

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA  
Second Semester Examination  
2015/2016 Academic Session

June 2016

**EEK 241/3 – ELECTRICAL POWER TECHNOLOGY  
[TEKNOLOGI ELEKTRIK KUASA]**

Duration : 3 hours  
[Masa : 3 jam]

---

Please check that this examination paper consists of **THIRDTEEN (13)** pages of printed material and **ONE (1)** page of Appendix before you begin the examination. English version from page **TWO (2)** to page **SEVEN (7)** and Malay version from page **EIGHT (8)** to page **THIRDTEEN (13)**.

*Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **TIGA BELAS (13)** muka surat bercetak beserta Lampiran **SATU (1)** mukasurat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini. Versi Bahasa Inggeris daripada muka surat **DUA (2)** sehingga muka surat **TUJUH (7)** dan versi Bahasa Malaysia daripada muka surat **LAPAN (8)** sehingga muka surat **TIGA BELAS (13)**.*

**Instructions:** This question paper consists **SIX (6)** questions. Answer **FIVE (5)** questions. All questions carry the same marks.

*[Arahan: Kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama]*

Answer to any question must start on a new page

*[Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baharu].*

**“In the event of any discrepancies, the English version shall be used”.**

***[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai].***

**ENGLISH VERSION**

1. (a) The circuit in Figure 1.1 is connected to two A.C. sources, **E1** and **E2** with the following voltages:

$$E_1 = 200 \angle 20^\circ \quad E_2 = 100 \angle 60^\circ$$

- (i) Calculate the value of current, **I**
- (ii) Calculate the value of voltage, **E<sub>ab</sub>**
- (iii) Draw the phasor diagram for **E1**, **E2** and **E<sub>ab</sub>**

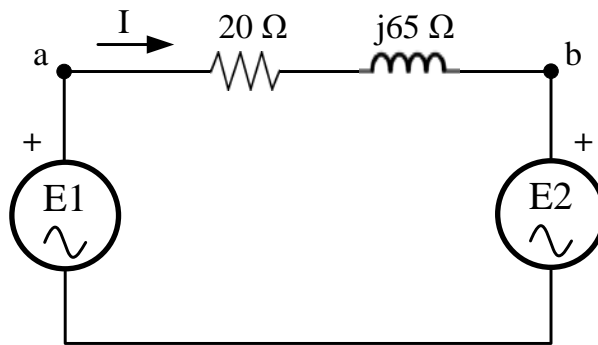


Figure 1.1

(30 marks)

- (b) A single phase AC source with voltage  $E = 1.5 \text{ kV}$  delivers power to an electric boiler and an electric heater as shown in Figure 1.2. The power of the boiler,  $P$  is 120 kW while the resistance of the heater,  $R$  is 80 Ω. If the system uses base voltage,  $E_B = 500 \text{ V}$  and base power,  $P_B = 10 \text{ kW}$ , calculate the following:

- (i) The values of base current,  $I_B$  and base impedance,  $Z_B$
- (ii) The per unit values  $E(\text{pu})$ ,  $P(\text{pu})$  dan  $R(\text{pu})$
- (iii) The per unit current  $I_L(\text{pu})$ ,  $I_1(\text{pu})$  and  $I_2(\text{pu})$
- (iv) The per unit power absorbed by the heater
- (v) The actual power absorbed by the heater
- (vi) Draw the equivalent per unit circuit diagram
- (vii) Explain the advantages of using per unit system in electrical application

(70 marks)

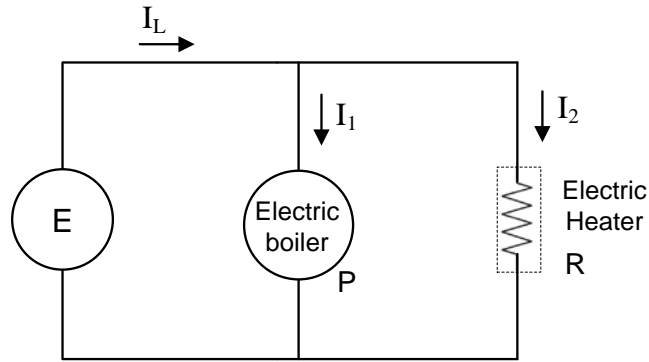


Figure 1.2

2. (a) A single-phase 600V A.C. source supplies power to a manufacturing system consists of five loads as shown in Figure 2.1. Calculate:
- (i) The active power and the net reactive power absorbed by the system
  - (ii) The apparent power of the system
  - (iii) The line current,  $I_L$
  - (iv) The power factor of the system
  - (v) Give one possible way to improve the power factor of the system

