
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2011/2012

Januari 2012

EEK 464 – SISTEM VOLTAN TINGGI

Masa : 3 jam

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **TIGABELAS** muka surat 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.

Agihan markah bagi soalan diberikan disudut sebelah kanan soalan berkenaan.

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

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

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

1. (a) Voltan tinggi digunakan secara meluas di pelbagai aplikasi. Nyatakan dan berikan satu contoh bagi setiap bidang aplikasinya

High voltages are utilized for a wide variety of applications. State down and give an example of the area of it applications.

(15 markah/marks)

- (b) Apakah tiga bahantara utama penebat yang digunakan di dalam radas voltan tinggi? Berikan satu contoh radas bagi setiap bahantara tersebut.

What are the three principal media of insulation utilized in high voltage apparatus? Give an example of the apparatus for each media.

(15 markah/marks)

- (c) Terangkan apa yang dimaksudkan dengan terma-terma berikut
Explain the meaning of the following terms.

(30 markah/marks)

- (i) Penyimpanan semula-diri penebat
Self - restoring insulation
- (ii) Bukan penyimpanan semula diri penebat
Non-self- restoring insulation
- (iii) Pelanggaran kenyal
Elastic collisions
- (iv) Pelanggaran tak kenyal
Inelastic collision
- (v) Pengionan
Ionization

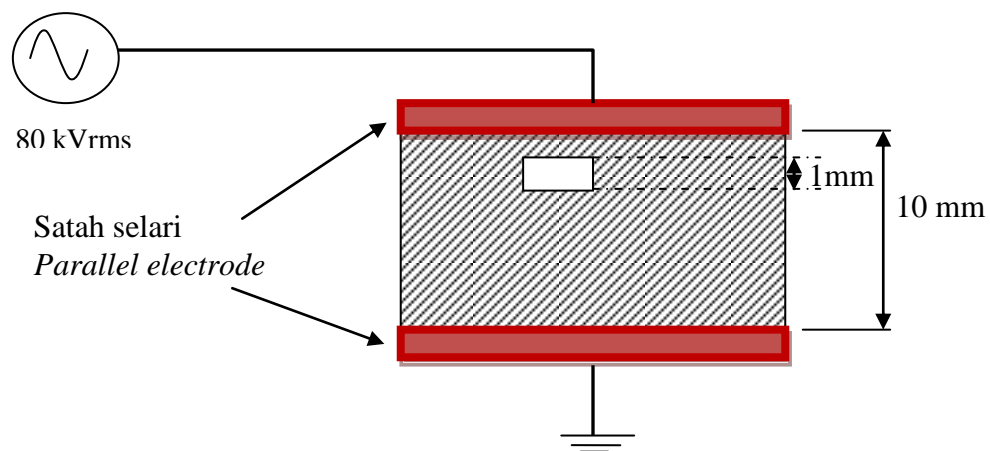
- (d) Secara purata, medan elektrik di antara dua elektrod boleh jadi medan seragam dan tak seragam. Terangkan apakah makna bagi bentuk medan elektrik seragam dan tak seragam?

In general, the electric fields between any two electrodes can be uniform and non-uniform field. Explain the meaning of uniform and non-uniform electric field configurations?

(40 markah/marks)

2. Suatu bahan pepejal dielektrik mempunyai pemalar dielektrik 5.0 ditunjukkan dalam Rajah 1 mempunyai lompong/rongga (ruangan kosong) sebesar 1mm. Bahan tersebut mempunyai ketebalan 1sm dan dikenakan voltan sebanyak 80kVrms. Sekiranya ruangan udara tersebut dipenuhi oleh udara dan kekuatan pecah tebat bagi udara tersebut ialah 25kV (puncak)/cm,

A solid dielectric specimen of dielectric constant 5.0 shown in the Figure 1 below has an internal void of thickness 1mm. The specimen is 1cm thick and is subjected to a voltage of 80kVrms. If the void is filled with air and if the breakdown strength of air can be taken as 25kV (peak)/cm,



