
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2016/2017 Academic Session

December 2016 / January 2017

**EEK 470 – ELECTRICAL POWER DISTRIBUTION SYSTEM
[SISTEM PENGAGIHAN ELEKTRIK KUASA]**

Duration 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of **TWENTY FOUR (24)** pages and Appendices **ONE (1)** page of printed material before you begin the examination. This examination paper consist of two versions, The English version and Malay version. The English version from page **TWO (2)** to page **TWELVE (12)** and Malay version from page **THIRTEEN (13)** to page **TWENTY FOUR (24)**.

*Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **DUA PULUH EMPAT (24)** muka surat dan Lampiran **SATU (1)** muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini. Kertas peperiksaan ini mengandungi dua versi, versi Bahasa Inggeris dan Bahasa Melayu. Versi Bahasa Inggeris daripada muka surat **DUA (2)** sehingga muka surat **DUA BELAS (12)** dan versi Bahasa Melayu daripada muka surat **TIGA BELAS (13)** sehingga muka surat **DUA PULUH EMPAT (24)**.*

Instructions: This question paper consists of **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]*

Begin your answer to each question 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]

...2/-

ENGLISH VERSION

1. (a) A distribution transformer supplies power to industrial and residential loads as shown in Figure 1.1. Table 1.1 shows the daily load data of the primary feeders. Determine the following:
- (i) The coincident and non-coincident maximum demand of the system
 - (ii) The load factor for each of the load classes
 - (iii) The class contribution factors for each of the load classes
 - (iv) The diversity factor
 - (v) The load diversity

(40 marks)

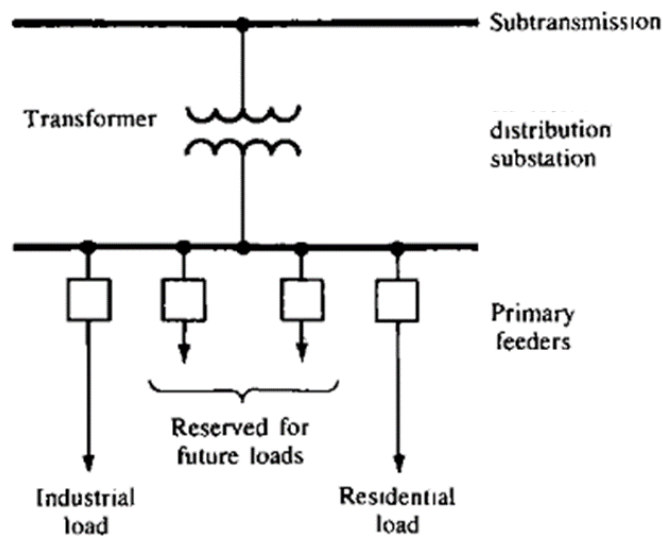


Figure 1.1

Table 1.1

Time	Load, kW	
	Industrial	Residential
12am - 4am	500	400
4am - 8am	2500	800
8am - 12pm	1500	1200
12pm - 4pm	3500	2000
4pm - 8pm	1200	2200
8pm - 12am	600	1500

(b) A primary feeder supplies total annual energy of 15,000 MWh to a town. If its annual load factor is 0.35, determine the following:

- (i) The annual average power demand
- (ii) The peak demand
- (iii) The annual loss factor
- (iv) If the growth rate of the town's power demand is 6%, what is the annual energy demand after 10 years?

(40 marks)

(c) Explain the criteria to be considered in the selection of suitable location for a substation?

(20 marks)

2. (a) Draw the one line diagram of the following substation bus schemes. Explain the bus schemes and compare their advantages and disadvantages.

- (i) single bus scheme
- (ii) breaker-and-a-half scheme

(30 marks)

- (b) Consider a triangular shaped service area as shown in Figure 2.1. The area has a uniform load density of 1600 kVA/km^2 and 0.9 lagging power factor. A substation supplies 3-phase power with nominal voltage 11.00 kV (V_{L-L}) 50 Hz to this area. The primary distribution system consists of an ACSR 37/2.59 main feeder and ten ACSR 7/4.09 laterals. Both the main and laterals are constructed such that the geometric mean distance for the three-phase wire is 0.8m. Assume that the operating temperature of the main and laterals is 40°C and the laterals are uniformly loaded.

