

Laborationsrapport

Laboration 1 – TSFS05

Linus Linusson – linus@studentmejl.se
Linnea Linneasdatter – linnea@studentmejl.se

1 december 2005

Denna rapportmall innefattar laboration 1 i kursen Fordonssystem (TSFS05). Syftet med mallen är att underlätta för er när ni ska redovisa era resultat och slutsatser. Det kan vara svårt att veta vilken detaljnivå som är lagom att lägga sig på. Vi har därför tagit med ett antal exempel.

En annan stor poäng med mallen är att ni ska ha allt samlat på samma ställe. Dels blir det lättare för oss att rätta och hjälpa er om ni kör fast, men framför allt underlättar det för er själva. Det ni skriver i Kapitel 2 och som ni lämnar in som förberedelse, är det som ni kommer bygga resten av arbetet på. Kom bara ihåg att ta med er rapporten och att titta i den när ni jobbar med labben!

Mallen innehåller redan en hel del text. Den som är skriven med vanlig rak stil är text som ni kan låta vara kvar. Text skriven med kursiverad stil som den här, ska ni däremot sudda ut eftersom den bara är tänkt som hjälp till er medan ni skriver rapporten.

Vill ni utforma er rapport på ett annat sätt än som i den här mallen eller skriva i ett annat ordbehandlingsverktyg går det givetvis bra. Det viktiga är att resultat och diskussioner för alla ingående delar redovisas tydligt.

Innehåll

1	Introduktion	4
2	Modellbeskrivning och experimentplan	5
2.1	Hela motorn	6
2.2	Gaspedal	6
2.2.1	Modellbeskrivning	6
2.2.2	Experimentplan	7
2.3	Gasspjäll	7
2.3.1	Modellbeskrivning	7
2.3.2	Experimentplan	8
2.4	Insugningsrör	9
2.5	Bränsleinsprutning	9
2.6	Bränslepölar	9
2.7	Cylindern	9
2.8	Avgassystem med lambdagivare	9
3	Stationär analys	10
4	Implementering och validering av motormodell	11
4.1	Gaspedal	11
4.2	Gasspjäll	11
4.3	Insugningsrör	12
4.4	Bränsleinsprutning	12
4.5	Bränslepölar	12
4.6	Cylindern	12
4.7	Avgassystem	12
5	Regulator	14
6	Longitudinell fordonsmodell	15
7	Experiment	16
7.1	Testkörning på del av körcykel	16
7.2	Simulering av hel körcykel	16
7.3	Bränsleförbrukning	16
7.4	Emissioner	16
8	Slutsatser	17

Kapitel 1

Introduktion

I den här laborationsrapporten behandlas i första hand en turboladdad motor från SAAB. En matematisk modell för motorn tas fram och implementeras, dess modellparametrar identifieras ur mätdata, och de olika delmodellerna valideras. Till bränsleinsprutningssystemet kopplas en regulator, som använder sig av såväl framkoppling som återkoppling från den diskreta lambdagivaren. Slutligen kopplas motorn samman med ett antal färdiga moduler innehållande förarmodell, kopplingsmodell och drivlinemodell. Detta för att kunna utföra simuleringar av helfordon. En serie experiment utförs vars syfte är att studera emissionsbildning och bränsleförbrukning. Verktuget som används för implementeringen är Matlab kombinerat med Simulink.

Förutom arbetet med motormodellen behandlar rapporten en serie undersökningar, vars syfte är att illustrera hur energi lagrat i bränsle under motorns arbetscykel omvandlas till ett drivande moment, och de förluster som kan uppstå.

I Kapitel 2 delas motorn upp i delkomponenter. Varje komponents uppförande beskrivs matematiskt och experiment för att bestämma modellparametrar designas.

I Kapitel 3 redovisas och diskuteras resultatet av undersökningen om hur motorn producerar moment, dvs laboration 1B.

I Kapitel 4 redovisas och diskuteras resultaten från de experiment som beskrivs i Kapitel 2. Detta är det första kapitlet som behandlar laboration 1C.

