



Tentamen i ET1546 och ET1422 Analog- och Digitalteknik

Datum 2019-10-28

Tid: 09:00-14:00

Hjälpmedel: räknedosa (tömd), linjal

Lösningsförslag

V I K T I G T

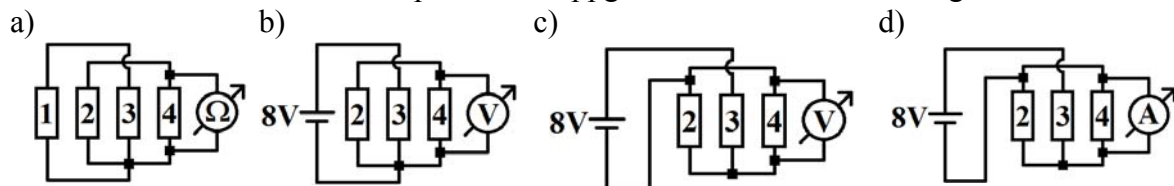
- Uppgifterna skall lösas så utförligt att din tankegång går att följa.
- Det räcker inte med enbart svar till räkneuppgifter.
(OBS! Gäller inte uppgifter som endast skall redovisas svar i svarsbladet, dvs fråga 1 - 7.)
- Använd inte RÖD penna!!!!
- Det är en klar fördel om du skriver läsligt!

KOM IHÅG. Om du kör fast på en uppgift – lämna denna och gå vidare till nästa. Man behöver inte göra uppgifterna i ordning.

Uppgift 1

I nedanstående fyra enkla kretsar finns Ohmmeter (märkt Ω), Voltmeter (märkt V) respektive Amperemeter (märkt A), se figurer. Samtliga mätare är ideala, dvs man kan bortse från eventuella inre resistansers påverkan. Samtliga motståndsvärden är angivna i Ohm och har två värdesiffror.

Beräkna vad mätaren visar i respektive deluppgift och för in svaren i bifogat svarsblad.



OBS! Till denna uppgift skall inga lösningar bifogas. Eventuella lösningar rättas inte. Ange endast svar i svarsbladet. Tänk på antalet värdesiffror samt enhet!

Lösning:

a) Motstånd 1 och 3 påverkar inte mätningen. $R_{tot} = 2//4 = 2*4/(2+4) = 8/6 = 4/3 \approx \boxed{1,3 \Omega}$

b) Motstånd 2 och 4 påverkas inte av batteriet. $U = \boxed{0,0 \text{ V}}$

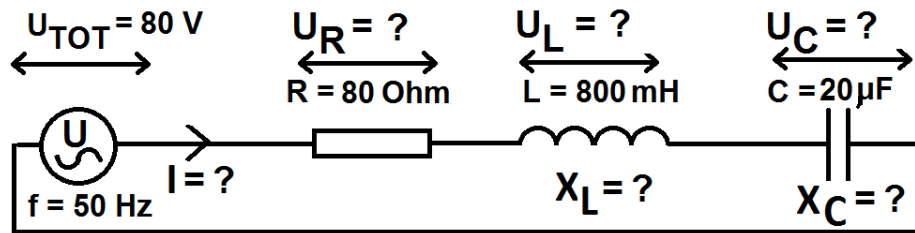
c) Parallellkopplingen 2//4 ligger i serie med 3. Över dessa ligger 8 V. Voltmätaren mäter spänningen U endast över 2//4.

U fås genom spänningsdelning, dvs $U = 8 * (2//4) / (2//4 + 3) = [\text{jfr uppgift a}] = 8 * (4/3) / (4/3 + 3) = 8 * (4/3) / (13/3) = 32/13 \approx \boxed{2,5 \text{ V}}$ (Notera att polaritet inte är uppmärkt på voltmeteren så -2,5 V är lika rätt.)

d) Eftersom amperemeteren kortsluter motstånd 2 och 4, återstår endast motstånd 3, dvs $I = U_{tot}/R_{tot} = 8/3 \approx \boxed{2,7 \text{ A}}$ (Notera att polaritet inte är uppmärkt på amperemeteren så -2,7 A är lika rätt.)

Uppgift 2

Beräkna den okända strömmen I , de två okända reaktanserna X_L och X_C samt de tre okända spänningarna U_R , U_L och U_C i nedanstående växelströmskrets och för in svaren i bifogat svarsblad. Samtliga indata har två värdesiffror.



OBS! Till denna uppgift skall inga lösningar bifogas. Eventuella lösningar rättas inte. Ange endast svar i svarsbladet. Tänk på antalet värdesiffror samt enhet!

Lösning:

$$R = 80 \, \Omega$$

$$X_L = \omega L = 2\pi 50 \cdot 0,8 = 80\pi \approx \boxed{0,25 \, \text{k}\Omega}$$

$$X_C = 1/(\omega C) = 1/(2\pi 50 \cdot 20 \cdot 10^{-6}) = 500/\pi \, \Omega \approx \boxed{0,16 \, \text{k}\Omega}$$

$$Z = \sqrt{(80^2 + (80\pi - 500/\pi)^2)} \approx 122,05 \, \Omega$$

$$I = U_{TOT}/Z = 80/122,05 \approx 0,65547 \, \text{A} \approx \boxed{0,66 \, \text{A}}$$

$$U_R = R \cdot I = 80 \cdot 0,65547 \approx 52,438 \approx \boxed{52 \, \text{V}}$$

$$U_L = X_L \cdot I = (80\pi) \cdot 0,65547 \approx 164,74 \approx \boxed{0,16 \, \text{kV} \text{ eller } 165 \, \text{V}}$$

$$U_C = X_C \cdot I = (500/\pi) \cdot 0,65547 \approx 104,32 \approx \boxed{0,10 \, \text{kV} \text{ eller } 104 \, \text{V}}$$

$$\text{Kontroll: } U_{TOT} = \sqrt{(U_R^2 + (U_L - U_C)^2)} = \sqrt{(52,438^2 + (164,74 - 104,32)^2)} = 80,001 \, \text{V (OK)}$$

Uppgift 3

I en fabrik finns följande utrustning.

