

TENTAMENSUPPGIFTER I ELEKTROTEKNIK

Elektroteknik för MEDIA och CL, MF1035

2015-06-02 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.

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).

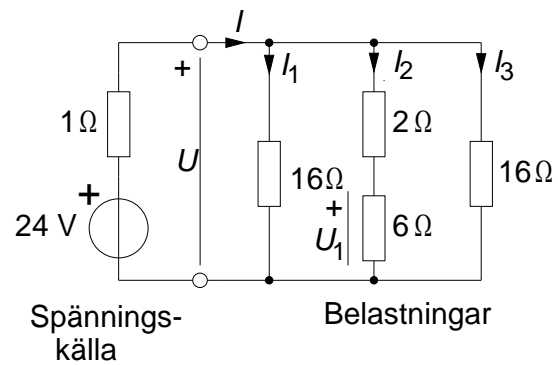
Vid behov kan Du skriva på baksidan.

OBS! Skriv ditt personnummer på varje blad.

Lösningar läggs ut på kursens hemsida 13.00

Uppgift: 1 (2 poäng)

- Beräkna strömmen I och spänningen U .
- Beräkna de tre belastningsströmmarna I_1 , I_2 och I_3
- Beräkna spänningen U_1 över $6\ \Omega$ motståndet.
- Beräkna totala effektutvecklingen i Belastningarna.

**Uppgift: 2 (2 poäng)**

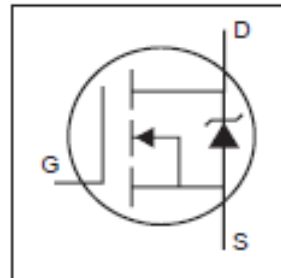
Ett värmelement, som kan ses som en resistiv last, styrs på och av via en FET-transistor av typen IRFZ44N. Styrsignalen till transistorn är antingen 0,4 V eller 5 V. Värmeelementet har en märkeffekt på 200W. Matningsspänningen är 12V till värmeelementet. Resistansen i värmeelementet mäts upp till 0,72 Ohm. Omgivningstemperaturen mäts till 25° C. Datablad för transistorn finns på följande sidor sida.

- Gör ett kopplingsschema för systemet.
- Vilken ström I_D flyter igenom transistorn vid 5V styrsignal?
- Vilken temperatur får chippet (index j) i transistorn om ingen kylfläns finns monterad?
- Vilken termisk resistans behöver en kylfläns ha för att maxtemperaturen på chippet (j) skall bli 150 grader? Transistorn är monterad direkt på kylflänsen.

IRFZ44N

HEXFET® Power MOSFET

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

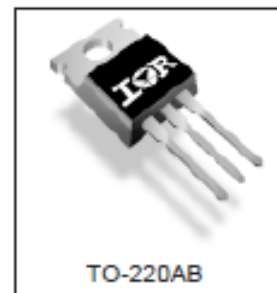


$V_{DSS} = 55V$
$R_{DS(on)} = 17.5m\Omega$
$I_D = 49A$

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
$I_D @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	49	A
$I_D @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	35	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	180	
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	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 T_{STG}	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to + 175	°C
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	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	

