

ELEKTROTEKNIK
MASKINKONSTRUKTION
KTH

TENTAMENSUPPGIFTER I ELEKTROTEKNIK

Elektroteknik för MEDIA och CL, MF1035

2/6-2018 09.00-13.00

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, ej lösta exempel.

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.

OBS! Skriv ditt personnummer på varje blad.

Lösningar läggs ut på kursens hemsida 15.00

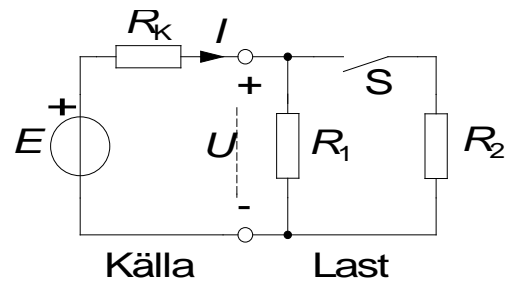
Uppgift: 1(2)

Källan i vidstående figur består av vanliga torrbatterier. Man gör några mätningar på kretsen och får följande resultat.

När S står i frånläge är $U = 9,6 \text{ V}$ och $I = 1,2 \text{ A}$

När S står i tilläge är $U = 9,2 \text{ V}$ och $I = 2,3 \text{ A}$

a) Beräkna R_1 och R_2 .



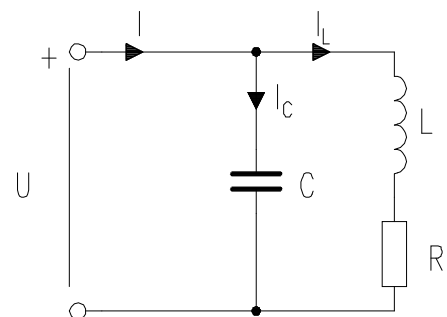
b) Beräkna E och R_K .

Uppgift: 2(2)

Kretsen matas med växespänning 230V , 50Hz .

$R = 163 \Omega$, $L = 0,52 \text{ H}$, $C = 14 \mu\text{F}$.

a) Beräkna I_C .



b) Beräkna I_L .

c) Beräkna I .

d) Beräkna effektfaktorn.

Uppgift: 3(2)

En elmotorcykel deltar i det 60,73 km långa "Isle of Man Tourist Trophy (TT) Zero race". Batteriet har följande data:

tomgångsspänning: 99V, energi 11,88 kWh, vikt 106 kg.

Under loppet är motorcykelns medelhastighet 137 km/h. Loppet är ett varv.

I det följande antas att batteriet hela tiden, under hela loppet, belastas med effekten 22,6 kW och vid denna belastning sjunker spänningen till 94,2V. Denna effekt och spänning erhålls vid medelhastighet.

Frågedel

-
- a) Hur stor energimängd tas från batteriet under loppet.
- b) Beräkna strömmen från batteriet.
- c) Beräkna batteriets inre resistans.
- d) Hur mycket energi finns kvar i batteriet efter loppet om batteriet var fulladdat vid start?

Uppgift: 4(2)

En likströmsmotor av typ 4 enligt nedanstående tabell ska användas som drivmotor för en kolvump. Motorn ska matas av en källa med variabel spänning.

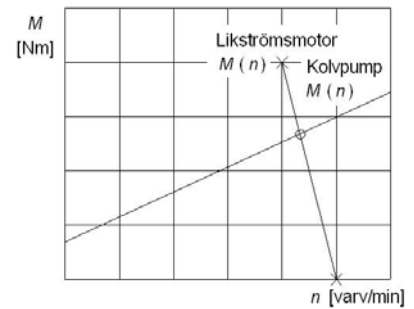
Data för en permanentmagnetiserad likströmsmotor.

Alla uppgifter gäller vid märkspänningen 170 V.

Typ	Vid märklast		I tomgång	
	Uteff	Ström	Varotal	Varotal
4	0,75 kW	5,5 A	2000 varv/ minut	2493 varv/ minut

Du ska beräkna *motorns varotal* [varv/ minut] när den matas med 110 V

a) i tomgång.



