

ELEKTROTEKNIK
MASKINKONSTRUKTION
KTH

TENTAMENSUPPGIFTER I ELEKTROTEKNIK

Elektroteknik för MEDIA och CL, MF1035

22/8-16 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.

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 18.00

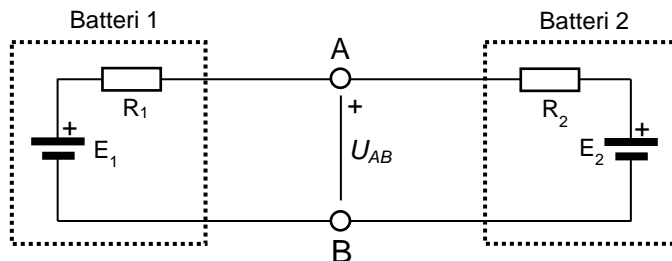
Uppgift: 1(1)

Två batterier har var för sig uppmätts med följande data:

$$E_1 = 12 \text{ V}, R_1 = 0,2 \ \Omega$$

$$E_2 = 14 \text{ V}, R_2 = 0,1 \ \Omega$$

Batterierna kopplas därefter ihop enligt bilden nedan.



- a) (0,5p) Beräkna strömmen som flyter genom kretsen och **markera** tydligt strömmens riktning i bilden ovan.

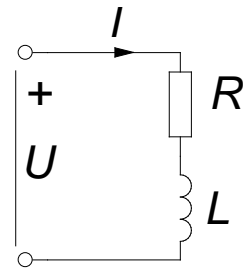
- b) (0,5p) Beräkna spänningen U_{AB} .

Uppgift: 2(2)

En krets matas av en sinusformad växelspänning. Kretsen består av ett motstånd med resistansen $R=100\ \Omega$ och en spole med okänd induktans L .

När den matas med $U = 200\text{V}$, 50Hz (sinusformad spänning) är den tillförda effekten $P = 100\text{W}$.

a) Hur stor är den ström I som levereras till kretsen?



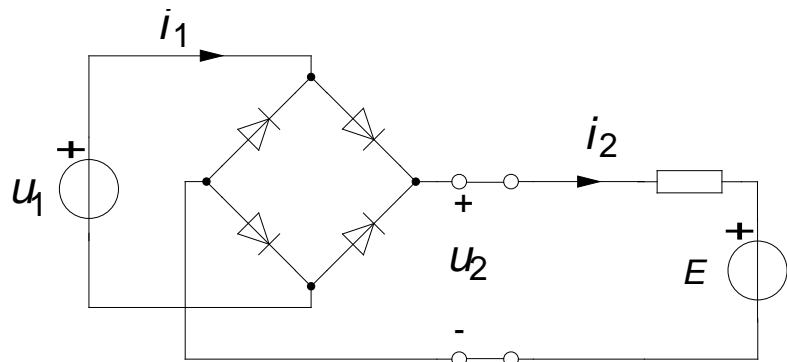
b) Beräkna induktansens reaktans.

c) Hur stor är kretsens fasvinkel?

Uppgift: 4(2)

Till en likriktarbrygga är ett batteri anslutet. Batteriets EMK (tomgångsspänning) E är 24 V och dess inre resistans är $0,2 \Omega$. U_1 är en växelspänning med effektivvärdet 24 V.

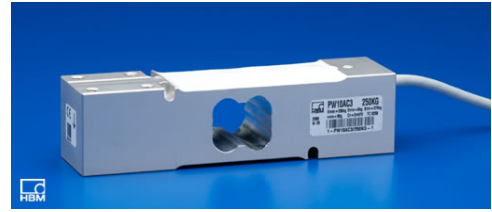
- a) Vid en tidpunkt är momentanvärdet $u_1 = 20$ V. Beräkna, vid detta tillfälle, momentanvärdena av i_1 och i_2 .



- b) Vid ett annat tillfälle är momentanvärdet $u_1 = -28$ V. Beräkna nu momentanvärdena av i_1 och i_2 .