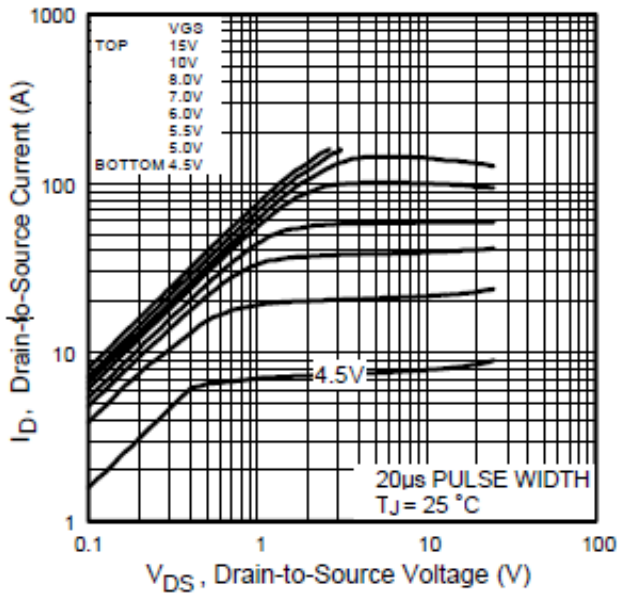


Fig 1. Typical Output Characteristics

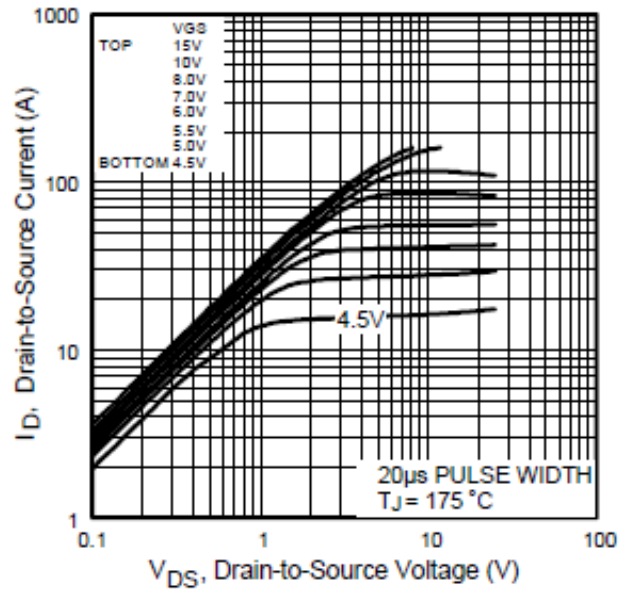


Fig 2. Typical Output Characteristics

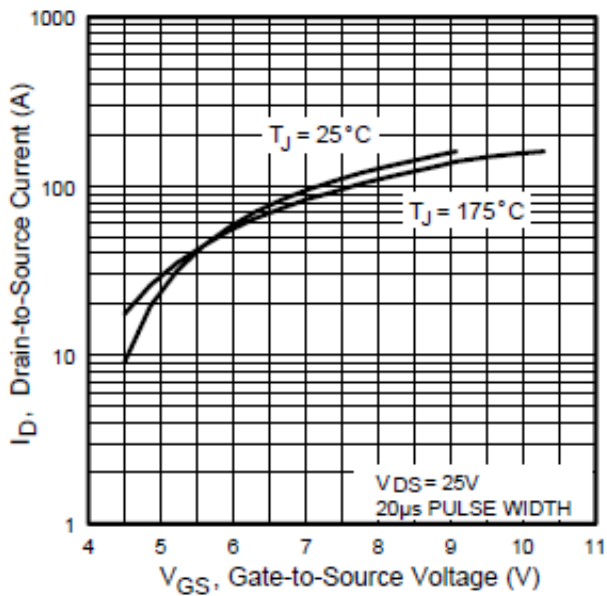


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

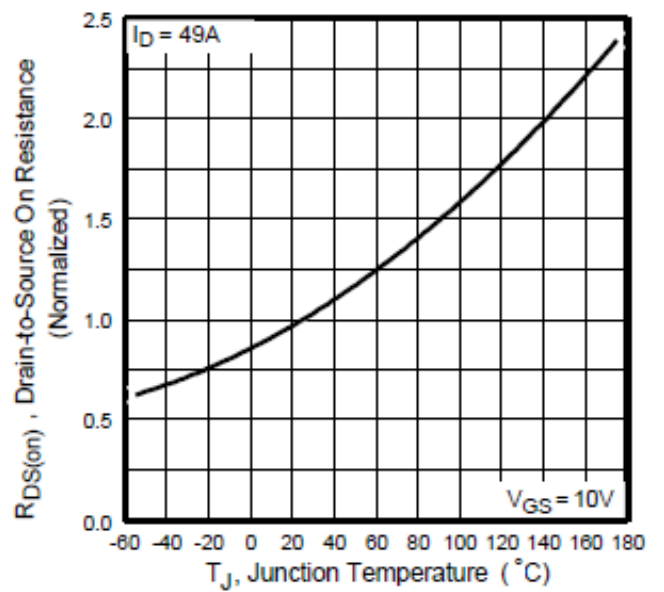
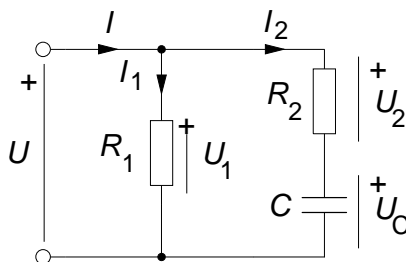


