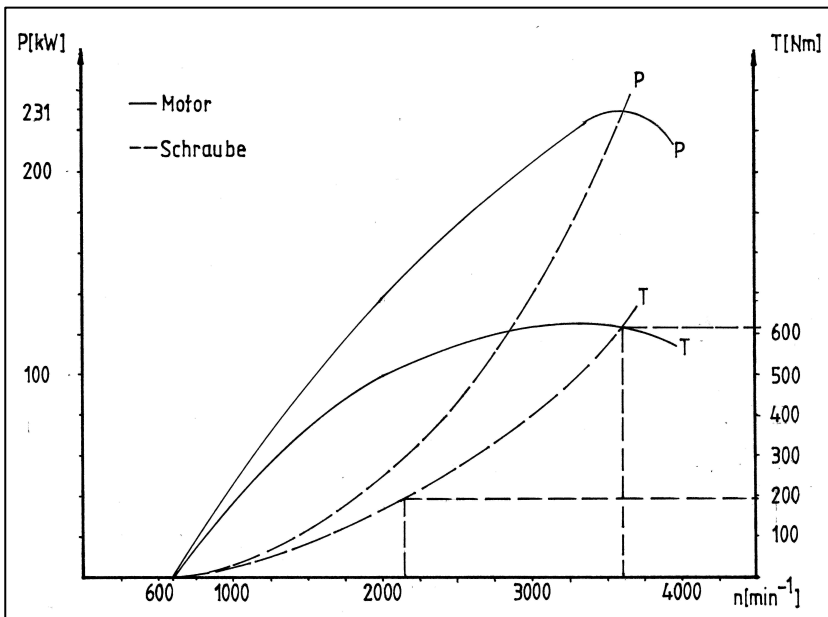


Gruppe 3: Lagerberechnung

Teil 1: Drehzahl Lastkollektiv (Zuordnung Motor – Getriebe – Propeller)

Wir sind von einer typischen Motor Kennlinie bezüglich Leistung und Drehmoment ausgegangen. Demnach erreicht der Motor bei seiner Nennleistung und Nenndrehzahl sein Maximum an Leistung. Der Propeller hingegen hat eine Leistungskurve, die wir mit einer quadratischen Funktion näherungsweise dargestellt haben. Im Idealfall schneidet die Propellerkurve die Motorleistungskurve genau im Bereich der Nennleistung - der Schnittpunkt ist damit für den Volllastbetrieb ausschlaggebend. Wir sind davon ausgegangen, dass an diesem Punkt der Nennpropellerschub auftritt, da der maximale Propellerschub, motor- und getriebebedingt, nicht erreicht werden kann.



Axialkraft

Um nun auf den Propellerschub bei 60% Nenndrehzahl zu schließen, haben wir die Propellerdrehmomentkurve mit einer quadratischen Funktion angenähert. Aus dieser kann man das Drehmoment bei 60% Nenndrehzahl ermitteln.

Über das Verhältnis von Drehmoment zu Kraft kann man auf die Schubkraft bei 60% Nenndrehzahl schließen. Die axiale Kraft wird als dynamische äquivalente Belastung $F_{\text{äquaxial}}$ - in welche die Drehzahlen mit den jeweiligen Zeitanteilen einfließen - berechnet.

Beispiel: Dieselmotor mit einer Übersetzung von 2,5:

Ermittlung des Drehmoments T_{Nenn} bei Nenndrehzahl:

$$P_{\text{Nenn}} = \frac{T_{\text{Nenn}} \cdot n_{\text{Nenn}}}{9550}$$

$$T_{\text{Nenn}} = \frac{P_{\text{Nenn}} \cdot 9550}{n_{\text{Nenn}}} = \frac{231 \text{ kW} \cdot 9550}{3600 \text{ min}^{-1}} = 612,8 \text{ Nm}$$

