

ELEKTROTEKNIK
MASKINKONSTRUKTION
KTH

TENTAMENSUPPGIFTER I ELEKTROTEKNIK MED SVAR

Elektroteknik MF1016

2016-01-08 8:00-12:00

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).

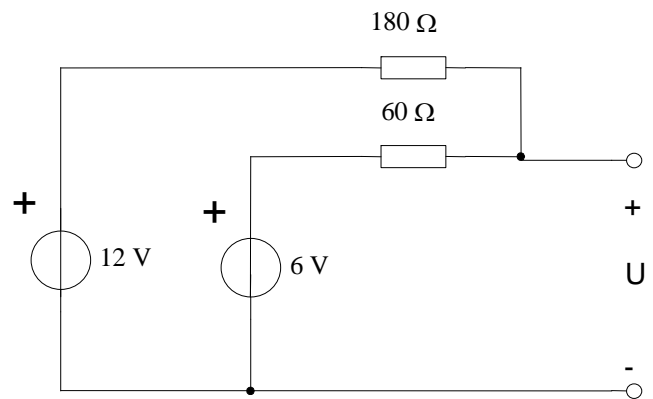
Vid behov kan Du skriva på baksidan.

OBS! Skriv ditt personnummer på varje blad.

Lösningar läggs ut på kursens hemsida

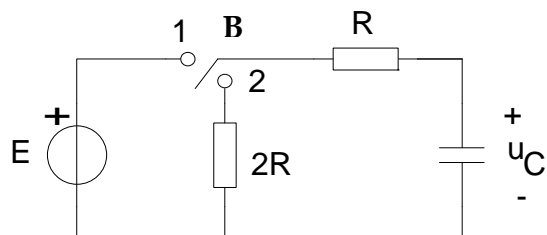
Uppgift: 1(2 poäng)

Kretsen i figuren kan ersättas med en ekvivalent tvåpol, bestående av en emk E och en resistans R_K .
Beräkna E och R_K .

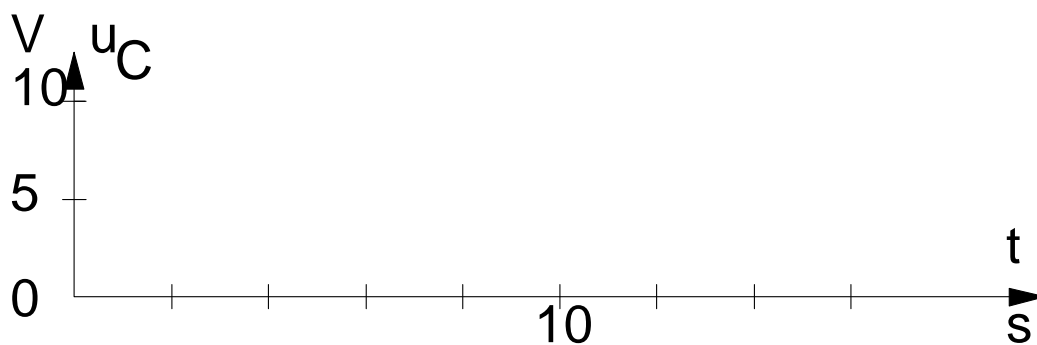


Uppgift: 2(2 poäng)

Kondensatorn är från början oladdad dvs vid $t = 0$ är $U_C = 0V$.
Brytaren B läggs i läge 1 vid $t = 0$ och i läge 2 vid $t = 10s$.
Kretsens komponentvärden är:
 $E = 10V$, $R = 50k\Omega$ och kondensatorn har kapacitansen $C = 20\mu F$.

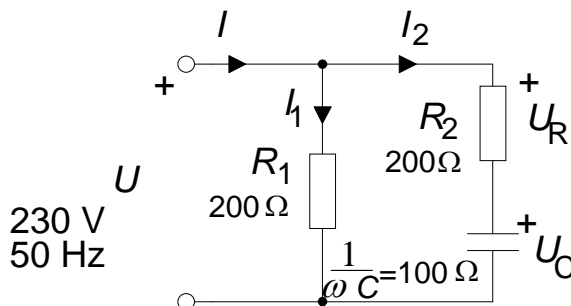


- a) Beräkna tidkonstanterna τ_1 då brytaren är i läge 1 och τ_2 då brytaren är i läge 2.
- b) Rita U_C som funktion av tiden t .



