
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2008/2009

April - Mei 2009

EEK 370 – EKONOMI DAN PENGURUSAN SISTEM KUASA

Masa: 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEMBILAN BELAS muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Kertas soalan ini mengandungi ENAM soalan.

Jawab **LIMA** soalan.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Sila susun semua jawapan anda dalam **Format Jawapan Akhir (FOJA)**

Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sudut sebelah kanan soalan berkenaan.

Jawab semua soalan dalam bahasa Malaysia atau bahasa Inggeris atau kombinasi kedua-duanya.

1. Jadual 1 adalah data beban harian untuk penyuar utama terletak di suatu daerah.

Table 1 is a daily load data for prime feeder located in one district.

- (a) Tentukan beban setiap pelanggan di dalam Jadual 1 tersebut.
Identify each load of the consumer in the Table 1.

- (b) Senaraikan 2 ciri untuk setiap pelanggan di dalam Jadual 1.
List 2 characteristics of each consumer in the Table 1.

(50%)

Penyuar utama A dengan beban puncak tahunan 500kW mengalami kehilangan kuasa disebabkan kehilangan teras sebanyak 150kW untuk 3 fasa. Andaikan faktor kehilangan tahunan adalah 0.09. Tentukan.

A main feeder A with yearly peak load 500kW having lost of power due to core lost of 150kW for three phase. Assume yearly lost factor is 0.09. Determine.

- (c) Purata kehilangan kuasa tahunan.
Average yearly lost power.

- (d) Jumlah kehilangan tenaga tahunan untuk penyuar tersebut disebabkan kehilangan teras.

Total yearly lost energy for feeder are to core lost.

(50%)

Jadual 1 : Data Beban Harian Untuk Penyuaap Utama
Daily Load Data For Prime Feeder

Masa Time	Beban (kW) Load kW		
	Pembeli A Consumer A	Pembeli B Consumer B	Pembeli C Consumer C
12.00 am	150	1050	350
1.00 am	150	1050	250
2.00 am	150	1050	250
3.00 am	150	1050	250
4.00 am	150	1050	250
5.00 am	150	1050	250
6.00 am	150	1050	250
7.00 am	250	1050	350
8.00 am	350	1050	550
9.00 am	450	1250	1150
10.00 am	450	1250	1150
11.00 am	450	1250	1250
12.00 pm	450	1250	1250
1.00 pm	450	1250	1250
2.00 pm	450	1250	1250
3.00 pm	450	1250	1250
4.00 pm	450	1250	1250
5.00 pm	550	1250	1250
6.00 pm	650	1150	850
7.00 pm	750	1150	450
8.00 pm	850	1150	350
9.00 pm	950	1150	350
10.00 pm	950	1150	350
11.00 pm	850	1150	350

2. Jadual di bawah digunakan oleh industri pembekal kuasa untuk mengenakan kadar tenaga kepada pembeli industri pertengahan.

Table below used by power supply industry to charge energy rate to medium consumer industry.

- (i) Bil permintaan bulanan sama seperti permintaan bulanan maksima 30 minit darap dengan 0.85/bulanan purata faktor kuasa. Penalti faktor kuasa tidak dikenakan apabila purata faktor kuasa lebih dari 0.85.

Monthly demand bil same as maximum monthly demand 30 minutes multiply by 0.85/monthly average power factor. Penalty power factor not to be charge when monthly average power factor move than 0.85.

- (ii) Permintaan bulanan yang dikenakan adalah RM2.15/kW untuk bil permintaan bulanan.

Monthly demand charge is RM2.15/kW of monthly demand bil.

