
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2006/2007

Oktober/November 2006

EEK 466 – REKABENTUK MESIN ELEKTRIK

Masa: 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEBELAS** muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Kertas soalan ini mengandungi ENAM soalan.

Jawab **LIMA** soalan. Jawab **SOALAN NO. 1** yang diwajibkan dan mana-mana empat soalan lain.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sudut sebelah kanan soalan berkenaan.

Jawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Catatkan 3 tujuan dalam rekabentuk mesin.
State 3 targets in design of machine.

(20%)
 - (b) Terangkan 5 faktor menghadkan rekabentuk mesin.
Explain 5 factors that impose limitation on the machine design.

(30%)
 - (c) Terangkan tumpuan industri pembuatan dalam rekabentuk mesin.
Explain the trends in manufacturing industries for the machine design.

(20%)
 - (d) Terangkan mengapa bahan-bahan yang mempunyai konduktiviti dan resistiviti yang tinggi digunakan dalam rekabentuk mesin.
Explain why highly conductivity and nesistivity materials are used in electrical machine design.

(30%)
-
2. (a) Terangkan dengan bantuan gambarajah, bagaimana faktor jarak belitan boleh mengurangkan harmonik dalam voltan teraruh. Terbitkan persamaan yang menunjukkan bagaimana voltan teraruh asasi boleh dipengaruhi oleh faktor jarak belitan dan kembangkan persamaan tersebut untuk meliputi semua harmonik. Di samping itu, apakah sebab-sebab lain yang boleh anda fikirkan mengapa sesuatu belitan mempunyai faktor jarak?

Explain with the aid of diagrams, how short-pitched winding can successfully prevent harmonics in an induced voltage. Derive an expression showing how the fundamental induced voltage is affected by short-pitching and generalize this to include harmonics. For what other reasons is a winding ever short-pitched?

(30%)

- (b) Mengapa harmonik komponen nombor 5 dan 7 menjadi tumpuan kita, tetapi tidak pada harmonik nombor genap atau pun harmonik nombor 'triplen'.

Why are the 5th and 7th harmonics components usually of interest, but not the even harmonics or triplen harmonics.

(25%)

- (c) Apakah faktor-faktor yang digunakan untuk memilih nombor kutub bila merekabentuk sesuatu motor magnet kekal tanpa berus yang dipacu oleh konverter kuasa elektronik?

What influences the choice of pole number when designing a PM Brushless motor to be driven from a Power Electronic Converter?

(20%)

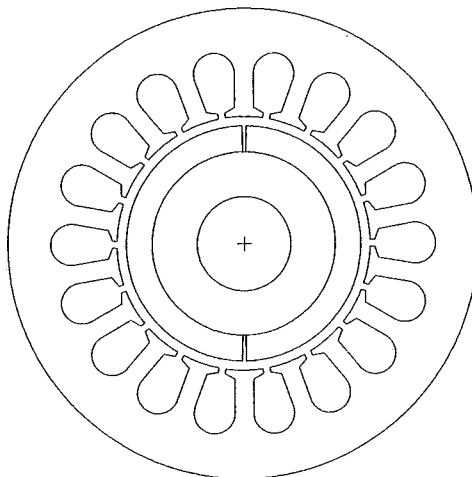
- (d) Topologi medan berjejarian untuk motor magnet kekal tanpa berus boleh dikenalpasti dengan kedudukan magnet kekal di atas struktur pemutarnya. Nyatakan empat topologi tersebut.

Radial field topology of PM Brushless machines is identified by which the permanent magnets are placed on the rotor structure. Name only four (4) types of this topology.

(25%)

3. Sebagai jurutera rekabentuk motor, anda ingin menunjukkan 3-fasa '18slot/2pole' motor segerak magnet kekal, seperti ditunjukkan oleh Rajah 1, boleh digunakan untuk applikasi pelanggan anda. Walau bagaimanapun, anda ingin menyemak beberapa susunan-susunan belitan yang boleh dicuba pada motor tersebut dan juga kesan-kesannya dalam pengurangan harmonik dalam voltan teraruh.

As a motor design engineer, you would like to show that a 3-phase 18slot/2pole PM synchronous motor, as shown in Figure 1, can meet your client's specifications. However, you are concerned with winding arrangements and their effects on reduction of harmonics in the induced back-emfs.



