
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2013/2014 Academic Session

December 2013 / January 2014

EEK 361 – POWER ELECTRONIC
[ELEKTRONIK KUASA]

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

Please check that this examination paper consists of **FOURTEEN (14)** pages of printed material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **EMPAT BELAS (14)** 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]

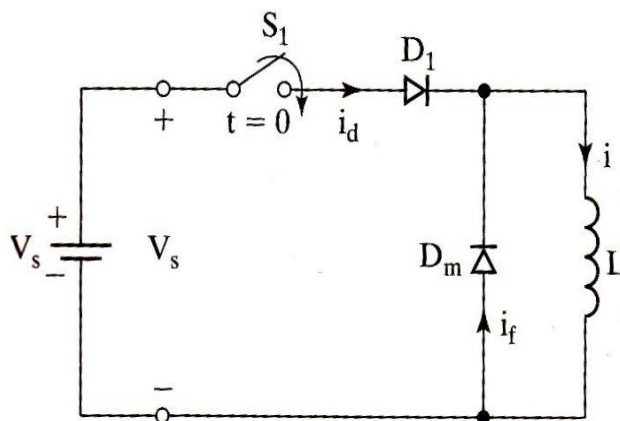
Answer to any question must start on a new page.

[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) Berikan dua ciri ciri praktikal pensuisan.
Give two criteria for practical switching.
(10 markah/marks)
- (b) Diod kuasa merupakan salah satu peranti yang digunakan di dalam sistem pensuisan elektronik kuasa. Apakah jenis diod kuasa yang sesuai untuk diaplikasikan di pensuisan kelajuan tinggi. Berikan alasan.
Power diode is one of the device that is used in power electronic switching system. What type of power diode is suitable for high speed switching application. Give the reason.
(20 markah/marks)
- (c) Apakah penyebab masa pemulihan di dalam diod simpang pn.
What is the cause of the recovery time in a pn junction diode.
(10 markah/marks)
- (d) Rujuk kepada Rajah 1.
Refer to Figure 1.



Rajah 1
Figure 1

Di dalam Rajah 1, rintangan diabaikan ($R=0$), voltan sumber adalah $V_s = 220V$ (malar masa) dan bebanan L adalah $L = 220 \mu H$.

In Figure 1, the resistance is negligible ($R=0$), the source voltage is $V_s = 220V$ (constant time), and the load is $L = 220 \mu H$

- (i) Lukiskan bentuk gelombang bagi arus bebanan jika suis ditutup selama $t_1 = 100 \mu s$ dan dibuka semula.

Draw the waveform for the load current if the switch is closed for a time $t_1 = 100 \mu s$ and is then opened.

(20 markah/marks)

- (ii) Tentukan tenaga disimpan di dalam beban inductor.

Determine the energy stored in the load inductor.

(10 markah/marks)

- (iii) Berdasarkan jawapan (ii), terangkan apakah masalah litar tersebut kerana mengabaikan elemen perintang.

Based on the answer (ii), explain what is the problem of this circuitry due to ignoring the element of resistor.

(10 markah/marks)

- (iv) Berdasarkan jawapan (iii), rekabentuk semula litar untuk mengelakkan masalah di (iii) dengan masih mengabaikan perintang.

Based on the answer (iii), redesign the circuitry to avoid the problem in (iii) with maintaining the negligible the resistance.

(20 markah/marks)

2. (a) Terangkan mekanisma operasi thyristor bersama i-v graph (tunjukkan I_H , I_L , I_G , V_{BO} , keadaan on dan keadaan tutup di graf tersebut).

Explain the operation of thyristor with the aid of i-v characteristic graph (please show the I_H , I_L , I_G , V_{BO} , on state and off state at graph).

(20 markah/marks)

- (b) Jelaskan proses penyalan thyristor.

Describe the turning on process of thyristor.

(10 markah/marks)

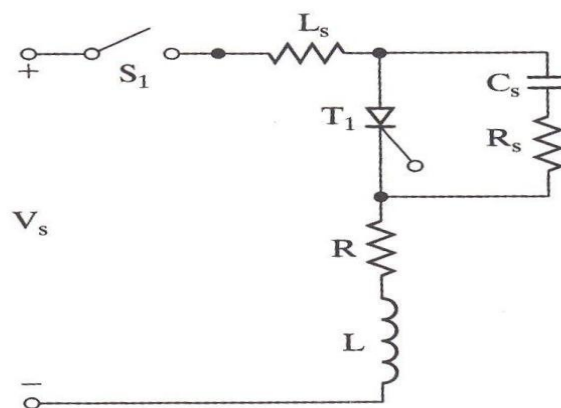
- (c) Apakah tujuan dan cara yang biasa digunakan untuk perlindungan di/dt pada litar pensuisan thyristor.