- (iii) Tenaga yang dikenakan
Energy charge

5.2 sen/kWh untuk 1000kW pertama
5.2 cent/kWh for 1000kW first

3.1 sen/kWh untuk 3000kW seterusnya
3.1 cent/kWh for 3000kW next

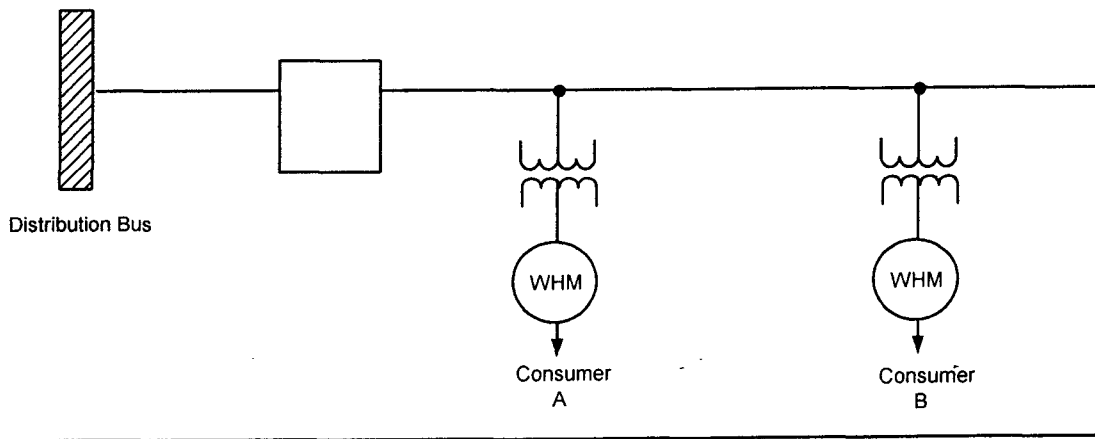
2.2 sen/kWh untuk seterusnya
2.2 cent/kWh for all next

- (iv) Nilai bulanan yang dikenakan adalah jumlah permintaan bulanan yang dikenakan dan tenaga bulanan yang dikenakan.

Amount monthly charge is total of monthly demand charge and monthly energy charge.

- (v) Terdapat 2 pembeli yang memerlukan pengagihan kuasa oleh industri pembekal kuasa seperti Rajah di bawah.

There are 2 consumer require power distribution by the power supply industry as shown in the Figure below.



Jadual Consumer

Load Characteristic	Consumer A	Consumer B
30 minit Permintaan maksima <i>Maximum demand</i> 30 minutes	28kW/bulan <i>28kW/month</i>	42kW/bulan <i>42kW/month</i>
Jumlah tenaga <i>Total energy</i>	8250kWh/bulan <i>8250kWh/month</i>	8250kWh/bulan <i>8250kWh/month</i>
Faktor kuasa <i>Power factor</i>	0.87	0.72

- (a) Kira faktor kuasa bulanan untuk setiap pembeli (1 bulan = 720 jam)
Calculate monthly load factor of each consumer (1 month=730 hours)
- (b) Dapatkan pengubah dengan kadar saiz kVA berterusan untuk setiap pembeli.
Find continous kVA rate size distribution transformer for each of the consumer.
- (c) Tentukan bil bulanan setiap pembeli.
Determine monthly bil each of consumer.
- (d) Tentukan saiz kapasitor untuk meningkatkan faktor kuasa pembeli B kepada 0.85.
Determine size of capasitor in kVAR to increase power factor for consumer B to 0.85.
- (e) Kos pemasangan kapasitor adalah RM31/kVAR termasuk pemutus litar dan pelindung litar pintas. Tentukan bil bulanan kapasitor untuk membetulkan faktor kuasa pada Soalan (d), agar bayaran pemasangan boleh dimanfaatkan daripada permintaan yang dikenakan.
Cost installation for the capacitor is RM31/kVAR include circuit breaker and protection for short circuit. Determine monthly bil for the capacitor to correct the power factor at Question (d), in order to pay installation through saving of demand charge.

(100%)

