Aufgaben:

Auslegung Hauptantrieb: $\eta = \frac{P_{aus}}{P_{ein}}$ $\qquad P = 2\pi \cdot M \cdot n$

$$i = \frac{n_{ein}}{n_{aus}} = \frac{M_{aus}}{\eta \cdot M_{ein}} \quad \text{bzw.} \quad M_{aus} = \eta \cdot i \cdot M_{ein}$$

$P_{eL} \Rightarrow$ $\boxed{P_M,\ M_M,\ n_M}$ $\Rightarrow$ $\boxed{P_{Gein} = \frac{1}{\eta_G} \cdot P_{aus},\ M_{Gein} = \frac{1}{(\eta_G \cdot i_G)} \cdot M_{aus},\ n_{Gein} = i_G \cdot n_{Gaus}}$ $\Rightarrow$ $\boxed{P_{Sein} = \frac{1}{\eta_S} \cdot P_{Saus},\ M_{Sein} = \frac{1}{\eta_S} \cdot M_{Saus},\ n_{Sein} = n_{Saus}}$ $\Rightarrow P_{mech}$

$$P_S = M_S \cdot \omega_S = 2\pi \cdot n_S \cdot M_S$$

→ Getriebeübersetzung: alle Schaltstufen miteinander multiplizieren

z.B. $z = 1 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 24$

→ Gesamtwirkungsgrad $\eta_G = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \ldots$

-"- des Antriebsweges $\eta_{Ant.} = \eta_R \cdot \eta_G \cdot \eta_S$

→ erforderl. Nennleistung $P_M \geq \frac{P_{Snenn}}{\eta_{Antr.}}$ / $M_M = \frac{P_{Snenn}}{2\pi \cdot n_{nenn} \cdot \eta_{Ant.}}$

[illegible]

→ Stellbereich $B_S = \frac{n_{Smax}}{n_{Smin}}$ → mit Konstanter Leistung $B_{SF} = \frac{n_{Smax}}{n_{Snenn}}$

(Feldschwächung)

→ mit -"- Drehmoment $B_{SA} = \frac{n_{Snenn}}{n_{Smin}}$

(Ankerstrom)

→ Gesamt-Stellbereich $B_M = \frac{n_{Mmax}}{n_{Mmin}}$

... ein Anpassgetriebe wenn $B_M > B_S$

↳ durch Feldschwächung $B_{MF} = \frac{n_{Mmax}}{n_{MNenn}}$

durch Ankerstrom $B_{MA} = \frac{n_{Mnenn}}{n_{Mmin}}$

→ Stufenzahl bei Getriebe

$$z \geq \frac{\ln n_{Smax} - \ln n_{Smin}}{\ln n_{Mmax} - \ln n_{Mmin}} = \frac{\ln B_S}{\ln B_M}$$

$$z_F \geq \frac{\ln n_{Smax} - \ln n_{Snenn}}{\ln n_{Mmax} - \ln n_{Mnenn}} = \frac{\ln B_{SF}}{\ln B_{MF}}$$

→ Übersetzungswerte $i_1 = \frac{n_{M nenn}}{n_{S nenn}} \rightarrow n_{S1} = \frac{n_{M max}}{i_1}$

$i_3 = \frac{n_{M max}}{n_{S max}} \rightarrow n_{S3} = \frac{n_{M nenn}}{i_3}$

$i_2 = \frac{n_{M nenn}}{n_{S1}}$

<u>Umformmaschinen</u>

$$M_{Kmax} = F_N \cdot \frac{H}{2} \cdot \sin\alpha_n \rightsquigarrow \sin\alpha_n = \frac{2 \cdot M_{Kmax}}{F_N \cdot H}$$

$$\cos\alpha_n = 1 - \frac{2 \cdot h_n}{H} \rightsquigarrow h_n = \frac{H}{2}(1 - \cos\alpha_n)$$

$$F_{Grenz} = F(h) = \frac{M_{Kmax}}{\sqrt{H \cdot h - h^2}}$$

$W_{Einzelhub} = 2 \cdot W_0$ Umformarbeit $W_{erf} = F_{max-erf} \cdot h_{erf.} \cdot m$

Drehzahlabfall: $\vartheta = 1 - \sqrt{1-z}$ $z = \frac{W_{ab}}{W_{ges}}$

$$W_{Schwungrad} = J_{Schwungrad} \cdot \frac{\omega^2_{schw.}}{2}$$

$W_{ab} = \Delta W_{schw} = J_{schw} \cdot \frac{1}{2}(\omega_1^2 - \omega_2^2)$ $\vartheta = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1}$

$\rightsquigarrow z = 1 - (1-\vartheta)^2 = \vartheta(2-\vartheta)$ → max. zulässige Wuchtausnutzung im Einzelhub