(50 marks)

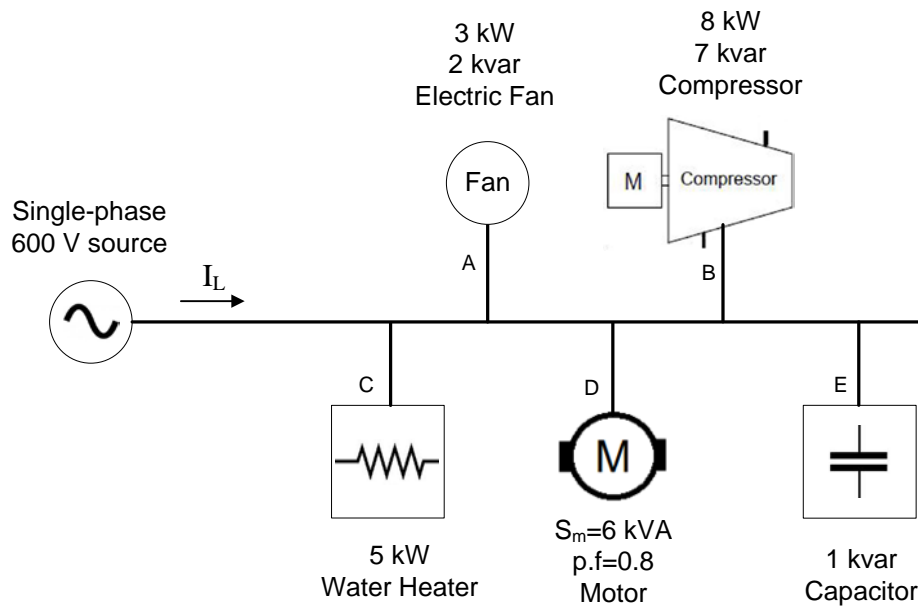


Figure 2.1

- (b) A single-phase induction motor is connected to a 2 kV, 60 Hz A.C. source. The motor has a power factor of 80% and it absorbs 400 kVA of apparent power. Calculate:
  - (i) The line current of the motor
  - (ii) The active power absorbed by the motor
  - (iii) The reactive power absorbed by the motor
  - (iv) If a capacitor with reactance of  $30 \Omega$  is connected in parallel to the motor, calculate the new power factor of the motor/capacitor combination
  - (v) Explain what purpose does the reactive power serve?

(50 marks)

- 3. (a) Explain how electrical instruments can be classified based on their usage. Give one example for each of the category.

(30 marks)

- (b) With the help of a diagram, explain the principle operation of an electrodynamic type wattmeter.

(40 marks)

- (c) An unknown R-L load is connected to a single phase supply with  $E=230V$ ,  $50Hz$ . An ammeter and a wattmeter are used to measure the line current and power of the circuit as shown in Figure 3.1. If the ammeter reading is  $3.5 A$  and the wattmeter shows  $540 W$ , calculate the following:

- (i) The power factor of the load
- (ii) The value of resistance  $R$
- (iii) The value of inductance  $L$

(30 marks)