3. (a) (i) Apakah yang dimaksudkan dengan Titik Gandingan Sepunya?
What is meant by Point of Common Coupling (PCC)?
(15%)
- (ii) Apakah yang dimaksudkan dengan nisbah I_{SC}/I_L dalam hubung antara pengguna dan utiliti.
What is meant by I_{SC}/I_L ratio in relation between customers and utility.
(15%)
- (b) (i) Kebanyakan beban-beban industri adalah induktif, loji lazimnya menggunakan kapasitor-kapasitor untuk meningkatkan faktor kuasa. Kapasitor tidak mengakibatkan harmonik tetapi menyebabkan terjadinya resonansi dengan induktans sistem kuasa. Jika frekuensi resonansi terjadi berhampiran suatu frekuensi harmonik, kapasitor mungkin menguatkan arus harmonik yang dihasilkan oleh beban tak linear. Rajah 3 menunjukkan suatu litar kuasa dengan kapasitor pembetulan faktor kuasa. Gabungan selari induktans sistem dan kapasitor pembetulan faktor kuasa akan mempunyai suatu frekuensi resonansi, f_r . Jika L ialah induktans (X_s dibahagi dengan 2π) dan C ialah kapasitor maka anda dikehendaki untuk menerbitkan suatu hubungan untuk frekuensi resonansi sebagai fungsi daripada parameter-parameter sistem.

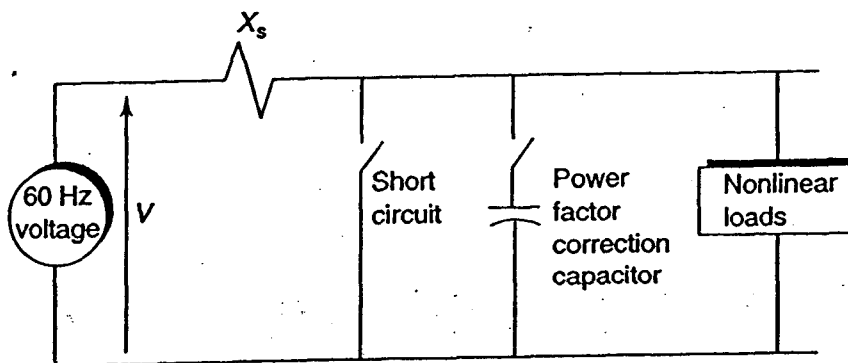
$$f_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Many industrial loads are inductive, plants often use capacitors to raise the power factor. Capacitors do not cause harmonics, but they do create a resonance with the inductance of the power system. If the resonant frequency occurs near a harmonic frequency, the capacitors may amplify the harmonic currents created by nonlinear loads.

Figure 3 shows a power circuit with power factor correction capacitors. The parallel combination of the system inductance and the power factor correction capacitors will have a resonant frequency, f_r . If L is the system inductance (X_s divided by 2π) and C is the capacitance, then you are required to derive a relationship of resonant frequency based on the system parameters derive the resonant frequency is given by

$$f_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

(10%)



Rajah 3
Figure 3

- (ii) Biasanya, kita tidak melibatkan L dan C dalam pengiraan frekuensi resonansi. Adalah lebih mudah mengungkapkan frekuensi resonansi dalam sebutan saiz kapasitor faktor kuasa dalam kVAR. Pertimbangkan Rajah 3 bila suis ditutup untuk memintaskan beban-beban. Semua sumber voltan akan jatuh melintang impedans sistem yang dalam kes ini dianggap induktif. Maka terbitkan hubungan untuk kVA_{sc} .

Normally, we do not deal with inductance and capacitance in the calculation of resonant frequency, however. It is much more convenient to express the resonant frequency in other terms. In particular, we normally size power factor capacitors in kVAR. Also shown in Figure 3 is a short circuit. Consider what happens when the switch is closed to short out the loads. All of the source voltage will be dropped across the system impedance, which in this case is considered to be inductive. Thus, find the relationship for the kVA_{sc} .

(10%)

- (iii) Informasi keupayaan litar-pintas biasanya disediakan oleh utiliti, jika diperlukan. Begitu juga dengan mengabaikan kejatuhan voltan melintang X_s semasa operasi normal, terbitkan hubungan kVAR total untuk kapasitans.

The available short-circuit capacity is normally provided by the utility, if requested. Similarly, neglecting the voltage drop across X_s during normal operation derive the total kVAR of the capacitance.

(10%)

...10/-

- (iv) Oleh kerana $X_s = 2\pi fL$ dan $X_{cap} = 1/(2\pi fC)$, terbitan, frekuensi sistem berganda h_r ketika terjadinya resonansi.

Since $X_s = 2\pi fL$ and $X_{cap} = 1/(2\pi fC)$, derive the h_r where h_r is the multiple of the system frequency at which the resonance occurs.

