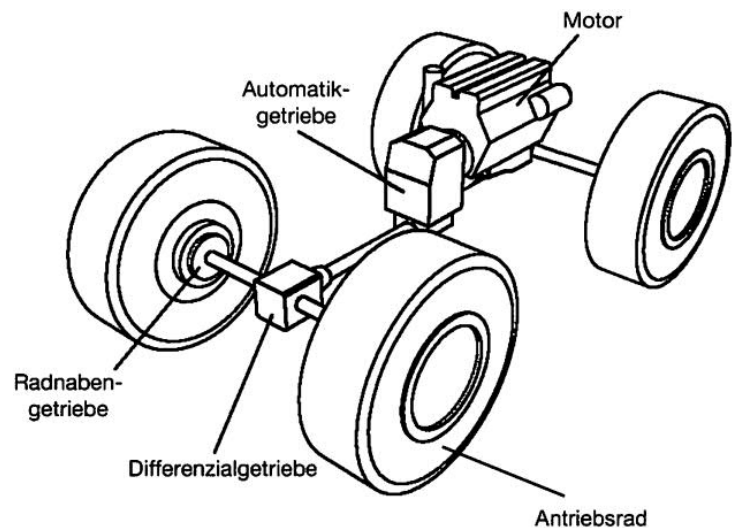




tgtm HP 2014/15-4: Antriebseinheit

(Wahlaufgabe)

Der Flugzeugschlepper verfügt über eine Antriebseinheit bestehend aus Motor, Getriebe und Antriebsräder.



Technische Daten:

Maximale Motordrehzahl:	$n_{\text{Mot}} = 2\,150 \text{ min}^{-1}$
Maximales Motordrehmoment:	$M_{\text{max}} = 2\,500 \text{ Nm}$
Automatikgetriebe:	$i_A = 4,8$ $\eta_A = 0,95$
Differentialgetriebe:	$\eta_D = 0,92$
Radnabengetriebe:	$i_R = 7,5$ $\eta_R = 0,92$
Höchstgeschwindigkeit:	$v_{\text{max}} = 6 \text{ km/h}$
Durchmesser der Räder:	$D = 1,6 \text{ m}$

- 1 Stellen Sie die Antriebseinheit des Flugzeugschleppers als Blockschaltbild dar und berechnen Sie den Gesamtwirkungsgrad des Getriebes. 3,0
- 2 Der Flugzeugschlepper soll Höchstgeschwindigkeit fahren. 3,0
Ermitteln Sie das entsprechende Übersetzungsverhältnis des Differentialgetriebes.
- 3 Die Antriebseinheit muss zum Schleppen eine Mindestzugkraft $F_z = 200 \text{ kN}$ leisten. 4,0
Überprüfen Sie, ob die auftretende Vortriebskraft des Flugzeugschleppers ausreicht.
- 4 Für die Räder des Flugzeugschlepper sind Rillenkugellager mit folgenden 3,0
Randbedingungen vorgesehen:
Lebensdauer: $L_{10h} = 2\,500 \text{ h}$
Radiallast: $F_r = 150 \text{ kN}$
Bestimmen Sie ein geeignetes Lager.
- 5 An einem Zahnrad des Differentialgetriebes wird die Drehzahl ermittelt. Hierzu 3,0
werden die Zähne mit einem Sensor erfasst. Jeder Zahn soll ein Schaltsignal am Sensor auslösen.
Mögliche Störeinflüsse durch Getriebeöl sind zu berücksichtigen.
- 5.1 Wählen Sie einen geeigneten Sensor und begründen Sie Ihre Wahl. 2,0
- 5.2 Der zum Einsatz kommende Sensor hat eine Schaltfrequenz von 200 Signalen pro 3,0
Sekunde. Das Zahnrad hat 120 Zähne.
Entwickeln Sie einen Lösungsansatz zur Bestimmung der maximal erfassbaren Drehzahl.
- 6 Sobald der Drehzahlüberwachungssensor -BG1 ein Signal liefert, soll das Fahren 2,0
des Flugzeugschleppers durch eine gelbe Warnleuchte -PF1 angezeigt werden.
Zeichnen Sie das dazugehörige Programmteil in Funktionsbausteinsprache.



Paul Sommer ist bei der QualiTech OHG für die Durchführung der Kosten- und Leistungsrechnung zuständig. Im Gespräch mit Lenz erwähnt Sommer ständig den Begriff „BAB“ und „kalkulatorischer Unternehmerlohn“.

