



First Semester Examination
Academic Session 2018/2019

December 2018/January 2019

**EEK361 – Power Electronic
(Elektronik Kuasa)**

Duration : 3 hours
(Masa : 3 jam)

Please ensure that this examination paper contains TEN printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEPULUH muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini].

Answer **FIVE (5) questions** in this examination paper.

*[Jawab **LIMA (5) soalan** di dalam kertas peperiksaan ini].*

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

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

1. (a) A diode is a specialized electronic component with two electrodes called the anode and the cathode. The most common function of a diode is to allow an electric current to pass in one direction while blocking it in the opposite direction:
Diod adalah komponen elektronik khusus dengan dua elektrod yang dipanggil anod dan katod. Fungsi yang paling umum diod adalah untuk membolehkan arus elektrik mengalir dalam satu arah sambil menyekatnya dari arah yang bertentangan:
- (i) Draw the symbol, structure and i - v characteristics of a diode.
Lukis simbol, struktur dan ciri-ciri i - v diod.
(30 marks/markah)
- (ii) The reverse recovery time of diode is $t_{rr} = 5 \mu\text{s}$ and the rate fall of a diode current $di/dt = 40 \text{ A}/\mu\text{s}$. Determine the reverse current I_{RR} and storage charge Q_{RR} for abrupt recovery.
Masa pemulihan balik diod ialah $t_{rr} = 5 \mu\text{s}$ dan kejatuhan kadar arus diod $di/dt = 40 \text{ A}/\mu\text{s}$. Tentukan arus pemulihan terbalik I_{RR} dan caj penyimpanan terbalik Q_{RR} untuk pemulihan yang mendadak.
(20 marks/markah)
- (b) Power diodes have high current and high voltage ratings compared to ordinary signal diodes;
Diod kuasa mempunyai nilai kadaran arus dan voltan yang tinggi berbanding dengan diod isyarat biasa;
- (i) List 2 differences between power diode and signal diode, and 2 types of power diodes commonly used in converter circuits.
Senaraikan 2 perbezaan antara diod kuasa dan diod isyarat, dan 2 jenis kuasa dioda yang biasa digunakan dalam litar penukar.
(20 marks/markah)

-3-

- (ii) Two diodes are connected in series as in Figure 1 to share a total voltage of $V_D = 5 \text{ kV}$. The reverse leakage current of the diode is $I_{S1} = 30 \text{ mA}$, $I_{S2} = 35 \text{ mA}$. Find the diode voltage if the voltage sharing resistor are equal $R_1 = R_2 = 100 \text{ k}\Omega$?

Dua diod disambung secara siri seperti dalam Rajah 1 berkongsi voltan keseluruhan $V_D = 5 \text{ kV}$. Arus kebocoran balik diod adalah $I_{S1} = 30 \text{ mA}$, $I_{S2} = 35 \text{ mA}$. Cari voltan diod jika voltan perintang perkongsian sama $R_1 = R_2 = 100 \text{ k}\Omega$?

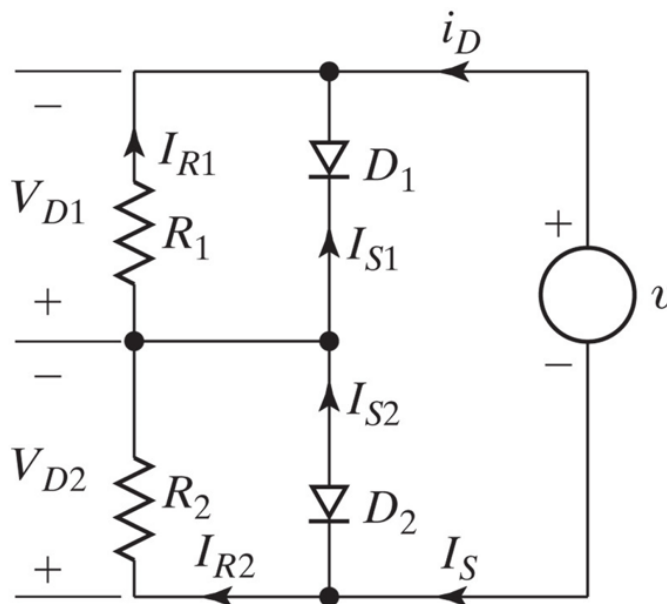


Figure 1

Rajah 1

(30 marks/markah)

2. Thyristors can be assumed as ideal switches for many applications, but practical thyristor exhibits certain characteristics and limitations.

Tiristor boleh dianggap sebagai suis ideal untuk banyak aplikasi tetapi tiristor secara praktikal mempamerkan ciri-ciri dan batasan tertentu.

(20 marks/markah)

...4/-

SULIT

-4-

- (a) (i) Explain why thyristor are called latching devices, and sketch two transistor model of thyristor.

Jelaskan mengapa tiristor dipanggil peranti pengunci, dan lakarkan model dua transistor bagi sebuah tiristor.

(20 marks/markah)

- (ii) Explain the differences between Thyristor, GTO and TRIAC, and sketch the i-v characteristics of each devices.

