

Tampere 28.05.2010

VIRTAUSMEKANIikka III

Kirjallisuuden käyttö kielletty. Graafisen laskimen käyttö sallittu.

1. Oletetaan, että käytettävissä ovat seuraavat virtausnopeuden mittausten menetelmät: LDA, PIV, ultraääninopeusmittari, Pitot-putki paine-eromittareineen ja kuumalanka-anemometri. Valitse mielestäsi sopivin mittalaite kohtien a-e tapauksiin. Perustele valintasi parilla rivillä!

a) Suklaamassan virtaus valmistusprosessissa olevassa muoviputkessa. Tässä tapauksessa pitäisi selvittää nopeusjakautuma putken sisällä.

b) Tehtävänä on selvittää tilavuusvirran jakautuminen ilmanvaihtojärjestelmän eri kanavissa liikehuoneistossa koko ajan käytössä olevassa järjestelmässä.

Tilavuusvirran selvittämiseksi mitataan ilmanvaihtokanavan nopeusjakautuma. Mikä mittalaite sopii parhaiten tähän tarkoitukseen?

c) Erään prosessin ilmakehässä tapahtuvassa virtauksessa epäillään olevan korkeataajuisia jaksollista vaihtelua, joka aiheuttaa melua ja rakenteiden värähtelyä. Millä mittalaitteella voit selvittää jaksollisen vaihtelun olemassa olon?

d) Laboratoriossa olevassa koelaitteessa on jousella toisesta päästään tuettu sylinteri, joka voi sen varassa heilua kaikkiin vapaisiin suuntiin. Tehtävissä kokeissa tulisi selvittää mahdollisen pyörrevanan esiintyminen sylinterin jälkeen, sen voimakkuus ja irtoamistaajuus.

e) Erääseen korkeapaineiseen prosessiin on näköyhteys pienen näkölasin kautta ($d=20$ mm). Kyseisessä kohdassa virtaa kaasu-partikkeliseos suurella nopeudella. Näiden pienten partikkelien ($10 \mu\text{m}$) nopeusvaihtelun epäillään olevan liian suurta prosessin onnistumisen kannalta. Millä mittaisit partikkelien keskinäistä nopeusvaihtelua?

2. Selosta lyhyesti seuraavia käsitteitä: a) valkoinen kohina, b) paikkaresoluutio, c) Nyquistin kriteeri, d) signaalin esittäminen amplitudi-aikatasossa ja e) signaalin esittäminen amplitudi-taajuustasossa.

3. Selosta miten IR säteilyn absorptioon perustuvat savukaasujen koostumusta mittaavat laitteet toimivat?

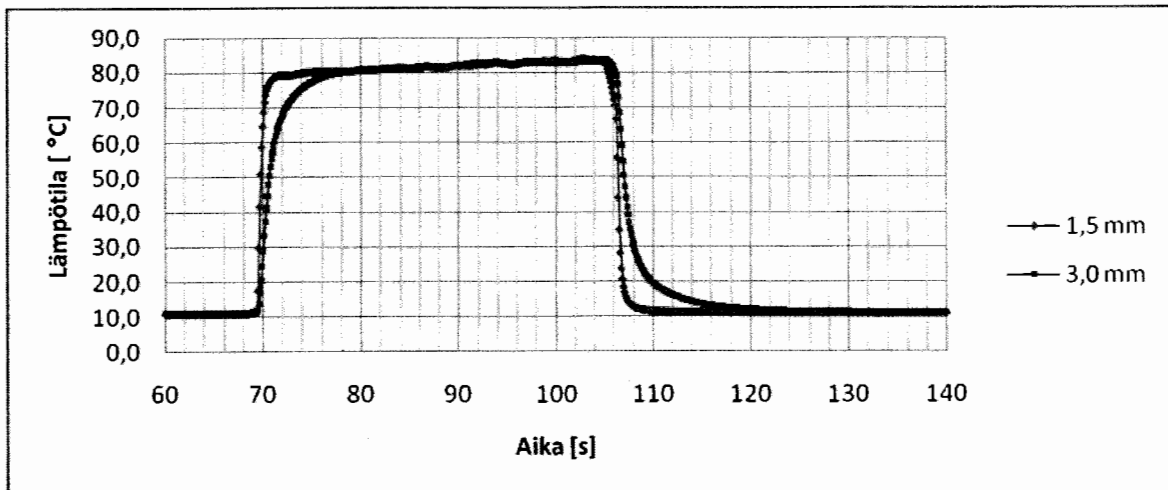
4. K-tyypin termoparin johdot olivat vahingossa vaihtuneet, jolloin termoparin ja jatkojohdon liitos muodosti napaparit Cr-Al ja Al-Cr. Mittauskohteen lämpötila on $550 \text{ }^\circ\text{C}$, referenssilämpötila $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ja jatkojohdon liitokset ovat $30 \text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa. Miten suuri virhe mittauksessa syntyy?

