

# Systemkonstruktion Z2

(Kurs nr: SSY-046)

Tentamen 25 Oktober 2007

Tid: 14:00-18:00 Lokal: Väg och vatten-salar.

Lärare: Björn Åstrand, tel 0733-121285

Tentamenssalarna besöks ca kl. 15.00 och 17.00.

Tentamen omfattar 50 poäng, där betyg tre fordrar 20 poäng, betyg fyra 30 poäng och betyg fem 40 poäng.

*Tillåtna hjälpmedel:*

- Matematiska och fysikaliska tabeller, t ex Beta och Physics handbook.
- Typgodkänd kalkylator.

*Lösningarna* anslås efter tentamen på avdelningens anslagstavla samt på kursens hemsida.

*Tentamensresultat* anslås senast den 15 november på avdelningens anslagstavla.

*Granskning* av rättning sker den 14 och 15 september kl 12:00-12:30 på avdelningen.

Lycka till!

Institutionen för signaler och system  
Chalmers tekniska högskola



### Uppgift 1 (3p)

Vilka metoder finns att tillgå vid lösningssökning vid arbete med systematisk konstruktion?

Det finns exempelvis:

- a) Konventionella metoder
  - Litteraturstudier och patentsökning
  - Analys av naturliga system
  - Konkurrentanalys
  - Mätningar & modellförsök
- b) Kreativa metoder
  - Brainstorming
- c) Systematiska metoder
  - Systematiska studier av fysikaliska processer
  - Sökning med klassifikationsschema
  - konstruktionskataloger

### Uppgift 2 (4p)

Vad menas att ett krav skall vara a) Testbart, b) Konsistent, c) Giltigt, d) Entydigt?

- a) Det skall vara möjligt att verifiera om ett krav har möts av produkten eller systemet.
- b) Det skall inte vara några konflikter mellan individuella krav.
- c) Kraven måste vara möjliga att förstå, analysera och accepteras/godkännas av kund och utvecklare.
- d) Kraven skall endast ha en tolkning.

### Uppgift 3 (2p)

Vad är ett inbyggt system?

Ett inbyggt system är ett specialanpassat datorsystem designat för att utföra en eller ett fåtal uppgifter. Med inbyggd menas vanligen att datorsystemet är en integrerad del av en produkt bestående av både hårdvara och mekaniska delar.

### Uppgift 4 (2p)

Vilka är de viktigaste faktorerna till att man hittar inbyggda system i allt fler produkter.

1. Fler och fler funktioner kan integreras på samma krets vilket gör att priset kan minska och användningsområdet öka.
2. Processorkraften ökar i vilket gör att fler funktioner kan lösas.
3. Effektförbrukningen minskar vilket gör att batteribaserade tillämpningar ökar.
4. Pris/prestanda ökar på datorsystem.

### Uppgift 5 (4p)

a) Vad är en optisk digital avkodare och hur fungerar den?(3p)

En digital optisk avkodare är en anordning som konverterar rörelse till en sekvens av digitala pulser. Genom att räkna pulserna kan dessa översättas till en relativ eller absolut position. Funktionaliteten är att en ljuskälla belyser en kodskiva med omväxlande ljushindrare och ljusgenomsläppande beläggning. En ljussensor detekterar om ljuset släpps igenom eller ej, med låg respektive hög signal som följd.

b) Vad är Gray-kodning och varför är en sådan lämplig? (1p)

Gray-kodning är en typ av kodning av sifferrepresentation med användandet av enbart nollor och ettor. Är lämpligt eftersom osäkerheten vid en övergång endast är en bit.

### Uppgift 6 (4p)

Det finns ett flertal givare baserade på Piezo-material. Ge två exempel på sådana givare och förklara hur Piezo-materialet används i givaren för att göra mätningen. Är det en indirekt mätning så ange sambandet.

När ett piezo-material utsätts för en deformerande kraft,  $F$ , ändras materialets fysikaliska egenskaper. Det finns två typer: piezoresistivt material, där dess resistans ändras då materialet deformeras eller piezoelektriskt material, där en laddning alstras då materialet deformeras. Exempel på givare är en kraftgivare (piezoelektriskt) där belastningen, kraften, direkt blir proportionell mot spänningen. Alternativt kan man låta ett alstrat tryck stå för deformationen och då får man en tryckgivare, där  $F = p \cdot A$ . Ett tredje exempel är där en accelerometer där en massa som utsätts för acceleration genererar en kraft,  $F = m \cdot a$  och därigenom kan accelerationen mätas.

### Uppgift 7 (4p)

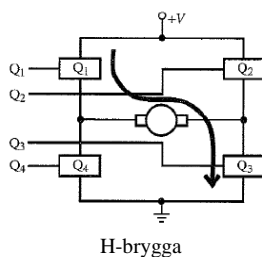
Syftet med elmotorer är att omvandla elektrisk effekt ( $u, i$ ) till mekanisk effekt ( $T, \omega$ ) (rörelse). Detta kan ske med två huvudprinciper: vilka är dessa principer (2p)? beskriv i korthet hur de fungerar (2p)?

