



1(2) En likspänningskälla matar en krets enligt figuren.

$$E = 8 \text{ V}$$

$$R_1 = R_4 = 12 \text{ k}\Omega$$

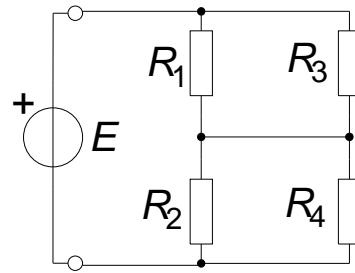
$$R_2 = R_3 = 6 \text{ k}\Omega$$

a) Beräkna kretsens resulterande resistans.

b) Beräkna den totala effektutvecklingen i kretsen.

c) Beräkna spänningen över  $R_1$

d) Beräkna Stömmen genom  $R_3$ .



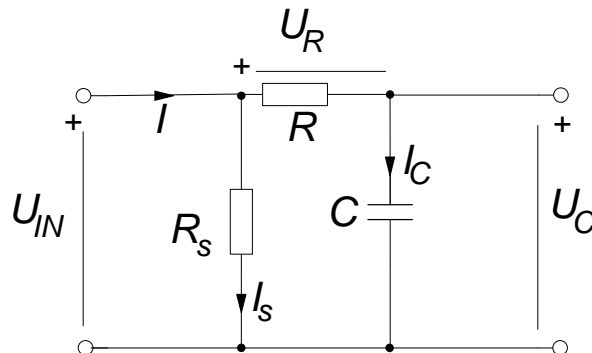
2(2) En växelspanning med frekvensen 5,3 kHz ansluts på ingången till kretsen. På utgången uppmäts  $U_C = 3 \text{ V}$ . Kondensatorns kapacitans  $C = 10 \text{ nF}$  och motståndet  $R = 2 \text{ k}\Omega$ . Motståndet  $R_S = 3 \text{ k}\Omega$ .

a) Beräkna  $I_C$ .

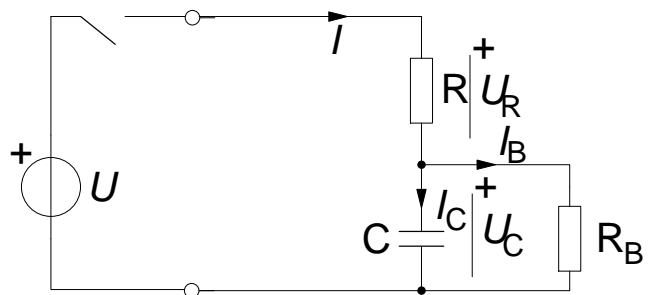
b) Beräkna  $U_R$ .

c) Beräkna  $I_S$ .

d) Beräkna  $I$ .



3(1) Vid en viss tidpunkt slås omkopplarn från (som i figuren) efter att ha varit sluten under lång tid.  $R = 1,5 \text{ k}\Omega$ ,  $R_B = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 10 \text{ nF}$  och  $U = 12 \text{ V}$ .



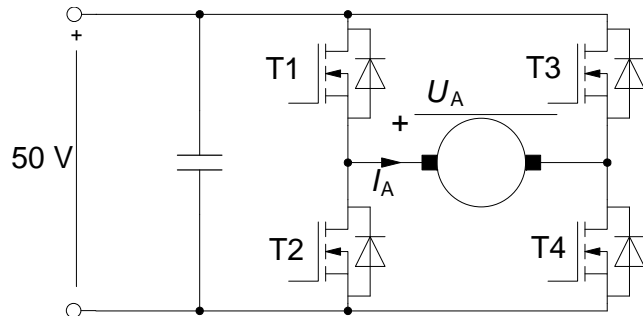
Vad blir  $U_C$  direkt efter omslag och vad blir  $U_C$  efter lång tid?