Kapitel 5 behandlar bränsleinsprutningsregulatorn.

Kapitel 6 introducerar en longitudinell fordonsmodell.

Kapitel 7 redovisar och diskuteras resultaten av en serie experiment.

I Kapitel 8 redogörs för de slutsatser som dragits under modellbygget och simuleringsstudierna, och en sammanfattande bild av arbetet ges.

Kapitel 2 utgör förberedelseuppgiften inför laborationen. Komplettera kapitlet med modellbeskrivningar och experimentplan för de komponenter som inte redan beskrivits, och lämna i facket innan utsatt tid.

Till det andra inlämningstillfället, dvs efter att ni genomfört laboration 1B, vill vi ha in Kapitel 3.

Till det tredje inlämningstillfället, dvs efter att genomfört laboration 1C, ska ni ha skrivit Kapitel 4–8. Vi vill då ha in hela rapporten. Glöm inte att bifoga Matlab-koden!

Kapitel 2

Modellbeskrivning och experimentplan

I det här kapitlet delas motorn upp i ett antal komponenter, som sedan modelleras separat. För varje komponent anges in- och utsignaler, matematisk modell som beskriver uppförandet, samt de parametrar som ska bestämmas. Därefter beskrivs hur modellparametrarna ska identifieras.

Insignaler till motorn är gaspedalposition, varvtal och bränsleinsprutningstid. Utsignaler är motormoment, faktiskt och uppmätt lambda, uppmätt luftmassflöde förbi spjället och uppmätt tryck i insugningsröret. De givare som mäter luftmassflödet och trycket i insugningsröret antas ha försumbar dynamik, medan dynamik och fördröjningar vid lambda-mätningen tas hänsyn till. Motorn delas upp i följande komponenter:

- Gaspedal
- Gasspjäll
- Insugningsrör
- Bränsleinsprutning
- Bränslepölar
- Cylindern
- Avgassystem

Eftersom simuleringar ska göras med både varm och kall motor, undersöks även hur lång tid det tar för katalysatorn att bli varm.

Till er hjälp finns en komplett modellbeskrivning och experimentplan för gasspjället, samt större delen av modellbeskrivningen för gaspedalen. Använd dessa som mall när ni utformar modellbeskrivning och experimentplan för övriga komponenter.

2.1 Hela motorn

Utsignaler: Motormoment (M), normerat luft/bränsle-förhållande (λ), λ mätt med diskret givare (λ_d), luftmassflöde förbi spjället ($\dot{m}_{at}$), och tryck i insugningsröret (p_{im})

Insignaler: Gaspedalläge (β_{ped}), varvtal (N) och insprutningstid (t_{inj})

Motormodellen kan delas upp i ett antal delblock. I Figur 2.1 visas ett blockschema över motorn, där man kan se vilka delblock som ingår i modellen och respektive blocks in- och utsignaler.



Figur 2.1: Blockschema över hela motormodellen. *Rita ett blockschema över hela motorn, i vilket man tydligt kan följa hur signalerna (de fysikaliska storheterna) flödar mellan de olika delblocken.*

2.2 Gaspedal

På moderna motorer anger gaspedalläget önskat referensluftmassflöde. Här presenteras en modell för detta samband. Samma modell finns beskriven i laborationskompendiet. I modellen kan gaspedalläget β_{ped} varieras kontinuerligt mellan 0 och 1. Ett blockschema över gaspedalen visas i Figur 2.2.

Obs! Pedalpedalläge är inte detsamma som gasspjällvinkel.

