

## TSFS09 – Modellering och Reglering av Motorer och Drivlinor – Fö 9

### Drivlina – modellering

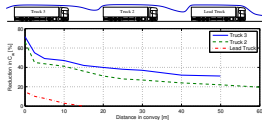
Lars Eriksson - Kursansvarig

Fordonssystem, Institutionen för Systemteknik  
Linköpings universitet  
lazer@isy.ltu.se

November 8, 2016

## Kursinformation

- ▶ Deadline 2A torsdag 17/10  
ber om ursäkt för det onödiga stressmomentet...
- ▶ Kom förberedda till datorsalstillfället
  - ▶ Gå igenom förberedelseuppgifterna
  - ▶ Få koll på ekvationerna
  - ▶ Viktigaste i rapporten är att vi ser att ni fått rätt modellparametrar
- ▶ Föreläsningflytt On 16/11, 10-12 ⇒ Fr 18/11, 8-10.



## Innehållsförteckning

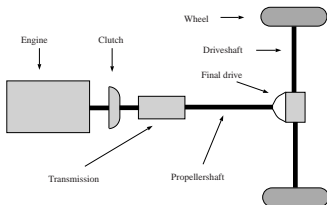
Drivlina – Översikt

Drivlina – Modellering

Drivlina – Dynamiska förlopp

Drivlina – Utblick

## Drivlinans komponenter



## Drivlinans roll

Övergripande mål vid forskning och utveckling av framtidens fordonssystem.

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

Vilken betydelse har drivlinan i dessa sammanhang?

## Innehållsförteckning

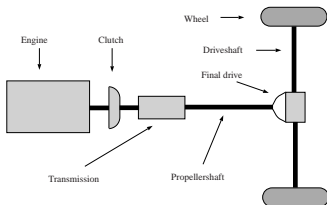
Drivlina – Översikt

Drivlina – Modellering

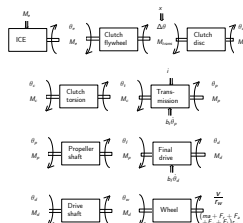
Drivlina – Dynamiska förlopp

Drivlina – Utblick

## Drivlinans komponenter



## Drivlina - Modellering



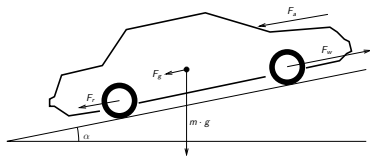
## Drivlina - Modellering

Enkelt exempel

Illustrerar följande viktiga idéer:

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

## Drivlina - Modellering



## Stel drivlina – En massemodell

Egenskaper

- ▶ Stel drivlina
- ▶ Kopplar ihop motor och fordon
- ▶ Motor, drivlina, fordon – En massa

Användningsområden

- ▶ Kopplar ihop ett fordons väglast med arbetspunkt i motormappen
- ▶ Bränsleförbrukningssimulering
- ▶ Accelerations simulering
- ▶ ...

## Innehållsförteckning

[Drivlina – Översikt](#)

[Drivlina – Modellering](#)

[Drivlina – Dynamiska förlopp](#)

[Drivlina – Utblick](#)

## Ett exempel: Scania 144L lastbil



- ▶ 14 liter V8 turbo diesel, 530 Hp, max-moment 2300 Nm.  
In-line fuel injection pump system.
- ▶ 14 växlar, retarder, OptiCruise.
- ▶  $m = 24\ 000$  kg.



- ▶ Scania 14 liter V8 DSC14 engine.
- ▶ Scania transmission with retarder
- ▶ OptiCruise automatic gear-shifting system.

## Drivlina - Modellering

### Egenskaper?

- ▶ Vad händer om man trampar gasen i botten på en låg växel?
- ▶ Vad händer om man trampar gasen i botten på lite högre växel?

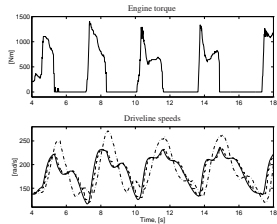
## Drivlina - Modellering

Mätgivare för hastighet hos

- ▶  $\dot{\theta}_m$  Svänghjul (motorn)  $\dot{\theta}_m$
- ▶  $\dot{\theta}_t$  Växellådans utaxel
- ▶  $\dot{\theta}_w$  Hjulen

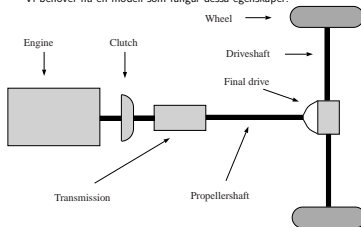
Measured Variables			
Variable	Node	Resolution	Rate
Engine speed, $\dot{\theta}_m$	Engine	0.013 rad/s	20 ms
Engine torque, $M_m$	Engine	1% of max torque	20 ms
Engine temp, $T_m$	Engine	1° C	1 s
Wheel speed, $\dot{\theta}_w$	ABS	0.033 rad/s	50 ms
Transmission speed, $\dot{\theta}_t$	Transmission	0.013 rad/s	50 ms

## Stegsvarexperiment



Det gällde att hålla i sig!

Vi behöver nu en modell som fångar dessa egenskaper.

