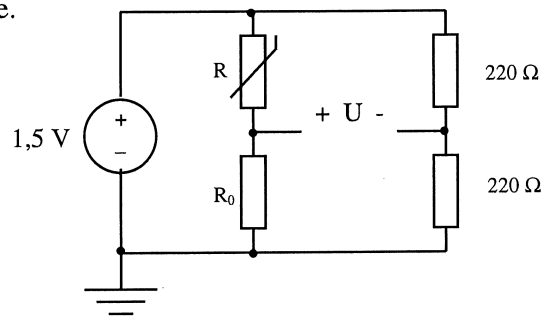


# TENTAMEN

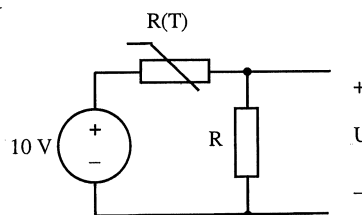
<b>KURSNAMN</b>	<b>Givare och don</b>
<b>PROGRAM: namn</b> <b>åk / läsperiod</b>	<b>Mekatronikingenjör</b> <b>Åk 2 / Lp 3</b>
<b>KURSBETECKNING</b>	<b>LEU 029</b>
<b>EXAMINATOR</b>	<b>Göran Hult</b>
<b>TID FÖR TENTAMEN</b>	<b>Fredag 17 mars 2017 kl 8.30 - 12.30</b>
<b>HJÄLPMEDEL</b>	<b>Typgodkänd räknare</b> <b>Bifogad formelsamling</b>
<b>ANSV LÄRARE: namn</b> <b>telnr</b> <b>besöker tentamen kl</b>	<b>Göran Hult</b> <b>070-5589009</b> <b>Ungefär kl 9.30 och 11.30</b>
<b>DATUM FÖR ANSLAG</b> <b>av resultat samt av tid</b> <b>och plats för granskning</b>	<b>Tid för granskning meddelas på kurshemsida</b> <b>och via e-post</b>
<b>ÖVRIG INFORM.</b>	<b>Tentan omfattar 40p.</b> <b>För att få godkänt krävs 16p.</b> <b>För att få full poäng på en uppgift ska beräkningar</b> <b>och motiveringar redovisas så att det är lätt att följa</b> <b>dem.</b>

- G1. a) Rita en figur som visar hur en Piezoelektrisk accelerometer är uppbyggd. (1p)
- b) Rita ett kretsschema som visar principen för 4-tråds resistansmätning. Förklara m h a schemat varför 4-tråds resistansmätning är bättre än 2-tråds resistansmätning. (2p)
- c) En vanlig analog signaltyp inom industrin är 4-20 mA signaler. Nämn de 2 viktigaste orsakerna till varför man använder denna signaltyp istället för andra analoga signaltyper. (1p)
- d) Vad menas med en givares hysteresefel?  
Rita en figur och förklara begreppet med hjälp av figuren. (1p)

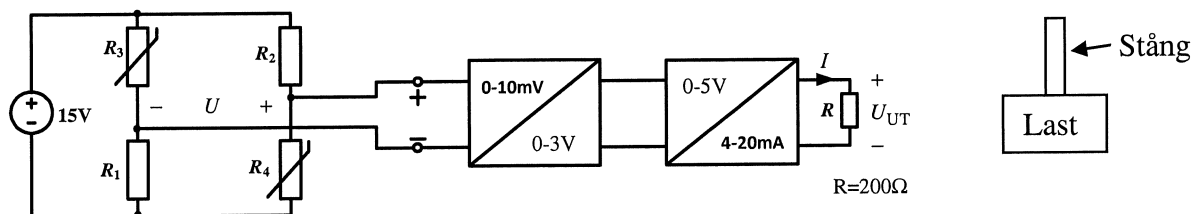
- G2. Bryggan i schemat t.h. är bestyckad med en Pt-100-givare. Bestäm givarens temperatur då  $U = 21,4 \text{ mV}$ .  
 $R_0 = 100 \Omega$ .  
Räkna "exakt". (3p)



- G3. I kretsen är  $R(T)$  en termistor med  $R_{25} = 2,2 \text{ k}\Omega$  och  $B = 3990 \text{ K}$ . Bestäm termistorns temperatur om  $U = 6,7 \text{ V}$  och  $R = 1,5 \text{ k}\Omega$ . (3p)



- G4. En elektronisk våg för byggkranar består av en 30 cm lång rund stång med diameter 12 mm. Stångens övre del är kopplad till byggkranens vajrar och lasten hängs i stångens undre del. Se figur. På stångens nedre del är 2 töjningsgivare  $R_4$  och  $R_3$  limmade och mäter stångens töjning i längdriktningen. Givarna med givarfaktorn 2,09 sitter i en brygga enligt schemat nedan. Stången är gjord av stål med elasticitetsmodul 200 GPa.  
 $R_1$  och  $R_2$  är två inaktiva givare, detta för att kompensera för temperaturvariationer.