$z_{EZUL} = \frac{W_{Eab}}{W_{Ges}} = 0{,}5$

$z_{ist} = \frac{W_{erf}}{W_{Ges}} \rightarrow \vartheta_{ist}$

→ Federung $f_{Auf} = \frac{F_V}{c_{Ges}}$

→ Druckberührdauer t_{Dst} (statische Presse) $\cos\alpha = 1 - \frac{2h_{(s)}}{H} \rightsquigarrow \alpha_{Dst}$

$$t = \frac{\alpha_{Dst} \cdot T}{360°}$$

→ –"– –"– t_{Del} (elastische Presse) $\cos\alpha_{DelnUT} = 1 - \frac{2 \cdot (h_V + f_{Auf})}{H} = \alpha_{DelnUT}$

$\cos\alpha_{DelvUT} = 1 - \frac{2 \cdot f_{Rück}}{H} = \alpha_{DelvUT}$

$\rightarrow \alpha_{DelGes} = \alpha_{DelnUT} + \alpha_{DelvUT}$

$\hookrightarrow t_{Del} = \frac{\alpha_{DelGes} \cdot T}{360°}$ $\quad T = ott\ 1s$

$\rightarrow W_D = F_N \cdot h_{30°} \qquad h_{30°} = \frac{H_{max}}{2} \cdot (1-\cos\alpha_n)$

$W_D = F_N \cdot \frac{H_{max}}{2} (1-\cos\alpha_n)$

W_{S0} = gespeicherte kinetische Energie $\quad W_{S0} = \frac{W_D}{z_{Dzul}} \qquad z_{Dzul} = \vartheta_{Dzul}(2-\vartheta_{Dzul})$

$W_{S0} = J_S \cdot \frac{1}{2} \omega_{S0}^2 \qquad i = \frac{n_S}{n_{EW}} \qquad i = \frac{\omega}{\omega_{EW}}$

$J_{Ring} = 0{,}85 \cdot J_S$

$\rightarrow$ Breite eines Schwungrades: $\quad b = \frac{32 \cdot J_{Ring}}{\pi \cdot S \cdot (d_1^4 - d_2^4)}$

Vorschubantrieb

$\frac{V_{Fmax}}{P_{SP}} = \frac{\omega_{max} \cdot d_0}{2\pi \cdot d_0} \qquad \omega = 2\pi n \longrightarrow n_{SP} = \frac{V_{Fmax}}{P_{SP}}$

$V_F = V_{Fmax}$ = höchste Drehzahl

$F_{SP1} = F_{L1} + F_V + F_R \qquad F_R = F_G \cdot \mu$

$F_{SP2} = F_{L2} = F_a + F_R \qquad F_a = m_{Schlitten} \cdot a$

$M_{SP} = F_{SP} \cdot \frac{d_0}{2} \tan(\alpha + \rho')$ (Drehmoment an Vorschubspindel)

$\eta_{KGT} \approx \frac{\tan\alpha}{\tan(\alpha+\rho')} \qquad \tan(\alpha+\rho') \approx \frac{\tan\alpha}{\eta_{KGT}} \qquad \tan\alpha = \frac{P_{SP}}{\pi \cdot d_0}$

$\rightarrow M_{SP} = F_{SP} \cdot \frac{d_0}{2} \cdot \frac{P_{SP}}{\pi \cdot d_0} \cdot \frac{1}{\eta_{KGT}} = F_{SP} \cdot \frac{P_{SP}}{2\pi} \cdot \frac{1}{\eta_{KGT}}$

$\rightarrow M_M = M_{ML} + M_{Ma}$ (Drehmoment an Motorwelle)

$M_{ML1/2} = \frac{1}{i_R \cdot \eta_R} M_{SP1/2}$

$M_{Ma} = (J_M + J_{RM} + J_{redM}) \cdot \frac{\omega_M}{t_a}$

$$W_{Kin} = J_{redM} \cdot \frac{\omega_M^2}{2} = (J_{ESP} + J_{SP}) \cdot \frac{\omega_{SP}^2}{2} + m_{Sch} \frac{v_F^2}{2}$$

$\rightarrow$ mit $$v_F = \frac{P_{SP} \cdot \omega_{SP} \cdot \cancel{dt}}{2\pi \cdot \cancel{dt}}$$

$$J_{redM} = (J_{ESP} + J_{SP}) \frac{\omega_{SP}^2}{\omega_M^2} + m_{Schlitten} \cdot \left(\frac{P_{SP} \cdot \omega_{SP}}{2\pi \cdot \omega_M}\right)^2$$