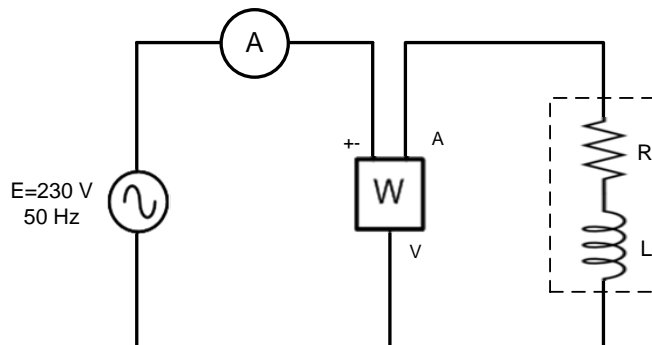


Figure 3.1

4. (a) Assume that an industrial plant can be represented by an equivalent circuit as shown in Figure 4.1. The plant is supplied by a 3-phase source with line voltage 2.4 kV. It has a power factor of 80% lagging and it draws 600 kVA of apparent power.
- (i) Calculate the value of line current
  - (ii) What is the equivalent line-to-neutral impedance of the plant?
  - (iii) Determine the values of the resistance, R and reactance,  $X_L$
  - (iv) Draw the complete phasor diagram for the plant

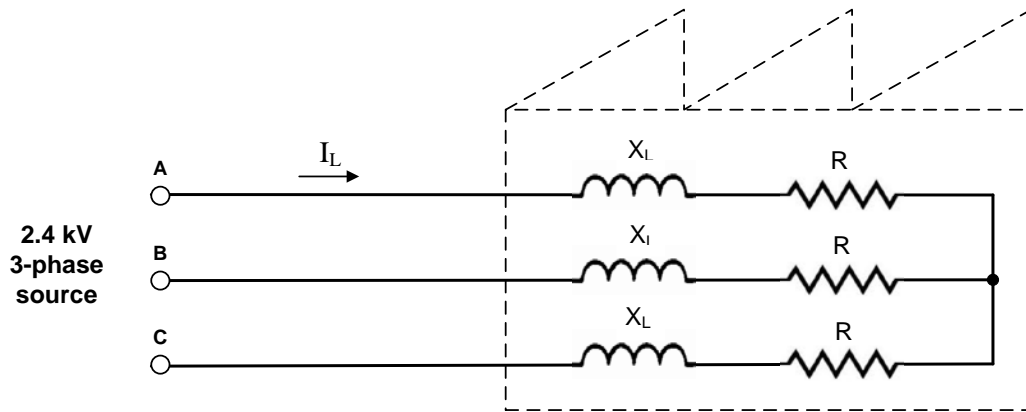


Figure 4.1

(40 marks)

- (c) A 3-phase electric motor with power factor 82% draws 25A of line current from a 600V 3-phase source.
- (i) Calculate the active power absorbed to the motor
  - (ii) If the motor has an efficiency of 85%, calculate the mechanical power output
  - (iii) How much energy does the motor consume in 3 hours?

(30 marks)

- (d) Explain with the help of a diagram, how single phase wattmeters can be used to measure the power absorbed by a 3-phase load in a 3-phase 4-wire system.

(30 marks)

5. (a) Referring to Figure 5.1 for a typical power generation, transmission and distribution network, answer the following:
- (i) What is the purpose of the transmission substation
  - (ii) What is the purpose of the distribution substation
  - (iii) Why high voltage is used on the transmission line?
  - (iv) Explain the criteria to be considered when designing a transmission line system

(40 marks)

