
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA
Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2003/2004

September/Oktober 2003

EEK 466 – REKABENTUK MESIN ELEKTRIK

Masa : 3 Jam

ARAHAN KEPADA CALON:-

Sila pastikan kertas peperiksaan ini mengandungi **DUABELAS (12)** muka surat bercetak dan **TUJUH (7)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab **LIMA (5)** soalan.

Kertas soalan ini mengandungi dua Bahagian A dan Bahagian B.

Jawab **SEMUA** soalan dalam **Bahagian A** dan **EMPAT (4)** soalan dalam **Bahagian B**.

Gunakan dua buku jawapan yang diberikan supaya jawapan-jawapan bagi soalan-soalan **Bahagian A** adalah di dalam satu buku jawapan dan **Bahagian B** di dalam buku jawapan yang lain.

Semua soalan hendaklah dijawab di dalam Bahasa Malaysia. Jika pelajar memilih menjawab di dalam Bahasa Inggeris sekurang-kurangnya satu soalan mesti dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

Agihan markah diberikan di sut sebelah kanan soalan berkenaan.

...2/-

**Bahagian A : Jawab soalan berikut:
Answer the following:**

(100%)

1. Suhu bintik panas bagi sebuah mesin elektrik dikesan oleh
The hot-spot temperature of an electrical machine is detected by
2. Takrifan penyejukan OW bagi alatubah ialah
The meaning of OW cooling of transformers is
3. Pengaliharaan dan Pengaliharaan umumnya
digunakan untuk menyejukkan mesin-mesin yang berputar.

*..... Ventilation and Ventilation are generally used for cooling of
rotating machines.*
4. Semasa proses penyejukan, lengkung kenaikan suhu/masa bagi alatubah diberikan oleh
persamaan

*While cooling, the temperature-rise/time curve of a transformer is given by the equation
.....*
5. Jika kadar sejam bagi sebuah alatubah bersamaan x kali kadar berterusan,
If one hour rating of a transformer is x times the continuous rating,

Kehilangan dengan kadar berterusan =
Losses with continuous rating =
Kehilangan dengan kadar masa-singkat =
Losses with short-time rating =.....
6. Kelas penebatan yang mempunyai suhu maksimum pada 180 °C ialah
The insulation class that has the maximum temperature of 180 °C is
7. Nilai rintangan spesifik bagi kuprum pada 75°C bersamaan
The specific resistance of copper at 75 °C is equal to

...3/-

8. Bahan-bahan yang digunakan untuk magnet-magnet kekal adalah
The materials that are used for permanent magnets are

9. Bahan-bahan yang mempunyai kebolehtelapan yang tinggi dikenali sebagai
The materials that have high permeability are called as

10. Takrifan bagi keluli CRGO ialah
The meaning of CRGO steel is

11. Pekali kebocoran bagi fluks magnet ialah nisbah
The leakage coefficient of magnetic flux is the ratio

12. Nilai voltan per pusingan pada belitan pertama dan kedua alatubah ialah
The voltage per turn of primary and secondary windings of a transformer is

13. Berat udara yang diperlukan, kg/saat, untuk menyejukkan 20 kW kehilangan, jika kenaikan suhu udara adalah 20°C.

Required weight of air, kg/sec, to cool 20 kW of losses, if the temperature rise of air is 20 °C.

14. Dalam sebuah motor berputar, nilai pmkd pengalir-ampere per unit panjang pada lilitan permukaan udara dikenali sebagai

In a rotating machine, the r.m.s. ampere-conductors per unit length of gap surface circumference is known as

15. Sudut lubang alur bagi sebuah mesin 4-kutub 36 lubang alur bersamaan
The slot angle of a 4-pole 36 slots machine is equal to

...4/-

16. Satu mesin 3-fasa, 4-kutub, 48 mesin lubang alur mempunyai rentangan lingkaran sebanyak 10 lubang alur. Nilai sudut perentasan ialah

A 3-phase, 4-pole, 48 slots machine has a coil span of 10 slots. The chording angle is

17. Faktor pengagihan satu belitan ialah nisbah dalam sebutan voltan,
Distribution factor of a winding is the ratio in terms of voltages,

.....