Rajah 1 : 3-phase 18-slot/2-pole motor

- (a) Tunjukkan susunan belitan untuk motor tersebut jika belitan selapis dan 'full-pitched coil' digunakan.

Show the winding schematic for the motor if single layer winding and full-pitched coil are used.

(20%)

- (b) Tunjukkan susunan belitan untuk motor tersebut jika belitan dua lapis dan 'full-pitched coil' digunakan.

Show the winding schematic for the motor if double layer winding and full-pitched coil are used.

(20%)

- (c) Tunjukkan susunan belitan untuk motor tersebut jika belitan dua lapis dan 'short-pitched coil' digunakan. [Petua: gegelung dipendekkan dengan satu lubang alur].

Show the winding schematic for the motor if double layer winding and a short-pitched coil are used [Hints: coil is short-pitched by one slot].

(30%)

- (d) Untuk soalan bahagian (a), (b) dan (c) di atas, kirakan faktor belitan ($K_w = K_p \times K_d$) pada $n=1$, $n=5$ dan $n=7$, juga nyatakan mana satukah belitan yang terbaik? Mengapa?

For part (a), (b) and (c), calculate the winding factor ($K_w = K_p \times K_d$) at $n=1$, $n=5$ and $n=7$ respectively, can you suggest which winding schematic is the best one? Why?

(30%)

4. (a) Apakah parameter-parameter yang mempengaruhi bebanan magnet B ?
What are the parameters that influence the magnetic loading B ?

(20%)

- (b) Jika sekiranya bebanan magnet B dan bebanan elektrik Q bagi mesin putaran adalah bebas dari garis pusat pemutar dan panjangnya, tunjukkan bahawa tork yang dihasilkan berkadar terus dengan isipadu pemutar.

Show that if the magnetic loading B and electric loading Q of a rotating machine are independent of the rotor diameter and length L , then the torque produced is proportional to rotor volume.

(30%)

- (c) Terbitkan persamaan yang menunjukkan bagaimana tork berhubung-kait dengan inersia pemutar. [Petua: inersia bagi sesuatu objek bentuk silinder ialah $J = \frac{\pi D^4 L}{32} \rho$]

Derive the expression that shows how torque is related to rotor inertia.

[Hints: inertia of cylindrical shape object $J = \frac{\pi D^4 L}{32} \rho$].

(30%)

- (d) Bagaimana informasi ini dapat menerangkan bentuk pemutar dalam kebanyakan motor servo di mana pecutan/nyahpecutan yang pantas diperlukan.

How can this be used to explain the shape of the rotor in most servomotor where fast dynamic response of acceleration/deceleration is a requirement.

(20%)

5. Sebuah mesin fluks paksi magnet kekal 3-fasa akan digunakan untuk pemacu cakera liut. Mesin itu perlu menghasilkan tork sehingga 10 mNm maksimum. Rekabentuk mesin tersebut mempunyai kekangan seperti berikut:

A small 3-phase axial flux permanent magnet machine is to be used for a floppy disk drive. The motor must deliver up to 10 mNm of torque. Perform an outline electromagnetic machine design within the following constraints:

- Garis pusat bagi luar dan dalam magnet pemutar ialah masing-masing 50mm dan 20mm.
Outside and inside diameter of rotor magnet are 50mm and 20mm respectively.
- Magnet kekal Ferit digunakan dengan fluks kebakian $B_r = 0.35T$ dan kebolehtelapan $\mu_r = 1.1$.
Ferrite magnets with remanence $B_r = 0.35T$ and relative permeability $\mu_r = 1.1$
- Belitan berlubang alur digunakan dengan arus maksimum 0.4A dalam operasi BLDC mod.
Slotted winding, drawing a maximum currents of 0.4A in BLDC operation mode.

...8/-

- Maksimum ketumpatan fluks kuk B_{sat} of 1.0 T.
A peak core flux density B_{sat} of 1.0 T
- Sela udara 1.0 mm.
An airgap length of 1.0 mm.

