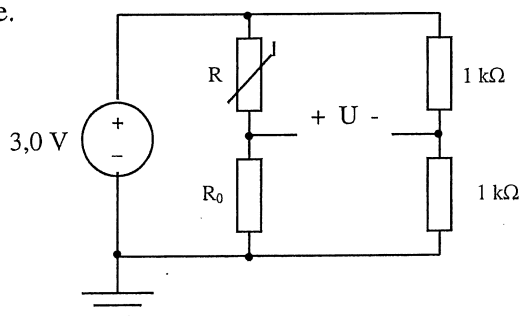


TENTAMEN

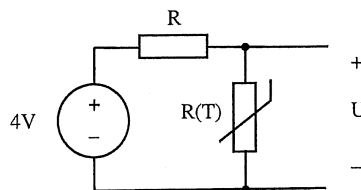
KURSNAMN	Givare och don
PROGRAM: namn åk / läsperiod	Mekatronikingenjör Åk 2 / Lp 3
KURSBETECKNING	LEU 029
EXAMINATOR	Göran Hult
TID FÖR TENTAMEN	Torsdag 17 augusti 2017 kl 8.30 – 12.30
HJÄLPMEDEL	Typgodkänd räknare Bifogad formelsamling
ANSV LÄRARE: namn telnr besöker tentamen kl	Göran Hult 070-5589009 Ungefär kl 9.30 och 11.30
DATUM FÖR ANSLAG av resultat samt av tid och plats för granskning	Tid för granskning meddelas på kurshemsida och via e-post
ÖVRIG INFORM.	Tentan omfattar 40p. Preliminära betygsgränser: 16/24/32 För att få full poäng på en uppgift ska beräkningar och motiveringar redovisas så att det är lätt att följa dem.

- G1. a) Vad menas med Halleffekt? (1p)
- b) Rita ett krettschema som visar principen för 3-tråds resistansmätning i en Wheatstonebrygga. Förklara m h a schemat varför 3-tråds resistansmätning är bättre än 2-tråds resistansmätning. (2p)
- c) Vad är ett Venturirör? Rita en figur som visar ett Venturirör och förklara vad man mäter med ett Venturirör. (1p)
- d) Vilken typ av störningar reducerar man då man använder en skärmad kabel vars skärm är jordad i en ände. (1p)

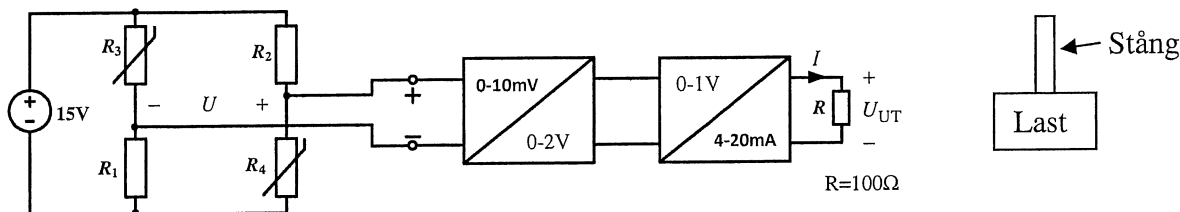
- G2. Bryggan i schemat t.h. är bestyckad med en Pt-100-givare. Bestäm givarens temperatur då $U = 74,0 \text{ mV}$.
 $R_0 = 100 \Omega$.
 Räkna "exakt". (3p)



- G3. I kretsen är $R(T)$ en termistor med $R_{25} = 1,0 \text{ k}\Omega$ och $B = 3528 \text{ K}$. Bestäm termistorns temperatur om $U = 1,2 \text{ V}$ och $R = 1,5 \text{ k}\Omega$. (3p)