Uppgift: 3(2 poäng)

- Beräkna I_2 .
- Beräkna spänningarna U_R och U_C .
- Beräkna I .
- Beräkna kretsens impedans.

**Uppgift: 4(2 poäng)**

Ett (UPS, uninterruptible power supply) skall leverera elektrisk energi i händelse av korta strömavbrott. Energin lagras i en superkondensator som består ett antal serie och parallellkopplade celler. Varje cell har en kapacitans på 3400 F och en ekvivalent serieresistans (ESR) på 30 mΩ. Varje cell har en märkspänning på 3V. Utrustningen fungerar om spänningen från UPS är mellan 60V och 30V.

- Hur många seriekopplade celler skall superkondensatorn lämpligtvis ha?

Antag att superkondensatorn endast har seriekopplade celler.

- Hur långt strömavbrott kan klaras om det kan antas att utrustningen behöver åtminstone 2A?

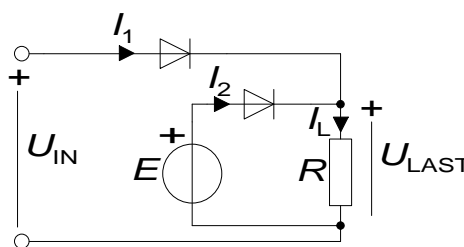
Uppgift: 5(1 poäng)

Syftet med kopplingen är följande:

U_{IN} är en likspänningskälla som vanligtvis ger ca 7V. Denna spänning driver en last som representeras av resistansen $R = 100 \Omega$.

Spänningen över lasten U_{LAST} får ej understiga 6V och därför vill man gardera sig mot spänningsfall hos U_{IN} genom en batteribackup representerad av spänningskällan $E=6V$.

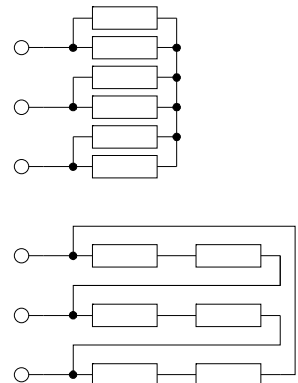
Antag att båda dioderna liksom spänningskällan E är ideala.



- Beräkna U_{LAST} , I_1 , I_2 och I_L då $U_{IN} = 7 \text{ V}$
- Beräkna U_{LAST} , I_1 , I_2 och I_L då $U_{IN} = 5 \text{ V}$

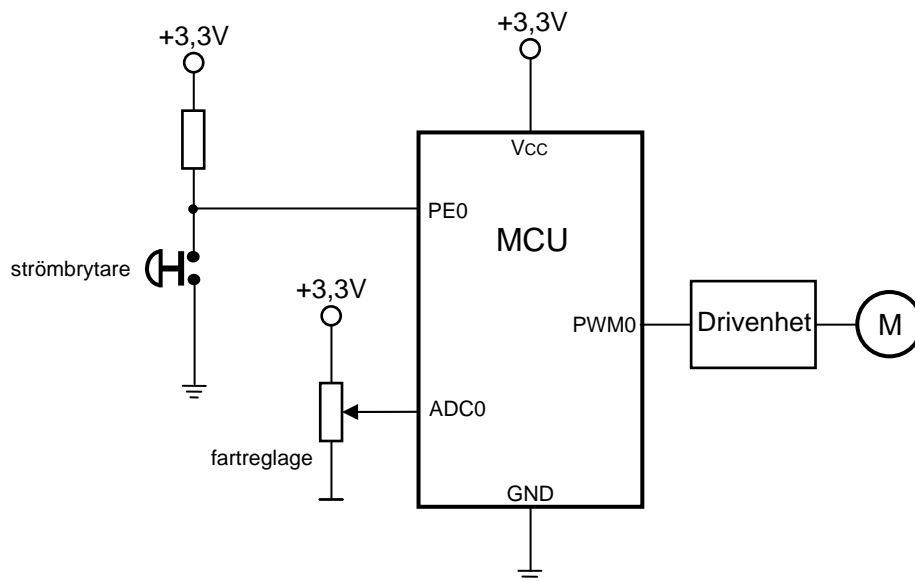
Uppgift: 6(2 poäng)