- 4(2) En permanentmagnetiserad likströmsmotor matas från ett switchat matningsdon enligt figuren. Transistorerna arbetar med en pulsfrekvens på 10 kHz. Transistorernas bottenspänning och diodens framspänningsfall får anses vara försumbara. Motorn har bl a följande data:

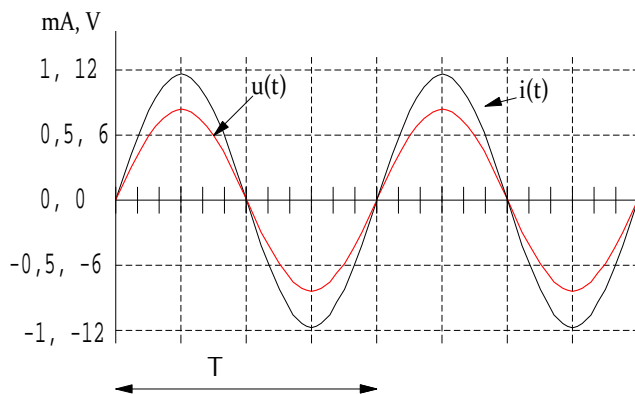
$$R_A = 0,7 \Omega$$

$$L_A = 1,7 \text{ mH}$$

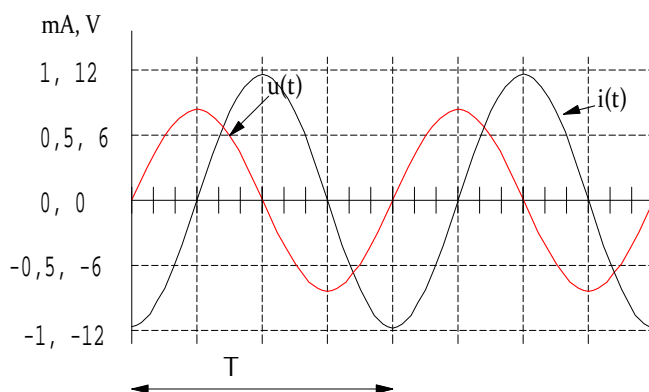
$$K_2 \Phi = 0,2 \text{ Nm/A}$$



- a) Föreslå hur transistorerna ska styras för att medelvärdet  $U_A$  på motorspänningen skall bli 30V? Vi förutsätter att motorn är belastad så att det alltid flyter positiv ström genom motorn.
- b) Rita ut de två strömbanor som förekommer om motorn styrs enligt ovan.
- c) Beräkna varvtalet då motorn belastas med 2 Nm. Motorn styrs enligt a).
- d) Plötsligt ändras styrningen så att motorspänningen blir 37 V. Beräkna strömmen direkt efter spänningsändringen.
- 5(2) De två graferna visar spänningen över en krets och strömmen genom samma krets.



Figur 1 Spänning och ström som funktion av tiden



Figur 2 Spänning och ström som funktion av tiden

- Beräkna den maximala effekten (momentanvärdet) när förloppen ser ut som i Figur 1.
- Beräkna den minimala effekten (momentanvärdet) när förloppen ser ut som i Figur 1.
- Beräkna medelvärdet av effektutvecklingen när förloppen ser ut som i Figur 1.
- Beräkna medelvärdet av effektutvecklingen när förloppen ser ut som i Figur 2.

6(2) En permanentmagnetiserad likströmsmotor utan kylfläkt har bl a nedanstående data:  
Märkdata: 170 V, 15 A, 2,2 kW, 2000 varv/minut.

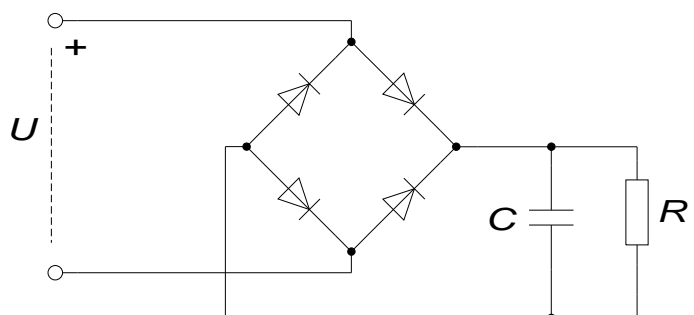
Termisk tidkonstant: ca 30 minuter

Märkdata gäller under förutsättning att omgivningstemperaturen är 40°C. Med hänsyn till isolermaterialets värmetålighet bör inte temperaturen i lindningen överstiga 145°C (isolationsklass F) vilket även är temperaturen efter lång tid i märkdrift. Tomgångsförlusterna kan försummas. Motorn matas med variabel spänning för att erhålla önskat varvtal.

