

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

**Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 1994/95**

April 1995

IQK 208/3 - SISTEM PERALATAN & UKURAN I

Masa : [3 jam]

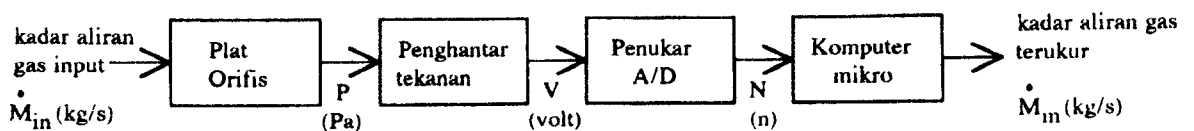
Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi SEBELAS (11) mukasurat (termasuk Lampiran) yang tercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab LIMA (5) soalan. Semua soalan mesti dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Menggunakan gambarajah yang sesuai, terangkan dengan jelas dua teknik bagi mengurangkan ralat akibat sifat-sifat bukan ideal sistem pengukuran.

(40 markah)

- (b) Di dalam sebuah kilang kimia yang besar, sistem peralatan untuk mengukur kadar aliran jisim gas, \dot{M} yang tak termampatkan yang sedang mengalir di dalam paip yang besar telah diperkenalkan. Sistem pengukuran adalah berasaskan kepada kaedah pengukuran tekanan differensial yang mengandungi plat Orifis, penghantar tekanan perbezaan, penukar analog ke digital (A/D) dan komputermikro dengan kemudahan paparan berwarna. Penghantar tekanan bertindak sebagai elemen pampasan akibat daripada kesan tak-linear plat Orifis dan komputermikro akan membuat pengiraan kadar aliran gas di dalam unit kg/s. Rajah S1(b) memberikan gambarajah blok sistem pengukuran dan Jadual S1(b) memberikan persamaan-persamaan model dan parameter bagi setiap elemen.



Rajah S1(b)

	Plat Orifis	Penghantar tekanan	A/D	Komputer mikro
Persamaan model	$\Delta P = \left(\frac{\dot{M}_{in}}{\varepsilon} \right)^{\frac{2}{3}} \sqrt{2a_1 \rho}$	$V = \frac{1 \times 10^4}{(b_1 + b_2)^2} \Delta P$	Kepekaan linear, k_1	Kepekaan linear, k_2
Nilai purata	$\bar{a}_1 = 0.001$ $\bar{\varepsilon} = 0.01$ $\bar{\rho} = 2500$	$\bar{b}_1 = 100$ $\bar{b}_2 = 250$	$\bar{k}_1 = 0.01$	$\bar{k}_2 = 120$
Taburan statistik	<u>Gaussian</u> $\sigma_{a_1} = 0$ $\sigma_{\varepsilon} = 46$ $\sigma_{\rho} = 0$	<u>Gaussian</u> $\sigma_{b_1} = 2.7$ $\sigma_{b_2} = 0$	<u>Segiempat bujur</u> $h_{k_1} = 4.5 \times 10^{-3}$	<u>Segiempat bujur</u> $h_{k_2} = 3.0$

Jadual S1(b)

- (i) Menggunakan data yang diberikan di dalam jadual S1(b), tentukan nilai purata dan sisihan piawai bagi ralat fungsi ketumpatan kebarangkalian apabila kadar aliran jisim gas diinput ialah $\dot{M} = 100$ kg/s. Andaikan taburan segiempat bujur adalah jenis Gaussian dengan sisihan piawai

$$\text{diberikan oleh } \sigma = \frac{h}{\sqrt{3}}.$$

(50 markah)

