
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2012/2013 Academic Session

January 2013

EEK 474 – ELECTRICAL MACHINE DESIGN
[REKABENTUK MESIN ELEKTRIK]

Masa : 3 jam

Please check that this examination paper consists of **ELEVEN (11)** pages of printed material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEBELAS (11)** muka surat 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) Apakah faktor-faktor yang perlu dititikberatkan dalam merencanakan mesin-mesin elektrik?

What are the factors that need to be considered in designing electrical machines?

(20 markah/marks)

- (b) (i) Satu goni simen mempunyai jisim sebanyak 70 kg. Berapakah daya yang diperlukan untuk mengangkatnya dan jumlah tenaga yang diperlukan untuk mengangkat goni tersebut ke aras 5 meter? Hitung jumlah kuasa sekiranya satu kren mengambil masa selama 15 saat untuk mengangkat simen tersebut ke ketinggian 60 meter.

A sack of cement has a mass of 70 kg. What force is needed to lift it and how much energy is required to lift the sack to a height of 5 meter? Calculate the power if it takes about 15 second for a crane to lift the cement to a height of 60 meter.

- (ii) Simen tersebut kemudiannya dituang ke dalam pengisar yang mana satu motor dc beroperasi pada 120 kuasa kuda dengan kelajuan malar 700 rpm. Hitung kilas yang dibangunkan oleh motor pada kelajuan ini. Sekiranya kelajuan ditingkatkan kepada 750 rpm dalam 5 saat, berapakah jumlah kilas yang diperlukan oleh motor ini? [Momen inersia bagi bahagian yang berputar ialah 105 kgm^2]

The cement is then poured into a grinder which is operated by a 120 hp-dc motor at a constant speed of 700 rpm. Calculate the torque developed by the motor at this instant. If the speed is increased to 750 rpm in 5 second, how much the motor torque is needed? [Moment of Inertia of the revolving parts is 105 kgm^2]

(30 markah/marks)

- (c) (i) Tunjukkan bagaimana kelesapan arus pusar dapat dikurangkan dengan menggunakan teras yang dilapis dengan keluli silicon.

Relate how the eddy current loss is reduced by using a core composed of silicon steel laminations.

- (ii) Jumlah kelesapan keseluruhan bagi keluli silicon ialah sebanyak 1500 W pada frekuensi 50 Hz. Dengan menetapkan ketumpatan fluks dalam keadaan malar, jumlah kelesapan menjadi 3000 W apabila frekuensi ditingkatkan kepada 75 Hz. Hitung kelesapan histeresis dan arus pusar pada setiap frekuensi tersebut.

The total core loss of silicon steel is found to be 1500 W at 50 Hz. Keeping the flux density constant, the loss becomes 3000 W when the frequency is raised to 75 Hz. Calculate the hysteresis and eddy current loss at each of the frequencies.

(50 markah/marks)

2. (a) (i) Terangkan tiga cara yang mana haba dipindahkan daripada satu jasad ke jasad yang lain dalam mesin-mesin elektrik

Describe three ways whereby heat is transferred from one body to another in electric machines.

- (ii) Untuk menyingkirkan haba, satu kipas digunakan untuk meniup 250 m³/min udara menerusi motor 750 kW. Jika suhu salur masuk ialah 25°C dan suhu salur keluar ialah 35°C, anggarkan kelesapan di dalam motor tersebut.

To carry away the heat, a fan is used to blow 250 m³/min of air through a 750 kW motor. If the inlet temperature is 25°C and the outlet temperature 35°C, estimate the losses in the motor.

- (iii) Kipas tiba-tiba tidak berfungsi dan motor masih lagi beroperasi pada beban penuh. Permukaan luar seluas 1.5 m² yang disaluti dengan bahan enamel bukan metalik telah menunjukkan kenaikan suhu ke 50°C berbanding suhu ambient 20°C. Anggarkan kelesapan yang baru ini. [Pemalar radiasi enamel bukan metalik = $5 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$]

Fan is suddenly malfunctioned and the motor is still operated at full load. The external surface area of 1.5 m² coated with non-metallic enamel has shown a temperature rise to 50°C in an ambient temperature of 20°C. Estimate the new losses. [Non-metallic enamel radiation constant = $5 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$]

(40 markah/marks)

- (b) (i) Gambarkan sifat bagi rekabentuk pemegun dan pemutar bagi mesin-mesin elektrik.

Characterize the stator and rotor design for electric machines.

- (ii) Rekabentuk mesin-mesin elektrik dan peralatan-peralatannya sangat bergantung kepada kualiti bahan-bahan yang digunakan dalam penghasilannya. Kategorikan tiga jenis klasifikasi bahan tersebut.

The design of electrical machines and equipments mainly depends on the quality of materials used in the production. Categorize the three types of material classifications.

