
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2013/2014 Academic Session

December 2013 / January 2014

EEK 470– ELECTRICAL POWER DISTRIBUTION SYSTEM

[SISTEM PENGAGIHAN ELEKTRIK KUASA]

Masa : 3 jam

Please check that this examination paper consists of **SEVENTEEN (17)** pages and Appendix **ONE (1)** pages of printed material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **TUJUH BELAS (17)** muka surat dan Lampiran **SATU (1)** muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini]*

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 baru]

“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]

1. (a) Terangkan apakah yang dimaksudkan dengan (i) faktor kerugian dan (ii) faktor beban. Bagaimana faktor kerugian dikaitkan dengan faktor beban?

Explain what is meant by (i) loss factor and (ii) load factor. How is the loss factor related to the load factor?

(30 markah/marks)

- (b) Satu penyuar primer dari sebuah pencawang pengagihan membekalkan kuasa kepada satu bandar kecil. Jumlah tenaga tahunan yang dibekalkan oleh penyuar tersebut ialah 10.5 GWh. Catatan rekod menunjukkan bahawa penyuar ini mengalami beban puncak tahunan 3900 kW.

A primary feeder from a distribution substation supplies power to a small town. The total annual energy supplied to the feeder is 10.5 GWh. It was recorded that the feeder experienced an annual peak load of 3900 kW.

- (i) Kirakan permintaan kuasa purata bandar tersebut
Calculate the average power demand of the town
- (ii) Kirakan faktor beban tahunan
Calculate the annual load factor
- (iii) Kirakan faktor kerugian tahunan
Calculate the annual loss factor

- (iv) Jika kadar pertumbuhan permintaan kuasa untuk bandar ini ialah 8%, apakah permintaan tenaga tahunan bandar ini selepas 5 tahun? (gunakan persamaan faedah kompaun)

If the growth rate of the town's power demand is 8%, what will be the annual energy demand after 5 years? (use compound interest equation)

(40 markah/marks)

- (c) Satu pencawang pengagihan mempunyai empat penyuar primer yang dibekalkan oleh satu pengubah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1(c). Penyuar-penyuar tersebut membekalkan kuasa kepada beban industri, komersil, kediaman dan lampu jalan. Permintaan maksimum bagi setiap kumpulan beban diberikan di dalam Jadual 1(c) dan Permintaan Maksimum Kesekenaan yang dirakam pada pengubah adalah 4.5 MW. Tentukan:

A distribution substation has four primary feeders supplied by one transformer as shown in Figure 1(c). The feeders supply power to industrial, commercial, residential and street lighting loads. The maximum demands for each group of load are listed in Table 1(c) and the Maximum Coincident Demand recorded on the transformer was 4.5 MW. Determines:

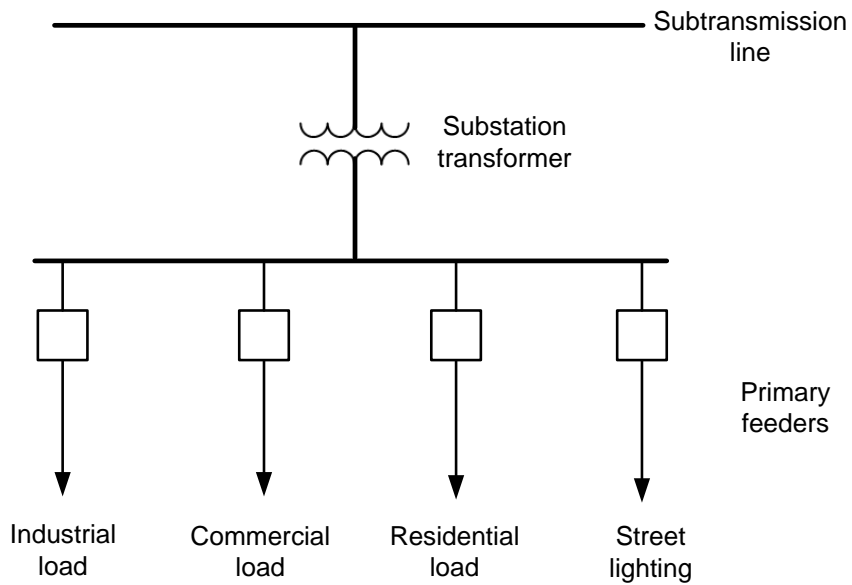
- (i) Faktor kepelbagaian
The diversity factor
- (ii) Faktor kesekenaan
The coincidence factor
- (iii) Kepelbagaian beban
The load diversity

(30 markah/marks)

Jadual 1(c)

Table 1(c)

Maximum demand	
Industrial load	2000 kW
Commercial load	2000 kW
Residential load	1500 kW
Street lighting	500 kW



Rajah 1(c)

Figure 1(c)

2. (a) Lukiskan gambarajah segaris (dari bus sekunder pencawang pengagihan ke pengubah pengagihan) untuk penyuar primer jenis jejari dan gelung. Jelaskan setiap jenis penyuar ini dan bandingkan kelebihan dan kelemahan mereka.