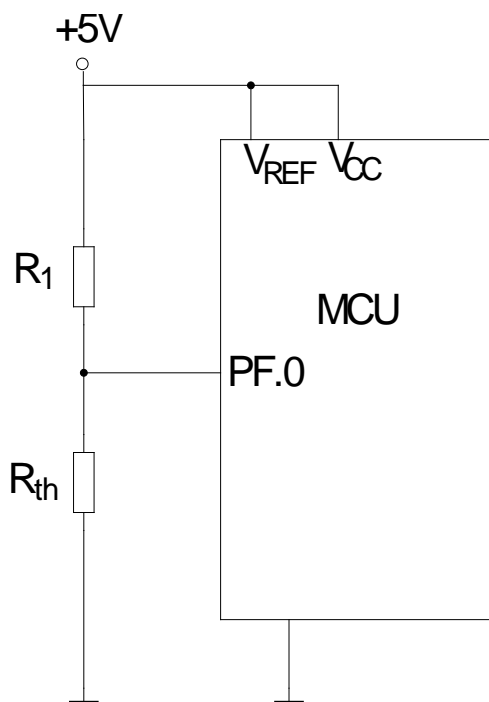
b) när den arbetar med märkström.

c) när den belastas med en last vars moment, oberoende av varvtalet, är 1,6 Nm.

d) när den belastas med en kolvpump vars moment är $M_d = 0,5 + 2 \cdot 10^{-3} \cdot n$ Nm, där n är varvtalet i varv/ minut.

Uppgift: 5(2)

För att mäta temperatur används en termistor i en spänningsdelare. Spänningen över termistorn är kopplad till en av MET-kontrollerns A/D-omvandlarkanal enligt figuren där $R_1 = 15$ k Ω . Termistorns temperaturberoende ges av nedanstående tabell:



ϑ [°C]	R_{th} [k Ω]
-10	44,6
0	28,1
10	18,2
25	10
40	6,406
50	5,758
70	2,954
100	1,229

a) Beräkna spänningen över termistorn R_{th} om temperaturen är 25°C.

b) Om spänningen A/D-omvandlas med en 10-bitars A/D omvandlare. Vilket tal blir resultatet av A/D omvandlingen om temperaturen är 25°C.

c) Vid exekvering av nedanstående programsekvens får variabeln x värdet 320. Beräkna strömmen genom motståndet R_1 .

d) Vid exekvering av nedanstående programsekvens får variabeln x värdet 320. Beräkna temperaturen.

```
int main(void)
{
int x;
x=GET_AD(0);
}
```

Uppgift: 6(2)

En återfjädrande tryckknapp, Till/från, skall användas för att starta stoppa en motor. När tryckknappen trycks in skall en motor startas om den står still och stoppas om den roterar. När tryckknappen släpps och fjädrar tillbaka skall motordriften ej påverkas av detta. Utsignalen, Motor, till motordrivsystemet skall sättas till ett då motorn skall rotera och noll då motorn skall stå still.

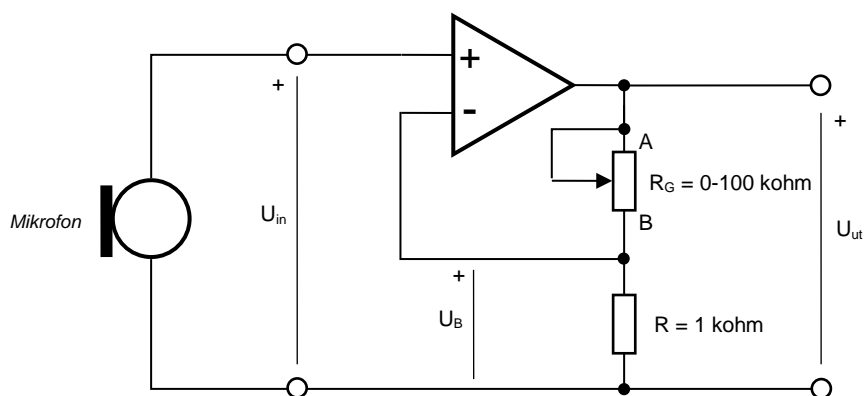
a) Rita ett tillståndsdigram för ovanstående funktion.

b) Modifiera tillståndsdigrammet så att den kompletteras med en nödstoppsfunktion. En återfjädrande röd tryckknapp.

c) Lägg till en återställningsfunktionalitet som gör att det går att starta igen efter nödstoppet.

