

Angka giliran : _____

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2016/2017 Academic Session

December 2016 / January 2017

EEK 369/3 – HIGH VOLTAGE SYSTEM
[SISTEM VOLTAN TINGGI]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

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

*Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **TIGA BELAS (13)** muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini. Versi Bahasa Inggeris daripada muka surat **DUA (2)** sehingga muka surat **TUJUH (7)** dan versi Bahasa Melayu 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].

You are not allowed to bring this question paper out of the examination hall.

[Anda tidak dibenarkan untuk membawa kertas soalan ini keluar dari dewan peperiksaan].

ENGLISH VERSION

1. (a) The **Kyoto Protocol** is an international treaty which extends the 1992 United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) that commits State Parties to reduce greenhouse gas emissions which contribute to the global warming issues. There are six greenhouse gases that have been covered in this protocol.
 - (i) Name one of the greenhouse gas emission that currently utilized in electrical power apparatus. Give an example of the power apparatus that used this gas and explain why it is used in this apparatus?
(25 marks)
 - (ii) Describe how could this greenhouse gas emission could be minimized in electrical power apparatus? Give an example.
(25 marks)
- (b) Liquid dielectric is normally used in high voltage power transformer or high voltage capacitor as insulating and cooling media.
 - (i) List down two types of liquid dielectric that are widely used in high voltage transformer as an insulator. Describe why this liquid dielectric is utilized in this apparatus.
(25 marks)
 - (ii) Name two types of latest development in liquid dielectrics technology that have been utilized as biodegradable liquid in high voltage transformer. Why biodegradable liquid dielectric become very significant in nowadays compare with conventional liquid dielectric?
(25 marks)
2. An 11kV XLPE single core coaxial cable has inner and outer diameter of 24 mm and 36 mm, respectively. The inner diameter is representing the conductor of the cable which is insulated by the XLPE material. The dielectric constant of the insulating material is 3.4.

- (a) If the potential of the of XLPE cable is given as equation (1), where a is inner radius and b is outer radius, calculate the maximum electric field, E_{max} of the XLPE cable at its rated voltage

(25 marks)

- (b) Determine the field utilization factor η

(25 marks)

- (c) Figure 2 shows enlarged portion of the XLPE cable having the internal cavity. If the cable is installed underground, and an internal cavity defect of 0.1 mm thickness is subjected to a voltage of 11 kV_{rms}.

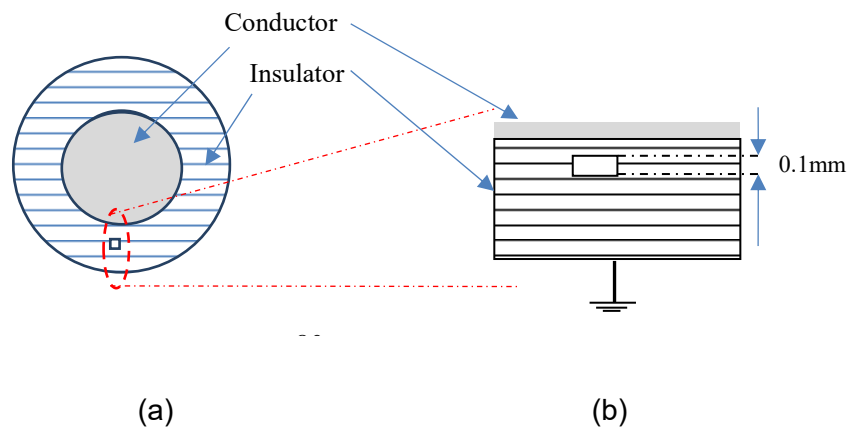


Figure 2 Enlarge portion of cable with the internal cavity

- (i) Draw the equivalent circuit of the electrical discharge in a cavity as shown in Figure 2.
(25 marks)
 - (ii) Find the voltage at which an internal discharge can occur if the cavity is filled with air and the breakdown strength of air is 25kV (peak)/cm. (noted that $\epsilon_0 = 8.89 \times 10^{-12} F/m$)
(25 marks)
3. (a) Define the ripple voltage. Show that the ripple voltage in a rectifier circuit depends upon the load current and circuit parameters
(10 marks)
- (b) Explain Cockroft-Walton multiplier circuit with circuitry diagram when the circuit in under loaded condition.
(20 marks)

