

Lebensdauerberechnung von ASCA Servospindeln

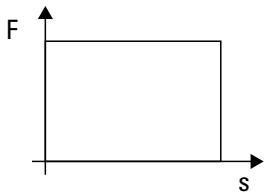
Die Lebensdauer von ASCA Servospindeln folgt einer Wöhlerverteilung mit $k = 3$.

$$L_{10} = 10^6 \left(\frac{C}{F_A} \right)^3 \text{ Umdr.}$$

L_{10} Lebensdauer mit 10 % Ausfallwahrscheinlichkeit
 C Dynamische Tragzahl
 F_A Äquivalente Belastung

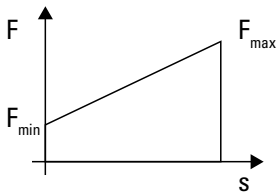
Berechnung der äquivalenten Belastung F_A

1) Konstante Last



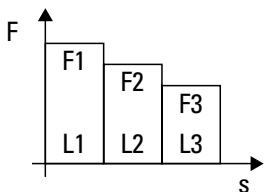
$$F_A = F$$

2) Ansteigende Last



$$F_A = \frac{F_{\min} + 2F_{\max}}{3}$$

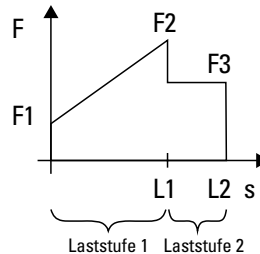
3) Laststufen



$$F_A = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^m F_i^3 L_i}{\sum_{i=1}^m L_i}}$$

Berechnungsbeispiel

Für folgendes Lastprofil soll die äquivalente Last und die Lebensdauer ermittelt werden:



$F_1 = 1 \text{ kN}$
 $F_2 = 10 \text{ kN}$
 $F_3 = 5 \text{ kN}$

$L_1 = 15 \text{ mm}$
 $L_2 = 20 \text{ mm}$

Für Laststufe 1 gilt:

$$F_{A1} = \frac{F_1 + 2F_2}{3} = \frac{1 \text{ kN} + 2 \cdot 10 \text{ kN}}{3} = 7 \text{ kN}$$

Für Laststufe 2 gilt:

$$F_{A2} = F_3 = 5 \text{ kN}$$

Damit ergibt sich für F_{Ages} :

$$\begin{aligned} F_{Ages} &= \sqrt[3]{\frac{F_{A1}^3 \cdot L_1 + F_{A2}^3 \cdot (L_2 - L_1)}{L_{21}}} \\ &= \sqrt[3]{\frac{(7 \text{ kN})^3 \cdot 15 \text{ mm} + (5 \text{ kN})^3 \cdot 5 \text{ mm}}{20 \text{ mm}}} \\ &= 6,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

Es wird eine ASCA Servospindel PWG 16 mit Steigung $p = 2 \text{ mm}$ eingesetzt.

Die dynamische Tragzahl beträgt 26 kN .

Die Lebensdauer ergibt sich wie folgt:

$$L_{10} = 10^6 \left(\frac{26 \text{ kN}}{6,6 \text{ kN}} \right)^3 \text{ Umdr.} \approx 61,1 \text{ Mio Umdrehungen}$$

Bei einem Hub von $s = 35 \text{ mm}$ macht die ASCA Servospindel bei einer Steigung von $p = 2 \text{ mm}$ pro Hub $17,5$ Umdrehungen.