Uppgift: 5(2)

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



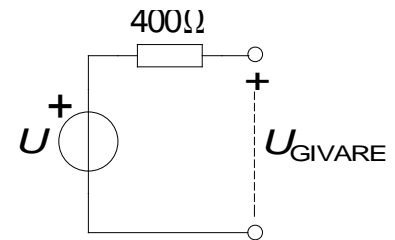
Utsignalen är 10 mV för full belastning 50 kg och 0 mV vid 0 kg last då den matas med spänningen 5V. Utsignalen är direkt

proportionell mot vikten. (Utsignal 2,0 mV/V enligt databladet.)

a) Givaren (töjningsgivarbryggan) kan symboliseras med en tvåpolsekvivalent enligt figuren till höger.

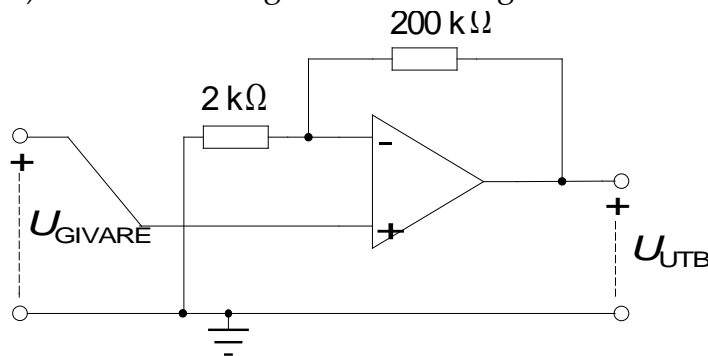
Hur stor är U_{GIVARE} vid 25 kg last?

Givaren är inte ansluten till någon förstärkare.

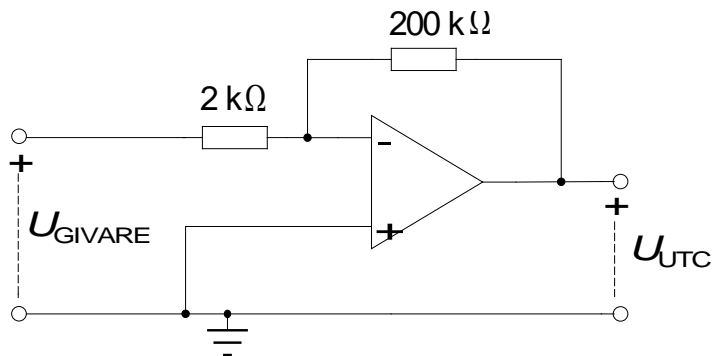


För att förstärka mätsignalen ska bryggan anslutas till en förstärkare. Din uppgift är att beräkna förstärkarens utsignal vid de två OP-förstärkarkopplingarna nedan.

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?



Uppgift: 6(2)

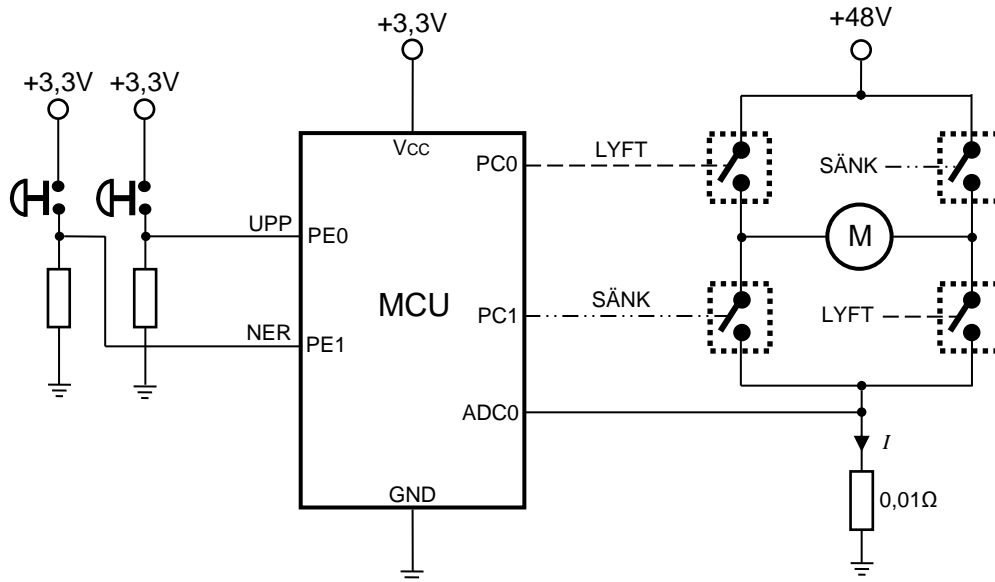
I en liten lyftkran rullas lyftvajern ut eller in med en elmotor, som matas via en enkel H-brygga (schematiskt ritad nedan), som i sin tur styrs av en mikrokontroller.

