



GT.0000026873

hủ biên) - **LÊ VĂN DOANH**

BÀI TẬP KỸ THUẬT ĐIỆN

TÓM TẮT LÝ THUYẾT

96 BÀI TẬP ĐÃ GIẢI

152 BÀI TẬP VÀ CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM CÓ ĐÁP ÁN

NGUYỄN
HỌC LIỆU

76



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

Mục lục

Trang

Lời nói đầu	5
-------------	---

Phần một : MẠCH ĐIỆN

Chương 1. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN	7
--	----------

Tóm tắt lý thuyết	7
Bài tập đã giải	9
Câu hỏi và bài tập cho đáp án	17

Chương 2. DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN	22
--	-----------

Tóm tắt lý thuyết	22
Bài tập đã giải	26
Câu hỏi và bài tập cho đáp án	37

Chương 3. CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢI MẠCH ĐIỆN	42
---	-----------

Tóm tắt lý thuyết	42
Bài tập đã giải	44
Câu hỏi và bài tập cho đáp án	64

Chương 4. MẠCH ĐIỆN BA PHA	70
-----------------------------------	-----------

Tóm tắt lý thuyết	70
Bài tập đã giải	71
Câu hỏi và bài tập cho đáp án	82

Phần hai : MÁY ĐIỆN

Chương 5. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN	87
--	-----------

Tóm tắt lý thuyết	87
Bài tập đã giải	89
Câu hỏi và bài tập cho đáp án	93

Chương 6. MÁY BIẾN ÁP	100
Tóm tắt lý thuyết	105
Bài tập đã giải	105
Câu hỏi và bài tập cho đáp án	120
Chương 7. ĐỘNG CƠ ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ	127
Tóm tắt lý thuyết	127
Bài tập đã giải	131
Câu hỏi và bài tập cho đáp án	143
Chương 8. MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ	150
Tóm tắt lý thuyết	150
Bài tập đã giải	153
Câu hỏi và bài tập cho đáp án	159
Chương 9. MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU	166
Tóm tắt lý thuyết	166
Bài tập đã giải	168
Câu hỏi và bài tập cho đáp án	178
PHỤ LỤC	
Sử dụng máy tính bỏ túi biến đổi số phức	183
1. Máy tính CASIOFX - 500A	183
2. Máy tính CASIOFX - 95MS	184
ĐÁP ÁN	185
Tài liệu tham khảo	191

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình **Kỹ thuật điện** - PGS. TS. Đặng Văn Đào và PGS. TS. Lê Văn Doanh biên soạn đã được Hội đồng môn học Bộ Giáo dục và Đào tạo thông qua dùng làm tài liệu giảng dạy trong các trường Đại học kỹ thuật. Cuốn sách này đã được sinh viên nhiều trường đón nhận và được tái bản nhiều lần trong những năm gần đây.

Nhằm giúp sinh viên tự nghiên cứu, vận dụng, hệ thống hoá các kiến thức và tự kiểm tra, đánh giá các kiến thức đã học, chúng tôi biên soạn tiếp cuốn "**Bài tập Kỹ thuật điện**".

Cuốn "**Bài tập Kỹ thuật điện**" được biên soạn dựa vào kinh nghiệm giảng dạy trên 40 năm ở bộ môn Thiết bị Điện - Điện tử - đơn vị anh hùng lao động của ngành Giáo dục - Khoa Điện, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.

Để biên soạn cuốn sách này, các tác giả đã tham khảo một số tài liệu và sách có liên quan, danh mục các tài liệu tham khảo được ghi ở cuối sách.

Chúng tôi chân thành cảm ơn tập thể bộ môn Thiết bị Điện - Điện tử - Khoa Điện, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội và Ban biên tập Sách Đại học - Dạy nghề - Nhà xuất bản Giáo dục đã tận tình giúp đỡ, khích lệ chúng tôi trong quá trình biên soạn.

Chúng tôi rất mong nhận được nhiều ý kiến đóng góp của bạn đọc.