- 7 Nennen Sie die drei Teilbereiche, in welche die Vollkostenrechnung der Kosten- und Leistungsrechnung allgemein eingeteilt wird. 1,0
- 8 Erklären Sie, welche Funktion ein BAB erfüllt. 1,0
- 9 Kalkulatorischer Unternehmerlohn
- 9.1 Erläutern Sie, auf welcher Grundlage die Höhe des kalkulatorischen Unternehmerlohns ermittelt wird. 1,0
- 9.2 Begründen Sie, aus Sicht der QualiTech OHG, die Notwendigkeit des Ansatzes eines kalkulatorischen Unternehmerlohns in der Kostenrechnung. 1,0
- 10 Aus der Kostenrechnung der QualiTech OHG sind für eine Befestigungsplatte bekannt: 4,0
- | | |
|----------------------------------|-------------|
| Selbstkosten pro Stück: | 140,00 Euro |
| Gewinn pro Stück: | 36,40 Euro |
| Verkaufspreis pro Stück (brutto) | 238,00 Euro |
- Konditionen:
Bei Zahlung innerhalb 10 Tagen: 2 % Skonto
Kundenrabatt: 10 % Rabatt
Für die Mehrwertsteuer gilt der Regelsatz von 19 %.
- Ein Mitbewerber bietet das gleiche Teil zu 214,20 Euro (brutto) an.
Ihre bisherigen Konditionen sollen beibehalten werden.
Die Selbstkosten von 140,00 Euro je Stück sollen nicht unterschritten werden.
- Untersuchen Sie durch eine Rückwärtskalkulation bis zum Barverkaufspreis, ob die QualiTech OHG eine Gewinnspanne von mindestens 25,00 Euro je Stück halten könnte, wenn sie denselben Verkaufspreis wie der Mitbewerber verlangen möchte.
- 11 Um auf dem Markt wettbewerbsfähig zu sein, müssen alle Kostensenkungspotentiale ausgeschöpft werden. 2,0
- Analysieren Sie in den Bereichen Lohn- und Materialkosten mögliche Kosteneinsparungspotentiale.

40,0

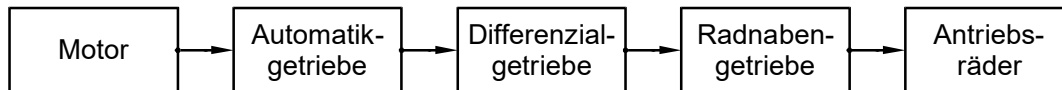


Lösungsvorschläge

Getriebe (10 P): Blockschaltbild; Gesamtwirkungsgrad;
 ME (3 P): Wälzlagerauswahl
 SPS (4 P): Sensorauswahl; FBS (sehr einfach)
 Allgemein (3 P): Erfassungsgeschwindigkeit eines Sensors

Hinweis 1: Werte, die in einer Teilaufgabe berechnet wurden, können in andere Teilaufgaben übernommen werden, hier z.B. i_{ges} , η_{ges} , n_{Rad} .

1 Blockschaltbild und Wirkungsgrad



$$\eta_{ges} = \eta_A \cdot \eta_D \cdot \eta_R = 0,95 \cdot 0,92 \cdot 0,92 = 0,804$$

2 Übersetzungsverhältnis des Differentialgetriebes

$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n_{Rad} = \frac{v_{max}}{\pi \cdot D} = \frac{6 \text{ km/h}}{\pi \cdot 1,6 \text{ m}} = \frac{6000 \text{ m}}{\pi \cdot 1,6 \text{ m} \cdot 60 \text{ min}} = 19,9 \frac{1}{\text{min}}$$

$$i_{ges} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_{Mot}}{n_{Rad}} = \frac{2150 \text{ min}^{-1}}{19,9 \text{ min}^{-1}} = 108,1$$

$$i_{ges} = i_A \cdot i_D \cdot i_R \Rightarrow i_D = \frac{i_{ges}}{i_A \cdot i_R} = \frac{108,1}{4,8 \cdot 7,5} = 3,0$$

3 Vortriebskraft

Über die verfügbare Kraft F_{Rad} am Rad (= 'auftretende Vortriebskraft') berechnet:

$$i \cdot \eta = \frac{M_2}{M_1} \Rightarrow M_{Rad \text{ verf}} = M_{Mot} \cdot i_{ges} \cdot \eta_{ges} = 2500 \text{ Nm} \cdot 108,1 \cdot 0,804 = 217,3 \text{ kNm}$$

$$M = F \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow F_{Rad \text{ verf}} = \frac{2 \cdot M_{Rad}}{D} = \frac{2 \cdot 217,3 \text{ kNm}}{1,6 \text{ m}} = 271,6 \text{ kN}$$

$F_{Rad \text{ verf}} = 271 \text{ kN} > F_z = 200 \text{ kN} \rightarrow$ ausreichend.