Uppgift: 7(2)

I en mikrofonförstärkare kan man ställa in önskad förstärkning med en linjär vridpotentiometer, R_G .

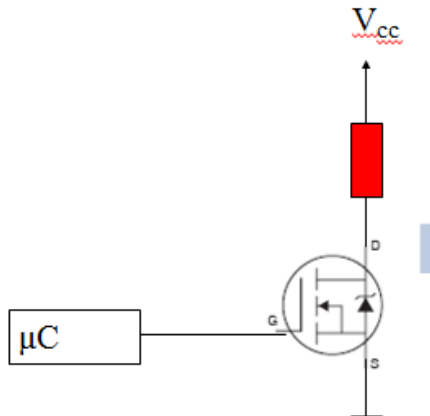


- a) Potentiometern ställs i sitt mittläge. Beräkna förstärkningen i detta läge. (Operationsförstärkaren antas vara ideal.)

-
- b) Potentiometern vrids till ett ändläge för att ge maximal förstärkning. Är det läge A eller B?
- c) Förstärkningen är inställd på max och Carola vrålar i mikrofonen så att den alstrar en spänning med momentanvärdet 60 mV.
Beräkna värdet av U_{ut} vid denna inspänning om operationsförstärkaren matas med ± 5 V och i övrigt är ideal.
- d) Potentiometern vrids in så att förstärkningen blir 10 ggr.
Bestäm spänningen U_B uttryckt i U_{ut} .

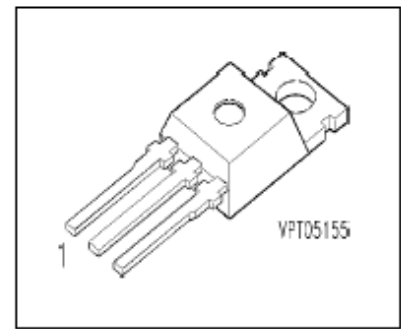
Uppgift: 8(1)

En FETtransistor av N-typ BUZ73 är tänkt att använda för att styra en resistiv last, denna last är och förblir på 3 Ohm. Matningsspänningen till lasten V_{cc} är 24 V. V_{GS} som styr transistorn är antingen 0,2 V eller 3 V för låg respektive hög nivå. Du skall nu utreda om kombinationen är rimlig med motivering. Föreslå även den viktigaste förbättringen.



SIPMOS® Power Transistor

- N channel
- Enhancement mode
- Avalanche-rated



Pin 1	Pin 2	Pin 3
G	D	S

Type	V_{DS}	I_D	R_{DS(on)}	Package	Ordering Code
BUZ 73	200 V	7 A	0.4 Ω	TO-220 AB	C67078-S1317-A2