(60 markah/marks)

3. Rajah 3 menunjukkan secara ringkas rotor dan stator bagi satu motor a.t. Panjang purata kedua-dua bahagian stator tersebut ialah 50 cm, dan mempunyai luas keratan rentas 12 cm^2 . Panjang purata bagi kedua-dua rotor ialah 5 cm, dan juga diandaikan mempunyai luas keratan rentas 12 cm^2 . Ruang udara di antara rotor dan stator di bahagian kiri dan kanan adalah 0.05 dan 0.15 cm masing-masing. Luas keratan rentas bagi sela udara bertambah 10 peratus disebabkan kesan peminggiran. Kebolehtelapan nisbi bagi besi teras ialah 2000. Dua gegelung 200 dan 400 lilitan, dililit pada bahagian tengah teras. Arus 1 A ditentukan bagi kedua-dua gegelung dan mengalir pada arah yang sama. Panjang purata bagi teras di bahagian tengah adalah 20 cm.

Figure 3 shows a simplified rotors and stators for a dc motor. The mean path length of the stator for both sides is 50 cm, and its cross sectional area is 12 cm^2 . The mean path lengths of both rotors are 5 cm, and its cross sectional area also may be assumed to be 12 cm^2 . The air gap between the rotor and the stator on the left side and the right side is 0.05 and 0.15 cm, respectively. The cross-sectional area of each air gap due to fringing effect increases by 10 percent. The iron of core has relative permeability of 2000. At the middle core there are two coils of wire that has 200 and 400 turns, respectively. The current is adjusted to be 1 A for both coils wire and flows in the same direction. The mean path length of the middle core is 20 cm.

- (a) Lakarkan gambarajah litar magnet setara bagi ringkasan rotor dan stator untuk motor a.t dalam Rajah 3.

Sketch the equivalent magnetic circuit diagram of the simplified rotors and stators for dc motor in Figure 3.

(10 markah/marks)

- (b) Kira jumlah engganan bagi laluan fluks.

Calculate the total reluctance of the flux path.

(30 markah/marks)

- (c) Kira daya magnetomotif yang dibekalkan kepada teras dan jumlah fluks dalam teras.

Calculate the source magnetomotive force to the core and the total flux in the core.

(20 markah/marks)

- (d) Anggarkan ketumpatan magnet fluks dalam sela udara motor bagi kedua-dua bahagian.

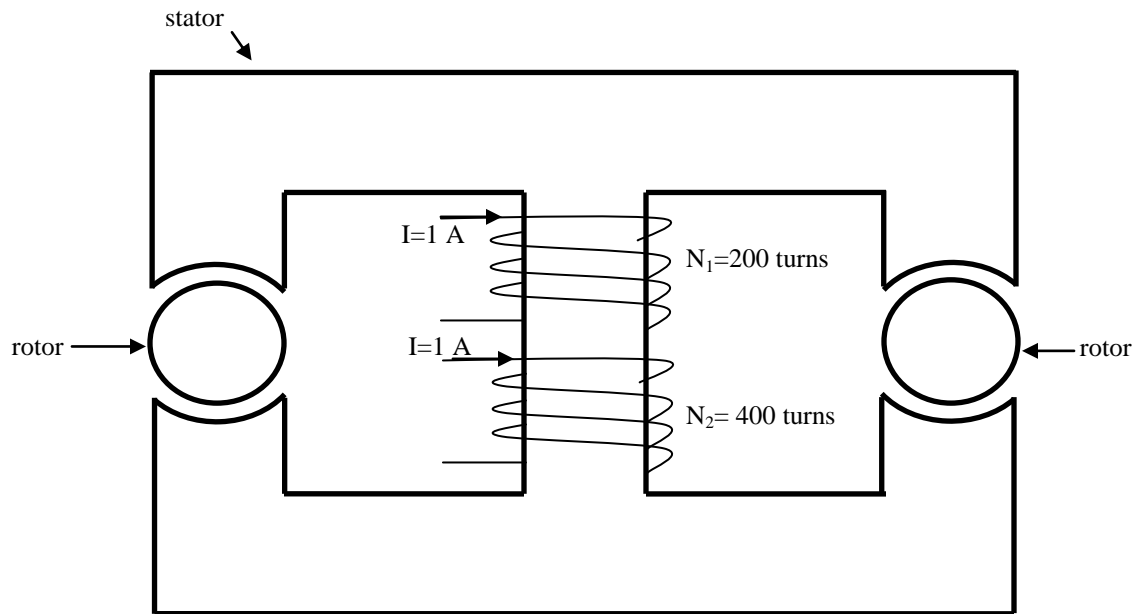
Estimate the magnetic flux density in the motor's air gap for both sides.

(20 markah/marks)

- (e) Bandingkan dalam peratus daya magnetomotif bagi sela udara motor di antara bahagian kiri dan kanan terhadap daya magnetomotif yang dibekalkan.

Compare in percentage the magnetomotive force of motor's air gap between the left and right side of the core with respect to the source magnetomotive force.

