

**LƯU Ý:**

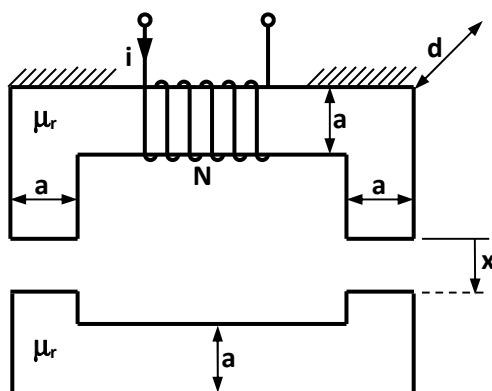
- Sinh viên **được phép** sử dụng tài liệu chép tay trên 2 trang A4.
- Đề thi gồm 3 câu.

**Câu 1 (4,5 điểm)**

- a) (L.O.1.1) Hai tải một pha được nối song song như sau: Tải 1 tiêu thụ công suất **4 kW** ở hệ số công suất **0,8 trễ**. Tải 2 tiêu thụ **5 kVA** ở hệ số công suất **0,6 sớm**. Xác định tổng công suất phức và hệ số công suất của tổ hợp tải. (1 điểm)
- b) (L.O.3.1) Một máy biến áp một pha **2200/220 V** được dùng để cung cấp điện cho tổ hợp tải ở câu a). Máy biến áp có các thông số của mạch tương đương chính xác quy về phía sơ cấp như sau:  $R_{c1} = 19,5 \text{ k}\Omega$ ,  $X_{m1} = 17 \text{ k}\Omega$ ,  $r_1 = 3 \Omega$ ,  $r'_2 = 3 \Omega$ ,  $x_1 = 5 \Omega$ ,  $x'_2 = 5 \Omega$ . Vẽ mạch tương đương của máy biến áp, và điền các thông số vào mạch tương đương. Nếu bỏ qua tổn hao trong lõi thép thì sẽ thay đổi như thế nào trên mạch tương đương? Tại sao? (1,5 điểm)
- c) (L.O.3.2) Tính hiệu suất của máy biến áp khi cung cấp công suất ở câu a) tại điện áp **220 V** cho hai tải nêu trên. Không bỏ qua tổn hao trong lõi thép trong câu này và câu d). (1 điểm)
- d) (L.O.3.2) Xác định độ thay đổi điện áp của máy biến áp trong trường hợp trên. (1 điểm)

**Câu 2 (3,5 điểm)**

Cho hệ thống điện cơ với sơ đồ như hình 1 dưới đây. Phần trên có dây quấn được gắn cố định, còn phần dưới có thể di chuyển theo phương thẳng đứng (*lên và xuống*). Bỏ qua từ tản nhưng xét đến từ trở của lõi mạch từ (chiều dài đường sức từ trung bình là  $\ell_c$ ). Mạch từ có chiều dày  $d$  như được thể hiện trong hình 1.



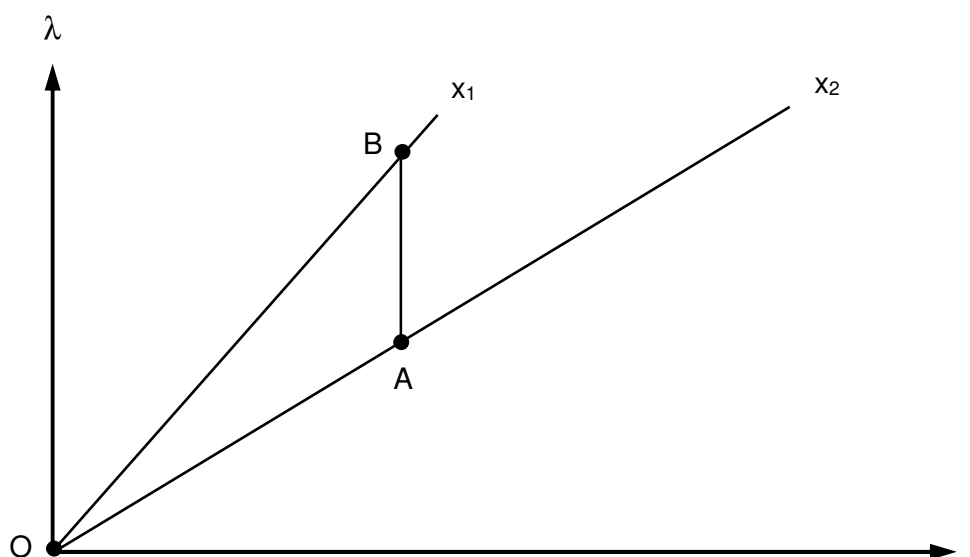
Hình 1. Hệ thống điện cơ có khả năng chuyển động lên xuống

