

Inlämningstid	1
Kl:	

ELEKTROTEKNIK

MASKINKONSTRUKTION

KTH

TENTAMENSUPPGIFTER I ELEKTROTEKNIK MED SVAR

Elektroteknik MF1016

2011-05-25

kl: 9:00-13:00

Du får lämna salen tidigast 1 timme efter tentamensstart.

*Du får, som hjälpmedel, använda räknedosa, kursens lärobok (utan andra anteckningar än understrykningar och korta kommentarer) samt Betatabell eller liknande. Övningshäften, lab-PM, anteckningar etc är inte tillåtna.*

*ALTERNATIVT lärobok får ett eget formelblad användas, A4, med valfri information.*

Lösningar läggs ut på hemsidan 13:00.

Tentamensresultatet anslås 2011-06-10

Efternamn, förnamn (texta)
Namn-teckning
Personnummer

**OBS! Inga lösblad får användas. Alla svar ska göras i tentamenshäftet.**

*Räkna först på kladdpapper och för sedan in svaret samt så mycket av resonemanget att man vid rättning kan följa Dina tankegångar.*

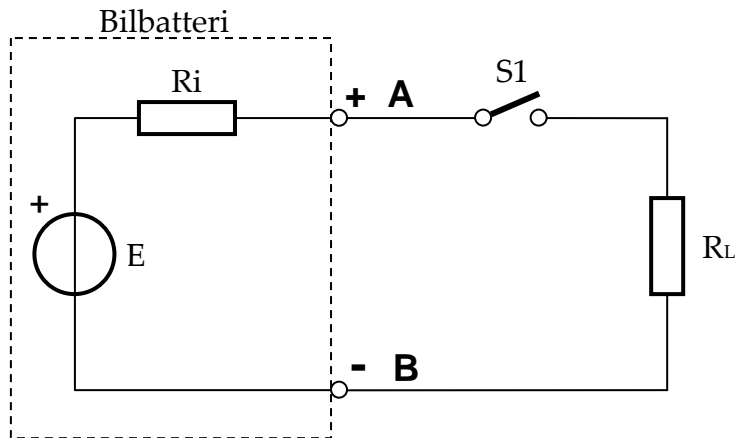
*Svar utan motivering ger poängavdrag. (Gäller ej flervals- och kryssfrågor).*

*Vid behov kan Du skriva på baksidan.*

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>

<b>Σ Poäng</b>

- 1(2) Ett bilbatteri har tomgångsspänningen 13,2 V ( $S_1$  är från/öppen), mätt mellan A och B. När startnyckeln vrids till körläge ( $S_1$  till/sluten) sjunker batterispänningen till 12,0 V. I detta läge förbrukar lasten  $R_L$  120 W.



- Beräkna strömmen genom lasten  $R_L$  då  $S_1$  är sluten
- Beräkna resistansen  $R_L$ .
- Beräkna batteriets inre resistans  $R_i$ .
- Beräkna förlusteffekten i batteriet då  $S_1$  är sluten.

2(2)

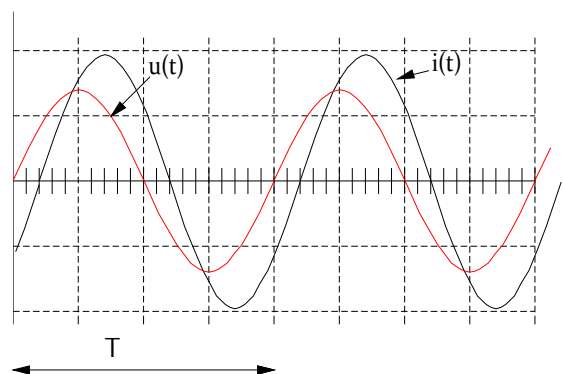
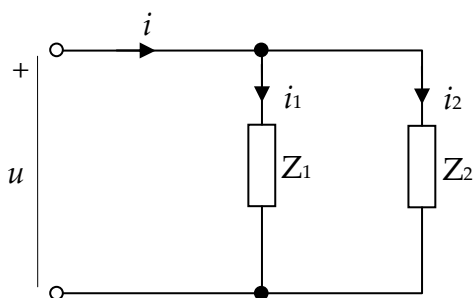
En växelspänningskälla  $u$  matar två parallellkopplade impedanser med strömmen  $i$ .

För kretsen gäller:  $u = \hat{U} \sin(\omega t)$  och  $i_2 = \hat{I}_2 \sin(\omega t + \alpha)$

där  $\hat{U} = 42$  V och  $\hat{I}_2 = 8,5$  A och  $\alpha = -60^\circ$

Impedansen  $Z_1$  är rent resistiv och består av motståndet  $R = 10$  ohm.

Förhållandet mellan inspänning och inström kan principiellt se ut som i diagrammet.



