

Systemkonstruktion Z2

(Kurs nr: SSY 045)

Tentamen 23 Augusti 2006

Tid: 8:30-12:30,

Lokal: V-huset.

Lärare: Stefan Pettersson, tel 772 5146, 0739907981

Tentamenssalarna besöks ca kl. 9.30 och 11.30.

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.

Tentamenresultat anslås senast den *12 september* på avdelningens anslagstavla samt på kursens hemsida.

Granskning av rättning sker den *11 och 12 september* kl 12:00-12:30 på avdelningen.

Lycka till!

Institutionen för signaler och system
Chalmers tekniska högskola



1

a) Vad innebär primärkonstruktion vid arbete med systematisk konstruktion och vilka steg innefattar detta typiskt? (3p)

b) Vilka typiska förutsättningar gäller för delprodukter/delsystem inom fordonsindustrin? (2p)

2

a) Varför används asynkronmaskiner i så stor utsträckning framför andra motoralternativ? (2p)

b) Ge exempel på hur asynkronmaskiner kan varvtalsregleras? (2p)

3

a) Varför används pulsbreddsmodulatorer i så stor utsträckning framför exempelvis servoförstärkare? (2p)

b) Vad är varaktighetscykeln (duty cycle på engelska) i pulsbreddsmodulatorer och vad blir effekten av att öka denna vid styrning av motorer. (2p)

4

Vad innebär begreppet servomotor och när används de? (2p)

5

Du skall bygga en matematisk modell av ett system. Vad avgör hur noggrann modell du skall göra? (2p)

6

Beskriv kort hur absoluta respektive inkrementella digitala optiska vinkelgivare fungerar och ange för- respektive nackdelar med alternativen. (4p)

7

Vilka lager består integrerade kretsar av? (2p)

8

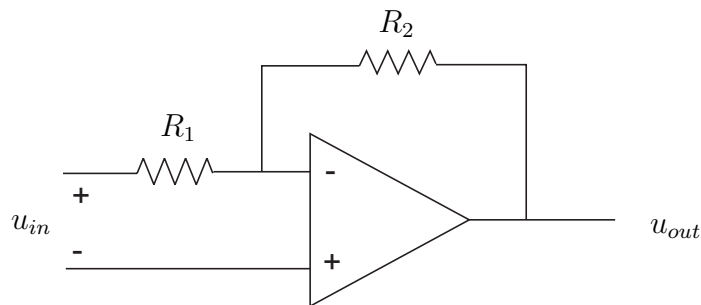
Varför införs oftast tryckackumulatorer i hydrauliksystem? (2p)

9

Hur många bitars noggrannhet måste en A/D omvandlare som arbetar i området 0-10 Volt minst ha för att få en upplösning på minst 10 mV? (2p)

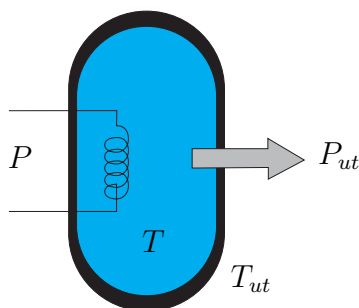
10

Betrakta nedanstående operationsförstärkarkrets. Vi vill bestämma resistanserna R_1 och R_2 så att vi får en krets med förstärkning -2 , dvs $u_{out}/u_{in} = -2$.



Vi har fyra storlekar på resistanser att tillgå, nämligen 1Ω , 2Ω , $1 k\Omega$ och $2 k\Omega$. Ur databladet för operationsförstärkaren finner vi att den typiska strömmen på utgången är $25mA$. Om $u_{in} = 5V$, hur skall du välja R_1 och R_2 ? (3p)

Betrakta en elektriskt uppvärmd varmvattenberedare med ineffekt P och värmeförlust P_{ut} .