De båda kretsarna som visas här matas med samma symmetriska trefasspänning. Effekten som tillförs den övre blir då 4 kW. Hur stor effekt tillförs den undre? Alla resistorerna har samma resistans.



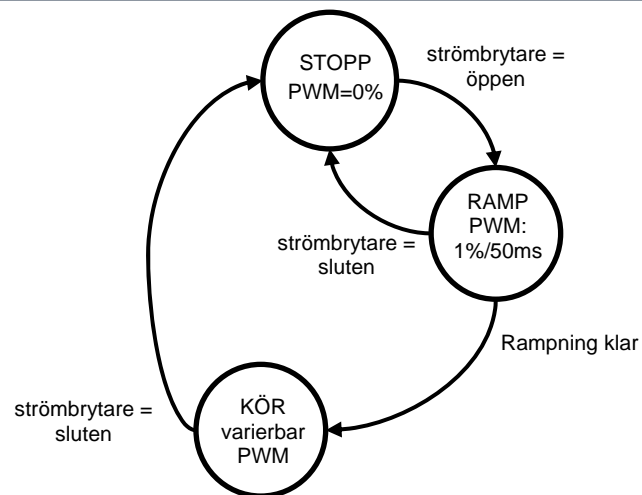
Uppgift: 7(2 poäng)

Motorn i en elmoped matas från en drivenhet så att farten regleras med PWM. Fartreglaget är en vridpotentiometer i gashandtaget. AD-omvandlaren ger ett värde 0-1023. På bromshandtaget finns en strömbrytare som sluts då handtaget trycks in.



Om strömbrytaren är sluten ska motorn stoppas, dvs PWM-värdet=0%.

För att undvika rivstart ska PWM-värdet rampas upp till det värde man läser från fartreglaget, ögonblicket då bromsen släpps. PWM-värdet ska öka med 1% varje 50 ms under rampningen. En inbromsning under rampningen ska stoppa motorn.



Skriv ett program baserat på tillståndsdigrammet ovan genom att fylla i det påbörjade programmet nedan.

```
#include "mik.h"

int strombrytare, gaspadrag, fart, state;

int main(void)
{
    init_mik();
    init_pin( pe0, "in" );
    state = 0;
    fart = 0;

    while( 1 )
    {
        PWM0(fart);
        strombrytare = GET_BIT(pe0);
        gaspadrag = GET_AD(0);

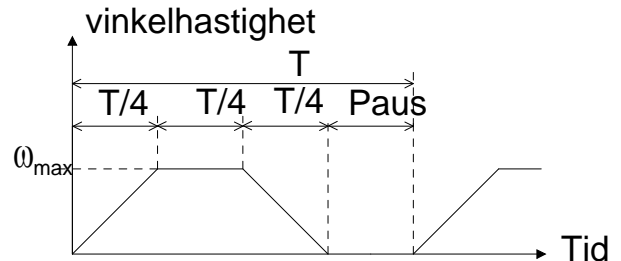
    }
}
```

Uppgift: 8(2 poäng)

En likströmsmotor ska driva en last med tröghetsmomentet $J_L = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$. Lasten ska roteras 40 varv på tiden $T = 1 \text{ s}$ inklusive paus enligt varvtalsprofilen i figuren. Motorns kylning kan anses vara oberoende av varvtalet och dess termiska tidkonstant är $\gg T$. Omgivningstemperaturen är 40°C .