Motorer	$P_1 = 20 \, \text{kW}$	$\cos\varphi_1 = 0,707107$ (induktiv)
Allmän belysning samt styrutrustning	$P_2 = 10 \, \text{kW}$	$\cos\varphi_2 = 1,0$
Kondensatorbatteri för faskompensering	$Q_3 = -10 \, \text{kVAr}$	

Beräkna totala aktiva effekten P_{TOT} , totala reaktiva effekten Q_{TOT} , totala skenbara effekten S_{TOT} och totala effektfaktorn $\cos\varphi_{TOT}$ samt för in värdena i svarsbladet.

OBS! Till denna uppgift skall inga lösningar bifogas. Eventuella lösningar rättas inte. Ange endast svar i svarsbladet. Tänk på antalet värdesiffror samt enhet!

Lösning:

$$Q/P = \tan(\varphi) \Rightarrow$$

$$Q_1 = P_1 \cdot \tan(\varphi_1) = P_1 \cdot \tan(\arccos(\cos(\varphi_1))) = 20 \cdot \tan(\arctan 0,707107) = 20 \, \text{kW}$$

$$Q_2 = 0 \text{ (eftersom } \cos\varphi_2 = 1,0, \text{ alternativt sätt in i formel)}$$

$$P_1 = 0 \text{ (eftersom kondensator, alternativt sätt in i formel)}$$

Ny tabell:

Motorer	$P_1 = 20 \, \text{kW}$	$Q_1 = 20 \, \text{kVAr}$	$S_1 = \text{ointressant}$
Allmän belysning samt styrutrustning	$P_2 = 10 \, \text{kW}$	$Q_2 = 0 \, \text{kVAr}$	$S_2 = \text{ointressant}$
Kondensatorbatteri för faskompensering	$P_3 = 0 \, \text{kW}$	$Q_3 = -10 \, \text{kVAr}$	$S_3 = \text{ointressant}$
Summa	$P_{TOT} = \boxed{30 \, \text{kW}}$	$Q_{TOT} = \boxed{10 \, \text{kVAr}}$	$S_{TOT} = \text{se nedan}$

Notera att man inte kan addera de skenbara effekterna $S_1 + S_2 + S_3$

$$S_{TOT} = \sqrt{(P_{TOT}^2 + Q_{TOT}^2)} = \sqrt{(30^2 + 10^2)} = \sqrt{(1000)} = 31,6228 \text{ kVA} \approx \boxed{32 \text{ kVA}}$$

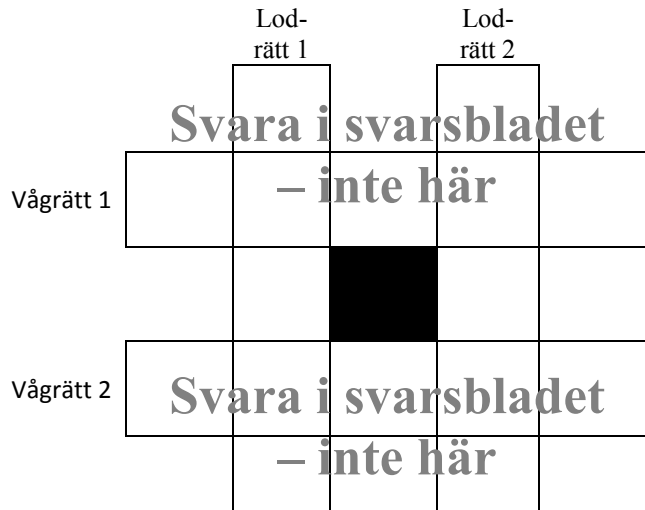
$$\cos\phi_{TOT} = P_{TOT} / S_{TOT} = 30 / 31,6228 = 0,94868 \approx \boxed{0,95}$$

$$\text{Kontroll: } \cos\phi_{TOT} = \cos(\arctan(Q/P)) = \cos(\arctan(10/30)) = 0,94868 \approx 0,95$$

Uppgift 4

I svarsbladet finns ett litet "korsord" som skall lösas. Beräkna följande talomvandlingar och för in resultaten i korsordet i svarsbladet:

Vågrätt 1: 217007₈ -> Hexadecimalt
 Vågrätt 2: 01110₂ + 01100₂ -> Binärt
 Lodrätt 1: 26₁₀ -> Binärt
 Lodrätt 2: 1000100001110₂ -> Oktalt



OBS! Till denna uppgift skall inga lösningar bifogas. Eventuella lösningar rättas inte. Ange endast svar i svarsbladet. Tänk på antalet värdesiffror samt enhet!