- Beräkna förlusterna vid märkdrift.
- Vilken effekt kan motorn belastas med kontinuerligt vid 1000 varv/minut. Omgivningstemperaturen är konstant ca 40°C.
- Vilken effekt kan motorn belastas med kontinuerligt vid 3000 varv/minut. Omgivningstemperaturen är konstant ca 40°C.
- Vilken effekt kan motorn belastas med kontinuerligt vid 1000 varv/minut. Omgivningstemperaturen är konstant ca 20°C.

7(2) I figuren är  $U$  en växelspanning med toppvärdet 34 V och frekvensen 50 Hz. Spänningen topplikriktas via likriktarbryggan och kondensatorn  $C$ . Till denna topplikriktade spänning är lasten  $R$  ansluten.

- Beräkna effektutvecklingen i lasten  $R$  om kondensatorn är stor. Strömmen genom lasten  $R$  är 1,4A.
- Kondensatorn laddas ur via motståndet och laddas upp via likriktaren.

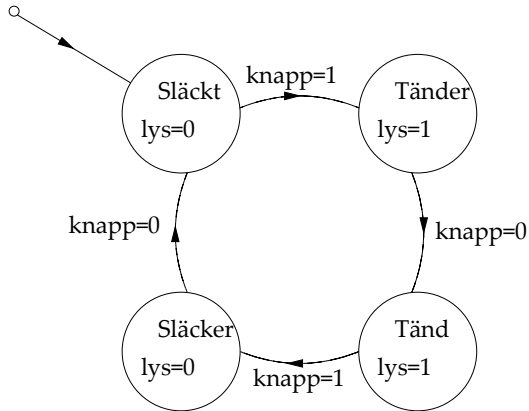


Tiden mellan två uppladdningar är ca 10 ms (något mindre) vid 50 Hz växelspanning. Hur stor skall kondensatorn vara om spänningen mellan två uppladdningar ej får sjunka mer än 2%.

- Uppskatta effektutvecklingen i  $R$  om kondensatorn kopplas bort.

8(2)

Ett batteridrivet cykellyse med lysdioder skall styras med en återfjädrande knapp. I testsyfte skall cykellyset styras från MET-kontrollern. Skriv det program som styr lyset enligt tillståndsdigrammet. Knappen är ansluten till portpinne pe.0. När knappen trycks ned blir potentialen på portpinnen 3,3 V. Etta på portpinne pe.1 tänder lysdioderna och nolla släcker.



Utgå från nedanstående programskelett:

```

#include "gnu_met3.h" //Infogar bibliotek för
                    //MET-kontrollern
char *prog="Motor"; //Textsträng med programmets namn
int ver=0;          //variabeln ver används för att ange
                    //programmets versionsnummer.

int tillstand, lys, knapp; //Deklaration av
                            //heltalsvariabler

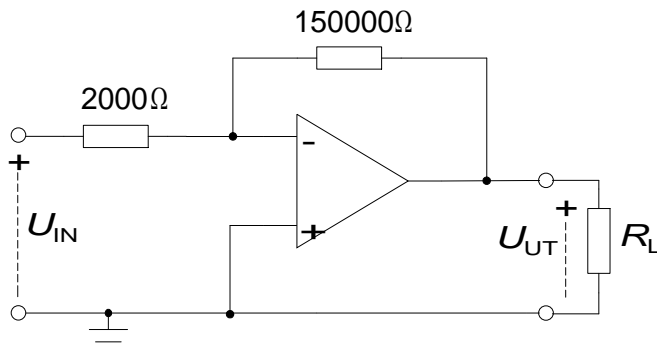
int main(void) //Själva programslingan
{
    init_met(); //Initierar MET-kontrollern
    move_cursor(1,1); //Ange var texten ska skrivas på LCD-displ.
    dprintf("%s v.%i", prog, ver); //skriv ut programnamn och
                                    //versionsnummer
                                    //Här måste nog något in
                                    //
                                    //
                                    //

    while(1)
    { // Hämta insignaler
      knapp = GET_BIT(pe,0);

      // Hantera tillstånd
      switch(tillstand)
      {
        case 1: //Släckt
          lys = 0; //släck lampa
          if(knapp==1) //om tryckt knapp byt tillstånd
          {
            tillstand = 2;
          }
          break;
      }
    }
  
