

TSFS05 – Fordonssystem – Fö 14

Repetitionsföreläsning, Avslutning

Lars Eriksson - Kursansvarig

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

December 6, 2011

Fordonssystem

Fordon är idag datoriserad maskiner.

- ▶ Nya mekanisk lösningar. Dessa möjliggörs av och förlitar sig på existensen av moderna reglersystem.
- ▶ Nya metoder för signaltolkning.
- ▶ Tillgänglighet till beräknings- och nätverksteknik öppnar helt nya möjligheter.

Fordonsdesign utvecklas därför till **samdesign** av mekanik- och reglersystem.

Innehållsförteckning

Introduktion

Motor

- Grunder
- Motormodellering
- Motorreglering
- Turbo
- Diesel och avancerade koncept

Drivlina

Diagnos och avslutning

Motor – Begrepp

- ▶ Bromsat (moment, effekt, MEP, ...)
- ▶ Indikerat (moment, effekt, MEP, ...), brutto och netto (gross or net)
- ▶ Formel för $V = V(\theta)$
- ▶ Fyllnadsgrad (volumetric efficiency)
- ▶ Fyrtaktscykeln - händelser
- ▶ Förbränningsstökiometri, luftbränsleförhållande: (A/F) , $(A/F)_s$, λ , ϕ

Innehållsförteckning

Introduktion

Motor

Drivlina

Diagnos och avslutning

Fordonssystem

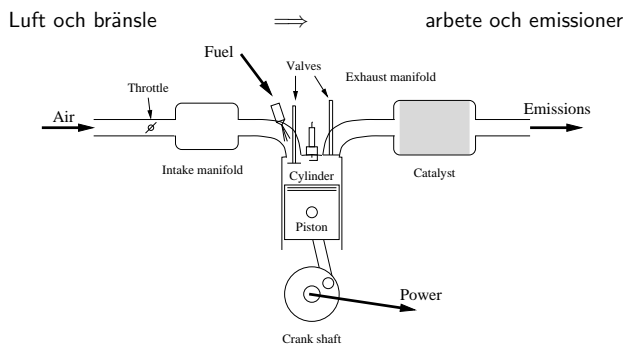
Uppgifterna för sådana förbättrade lösningar är många men huvudmålen är att sträva efter:

- ▶ Effektivitet, vilket ger sänkt bränsleförbrukning.
- ▶ Emissionerna måste vara låga för att skydda miljön.
- ▶ Körbarhet är viktigt för kunden.
- ▶ Säkerhet är också en nyckelfråga.

Kursens mål är att

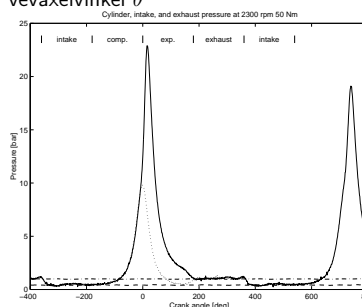
ge en förståelse för *dagens fordonssystem* och grunden för att *utveckla framtidens fordonssystem*, och dessutom att gå tillräckligt djupt för att se samspelet mellan den grundläggande fysiken i fordonssystemen och möjligheterna för reglering.

Motor



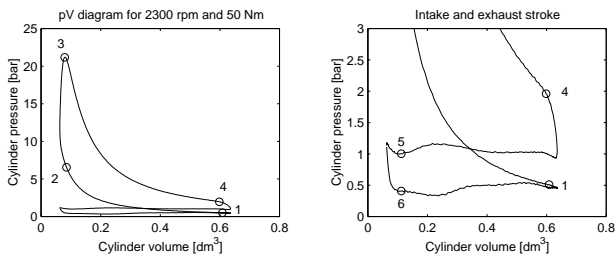
Motor

Uppmått indikatoridiagram – Cylindertryck som funktion av vevaxelvinkel θ

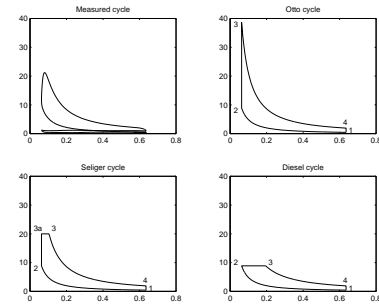


Hur skall vi analysera detta?