Beräkna:

- Effektivvärdet av strömmen  $i$ , dvs  $I$ .

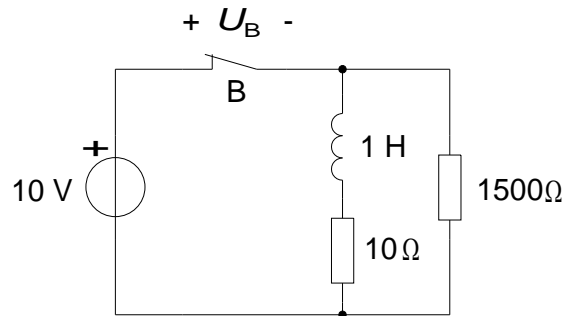
- b) Effektivvärdet av strömmen  $i$ , dvs  $I$ .
- c) Fasvinkeln  $\varphi$  mellan inspänning  $u$  och inström  $i$ .
- d) Effektutvecklingen i kretsen.

3(1) Strömbrytaren B i figuren har under lång tid varit sluten. Spänningskällan ger 10 V likspänning.

Vid tidpunkten  $t=0$  öppnas kontakten B.

a) Beräkna tidkonstanten för det transienta förlopp som följer.

b) Bestäm spänningen över brytaren,  $U_B$ , omedelbart efter  $t=0$ ?



4(2)

En permanentmagnetiserad likströmsmotor matas med spänningen 230V. Tomgångsvarvtalet är då 2400 varv/minut.

När motorn belastas med momentet  $M$ , sjunker varvtalet till 2000 varv/minut samtidigt som strömmen genom motorn blir 10A.

- a) Beräkna spänningskonstanten  $K_2\Phi$ .
- b) Beräkna motorns ankarresistans.
- c) Beräkna momentet  $M$ .
- d) Beräkna den mekaniska axeleffekten

5(2)

En likströmsmotor matas från en H-brygga som i sin tur matas med likspänningen 60V. H-bryggan kan belastas med maximalt 1,5 A kontinuerligt. Spänningen till motorn från H-bryggan styrs med en PWM-signal.

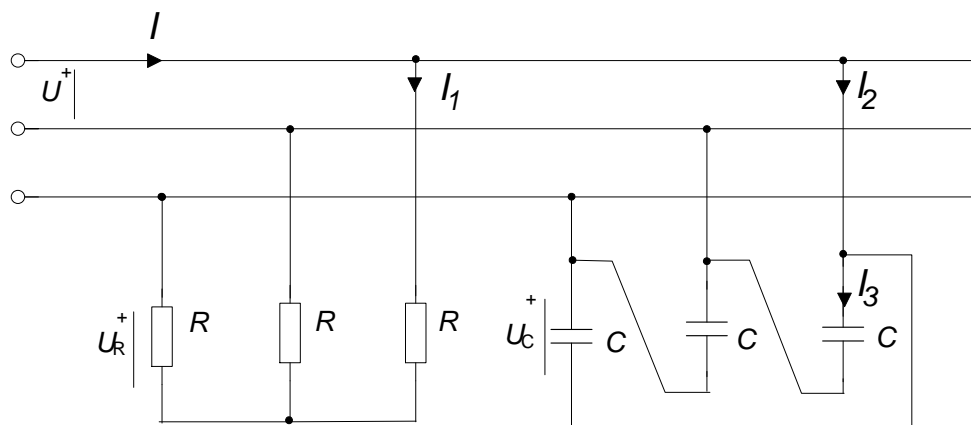
Likströmsmotorn har bland annat nedanstående data:

Measuring voltage	V	60
No-load speed	rpm	5700
Stall torque	mNm	780
Back-EMF constant	V/1000rpm	10,4
Terminal resistance, $R_A$	ohm	7,6
Torque constant	mNm/A	99,4
Thermal resistance rotor-body	°C/W	3,5
Body-ambient	°C/W	8
Max. permissible coil temperature	°C	155

Motorn skall arbeta i en omgivningstemperatur på 40°C.

- Beräkna den maximala ström som motorn tål kontinuerligt.
- Beräkna det maximala moment som motorn kan belastas med kontinuerligt.
- Beräkna det maximala varvtal som motorn kan köras med om momentet enligt b) används.
- Beräkna den maximala axeleffekt som motorn kan belastas med kontinuerligt.

- 6(2) De två trefaslasterna i figuren är anslutna till ett symmetriskt trefasnät. Den vänstra består av tre inbördes Y-kopplade resistor och den högra består av tre inbördes D-kopplade kondensator. För resistorerna och kondensatorerna gäller att  $|X_c| = \frac{1}{\omega C} = 2R$ ,  $R=27 \Omega$  och  $I_2 = 12,8A$ .



Beräkna:

- strömmen ( $I_3$ ) i var och en av kondensatorerna.