Rajah 1 : Bahan pepejal dielektrik mengandungi ruang udara

Figure 1 : Solid dielectric specimen with the internal void

- (a) cari nilai voltan supaya nyah caj dalaman boleh berlaku.
find the voltage at which an internal discharge can occur.
(30 markah/marks)

- (b) lukiskan litar setara bagi bahan pepejal dielektrik yang ditunjukkan dalam Rajah 1.
(nota iaitu $\epsilon_0 = 8.89 \times 10^{-12}$ F/m)

draw the equivalent circuit of the solid dielectric specimen shown in Figure 1.

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

(10 markah/marks)

- (c) Dengan menggunakan lakaran gelombang voltan dan arus terangkan jujukan runtunan bagi rongga/lompang di bawah voltan ulang alik.

With the sketch of voltage waveform and current waveform explain the sequence of cavity breakdown due to internal discharge under alternating voltages

(30 markah/marks)

- (d) Terdapat enam mekanisma keruntuhan dalam pepejal dielektrik. Namakan kesemua mekanisma keruntuhan tersebut.

There are six breakdown mechanisms in solid dielectric. Name all of these breakdown mechanisms.

(30 markah/marks)

3. (a) Sejenis pendarab voltan Cockcroft-Walton mempunyai lapan paras dengan kemuatan bernilai $0.05\mu\text{F}$. Pengubah sekunder membekalkan voltan sebanyak 125kV pada frekuensi 150Hz. Sekiranya bekalan arus beban dibekalkan ialah 5mA, cari

A Cockcroft-Walton type voltage multiplier has eight stages with capacitances, all equal to $0.05\mu\text{F}$. The supply transformer secondary voltage is 125kV at frequency of 150Hz. If the load current to be supplied is 5mA, find

- (i) Peratus riak
the percentage ripple
- (ii) pengaturannya
the regulation
- (iii) bilangan paras yang optimum untuk pengaturan atau susutan voltan yang minimum
the optimum number of stages for minimum regulation or voltage drop
(30 markah/marks)

- (b) Suatu talian penghantaran 3 dawai mempunyai galangan pusuan Z pada setiap talian ditunjukkan pada **Rajah 2**. Tentukan gelombang voltan terhantar pada titik alihan O jika voltan tuju $E(V)$ dikenakan

*A transmission line of 3 wires consist of surge impedance Z for each line as shown in **Figure 2**. Determine the transmitted voltage wave at transition point O if the incident voltage of $E(V)$ is applied*

- (i) hanya pada 1 talian pada talian penghantaran.
[Lukiskan gambarajah menunjukkan gelombang voltan tuju, gelombang voltan terpantul dan gelombang voltan terhantar].

only at 1 line of the transmission line.

[Draw the diagram showing the incident voltage wave, reflected voltage wave and the transmitted voltage wave].

- (ii) serentak pada 2 talian pada talian penghantaran.
[Lukiskan gambarajah menunjukkan gelombang voltan tuju, gelombang voltan terpantul dan gelombang voltan terhantar].

simultaneously at 2 line of the transmission line.

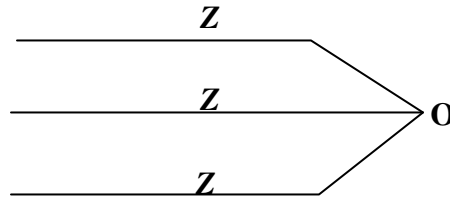
[Draw the diagram showing the incident voltage wave, reflected voltage wave and the transmitted voltage wave].

- (iii) serentak pada 3 talian pada talian penghantaran.
[Lukiskan gambarajah menunjukkan gelombang voltan tuju, gelombang voltan terpantul dan gelombang voltan terhantar].

simultaneously at 3 line of the transmission line.

[Draw the diagram showing the incident voltage wave, reflected voltage wave and the transmitted voltage wave].

