

## Exempel på lösning till tenta i Systemkonstruktion SSY046, 121026

### 1)

Föreslå ett sätt att "dematerialisera" en hisskonstruktion av den undersökta typen och förklara varför just det du föreslår kan minska miljöbelastningen.

*Det finns många tänkbara svar på denna fråga: T.ex. minska vikten på hisskorgen genom att optimera dess struktur och att kanske välja lättare material i väggpanelerna i hisskorgen. Detta kommer att leda till direkta vinster genom att mindre material går åt i hisskorgen, men även vinster genom att motvikten kan göras mindre, hisslinan tunnare, elmotorn mindre och hissen kommer därför också att dra mindre energi.*

Vad menas med att man "transmaterialiserar" och på vilket sätt kan det leda till minskad miljöbelastning (2 p)

*Vi transmaterialisering försöker man byta ut material som är miljöstörande till mindre miljöfarliga alternativ. Till exempel kan man byta metaller som kräver mycket energi vid t.ex. tillverkning och återvinning till andra metaller som kan produceras med liten energiåtgång eller kan återvinnas mycket effektivt och med liten energiinstats. Det kan ibland också vara att byta en metall till en plast om den är miljövänligare ur ett LCA perspektiv.*

### 2)

Då man gör en FMEA skall man analysera alla de möjliga felsätten för systemet, deras möjliga effekter och möjliga orsaker som kan leda till de felen. För de orsakerna som leder till hög riskbedömning bör man föreslå motåtgärder som minskar risken.

*OBS det finns massor av olika svar på denna fråga som är rätt*

- Nämnd minst ett möjligt felsätt för hissen (som kan leda till effekter med personskador)

*Hissen åker nedåt okontrollerat och snabbt*

- En möjlig effekt av detta felsätt, som är relaterad till personskada,

*Passagerarna skadas, t.ex. benbrott eller ryggskador, då hissen når botten*

- En möjlig orsak till just detta fel

*Fel på styrningen av hissmotorn*

- En lämplig rekommenderad åtgärd som kan sänka risk-klassificeringen för detta fel.

*T.ex.*

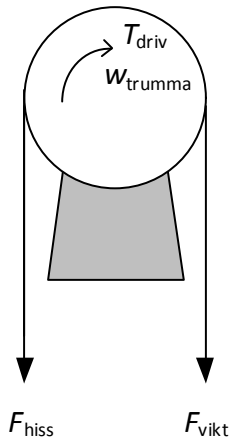
*Lägga till övervarvsskydd som oberoende av elmotorns styrsystem kan mäta varvtal och bryta spänningen till hissmotorn, samt därmed koppla på bromsarna, om varvtalet överstiger det tillåtna relativt mycket.*

(2 p)

### 3)

Beräkna det vridmoment som skall tillföras lintrumman för att

- accelerera hissen uppåt med full last i hisskorgen
- accelerera hissen uppåt med tom hisskorg
- accelerera hissen nedåt med full last i hisskorgen
- accelerera hissen nedåt med tom hisskorg



$$m_{\text{hiss}} := 400 \cdot \text{kg} \quad m_{\text{lastMax}} := 6 \cdot 75 \cdot \text{kg} \quad m_{\text{vikt}} := 550 \cdot \text{kg} \quad r := 0.15 \cdot \text{m} \quad g := 9.82 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_{\text{hiss}}(m_{\text{last}}, a) := (m_{\text{hiss}} + m_{\text{last}}) \cdot (g + a)$$

$$F_{\text{vikt}}(a) := (m_{\text{vikt}}) \cdot (g - a)$$

där  $v$  och  $a$  är hisskorgens hastighet och acceleration uppåt. OBS storleken på  $v$  spelar ingen roll i beräkningarna, men dess tecken används för att avgöra vilket håll friktionskraften verkar.

Vridmomentbalans på lintrumman ger:

$$T_{\text{driv}}(m_{\text{last}}, a) := r(F_{\text{hiss}}(m_{\text{last}}, a) - F_{\text{vikt}}(a))$$

$$\text{Fall 1:} \quad T_{\text{driv}}\left(m_{\text{lastMax}}, 1 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 652 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\text{Fall 2:} \quad T_{\text{driv}}\left(0 \cdot \text{kg}, 1 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = -78 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\text{Fall 3:} \quad T_{\text{driv}}\left(m_{\text{lastMax}}, -1 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 232 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\text{Fall 4:} \quad T_{\text{driv}}\left(0 \cdot \text{kg}, -1 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = -363 \text{ N} \cdot \text{m}$$

I vilka av dessa fyra fall kommer elmotorn att återmata elektrisk energi till elnätet och varför?