Bryggans obalansspänning  $U$  förstärks varefter den omvandlas till ström. Förstärkaren har mycket stor inresistans. I vila gäller  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 350 \Omega$ .

Bestäm  $U_{UT}$  om lasten har massan 100 kg

(4p)

G5. Härled nedanstående formeln för en helbrygga med parvis motverkande givare :

$$U = \frac{\Delta R}{R_0} \cdot E \quad \text{där}$$

U = utspänning från bryggan

E = matningsspänning till bryggan

$R = R_0 \pm \Delta R$  är givarnas resistans

(2p)

G6. Figuren nedan visar en koppling med ett termoelement Typ-T.

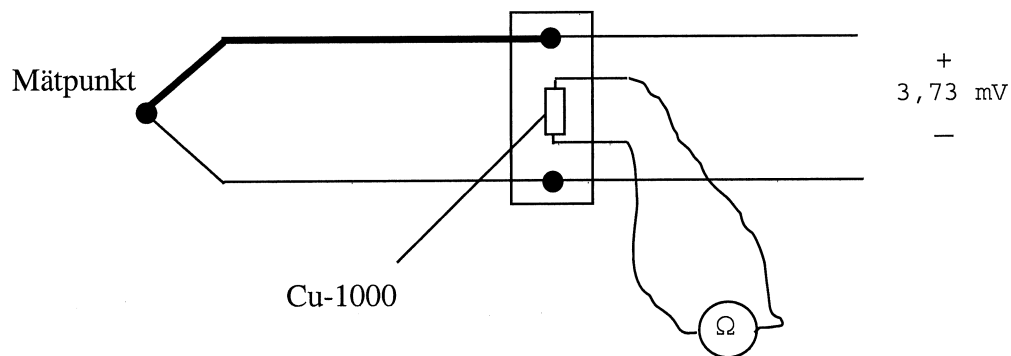
Referenspunktens temperatur mäts med en motståndstermometer av typen Cu-1000.

Ohmmetern i figuren visar resistansen  $922 \Omega$ .

Vilken temperatur har mätpunkten i figuren nedan?

Termoelementet får EJ betraktas som linjärt. Tabell finns vid formelsamling.

(3p)



D1 Gör en jämförelse mellan den kortslutna asynkronmaskinen, likströmsmaskinen och synkronmaskinen när det gäller driftegenskaper, startegenskaper och för- och nackdelar med de olika maskintyperna. (3p)

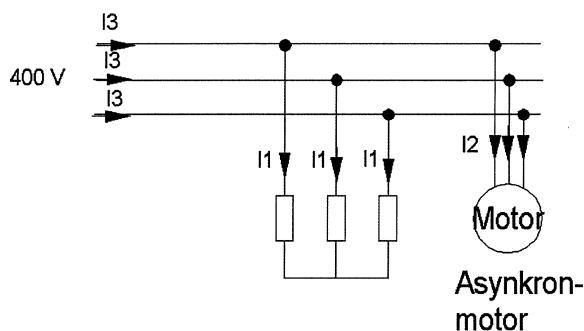
D2 I en D-kopplad varmvattenberedare är varje resistors värde 70 ohm. Den matande huvudspänningen är 400 V.

- Hur stor totaleffekt utvecklas i varmvattenberedaren?
  - Vid ett tillfälle försvann en fas. Hur stor blev nu totaleffekten i beredaren? (motivera)
- (3p)

D3 Beräkna de tre markerade strömmarna i nedanstående schema. Huvudspänningen är 400 V och 50 Hz.

Belastning 1 består av 3 lika stora impedanser med resistansvärdet 6 ohm i serie med en induktiv reaktans med värdet 8 ohm vardera.

Belastning 2 är en kortsloten asynkronmotor som körs vid märkdrift och har följande data. 20 kW, 400 V,  $\cos \phi = 0,8$ , 1420 rpm, verkningsgrad 87%, IP 56. (4p)



D4 En asynkronmotor har märkdata, 15 kW, 400 V, 29 A, 50Hz,  $\cos \phi = 0,83$ , 1460 rpm, IP 56, CI F

- Motivera om du kan låta den här motorn stå och arbeta utomhus vid cykelstället vid hus Jupiter?
  - Beräkna motorns reaktiva effektbehov vid märkdrift.
  - Man vill få ned den totala fasvinkeln från motorn och ett parallellkopplat Y-kopplat kondensatorbatteri till 0 grader. Hur stora skall de tre kondensatorerna i så fall vara?
  - Motorn skall driva en linjärt växande last. Om den vet man att momentbehovet är 30Nm vid start och om den kommer upp i 1800 rpm så behöver den 100 Nm. Bestäm varvtalet på motorn då den driver belastningen.
- (5p)