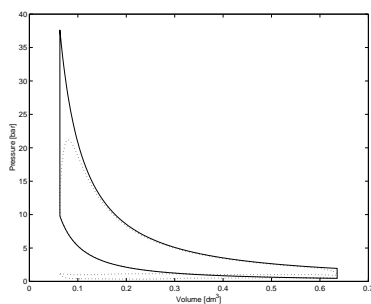
Samma indikordiagram omräknat till pV-diagram



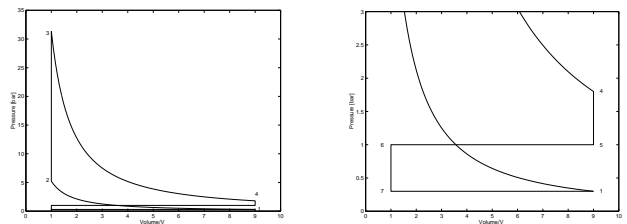
Termodynamiska cykler som modell av uppmätt indikordiagram



Modellanpassning av Otto-cykel till uppmätt indikordiagram.



Modell: Otto-cykel med pumpförluster.



Dellast (throttled);
 $p_i = 0.3$ bar och $p_e = 1$ bar.

$$W_{pump} = V_d PMEP = V_d (p_e - p_i)$$

Momentmodellen $M_e 4 \pi = W_e = W_{ig} - W_{pump} - W_{fric}$

Otto:

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

Diesel:

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

Seiliger:

$$\eta_{f,i} = 1 - \frac{1}{r_c^{\gamma-1}} \frac{\alpha\beta^\gamma - 1}{\alpha(\beta - 1)\gamma + \alpha - 1}$$

► Utgår från tillgänglig energi

$$W_{ig} = m_f q_{HV} \tilde{\eta}_{ig}(\lambda_c, \theta_{ign}, r_c, \omega_e, V_d)$$

► Dra bort ideal Ottocykel samt verkliga förluster

$$\tilde{\eta}_{ig}(\lambda_c, \theta_{ign}, r_c, \omega_e, V_d) = (1 - \frac{1}{r_c^{\gamma-1}}) \cdot \eta_{ig, ch}(\omega_e, V_d) \cdot \min(1, \lambda_c) \cdot \eta_{ign}(\theta_{ign})$$

► Optimal tändtidpunkt beror på ... , momentkurvan på ...

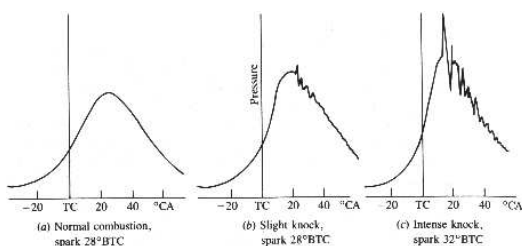
$$\eta_{ign}(\theta_{ign}) = 1 - C_{ign} \cdot (\theta_{ign} - \theta_{ign,opt}(\omega_e, m_f, \lambda, \dots))^2$$

► Pump- och friktionsförluster

$$W_{pump} = V_d (p_e - p_i) \quad W_{fric} = V_d \cdot FMEP(N)$$

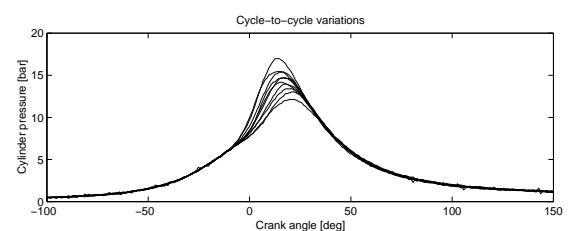
Cykel-till-cykel-variationer

Knack



Oktantal – Bränslets motståndsförmåga mot knock

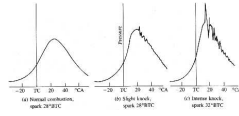
Tio cykler (stationaritét)



Snabbaste cykeln – Störst sannolikhet för knock.