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

Uppgift: 3 (2 poäng)



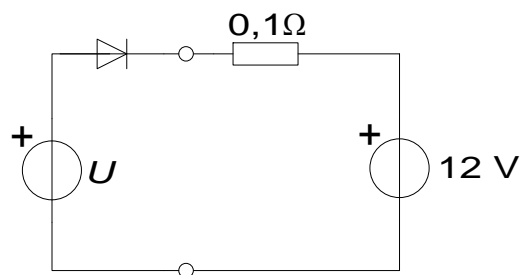
Figuren visar en krets som matas med en sinusformad växelspanning $U = 230 \text{ V}$, 50 Hz . $R_1 = R_2 = 230 \Omega$, $C = 16 \mu\text{F}$

- Beräkna strömmarna I_1 och I_2 .
- Beräkna strömmen I .
- Hur stor är spänningen över kondensatorn?
- Vilka värden skulle de tre strömmarna få om kretsen matades med en likspänning på 230 V ?

Uppgift: 4 (2 poäng)

Ett 12 V batteri med inre resistansen $0,1 \Omega$ (ritad i figuren) ska laddas upp med hjälp av likspänningskällan U .

Man önskar laddningsströmmen 5 A .
Dioden har framspänningsfallet $0,7 \text{ V}$.



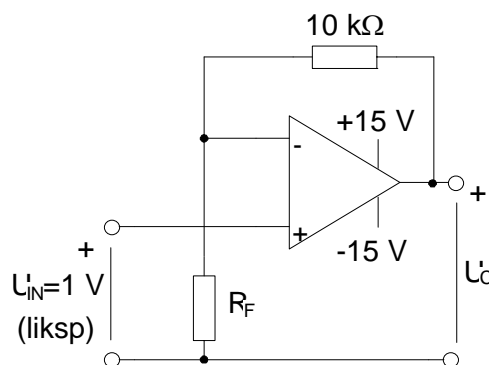
- Beräkna Spänningen U .

Eftersom vi har en diod så kan en växelspanningskälla användas vid laddning. Antag att U är en växelspanningskälla.

- Vad ska toppvärdet av U vara om vi vill begränsa toppvärdet på laddningsströmmen till 10 A ?
- Vad ska effektivvärdet av U vara om vi vill begränsa toppvärdet på laddningsströmmen till 10 A ?

Uppgift: 5 (1 poäng)

Beräkna utspänningen U_C då $R_F = 1 \text{ k}\Omega$ och då $R_F = 0,1 \text{ k}\Omega$.



Uppgift: 6 (2 poäng)

En gokart skall drivas med en likströmsmotor.

Energien tas från två seriekopplade blybatterier som vardera är märkta 12 V /75Ah och 250A (kortslutningsström). Vi antar att batteriets inre resistans är 0Ω och att batterispänningen alltid är 12V oavsett laddningsgrad.

Mellan likströmsmotorn och batteriet är ett matningsdon inkopplat som omvandlar batterispänningen till den spänning som matar motorn. Spänningen till motorn kan därför varieras kontinuerligt mellan -24V och 24V. Likströmsmotorn har nedanstående märkdata:

(2,5 hp) eller 1865 W, 24V, 16 kg, $R_A = 0,05 \Omega$, $K_2\Phi = 0,06 \text{ Nm/A}$

Gokarten körs rakt fram på plan mark med en hastighet av 40 km/h och det krävs 44,7 N för framdriften. I denna driftpunkt roterar motoraxeln med vinkelhastigheten 175 rad/s och belastas med momentet 2,8 Nm.

