

Inlämningstid
Kl:

ELEKTROTEKNIK

MASKINKONSTRUKTION

KTH

TENTAMENSUPPGIFTER I ELEKTROTEKNIK MED SVAR

Elektroteknik MF1016

2013-08-23

kl: 14:00-18.00

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 18.00.

Tentamensresultatet anslås 2013-09-07

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 flerval- och kryssfrågor).

Vid behov kan Du skriva på baksidan.

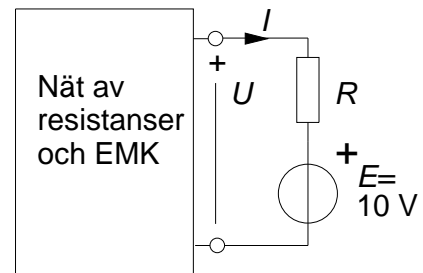
						Σ Poäng					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	

Fyll ej i denna tabell, den används vid rättning.

1(2)

Till ett okänt nät anslöts en yttre krets såsom figuren visar.

Med $R = 10 \Omega$ uppmättes $I = 1,0 \text{ A}$ och med $R = 20 \Omega$ uppmättes $I = 0,8 \text{ A}$. Beräkna I för det fall då $R = 10 \Omega$ och $E = 0 \text{ V}$.



2(2) En kondensator är parallellkopplad med ett motstånd. Motståndet är $1 \text{ k}\Omega$ och kondensatorns kapacitans är $1 \mu\text{F}$. Kretsen matas från en tongenerator som ger en sinusformad spänning på 5 V och med frekvensen 160 Hz .

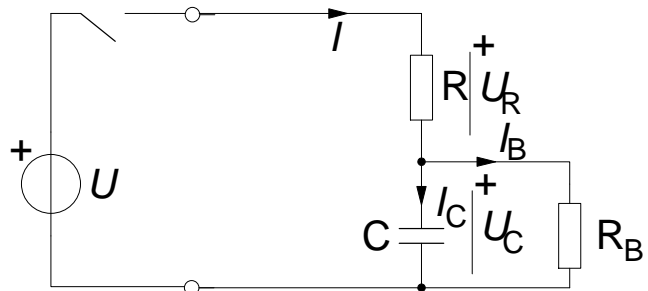
- Beräkna spänningens toppvärde.
- Beräkna strömmen genom kondensatorn.
- Beräkna strömmen genom tongeneratorn.
- Beräkna effekten som överförs från tongeneratorn till till kretsen.

3(1)

Vid en viss tidpunkt slås omkopplarn till efter att ha varit bruten (som i figuren) en lång tid. $R = 1 \text{ k}\Omega$, $R_B = 1,5 \text{ k}\Omega$ och

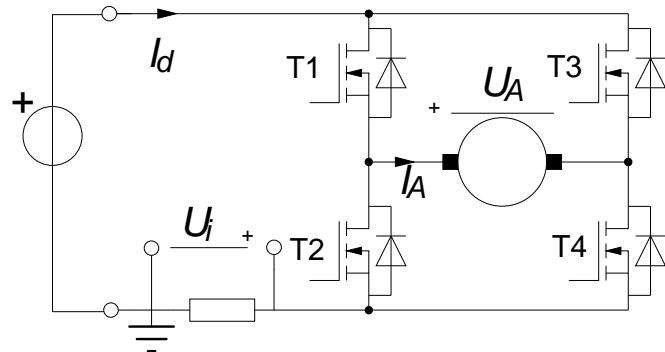
$C = 10 \text{ nF}$. $U = 10 \text{ V}$.

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



4(2)

En likströmsmotor matas från en så kallad H-brygga. Ett mätmotstånd med låg resistans $= 0,1 \Omega$ är inkopplat för att mäta strömmen. Matningen till H-bryggan tas från ett 12 V batteri som antas ge 12 V. Spänningen U_i mäts med en scopemeter och får ett förlopp som i figuren. T3 och T2 är alltid strypta. T1 är bottnad (leder). T4 styrs med en PWM-signal.