Låt T och T_{ut} beteckna temperaturen i varmvattenberedaren respektive temperaturen utanför varmvattenberedaren. Antag att värmeförlusten ges av

$$P_{ut} = \lambda(T - T_{ut}).$$

Vattnets volym är V , dess densitet ρ och värmekapaciteten c .

- a) Ställ upp balansekvationen för varmvattenberedaren.

(4p)

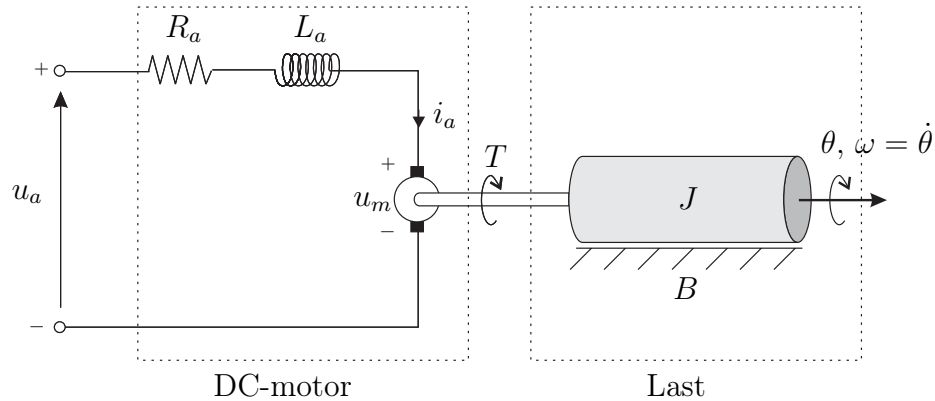
- b) Antag att vi skall välja temperaturgivare för varmvattenberedaren ovan, baserat på följande parametrar: $V = 200$ liter, $\rho = 1000$ kg/m³, $\lambda = 20$ W/°C, $c = 4.2$ kJ/(kg°C). Effekten P kan varieras mellan 0 och 1000 W och temperaturen utanför varmvattenberedaren varierar mellan 10 och 30 °C. Vilket temperaturintervall bör temperaturgivaren klara av samt vilket är minimala respektive maximala temperaturderivatan (\dot{T}) i tanken?

(4p)

- c) Antag att vi vill reglera temperaturen i tanken efter inställt önskat varierande värde (börvärde). Är det lämpligt att använda en bimetallfjäder som temperatursensor för detta ändamål? Motivering krävs.

(2p)

Betrakta figuren nedan som 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 antages vara proportionellt mot permanentmagnetens magnetfältet Φ och strömmen genom ankarlindningen i_a , vilket innebär att

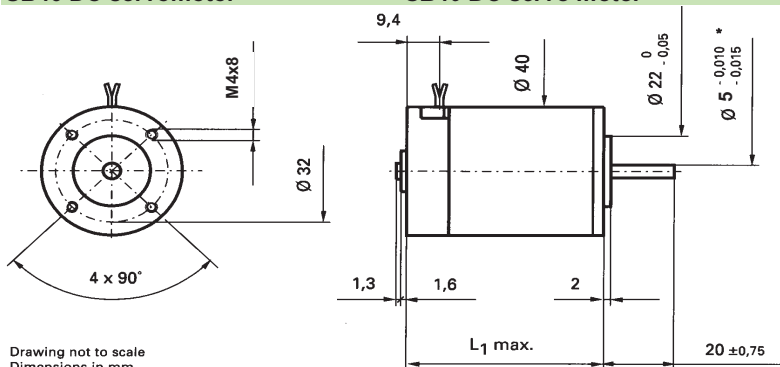
$$T = \bar{K}\Phi i_a = K i_a.$$

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

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

Den roterande lasten har ett tröghetsmoment J och utsätts 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 bland de fyra alternativ som tabelleras på nästa sida.