(10%)

- (c) Suatu loji pembuatan kecil disuapkan dengan oleh transformer 1000 kVA dan mempunyai alatan yang beroperasi pada faktor kuasa 0.8 menyusul, daripada litar pintas kVA penuh beban. Utiliti telah menunjukkan bahawa litar pintas kVA yang ada pada sekunder transformer ialah 15,000 kVA. Jika faktor kuasa loji dibetulkan menjadi faktor kuasa satu, apakah frekuensi resonans pada beban penuh dan seperempat beban dengan menganggap kapasitor di suis, bukakan bila beban jatuh?

A small manufacturing plant is fed by a 1000 kVA transformer and has equipment that operates at a power factor of 0.8 lagging, from full load down to quarter. The utility has indicated that the available short-circuit kVA at the secondary of the transformer is 15,000 kVA. If the plant power factor is corrected to unity power factor, what is the resonant frequency at full load and quarter load, assuming capacitors are switched out when the load drops?

(30%)

4. (a) (i) Terangkan apa yang dimaksudkan dengan arus harmonik?

Explain what is meant by a harmonic current?

(4%)

- (ii) Apakah sebab utama arus harmonik dalam sistem kuasa?

What is the major cause of harmonic currents in the power system?

(4%)

...11/-

- (iii) Apakah tiga kemungkinan kesan-kesan utama arus harmonik dalam sistem kuasa.
What are three possible detrimental effects harmonic currents in the power system?
(4%)
- (iv) Apakah yang dimaksudkan dengan sebutan harmonik triplen?
What is meant by the term triplen harmonics?
(4%)
- (v) Kenapa arus harmonik triplen terutamanya tidak baik untuk sistem kuasa?
Why are triplen harmonic currents particularly bad for the power system?
(4%)
- (vi) Apakah kegunaan 'surge suppressor'?
What is the purpose of a surge suppressor?
(4%)
- (vii) Apakah piawaian UL yang digunakan kepada 'surge suppressor'?
What UL standard applies to surge suppressors?
(4%)
- (viii) Senaraikan ciri-ciri suatu 'surge suppressor' yang baik.
List the characteristics of a "good" surge suppressor.
(4%)

- (ix) Terangkan perbezaan-perbezaan antara sistem-sistem kuasa 'standby', talian interaktif dan tiada gangguan berterusan.

Explain the differences between standby, line-interactive, and continuous uninterruptible power systems.

(4%)

- (x) Terangkan apakah yang dimaksudkan dengan garis lengkung CBEMA-ITI dan apakah maksud kegunaannya.

Explain what is meant by the CBEMA-ITI Curve and what its purpose is.

(4%)

- (b) Beban fasa tunggal tak linear telah didapati mempunyai data seperti tertera dalam Jadual II di bawah.

Single-phase, nonlinear load was found to have the data shown in Table II below.

- (i) Cari arus rms yang digunakan oleh beban.

Find the rms current drawn by the load.

- (ii) Cari THD_F dan THD_R arus.

Find the THD_F and THD_R of the current.

- (iii) Apakah faktor kuasa gegaran beban ini?

What is the displacement power factor for this load?

- (iv) Apakah faktor kuasa total beban ini?

What is the total power factor for this load?

(30%)

Jadual II
Table II

Harmonic Ord	Frequency (hertz)	rms Voltage (volts)	Voltage Phase angle (0)	rms Current (amps)	Current phase angle (0)	Power (kW)
1	60	118	0	118	-28	10.0
3	180	0	0	60	91	0
5	300	0	0	20	-84	0
7	420	0	0	19	92	0
9	540	0	0	12	-77	0
11	660	0	0	12	97	0
13	780	0	0	9	-75	0
15	900	0	0	9	101	0
17	1020	0	0	6	-71	0

- (c) Dengan beban tak liner mengambil arus yang boleh diwakili oleh komponen-komponen berikut:

A nonlinear load draws a current that can be represented by the following components:

60Hz	40 / 0° amps
180Hz	19 / -75° amps
300Hz	6.5 / 47° amps
420Hz	3 / 15° amps
540Hz	1.5 / 180° amps

- (i) Jika salah satu beban ini diletakkan dalam setiap cabang sambungan wye, sistem tiga-fasa, apakah nilai rms arus neutral dalam ampere?