- (L.O.2.1) Vẽ mạch tương đương của mạch từ trên, giải thích ý nghĩa các thành phần? (1 điểm)
- (L.O.2.2) Xác định biểu thức đồng năng lượng của hệ. (1 điểm)
- (L.O.4.1) Xác định biểu thức tính lực điện từ sinh ra. (0,5 điểm)
- (L.O.4.1) Giả sử có dòng điện DC được đưa vào cuộn dây, khi nào lực điện từ sẽ đạt giá trị lớn nhất (xét về độ lớn)? Xác định biểu thức của lực điện từ lớn nhất này? (1 điểm)

**Câu 3 (2 điểm)**

Hệ thống điện cơ trong hình 1 có đặc tính từ thông móc vòng - dòng điện (đặc tính  $\lambda - i$ ) ở hai vị trí  $x_1$  và  $x_2$  như được thể hiện trong hình 2.

- (L.O.4.2) Giải thích ý nghĩa thực tế trên hệ thống khi di chuyển theo đoạn OA. (1 điểm)
- (L.O.4.2) Giải thích ý nghĩa thực tế trên hệ thống khi di chuyển theo đoạn AB. (1 điểm)



Hình 2. Đặc tính  $\lambda - i$  của hệ thống điện cơ ở các vị trí khác nhau

*(Cán bộ coi thi không giải thích gì thêm)*

**CHỦ NHIỆM BỘ MÔN**

**GIÁO VIÊN RA ĐỀ**

Chú thích:

L.O.x.x là chuẩn đầu ra môn học trong đề cương môn học

## Đáp án và hướng dẫn chấm:

### Câu 1:

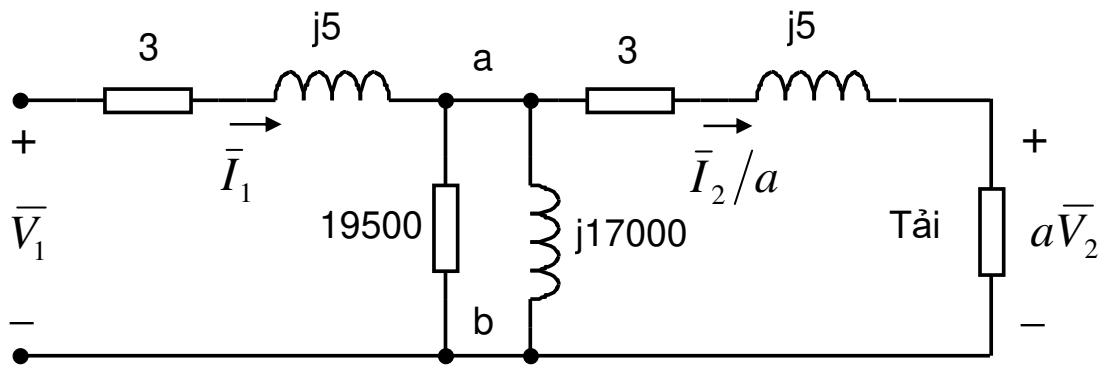
a) Tải 1:  $S_1 = 4000 + j3000 \text{ VA}$  (0,25 đ)

Tải 2:  $S_2 = 3000 - j4000 \text{ VA}$  (0,25 đ)

Tổng công suất phức:  $S_T = 7000 - j1000 \text{ VA}$  (0,25 đ)

Hệ số công suất tổng:  $\text{PF} = 0,99$  sớm (0,25 đ)

b) Sơ đồ tương đương chính xác với đầy đủ thông số sẽ như hình dưới (được tính 1 đ). Sinh viên không điền đầy đủ thông số hoặc điền sai giá trị thông số sẽ không được nhận điểm tối đa của câu hỏi.



