

Tampere 17.5.2013

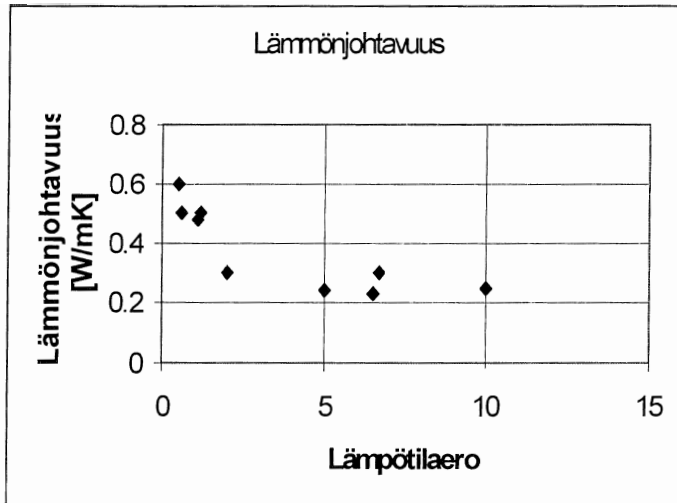
ENER-1100 ENERGIA TEKNIIKAN MITTAUKSET

Kirjallisuuden käyttö kielletty. Ohjelmoitavan laskimen käyttö sallittu.

1. Paineanturin mittausalue (full scale) on 0 – 2500 kPa. Valmistajan ilmoittamat mittausepävarmuudet herkkyydelle $\pm 1,50$ % FS ja linearisuudelle $\pm 2,25$ % FS (prosentteina koko mitausalueesta). Kalibrointimittaukset 1000 kPa paineessa antovat mittausepävarmuudeksi ± 15 kPa 95% luotettavuudella. A/D-muunnoksen amplitudin erotuskyky (resoluutio) voi antaa virheen, jonka keskihajonta on ± 15 kPa. Laske anturin kokonaisvirhe!

2. Selosta lyhyesti seuraavien mittalaitteiden toimintaperiaate
 - a) LDA
 - b) GC
 - c) PTV
 - d) isokineettinen näytteenotto
 - e) laimennussondi

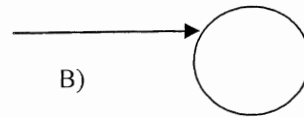
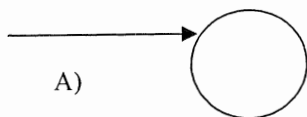
3. Selosta kuristuseliimiin perustuvien tilavusvirran mittalaitteiden rakenne ja toimintatapa.



6. Oheisessa taulukossa ja kuviossa on esitetty erään keraamisen materiaalin lämmönjohtavuusmittauksen tulokset. Lämmönjohtavuus on laskettu mittaamalla lämpövirta Q ja lämpötilaero ΔT materiaalin yli yhtälön $\lambda = Q\Delta x / \Delta T$ avulla. Δx on levyn paksuus. Mikä on mielestäsi oikea lämmönjohtavuuden arvo? Perustele vastauksesi.

Lämpötilaero	Lämmönjohtavuus
0.5	0.6
0.6	0.5
1.1	0.48
1.2	0.5
2	0.3
5	0.24
6.5	0.23
6.7	0.3
10	0.25

7. A) Piirrä oheiseen ilmassa olevan vesipisaran kuvaan lasersäteen mahdolliset erilaiset kulkureitit.
 B) Piirrä oheiseen vedessä olevan ilmakuplan kuvaan lasersäteen mahdolliset erilaiset kulkureitit.



Yhtälöitä:

$$pV = mR_{N_2}T \quad \dot{m} = \rho\dot{V}$$

Pengervaste

$T_y - T = k\tau(1 - e^{-t/\tau})$, jossa k on kerroin reunaehdossa $T_y = T_0 + kt$

Askelmuutos

$\frac{T_y - T}{T_y - T_0} = e^{-t/\tau}$, T_y on ympäristön lämpötila ja T_0 alkulämpötila.

