

TSFS05 – Fordonssystem

Lars Eriksson - Kursansvarig
Per Öberg - Vikarierande föreläsare

Fordonssystem, Institutionen för Systemteknik
Linköpings universitet
larez@isy.liu.se

August 23, 2011

Kursens Mål är att ge er:

- ▶ bakgrund och förståelse för de styrsystem som finns i fordon
- ▶ grunden för att utveckla framtidens fordonssystem

Vilka är de viktigaste egenskaperna för ett fordon?

- ▶ effektivt arbete = låg bränsleförbrukning
- ▶ låga emissioner = god miljö
- ▶ körbarhet
- ▶ *säkerhet*

Frivillig laboration?

- ▶ Fullständig demontering av en turbomotor, och därefter ihopmontering.
- ▶ Utförs på helgtider i grupper om fem och startar kl 08.00.
- ▶ Slut senast kl 17 (det kan gå fortare).
- ▶ Intresseanmälan.

Styrsystemens vikt

Styr- och reglersystem är idag fundamentala för att få önskad prestanda.

Exempel:

- ▶ Effektivt arbete:
Det finns flera ledtrådar t.ex. tryck eller varvtalsvariationer.
- ▶ Låga emissioner:
Sensortolkning och utvärdering. Nya sensorer. Diagnos.
- ▶ Körbarhet:
Tolkning av förarens signaler och reglerdesign av trampsvar.
- ▶ Säkerhet:
ABS, styrstabilitet.

Genomgång av kursinformationen

Viktiga punkter:

- ▶ Laborationsdelen är 2 miniprojekt
- ▶ Följer målen på förra OH
- ▶ Projekt 3 hp (\approx 80 timmar)
- ▶ Fem inlämningar
- ▶ Fritt schemalagt moment 1A (motormätningen)
–Obligatorisk närvaro i motorlabbet

Vad finns det för svårigheter?

Hur beskriver man och var köper man en givare för:

- ▶ effektivt arbete
- ▶ låga emissioner
- ▶ körbarhet
- ▶ säkerhet

Styrsystemens vikt

Dessutom förbättras pris och prestanda av:

- ▶ Nya lösningar
- ▶ Samdesign
(Jämför med det mer allmänt kända att styrsystem möjliggör nya flygplanstyper t.ex. "instabila".)
- ▶ Exempel:
Nya motorlösningar: variabla ventiltider, SVC, ..
Nya drivlinelösningar: 42 V, starter-generator, hybrider, ...

Innehållsförteckning

Kursinformation

Grundläggande om motor Principer Luft och bränsle

Motor – Principer

Medelvärdesmodellering

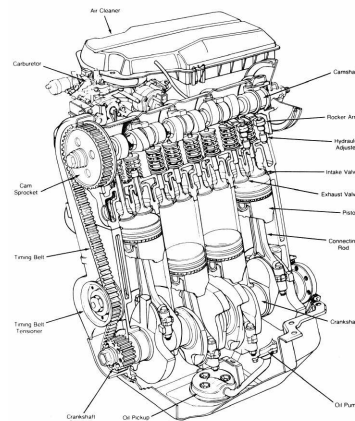
Ett exempel

Chrysler 2.2 liter 70-talet

Grunddesignen innehåller samma komponenter idag.

Kontinuerlig förfining

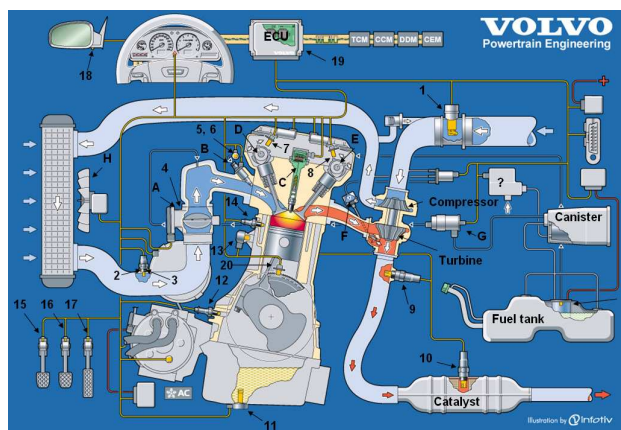
Motordelen behandlar *inledningsvis* fyrtakts Ottomotorer (bensinmotor)



Reklampaus

⇒ Frivilliga laborationen.

