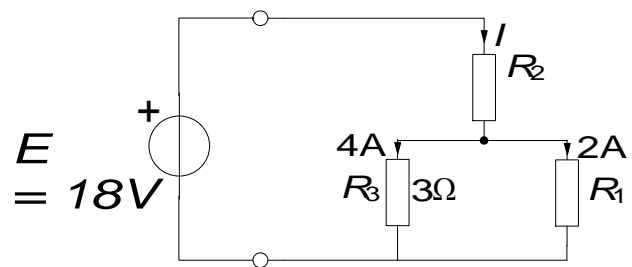


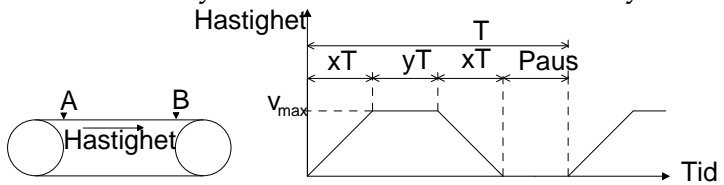
1(1)

- a) Beräkna R_1 .
b) Beräkna I .



2(2)

En transportör drivs av en likströmsmotor, som matas av ett elektroniskt matningsdon. Anordningens funktionssätt kan beskrivas så här: Ett arbetsstycke som sätts ner vid A förflyttas till B, där det lyfts bort från bandet. Efter en kort paus då motorn står stilla placeras ett nytt, likadant, arbetsstycke på bandet och så vidare så länge anläggningen är i drift.



Motorns termiska tidkonstant är $\gg T$. Friktionsmomentet får försummas.

Övriga förutsättningar är följande.

- Omgivningstemperaturen är $40\text{ }^\circ\text{C}$.
- Förflyttningssträckan $A \rightarrow B$ är 1 m vilket motsvarar 10 varv .
- Arbetsstycket och anordningens tröghetsmoment är $J=0,013\text{ kgm}^2$ vilket motsvarar en vikt på 51 kg . (utan motorn)
- Den totala tiden för en arbetscykel, inklusive pausen, ska vara $T = 1,5\text{ s}$.
- De båda dimensionslösa parametrarna x och y , som definieras i figuren, ska ha värdena $x = y = 0,25$

- a) Beräkna accelerationsmomentet under tiden xT . Försumma motorns eget tröghetsmoment
- b) Beräkna det minsta märkmoment motorn får ha om den inte ska bli termiskt överbelastad då anläggningen är i kontinuerlig drift. Försumma motorns eget tröghetsmoment.

c) Välj den minsta motor (Nr) ur nedanstående tabell som klarar av den här driften utan att bli för varm. Tag nu hänsyn till motorns eget tröghetsmoment (OBS kolla enheten för J i tabellen).

Nr	J gm ²	M_N Nm	$K_2\Phi$ Nm/A	R_A Ω
1	1,10	2,0	0,22	1,25
2	1,15	2,5	0,22	1,15
3	1,20	3,0	0,23	1,00
4	1,30	3,5	0,22	0,70
5	1,40	4,0	0,20	0,40
6	1,55	4,7	0,21	0,36
7	1,70	5,5	0,22	0,33
8	2,00	6,5	0,24	0,29
9	2,30	8,0	0,34	0,45
10	4,00	10,0	0,34	0,35
11	7,70	12,0	0,34	0,25

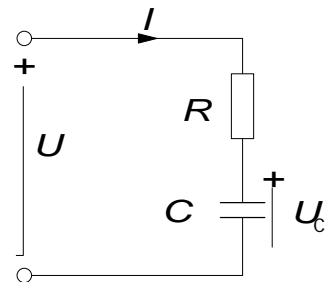
d) Beräkna I_A och U_A i slutet av accelerationsfasen. Tag även här hänsyn till motorns eget tröghetsmoment.

3(2) Kretsen i figuren matas av en sinusformad växelspanning med frekvensen 50 Hz.

Kretsen består av ett motstånd med okänd resistansen R och en kondesator med kapacitansen $C=65 \mu F$.