Draw the one line diagram (from the secondary bus of a distribution substation to the distribution transformers) of a radial type and a loop type primary feeder. Describe each of the feeders and compare their advantages and disadvantages.

(30 markah/marks)

- (b) Senaraikan tiga jenis skema bus pencawang. Apakah faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan skema bus pencawang (berikan tiga faktor).

List three types of substation bus schemes. What are the factors to be considered for the selection of different substation bus schemes (give three factors).

(30 markah/marks)

- (c) Satu kawasan perkhidmatan berbentuk heksagon dengan kepadatan beban seragam 1500 kVA/km^2 dibahagikan kepada enam bahagian. Setiap bahagian mempunyai satu penyuar primer dan tujuh sisi [lihat Rajah 2(c)]. Satu pencawang terletak di tengah-tengah kawasan tersebut dan membekalkan kuasa 3-fasa $11 \text{ kV (V}_{L-L})$ 50 Hz ke kawasan ini. Pemalar K untuk penyuar primer dan sisi-sisi adalah 0.004 dan $0.01\% \text{ VD}/(\text{kVA}\cdot\text{km})$, masing-masing. Andaikan bahawa beban pada sisi-sisi adalah teragih secara seragam dan kawasan yang dibekalkan oleh sisi x adalah 0.08 km^2 .

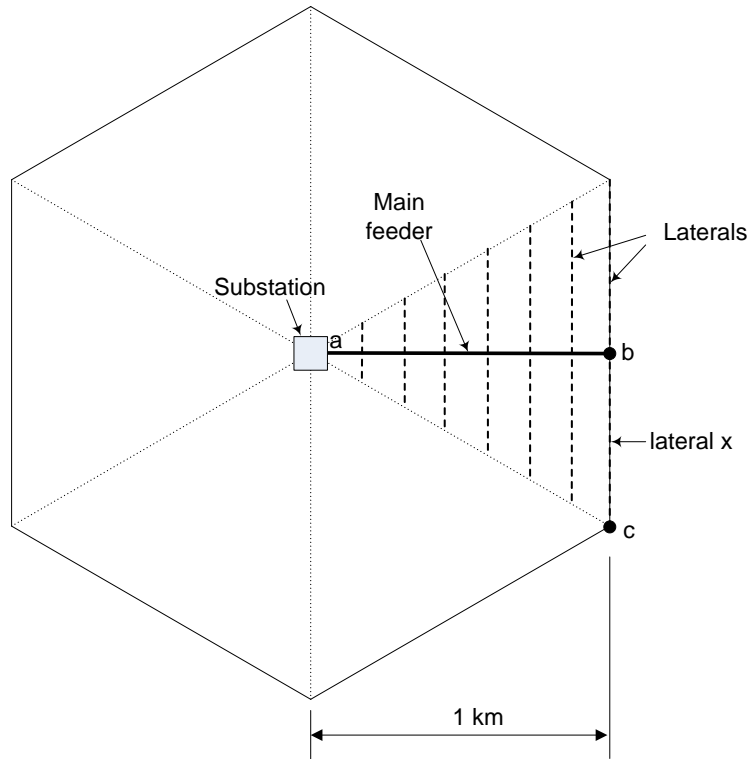
A hexagonal shaped service area with a uniform load density of 1500 kVA/km² is divided into six sections. Each section is served by a main feeder and seven laterals [see Figure 2(c)]. The substation is located at the center and supplies 3-phase 11 kV (V_{L-L}) 50 Hz power to the area. The K constants for the main feeder and laterals are 0.004 and 0.01% VD/(kVA·km), respectively. Assume that the load distribution on the laterals is uniform and the area served by lateral x is 0.08 km².