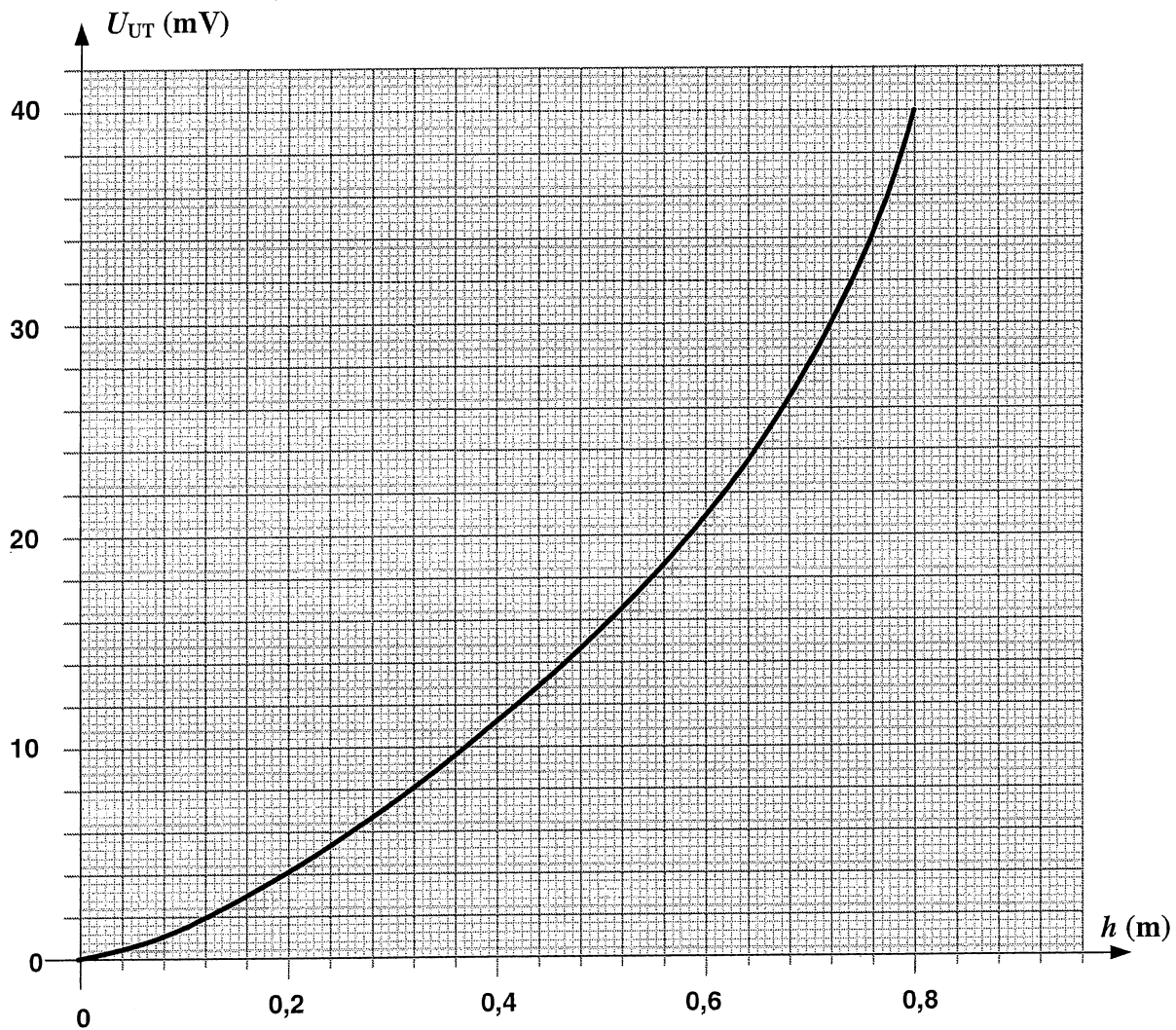
- G4. En elektronisk våg för byggkranar består av en 40 cm lång rund stång med diameter 20 mm. Stångens övre del är kopplad till byggkranens vajrar och lasten hängs i stångens undre del. Se figur. På stångens nedre del är 2 töjningsgivare R_4 och R_3 limmade och mäter stångens töjning i längdriktningen. 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 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 350 \Omega$.

