

Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings Universitet

Datum för tentamen	2010-12-22
Sal	G35 (13 platser) G37 (18 platser) TER3 (5 platser)
Tid	8-12
Kurskod	TSFS05
Provkod	TEN2
Kursnamn	Fordonssystem
Institution	ISY
Antal uppgifter som ingår i tentamen	7
Antal sidor på tentamen (inkl. försättsbladet)	5
Jour/kursansvarig	Lars Eriksson
Telefon under skrivtid	013-284409
Besöker salen ca.	9 och 11
Kursadministratör (namn+tfnnr+e-post)	Anita Petersson, 013-281328, anita@isy.liu.se
Tillåtna hjälpmedel	TeFyMa, Physics Handbook, Miniräknare
Övrigt	Betygsgränser: 23 poäng - 3 33 poäng - 4 43 poäng - 5

Datablad

Det är idag stort fokus på bränsleförbrukning och tillverkarna anstränger sig för att möta önskemålen på låga CO₂ utsläpp. Bilen som stått modell för exemplen är nedanstående SAAB 9³ TTiD EcoPower, vilket är en dieselmotor med dubbla turboaggregat som släpper ut 119 g CO₂/km.

Motorspecifikation: 1.9 liter diesel, fyr-cylindrig radmotor, tvärställd, cylinderhuvud i aluminium, block i gjutjärn, dubbla överliggande kamaxlar, 16 ventiler, turbo (tvåstegs), common rail, direkt multipelinsprutning.



Luft- och bränsledata			Storheter i gasflödesvägen			
R	290	J/kg K	Omgivningstryck	p_{amb}	101.3	kPa
c_p	1120	J/kg K	Omgivningstemp.	T_{amb}	20	°C
γ	1.35	-	Temp. i insugsrör	T_i	303	K
$(A/F)_s$	14.6	-	Temp. före turbin	T_{em}	980	K
λ	≥ 1.3	-	Tryck efter turbin	p_t	110	kPa
q_{LHV}	$44.8 \cdot 10^6$	J/kg	Turbo-data (stor turbo)			
Motordata			Kompressor	η_c	0.78	-
Motorvolym	$V_d \cdot n_{cyl}$	1.91 dm ³	Turbin	η_t	0.72	-
Cylinderantal	n_{cyl}	4	Mekanisk	η_m	0.98	-
Kompression	r_c	16.5	Fordondata			
Fyllnadsgrad	η_{vol}	0.95	Fordonsmassa	m	1605	kg
Borrning	B	90.4	Frontarea	A	2.1	m ²
Slaglängd	B	82	Hjulradie	r_w	0.3	m
Max effekt	P_{max}	132	Luftmotståndskoeff.	C_D	0.29	-
Max moment	M_{max}	400	Rullmotståndskoeff.	$c_{r,0}$	0.015	-

Andra fakta och data för momentmodellen

Den omgivande luften har en densitet på $\rho_{air} = 1.2 \text{ kg/m}^3$, och övriga data för fordonet ges i tabellerna på denna sidan. Slutväxeln har utväxlingen 3.750 och växellådan har följande utväxlingar

1:an	2:an	3:an	4:an	5:an	6:an
3.91	2.04	1.321	0.954	0.755	0.623

I momentmodellen försummas pumparbetet eftersom det är en dieselmotor, vidare så antar vi att man sprutar in bränslet med optimal timing så att $\eta_{ign} = 1$ och att effektiviteten i förbränningskammaren är $\eta_{ig, ch} = 0.85$. Motorfriktionsmodellen (där FMEP ges i bar och N ges i RPM) är:

$$\text{FMEP} = 0.97 + 0.15 \left(\frac{N}{1000} \right) + 0.05 \left(\frac{N}{1000} \right)^2$$

Uppgift 1.

En uppgift runt den ideala dieselpcykeln.

- Rita pV-diagrammet för den ideala dieselpcykeln och visa var värme tillförs och bortförs. (1 poäng)
- Härled uttrycket för dieselpcykelns effektivitet, dvs visa att

$$\eta_{Diesel} = 1 - \frac{1}{r_c^{\gamma-1}} \frac{\beta^\gamma - 1}{(\beta - 1)\gamma}$$

där $\beta = \frac{V_3}{V_2}$. (4 poäng)

- Hur skiljer sig den ideala dieselpcykeln från arbetsprocessen i en fyrtakts dieselmotor? (2 poäng)
- Den ideala dieselpcykelns effektivitet är lägre än den ideala Otto-cykelns. Dieselpcykelns effektivitet beror även på luft/bränsle förhållandet och blir mer och mer effektiv ju mindre bränsle man bränner. Visa att $\eta_{Diesel}(\lambda) \rightarrow \eta_{Otto}$ då $\lambda \rightarrow \infty$. (3 poäng)

Uppgift 2.

Betrakta en kontrollvolym V_i där in- och utflöden är givna signaler (dvs $\dot{m}_{in}(t)$ och $\dot{m}_{ut}(t)$ är kända). Härled differentialekvationen för trycket som beskriver fyllnads- och tömningsdynamiken. Ange speciellt vilka antaganden som ligger bakom modellen. (3 poäng)

Uppgift 3.

Betrakta en bensinmotor som arbetar vid konstant varvtal och last. Bränslein-sprutningen styrs av en enkel, enbart integrerande, regulator som använder en diskret λ -sensor (dvs en λ -sensor som momentant växlar mellan två konstanta nivåer beroende på om λ är större eller mindre än 1). Tidsfördröjningen från insprutad bränslemängd till λ -sensorn är $\tau_d = 0.1$ s. Bortse ifrån pöddynamik och sensordynamik.