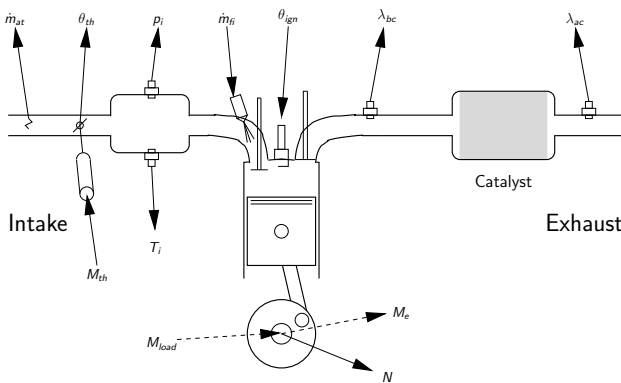
Implementering och experimentell utvärdering av en ny styrstrategi för knackreglering

- ▶ Utnyttja stokastisk modell
- ▶ Beräkna knackgräns teoretisk
- ▶ Reglera mot knackgränsen
- ▶ Algoritm-utveckling i FS labb
- ▶ Utvärdering tillsammans med Villanova University, USA



Motor - Modellering

Ett sensor - aktuator perspektiv: Samband mellan sensorer och aktuatorer, MVEM.



Motor - Modellering

Insprutad bränslemängd - flöde

$$\dot{m}_{fi} = \frac{N n_{cyl}}{n_r} m_{fi} = N c (t_{inj} - t_0(u_{batt})) \quad (4)$$

Bränslefilmsdynamik

$$\frac{dm_{fp}}{dt} = X \dot{m}_{fi} - \frac{1}{\tau_{fp}} m_{fp} \quad (5)$$

$$\dot{m}_{fc} = (1 - X) \dot{m}_{fi} + \frac{1}{\tau_{fp}} m_{fp} \quad (6)$$

Motor - Modellering

Vevaxeldynamik

$$J \frac{d\omega_e}{dt} = M_e(p_i, N, \lambda, \theta_{ig}) - M_{fric}(N, p_i) - M_{load}$$

$$\frac{dN}{dt} = C \cdot (M_e(p_i, N, \lambda) - M_{load}) \quad (9)$$

$M_{load} = M_{load}(N, i_g, \dots)$ - från drivlinan (koppling, växellåda, fordon, etc).

Introduktion

- Motor
 - Grunder
 - Motormodellering**
 - Motorreglering
 - Turbo
 - Diesel och avancerade koncept

Drivlina

Diagnos och avslutning

Motor - Modellering

Luftflöde förbi gasspjäll (trottel)

$$\dot{m}_{at}(\alpha, p_a, p_i, T_a) = \frac{p_a}{\sqrt{RT_a}} A_{th}(\alpha) C_{th}(\alpha) \Psi\left(\frac{p_i}{p_a}\right) \quad (1)$$

Luftflöde in i cylindern

$$\dot{m}_{ac}(N, p_i, T_i) = \eta_{vol}(N, p_i) \frac{V_d N p_i}{2 R T_i} \quad (2)$$

Tryckuppbyggnad i insuget

$$\frac{dp_i}{dt} = \frac{RT_i}{V_i} (\dot{m}_{at}(\alpha, p_a, p_i, T_a) - \dot{m}_{ac}(N, p_i, T_i)) \quad (3)$$

Motor - Modellering

λ i cylindern

$$\lambda = \frac{\dot{m}_{ac}}{\dot{m}_{fc}} \frac{1}{(A/F)_s} \quad (7)$$

λ vid sensorn

$$\frac{d}{dt} \lambda_s(t) = \frac{1}{\tau_\lambda} (\lambda(t - \tau_d(n)) - \lambda_s(t)) \quad (8)$$

λ -mätning (diskret sensor)

$$\lambda_{disc} = \begin{cases} 1 & \text{if } \lambda_s < 1 \\ 0.5 & \text{if } \lambda_s = 1 \\ 0 & \text{if } \lambda_s > 1 \end{cases}$$

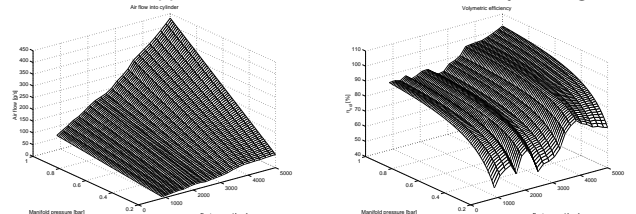
Motor - Modellering

Motormappar beskriver parametrarna i ekvationerna.