```

9(1)

En OP-förstärkare uppges ha  $U_{CN} = \pm 12 \text{ V}$  och  $I_{CN} = \pm 5 \text{ mA}$ . För övrigt kan den anses vara helt ideal. Vid ett tillfälle kopplar man OP-förstärkaren så att signalförstärkningen  $F_s = -75 \text{ ggr}$ . Se figuren nedan. Man belastar utgången med ett motstånd ( $R_L$ ) på  $500 \Omega$ .



- Man låter insignalen ( $U_{IN}$ ) vara  $0,01 \text{ V}$ . Hur stor är spänningen,  $U_{UT}$ , (absolutbeloppet)?
- Insignalen ( $U_{IN}$ ) ökas till  $0,1$ . Hur stor är spänningen,  $U_{UT}$ , (absolutbeloppet)?

10(2) På en PM-synkronmotor sinusmotor uppmättes spänningen  $90 \text{ V}$  (effektivvärde) mellan två klämmor vid ett tomgångsprov. Vid mätningen var varvtalet  $1000 \text{ varv/min}$ .

Vid ett annat tillfälle matas motorn från ett matningsdon med en praktiskt taget sinusformad ström vars effektivvärde är  $5 \text{ A}$ .

- Beräkna axeleffekten och momentet om varvtalet är  $2000 \text{ varv/min}$ .
- Beräkna axeleffekten och momentet om varvtalet är  $500 \text{ varv/min}$ .

11(2) En digital vinkelgivare har fyra utgångar och dess utsignaler vid olika vinkellägen framgår av tabellen.

Ett grindnät med  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  och  $x_4$  som insignaler och med två utgångar A och B skall konstrueras. A och B indikerar vinkelläget enligt följande:

A = 1 då, och endast då, axelpositionen är mellan  $0^\circ$  och  $90^\circ$

B = 1 då, och endast då, axelpositionen är mellan  $60^\circ$  och  $150^\circ$

a) Gör sanningstabell för A.

b) Fyll i Karnaughdiagrammet.

		$x_2 x_1$			
		00	01	11	10
$x_4 x_3$	00				
	01				
	11				
	10				

A

c) Ta fram enklaste transmissionsfunktion.

d) Rita grindnätet för A.

Grindnätet ska vara ett minimalt nät av NAND-NAND-typ.

Axelposition i $^\circ$	$x_4$	$x_3$	$x_2$	$x_1$	A	B
0-30	0	0	1	1		
30-60	0	0	1	0		
60-90	0	1	1	0		
90-120	0	1	1	1		
120-150	0	1	0	1		
150-180	0	1	0	0		
180-210	1	1	0	0		
210-240	1	1	0	1		
240-270	1	1	1	1		
270-300	1	1	1	0		
300-330	1	0	1	0		
330-360	1	0	1	1		

$x_4$	$x_3$	$x_2$	$x_1$	A
0	0	0	0	
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	0	1	
0	1	1	0	
0	1	1	1	
1	0	0	0	
1	0	0	1	
1	0	1	0	
1	0	1	1	
1	1	0	0	
1	1	0	1	
1	1	1	0	
1	1	1	1	

## SVAR TILL TENTAMEN I ELEKTROTEKNIK

## Elektroteknik MF1016 140107

1(2) a)  $\frac{1}{R_{13}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} = \frac{3}{12k\Omega} \Rightarrow R_{13} = 4k\Omega$  samma gäller för parallellkopplingen av  $R_2$  och  $R_4$ .  $R_{24} = 4k\Omega$

Dessa parallellkopplade motstånd är i sin tur seriekopplade  $R_{tot} = R_{13} + R_{24} = 8k\Omega$

b) Totala strömmen från E blir:  $I = \frac{E}{R_{tot}} = 1mA$  och effekten som E avger utvecklas i

kretsen:  $P = E \cdot I = 8mW$

c) Spänningen över  $R_{13}$  är:  $U_{13} = R_{13} \cdot I = 4V$  och denna spänning ligger även över  $R_1$  och  $R_3$ . Spänningen över  $R_1$  är därför 4 V.