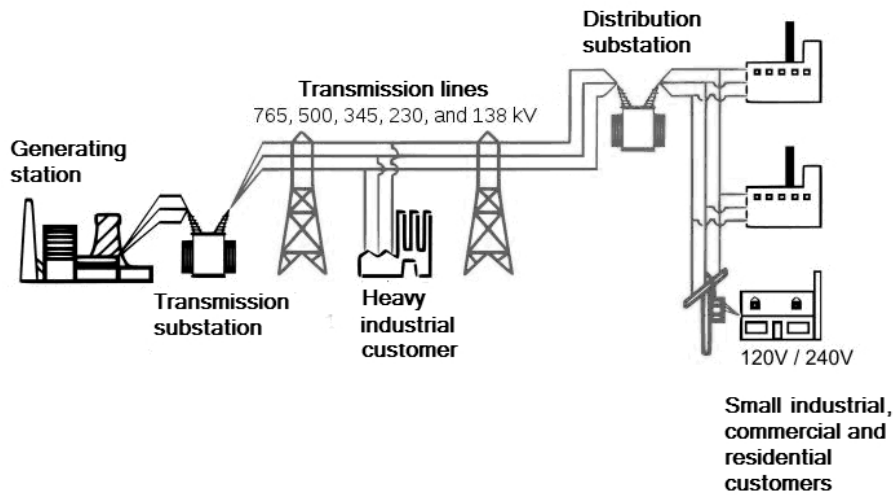


Figure 5.1

- (b) A 3-phase 138 kV source supplies power to a 90 MW 3-phase load through a 50 km transmission line as shown in Figure 5.2. The transmission line was constructed using three ACSR conductors with size 600 kcmil. The voltage at both the source end and the load end is 138 kV (line-to-line).
- (i) Sketch the equivalent circuit (for one phase) of the transmission line. Label the values of each component in the circuit (refer to Appendix A, Table 25C and 25D)
  - (ii) Determine the power loss (per phase) due to the line resistance
  - (iii) Determine the reactive power absorbed by the line (per phase)
  - (iv) Determine the reactive power generated by the line (per phase)

- (v) Sketch the approximate equivalent circuit (for one phase) of the transmission line

(60 marks)

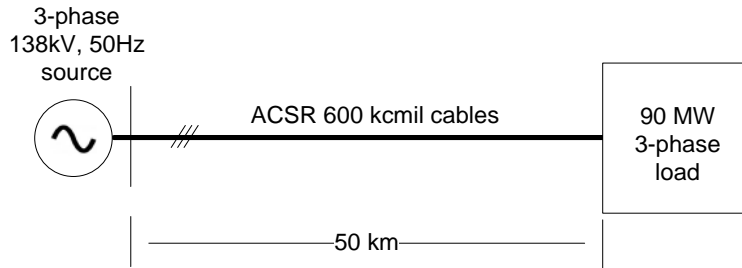


Figure 5.2

6. (a) The equivalent circuit for a distribution system is shown in Figure 6.1. The following parameter is given as,  $E_R=6000V$ , equivalent load resistance is  $45 \Omega$ ,  $X_L=15 \Omega$ ,  $X_C=150 \Omega$  parallel with load. Neglecting the dotted reactance  $X_C$  in parallel with the source, calculate the following:
- The reactive power supplied by the capacitor
  - The reactive power absorbed by the line
  - The reactive and apparent power supplied by the sender
  - The voltage  $E_S$  of the sender
  - The voltage  $E_R$  and power  $P$  when  $E_S=6kV$ .

(70 marks)

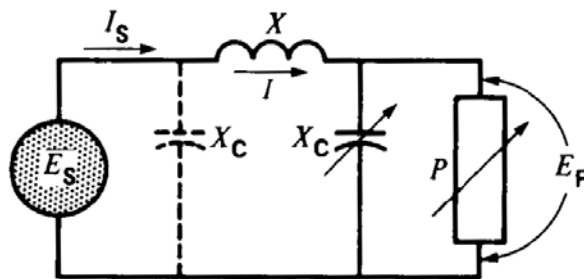


Figure 6.1

- (b) Why there is requirement to install an additional transmission line between regions that are already tightly connected? Explain with the help of diagram.

(30 marks)

-oooOOooo-

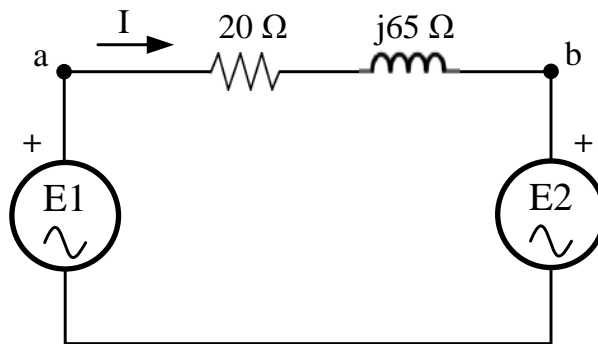
...8/-

**VERSI BAHASA MELAYU**

1. (a) Litar dalam Rajah 1.1 disambungkan ke dua sumber A.U.,  $E_1$  dan  $E_2$  dengan voltan-voltan berikut:

$$E_1 = 200 \angle 20^\circ \quad E_2 = 100 \angle 60^\circ$$

- (v) Kirakan nilai arus,  $I$   
 (vi) Kirakan nilai voltan,  $E_{ab}$   
 (vii) Lukiskan gambarajah pemfasa bagi  $E_1$ ,  $E_2$  and  $E_{ab}$