- (c) A ten stage Cockraft-Walton circuits has all capacitors of 0.06 μ F. The secondary voltage of supply transformer is 100 kV at a frequency of 150 Hz. If the load current is 1 mA, determine:
 - (i) Voltage regulation
 - (ii) The ripple voltage
 - (iii) The optimum stages for maximum output voltage
 - (iv) The maximum output voltage

(40 marks)

- (d) Figure 3(a) represents exact an equivalent circuitry for a single stage impulse generator circuit with typical loads. Figure 3(b) is simplified equivalent circuitry after the gap G is flashes over.

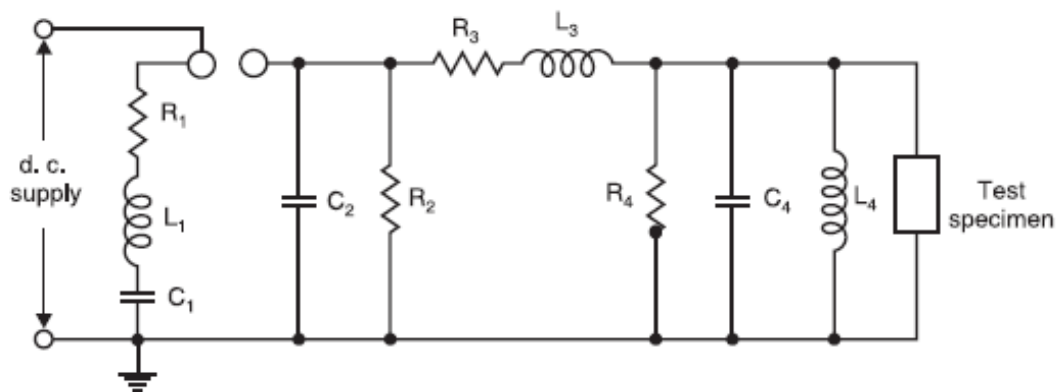


Figure 3(a)

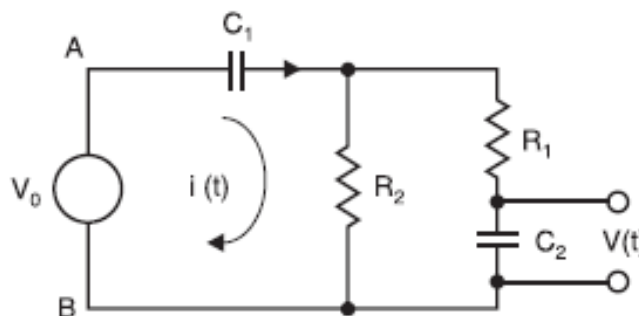


Figure 3(b)

Determine the peak voltage V_{max} and establish relations between generator capacitance and voltage efficiency.

(30 marks)

4. (a) Give two types of lightning strokes on transmission line and explain them. (10 marks)
- (b) Explain 3 purposes of ground wire at tower transmission line as shown in Figure 4(b).