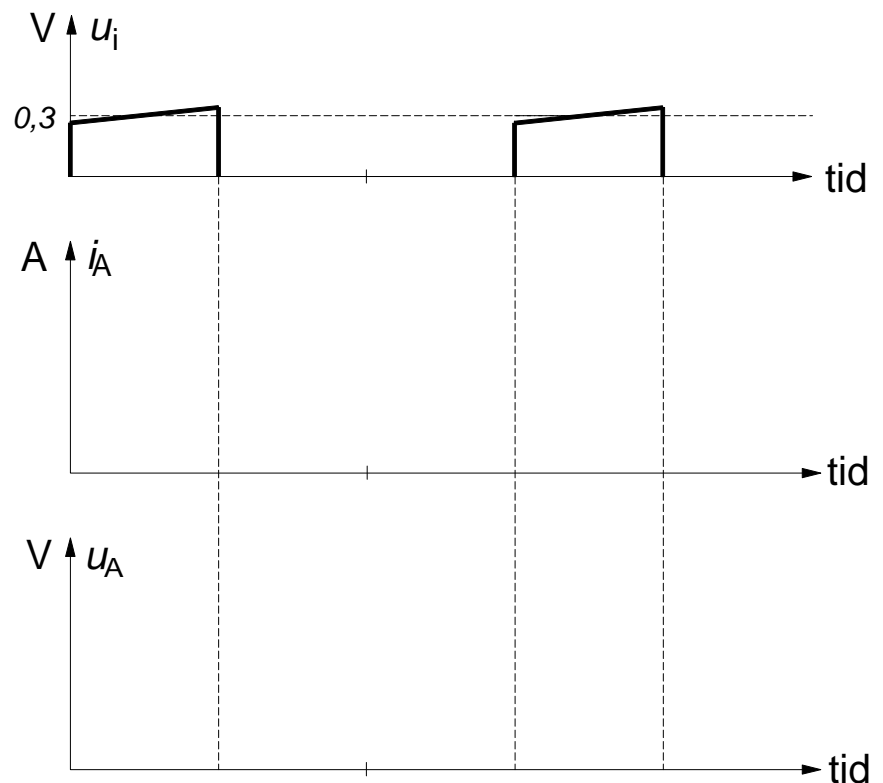


a) T3 och T2 är alltid strypta. T1 är bottnad (leder). T4 styrs med en PWM-signal. Skissa I_A och U_A i diagrammen.

b) Beräkna medelvärdet av strömmen från batteriet I_d .

c) Beräkna effekten som levereras från batteriet (medelvärdet).

d) Beräkna medelvärdet på U_A .



5(2) En PM-synkronmotor körs av en annan motor med varvtalet 3000 varv/minut. En scopemeter som ansluts mellan två av motorns tre anslutningspunkter är det enda som kopplas in till PM-synkronmotorn. På scopemeterens skärm visar en sinusformad spänning och spänningen mäts till 336 V och dess frekvens mäts till 100 Hz.

Motorn ansluts till en lämplig servoförstärkare och en mekanisk last.

a) I ett driftfall blir strömmen 5 A och varvtalet 3000 varv/minut. Beräkna axeleffekten och axelmomentet.

b) Servoförstärkaren har en strömgräns som "vrids ner" till 3 A och då sjunker varvtalet till 2000 varv/minut. Beräkna axeleffekt och axelmoment.

6(2) Data för en likströmsmotor

Measuring voltage	V	12	
No-load speed	rpm	9100	
Stall torque	mNm	8,3	
Max. continuous current	A	0,37	
Max. recommended speed	rpm	12000	
Max. continuous output power	W	2,8	
Back-EMF constant	V/1000rpm	1,30	
Terminal resistance, R_A	ohm	18	
Torque constant	mNm/A	12,4	
Rotor inertia	$\text{kgm}^2 \cdot 10^{-7}$	1,9	
Thermal time constant	s	480	
Thermal resistance	rotor-body	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$	5
	Body-ambient	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$	25
Max. permissible coil temperature	$^{\circ}\text{C}$	100	

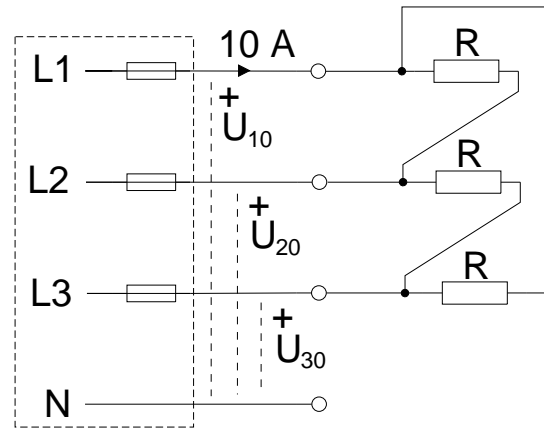
Motorn har ej extra kylning med fläkt, kylplåt eller dylikt. Det får för enkelhets skull antas att R_A är oberoende av temperaturen. Omgivningstemperaturen är 25°C .