Den tillförda effekten i kretsen är $P=400 \text{ W}$ och spänningen över kondensator är $U_C=200 \text{ V}$.

- Beräkna strömmen I .
- Beräkna resistansen R .
- Beräkna spänningen U (beloppet).
- Beräkna fasvinkeln i grader mellan I och U .



4(2) I ett laboratorium hade man ett trefasigt belastningsmotstånd, som var symmetriskt och D-kopplat. Det var stämplat 400 V, 12 kW.

a) Beräkna strömmen i varje enskild resistor när motståndet matas med 400 V (hsp).

b) Beräkna också resistansen i var och en av resistorerna.

c) Man kopplar om motståndet till Y. Beräkna hur stor effekten blir om det därefter matas med samma spänning som tidigare.

d) Hur stor blir strömmen i varje enskilt motstånd efter omkoppling till Y?

5(2) Elbilen AUDI R8 E-Tron har följande data [från DI Weekend nr 45 sid 20, 3 dec 2010]:

Motor: Fyra elmotorer (en per hjul), effekt 313 hk, vridmoment 4500 Nm

Växellådor: Enväxlad

Förbrukning: 2,14 kWh per km

Batteripaket: 53 kWh kapacitet

Utsläpp av koldioxid: Ej uppmätt, noll från bilen.

Vikt: ca 1600 kg (Aluminiumkaross på 200 kg, Batterierna är tunga)

Prestanda: 0-100km/h på 4,8 s

Räckvidden uppges vara 25 mil.

Antag att laddning kan ske med 100% verkningsgrad (kallas optimistiskt antagande) och att laddaren har effektfaktorn ett. Vidare antas att batteriet tål att laddas snabbt.

a) Beräkna tiden för att ladda batterierna om de laddas från ett vägguttag (230 V) avsäkrat med 10 A säkring.

b) Beräkna tiden för att ladda batterierna om de laddas med trefas 400 V avsäkrat med 64 A säkring.

c) Innehåller datat ovan motstridiga uppgifter mellan förbrukning och räckvidd?

d) Elbilar, bilar med enbart elmotorer, kan vara ett alternativ till bilar med enbart förbränningsmotorer. Redogör för några fördelar och nackdelar för de två olika koncepten.

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

- Beräkna temperaturstegringen i lindningen om motorn belastas så att strömmen blir 0,37A kontinuerligt (= Max. continuous current).
- Kan motorn belastas enligt a) (dvs med 0,37 A kontinuerligt) om omgivningstemperaturen är 20 $^{\circ}\text{C}$?
- Beräkna temperaturen i lindningen om motorn belastas kontinuerligt med 3mNm? Omgivningstemperaturen är 40 $^{\circ}\text{C}$.
- Beräkna det maximala moment som motorn kan belastas med kontinuerligt vid omgivningstemperaturen är 40 $^{\circ}\text{C}$.

7(2)

S har varit öppen lång tid och sluts vid $t=0$;

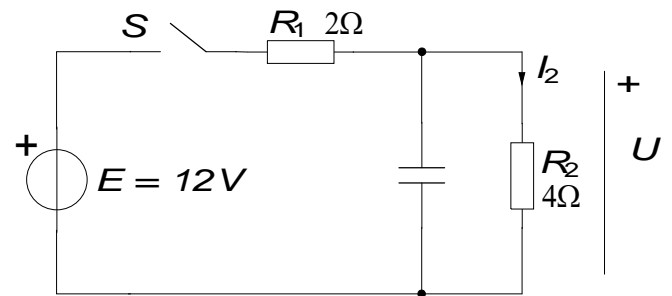
a) Beräkna U strax efter $t=0$.

b) Beräkna U efter lång tid.

Efter att ha varit tillslagen lång tid öppnas S (bryts).

c) Beräkna strömmen I_2 genom 4Ω motståndet R_2 direkt efter brytning.

d) Beräkna I_2 lång tid efter brytningen.