Rajah 1.1

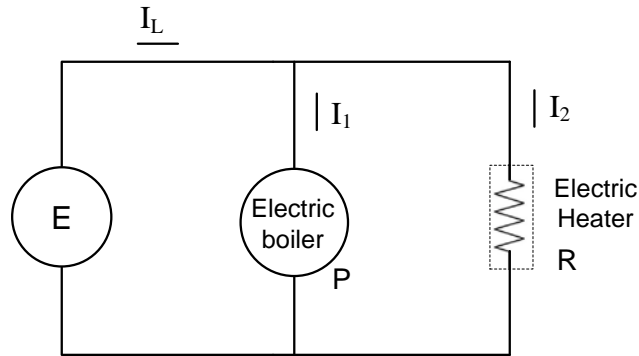
(30 markah)

- (b) Satu sumber AU fasa tunggal dengan voltan  $E = 1.5 \text{ kV}$  membekalkan kuasa kepada satu dandang elektrik dan satu pemanas elektrik seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.2. Kuasa dandang,  $P$  ialah 120 kW manakala perintang pemanas,  $R$  ialah  $80 \Omega$ . Jika sistem ini menggunakan voltan asas,  $E_B = 500 \text{ V}$  dan kuasa asas,  $P_B = 10 \text{ kW}$ , kirakan:

- (i) Nilai arus asas,  $I_B$  dan galangan asas,  $Z_B$   
 (ii) Nilai  $E(\text{pu})$ ,  $P(\text{pu})$  dan  $R(\text{pu})$  per unit  
 (iii) Nilai arus  $I_L(\text{pu})$ ,  $I_1(\text{pu})$  dan  $I_2(\text{pu})$  per unit  
 (iv) Kuasa per unit yang diserap oleh pemanas elektrik  
 (v) Kuasa sebenar yang diserap oleh pemanas elektrik  
 (vi) Lukiskan rajah litar setara per unit  
 (vii) Terangkan kelebihan menggunakan sistem per unit dalam aplikasi elektrik

(70 markah)





Rajah 1.2

2. (a) Satu sumber A.U. fasa tunggal 600 V membekalkan kuasa kepada satu sistem pengeluaran yang terdiri daripada lima beban seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.1. Kirakan:
- (i) Kuasa aktif dan kuasa reaktif bersih yang diserap oleh sistem
  - (ii) Kuasa ketara sistem
  - (iii) Arus talian,  $I_L$
  - (iv) Faktor kuasa sistem
  - (v) Berikan satu kaedah yang boleh meningkatkan faktor kuasa sistem tersebut.

(50 markah)