d) Spänningen över  $R_3$  är 4V enligt i ovan och strömmen genom  $R_3$  blir därför

$$I_3 = \frac{4V}{R_3} = \frac{2}{3}mA$$

2(2) a)  $U_C$  väljs till riktfas, reell.

$$\underline{I}_C = j\omega C U_C = j1mA$$

$$I_C = 1 mA$$

b)  $\underline{U}_R = R \underline{I}_C = j2V$

$$U_R = 2 V$$

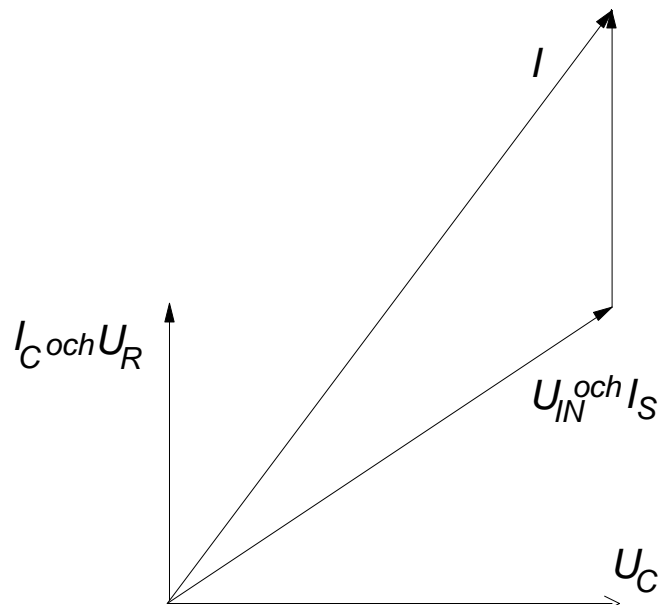
c)  $\underline{U}_{IN} = \underline{U}_R + U_C = (3 + j2)V$

$$\underline{I}_S = \underline{U}_{IN} / R_S = (3 + j2) / 3000 = (1 + j0,67)mA$$

$$I_S = \sqrt{1^2 + 0,67^2} = 1,2 mA$$

d)  $\underline{I} = \underline{I}_C + \underline{I}_S = j1 + 1 + j0,67 = (1 + j1,67) mA$

$$I = \sqrt{1^2 + 1,67^2} = 1,9 mA$$



3(1) För kondensatorn gäller:  $i_C = C \frac{du_C}{dt}$  efter lång tid är alla storheter konstanta och därmed alla derivator = 0 och därmed blir  $I_C = 0$ . Då måste det också bli så att  $I_B = I$ .

Från början är omkopplaren sluten och enligt Kirchhoffs spänningslag gäller:

$$U = u_R + u_C = R \cdot i + R_B \cdot i_B \text{ som efter lång tid då } i = I \text{ och även } i_B = I.$$

$$I = U / (R + R_B) = 12 / 2,5 = 4,8 mA \text{ och därmed blir } U_C = R_B \cdot I = 4,8V$$

Kondensatorspänningen kan ej ändras språngvis och därför blir spänningen över kondensatorn 4,8 V direkt efter brytning.



Lång tid efter brytning är alla storheter konstanta  $I_C = 0$  och  $I_C = 0$  gör att även  $I_C = 0$  och därmed  $U_C = R_B \cdot I_B = 0V$

4(2) a) T ex kan T4 alltid vara bottnad (ledande) och T1 styrs med PWM.

$$\text{Periodtiden } T = 1/10000 \text{ s} = 100 \mu\text{s}$$

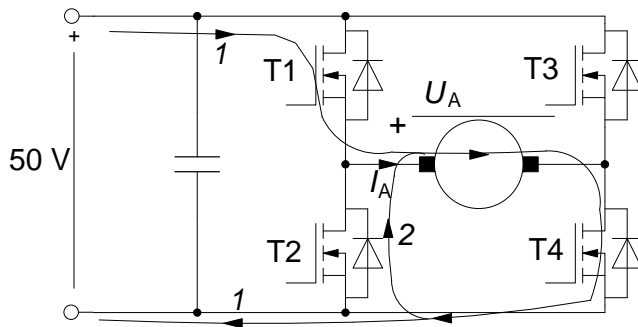
För att erhålla ett medelvärde på 30 V måste 50 V kopplas in

100 % · 30/50 = 60 % av tiden (duty cycle).