Ett till exempel – Turbomotor



Sensorer and Aktuatorer

Aktuatorer:

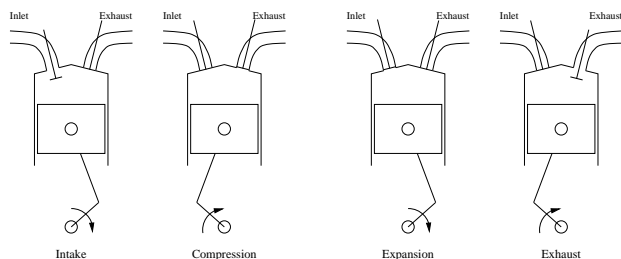
- A. Trottel
- B. Bränsleinjektorer
- C. Tändstift
- D. IVVT (Inlet Valve, Variable Timing)
- E. EVVT (Exhaust Valve, Variable Timing)

- F. TCV (Turbo Control Valve)
- G. EVAP-ventil
- H. Fläkt
- I. Bränslepump

Sensorer:

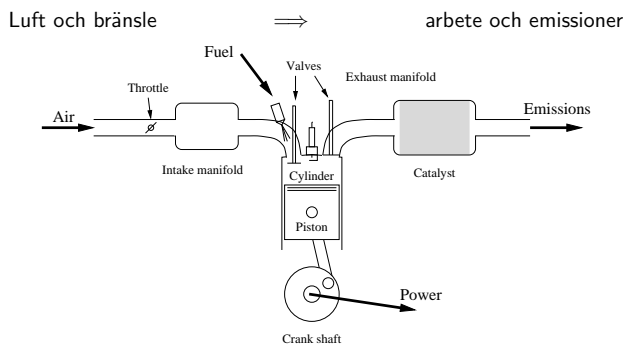
- 1. Luftmassflöde
- 2. Insugstryck
- 3. Insugstemperatur
- 4. Trottelvinkel
- 5. Bränsletryck
- 6. Bränsletemperatur
- 7. Insugsventilstiming
- 8. Avgasventilstiming
- 9. Linjär lambda sensor
- 10. Binär(diskret) lambda sensor
- 11. Oljetemperatur
- 12. Oljetryck
- 13. Knackdetektor
- 14. Kylvattentemperatur
- 15. Kopplingspedal
- 16. Bromspedal
- 17. Gaspedal
- 18. Omgivningstemperatur
- 19. Omgivningstryck
- 20. Vevaxelvinkel och motorvarvtal

Fyrtaktsprincipen



En cykel = 2 varv = 4π

En viktig bild



Innan vi går in på grundläggande beskrivning och principer

–Vad är det som är svårt?

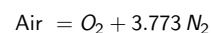
–Vilka ambitioner (drömmar) finns?

Vad är luft?

Constituent	Symbol	Molar mass	Volume [%]	Mass [%]
Oxygen	O_2	31.999	20.95	23.14
Nitrogen	N_2	28.013	78.09	75.53
Argon	Ar	39.948	0.93	1.28
Carbon dioxide	CO_2	44.010	0.03	0.05
Neon	Ne			
Helium	He			
	:			

En enkel modell

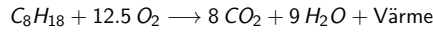
- Syre är syre.
- Allt annat är atmosfärsiskt kväve.



Bränsle

Fuel	Carbon	Hydrogen	Sulphur
100-octane petrol	85.1	14.9	0.01
Motor petrol	85.5	14.4	0.1
Diesel oil	86.3	13.6	0.9

Kemisk energi till termisk energi (värme)



Energivärde för ett bränsle:

q_{HHV} – Higher heating value (vattnet i vätskeform *kondensering*)

q_{LHV} – Lower heating value (vattnet i gasform)

Isooktan C_8H_{18} – ett vanligt referensbränsle

$q_{HHV} = 47.8 \text{ [MJ/kg]}$

$q_{LHV} = 44.3 \text{ [MJ/kg]}$

Energibärare och energitäthet

Vikt för 1 kWh för olika alternativa energikällor.