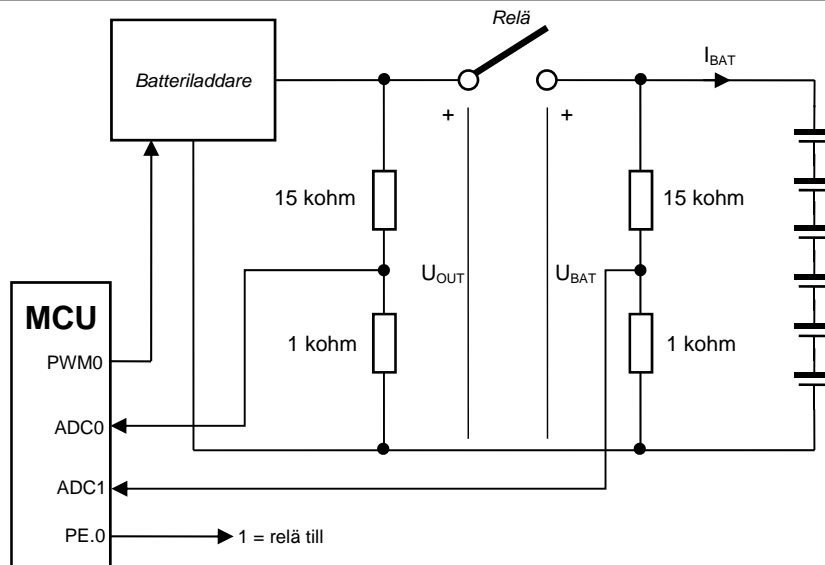
- a) Beräkna motorströmmen.
- b) Beräkna motorspänningen.

Mellan batteriet och motorn finns ett matningsdon (en H-brygga) som antas vara förlustfritt.

- c) Beräkna effekten från batterierna.
- d) Beräkna strömmen från batterierna.

Uppgift: 7 (2 poäng)

- a) Ett batteri med spänningen 12 V kortsluts och kortslutningsströmmen uppmäts till 200 A. Beräkna batteriets inre resistans R_i .
- b) 6 st exakt likadana batterier som i a) seriekopplas och används i en elbil. En batteriladdare ansluts via ett relä till batterierna enligt figuren nedan.



$U_{BAT} = 72 \text{ V}$ med öppen reläkontakt precis som i figuren.. Vilken spänning måste U_{OUT} ha, då reläet slås till, för att laddningsströmmen I_{BAT} initialt ska bli 20 A? Det kan antas att U_{OUT} inte sjunker då reläet slås till.

För att strömmen inte ska svetsa reläkontaktarna låter man en MCU rampa upp U_{OUT} så att $I_{BAT} \approx 0$ vid tillslag.

U_{OUT} och U_{BAT} mäts med ADC0 respektive ADC1. AD-omvandlarna har en upplösning på 10 bitar och referensspänningen 5,0 V.

En högupplösande PWM-funktion ökar utspänningen U_{OUT} tills den är strax över U_{BAT} , varpå reläet slås till. Nedan är denna del i styrprogrammet.

```
int u_bat, u_out;
int rampar = 1;

int main(void)
{
    while( rampar == 1 )
    {
        u_out = GET_AD(0);
        u_bat = GET_AD(1);

        if ( u_out >= (u_bat + 1) )
        {
            SET_BIT(pe, 0);           // Reläet slås till
            rampar = 0;               // Upprampning klar - övergå till laddning
        }

        if ( rampar == 1 )
        {
            /* Här styrs PWM0 i små steg så att Uout ökar succesivt. */
        }
    }

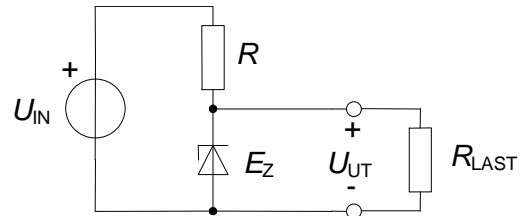
    // Programmet fortsätter här med laddningsalgoritmer etc...
}
```

c) Beräkna I_{BAT} efter tillslag, om $U_{BAT} = 72 \text{ V}$.