Lösning:

Vågrätt 1:

$$217007_8 = 010\ 001\ 111\ 000\ 000\ 111_2 = (00)01\ 0001\ 1110\ 0000\ 0111_2 = \boxed{11E07_{16}}$$

Vågrätt 2:

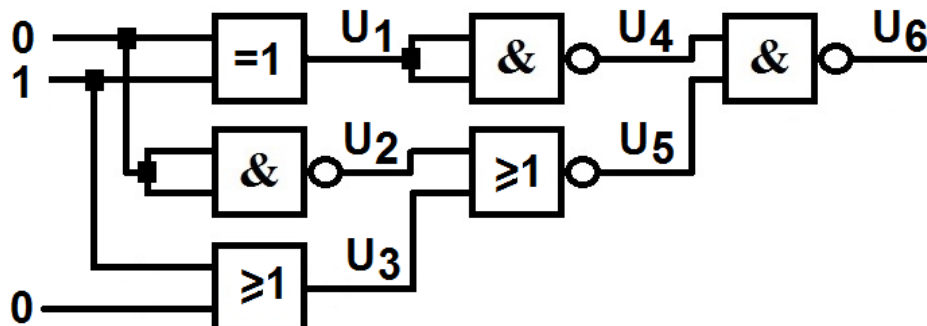
$$\begin{array}{r} \\ \\ \\ + \\ \hline \end{array}$$

$$\text{Lodrätt 1: } 26_{10} = \boxed{11010_2} \text{ (använd division med 2)}$$

$$\text{Lodrätt 2: } 1000100001110_2 = (00)1\ 000\ 100\ 001\ 110_2 = \boxed{10416_8}$$

Uppgift 5

Beräkna de logiska utsignalerna U1, U2, U3, U4, U5 och U6 i grindnätet nedan och för in svaren i svarsbladet.



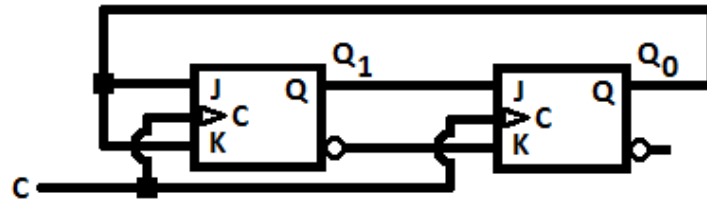
OBS! Till denna uppgift skall inga lösningar bifogas. Eventuella lösningar rättas inte. Ange endast svar i svarsbladet. Tänk på antalet värdesiffror samt enhet!

Lösning:

U1 = 1, U2 = 1, U3 = 1, U4 = 0, U5 = 0 samt U6 = 1

Uppgift 6

Kretsen nedan är en sekvenskrets. Komplettera tillhörande tillståndsdigram i svarsbladet med pilar som visar hur kretsen fungerar.



OBS! Till denna uppgift skall inga lösningar bifogas. Eventuella lösningar rättas inte. Ange endast svar i svarsbladet. Tänk på antalet värdesiffror samt enhet!

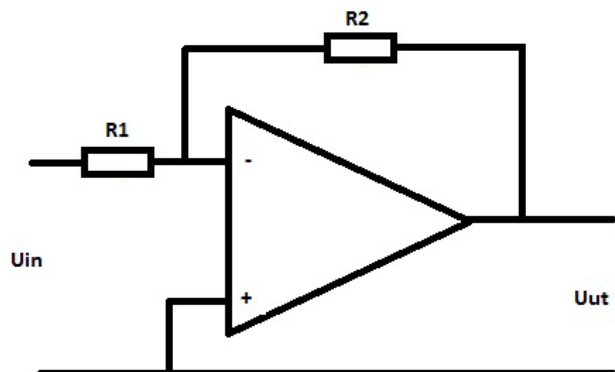
Lösning:

Kalla J resp K för J1 resp. K1 i vänstra JK-vippan. Motsvarande i högra JK-vippan. Analys => J1=K1=Q0 samt J0=Q1 och K0=Q1'.

Q ₁ Q ₀	J ₁ (=Q ₀)	K ₁ (=Q ₀)	Kommentar	J ₀ (=Q ₁)	K ₀ (=Q ₁)'	Kommentar	Q ₁ ⁺ Q ₀ ⁺
00	0	0	(=> Q ₁ ⁺ = Q ₁)	0	1	(=> Q ₀ ⁺ = 0)	00
01	1	1	(=> Q ₁ ⁺ = Q ₁)'	0	1	(=> Q ₀ ⁺ = 0)	10
10	0	0	(=> Q ₁ ⁺ = Q ₁)	1	0	(=> Q ₀ ⁺ = 1)	11
11	1	1	(=> Q ₁ ⁺ = Q ₁)'	1	0	(=> Q ₀ ⁺ = 1)	01

Uppgift 7

Figuren visar en OP-förstärkare där R1 = 5.0 kΩ och R2 = 25 kΩ.



a) Beräkna förstärkningen $A_v = U_{ut} / U_{in}$

b) Hur stor är strömmen ungefär (mätt i Ampere) in till minusgången på OP-förstärkaren?

c) Hur stor är spänningsskillnaden ungefär (mätt i Volt) mellan minus och plusgången?

OBS! Till denna uppgift skall inga lösningar bifogas. Eventuella lösningar rättas inte. Ange endast svar i svarsbladet. Tänk på antalet värdesiffror samt enhet!

a) $A_v = - R_2 / R_1 = 25000 / 5000 = -5 \text{ ggr}$

b) **Ca 0,0 A**

c) **Ca 0,0 V**

SVARSBLAD till frågorna 1 – 7: (FACIT)

Svar på uppgift 1:

a)	1,3 Ω	b)	0,0 V	c)	2,5 V (-2,5 V)	d)	2,7 A (-2,7 A)
----	--------------	----	-------	----	----------------	----	----------------

(4 x 0,5p = 2p)

Svar på uppgift 2:

I	0,66 A	X _L	0,25 k Ω	X _C	0,16 k Ω
U _R	52 V	U _L	0,16 kV (165 V)	U _C	0,10 kV (104 V)

(6 x 0,5p = 3p)

Svar på uppgift 3:

P _{TOT}	30 kW	Q _{TOT}	10 kVAr	S _{TOT}	32 kVA	cos ϕ _{TOT}	0,95
------------------	-------	------------------	---------	------------------	--------	---------------------------	------

