Tentamen i
Krets- och mätteknik, fk - ETEF15

Institutionen för elektro- och informationsteknik
LTH, Lund University

2016-10-27
8.00 - 13.00

Uppgifterna i tentamen ger totalt 60. Uppgifterna är inte ordnade på något speciellt sätt. Läs därför igenom alla uppgifter innan du börjar lösa dem. Några uppgifter är uppdelade i deluppgifter. Av totalt 60 möjliga poäng fordras minst 30 för godkänt.

Tillåtna hjälpmedel:

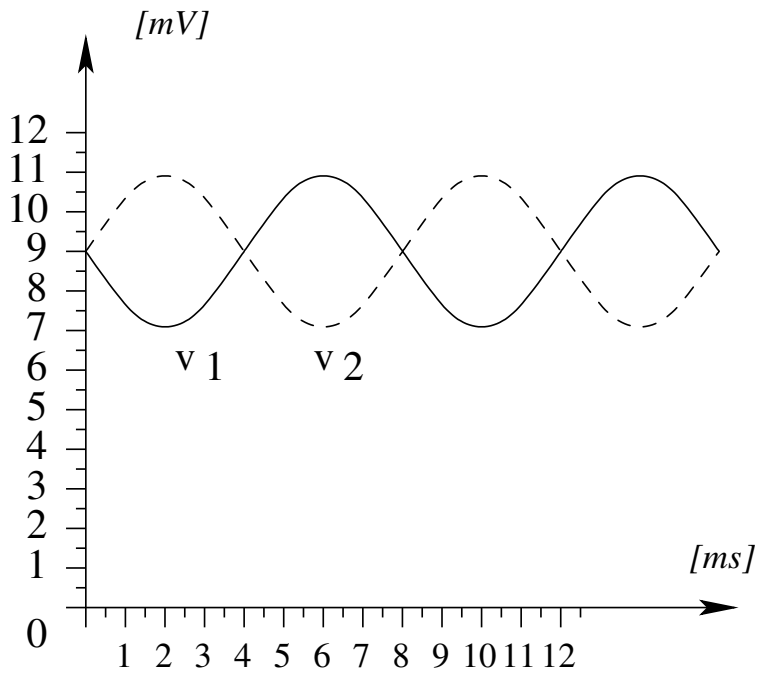
- Formelsamling i krets- och mätteknik
- Räknare

Observera!

- För att rättning av lösning skall komma i fråga fordras att den är läslig samt klart och tydligt uppställd.
- Glöm inte att skriva logo och ID-kod på alla blad.

Lycka till!
Bertil Larsson

1.



Figur 1: Uppmätta signaler från en differentiell givare

Från en givare med differentiell utsignal kommer två signaler, v_1 och v_2 enligt figur 1. De kopplas till en differentialförstärkare och dess utsignal kopplas till en AD-omvandlare med inspänningsområdet $0 - 5V$.

(a) Ange v_{DM} och v_{CM} för insignalerna. (2 p)

(b) Utsignalen från differentialförstärkaren för signalerna ovan är $0,1 + 2\cos(2\pi ft)$. Beräkna A_{DM} och A_{CM}. (4 p)

(c) Vilket $CMRR$ har förstärkaren? (1 p)

(d) Beräkna det maximala $A_{DM,max}$ som kan användas med förutsättningarna ovan om man antar att $A_{CM} = 0$. (2 p)

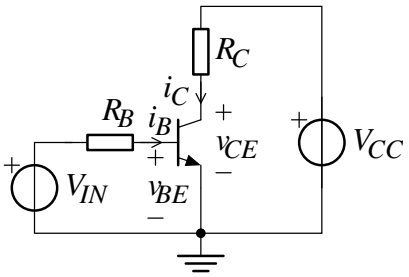
(e) Hur många bitar krävs i AD-omvandlaren för att klara en onoggrannhet på max 1%? Visa hur du kommit fram till ditt svar. (2 p)

(f) Nämn minst två principer för ADomvandling och välj en typ som passar för uppgiften i exemplet om figur 1 ovan visar maximal frekvens på insignalerna. Motivera ditt val. (2 p)