- b) spänningen ( $U_C$ ) över var och en av kondensatorerna C.  
 c) spänningen ( $U_R$ ) över var och en av resistanserna R.  
 d) den sammanlagda strömmen  $I$ .

7(2)

En styruppgift i en klimatanläggning ger upphov till följande sanningstabell.

a	b	c	d	A
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	$\Phi$
1	0	0	1	0
1	0	1	0	$\Phi$
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	$\Phi$

- a) Fyll i Karnaughdiagrammet nedan och gör hoptagningar som leder till ett minimalt grindnät

		c d			
		00	01	11	10
a b	00				
	01				
	11				
	10				

A

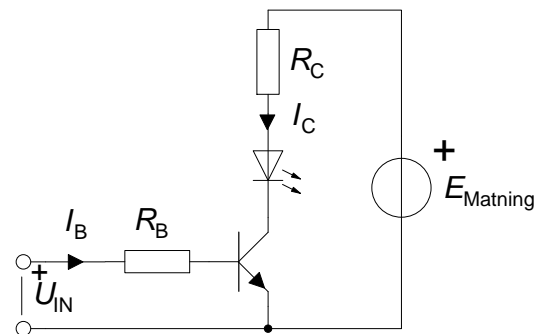
- b) Skriv upp transmissionsfunktionen för A.  
 c) Rita ett minimalt grindnät som realiserar A med enbart NAND-grindar.

8(1)

Man vill tända och släcka en effektljysdiod med hjälp av en mikrokontroller. Här är det alldeles för stora strömmar för direktdrivning så man väljer att koppla in ljysdioden via en transistor enligt kopplingen till höger.

Här gäller  $R_C=39\ \Omega$ ,  $R_B=1\ \text{k}\Omega$ ,  $E=10\text{V}$ .

$U_{IN}$  är utsignalen från mikrokontrollern.



Den använda ljysdioden presenteras så här:

**Fabrikat:** Lumileds  
**Typ:** LXHL-MW1D

**Ljusstark ljysdiod** Luxeon Star är en Luxeon Emitter monterad på kretskort, vilket underlättar såväl montering som kylning av komponenten.

**Storlek:**  $\varnothing$  19,9 mm

**Färg:** White

**Våglängd:** 5500 K

**VF:** 3.42 V

**If:** 350 mA

**Ljusflöde:** 25 lm @ 350 mA

**Strålningsvinkel:**  $\pm 70^\circ$

**Typ:** LED

Den kostar i dagsläget: 74 kr



a) Beräkna strömmen genom ljysdioden då transistorn är bottnad.

b) Beräkna strömmen genom dioden då transistorn är strypt.

9(2)

En liten energisnål experimentbil som byggts av teknologer på KTH heter SPIROS. Den har deltagit i ett antal "Shell ECO-marathon" tävlingar. Bilen drivs med direktdrift från en permanentmagnetiserad synkronmotor via ett hjul med radien 0,25m.

elmotordata:

$K_e = 0,069$  V/rpm (phase to phase)

$R = 0,45 \Omega$  (phase to phase)

$L = 4$  mH (phase to phase)

Pole number = 8

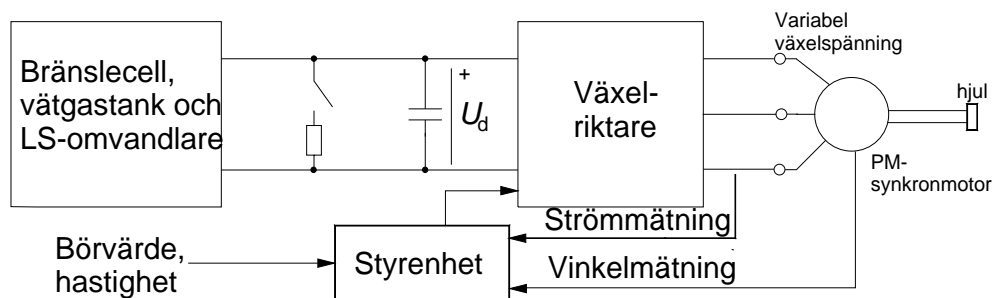
För fordonet gäller:

Rullmotstånd: 10 N (oberoende av varvtal)

Luftmotstånd: 12N vid 30 km/h (proportionellt mot hastigheten i kvadrat)

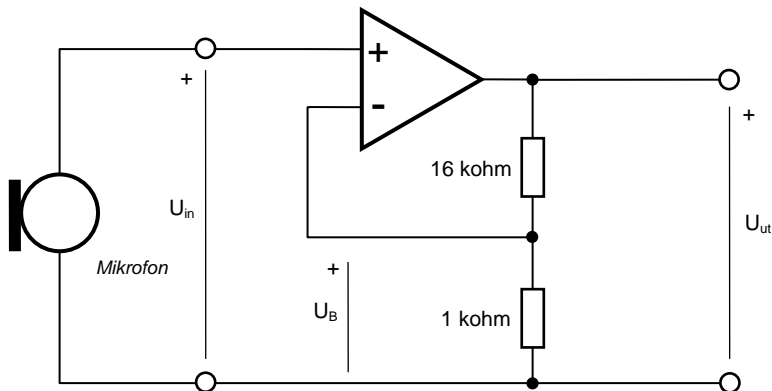
Översikt av systemet visas i figuren.

