

# ERE103

## Reglerteknik D, 2019

Föreläsare/examinator: Bo Egardt

Kursassistent: Mattias Hovgard

Assisterter: Zahra Ramezani, Rafael Basso

Avdelningen för system- och reglerteknik  
Institutionen för Elektroteknik  
Chalmers Tekniska Högskola

November, 2019

# Föreläsning 1: Introduktion och kursöversikt

- ▶ Introduktion, praktisk information
- ▶ Vad är reglerteknik?
- ▶ Vad är dynamik, återkoppling och styrning?
- ▶ Exempel på ett reglersystem
- ▶ Tillämpningar
- ▶ Reglerteknik på D
- ▶ Varför reglerteknik?
- ▶ Kursöversikt

# Kursens syfte

- ▶ Kursen syftar till att introducera grunderna inom reglertekniken och de metoder som används för att analysera och konstruera reglersystem för dynamiska system.
- ▶ Kursen vidgar datorutbildningarna perspektiv på tekniska system och ger förståelse för hur mekanik, elektronik, datorteknik och reglerteknik samverkar. Dessa insikter kan utnyttjas till att förbättra och utveckla nya produkter med ny funktionalitet och förbättrad prestanda.
- ▶ Efter avklarad kurs ska studenten ha grundläggande kunskaper i reglertekniska analys- och designmetoder för att på ett ingenjörsmässigt sätt kunna lösa enklare reglerproblem.

# Praktisk information

- ▶ Canvas: kurs-PM, nyheter, schema, dokument mm
- ▶ Förkunskaper och matematikrepetition
- ▶ Litteratur
- ▶ Föreläsningar, övningar och räknestugor
- ▶ Inlämningsuppgifter, handledning
- ▶ Examination
- ▶ Kursutvärderare
- ▶ Kursinnehåll
- ▶ Schema
- ▶ Lärandemål



# Matematikrepetition

- ▶ I häftet *DRepetition2019* sammanfattas de för kursen viktigaste matematiska begreppen från tidigare kurser. Vi rekommenderar att du tidigt går igenom detta för att se vad du behöver repetera.
- ▶ En frivillig uppgift är att besvara 14 frågor, som korrekt lösta ger 1 bonuspoäng på ordinarie och de två följande tentorna. Dessa frågor hittar du (med slumpade, individuella parametrar) i verktyget *Möbius*.
- ▶ Instruktioner för inloggning i *Möbius* kommer att anslås på hemsidan i samband med kursstart. Testet är tillgängligt t.o.m. **fredagen i lv2**.

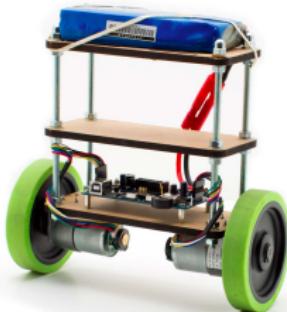
# Litteratur

- ▶ *Reglerteknikens grunder* av Bengt Lennartson (Cremona/The Store)  
(för alternativ, se hemsidan)
- ▶ *Reglerteknik D – Föreläsningar* av Bo Egardt
- ▶ Matematikrepetition
- ▶ Övningshäfte
- ▶ Filterhäfte
- ▶ Formelsamling



# Inlämningsuppgifter

I kurserna ingår tre obligatoriska inlämningsuppgifter ("hemlaborationer"), som utförs parvis:



1. Modellering och reglering av DC-motor i Balanduino
2. Modellering av Balanduino-roboten
3. Regulatordesign och implementering för Balanduino

Formering av grupper och utlämning av Balanduino (varje robot delas av två grupper) sker under lv1.

# Examination

För slutbetyg krävs godkända inlämningsuppgifter samt godkänd tentamen.

Tentamina under läsåret 2019/2020:

- ▶ 17 januari 2020
- ▶ 6 april 2020
- ▶ 20 augusti 2020

Tillåtna hjälpmmedel:

- ▶ Chalmersgodkänd kalkylator
- ▶ *Mathematics Handbook* (Beta)
- ▶ *Physics handbook*
- ▶ *Formelsamling M3 och D3*

# Studentrepresentanter

Följande studentrepresentanter deltar i utvärderingen av kursen:

- ▶ Johannes Binde
- ▶ Erik Frennborn
- ▶ David Hedgren
- ▶ Adam Oliv
- ▶ Henrik Valter

# Vad är reglerteknik?

Reglerteknik handlar om *styrning* av *dynamiska* system genom *återkoppling*

- ▶ Brett ingenjörsämne med rötter från 1940-talet
- ▶ Många tillämpningar inom och utanför tekniken
- ▶ Gemensam matematisk metodbas

Kopplingar till dатatekniken:

- ▶ Styrning av "computing systems"
- ▶ Implementering av styrsystem

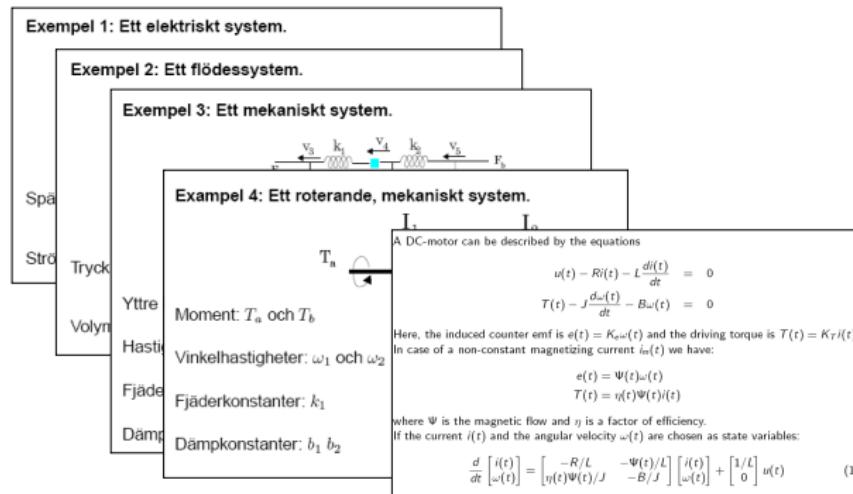
Nyckelbegrepp:

- ▶ Styrning eller reglering (eng. *control*) - inte kontroll!
- ▶ Dynamik (eng. *dynamics*)
- ▶ Återkoppling (eng. *feedback*): mäta → ta beslut → påverka

# Dynamiska system

Skilj mellan:

- ▶ *Statiskt* system: insignal → utsignal *momentant*
- ▶ *Dynamiskt* system: insignal → utsignal med "minne" (tröghet)
- ▶ Dynamik beskrivs med differentialekvationer



# Exempel: farthållare

## Example (Farthållare)

Modell för exemplet:

$$m \frac{dv(t)}{dt} = F(t) - bv(t) - d(t)$$
$$\frac{dF(t)}{dt} = \frac{1}{T}(-F(t) + Ku(t)),$$

där  $v(t)$  är hastigheten,  $F(t)$  är den framdrivande kraften, och  $u(t)$  är gaspådraget (trottelvinkel).

- ▶ Öppen och sluten styrning (eng. *open loop*, *closed loop*)
- ▶ Återkoppling
- ▶ Reglerkretsens delar
- ▶ Börvärdes- och störningsrespons med P-, I- och PI-regulator

# Sammanfattnings av exemplet

Exemplet illustrerar återkopplingens möjligheter...

- ▶ Minska effekten av osäkerhet (komponentvariationer, störningar)
- ▶ Forma systemets dynamik (t ex snabba upp, stabilisera)

... och faror:

- ▶ Destabilisering
- ▶ Givarbrus

# Var används reglertekniken?

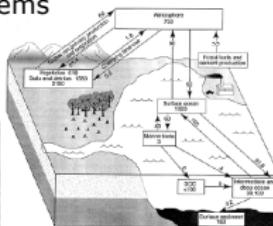
Robotics and autonomous systems



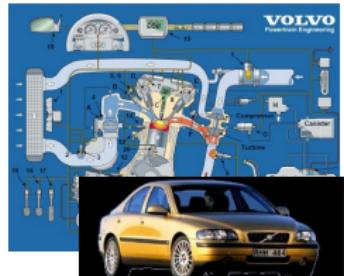
Power systems



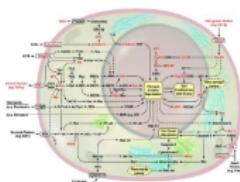
Environmental systems



Automotive systems



Electronic and optical systems



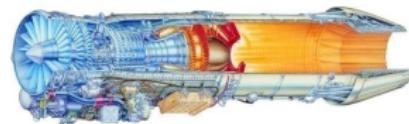
Molecular and chemical processes



Information systems



Process and pulp & paper industry



Aerospace

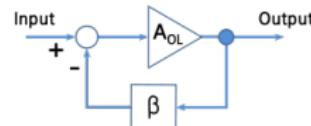
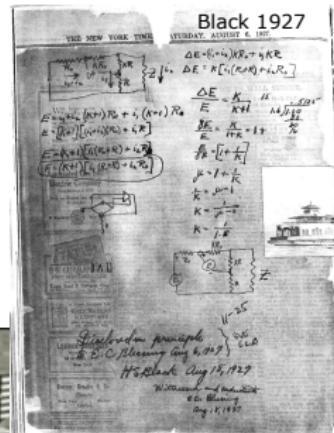
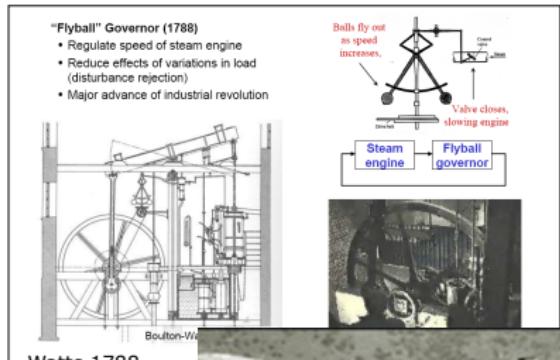
# Exempel från vardagen



# Lite historia

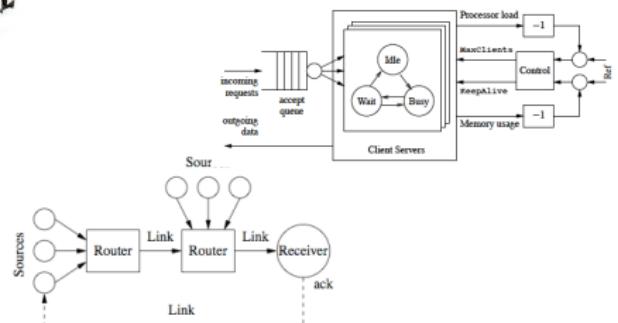
Pionjärer inom olika teknikområden:

- ▶ Watts (ångmaskiner, centrifugalregulatorn)
- ▶ Sperry (autopilot)
- ▶ Black (återkopplad förstärkare)



# Reglerteknik inom D-området

- ▶ Realisering av styrsystem med datorer
- ▶ Styrning av informations/data/kommunikationssystem



# Exempel: mail-server

## Example (Lotus Domino mail-server)

- ▶ Öppen och sluten styrning
- ▶ Återkoppling
- ▶ Reglerkretsens delar
- ▶ Börvärdes- och störningsrespons

# Kursöversikt

## 1. Introduktion. Linjära system:

- ▶ Differential- och differensekvationer
- ▶ Överföringsfunktioner, poler och nollställen, stabilitet
- ▶ Blockschema

## 2. Dynamiska modeller för tekniska system:

- ▶ Metodik, exempel från olika teknikområden
- ▶ Tillståndsmödeller, linjärisering och simulering

## 3. Vad kan vi göra med återkoppling?

- ▶ Enkla regulatorer. Motiv för P-, I- och D-reglering. PID-regulatorn.
- ▶ Stabilitet och Nyquistkriteriet.

## 4. Återkopplade system i frekvensplanet:

- ▶ Frekvensanalys, Bode- och Nyquistdiagram
- ▶ Specifikationer, principer för regulatordimensionering

## 5. Dimensionering av reglersystem:

- ▶ PID-design
- ▶ Alternativa regulatorstrukturer: kaskad-reglering, framkoppling

## 6. Hur implementeras reglersystemen?

- ▶ Tillståndsåterkoppling
- ▶ Digital implementering

## 7. Filter samt återblick och repetition

- ▶ Analog och digital filtrering, aliaseffekten

# Lärandemål

- ▶ förklara funktionen hos ett reglersystem, samt beskriva dess möjligheter och begränsningar; definiera begreppen återkoppling och framkoppling;
- ▶ formulera dynamiska modeller för enklare tekniska system, såväl i form av tillståndsekvationer som överföringsfunktioner;
- ▶ linjärisera olinjära modeller;
- ▶ analysera linjära systems egenskaper i tids- och frekvensplanet och transformera mellan olika representationsformer;
- ▶ skissa frekvenskurvor i Bodediagram samt tolka frekvenskurvor i Bodediagram och Nyquistdiagram;
- ▶ dimensionera vanliga typer av filter beroende på vilket frekvenssvar som önskas;
- ▶ tillämpa Nyqvistkriteriet för att avgöra stabiliteten för ett återkopplat system;
- ▶ analysera ett reglersystem med hjälp av känslighetsfunktioner, och förstå de möjligheter, begränsningar och konflikter som råder mellan önskemålen i ett reglersystem och hur detta är kopplat till systemets kretsöverföringsfunktion;
- ▶ välja och dimensionera P/PI/PID-regulatorer så att önskade specifikationer uppfylls;
- ▶ förstå och förklara alternativa designprinciper och regulatorstrukturer, såsom störningsframkoppling, kaskadreglering och tillståndsåterkoppling;
- ▶ implementera enkla regulatorer med dator, förstå sampling och vikningseffekten;
- ▶ använda moderna datorhjälpmedel för att underlätta analys och design.