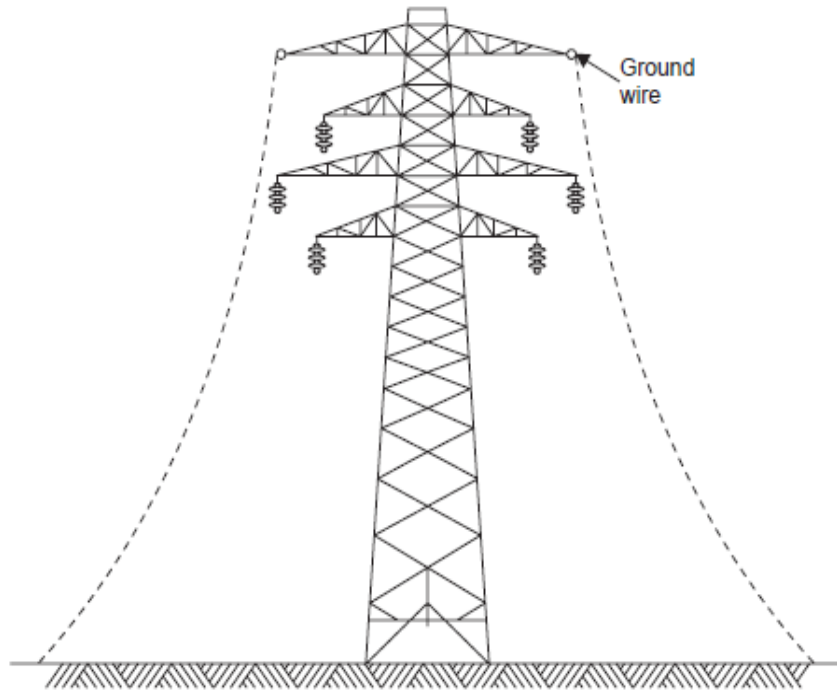


Figure 4(b)

(15 marks)

- (c) Give 3 basics requirement for the design of the line transmission tower based on direct stroke. If the construction of tower does not give the suitable value for footing resistance, suggest two methods to improve the ground transmission tower.

(25 marks)

- (d) A transmission line of surge impedance $z(\Omega)$ is terminated with a inductance L (mH). If an incident current wave of Ie^{at} travels along the line to the junction point,

- (i) draw a simple circuit diagram of the transmission line showing the traveling wave

(10 marks)

- (ii) analyze the *transmitted voltage and current wave*

(20 marks)

(iii) analyze the reflected voltage and current wave

(20 marks)

5. (a) List 4 requirements of the circuit breakers

(20 marks)

(b) Figure 5(b) show single line diagram that contain a vacuum circuit breaker (VCB) and oil circuit breaker (OCB). Determine the minimum sizes (based on rated value) of VCB#1, VCB#2 and OCB#1 if both generator and transformer are not operating under overload condition.

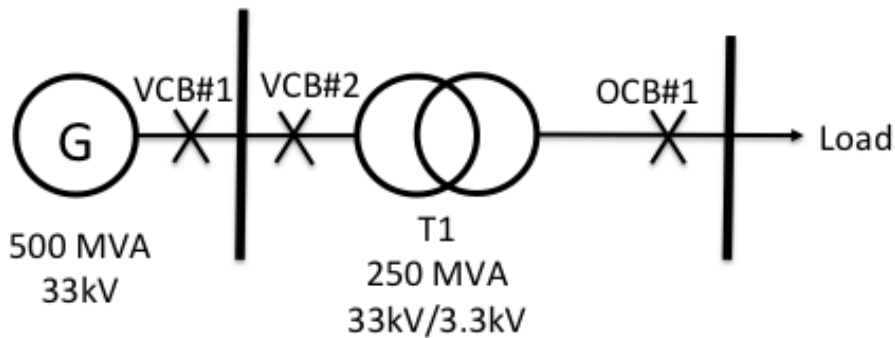


Figure 5(b)

(30 marks)

(c) Table 5(c) show type of circuit breaker, its arc-quenching medium, voltage range and breaking capacity. Complete the table with suitable answers

Type of Circuit breaker	Arc quenching medium	Voltage range	Breaking capacity
Bulk Oil			
	SF ₆ at 5kg/cm ² pressure		
Vacuum		3.3kV- 33kV	
	Compressed air at high pressure (20-30kg/cm ²)		2500-6000MVA

Table 5(c)

(50 marks)

6. (a) By using circuit diagram explain how to measure high voltage using capacitive divider and why this method is preferred in practice. (35 marks)
- (b) Referring to Figure 6, design a peak reading voltmeter along with a suitable microammeter such that it will be able to read voltages, up to 100 kV (peak). The capacitive potential divider available has ratio 1000:1.