Håller man NER-knappen intryckt matas vajern ut - UPP-knappen kör motorn åt motsatt håll och vajern rullas in.

Om lasten blir för tung **vid lyft** ska motorn stoppas.

Överlast känns av genom att strömmen genom motorn mäts - blir den mer än 100A stoppas motorn.

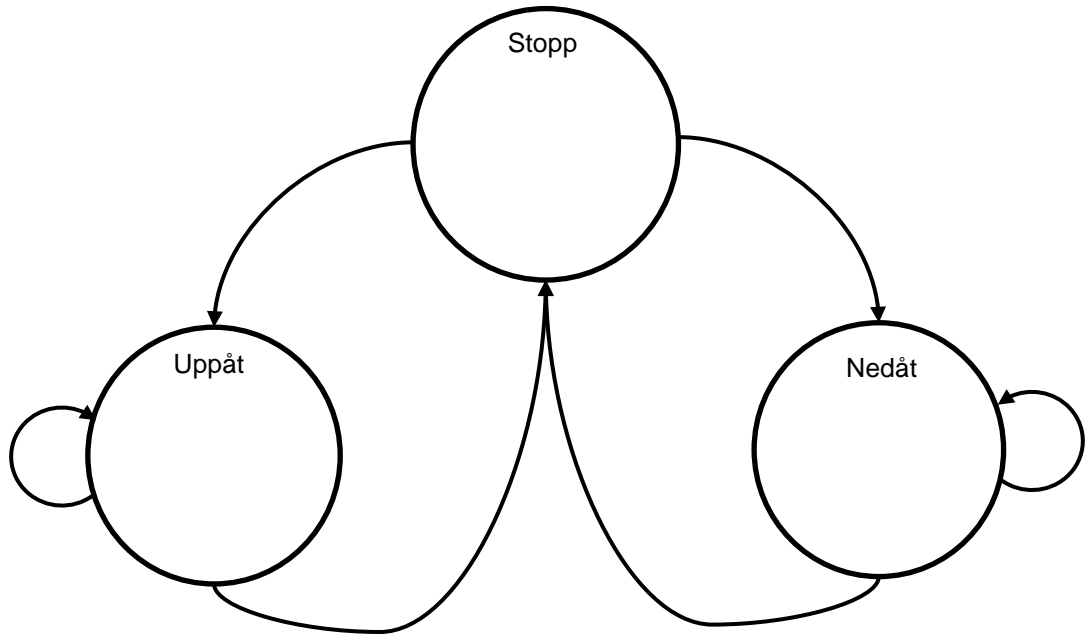
Motorströmmen flyter genom ett motstånd $R = 0,01\Omega$, så att man får en mätspänning, som mikrokontrollers AD-omvandlare kan avläsa.



a) (0,5p) Antag att AD-omvandlaren använder 10 bitar och har en referensspänning på 3,3 V. Vad blir heltalsvärdet av den AD-omvandlade mätspänningen vid motorströmmen $I=100$ A?

b) (1,5p) Mikrokontrollerns program styr kranmotorn med signalerna LYFT och SÄNK. Då motorströmmen blir ≥ 100 A sätts signalen ÖVERLAST till 1, i programmet.

