

TSFS05 – Fordonssystem – Fö 6

Drivlina – modellering

Lars Eriksson - Kursansvarig

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

October 23, 2011

- ▶ Förra perioden (Projekt 1)
 - ▶ Grundläggande motor
 - ▶ Arbetsprinciper
 - ▶ Emissioner
 - ▶ Motorreglering
- ▶ Denna period (Projekt 2 + tenta):
 - ▶ Drivlina modellering (Proj 2 del 1)
 - ▶ Drivlina reglering (Proj 2 del 2)
 - ▶ Motor fördjupning
 - ▶ Tändningsreglering
 - ▶ Turbo
 - ▶ Diesel
 - ▶ Avancerade motorkoncept
 - ▶ Diagnos

Innehållsförteckning

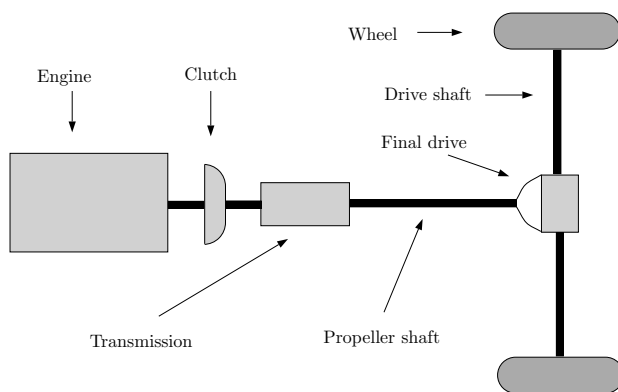
Kursinformation

Drivlina – Översikt

Drivlina – Modellering

Drivlina – Dynamiska förlopp

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

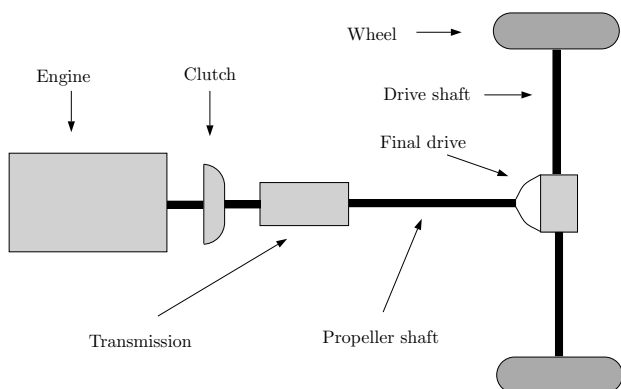
Kursinformation

Drivlina – Översikt

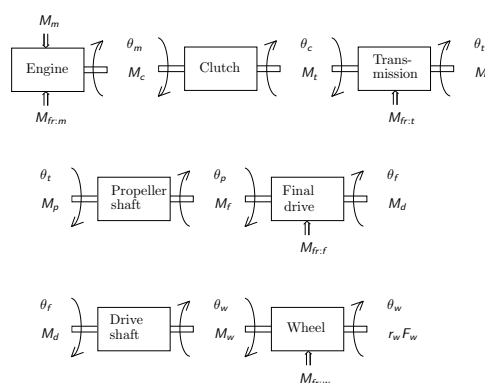
Drivlina – Modellering

Drivlina – Dynamiska förlopp

Drivlinans komponenter



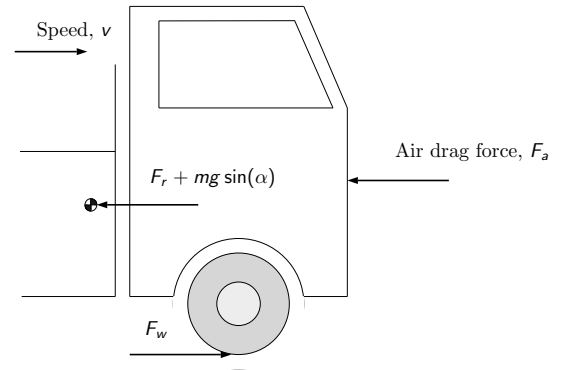
Drivlina - Modellering



Enkelt exempel

Illustrerar följande viktiga idéer:

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



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

Kursinformation

Drivlina – Översikt

Drivlina – Modelling

Drivlina – Dynamiska förlopp

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.
- ▶ $m = 24\ 000\ \text{kg}$.