18. Panjang sela-udara bagi sebuah motor kecil, yang mempunyai nilai $D = 0.04$ m dan $L = 0.0025$ m, ialah

The air-gap length of a small motor, having $D = 0.04$ m and $L = 0.0025$ m, is

19. Sudut elektrik bagi pencong untuk menghapuskan harmonik ke-n, θ_{sk}
The electrical angle of skew to eliminate nth harmonic, θ_{sk}

20. Lukis gelung B-H bagi satu bahan magnet kekal.
Draw the B-H loop of a permanent magnet material.

Pilih satu jawapan sahaja:
Choose only one answer:

21. Teras alatubah dilapiskan untuk mengurangkan :

Transformer core is laminated to reduce:

- | | |
|--|--|
| (A) Kehilangan Histerisis
<i>Hysteresis loss</i> | (B) Kehilangan arus Eddy
<i>Eddy current loss</i> |
| (C) Kehilangan I^2R
<i>I^2R loss</i> | (D) Kehilangan keseluruhan
<i>Total losses</i> |

...5/-

22. Kehilangan I^2R dalam sebuah mesin berputar adalah berhubung dengan:

I²R losses in a rotating machine are related to:

- (A) Pembebanan magnet spesifik
Specific magnetic loading
- (B) Pembebanan elektrik spesifik
specific electric loading
- (C) Kadaran masa-singkat
short-time rating
- (D) Kadaran maksimum berterusan
continuous maximum rating.

23. Nilai m.m.f yang dihasilkan dalam satu belitan 3-fasa diberikan oleh hubungan:

The m.m.f. produced in a 3-phase winding is given by the relation:

- (A) $I_{ph} T_{ph}$
 - (B) $1.35 I_{ph} T_{ph} kw / P$
 - (C) $1.35 I_{ph} T_{ph} kw / p$
 - (D) $k_w I_{ph} T_{ph}$
- I_{ph} T_{ph} 1.35 I_{ph} T_{ph} kw / P 1.35 I_{ph} T_{ph} kw / p k_w I_{ph} T_{ph}*

24. Halaju persisian pemutar sebuah motor tak-berberus dengan garis pusat 60 mm dan putaran pada 3000 r.p.m. ialah :

The peripheral speed of a brush-less motor rotor having a diameter of 60 mm and rotating at 3000 r.p.m., is:

- (A) π m/saat
 - (B) 3 m/saat
 - (C) 3π m/saat
 - (D) 180 m/saat
- π m/sec 3 m/sec 3 π m/sec 180 m/sec*

25. Dalam sebuah alatubah berteras, luas keratan rentas bagi kuk dibandingkan dengan lengan ialah :

In a core type transformer, the area of cross-section of the yoke compared to the limb is:

- (A) sama
 - (B) 5 to 10% lebih
 - (C) 15 % lebih
 - (D) kurang sebanyak 15 %.
- same 5 to 10% more 15 % more less by 15 %.*

26. Persamaan bagi rintangan suhu, R_o bagi bahantara pengalir dengan panjang t dan kawasan permukaan, S diberi oleh:

The expression for thermal resistance, R_o of a conducting medium of length, t and surface area, S is:

- (A) $\frac{\sigma t}{s}$ (B) $\frac{\rho t}{s}$ (C) $\frac{t}{(\rho s)}$ (D) $\frac{\rho s}{t}$
 $\frac{\sigma t}{s}$ $\frac{\rho t}{s}$ $\frac{t}{(\rho s)}$ $\frac{\rho s}{t}$

27. Dalam rekabentuk sebuah mesin elektrik, hadnya ialah:

In the design of an electrical machine, the limitation is:

- (A) ketepuan sahaja (B) kenaikan suhu sahaja
only saturation *only temperature rise*
- (C) penebatan sahaja (D) semua – A,B,C
only insulation *all - A,B,C.*

Bahagian B: Jawab mana-mana 4 soalan sahaja (80% daripada markah keseluruhan)
Part B: Answer any 4 questions only (80 % of the total marks)

1. (a) Satu pengulangkalik-turbo 100 MVA beroperasi pada beban-penuh dan faktor kuasa 0.9 dan mempunyai kecekapan 97%.