- (i) Calculate the K-constants for the primary main feeder.
- (ii) Determine the percent voltage drop at the end of the primary main feeder (at point **a**).

(50 marks)

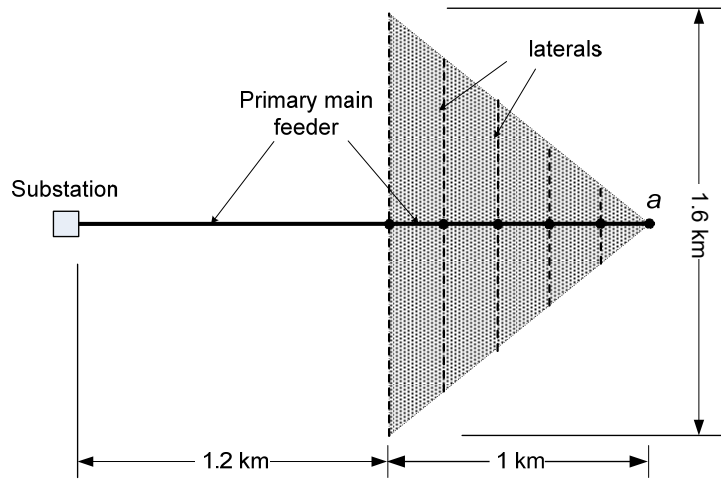


Figure 2.1

- (c) For question 2(b) above, if the substation is built at a location as shown in Figure 2.2, determine the percent voltage drop at the end of the primary main feeder for this design (point *b*). Compare the two designs. Explain which one is better.

(20 marks)

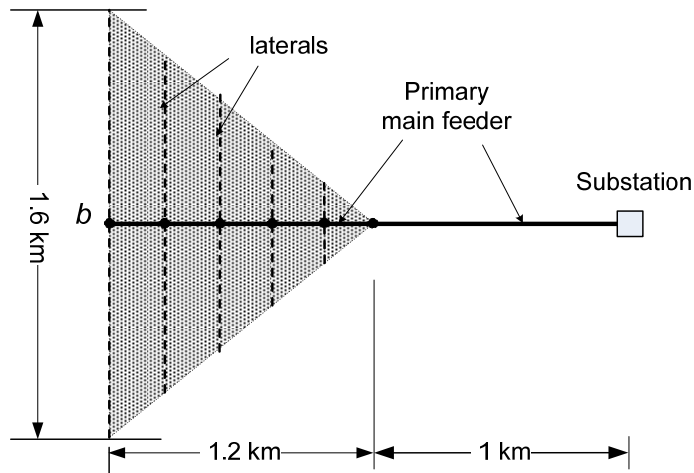


Figure 2.2

3.