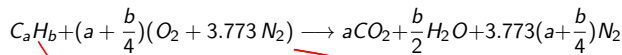
(Källa: Ny Teknik 4 april 1996.)

Storage medium	Weight/kWh
Lead Acid	34 kg
Nickle Cadmium	18 kg
Natrium Sulphur	10 kg
Lithium Ion	10 kg
Lithium Composite	7 kg
Air Zink	4.5 kg
Gasoline	0.1 kg

- ▶ Bensin och diesel är (och kommer att vara) "lätta" drivmedelsalternativ för fordon.
- ▶ Alternativa bränslen i form av kolväten (biobränslen) dyker upp.

Förbränning och stökiometri

- ▶ Perfekt förbränning av ett kolväte



- ▶ Stökiometriskt luft/bränsle-förhållande

$$(A/F) = \frac{m_a}{m_f} \text{ och } (A/F)_s = \frac{(a + \frac{b}{4})(2 \cdot 16.00 + 3.773 \cdot 2 \cdot 14.007)}{12.01 a + 1.008 b}$$

- ▶ Normaliserat luft/bränsle-förhållande

$$\lambda = \frac{(A/F)}{(A/F)_s} \text{ och } \phi = \frac{1}{\lambda}$$

Innehållsförteckning

Kursinformation

Grundläggande om motor

Motor – Principer

Medelvärdesmodellering

Exempel på stegsvar

Trottelmodellering: Rörelse, reglering, luftflöde

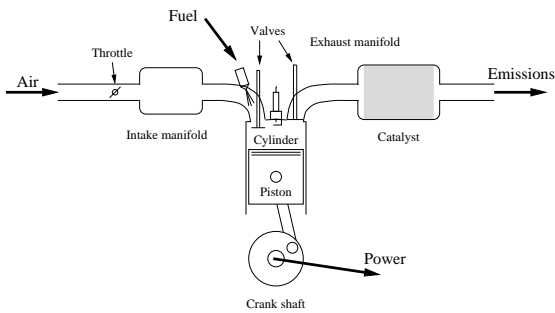
Trottelflöde

Frigjord värme och en enkel modell

$$Q = \min(\lambda, 1) \cdot m_f \cdot q_{LHV}$$

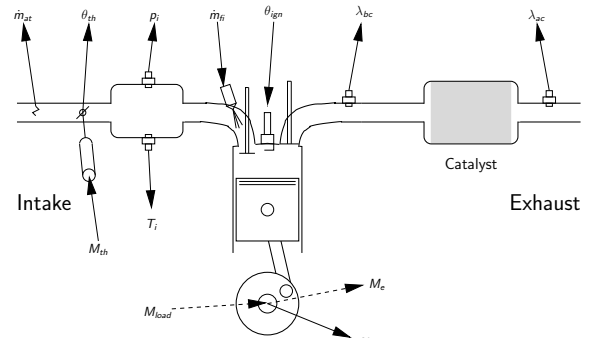
Medelvärdesmodellering

Reglera luft och bränsle. Simulera. Diagnostisera.