Terangkan perbezaan antara tiristor, GTO, dan TRIAC, dan lakarkan ciri-ciri i-v setiap peranti.

(40 marks/markah)

- (iii) Explain overvoltage and overcurrent protection of thyristor.

Terangkan perlindungan lebih voltan dan lebih arus untuk tiristor.

(10 marks/markah)

- (b) Two thyristors are connected in parallel to share a total current of $I_T = 750$ A. The on-state voltage drop of one thyristor is $V_{T1} = 1$ V at 300 A and that of the other thyristor is $V_{T2} = 1.8$ V at 300 A. Determine the values of series resistances to force current sharing with 7.5% difference. Total voltage $V = 3$ V.

Dua tiristor disambung secara selari untuk berkongsi jumlah arus $I_T = 750$ A. Titik voltan pada keadaan satu tiristor ialah $V_{T1} = 1$ V pada 300 A dan tiristor yang lain ialah $V_{T2} = 1.8$ V pada 300 A. Tentukan nilai rintangan sesiri untuk memaksa perkongsian arus dengan perbezaan 7.5%. Jumlah voltan $V = 3$ V.

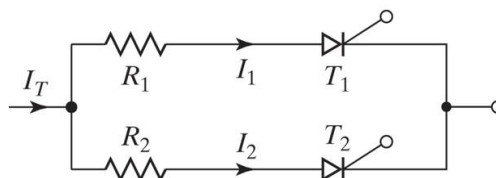


Figure 2

Rajah 2

(30 marks/markah)

...5/-

SULIT

-5-

3. (a) Power BJT are still widely used despite the dominance of MOSFET and IGBT in power electronics switches.

BJT kuasa masih lagi digunakan secara meluas walaupun MOSFET dan IGBT telah mendominasi bagi peranti suis elektronik kuasa.

- (i) Discuss why NPN BJTs are widely used than PNP for switching application?

Bincangkan mengapa BJT jenis NPN digunakan dengan meluas daripada jenis PNP untuk aplikasi suis?

(10 marks/markah)

- (ii) Draw the Safe Operation Area of BJT and describe the two parameters that influence the SOA of Power BJTs.

Lukis Kawasan Operasi Selamat bagi BJT kuasa dan terangkan dua parameter yang mempengaruhi SOA BJT Kuasa.

(20 marks/markah)

- (iii) What is the different between IGBT and MOSFET, and for high speed switching application which device is more suitable? Explain?

Apakah perbezaan antara IGBT dan MOSFET, dan untuk aplikasi suis berkelajuan tinggi, peranti manakah yang lebih sesuai? Terangkan?

(20 marks/markah)

- (b) A single phase half-wave rectifier has a resistive load $R = 10 \Omega$ and is connected to a voltage source $V_s = 240$ Volt.

Sebuah penukar arus terus gelombang separuh mempunyai beban rintangan $R = 10 \Omega$ dan disambungkan kepada sumber Voltan $V_s = 240$ Volt.

- (i) Sketch the waveforms for the input & output voltage, the input & output current and the voltage across the diode.

...6/-

SULIT

-6-

Lakarkan gelombang masukan dan keluaran bagi voltan dan arus serta gelombang voltan merentas diod.

(10 marks/markah)

(ii) Determine the average output DC voltage.

Tentukan nilai purata bagi voltan DC.

(10 marks/markah)

(iii) Determine the output DC power and output AC power of the rectifier.

Tentukan kuasa keluaran bagi DC dan AC bagi penukar arus terus ini.

(10 marks/markah)

(iv) Determine the efficiency of rectifier.

Tentukan nilai kecekapan arus terus ini.

(10 marks/markah)

(v) Determine the ripple factor (RF).

Tentukan nilai faktor perolakan gelombang (RF).

(10 marks/markah)

4. (a) Explain two types of devices that can be used for over voltage protection in a power electronics circuit.

Terangkan dua jenis peranti yang boleh digunakan untuk perlindungan voltan lebih dalam litar elektronik kuasa.

(30 marks/markah)

(b) With the help of a schematic diagram, explain the operation of a crowbar circuit for over current protection of a transistor circuit.

Dengan bantuan gambarajah litar, terangkan operasi litar crowbar dalam perlindungan arus lebih bagi litar transistor.

(20 marks/markah)

- (c) A MOSFET is mounted on a heat sink as shown in Figure 4. Some parameters of the MOSFET and heatsink are given below:

Satu MOSFET dipasang pada satu penenggelam haba seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4. Beberapa parameter untuk MOSFET dan penenggelam haba ini diberikan di bawah:

$R_{\theta,JC}$ (thermal resistance from the junction to case) = 1.6°C/W ,

$R_{\theta,CS}$ (thermal resistance from the case to heat sink) = 0.9°C/W and

$R_{\theta,SA}$ (thermal resistance from heat sink to ambient) = 4.8°C/W

$T_{J,max}$ (maximum junction temperature) = 162°C

$R_{\theta,JC}$ (rintangan haba dari simpang ke selongsong) = 1.6°C/W ,

$R_{\theta,CS}$ (rintangan haba dari selongsong ke penenggelam haba) = 0.9°C/W

$R_{\theta,SA}$ (rintangan haba dari penenggelam haba ke sekitar) = 4.8°C/W .