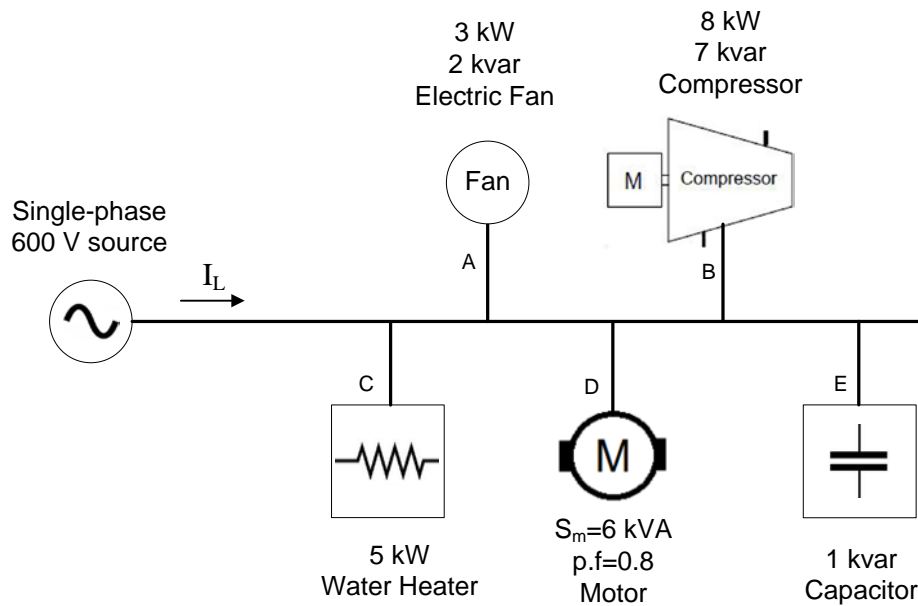


Figure 2.1

- (b) Satu motor induksi fasa tunggal disambungkan ke satu sumber A.U. 2 kV, 50 Hz. Motor tersebut mempunyai faktor kuasa 80% dan ia menyerap 400 kVA kuasa ketara. Kirakan:
- (i) Arus talian motor
  - (ii) Kuasa aktif yang diserap oleh motor
  - (iii) Kuasa reaktif yang diserap oleh motor
  - (iv) Jika satu kapasitor dengan nilai galangan  $30 \Omega$  disambungkan secara selari kepada motor tersebut, kirakan faktor kuasa baru bagi kombinasi motor/kapasitor
  - (v) Terangkan apakah tujuan kuasa reaktif?

(50 markah)

3. (a) Terangkan bagaimana peralatan elektrik boleh dikelaskan berdasarkan kepada penggunaan mereka. Berikan satu contoh untuk setiap kategori.
- (30 markah)
- (b) Dengan bantuan gambarajah, terangkan prinsip dasar operasi wattmeter jenis elektrodinamik.
- (40 markah)
- (c) Satu beban R-L yang tidak diketahui nilainya disambungkan kepada satu bekalan fasa tunggal dengan  $E = 230V, 50Hz$ . Satu ammeter dan satu wattmeter digunakan untuk mengukur arus talian dan kuasa litar tersebut seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.1. Jika bacaan pada ammeter ialah 3.5 A dan wattmeter menunjukkan 540 W, kirakan:
- (i) Faktor kuasa beban tersebut
  - (ii) Nilai perintang R
  - (iii) Nilai kearuhan L

(30 markah)

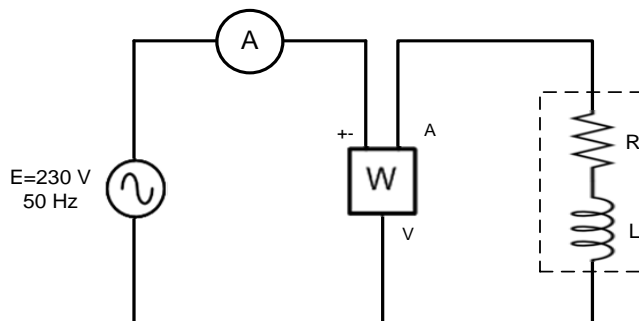


Figure 3.1

4. (a) Andaikan sebuah kilang perindustrian boleh diwakili oleh satu litar setara seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.1. Kilang tersebut dibekalkan oleh satu sumber 3-fasa dengan voltan talian 2.4 kV. Ia mempunyai faktor kuasa 80% mengekor dan ia menarik 600 kVA kuasa ketara.

- (i) Kirakan nilai arus talian
- (ii) Apakah galangan talian-ke-neutral setara bagi kilang tersebut?
- (iii) Tentukan nilai rintangan,  $R$  and regangan,  $X_L$
- (iv) Lukiskan gambarajah pemfasa yang lengkap bagi kilang tersebut