Über das Moment am Rad berechnet:

$$i \cdot \eta = \frac{M_2}{M_1} \Rightarrow M_{Rad \text{ verf}} = M_{Mot} \cdot i_{ges} \cdot \eta_{ges} = 2500 \text{ Nm} \cdot 108,1 \cdot 0,804 = 217,3 \text{ kNm}$$

$$M_{Rad \text{ erf}} = F_z \cdot \frac{D}{2} = 200 \frac{\text{kN} \cdot 1,6 \text{ m}}{2} = 160 \text{ kNm}$$

$M_{Rad \text{ verf}} = 217 \text{ kNm} > M_{Rad \text{ erf}} = 160 \text{ kNm} \rightarrow$ ausreichend.

Über die Leistung am Motor berechnet:

$$P_{Mot \text{ verf}} = 2 \pi \cdot M_{Mot} \cdot n_{Mot} = 2 \pi \cdot 2500 \text{ Nm} \cdot \frac{2150}{60 \text{ s}} = 563 \text{ kW}$$

$$P_{Rad \text{ erf}} = F_z \cdot v_{max} = 200 \text{ kN} \cdot 6 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 200 \text{ kN} \cdot 6 \cdot \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 200 \text{ kN} \cdot 1,6 \bar{6} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 333,3 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_{Mot \text{ erf}} = \frac{P_{Rad \text{ erf}}}{\eta_{ges}} = \frac{333,3 \text{ kW}}{0,804} = 415 \text{ kW}$$

$P_{Mot \text{ verf}} = 563 \text{ kW} > P_{Mot \text{ erf}} = 415 \text{ kW} \rightarrow$ ausreichend.

Hinweis 2: Es sind weitere Lösungswege denkbar. Immer kommt es darauf an, dass an einer Stelle die verfügbare Leistung, Moment oder Kraft größer ist als die erforderliche.



4 Lagerauswahl

Dynamische äquivalente Belastung P

$$P = x \cdot F_r + y \cdot F_a = 1 \cdot 150 \text{ kN} + 0 \cdot F_a = 150 \text{ kN}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^p \Rightarrow \frac{C}{P} = \sqrt[p]{\frac{L_{10h} \cdot n}{16666}} = \sqrt[3]{\frac{2500 [h] \cdot 19,9 [1/min]}{16666}} = 1,44$$

Hinweis 3: Diesen Wert kann man auch aus der Leitertafel ablesen → schneller

Hinweis 4: Es handelt sich um eine Zahlenwertgleichung, bei der die Werte in der richtigen Einheit eingesetzt und dann automatisch umgerechnet werden, hier mit dem Faktor 16666. Die [Einheiten in der Formel] sind nur zum Verständnis eingesetzt, dürfen aber in der Rechnung nicht berücksichtigt werden.

$$\frac{C}{P} = 1,44 \Rightarrow C = 1,44 \cdot P = 1,44 \cdot 150 \text{ kN} = 216 \text{ kN}$$

Gewählt: Rillenkugellager DIN 625 – 6330 mit einer Tragzahl C = 220 kN

Hinweis 5: Die Angabe 'DIN 625' ist in den offiziellen *Formeln und Tabellen* nicht angegeben und muss deshalb nicht genannt werden. Einige wenige Werte findet man auch (→ [EuroTabM] „Wälzlager, Berechnung“).

5 Drehzahlermittlung

5.1 Gewählt: Induktiver Sensor

Begründung: Bei dem großen Moment, das das Getriebe übertragen soll, sind die Zahnräder vermutlich aus Metall → darauf reagiert der induktive Sensor.

Mit dem Hinweis 'Störungen durch Getriebeöl' sollen vermutlich kapazitive u.a. Sensoren ausgeschlossen werden.

5.2 Erfassbare Drehzahl

Hinweis 6: Mit 'Schaltfrequenz' in der Aufgabenstellung ist die maximale Schaltfrequenz des Sensors gemeint.

$$n_{max} = \frac{200 \frac{\text{Zähne}}{s}}{120 \frac{\text{Zähne}}{\text{Umdr}}} = \frac{200}{120} \cdot \frac{\text{Zähne}}{s} \cdot \frac{\text{Umdr}}{\text{Zähne}} = 1,6\bar{6} \text{ s}^{-1} = 100 \text{ min}^{-1}$$

6 FBS

-BG1 ——— -PF1