Jaksollinen muutos

$$T = T_0 + \frac{T_{\max}}{[1 + (\omega\tau)^2]^{\frac{1}{2}}} \sin(\omega t - \theta_1)$$

jossa reunaehtona on $T = T_{\max} \sin(\omega t)$

Aikavakio on $\tau = \frac{mc}{\alpha A}$ jossa m on anturin massa, c on anturin

ominaislämpökapasiteetti, α on lämmönsiirtokerroin ja A on anturin vaipan pinta-ala.

Absoluuttiseksi mittausepävarmuudeksi

$$E_a = \Delta N = \left| \Delta u_1 \frac{\partial f}{\partial u_1} \right| + \left| \Delta u_2 \frac{\partial f}{\partial u_2} \right| + \dots + \left| \Delta u_N \frac{\partial f}{\partial u_N} \right|$$

Todennäköinen mittausepävarmuus

$$E_{rss} = \sqrt{\left(\Delta u_1 \frac{\partial f}{\partial u_1} \right)^2 + \left(\Delta u_2 \frac{\partial f}{\partial u_2} \right)^2 + \dots + \left(\Delta u_N \frac{\partial f}{\partial u_N} \right)^2}$$

K-tyyppin termoelementti

Lämpötilat Celsius-asteina
Lämpösähköinen jännite [mV]