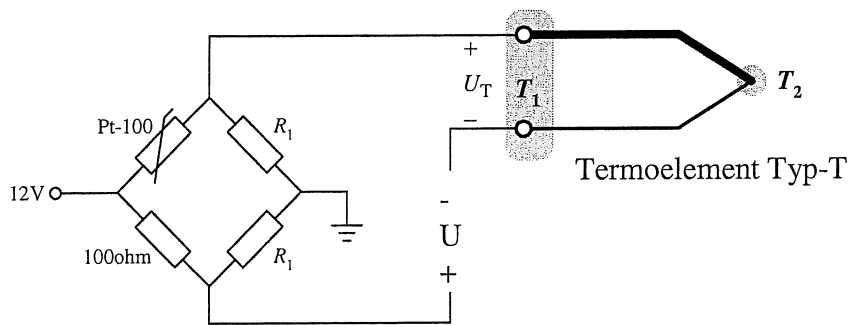
Bestäm U_{UT} om lasten har massan 500 kg (4p)

- G5. En nivågivare ger en spänning U_{UT} som funktion av vätskenivån $0 \leq h \leq 0,8\text{m}$ enligt diagrammet nedan.
Bestäm givarens linjaritetsavvikelse (i %). Visa i diagrammet hur du räknat. 2p



G6. Schemat visar en utrustning för mätning av temperatur med termoelement typ-T.
 Tabell för termoelement finns vid formelsamling.
 Termoelementet är anslutet till en brygga med en Pt100-givare vars temperatur är T_1 .
 Vid ett tillfälle är $T_1 = 50^\circ\text{C}$ och $T_2 = 86^\circ\text{C}$.

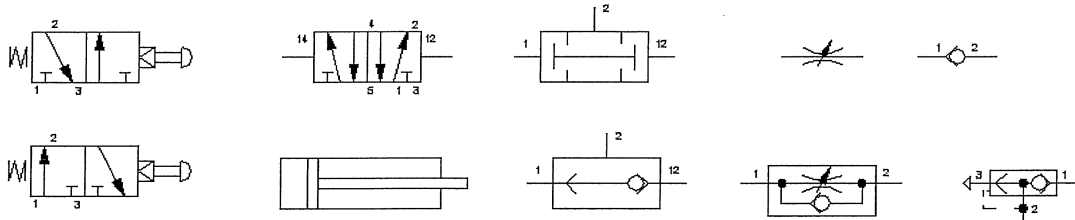
- Bestäm termo-spänningen U_T exakt med hjälp av bifogad tabell. 1p
 Termoelementet får alltså inte antagas vara linjärt!
- Antag nu att termoelementet är linjärt och bestäm R_1 så att bryggan fungerar som elektronisk ispunkt för termoelementet. 1p
- Bestäm U om R_1 väljs som beräknats i b-uppgiften? 1p
 Antag linjärt termoelement.



D 1.