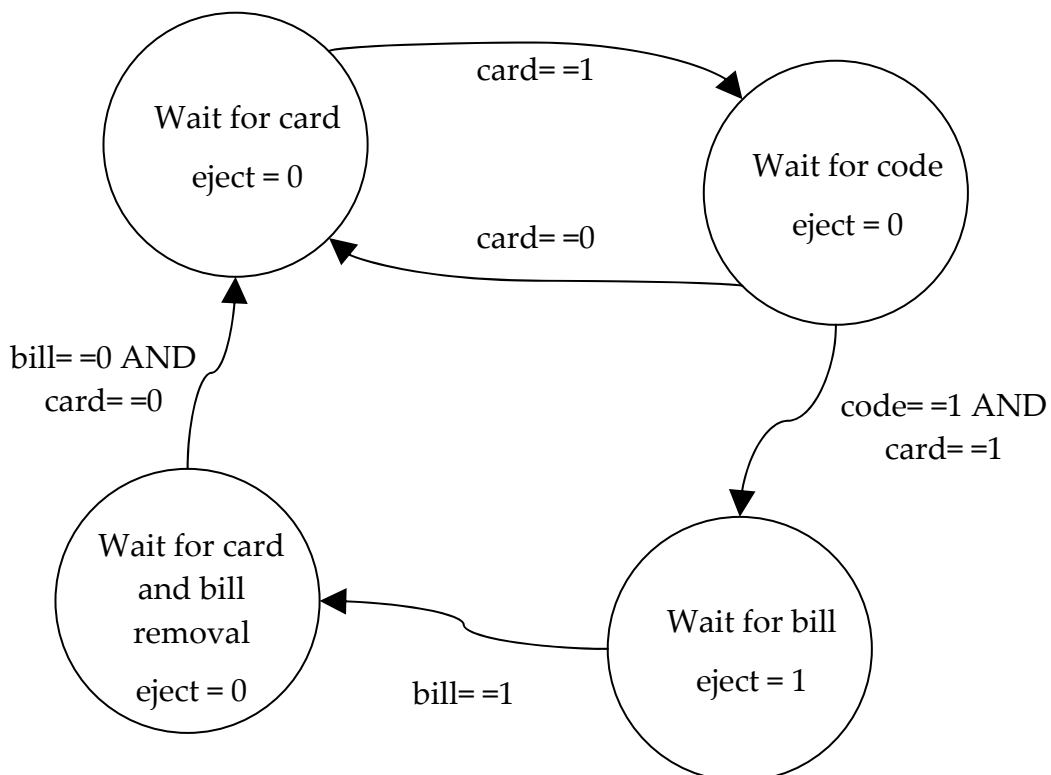
8(2)

En enkel bankomat som inte drar in kortet och som bara ger ut en 500 kr sedel per uttag (inga andra belopp). Styrsystemet har tre insignaler.

- **card**: Ger etta då ett korrekt kort har satts in.
- **code**: Ger etta då korrekt PIN-kod har knappats in (kod till det insatta kortet).
- **bill**: Ger etta då sedeln ligger i position för att tas av kund.

Styrsystemet har en utsignal, **eject**. Då utsignalen eject sätts hög matas en enda sedel ut (positiv flank). Nedan ett tillståndsdigram för bankomatens styrsystem.

Skriv ett C-program på nästa sida som styr bankomaten enligt tillståndsdigrammet.



```

int main(void)
{
    int state, card, code, bill, eject;

    state = 0;                // Start state

    while (1)
    {

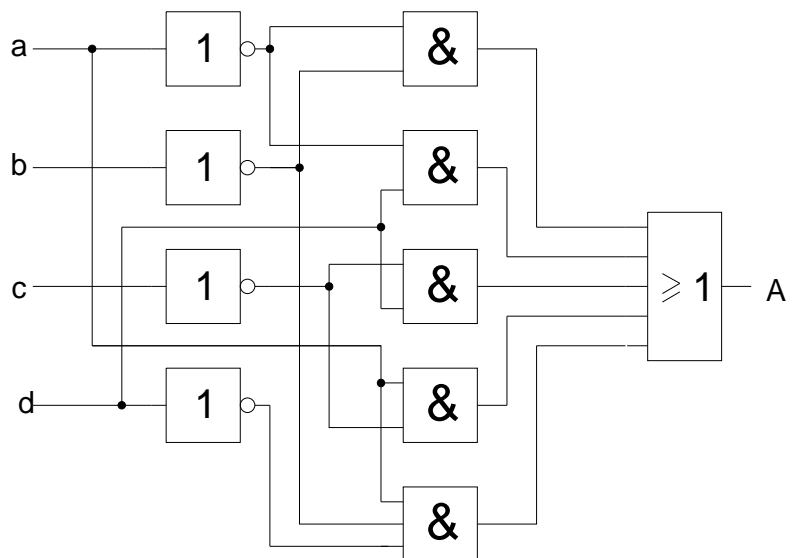
    }
}