Referenssiliitoksen lämpötila 0 °C

0	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.271	0.317	0.357	0.397
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758	0.798
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.011	1.122	1.162	1.203
30	1.203	1.244	1.285	1.325	1.366	1.407	1.448	1.489	1.529	1.570	1.611
40	1.611	1.652	1.693	1.734	1.776	1.817	1.858	1.899	1.940	1.981	2.022
50	2.022	2.064	2.105	2.146	2.188	2.229	2.270	2.312	2.353	2.394	2.436
60	2.436	2.477	2.519	2.560	2.601	2.643	2.684	2.726	2.767	2.809	2.850
70	2.850	2.892	2.933	2.975	3.016	3.058	3.100	3.141	3.183	3.224	3.266
80	3.266	3.307	3.349	3.390	3.432	3.473	3.515	3.556	3.598	3.639	3.681
90	3.681	3.722	3.764	3.805	3.847	3.888	3.930	3.971	4.012	4.054	4.095
100	4.095	4.137	4.178	4.219	4.261	4.302	4.343	4.384	4.426	4.467	4.508
110	4.508	4.549	4.590	4.632	4.673	4.714	4.755	4.796	4.837	4.818	4.919
120	4.919	4.960	5.001	5.042	5.083	5.124	5.164	5.205	5.246	5.287	5.327
130	5.327	5.368	5.409	5.450	5.490	5.531	5.571	5.612	5.652	5.693	5.733
140	5.733	5.774	5.814	5.855	5.895	5.936	5.976	6.016	6.057	6.097	6.137
150	6.137	6.177	6.218	6.258	6.298	6.338	6.378	6.419	6.459	6.499	6.539
160	6.539	6.579	6.619	6.659	6.699	6.739	6.779	6.819	6.859	6.899	6.939
170	6.939	6.979	7.019	7.059	7.099	7.139	7.179	7.219	7.259	7.299	7.338
180	7.338	7.378	7.418	7.458	7.498	7.538	7.578	7.618	7.658	7.697	7.737
190	7.737	7.777	7.817	7.857	7.897	7.937	7.977	8.017	8.057	8.097	8.137
200	8.137	8.177	8.216	8.256	8.296	8.336	8.376	8.416	8.456	8.497	8.537
210	8.537	8.577	8.617	8.657	8.697	8.737	8.777	8.817	8.857	8.898	8.938
220	8.938	8.978	9.018	9.058	9.099	9.139	9.179	9.220	9.260	9.300	9.341
230	9.341	9.381	9.421	9.462	9.502	9.543	9.583	9.624	9.664	9.705	9.745
240	9.745	9.786	9.826	9.867	9.907	9.948	9.989	10.02	10.07	10.11	10.15
250	10.11	10.19	10.23	10.27	10.31	10.35	10.39	10.43	10.47	10.51	10.56
260	10.56	10.600	10.64	10.68	10.72	10.76	10.80	10.84	10.88	10.92	10.96
270	10.96	11.010	11.05	11.09	11.13	11.17	11.21	11.25	11.29	11.33	11.38
280	11.38	11.422	11.46	11.50	11.54	11.58	11.62	11.66	11.71	11.75	11.79
290	11.79	11.835	11.87	11.91	11.95	12.00	12.04	12.08	12.12	12.16	12.20
300	12.20	12.249	12.29	12.33	12.37	12.41	12.45	12.49	12.53	12.58	12.62
310	12.62	12.664	12.70	12.74	12.78	12.83	12.87	12.91	12.95	12.99	13.03
3Z	13.03	13.080	13.12	13.16	13.20	13.24	13.28	13.33	13.37	13.41	13.45
330	13.45	13.497	13.53	13.58	13.62	13.66	13.70	13.74	13.79	13.83	13.87
340	13.87	13.915	13.95	13.99	14.04	14.08	14.12	14.16	14.20	14.25	14.29
350	14.29	14.334	14.37	14.41	14.46	14.50	14.54	14.58	14.62	14.67	14.71
360	14.71	14.754	14.19	14.83	14.88	14.92	14.96	15.00	15.04	15.09	15.13
370	15.13	15.174	15.21	15.25	15.30	15.34	15.38	15.42	15.46	15.51	15.55
380	15.55	15.594	15.63	15.67	15.72	15.76	15.80	15.84	15.88	15.93	15.97
390	15.97	16.016	16.05	16.10	16.14	16.18	16.22	16.26	16.31	16.35	16.39
400	16.39	16.438	16.48	16.52	16.56	16.60	16.64	16.69	16.73	16.77	16.81
410	16.81	16.860	16.90	16.94	16.98	17.02	17.07	17.11	17.15	17.19	17.24
420	17.24	17.283	17.32	17.36	17.41	17.45	17.49	17.53	17.58	17.62	17.66
430	17.66	17.707	17.74	17.79	17.83	17.87	17.91	17.96	18.00	18.04	18.08
440	18.01	18.131	18.17	18.21	18.25	18.30	18.34	18.38	18.42	18.47	18.51
450	18.51	18.555	18.59	18.64	18.68	18.72	18.76	18.81	18.85	18.89	18.93
460	18.93	18.980	19.02	19.06	19.10	19.15	19.19	19.23	19.27	19.32	19.36
470	19.36	19.405	19.44	19.49	19.53	19.57	19.61	19.66	19.70	19.74	19.78
480	19.78	19.831	19.87	19.91	19.95	20.00	20.04	20.08	20.12	20.17	20.21
490	20.21	20.257	20.29	20.34	20.38	20.42	20.47	20.51	20.55	20.59	20.64
500	20.64	20.683	20.72	20.76	20.81	20.85	20.89	20.93	20.98	21.02	21.06
510	21.06	21.109	21.15	21.19	21.23	21.28	21.32	21.36	21.40	21.45	21.49
520	21.49	21.535	21.57	21.62	21.66	21.70	21.74	21.79	21.83	21.81	21.91
530	21.91	21.962	22.00	22.04	22.09	22.13	22.17	22.21	22.26	22.30	22.34
540	22.34	22.388	22.43	22.47	22.51	22.55	22.60	22.64	22.68	22.12	22.71
550	22.77	22.815	22.85	22.90	22.94	22.98	23.02	23.07	23.11	23.15	23.19
560	23.19	23.241	23.28	23.32	23.36	23.41	23.45	23.49	23.53	23.58	23.62
570	23.62	23.667	23.71	23.75	23.79	23.83	23.88	23.92	23.96	24.00	24.05
580	24.05	24.093	24.13	24.17	24.22	24.26	24.30	24.34	24.39	24.43	24.47
590	24.47	24.519	24.56	24.60	24.64	24.68	24.13	24.77	24.81	24.85	24.90
600	24.90	25.944	24.98	25.02	25.07	25.11	25.15	25.19	25.24	25.28	25.32