

# Innehållsförteckning

Repetition

Fortsättning på turbo

Repetition

Grundläggande principer

Reglering

## TSFS05 – Fordonssystem – Fö 11

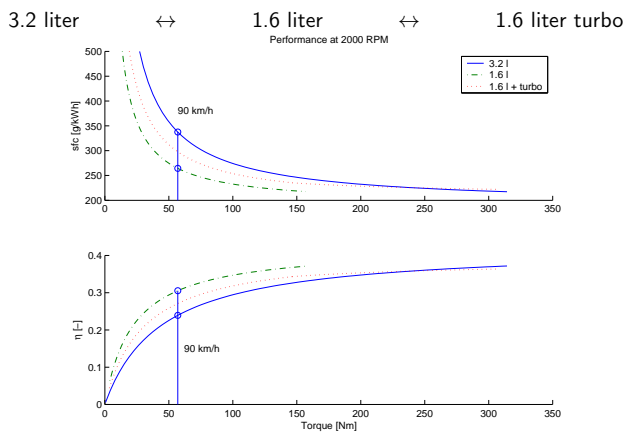
Motor – MVEM och Turbo

Lars Eriksson - Kursansvarig

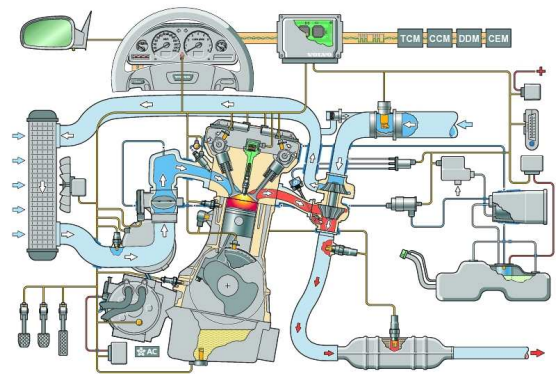
Fordonssystem, Institutionen för Systemteknik  
Linköpings universitet  
laxer@isy.liu.se