What is the purpose and common method for di/dt protection of thyristor switching circuit.

(20 markah/marks)

- (d) Rujuk kepada Rajah 2.

Refer to Figure 2.



Rajah 2
Figure 2

Rajah 2 menunjukkan perlindungan dv/dt untuk litar pensuisan thiristor Bekalan voltan 200V bersama bebanan perintang $R = 5\Omega$. Bebanan dan kearuhan sesat diabaikan dan thyristor beroperasi pada frekuensi $f = 2 \text{ kHz}$. (Anggapkan keperluan dv/dt adalah 100V/us dan arus nyahcas adalah 100 V/us dan arus nyahcas dihadkan sehingga 100 A).

Figure 2 shows the dv/dt protection for thyristor switching circuitry. The input voltage is 200 V with load resistance $R = 5\Omega$. The load and stray inductances are negligible and the thyristor is operating at frequency $f = 2 \text{ kHz}$. (Assume the required dv/dt is 100 V/us and the discharge current is limited to 100 A).

- (i) Terangkan fungsi litar $R_s C_s$ di dalam rajah tersebut.
Explain the function of $R_s C_s$ circuitry.
(10 markah/marks)

- (ii) Tentukan nilai R_s dan C_s .
Determine the values R_s and C_s .
(20 markah/marks)

- (e) Terangkan perbezaan antara GTO dan thiristor dengan pertolongan keratan rentas GTO. Apakah fungsi lapisan $n+$ berdekatan dengan anod. Cadangkan satu litar penambahan untuk mengelakkan masalah arus pepaku selama proses pemadaman litar pensuisan GTO.

Explain the difference between GTO and thyristor with the aid of cross sectional view of GTO. What is the function of $n+$ layer near the anode. Suggest one additional circuitry to avoid the problem of current spike during turn off process of GTO switching circuitry.

(20 markah/marks)

3. (a) Terangkan operasi suatu MOSFET kuasa jenis saluran n-peningkatan dan susut bersama dengan tata rajah keratan rentas.

Describe the operation of an n-channel enhancement and depletion type power MOSFET, with the aid of cross sectional diagrams.

(30 markah/marks)

- (b) Berikan dua rekabentuk pertimbangan untuk litar pandu MOSFET kuasa.

Give two design consideration, for power MOSFET drive circuitry.

(20 markah/marks)

- (c) Terangkan masa *turn-on* untuk MOSFET kuasa.

Explain, the turn-on time of power MOSFET.

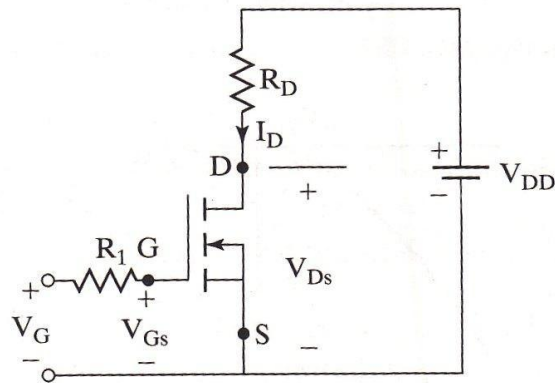
(10 markah/marks)

- (d) Rujuk Rajah 3.

Refer to Figure 3.

Rajah 3 menunjukkan litar pensuisan keadaan stabil untuk jenis MOSFET peningkatan kuasa.

Figure 3 shows the steady state switching circuitry for enhancement type power MOSFET.



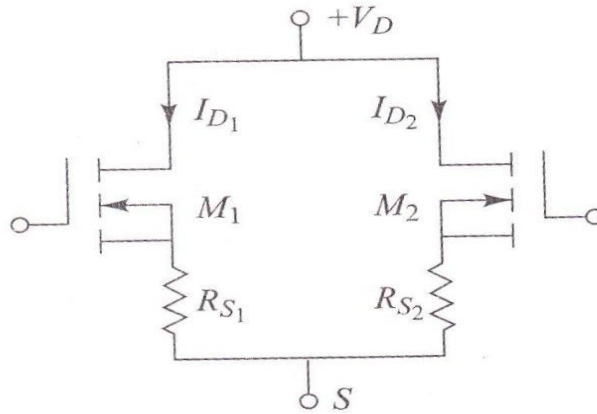
Rajah 3
Figure 3

- (i) Lakarkan litar setara untuk litar pensuisan Rajah 3.
Draw the equivalent circuit for the circuit switch in Figure 3.
(10 markah/marks)
- (ii) Lakarkan bentuk gelombang pensuisan untuk MOSFET kuasa
Sketch the switching waveforms for power MOSFET
(10 markah/marks)

(e) Dua MOSFET kuasa disambungkan secara selari seperti di Rajah 4 dan membawa total arus $I_T = 30A$. Voltan saliran-sumber MOSFET M_1 $V_{DS1} = 4V$ dan MOSFET M_2 $V_{DS2}=4.5 V$. Hitungkan arus saliran untuk setiap MOSFET dan perbezaan pengkongsian arus jikan perkongsian perintang selari masing masing R_{S1} dan R_{S2} adalah 0.4Ω dan 0.3Ω .