Nedan finns början till ett tillståndsdigram över kranstyrningsprogrammet. Komplettera diagrammet med signalerna UPP, NER, LYFT, SÄNK och ÖVERLAST, och deras respektive värden vid olika tillstånd, så att man får önskad funktion.



Uppgift: 7(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, rotor	s	7
stator	s	480
Thermal resistance rotor-body	$^{\circ}\text{C/W}$	5
Body-ambient	$^{\circ}\text{C/W}$	30
Max. permissible coil temperature	$^{\circ}\text{C}$	100

Motorn belastas så att strömmen blir 0,37A kontinuerligt (= Max. continuous current).

a) Beräkna axelmomentet.

b) Beräkna förlusteffekten som utvecklas i motorlindningen.

c) Beräkna lindningens temperaturskillnad mot omgivningen (övertemperaturen).
Tips för media; detta är precis samma problemställning som temperaturberäkning för transistor.

Motorn har ej extra kylning med fläkt, kylplåt eller dylikt.

d) Är det lämpligt att köra motorn med omgivningstemperaturen 40 $^{\circ}\text{C}$?

Motorn har ej extra kylning med fläkt, kylplåt eller dylikt.

Uppgift: 8(2)

Ett värmeelement, som kan ses som en resistiv last, styrs på och av via en FET-transistor av typen IRFZ44N. Styrsignalen till transistorn är antingen 0,4 V eller 5 V. Värmeelementet har en märkeffekt på 200W. Matningsspänningen är 15V till värmeelementet. Resistansen i värmeelementet mäts upp till 0,72 Ohm.

Omgivningstemperaturen mäts till 25° C.

Datablad för transistorn finns på följande sidor sida.

a) Gör ett kopplingsschema för systemet.

b) Vilken ström I_D flyter igenom transistorn vid 5V styrsignal?

c) Vilken temperatur får chippet (index j) i transistorn om ingen kylfläns finns monterad?

d) Vilken termisk resistans behöver en kylfläns ha för att maxtemperaturen på chippet (j) skall bli 150 grader? Transistorn är monterad direkt på kylflänsen.

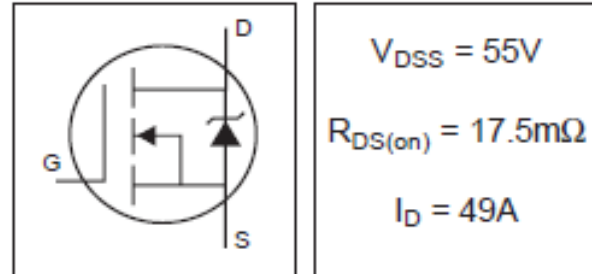


PD - 94053

IRFZ44N

HEXFET® Power MOSFET

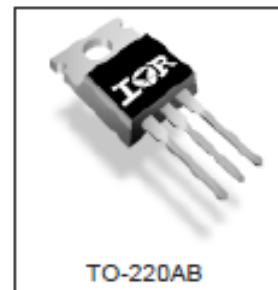
- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated



Description

Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	49	A
$I_D @ T_C = 100^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	35	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	180	
$P_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Power Dissipation	94	W
	Linear Derating Factor	0.63	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
I_{AR}	Avalanche Current ①	25	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy ①	9.4	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ②	5.0	V/ns
T_J	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to + 175	
T_{STG}			
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf-in (1.1N-m)	

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	1.5	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	62	