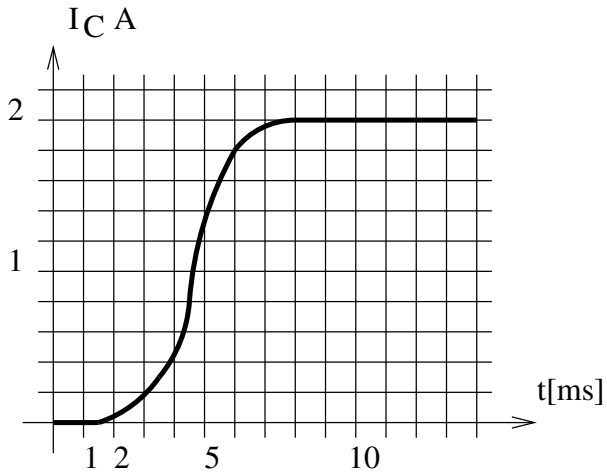
(g) Vid AD-omvandling används ett lågpassfilter mellan förstärkaren och AD-omvandlarkretsen. Varför använder man ett sådant filter och vilken brytfrekvens ska det ha om figur 1 ovan visar maximal frekvens på signalerna. (2 p)

(h) I ett allmänt fall, vad är vinsten med differentiell ingång vid mätning? (1 p)

2. Figur 2a visar en switchkoppling med BJT-transistor. I tabell 1 finns uppmätta data för kopplingen. Matningsspänningen är $V_{CC} = 10V$, $R_C = 5\Omega$, $R_B = 100\Omega$ och $V_{BE} \approx 0.6V$.



(a) Grundkoppling med BJT



(b) Oscilloskopbild av omslag i BJT

Figur 2: En transistorswitch med tidsgraf

Tabell 1: Uppmätta data för en Bipolärtransistor (BJT)

$V_{CE}(V)$	$V_{IN}(V)$	$I_C(A)$	$I_B(mA)$	$\beta_F = I_C/I_B$
0.2	5.4			
5.0	2.6			
10.0	0			

(a) Beräkna ur uppmätta data i tabell 1 ett ungefärligt värde på β_F, motivera. (2 p)

(b) Vilken effektutveckling är det i transistorn när den är bottnad enligt tabell 1? (2 p)

(c) Figur 2b visar kollektorströmmen när transistorn används som switch. Basspänningen slås på vid tiden $t = 0$. Vilken stigtid, t_r, har kollektorströmmen I_C? (2 p)

(d) Nämn något sätt att förkorta omslaget för transistorn i figur 2a (2 p)

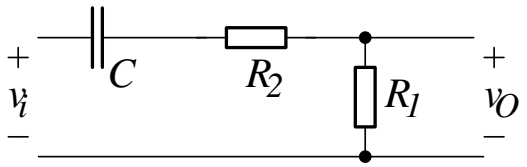
3. Två trefasmotorer är inkopplade i Y-koppling på ett trefasnät med huvudspänningen 400V. Data för motorerna ges i tabell 2.

	Motor 1	Motor 2
Mekanisk effekt	11kW	15kW
Verkningsgrad (η)	0,76	0,82
Effektfaktor	0,70	0,80

Tabell 2: Data för motorerna

   (a) Bestäm resulterande aktiv och reaktiv effekt (6 p)
   (b) Bestäm resulterande effektfaktor (2 p)
   (c) Bestäm resulterande strömstyrka i de tre faserna (4 p)
   (d) Ange ett uttryck för värdet, vilken typ av komponent och hur den ska kopplas in för att eliminera uttaget av reaktiv effekt från trefasnätet. (3 p)

4. Ett RC-nät studeras. $R_2 = 99R_1$



Figur 3: En krets med R och C

   (a) Bestäm överföringsfunktionen för nätet i figur 3 (3 p)
   (b) Rita BODE-diagrammen för nätet. Diagramblad finns sist i häftet. (4 p)
   (c) Vilken fasvridning har utsignalen relativt insignalen vid frekvenserna $\omega_1 = \frac{1}{R_1 C}$ och $\omega_2 = \frac{1}{100 R_1 C}$ (3 p)
   (d) Om insignalen har amplituden 1V, vilken är amplituden på utsignalen vid ω_2? (2 p)

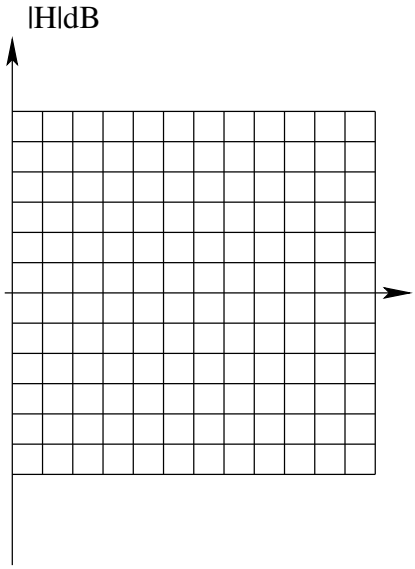
5. Tre typer av kablar ska karaktäriseras med avseende på deras förmåga att skydda för elektriska och magnetiska störningar. Kablarna är: Koaxialkabel, partvinnad kabel, tvåledare elkabel. Ange för var och en med orden 'Bra' eller 'Dålig' avseende deras förmåga att skydda för elektriska respektive magnetiska störningar samt motivera dina svar. (3 p)