(0,5+0,5+1+1=3p)

Svar på uppgift 4:

		Lodrätt 1		Lodrätt 2	
		1		1	
Vågrätt 1	1	1	E	0	7
		0		4	
Vågrätt 2	1	1	0	1	0
		0		6	

(4 x 1p = 4 p)

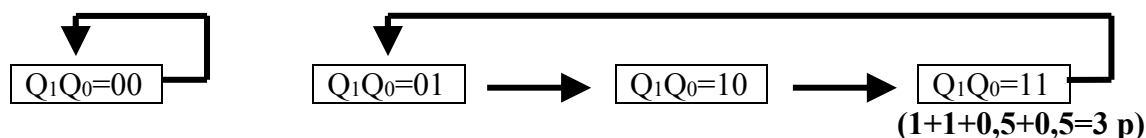
Svar på uppgift 5:

U ₁	1	U ₂	1	U ₃	1
U ₄	0	U ₅	0	U ₆	1

(3 rätt -> 0,5p, 4 rätt -> 1p, 5 rätt -> 1,5p samt 6 rätt -> 2p)

Svar på uppgift 6:

Rita pilar mellan de olika tillstånden som beskriver hur sekvenskretsen fungerar.



Svar på uppgift 7:

a) A _v	-5 ggr	b) I _L	0,0 A	c) U _{-/+}	0,0 V
-------------------	--------	-------------------	-------	---------------------	-------

(1 + 0,5 + 0,5 = 2p)

(Maxpoäng på denna sida = 19 p)

===== Fr.o.m. fråga 8 krävs lösningar vid räkneuppgifter =====

Uppgift 8

En kabeltrumma innehåller en flera hundra meter lång kabel. Kabeln har två ledare (en ledare och en återledare) och ledarna i båda ändarna är åtkomliga.

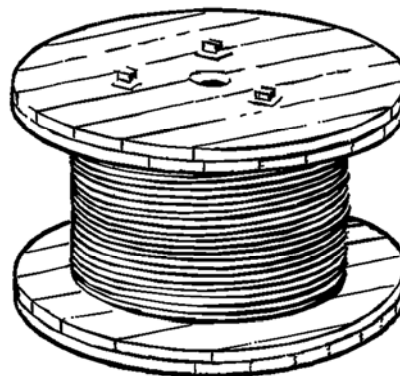
Data:

Ledararea: $2,5 \text{ mm}^2$ för vardera ledare

Ledarmaterial: Koppar (med resistivitet $0,018 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

Isolering: Icke ledande material

Uppmätt resistans: 18 Ohm mätt mellan två ledarändar då ledarändarna i andra ändan är ihoptvinnade (ihopkopplade).



Hjälpmedel:

Universalmätare vars anslutningskablar (de man mäter med) har en okänd resistans.

- a) Beskriv hur du går tillväga för att mäta upp resistansen trots dålig kännedom om egenskaperna hos anslutningskablarna.
- b) Beräkna längden på kabeln. (Inte fram och tillbaka utan endast enkel väg!).

Lösning:

a) **Steg 1: Tvinna ihop ledarändarna i den kabelända man inte skall mäta på.**

Steg 2: Anslut universalmätarens anslutningskablar mot resp. ledarände i den ände av kabeln man skall mäta på.

Steg 3: Mät totalaresistansen, dvs $R_{\text{tot}} = R_{\text{anslutningskabel}} + R_{\text{ledare}} + R_{\text{ledare}} + R_{\text{anslutningskabel}}$

Steg 4: Mät resistansen mellan anslutningskablarna, dvs $R_{\text{anslutningskabel}} + R_{\text{anslutningskabel}}$

Steg 5: Subtrahera resultaten i steg 4 från steg 3, dvs man får $R_{\text{ledare}} + R_{\text{ledare}}$

b) $R = \rho * L/A \Rightarrow L = R * A / \rho = 18 * 2,5 / 0,018 = 2500 \text{ m}$

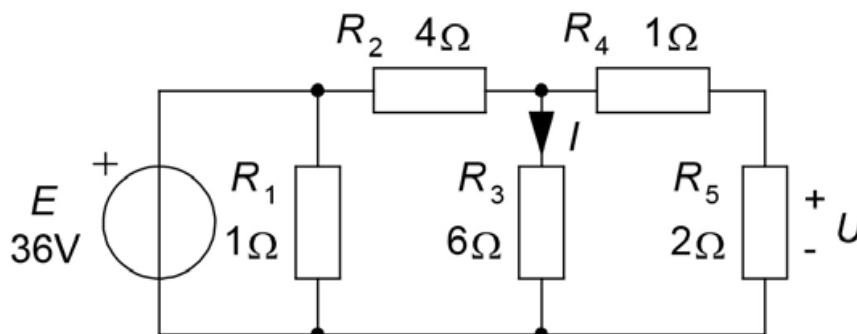
Notera att längden L avser båda ledarna (dvs fram och tillbaka).

Kabellängden är **1250 m**

(2 p)

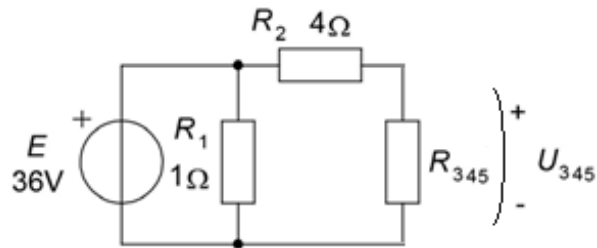
Uppgift 9

Beräkna I och U (enligt beteckningar i figuren) för följande krets:



Lösning:

Beräkna ersättningsresistansen R_{345} och spänningen U_{345} , se figur till höger:



$$R_{345} = R_3 // (R_4 + R_5) = 6 // (2 + 1) = 6 // 3 = 6 \cdot 3 / (6 + 3) = 18/9 = 2 \Omega$$

$$U_{345} = 36 \cdot R_{345} / (R_{345} + R_2) = 36 \cdot 2 / (2 + 4) = 12 \text{ V}$$

Men spänningen U_{345} ligger även över R_3 i originalkopplingen.