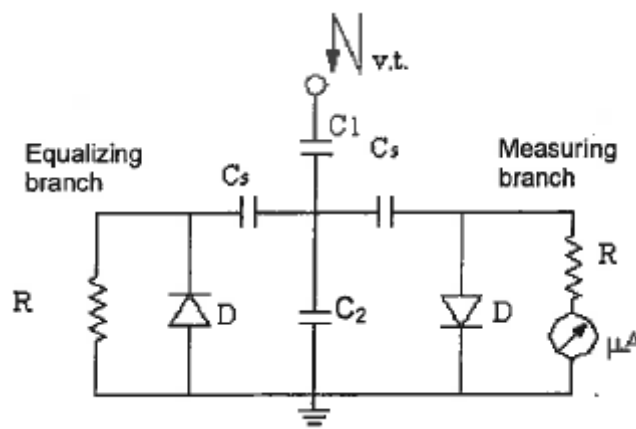


Figure 6 Peak voltmeter as modified by Haefely

(30 marks)

- (c) A generating voltmeter has to be designed so that it can have a range from 20 to 200 kV d.c. if the indicating meter reads a minimum current of 2 μ A and maximum current of 25 mA, what is the value of capacitance for the generating voltmeter should be? (Assume the driving motor has synchronous speed of 1500rpm)

(35 marks)

-oooOOooo-

VERSI BAHASA MELAYU

1. (a) *Protokol Kyoto merupakan satu perjanjian antarabangsa yang melanjutkan rangka kerja Konvensyen Bangsa-Bangsa Bersatu 1992 mengenai perubahan iklim (UNFCCC) yang memerlukan kerajaan negeri untuk mengurangkan pelepasan gas rumah hijau yang menyumbang kepada masalah pemanasan global. Terdapat enam gas rumah hijau yang telah dibincangkan dalam protokol ini.*

(i) *Namakan satu pelepasan gas rumah hijau yang kini digunakan dalam alat kuasa elektrik. Berikan satu contoh alat kuasa yang menggunakan gas ini dan jelaskan mengapa ia digunakan dalam alat ini?*

(25 markah)

(ii) *Huraikan bagaimana pelepasan gas rumah hijau ini dapat dikurangkan dalam penggunaan alat kuasa elektrik? Berikan contoh.*

(25 markah)

(b) *Dielektrik cecair biasanya digunakan dalam voltan tinggi pengubah kuasa atau kapasitor voltan tinggi sebagai media penebat.*

(i) *Senaraikan dua jenis dielektrik cecair yang digunakan secara meluas dalam pengubah voltan tinggi sebagai penebat. Jelaskan mengapa dielektrik cecair ini digunakan dalam alat ini.*

(25 markah)

(ii) *Namakan dua jenis pembangunan terbaru dielektrik cecair yang telah digunakan sebagai cecair "biodegradable" dalam pengubah voltan tinggi. Mengapa cecair "biodegradable" dielektrik menjadi sangat penting pada masa kini berbanding dengan cecair dielektrik konvensional?*

(25 markah)

2. *Sebuah 11kV XLPE teras tunggal kabel sepaksi mempunyai diameter dalaman dan luaran masing-masing 24 mm dan 36 mm. Diameter dalaman mewakili pengalir kabel yang mana telah ditebat oleh bahan XLPE. Pemalar dielektrik bahan penebat ialah 3.4.*