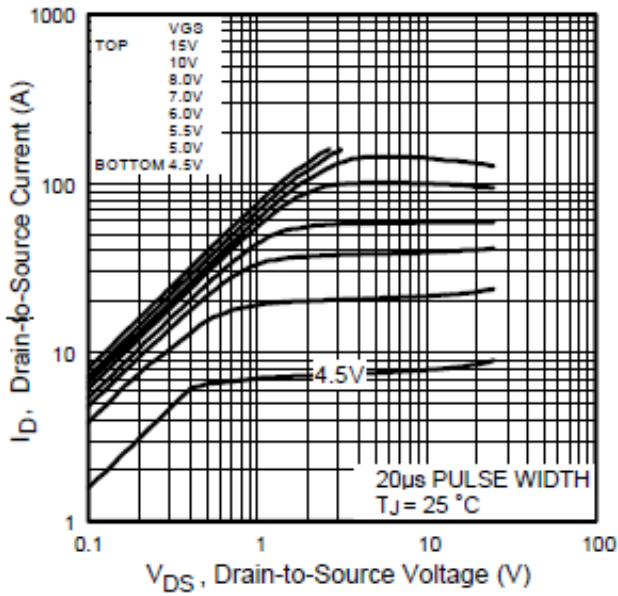


Fig 1. Typical Output Characteristics

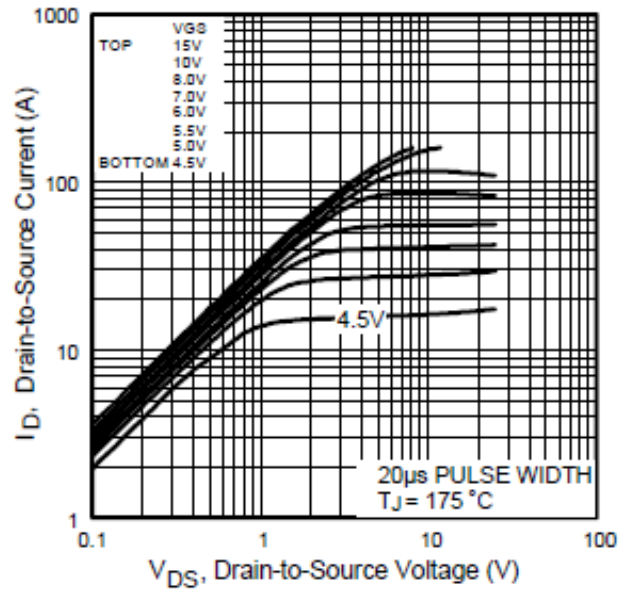


Fig 2. Typical Output Characteristics

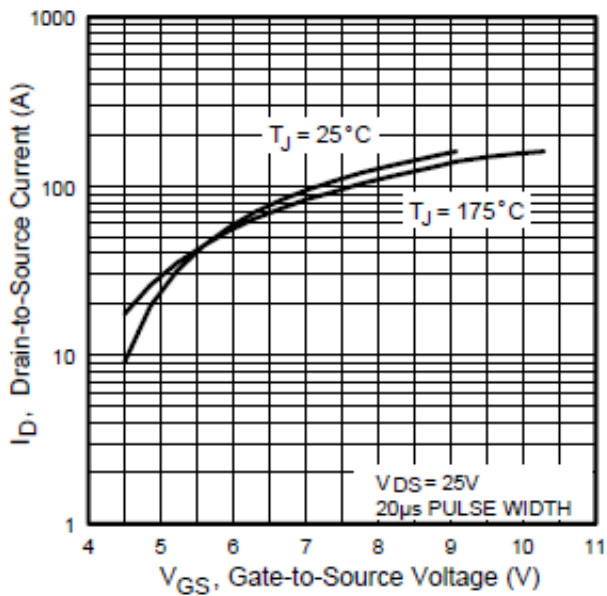


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

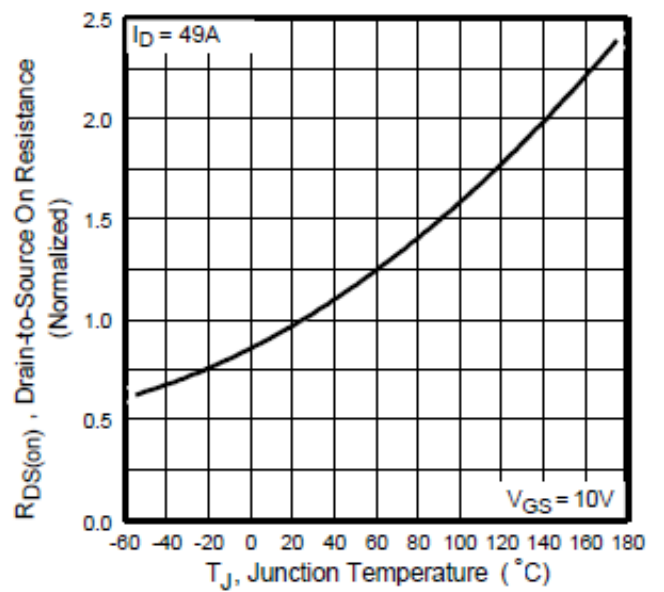


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

SVAR TILL TENTAMEN I ELEKTROTEKNIK Elektroteknik för MEDIA och CL,
MF1035 22/8-16

Uppgift: 1(1)

Om vi antar att strömmen I flyter medurs fås nedanstående ekvation med Kirchhoffs spänningslag och Ohms lag.

$$a) E_1 - R_1 \cdot I - R_2 \cdot I - E_2 = 0 \rightarrow I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} = \frac{12 - 14}{0,2 + 0,1} = -6,67 \text{ A}$$

Minustecknet innebär att strömmen flyter moturs i kretsen (- tecken innebär att strömmen flyter mot strömpilens riktning.

$$b) E_1 - R_1 \cdot I - U_{AB} = 0 \rightarrow U_{AB} = E_1 - R_1 \cdot I = 12 - 0,2 \cdot (-6,67) = 13,3 \text{ V}$$

alt.

$$U_{AB} - R_2 \cdot I - E_2 = 0 \rightarrow U_{AB} = R_2 \cdot I + E_2 = 0,1 \cdot (-6,67) + 14 = 13,3 \text{ V}$$

Uppgift: 2(2)

$$a) P = RI^2 \Rightarrow 100 = 100 \cdot I^2 \Rightarrow I = 1 \text{ A}$$