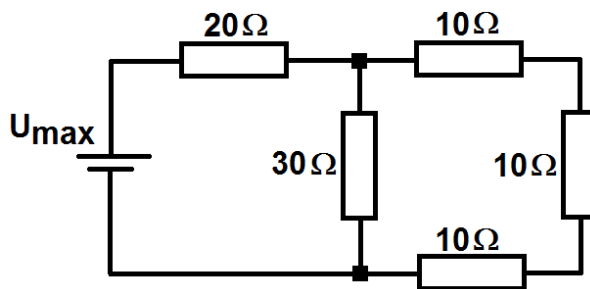
Detta ger $I = U_{345} / R_3 = 12 / 6 = \boxed{2\text{A}}$ och $U = 12 \cdot 2 / (2 + 1) = \boxed{8\text{V}}$

Anm: $R_{tot} = 6/7 \Omega$, $I_{tot} = 42 \text{ A}$, $I_1 = 36 \text{ A}$, $I_2 = 6 \text{ A}$, $I_{45} = 4 \text{ A}$

(3 p)

Uppgift 10

I nedanstående krets tåler alla motstånd maximalt 1 Watt innan de blir överhettade, dvs $P_{max} = 1 \text{ W}$ för samtliga motstånd R . Hur stor får spänningen U_{max} vara utan att något motstånd överhettas? Alla steg i beräkningarna skall motiveras!



En del tolkade som att effekten skulle kunna bli 1W för alla motstånd tillsammans (inte var för sig). Eftersom tolkningen är möjlig, har detta också gett full poäng trots betydligt enklare lösning.

Lösning:

$$P = I^2 \cdot R \Rightarrow I = \sqrt{P/R} = 1 / \sqrt{R} \text{ eftersom } P = 1 \text{ W.}$$

Max ström för respektive motstånd:

$$I_{max10} = 1/\sqrt{10}, I_{max20} = 1/\sqrt{20} \text{ samt } I_{max30} = 1/\sqrt{30}$$

-Eftersom $10 + 10 + 10 = 30$, går lika mycket ström genom 30-grenen som 10-10-10-grenen.

-Maxström genom båda grenarna var för sig blir då lägsta strömmen, dvs I_{max10} .

-Summan av maxströmmen från båda grenarna blir därför $2 \cdot I_{max10} = 2/\sqrt{10}$.

Men maxströmmen genom 20 är mindre, dvs maxström från batteriet blir $I_{max20} = 1/\sqrt{20} \text{ mA}$

$$R_{tot} = 20 + 30 // (10 + 10 + 10) = 20 + 30 // 30 = 20 + 15 = 35 \Omega$$

$$U_{max} = R_{tot} \cdot I_{max} = 35 \cdot 1/\sqrt{20} \approx \boxed{7,8 \text{ V}}$$

Alternativ metod för att finna vilket motstånd som begränsar: (omständlig)

Sätt (tillfälligt) U_{max} till 1V och beräkna alla spänningar och effekter. Då fås:

$$I_{tot} = U_{max} / R_{tot} = 1/35 \text{ A } (=I_{20})$$

$$I_{30} = I_{20}/2 = 1/70 \text{ A } (=I_{10})$$

$$P_{20} = I_{20}^2 \cdot 20 = (1/35)^2 \cdot 20 = 0,016326 \text{ W}$$

$$P_{30} = I_{30}^2 \cdot 30 = (1/70)^2 \cdot 30 = 0,0061224 \text{ W}$$

$$P_{10} = I_{10}^2 \cdot 20 = (1/70)^2 \cdot 20 = 0,0020408 \text{ W}$$

Man ser att P_{20} är högst, dvs den totala strömmen genom kretsen begränsas. Nu kan

U_{max} beräknas på samma sätt som ovan, dvs $U_{max} = R_{tot} \cdot I_{max} = 35 \cdot 1/\sqrt{20}$

(3 p)

Uppgift 11

En student bor i en 1:a med nätspänningen 220 V och med 10 A säkring i elcentralen. Kan man dammsuga i lägenheten med värmeelementet inkopplat utan att säkringen går? Dammsugarens strömförbrukning är 5 A och dess effektfaktor $\cos\varphi$ är 0,8. Värmeelementet har effekten 1200 W.

Lösning:

P och Q för dammsugare:

$$S = U \cdot I = 220 \cdot 5 = 1100 \text{ VA}$$

$$\cos(\varphi) = P/S \Rightarrow P = S \cdot \cos(\varphi) = 1100 \cdot 0,8 = 880 \text{ W}$$

$$\tan(\varphi) = Q/P \Rightarrow Q = P \cdot \tan(\varphi) = 880 \cdot \tan(\arccos(0,8)) = 880 \cdot 0,75 = 660 \text{ VAr}$$

P och Q för värmeelement:

$$P = 1200 \text{ W}$$

$$Q = 0 \text{ VAr}$$

Summering av P och Q:

$$P_{\text{TOT}} = 880 + 1200 = 2080 \text{ W}$$

$$Q_{\text{TOT}} = 660 + 0 = 660 \text{ VAr}$$

$$S_{\text{TOT}} = \sqrt{(P_{\text{TOT}}^2 + Q_{\text{TOT}}^2)} = \sqrt{(2080^2 + 660^2)} = 2182,20 \text{ VA}$$

$$\text{Men } S_{\text{TOT}} = U_{\text{TOT}} \cdot I_{\text{TOT}} \Rightarrow I_{\text{TOT}} = S_{\text{TOT}}/U_{\text{TOT}} = 2182,20/220 = \boxed{9,9 \text{ A} \Rightarrow \text{säkringen håller.}}$$

Kommentar: Trots att värmeelementet drar $1200/220=5,4545 \text{ A}$ och dammsugaren 5 A så blir slutresultatet lägre än 10 A.