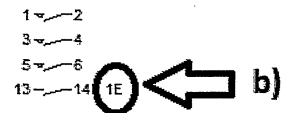
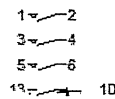
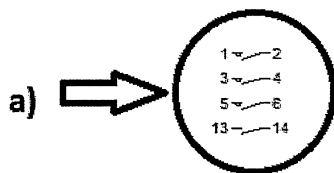
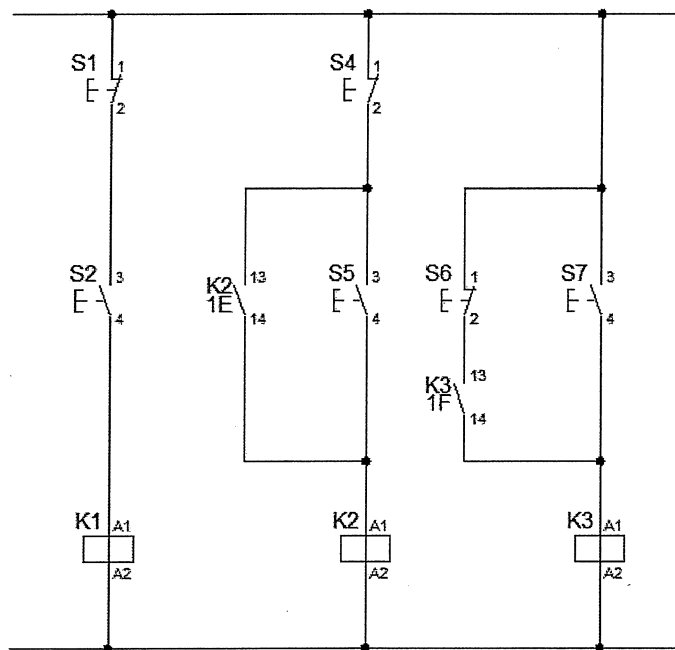
Konstruera ett pneumatiskt schema som möjliggör följande funktion:

En pneumatisk cylinder går plus vid mekaniskt påverkan av A och B. Cylinder går minus vid mekaniskt påverkan av C eller D. Här nedan finns en del olika pneumatiska komponenter som du kan använda i ditt schema som dom är eller modifierade. (Flera likadana kan naturligtvis användas.) (2p)



D 2.

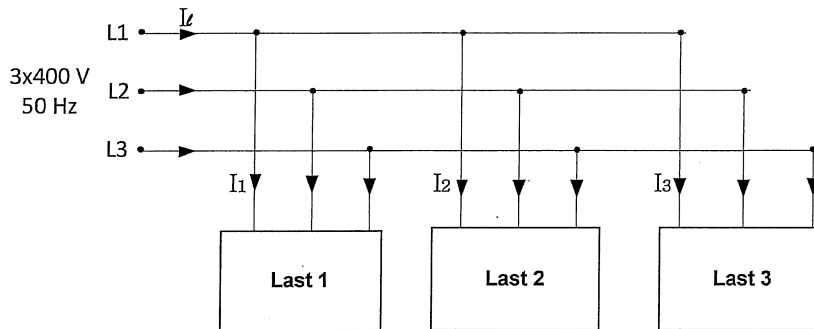
Vilken information ger de två inringade delarna a) resp b) av elschemat nedan. (2p)



D 3.

Tre resistorer på vardera 33Ω skall kopplas till ett trefasnät $3 \times 400 \text{ V}$, 50 Hz .

- a) Rita kopplingsschema för Y- respektive D-koppling av resistorerna till nätet. (1p)
 b) Bestäm effektutvecklingen i de båda fallen. (1p)

D 4.

I schemat ovan finns tre laster kopplade till ett trefasnät där följande gäller:

Last1: Symmetrisk last. Aktiv effekt $P_1 = 73 \text{ kW}$, effektfaktor 1,0.

Last2: Symmetrisk last. Strömmen $I_2 = 82 \text{ A}$, Reaktiv effekt $Q_2 = 45 \text{ kvar(ind)}$.

Last3: 3 st D-kopplade lika stora kondensatorer som drar försumbar aktiv effekt men reaktiva effekten 38 kvar(kap) .

- a) Bestäm strömmarna I_1 och I_2 om Last 3 ej är inkopplad.
 b) Bestäm strömmarna I_3 och I_L om alla lasterna är inkopplade.

(4p)

D 5.

En kylvattencirkulationspump drivs av en permanentmagnetiserad likströmsmotor och belastas då med momentet $3,2 \text{ Nm}$ och håller då varvtalet 1860 rpm . Motorn matas med 24 V och drar vid denna belastning 31 A .

- a) Vilken är motorns verkningsgrad?
 b) Motorns lindningsresistans är $0,13 \Omega$. Vilket är därmed motorns ungefärliga startmoment?