Luftmassa in i cylindern (Air mass flow), $\dot{m}_{ac}(N, p_i)$

Fyllnadsgrad (volumetric efficiency), $\eta_{vol}(N, p_i)$

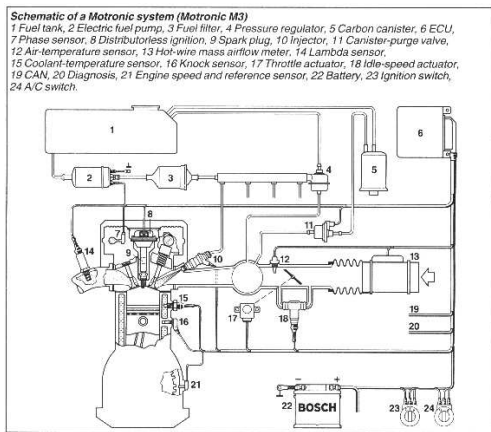
OBS! Motormappar används också för att beskriva styrstrategier.



Modell från Cylindertryck till Hjulhastighet

Bakgrund I många fall är medelvärdesmodeller tillräckliga för att beskriva motorns funktion. I en medelvärdesmodell beaktas tillstånd som når sin jämvikts punkt inom ett eller ett fåtal motorcykler som statiska, och tillstånd som är långsammare representeras med tillståndsbeskrivningar.

Uppdrag Arbetet är inriktat på att ta fram en mer noggrann och fullständig modell som kan användas för att studera och simulera motorns arbete under en cykel, och sedan detaljstudera interaktionen mellan motor och drivlina samt hur motorns momentvariationer påverkar hjulvarvtalet och dess variationer. Mätningar på fordon på väg samt i fordonssystemens nya labb i L-huset.



Introduktion

Motor

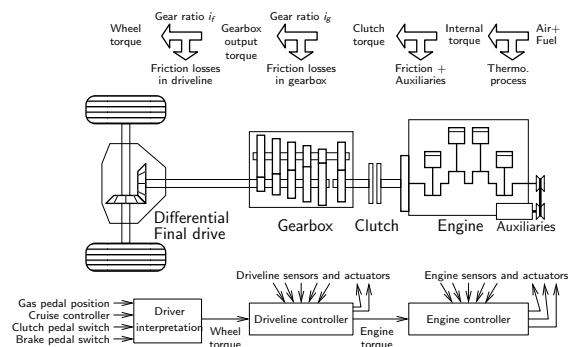
- Grunder
- Motormodellering
- Motorreglering
- Turbo
- Diesel och avancerade koncept

Drivlina

Diagnos och avslutning

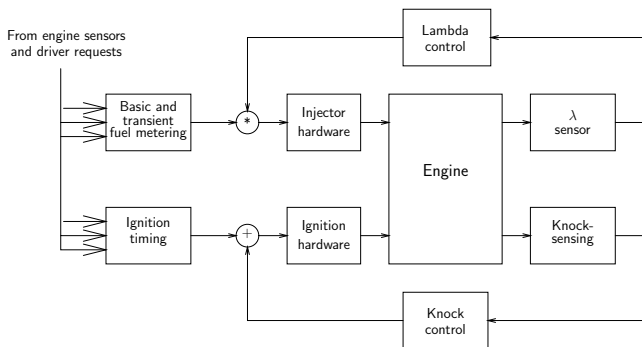
Momentbaserad arkitektur

- Utgå från förarens begärda moment (moment vid hjulet)
- Följ det önskade momentet genom drivlinan till motorn
- Fördela verkställandet av momentet på motorns aktuatorer



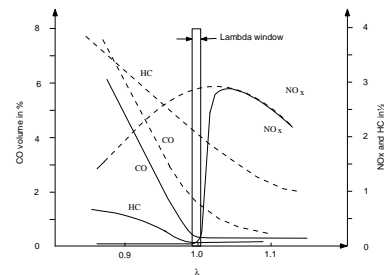
De två huvudlooparna

Viktigaste reglerlooparna för bensinmotorer. Den översta är *lambda-regulatorn* och den nedersta är *tändningsregulatorn*.



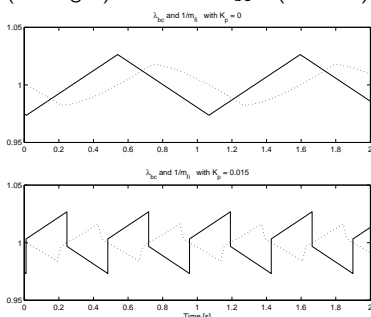
Motor - Principer

- Avgasrening med trevägskatalysator - kräver λ -reglering
- Stationär och transient reglering med noggrannhetskrav på %
- Gasspjäll-bränsleinsprutnings-koordination



Motor - Reglering

Limit-cycle i mängden insprutat bränsle (heldragen) och i λ_{bc} (streckad).