(3 p)

Uppgift 12

En elektrisk krets består av en seriekoppling av en resistor R, en spole L och en kondensator C. Kretsen spänningsmatas med en okänd spänning U_{tot} som har given men okänd frekvens f . Resistorn R har resistansen 33Ω . Absolutbeloppet på spolens reaktans X_L är hälften så stor som resistorns resistans R. Kondensatorns reaktans X_C är i sin tur hälften av spolens reaktans X_L (dvs en fjärdedel av resistorns resistans R).

- Beräkna kretsens totala impedans Z.
- Beräkna effektfaktorn.
- Ändra kondensatorns reaktans så att man får resonans i kretsen.
- Beräkna effektfaktorn i nya kretsen dvs efter ändringen i uppg. c)
- Vad blir värdet på kondensatorn resp. spolen vid resonans (i den nya kretsen) om frekvensen på insignalen är 100 Hz?

Lösning:

$$\begin{aligned} \text{a) } Z &= \sqrt{(R^2 + (X_L - X_C)^2)} = \\ &= \sqrt{(33^2 + (33/2 - 33/4)^2)} = \\ &= 33 \cdot \sqrt{(1 + (1/2 - 1/4)^2)} = \\ &= 33 \cdot \sqrt{(17)/4} = 34,0156 \approx \boxed{34 \Omega} \end{aligned}$$

$$\text{b) } \cos\varphi = R/Z = 33/34,0156 \approx \boxed{0,97}$$

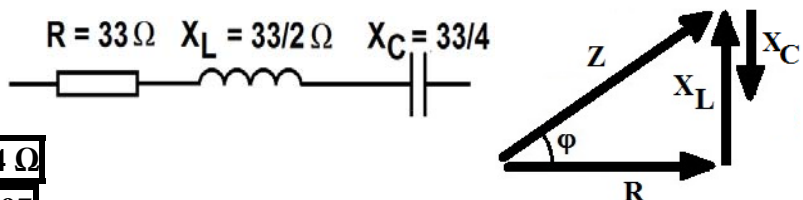
$$\text{c) } X_C = X_L = 33/2 = 16,5 \approx \boxed{16 \Omega}$$

$$\text{d) } \cos\varphi = \boxed{1}$$

$$\text{e) } X_L = \omega L \Rightarrow L = X_L/\omega = (33/2) / (2 \cdot \pi \cdot 100) \approx \boxed{26 \text{ mH}}$$

$$X_C = 1/(\omega C) \Rightarrow C = 1/(\omega \cdot X_C) = 1 / (2 \cdot \pi \cdot 100 \cdot 33/2) \approx \boxed{96 \mu\text{F}}$$

(1+0,5+0,5+0,5+0,5 = 3p)



Uppgift 13

En villaägare har en elvärmepanna med en trefas värmepatron som har effekten 6 kW vid D-koppling vid spänningen 230V/400V, 50 Hz. Eftersom han tycker att reglersystemet slår till resp. ifrån värmepatronen för ofta när värmebehovet är lågt så vill han sänka effekten med en omkopplare som kopplar om till Y-koppling. Hur stor blir effekten då?

Kommentar: För full poäng krävs ”back-to-basic”-uträkning, dvs ingen ”sätt-i-formel-och-hoppas-det-blir-bra-metod” godkänns.

Lösning:

Deltakoppling:

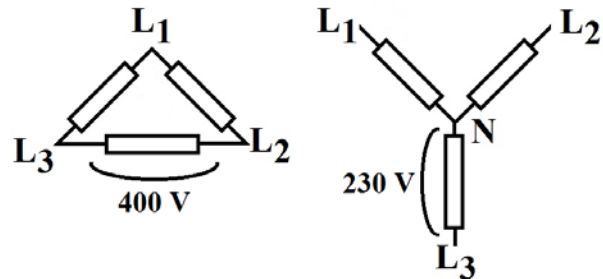
6 kW totalt \Rightarrow 2 kW per fas \Rightarrow varje motstånd i D-kopplingen ger 2 kW.
Det ligger 400 V över motståndet i D-kopplingen, se figur.

$$P_{D(\text{ett motst.})} = U^2 / R \Rightarrow R = U^2 / P_{D(\text{ett motst.})} = 400^2 / 2000 = 80 \Omega$$

Y-koppling:

$$P_{Y(\text{ett motst.})} = U^2 / R = 230^2 / 80 = 661,25 \text{ W}$$

$$P_{Y(\text{tre motst.})} = 3 * P_{Y(\text{ett motst.})} = 1983,75 \approx \boxed{2 \text{ kW totalt, dvs tre ggr mindre.}}$$



(2 p)

Uppgift 14

Talsystem:

- Utför subtraktionen $0111_2 - 0011_2$ OBS! Tvåkomplement skall användas!
- Utför subtraktionen $00010_2 - 01001_2$ OBS! Tvåkomplement skall användas! Omvandla därefter slutresultatet till ett decimalt tal.
- Omvandla $9FC_{16}$ (hexadecimalt) till oktalt tal
- Omvandla 1110.101_2 (binärt tal med binärpunkt) till decimalt tal (med decimalpunkt)
- Omvandla 7241_8 (oktalt) till Hexadecimalt
- Omvandla 110010_2 (binärt) till BCD-kod