$$b) U_L = \sqrt{U^2 - U_R^2} = \sqrt{200^2 - 100^2} = 173 \text{ V}$$

$$U_L = I \cdot \omega L \Rightarrow 173 = 1 \cdot \Rightarrow X_L = \omega L = 173 \Omega$$

$$c) \cos \varphi = \frac{U_R}{U} = \frac{100}{200} \Rightarrow \varphi = 60^\circ$$

Uppgift: 3(2)

$$a) 36\text{V}/3,6\text{V} = 10. \text{ 10 st seriekopplade.}$$

$$b) I = 600\text{W}/36\text{V} = 17\text{A} \text{ (50/3)}$$

$$c) 80 \text{ km med } 40 \text{ km/h tar } 2 \text{ h.}$$

Laddningen i varje battericell är 3,4 Ah och 80% får användas dvs 2,72 Ah vilket motsvarar 1,36 A i 2 h. För att kunna ge 17 A behöver vi parallellkoppla 17A/1.36A = 12,25 batterier. Ett helt antal batterier behövs såklart, så för att klara gränsen väljer vi 13 st batterier som parallellkopplas med vardera 10 battericeller i varje gren som totalt ger 13*10 = 130 battericeller.

Uppgift: 4(3)

Svaren

a) Dioderna spärrar. $i_2 = 0 \text{ A}$, $i_1 = 0 \text{ A}$

b) Dioderna bidrar med vardera 0,7V i spänningsfall. Två dioder leder, nedre högra och övre vänstra. $i_2 = \frac{28 - 0,7 - 0,7 - 24}{0,2} = 13 \text{ A}$, i_2 är positiv och kan inte vare negativ,

de båda högra dioderna spärrar. I detta fall är i_1 negativ $i_1 = -i_2 = -13 \text{ A}$.