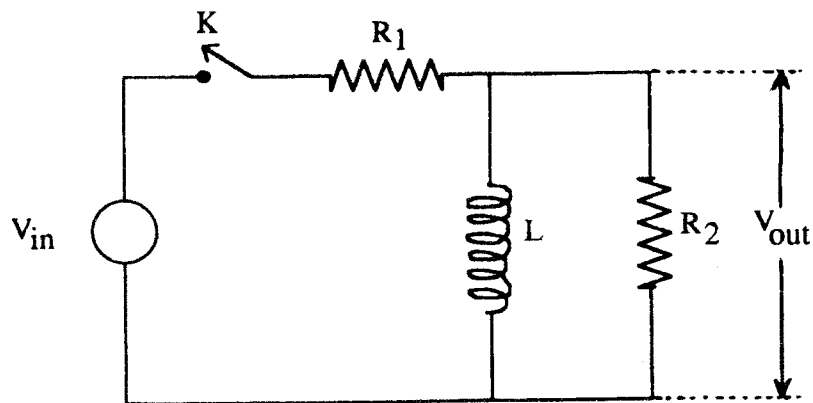
- (ii) Daripada (i), bincangkan ketepatan sistem pengukuran apabila mengukur kadar aliran gas.

(10 markah)

2. (a) Dengan menggunakan contoh yang sesuai, terangkan dengan jelas pengertian elemen masa mati. Tanpa membuat pengiraan yang terperinci, huraikan dengan ringkas sambutan dinamik bagi peralatan masa mati terhadap input langkah, ramp dan impuls.

(40 markah)

- (b) Sebuah sistem peralatan yang mengandungi elemen-elemen pasif seperti rintangan, R (Ω) dan induktan, L (H) telah direkabentuk untuk memproses isyarat-isyarat analog V_{in} (volt) yang hantar daripada sebuah penderia. Litar setara sistem peralatan ditunjukkan di dalam Rajah S2(b).



Rajah S2(b)

Sifat-sifat dinamik sistem peralatan yang ditunjukkan di dalam Rajah S2(b) telah dikaji dengan menginputkan rangkaian dengan isyarat langkah $V_{in} = E$ (Volt) apabila suis ditutup pada masa $t = 0$ saat.

(i) Tentukan fungsi pindah sistem yang menghubungkan voltan output (V_{out}) dan input (V_{in}).

(20 markah)

(ii) Daripada (i) atau sebaliknya, tentukan tertib sistem.

(7 markah)

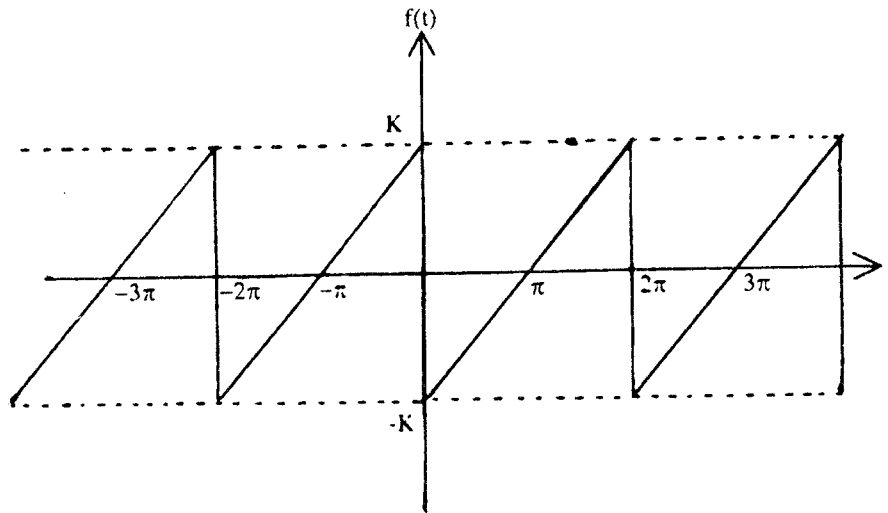
(iii) Jikalau $R_2 = 50\Omega$, $L = 0.02H$ dan $V_{in} = 100$ Volt, kira pemalar masa sistem untuk membolehkan V_{out} menurun sebanyak 90% daripada nilai asalnya di dalam masa sebanyak 1 ms. Seterusnya, tentukan nilai rintangan R_1 untuk membolehkan penurunan di atas berlaku.

(20 markah)

(iv) Jikalau input kepada sistem adalah fungsi sinusoidal, $V_{in} = 100 \sin 20t$, cari amplitud dan anjakan fasa V_{out} .

