Kortfattat facit till Tentamen
TSFS 05 Fordonssystem
9 april, 2010, kl 8-12

Uppgift 1. a. Självantänding av en region av luft-bränsleblandningen framför flamfronten. Denna region brinner mycket fort och ger upphov till kraftiga tryckspikar, vilket uppfattas som ett knackande ljud. Tändningen senareläggs då knack detekteras.

b. Arbetet ges av:

$$W = Q_{in} - Q_{loss} = m_{tot}c_p(T_3 - T_2) - m_{tot}c_v(T_4 - T_1)$$

Behöver temperaturerna från dieselcykeln, steg 1:

$$\begin{aligned}
p_1 &= p_i = 2.2 * 10^5 Pa \\
T_1 &= T_i = 35 + 273 = 308K \\
V_1 &= V_d + V_c = \frac{V_D}{n_{cyl}}(1 + \frac{1}{r_c - 1}) = 4.444 * 10^{-4} m^3
\end{aligned}$$

Steg 1-2 isentropist kompression:

$$\begin{aligned}
p_2 &= p_1 r_c^{\gamma} = 4.39 * 10^6 Pa \\
T_2 &= T_1 r_c^{\gamma-1} = 615K \\
V_2 &= V_1 r_c^{-1} = 4.444 * 10^{-5} m^3
\end{aligned}$$

Steg 2-3 isobar förbränning:

$$\begin{aligned}
p_3 &= p_2 = 4.39 * 10^6 Pa \\
Q_{in} &= m_f q_{LHV} = m_{tot}c_p(T_3 - T_2) \text{ ger:} \\
T_3 &= T_2 + \frac{m_f q_{LHV}}{m_{tot}c_p} = T_2 + \frac{q_{LHV}}{\frac{(m_a+m_f)}{m_f}\frac{\gamma R}{\gamma-1}} = T_2 + \frac{q_{LHV}(\gamma - 1)}{((A/F)_s + 1)\gamma R} = 2751K \\
V_3 &= \frac{T_3}{T_2} V_2 = 1.99 * 10^{-4} m^3
\end{aligned}$$

Steg 3-4 isentropisk expansion:

$$T_4 = T_3 \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1} = T_3 \left(\frac{V_3}{V_1}\right)^{\gamma-1} = 2162K$$

Arbetet för en cykel:

$$W = m_{tot}c_p(T_3 - T_2) - m_{tot}c_v(T_4 - T_1) = \frac{p_1 V_1}{R T_1}(\frac{\gamma R}{\gamma - 1}(T_3 - T_2) - \frac{R}{\gamma - 1}(T_4 - T_1) \approx 978J$$

c. Söker förhållandet mellan effektiviteten för dieselcykeln ovan och motsvarande ottocykel:

$$\begin{aligned}
\eta_{otto} &= 1 - \frac{1}{r_c^{\gamma-1}} = 0.499 \\
\eta_{diesel} &= \frac{W}{Q_{in}} = \frac{W}{m_{tot}c_p(T_3 - T_2)} = 0.333 \\
\eta_{ign} &= \frac{\eta_{diesel}}{\eta_{otto}} = 0.667
\end{aligned}$$

Uppgift 2. a. Antagande: Ideal gas, konstant temperatur T_i, (konstant volym V_{im}). Bevisgång: derivera ideala gaslagen och sätt in massbevarandet. Slutekvationen blir:

$$\frac{dp_i}{dt} = \frac{R\,T_i}{V_i}(\dot{m}_{at} - \dot{m}_{ac}) = \frac{R\,T_i}{V_i}(\dot{m}_{in} - \dot{m}_{out})$$

Se kurskompendiet för utförlig härledning och diskussion.

b. Utflödet modelleras med hjälp av fyllnadsgraden.

$$\dot{m}_{ac} = \eta_{vol}(N, p_i, ...)\frac{V_D\,N\,p_i}{n_r\,R\,T_i}$$

Fyllnadsgraden beror i huvudsak av varvtalet och insugstrycket och man använder en parametriserad modell. Parametrarna i modellen bestäms med hjälp av stationära mätningar där man använder sensordata från N, p_i, T_i, och $\dot{m}_a$ (vilket är detsamma som $\dot{m}_{ac}$ vid stationäritet).

c. Ekvationen för fyllnadsgraden är

$$\eta_{vol}(N, p_i, ...) = \dot{m}_a\frac{n_r\,R\,T_i}{V_D\,N\,p_i} = 0.8994$$

med data från databladet.