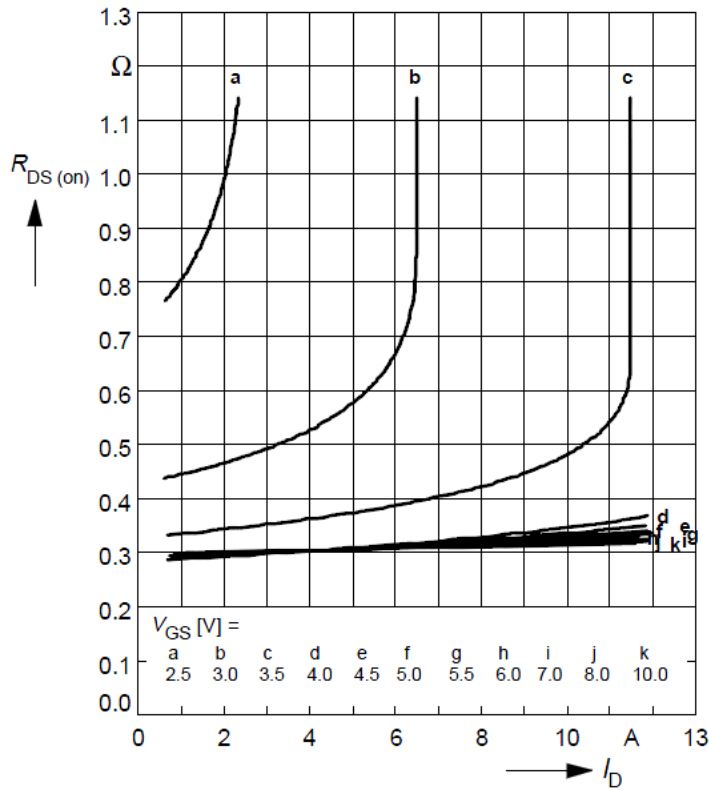
Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Values	Unit
Continuous drain current <i>T_C</i> = 28 °C	<i>I_D</i>	7	A
Pulsed drain current <i>T_C</i> = 25 °C	<i>I_{Dpuls}</i>	28	
Avalanche current, limited by <i>T_{jmax}</i>	<i>I_{AR}</i>	7	
Avalanche energy, periodic limited by <i>T_{jmax}</i>	<i>E_{AR}</i>	6.5	mJ
Avalanche energy, single pulse <i>I_D</i> = 7 A, <i>V_{DD}</i> = 50 V, <i>R_{GS}</i> = 25 Ω <i>L</i> = 3.67 mH, <i>T_j</i> = 25 °C	<i>E_{AS}</i>	120	
Gate source voltage	<i>V_{GS}</i>	± 20	V
Power dissipation <i>T_C</i> = 25 °C	<i>P_{tot}</i>	40	W
Operating temperature	<i>T_j</i>	-55 ... + 150	°C
Storage temperature	<i>T_{stg}</i>	-55 ... + 150	
Thermal resistance, chip case	<i>R_{thJC}</i>	≤ 3.1	K/W
Thermal resistance, chip to ambient	<i>R_{thJA}</i>	75	

Typ. drain-source on-resistance

$$R_{DS(on)} = f(I_D)$$

parameter: V_{GS}



SVAR TILL TENTAMEN I ELEKTROTEKNIK Elektroteknik för MEDIA och CL,
MF1035 2/6-2018

Uppgift: 1(2)

a) Vi tillämpar Ohms lag på lastsidan.

$$\text{När S står i frånläge gäller: } R_1 = \frac{9,6}{1,2} = 8 \Omega$$

$$\text{När S står i tillägg gäller: } \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{9,2}{2,3} = 4 \Omega$$

Vi ser direkt att $R_2 = R_1 = 8 \Omega$

b) På källsidan gäller enligt Kirchhoffs spänningslag med S i frånläge $E - 1,2R_K = 9,6$ och med S i tillägg $E - 2,3R_K = 9,2$

Härur får vi $1,1 \cdot R_K = 0,4 \Omega$ dvs $R_K = 0,36 \Omega$

och $E = 9,6 + 1,2 \cdot 0,36 = 10 \text{ V}$

Uppgift: 2(2)

$$\text{a) } I_C = \omega C \cdot U = 2\pi \cdot 50 \cdot 14 \cdot 10^{-6} \cdot 230 = 1 \text{ A}$$

$$\text{b) } \underline{I}_L = \frac{\underline{U}}{R + j\omega L} \quad U \text{ riktfas ger: } \underline{I}_L = \frac{230}{163 + j2\pi \cdot 50 \cdot 0,52} = (0,707 - j0,707) \text{ A} \quad I_L = 1 \text{ A}$$

$$\text{c) } \underline{I} = \underline{I}_L + \underline{I}_C = 0,707 - j0,707 + j1 = (0,707 - j0,293) \text{ A} \quad I = \sqrt{0,707^2 + 0,293^2} = 0,76 \text{ A}$$

d) Effekten till kretsen utvecklas i motståndet:

$$P = UI \cos \varphi = R \cdot I_L^2 = 163 \cdot 1^2 \text{ W}$$

$$230 \cdot 0,76 \cdot \cos \varphi = 163 \quad \text{ger } \cos \varphi = 0,93$$