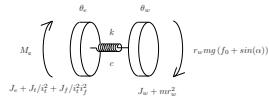


## Drivlina - Modellering

Fortsättning på **Enkelt exempel**  
Illustrerar följande viktiga idéer:

- ▶ torsionsmodellering
- ▶ val av tillstånd

## Drivlina - Modellering

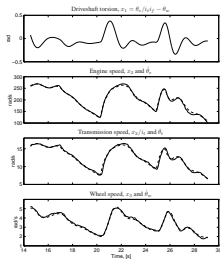


## Drivlina - Modellering

$$\begin{aligned}
 (J_m + J_f/i_f^2 + J_r/i_r^2)\ddot{\theta}_m &= M_{in} - M_{flyw} - (b_f/i_f^2 + b_r/i_r^2)\dot{\theta}_m \\
 &\quad -k(\theta_m/i_f - \theta_w)/i_f \\
 &\quad -c(\dot{\theta}_m/i_f - \dot{\theta}_w)/i_f \\
 (J_w + m r_w^2)\ddot{\theta}_w &= k(\theta_m/i_f - \theta_w) + c(\dot{\theta}_m/i_f - \dot{\theta}_w) \\
 &\quad - (b_w + m c r_w^2)\dot{\theta}_w - \frac{1}{2} r_w A_{sp} \rho_w^2 \dot{\theta}_w^2 \\
 &\quad - r_w m (c_w + g \sin(\alpha))
 \end{aligned}$$

Torsionen i drivaxeln, motorvarvtalet och hjulvarvtalet används som tillstånd enligt.

$$x_1 = \theta_m / i_f i_r - \theta_w, \quad x_2 = \dot{\theta}_m, \quad x_3 = \dot{\theta}_w$$



## Drivlina - Modellering

- ▶ Experiment - stegsvar (egentligen hastigheter som trampsvar på gaspedalen)
- ▶ Två tillstånd mäts - ett är ökänt
- ▶ Vilket är den viktigaste fysikaliska egenskapen som förklarar data
- ▶ Modellstruktursval
- ▶ Parameterskattning

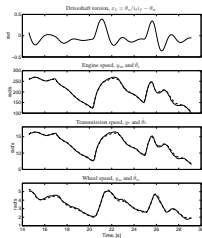
## Drivlina - Modellering

Är modellen perfekt?

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

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

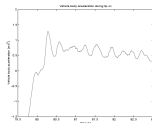
## Sensordynamik inkluderad



## Drivlina - Modellering

Är modellen perfekt nu då?

Det finns specialfall som kräver ännu noggrannare modeller.



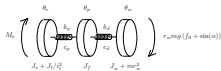
Exempel:

-Slag och såg.

-Automatisk farthållning i svagt nedförslut.

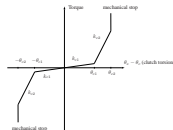
## Drivlina - Modellering

Linjär koppling och torsion i drivaxlarna.



## Drivlina - Modellering

Olinjär karaktäristik för kopplingen



## Drivlina - Modellering

Ickelinjär koppling och torsion i drivaxelarna.

$$\begin{aligned} J_m \ddot{\theta}_m &= M_m - M_{fr,m} - M_{kc}(\theta_m - \theta_t i_t) \\ &\quad - c_c(\dot{\theta}_m - \dot{\theta}_t i_t) \\ (J_t + J_f/i_f^2) \ddot{\theta}_t &= i_t (M_{kc}(\theta_m - \theta_t i_t) + c_c(\dot{\theta}_m - \dot{\theta}_t i_t)) \\ &\quad - (b_t + b_f/i_f^2) \dot{\theta}_t \\ &\quad - \frac{1}{i_f} (k_d(\theta_t/i_f - \theta_w) + c_d(\dot{\theta}_t/i_f - \dot{\theta}_w)) \\ (J_w + m_w^2) \ddot{\theta}_w &= k_d(\theta_t/i_f - \theta_w) + c_d(\dot{\theta}_t/i_f - \dot{\theta}_w) \\ &\quad - (b_w + m c_{r2} r_w) \dot{\theta}_w - \frac{1}{2} C_w A_a \rho_a r_w^3 \dot{\theta}_w^2 \\ &\quad - r_w m (c_{r1} + g \sin(\alpha)) \end{aligned}$$

### Metodik för modell användning

- ▶ Enkel modell för reglerdesign
- ▶ Utflörligare modell för verifierande simuleringar

## Innehållsförteckning

Drivlina – Översikt

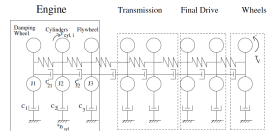
Drivlina – Modellering

Drivlina – Dynamiska förlopp

Drivlina – Utblick

## Drivlinemodeller – Avancerade tillämpningar

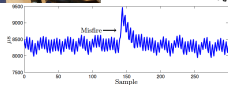
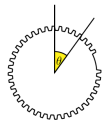
### Analys av (högre) resonansmoder





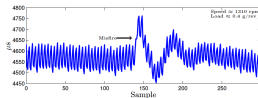
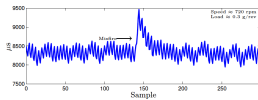
## Drivlinemodeller – Avancerade tillämpningar

Analys och detektering av miständning (diagnos)



## Drivlinemodeller – Avancerade tillämpningar

Misfire och drivlineoscillationer blandas samman.



## Sammanfattning

Vad har vi gjort under modelleringsarbetet?

- ▶ Grundläggande drivlinemodell (stelkroppsantagande, ...).
- ▶ Studium av riktiga mätningar och deras avvikelser från den enkla modellen.
- ▶ Utvidgade drivlinemodeller.