a) Beräkna motorns maximala vinkelhastighet ω_{\max} .

b) Beräkna det moment som krävs för att accelerera lasten.



c) Beräkna det minsta märkmoment motorn får ha om motorns eget tröghetsmoment försummas.

d) Kan en motor med nedanstående data användas för att driva lasten? Motorns eget tröghetsmoment får inte försummas. Märkdata gäller vid omgivningstemperaturen 40°C om inget annat sägs.

$$J_m = 1,55 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2 \quad M_N = 4,7 \text{ Nm} \quad K_2\Phi = 0,21 \text{ Nm/A} \quad R_A = 0,36 \Omega.$$

Uppgift: 9(2 poäng)

En PM-synkronmotor körs av en annan motor med varvtalet 2000 varv/minut. En scopemeter som ansluts mellan två av motorns tre anslutningspunkter är det enda som kopplas in till PM-synkronmotorn. Scopemeters skärm visar en sinusformad spänning och spänningen mäts till 224 Vrms och dess frekvens mäts till 100 Hz. Motorn ansluts sedan till en lämplig servoförstärkare och en mekanisk last.

- a) I ett driftfall blir strömmen 5 A och varvtalet 2000 varv/minut. Beräkna axeleffekten och axelmomentet.
- b) Servoförstärkaren har en strömgräns som "vrids ner" till 3 A och då sjunker varvtalet till 1500 varv/minut. Beräkna axeleffekt och axelmoment.

Uppgift: 10(2 poäng)

En processutrustnings matningsspänningar övervakas av fyra sensorer, givare (a,b,c,d), vilka avkänner var sin matningsspänning. För att skydda utrustningen fordrar man att larm (L=1) skall ges om:

a=1 och b=0

a=1 och c=0

b=1 och c=0

c=1 och d=0

annars skall ej larm ges(L=0).

a) Fyll i Karnaughdiagrammet för larmsignal L.

		c d			
		00	01	11	10
a b	00				
	01				
	11				
	10				

L

b) Tag fram den transmissionsfunktionen för L som ger det enklaste grindnätet

c) Rita upp det förenklade grindnätet.

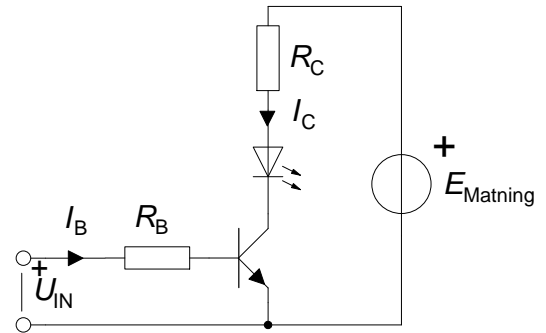
Uppgift: 11(1 poäng)

Man vill tända och släcka en effektlysdiod med hjälp av en mikrokontroller. Här är det alldeles för stora strömmar för direktdrivning så man väljer att koppla in lysdioden via en transistor enligt kopplingen till höger.

Här gäller $R_C=39\ \Omega$, $R_B=1\ \text{k}\Omega$, $E=10\text{V}$.

U_{IN} är utsignalen från mikrokontrollern.

Data för lysdioden finns nedan.



Den använda lysdioden presenteras så här:

Fabrikat: Lumileds

Typ: LXHL-MW1D

Ljusstark lysdiod Luxeon Star är en Luxeon Emitter monterad på kretskort, vilket underlättar såväl montering som kylning av komponenten.

Storlek: $\varnothing 19,9\ \text{mm}$

Färg: White

Våglängd: 5500 K

VF: 3.42 V

If: 350 mA

Ljusflöde: 25 lm @ 350 mA

Strålningsvinkel: $\pm 70^\circ$

Typ: LED

Den kostar i dagsläget: 74 kr



- a) Beräkna strömmen genom lysdioden då transistorn är bottnad.
- b) Beräkna strömmen genom dioden då transistorn är strypt.