- Om vi med given last önskar hålla ett varvtal $\omega = 5000 \text{ rpm}$, vilken av motorerna är lämpligast? (2p)
- Skissa schematiskt moment-varvtalskaraktäristiken för motorn samt lasten. (2p)
- Om dämpningskonstanten B halveras, vilket varvtal får vi ungefär då? Klarar motorn detta? (4p)
- Om vi önskar att motorn skall gå åt båda håll, är då (någon av) motorerna lämpliga val? Motivera svaret. (2p)

SB40 DC servomotor
SB40 DC servo motor


Drawing not to scale
Dimensions in mm

DC motorer med servoegenskaper. Keramiska magneter. Finns med kullager, andra lindningar, olika axelutförande och med encoder.

DC motor with servo performance. Ceramic magnets. Available with ballbearings, other windings, different shaft configurations and with encoder.

Tekniska data Specification		SB4045	SB4060	SB4078	SB4085	
Typ av magnet Magnet type		Keramisk / Ceramic				
Nominell effekt Rated power	W	10,4	23,6	29,1	38,2	
Nominellt moment Rated torque	mNm	17	43	67	81	
Nominellt varvtal Rated speed	rpm	5 850	5 250	4 150	4 500	
Startmoment Stall torque	mNm	100	300	440	560	
Tomgångsvarvtal No load speed	rpm	7 000	6 200	4 900	5 300	
Lutning varvskonstant Speed regulation constant	rpm/mNm	68	22	11	10	
Tröghetsmoment rotor Rotor inertia	gcm ²	18,8	41,7	72	84,7	
Mechanisk tidskonstant Mechanical time constant	ms	14	9	9	9	
Termisk tidskonstant Thermal time constant	min	7,2	11,4	13,5	13,8	
Termisk resistans Thermal resistance	rotor-stator rotor-stator stator-omgivning stator-ambient	° C/W	14,0	8,7	7,2	5,7
Vikt Mass	kg	0,2	0,29	0,39	0,44	
Längd Length	mm	46,3	61	77,5	85,2	

Nominell spänning Rated voltage	V	12	24	48	12	24	48	12	24	48	12	24	48
Moment konstant Torque constant	mNm/A	15,5	31,5	62	18,3	36,2	73	22,9	45,8	92,5	21,2	42,4	83,7
Mot EMK konstant Back EMF constant	V/krpm	1,6	3,3	6,5	1,9	3,8	7,6	2,4	4,8	9,7	2,2	4,4	8,8
Resistans Resistance	ohm	1,9	7,1	29,2	0,8	3	11,5	0,7	2,5	9,7	0,6	1,9	7
Induktans Inductance	mH	1,2	4,6	18,6	0,6	2,5	10	0,7	2,6	10,7	0,5	2	7,7
Tomgångsström No load current	A	0,32	0,16	0,08	0,33	0,16	0,08	0,33	0,16	0,08	0,36	0,18	0,09
Start ström Stall current	A	6,2	3,3	1,6	14,5	8,1	4,2	16,9	9,6	4,9	21,7	13	6,9

LÖSNINGAR TENTAMEN SYSTEMKONSTRUKTION 22 23 AUGUSTI 2006

1 a) Steget efter principkonstruktion där produktutkast tröts fram. Inga delar delas upp i färdiga komponenter och unika detaljer. Primärkonstruktionen leder fram till en produktens sammansättning som är så detaljerad att en prototyp kan tillverkas (nästa steg)

- b) Man fordonsindustrin gäller:
- Stor volym
 - Komplexa produkter
 - Stort innehåll av elektronik, mekanik och datorer
 - Hög kvalitet
 - Låga kostnader
 - Osmidliga användare
 - Dåligt underhåll
 - Lång livslängd

2 a) För att det är den enklaste och robustaste motortypen (lång livslängd utan underhåll). Låga förluster (hög verkningsgrad)

- b) Vartalen kan styras/regleras genom
- Ändra frekvens
 - Ändra polantal
 - Ändra eftersläpningen

3 a) PWM används framför senoförstärkare huvudsakligen för att förlusterna är små

b) Vid PWM switchar man snabbt mellan två värden (on/off) med fix frekvens f . Om t är påslag (on) och T periodtiden ($T=1/f$) är vaktighetscykeln definierad som $t/T \cdot 100\%$ (alltså % påslag av switchcykeln). Ökas vaktighetscykeln, ökar medelströmmen genom motorn (och därmed medelmomentet).