Transistorn skall vara bottnad i  $0,6 \cdot 100 \mu\text{s} = 60 \mu\text{s}$  och strypt i  $100 \mu\text{s} - 60 \mu\text{s} = 40 \mu\text{s}$

b) strömbana 1 går från 50 V + genom T1 genom motorn genom T4 till 50V-.

strömbana 2 går genom motorn genom T4 genom diod i T2.



c)  $I_A = M / K_2 \Phi = 10A$

spänningsekvationen för likströmsmaskinen  $30V = 0,7\Omega \cdot 10A + E$  ger  $E = 23V$ .

$E = K_2 \Phi \omega$  ger  $\omega = 115 \text{ rad/s}$  eller  $n = 1100 \text{ varv/minut}$ .

d) Direkt efter spänningsökningen har varvtalet och därmed  $E$  inte hunnit öka.

$37V = 0,7\Omega \cdot I + 23V$  ger  $I = 20A$ .

5(2) a) Figur 1: Vid  $90^\circ$  är effektutvecklingen som störst,

$$p(t) = i(t) \cdot u(t) = \hat{I} \cdot \hat{U} = 0,95 \text{ mA} \cdot 8V = 7,6 \text{ mW}$$

b) Figur 1: Vid  $180^\circ$  är effektutvecklingen som minst 0 W.

c) Medelvärdet är även den aktiva effekten.

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = \hat{I} \hat{U} \cos(\alpha) / 2 = I \cdot U \cos(\alpha) = 0,7 \text{ mA} \cdot 11V \cos(0) / 2 = 3,9 \text{ mW}$$

Även medel av max och minvärdet:  $(7,7 + 0)/2 = 3,3 \text{ mW}$

d) För tiden mellan 0 till  $T/4$  är  $i$  positiv och  $u$  negativ. Negativ effekt innebär att effekten går från kretsen. Mellan  $T/4$  och  $T/2$  är både  $i$  och  $u$  positiva och därmed blir effekten positiv. I detta tidsintervall går effekten till kretsen. Energimängden som går från kretsen under det första tidsintervallet är lika med den energimängd som tas emot av kretsen under det andra tidsintervallet. Medelvärdet av effekten blir noll sett över båda tidsintervallen. Samma förhållanden upprepas därefter periodiskt, dock med periodtiden  $T/2$  för effekten.

6(2) a)  $P_{fN} = 170 \text{ V} \cdot 15 \text{ A} - 2200 \text{ W} = 350 \text{ W}$

b) Slutövertemperaturen i lindningen är proportionell mot förlusterna.

$$\mathcal{G}_{\infty} = R_{th} P_{fN}$$

Vid förlusterna 350 W blir övertemperaturen  $145 \text{ }^\circ\text{C} - 40 \text{ }^\circ\text{C} = 105 \text{ }^\circ\text{C}$

För maskinen blir därför  $R_{th} = 105 \text{ }^\circ\text{C}/350 \text{ W} = 0,3 \text{ }^\circ\text{C}/\text{W}$ .

Förlusteffekten är  $P_f = R_A I_A^2 = \text{konst } M^2$

Eftersom omgivningstemperaturen är  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  får övertemperaturen maximalt bli  $105^\circ\text{C}$  vilket betyder att förlusterna maximalt får bli  $P_{fN}$  vilket i sin tur motsvarar märkström och märkmoment.

$$M_N = 2200 / (2 \pi \cdot 2000 / 60) = 10,5 \text{ Nm}$$

Vid 1000 varv/minut blir den tillåtna axeleffekten därför  $P = 10,5 \cdot 2 \pi \cdot 1000 / 60 = 1100 \text{ W}$ .

c) Samma resonemang som i b) ger  $P = 10,5 \cdot 2 \pi \cdot 3000 / 60 = 3300 \text{ W}$ .

d) I detta fall är den tillåtna övertemperaturen  $145 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C} = 125 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Den tillåtna förlusteffekten vid  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  blir  $P_{20} = 125 / 0,3 = 417 \text{ W}$ .