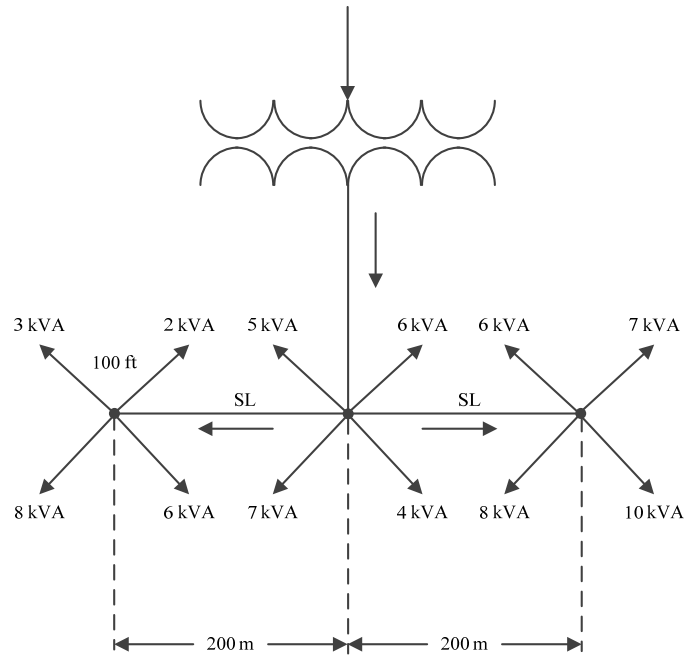


Figure 3.1

Figure 3.1 above shows a residential secondary distribution system. Assume that the distribution transformer capacity is 75 kVA, all secondary and services are single-phase three-wire, nominally 240 V, and all SLs are of #2/0 aluminum/copper XLPE cable, and SDs are of #1/0 aluminum/copper XLPE cable. All SDs are 100-m long, and all SLs are 200-m long. Assume an average lagging load power factor of 0.9 and 100% load diversity factors.

Given the following information:

...7/-

Table 3.1

Single phase 7200-120/240-V distribution transformer data at 65°C

Rated kVA	R (p.u.)	X(p.u.)
15	0.0130	0.0094
25	0.0123	0.0138
37.5	0.0107	0.0126
50	0.0107	0.0139
75	0.0101	0.0143
100	0.0098	0.0145

Table 3.2

Twin- concentric aluminum/copper XLPE cable data

Size	k at 90% PF ()
2 AWG	0.02613
1 AWG	0.02098
1/0 AWG	0.01683
2/0 AWG	0.01360
3/0 AWG	0.01092
4/0 AWG	0.00888
250 kcmil	0.00769
350 kcmil	0.00571
500 kcmil	0.00424

Choose the appropriate value and determine the following:

- (a) Find the total load on the transformer in kilovolt-amperes in p.u. value.

(40 marks)

- (b) Find the total steady-state voltage drop (VD) in p.u. at the most remote and severe customer's meter for the given annual maximum system loads.
(60 marks)

4.

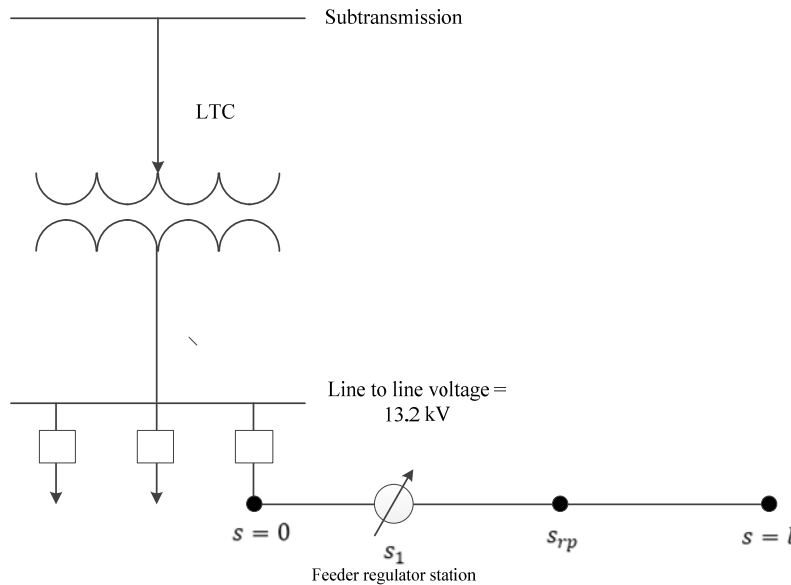


Figure 4.1

Figure 4.1 above shows the regulator station of size 110 kVA is located at the distance s_1 and the regulating point is at s_{rfp} . Given that the feeder is made of AAC with k constant value of k at 0.85 lagging power factor. It has resistance R and reactance X of R and X respectively, it also has the inductive-reactance spacing factor K for the geometric mean spacing of GMS . Assume that the annual peak load is P_{max} .