Lösning:

$$a) 0111_2 - 0011_2 = 0111 + (0011)_{2\text{-kompl}} = 0111 + (1100+1) = 0111 + 1101$$

$$\begin{array}{r} \underline{1} \quad | \quad \underline{1} \quad \underline{1} \quad \underline{1} \\ 0 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \\ + \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \\ \hline 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \end{array}$$

Svar: 0100_2

$$b) 00010_2 - 01001_2 = 00010 + (01001)_{2\text{-kompl}} = 00010 + (10110+1) = 00010 + 10111$$

$$\begin{array}{r} \quad \quad | \quad \underline{1} \quad \underline{1} \\ 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \\ + \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \\ \hline 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \end{array}$$

Talet 11001 är negativ. För att få motsvarande positiva värde görs 2-kompl.

$$(11001)_{2\text{-kompl}} = -(00110+1)_2 = -00111_2 = -7_{10} \quad \text{Svar: } -7_{10}$$

$$c) 9FC_{16} = [\text{varje hexadecimal siffra för sig}] = 1001 \ 1111 \ 1100_2 = [\text{omgruppera}] = 100 \ 111 \ 111 \ 100_2 [\text{varje oktalt siffra för sig}] = 4774_8$$

$$\text{Kontroll } 9FC_{16} = 9*256 + 15*16 + 12 = 2556_{10}$$

$$4774_8 = 4*512 + 7*64 + 7*8 + 4 = 2556_{10} \quad \text{lika} \Rightarrow OK$$

Svar: 4774_8

$$\begin{aligned} \text{d) } 1110.101_2 &= 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} = \\ &= 1 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 0 \cdot 1 + 1 \cdot (1/2) + 0 \cdot (1/4) + 1 \cdot (1/8) = \\ &= 8 + 4 + 2 + 1/2 + 1/8 = 14 + 0.5 + 0.125 = 14.625_{10} \end{aligned}$$

Svar: 14.625₁₀

$$\begin{aligned} \text{e) } 7241_8 &= [\text{varje oktal siffra för sig}] = 111 \ 010 \ 100 \ 001_2 = [\text{omgruppera}] = \\ &= 1110 \ 1010 \ 0001_2 [\text{varje hexadecimal siffra för sig}] = \text{EA1}_{16} \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} \text{Kontroll } 7241_8 &= 7 \cdot 512 + 2 \cdot 64 + 4 \cdot 8 + 1 = 3745_{10} \\ \text{EA1}_{16} &= 14 \cdot 256 + 10 \cdot 16 + 1 = 3745_{10} \end{aligned} \right\} \text{ lika } \Rightarrow \text{OK}$$

Svar: EA1₁₆

$$\text{f) } 110010_2 = 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 32 + 16 + 2 = 50_{10}$$

Siffrorna i talet 50₁₀ skall binärkodas var för sig (med fyra binärsiffor) för att få BCD-kod, dvs 50₁₀ = 0101 0000_{BCD}

Svar: 0101 0000_{BCD}

(6 p)

Uppgift 15

Man har en trådtöjningsgivare monterad på en balk som böjs. Trådtöjningsgivaren består av fyra motstånd där två motstånd (R1 och R2) ökar sitt värde och de andra två motstånden (R3 och R4) minskar sitt värde när balken böjs. För att mäta denna motståndsförändring noggrant kopplar man dessa i en Wheatstonebrygga. Rita denna uppkoppling samt redogör för hur den fungerar och hur man får mätresultat när motstånden ändras pga. balkens böjning.

Lösning:

I denna uppgift utnyttjas att Wheatstonebryggan i princip jämför två spänningsdelare som ändrar sig på motsatt håll när balken böjer sig.

Spänningen i den vänstra spänningsdelaren blir $U_A = U \cdot R_1 / (R_1 + R_3)$, dvs ökar när balken böjs.

Spänningen i den högra spänningsdelaren blir $U_B = U \cdot R_4 / (R_2 + R_4)$, dvs minskar när balken böjs.

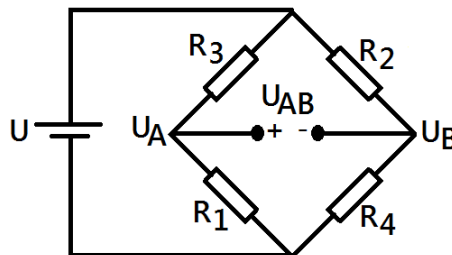
Om man antar att $R_1 = R_2 = R_{\text{ÖKAR}}$ och $R_3 = R_4 = R_{\text{MINSKAR}}$ får man

$$U_{AB} = U_A - U_B = U \cdot R_{\text{ÖKAR}} / (R_{\text{ÖKAR}} + R_{\text{MINSKAR}}) - U \cdot R_{\text{MINSKAR}} / (R_{\text{ÖKAR}} + R_{\text{MINSKAR}})$$

$$\text{dvs } U_{AB} = U \cdot (R_{\text{ÖKAR}} - R_{\text{MINSKAR}}) / (R_{\text{ÖKAR}} + R_{\text{MINSKAR}})$$

Dvs den mätta spänningen är ett mått på resistansskillnaden, dvs böjningen (om man antar att R1 och R2 ökar lika mycket som R3 och R4 minskar). I slutändan måste ändå böjningen av balken kalibreras mot spänningen UAB varför antagandena ovan (som kanske inte gäller i verkligheten) endast tjänar till för att få en förståelse av funktionen.

(2 p)



Uppgift 16

Beskriv skillnaden mellan en effektbrytare och en fränksiljare samt ange för och nackdelar.