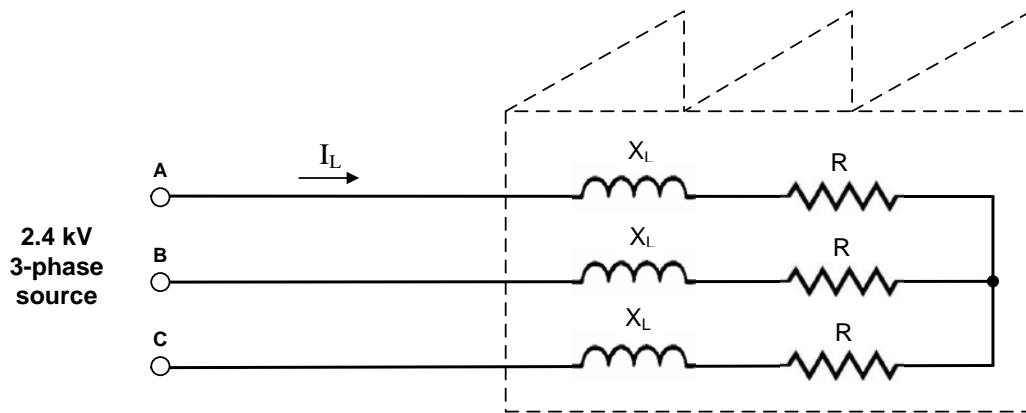


Figure 4.1

(40 markah)

- (b) Sebuah motor elektrik 3-fasa dengan faktor kuasa 82% menarik 25A arus talian dari satu sumber 3-fasa 600V.

- (i) Kirakan kuasa aktif yang diserap oleh motor
- (ii) Jika motor tersebut mempunyai kecekapan 85%, kirakan kuasa keluaran mekanikal
- (iii) Berapa banyak tenaga yang digunakan oleh motor dalam 3 masa jam?

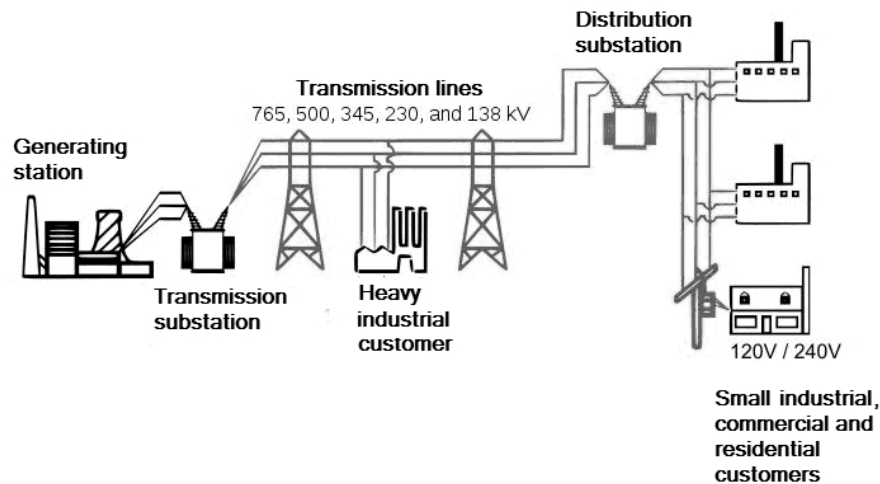
(30 markah)

- (c) Terangkan dengan bantuan gambarajah, bagaimana wattmeter fasa tunggal boleh digunakan untuk mengukur kuasa yang diserap oleh satu beban 3-fasa dalam sistem 3-fasa 4-dawai.

(30 markah)

5. (a) Merujuk kepada Rajah 5.1 untuk sebuah sistem penjanaan, penghantaran dan pengagihan kuasa yang tipikal, jawab soalan-soalan berikut:
- (i) Apakah tujuan pencawang penghantaran
  - (ii) Apakah tujuan pencawang pengagihan
  - (iii) Mengapakah voltan tinggi digunakan pada talian penghantaran?
  - (iv) Terangkan kriteria-kriteria yang perlu dipertimbangkan semasa merekabentuk sebuah sistem talian penghantaran

(40 markah)