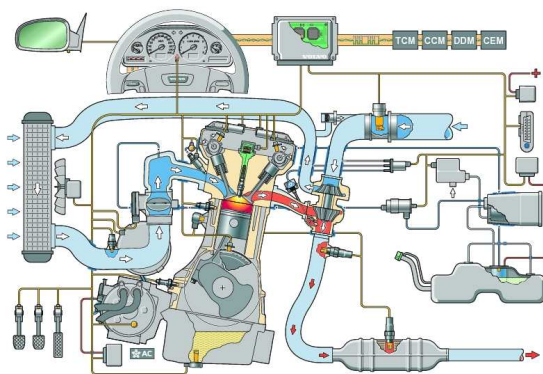


Ett sensor - aktuator perspektiv

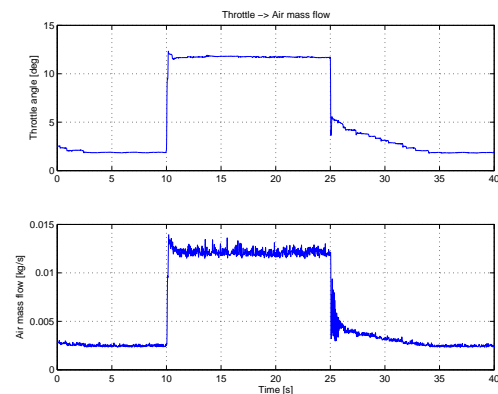
Samband mellan aktuator och sensorer samt sensorer inbördes.



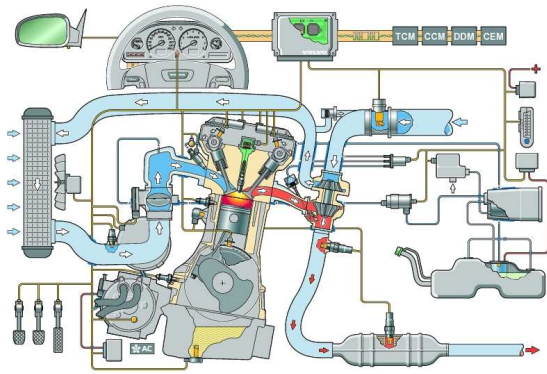
Stegsvar: Trottel → Luftmassflöde



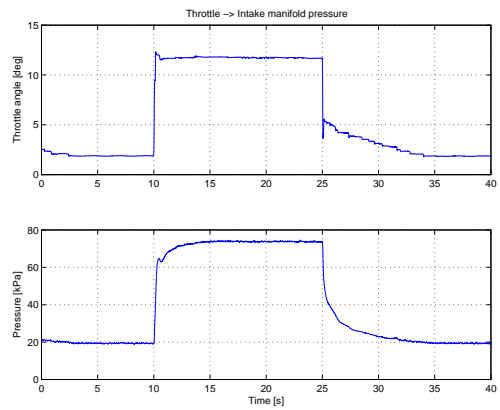
Stegsvar: Trottel → Luftmassflöde



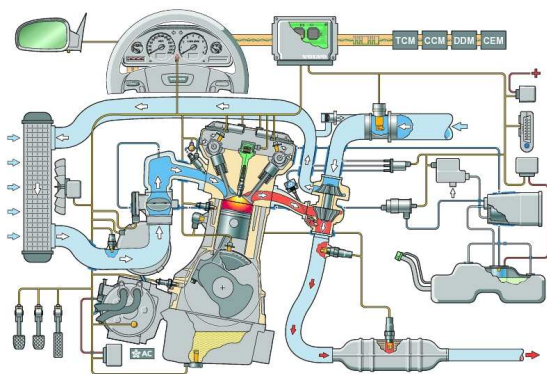
Stegsvar: Trottelt → Insugstryck



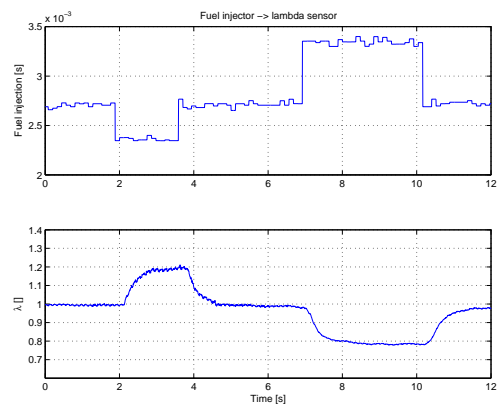
Stegsvar: Trottelt → Insugstryck



Stegsvar: Bränsleinjektor → Lambda sensor



Stegsvar: Bränsleinjektor → Lambda sensor



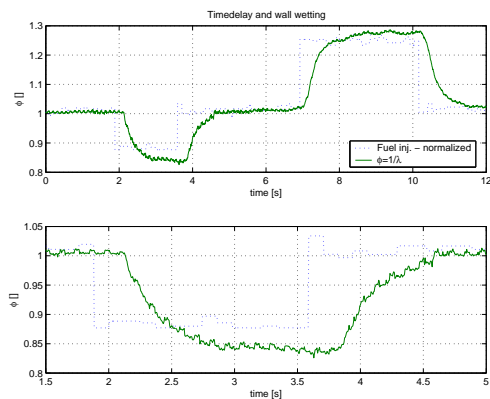
Stegsvar: Bränsleinjektor → Lambda sensor