```

9(2) Studera schemat för nätet till höger.

a) Tag fram Transmissionsfunktion en för signalen A utan att förenkla.

A=



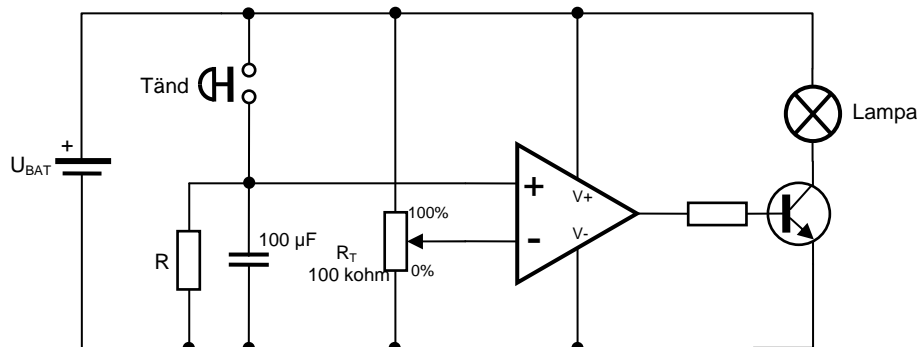
b) Förenkla Transmissionsfunktionen så långt som möjligt.

c) Vilket tillstånd antar A för instorheterna abcd = 1010?

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

A

- 10(2) I mörkaste granskogen har Osquldas kompis Alice en sommarstuga med ett oupplyst utedass. Osqulda bygger en krets som tänd en lampa på dasset då man trycker in en återfjädrande knapp - och fördröjer släckningen, då knappen släpps.



Kretsen matas med ett bilbatteri på 12 V. Operationsförstärkarens utgång blir hög (varvid lampan tänds) om dess icke-inverterande ingång (+) har högre potential än dess inverterande (-), den är alltså kopplad som en komparator.

a) Potentiometern R_T står i läget 50%.

Beräkna R så att lampan lyser i 10 sekunder efter det att knappen släpps.

(Operationsförstärkaren är ideal.)

b) Alice vill öka lystiden och ställer potentiometern så att lampan lyser i 15 sekunder.

Vilket procentvärde på R_T motsvarar det?

c) För att ytterligare förlänga lystiden kopplar Alice in en till kondensator på $100 \mu\text{F}$ parallellt med den befintliga. Hur förändras lystiden då, i förhållande till innan?

- 11(1) 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. Scopemeterns skärm visar en sinusformad spänning och spänningen mäts till 224 V_{rms} 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.

SVAR TILL TENTAMEN I ELEKTROTEKNIK

Elektroteknik MF1016

2012-10-20

1(1) a) Spänningen över R_3 blir $4A \cdot 3\Omega = 12V$ denna spänning ligger även över R_1 .

$$R_1 = 12V / 2A = 6\Omega$$

b) $I = 2A + 4A = 6A$

2(2) a) sträckan: $2\pi \cdot 10 = \frac{0,25 \cdot 1,5}{2} \omega_{\max} + 0,25 \cdot 1,5 \cdot \omega_{\max} + \frac{0,25 \cdot 1,5}{2} \omega_{\max}$

ger $\omega_{\max} = 83,8 \text{ rad/s}$

accelerationen blir $\frac{d\omega_{\max}}{dt} = \frac{\omega_{\max}}{xT} = 223,4 \text{ rad/s}^2$

accelerationsmomentet blir $M_{acc} = J \frac{d\omega_{\max}}{dt} = 2,9 \text{ Nm}$

b) Det konstanta moment som ger samma temperaturstegring som det aktuella variabla blir.

$$M_C = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot (2,9^2 \cdot 0,25T + 0 + 2,9^2 \cdot 0,25T + 0)} = 2,05 \text{ Nm}$$

c) Vi provar med motor nr 2 som har märkmomentet 2,5 Nm.