SVAR TILL TENTAMEN I ELEKTROTEKNIK MF1016 2016-01-08

Uppgift: 1(2 poäng)

E är den ursprungliga kretsens tomgångsspänning. I tomgång går det en cirkulerande ström I_0

$$I_0 = \frac{12 - 6}{180 + 60} = \frac{6}{240} = 0,025 \text{ A} \quad E = 6 + 60 \cdot 0,025 = 7,5 \text{ V}$$

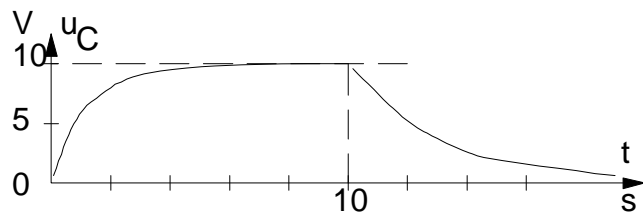
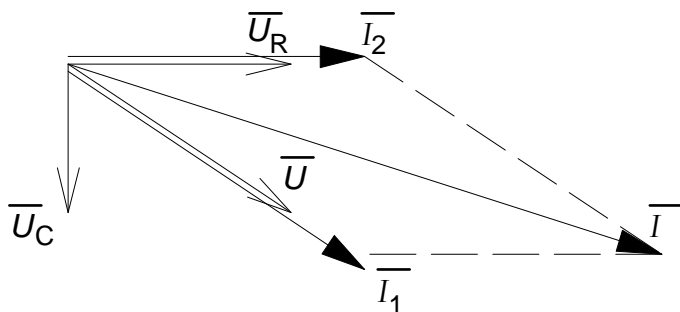
Vid kortslutning av utgångsanslutningarna blir kortslutningsströmmen:

$$I_K = \frac{12}{180} + \frac{6}{60} = 0,167 \text{ A} \quad \text{ger} \quad R_K = \frac{E}{I_K} = \frac{7,5}{0,167} = 45 \Omega$$

Uppgift: 2(2 poäng)

B i läge 1: $T_1 = 50 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 1 \text{ s}$

B i läge 2: $T_2 = 150 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 3 \text{ s}$

**Uppgift: 3(2 poäng)**

Figuren visar kretsens visardiagram. Vi börjar med att rita ut I_2 (kallar den riktfas) eftersom den är gemensam för R_2 och C . Spänningen över R_2 ligger i fas med I_2 och spänningen över C ligger 90° efter I_2 . Matande spänningen U är summan av de två delspänningarna U_R och U_C och Pythagoras sats ger:

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} = \sqrt{(R_2 I_2)^2 + \left(\frac{1}{\omega C} I_2\right)^2} = \sqrt{R_2^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \cdot I_2$$

a) Insättning av siffror: $230 = \sqrt{200^2 + 100^2} \cdot I_2$ ger $I_2 = 1,03 \text{ A}$.

b) $U_R = R_2 I_2 = 200 \cdot 1,03 = 206 \text{ V}$, $U_C = \frac{1}{\omega C} I_2 = 100 \cdot 1,03 = 103 \text{ V}$

c) I är fås genom att summera I_1 och I_2 som visare. U och I_1 ligger i fas eftersom grenen är resistiv.

$I_1 = \frac{230}{200} = 1,15 \text{ A}$. Vinkeln *vinkel* mellan I_2 och I_1 (eller U) syns i visardiagrammet.

Totala strömmen I kan beräknas med Pythagoras sats:

$$\text{vinkel} = a \cos\left(\frac{U_R}{U}\right) = a \sin\left(\frac{U_C}{U}\right)$$

$$U = \sqrt{(I_1 + I_2 \cos(\text{vinkel}))^2 + (I_2 \sin(\text{vinkel}))^2} = \sqrt{\left(1,15 \text{ A} + 1,03 \text{ A} \cdot \frac{206}{230}\right)^2 + \left(1,03 \text{ A} \cdot \frac{103}{230}\right)^2} = 2,12 \text{ A}$$

d) Kretsens impedans blir: $Z = \frac{U}{I} = \frac{230 \text{ V}}{2,12 \text{ A}} = 108 \Omega$