- (i) Tentukan peratus kejatuhan voltan pada titik b
Determine the percent voltage drop at point b

- (ii) Tentukan peratus kejatuhan voltan maksimum bagi kawasan perkhidmatan ini
Determine the maximum percent voltage drop of the service area

- (iii) Apakah voltan talian-ke-talian (V_{L-L}) pada titik c?
What is the line-to-line voltage (V_{L-L}) at point c?

(40 markah/marks)



Rajah 2(c)
Figure 2(c)

3. (a) Satu pencawang pengagihan dibina untuk membekalkan kuasa 3-fasa 12.47 kV (V_{L-L}) 50 Hz ke sebuah bandar. Bandar ini mempunyai permintaan puncak 6200 kVA dan faktor kuasa mengekor 0.9. Kuasa dihantar ke pusat beban bandar tersebut melalui satu penyuar ekspress jenis Pengalir Aluminium Tetulang Keluli (ACSR) sepanjang 1.5 km seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3(a). Penyuar ekspress ini telah direkabentuk supaya habanya dihadkan. Ia dibina supaya jarak purata geometri (GMD) untuk wayar tiga fasa adalah 0.8 m dan andaikan bahawa suhu operasinya adalah 50°C.

A distribution substation is built to serve 3-phase 12.47 kV (V_{L-L}) 50 Hz power to a town. The town has a peak demand of 6200 kVA and a lagging power factor 0.9. The power is delivered to the load center of the town through a 1.5 km Aluminium Conductor Steel Reinforce (ACSR) express feeder as shown in Figure 3(a). The express feeder was designed to be thermally limited. It was constructed such that its Geometric Mean Distance (GMD) for 3-phase wire is 0.8 m and assumes that its operating temperature is 50°C.

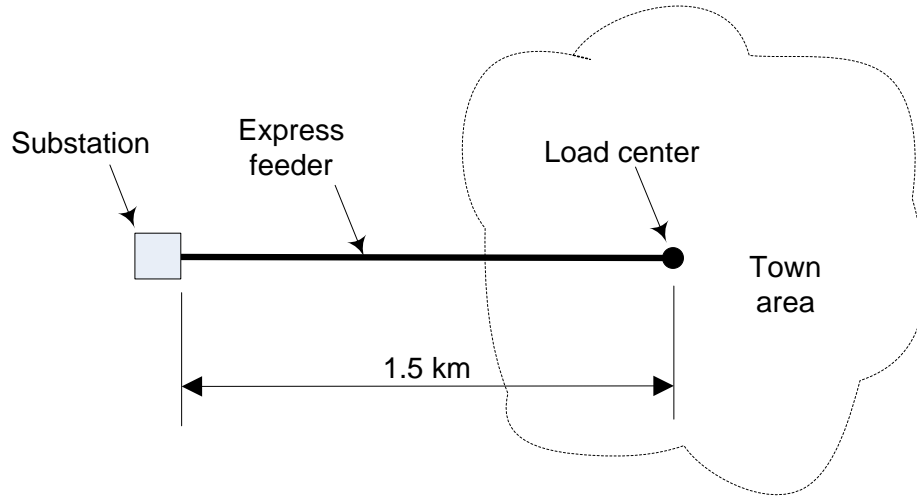
- (i) Apakah saiz minimum pengalir ACSR yang boleh digunakan untuk penyuaip ekspress ini? (rujuk jadual ciri-ciri konduktor ACSR di Lampiran A)

What is the minimum size of ACSR conductor that can be used for the express feeder? (refer to the characteristic of ACSR conductor in Appendix A)

- (ii) Kirakan pemalar K untuk penyuaip ekspress ini
Calculate the K constant of the express feeder

- (iii) Berapakah peratusan kejatuhan voltan di pusat beban?
What is the percentage of voltage drop at the load center?

(40 markah/marks)



Rajah 3(a)
Figure 3(a)

- (b) Lakarkan gambarajah segaris Sistem Perbankan Sekunder. Jelaskan mengapa Sistem Perbankan Sekunder digunakan dalam sistem pengagihan?