Motorn behöver accelerera lasten med tröghetsmomentet $0,013 \text{ kgm}^2$ och dessutom den egna rotorn på $0,0015 \text{ kgm}^2$. Rotorn kräver ett extra accelerationsmoment på:

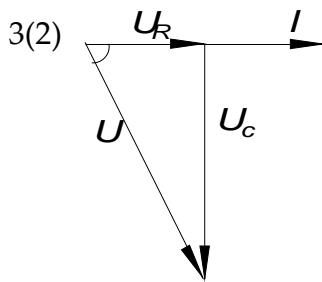
$$M_{acc_2} = 0,0015 \cdot 223,4 = 0,26 \text{ Nm} \text{ och totala accelerationsmomentet blir } 3,16 \text{ Nm.}$$

Ny beräkning av $M_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot (3,16^2 \cdot 0,25T + 0 + 3,16^2 \cdot 0,25T + 0)} = 2,23 \text{ Nm}$

Detta lägre än märkmomentet och motorn kan användas.

d) $M = K_2 \Phi \cdot I_A$ ger $I_A = 3,16 / 0,22 = 14,4 \text{ A}$

Spänningslag: $U_A = 1,15 \cdot 14,4 + 0,22 \cdot 83,8 = 35V$



$$a) U_C = \frac{1}{\omega C} \cdot I \Rightarrow 200 = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 65 \cdot 10^{-6}} \cdot I \Rightarrow I = 4A$$

b) Motståndet R förbrukar den aktiva effekten P (400 W). Det gäller $P = R \cdot I^2 \Rightarrow R = \frac{400}{4^2} = 25\Omega$.

$$c) U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} = \sqrt{(I \cdot R)^2 + U_C^2} = \sqrt{(4 \cdot 25)^2 + 200^2} = \sqrt{100^2 + 200^2} = 223,6V$$

$$d) \varphi = -\arctan \frac{U_C}{U_R} = -\arctan \frac{200}{100} \approx -63^\circ$$

4(2)

Den från nätet uttagna strömmen blir $I_L = \frac{12000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 17,3A$

I varje gren blir strömmen $I_G = \frac{I_H}{\sqrt{3}} = 10A$

Resistansen är $R = \frac{400V}{10A} = 40\Omega$

Vid Y-koppling blir spänningen $\sqrt{3}$ ggr mindre och därmed blir effekten 3 ggr mindre än vid D-koppling, dvs 4 kW.

Strömmen blir $I_L = \frac{4000}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{10}{\sqrt{3}} = 5,8A$

5(2) a) $P_{el} = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 230V \cdot 10A \cdot 1 = 2300W$

Laddningstid: $T = \frac{53kWh}{2,3kW} = 23h$ ca 1 dygn.

Detta gäller under förutsättning att all energi som tas från elnätet kan omvandlas till kemisk energi utan förluster.

b) $P_{el} = 3 \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = 3 \cdot 230V \cdot 64A \cdot 1 = 44kW$

Laddningstid: $T = \frac{53kWh}{44kW} = 1,2h$ dvs 1 timme och 12 minuter.

Även här gäller förutsättningen att all energi som tas från elnätet kan omvandlas till kemisk energi utan förluster. Rimligtvis är förlusterna i c) större än i b). Högre effekt ger större laddningsström och då blir RI^2 förlusterna större.

$$c) S = \frac{53 \text{ kWh}}{2,14 \text{ kWh/km}} = 25 \text{ km} = 2,5 \text{ mil. Vilket ska jämföras med det angivna 25 mil.}$$

kanske ska det vara 2,14 kWh/mil som ger just 25 mil?

