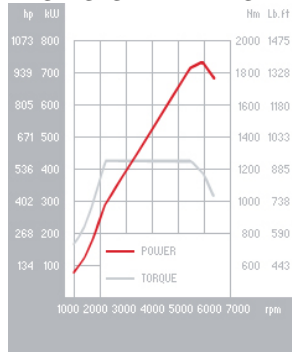


# Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings Universitet

<b>Datum för tentamen</b>	2009-12-22
<b>Sal</b>	R14 (18 platser) R42 (15 platser) R44 (8 platser)
<b>Tid</b>	8-12
<b>Kurskod</b>	TSFS05
<b>Provkod</b>	TENA
<b>Kursnamn</b>	Fordonssystem
<b>Institution</b>	ISY
<b>Antal uppgifter som ingår i tentamen</b>	7
<b>Antal sidor på tentamen (inkl. försättsbladet)</b>	4
<b>Jour/kursansvarig</b>	Lars Eriksson
<b>Telefon under skrivtid</b>	013-284409
<b>Besöker salen ca.</b>	9 och 11
<b>Kursadministratör (namn+tfnnr+e-post)</b>	Anita Petersson, 013-281328, anita@isy.liu.se
<b>Tillåtna hjälpmedel</b>	TeFyMa, Physics Handbook, Miniräknare
<b>Övrigt</b>	Visning 18/1, 2009 Betygsgränser: 23 poäng - 3 33 poäng - 4 43 poäng - 5

# Datablad

Uppgifterna är inspirerade av den serietillverkade supersportbilen Bugatti Veyron 16.8. Bilen är inte i närheten av CO<sub>2</sub>-målen i Kyoto-protokollet men är ändå rolig att räkna på. Följande citat om bilen kommer från TopGear där journalisten verifierade maxhastigheten 407 km/h och sade till kameran "Däcken klarar bara maxhastigheten i 15 minuter, men det gör inget för en full tank med bränsle räcker ändå bara i 12 minuter." Data som anges nedan är i många fall autentiska för motorn och fordonet, men ett antal parametrar och modeller är inte tillgängliga och har givits fiktiva värden.



TÜV Süddeutschland

- Motorn har 16 cylindrar, motorvolymen 8 liter, samt 4 st turboaggregat.
- Kompressionsförhållandet är  $r_c = 9.3$ .
- Turboaggregaten ger 15.8 psi boost vilket motsvarar  $p_i = 2.1$  bar.
- Maxmoment: 1250 Nm, från 2200 till 5500 rpm.
- Maxeffekt: 1001 hp (736 kW), vid 6000 rpm.
- Vid maxeffekten (6000 rpm) suger motorn i sig 38 000 liter luft per minut.
- Bensintankens volym: 100 liter.
- Bränslets egenskaper:  $\rho_f = 0.72$  kg/dm<sup>3</sup>,  $q_{LHV} = 44e6$  J/kg,  $(A/F)_s = 14.6$ .
- Övriga gasparametrar:  $R = 290$  J/kg K,  $\gamma = 1.3$ .
- Följande parametrar antas för **bränslets väg**: Pölparametrar,  $X = 0.4$ ,  $\tau_{fp} = 0.1$  s, transportfördröjning  $\tau_d = 0.2$  s,  $\lambda$ -sensorns tidskonstant  $\tau_s = 0.05$  s.
- De enskilda injektorerna har följande karaktäristik:  $m_f = C_{inj}(t_{inj} - t_0)$  med  $C_{inj} = 7.1e-3$  kg/s och  $t_0 = 0.5e-3$  s.
- I **momentmodellen** så antas förbränningskammarens förluster vara  $\eta_{ig, ch} = 0.85$  och när motorn jobbar vid fullast kan pumparbetet försummas, eftersom  $p_e \approx p_i$ . Vidare så antas motorfriktionen följa

$$FMEP = 0.95 + 0.09 \frac{N}{1000} + 0.04 \left( \frac{N}{1000} \right)^2$$

där FMEP ges i bar och N anges i rpm.

### Uppgift 1.

Betrakta en ideal Seiliger cykel (cykel med begränsat tryck) utan residualgaser. Driftspunkten för cykeln ges av  $p_i=2.5$  bar,  $T_i=20^\circ\text{C}$  och  $\lambda=1$  samt motor- och gasdata från databladet. Under förbränningen så tillförs hälften av energin under konstant volym och resten under konstant tryck. Vad är det maximala trycket och den maximala temperaturen i cykeln? (6 poäng)

### Uppgift 2.

En uppgift som rör medelvärdesmodellering och bränslets väg genom en motor.