In addition, you are also given the followings:

Table 4.1
Some typical single-phase regulator sizes

kVA	CT _p *	PT _N **
38.1	50	63.5
57.2	75	63.5
76.2	100	63.5
114.3	150	63.5
167	250	63.5
250	400	63.5
* Ratio of the current transformer combined within the regulator (the value is the high voltage side ampere rating because the low voltage rating is 1 A)		
**Ratio of the potential transformer contained within the regulator (all potential transformer secondary are 120 V)		

For any given point s between the substation and the regulator station, the voltage drop value can be calculated using:

For any point s between the regulator station and the end of the feeder, the voltage drop value can be calculated using:

The output of voltage of the regulator for the annual peak load can be found from:

Hence,

- (a) Determine good settings for the values of R and X of the line drop compensator (LDC) in the feeder regulator station.

(40 marks)

- (b) Sketch voltage profiles and label the values of significant voltages, in p.u. Assume that the regulating point voltage is V_r and substation voltage is V_s . Use V_s as base voltage.

(60 marks)

5. (a) Explain and draw the single line diagram for primary distribution system types below:

- (i) Radial system
- (ii) Loop system
- (iii) Network system

(45 marks)

- (b) New housing area in Jawi will be increased by 4.32 time than its existing area now by year 2018. If the distribution system want to serve the same percentage of voltage drop, calculate the new primary feeder load if the existing feeder load is 25MVA and the distance of the feeder is maintained.

(20 marks)

- (c) Secondary distribution system is the electrical utility between the primary feeder and the customer's property

- (i) List the equipment that shall be included in the secondary system

(10 marks)

- (ii) In calculating the operating cost of the secondary system, what are the components needed to be included?

(25 marks)

6. (a) Give and explain the working principle of distribution network protection system devices

(30 marks)

- (b) Figure 6.1 below show simple radial distribution system with the Circuit Breaker (CB) setting. Explain what will happen to the each CB and the load if below scenario happen:

- (i) If the current drawn by load A is increased to 85A and load B current is 50A.

...12/-

- (ii) If the current drawn by load A is increased to 100A and load B current is 70A.
- (iii) If each CB was added with time delay which CB #1 with time delay 0.7sec, CB #2 and CB#3 at 0.2 sec and scenario b(ii) is repeated

(30 marks)

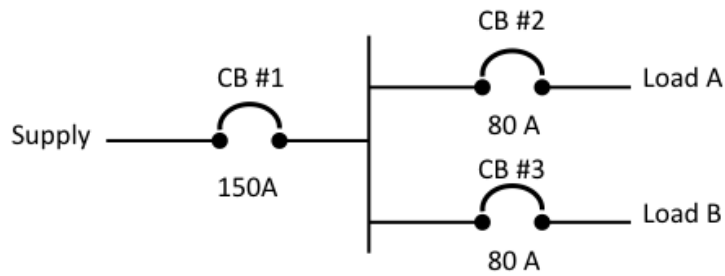


Figure 6.1

- (c) 1MVA, 415V Substation supplies electricity to primary feeder that have 20 meter long. The impedance of the cable is $j0.008\Omega$. If the substation impedance is 12%, what is the fault current if 3-phase faults occurs at end of the primary feeder.

(40 marks)