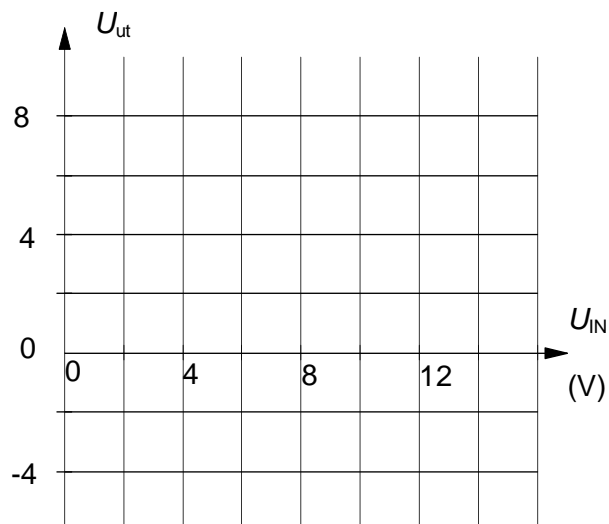
Frågedel

Uppgift: 8 (2 poäng)

En enkel spänningsstabilisator kan åstadkommas med hjälp av en zenerdiod. Se kopplingen till höger.



- a) Rita in sambandet mellan U_{IN} och U_{UT} , U_{IN} variera mellan 0 V och 15 V. $R=390\Omega$, $R_{LAST}=3\text{ k}\Omega$ och $E_Z=5,6\text{ V}$.



- b) U_{UT} blir konstant då $U_{IN} > U_{GRÄNS}$. Beräkna $U_{GRÄNS}$.

SVAR TILL TENTAMEN I ELEKTROTEKNIK Elektroteknik för MEDIA och CL,
MF1035 2015-06-02

Uppgift: 1 (2 poäng)

a) För att beräkna spänningen U och strömmen I måste vi känna Belastningarnas totala impedans eller ställa upp ett ekvivalentssystem enligt Kirchoff lagar med samtliga 4 delströmmar.

Här väljer vi att beräkna totala resistansen. Enligt $\frac{1}{R_{RES}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ får vi

$$\frac{1}{R_{RES}} = \frac{1}{16} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} = \frac{1}{4} \text{ alltså } R_{RES} = 4 \Omega$$

Man kan alternativt först "slå ihop" de båda 16Ω resistanserna till en resistans på 8Ω

(enl $R_{RES} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$) Därefter ger 8Ω i parallell med 8Ω ($2 \Omega + 6 \Omega$) den resulterande resistansen 4Ω .

Kretsen kan nu representeras med bredvidstående ekvivalenta schema.

Kirchoffs spänningslag ger här:

$$24 - R_K I - R_{RES} I = 0, \text{ dvs } I = \frac{24}{1+4} = 4,8 \text{ A}$$

(Lägg märke till att potentialen faller i strömmens riktning när man passerar en resistans.)

Spänningen U blir $R_{RES} \cdot I = 4 \cdot 4,8 = 19,2 \text{ V}$

Man kan alternativt använda

spänningsdelningslagen, som ger

$$U = 24 \frac{R_{RES}}{R_K + R_{RES}} = \frac{4}{1+4} 24 = 19,2 \text{ V}$$

b) Spänningen är $U = 19,2 \text{ V}$ över alla tre grenarna.

Ohms lag ger $I_1 = I_3 = \frac{19,2}{16} = 1,2 \text{ A}$ och $I_2 = \frac{16}{2+6} = 2,4 \text{ A}$

c) Ohms lag ger: $U_1 = 6 \Omega \cdot 2,4 \text{ A} = 14,4 \text{ V}$

d) Effektutvecklingen i Belastningarna är $P = U \cdot I = 19,2 \cdot 4,8 = 92,16 \approx 92 \text{ W}$

Uppgift: 2 (2 poäng)