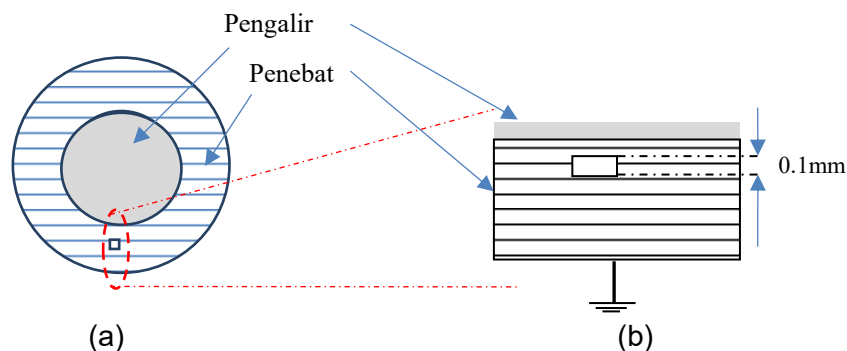
(a) Jika potensi kabel XLPE diberikan sebagai persamaan (1), di mana a ialah jejari dalaman dan b adalah jejari luar, kira medan elektrik maksimum, E_{max} kabel XLPE tersebut pada nilai kadar voltannya

(25 markah)

(b) Tentukan faktor penggunaan medan η

(25 markah)

(c) Rajah 2 menunjukkan pembesaran bahagian kabel XLPE yang mempunyai rongga dalaman. Jika kabel dipasang di dalam tanah, dan kecacatan rongga dalaman 0.1 mm tebal adalah tertakluk kepada voltan 11 kV_{rms}.



Rajah 2 Pembesaran bahagian kable dengan rongga dalaman

(i) Lukiskan litar setara bagi nyahcas elektrik dalam rongga seperti ditunjukkan dalam Rajah 2.

(25 markah)

(ii) Cari voltan di mana nyahcas dalaman boleh berlaku, jika rongga tersebut berisi udara dan kekuatan pecah tebat udara adalah 25kV (puncak)/cm.

(Catatan $\epsilon_0 = 8.89 \times 10^{-12}$ F/m)

(25 markah)

3. (a) Berikan ungkapan untuk riak dan pengaturan di dalam litar pendarab voltan. Bagaimanakah untuk meminimumkan riak dan pengaturan.

(10 markah)

...10/-

(b) Berikan ungkapan untuk riak dan pengaturan di dalam litar pendarab voltan. Bagaimanakah untuk meminimumkan riak dan pengaturan.

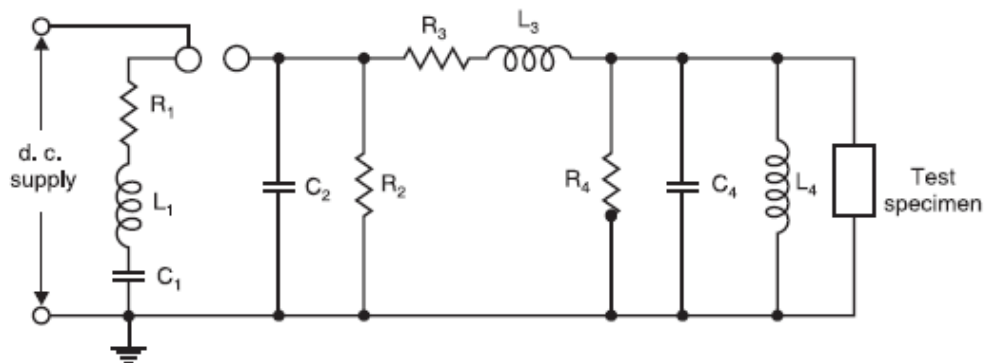
(20 markah)

(c) Litar 10 peringkat Cockraft-Walton mempunyai kesemua kapasitor yang bernilai $0.06 \mu\text{F}$. Nilai kedua voltan untuk bekalan pengubah adalah 100 kV di frekuensi 150 Hz . Jika arus beban ialah 1 mA , tentukan