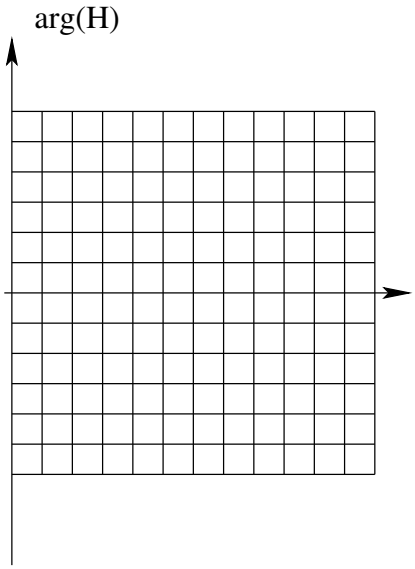
6. I det europeiska regelverket för produkter som säljs inom EU finns CE-märkningen.

   (a) Vad är den övergripande innebörden av CE-märkningen. (2 p)
   (b) Vem är ansvarig för att CE-märkningen görs. (2 p)
   (c) En produktionslinje är CE-märkt. Vid en utbyggnad installeras elutrustning som garanterat uppfyller EMC-direktiven i linjen. Måste hela linjen då CE-märkas på nytt? (2 p)

ID-kod .....

Diagramblad till uppgift 4





1 Svar

1a $v_{DM} = v_1 - v_2 = \{0.009 - 0.002\cos(2\pi 125t)\} - \{0.009 + 0.002\cos(2\pi 125t)\} = -0.004\cos(2\pi 125t)$. $v_{CM} = (v_1 + v_2)/2 = 0.009V$

1b $A_{DM} = (2\cos(2\pi 125t))/(-0.004\cos(2\pi 125t)) = -500$. $A_{CM} = 0.1/0.009 = 11.1$

1c $CMRR = A_{DM}/A_{CM} = 500/11.1 = 45(33dB)$ (Minustecknet betyder bara invertering).

1d Maximal insignal till ADomvandlaren är 5V. Den största differentiella insignalen är $0.004V$. $A_{DM,max} = 5/0.004 = 1250$. Den gemensamma insignalen 0.009 förstärks ej.

1e Hela omvandlingsområdet ges av V_{fs}. Den minsta signal som kan mätas är då $V_{fs}/2^N$ som är upplösningen i spänning. Noggrannheten beror på om AD-omvandlaren trunkerar, d.v.s. avrundar nedåt, eller avrundar matematiskt. I första fallet blir felet 1 LSB och i andra fallet 1/2 LSB. Svaren blir då: $0.01 = 2^{-N}$ som ger $N = 7$ respektive $0.005 = 2^{-N}$ som ger $N = 8$.

1f Flash, successiv approximation, sigma-delta och integrerande. Flash är snabbast men kostsam och i detta fall är frekvenserna måttliga, 125Hz. Successiv approximation och sigma-delta ger bra noggrannhet och klarar lätt frekvensen. Integrerande är noggrann men 125Hz kan ligga i överkant för denna. Välj Successiv approximation eller sigma-delta.

1g Vikning (aliasing) är att signaler med högre frekvens viks in i den bandbredd som signlen har. Detta beror på att samplingsfrekvensen inte är tillräckligt hög. $f_{sample} > 2 * f_{max,signalfrekvens}$. Detta motverkas med filter på ingången som filtrerar bort oönskade höga frekvenser i insignalen och/eller höja samplingsfrekvensen. Signalfrekvensen är 125Hz så filtret ska ha brytfrekvensen 125Hz. För att konstruktionen av filtret ska vara rimlig bör samplingsfrekvensen ligga mycket högre än 250Hz.

1h Differentiell ingång kan reducera störningar som kommer in lika mycket på ledningarna. Vid subtraktionen försvinner det mesta då.

Tabell 3: Beräknade data för en Bipolärtransistor (BJT)

$V_{CE}(V)$	$V_{IN}(V)$	$I_C(A)$	$I_B(mA)$	$\beta_F = I_C/I_B$
0.2	5.4	1.96	48	40.8
5.0	2.6	1	20	50
10.0	0	0	0	-

2a När transistorn är bottnad sjunker β_F så ett värdet i närheten av 50 är rimligt.