Vi försöker rimlighetsbedöma de olika siffrorna. Antag att förbrukningen gäller vid 90 km/h:

1. Om förbrukningen är 2,14 kWh/km blir effekten som krävs för att köra 90 km/h

$$P = 2,14 \text{ kWh/km} \cdot 90 \text{ km/h} = 193 \text{ kW}$$

2. Om vi däremot tror på 25 mil och därmed på förbrukningen 2,14 kWh/mil blir effekten som krävs för att köra 90 km/h lika med 19,3 kW .

Verkar orimligt att det skulle krävas ca 200 kW för att vidmakthålla 90 km/h för en strömlinjeformad sportbil. Vi antar därför att förbrukningen istället är 2,14 kWh/mil och att räckvidden faktiskt är 25 mil. Effekten blir då ca 20 kW för att köra 90 km/h, mer rimligt och kan jämföras med gamla bilar som med låg effekt och stort luftmotstånd kunde köra gott och väl 90 km/h . (40-tals VW med 30 hk).

d) En nackdel med elbilar är att batterierna blir tunga och dyra om räckvidden ska vara lång. Det tar dessutom lång tid att ladda batterierna. En fördel med elbilarna är att de kan minska koldioxidutsläppen. Detta förutsätter dock att genereringen av elenergin sker på ett miljövänligt sätt.

$$6(2) \text{ a) } P_f = R_A \cdot I_A^2 = 18 \cdot 0,37^2 \text{ W} = 2,46 \text{ W}$$

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

b) Temperaturen i lindningen blir $86^\circ\text{C} + 20^\circ\text{C} = 106^\circ\text{C} > 100^\circ\text{C}$. Två exempel på godkända svar blir:

Nej motorn kan inte belastas enligt a) eftersom lindningen blir för varm

Lindningen blir bara något för varm och därför kan motorn förmodligen belastas enligt a), men livslängden blir lidande.

$$c) I_A = \frac{3}{12,4} \text{ A} = 0,24 \text{ A}$$

$$P_f = R_A \cdot I_A^2 = 18 \cdot 0,24^2 \text{ W} = 1,04 \text{ W}$$

Temperaturstegringen blir $(5 + 30)^\circ\text{C/W} \cdot P_f = 35 \cdot 1,04^\circ\text{C} = 36^\circ\text{C}$ och temperaturen i lindningen blir $(36 + 40)^\circ\text{C} = 76^\circ\text{C}$

d) Tillåten temperaturstegringen blir $(5 + 30)^\circ\text{C/W} \cdot P_f = (100-40)^\circ\text{C}$ vilket ger

$$P_f = 1,71 \text{ W: } P_f = R_A \cdot I_A^2 = 18\Omega \cdot I_A^2 = 1,71 \text{ W} \Rightarrow I_A = 0,31 \text{ A}$$

$$M = 12,4 \text{ mNm/A} \cdot 0,31 \text{ A} = 3,8 \text{ mNm.}$$

7(2) a) Kondensatorn har laddat ur sig helt via R2 eftersom S varit öppen lång tid. Direkt efter tillslag är spänningen lika som direkt före. $U = 0 \text{ V}$.

b) Efter lång tid är det likström, då flyter ingen ström genom kondensatorn.

$$U = \frac{12V}{2\Omega + 4\Omega} \cdot 4\Omega = 8V$$
 c) Direkt efter brytning är spänningen lika som strax före,
 i detta fall $8V$. $I_2 = \frac{8V}{4\Omega} = 2A$ d) Lång tid i frånläge gör att kondensator laddat ur
 sig helt $I_2 = \frac{0V}{4\Omega} = 0A$.

```

8(2) int main(void)
    {
        int state, card, code, bill, eject;

        state = 0;                // Start state

        while (1)
        {
            switch ( state )
            {
                case 0 :          // Wait for card
                    eject = 0;
                    if ( card == 1 )
                    {
                        state = 1;
                    }
                    break;

                case 1 :          // Wait for code and card
                    eject = 0;
                    if ( card == 0 )
                    {
                        state = 0;
                    }
                    if ( ( code == 1 ) && ( card == 1 ) )
                    {
                        state = 2;
                    }
                    break;

                case 2 :          // Eject and wait for bill
                    eject = 1;
                    if ( bill == 1 )
                    {
                        state = 3;
                    }
                    break;

                case 3 :          // Wait for bill and card removal
                    eject = 0;
                    if ( ( bill == 0 ) && ( card == 0 ) )
                    {
                        state = 0;
                    }
                    break;
            }
        }
    }
  