Oversikt av drivsystem för spiros



- Beräkna erforderlig mekanisk effekten för framdrivning vid 30 km/h (önskad hastighet).
- Beräkna erforderlig motorström för framdrivning vid 30 km/h.
- Beräkna erforderlig klämspänning till motorerna för framdrivning vid 30 km/h.
- Beräkna erforderlig kondensatorspänning  $U_d$  ("mellanledningsspänning") vid 30 km/h.

10(2) I en karaokemaskin finns en mikrofonförstärkare med fix förstärkning.

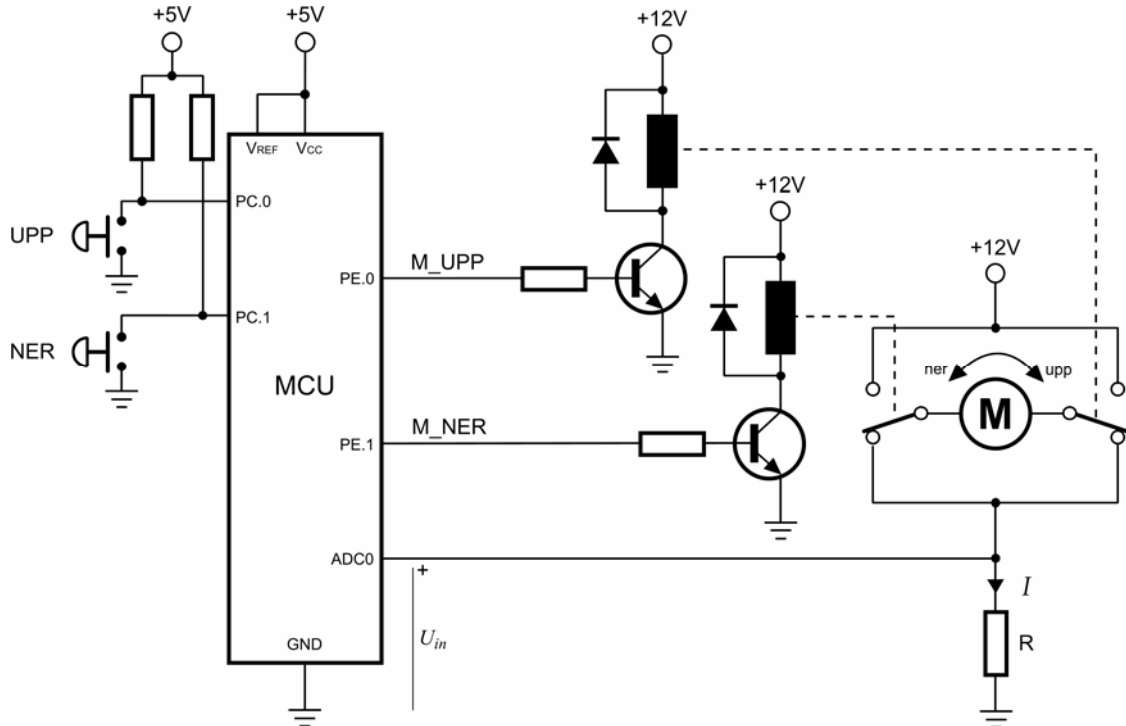


- Hur stor är signalförstärkningen  $F_s = U_{ut}/U_{in}$ ?
- Bert vrålar "Främling" i mikrofonen så att den alstrar en spänning med momentanvärdet 60 mV. Beräkna värdet av  $U_{ut}$  vid denna inspanning om operationsförstärkaren matas med  $\pm 5$  V och i övrigt är ideal.
- I ett försök att få sången att låta bättre bestämmer man sig för att koppla in en kondensator i kretsen för att filtrera bort de ljusare (högfrekventa) tonerna. Rita i schemat ovan var kondensatorn ska kopplas in.
- Man vill ha filtrets gränshfrekvens vid 2100 Hz. Beräkna vilken kapacitans kondensatorn ska ha, för att erhålla detta.