2b $V_{CE} = 0.2V$ och $I_C = 1.96A$. $P = 0.2 * 1.96 = 0.39W$

2c 3ms

2d Genom att minska R_B eller parallellkoppla R_B med en kondensator, enligt lab 2.

	P_{mek}	η	$P_{el} = \frac{P_{mek}}{\eta}$	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$	$Q = P\tan\varphi$
Motor 1	11kW	0,76	14,5kW	0,70	1,02	14,8kVAr
Motor 2	15kW	0,82	18,3	0,80	0,75	13,7kVAr

Tabell 4: Svar till uppgift 3

3a $P_{el,tot} = 32.8kW$, $Q_{el,tot} = 28.5kVAr$

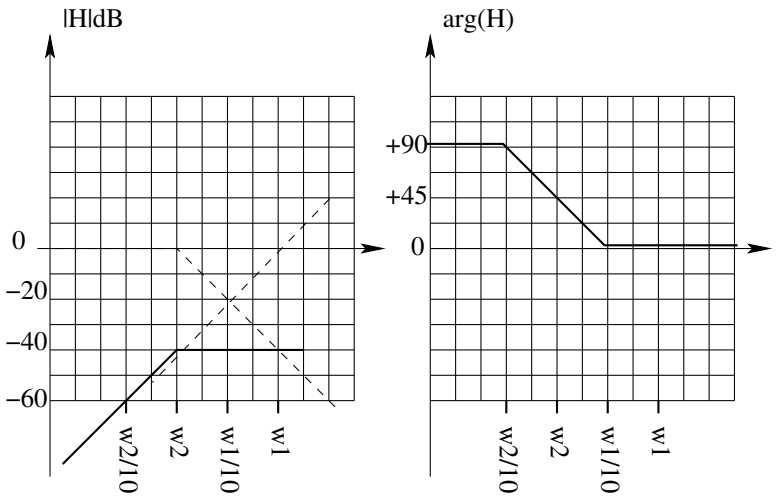
3b $\tan\varphi = \frac{28.5}{32.8}$ vilket ger $cos\varphi = 0.75$

3c $\frac{P_{tot}}{3} = |U_f I_h| \cos\varphi$. $|I_h| = \frac{P_{tot}}{3U_f \cos\varphi} = \frac{P_{tot}}{\sqrt{3}U_h \cos\varphi} = 63.1A$

3d Motorerna är induktiva med $Q_m > 0$. Vi vill ta bort Q_m med en lika stor negativ reaktiv effekt, $Q_C = -Q_m$, dvs en kondensator mellan varje fas, $L_1 - L_3$, och nolledaren. $S_C = \frac{(230)^2}{(\frac{1}{j\omega C})^*} = \frac{(230)^2}{(j\frac{1}{\omega C})} = -j\frac{(230)^2}{(\frac{1}{\omega C})} = -j(230)^2\omega C = -j(28.5/3)$kVAr. $C = \frac{750}{(230)^2 * 2\pi * 50} = 572\mu F$.

4a $H(j\omega) = \frac{R_1}{R_1+R_2+1/j\omega C} = \frac{j\omega R_1 C}{1+j\omega(R_1+R_2)C}$

4b $\omega_1 = 1/(R_1 C)$, $\omega_2 = 1/((R_1+R_2)C) = \omega_1/100$



Figur 4: Bodediagram för passivt nät

4c Vid ω_1 är fasvridningen 0 grader och vid ω_2 är fasvridningen +45 grader

4d Vid ω_2 är amplituden $1V/100 = 0.01V$ (eller möjligen $0.0071V$ om exakta värdet ska anges).

5 Koaxialkabel: Bra i båda fallen. Elektriskt är det en Faradays bur och magnetiskt är innerledarens ström totalt omsluten av höljets ström vilket ger perfekt skärmning.
Partvinnad kabel: Ledare och återledare är tvinnade. Elektriskt ger det inte stort skydd. Magnetiskt är kabeln bra eftersom den inducerade strömmen i varje ögla motverkas av öglan bredvid.
Tvåledare elkabel: Här är skyddet dåligt både för elektrisk och magnetisk påverkan.

6a CE-märkningen är tillverkarens garanti för att produkten uppfyller tillämpliga standarder.

6b Tillverkaren eller importören

6c Ja, det är hela linjen som sådan som ska CE-märkas.