Uppgift: 5(2)

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

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

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

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

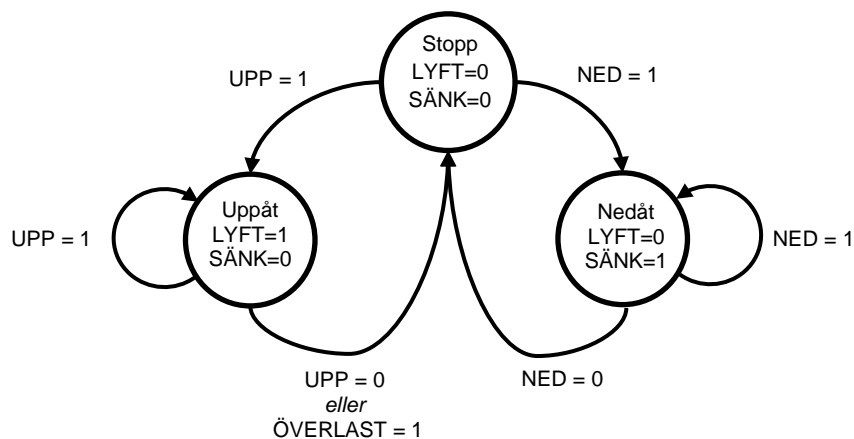
Bryggans resistans kan inte försummas vid den inverterande kopplingen varför vi beräknar signalförstärkningen med hänsyn tagen till givarresistansen 400Ω till $F_S = -200/(2+0,4)$ ggr = -83,3 ggr.

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

Uppgift: 6(2)

a) $x = \frac{R \cdot I}{V_{REF}} \cdot (2^N - 1) = \frac{0,01 \cdot 100}{3,3} \cdot (2^{10} - 1) = 310$

b)



Uppgift: 7(2)

a) $M = 12,4 \cdot 0,37 \text{ mNm} = 4,6 \text{ mNm}$

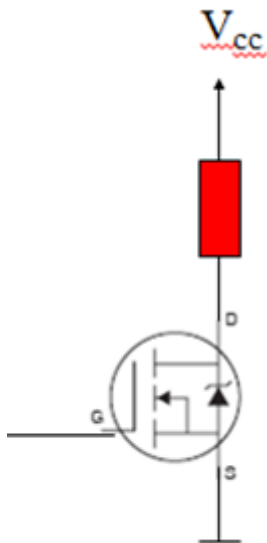
b) $P_f = R_A \cdot I_A^2 = 18 \cdot 0,37^2 \text{ W} = 2,46 \text{ W}$

c) Temperaturstegringen blir $(5 + 30) \cdot P_f^\circ \text{ C/W} = 35 \cdot 2,46^\circ \text{ C} = 86^\circ \text{ C}$

Svaren

d) Vid 40 °C blir lindningens temperatur 40 + 86 °C = 126 °C. Maximalt tillåten lindningstemperatur är 100 °C. Svaret blir därför nej. (Visserligen går det kortvarigt)

Uppgift: 8(2)



a)

$$b) I_{D_{\text{prel}}} = \frac{15}{0,72} = 20,0 \text{ A}$$

Ur diagram 1 eller 2 utläses

$$V_{DS} \approx 2 \text{ V}$$

Detta medför att

$$R_{DS} \approx \frac{V_{DS}}{I_{D_{\text{prel}}}} = 0,1 \Omega$$

$$I_D = \frac{15}{0,72 + 0,1} = 18,3 \text{ A}$$

$$c) T_j = P_D * R_{\theta jA} + T_a \Rightarrow T_j = 0,1 * 18,3^2 * 62 + 25 = 2076^\circ \text{ Transistor brinner upp}$$

$$d) T_j = 0,1 * 18,3^2 * (1,5 + R_{\theta CA}) + 25 \Rightarrow$$

$$R_{CA} = \frac{T_j - 25 - P_D * R_{jC}}{P_D} \Rightarrow R_{CA} = \frac{150 - 25 - 0,1 * 18,3^2 * 1,5}{0,1 * 18,3^2} = 2,2 \text{ K/ V\ddot{a}ldigt stor kylfl\ddot{a}ns.}$$