Uppgift: 4(2 poäng)

- a) Antal seriekopplade 3V celler för att få 60V blir $60 \text{ V} / 3 \text{ V} = 20$ st.
 b) 60V till 30V för alla seriekopplade motsvarar 3V till 1,5V per cell. Vid 2A blir det resistiva spänningsfallet $2 \text{ A} \cdot 30 \text{ m}\Omega = 60 \text{ mV}$. Spänningen över varje cell blir $1,5 \text{ V} + 0,06 \text{ V} = 1,56 \text{ V}$.

Vid 3V är laddningen $Q = C \cdot U = 10200 \text{ As}$

Vid 1,56V är laddningen 5304 As

Laddningen minskar med $10200 \text{ As} - 5304 \text{ As} = 4896 \text{ As}$

Med strömmen 2 A tar det $4896 / 2 = 2448 \text{ s}$ eller 41 minuter.

Uppgift: 5(1 poäng)

- a) När $U_{\text{IN}} = 7 \text{ V}$ är $U_{\text{LAST}} = 7 \text{ V}$. Eftersom denna spänning är större än emk:n ($E = 6 \text{ V}$) kan ingen ström I_2 flyta.

Följaktligen blir $I_2 = 0$ och $I_1 = I_L = \frac{U_{\text{LAST}}}{R} = \frac{7}{100} = 70 \text{ mA}$

- b) Eftersom nu $E (= 6 \text{ V})$ är större än $U_{\text{IN}} (= 5 \text{ V})$ blir $U_{\text{LAST}} = 6 \text{ V}$ och ingen ström I_1 kan flyta.

Följaktligen blir $I_1 = 0$ och $I_2 = I_L = \frac{U_{\text{LAST}}}{R} = \frac{6}{100} = 60 \text{ mA}$

Uppgift: 6(2 poäng)

I den övre kretsen är resistansen $\frac{R}{2}$ per fas och effekten $P_Y = 3 \frac{U_F^2}{R/2} = 6 \frac{U_F^2}{R}$.

I den undre kretsen blir effekten $P_\Delta = 3 \frac{U_H^2}{2R} = 3 \cdot 3 \cdot \frac{U_F^2}{2R} = \frac{9}{2} \cdot \frac{U_F^2}{R}$

Vi får således $\frac{P_Y}{P_\Delta} = \frac{6}{9/2} = \frac{4}{3}$ således är $P_\Delta = 3 \text{ kW}$.

Uppgift: 7(2 poäng)

```
#include "mik.h"

int strombrytare, gaspadrag, fart, state;

int main(void)
{
    init_mik();
    init_pin( pe0, "in" );
    state = 0;
    fart = 0;

    while( 1 )
    {
        PWM0(fart);
        strombrytare = GET_BIT(pe0);
        gaspadrag = GET_AD(0);

        if ( strombrytare == 0 )
        {
            state = 0;
        }

        switch ( state )
        {
            case 0 :          // STOPP
                fart = 0;
                if ( strombrytare == 1 )
                {
                    state = 1;
                }
                break;

            case 1 :          // RAMPNING
                fart = fart + 1;
                Delay(50);
                if ( fart >= ( 100 * (gaspdrag/1023) ) )
                {
                    state = 2;
                }
                break;

            case 2 :          // KÖRNING
                fart = 100 * (gaspdrag/1023);
                break;
        }
    }
}
```

Uppgift: 8(2 poäng)

a) Sträckan $2\pi \cdot 40 = \frac{\omega_{\max}}{2} \cdot 0,25 + \omega_{\max} \cdot 0,25 + \frac{\omega_{\max}}{2} \cdot 0,25 \Rightarrow \omega_{\max} = 2\pi \cdot 80 \text{ rad / s}$

b) acceleration $\frac{d\omega}{dt} = \frac{2\pi \cdot 80}{0,25} = 2011 \text{ rad / s}^2$

accelerationsmoment $M = J \frac{d\omega}{dt} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 2011 = 4 \text{ Nm}$

c) $M_c = \sqrt{\frac{1}{T}(4^2 \cdot T / 4 + 4^2 \cdot T / 4)} = 2,8 \text{ Nm}$

d) accelerationsmoment $M = J \frac{d\omega}{dt} = (2 + 1,55) \cdot 10^{-3} \cdot 2011 = 7,14 \text{ Nm}$