Two power MOSFETs are connected in parallel as shown in Figure 4 and carry the total current $I_T = 30 A$. The drain-to-source voltage of MOSFET M_1 is $V_{DS1}= 4V$ and that of MOSFET M_2 is $V_{DS2} = 4.5V$. Calculate the drain current of each MOSFET and differences in current sharing if the current sharing series resistance for R_{S1} and R_{S2} are 0.4Ω and 0.3Ω , respectively.

(20 markah/marks)



Rajah 4
Figure 4

4. (a) Takrifkan parameter-parameter litar penerus berikut:

Define the following parameters of a rectifier circuit:

(i) Kuasa keluaran AT
The output DC power

(ii) Kuasa keluaran AU
The output AC power

(iii) Kecekapan
The efficiency

(iv) Faktor bentuk
The form factor

(30 markah/marks)

- (b) Satu penerus titi terkawal thyristor fasa-tunggal gelombang-penuh disambungkan kepada satu beban rintangan dengan $R = 35 \Omega$. Litar penerus ini dibekalkan dengan sumber 230V, 60Hz dan sudut pengapian thyristor ialah 30° .

A single-phase full-wave thyristor controlled bridge rectifier is connected to a resistive load with $R = 35 \Omega$. The circuit is supplied from a 230V, 60Hz source and the firing angle of the thyristor is 30° .

- (i) Lakarkan litar penerus tersebut
Draw the circuit diagram of the rectifier
- (ii) Lakarkan bentuk gelombang untuk voltan masukan, voltan keluaran dan isyarat pemicuan get thyristor
Draw the waveforms of the input voltage, output voltage and the thyristor gate triggering signals
- (iii) Tentukan purata voltan keluaran AT (V_{dc}) dan arus keluaran AT (I_{dc}) penerus tersebut
Determine the average DC output voltage (V_{dc}) and output current (I_{dc}) of the rectifier
- (iv) Tentukan voltan keluaran rms penerus tersebut, V_{rms}
Determine the rms output voltage of the rectifier, V_{rms}
- (v) Tentukan kuasa keluaran AT penerus tersebut
Determine the output DC power of the rectifier
- (vi) Tentukan kuasa keluaran AU penerus tersebut
Determine the output AC power of the rectifier

(vii) Tentukan kecekapan, η penerus tersebut
Determine the efficiency, η of the rectifier

(vii) Tentukan faktor bentuk penerus tersebut
Determine the form factor of the rectifier

(70 markah/marks)

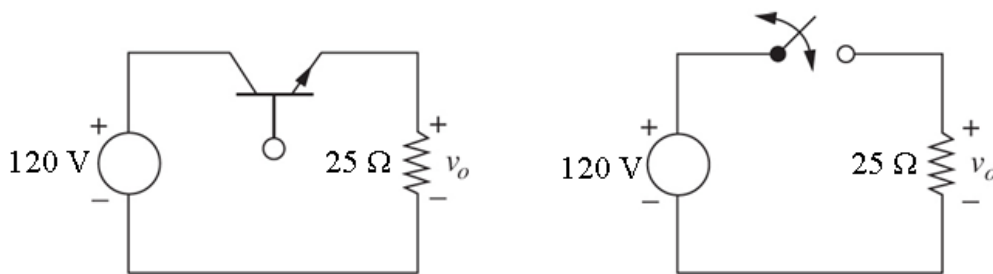
5. (a) Satu penukar DC-DC asas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5.1 mempunyai bekalan AT 120 V dan satu beban rintangan 25 Ω . Kitar tugas dan frekuensi pensuisan masing-masing ialah 0.5 dan 1 kHz. Voltan merentasi suis apabila suis ditutup ialah 1.2 V. Tentukan yang berikut:

A basic DC-DC converter as shown in Figure 5.1 has a DC source of 120 V and a load resistance of 25 Ω . The duty cycle and switching frequency are 0.5 and 1 kHz respectively. The voltage drop across the switch is 1.2V when the switch is on. Determine the following:

- (i) Voltan purata pada beban
The average voltage across the load
- (ii) Voltan rms pada beban
The rms voltage across the load
- (iii) Kuasa purata yang diserap oleh beban
The average power absorbed by the load
- (iv) Kecekapan penukar tersebut
The efficiency of the converter

- (v) Apakah yang akan berlaku jika frekuensi pensuisan ditingkatkan ke 2 kHz?
What would happen if the switching frequency is increased to 2 kHz?