- Beräkna den ström [A] som kan flyta kontinuerligt i motorns lindning.
- Beräkna det axelmoment [mNm] motorn kan belastas med kontinuerligt.
- Beräkna lindningens temperatur [$^{\circ}\text{C}$] 7 minuter efter det att motorn börjar belastas med 5 mNm. Motorn har varit obelastad en längre tid.
- Hur lång tid [min] kan motorn kan belastas med 5 mNm. Motorn har varit obelastad en längre tid.

7(2)

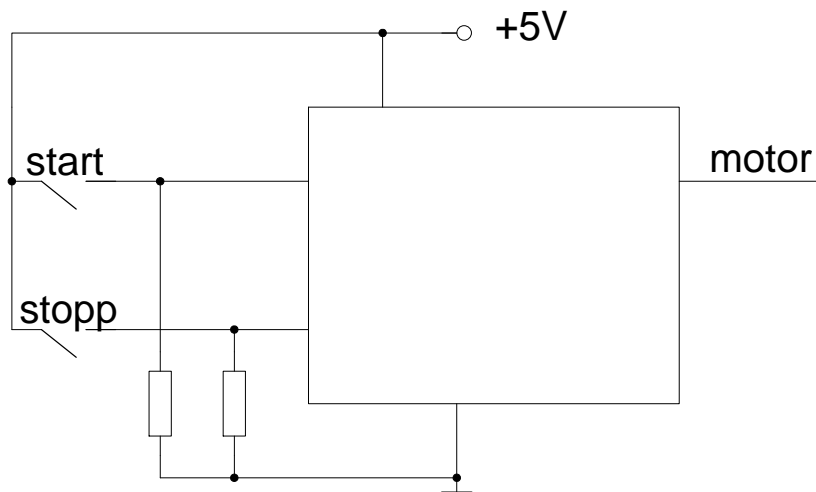
En elektrisk ugn är ansluten till en trefascentral som i figuren. Ugnen kan betraktas som en symmetrisk trefaslast av motstånd. I en ledning flyter 10 A. Faspänningen är 230 V.

- Vilken effekt utvecklas i ugnen?
- Hur stor ström flyter genom vart och ett av motstånden?
- Vilken total effekt utvecklas i ugnen om motstånden kopplas om till Y?
- Vad blir strömmen efter omkoppling till Y?



8(1)

En motor styrs från två återfjädrande knappar enligt figuren. En tryckning på start startar motorn som sedan fortsätter att rotera även efter det att knappen släppts. Om stopp trycks in stannar motorn. Knapparna styr signalen motor som i sin tur styr ett relä som kopplar in motorn till en lämplig matningsspänning.



Rita ett tillståndsdigram för systemet

9(2) I ett projekt ska man använda en starkt lysande 3-färgs lysdiod, en kapsel som i praktiken innehåller tre lysdioder. De har gemensam anod.

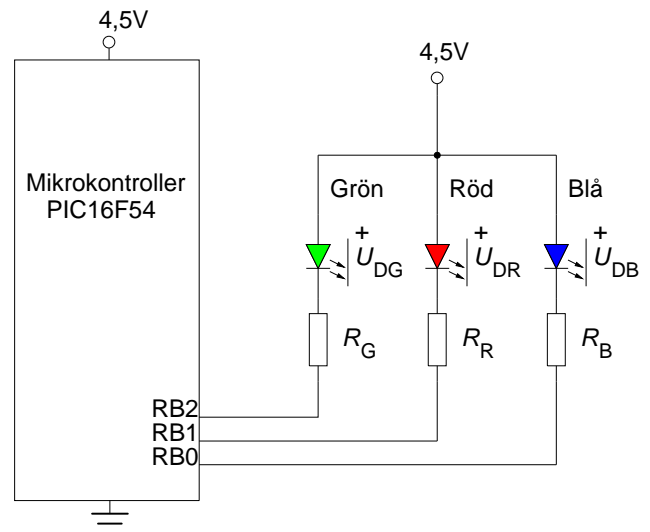
RB2, RB1 och RB0 är beteckningarna på mikrokontrollerns portpinnar.