2.2.1 Modellbeskrivning

Utsignaler: Referensluftmassflöde ($\dot{m}_{at,ref}$)

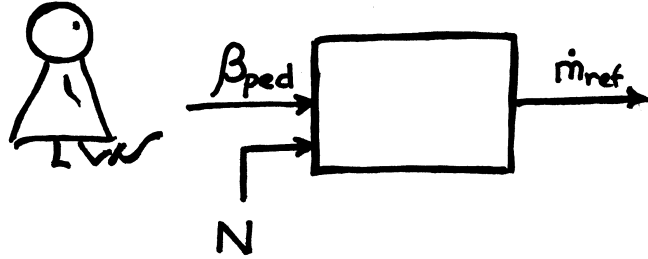
Insignaler: Gaspedalläge (β_{ped})

Modell: Referensluftmassflödet ges av

$$\dot{m}_{at,ref} = \dot{m}_{at,min} + (\dot{m}_{at,max}(N) - \dot{m}_{at,min}) \cdot \beta_{ped} \quad (2.1)$$

där det maximala luftmassflödet approximeras med

$$\dot{m}_{at,max}(N) = \frac{n_{cyl}N}{n_r} \frac{p_{amb}\Pi_{bl}V_d}{RT_{im}} \quad (2.2)$$



Figur 2.2: Blockschema över gaspedalen.

Parametrar att bestämma: Minimalt luftmassflöde ($\dot{m}_{at,min}$), omgivningstryck (p_{amb}), samt temperatur i insugningsröret (T_{im})

Övriga parametrar: Antal cylindrar (n_{cyl}), antal vevaxelvarv per motorvarv (n_r), överladdningsfaktor (Π_{bl}), specifika gaskonstanten (R), samt slagvolym (V_d). Parametrarna har följande värden:

$$\begin{cases} n_{cyl} = \dots \\ n_r = 2 \\ \Pi_{bl} = \dots \\ R = \dots \\ V_d = \dots \end{cases}$$

2.2.2 Experimentplan

Så här tänker vi bestämma det minimala luftmassflödet, som vi antar är samma som tomgångsluftmassflödet Dessutom ska vi bestämma omgivningstrycket och temperaturen i insugningssystemet.

2.3 Gasspjäll

Gasspjället används för att reglera luftmassflödet så att det styrs in mot referensvärdet $\dot{m}_{at,ref}$. Gasspjället med dess regulator är komplicerad att modellera, och hela uppträdandet approximeras därför här med ett första ordningens system. Ett blockschema över gasspjället visas i Figur 2.3.

2.3.1 Modellbeskrivning

Utsignal: Luftmassflöde ($\dot{m}_{at}$)

Insignal: Referensluftmassflöde ($\dot{m}_{at,ref}$)

Modell: Förändringen i luftmassflödet ges av

$$\frac{d\dot{m}_{at}(t)}{dt} = \frac{1}{\tau_{th}} (\dot{m}_{at,ref} - \dot{m}_{at}(t)) \quad (2.3)$$



Figur 2.3: Blockschema över gasspjället.

Luftmassflödet fås genom en integration:

$$\dot{m}_{at}(t) = \int_{t_0}^t \left(\frac{d\dot{m}_{at}(t)}{dt} \right) dt \quad (2.4)$$

Parameter att bestämma: Tidskonstanten τ_{th}

Övriga parametrar: -

2.3.2 Experimentplan

Parameter att bestämma: Spjällsystemets tidskonstant τ_{th} .

Mätningar: Luftmassflöde ($\dot{m}_{at}$), spjällvinkel (α) och tid (t).

Styrning: Gaspedalläge (β_{ped})

Typ av experiment: Stegvarsexperiment, dvs dynamikmätning.

Utförande: Motorn körs med konstant varvtal i en arbetspunkt och flera steg (upp-ned-upp-ned o.s.v.) utförs i pedalposition. Tiderna mellan stegen väljs så att mätningarna hinner stabilisera sig innan nästa steg görs.