11(2)

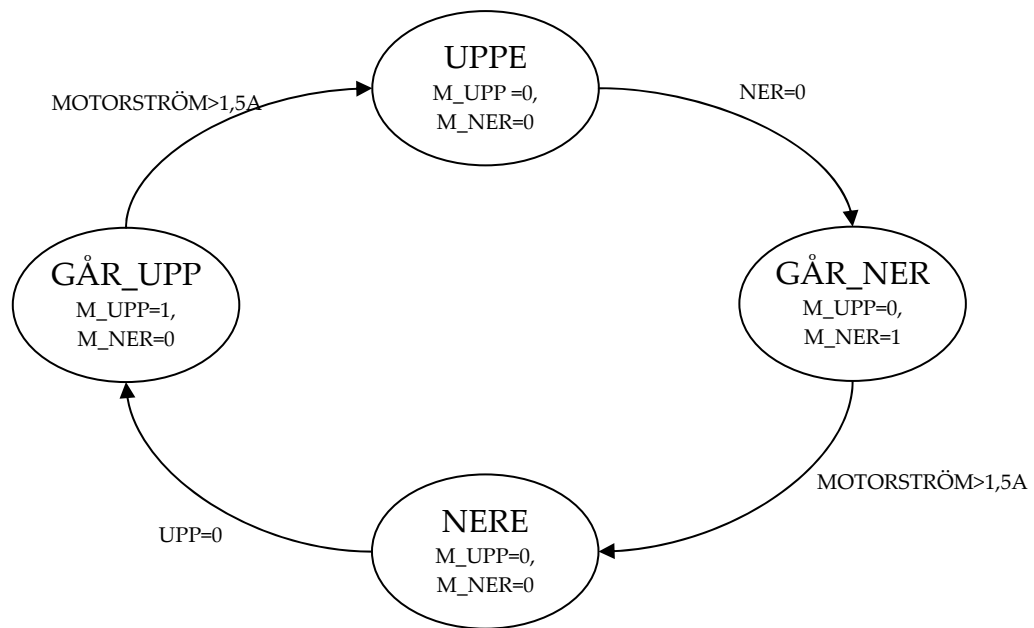
Osqulda bygger om fönsterhissen på förarsidan i sin ljusgula VW Karmann Ghia från 1968 så att den blir motordriven, enligt nedanstående kopplingschema.



Respektive relä växlar till +12 V då M\_UPP eller M\_NER sätts hög.

- Då fönstret går upp eller ner mäter Osqulda upp motorströmmen  $I$  till ca 1 A. I ändlägena bromsas motorn mekanisk till stillestånd (mekanisk kortslutning  $\Rightarrow E = 0 \Rightarrow I = max$ ) och då blir strömmen maximalt 3 A. Beräkna ett värde på  $R$  så att inspanningen  $U_{in}$  till AD-omvandlaren aldrig överstiger  $V_{REF} = 5$  V.
- Osqulda använder funktionen  $GET\_AD(0)$  för att läsa av  $U_{in}$ . AD-omvandlaren är på 10 bitar och använder  $V_{REF} = 5$  V som referensspänning. Beräkna det siffervärde som AD-omvandlaren levererar då  $U_{in} = 2,5$  V.
- Skriv ett program som styr fönsterhissen. Det räcker om fönstret går hela vägen upp eller ner, dvs programmet behöver inte kunna stoppa fönstret på vägen. Programmet är påbörjat genom att tillstånden för knapparna UPP och NER läses in till variablerna  $upp$  och  $ner$ . Sätt gränsströmmen för att stoppa motorn till 1,5 A.

Programmet kan ha nedanstående tillståndsdiagram som utgångspunkt.



```

#include "gnu_met3.h" // Infogar bibliotek med funktioner

int upp, ner, motor_strom, state = 0;

int main(void) // Själva programslingan
{
  init_met(); // Initierar MET-kontrollern
  init_pc(0, "in");
  init_pc(1, "in");
  init_pe(1, "out");
  init_pe(0, "out");

  while (1)
  {
    upp = GET_BIT(pc, 0);
    ner = GET_BIT(pc, 1);
  }
}

```

## SVAR TILL TENTAMEN I Elektroteknik MF1016

1(2) a) Strömmen genom lasten  $R_L$ :

$$P = UI \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{120}{12,0} = 10A \quad b) \quad U = RI \Rightarrow R_L = \frac{U}{I} = 1,2\Omega$$

c)  $E$  är tomgångsspänningen = 13,2 V

Skillnaden mellan polspänningen vid belastning och tomgångsspänningen ger spänningsfallet över  $R_i$  inne i batteriet:

$$U_{R_i} = E - U_{last} = 13,2 - 12,0 = 1,2V \quad \text{Ohms lag ger sen: } U_{R_i} = R_i I \Rightarrow R_i = \frac{U_{R_i}}{I} = \frac{1,2}{10} = \underline{\underline{0,12\Omega}}$$

$$d) \quad P = U_{R_i} \cdot I = 12W$$

2(2)

a) Effektivvärdet av spänningen  $u$  blir  $U = \hat{U} / \sqrt{2} = 29,7V$  och strömmen  $i_1$  blir  $I_1 = 29,7/10A = 2,97A \approx 3A$

b) Effektivvärdet av strömmen  $i_2$  blir  $I_2 = \hat{I}_2 / \sqrt{2} = 6A$

Om vi låter  $u$  vara riktfas blir de komplexa spänningarna och strömmarna:

$$\underline{U} = 29,7V \quad \underline{I}_1 = 2,97A \quad \underline{I}_2 = 6A \cdot e^{-j60^\circ}$$