För dioderna gäller:

$$U_{DG}=U_{DB}=3 \text{ V och } U_{DR}=1,7\text{V}$$

$$R_G=R_B=110 \text{ } \Omega \text{ och } R_R=280 \text{ } \Omega$$

För Mikrokontrollern gäller enligt dess datablad:



VOL	Output Low Voltage					
	I/O ports	—	—	0.6	V	IOL = 8.5 mA, VDD = 4.5V
	OSC2/CLKOUT (RC mode)	—	—	0.6	V	IOL = 1.6 mA, VDD = 4.5V
VOH	Output High Voltage⁽²⁾					
	I/O ports ⁽²⁾	VDD - 0.7	—	—	V	IOH = -3.0 mA, VDD = 4.5V
	OSC2/CLKOUT (RC mode)	VDD - 0.7	—	—	V	IOH = -1.3 mA, VDD = 4.5V

På ett annat ställe i databladet står att Supply Current är max 7,0 mA vid den aktuella oscillatorfrekvensen och matningsspänning. (Den ström som mikrokontrollern behöver för att arbeta.) Mikrokontrollern är programmerad så att lysdioderna lyser så starkt som möjligt.

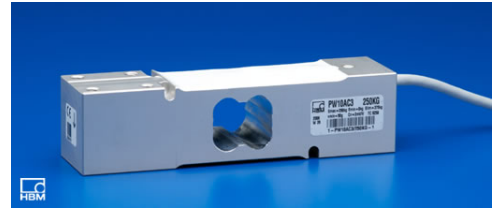
a) Beräkna strömmen genom den blå lysdioden.

b) Beräkna effektutvecklingen i den blå lysdioden..

c) Beräkna effektutvecklingen i R_B .

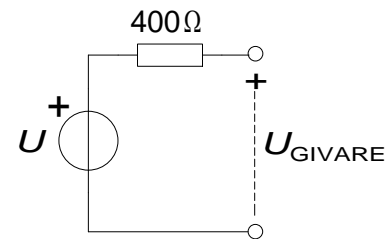
d) Beräkna bidraget till effektutvecklingen i mikrokontrollern från den blå lysdioden.

- 10(2) För att mäta en massa används en kraftgivare (PW10A - en töjningsgivarbrygga från HBM) som du ser på bilden till höger.



Utsignalen är 10 mV för full belastning 50 kg och 0 mV vid 0 kg last då den matas med spänningen 5V. Utsignalen är direkt proportionell mot vikten. (Utsignal 2,0 mV/V enligt databladet.)

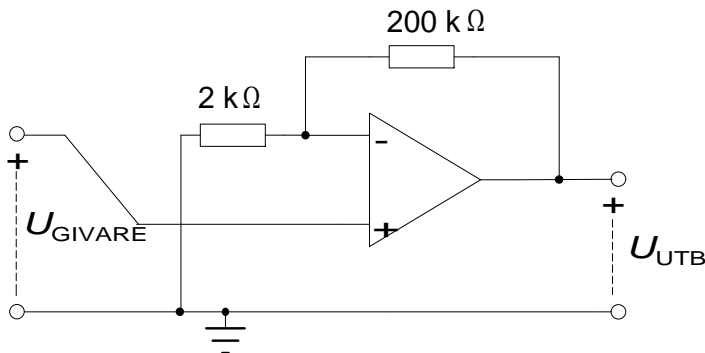
- a) Givaren (töjningsgivarbryggan) kan symboliseras med en tvåpolsekvivalent enligt figuren till höger. Hur stor är U_{GIVARE} vid 25 kg last?



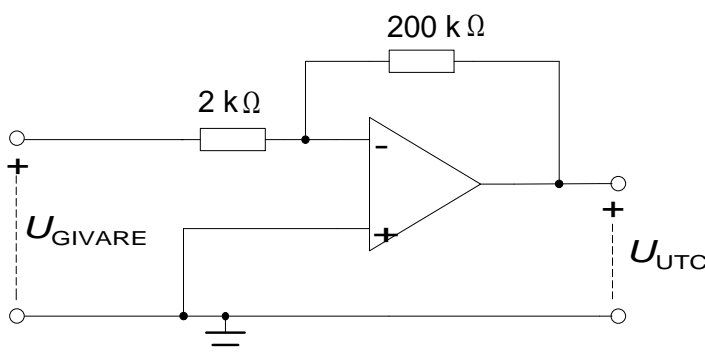
Givaren är inte ansluten till någon förstärkare.

För att förstärka mätsignalen ska bryggan anslutas till en förstärkare. Din uppgift är att beräkna förstärkarens utsignal vid de två OP-förstärkarkopplingarna nedan.

- b) Hur stor är utsignalen U_{UTB} om givaren är belastad med 25 kg?