Gegeben:

$$P_{\text{Nenn}} = 231 \text{ kW}$$

$$n_{\text{Nenn}} = 3600 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{\text{Nenn60}} = 2160 \text{ min}^{-1}$$

$$F_{\text{Nenn}} = 11 \text{ kN}$$

$$q_{\text{Nenn}} = 15\%$$

$$q_{\text{Nenn60}} = 85\%$$

Berechnung des Drehmoments T_{Nenn60} bei 60% Nenndrehzahl:

$$T_{\text{Nenn60}} (n_{\text{Nenn60}}) = 2,359 \cdot 10^{-5} x^2 + 2,827 \cdot 10^{-3} x = 116,15 \text{ Nm}$$

Berechnung des Propellerschubs F_{Nenn60} :

$$R_{\text{Prop}} = \frac{T_{\text{Nenn}}}{F_{\text{Nenn}}} = \frac{612,8 \text{ Nm}}{11000 \text{ N}} = 0,056 \text{ m}$$

$$F_{\text{Nenn60}} = \frac{T_{\text{Nenn60}}}{R_{\text{Prop}}} = \frac{116,15 \text{ Nm}}{0,056 \text{ m}} = 2074 \text{ N}$$

Mittlere Drehzahl n_m :

$$n_m = n_{\text{Nenn}} \cdot \frac{q_{\text{Nenn}}}{100\%} + n_{\text{Nenn60}} \cdot \frac{q_{\text{Nenn60}}}{100\%} = 3600 \text{ min}^{-1} \cdot \frac{15\%}{100\%} + 2160 \text{ min}^{-1} \cdot \frac{85\%}{100\%} = 2376 \text{ min}^{-1}$$

Dynamische äquivalente Lagerbelastung $F_{\text{äquaxial}}$:

$$F_{\text{äquaxial}} = \sqrt[3]{F_{\text{Nenn}}^3 \cdot \frac{n_{\text{Nenn}}}{n_m} \cdot \frac{q_{\text{Nenn}}}{100\%} + F_{\text{Nenn60}}^3 \cdot \frac{n_{\text{Nenn60}}}{n_m} \cdot \frac{q_{\text{Nenn60}}}{100\%}}$$

$$F_{\text{äquaxial}} = \sqrt[3]{(11000 \text{ N})^3 \cdot \frac{3600 \text{ min}^{-1}}{2376 \text{ min}^{-1}} \cdot \frac{15\%}{100\%} + (2074 \text{ N})^3 \cdot \frac{2160 \text{ min}^{-1}}{2376 \text{ min}^{-1}} \cdot \frac{85\%}{100\%}} = 6763,5 \text{ N}$$

Radialkraft

Wenn wir davon ausgehen, dass der Propeller idealisiert rund läuft, dürften von ihm keine Radialkräfte auf die Welle übertragen werden.

Quellen

1. http://www.rc-network.de/magazin/artikel_03/art_03-0063/GWS-Propeller.pdf
2. <http://www.kfztech.de/kfztechnik/motor/steuerung/fuellung.htm>



Teil 2: Lagerkräfte und äquivalente Lagerbelastung

Gegeben:

- Zahnradabmessungen (d_w , a , usw.)
- Drehmoment T_{eff}
- Schubkraft F_{axial}

Voraussetzung:

- Roloff Matek 15. Auflage
- Roloff Matek Tabellenbuch, Auflage 15
- FAG Wälzlagerkatalog

1. Kraftfluss ermitteln

2. Schrägverzahntes Stirnrad – Richtung der Axialkraft

- $F_{t1,2} = \frac{2 \cdot T_{1,2}}{d_{w1,2}}$ $d_{w1,2}$: siehe RM Seite 676
- $F_{r1,2} = \frac{F_{t1,2} \cdot \tan \alpha_n}{\cos \beta}$ andere Formeln siehe RM Seite 701
- $F_{a1,2} = F_{t1,2} \cdot \tan \beta$

3. Lagerkräfte (siehe Tafelbild)

- **Vorsicht die Schubkraft F_{axial} muss auch noch mitberücksichtigt werden**

4. Ermittlung der äquivalenten Lagerbelastung am Beispiel: angespanntes Lager

- Andere Lagervarianten können mithilfe des FAG Wälzlagerkataloges ermittelt werden.

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

RM Seite 477

P: dynamische Lagerbelastung

X: Radialfaktor

Y: Axialfaktor