1. Fält-ström interaktion, d.v.s. ett moment uppstår genom att en ledare befinner sig i ett magnetfält. Då uppstår en kraft som är ortogonal mot magnetfältet och strömmens riktning i ledaren.  $\vec{F} = \vec{B} \times \vec{I}$ .
2. Fält-Fält interaktion, d.v.s. ett moment uppstår genom att magnetfält attraherar respektive repellerar varandra. Genom att växla polarisation kan man uppnå en roterande rörelse.

### Uppgift 8 (3p)

Vad används en H-brygga till i motorstyrningssammanhang (1p)? Beskriv hur den fungerar (2p)? Rita gärna en figur!

En H-brygga använd då man vill kunna köra en motor åt båda hållen. Bryggan består av fyra transistorer ( $Q_1$ - $Q_4$ ). Öppnar man ( $Q_1, Q_3$ ) går motorn åt ena hållet och ( $Q_2, Q_4$ ) går motorn (strömmen) åt andra hållet. Genom att öppna ( $Q_3, Q_4$ ) bromsar man motorn och då alla är stängda är motorn avslagen.



### Uppgift 9 (4p)

I Hållbar utveckling talar man om ”Material management” strategier, d.v.s. påverka  $i$  (Effekt / kg material och energiflöde) och  $m$  (Material och energiflöde / nytta) i Bärkraftighetsekvationen,  $I = i \cdot m \cdot u \cdot P$ . Hur kan man påverka  $m$  (3p) och  $i$  (1p)?

Påverka  $m$ : Dematerialisera

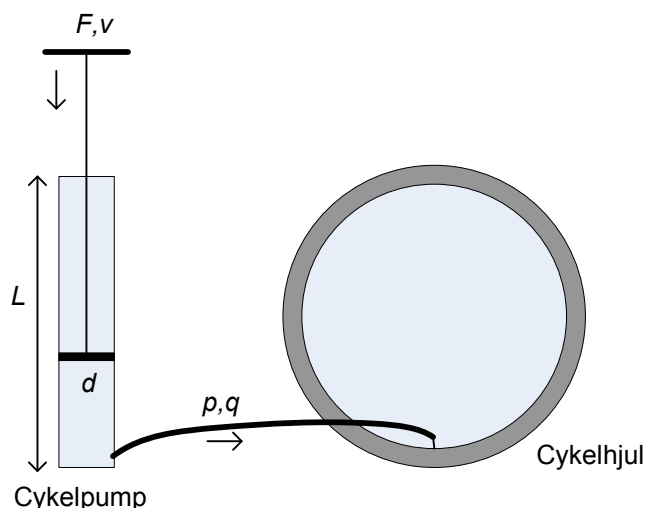
1. Reducera flödet – använd mindre material
2. Bromsa flödet – materialet skall hålla längre
3. Slut flödet – återanvänd

Påverka  $i$ : Transmaterialisera

1. Ersätt flödet – använd ett annat bättre material

### Uppgift 10 (6p)

Nedanstående figur som visar en cykelpump som pumpar luft i ett cykelhjul. Som designer skall du bestämma  $d$  hos pumpens cylinderkolv. Du bestämmer dig för följande storheter som är vettiga; när du pumpar med den konstanta kraften  $F = 100 \text{ N}$  skall det ta dig 1 sekund att trycka ner cylindern slaglängden  $L = 50 \text{ cm}$  med konstant hastighet. Detta skall gälla då luftrycket i slangen är  $p = 1 \text{ bar}$ .



a) Vilken effekt krävs av dig?(2p)

$$P = F \cdot v = F \cdot s/t = 100 \cdot 0.5/1 = 50 \text{ W}$$

b) Om vi inte har några förluster, vilken diameter d hos cylindern skall du välja?

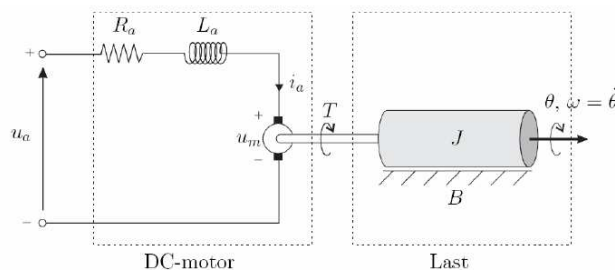
Vad blir luftflödet i däck? (4p)

$$A = \pi \cdot d^2/4 = F/p \Rightarrow d = \sqrt{4 \cdot F/(p \cdot \pi)} = \sqrt{4 \cdot 100/(1 \cdot 10^5 \cdot \pi)} = 0.036 \text{ m} = 3.6 \text{ cm}$$

$$\text{Flödet} = q = A \cdot v = F/p \cdot s/t = 100 \cdot 0.5/(1 \cdot 10^5 \cdot 1) = 0.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 0.5 \text{ liter/s}$$

### Uppgift 11 (14p)

Figuren nedan föreställer en schematisk skiss av en roterande permanentmagnetiserad DC-motor med last.