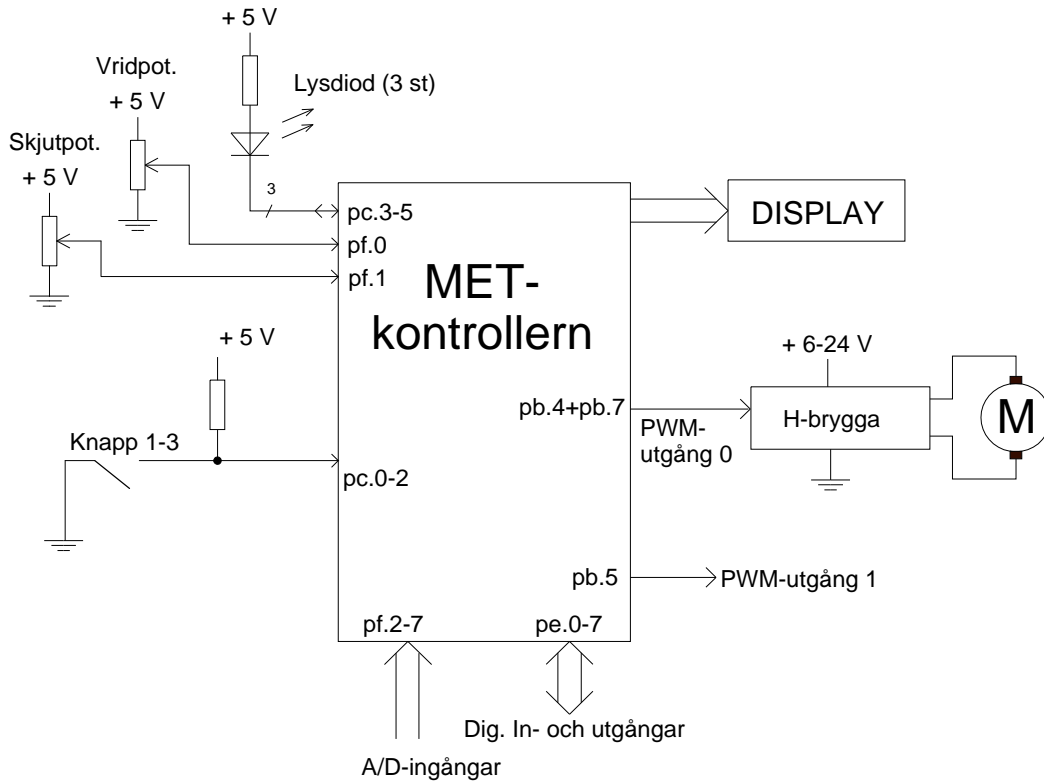


- c) Hur stor är utsignalen U_{UTC} om givaren är belastad med 25 kg?



11(2)

Skriv ett program för MET-kontrollern som kontinuerligt läser av A/D-omvandlarens kanaler 2 (pf.2) och 3 (pf.3) och redovisar vilken av dessa två som är störst enligt följande:



Om kanal 2 har störst värde skall två lysdioder tändas.

Om kanal 3 har störst värde skall en lysdiod tändas.

Lysdioderna är anslutna till pc.3 och pc.4.

Använd programskelettet nedan:

```
#####
```

```
####
```

```
█
```

```
#####
```

```
█
```

```
█
```

```
█
```


SVAR TILL TENTAMEN I ELEKTROTEKNIK

Elektroteknik MF1016

2013-08-23

Vi sätter nätet till vänster med dess ekvivalenta tvåpol. De båda givna arbetspunkterna ger då med hjälp av Kirchhoffs spänningslag följande:

$$1) R = R_1 = 10 \Omega \text{ och } I = I_1 = 1 \text{ A ger } U = 10 + 10 = 20 \text{ V}$$

$$\text{Kirchhoffs spänningslag } E_K - R_K \cdot 1 \text{ A} - 20 \text{ V} = 0$$

$$2) 1) R = R_2 = 20 \Omega \text{ och } I = I_2 = 0,8 \text{ A ger } U = 10 + 20 \cdot 0,8 = 26 \text{ V}$$

$$\text{Kirchhoffs spänningslag igen } E_K - R_K \cdot 0,8 \text{ A} - 26 \text{ V} = 0$$