D5 Som bilaga finns en ritning med två blad som skall illustrera en anläggning som transporterar sand. Först läggs sanden i en uppsamlingsficka. I denna ficka finns en skakmotor som ser till att sanden rinner ner på ett transportband. Transportbandet drivs av en motor Bandtransportör 1. Sedan går sanden vidare till en ny bandtransportör som drivs av Bandtransportör 2. Slutligen når sanden ett sista transportband som drivs av Fick-motorn och som går att köra åt två olika håll, Fram-Back. Alla motorer är kortslutna asynkronmotorer.

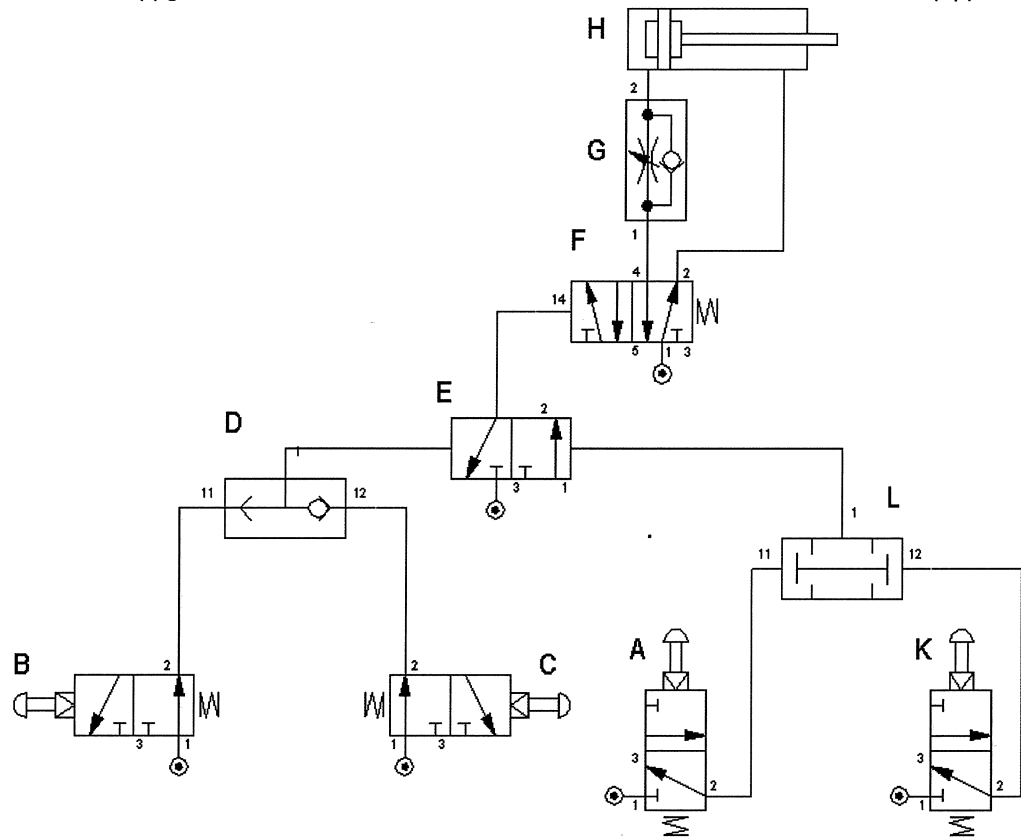
Motivera dina svar kort.

- Vad händer om man trycker på ett nödstopp om alla motorerna är igång?
  - Om skakmotorn är igång, kan man då direkt manuellt starta Fram-Back-motorn?
  - Vid kontaktorn K5 så saknas korsreferenserna för huvudkontaktorna 1-2, 3-4 och 5-6. Vad skall det stå där?
- (3p)