November 21, 2011

### Nedskalning och överladdning



### Modelleringsstrategi – MVEM



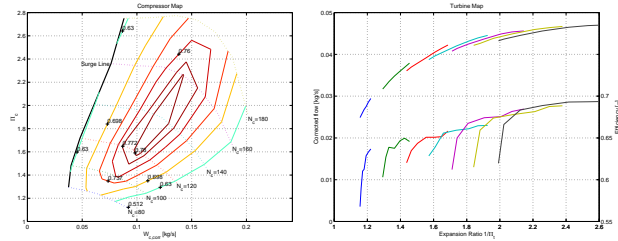
### Kompressor och Turbin – Modeller

Grundläggande princip – Generaliserade restriktioner i MVEM

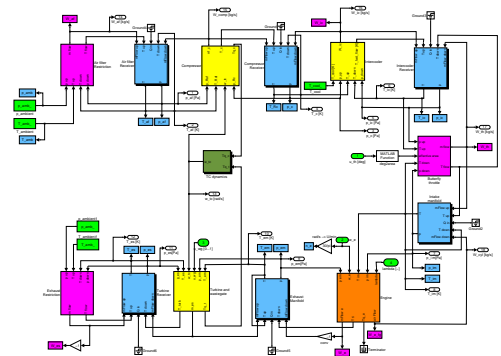
$$\dot{m} = f_1(\Pi, \omega_{tc})$$

$$\eta = f_2(\Pi, \omega_{tc})$$

$$\dot{W} = f_3(\Pi, \omega_{tc}, T_{in})$$



### En MVEM för en Turbomotor



### Innehållsförteckning

Repetition

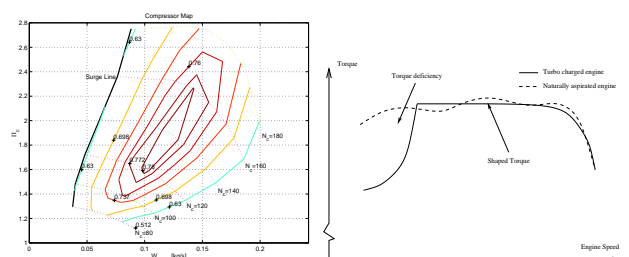
Fortsättning på turbo

Repetition

Grundläggande principer

Reglering

### Momentkaraktäristik och turbo



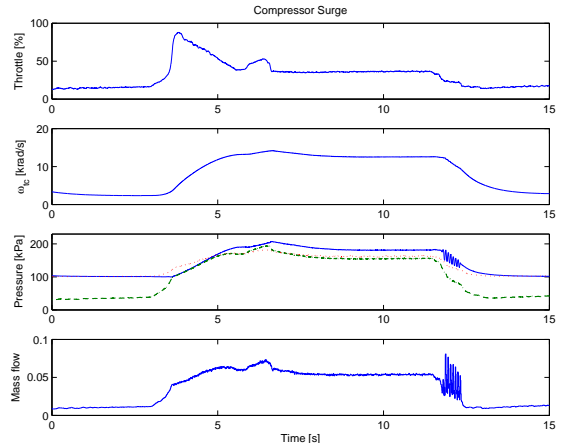
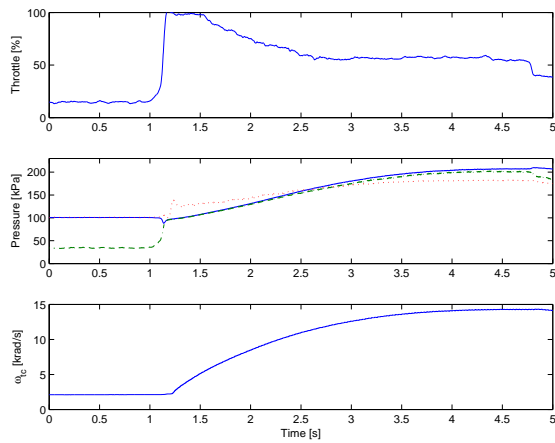
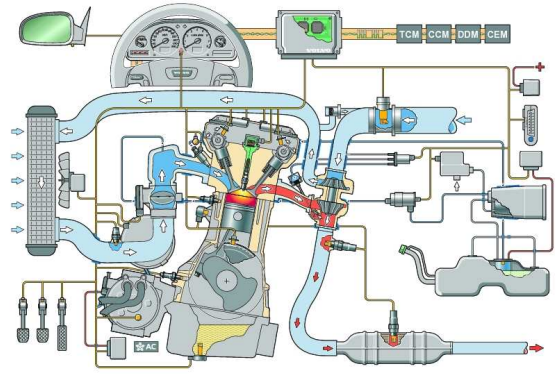
Stationära förhållanden

$$\dot{W}_c = \eta_m \dot{W}_t$$

Dynamiska förhållanden

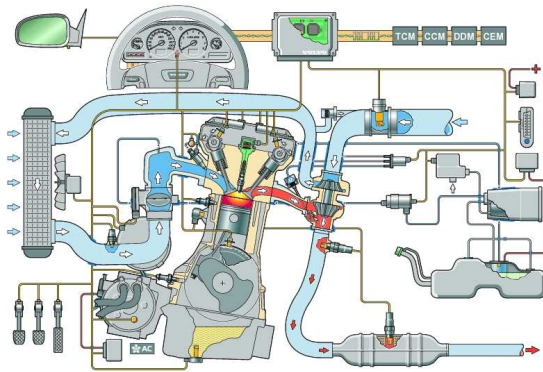
$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J_{tc}} \left( \frac{\dot{W}_t}{\omega_{tc}} \eta_m - \frac{\dot{W}_c}{\omega_{tc}} \right) \quad \text{or} \quad \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J_{tc}} \left( \frac{\dot{W}_t}{\omega_{tc}} - \frac{\dot{W}_c}{\omega_{tc}} \frac{1}{\eta_m} \right)$$

Ett tillstånd för rotationshastigheten  
 –Den dominerande dynamiken i systemet



Surge Ventil – Surge Reglering

Kompressor- och turbineffektivitet



$$\eta_c = \frac{\text{Effekt konsumerad av en ideal process}}{\text{Konsumerad effekt}} = \frac{\left(\frac{p_{02}}{p_{01}}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1}{\frac{T_{02}}{T_{01}} - 1}$$

$$\eta_t = \frac{\text{Producerad effekt}}{\text{Teoretiskt möjlig effekt för ideal process}} = \frac{1 - \frac{T_{04}}{T_{03}}}{1 - \left(\frac{p_{04}}{p_{03}}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}$$