Die Lebensdauer in Hübten berechnet sich zu:

$$\frac{61,1 \text{ Mio}}{17,5} = 3,5 \text{ Mio Hübte}$$

Berechnung von Motordrehmoment und Motordrehzahl

Berechnung des Motordrehmoments

Das Antriebsmoment der ASCA Servospindel errechnet sich wie folgt:

$$M_{\text{PWG}} = \frac{p \cdot F_a}{2\pi \cdot \eta_{\text{PWG}}}$$

M_{PWG}	Antriebsmoment der ASCA Servospindel
p	Steigung
F_a	Axialkraft
η_{PWG}	Wirkungsgrad der ASCA Servospindel

Das Haltemoment der ASCA Servospindel errechnet sich wie folgt:

$$\text{Haltemoment} = \frac{2\pi \cdot M}{p \cdot (2 - 1/\eta_{\text{PWG}})}$$

M_{Halte}	Haltemoment
p	Steigung
M_{Brems}	Moment Haltebremse
η_{PWG}	Wirkungsgrad der ASCA Servospindel

Berechnungsbeispiel

Bei einer Axialkraft von $F = 14 \text{ kN}$, einer Spindelsteigung von $p = 1 \text{ mm}$ und einem Wirkungsgrad der ASCA Servospindel von 85% erhält man das erforderliche Antriebsdrehmoment für die ASCA Servospindel:

$$M_{\text{PWG}} = \frac{1 \text{ mm} \cdot 14 \text{ kN}}{2\pi \cdot 0,85} = 2,62 \text{ Nm}$$

Zur Auslegung des Motordrehmoments ist noch die Lagerreibung zu berücksichtigen, diese hängt vom Lagertyp und der entsprechenden Schmierung ab. Genauere Daten sind beim Lagerhersteller zu erfragen.

In diesem Beispiel beträgt die Lagerreibung bei 14 kN ca. $0,5 \text{ Nm}$.

Man erhält für den Motor ein erforderliches Antriebsmoment von ca. $3,12 \text{ Nm}$. Bei der Auswahl des Motors sind Sicherheiten von $30 - 50 \%$ zu berücksichtigen.

* Wirkungsgrad gilt bei Nennlast und einer Drehzahl von $n = 200 \text{ U/min.}$, bei höheren Drehzahlen ist mit einem geringeren Wirkungsgrad aufgrund der zunehmenden Fettreibung zu rechnen

Berechnung der Motordrehzahl

Die Motordrehzahl errechnet sich wie folgt:

$$n = \frac{s}{p \cdot t_{\text{Hub}}}$$

s	Hub
p	Steigung
t_{Hub}	Zeit in der der Hub s zurückgelegt werden muss

In obigem Beispiel soll ein Hub von ca. 10 mm in weniger als $0,5 \text{ s}$ erfolgen.

Ohne Berücksichtigung von Beschleunigung und Abbremsen erhält man:

$$n = \frac{s}{p \cdot t_{\text{Hub}}} = \frac{10 \text{ mm}}{1 \text{ mm} \cdot 0,5 \text{ s}} \cdot \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} = 1200 \frac{1}{\text{min}}$$

Die Dauer für die Beschleunigung und Abbremsung kann erst berechnet werden wenn das Massenträgheitsmoment bekannt ist.

Man erhält für den Motor eine erforderliche durchschnittliche Drehzahl von $n = 1200 \text{ U/min.}$

Bei Berücksichtigung von Beschleunigung und Abbremsung würde sich eine entsprechend höhere max. Drehzahl ergeben.

Zulässige Drehzahl

Für die max. zulässige Drehzahl der ASCA Servospindel gilt folgender Drehzahlkennwert:

$$d \cdot n < 140\,000$$

d	Nenndurchmesser ASCA Servospindel in mm
n	Drehzahl in 1/min.

Berechnungsbeispiel

Eine ASCA Servospindel PWG 44 soll mit einer Drehzahl $n = 3000 \text{ U/min.}$ betrieben werden.

Der Nenndurchmesser beträgt $d = 43,4 \text{ mm}$. Somit ergibt sich:

$$d \cdot n = 43,4 \text{ mm} \cdot 3000 \frac{1}{\text{min}} = 130\,200 < 140\,000$$

Für diesen Spindeltyp ist somit eine Drehzahl von 3000 U/min. zulässig.