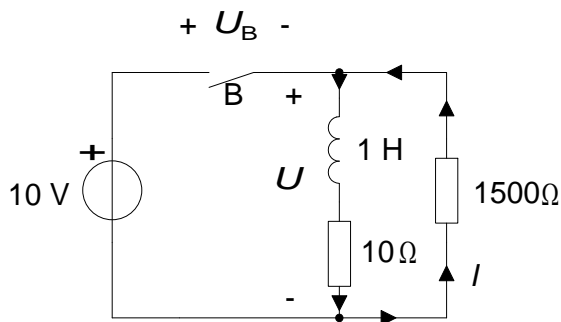
$$\text{KCL: } \underline{I} = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 = 2,97A + 6A \cdot \cos(-60^\circ) + 6A \cdot j \sin(-60^\circ) = 6A - j5,2A = 8A \cdot e^{-j41^\circ}$$

Effektivvärdet av  $i$  blir  $I = 8A$ .

c) Fasvinkeln  $41^\circ$

d) Effekten:  $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 29,7V \cdot 8A \cdot \cos(41^\circ) = 180W$

3(1)



a) Tidkonstanten är  $\tau = \frac{L}{R} = \frac{1}{10+1500} s = 0,67ms$

b) Före brytningen gick strömmen  $10V/10\Omega = 1A$  genom grenen med spolen.

Omedelbart efter brytningen går strömmen,  $I$ , runt som visas i figuren.

Dess begynnelsevärde är 1 A.

Spänningens begynnelsevärde  $U$  blir  $= -1500\Omega \cdot I = -1500 \cdot 1 = -1500V$ .

Spänningen över brytaren bestäms med KVL:  $10 - U_B - U = 0$ . Dvs

$U_B = 10 - U = 10 - (-1500) = 1510V$ .

4(2)

a) För likströmsmotorn gäller:  $U_A = R_A \cdot I_A + K_2 \Phi \cdot \omega$

Vid tomgång är  $I_A = 0$  som ger:  $U_A = K_2 \cdot \Phi \cdot \omega_0$ . Med insatta siffervärden:

$$230 = K_2 \Phi \cdot \frac{2400 \cdot 2\pi}{60} \rightarrow K_2 \Phi = \frac{230 \cdot 60}{2400 \cdot 2\pi} = 0,915Vs/rad$$

b) Vid varvtalet 2000 rpm gäller:  $230 = R_A \cdot 10 + 0,915 \cdot \frac{2000 \cdot 2\pi}{60} \rightarrow R_A = 3,8\Omega$

c) Momentet  $M = K_2 \Phi \cdot I_A$ . Med insatta siffervärden:  $M = 0,915 \cdot 10Nm = 9,2Nm$

$$d) P = M \cdot \omega = 9,2 \frac{2000 \cdot 2\pi}{60} W = 1900W$$

5(2) a) Tillåten temperaturstegring  $\vartheta_{\infty} = 155^{\circ}C - 40^{\circ}C = 115^{\circ}C$  ger tillåten förlusteffekt

$$115^{\circ}C = (8 + 3,5) \frac{^{\circ}C}{W} \cdot P_f \Rightarrow P_f = 10W \quad \text{som i sin tur ger tillåten ström}$$

$$10W = 7,6\Omega \cdot I_A^2 \Rightarrow I_A = 1,15A \quad (\text{kan ses som märkström})$$

Detta är även mindre än de 1,5 A som H-bryggan kan leverera.

$$b) M = 99,4 \frac{mNm}{A} \cdot 1,15A = 114mNm$$

$$c) \text{Spänningsekvationen: } 60V = 7,6\Omega \cdot 1,15A + E \Rightarrow E = 51V$$

$$\text{och } 51V = 10,4 \frac{V}{1000rpm} \cdot n \Rightarrow n = 4930 \text{ varv/min ut}$$

d) 4930 varv/minut motsvarar  $\omega = 516 \text{ rad/s}$ .