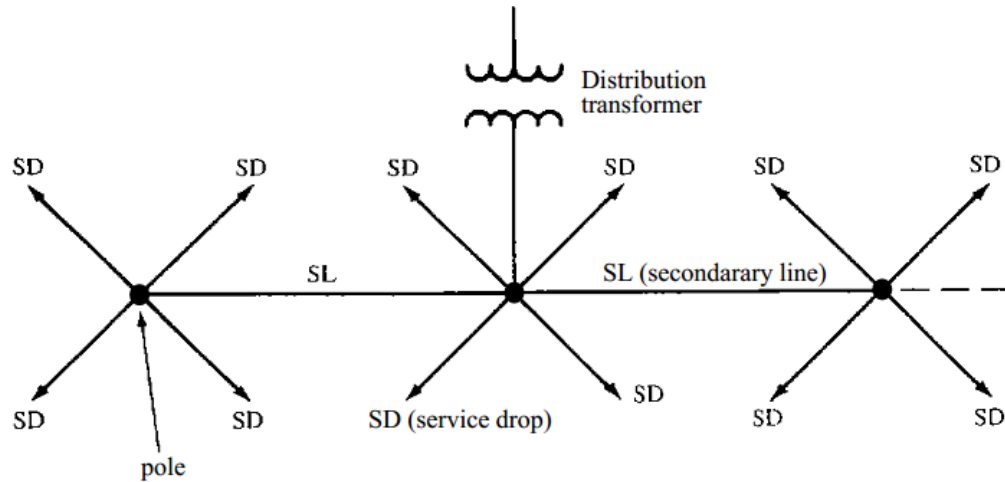
Sketch the one line diagram of a Secondary Banking system. Explain why Secondary Banking system is used in distribution system?

(30 markah/marks)

- (c) Rajah 3(c) menunjukkan satu corak sistem pengagihan sekunder. Jelaskan kos yang perlu dipertimbangkan dalam pengiraan jumlah kos tahunan (TAC) untuk memiliki dan mengendalikan sistem itu.

Figure 3(c) shows a pattern of secondary distribution system. Explain the costs to be considered in the calculation of total annual cost (TAC) for owning and operating such system.

(30 markah/marks)



Rajah 3(c)
Figure 3(c)

4. (a) Suatu sistem pengagihan keretapi 25 KV mempunyai jumlah panjang penyuar sebanyak 80 km dan galangan per km ialah $(0.10 + j 0.25) \Omega$. Pada penyuar terdapat tiga keretapi yang masing-masing diletakkan pada suatu jarak 10 km mulai dari hujung talian penyuar dengan masing-masing keretapi mengambil arus 150 A dengan faktor kuasa 0.8 menyusul, 100 A dengan faktor kuasa 0.75 menyusul dan 125 A dengan faktor kuasa 0.85 menyusul.

A 25 KV train distribution system has a total feeder length of 80 km and impedance per km is $(0.10 + j 0.25) \Omega$. On the feeder there are three trains located at an interval of 10 km from the feeding end taking current of 150 A with power factor 0.8 lagging, 100 A with power factor 0.75 lag, and 125 A with power factor lag 0.85 lagging, respectively.

Tentukan :

Determine :

- (i) Kejatuhan voltan pada hujung talian untuk keadaan terburuk, yang mana, jarak minimum antara keretapi dikekalkan pada 10 km.

Voltage drop at line end for worst condition, whereby, the trains are maintained with a minimum spacing of 10 km.

(10 markah/marks)

- (ii) Lukis rajah lakaran beban ketika terjadinya keadaan beban terburuk.

Draw load diagram schematic during the worst load condition occurs.

(10 markah/marks)

- (iii) Peratus kejatuhan voltan pada hujung talian (% VD).

Percentage of the voltage drop at line end (% VD).

(10 markah/marks)

- (iv) Kecekapan system ini.

Efficiency of this system.

(10 markah/marks)

- (v) Kadaran pemuat [kVAR] yang diperlukan untuk memperbaiki faktor kuasa kepada 0.9 menyusul pada penyup (hujung sumber).

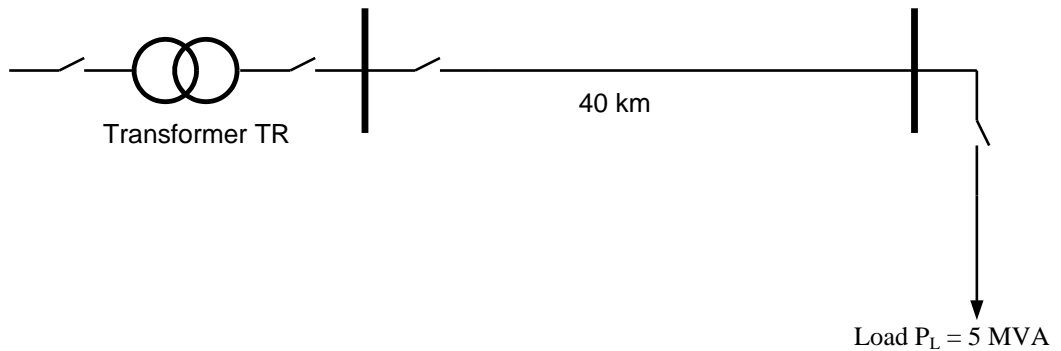
The rating of capacitor [kVAR] required to improve the power factor to 0.9 lagging for the feeder (source end).