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

Drivlina - Modelling

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?

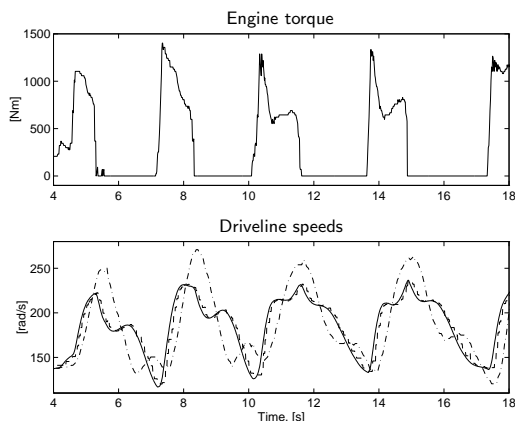
Drivlina - Modelling

Mätgivare för hastighet hos

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

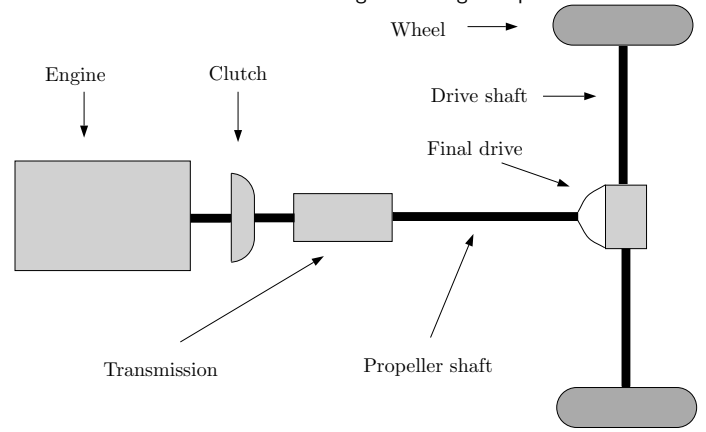
Measured Variables			
Variable	Node	Resolution	Rate
Engine speed, $\dot{\theta}_m$	Engine	0.013 rad/s	20 ms
Engine torque, M_m	Engine	1% of max torque	20 ms
Engine temp, T_m	Engine	1° C	1 s
Wheel speed, $\dot{\theta}_w$	ABS	0.033 rad/s	50 ms
Transmission speed, $\dot{\theta}_t$	Transmission	0.013 rad/s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

Stegsvarexperiment



Det gällde att hålla i sig!

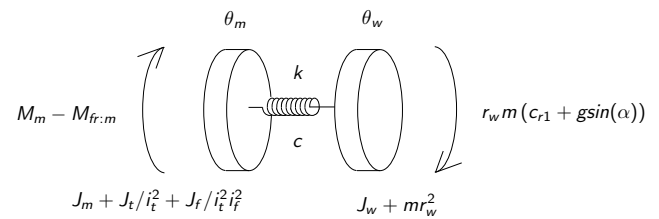
Vi behöver nu en modell som fångar dessa egenskaper.