(50 markah/marks)



Rajah 5.1
Figure 5.1

- (b) Satu litar pengawal AU digunakan untuk mengawal voltan and kuasa yang dihantar ke satu beban rintangan.

A single-phase AC voltage controller is used to control the voltage and power delivered to a resistive load.

- (i) Lakarkan litar pengawal AU ini dengan beban rantangan.
Draw the circuit of the AC voltage controller with the resistive load.

- (ii) Lakarkan bentuk gelombang untuk voltan masukan, voltan keluaran dan arus keluaran litar tersebut.

Draw the waveforms of the input voltage, output voltage and output current of the circuit.

- (iii) Terangkan operasi litar tersebut
Explain the operation of the circuit
- (iv) Terbitkan persamaan voltan keluaran rms dalam sebutan sudut pengapian thyristor, α .

Derive an equation for the rms output voltage in term of the thyristor firing angle, α .

(50 markah/marks)

6. (a) Lukiskan gambarajah skematik untuk satu litar snubber transistor. Terangkan mengapa litar snubber adalah penting untuk perlindungan transistor dalam litar tersebut.

Draw the schematic diagram of a transistor snubber circuit. Explain why the snubber circuit is important for the protection of the transistor in the circuit.

(30 markah/marks)

- (b) Terangkan pengaliran haba dari simpang semikonduktor ke sekitar dengan menggunakan perwakilan elektrik.

Explain the heat transfer from semiconductor junction to ambient using the electrical analogy.

(30 markah/marks)

- (c) Satu MOSFET dipasang pada satu penenggelm haba seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6.1. Rintangan-rintangan haba mereka ialah seperti berikut:

A MOSFET is mounted on a heat sink as shown in Figure 6.1. Their thermal resistances are as follows:

$$R_{\theta,JC} \text{ (rintangan haba dari simpang ke selongsong)} = 1.2^{\circ}\text{C/W},$$

$$R_{\theta,JC} \text{ (thermal resistance from the junction to case)} = 1.2^{\circ}\text{C/W},$$

$$R_{\theta,CS} \text{ (rintangan haba dari selongsong ke penenggelm haba)}$$

$$= 0.9^{\circ}\text{C/W}$$

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

$$R_{\theta,SA} \text{ (rintangan haba dari penenggelm haba ke sekitar)} = 5.5^{\circ}\text{C/W}.$$

$$R_{\theta,SA} \text{ (thermal resistance from heat sink to ambient)} = 5.5^{\circ}\text{C/W}$$

Kuasa yang diserap oleh MOSFET ini ialah 6W dan suhu sekitar ialah 40°C.

The power absorbed by the MOSFET is 6W and the ambient temperature is 40°C.

- (i) Dengan menggunakan perwakilan elektrik, lukiskan litar setara termal untuk pengaliran haba dari simpang semikonduktor MOSFET ini ke sekitar

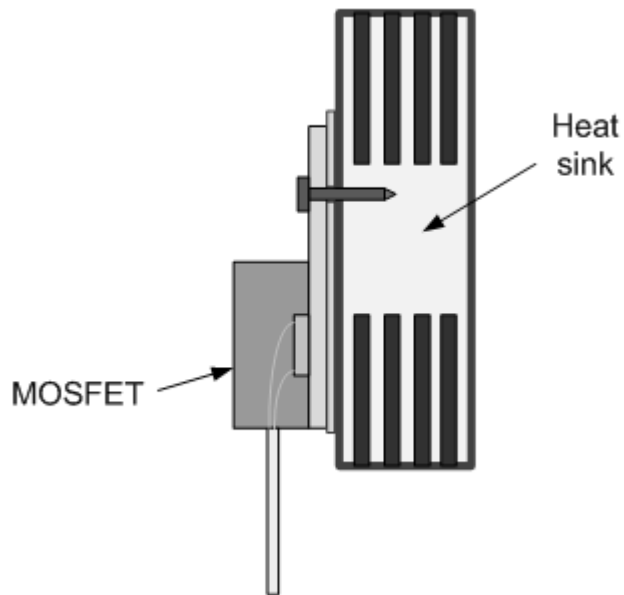
Using electrical analogy, draw the thermal equivalent circuit for heat transfer from semiconductor junction of the MOSFET to ambient

- (ii) Kirakan suhu simpang
Calculate the junction temperature

- (iii) Apakah kuasa maksimum yang boleh diserap oleh MOSFET ini tanpa melebihi suhu simpang maksimumnya yang bernilai 160°C.

What is the maximum power that can be absorbed by the MOSFET without exceeding its maximum junction temperature which is 160°C.

(40 markah/marks)



Rajah 6.1
Figure 6.1

ooo0ooo