Turbinen – Värmeöverföring ger problem!  
 Definition ovan kan ge  $\eta_t > 1!$

Turbineneffektiviteten

Grundekvationer för turbo

Använd kompressorns effektkonsumtion som mått på:  
 –Producerad effekt

Vid stationäritet – effektbalans

$$\dot{W}_c = \dot{m}_c c_p (T_{02} - T_{01})$$

$$\eta_t \approx \eta_t \eta_m = \frac{\dot{m}_c c_p (T_{02} - T_{01})}{\dot{m}_t c_p (T_{03} - T_{03s})} = \frac{\dot{m}_c c_p (T_{02} - T_{01})}{\dot{m}_t c_p T_{03} \left(1 - \left(\frac{p_{04}}{p_{03}}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right)}$$

$$\dot{W}_c = \eta_m \dot{W}_t$$

$$\dot{W}_c = \dot{m}_c c_p (T_{02} - T_{01}) = \dot{m}_c c_p T_{01} \frac{1}{\eta_c} \left( \left(\frac{p_{02}}{p_{01}}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right)$$

$$\dot{W}_t = \dot{m}_t c_p T_{03} \eta_t \left( 1 - \left(\frac{p_{04}}{p_{03}}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right)$$

Vid samma laddtryck  
 Sämre effektivitet – Högre mottryck på avgassidan

# Innehållsförteckning

Repetition

Fortsättning på turbo

Repetition

Grundläggande principer

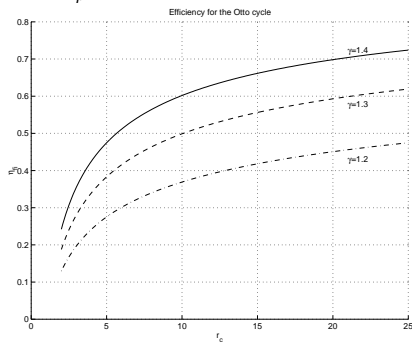
Reglering

## Analys av arbetsprocessen

Ideala cykler, ideal gas och  $c_p$ ,  $c_v$  konstanta.

$$\eta_{f,i} = 1 - \frac{1}{r_c^{\gamma-1}}$$

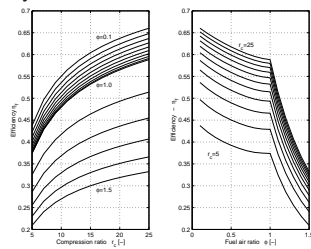
Normalfall  $\gamma = 1.3$



## Fortsatt analys av arbetsprocessen

Ideal Ottocykel, icke idealgas ( $c_p$  och  $c_v$  varierar).

Cykeleffektivitet som funktion av  $\phi = 1/\lambda$  och  $r_c$ .



Högre  $r_c$  ger högre  $\eta$

$\gamma$  ändras med  $\phi$

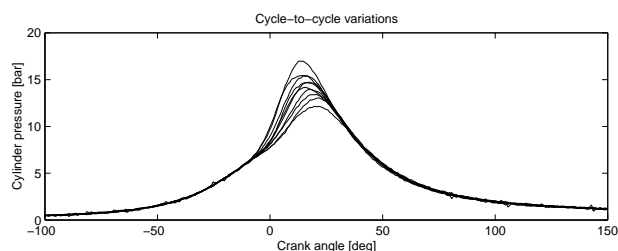
Knä vid  $\phi = 1$   
Jfr momentmodellen  
 $\min(1, \lambda) = \min(1, \frac{1}{\phi})$

"Fullständig" förbränning

## Cykel till cykel variationer

Alla styrvariabler konstanta, lambda reglering urkopplad.

10 konsekutiva cykler

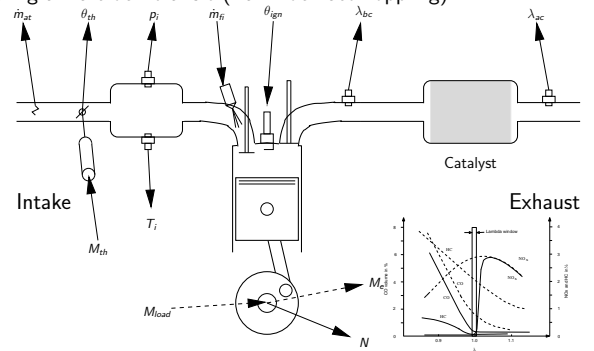


# Motor – Repetition

Medelvärdesmodellering

Inomcykelmodeller: pV-diagram, Momentmodellen

Reglering av luft och bränsle (fram- och återkoppling)