Utvärdering: Eftersom vi inte kan mäta luftmassflödets referensvärde direkt, så mäter vi spjällvinkeln istället. Då sambandet mellan spjällvinkel och massflödets referensvärde är en statisk funktion påverkar inte detta mätningförfarandet. Den mätta spjällvinkeln används således till att se när ett steg påbörjas. Eftersom systemet antas ha dynamik likt ett första ordningens system blir stegsvaret uttryckt i tidsdomän

$$\dot{m}_{at}(t) = \left(1 - e^{-\frac{t-t_0}{\tau_{th}}} \right) (\dot{m}_{ref,new} - \dot{m}_{ref,old}) + \dot{m}_{ref,old} \quad (2.5)$$

där t_0 är tidpunkten då steget sker. Vid tiden $\tau_{th} + t_0$ är

$$\left(1 - e^{-\frac{t-t_0}{\tau_{th}}} \right) = 1 - e^{-1} = 0.63 \quad (2.6)$$

Tidskonstanten bestäms därför som tidsintervallet från tidpunkten då en förändring först kan observeras, till dess att luftmassflödet har nått 63% av den slutliga förändringen.

2.4 Insugningsrör

2.5 Bränsleinsprutning

2.6 Bränslepölar

2.7 Cylindern

Motormoment, luft/bränsleförhållande

2.8 Avgassystem med lambdagivare

Tryck, lambdamätning, kallstartstid

Kapitel 3

Stationär analys

I det här kapitlet redovisas och diskuteras resultaten från laboration 1B. Laborationens syfte är att visa hur ett drivande moment kan produceras ur kemiskt lagrad energi, och var förluster kan uppstå. Tillvägagångssätt beskrivs genom att använda ekvationer redovisas och namnet på de mätdata-filer som använts anges.

Det här kapitlet lämnas in till det andra inlämningstillfället, dvs efter att laboration 1B har genomförts. Bifoga matlab-kod.

Förberedelseuppgifterna behöver inte redovisas i rapporten, men tänk på att de kan ge värdefulla ledtrådar när ni t.ex. ska förklara figurernas utseende.

Kapitel 4

Implementering och validering av motormodell

I det här kapitlet behandlas åter medelvärdesmodellen. Resultaten av parameterskattningarna redovisas, modellerna valideras och implementeringen av modellerna illustreras.

Laboration 1C – Dynamik och emissioner

4.1 Gaspedal

Parametervärde: Det minsta luftmassflödet $\dot{m}_{\text{at,min}}$ i (2.1) bestämdes till ?? kg/s.

Mätdata: För bestämningen av det minsta luftmassflödet användes ??.

Utförande: ...

Implementering: I Figur ?? visas implementationen av gaspedalmodellen.

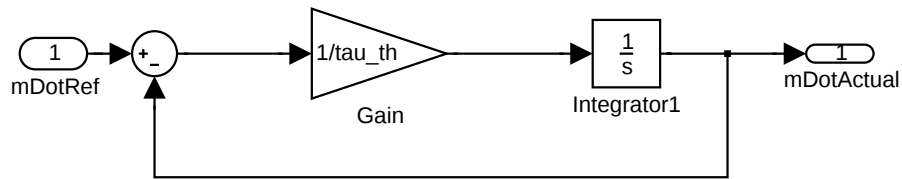
Validering: Eftersom vi inte kan mäta gaspedalens läge, så är det svårt att validera modellen. Dock troliggör vi att den är rimlig och rätt implementerad i Figur ??, där vi redovisar *ett lämpligt simuleringsresultat*. Modellen bedöms som rimlig eftersom ...

4.2 Gasspjäll

Parametervärde: Spjällsystemets tidskonstant τ_{th} i (2.3) bestämdes till 0.3 s.

Mätdata: För parameterbestämningen används mätdataserierna airStep*.

Utförande: I mätsekvenserna identifierades tiden från att steget skedde till dess att 63% av den slutliga förändringen uppnåtts enligt (2.6). Detta gjordes för såväl positiva som negativa steg i pedalpositionen, och för de olika mätsekvenserna i airStep*-filerna. Medelvärdet hos resultaten är ca 0.3 s.



Figur 4.1: Implementering av dynamiken förbi gasspjället.

Implementering: I Figur 4.1 visas en implementation luftdynamik förbi spjället enligt (2.3) och (2.4). Observera att både luftens dynamik och dynamiken hos spjällregulatorn klumpats samman till ett enda första ordningens system.