- Ange och motivera ekvationerna för tunnfilmsmodellen för bränslepölarerna. Tydliggör vilka modellantaganden som gjorts. (4 poäng)
- Använd värden från databladet och antag att motorn körs på 2000 rpm med ett stationärt luftmassflöde till motorn på  $\dot{m}_{ac} = 0.15$  kg/s. Vid  $t = 1$  s gör man ett stegsvar i öppningstiden för alla 16 injektorerna, från  $t_{inj} = 6.21$  ms till  $t_{inj} = 5.67$  ms. Beräkna stationära värdena på  $\lambda$  före och efter steget. Skissa sedan stegsvaren för följande signaler i samma diagram, och visa hur de olika parametrarna påverkar signalernas utseende.
  - $\lambda_c$  in till cylindern (heldragen)
  - $\lambda_{exh}$  för gasen vid sensorn före katalysatorn (streckad).
  - $\lambda_{bc}$  utsignalen från en kontinuerlig  $\lambda$ -sensor före katalysatorn (heldragen).
  - $\lambda_{bc,disc}$  utsignalen från en diskret  $\lambda$ -sensor före katalysatorn (streckprickad).

(4 poäng)

### Uppgift 3.

Bugatti Veyron motorn har fyra turboaggregat som leverar ett insugstryck på 2.1 bar. Antag att kompressorn har inloppstrycket 1 atm, turbinen utloppstrycket 1 atm, motorn körs vid  $\lambda = 1$ , och att 80% av avgasflödet går genom turbinerna (resten passerar genom wastegaten). Inloppstemperaturerna är  $20^\circ\text{C}$  för kompressorn och 1200 K för turbinen samt effektiviteterna är  $\eta_c = 0.8$ ,  $\eta_t = 0.78$ , och  $\eta_m = 1.0$ . Övriga turbo- och gasdata ges av databladet. Hur stort avgasmottryck behövs för att generera 2.1 bar efter kompressorn? (5 poäng)

### Uppgift 4.

I denna uppgiften skall en drivlina modelleras med syftet att uppskatta bränsleförbrukning, acceleration, och maxhastighet. Man kan då anta stel drivlina men behöver ha med fordonets rullmotstånd ( $F_r = m g (f_{r,0} + f_{r,1} v)$ ) och luftmotstånd i modellen. Vidare så är det tänkt att motorfriktionens inverkan skall specialstuderas så att den modelleras med en separat modell ( $M_{e,fr} = c_0 + c_1 \dot{\theta}_e$ ). Insignalen till modellen är det indikerade momentet  $M_i$  vilken tillsammans med friktionen ger motorns utmoment  $M_e = M_i - M_{e,fr}$ . Växellådan och slutväxeln slås samman till en utväxling  $i_g \cdot i_f$  och rullvillkor antas vid hjulen. Tröghetsmomenten för motor  $J_e$  och hjul  $J_w$  skall också tas med i modellen. Övriga förluster kan försummas. Ställ upp ekvationerna för komponenterna och ta sedan fram den (olinjära) tillståndsmoellen för fordonets hjulvarvtal.

(6 poäng)

### Uppgift 5.

En uppgift som rör bränsleförbrukning och dess koppling till momentmodellen.

- a. Om man kör Bugatti Veyron-motorn på maxeffekten så tar bränslet slut på 12 minuter. Vilken motoreffektivitet motsvarar detta? Antag vidare att växellådan är matchad så att maxhastigheten nås vid maxeffekten, vilken bränsleförbrukning, i liter per mil, motsvarar detta? (2 poäng)
- b. Utgå från momentmodellen och antag att tändningstidpunkten är optimal samt att man kan köra motorn på  $\lambda = 1$  i den punkten. Vilket bränsleflöde (till hela motorn) skulle det då krävas för att generera motorns maximala effekt? Ange även vilken motoreffektivitet detta motsvarar? (5 poäng)
- c. Vid fullast så vidtar man åtgärder för att skydda motor, turbo, och katalysator. Utgående från informationen i databladet om luftflödet och bränsleåtgången vid maxeffekt, vilket  $\lambda$  har man vid maxeffekten? Antag vidare att momentmodellen med bränsleupprikning ger en korrekt beskrivning av momentgenererandet och bränsleförbrukningen, vilken tändningseffektivitet  $\eta_{ign}$  behövs då för att momentmodellen skall ge samma maxeffekt som motorn? (3 poäng)

### Uppgift 6.

Två uppgifter runt motorreglering.

- a. Som nämnts i föregående uppgift så skyddar man ibland motorn med hjälp av tändningsstyrningen. Vad skyddar man den mot och tänder man då tidigare eller senare än optimalt? Vad är det för storhet i cylindern man styr och hur påverkas den av styrningen? (2 poäng)
- b. I luft/bränslerigeringsammanhang pratar man om *air mass flow principle* och *speed density principle*. I vilken reglerloop används dessa? Redogör för principerna och ange ekvationerna som används i respektive princip. (3 poäng)

### Uppgift 7.

Kunskapsuppgifter

- I en bensinmotor påverkas emissionerna av  $\lambda$ . Skissa hur  $\lambda$  påverkar HC, CO och  $\text{NO}_x$  emissionerna som kommer ut ur motorn samt de som kommer ut ur katalysatorn, indikera speciellt om det finns ett max, min eller knä och ange i så fall för vilket  $\lambda$  det antas. (4 poäng)
- Vad är OBD och varför har det införts? (2 poäng)
- Ge två anledningar till varför en konventionell bensinmotor har lägre verkningsgrad än en dieselmotor vid dellast. (2 poäng)
- Varför vill man minska katalysatorns light-offtid? Ange även hur man kan styra motorn för att minska den. (2 poäng)