## Innehållsförteckning

Repetition

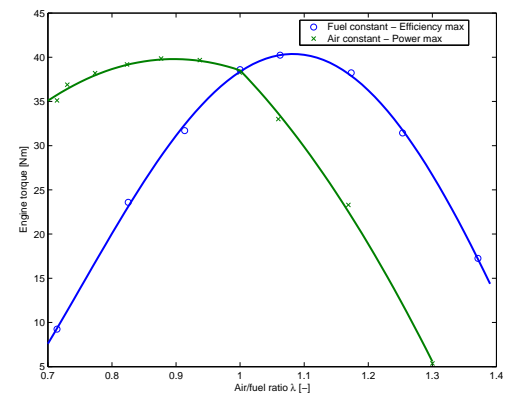
Fortsättning på turbo

Repetition

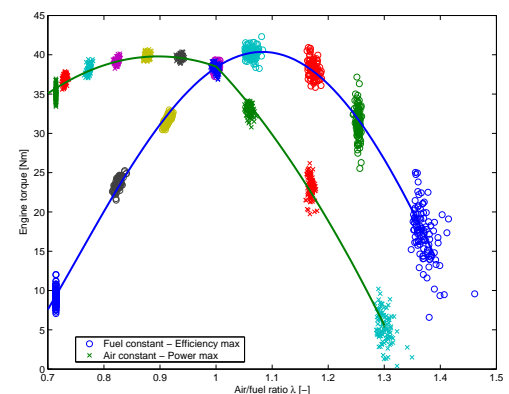
Grundläggande principer

Reglering

## $\lambda$ -svep – Mätningar på en Ottomotor



## Minst variation runt $\lambda = 0.9$



# Innehållsförteckning

Repetition

Fortsättning på turbo

Repetition

Grundläggande principer

Reglering

Tändningsreglering och jonströmmar

## Avdunstningskontroll (Purgeventilreglering)

**Varför:** HC emissioner.

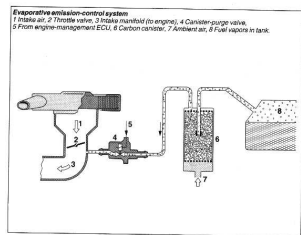
**Vad:** Tömmer kolkanistern på HC.

**Hur:** Öppna ventilen in till insugssystemet.

**Utmaningar:** Hålla  $\lambda = 1$  och körbarhet vid ventilöppnandet. 1% volymflöde med HC  $\Rightarrow$   $\sim 20\%$  i  $\lambda$ .

-Binär ventil (svårt).  
-Kontinuerlig ventil (lättare).

Avstängd vid tomgång och fullast.



## Några ytterligare reglerstrategier

- Cylinderindividuell  $\lambda$ -reglering
- Upprikning vid maxlast
- Tomgångsreglering
- Övervarningskydd
- Motorbromsning (overrun)

Kallstart:      ○ Emissioner (light-off tid)      ○ Uppfötning

## EGR reglering (Exhaust Gas Recycling)

**Varför:** Minska  $NO_x$ .  
Bättre dellastbetende  $p_i$ -ökar.  
Minska knocktendenserna vid hög last (kyld EGR).

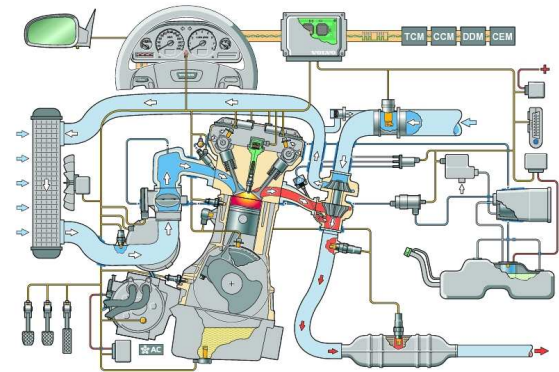
**Vad:** Blanda oförbrända gaser med förbrända.

**Hur:** Öppna ventil mellan insugssystem och avgassystem.  
Avstängd vid tomgång och fullast.

**Utmaningar:** Konsekvenser för  $\lambda$ -reglering (Exempel)  
Hur bestämmer man mängden EGR?  
Det finns en övre gräns på utspädningsmängden.  
Det finns ännu inga bra modeller.  
Sot och partiklar täpper igen rören.

Öppen styrning, kalibrering.  $\leftrightarrow$  Återkopplad reglering.