Medelvärdesmodeller – MVEM

Mean value engine models (MVEM)

Approximativa tidsskalor (det finns ingen skarp gräns):

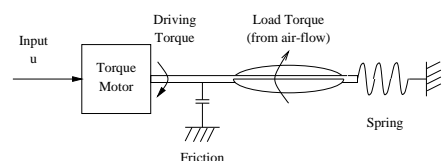
1. changes that take in the order of $\sim 3-1000$ cycles to reach their final state are expressed by differential equations.
2. changes faster than 1 cycle are expressed by static relations.
3. changes slower than 1000 cycle are expressed by constants.



Modellering – Delsystem

Modell 1: Trottelt rörelse

Trotteltvinkel, luftflöden (\dot{m}_{at} , \dot{m}_{ac}), tryck p_i , bränsleinjektor, bränsle film, transport av luft/bränsle, katalysator, sensorer, samt moment.

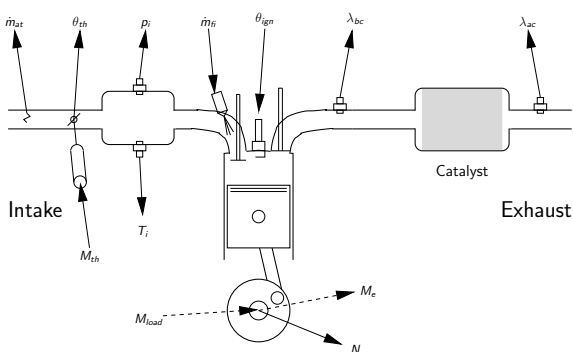


Drivande moment, $M_{th} \Rightarrow$ Trotteltvinkel, α
 Rörelsedynamik, DC-motor med återföringsfjädrer (Newtons 2a lag)

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + a \frac{d\alpha}{dt} = b \cdot (M_{th} - M_{air}) - c \cdot (\alpha - \alpha_0)$$

Modellering av M_{air} är inte lätt (montering och aerodynamic)

Användning: Reglerdesign av trottelt servo.



Modell 2: Trottelt med trotteltregulator

- ▶ System med trottelservo + trotteltaktuator

$$\alpha = G_{th}(s)\alpha_{ref}$$

- ▶ Behövs en dynamisk modell?

$$G_{th} = \frac{1}{s\tau_{th} + 1}$$

- ▶ Behövs en andra ordningens modell?

Kärnfrågor vid modellering

- ▶ Vad skall modellen användas till?
- ▶ Vilken noggrannhet behövs?

Luftintag – Luftflöde

Luftflöde förbi gasspjäll (trottelt)
Allmän ekvation för strypning

$$\dot{m}_{at} = \frac{p_a}{\sqrt{RT_a}} \cdot A \cdot C \cdot \Psi(p_r)$$

A – area

C – “discharge coefficient” (formen på strypningen)

$\Psi(p_r)$ – olinjär funktion av tryckförhållandet

$$p_r = \frac{p_i}{p_a}$$

p_a – tryck före

p_i – tryck efter

Luftintag – Olinjäritet

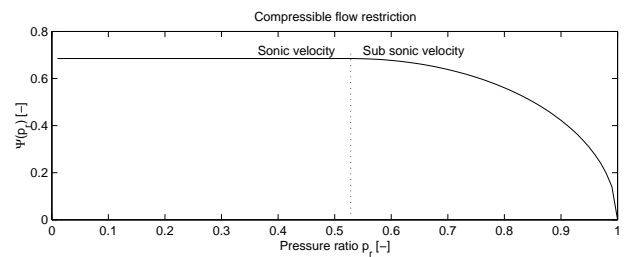
$$\Psi(p_r) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma-1} \left(p_r^{\frac{2}{\gamma}} - p_r^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right)} & p_r > \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \\ \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma-1} \left(\left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{2}{\gamma-1}} - \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right)} & p_r \leq \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \end{cases}$$