A 100 MVA turbo-alternator operating at full-load and 0.9 power factor has an efficiency of 97 %.

- [i] Kirakan isipadu udara tersejuk diperlukan untuk menghilangkan haba, berdasarkan data berikut:

Calculate the volume of cooling air required to dissipate the heat, from the following data:

Suhu salur masuk udara = 25 °C
Inlet temperature of the air = 25 °C

Suhu salur keluar udara = 45 °C
Outlet temperature of the air = 45 °C

Ketinggian barometer = 755 mm merkuri
Barometer height = 755 mm of mercury

Anggapkan bahawa haba spesifik udara pada tekanan malar ialah 1000 J/kg-°C dan isipadu 1kg udara pada 0 °C ialah 0.78 m³ dengan tekanan 760 mm merkuri.

Assume that the specific heat of air at constant pressure is 1000 J/kg-°C and the volume of 1 kg of air at 0 °C and a pressure of 760 mm of mercury as 0.78 m³. (40%)

...8/-

- [ii] Kirakan jumlah air sejuk yang diperlukan untuk menyejukkan udara, dengan menganggap kenaikan suhu air sebanyak 10 °C.

Calculate the amount of cooling water required to cool the air, assuming the temperature rise of water to be 10 °C.

(20%)

- (b) Kenaikan suhu alatubah semasa ujian dilakukan ialah 22 °C selepas 45 minit dan 38 °C selepas 1½ jam. Kirakan kenaikan suhu mantap terakhir dan pemalar masa pemanasan.

The temperature rise of a transformer under test is 22 °C after 45 minutes and 38 °C after 1½ hours. Calculate the final steady temperature rise and the heating time constant.

(40%)

- 2. Tentukan dimensi-dimensi utama dan luas keratan rentas kawasan pengaliran bagi belitan-belitan alatubah kuasa berteras pada kadaran 300 kVA, 6600 V / 440 V, sambungan delta-bintang, 50 Hz, 3-fasa menggunakan data berikut:

Find the main dimensions and conductor area of cross-section of the windings of a 300 KVA, 6600 V / 440 V, delta/star connected, 50 Hz, 3-phase core type power transformer from the following data:

Pembebanan magnet spesifik <i>Specific magnetic loading</i>	= 1.5 T = 1.5 T
Pembebanan elektrik spesifik <i>Specific electric loading</i>	= 3.0 A/mm ² = 3.0 A/mm ²
Ketumpatan arus dalam belitan voltan rendah <i>Current density in l.v. winding</i>	= 2.6 A/mm ² = 2.6 A/mm ²
Ketumpatan arus dalam belitan voltan tinggi <i>Current density in h.v. winding</i>	= 2.5 A/mm ² = 2.5 A/mm ²
Faktor ruang untuk tetangkap <i>Space factor for window</i>	= 0.3 = 0.3

...9/-

Pemalar voltan per pusingan <i>Constant for voltage per turn</i>	= 0.7 = 0.7	
Faktor ruang bagi lengan <i>Space factor for limbs</i>	= 0.88 = 0.88	
Faktor tindanan bagi lapisan-lapisan <i>Stacking factor for laminations</i>	= 0.9 = 0.9	
Pemalar bagi ketebalan belitan <i>Constants for winding widths</i>	k1 = 0.55, k2 = 0.6 k1 = 0.55, k2 = 0.6	
Kelegaan antara belitan voltan rendah dengan lengan <i>Clearance between l.v. winding and the limbs</i>	= 8 mm = 8 mm	
Kelegaan antara belitan voltan rendah dengan belitan voltan tinggi <i>Clearance between l.v. and h.v. windings</i>	= 10 mm = 10 mm	
Kelegaan antara belitan-belitan fasa yang berbeza <i>Clearance between different phase windings</i>	= 15 mm = 15 mm	(100%)