(10 markah/marks)

...12/-

- (b) Suatu penyuar pengagihan tiga fasa 22 kV yang panjangnya adalah 40 km dan mempunyai galangan $(0.25 + j 0.6) \Omega/\text{km}$ membekalkan suatu beban 5 MVA pada faktor kuasa 0.75 menyusul seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4(b):

A 22 kV, three-phase distribution feeder is 40 km long and has an impedance of $(0.25 + j 0.6) \Omega/\text{km}$ and supplies a load of 5 MVA at 0.75 power factor lagging such as shown in Figure 4(b):



Rajah 4(b)
Figure 4(b)

- (i) Tentukan kapasiti minimum (MVA) daripada pengubah TR yang sesuai untuk sistem penyuar ini.

Determine minimum capacity (MVA) of transformer TR that suitable for this feeder system.

(10 markah/marks)

- (ii) Tentukan peratus pengaturan voltan penyuar tersebut.

Determine percentage voltage regulation of that feeder.

(10 markah/marks)

- (iii) Jika talian penyup dipampas sebanyak 50%, tentukan pengaturan untuk beban yang sama.

If the line (feeder) is compensated by 50%, determine the regulation for the same load.

(15 markah/marks)

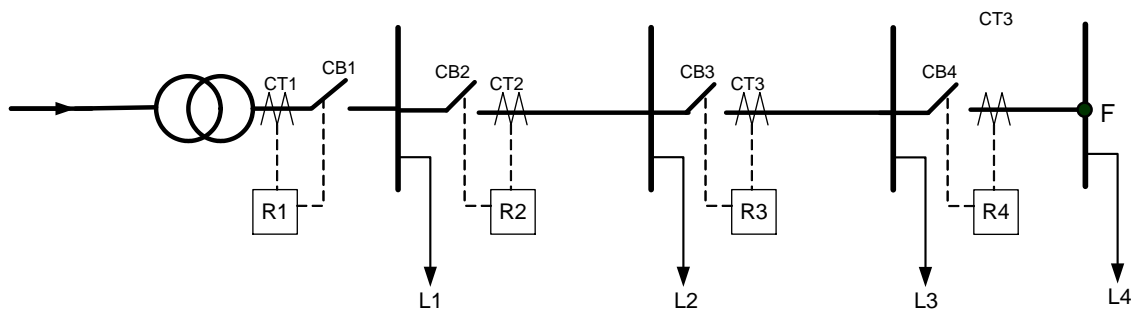
- (iv) Jika kejatuhan voltan dihadkan kepada 2.5%, tentukan nilai pemuat (mikro farad) yang diperlukan.

If the voltage drop (VD) is to be limited to 2.5%, determine the capacitance value (micro farad) needed.

(15 markah/marks)

5. Rajah talian segaris suatu sistem pengagihan kuasa elektrik ditunjukkan dalam Rajah 5.

The single line diagram of a simple radial power distribution system is shown in Figure 5.



Rajah 5
Figure 5

Pengagihan beban-beban pada penyuar diberikan oleh Jadual 5.
Loads distribution on feeders are given in Table 5.

Jadual 5. Beban pada Penyuar
Table 5. Load on Feeders

No	Feeder	Load
1	L1	100 KVA
2	L2	250 KVA
3	L3	200 KVA
4	L4	150 KVA

Geganti R4 ialah sebuah geganti IDMTL dengan ciri masa-arus diberikan sebagai.

Relay R4 is a IDMTL relay with time-current characteristic given as.

$$t = \frac{13.5}{M - 1}$$

di mana penetapan pendarab/pekali masa bagi geganti ini ialah 0.3. Geganti R1, R2 dan R3 adalah juga geganti IDMTL dengan ciri masa-arus diberikan sebagai.

where the time multiplier setting of this relay is 0.3. The relay R1, R2 and R3 are also IDMTL relays with time-current characteristic given as.

$$t = \frac{0.14}{M^{0.02} - 1}$$

dan and R4 masing-masing adalah 500/5 A, 300/5 A, 200/5 A dan 100/5A. Masa beza-layan antara geganti ialah 0.3 saat.