4 En motor som används för positions- eller hastighetskontroll som utnyttjar sensorförkoppling till en regulator, kallas servomotor.

5 Noggrannheten av en modell beror på vad syftet med modellen är. (dvs vad den skall användas för).

6

Instrumentella girare levererar två internt 90° fasförskjutna pulståg, där man får använda logikretsor för att hålla räkningen. Måste initieras för att veta initialposition

Absoluta girare ger unik digital värde som motsvarar en position.

Funktionaliteten är i båda fallen att en ljusdiod belyser en kodskiva med omväxlande ljushinder och ljusgenomsläpande beläggning. En ljus sensor detekterar om ljuset släpps genom eller ej, med hög respektive låg signal som följd.

Absoluta girare

Fördelar

- Vet inställt behövs ingen initiering
- Lite mätströmmar
- Låg detektorcapacitet mätvärde i dator
- Sample i egen takt

Nackdelar

- Stor massa & klumpig
- Stort antal digitala ingångar behövs på mätströmbeskrivning
- Låg noggrannhet jämfört med andra alternativ
- Förhållande vis dyr

Instrumentella girare

Fördelar

- Enkelt kablage
- Lite mätströmmar
- Hög noggrannhet i förhållande till pris.
- Fåns i många utföranden och dimensioner

Nackdelar

- Kräver utrustning för räkning av pulser.

7

IC-kretsor består av följande lager:

- Nederst: Transistorerna
- Mellerst: Logiska komponenter (AND/OR osv)
- Överst: Förbindningar

8

Tryckackumulatörerna upptar och avger vätskevolym under tryck

- Lagrar energi
- Reservkraftkälla
- Läckagekompensation
- Volymkompensation
- Chockdämpning
- Antipulsation

9 Upplösningen är $\frac{10V}{2^n} \leq 10 \cdot 10^{-3} \Rightarrow 2^n \geq 1000 \Rightarrow n \geq 10$
 antalet bitar

10 $\frac{U_{out}}{U_{in}} = -\frac{R_2}{R_1} = -2 \Rightarrow R_2 = 2R_1$

∴ Alternativen $\begin{cases} - R_2 = 2\Omega, R_1 = 1\Omega \\ - R_2 = 2k\Omega, R_1 = 1k\Omega \end{cases}$ möjliga

$i_{out} = \frac{U_{out}}{R_2} = \frac{U_{in}}{R_1} = \frac{5}{R_1}$ $R_1 = 1\Omega \Rightarrow i_{out} = 5A$
 $R_1 = 1k\Omega \Rightarrow i_{out} = 5mA$

∴ $R_1 = 1k\Omega$ & $R_2 = 2k\Omega$ uppfyller specifikationerna.

11 a) $\frac{d}{dt} \{ c_{ppV} \cdot T \} = c_{ppV} \cdot \dot{T} = P - P_{ut} = P - \lambda(T - T_{ut})$ (effektbalans)

b) Temperaturintervall \Rightarrow (stationärvärden) $P = \lambda(T - T_{ut})$

$\Rightarrow T = \frac{P}{\lambda} + T_{ut}$

$\frac{P_{min}}{\lambda} + T_{ut, min} \leq T \leq \frac{P_{max}}{\lambda} + T_{ut, max}$

$0 + 10 \leq T \leq \frac{1000}{20} + 30 \Leftrightarrow 10^\circ \leq T \leq 80^\circ$