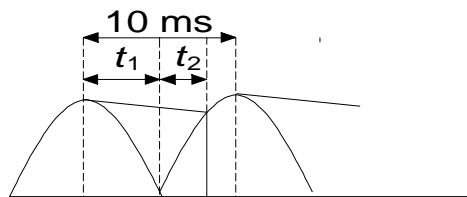
Vid märkdrift gäller  $P_{fN} = \text{konst } M_N^2$  vilket ger  $\text{konst} = 350 / 10,5^2$

Vid förlusterna 417 W är momentet  $M = \sqrt{\frac{417}{350} \cdot 10,5^2} = 11,5 \text{ Nm}$

och axeleffekten blir  $P = 11,5 \cdot 2 \pi \cdot 1000 / 60 = 1200 \text{ W}$ .

7(2) a) En likriktad spänning har karaktäristiska toppar. En stor kondensator gör att spänningen inte sjunker mellan topparna. Spänningen över kondensator och last blir därför  $U_L = 34\text{V} - 0,7\text{V} - 0,7\text{V} = 32,6\text{V}$  där  $0,7\text{V} + 0,7\text{V}$  är spänningsfallet över två dioder.  $P_L = 32,6\text{V} \cdot 1,4\text{A} = 46\text{W}$

b) Urladdningen ser ut som i figuren. Spänningen skall sjunka väldigt lite och därför blir även strömmen i stort sett konstant  $1,4\text{A}$ .  $q = C \cdot u_C$  ger med konstant urladdningsström  $1,4\text{A}$  under tiden  $10\text{ms}$  ström



$q = C \cdot u_C$  ger  $i = C \cdot \frac{du_C}{dt}$  ger  $1,4\text{A} = C \frac{\Delta u_C}{10\text{ms}}$  som med

$$\Delta u_C = 0,02 \cdot 32,6\text{V} \text{ i sin tur ger } C = 21,5\text{mF}$$

I detta fall är det onödigt att vara mer exakt, men om man räknar på urladdning över R och tar hänsyn till att strömmen minskar under urladdningsförloppet fås:

$$32,6\text{V} = R \cdot 1,4\text{A} \text{ ger } R = 23\Omega$$

Vid urladdningen gäller  $u_L = U_0 \cdot e^{-t/\tau}$  som ger  
 ekvationen  $0,98 \cdot U_0 = U_0 \cdot e^{-10ms/\tau}$  som ger  $0,98 \cdot U_0 = U_0 \cdot e^{-10ms/\tau}$   
 $\tau = -10ms / \ln(0,98) = 495ms$

$$\tau = R \cdot C = 23\Omega \cdot C = 495 \cdot 10^{-3} s \Rightarrow C = 21,5mF$$

c) Om kondensatorn kopplas bort blir spänningen som de två bubblorna som visas i figuren. Toppvärdet på dessa blir 32,6 V. När kondensatorn är borta sjunker spänningen mellan topparna ner till noll. Effektivvärdet på spänningen blir ungefär samma som om en sinusformad spänning med toppvärdet 32,6 V vore inkopplad

$$32,6V = R \cdot 1,4A \text{ ger } R = 23\Omega \quad P_L = \frac{(32,6V / \sqrt{2})^2}{23\Omega} = 23W$$