5. Kahden K-tyypin prosessin lämpötilan mittauksessa käytettävän termoelementin (halkaisijat 1,5 ja 3,0 mm) aikavakion arvo tarvittiin prosessin säätöjärjestelmän tarkistamiseksi. Aikavakiot mitattiin kastamalla anturit ensin kylmään veteen ($10 \text{ }^\circ\text{C}$) ja sen jälkeen kuumaan veteen ($80 \text{ }^\circ\text{C}$) ja sitten jälleen kylmään veteen. Kuvassa 1 on

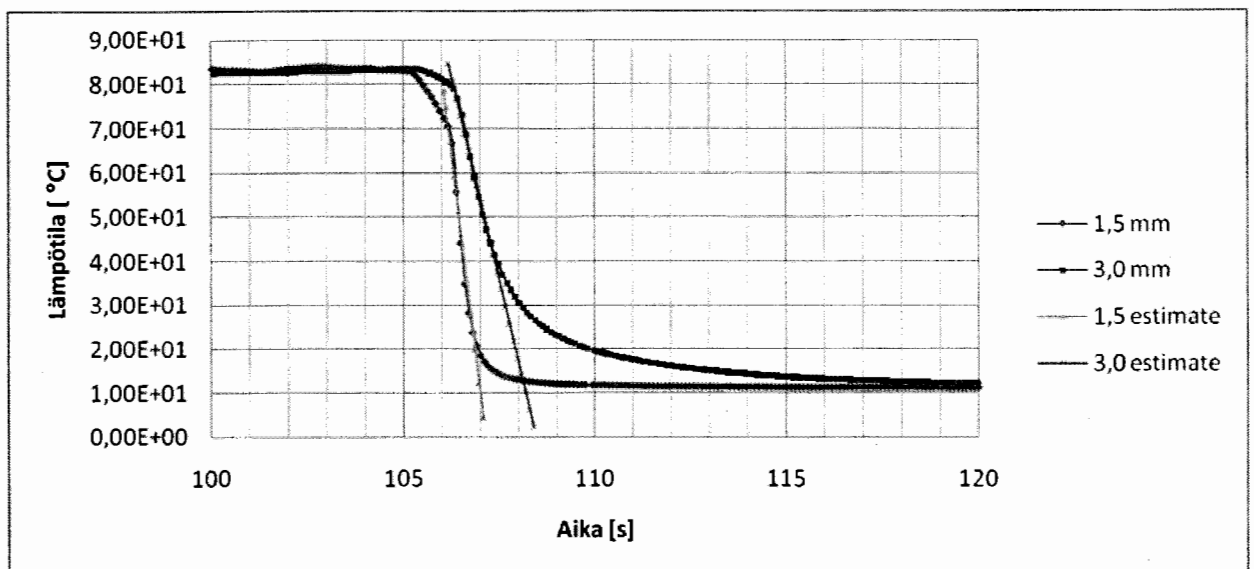
esitetty yksi jakso tehdystä mittauksesta. Taulukossa 1 on annettu tietoja sovitteista ($y=Ax+B$), jotka on tehty jakson laskevalle reunalle. a) Määritä molempien anturien aikavakiot. b) Kumpi anturi sopii paremmin sellaisen lämpötilavaihtelun mittaukseen, jonka jakson pituus on 1,8 sekuntia,?

Taulukko 1: Lineaarisen sovituksen kertoimet

Termoelin	1,5 mm	3,0 mm
$T=At+B$	Laskeva reuna	Laskeva reuna
A	-73,7453	-37,1147
B	7898,933	4024,64



Kuva 1, Mitatut anturien lämpötilat nousevassa ja laskevassa askelmuutoksessa.



Kuva 2, Mitatut anturien lämpötilat kuvan 2 laskevalle reunalle. Kuvassa ovat myös lasketut lineaariset sovitteet.

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

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

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

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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
320	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	14.79	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	22.72	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	24.73	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