(30 markah/marks)



Rajah 2: Talian penghantaran tiga dawai
Figure 2: Three wires transmission line

- (c) Terangkan mekanisma sambar kilat dan arus pusuan sepadan menggunakan gambarajah yang sesuai?

Explain the mechanism of lightning stroke and the corresponding current surge with the suitable diagram?

(40 markah/marks)

4. (a) Terangkan gejala pertumbuhan arus Townsend di dalam gas dengan kehadiran proses sekunder bagi medan elektrik seragam

Explain the Townsend's current growth phenomena in a gas in the presence of secondary processes subjected to uniform electric fields

Untuk makluman:

Noted that:

$$n_o'' = n_o + n_o'$$

$$n = n_o'' \exp(\alpha d)$$

laitu,

Where,

n_o'' : jumlah bilangan elektron meninggalkan katod
total number of electrons leaving the cathode

n_o' : bilangan elektron sekunder terhasil oleh proses sekunder
number of secondary electrons produced due secondary process

n : jumlah bilangan elektron tiba di anod
total number of electrons reaching anode

(25 markah/marks)

- (b) Nyatakan kriteria keruntuhan Townsend daripada gejala pertumbuhan arus di atas.

Describe the Townsend criterion for breakdown from the above current growth phenomena.

(25 markah/marks)

- (c) Terangkan teori keruntuhan streamer dalam udara pada tekanan atmosfera.

Explain the streamer theory of breakdown in air at atmospheric pressure.

(25 markah/marks)

...9/-

- (d) Namakan tiga mekanisma keruntuhan dalam hampagas? Terangkan salah satu daripada mekanisma tersebut.

Name three of the breakdown mechanisms in vacuum? Explain one of the mechanisms.

(25 markah/marks)

5. (a) Rajah 3 menunjukkan litar setara bagi kemuatan pembahagi upaya untuk pengukuran voltan tinggi. Alat pengukur seperti osiloskop boleh dipilih sama ada yang mempunyai galangan masukan sebanyak $1\text{M}\Omega$ dengan voltan maksima 400V atau pun galangan masukan sebanyak 50Ω dengan voltan maksima 5V . Sekiranya voltan V_1 sebanyak 100kV dikenakan dengan pemuat gandingan C_1 bernilai 3nF ,

Figure 3 depicts the equivalent circuit of capacitance potential dividers for high voltage measurement. The measurement devices such as oscilloscope, can be choose either $1\text{M}\Omega$ input impedance with maximum voltage of 400V or 50Ω with maximum voltage of 5V . If the applied voltage, V_1 is 100kV with a coupling capacitor C_1 of 3nF ,

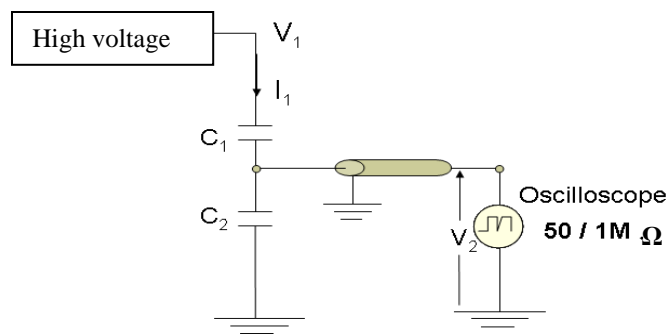
- (i) tentukan nilai pemuat C_2 yang sesuai untuk mengukur voltan V_2 dengan menggunakan osiloskop yang mempunyai galangan $1\text{M}\Omega$ dengan voltan maksima 400V .

determine the suitable value of capacitor C_2 in order to measure the voltage V_2 by using the $1\text{M}\Omega$ input impedance with maximum voltage of 400V oscilloscope.

(25 markah/marks)

- (ii) terangkan kenapa osiloskop impedan masukan $1M\Omega$ digunakan untuk mengukur
explain why the oscilloscope of $1M\Omega$ input impedance is used for the measurement.