Återkoppling av λ_{bc} .
 Analys: Grafisk, beskrivande funktion, eller Poincaré.

Designoptimering beror av katalysatoregenskaper.

Motor - Reglering

Tändningsreglering

- Tändtidpunkt - Tändningsvinkel - Ignition angle
- Tändenergi - Ladda spolen - Dwell time

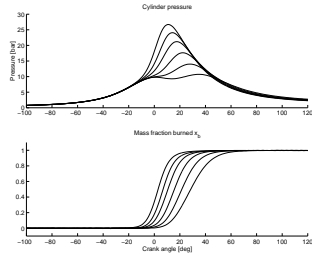
Tändningstidpunkt ↔ Cylindertryck och MFB

Tändtidpunkten positionerar förbränningen relativt kolvrörelsen

▶ PPP - Pressure Peak Position

$$x_b(\theta) = \frac{m_{burned}(\theta)}{m_{total}}$$

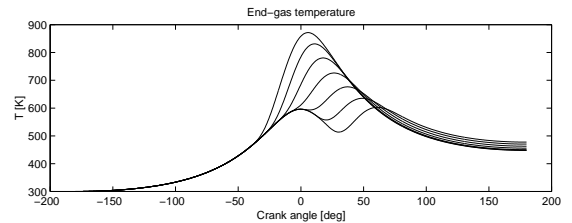
Sex cylindertryck i arbetspunkten 2000 rpm 50 Nm.



Var finns tändtidpunkten?

Var finns PPP och $x_b = 0.5$?

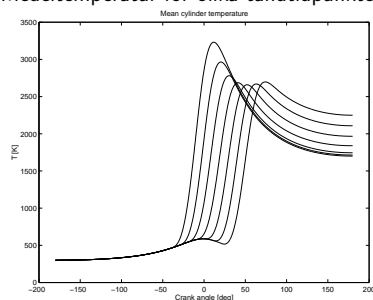
Knackrisk som funktion av tändtidpunkt



- ▶ Ändgastemperaturen för olika tändtidpunkter.
- ▶ Senare tändtidpunkt ger lägre temperaturer.
- ▶ Knackreglering

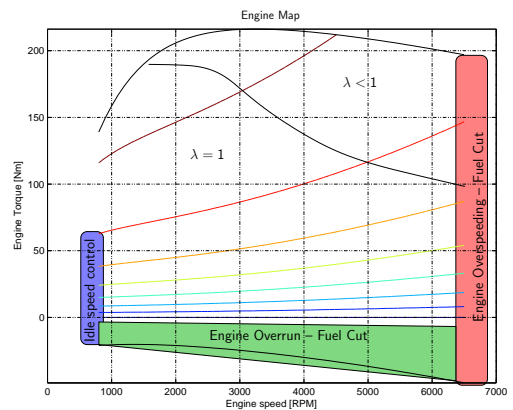
Tändtidpunktens betydelse för emissionerna

Medeltemperatur för olika tändtidpunkter.



De höga maxtemperaturerna medför att mer NO_x bildas.

Reglermoder i styrsystemet – Modbyten



Motor - Reglering

Sammanfattningsvis viktigast

- ▶ Bränsle-luft-reglering – Emissioner (och last)
- ▶ Tändningsreglering – Effektivitet eller bränsleförbrukning