```

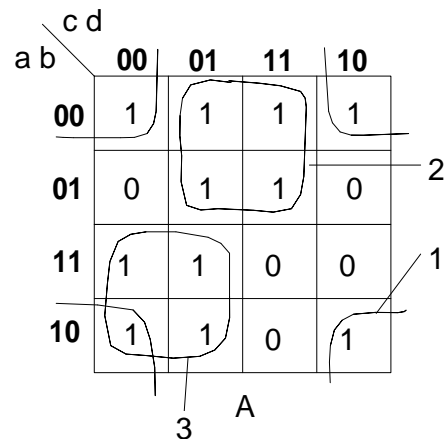
9(2)

a) Transmissionsfunktionen får vi direkt ur figuren:

$$A = \bar{a}\bar{b} + \bar{a}d + \bar{c}d + a\bar{c} + a\bar{b}\bar{d}$$

b) Vi ställer upp det Karnaughdiagram som svarar mot detta uttryck. Med de visade hop-tagningarna får vi följande förenklade transmissionsfunktion:

$$A = \underbrace{\bar{b}\bar{d}}_1 + \underbrace{\bar{a}d}_2 + \underbrace{a\bar{c}}_3$$



c) Information kan fås ur Karnaughdiagrammet genom att studera vad som står i ruta 1010, eller direkt genom studier av logikskemat.

10(2)

a) Kondensatorn laddas omedelbart upp till 12 V då knappen trycks in och ska sedan laddas ur långsamt via motståndet R. (Den ideala operations-förstärkarens inimpedans är oändlig, så ingen urladdning sker den vägen.)

Uttrycket för omladdning i en RC-krets:

$$u_C = u_{C\infty} - (u_{C\infty} - u_{C0})e^{-t/\tau} \quad \text{I vårt fall (urladdning) gäller: } u_{C\infty} = 0$$

$$\Rightarrow u_C = u_{C0}e^{-t/RC}$$

Komparatorns icke-inverterande ingång har potentialen 6 V då potentiometern står på 50%. Komparatorns utgång blir därför låg (lampan släcks) då $u_C \leq 6V$. Vi löser ut R:

$$u_C = u_{C0}e^{-t/RC} \Rightarrow \ln\left(\frac{u_C}{u_{C0}}\right) = -\frac{t}{RC} \Rightarrow R = -\frac{t}{\ln\left(\frac{u_C}{u_{C0}}\right) \cdot C} = -\frac{10s}{\ln\left(\frac{6}{12}\right) \cdot 100\mu F} = \underline{144k\Omega}$$

b) Vi sätter in $t=15$ s i vår formel och räknar ut ett nytt värde på u_C :

$$u_C = u_{C0}e^{-t/RC} = 12 \cdot e^{-15/144k\Omega \cdot 100\mu F} = 4,24V \quad \text{Procentvärdet för } R_T \text{ blir: } \frac{4,24}{12} = \underline{35\%}$$

NB: Lystiden är oberoende av batterispänningen tack vare att referensspänningen på komparatorns icke-inverterande ingång tas från batterispänningen och därmed sjunker i motsvarande mån som uppladdningsspänningen över kondensatorn.

c) Den blir dubbelt så lång.

11(1) 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 $P = 3E_f \cdot I = 3 \cdot 224 \cdot 5/\sqrt{3} = 1940 \text{ W}$.

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

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

$$\text{och effekten blir } P = M\omega = 5,6 \cdot 2\pi \cdot 1500/60 = 870 \text{ W}$$