Flödes hastigheten begränsas av ljudhastigheten och den kritiska tryckkvoten är

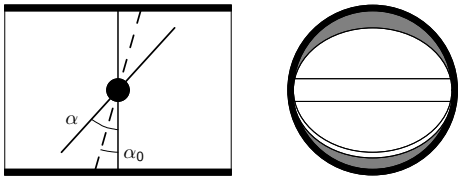
$$p_{r,crit} = \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

där $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$.

Luftintag – Olinjäritet 2



Luftintag – Area



Gasspjäll med definition av vinkel för stängt spjäll α_0 och verklig vinkel α i förhållande till spjällhuset.

Högra figuren visar flödesarean.

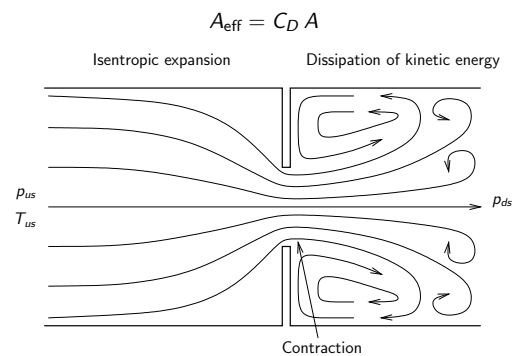
$$A_{th} = A_{th}(\alpha)$$

$$C_{th} = C_{th}(\alpha)$$

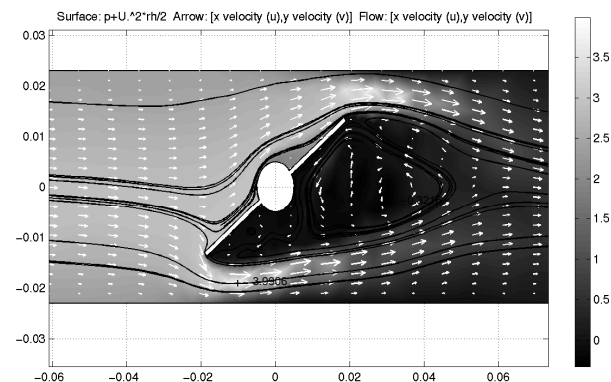
$$Q_{th}(\alpha) = A_{th}(\alpha)C_{th}(\alpha)$$

Kontraktion – Discharge coefficient

Sammandragning av flödeslinjer



Effektiv area $A_{eff}(\alpha) = A_{th}(\alpha)C_{th}(\alpha)$



Modell 3: Luftintag – Ett system

Regulator för luftflödet och trottelt.

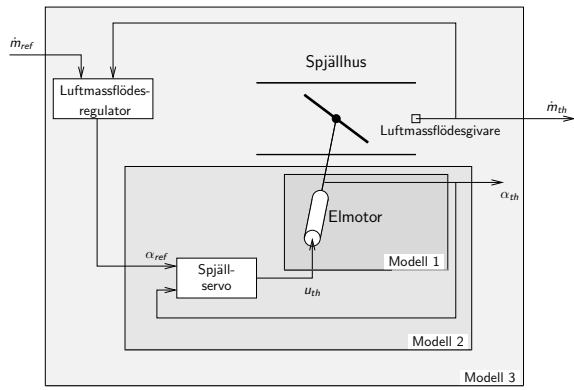
$$\dot{m}_{at} = G_{at}(s)\dot{m}_{at,ref}$$

Statiskt eller dynamiskt system?

$$G_{at}(s) = \frac{1}{s\tau_{at} + 1}$$

Andra ordningens system?

Förslag till projektdel 1c.



Kursinformation

Grundläggande om motor

- Principer
- Luft och bränsle

Motor – Principer

- Luft
- Bränsle
- Förbränning och luft/bränsle-förhållande

Medelvärdesmodellering

- Exempel på stegsvar
- Trottelmodellering: Rörelse, reglering, luftflöde
- Trotteflöde