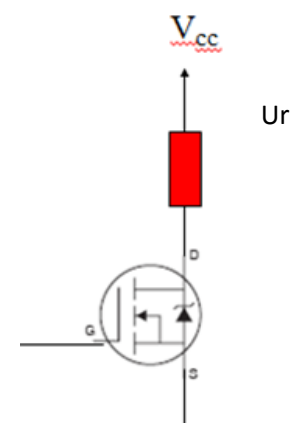
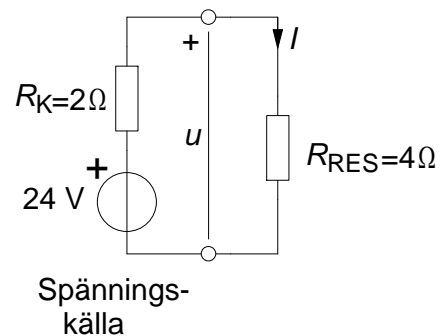
a) Se figur till höger

$$b) I_{D_{prel}} = \frac{12}{0,72} = 16,7 \text{ A}$$

diagram 1 eller 2 utläses

$$V_{DS} \approx 0,8 \text{ V}$$

Detta medför att



Svaren

$$R_{DS} \approx \frac{V_{DS}}{I_{dprel}} = 0,048 \Omega$$

$$I_D = \frac{12}{0,72 + 0,048} = 15,6 A$$

c) $T_j = P_D * R_{\theta JA} + T_a \Rightarrow T_j = 0,048 * 15,6^2 * 62 + 25 = 750^\circ$ Transistor brinner upp

d) $T_j = 0,048 * 15,6^2 * (1,5 + R_{\theta CA}) + 25 \Rightarrow$

$$R_{CA} = \frac{T_j - 25 - P_D * R_{\theta JC}}{P_D} \Rightarrow R_{CA} = \frac{150 - 25 - 0,048 * 15,6^2 * 1,5}{0,048 * 15,6^2} = 9,2 K/W$$

Uppgift: 3 (2 poäng)

Vi låter U vara reell (riktfas). Inte enklast men det duger.

a) $\underline{I}_1 = U / R_1 = 1A$

Impedansen i gren 2 $\underline{Z} = R_2 + \frac{1}{j\omega C} = 230\Omega - j200\Omega$

$$\underline{I}_2 = U / \underline{Z} = \frac{230V}{230\Omega - j200\Omega} = 0,569A + j0,495A \quad I_2 = 0,75A$$

b) $\underline{I} = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 = 1A + 0,569A + j0,495A = 1,569A + j0,495A \quad I = 1,64A$

c) $\underline{U}_C = \frac{1}{j\omega C} \cdot \underline{I}_2 \Rightarrow U_C = \frac{1}{\omega C} \cdot I_2 = 200\Omega \cdot 0,75A = 150V$

d) Vid likspänning är kondensatorn ett avbrott och därför blir $I_2 = 0$. $I_1 = 1A$ samma som ovan och $I = I_1 + I_2 = 1A$

Alternativ lösning:

a) $\underline{I}_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{U}{R_1}$ (U är referens, dvs reell) $I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{230}{230} = 1,0 A$

$$\underline{I}_2 = \frac{U}{R_2 + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega CU}{1 + R_2 j\omega C} \quad I_2 = \frac{\omega CU}{\sqrt{1 + (R_2 \omega C)^2}} = \frac{230}{200 \sqrt{1 + \left(\frac{230}{200}\right)^2}} = 0,75 A$$

b) $\underline{I} = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{j\omega C}{1 + R_2 j\omega C} \right) = U \frac{1 + R_2 j\omega C + R_1 j\omega C}{R_1 (1 + R_2 j\omega C)} = U \frac{1 + j\omega C (R_2 + R_1)}{R_1 (1 + R_2 j\omega C)}$

$$I = U \frac{\sqrt{1 + (\omega C)^2 (R_2 + R_1)^2}}{\sqrt{R_1^2 + (R_1 R_2 \omega C)^2}} = 230 \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{230 + 230}{200}\right)^2}}{\sqrt{230^2 + \left(\frac{230 \cdot 230}{200}\right)^2}} \approx 1,64 A$$

Svaren

$$c) U_C = \frac{1}{\omega C} I_2 = 200 \cdot 1,03 = 206 \text{ V}$$

e) Det kommer inte att gå någon ström genom kondensatorn.

$$\text{Alltså är } I_2 = 0 \text{ och } I = I_1 = \frac{230}{230} = 1,0 \text{ A}$$

Uppgift: 4 (2 poäng)

a) Se figur.