8(2)

```
#include "gnu_met3.h" //Infogar bibliotek för
                        //MET-kontrollern
char *prog="Motor"; //Textsträng med programmets namn
int ver=0; //variabeln ver används för att ange
                        //programmets versionsnummer.

int tillstand, lys, knapp; //Deklaration av
                        //heltalsvariabler

int main(void) //Själva programslingan
{
    init_met(); //Initierar MET-kontrollern
    move_cursor(1,1); //Ange var texten ska skrivas på LCD-displ.
    dprintf("%s v.%i", prog, ver); //skriv ut programnamn och
                                    //versionsnummer
    init_pe(0,"in"); //Initierar pe.0 som inpinne
    init_pe(1,"out"); //Initierar pe.1 som utpinne
    lys=0; //Motor står stilla från början
    tillstand = 1;

    while(1)
    { // Hämta insignaler
        knapp = GET_BIT(pe,0);

        // Hantera tillstånd
        switch(tillstand)
        {
            case 1: //Släckt
                lys = 0; // släck lampa (behövs inte, redan gjort)
                if(knapp==1) //om tryckt knapp byt tillstånd
                {
                    tillstand = 2;
                }
                break;
            case 2: //Tänder
                lys = 1; //lampan tänds
                if(knapp==0) //om släppt knapp byt tillstånd
                {
                    tillstand = 3;
                }
                break;
            case 3: //Tänd
                lys = 1; //lampan tänds igen,
                        //behövs egentligen inte då lys redan är ett
                if(knapp==1) //om tryckt knapp byt tillstånd
```

```

        {
            tillstand = 4;
        }
        break;
    case 4: //Släcker
        lys = 0; //lampan släcks
        if(knapp==0) //om släppt knapp byt tillstånd
        {
            tillstand = 1;
        }
        break;
    }

    // Sätt utsignaler
    if(lys == 1)
    {
        SET_BIT(pe,1); //tänd lampa
    }
    else
    {
        CLR_BIT(pe,1); //släck lampa
    }
} //slut while(1)-slingan
}

```

9(1)

- a) Med en insignal på 0,01 V och en signalförstärkning på 75 ggr borde utspänningen ( $U_{UT}$ ) vara  $0,01 \cdot -75 = -0,75V$ .

Vi kontrollerar  $U_{CN}$  och  $I_{CN}$ :  $-0,75V$  ligger mellan  $-12V$  och  $12V$  OK

Genom lastmotståndet går strömmen  $\frac{U_{UT}}{R_L} = \frac{-0,75}{500} = -1,5 mA$  som ligger mellan  $-5$

mA och 5 mA. (Vi försummar strömmen genom återkopplingsmotståndet  $= -0,75/150 mA = -5 \mu A$ ).

- b) När insignalen ökas till 0,1 V och signalförstärkningen är 75 ggr borde utspänningen ( $U_{UT}$ ) vara  $0,1 \cdot -75 = -7,5V$ . Men det skulle leda till en ström genom lasten på

$\frac{U_{UT}}{R_L} = \frac{-7,5}{500} = -15 mA$  som inte ligger mellan mellan  $-5$  och  $5 mA$ . Förstärkaren är tydligen

överstyrd! Även denna gång försummas strömmen genom återkopplingsmotståndet.

Strömmen blir  $-5mA$  och därmed  $U_{UT} = \frac{-5}{1000} 500 = -2,5V$

- 10(2) a) Vid 2000 varv/ min blir den inducerade spänningen 180V. Till axeltappen överförs effekten  $P_{2000} = \sqrt{3} \cdot 180 \cdot 5 = 1,6kW$ . Momentet blir

$$M_{2000} = P_{2000} / \omega_{2000} = \frac{1558}{2 \cdot \pi \cdot 2000 / 60} = 7,4 Nm$$

- b) Eftersom strömmen är lika stor som i a så blir även momentet lika stort som i a.

$$M_{500} = M_{2000} = 7,4 Nm. \text{ Effekten blir } P_{500} = M_{500} \cdot \omega_{500} = 7,4 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 500 / 60 = 390 W$$

11(2)

De tillstånd som inte existerar markerar vi med  $\phi$ .

	$x_2x_1$			
$x_4x_3$	00	01	11	10
00	1	$\phi$	1	1
01	0	0	0	1
11	0	0	0	0
10	$\phi$	$\phi$	0	0

A

$$A = \bar{x}_4\bar{x}_3 + \bar{x}_4x_2\bar{x}_1$$

$x_4$	$x_3$	$x_2$	$x_1$	A
0	0	0	0	$\phi$
0	0	0	1	$\phi$
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	$\phi$
1	0	0	1	$\phi$
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