(20 markah/marks)



Rajah 3: Litar setara bagi pengukuran kekuatan pembahagi upaya

Figure 3: Equivalent circuit of capacitive potential divider measurement

- (b) Perlindungan terhadap voltan lampau dan pensusisan voltan lampau boleh dilakukan pelbagai cara. Nyatakan tiga cara perlindungan terhadap voltan lampau yang disebabkan oleh kilat?

Protection against overvoltages and switching overvoltages can be performed in many ways. State down three ways of protection against the overvoltages due to lightning?

(15 markah/marks)

- (c) Apakah gas elektonegatif? Namakan satu daripada gas tersebut. Kenapakah kekuatan keruntuhan gas ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan kekuatan keruntuhan gas lain?

What are electronegative gases? Name one of these gases. Why the breakdown strength is higher in these gases compared with that in the other gases?

(20 markah/marks)

- (d) Dalam suatu ujikaji untuk menentukan kekuatan keruntuhan bagi minyak pengubah, perkara berikut telah diperhatikan. Terbitkan rumusan matematik mengaitkan sela jarak dan voltan dikenakan pada minyak. Gunakan keputusan ujikaji dalam **Jadual 1** untuk menentukan kekuatan keruntuhan minyak mengikut spesifikasi piawai.

*In an experiment for determining the breakdown strength of transformer oil the following observation were made. Derive a mathematical formula to relate the gap spacing and the applied voltage of oil. Use the experiment result in **Table 1** to determine the breakdown strength of oil according to standard specifications.*

Jadual 1 : Keputusan ujikaji bagi keruntuhan voltan terhadap fungsi sela jarak

Table 1 : Experiment result of breakdown voltage as a function of gap spacing

Gap spacing (mm)	4	6	10	12
Breakdown voltage (kV)	90	140	210	255

(20 markah/marks)

6. (a) Talian 3 fasa, 220kV, talian 3 fasa mempunyai tatarajah mendatar bagi pengalir dipisahkan sejauh 5m. Jarak pembumian ialah 15m. Cari kedudukan yang sesuai dan bilangan dawai bumi yang diperlukan. Lukiskan gambarajah skema bersama ukurannya menunjukkan kedudukan dan bilangan dawai bumi.

A 220kV, 3 phase line has a horizontal configuration of conductors 5m apart. The ground clearance is 15m. Find the position and number of ground wires required. Draw the schematic diagram with dimensions showing the position and the number of ground wires.

(25 markah/marks)

- (b) Beberapa teori telah pun diperkenalkan untuk menerangkan keruntuhan dalam cecair dielektrik. Salah satu teorinya ialah "Suspended Particle Theory". Terangkan secara ringkas dengan bantuan gambarajah apakah "Suspended Particle Theory" tersebut?

Several theories have been proposed to explain the breakdown in liquids dielectric. One of the theories is Suspended Particle Theory. Explain briefly with the suitable diagram what is Suspended Particle Theory?

(25 markah/marks)

- (c) Apakah ciri-ciri elektrik yang penting untuk menentukan prestasi dielektrik bagi cecair dielektrik?

What are the electrical properties that are essential in determining the dielectric performance of liquid dielectrics?

(20 markah/marks)

- (d) Tentukan kemampuan ϕ_r , medan elektrik maksima E_m dan faktor penggunaan medan η bagi tatarajah geometri berikut

Determine the potential ϕ_r , the maximum electric field, E_m , and the field utilization factor, η , for the following geometrical configurations

- (i) sfera sepusat dengan jejari dalaman dan luaran sebanyak a dan b meter masing-masing.

concentric sphere with inner and outer radius of a and b meter, respectively.

- (ii) silinder sepaksi dengan garispusat dalaman dan luaran sebanyak $2a$ dan $2b$ meter masing-masing.

coaxial cylinder with the inner and outer diameter of $2a$ and $2b$ meter, respectively.

(30 markah/marks)