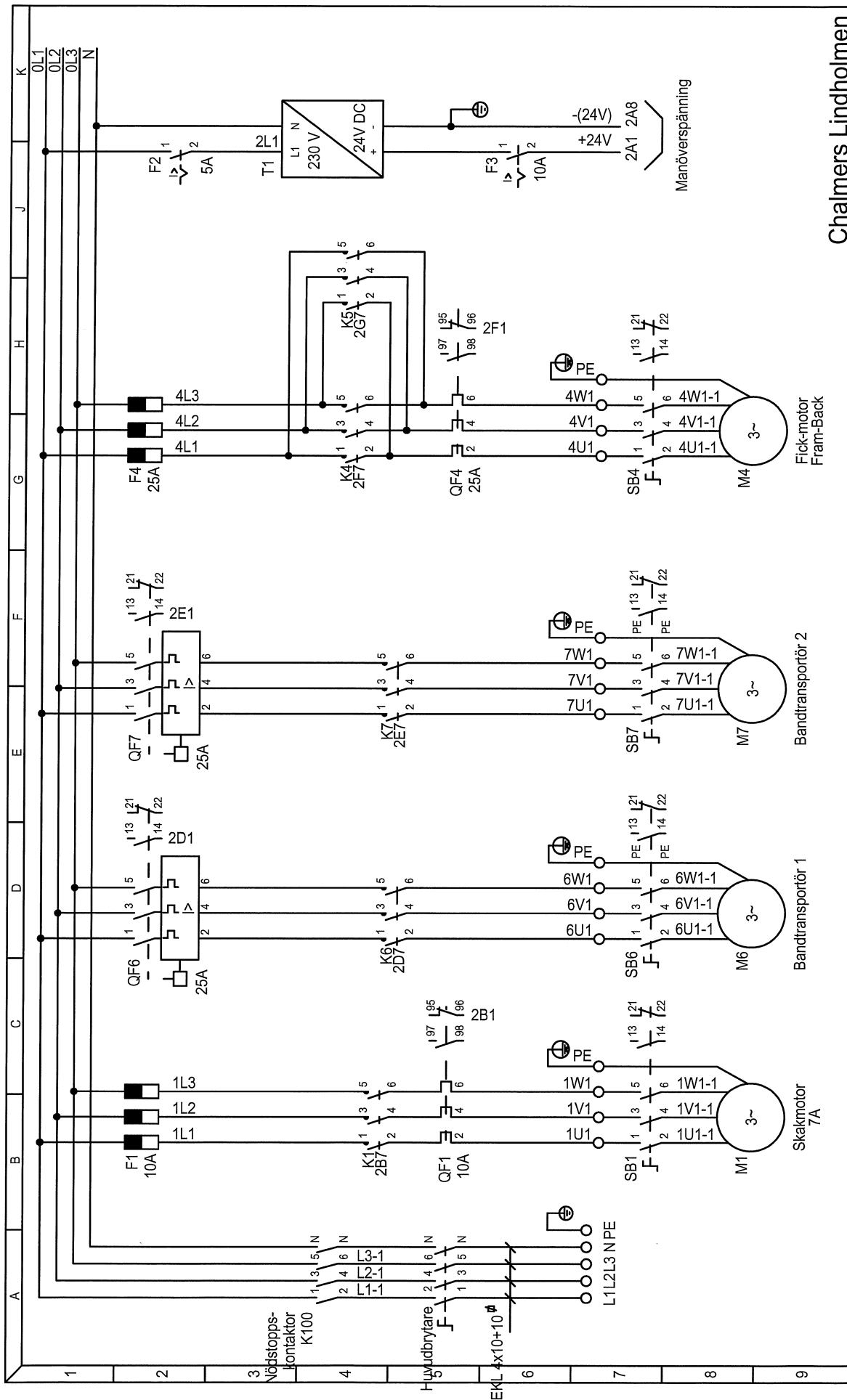
D6 Du har ett pneumatikschema som det här nedan.

- Vad krävs för att Cylindern skall göra en plusrörelse(utåt) och i vilken takt rör sig kolven jämfört med i uppgift b?
- Vad krävs för att Cylindern skall göra en minusrörelse(inåt) och i vilken takt rör sig kolven jämfört med i uppgift a?

(2p)



