - C_{RS,D}}$ da cui:

in salita $t_{avS} \approx \frac{0{,}105\cdot 154{,}4}{166 - 51{,}2} = 0{,}141\ \text{s}$

$t_{avD} \approx \frac{0.096\cdot 159{,}2}{166 \ldots} = 0{,}073\ \text{s}$

GIOVANNI BUSETTI 880887

Scelta del freno: dalla legge di moto: $-C_f - C_{rS,D} = J_{TOT S,D} \cdot \dot{\omega}_m$

$$\dot{\omega}_m = -\left(\frac{C_f + C_{rS,D}}{J_{TOT S,D}}\right)$$ deve essere <0

si adopera C_{rD} per verificare la condizione (con C_{RS}, $\dot{\omega}_m<0$ sempre in frenata).

$C_f > |C_{rD}| = 43,3\,Nm$. Dalla scelta del motore si ha $C_{mn} = 65\,Nm$, si sceglie freno con 2 molle tale che $C_f = C_{mn} = 65\,Nm$

Durante la frenata,
$$\begin{cases} \dot{\omega}_{mS} = -\left(\frac{C_f + C_{RS}}{J_{TOT S}}\right) = -\frac{65+51,2}{0,105} = -1106/s^2 \\ \dot{\omega}_{mD} = -\left(\frac{C_f + C_{RD}}{J_{TOT D}}\right) = -\frac{65-43,3}{0,096} = -226/s^2 \end{cases}$$

Dalla cinematica, $\dot{\omega} = \frac{a}{\tau}$ allora la decelerazione vale

$$\begin{cases} a_{fS} = \dot{\omega}_S \cdot \tau = -1106 \cdot 0,0012 = -1,3\,m/s^2 \\ a_{fD} = \dot{\omega}_D \cdot \tau = -226 \cdot 0,0012 = -0,27\,m/s^2 \end{cases}$$
→ entrambi $\ll g = 9,81\,m/s^2$ allora la fune rimane tesa durante la frenata

Dalla cinematica,
$$\begin{cases} \cancel{x(t) = v(t)t} = \cancel{v(t)t} \\ V_0 = V_{Regime} \text{ per } t=0 \\ x(t) = \frac{at^2}{2} + V_0 t + \cancel{x_0} = \frac{at^2}{2} + V_R \cdot t \\ V(t) = a \cdot t + V_0 = a(t) \cdot t + V_R \end{cases}$$

$V = at + V_0$

Tempo di frenata: $0(t) = a \cdot t_f + V_R \Rightarrow t_{fS,D} = -\frac{V_{RS,D}}{a_{fS,D}}$

→ $t_{fS} = \frac{-8,82 \cdot 10^{-4}}{-1,3} = 6,7 \cdot 10^{-4}$ secondi

→ $t_{fD} = \frac{-9 \cdot 10^{-4}}{-0,27} = 3,3 \cdot 10^{-3}$ secondi

Spazio di frenata: $x(t) = \frac{a t_f^2}{2} + V_R \cdot t_f$

$$= \frac{a_f \cdot V_R^2}{2 a_f^2} + V_R\left(\frac{-V_R}{a_f}\right) = \frac{V_R^2}{2a_f} - \frac{V_R^2}{a_f} = -\frac{V_R^2}{2a_f}$$

$$\begin{cases} x(t)_{fS} = \frac{-V_{RS}^2}{2a_{fS}} \simeq 0\,m \quad (6 \cdot 10^{-7}\,m) \\ x(t)_{fD} = \frac{-V_{RD}^2}{2a_{fD}} \simeq 0\,m \quad (4 \cdot 10^{-9}\,m) \end{cases}$$

Freq avviamento: $z = 250$ avv/h

$$z_{max} = z_0 \frac{C_{mow} - C_{rS,D}}{C_{mow}} \cdot \frac{J_m}{J_m + J_{est}} = \begin{cases} z_{max\,S} = 353,16 > z \text{ verificato} \\ z_{max\,D} = 704 > z \text{ verificato} \end{cases}$$

con $z_0 = 1247$ avv/h

$$L_{frenata} = \int_0^t C_f \cdot \omega_f\, dt = \int_0^t C_f \cdot \frac{v_{fune}}{\tau}\, dt = \frac{C_f}{\tau} \cdot x_f$$ → $L_{frenata\,S} = \frac{C_{fS}}{\tau} \cdot x_{fS} \sim 0$

$L_{frenata\,D}$ trascurabile

con $u = \frac{W_{f1}}{W_f}$, n. frenate tra due registrazioni successive $= S_r \cdot u$

" per la sostituzione $= S_{max} \cdot u$

Con questi dati, $u \to \infty$

GIOVANNI BUSETTI 880887

Accelerazione durante la partenza

$-(C_m - C_r) = J_{TOT} \cdot \dot{\omega}_m$ durante la partenza, $C_m = 0$ e $\omega_m = 0$ (supponendo no inerzie e frizioni)

$$+\dot{\omega}_{m\,S,D} = -\left(\frac{C_{m\,S,D} - C_{r\,S,D}}{J_{TOT\,S,D}}\right) = +\frac{C_{r\,S,D}}{J_{TOT\,S,D}}$$

$$a = \dot{\omega}_m \cdot r \longrightarrow \begin{cases} a_{\text{partenza } S} = +\frac{C_{r\,S}}{J_{TOT\,S}} \cdot r = +0,58\ m/s^2 \\ a_{\text{partenza } D} = -\frac{C_{r\,D}}{J_{TOT\,D}} \cdot r = -0,54\ m/s^2 \end{cases}$$