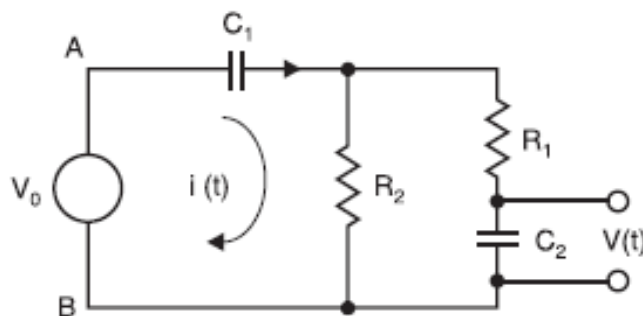
- (i) Voltan pengatur
- (ii) Voltan riak
- (iii) Maksimum voltan keluaran untuk peringkat optimum
- (iv) Maksimum voltan keluaran

(40 markah)

(d) Rajah 3(a) menunjukkan litar setara yang tepat untuk litar satu tahap penghasil denyut dengan sesuatu beban. Rajah 3(b) adalah litar setara yang dimudahkan selepas jarak G dipancar.



Rajah 3(a)



Rajah 3(b)

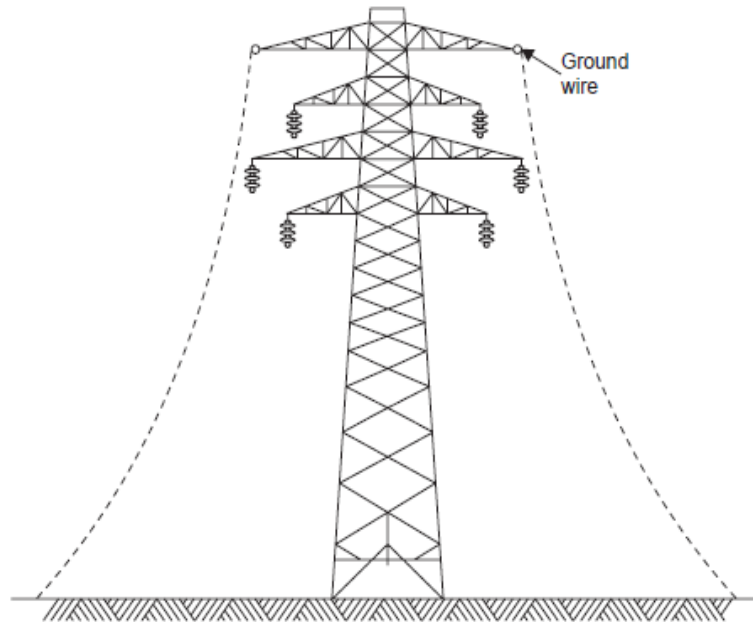
Tentukan V_{max} voltan puncak dan berikan komen hubungan penghasil kapasitor dan kecekapan voltan.

(30 markah)

4. (a) Berikan 2 jenis sambar kilat ke talian hantaran dan terangkan.

(10 markah)

(b) Terangkan 3 tujuan wayar bumi di menara talian hantaran seperti di Rajah 4(b).



Rajah 4(b)

(15 markah)

(c) Berikan 3 asas keperluan untuk mereka menara hantaran talian berdasarkan terus sambar. Jika tempat pembinaan menara tidak memberikan nilai perintang kaki yang tidak sesuai, cadangkan 2 cara untuk membaiki menara hantaran bumi.

(25 markah)

(d) Suatu talian hantaran bergalang pusuan $z(\Omega)$ diakhiri dengan galangan $L(mH)$. Jika gelombang voltan tuju ialah $1e^{-\alpha t}$ bergerak sepanjang talian sehingga titik percantuman,

(i) Lakarkan litar setara bagi talian hantaran yang menunjukkan pergerakan gelombang

(10 markah)

(ii) Anggarkan gelombang voltan dan arus terhantar dalam talian hantaran

(20 markah)