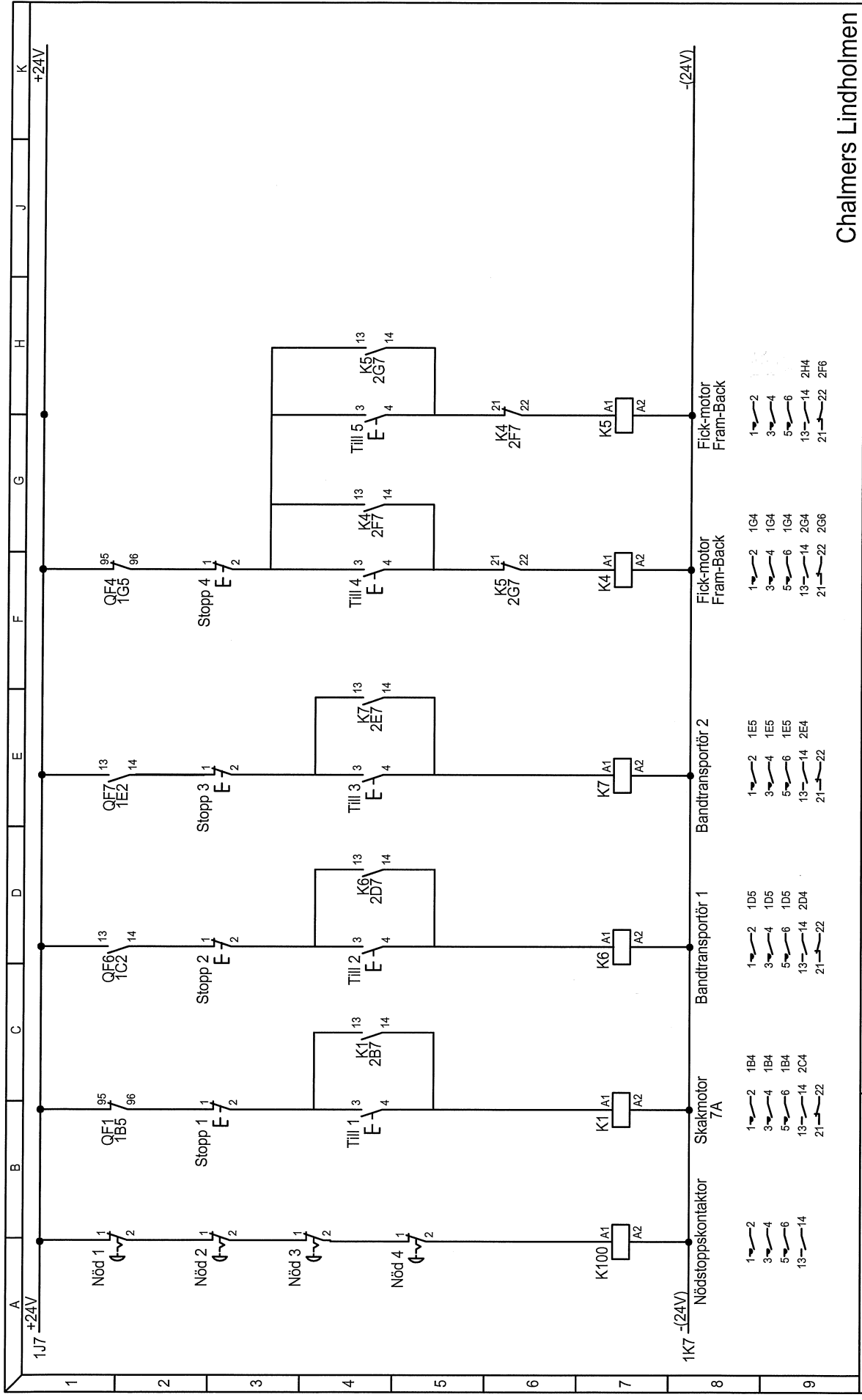
UPPGITT D5



Chalmers Lindholmen

KONST.		DATUM	NÄSTA BLAD	BLAD
GRANSKAD		UTGÅVA	2	1
FASTEL / EasyEL		FRITRUK	A*	
www.pkdata.se				

Uppgift 05



FastEL / EasyEL		Chalmers Lindholmen	
www.pkdata.se		KONST.	BLAD
		UTGÅVA	2
		REVISOR	
		A*	

# Formelsamling Givare

## Wheatstonebrygga

Givare:  $R = R_0 + \Delta R$

1 aktiv givare:  $U = \pm \frac{\Delta R}{4 \cdot R_0 + 2 \cdot \Delta R} \cdot E \approx \pm \frac{1}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R_0} \cdot E$  då  $\Delta R \ll R_0$

2 aktiva givare:  $U \approx \pm \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R_0} \cdot E$  då  $\Delta R \ll R_0$

4 aktiva givare:  $U = \pm \frac{\Delta R}{R_0} \cdot E$

Tecknet på U bestäms av bryggans koppling.

## Motståndstermometer

$R = R_0 \cdot (1 + \alpha T)$ , där

$T =$  Temperatur i [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $R_0 =$  Resistans vid  $0^{\circ}\text{C}$   
 $\alpha = 3,85 \cdot 10^{-3} [^{\circ}\text{C}^{-1}]$  för platina  
 $\alpha = 6,75 \cdot 10^{-3} [^{\circ}\text{C}^{-1}]$  för nickel.  
 $\alpha = 4,33 \cdot 10^{-3} [^{\circ}\text{C}^{-1}]$  för koppar.