$\rightarrow$ mit $$\frac{\omega_{SP}}{\omega_M} = \frac{1}{i_R} \qquad \omega_M = 2 \cdot \pi \cdot n_m = 2 \cdot \pi \cdot n_{SPmax} \cdot i_R$$

$$J_{redM} = (J_{RSP} + J_{SP}) \cdot \frac{1}{i_R^2} + m_{Schl.} \cdot \frac{P_{SP}^2}{4\pi^2} \cdot \frac{1}{i_R^2}$$

$$M_{M1} = M_{MLa} \quad / \quad M_{M2} = M_{ML2} + M_{Ma} \qquad n_{Mmax} = i_R \cdot n_{SPmax1}$$

Thermisches Verhalten

$$\Delta l = l \cdot \beta \cdot \Delta T \qquad \left.\begin{array}{l} \Delta d_1 = -2 \cdot \Delta l \\ \Delta d_2 = -d_2 \cdot \beta_{St} \cdot \Delta T_2 \end{array}\right\} \Delta d_{Ges} = \Delta d_1 + \Delta d_2$$

Neigung φ $\Rightarrow \varphi = \frac{l \cdot \beta \cdot \Delta T}{h}$

$$F = \frac{\varphi \cdot l}{2} \qquad \Delta z = F \qquad \Delta y = \varphi \cdot \left(\frac{h}{2} + l_1\right)$$

Statisches Verhalten

$$S_{1x} = \frac{\Delta d_1}{2} = S_{Wx} + S_{R1} = \frac{F_P}{c_{Wx}} + \frac{F_P}{c_{Rx}}$$

$$S_Z = \frac{F \cdot z^2 \cdot (l - z)^2}{3 \cdot E \cdot J \cdot l} \qquad J = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \text{ (Kreisquerschnitt)}$$

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} \text{ (Rechteckquerschnitt)}$$

$$S_{Sxx} = \frac{F_x \cdot l_z^3}{3 E J_{yy}}$$

Stufe:

$$c_{Gx} = \frac{\Delta F_x}{\Delta S_{Gx}}$$

→ manchmal auch Reihen- u. Parallelschaltung v. Federn berücksichtigen

$$S_{Gx} = S_{S2x} + S_{Q2x}$$

Dynamisches Verhalten

$$x(t) = X_0 \cdot e^{-D\omega t} \cos \omega t$$

↑ Anfangsamplitude

Dämpfungsmaß $D = \frac{\delta}{\omega}$

Eigenkreisfrequenz $\omega = 2\pi F$

Schwingungsdauer $T = 1/F = \frac{2\pi}{\omega}$

$$X_H(t) = X_0 \cdot e^{-D\omega t} = \frac{X_0}{e^{D\omega t}}$$

↑ Hüllkurve

$$\hookrightarrow e^{D\omega t} = \frac{X_0}{X_t} \rightarrow D\omega t = \ln \frac{X_0}{x(t)}$$

$$\rightsquigarrow t_V = \frac{\ln \frac{X_0}{x(t)}}{\omega D}$$

Anzahl d. Schwingungen $j = \frac{t_V}{T}$

$$\rightarrow \text{allg.} \quad t_V = \frac{\ln \frac{X_0}{x(t)}}{D \cdot \omega} = \frac{\ln \frac{X_0}{x(t)}}{\frac{\delta}{\omega} \cdot \omega} = \frac{\ln \frac{X_0}{x(t)}}{\omega}$$

→ Vergrößerungsfaktor für die Kraft- bzw. die Fußpunkterregung

$$V_1 = \frac{N_{dyn}}{N_{stat}} = \frac{X_{dyn}}{X_{stat}} = \frac{1}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + 4D^2 \cdot \eta^2}}$$

→ Vergrößerungsfaktor für die Messunterbringung

$$V_2 = \frac{N_{dyn}}{N_{stat}} = \frac{\eta^2}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + 4 \cdot D^2 \cdot \eta^2}}$$

N – Nachgiebigkeit

x – Verlagerung

F_0 – Eigenfrequenz

F – Frequenz

ω_R – Resonanzkreisfrequenz $\omega_R = \left(\omega_0 \cdot \sqrt{1-D}\right) \approx \omega_0$

ω_0 – Eigenkreisfrequenz $\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}}$

- Erregerfrequenz

$$f = \eta \cdot f_0$$

Drehfrequenz $z = 1$

$$f_n = \frac{f}{z} \rightarrow z > 1 \quad f_n = f \cdot z$$

- Unwuchtkraft $F_u = m_U \cdot r_u \cdot \omega^2$

m_U – Unwuchtmasse

r_u – Unwuchtradius

$$\omega = \frac{v}{D/2}$$

→ bei Kombination neue Unwuchtkraft

$$m \cdot r = \frac{F_{u1}}{\omega_1^2} = \frac{F_{u2}}{\omega_2^2} \rightarrow F_{u2} = F_{u1} \cdot \frac{\omega_2^2}{\omega_1^2} = F_{u1} \cdot \frac{v_2^2}{v_1^2}$$