$M_c = \sqrt{\frac{1}{T}(7,14^2 \cdot T / 4 + 7,14^2 \cdot T / 4)} = 5 \text{ Nm} > 4,7 \text{ Nm}$ Nej större motor måste väljas.

Uppgift: 9(2 poäng)

a) Vid 2000 varv/minut blir $E_f = 224 / \sqrt{3} = 129 \text{ V}$. I och E_f ligger i fas och därför blir axeleffekten $P = 3E_f \cdot I = 3 \cdot 224 \cdot 5 / \sqrt{3} = 1940 \text{ W}$.

Momentet blir $M = \frac{P}{\omega} = \frac{1940}{2\pi \cdot 2000 / 60} = 9,3 \text{ Nm}$

b) Momentet är proportionellt mot strömmen och blir därför $M = 9,3 \text{ Nm} \frac{3}{5} = 5,6 \text{ Nm}$
och effekten blir $P = M\omega = 5,6 \cdot 2\pi \cdot 1500 / 60 = 870 \text{ W}$

Uppgift: 10(2 poäng)

		c d			
		00	01	11	10
a b	00	0	0	0	1
	01	1	1	0	1
	11	1	1	0	1
	10	1	1	1	1

a)

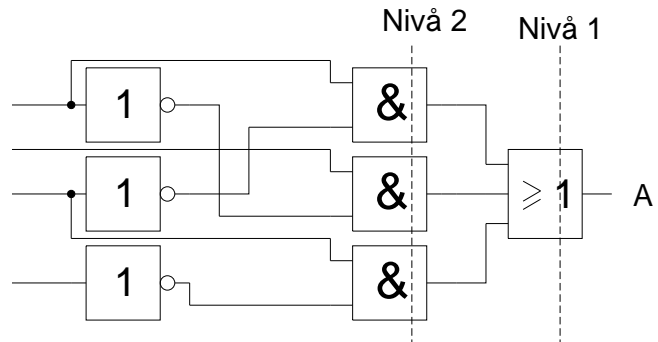
A

Här gör vi så stora hoptagningar som möjligt. Transmissionsfunktionen blir

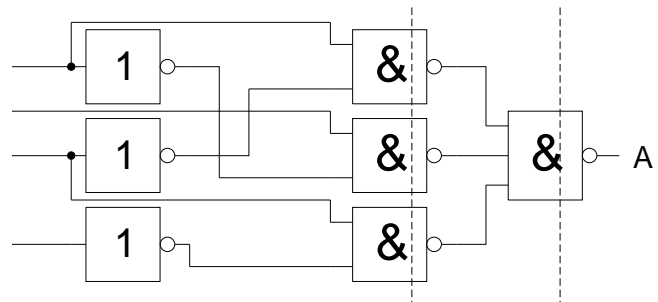
$$A = \overline{bc} + a\overline{b} + c\overline{d}$$

Svaren

En direkt översättning av detta uttryck till logikschema ger ett AND/OR-nät.



Om nivå 1 endast består av OR-grindar och nivå 2 av endastast AND-grindar, och alla ingångar finns på nivå 2, kan samtliga grindar bytas ut mot NAND-grindar utan att transmissionsfunktionen förändras. (Kan visas med de Morgan)



Uppgift: 11(1 poäng)

- a) Kirchhoffs spänningslag ger $E - I_C R_C - U_{Diod} - U_{CESat} = 0$ med insatta värden fås $10 - I_C 39 - 3,42 - 0,2 = 0$ vilket ger $I_C = 0,164$ A.
- b) Vid strypt transistor är $I_C = 0$ A