Ange under dessa förutsättningar de fyra tidsfunktionerna för insprutad bränslemängd (insignalen), λ i cylindern, λ vid sensorn och λ -sensorsignalen. Ange även självsvängningsfrekvensen. (4 poäng)

Uppgift 4.

Motorn till fordonet i databladet är utrustade med två turboaggregat av olika storlek. Dessa styrs så att man vid låga varvtal använder den lilla turbon, och vid höga varvtal använder den stora turbon. Detta gör att man kan analysera dem separat och vi skall bara titta på det stora aggregatet. Utgå från data i databladet och gör följande antaganden: wastegaten är helt stängd, det är inte några tryckförluster över intercooler och luftfilter, samt att motorn körs med $\lambda = 1.3$. Vilket avgasmottryck fås om man behöver 2.05 bar i insugsröret?

(5 poäng)

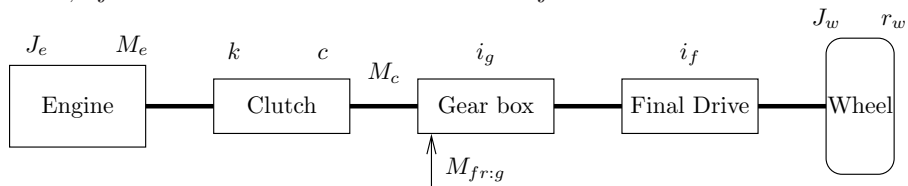
Uppgift 5.

Styrsystemet till motorn i databladet är kalibrerat så att motorn skall få en rak momentkurva (dvs konstant maxmoment över ett varvtalsintervall) på 400 Nm. För att få en rak momentkurva så behöver man styra maximala laddtrycket så att det kompenserar för varvtalsberoende effekter såsom motorfriktion och flödesförluster i gasflödessystemet (luftfilter, intercooler, avgassystem, etc). Alla delarna är viktiga men i uppgiften kommer vi bara att betrakta friktionen.

- Utgå från momentmodellen och information i databladet för ta fram en ekvation som beskriver trycket i insugsröret som funktion av motorvarvtal, givet att motorn skall ha 400 Nm i utmoment och att λ ligger på sitt gränsvärde. (6 poäng)
- För höga motorvarvtal når turbon sina begränsningar, såsom maxvarvtal, maxflöde och max temperatur, vilket gör att laddtrycket måste sänkas och man når så småningom maxeffekten. Antag att maxmomentet kan hållas fram till maxeffekten. Vilket laddtryck och luftmassflöde skulle man då ha vid maxeffekten? (2 poäng)

Uppgift 6.

Betrakta nedanstående drivlina, som består av: motor, koppling, växellåda, slutväxel, hjul och fordon. Rullvillkor antas vid hjulet.



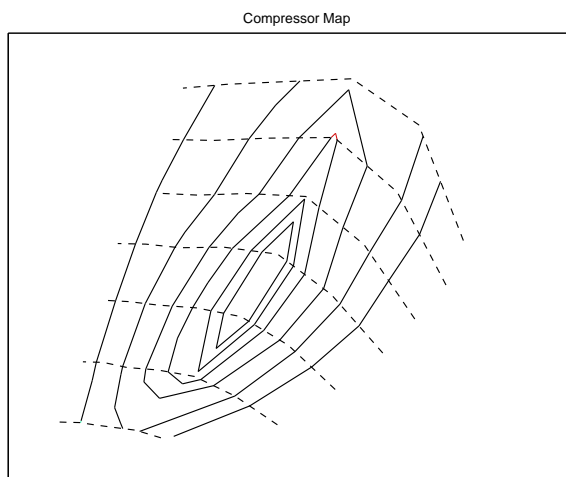
Modellen skall användas till att studera kopplingens uppvridning och den modelleras som en torsionsfjäder (med dämpning). Vidare så modelleras friktionsförlusterna i drivlinan som ett enda belastande moment och antas belasta drivlinan med 4% av det pålagda momentet (dvs drivlinan har 96% effektivitet). Momentet kan antas verka på ingående axel på växellådan och man får då $M_{fr:g} = 0.04 M_c$, där M_c är momentet från kopplingen.

- Ställ upp ekvationerna för komponenterna i drivlinan. Luftmotstånd och (ett konstant) rullmotstånd skall tas med i modellen. (3 poäng)
- Låt motorns drivande moment vara insignal u , gör standardvalen av tillstånd och ställ upp systemet på (olinjär) tillståndsform. (4 poäng)
- Drivlinan antas sitta i fordonet som beskrivs i databladet och fordonet körs med konstant hastighet på 6:e växeln i 120 km/h (svensk motorväg). För stationära förhållanden ($\dot{x} = 0$) kan man ur modellen ovan bestämma både motormomentet som behövs för att driva fordonet framåt samt motorvarvtalet. Bestäm dessa två. (3 poäng)

Uppgift 7.

Kunskapsuppgifter

- Vad är OBD-II? Vad är i detta sammanhang MIL? (2 poäng)
- Varför vill man minimera katalysatorns light-off tid? Hur kan man minska tiden? (2 poäng)
- En av de två huvudutsläppen från en dieselmotor är sot (eller partiklar) vilken är den andra? Genom att använda EGR kan man minska dessa utsläpp, vilken mekanism utnyttjar man då? Motivera detta med hjälp av en ekvation. (2 poäng)
- Kompressormappen beskriver prestandan hos en kompressor. En typisk map visas i figuren nedan men litet information saknas. Vad skall skrivas på x-axeln, y-axeln, och vad visar streckade resp. heldragna linjerna som är plottade i mappen? (2 poäng)



- Vad är ett fel (fault) och en störning (disturbance) och vilken är huvuduppgiften för ett diagnossystem med avseende på dessa två olika klasser av signaler. (2 poäng)