Validering: I Figur 4.2 visas hur väl den simulerade modellen överensstämmer med mätdata. Modellen är en grov förenkling av verkligheten, eftersom den kombinerade regulator- och luftdynamiken inte alls beter sig som ett första ordningens system. Kurvorna följer därför inte varandra särskilt väl under dynamikfasen. Det kan dock konstateras att snabbheten hos modellens och det verkliga systemet snabba dynamik tycks vara i samma storleksordning.

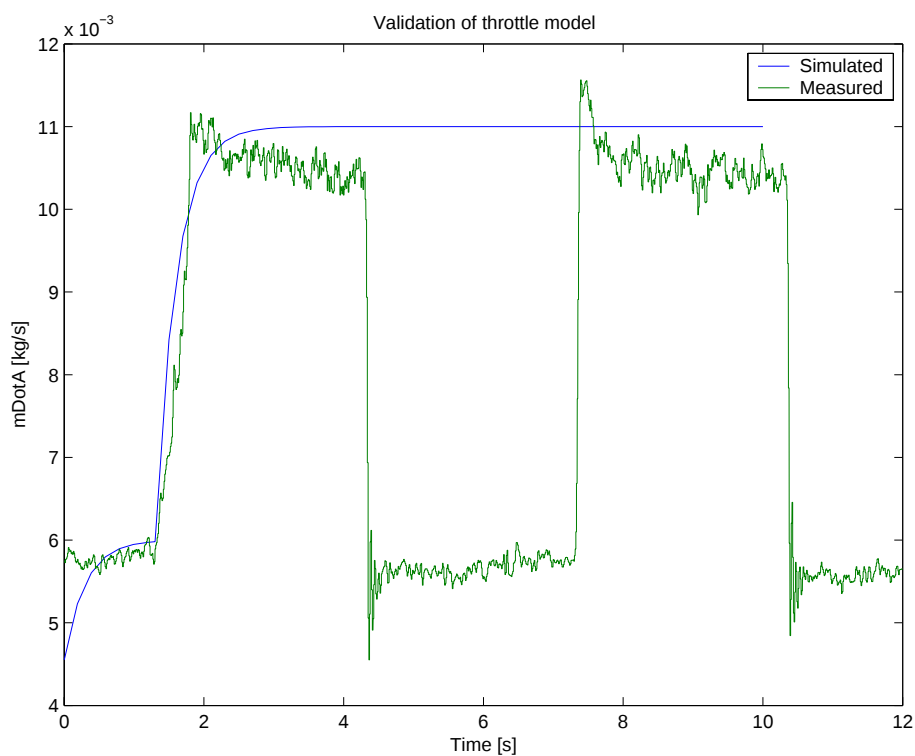
4.3 Insugningsrör

4.4 Bränsleinsprutning

4.5 Bränslepölar

4.6 Cylindern

4.7 Avgassystem



Figur 4.2: Validering av dynamiken förbi gasspjället. I figuren visas både simulerat och uppmätt luftmassflöde. Mätdata som används är airStepLow.mat. Observera att det är stegsvaret efter det första positiva steget i gaspedalposition som simuleringen försöker efterlikna.

Kapitel 5

Regulator

Till motorns bränsleinsprutningssystem kopplas en bränsleregulator. I detta kapitel redovisas design av regulatorn, hur vi gått till väga för att bestämma regulatorparametrarna, samt figurer som visar att vi har lyckats.

Laboration 1C, fortsättning.

Kapitel 6

Longitudinell fordonsmodell

Motorn kopplas ihop med en longitudinell förarmodell. I det här kapitlet redovisas dess utseende och ingående ekvationer. Ett accelerationstest genomförs, och dess resultat rimlighetsbedöms.

Laboration 1C, fortsättning.

Kapitel 7

Experiment

I det här kapitlet redovisas resultaten av ett antal experiment som anges i laborationskompendiet. Resultaten diskuteras och rimligheten bedöms.

Laboration 1C, fortsättning.

7.1 Testkörning på del av körcykel

7.2 Simulering av hel körcykel

7.3 Bränsleförbrukning

7.4 Emissioner

Kapitel 8

Slutsatser