Matematiskt sett: med de referensriktningar för vad som definieras som ett positivt varvtal och ett positivt moment som jag använt så betyder positiv mekanisk effekt ( $P_{mek}=T*w$ ) att motorn avger effekt till hisstrumman (motordrift) och negativ mekanisk effekt betyder att den upptar effekt från lintrumman och omvandlar den till elektrisk effekt (generator drift)

I fall 2 är  $w>0$  och  $T<0$  vilket ger  $P_{mek}<0$ , och då återmatas effekt. Det beror på att motvikten är tyngre än hisskorgen och därför "vill" dra upp hisskorgen. Därför måste motorn hålla emot under hela höjningen av hisskorgen.

I fall 3 är  $w<0$  och  $T>0$  vilket ger  $P_{mek}<0$ , och då återmatas effekt. Det beror på att motvikten är lättare än hisskorgen+last och därför "vill" hisskorgen åka ner och samtidigt lyfta upp motvikten. Därför måste motorn hålla emot under hela sänkningen av hisskorgen.

(5 p)

#### 4)

Välj en elmotor och en utväxling till hissen - det skall vara den minsta möjliga motorn ur nedanstående serie som uppfyller kraven för denna hiss. Utväxlingen mellan motorn och lintrumman kan bara vara jämna tital i intervallet från 1:10 upp till 1:100.

(5 p)

Märkeffekt	Max vridmoment	max varvtal	vikt	tröghetsmoment
2.5 kW	4.34 Nm	5500 rpm	7 kg	0,0020 kg*m <sup>2</sup>
3 kW	5.4 Nm	5300 rpm	8 kg	0,0025 kg*m <sup>2</sup>
4 kW	7.6 Nm	5000 rpm	10 kg	0,003 kg*m <sup>2</sup>
5,5 kW	11 Nm	4800 rpm	13 kg	0,004 kg*m <sup>2</sup>
7,5 kW	15 Nm	4700 rpm	17 kg	0,007 kg*m <sup>2</sup>
11 kW	23,5 Nm	4500 rpm	28 kg	0,009 kg*m <sup>2</sup>
15 kW	32 Nm	4500 rpm	37 kg	0,015 kg*m <sup>2</sup>

Hissen skall gå 1 m/s och motorvarvtalet ihop med den valda utväxlingen måste tillåta det varvtalet.

Den maximala vridmomentet som krävs på lintrumman ges av fall 1 i tal 3 och är alltså 652 Nm.

Maximal utväxling ges av:

$W_{maxMotor}/k_{vxl} * r_{lintrumma} = v_{max}$  vilket ger att den minsta motorn kan ha utväxlingen

$K_{vxl} = w_{maxMotor} * r_{lintrumma} / v_{max} = (5500 * \pi / 30) * 0.15 / 1 = 86$  ggr då väljs alltså 80 ggr

Den minsta elmotorn kan med den utväxlingen maximalt ge ett vridmoment på lintrumman som är:

$T_{MaxLintrumma} = T_{MaxMotor} * k_{vxl} = 4.34 \text{ Nm} * 80 = 347 \text{ Nm}$

Detta är ca hälften av de 652 Nm som krävs, därför testar vi med en motor som kan ge ca 2 ggr högre vridmoment, d.v.s. 5.5 kW motorn.

Maximal utväxling blir för den motorn:

$$K_{vxl} = (4800 * \pi / 30) * 0.15 / 1 = 75.4 \text{ ggr} \text{ då väljs alltså } 70 \text{ ggr}$$

Med den utväxlingen kan motorn ge

$$T_{MaxLintrumma} = T_{MaxMotor} * k_{vxl} = 11 \text{ Nm} * 70 = 770 \text{ Nm}$$

Detta är mer än de 652 Nm som krävs

**Alltså väljer vi 5.5 kW motorn med en utväxling på 70 ggr**

## 5)

Är det lämpligt att man, för denna hiss, använder fältförsvagning som ett sätt att kunna höja elmotorns varvtal över det maxvarvtal som anges i tabellen ovan? - Förklara varför eller varför inte. (Det är motivationen som kan ge poäng, inte bara ett ja eller nej-svar) (2 p)

*Nej det är inte lämpligt. Fältförsvagning leder till att maximalt vridmoment sänks så den effekt man kan få ut ur motorn ökar inte genom fältförsvagning. Dessutom krävs redan en stor utväxling och om vi fältförsvagade motorn skulle det krävas ännu större utväxling, utan att vi kunde minska motorstorleken.*

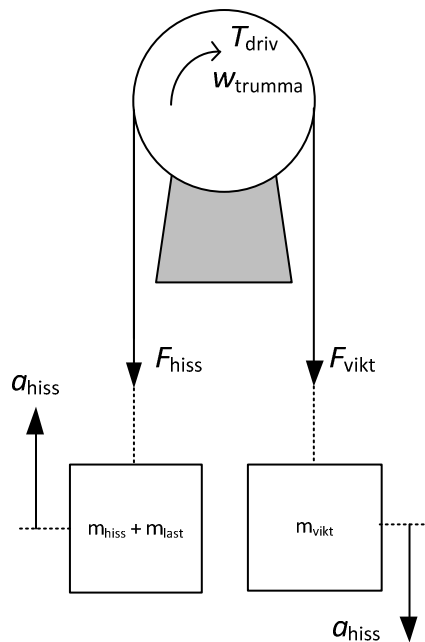
## 6)