Drivlina - Modellering

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

- ▶ torsionsmodellering
- ▶ val av tillstånd

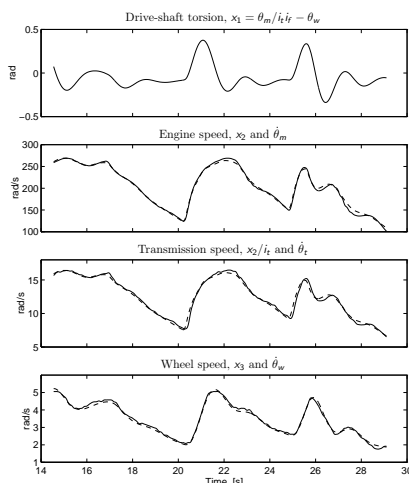


Drivlina - Modellering

$$\begin{aligned}
 (J_m + J_t/i_t^2 + J_f/i_t^2 i_f^2) \ddot{\theta}_m &= M_m - M_{fr:m} - (b_t/i_t^2 + b_f/i_t^2 i_f^2) \dot{\theta}_m \\
 &\quad - k(\theta_m/i_t i_f - \theta_w)/i_t i_f \\
 &\quad - c(\dot{\theta}_m/i_t i_f - \dot{\theta}_w)/i_t i_f \\
 (J_w + m r_w^2) \ddot{\theta}_w &= k(\theta_m/i_t i_f - \theta_w) + c(\dot{\theta}_m/i_t i_f - \dot{\theta}_w) \\
 &\quad - (b_w + m c_{r2} r_w^2) \dot{\theta}_w - \frac{1}{2} c_w A_3 \rho_a r_w^3 \dot{\theta}_w^2 \\
 &\quad - r_w m (c_{r1} + g \sin(\alpha))
 \end{aligned}$$

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

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



Drivlina - Modellering

Drivlina - Modellering

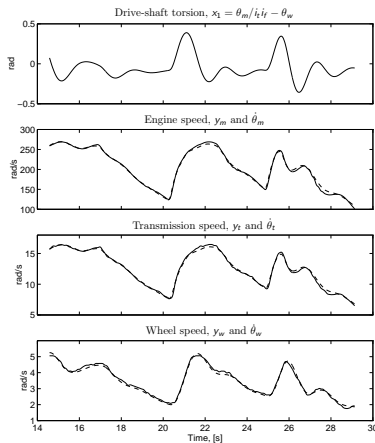
- ▶ Experiment - stegsvar (egentligen hastigheter som trampsvar på gaspedalen)
- ▶ Två tillstånd mäts - ett är ökänt
- ▶ Vilket är den viktigaste fysikaliska egenskapen som förklarar data
- ▶ Modellstruktursval
- ▶ Parameterskattning

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?



Är modellen perfekt nu då?

Det finns specialfall som kräver ännu noggrannare modeller.

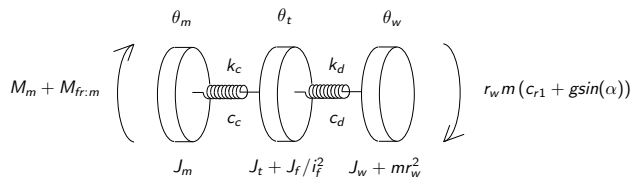
Exempel:

- Automatisk farthållning i svagt nedförslut.
- Slag och såg.

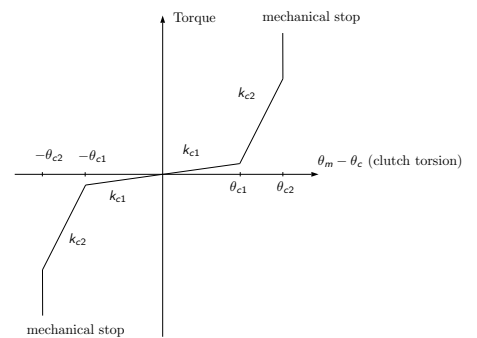
Drivlina - Modelling

Drivlina - Modelling

Linjär koppling och torsion i drivaxlarna.



Olinjär karaktäristik för kopplingen



Drivlina - Modelling

Ickelinjär koppling och torsion i drivaxelarna.

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

Metodik för modell användning

- Enkel modell för reglerdesign
- Utförligare modell för verifierande simuleringar

Sammanfattning

Vad har vi gjort under modelleringsarbetet?

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