Jika arus gangguan maksimum pada titik F adalah 1000 A, tentukan penentu plug (PS) dan penentu pekali masa (TM) untuk kesemua geganti yang terdapat pada sistem pengagihan kuasa elektrik tersebut.

The current transformers ratio of relays R1, R1, R3 and R4 are 500/5 A, 300/5 A, 200/5 A and 100/5A, respectively. Time discrimination between relays are 0.3 seconds.

If the maximum fault current at point F is 1000 A, determine the plug settings (PS) and time multiplier (TM) setting of all relays given in the power distribution system.

(100 markah/marks)

6. (a) Satu pengubah pengagihan elektrik kuasa sambungan Δ -Y, 250 kVA, 11 kV/ 415, 50 Hz akan dilindungi dengan menggunakan sistem perlindungan pembezaan. Halangan gegelung geganti adalah pada 5 A.

A 250 kVA, 11 kV/ 415, 50 Hz Δ -Y power distribution transformer is to be protected by a bias differential protection system. The restraint coil of the relay is rated at 5 A.

- (i) Lukis litar untuk sistem perlindungan tersebut.
Draw the circuit of that protection system.

(10 markah/marks)

- (ii) Tentukan nisbah pengubah arus CT yang digunakan pada kedua belah sisi pengubah.

Determine the ratios of the current transformer CT that is used on both sides of the transformer.

(30 markah/marks)

- (iii) Kirakan arus bocor dalam geganti untuk perlindungan pengubah tersebut jika pengubah beroperasi pada beban penuh.

Calculate the leakage current in relay for the transformer protection when the transformer is operating at full load.

(10 markah/marks)

Jawab soalan-soalan berikut:

Answer these questions below:

- (i) Apa tujuan pbumian di titik bintang pada penjana tiga fasa melalui suatu pengaruh?

What are the purposes of earthing the star point of a three-phase generators through an inductor ?

(10 markah/marks)

- (ii) Apakah fungsi sistem pbumian?

What is the function of an earthing system?

(10 markah/marks)

- (iii) Bagaimanakah untuk melindungi kabel atas dan peralatan kutub tercagak daripada disambar petir?

How to protect the overhead cables and pole-mounted equipment from direct lightning strikes ?

(10 markah/marks)

- (iv) Apakah penyebab terjadinya elektrik statik? Bagaimanakah untuk memindahkannya secara selamat?

What are the causes of static electricity? How is the static electricity can be removed safely?

(10 markah/marks)

- (v) Arus rosak daripada suatu litar dikira sebagai 30 kA. Jika pemutus terbuka dalam masa 1.5 saat, tentukan saiz CPC (pengalir perlindungan litar) yang menggunakan kabel PVC dengan pengalir tembaga $k=143$.

The fault current of a circuit was calculated to be 30 kA. If the breaker trips in 1.5 seconds, determine the size of CPC (circuit protective conductor) using PVC cables with copper conductors $k=143$.

(10 markah/marks)

Appendix A: Characteristics of ACSR/AAC conductor

<i>TYPE</i>	<i>CONDUCTOR</i> <i>AREA</i> <i>(mm²)</i>	<i>APPROXIMATE</i> <i>DIAMETER</i> <i>(mm)</i>	<i>RESISTANCE</i> <i>AT 20°C (Ω/km)</i>	<i>MAX LOAD</i> <i>(BREAKING)</i> <i>(kN)</i>	<i>CURRENT</i> <i>CARRYING</i> <i>CAPACITY (A)</i>
ACSR 7/2.11	20	6.33	1.40	7.61	105
ACSR 7/3.55	50	10.05	0.55	18.25	193
ACSR 7/4.09	80	12.27	0.371	27.00	250
ACSR 7/4.72	100	14.15	0.280	34.40	300
ACSR 3 7/2.59	150	18.13	0.180	67.30	400
AAC 7/2.2	22	6.00	1.54	6.45	95
AAC 7/3.15	55	9.45	0.62	16.03	189
AAC 7/3.81	80	11.43	0.425	23.4	225
AAC 7/4.26	100	12.78	0.340	29.6	295
AAC 7/3.15	148	15.75	0.23	43.5	375

Calculate resistance at other temperature using the following equation:

$$R_T = R_{20}[1 + 0.00403(T - 20)]$$