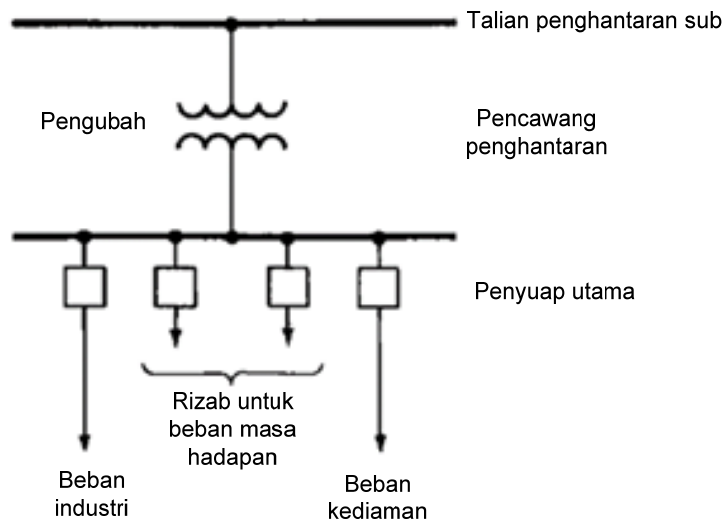
ooo0ooo

...13/-

VERSI BAHASA MALAYSIA

1. (a) Satu pengubah agihan membekalkan kuasa kepada beban-beban industri dan kediaman seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.1. Jadual 1.1 menunjukkan data beban harian bagi penyuar utama tersebut. Tentukan yang berikut:
- (i) Permintaan maksimum kesekenaan dan tak-kesekenaan bagi sistem tersebut.
 - (ii) Faktor beban bagi setiap kelas beban
 - (iii) Faktor sumbangan kelas bagi setiap kelas beban
 - (iv) Faktor kepelbagaian
 - (v) Kepelbagaian beban

(40 markah)



Rajah 1.1

Jadual 1.1

Masa	Beban, kW	
	Industri	Kediaman
12am - 4am	500	400
4am - 8am	2500	800
8am - 12pm	1500	1200
12pm - 4pm	3500	2000
4pm - 8pm	1200	2200
8pm - 12am	600	1500

(b) Satu penyuar utama membekalkan jumlah tenaga tahunan sebanyak 15,000 MWh ke satu bandar. Jika faktor beban tahunannya adalah 0.35, tentukan yang berikut:

- (i) Permintaan kuasa purata tahunan
- (ii) Permintaan puncak
- (iii) Faktor kehilangan tahunan
- (iv) Jika kadar pertumbuhan permintaan kuasa untuk bandar ini ialah 6%, apakah permintaan tenaga tahunan bandar ini selepas 10 tahun?

(40 markah)

(c) Apakah kriteria yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi yang sesuai bagi pencawang?

(20 markah)

...15/-

2. (a) Lukiskan gambarajah segaris bagi skema-skema bas pencawang berikut. Terangkan skema-skema ini dan bandingkan kelebihan dan kelemahan mereka.

- (i) skema 'single bus'
- (ii) skema 'breaker-and-a-half'

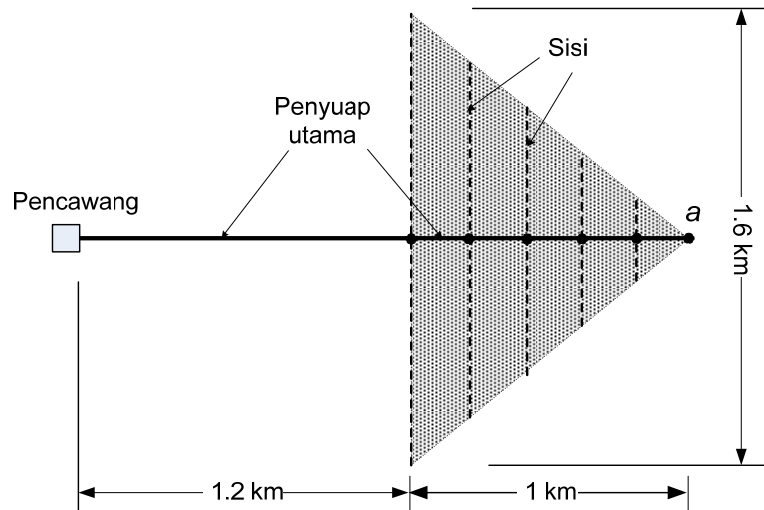
(30 markah)

- (b) Pertimbangkan satu kawasan perkhidmatan berbentuk segi tiga seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.1. Kawasan ini mempunyai ketumpatan beban seragam 1600 kVA/km^2 and faktor kuasa mengekor 0.9. Satu pencawang membekalkan kuasa 3-fasa pada voltan nominal 11.00 kV (V_{L-L}) 50 Hz ke kawasan ini. Sistem pengagihan utama terdiri daripada satu penyuap utama 37/2.59 ACSR dan sepuluh sisi 7/4.09 ACSR. Kedua-dua penyuap utama dan sisi dibina supaya jarak purata geometri (GMD) untuk wayar tiga fasa adalah 0.8m. Andaikan suhu operasi penyuap utama dan sisi adalah 40°C dan beban pada sisi-sisi adalah teragih secara seragam:

- (i) Kirakan pemalar-k bagi penyuap utama.
- (ii) Tentukan peratus kejatuhan voltan pada hujung penyuap utama (titik **a**)

(50 markah)

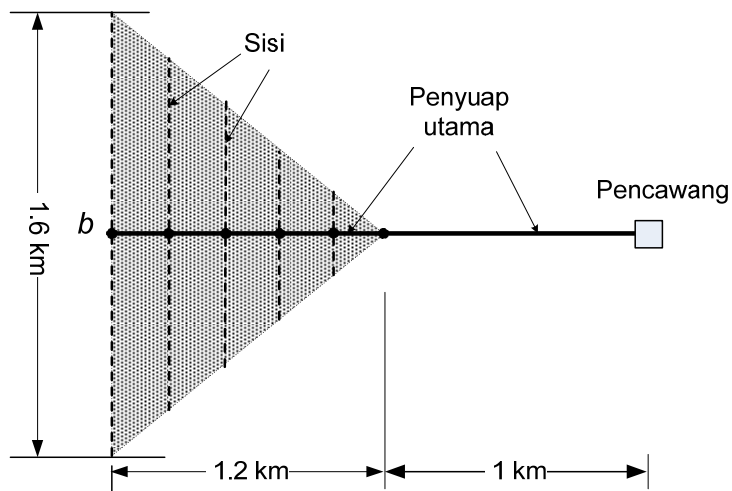
...16/-



Rajah 2.1

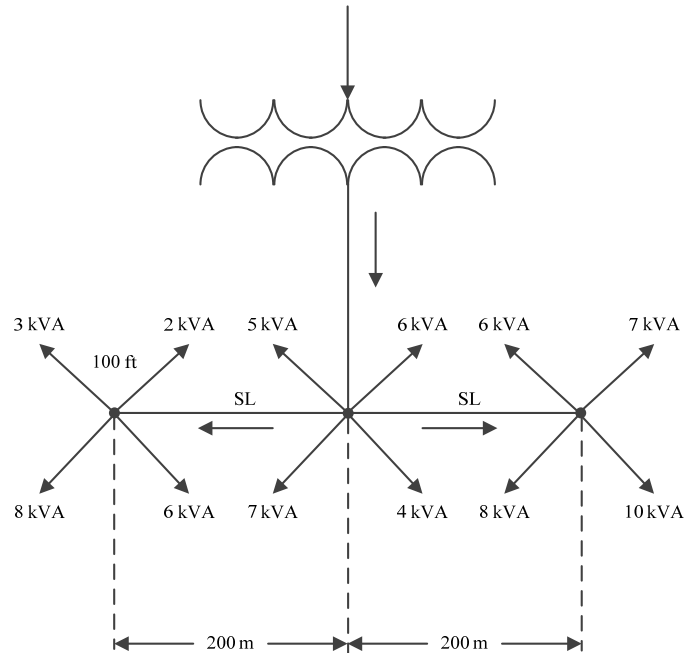
- (c) Untuk soalan 2 (b) di atas, jika pencawang itu dibina pada lokasi seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.2, tentukan peratus kejatuhan voltan pada hujung penyuaip utama bagi reka bentuk ini (titik **b**). Bandingkan kedua-dua reka bentuk. Terangkan yang mana satu lebih baik.

(20 markah)



Rajah 2.2

3.