Nếu bỏ qua tổn hao lõi thép thì sẽ hở mạch điện trở  $19500 \Omega$  trên mạch tương đương ở trên. Vì tổn hao lõi thép được biểu diễn bởi một điện trở song song với nhánh từ hóa, có điện áp xấp xỉ điện áp ngõ vào, nên điện trở đó sẽ có giá trị vô cùng lớn (hở mạch), nếu bỏ qua tổn hao lõi thép. (0,5 đ)

**Sử dụng mạch tương đương chính xác với các thông số đã cho để tính các câu c) và d). Nếu bài giải sử dụng mạch tương đương gần đúng, thì sẽ nhận số điểm gần đúng (đề nghị bằng 50% số điểm tối đa của câu hỏi tương ứng).**

Tỷ số vòng dây  $a = 10$ . Coi điện áp thứ cấp là vector tham chiếu ( $a\bar{V}_2 = 2200\angle 0^\circ \text{ V}$ )

Dòng điện thứ cấp đã quy đổi:  $\frac{\bar{I}_2}{a} = \left( \frac{S_T}{a\bar{V}_2} \right)^* = 3,182 + j0,4546 = 3,214\angle 8,13^\circ \text{ A}$

Điện áp trên nhánh từ hóa:  $\bar{V}_{ab} = a\bar{V}_2 + (r_2' + jx_2')\frac{\bar{I}_2}{a} = 2207 + j17,27 = 2207,3\angle 0,45^\circ \text{ V}$

Dòng điện sơ cấp:  $\bar{I}_1 = \frac{\bar{V}_{ab}}{R_{c1}} + \frac{\bar{V}_{ab}}{jX_{m1}} + \frac{\bar{I}_2}{a} = 3,296 + j0,3256 = 3,312\angle 5,642^\circ \text{ A}$

Tổng tổn hao:  $P_{\text{losses}} = r_1 I_1^2 + \frac{V_{ab}^2}{R_{c1}} + r_2' \left( \frac{I_2}{a} \right)^2 = 313,8 \text{ W}$  (0,5 đ)

Hiệu suất của máy biến áp:  $\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{\text{losses}}} \times 100\% = 95,71\% \quad (0,5 \text{ đ})$

c) Từ câu c), có thể tính được điện áp đặt vào sơ cấp:

$$\bar{V}_1 = (r_1 + jx_1)\bar{I}_1 = 2215,5 + j34,73 = 2215,8 \angle 0,8981^\circ \text{ V}$$

Tổng trở của nhánh từ hóa:  $Z_{\text{mag}} = 1 / \left( \frac{1}{R_{c1}} + \frac{1}{jX_{m1}} \right) = 8421 + j9659 \ \Omega$

Điện áp tại thứ cấp khi hở mạch tải:

$$a\bar{V}_{20} = \frac{Z_{\text{mag}}}{Z_{\text{mag}} + r_1 + jx_1} \bar{V}_1 = 2214,5 + j34,54 = 2214,8 \angle 0,8935^\circ \text{ V} \quad (0,5 \text{ đ})$$

Độ thay đổi điện áp:  $\Delta V\% = \frac{aV_{20} - aV_2}{aV_2} \times 100\% = 0,6733\%$

**Hướng dẫn đánh giá chuẩn đầu ra: Nếu sinh viên áp dụng được một phương pháp giải hợp lý và có kết quả đúng thì đạt chuẩn đầu ra tương ứng, ngược lại thì sẽ không đạt chuẩn đầu ra.**

Code octave cho câu 1:

```
% Cau a)
L1 = 4000 + 1i*4000*tan(acos(0.8))
L2 = 5000*0.6 - 1i*5000*sin(acos(0.6))
St = L1 + L2
PF = real(St)/abs(St)
% Cau c)
a = 2200/220;
V2 = 220; r1 = 3; x1 = 5; Rc = 19500; Xm = 17000; r2_ = 3; x2_ = 5;
I2 = conj(St/V2)
I2_ = I2/a
V2_ = V2*a
Vab = V2_ + (r2_ + 1i*x2_)*I2_
Ir = Vab/Rc
Ix = Vab/(1i*Xm)
I1 = I2_ + Ir + Ix
Plosses = r1*abs(I1)^2 + abs(Vab)^2/Rc + r2_*abs(I2_)^2
P2 = real(St)
hieusuat = P2*100/(P2 + Plosses)
% Cau d)
```

$$\begin{aligned}
V_1 &= V_{ab} + (r_1 + l_1 \cdot x_1) \cdot I_1 \\
Z_{mag} &= 1 / (1/R_c + 1 / (l_1 \cdot X_m)) \\
V_{20\_} &= Z_{mag} \cdot V_1 / (r_1 + l_1 \cdot x_1 + Z_{mag}) \\
\Delta V &= 100 \cdot (abs(V_{20\_}) - abs(V_{2\_})) / abs(V_{2\_})
\end{aligned}$$

## Câu 2:

a)

Mạch từ tương đương được thể hiện như hình bên.

