

Übung 5: Ladungswechsel Zweitaktmotor

Gegeben ist ein Zweitaktmotor mit folgenden Daten:

Kolbendurchmesser	$D = 140 \text{ mm}$
Hub	$s = 150 \text{ mm}$
Verdichtungsverhältnis	$\varepsilon = 24$
Drehzahl	$n = 2000 \text{ min}^{-1}$
Pleuelstangenlänge	$l = 300 \text{ mm}$
Höhe der Auslassschlitze	$H_A = 46 \text{ mm}$
Gesamtbreite der Auslassschlitze	$B_A = 110 \text{ mm}$
Höhe der Einlassschlitze	$H_E = 30 \text{ mm}$
Gesamtbreite der Einlassschlitze	$B_E = 140 \text{ mm}$

(alle Schlitze sollen rechteckig sein)

Wie groß sind:

- das Nutzverdichtungsverhältnis
- die Steuerzeiten AÖ, AS, EÖ und ES
- Temperatur und Druck im Brennraum beim Kurbelwinkel von 30° vor OT, wenn bei AS die Brennraumtemperatur 315 K und der Brennraumdruck 2 bar beträgt

Es wird eine isentrope Verdichtung und die Luft als ideales Gas angenommen.

Lösung Übung 5:

a) Nutzverdichtungsverhältnis

$$V_h = \pi/4 D^2 s = 0,00231 \text{ m}^3$$

$$V_N = \pi/4 D^2 (s - H_A) = 0,00160 \text{ m}^3$$

$$V_c = V_h / (\varepsilon - 1) = 0,00010 \text{ m}^3$$

$$\varepsilon_N = (V_c + V_N) / V_c = 17$$

b) Steuerzeiten

$$x = s - H_E \rightarrow \text{EÖ, ES}$$

$$x = s - H_A \rightarrow \text{AÖ, AS}$$

$$x(\varphi) = r \cdot (1 - \cos \varphi + \frac{1}{2} \lambda_p \sin^2 \varphi)$$

$$\text{aus dem Einheitskreis folgt } \sin^2 + \cos^2 = 1 \rightarrow \sin^2 = 1 - \cos^2$$

$$x(\varphi) = r \cdot (1 - \cos \varphi + \frac{1}{2} \lambda_p - \frac{1}{2} \cos^2 \varphi)$$

$$\text{Substitution } A = \cos \varphi$$

$$x = r \cdot (1 - A + \frac{1}{2} \lambda_p - \frac{1}{2} \lambda_p A^2)$$

$$x/r = 1 - A + \frac{1}{2} \lambda_p - \frac{1}{2} \lambda_p A^2 \quad | \text{ Umstellen}$$

$$0 = 1 - A + \frac{1}{2} \lambda_p - \frac{1}{2} \lambda_p A^2 - x/r \quad | \cdot [-2/\lambda_p]$$

$$0 = A^2 + \frac{2}{\lambda_p} A - \frac{2}{\lambda_p} \left(1 + \frac{\lambda_p}{2} - \frac{x}{r} \right)$$

$$0 = A^2 + \frac{2}{\lambda_p} A - \left[\frac{2 + \lambda_p - \frac{2x}{r}}{\lambda_p} \right]$$

$$\cos \varphi_{1,2} = -\frac{1}{\lambda_p} \pm \sqrt{\frac{1}{\lambda_p^2} + \frac{2 + \lambda_p - \frac{2x}{r}}{\lambda_p}}$$

$$\text{EÖ: } \lambda_p = \frac{r}{l} = \frac{s}{2l} = 0,25 \quad r = \frac{1}{2} s$$

$$x_{\text{EÖ}} = s - H_E = (150 - 30) \text{ mm} = 120 \text{ mm}$$

$$\cos \varphi_{\text{EÖ}1,2} = -4 \pm \sqrt{16 - 3,8}$$

$$\cos \varphi_{\text{EÖ}1} = -0,5072$$

$$\cos \varphi_{\text{EÖ}2} = -7,4928$$

$$\Rightarrow \varphi_{\text{EÖ}} = 120,46^\circ \text{ KW n.OT}$$

$$\Rightarrow \varphi_{\text{EÖ}} = 59,54^\circ \text{ KW v.UT} \quad \varphi_{\text{ES}} = 59,54^\circ \text{ KW n.UT}$$

$$\text{AÖ: } x_{\text{AÖ}} = s - H_A = (150 - 46) \text{ mm} = 104 \text{ mm}$$

$$\cos \varphi_{\text{AÖ}1} = -0,2708$$

$$\cos \varphi_{\text{AÖ}2} = -7,7292$$

$$\Rightarrow \varphi_{\text{AÖ}} = 105,71^\circ \text{ KW n.OT}$$

$$\Rightarrow \varphi_{\text{AÖ}} = 74,29^\circ \text{ KW v.UT} \quad \varphi_{\text{AS}} = 74,29^\circ \text{ KW n.UT}$$

c) Temperatur und Druck

$$V(x=30^\circ) = \frac{\pi}{4} [x(-30^\circ)] D^2 + V_c$$

$$x(30^\circ) = r(1 - \cos 30^\circ + \frac{1}{2} \lambda_p \sin^2 30^\circ) = 0,01239 \text{ m}$$

$$V(30^\circ) = 0,000291 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{AS}} = \frac{\pi}{4} [s - H_A] D^2 + V_c$$

$$V_{\text{AS}} = 0,0017 \text{ m}^3$$

isentrope Verdichtung

$$\frac{p_{30^\circ}}{p_{\text{AS}}} = \left(\frac{V_{30^\circ}}{V_{\text{AS}}} \right)^{-\kappa} \Rightarrow p_{30} = 23,7 \text{ bar}$$

$$\frac{T_{30^\circ}}{T_{\text{AS}}} = \left(\frac{V_{30^\circ}}{V_{\text{AS}}} \right)^{-(\kappa-1)} \Rightarrow T_{30} = 638,2 \text{ K}$$