Rajah 3.1

Rajah 3.1 di atas menunjukkan sistem pengagihan kuasa sekunder. Andaikan kapasiti pengubah agihan ialah 75 kVA, semua sekunder dan perkhidmatan adalah satu fasa tiga dawai pada voltan nominal 240 V. Semua SL ialah jenis # 2/0 aluminium / tembaga XLPE kabel dan SD ialah jenis # 1/0 aluminium / tembaga kabel XLPE. Semua SD ialah 100-m panjang dan semua SL ialah 200-m panjang. Andaikan purata faktor kuasa beban ketinggalan 0.9 dan faktor beban kepelbagaian 100%. Maklumat berikut diberi:

...18/-

Jadual 3.1

Data pengubah agihan pada 65°C satu fasa 7200-120/240-V

Terkadar kVA	R (p.u.)	X(p.u.)
15	0.0130	0.0094
25	0.0123	0.0138
37.5	0.0107	0.0126
50	0.0107	0.0139
75	0.0101	0.0143
100	0.0098	0.0145

Jadual 3.2

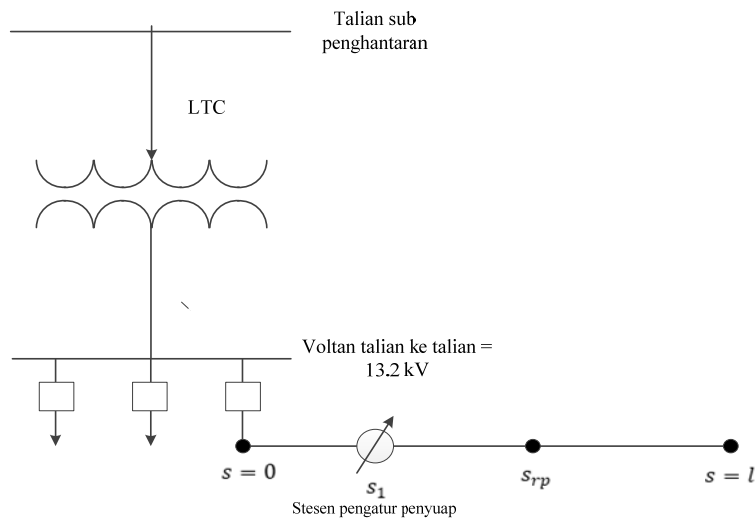
Data kabel XLPE aluminium / tembaga kembar-sepusat

Saiz	k pada 90% FK ()
2 AWG	0.02613
1 AWG	0.02098
1/0 AWG	0.01683
2/0 AWG	0.01360
3/0 AWG	0.01092
4/0 AWG	0.00888
250 kcmil	0.00769
350 kcmil	0.00571
500 kcmil	0.00424

Pilih nilai yang sesuai dan tentukan perkara yang berikut:

- (a) Cari jumlah beban pada pengubah dalam kilovolt-ampere dalam nilai p.u.
(40 markah)
- (b) Cari jumlah penurunan mantap voltan (VD) dalam p.u. di meter pelanggan yang paling jauh dan teruk untuk beban sistem maksimum tahunan yang diberikan.
(60 markah)

4.



Rajah 4.1

...20/-

Rajah 4.1 di atas menunjukkan stesen pengatur saiz 110 kVA terletak di dan titik pengatur adalah pada . Memandangkan penyuaip itu dibuat daripada 266.8 kmil AAC dengan nilai pada faktor kuasa ekoran 0.85. Ia mempunyai rintangan dan regangan bernilai dan masing-masing, ia juga mempunyai faktor jarak regangan beraruhan yang bernilai bagi 53 inci jarak purata geometri. Anggapan bahawa beban puncak tahunan ialah 4000 kVA. Selain itu, anda juga diberikan yang berikut:

Jadual 4.1
Sesetengah saiz yang biasa bagi pengatur satu fasa

kVA	CT_p^*	PT_N^{**}
38.1	50	63.5
57.2	75	63.5
76.2	100	63.5
114.3	150	63.5
167	250	63.5
250	400	63.5
* Nisbah pengubah arus digabungkan dalam pengatur (nilai adalah penarafan ampere pada kedudukan sebelah voltan tinggi kerana penarafan voltan yang rendah adalah 1 A)		
** Nisbah pengubah potensi yang terkandung dalam pengatur (semua potensi pengubah sekunder adalah 120 V)		

Bagi mana-mana titik s antara pencawang dan stesen pengatur, nilai kejatuhan voltan boleh dikira dengan menggunakan:

...21/-

Bagi mana-mana titik s antara stesen pengatur dan hujung penyuar, nilai kejatuhan voltan boleh dikira dengan menggunakan:

Voltan keluaran pengawal selia untuk beban puncak tahunan boleh didapati dari:

Oleh itu,

- (a) Tentukan nilai yang sesuai untuk R dan X pemampas susutan talian (LDC) di stesen pengatur penyuar.