(20 markah/marks)



Rajah 3 : Ringkasan rotor dan stator bagi satu motor a.t.
Figure 3 : A simplified rotors and stators for a dc motor

4. Rajah 4 menunjukkan suatu teras magnet dibuat daripada bahan feromagnetik dengan N lilitan gegelung, dililit mengelilingi teras di bahagian kiri. Panjang purata teras ialah l_c cm dan luas keratan rentas ialah A cm².

Figure 4 shows a magnetic core made from ferromagnetic material with N turns of coils wrapped around the left leg of the core. The mean path length of the core is l_c cm and its cross-sectional area is A cm².

- (a) Jelaskan tingkah laku bagi bahan feromagnetik sekiranya arus terus dikenakan kepada gegelung dari arus 0 A dan dinaikkan ke suatu tahap maksima perlahan-lahan. Plotkan graf yang berkaitan untuk menyokong penjelasan tersebut.

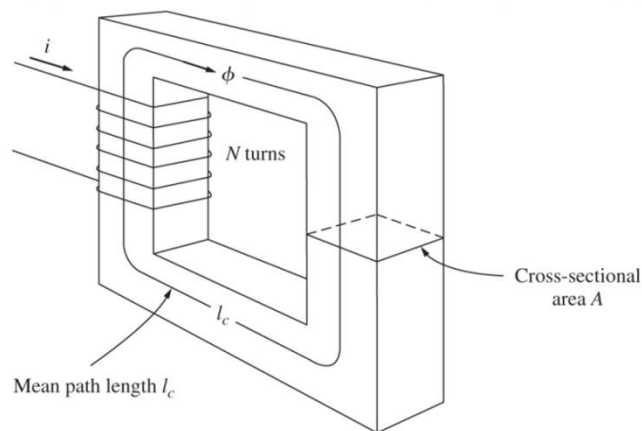
Explain the behavior of the ferromagnetic materials if a direct current is applied to the coil starting with 0 A and slowly working up to the maximum permissible current. Plot the relevance graph to support the explanation.

(50 markah/marks)

- (b) Tunjukkan tingkah laku bahan feromagnetik sekiranya arus ulang-alik dialirkan kepada gegelung tersebut. Plot graf yang berkaitan untuk menyokong penjelasan tersebut.

Demonstrate the behavior of the ferromagnetic material if an alternating current is applied to the coil. Plot the relevance graph to support the explanation.

(50 marks/markah)



Rajah 4 : Teras magnet
Figure 4 : Magnetic core

5. Sebuah mesin DC yang direkabentuk untuk 8 kutup dengan belitan-gelombang, di mana jejari angker ialah 12.5 cm dan panjang berkesan ialah 25 cm. Kutup-kutup meliputi 80% daripada pinggir angker. Belitan angker terdiri daripada 41 gegelung, setiap gegelung yang mempunyai tujuh giliran. Gegelung ditempatkan di 41 slot. Ketumpatan fluks purata setiap kutup ialah 0.80 Tesla.

A DC machine designed for 8-poles with the wave-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 41 coils, each coil having seven turns. The coils are accommodated in 41 slots. The average flux density under each pole is 0.80 Tesla.

- (a) Lakarkan gambar rajah bagi penngulungan pemutar.
Sketch wiring diagram for rotor winding.
(25 markah/marks)
- (b) Tentukan pemalar angker K_a .
Determine the armature constant K_a .
(15 markah/marks)
- (c) Tentukan voltan angker teraruh apabila angker berputar pada 3000 rpm.
Determine the induced armature voltage when the armature rotates at 3000 rpm.
(15 markah/marks]
- (d) Tentukan arus dalam gegelung dan tork elektromagnetik yang dibangunkan apabila arus angker ialah 200 A.
Determine the current in the coil and the electromagnetic torque developed when the armature current is 200 A.
(25 markah/marks)

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

(20 markah/marks)

6. Sebuah mesin aruhan tiga fasa yang direkabentuk untuk beroperasi pada kelajuan lebih kurang 3000 rpm dengan kuasa 100 hp. Bilangan slot ialah 99 dan bilangan pengalir selari ialah 2. Sistem tiga fasa AU yang tersedia ialah 415 V dan 50 Hz. Apabila mesin beroperasi pada beban penuh dengan slip 0.03.

A three-phase induction machine is designed for operation at speed around 3000 rpm with power 100 hp. Number of slot is 99 and number of parallel conductor is 2. 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.

- (a) Lakarkan gambar rajah belitan pemegun.
Sketch the wiring diagram of stator winding.

(25 markah/ marks)

- (b) Bilangan kutub.
Determine the number of pole.

(15 markah/marks)

- (c) Kelajuan mesin pada beban penuh.
Determine the speed of machine at full load.

(15 markah/marks)

- (d) Kekerapan bidang pemutar.
Determine the frequency of the rotor field.

(15 markah/marks)

- (e) Kelajuan bagi medan rotor berbanding dengan (i) struktur pemutar ;
(ii) struktur pemegun dan (iii) medan putar pemegun.

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

(15 markah/marks)

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

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

(15 markah/marks)