3. Sebuah motor tak berberus magnet kekal sambungan-bintang pada kadaran 200 W, 120 V, 3-fasa, 50 Hz, 3000 r.p.m mempunyai satu gerek pemegun sepanjang 60mm dan panjang teras 180mm. Rekabentuk satu pemegun yang sesuai dengan maklumat-maklumat berikut :

A 200 W, 120 V, 3-phase, 50 Hz, 3000 r.p.m. star-connected permanent magnet brushless motor has a stator bore of 60 mm and a core length of 180 mm. Design a suitable stator with the following details:

- [i] bilangan alur-alur
number of slots
- [ii] pengalir/alur
conductors/slot
- [iii] pic alur
slot pitch
- [iv] fluks per kutub
flux per pole

...10/-

- [v] luas keratan rentas dan diameter bagi pengalir
area of cross-section and diameter of the conductor

Anggapan bahawa ketumpatan fluks sela-udara ialah 0.32 T
Assume an air-gap flux density of 0.32 T.

Anggapan lain boleh dibuat
Assume any other data necessary. (90%)

Cadangkan belitan yang sesuai digunakan.
Suggest a suitable winding. (10%)

4. Satu belitan selapis 2-kutub, 3-fasa dan 18 alur perlu direkabentuk untuk sebuah motor tak berberus 3-fasa:

A 2-pole, 3-phase, 18 slots single-layer winding is to be designed for a 3-phase brushless motor:

- [i] Tunjukkan jadual belitan.
Give the winding table. (20%)

- [ii] Lukis gambarajah kemas belitan yang dihasilkan dan gambarajah fasa arus-arus terlibat di atas sekeping kertas graf. Tunjukkan fasa-fasa terlibat menggunakan warna-warna berlainan.

Draw a neat developed winding diagram and phasor diagram of currents on a graph sheet. Show the phases with different colors. (75%)

- [iii] Tunjukkan sambungan akhir untuk setiap belitan fasa.
Show the final connection of each phase winding. (5%)

...11/-

5. (a) Lukis gambarajah litar magnet bagi mesin segerak kutub menonjol 3-fasa yang mempunyai 2 kutub.

Draw the diagram of the magnetic circuit of a 2 pole, 3-phase salient pole synchronous machine.

Tunjukkan laluan-laluan fluks dan tentukan panjang setiap laluan fluks.

Show the flux paths and identify the length of each flux path.

(30%)

Tulis persamaan yang menunjukkan pengiraan jumlah nilai m.m.f.

Write the expression for calculation of total m.m.f.

(10%)

- (b) Tentukan faktor pengagihan, faktor perentasan dan faktor belitan bagi sebuah mesin segerak 3-fasa, 4-kutub, 36 alur yang mempunyai rentangan lingkaran sebanyak 7 alur.

Determine the distribution factor, chording factor and winding factor of a 3-phase, 4-pole, 36 slots synchronous machine with a coil span of 7 slots.

(60%)

6. Jawab soalan-soalan berikut:

Answer the following:

- (a) Terbitkan persamaan untuk pekali keluaran bagi sebuah motor magnet kekal tak berberus.

Derive the expression for output coefficient of a brush-less permanent magnet motor.

(60%)

... 12/-

(b) Berikan spesifikasi-spesifikasi dan kepelbagaian kadaran untuk sebuah

Specifications and different types of ratings of a

[i] alatubah kuasa 3-fasa

3-phase power transformer

[ii] mesin segerak 3-fasa

3-phase synchronous machine.

(20%)

(c) Berikan jenis-jenis belitan yang digunakan dalam

Different types of windings used in

[i] alatubah

transformers

dan
and

[ii] motor-motor tak berberus

Brush-less motors

(20%)

- oo0oo -