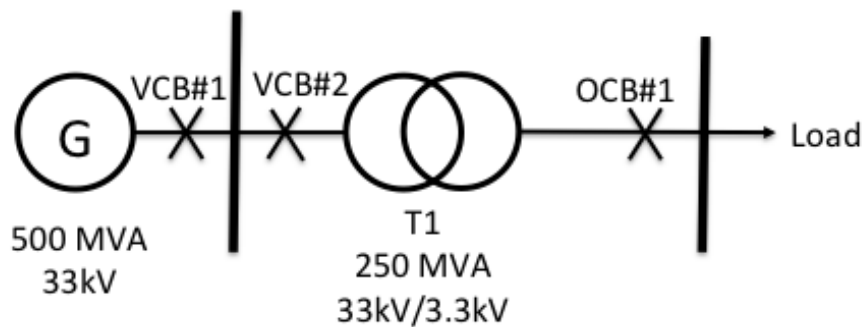
(iii) *Anggarkan gelombang voltan dan arus terpantul dalam talian hantaran*

(20 markah)

5. (a) *Senaraikan 4 syarat keperluan bagi pemutus litar*

(20 markah)

(b) *Rajah 5(b) menunjukkan gambarajah talian tunggal yang mengandungi pemutus litar vakum (VCB) dan pemutus litar minyak (OCB). Tentukan saiz minimum (berdasarkan nilai arus yang syorkan) daripada VCB#1, VCB#2 dan OCB#1 jika kedua-dua penjana dan transformer tidak beroperasi pada keadaan melebihi beban yang ditetapkan.*



Rajah 5(b)

(30 markah)

(c) *Jadual 5(c) menunjukkan jenis pemutus litar, perantara arka pelindapkejutan, julat voltan dan kapasiti terbuka. Lengkapkan jadual dengan jawapan yang sesuai*

<i>Jenis pemutus litar</i>	<i>Perantara Arka pelindapkejutan</i>	<i>Julat voltan</i>	<i>Kapasiti pembukaan</i>
<i>Minyal pukal</i>			
	<i>SF₆ di 5kg/cm² tekanan</i>		
<i>Vakum</i>		<i>3.3kV- 33kV</i>	
	<i>Udara termampat pada tekanan tinggi (20-30kg/cm²)</i>		<i>2500-6000MVA</i>

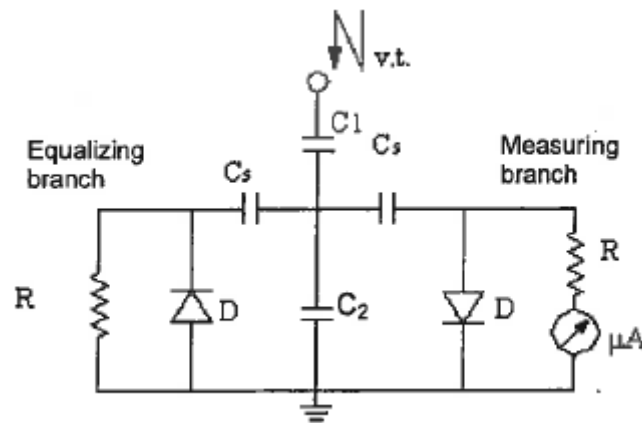
Jadual 5(c)

(50 markah)

6. (a) Dengan menggunakan bantuan gambarajah litar, terangkan bagaimana untuk mengukur voltan tinggi dengan menggunakan pembahagi pemuat dan mengapa kaedah ini adalah pilihan dalam amalan.

(35 markah)

- (b) Merujuk kepada Rajah 6 di bawah, reka bacaan puncak voltmeter bersama-sama dengan mikro ammeter yang sesuai dengan itu ia akan dapat membaca voltan, sehingga 100 kV (puncak). Pemuat berpotensi pembahagi disediakan adalah dengan nisbah 1000:1.



Rajah 6 Bacaan Puncak Voltmeter yang di ubah oleh Haefely

(30 markah)

- (c) Penjana voltmeter perlu direka supaya ia boleh mempunyai julat bacaan dari 20 ke 200 kV d.c jika meter yang menunjukkan bacaan arus minimum $2 \mu\text{A}$ dan arus maksimum 25 mA, apakah nilai pemuat untuk voltmeter penjanaan? (Andaikan motor penggerak telah synchronouse kelajuan 1500rpm)

(35 markah)