Innehållsförteckning

Introduktion

Motor

Grunder

Motormodellering

Motorreglering

Turbo

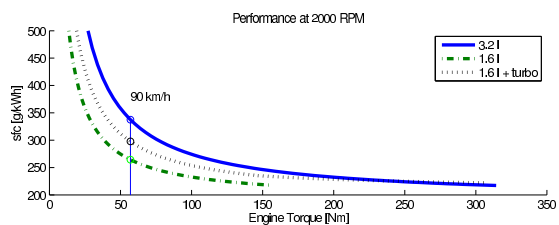
Diesel och avancerade koncept

Drivlina

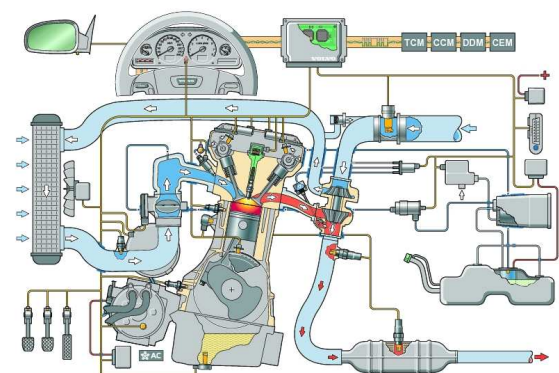
Diagnos och avslutning

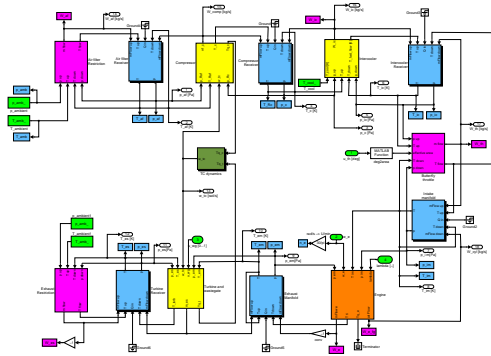
Nedskalning och överladdning

3.2 liter ↔ 1.6 liter ↔ 1.6 liter turbo

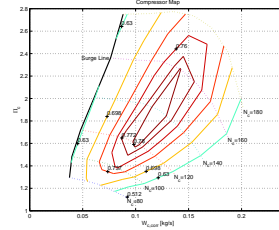


Turbo – MVEM, Reglerloopar

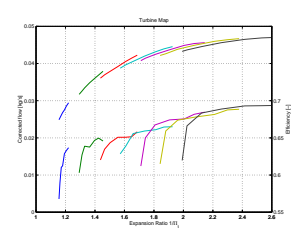




Turbomappar: Kompressormapp,



Turbinmapp.



Grundekvationer för turbo

- Definitionerna av turbin- och kompressoreffektivitet
- Vid stationäritet – effektbalans

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

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

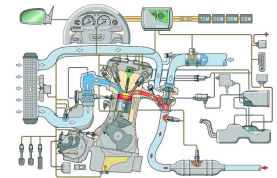
$$\dot{W}_t = \dot{m}_t c_p T_{03} \eta_t \left(1 - \left(\frac{p_{04}}{p_{03}} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right)$$

- Vid samma laddtryck
Sämre effektivitet – Högre mottryck på avgassidan (pumparbete)

Reklamavbrott - Exjobb - SAAB

Ny styrstrategi för turbo

- Entalpi som bas vid beräkning av styrsignal för laddtryck
- Utförs för SAABs räkning
- Algoritmutveckling vid FS labb
- Mätningar i bil i Trollhättan



Innehållsförteckning

Introduktion

Motor

- Grunder
- Motormodellering
- Motorreglering
- Turbo
- Diesel och avancerade koncept

Drivlina

Diagnos och avslutning

Diesel- och bensenmotorer – De stora skillnaderna

	Bensin (Spark Ignited)	Diesel (Compression Ignited)
Bränsle	Bensin	Diesel
Luftintag	Trottel	Raka rör
Bränslesprutning	I insugningssystemet	Direkt i cylindern
Laständring	Luftflöde p_i	Bränslemängd $Q_i n$
Luft- & bränsleblandning	Homogen	Stratifierad
Förbränningsstart	Tändgnista	Självantänder
Förbränningsstyp	Förblandad	Diffusion
Emissioner	CO , HC och NO_x	NO_x och partiklar
	3-vägskatalysator	partikelfälla de-nox-katalysator
r_c	8–12	12–24
λ	0.5–1.5	>1.1

Motor - Avancerade koncept

- Nya?
- Överladdning (Super charging), nedskalning (analysis)
- Turbo (Wastegate, reglering)
- Variable compression ($v\epsilon$)
- Jämförelse mellan Bensin och Dieselmotorn
- Gasoline direct injection GDI
- **Styrsystem** är basen

Reklamavbrott - Exjobb - Scania

λ -återkopplad reglering av dieselmotor

Bakgrund Traditionellt sett regleras ottomotorer (bensinmotorer) med hjälp av lambdasonder medan dieselmotorn regleras med motsvarande beräknat lambda. Moderna lätta dieselmotorer för personbilar har på senare år börjat införa lambdasonder.

Beskrivning Arbetet består av att utveckla och verifiera grundläggande modeller i motorns gasflödesreglering med mål att återkoppla motorn med information från lambdasonden. Lämpligen inleds jobbet med en förstudie av på marknaden tillgängliga sensorer för mätning av lambda och en teoretisk studie av hur stora/snabba avvikelser som kan detekteras. Arbetet kommer att innehålla mestadels teoretiska moment samt modellering.