Uppgift: 3(2)

$$\text{a) } s = v \cdot t \quad \text{ger } 60,73 \text{ km} = 137 \text{ km/h} \cdot t \quad \text{ger } t = 0,4465 \text{ h}$$

$$W = P \cdot t = 22,6 \text{ kW} \cdot 0,4465 \text{ h} = 10,1 \text{ kWh}$$

$$\text{b) } P = U \cdot I = 94,2 \text{ V} \cdot I = 22,6 \text{ kW} \quad \text{ger } I = 240 \text{ A.}$$

$$\text{c) } E - R_K I - U = 0 \quad \text{ger } 99 \text{ V} - R_K \cdot 240 \text{ A} - 94,2 \text{ V} = 0 \quad \text{ger } R_K = 20 \text{ m}\Omega$$

d) Från batteriet tas 10,1 kWh och dessutom blir det lite förluster i batteriet (dess inre resistans). Dessa effektförluster blir $P_f = R_K \cdot I^2 = 0,02 \cdot 240^2 = 1152 \text{ W}$ som under

loppet ger energiförlusten $W_f = P_f \cdot t = 1,15 \text{ kW} \cdot 0,4465 \text{ h} = 0,51 \text{ kWh}$

Total minskning blir $10,1 \text{ kWh} + 0,51 \text{ kWh} = 10,6 \text{ kWh}$.

Kvar bör finnas: $11,88 \text{ kWh} - 10,6 \text{ kWh} = 1,27 \text{ kWh}$ (ca 10%, lite marginal ska man ha, men inte för stor)

Uppgift: 4(2)

a) Med Kirchhoffs spänninglag fås spänningsekvationen $U_A = R_A \cdot I_A + K_2 \Phi \cdot \omega$
I tomgång $M = 0 \Rightarrow I_A = 0 \Rightarrow U_A = E = K_2 \Phi \cdot \omega = K_1 \Phi \cdot n$

vid märkspänning: $U_A = K_1 \Phi \cdot n \Rightarrow 170 \text{ V} = K_1 \Phi \cdot 2493 \frac{\text{varv}}{\text{min}} \Rightarrow$

$$K_1 \Phi = \frac{170}{2493} \approx 0,068 \frac{\text{V} \cdot \text{min}}{\text{varv}}$$

vid spänning 110V i tomgång: $U_A = K_1 \Phi \cdot n \Rightarrow 110 \text{ V} = 0,068 \frac{\text{V} \cdot \text{min}}{\text{varv}} \cdot n \Rightarrow$

$$n \approx 1610 \frac{\text{varv}}{\text{min}}$$

b) Vid märkdrift: $U_A = R_A \cdot I_A + K_1 \Phi \cdot n \Rightarrow$

$$170 \text{ V} = R_A \cdot 5,5 \text{ A} + 0,068 \frac{\text{V} \cdot \text{min}}{\text{varv}} \cdot 2000 \frac{\text{varv}}{\text{min}} \Rightarrow R_A \approx 6,1 \Omega$$

När motorn belastar med märkstörmen $I_A = 5,5 \text{ A}$: $U_A = R_A \cdot I_A + K_1 \Phi \cdot n \Rightarrow$

$$110 \text{ V} = 6,1 \Omega \cdot 5,5 \text{ A} + 0,068 \frac{\text{V} \cdot \text{min}}{\text{varv}} \cdot n \Rightarrow n \approx 1120 \frac{\text{varv}}{\text{min}}$$

c) $P_N = M_N \cdot \omega_N$ och $M_N = K_2 \Phi \cdot I_N \Rightarrow$

$$K_2 \Phi = \frac{M_N}{I_N} = \frac{P_N}{\omega_N \cdot I_N} = \frac{P_N \cdot 60}{2\pi \cdot n_N \cdot I_N} = \frac{750 \text{ W} \cdot 60}{2\pi \cdot 2000 \frac{\text{varv}}{\text{min}} \cdot 5,5 \text{ A}} \approx 0,65 \frac{\text{Nm}}{\text{A}}$$