Momentet  $T_d$  från DC-motorn genereras via elektromagnetisk induktion i motorns lindningar. Det drivande momentet  $T$  antas vara proportionellt mot permanentmagnetens magnetfält  $\Phi$  och strömmen genom ankarlindningen  $i_a$ , vilket innebär att:

$$T = \bar{K} \Phi i_a = K i_a.$$

Genom att variera ankarspänningen  $u_a$  kan vi variera motormomentet  $T$ . Vid rotation induceras en spänning i ankarlindningarna, som är proportionellt mot rotorns varvtal  $\omega$  och det magnetiska flödet, enligt

$$u_m = \bar{K} \Phi \omega = K \omega.$$

Den roterande lasten har ett tröghetsmoment  $J = 0.00957 \text{ kgm}^2$  som ger upphov till ett vridmoment proportionellt mot accelerationen  $\dot{\omega}$  enligt:  $T_L = J \dot{\omega}$ . Lasten utsätts också för en viskös friktion som innebär ett dämpande moment proportionellt mot vinkelhastigheten enligt  $-B\omega$ . Låt oss anta att  $B = 0.00012 \text{ Nms/rad}$ . Uppgiften består i att välja lämplig motor (24 volt) bland de fyra alternativ som tabelleras på nästa sida.

- a) Om vi med given last önskar hålla ett varvtal  $\omega = 3000$  rpm, vilken av motorerna är lämpligast? (2p)

Vid stationärt tillstånd är motors mekaniska effekt = det dämpande momentet.

$$P = T \cdot \omega = B \cdot \omega \cdot \omega = 0.00012 \cdot (3000 \cdot 2 \cdot \pi / 60)^2 = 11.8 \text{ W}$$

$$\text{Momentet är } B \cdot \omega = 0.00012 \cdot (3000 \cdot 2 \cdot \pi / 60) = 37.7 \text{ mNm}$$

Den motor som klarar av detta är SB4060 med 23.6 W och kontinuerligt moment på 43 mNm.

- b) Hur lång tid tar det innan lasten accelererats upp till önskat varvtal (4p)

$$T_{motor} - B\omega = J\dot{\omega} \rightarrow J\dot{\omega} + B\omega = T_{motor} \text{ där } T_{motor} \text{ är startmomentet ur datablad.}$$

Lösningen på denna differentialekvation blir

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{T_{motor}}{B} \left( 1 - e^{-\frac{B}{J}t} \right) \rightarrow t = -\frac{J}{B} \ln \left( 1 - \frac{\omega B}{T_{motor}} \right) \\ &= -\frac{0.00957}{0.00012} \ln \left( 1 - \frac{3000 \cdot 2\pi \cdot 0.00012}{60 \cdot 0.3} \right) = 10.7 \text{ s} \end{aligned}$$

- c) Om man önskar att accelerationstiden skall vara 8 sekunder. Vilken motor skall man då välja? (2p)

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{T_{motor}}{B} \left( 1 - e^{-\frac{B}{J}t} \right) \rightarrow T_{motor} = \frac{\omega B}{\left( 1 - e^{-\frac{B}{J}t} \right)} \\ &= \frac{3000 \cdot 2\pi \cdot 0.00012}{60 \cdot \left( 1 - e^{-\frac{0.00012}{0.00957} \cdot 8} \right)} = 395 \text{ mNm} \end{aligned}$$

Välj motor SB4078 med startmoment 440 mNm.

- d) Vad blir startströmmen och ankarspänningen i uppgift c) (2p)

$$\text{Startströmmen blir } i_a = T/k = 395 \cdot 10^{-3} / 45.8 \cdot 10^{-3} = 8.62 \text{ A (som mest)}$$

Ankarspänningen  $u_a$  blir (som mest):

$$u_a = \underbrace{\frac{di}{dt}}_{=0} L + R_a i_a + k\omega = 2.5 \cdot 8.62 + 45.8 \cdot 10^{-3} \cdot 3000 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} = 35.9 \text{ V}$$

- e) Antag att du vill simulera systemet. Beskriv systemet på tillståndsform med tillstånden  $\omega$  (vinkelhastighet) och  $i_a$  (strömmen). Insignal är spänningen,  $u_a$ . (4p)

Tillståndsformen blir:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -\frac{R_a}{L_a} & -\frac{k}{L_a} \\ \frac{k}{J} & -\frac{B}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} [u]$$

$$y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

där  $k$  är konstant,  $x_1 = i$ ,  $x_2 = \omega$ ,  $u = u_a$