Innehållsförteckning

Introduktion

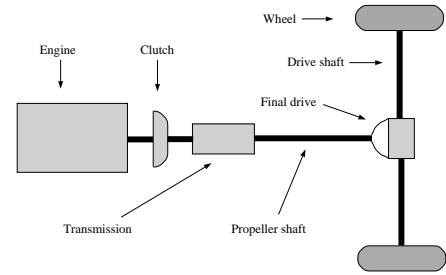
Motor

Drivlina

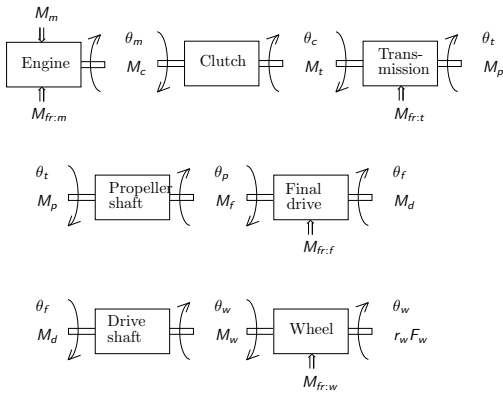
Modellering
Reglering

Diagnos och avslutning

Drivlina - Modellering



Drivlina - Modellering



Drivlina - Modellering

Enkelt exempel (stel drivlina)

Illustrerar följande viktiga idéer:

- friläggning av komponenter i drivlina
- systematik
- fordonets massa som effektivt tröghetsmoment
- spegling av tröghetsmoment med i^2

Stel drivlina – Samverkan: motor och fordon

Stel drivlina

Effektkonsumtion

$$P_w = F_w(v) \cdot v$$

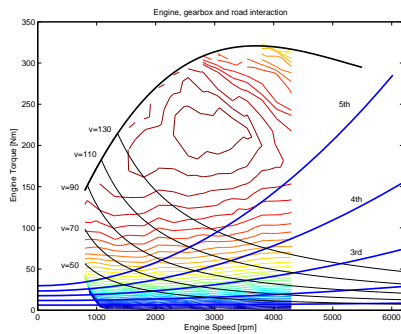
$$F_w(v) = f_0 + f_1 v^2$$

Effektproduktion

$$P_e = T_e \cdot \omega_e$$

Drivlineeffektivitet

$$P_e = \eta_t \cdot P_w$$

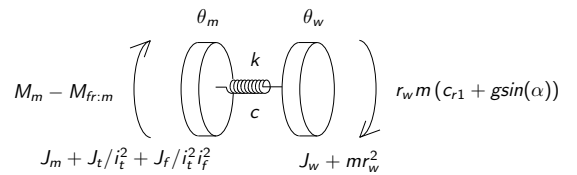


Drivlina - Modellering

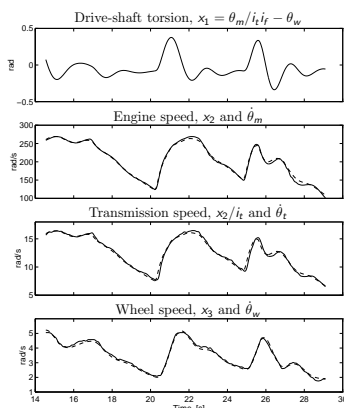
Utvidgning av enkelt exempel – Torsionsmodellering

Illustrerar följande viktiga idéer:

- torsionsmodellering
- val av tillstånd



Drivlina - Modellering



Drivlina - Modellering

Är modellen perfekt?

Vilken är nu den svagaste länken, dvs den viktigaste omodellerade effekten som behövs för att förklara data.

- Kopplingsdynamik?
- Kardandynamik?
- Sensordynamik?
- Olinjäriteter?

Innehållsförteckning

Introduktion

Motor

Drivlina

Modellering

Reglering

Diagnos och avslutning

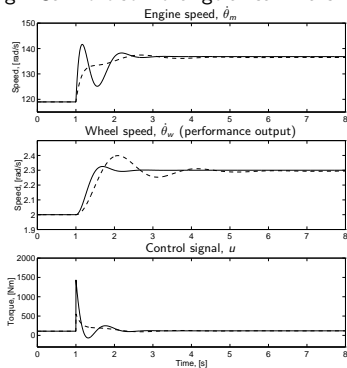
Drivlina - Reglering

Viktiga tillämpningar

- ▶ driveline speed control
- ▶ driveline control for gear shifting

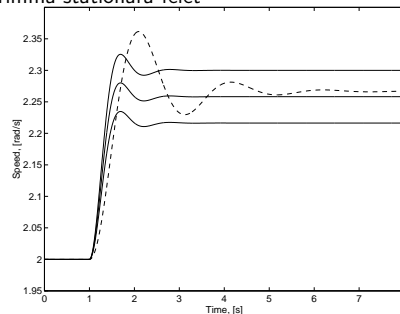
Drivlina - Reglering

Aktiv dämpning – Jämförelse vid ungefär samma snabbhet.