(13 markah)

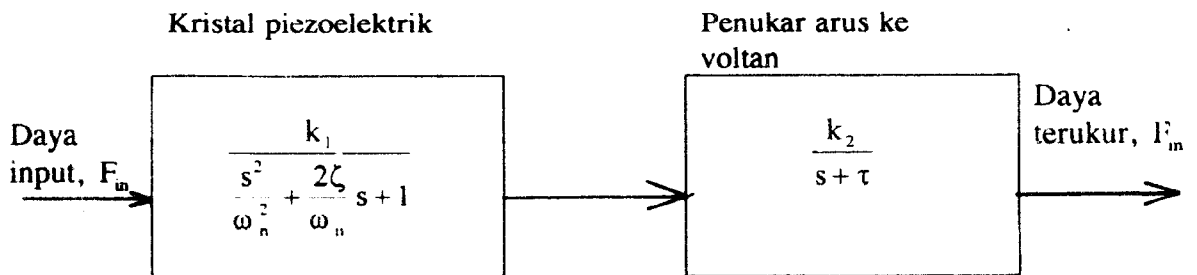
3. (a) Cari ungkapan Fourier dan seterusnya lakarkan spektrum frekuensi bagi gelombang gigi-gergaji yang ditunjukkan di dalam Rajah S3(a).



Rajah S3(a)

(40 markah)

- (b) Sebuah sistem pengukuran daya telah direkabentuk daripada elemen kristal piezoelektrik dan penukar arus ke voltan. Sifat dinamik kristal piezoelektrik diwakili oleh fungsi pindah tertib kedua yang mempunyai kepekaan keadaan mantap $k_1 = 1000$, frekuensi semulajadi $\omega_n = 10$ rad/s dan pemalar lemati $\zeta = 0.5$. Sifat dinamik elemen penukar arus ke voltan pula adalah bertertib pertama dengan kepekaan keadaan mantap $k_2 = 1 \times 10^{-3}$ dan pemalar masa $\tau = 0.2$ s. Rajah S3(b) menunjukkan gambarajah blok sistem pengukuran.



Rajah S3(b)

Jikalau perubahan daya input F_{in} adalah sebuah gelombang seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah S3(a), kira ralat dinamik sehingga harmonik ke tiga sistem pengukuran apabila amplitud isyarat $K = \pi$ dan kala $T = \pi$ saat.

(60 markah)

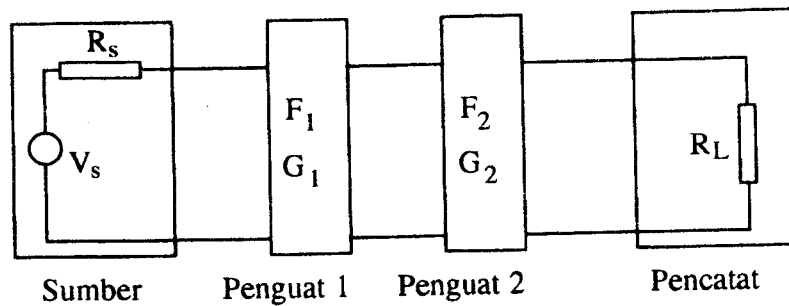
4. (a) Takrifkan pengertian faktor bising.

(20 markah)

- (b) Menggunakan gambarajah yang kemas, huraikan kaedah frekuensi tunggal bagi menentukan faktor bising peralatan. Terbitkan kesemua formula-formula yang berkaitan.

(30 markah)

- (c) Dua penguat peralatan yang berlebar jalur B akan digunakan untuk menguatkan isyarat yang lemah yang dihantar oleh suatu sumber bekalan V_s yang berintangan output R_s . Proses penguatan akan dilakukan pada suhu bilik $T^\circ K$. Di dalam proses penguatan ini juga, penguat pertama dengan faktor bising F_1 dan gandaan kuasa G_1 telah disambungkan secara berkaskad kepada penguat kedua dengan faktor bising F_2 dan gandaan kuasa G_2 . Output daripada penguat yang kedua telah disambungkan kepada pencatat storan dengan rintangan input R_L . Gambarajah keseluruhan sistem peralatan ditunjukkan di dalam Rajah S4(c).



Rajah S4(c)

Jikalau nilai-nilai faktor bising dan gandaan kuasa penguat pertama dapat dipilih daripada julat 1.0 - 1.5 dan 10 - 20 dB masing-masingnya, kira faktor bising penguat kedua bagi membolehkan nisbah kuasa isyarat ke bising yang dapat dihasilkan dipencatat melebihi 86 dB apabila $V_s = 1\mu\text{V}$, $T = 290^\circ\text{K}$ dan $B = 20\text{ MHz}$.