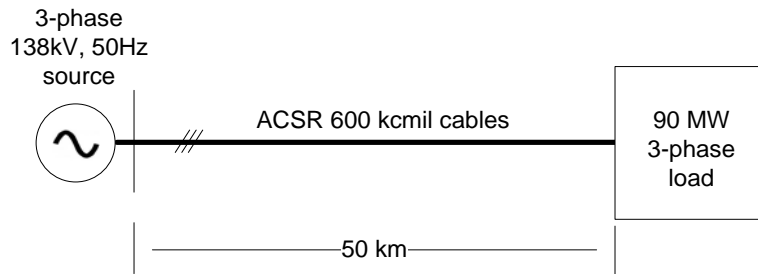


Rajah 5.1

- (b) Satu sumber 3-fasa 138 kV membekalkan kuasa kepada satu beban 3-fasa 90 MW melalui talian penghantaran sepanjang 50 km seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5.2. Talian penghantaran ini dibina daripada tiga konduktor ACSR dengan saiz 600 kcmil. Voltan di kedua-dua hujung sumber dan beban adalah 138 kV (talian-ke-talian).
- (i) Lakarkan litar setara untuk talian penghantaran ini (untuk satu fasa). Labelkan nilai-nilai bagi setiap komponen dalam litar setara (sila rujuk Lampiran A, Jadual 25C dan 25D)
  - (ii) Tentukan kuasa yang hilang (bagi satu fasa) akibat daripada rintangan talian
  - (iii) Tentukan kuasa reaktif yang diserap oleh talian (bagi satu fasa)
  - (iv) Tentukan kuasa reaktif yang dijana oleh talian (bagi satu fasa)

- (v) *Lakarkan litar setara anggaran (untuk satu fasa) bagi talian penghantaran ini*

(60 markah)

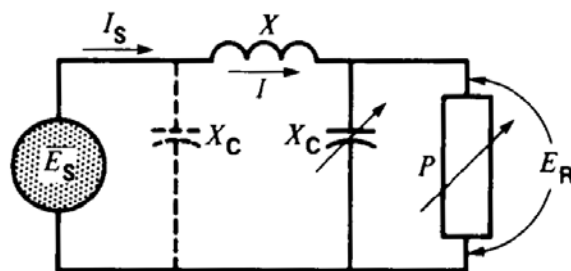


Rajah 5.2

6. (a) *Litar setara sistem pengagihan bekalan kuasa ditunjukkan oleh Rajah 6.1. Berikut adalah parameter berkaitan,  $E_R=6000V$ , beban rintangan setara  $45 \Omega$ ,  $X_L=15 \Omega$ ,  $X_C=150 \Omega$  selari dengan beban. Abaikan regangan (garis putus)  $X_C$  yang selari dengan sumber, kirakan:*

- (i) *Kuasa reaktif yang dibekalkan ke kapasitor*
- (ii) *Kuasa reaktif yang diserap oleh talian*
- (iii) *Kuasa reaktif dan ketara yang dibekalkan oleh penghantar*
- (iv) *Voltan  $E_S$  di penghantar*
- (v) *Voltan  $E_R$  dan kuasa  $P$  apabila  $E_S=6kV$ .*

(70 markah)



Rajah 6.1

- (b) *Mengapa talian penghantaran tambahan perlu dipasang di antara kawasan yang telah disambung secara kedap? Jelaskan dengan bantuan gambarajah.*

(30 markah)

**Appendix A:****Lampiran A:****TABLE 25C** TYPICAL IMPEDANCE VALUES PER KILOMETER FOR 3-PHASE, 60 HZ LINES

Type of line	$x_L$ [ $\Omega$ ]	$x_C$ [ $\Omega$ ]
aerial line	0.5	300 000
underground cable	0.1	3 000

**TABLE 25D** RESISTANCE AND AMPACITY OF SOME BARE AERIAL CONDUCTORS

Conductor size		Resistance per conductor at 75°C		Ampacity in free air	
AWG	Cross-section [ $\text{mm}^2$ ]	Copper [ $\Omega/\text{km}$ ]	ACSR [ $\Omega/\text{km}$ ]	Copper [A]	ACSR [A]
10	5.3	3.9	6.7	70	–
7	10.6	2.0	3.3	110	–
4	21.1	0.91	1.7	180	140
1	42.4	0.50	0.90	270	200
3/0	85	0.25	0.47	420	300
300 kcmil	152	0.14	0.22	600	500
600 kcmil	304	0.072	0.11	950	750
1000 kcmil	507	0.045	0.065	1300	1050