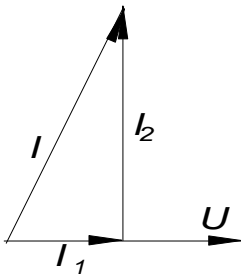
$$P_{mek} = M \cdot \omega = 114mNm \cdot 516rad/s = 59W$$

$$6(2) a) I_L = \sqrt{3} \cdot I_G \Rightarrow I_3 = \frac{12,8}{\sqrt{3}} = 7,4A$$

$$b) U_C = I_3 \cdot X_C = 7,4 \cdot (2 \cdot 27) \approx 400V$$

$$c) U_H = U_C, U_H = \sqrt{3} \cdot U_f \text{ och } U_R = U_f \Rightarrow U_R = \frac{U_C}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} \approx 231V$$

$$d) U = I \cdot R \Rightarrow I_1 = \frac{U_R}{R} = \frac{230,7}{27} = 8,5A \text{ och } I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2} = \sqrt{8,5^2 + 12,8^2} = 15,4A$$



7(2)

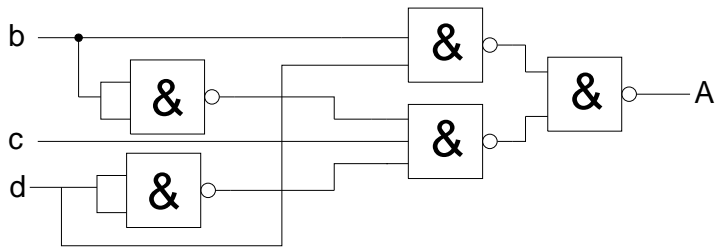
$$A = b \cdot d + \bar{b} \cdot c \cdot \bar{d}$$

c) Vi inverterar två gånger och använder de Morgan.

$$A = \overline{\overline{b \cdot d + \bar{b} \cdot c \cdot \bar{d}}} = \overline{\overline{b \cdot d} \cdot \overline{\bar{b} \cdot c \cdot \bar{d}}}$$

		c d			
		00	01	11	10
a b	00	0	0	0	1
	01	0	1	1	0
	11	0	1	φ	0
	10	φ	0	0	φ

A



8(1) a) Kirchoffs spänningslag ger  $E - I_C R_C - U_{Diod} - U_{CESat} = 0$  med insatta värden fås

$$U_{CESat} = 0,2V \text{ standardvärde}$$

$$10 - I_C 39 - 3,42 - 0,2 = 0 \text{ vilket ger } I_C = 0,164 \text{ A.}$$

b) Vid strypt transistor är  $I_C = 0 \text{ A}$

9(2)

$$\text{a) } P_{mek} = F \cdot v = (10 + 12)N \cdot 8,33 \frac{m}{s} = 183W$$

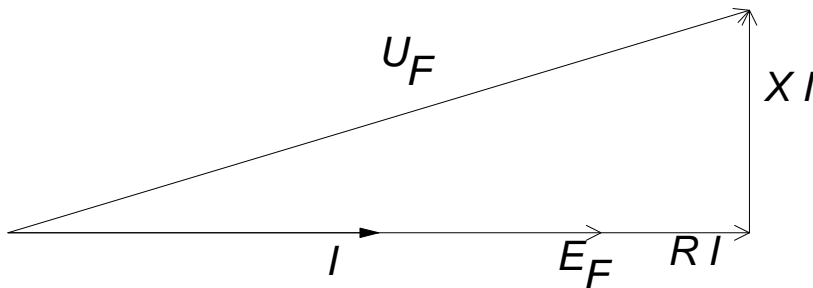
$$\text{b) } P_{mek} = F \cdot v = M \cdot \omega = 3E_F \cdot I$$

$$n = 60 \cdot \frac{\omega}{2\pi} = 60 \cdot \frac{v}{2\pi \cdot r} = 318 \frac{\text{var}}{\text{min}}$$

$$E_F = \frac{K_e \cdot n}{\sqrt{3}} = \frac{0,069 \cdot 318}{\sqrt{3}} = 12,68V$$

$$I = \frac{P_{mek}}{3E_F} = \frac{183}{3 \cdot 12,68} = 4,8A$$

c) Vi använder nedanstående visardiagram till spänningsberäkningen



$$R \cdot I = \frac{0,45\Omega}{2} \cdot 4,8A = 1,1V$$

$$\omega_{el} = 4 \cdot \omega_{mek} = 133 \frac{\text{rad}}{s}$$

$$X \cdot I = \omega_{el} \cdot L \cdot I = 133 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 4,8V = 1,28V$$

$$U_F = \sqrt{(12,68 + 1,1)^2 + 1,28^2} = 13,8V \quad U_H = 24V$$

d) Om spänningsfallet i havledarna i växelriktaren försummas (1V-2V) bör mellanledningsspänningen vara ungefär lika med toppvärdet:  $U_d = \sqrt{2} \cdot 24V = 34V$

Eftersom det "bara" blir 34V bör kanske inte spänningfallet försummas.