(40 markah)

- (b) Lakarkan profail voltan dan labelkan nilai voltan dalam p.u. Andaikan voltan titik pengatur adalah 1.0138 p.u. dan voltan pencawang adalah pada 1.035 p.u. Gunakan 120 V sebagai voltan asas.

(60 markah)

5. (a) Terangkan dan lukiskan gambarajah segaris untuk jenis sistem pengagihan utama di bawah:

- (i) Sistem jejarian
- (ii) Sistem gelung
- (iii) Sistem rangkaian

(45 markah)

(b) Keluasan kawasan perumahan baru di Jawi akan meningkat sebanyak 4.32 kali ganda dari keluasan kawasan yang sedia ada pada tahun 2018. Jika sistem pengagihan mahu berkhidmat pada nilai peratusan penurunan voltan yang sama, kira beban penyuap utama yang baru jika beban penyuap yang sedia ada adalah 25MVA dan jarak penyuap sedia ada dikekalkan.

(20 markah)

(c) Sistem pengagihan sekunder adalah utiliti elektrik antara penyuap utama dan kawasa kepunyaan pelanggan

- (i) Senaraikan peralatan yang dimasukkan ke dalam sistem sekunder

(10 markah)

- (ii) Dalam pengiraan kos operasi sistem sekunder, apakah komponen yang diperlukan untuk diambilkira?

(25 markah)

...23/-

6. (a) Nyatakan dan terangkan prinsip kerja peranti sistem perlindungan dalam rangkaian pengagihan

(30 markah)

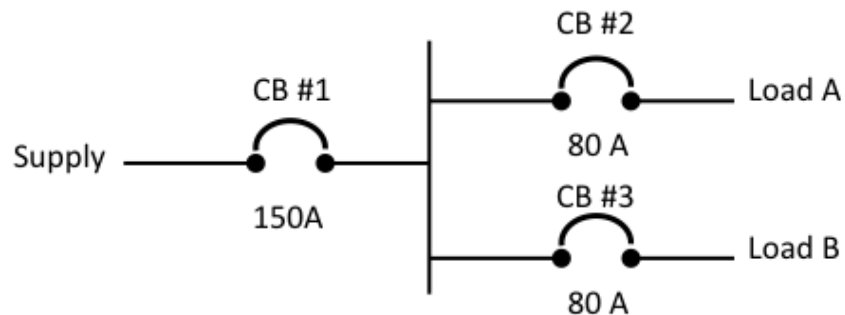
- (b) Rajah 6.1 di bawah menunjukkan sistem pengagihan jejarian ringkas dengan penetapan pemutus litar (CB). Jelaskan apa yang akan berlaku kepada setiap CB dan beban jika senario di bawah berlaku:

(i) Jika arus dari beban A meningkat kepada 85A dan arus pada beban B adalah 50A.

(ii) Jika arus dari beban A meningkat kepada 100A dan arus pada beban B adalah 70A.

(iii) Jika setiap CB ditambah lewat masa dengan CB #1 dengan lewat masa 0.7saat, CB #2 and CB#3 dengan 0.2 saat dan senario b(ii) diulangi

(30 markah)



Rajah 6.1

...24/-

- (c) Pencawang 1MVA, 415V membekalkan tenaga elektrik kepada penyuar utama yang mempunyai jarak sepanjang 20 meter. Jumlah galangan kabel adalah $j0.008\Omega$. Sekiranya jumlah galangan pencawang adalah 12%, berapakah nilai arus kegagalan, jika kegagalan 3 fasa berlaku di penghujung penyuar utama

(40 markah)

-

ooo0ooo

Appendix A: Characteristics of ACSR 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</i> <i>(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 37/2.59	150	18.13	0.180	67.30	400

Calculate resistance at other temperatures using the following equation:

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