
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama

Sidang Akademik 2011/2012

Januari 2012

EEK 474 – REKABENTUK MESIN ELEKTRIK

Masa : 3 jam

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEMBILAN** 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) Nyatakan 3 sasaran yang ingin dicapai dalam merekabentuk sebuah mesin elektrik.
State 3 targets that need to be achieved in designing an electrical machine.
(20 markah/marks)
- (b) Terangkan lima (5) faktor yang menghadkan rekabentuk mesin.
Explain five (5) factors that impose limitation on the machine design.
(30 markah/marks)
- (c) Terangkan tumpuan industri pembuatan dalam rekabentuk mesin.
Explain the trends in manufacturing industries for the machine design.
(20 markah/marks)
- (d) Dalam rekabentuk mesin-mesin silinder, terbitkan persamaan-persamaan yang menghubungkan antara tork, T dengan beban magnet, B dan beban elektrik Q . Parameter-parameter berikut diperlukan untuk membina satu konfigurasi motor magnet kekal tanpa berus 3-fasa 12-ruang/10 kutub.
In a cylindrical machines design, derive the equations that relate torque, T to magnetic loading, B and electric loading Q . The following parameters are required to develop a 3-phase permanent magnet brushless motor with 12-slot/10-pole configuration.:
- Diameter pemutar D : 56mm
Rotor diameter D : 56mm
- Panjang paksi motor L : 50mm
Motor axial length L : 50mm
- Ketumpatan fluks sela udara B : 0.8 Tesla
Air gap flux density B : 0.8 Tesla
- Jumlah lilitan per fasa N_p : 150 lilitan
Total turns per phase N_p : 150 turns

Arus terkadar I : 5 A

Rated current I : 5 A

Anggarkan tork keluaran.

Estimate the output torque. (30 markah/marks)

2. (a) Diberikan kelok B-H bagi tiga (3) jenis keluli yang berlainan seperti ditunjukkan dalam Rajah 1. Hitung kebolehtelapan relative μ_r pada titik A, B dan C masing-masing.

Given the B-H curves for three (3) different types of steel as shown in Figure 1. Calculate the relative permeability μ_r at point A, B and C respectively.

(20 markah/marks)

- (b) Jika anda diberi kebebasan untuk memilih, bahan yang manakah daripada ketiga-tiga jenis yang anda ingin gunakan untuk merekabentuk dan membina suatu motor aruhan. Beri alasan.

If you have freedom to choose, which material among these three types would you use to design and build an induction motor. Give your reasons.

(20 markah/marks)

- (c) Kenalpasti tiga (3) jenis kelas bagi magnet kekal yang lazimnya digunakan bagi motor-motor elektrik. Bandingkan ia berdasarkan jenis-jenis bahan, pemilihan dan kebaikan-kebaikan yang dipunyai oleh magnet tersebut.

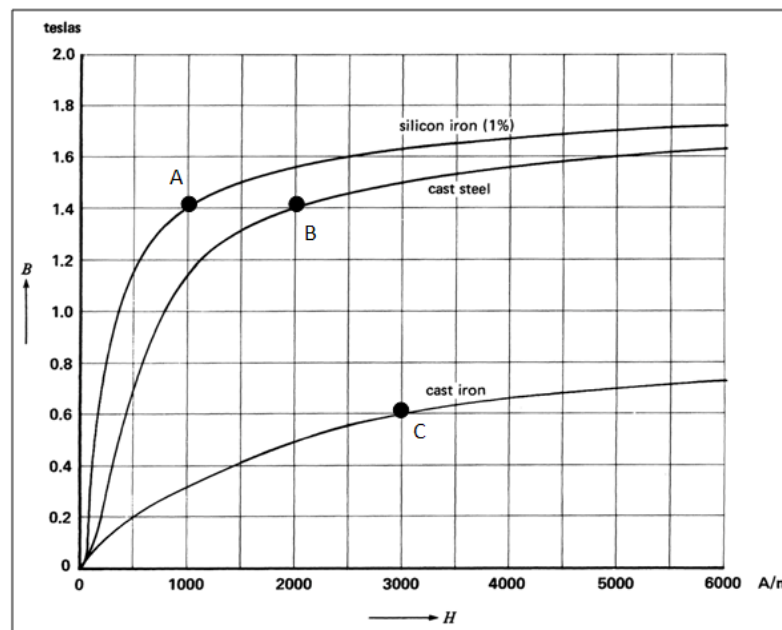
Identify three (3) types of permanent magnet that are currently used for electric motors. Compare this types in terms of material, properties and advantages that the magnet holds.

(30 markah/marks)

- (d) Berikan atau tunjukkan satu rancangan bagaimana untuk mengurangkan kesan kehilangan terhadap mesin elektrik.

Give or show a plan how to minimize the effect of losses in electrical machines.

(30 markah/marks)



Rajah 1: Lengkung B-H bagi 3 keluli yang berlainan

Figure 1: B-H curves for 3 different steels

3. (a) Secara praktikal, faktor paling penting yang mempengaruhi struktur suatu penebat ialah voltan terkadar yang dipunyai oleh mesin tersebut. Terangkan dua (2) jenis penebatan yang direkabentuk dan dibangunkan bagi mesin-mesin voltan rendah.

In practice, the most important factor influencing the structure of the insulation is the rated voltage of the machine. Explain two (2) types of insulation being designed and developed for low voltage machines.