$U_A = R_A \cdot I_A + K_1 \Phi \cdot n$ och $M = K_2 \Phi \cdot I \Rightarrow U_A = R_A \cdot \frac{M}{K_2 \Phi} + K_1 \Phi \cdot n \Rightarrow$

$$110 \text{ V} = 6,1 \Omega \cdot \frac{1,6 \text{ Nm}}{0,65 \frac{\text{Nm}}{\text{A}}} + 0,068 \frac{\text{V} \cdot \text{min}}{\text{varv}} \cdot n \Rightarrow n \approx 1390 \frac{\text{varv}}{\text{min}}$$

d) $U_A = R_A \cdot I_A + K_1 \Phi \cdot n$ och $M = K_2 \Phi \cdot I \Rightarrow U_A = R_A \cdot \frac{M}{K_2 \Phi} + K_1 \Phi \cdot n \Rightarrow$

$$110 \text{ V} = 6,1 \Omega \cdot \frac{0,5 + 2 \cdot 10^{-3} \cdot n \text{ Nm}}{0,65 \frac{\text{Nm}}{\text{A}}} + 0,068 \frac{\text{V} \cdot \text{min}}{\text{varv}} \cdot n \Rightarrow n \approx 1210 \frac{\text{varv}}{\text{min}}$$

Uppgift: 5(2)

a) Ur tabell fås $R_{th} = 10 \text{ k}\Omega$

Strömmen in på A/D-omvandlingången är försumbar då inimpedansen är stor. Därför blir termistorn och R_1 seriekopplade med strömmen

$$I = \frac{5V}{15k\Omega + 10k\Omega} = 0,2mA$$

och spänningen över termistorn blir $U_{th} = 10 \cdot 0,2 \cdot V = 2V$

b) 10 bitar ger tal 0 till $2^{10} - 1 = 1023$ som motsvara 0 - 5V.

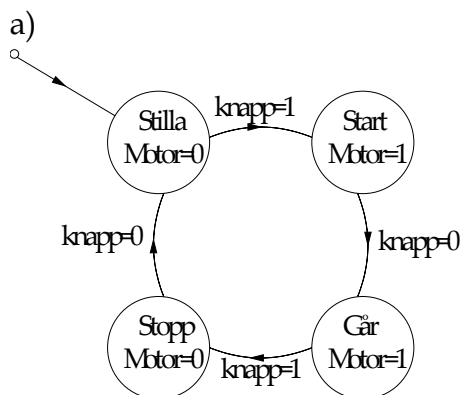
2V ger $2 \cdot \frac{1023}{5} = 409,2$ som ger 409.

c) $x = 320$ betyder att spänningen över termistorn är $5 \cdot \frac{320}{1023} = 1,564V$

Spänningen över R_1 blir $5 - 1,564 = 3,436V$ vilket ger strömmen $3,436/15 \text{ mA} = 0,229mA$.