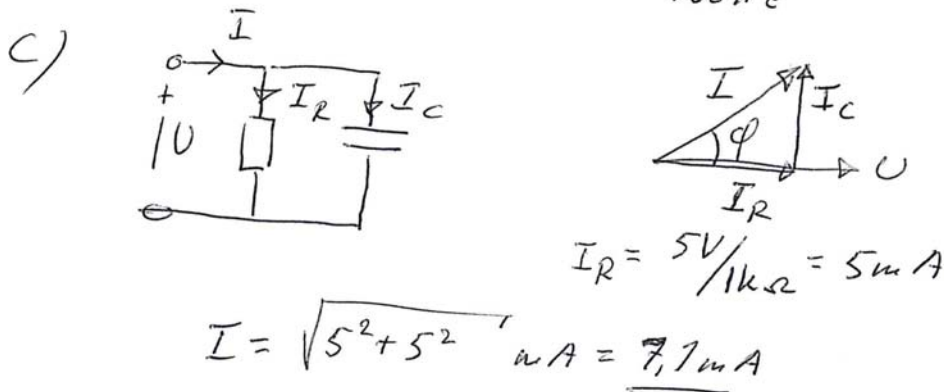
$$\text{Härur får vi } R_K = 30 \Omega \text{ och } E_K = 50 \text{ V}$$

$$\text{Om den yttre kretsens emk} = 0 \text{ och } R = 10 \Omega \text{ får vi } I = \frac{E_K}{R_K + 10} = \frac{50}{40} = 1,25 \text{ A}$$

2(2)

$$a) \hat{U} = \sqrt{2} U = \sqrt{2} \cdot 5 \text{ V} = \underline{7,1 \text{ V}}$$

$$b) U = \frac{1}{\omega C} I_C \Rightarrow I_C = \underbrace{2\pi f}_{160 \text{ Hz}} \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 5 \text{ V} = \underline{5 \text{ mA}}$$



$$d) P = U \underbrace{I \cos \varphi}_{I_R} = 5 \text{ V} \cdot 5 \text{ mA} = \underline{25 \text{ mW}}$$

3(1) Då omkopplaren varit bruten en längre tid har kondensatorn hunnit bli urladdad via R_B . Direkt efter tillslag är kondensatorn fortfarande oladdad, laddningen kan ej ändras språngvis. U_C är därför noll för att sedan laddas upp. Efter lång tid laddas inte kondensatorn längre och därmed blir strömmen I_C genom kondensatorn = 0 och ärför blir $I_B = I$. Kirchhoffs spänningslag och ohms lag ger:

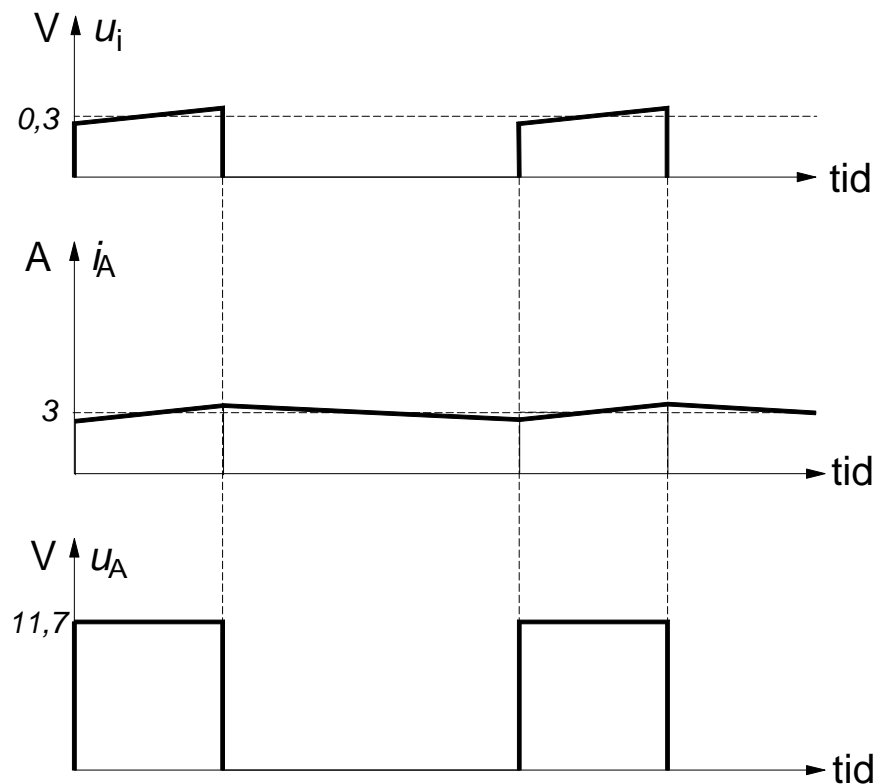
Då omkopplaren varit bruten en längre tid har kondensatorn hunnit bli urladdad via R_B . Direkt efter tillslag är kondensatorn fortfarande oladdad, laddningen kan ej ändras språngvis. U_C är därför noll för att sedan laddas upp. Efter lång tid laddas inte kondensatorn längre och därmed blir strömmen I_C genom kondensatorn = 0 och därför blir $I_B = I$. Kirchhoffs spänningslag och ohms lag ger:

Då omkopplaren varit bruten en längre tid har kondensatorn hunnit bli urladdad via R_B . Direkt efter tillslag är kondensatorn fortfarande oladdad, laddningen kan ej ändras språngvis. U_C är därför noll för att sedan laddas upp. Efter lång tid laddas inte kondensatorn längre och därmed blir strömmen I_C genom kondensatorn = 0 och därför blir $I_B = I$. Kirchhoffs spänningslag och ohms lag ger:

$$I = 10V / 2,5k\Omega = 4mA$$

$$U_C = 4 \cdot 1,5 = 6V$$

4(2) a)



$$b) I_d = \frac{1}{T} \int_0^T i_d \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^T u_i / R_i \cdot dt = \frac{1}{T \cdot R_i} \int_0^T u_i \cdot dt = \frac{1}{T \cdot R_i} \cdot 0,3V \cdot \frac{T}{3} = 1 A$$

eller kanske enklare vi har i medeltal $0,3/0,1 = 3 A$ under en tredjedel av tiden då borde vi i medeltal ha 1 A under hela tiden.

$$c) P = \frac{1}{T} \int_0^T p \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^T 12 V \cdot i_d \cdot dt = 12V \cdot \frac{1}{T} \int_0^T i_d \cdot dt = 12V \cdot I_d = 12V \cdot I_d = 12V \cdot 1A = 12 W$$

d) U_A är 12 V under 1/3 av tiden vilket gör att medelvärdet blir $12 \text{ V}/3 = 4 \text{ V}$. Ska man vara lite mer nogga så får man ta hänsyn till att $0,3 \text{ V}$ "försvinner" över mätmotståndet och då blir medelvärdet $11,7 \text{ V}/3 = 3,9 \text{ V}$.

5(2) a) Vid 2000 varv/minut blir $E_f = 336/\sqrt{3} = 194 \text{ V}$. I och E_f ligger i fas och därför blir axeleffekten $P = 3E_f \cdot I = 3 \cdot 194 \cdot 5 = 2900 \text{ W}$.

$$\text{Momentet blir } M = \frac{P}{\omega} = \frac{2900}{2\pi \cdot 3000/60} = 9,3 \text{ Nm}$$

b) Momentet är proportionellt mot strömmen och blir därför $M = 9,3 \text{ Nm} \cdot \frac{3}{5} = 5,6 \text{ Nm}$

och effekten blir $P = M\omega = 5,6 \cdot 2\pi \cdot 2000/60 = 1200 \text{ W}$

6(2) a) Tillåten övertemperatur blir $\mathcal{G}_{\infty} = 100^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 75^\circ\text{C}$ Detta ger den förlusteffekt

$$\text{som kan tillåtas } \mathcal{G}_{\infty} = R_{th} \cdot P_f \Rightarrow P_f = \frac{75^\circ\text{C}}{(25+5)^\circ\text{C/W}} = 2,5 \text{ W}$$

Strömmen ger förlusteffekten $P_f = R_A \cdot I_A^2 \Rightarrow I_A = \sqrt{2,5 \text{ W}/18\Omega} = 0,37 \text{ A}$

b) $M = K_2 \Phi \cdot I_A = 12,4 \text{ mNm/A} \cdot 0,37 \text{ A} = 4,6 \text{ mNm}$

c) Vid 5 mNm är strömmen $5/12,4 = 0,4 \text{ A}$. Förlusteffekten blir $P_f = R_A \cdot I_A^2 = 2,9 \text{ W}$ och övertemperaturen blir efter "lång" tid $\mathcal{G}_{\infty} = R_{th} \cdot P_f = 88^\circ\text{C}$. Övertemperaturen stiger med tidkonstanten 480 s från 0 till 88°C . Efter 7 min = 420 s blir

$$\mathcal{G}_t = 88^\circ\text{C}(1 - e^{-420\text{s}/480\text{s}}) = 51^\circ\text{C} \text{ och temperaturen i lindningen blir } 25^\circ\text{C} + 51^\circ\text{C} = 76^\circ\text{C}.$$

d) Tillåten övertemperatur är $100 - 25 = 75^\circ\text{C}$. Tiden det tar att komma upp ges av:

$$88^\circ\text{C}(1 - e^{-t/480\text{s}}) = 75^\circ\text{C} \Rightarrow t = -480\text{s} \cdot \ln(1 - \frac{75}{88}) = 918\text{s} = 15 \text{ min}$$