Rekabentuk anda perlu menyelesaikan beberapa kerumitan seperti berikut:

Your design should address the following questions:

- (a) Pilih nombor lubang alur dan nombor kutub yang anda akan gunakan.
Choose slot number and pole number that you are going to use.
(10%)
- (b) Lakaran yang menunjukkan susunan belitan.
A sketch of winding arrangement.
(25%)
- (c) Pilih ketumpatan fluks sela udara B_g yang sesuai, kemudian kira ketebalan magnet l_m yang diperlukan

Choose reasonable peak airgap flux density B_g , thus determine the magnet thickness l_m .
(10%)
- (d) Ketebalan paksi pada kuk pemutar
The required axial depth of rotor yoke.
(15%)

- (e) Jumlah lilitan siri pada satu fasa yang diperlukan jika mengambilkira tork dan arus maksimum yang diberikan

The number of series turns per phase, derived from the torque requirement and maximum current.

(20%)

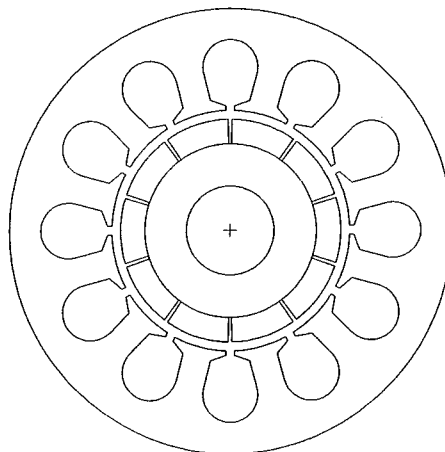
- (f) Kira jumlah voltan teraruh untuk satu fasa pada kelajuan 3000rpm

Calculate the induced voltage per phase at 3000 rpm.

(20%)

6. Rekabentuk sebuah mesin 3-fasa magnet kekal tanpa berus yang boleh menghasilkan tork sebanyak 10Nm untuk kelajuan sehingga 1200rpm. Mesin tersebut akan dipacu oleh MOSFET penyongsang dengan arus suap balik untuk mengawal kawalan arus dari sumber voltan tersambung 400V d.c.

Design a 3-phase permanent magnet brushless machine (BLAC) which will produce a torque of 10Nm for all speed up to 1200 rpm. The machine is to be driven from MOSFET inverter with current feedback to permit current control, with a d.c. link voltage of 400V.



Rajah 2 : 3-phase 12-slot/10-pole motor

...10/-

Andaikan:

Assume:

- (i) Pilih kombinasi 12-slot/10-pole (Seperti Rajah 2).
12-slot/10-pole combination is selected (as shown in Figure 2).

- (ii) Magnet kekal ialah NdFeB dengan fluks kebakian B_r of 1.26T dan ketepuan kebolehtelapan nisbi μ_r of 1.05.
Magnet material used is NdFeB with remanence B_r of 1.26T and relative permeability μ_r of 1.05.

- (iii) Ketumpatan fluks pada pelapisan B_{sat} is 1.5T.
Lamination saturation flux density B_{sat} is 1.5T.

- (iv) Sela udara 0.8mm.
Airgap length is 0.8mm.

- (v) 'Slot fill faktor' 0.4mm.
Slot fill factor is 0.4

- (a) Jika bebanan magnet ialah 0.85T, kira ketebalan magnet yang diperlukan
If magnetic loading is chosen at 0.85T, determine the required thickness of the NdFeB magnet.

(10%)

- (b) Diberi garis pusat pemutar 60mm dan panjang aktif tindaan pemutar 100mm, kirakan bebanan elektrik Q yang diperlukan untuk menghasilkan 10Nm tork.

Given the rotor diameter is 60mm and active stack length of 100mm, determine the required electric loading Q in order to produce 10 Nm output torque.

(15%)

- (c) Kirakan lebar gigi stator.
Calculate the stator tooth width.

(10%)

- (d) Anggarkan keluasan lubang alur yang ada.
Estimate the slot area available.

(15%)

- (e) Jika puncak voltan teraruh satu fasa ialah 200V, tentukan jumlah lilitan yang diperlukan untuk satu fasa.

If the peak voltage induced per phase is to be 200V, how many turns per phase should there be?

(15%)

- (f) Jika belitan selapis digunakan, kirakan garis pusat dawai yang diperlukan
If single layer winding is chosen, calculate the wire diameter to be used.

(15%)

- (g) Lakarkan susunan belitan tersebut.
Sketch the winding layout.

(20%)