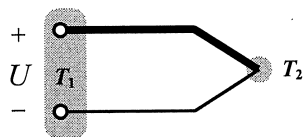
## Termoelement

$U = E_{AB}(T_2, 0^{\circ}) - E_{AB}(T_1, 0^{\circ})$

Med tabell

$U = k \cdot (T_2 - T_1)$

Linjär approximation där:



$k = 42,5 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	Typ T
$k = 53,7 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	Typ J
$k = 41,0 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	Typ K
$k = 6,43 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	Typ R
$k = 27,7 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	Typ N

## Termistor

$R = R_{25} \cdot e^{B \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right)}$  där

$R_{25} =$  resistansen vid  $25^{\circ}\text{C}$   
 $T =$  Temperatur i [K]  
 $B =$  konstant beroende av givaren

## Elektronisk ispunkt med motståndstermometer

$R_1 = \frac{\alpha \cdot E}{k} \cdot R_0$

## Töjning

$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\sigma}{E}$      $\sigma = \frac{F}{A}$      $r = k_f \cdot \varepsilon$      $r = \frac{\Delta R}{R_0}$      $R = R_0 + \Delta R = R_0(1 + r)$



## Formelsamling Don

### LIKSTRÖM:

$$R = \rho \cdot l / A$$

$$R_t = R_0 (1 + \alpha \cdot \Delta t) \quad R_t = R_0 (1 + \alpha \cdot (t_1 - t_0))$$

$$U = R \cdot I$$

$$P = U \cdot I = U^2 / R = R \cdot I^2$$

**Seriekoppling**  $R_{ers} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

**Parallellkoppling**  $1/R_{ers} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots$

### ELEKTRISKA KONSTANTER:

$$\rho_{Cu} = 0,017 \ \Omega \text{ mm}^2 / \text{m} \quad \rho_{Al} = 0,027 \ \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$\alpha_{Cu} = 0,0043 \ 1/\text{K} \quad \alpha_{Al} = 0,0042 \ 1/\text{K}$$

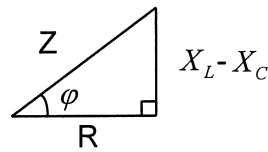
### VÄXELSTRÖM(1-fas):

$$X_L = \omega \cdot L \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$X_C = 1/(\omega \cdot C)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

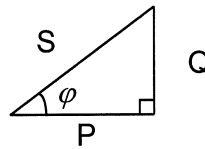
$$U = Z \cdot I$$



$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

$$S = U \cdot I$$



### VÄXELSTRÖM(3-fas):

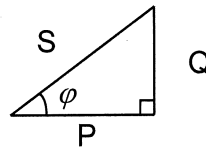
Totaleffekter i trefasssystem

$$P = \sqrt{3} \cdot U_h \cdot I_l \cdot \cos \varphi$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_h \cdot I_l \cdot \sin \varphi$$

$$S = \sqrt{3} \cdot U_h \cdot I_l$$

$$U_h = \sqrt{3} \cdot U_f$$



I D-koppling

$$I_l = \sqrt{3} \cdot I_f$$

”Spänningsfall” i 3-fas:  $\Delta U_h = \sqrt{3} (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot I$

där R = resistans per fas

X = reaktans ”-”- ”-”-

φ = belastningens fasvinkel

**Verkningsgrad:**  $\eta = P_{ut} / P_{in}$

### Matematik

$$a = c \cdot \cos \varphi$$

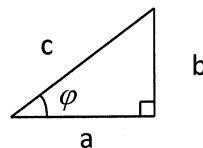
$$b = c \cdot \sin \varphi$$

$$\tan \varphi = b/a$$

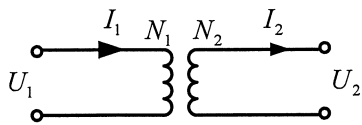
$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Cosinussatsen

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos(\alpha)$$



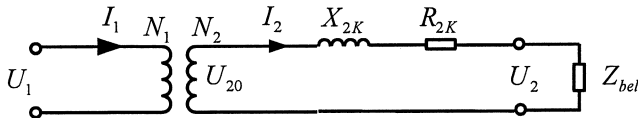
## Transformatorn



För den ideala transformatorn gäller

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad \frac{Z_1}{Z_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

Spänningsberäkning vid belastad transformator. Är det en trefastransformator räknar man per fas.



$$U_{20} = U_1 \cdot N_2 / N_1 \quad U_2 = U_{20} - R_{2K} \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_{bel} - X_{2K} \cdot I_2 \cdot \sin \varphi_{bel}$$

$U_{20}$  är primärspänningen omräknad till sekundärsidan

$R_{2K}$  är kortslutningsresistansen på sekundärsidan

$X_{2K}$  är kortslutningsreaktansen på sekundärsidan

$\varphi_{bel}$  är belastningens fasvinkel

Transformatorformeln  $U = 4,44 \cdot f \cdot N \cdot \hat{\Phi}$  där  $\hat{\Phi} = \hat{B} \cdot A$