10(2)

a) Ideal operationsförstärkare ger:  $U_A - U_B = 0 \Rightarrow U_B = U_{in}$  samt  $R_{in} = \infty \Rightarrow I_- = 0$

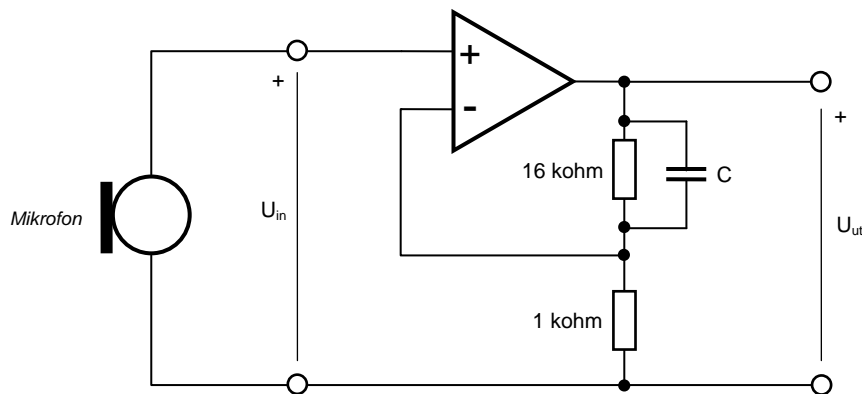
Det blir samma ström (seriekoppling) genom 16kohm och 1 kohm motstånden.

Denna ström kan tecknas på två sätt se nedan:

$$\Rightarrow I = \frac{U_{ut}}{R_{\dot{A}} + R_F} = \frac{U_{in}}{R_F} \Rightarrow \frac{U_{ut}}{U_{in}} = \frac{R_{\dot{A}} + R_F}{R_F} = 1 + \frac{R_{\dot{A}}}{R_F} = 1 + \frac{16k\Omega}{1k\Omega} = \underline{17\text{ ggr}}$$

b) Utspänningen blir:  $U_{ut} = U_{in} \left( 1 + \frac{R_{\dot{A}}}{R_F} \right) = 0,06V \left( 1 + \frac{16k}{1k} \right) = \underline{1,02V}$

c)



d) Vid lågpasfiltrets gränshfrekvens är kondensatorns reaktans exakt lika stor som motståndets resistans, men man kan göra som nedan:

$$\underline{U}_{ut} = \underline{U}_{in} \left( 1 + \frac{Z_{\dot{A}}}{R_F} \right) = \underline{U}_{in} \left( 1 + \frac{R_{\dot{A}}}{R_F} \cdot \frac{1}{1 + j\omega CR_{\dot{A}}} \right) = \underline{U}_{in} \left( 1 + \frac{R_{\dot{A}}}{R_F} \cdot \frac{1}{1 + j\omega/\omega_0} \right)$$

$$R_{\dot{A}} C = \frac{1}{\omega_0} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi f_0 R_{\dot{A}}} = \frac{1}{2\pi \cdot 2100 \cdot 16000} F = \underline{4,7nF}$$

11(2)

a)  $U_{in} = RI_{\max} \Rightarrow R = \frac{U_{in}}{I_{\max}} = \frac{5}{3} = \underline{1,67\Omega}$

b)  $x = \frac{U_{in}}{V_{REF}} \cdot (2^{10} - 1) = \frac{2,5}{5} \cdot 1023 = \underline{511,5}$

En AD-omvandlare levererar endast heltal så både 511 och 512 godkänns som svar. I praktiken kommer värdet att uppvisa en lite större variation pga olinjäriteter i AD-omvandlaren samt onoggrannhet i t ex referensspänningen.

c) Strömmen 1,5A motsvarar  $U_{in} = V_{ref}/2$  som ger talet 511.

while (1)

{

```

upp = GET_BIT(pc, 0);
ner = GET_BIT(pc, 1);

switch (state)
{
  case 0 :          // Fönster UPPE
    if (ner == 0)
    {
      CLR_BIT(pe, 0);    // M_UPP = 0
      SET_BIT(pe, 1);    // M_NER = 1
      state = 1;
    }
    break;

  case 1 :          // Fönster GÅR_NER
    motor_strom = GET_AD(0); // Mät motorströmmen
    if (motor_strom > 511) // Om strömmen > 1,5 A
    {
      CLR_BIT(pe, 0);    // Stoppa motorn
      CLR_BIT(pe, 1);
      state = 2;
    }

    break;

  case 2 :          // Fönster NERE
    if (upp == 0)
    {
      SET_BIT(pe, 0);    // M_UPP = 1
      CLR_BIT(pe, 1);    // M_NER = 0
      state = 4;
    }

    break;

  case 4 :          // Fönster GÅR_UPP
    motor_strom = GET_AD(0); // Mät motorströmmen
    if (motor_strom > 511) // Om strömmen > 1,5 A
    {
      CLR_BIT(pe, 0);    // Stoppa motorn
      CLR_BIT(pe, 1);
      state = 0;
    }

    break;
}
}

```