(50 markah)

Diberikan

Pemalar Boltzman, $K = 1.38 \times 10^{-23}\text{ J/}^\circ\text{K}$

Rintangan output sumber bekalan, $R_s = 100\Omega$

Rintangan input pencatat, $R_L = 10\text{M}\Omega$

5. (a) Bezakan di antara transduser penjana diri, pemodulat dan pengubahsuai. Seterusnya, tentukan samada transduser-transduser berikut adalah jenis penjana diri, pemodulat dan pengubahsuai.

- (i) Potensiometer rotari untuk pengukuran sesaran bersudut.
- (ii) Termokupel untuk pengukuran suhu.
- (iii) Sel fotokonduktif untuk pengukuran optikal.
- (iv) Kristal piezoelektrik untuk pengukuran daya.

(40 markah)

(b) Di dalam pengujian kekuatan ingin automobil, sistem peralatan akselerometer yang berasaskan kepada penderia piezoelektrik telah digunakan untuk mengukur daya yang dihasilkan oleh roda yang sedang berputar. Kristal piezoelektrik mempunyai kepekaan cas terhadap daya sebanyak 2pc/N , kapasitan 100pF , frekuensi semulajadi 1.5kHz dan pemalar penlemati 0.001 . Akselerometer telah disambungkan kepada sebuah pencatat menggunakan kabel koasial yang mempunyai nilai kapasitan sebanyak 200pF tetapi berintangan kecil dan boleh diabaikan. Jikalau pencatat mempunyai rintangan dalaman sebanyak $100\text{M}\Omega$,

- (i) tanpa membuat pengiraan yang terperinci, lakarkan sambutan magnitud dan frekuensi bagi akselerometer di atas.

(20 markah)

(ii) Kira amplitud dan anjakan fasa yang akan dicatatkan dipencatat apabila perubahan daya yang dihasilkan oleh roda merupakan satu fungsi sinus dengan frekuensi 80Hz dan amplitud 10N.

(15 markah)

(iii) Daripada (i) atau sebaliknya, terangkan kenapa peralatan di atas kurang berkesan bagi mengukur daya yang berfrekuensi kurang daripada 2Hz. Secara ringkas, terangkan apakah perubahan yang mesti dilakukan bagi membolehkan sistem peralatan mengukur daya yang kurang daripada 2Hz.

(25 markah)

6. Tulis nota ringkas daripada tiga tajuk yang berikut:

- (a) Penukar flash
- (b) Tangga kesurihan
- (c) Voltan ragam sepunya
- (d) Teorem Nyquist
- (e) Kesan pembebanan elektrik

(100 markah)

Lampiran

Jelmaan Laplace bagi beberapa fungsi asas $f(t)$

$$\mathcal{L}[f(t)] = \bar{f}(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} f(t) dt$$

Function	Symbol	Graph	Transform
1st Derivative	$\frac{d}{dt} f(t)$		$s\bar{f}(s) - f(0-)$
2nd Derivative	$\frac{d^2}{dt^2} f(t)$		$s^2\bar{f}(s) - sf(0-) - \dot{f}(0-)$
Unit impulse	$\delta(t)$		1
Unit step	$\mu(t)$		$\frac{1}{s}$
Exponential decay	$\exp(-\alpha t)$		$\frac{1}{s + \alpha}$
Exponential growth	$1 - \exp(-\alpha t)$		$\frac{\alpha}{s(s + \alpha)}$
Sine wave	$\sin \omega t$		$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
Phase shifted sine wave	$\sin(\omega t + \phi)$		$\frac{\omega \cos \phi + s \sin \phi}{s^2 + \omega^2}$
Exponentially damped sine wave	$\exp(-\alpha t) \sin \omega t$		$\frac{\omega}{(s + \alpha)^2 + \omega^2}$
Ramp with exponential decay	$t \exp(-\alpha t)$		$\frac{1}{(s + \alpha)^2}$

* Initial conditions are at $t = 0-$, just prior to $t = 0$