## Likriktare

1-puls  $U_{likmed} = \sqrt{2} \cdot U / \pi = 0,45 \cdot U$

2-puls  $U_{likmed} = 2\sqrt{2} \cdot U / \pi = 0,90 \cdot U$

trefasmatning 3-puls  $U_{likmed} = 3\sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot U_f / 2\pi = 1,17 \cdot U_f$

6-puls  $U_{likmed} = 3\sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot U_f / \pi = 2,35 \cdot U_f$

## Roterande maskiner

$P_{mek} = M \cdot \omega$  där  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot n_2 / 60$  om varvtalet  $n_2$  är givet i rpm

$n_s = 2 \cdot f \cdot 60 / p$  Synkront varvtal i rpm om  $p$ =maskinens poltal

### Likströmsmaskinen (Approximativa samband)

Inducerad spänning  $E = k_E \cdot \Phi \cdot n = k_{E2} \cdot I_M \cdot n$

Moment  $M = k_M \cdot \Phi \cdot I_a = k_{M2} \cdot I_M \cdot I_a$

Spänningssamband  $U_a = E + R_a \cdot I_a$  (motor)

$U_a = E - R_a \cdot I_a$  (generator)

Varvtalssamband  $n = (U_a - R_a \cdot I_a) / (k_E \cdot \Phi)$

$n = (U_a - R_a \cdot I_a) / (k_{E2} \cdot I_M)$

### Asynkronmaskinen

Eftersläpning  $s = (n_s - n_2) / n_s$

Rotorfrekvens  $f_2 = s \cdot f_1$

Moment (allmänt)  $M = k_1 \cdot U^2$

$M = k_2 \cdot s$  (Moment inom det approximativt linjära området)

Effektsamband  $P_m = \sqrt{3} \cdot U_h \cdot I_l \cdot \cos \varphi$

$P_{12} = M \cdot \omega_s$

$P_{Cu2} = P_{12} - P_2$

där  $P_2$  är axeleffekten,  $P_{12}$  luftgapseffekten,  $\omega_s$  synkron vinkelhastighet,  $P_{Cu2}$  rotorns kopparförluster

# Termoelementstabell, typ-T

Nedan följer en tabell över termoemkän (i mV) för ett termoelement av typ T. Typ T består av koppar-konstantan<sup>1</sup> och används i intervallet -260 C till 390 C.

°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
-260	-6,258	-6,256	-6,255	-6,253	-6,251	-6,248	-6,245	-6,242	-6,239	-6,236
-250	-6,232	-6,228	-6,223	-6,219	-6,214	-6,209	-6,204	-6,198	-6,193	-6,187
-240	-6,180	-6,174	-6,167	-6,160	-6,153	-6,146	-6,138	-6,130	-6,122	-6,114
-230	-6,105	-6,096	-6,087	-6,078	-6,068	-6,059	-6,049	-6,038	-6,028	-6,017
-220	-6,007	-5,996	-5,985	-5,973	-5,962	-5,950	-5,938	-5,926	-5,914	-5,901
-210	-5,888	-5,876	-5,863	-5,850	-5,836	-5,823	-5,809	-5,795	-5,782	-5,767
-200	-5,753	-7,739	-5,724	-5,710	-5,695	-5,680	-5,665	-5,650	-5,634	-5,619
-190	-5,603	-5,587	-5,571	-5,555	-5,539	-5,523	-5,506	-5,489	-5,473	-5,456
-180	-5,439	-5,421	-5,404	-5,387	-5,369	-5,351	-5,334	-5,316	-5,297	-5,279
-170	-5,261	-5,242	-5,224	-5,205	-5,186	-5,167	-5,148	-5,128	-5,109	-5,089
-160	-5,070	-5,050	-5,030	-5,010	-4,989	-4,969	-4,949	-4,928	-4,907	-4,886
-150	-4,865	-4,844	-4,823	-4,802	-4,780	-4,759	-4,737	-4,715	-4,693	-4,671
-140	-4,648	-4,626	-4,604	-4,581	-4,558	-4,535	-4,512	-4,489	-4,466	-4,443
-130	-4,419	-4,395	-4,372	-4,348	-4,324	-4,300	-4,275	-4,251	-4,226	-4,202
-120	-4,177	-4,152	-4,127	-4,102	-4,077	-4,052	-4,026	-4,000	-3,975	-3,949
-110	-3,923	-3,897	-3,871	-3,844	-3,818	-3,791	-3,765	-3,738	-3,711	-3,684
-100	-3,657	-3,629	-3,602	-3,574	-3,547	-3,519	-3,491	-3,463	-3,435	-3,407
-90	-3,379	-3,350	-3,322	-3,293	-3,264	-3,235	-3,206	-3,177	-3,148	-3,118
-80	-3,089	-3,059	-3,030	-3,000	-2,970	-2,940	-2,910	-2,879	-2,849	-2,818
-70	-2,788	-2,757	-2,726	-2,695	-2,664	-2,633	-2,602	-2,571	-2,539	-2,507
-60	-2,476	-2,444	-2,412	-2,380	-2,348	-2,316	-2,283	-2,251	-2,218	-2,186
-50	-2,153	-2,120	-2,087	-2,054	-2,021	-1,987	-1,954	-1,920	-1,887	-1,853
-40	-1,819	-1,785	-1,751	-1,717	-1,683	-1,648	-1,614	-1,579	-1,545	-1,510
-30	-1,475	-1,440	-1,405	-1,370	-1,335	-1,299	-1,264	-1,228	-1,192	-1,157
-20	-1,121	-1,085	-1,049	-1,013	-0,976	-0,940	-0,904	-0,867	-0,830	-0,794
-10	-0,757	-0,720	-0,683	-0,646	-0,608	-0,571	-0,534	-0,496	-0,459	-0,421
0	-0,383	-0,345	-0,307	-0,269	-0,231	-0,193	-0,154	-0,116	-0,077	-0,039