Ta fram en tillståndsmodell för hissens dynamik (i vertikalled) där vridmoment från elmotorn är insignal och hissens position i vertikalled är utsignal. Låt hissens hastighet vara första tillståndet och hissens position det andra tillståndet. Vikten på passagerarna skall anses som en konstant och inte som en insignal. (5 p)

- Rita en figur med de krafter och massor som spelar roll samt
- ställ upp balansekvationer och konstitutiva samband som krävs
- härled ur den tillståndsmodellen och skriv den på formen

$$\frac{dx}{dt} = A x + B u \quad \text{samt} \quad y = C x + D u$$

(Tips: Det finns en konstantterm i en ekvation som beskriver derivatan på ett av tillstånden. För att kunna få med den på den önskade ekvationsformen "Ax+Bu" så kan den termen läggas som en extra insignal i u-vektorn, även om den inte kommer att variera.)



$$F_{\text{hiss}} = (m_{\text{hiss}} + m_{\text{last}}) \cdot (g + a_{\text{hiss}})$$

$$F_{\text{vikt}} = m_{\text{vikt}} \cdot (g - a_{\text{hiss}})$$

$$T_{\text{trumma}} = T_{\text{motor}} \cdot k_{\text{vxl}}$$

Hissens position och hastighet beror på varandra som

$$v_{\text{hiss}} = \frac{d}{dt} x_{\text{hiss}}$$

Eftersom lintrummas, växelns och elmotorns tröghetsmoment försummas måste nettovidmomentet på lintrumman vara noll (annars får man oändlig vinkelacceleration)

$$F_{\text{hiss}} \cdot r_{\text{trumma}} - F_{\text{vikt}} \cdot r_{\text{trumma}} = T_{\text{motor}} \cdot k_{\text{vxl}}$$

Genom att sätta in formlerna för kraften från hisskorgen och från vikten och bryta ut accelerationstermerna så får vi

$$a_{\text{hiss}} \cdot (m_{\text{hiss}} + m_{\text{last}} + m_{\text{vikt}}) = g \cdot (m_{\text{vikt}} - m_{\text{hiss}} - m_{\text{last}}) + \frac{T_{\text{motor}} \cdot k_{\text{vxl}}}{r_{\text{trumma}}}$$

ur detta fås:

$$\frac{d}{dt} v_{\text{hiss}} = a_{\text{hiss}} = -g \cdot \frac{(m_{\text{vikt}} - m_{\text{hiss}} - m_{\text{last}})}{(m_{\text{hiss}} + m_{\text{last}} + m_{\text{vikt}})} + \frac{T_{\text{motor}} \cdot k_{\text{vxl}}}{r_{\text{trumma}} \cdot (m_{\text{hiss}} + m_{\text{last}} + m_{\text{vikt}})}$$

ur detta kan man ställa upp tillståndsmodellen:

$$\frac{d}{dt} x = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{bmatrix} \frac{k_{\text{vxl}}}{r_{\text{trumma}} \cdot (m_{\text{hiss}} + m_{\text{last}} + m_{\text{vikt}})} & \frac{(m_{\text{hiss}} + m_{\text{last}} - m_{\text{vikt}})}{(m_{\text{hiss}} + m_{\text{last}} + m_{\text{vikt}})} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot u$$

$$y = (0 \ 1) \cdot x + (0 \ 0) \cdot u$$

där

$$x = \begin{pmatrix} v_{\text{hiss}} \\ x_{\text{hiss}} \end{pmatrix} \quad u = \begin{pmatrix} T_{\text{motor}} \\ g \end{pmatrix}$$

## 7)

Du skall göra ett mikrodatorbaserat styrsystem för hissen där man skall kunna kalla på hissen med två knappar på varje våning – en för att åka uppåt och en för att åka nedåt. På nedersta våningen och översta våningen finns bara en knapp för att kalla på hissen. Styrsystem skall även styra hissmotorn.

Föreslå ett styrsystem baserat på tre kaskadkopplade delfunktioner som skall fylla följande funktioner:

1. Styra vilken våning hissen skall till
2. styra hisskorgens position
3. styra hissmotorns vridmoment

Var och en av dessa funktioner skall ritas som ett block där det skall framgå vilka in- och utsignaler det blocket har. Det tre blockens in och utsignaler skall också kopplas ihop till ett helt styrsystem som kan styra hissens funktioner. De regulatorer eller programkod som blocken behöver innehålla behöver inte tas fram!

Inför och förklara de mätsignaler som systemet behöver för att göra sitt jobb.

(Alla signaler i lösningen måste namnges så att det är enkelt att förstå vilken information de bär på.)

(4 p)

(se fig nästa sida)