(4p)

D 6.

Med hjälp av 4 st transistorer kan man styra en likströmsmotor i en sk H-bryggkoppling. Rita ett kopplingsschema för H-bryggan och förklara kort hur styrningen går till. (3p)

D 7.

Rita en typisk momentkurva för en kortsluten asynkronmotor dvs momentet som funktion av varvtalet. Antag att motorn har startmomentet 12 Nm , maxmomentet 42 Nm , märkmomentet 9 Nm samt märkvarvtalet 1380 rpm . Beskriv också med hjälp av diagrammet hur man kan bestämma driftvarvtalet om motorn lastas med ett konstant moment på 5 Nm . (3p)

Formelsamling Givare

Wheatstonebrygga

Givare:

$$R = R_0 + \Delta R$$

1 aktiv givare:

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

2 aktiva givare:

$$U \approx \pm \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R_0} \cdot E \quad \text{då} \quad \Delta R \ll R_0$$

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°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:

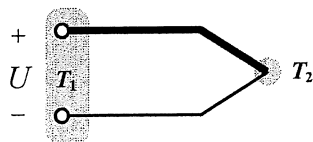
$$k = 42,5 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C} \quad \text{Typ T}$$

$$k = 53,7 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C} \quad \text{Typ J}$$

$$k = 41,0 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C} \quad \text{Typ K}$$

$$k = 6,43 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C} \quad \text{Typ R}$$

$$k = 27,7 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C} \quad \text{Typ N}$$



Termistor

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

R_{25} = resistansen vid 25°C

T = Temperatur i [K]

B = konstant beroende av givaren

Elektronisk ispunkt med motståndstermometer

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

Töjning

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

Formelsamling Don

LIKSTRÖM:

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

$$R_t = R_o (1 + \alpha \cdot \Delta t) \quad R_t = R_o (1 + \alpha \cdot (t_1 - t_o))$$

$$U = R \cdot I$$

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

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:

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

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

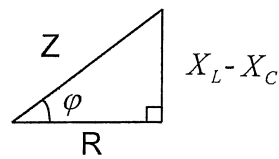
VÄXELSTRÖM(1-fas):

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

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

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

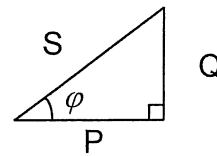
$$U = Z \cdot I$$



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

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

$$S = U \cdot I$$



VÄXELSTRÖM(3-fas):

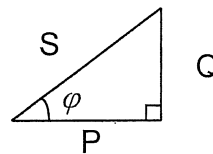
Totaleffekter i trefassystem

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

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

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

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



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

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

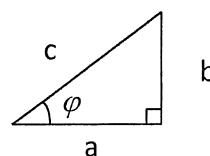
$$b = c \cdot \sin \varphi$$

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

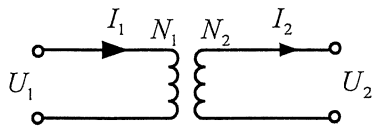
$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Cosinussatsen

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



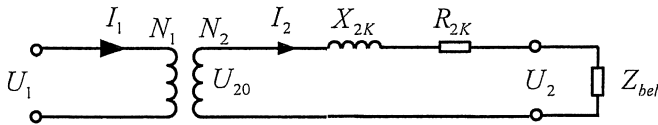
Transformatorn



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

φ_{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 $P_{in} = \sqrt{3} \cdot U_h \cdot I_l \cdot \cos \varphi$

$P_{12} = M \cdot \omega_s$ $P_{Cu2} = P_{12} - P_2$

där P_2 är axeleffekten, P_{12} luftgapseffekten, ω_s synkronvinkelhastighet, P_{Cu2} rotorns kopparförluster

Termoelementstabell, typ-T

Nedan följer en tabell över termoelementen (i mV) för ett termoelement av typ T. Typ T består av koppar-konstantan 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	-5,739	-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	8,769	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	16,980	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