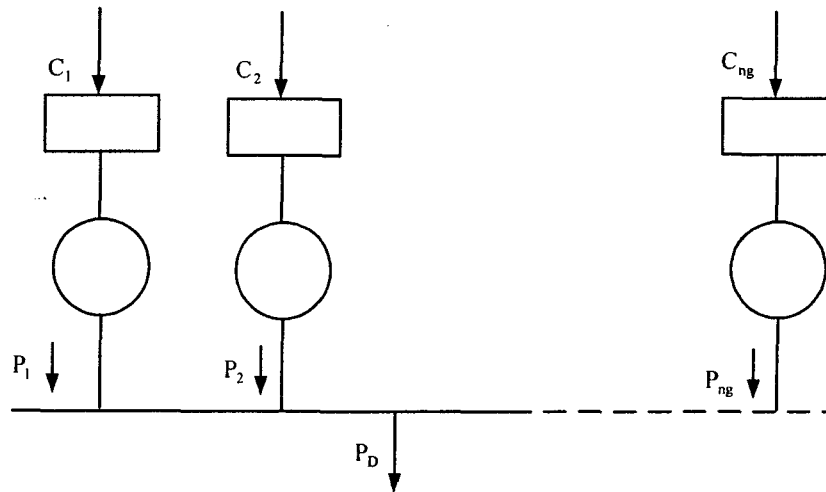
If one of these loads is placed in each branch of a wye-connected, three-phase system, what is the rms value of the neutral current in amps?

- (ii) Apakah THD (% asas) arus?
What is the THD (% of fundamental) of the current?
- (iii) Apakah arus rms?
What is the rms current?
- (iv) Apakah THD (% arus rms)?
What is the THD (% of rms current)?

(30%)

5. (a) Mula-mula baca informasi berikut. Masalah penghantaran ekonomi termudah ialah kes apabila rugi-rugi talian transmisi diabaikan. Maksudnya, permodalan masalah tidak mempertimbangkan konfigurasi sistem dan impedans talian. Pada asasnya, pemodalan menganggap bahawa sistem hanya satu bus dengan semua penjanaan dan beban disambungkan kepadanya seperti yang ditunjukkan secara skema dalam Rajah 1.

First read the following information. The simplest economic dispatch problem is the case when transmission line losses are neglected. That is, the problem model does not consider system configuration and line impedances. In essence, the model assumes that the system is only one bus with all generation and loads connected to it as shown schematically in Figure 1.



Rajah 1
Figure 1

Oleh kerana rugi-rugi trasmisi diabaikan, permintaan total P_D ialah jumlah semua penjanaan. Suatu fungsi kos C dianggap diketahui untuk setiap loji. Masalah ialah mencari penjanaan kuasa nyata untuk setiap loji sedemikian rupa bahawa fungsi objektif (iaitu, kos penjanaan total) seperti yang ditakrifkan oleh persamaan

Since transmission losses are neglected, the total demand P_D is the sum of all generation. A cost function C is assumed to be known for each plant. The problem is to find the real power generation for each plant such that the objective function (i.e., total production cost) as defined by the equation

$$C_t = \sum_{i=1}^{n_g} C_i$$

minimum, tertakluk kepada kekangan
is minimum, subject to the constraint

$$C_t = \sum_{i=1}^{n_g} P_i = P_D$$

dengan C_t ialah kos penjanaan total, C_i ialah kos penjanaan loji ke- i , P_i ialah penjanaan loji ke- i , P_D ialah permintaan beban total dan n_g ialah jumlah bilangan loji.

where C_t is the total production cost, C_i is the production cost of i th plant, P_i is the generation of i th plant, P_D is the total load demand, and n_g is the total number of dispatchable generating plants.

- (i) Berdasarkan ke atas informasi di atas dan pertimbangkan untuk hanya $n_g=2$ maka dapatkan syarat-syarat perlu untuk penghantaran optimum.

Based on the above information and consider for only $n_g=2$ then establish the necessary conditions for optimum dispatch.