Uppgift 3. a. Kompressorn konsumerar en effekt $\dot{W}_c$ där

$$\dot{W}_c = \frac{\gamma R \dot{m}_c T_{01}}{(\gamma-1)\eta_c}\left(\left(\frac{p_{02}}{p_{01}}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right) \approx 6.07kW.$$

med data från databladet.

b. Kompressoreffekt, turbineffekt och effektbalans:

$$\begin{aligned}
\eta_c &= \frac{\dot{m}_a c_p T_{01}\left(\left(\frac{p_{02}}{p_{01}}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right)}{\dot{W}_c} \\
\eta_t &= \frac{\dot{W}_t}{\dot{m}_t c_p T_{03}\left(1 - \left(\frac{p_{04}}{p_{03}}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right)} \\
\dot{W}_c &= \eta_m \dot{W}_t
\end{aligned}$$

Slå samman ovanstående ekvationer och lös ut det sökta $p_{03} = p_{em}$ så fås:

$$\begin{aligned}
p_{em} &= p_{04}\left(1 + \frac{T_{01}}{(1+\frac{1}{\lambda(A/F)_s})T_{03}\eta_t\eta_c\eta_m}\left(1 - \left(\frac{p_{02}}{p_{01}}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right)\right)^{-\frac{\gamma}{\gamma-1}} \\
&\approx 181.7kPa,\ \eta_t = 0.65 \\
&\approx 166.1kPa,\ \eta_t = 0.80
\end{aligned}$$

med data från databladet.

c. En momentmodell uttryckt i medeleffektivt tryck ges av

$$\text{IMEP}_g = \text{BMEP} + \text{FMEP} + \text{PMEP}$$

där

$$\begin{aligned}
\text{IMEP}_g &= \frac{Q_{in}\eta_{ig}}{V_d} \\
\text{BMEP} &= \frac{Q_{ut}}{V_d} \\
\text{FMEP} &= 0.15\text{MPa} \\
\text{PMEP} &= p_{em} - p_{im}.
\end{aligned}$$