Man har Kirchhoffs spänningslag:

$$U = 0,7 + R \cdot I + E$$

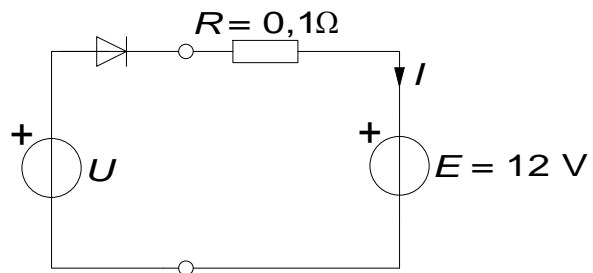
Med insatta siffrvärden blir

$$U = 0,7 + 0,1 \cdot 5 + 12 = 13,2 \text{ V}$$

b) Med de nya siffrvärdena insatta erhålls:

$$\hat{U} = 0,7 + 0,1 \cdot 10 + 12 = 13,7 \text{ V}$$

$$c) \text{ som ger } U_{\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} = 9,69 \text{ V}$$



Uppgift: 5 (1 poäng)

$$U_C = \left(1 + \frac{R_A}{R_F}\right) \cdot U_{\text{IN}} \quad \text{ger för } R_F = 1 \text{ k}\Omega, U_C = 11 \text{ V}$$

Med $R_F = 0,1 \text{ k}\Omega$ är, enligt formeln, $U_C = 101 \text{ V}$ men spänningen kan ej bli högre än matningsspänningen. Alltså blir U_C något mindre än $+15 \text{ V}$.

Uppgift: 6 (2 poäng)

$$a) I_A = M / K_2 \Phi = 2,8 \text{ Nm} / (0,06 \text{ Nm} / \text{A}) = 47,4 \text{ A}$$

$$b) U_A = R_A I_A + E = 0,05 \Omega \cdot 47,4 \text{ A} + K_2 \Phi \cdot \omega = 2,37 \text{ V} + 0,06 \cdot 175 \text{ V} = 13 \text{ V}$$

c) Effekt från batteri lika med effekt till elmotor eftersom vi har uteslutit alla förluster på vägen:

$$P = U_A \cdot I_A = 13 \text{ V} \cdot 47,4 \text{ A} = 609 \text{ W}$$

$$d) \text{ Ström från batteri: } I = 609 \text{ W} / 24 \text{ V} = 25 \text{ A}$$

Svaren

Uppgift: 7 (2 poäng)

a) $R_i = 12V / 200A = 0,06\Omega$

b) $U_{OUT} = 72V + 6 \cdot 0,06\Omega \cdot 20A = 79,2V$

c) Vid 72V blir variabeln u_{bat} $u_{bat} = 72 \cdot \frac{10000}{160000} \cdot \frac{1023}{5} = 921$.

Omslag sker då variabeln $u_{out} = 921 + 1 = 922$

Vilket motsvarar en A/D omvandlad spänning på $922 \cdot \frac{5V}{1023} = 4,50635V$

Detta ger $U_{OUT} = 4,50635 \cdot \frac{16000}{1000} = 72,102V$ och fås ur ekvationen

$$72,102V = 72V + 6 \cdot 0,06\Omega \cdot I_{BAT} \Rightarrow I_{BAT} = 0,28A$$

Uppgift: 8 (2 poäng)

Då $U_{IN} < U_{GRÄNS}$ leder inte zenerdioden och

U_{UT} ges av spänningsdelning. Då $U_{IN} >$

$U_{GRÄNS}$ leder zenerdioden och $U_{UT} = E_Z$.

På gränsen gäller:

$$5,6 = U_{GRÄNS} \frac{3000}{3000 + 390} \Rightarrow U_{GRÄNS} = 6,3V$$