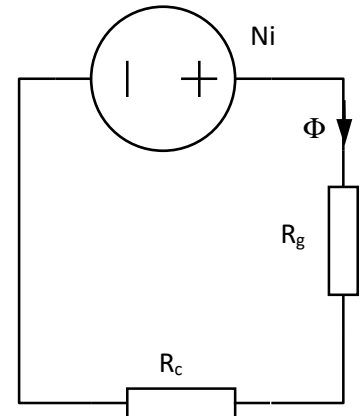
Trong đó, cuộn dây tạo ra nguồn sức từ động  $Ni$ .

Từ trở tổng của hai phần lõi mạch từ là  $R_c$ :

$$R_c = \frac{l_c}{\mu_r \mu_0 a d}$$

Từ trở tổng của hai khe hở không khí là  $R_g$ :

$$R_g = \frac{2x}{\mu_0 a d} \quad (\text{vì bỏ qua từ tản})$$



Vẽ đúng được 0,5 đ, giải thích đúng các thành phần được 0,5 đ.

b) Để xác định biểu thức đồng năng lượng của hệ, cần xác định từ thông móc vòng là một hàm số của dòng điện và độ dịch chuyển  $x$ .

$$\text{Từ thông: } \Phi = \frac{Ni}{R_g + R_c} = \frac{Ni}{\frac{1}{\mu_0 a d} \left( 2x + \frac{l_c}{\mu_r} \right)} = Ni \frac{\mu_0 a d}{2x + l_c / \mu_r} \quad (0,25 \text{ đ})$$

$$\text{Từ thông móc vòng: } \lambda = N\Phi = N^2 i \frac{\mu_0 a d}{2x + l_c / \mu_r} \quad (0,25 \text{ đ})$$

$$\text{Đồng năng lượng: } W'_m = \int_0^i \lambda di' = N^2 i^2 \frac{\mu_0 a d}{2(2x + l_c / \mu_r)} \quad (0,5 \text{ đ})$$

c) Biểu thức tính lực điện từ:

$$f^e = \frac{\partial W'_m}{\partial x} = -\frac{N^2 i^2 \mu_0 a d}{2} \frac{2}{(2x + l_c / \mu_r)^2} = -\frac{N^2 i^2 \mu_0 a d}{(2x + l_c / \mu_r)^2} \quad (0,5 \text{ đ})$$

d) Dựa vào biểu thức tính lực điện từ, có thể thấy giá trị của lực luôn luôn âm, nghĩa là lực điện từ luôn luôn hướng lên (hút phần động về phía phần tĩnh). Với một giá trị dòng điện DC đã cho, lực sẽ có giá trị lớn nhất (xét về độ lớn) là khi mẫu số có giá trị nhỏ nhất, nghĩa là khi  $x = 0$  (phần tĩnh chạm vào phần động). (0,5 đ)

Biểu thức của lực điện từ lớn nhất:  $f_{\max}^e = -\frac{N^2 i^2 \mu_0 a d}{(l_c / \mu_r)^2}$  (0,5 đ)

**Hướng dẫn đánh giá chuẩn đầu ra:** Nếu sinh viên viết đúng biểu thức được yêu cầu thì mới đạt chuẩn đầu ra tương ứng, ngược lại thì sẽ không đạt chuẩn đầu ra. Với câu d) thì phần giải thích phải trình bày được đa số các yếu tố chính mới đạt chuẩn đầu ra.

**Câu 3:**

a) Khi điểm làm việc di chuyển trên đoạn OA, độ dịch chuyển không đổi và có giá trị  $x = x_2$ . Dòng điện (và cùng với nó là từ thông móc vòng) tăng dần từ giá trị 0 đến giá trị tại điểm A. Trong thực tế, phần động của hệ thống được giữ cố định, và hệ thống được tích trữ năng lượng bằng cách tăng dần dòng điện đưa vào cuộn dây. (1 đ)

b) Khi điểm làm việc di chuyển trên đoạn AB, dòng điện đưa vào cuộn dây được giữ không đổi và có giá trị bằng với dòng điện tại điểm A. Tuy nhiên, độ dịch chuyển sẽ được điều chỉnh từ giá trị  $x_2$  thành giá trị  $x_1$ . Trong thực tế, hệ thống được tích trữ thêm năng lượng bằng cách thay đổi độ dịch chuyển, trong điều kiện dòng điện đưa vào cuộn dây được giữ không đổi. (1 đ)

**Hướng dẫn đánh giá chuẩn đầu ra:** Nếu sinh viên trình bày được đa số các yếu tố chính như trên thì sẽ đạt chuẩn đầu ra, ngược lại thì sẽ không đạt chuẩn đầu ra.