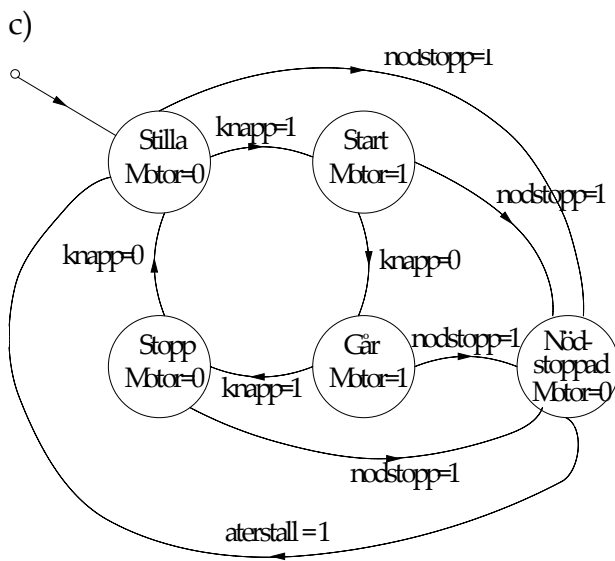
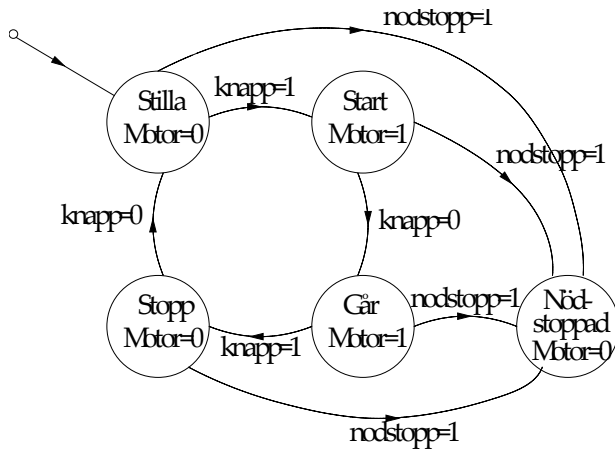
d) Termistorns resistans blir: $R_{th} = \frac{1,564}{0,229} = 6,8277k\Omega$.

Termistorns resistans är $6,406 \text{ k}\Omega$ vid 40 C och $10 \text{ k}\Omega$ vid 25 C . Interpolering ger temperaturen: $40 + (6,8277 - 6,406) \cdot \frac{40 - 25}{6,406 - 10} = 40 - 1,760 = 38,24^\circ$

Uppgift: 6(2)

b)

Svaren



Uppgift: 7(2)

- a) I mittläget har R_G värdet 50 Kohm.

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

$$\Rightarrow \frac{U_{ut}}{R_G + R} = \frac{U_{in}}{R} \Rightarrow \frac{U_{ut}}{U_{in}} = \frac{R_G + R}{R} = 1 + \frac{R_G}{R} = 1 + \frac{50k\Omega}{1k\Omega} = \underline{51ggr}$$

- b) Den största förstärkningen erhålls då man återkopplar en liten del av utspänningen till ingången, dvs då potentiometerns löpare vrids till A.
- c) Utspänningen blir:

$$U_{ut} = U_{in} \left(1 + \frac{R_G}{R} \right) = 0,06 \left(1 + \frac{100k}{1k} \right) = 6,06V - \text{men en operationsförstärkare kan inte skapa en utspänning som är högre än dess matningsspänning och}$$

kommer därför att klippa utsignalen vid 5V, vilket medför att det låter hemskt illa om Carola.

d) Förstärkningen 10 ggr ger det inställda värdet på R_G :

$$10 = 1 + \frac{R_G}{1k} \Rightarrow 10 - 1 = \frac{R_G}{1k} \Rightarrow R_G = 9k\Omega$$

Spänningsdelning mellan R och R_G ger så:

$$U_B = U_{ut} \frac{R}{R + R_G} = U_{ut} \frac{1k}{1k + 9k} = \frac{U_{ut}}{10}$$

Uppgift: 8(1)

Resistans antas ligga på sin lägsta nivå, detta för att kunna räkna ut en c:aström

$$I_{Dc:a} = 24 / (3 + 0,3) = 7,3 \text{ A}$$

Mha denna ström läses ett motståndsvärde ut ur diagram.

=> $R_{DSon} = \infty$ Detta går ej då resistansen ökar till ett jämviktsvärde där ström och R_{DSon} väger upp varandra. I det läget kommer transistorn att hettas upp då förhållandevis stor del av matningsspänning hamnar över den. Denna lösning är ej rimlig då transistor med stor sannolikhet brinner upp.

Öka på V_{GS} till minst 3,5 V. Detta ger en säkrare funktion då 8 A => $R_{DSon} = 0,42 \Omega$.