Lösning;

Effektbrytare kan bryta höga strömmar under belastning och har skydd för ljusbåge.

Fränksiljare kan bara manövreras i strömlöst tillstånd, dvs måste alltid kombineras med en effektbrytare. En belastad fränksiljare som bryts kan ge en livsfarlig ljusbåge.

Fränksiljare är betydligt billigare eftersom konstruktionen är enklare.

(1 p)

Uppgift 17

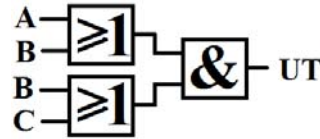
Utgå från kopplingen $U = (A + B)(B + C)$ där U är utsignal och A, B och C är i ett digitalt kombinatoriskt grindnät.

a) Rita grindnätet (kopplingen).

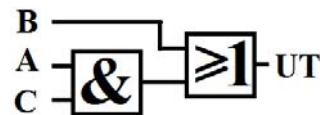
b) Förenkla så att endast två grindar behövs och rita det nya grindnätet (kopplingen).

Lösning:

a) Se figur



$$\begin{aligned} \text{b) } UT &= (A + B)(B + C) = AB + AC + BB + BC = \\ &= AB + AC + B + BC = B(A + 1 + C) + AC = \\ &= B \cdot 1 + AC = B + AC \end{aligned}$$



(2 p)

Uppgift 18

Multiplexer, (MUX) respektive demultiplexer (DEMUX).

a) Förklara skillnaden mellan MUX och DEMUX.

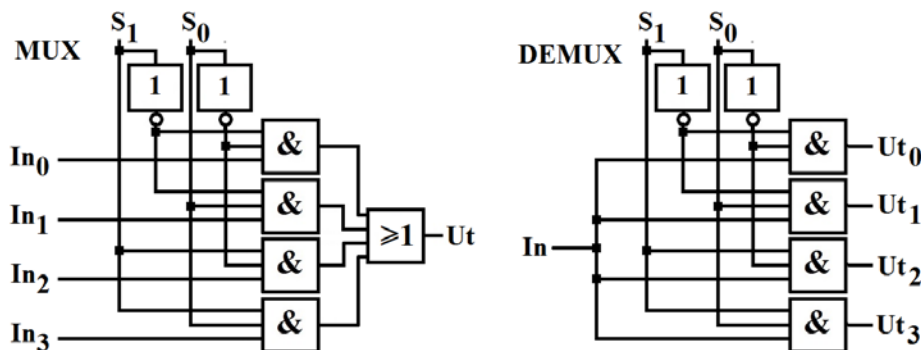
b) Rita kopplingsschemat för antingen en MUX eller DEMUX. Antalet ”kanaler” skall vara fyra st. Använd grindar för kopplingen.

c) Förklara hur en avkodare fungerar och hur man kan bygga en sådan från antingen en MUX eller DEMUX (välj det som passar).

Lösning:

a) En av ingångarna väljs och skickas ut på utgången i en MUX medan i en DEMUX har man en ingång som sedan skickas ut på en av utgångarna. Vilken ingång i en MUX respektive vilken utgång i en DEMUX som skall vara aktiv styrs av styrsingångarna på MUX resp. DEMUX.

b)



c) En avkodare ger en etta på den utgång som styrsignalerna (t.ex. S_1S_0 i DEMUX i uppgift b) pekar på, (dvs på Ut_0 , Ut_1 , Ut_2 eller Ut_3 i uppgift b). Övriga utsignaler blir noll. En avkodare görs enkelt med en etta på insignalen i en DEMUX.

(3 p)

Uppgift 19

Förklara hur följande givare fungerar

- a) Ange för och nackdelar för en A/D-omvandlare av typen Parallell/Flash
- b) Ange för och nackdelar för en A/D-omvandlare av typen Nivåramp
- c) Ange för och nackdelar för en A/D-omvandlare av typen Successiv Approximation
- d) Vilken av ovanstående är bästa kompromissen?

Lösning:

- a) För: Mycket snabb. Nack: Många komp.
- b) För: Få komp. Nack: Mycket långsam
- c) För: Få komp. + Relativt snabb. Nack: Inga speciella
- d) A/D-omvandlare av typen Successiv Approximation

(3p)

Uppgift 20

En A/D-omvandlare med 8 bitar har inspänningsområdet 0-10V.

- a) Ange kvantiseringsintervallet (= upplösningen) i volt.
- b) Om insignalen är 3V, vad blir det digitala värdet?
- c) Om en människa kan urskilja frekvenser upp till 20 kHz, hur snabbt måste man sampla?

Lösning:

- a) Upplösning = $10 \text{ V} / 2^8 \text{ steg} = 10 \text{ V} / 256 \text{ steg} = 0,03906 \text{ V/steg} = \text{ca } 40 \text{ mV/steg}$
- b) % in = % ut, dvs $3/10 = x/256 \Rightarrow x = 256 \cdot 3/10 = 76,8 \approx 77_{10} = 64+8+4+1 = 01001101_2$
- c) Samlingsteoremet kräver att man måste sampla med dubbla hastigheten, dvs 40 kHz. Samtidigt måste man lågpasfiltrera bort alla frekvenser över 20 kHz. Eftersom alla (icke-ideala) filter kräver ett visst frekvensområde (pga av lutningen i filtret), måste man ha lite marginal, dvs man måste sampla "lite snabbare" än 40 kHz. I en vanlig wav-fil (ljudfil i dator) är samplingfrekvensen 44,1 kHz (precis som den klassiska CD-skivan).

(2 p)

Lycka till / Mikael Åsman

Betygsgränser	Gräns	E	D	C	B	A	Max
	Poäng	22	27	31	36	41	54