Thư góp ý xin gửi về địa chỉ : Công ty Cổ phần Sách Đại học - Dạy nghề - Nhà xuất bản Giáo dục hoặc bộ môn Thiết bị Điện - Điện tử - Khoa Điện, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Hà Nội, tháng 9 - 2006

Các tác giả

Chương 1

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

1. Kết cấu hình học của mạch điện

a) Nhánh

Nhánh là bộ phận của mạch điện gồm các phần tử nối tiếp nhau trong đó có cùng dòng điện chạy qua.

b) Nút

Nút là chỗ gặp nhau của từ ba nhánh trở lên.

c) Vòng

Vòng là lối đi khép kín qua các nhánh.

2. Trị số tức thời

Trị số ở một thời điểm t gọi là trị số tức thời được ký hiệu bằng chữ in thường.

i , u , p – trị số tức thời của dòng điện, điện áp, công suất.

3. Chiều dòng điện và điện áp

– Chiều dòng điện quy ước là chiều chuyển động của điện tích dương trong điện trường.

– Chiều điện áp quy ước là chiều từ điểm có điện thế cao đến điểm có điện thế thấp.

4. Chiều dương dòng điện và điện áp

Đối với các mạch điện đơn giản, theo quy ước trên ta dễ dàng xác định được chiều dòng điện và điện áp trong một nhánh.

Tuy nhiên khi tính toán phân tích mạch điện phức tạp, ta không thể dễ dàng xác định ngay được chiều dòng điện và điện áp các nhánh. Vì thế khi giải mạch điện, ta tùy ý vẽ chiều dòng điện và điện áp trong các nhánh gọi là chiều dương. Trên cơ sở các chiều đã vẽ, thiết lập hệ phương trình giải mạch điện. Kết quả tính toán : dòng điện (điện áp) ở một thời điểm nào đó

có trị số dương, chiều dòng điện (điện áp) trong nhánh ấy trùng với chiều đã vẽ, ngược lại, nếu dòng điện (điện áp) có trị số âm, chiều của chúng ngược với chiều đã vẽ.

5. Nhánh phát và nhận công suất

Trong mạch điện, một nhánh, một phần tử có thể nhận năng lượng hoặc phát năng lượng. Khi chọn chiều dòng điện và điện áp trên nhánh trùng nhau, sau khi tính toán công suất p của nhánh ta có kết luận sau về quá trình năng lượng của nhánh. Ở một thời điểm nào đó nếu :

$$p = u i > 0 \quad \text{nhánh nhận năng lượng}$$

$$p = u i < 0 \quad \text{nhánh phát năng lượng}$$

Nếu chọn chiều dòng điện và điện áp trên nhánh ngược nhau ta sẽ có kết luận ngược lại.

6. Mô hình mạch điện, các thông số

Khi tính toán người ta thay thế mạch điện thực bằng mô hình mạch. Mô hình mạch gồm các phần tử lý tưởng đặc trưng cho quá trình điện từ trong mạch.

– Nguồn điện áp $u(t)$, sức điện động $e(t)$

Nguồn điện áp đặc trưng cho khả năng tạo nên và duy trì một điện áp trên hai cực của nguồn. Nguồn điện áp được biểu diễn bằng một sức điện động $e(t)$.

– Điện trở R

Điện trở R đặc trưng cho hiện tượng tiêu tán năng lượng, biến đổi điện năng tiêu thụ thành các dạng năng lượng khác như nhiệt năng, cơ năng v.v...

– Điện cảm L

Điện cảm L đặc trưng cho hiện tượng tích lũy năng lượng từ trường của cuộn dây.

– Điện dung C

Điện dung C đặc trưng cho hiện tượng tích lũy năng lượng điện trường trong tụ điện.

7. Hai định luật Kirchhoff

– Định luật Kirchhoff 1

Tổng đại số các dòng điện tại một nút bằng không

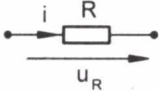
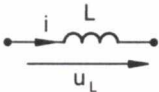
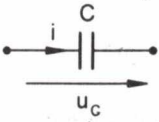
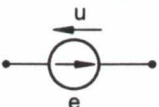
$$\sum i = 0$$

Trong đó, nếu quy ước các dòng điện đi tới nút mang dấu dương, thì các dòng điện rời khỏi nút mang dấu âm, hoặc ngược lại.