$\dot{T} = \frac{P}{c_{ppV}} - \frac{\lambda}{c_{ppV}} (T - T_{ut})$

$\frac{P_{min}}{c_{ppV}} - \frac{\lambda}{c_{ppV}} (T_{max} - T_{ut, min}) \leq \dot{T} \leq \frac{P_{max}}{c_{ppV}} - \frac{\lambda}{c_{ppV}} (T_{min} - T_{ut, max})$

$0 - \frac{20}{4,2 \cdot 10^3 \cdot 1000 \cdot 0,2} (80 - 10) \leq \dot{T} \leq \frac{1000}{4,2 \cdot 10^3 \cdot 1000 \cdot 0,2} - \frac{20}{4,2 \cdot 10^3 \cdot 1000 \cdot 0,2} (10 - 30)$

$\therefore -1,67 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C/s} \leq \dot{T} \leq 1,67 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C/s}$

c) Nej, eftersom en sådan ger en diskret signal av eller på motsvarande $T < T_0$ (av) och $T > T_0$ (på) Temp. reglering map (varierande) börvärde ej möjlig (om inte $T_0 = T_{ref}$).

12 a)

$$\omega = 5000 \text{ rpm} = 5000 \cdot \frac{2\pi}{60} = 524 \text{ rad/s}$$

$$P = T \cdot \omega = B\omega \cdot \omega = B\omega^2 = 0,00012 \cdot 524^2 = 33 \text{ W}$$

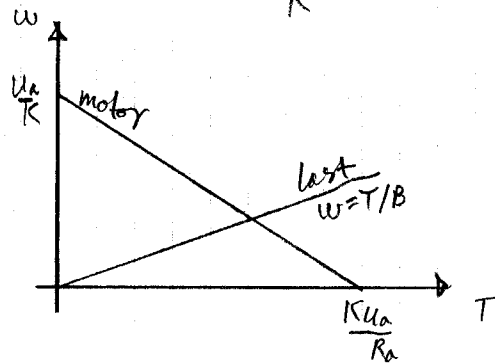
∴ Enbart SB4085 lämplig.

b)

Stationärt gäller för motorn

$$-u_a + R_a i_a + u_{mi} = 0, \quad u_{mi} = K\omega, \quad i_a = T/K$$

$$\rightarrow K\omega = u_a - R_a \frac{T}{K} \rightarrow \omega = \frac{u_a}{K} - \frac{R_a}{K^2} \cdot T$$



c)

$$u_a = K\omega + R_a \frac{T}{K} = K\omega + \frac{R_a B\omega}{K} = \left(K + \frac{R_a B}{K}\right)\omega$$

Om u_a konstant trots B 's halvering fås

$$\left(K + \frac{R_a B}{K}\right)\omega = \left(K + \frac{R_a B}{2K}\right)\bar{\omega} \quad \text{där } \omega = 524 \text{ rad/s}$$

$\bar{\omega} = \text{sökt värdet}$

$$\Rightarrow \bar{\omega} = \left(K + \frac{R_a B}{K}\right) / \left(K + \frac{R_a B}{2K}\right) \omega$$

I de olika nominella fallen $u_a = 12, 24, 48 \text{ V}$ fås

72V	$\bar{\omega} = 563 \text{ rad/s} = 5375 \text{ rpm}$	}	$\approx 560 \text{ rad/s}$
24V	$\bar{\omega} = 555 \text{ rad/s} = 5302 \text{ rpm}$		
48V	$\bar{\omega} = 554 \text{ rad/s} = 5287 \text{ rpm}$		

$$P = B\omega^2 = 0,00006 \cdot 560^2 = 19 \text{ W} \Rightarrow \text{Ja, vald motor klarar det.}$$

d)

Ja, alla funkar eftersom permanentmagnetiserade DC-motorer \Rightarrow Om u_a ändras förhåller sig motorn åt andra hållet eftersom magnetfältet konstant samma.