Drivlina - Reglering

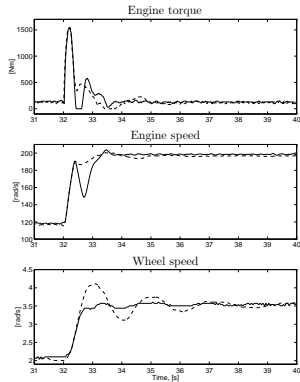
Man kan trimma stationära felet



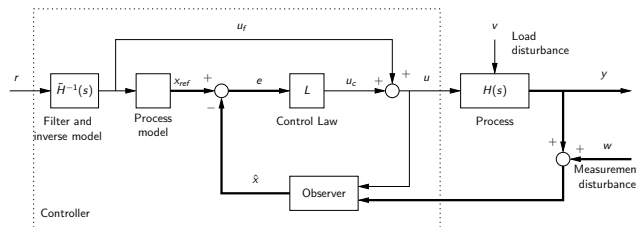
Stationära felet skiljt från noll kan vara intressant för körkänslan

Drivlina - Reglering

Fältförsök



Modellbaserad Reglering



Modellbaserad reglering

- ▶ Linjär modell för observatörsdesign
- ▶ Linjär modell för återkopplingsförstärkning
- ▶ Detaljerad olinjär modell för verifiering

Drivlina

Kommentar om kurskraven:

- ▶ Grundläggande modeller
- ▶ Räkningar på dessa
- ▶ Översikt

Se övningshäftet (desamma som gamla tentauppgifter):

- ▶ Problem
- ▶ Kunskapsfrågor

Reklamavbrott - Exjobb - Vicura (f.d. SAAB Växellådor)

4 olika exjobb (se separata beskrivningar)

- ▶ Momentstöd med elmotor under ett AMT växlingsförlopp.
- ▶ Optimal gaffelstyrning för elektromekanisk DCT.
- ▶ Optimal positionsreglering av elektromekanisk aktivering av kopplingar i en DCT.
- ▶ Optimal reglering av variator i CVT.

Introduktion

Motor

Drivlina

Diagnos och avslutning

- ▶ Lagkrav: Drivet av funktionskrav över fordonets hela livslängd.
- ▶ Lagkrav: OBD
- ▶ Lagkrav: OBD-II
- ▶ MIL-lampa, DTC, Freeze frame data, SCANTOOL
- ▶ Vad skall detekteras?
- ▶ Diagnosmetodik

Reklampaus - Exjobb - Scania

Ny nivådiagnos för lastbilstank

- Bakgrund** Bakgrund Med skärpt emissionslagstiftning blir tillåtna konstruktionstoleranser allt lägre. Ett nytt lagkrav innebär att förbrukningstakten hos urea måste detekteras med en högre noggrannhet än tidigare. Beskrivning av examensarbetet Målet med arbetet är att undersöka ett nytt koncept för nivåmätning.
- Uppdrag** Arbetet består av att utvärdera konceptets styrkor och svagheter, att identifiera mätnoggrannheten hos konceptet samt att ta fram ett förslag till styrsystemsspecifikation. Arbetet kommer att innehålla mestadels teoretiska moment och modellering. För en kandidat med lastbilskörkort kan dock experimentella inslag förekomma.

Tentamen

- ▶ 50 poäng
 - Betyg 3 – 23 poäng
 - Betyg 4 – 33 poäng
 - Betyg 5 – 43 poäng
- ▶ Innehåll:
 - 20-30 poäng - uppgifter, nära vad som krävts i projektens förberedelser.
 - 10-20 poäng - uppgifter, anknytning till lektionerna.
 - 10- poäng - kunskapsuppgifter, från kompendiet och föreläsningar.
- ▶ Lektionskompendiet är en sammanställning av gamla tentauppgifter.
- ▶ Läs hänvisningar till kompendiet på hemsidan.