(25%)

- (ii) Apakah kekangan untuk kos penokokan untuk mencapai keoptimum penghantaran kuasa.

What is the constraint for the incremental cost to achieve optimality of power dispatch.

(25%)

- (b) Kurva kos bahan bakar dua penjana diberi sebagai berikut:
The fuel-cost curves of two generators are given as follows:

$$C_1(P_{G1}) = 900 + 45P_{G1} + 0.01P_{G1}^2$$

$$C_1(P_{G2}) = 2500 + 43P_{G2} + 0.003P_{G2}^2$$

Jumlah beban yang akan dibekalkan ialah $P_D = P_{D1} + P_{D2} = 700$ MW.

The total load to be supplied is $P_D = P_{D1} + P_{D2} = 700$ MW.

- (i) Lakarkan kurva-kurva Kos Penokokan lawan penjanaan loji dalam graf yang sama.

Plot the Incremental Cost curves versus Plant Generation in the same graph.

(25%)

- (ii) Gunakan peraturan-peraturan penghantaran optimal untuk mencari P_{G1} dan P_{G2} , dengan $C_i(P_{Gi})$ ialah kos bahan bakar dalam dollar per jam, P_{Gi} ialah kuasa output dalam MW dan P_D ialah permintaan kuasa dalam MW.

Use the optimal dispatch rules to find P_{G1} and P_{G2} , where $C_i(P_{Gi})$ is fuel cost in dollars per hour, P_{Gi} is power output in MW and P_D is power demand in MW.

(25%)

6. (a) Masalah penghantaran kuasa ekonomi ialah meminimumkan jumlah kos penjanaan yang merupakan fungsi output loji.

The economic power dispatching problem is to minimize the overall generating cost, which is the function of plan output.

$$C_t = \sum_{i=1}^{n_g} C_i = (\alpha_i P_i + \gamma_i P_i^2)$$

Tertakluk kepada kekangan bahawa penjanaan patut menyamai jumlah permintaan tambah rugi-rugi transmisi, yakni,

Subject to the constraint that the generation should equal the total demands plus transmission losses, i.e.,

$$\sum P_i = P_D + P_L$$

Memenuhi kekangan ketak samaan yang diungkapkan seperti berikut:

Satisfying the inequality constraints, expressed as follows:

$$P_i(\min) \leq P_i \leq P_i(\max) \quad i=1,2,\dots,ng$$

dengan $P_i(\min)$ dan $P_i(\max)$ ialah minimum dan maksimum had-had penjanaan untuk masing-masing loji i .

where $P_i(\min)$ and $P_i(\max)$ are the minimum and maximum generating limits, respectively for plant i .

- (i) Cari semua syarat-syarat perlu untuk penghantaran kuasa optimal.

Find all the necessary conditions for optimal power dispatch

- (ii) Cari hubungan di antara kos penokokan dan factor denda L_i .
Find the relationship between incremental cost and penalty factor L_i .

(50%)

- (b) Sebuah sistem kuasa mudah terdiri dari dua stesen janakuasa dan kuasa dihantarkan secara ekonomi dengan $P_1 = 140\text{MW}$ dan $P_2 = 250\text{MW}$. Pekali kehilangan didapati:

A simple power system consists of two generations stations and powers are dispatched economically with $P_1 = 140\text{MW}$ and $P_2 = 250\text{MW}$.

Loss coefficient are knownto be:

$$B_{11} = 0.10 \times 10^{-2} \text{ MW}^{-1}$$

$$B_{22} = 0.13 \times 10^{-2} \text{ MW}^{-1}$$

$$B_{12} = -0.01 \times 10^{-2} \text{ MW}^{-1}$$

Untuk meningkatkan jumlah beban sistem sebanyak 1MW memerlukan kos tambahan 12\$/j. Cari

In order to increase the total load demand of the system 1MW it is required additional cost 12\$/h. Find

- (i) Faktor denda janakuasa 1;
Penalty factor for generator 1;
- (ii) Kos tambahan per jam untuk meningkatkan keluaran janakuasa ini sebanyak 1MW.
Incremental cost per hour to increase the generating output 1MW.

(50%)