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,000	0,039	0,078	0,117	0,156	0,195	0,234	0,273	0,312	0,352
10	0,391	0,431	0,470	0,510	0,549	0,589	0,629	0,669	0,709	0,749
20	0,790	0,830	0,870	0,911	0,951	0,992	1,033	1,074	1,114	1,155
30	1,196	1,238	1,279	1,320	1,362	1,403	1,445	1,486	1,528	1,570
40	1,612	1,654	1,696	1,738	1,780	1,823	1,865	1,908	1,950	1,993
50	2,036	2,079	2,122	2,165	2,208	2,251	2,294	2,338	2,381	2,425
60	2,468	2,512	2,556	2,600	2,643	2,687	2,732	2,776	2,820	2,864
70	2,909	2,953	2,998	3,043	3,087	3,132	3,177	3,222	3,267	3,312
80	3,358	3,403	3,448	3,494	3,539	3,585	3,631	3,677	3,722	3,768
90	3,814	3,860	3,907	3,953	3,999	4,046	4,092	4,138	4,185	4,232
100	4,279	4,325	4,372	4,419	4,466	4,513	4,561	4,608	4,655	4,702
110	4,750	4,798	4,845	4,893	4,941	4,988	5,036	5,084	5,132	5,180
120	5,228	5,277	5,325	5,373	5,422	5,470	5,519	5,567	5,616	5,665
130	5,714	5,763	5,812	5,861	5,910	5,959	6,008	6,057	6,107	6,156
140	6,206	6,255	6,305	6,355	6,404	6,454	6,504	6,554	6,604	6,654
150	6,704	6,754	6,805	6,855	6,905	6,956	7,006	7,057	7,107	7,158
160	7,209	7,260	7,310	7,361	7,412	7,463	7,515	7,566	7,617	7,668
170	7,720	7,771	7,823	7,874	7,926	7,977	8,029	8,081	8,133	8,185
180	8,237	8,289	8,341	8,393	8,445	8,497	8,550	8,602	8,654	8,707
190	8,759	8,812	8,865	8,917	8,970	9,023	9,076	9,129	9,182	9,235
200	9,288	9,341	9,395	9,448	9,501	9,555	9,608	9,662	9,715	9,769
210	9,882	9,876	9,930	9,984	10,038	10,092	10,146	10,200	10,254	10,308
220	10,362	10,417	10,471	10,525	10,580	10,634	10,689	10,743	10,798	10,853
230	10,907	10,962	11,017	11,072	11,127	11,182	11,237	11,292	11,347	11,403
240	11,458	11,513	11,569	11,624	11,680	11,735	11,791	11,846	11,902	11,958
250	12,013	12,069	12,125	12,181	12,237	12,293	12,349	12,405	12,461	12,518
260	12,574	12,630	12,687	12,743	12,799	12,856	12,912	12,969	13,026	13,082
270	13,139	13,196	13,253	13,310	13,366	13,423	13,480	13,537	13,595	13,652
280	13,709	13,766	13,823	13,881	13,938	13,995	14,053	14,110	14,168	14,226
290	14,283	14,341	14,399	14,456	14,514	14,572	14,630	14,688	14,746	14,804
300	14,862	14,920	14,978	15,036	15,095	15,153	15,211	15,270	15,328	15,386
310	15,445	15,503	15,562	15,621	15,679	15,738	15,797	15,856	15,914	15,973
320	16,032	16,091	16,150	16,209	16,268	16,327	16,387	16,446	16,505	16,564
330	16,624	16,683	16,742	16,802	16,861	16,921	16,981	17,040	17,100	17,159
340	17,219	17,279	17,339	17,399	17,458	17,518	17,578	17,638	17,698	17,759