(20 markah/marks)

- (b) Suatu lantai simen yang dipanaskan secara elektrik mempunyai keluasan kawasan berukuran 100m x 30m. Suhu permukaan ialah 25°C manakala suhu ambien ialah 23°C. Dalam kilowatt, anggarkan berapa banyakkah haba yang terpakai? [Nota: Simen dianggap sebagai penebat. Pemalar radiasi bagi simen = $5 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$]

An electrically heated cement floor covers an area of 100m x 30m. The surface temperature is 25°C and the ambient temperature is 23°C. Approximate how much heat is given off, in kilowatts? [Note: Cement is considered to be an insulator. Radiation constant of cement = $5 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$]

(30 markah/marks)

- (c) Sebuah motor memacu satu roda tenaga yang mempunyai momen inersia sebanyak 5 kgm^2 . Kelajuan bertambah daripada 1600 ppm kepada 1800 ppm dalam masa 8 saat. Hitung,

A motor drives a flywheel having a moment of inertia of 5 kgm^2 . The speed increases from 1600 rpm to 1800 rpm in 8 s. Calculate,

- (i) Tork yang dibina oleh motor.
The torque developed by the motor.
- (ii) Tenaga di dalam roda tenaga pada 1800 ppm.
The energy in the flywheel at 1800 rpm.
- (iii) Kuasa motor pada 1600 ppm.
The motor power at 1600 rpm.
- (iv) Kuasa masukan bagi roda tenaga pada 1750 ppm.
The input power to the flywheel at 1750 rpm.

(40 markah/marks)

- (d) Nyatakan faktor-faktor utama yang menyebabkan kenaikan suhu perlu dihadkan dalam belitan dan kerangka sesebuah motor.

State the main reasons for limiting the temperature rise of the windings and frame of a motor.

(10 markah/marks)

4. Sebuah mesin DC yang direkabentuk untuk empat kutub dengan belitan-penggulungan, di mana jejari anker 12.5 cm dan panjang berkesan ialah 25 cm. Kutub-kutub meliputi 80% daripada pinggir anker. Belitan anker terdiri daripada 33 gegelung, setiap gegelung yang mempunyai tujuh giliran. Gegelung ditempatkan di 33 slot. Ketumpatan fluks purata setiap kutub ialah 0.80 Tesla.

A DC machine designed for four-poles with the lap-winding, where an armature of radius 12.5 cm and effective length of 25 cm. The poles cover 80% of the armature periphery. The armature winding consist of 33 coils, each coil having seven turns. The coils are accommodated in 33 slots. The average flux density under each pole is 0.80 Tesla.

- (a) Tentukan pemalar anker K_a .
Determine the armature constant K_a . (25 markah/marks)
- (b) Tentukan voltan anker teraruh apabila anker berputar pada 3000 rpm.
Determine the induced armature voltage when the armature rotate at 3000 rpm
(25 markah/marks)
- (c) Tentukan arus dalam gegelung dan tork elektromagnetik yang dibangunkan apabila arus anker ialah 200 A.
Determine the current in the coil and the electromagnetic torque developed when the armature current is 200 A.

(25 markah/marks)

- (d) Tentukan kuasa yang dibangunkan oleh angker.
Determine the power developed by the armature.

(25 markah/marks)

5. Sebuah mesin aruhan tiga fasa yang direkabentuk untuk beroperasi pada kelajuan sekitar 3000 rpm dengan kuasa 100 hp. Sistem tiga fasa AU yang tersedia ialah 415 V dan 50 Hz. Apabila mesin beroperasi pada beban penuh pada slip adalah 0,03. Tentukan:

A three-phase induction machine designed for operation at speed around 3000 rpm with power 100 hp. The three-phase AC system available is 415 V and 50 Hz. When the machine operated at full load at the slip is 0.03. Determine :

- (a) bilangan kutub
the number of pole (20 markah/marks)

- (b) kelajuan mesin pada beban penuh.
the speed of machine at full load. (20 markah/marks)

- (c) kekerapan bidang pemutar.
the frequency of the rotor field. (20 markah/marks)

- (d) Speed daripada medan rotor berbanding dengan (i) struktur pemutar ;
(ii) struktur pemegun dan (iii) medan putar pemegun.

The speed of the rotor field relative to the (i) rotor structure; (ii) stator structure and (iii) stator rotating field.

(20 markah/marks)

- (e) Voltan aruhan pemutar pada kelajuan operasi, jika perbandingan belitan pemegun-ke-pemutar 1: 0.5.

Rotor induced voltage at the operating speed, if the stator-to-rotor turn is 1: 0.5.

(20 markah/marks)

6. (a) Kenaikan suhu mesin elektrik adalah 40 °C selepas 1 jam beroperasi dan 60 °C Selepas 2 jam beroperasi. Arus pada mesin elektrik tersebut adalah 100 A. Anggarkan temperatur pda keadaan mantap dengan suatu arus 125 A. Abaikan kesan kerugian besi.

The temperature rise of an electrical machine is 40°C after 1 hour and 60°C after 2 hours operation. The electric machine current is 100 A. Determine Estimate the steady state temperature with a current of 125 A. Neglect the effect of iron losses.

(50 markah/marks)

- (b) Sebuah motor aruhan tiga-fasa empat-kutub, 15 hp, 415 volt, 1 385 rpm, memberikan kuasa keluaran penuh kepada acinya yang tersambung. Kehilangan belitan dan geseran motor ialah 750 W. Tentukan:

A 15 hp, 415 volt, 1385 rpm three-phase induction motor four-pole, delivers full output power to a connected to its shaft. The winding and friction loss of the motor is 750 W. Determine :

- (i) kuasa mekanik yang dihasilkan
the mechanical power developed (20 markah/marks)

- (ii) kuasa celah udara
the air gap power (15 markah/marks)

- (iii) kehilangan tembaga pemutar
the rotor copper loss (15 markah/marks)