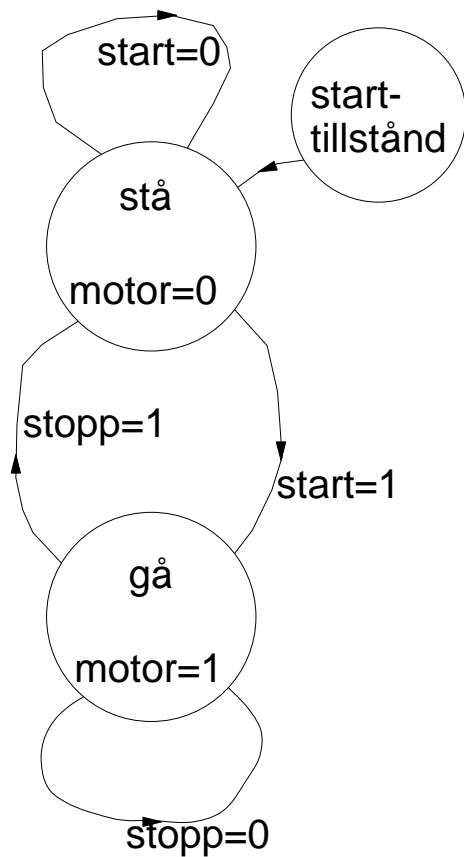
7(2) a) $P = 3 \cdot 230 \text{ V} \cdot 10 \text{ A} = 6900 \text{ W}$

b) $I_G = 10 \text{ A} / \sqrt{3} = 5,8 \text{ A}$

c) Jämfört med a uppgiften är spänningen över varje motstånd $\sqrt{3}$ ggr mindre och därför blir effekten 3ggr lägre. $P = 6900 \text{ W} / 3 = 2300 \text{ W}$.

d) $P = 3 \cdot 230 \text{ V} \cdot I = 2300 \text{ W}$ ger $I = 3,3 \text{ A}$

8(1) Tillstånden kan till exempel kallas stå och gå. Då tillstånd stå är aktivt skall utsignalen motor vara = 1. Då tillstånd gå är aktivt skall utsignalen motor vara 0. Det kan då vara smart, men ej nödvändigt, att välja $q = 0$ som stå och $q = 1$ som gå så kan motor bli = q .



9(2) a) Kirchhoffs spänningslag ger:

$$E - I \cdot R_B - U_{DB} - 0,6 = 0$$

$$I = \frac{E - U_{DB} - 0,6}{R_B} = \frac{4,5 - 3,0 - 0,6}{110} = 8,2 \text{ mA}$$

b) $P_{DB} = 3 \cdot 8,2 \text{ mW} = 24,5 \text{ mW}$

c) $P_{RB} = 110 \cdot 0,0082^2 \text{ W} = 7,4 \text{ mW}$

d) $P_{BLÅ} = 0,6 \cdot 8,2 \text{ mW} = 4,9 \text{ mW}$

10(2) a) $U_{GIVARE} = 5 \text{ mV}$.

b) Givaren ansluts till en ickeinverterande OP-förstärkarkoppling med signalförstärkningen $F_S = 1 + 200/2 \text{ ggr} = 101 \text{ ggr}$.

$$U_{UTB} = 5 \text{ mV} \cdot 101 = 0,505 \text{ V}$$

c) Givaren ansluts till en ickeinverterande OP-förstärkarkoppling med signalförstärkningen $F_S = -200/2 \text{ ggr} = -100 \text{ ggr}$.

Bryggans resistans kan inte försummas vid den inverterande kopplingen varför vi beräknar signalförstärkningen med hänsyn tagen till givarresistansen 400Ω till $F_s = -200/(2+0,4)$ ggr = -83,3 ggr.

$$U_{UTC} = -5 \text{ mV} * 83,3 = -0,417 \text{ V}$$

```
11(2) // max.c, ett program för MET-kontrollern
// Programmet läser kontinuerligt av A/D-omvandlarens kanaler
// 2 och 3
// samt visar vilken kanal som har maxvärde mha lysdioder.

#include <gnu_met3.h>          // Infogar bibliotek med kommandon
                               // och funktioner

void main(void)               // Själva programslingan
{
    int k1,k2;                //Deklaration                               av
                               //heltalsvariablerna
                               // k1 och k2

    init_met();
    while(1)                  // Evighetsloop!
    {
        k1 = GET_AD(2);
        k2 = GET_AD(3);
        if(k1 > k2){
            CLR_BIT(pc, 3);
            CLR_BIT(pc, 4);
        }
        else{
            CLR_BIT(pc, 3);
            SET_BIT(pc, 4);
        }
    }
} // Programslingans slut
```