$T_{J,max}$ (suhu simpang maksimum) = 162°C

Given that the power absorbed by the MOSFET is 6.5W and the ambient temperature is 40°C , answer the following:

Diberikan bahawa kuasa yang diserap oleh MOSFET ini ialah 6.5W dan suhu sekitar ialah 40°C , jawab soalan-soalan berikut:

- (i) Using electrical analogy, draw the thermal equivalent circuit and explain the heat transfer from semiconductor junction of the MOSFET to ambient.
Dengan menggunakan analogi elektrik, lukiskan litar setara termal dan terangkan pengaliran haba dari simpang semikonduktor MOSFET ini ke sekitar.

(20 marks/markah)

- (ii) Calculate the junction temperature.

Kirakan suhu simpang.

(15 marks/markah)

-8-

- (iii) What is the maximum power that can be absorbed by the MOSFET without exceeding its maximum junction temperature.

Apakah kuasa maksimum yang boleh diserap oleh MOSFET ini tanpa melebihi suhu simpang maksimumnya.

(15 marks/markah)

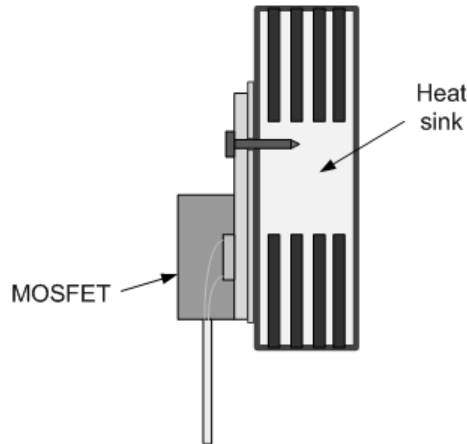


Figure 4

Rajah 4

5. (a) Figure 5 shows a type of DC-DC converter circuit. Referring to this figure, answer the following questions:

Rajah 5 menunjukkan sejenis litar penukar AT-AT. Merujuk kepada rajah ini, jawab soalan-soalan berikut:

- (i) What is the type of this DC-DC converter?

Apakah jenis penukar AT-AT yang ini?

(5 marks/markah)

- (ii) Draw the equivalent circuit during Mode 1 (when switch is on) and Mode 2 (when switch is off).

Lukiskan litar setara ketika Mod 1 (bila suis tertutup) dan Mod 2 (bila suis terbuka).

(11 marks/markah)

...9/-

SULIT

- (iii) Prove that the average output voltage is $V_a = kV_s$, where V_s is the input voltage and k is the duty cycle.

Buktikan bahawa voltan keluaran purata ialah $V_a = kV_s$, dimana V_s ialah voltan input dan k ialah kitar tugas.

(18 marks/markah)

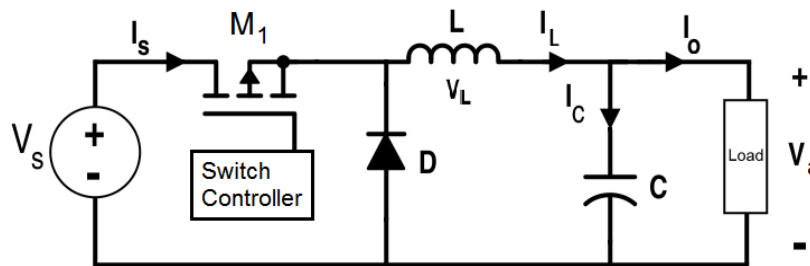


Figure 5

Rajah 5

- (b) A single-phase half wave AC voltage controller is used to control the power delivered to a 6Ω resistive load. The circuit is supplied from a source 230 V, 50 Hz. Given that the firing angle of the SCR is 45° , answer the following questions:

Satu pengawal voltan AU fasa tunggal separuh gelombang digunakan untuk mengawal kuasa yang dihantar kepada satu beban rintangan 6Ω . Litar ini dibekalkan dari sumber 230 V, 50 Hz. Diberi bahawa sudut pacuan SCR ialah 45° , jawab soalan-soalan berikut:

- (i) Draw the schematic diagram of the AC voltage controller.
Lakarkan litar pengawal voltan AU ini.

(10 marks/markah)

-10-

- (ii) Draw the waveforms for the input & output voltage and input & output current.
Lakarkan bentuk gelombang untuk voltan masukan & keluaran dan arus masukan & keluaran.
- (16 marks/markah)
- (iii) Explain the operation of the circuit.
Terangkan operasi litar tersebut.
- (12 marks/markah)
- (iv) Derive an equation for the average output voltage in terms of the thyristor firing angle, α .
Terbitkan persamaan voltan keluaran purata dalam sebutan sudut pengapian tiristor, α .
- (15 marks/markah)
- (v) Calculate the average output voltage and current of the circuit.
Kirakan voltan dan arus keluaran purata litar tersebut.
- (13 marks/markah)

oooOooo