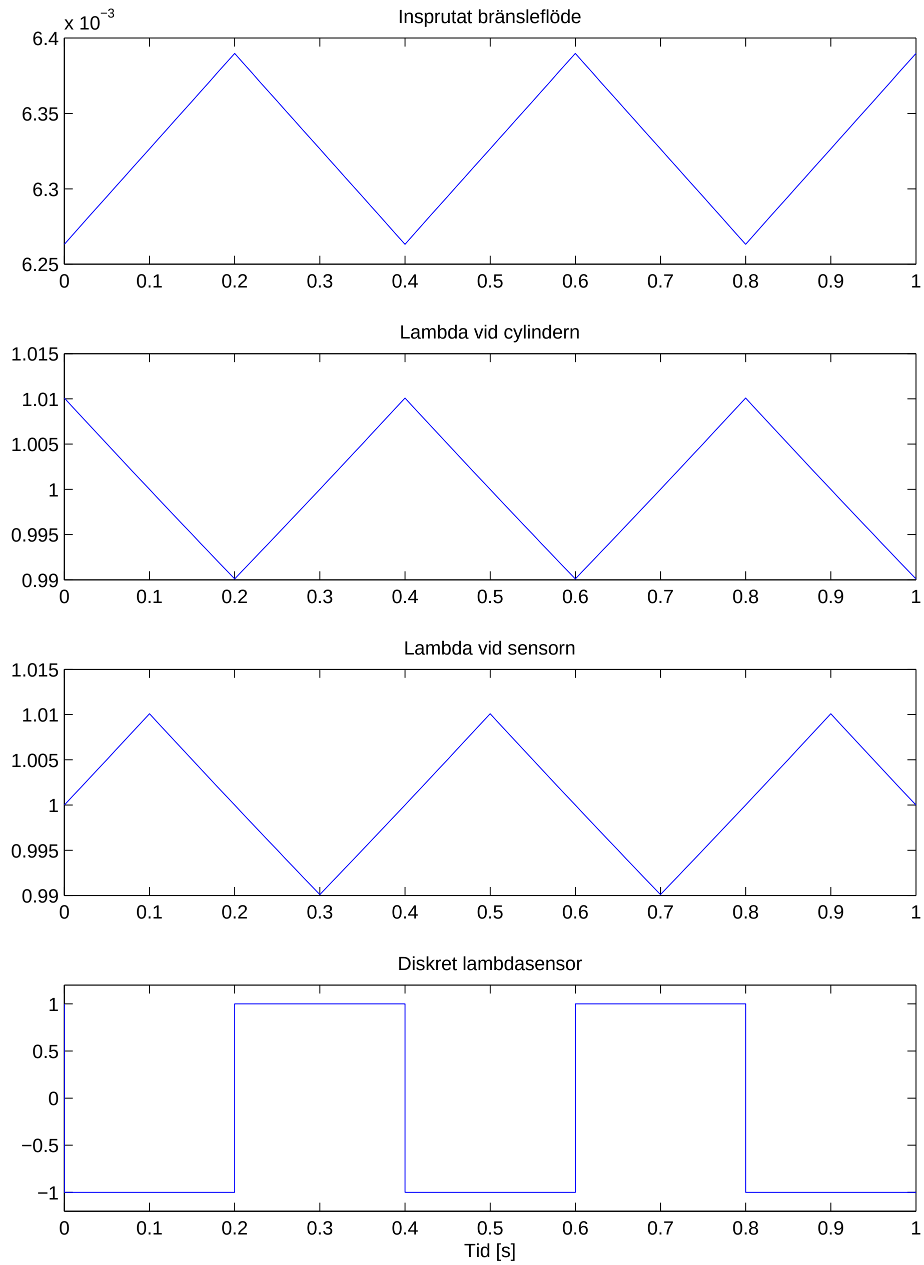
Q_{in} ges av

$$\begin{aligned}
Q_{in} &= min(1, \lambda) m_f q_{LHV} \\
\dot{m}_f &= \frac{N n_{cyl}}{n_r} m_f \\
\lambda &= \frac{\frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f}}{AFs} \\
m_f &= \frac{n_r}{N n_{cyl}} \frac{\dot{m}_a}{\lambda AFs}
\end{aligned}$$

Verkningsgraden ges av

$$\begin{aligned}
\eta &= \frac{Q_{ut}}{Q_{in}} = \frac{Q_{in}\eta_{ig} - V_d\text{FMEP} - V_d(p_{em} - p_{im})}{Q_{in}} \\
&\approx 0.338,\ \eta_t = 0.65 \\
&\approx 0.341,\ \eta_t = 0.80
\end{aligned}$$

Uppgift 4. a. Tidsfördröjningen i bränslesteget är ca 0.1 s. Därför blir signalernas utseende:



λ-regulatorn börjar självsvänga pga att man har återkoppling på en diskret λ-sensor och att det finns en tidsfördröjning i återkopplingsloopen. Självsvängningsfrekvensen blir: $f = \frac{1}{4 \cdot 0.1} = 2.5$ Hz.

b. Välj K_p enligt: $K_p = \frac{K_I \cdot 0.1}{2}$. Den förväntade självsvängningsfrekvensen blir: $f = \frac{1}{2 \cdot 0.1} = 5$ Hz.

Uppgift 5.
Drivline uppgiften

a. Modellekvationerna

Motor:

$$J_e\dot{\omega}_e = M_e - M_{tin}$$

Växel:

$$\begin{aligned}\omega_e &= i_g\omega_{tout}\\ M_{tin}i_g &= M_{tout} + f_g\omega_{tout}\end{aligned}$$

Slutväxel:

$$\begin{aligned}\omega_{tout} &= i_f\omega_f\\ M_{tout}i_f &= M_{shaft} + f_f\omega_f\end{aligned}$$

Drivaxel:

$$M_{shaft} = k(\theta_f - \theta_w) + c(\omega_f - \omega_w)$$

Hjul:

$$\begin{aligned}J_w\dot{\omega}_w &= M_{shaft} - F_w r_w\\ r_w\omega_w &= v\end{aligned}$$

Fordon:

$$m\dot{v} = F_w - \frac{1}{2}\rho c_d A v^2 - mgc_r - mg\sin\alpha$$

b. Följande tillstånd väljs: motorvarvtal, drivaxeluppvridning och fordonshastighet:

$$\begin{aligned}x_1 &= \omega_e\\ x_2 &= \theta_f - \theta_w = \frac{\theta_e}{i_g\, i_f} - \theta_w\\ x_3 &= \omega_w\end{aligned}$$

På tillståndsform blir detta

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= \frac{1}{J_e}\left(M_e - \frac{k}{i_g i_f}x_2 - \frac{c}{i_g i_f}\left(\frac{x_1}{i_g i_f} - x_3\right) - \frac{f_f}{i_g^2 i_f^2}x_1 - \frac{f_g}{i_g^2}x_1\right)\\ \dot{x}_2 &= \frac{1}{i_g\, i_f}x_1 - x_3\\ \dot{x}_3 &= \frac{1}{m\, r_w^2 + J_w}\left(k\, x_2 + \frac{c}{i_g i_f}x_1 - c\, x_3 - \frac{1}{2}\rho c_d A r_w^3 x_3^2 - r_w\, m\, g\,(c_r + \sin\alpha)\right)\end{aligned}$$

c. Överföringsfunktion från M_e till M_{shaft} blir med $f_g = f_f = c_r = c_d = \alpha = c = 0$

$$G_{M_{shaft}M_e}(s) = \frac{k}{i_f i_g J_e\left(s^2 + \frac{k}{i_f^2 i_g^2 J_e} + \frac{k}{(mr_w^2 + J_w)}\right)}$$

Uppgift 6.
För svar på kunskapsuppgifterna hänvisas till kursboken.