## Avdunstningskontroll & Diagnosventil



## Motorreglering – Kort historik

På T-forden:  
Manuell reglering av  
-Handgas  
-Tändningsinställning  
"Köra med slokande mustascher"



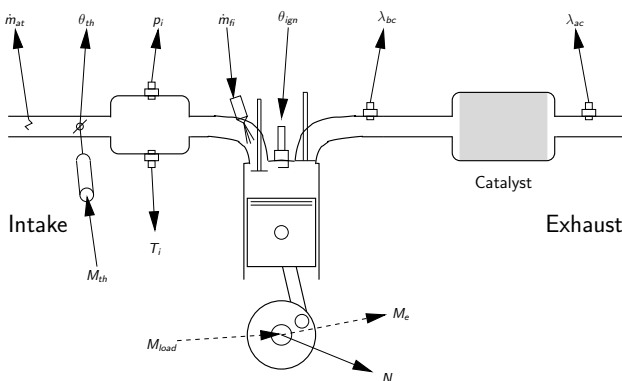
Senare (i Ford Mustang m.fl.):

- ▶ Gaspedal
- ▶ Tändningsinställning genom mekaniskt system; centrifugalregulator och vakuumklocka i fördelaren.



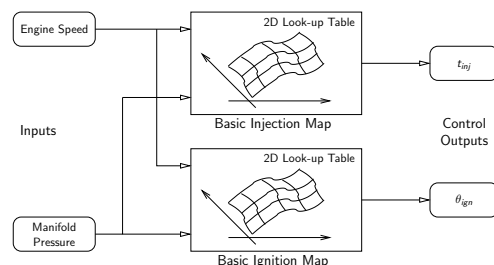
## Motorreglering - Sensorbaserad reglering

Första steget i elektroniska EMS (Engine Management Systems)

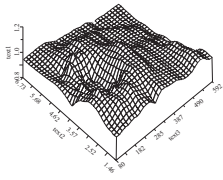


## Motorreglering - Mappbaserad reglering

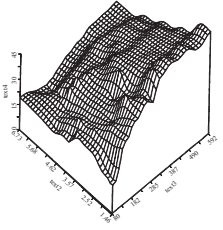
Illustration av hur mappar kan användas för att uppfylla det grundläggande reglerna för bränsle- och tändningsreglering. Målen uppnås via injektoröppningstid  $t_{inj}$ , och tändvinkel  $\theta_{ign}$  i ett regelsystem.



## Engine control - Map based control

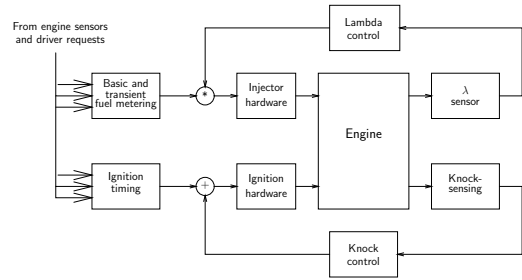


Mapbaserad eglering can utvidgas och optimeras till mycket stor förfiningsgrad.



Ett exempel med optimal luft/bränsle  $\lambda$  and tändningsvinkel  $\alpha$  för ett FTP test.

## Motorreglering - De två huvudlooparna



De olika regulatorerna kan vara  
 -ad hoc lösningar  
 -baserade på kartor  
 -modellbaserade designmetoder

## Innehållsförteckning

Repetition

Fortsättning på turbo

Repetition

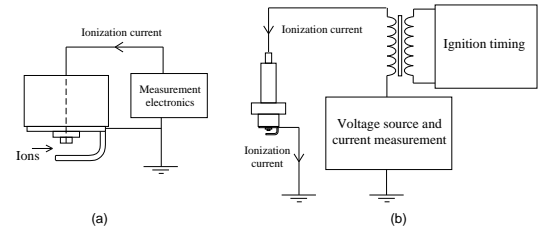
Grundläggande principer

Reglering

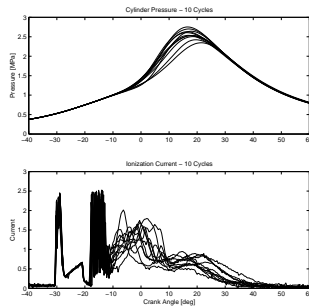
Tändningsreglering och jonströmmar

## Jonströmmar

Använd tändstiftet när det inte används för tändning



## Jonströmmar och cylindertrycket



## Jonströmmar och knackdetektering

Jonström med knack

BP-filter

Detektion

## Misfire detektering

Vad är misfire? -Ingen förbränning.

Varför måste misfire detekteras?

Metoder

-Vevaxelvaritioner, invertera vevaxeldynamiken

-Jonströmmar

-Momentmätare

## Ytterligare tillämpningar