– Định luật Kiếchốp 2

Đi theo một vòng khép kín, theo một chiều tùy ý, tổng đại số các điện áp rơi trên các phần tử R, L, C bằng tổng đại số các sức điện động trong vòng ; trong đó những sức điện động và dòng điện có chiều trùng với chiều đi vòng sẽ lấy dấu dương, ngược lại mang dấu âm.

$$\sum u_{R,L,C} = \sum \mathcal{E}$$

Thông số	Ký hiệu, chiều dòng điện, điện áp	Biểu thức điện áp	Biểu thức công suất, năng lượng
Điện trở R (Ω)		$u_R = Ri$	$p_R = Ri^2$ $A = Ri^2 t$
Điện cảm L (H)		$u_L = L \frac{di}{dt}$	$p_L = u_L i$ $W_M = \frac{1}{2} Li^2$
Điện dung C (F)		$i = C \frac{du_C}{dt}$ $u_C = \frac{1}{C} \int_0^t i dt + u_C(0)$	$p_C = u_C i$ $W_E = \frac{1}{2} Cu_C^2$
Nguồn áp u (V)		$u = e$ (không phụ thuộc i)	$p_e = ei$

Chú ý : Chiều u và e ngược nhau như trong bảng thì $u = -e$, nếu chiều u và e trùng nhau thì $u = e$.

BÀI TẬP ĐÃ GIẢI

Bài số 1-1 : Cho mạch điện một chiều (h.1-1). Biết $E_4 = 1V$; $E_5 = 2V$; $E_6 = 3V$; $R_1 = 1\Omega$; $R_2 = 2\Omega$; $R_3 = 3\Omega$.

1) Tính dòng điện và điện áp trên các điện trở.

2) Nghiệm lại định luật Kiếchốp 2 cho mạch vòng chứa các phần tử R_1, R_2, E_6, R_3 .

Bài giải

1. Chọn chiều dòng điện như hình 1-1. Định luật Kiếchốp 2 cho mạch vòng kín gồm E_6 , E_5 và R_3 :

$$R_3 I_3 = E_5 + E_6$$

Từ đó dẫn ra :

$$I_3 = \frac{E_5 + E_6}{R_3} = \frac{2 + 3}{3} = \frac{5}{3} \text{ A}$$

$$U_3 = R_3 I_3 = 3 \cdot \frac{5}{3} = 5 \text{ V}$$

Theo mạch vòng kín gồm E_4 , R_2 , E_6 ta có :

$$R_2 I_2 = E_4 - E_6$$

Từ đó dẫn ra :

$$I_2 = \frac{E_4 - E_6}{R_2} = \frac{1 - 3}{2} = -1 \text{ A}$$

$$U_2 = I_2 R_2 = -1 \cdot 2 = -2 \text{ V}$$

Dòng điện I_2 và điện áp U_2 có dấu âm, chứng tỏ chiều của I_2 và U_2 ngược với chiều đã chọn trên hình vẽ.

Mạch vòng gồm E_5 và R_1 , R_2 :

$$R_1 I_1 + R_2 I_2 = E_5.$$

Từ đó dẫn ra :

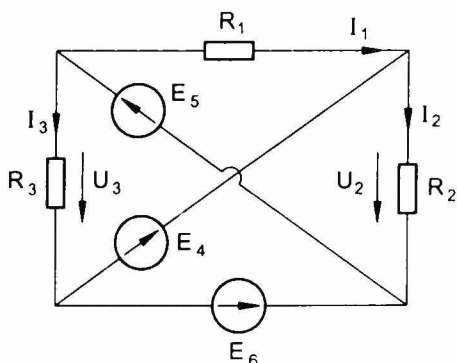
$$I_1 = \frac{E_5 - R_2 I_2}{R_1} = \frac{2 + 2}{1} = 4 \text{ A}$$

$$U_1 = R_1 I_1 = 1 \cdot 4 = 4 \text{ V}$$

2. Nghiệm lại định luật Kiếchốp 2 cho mạch vòng gồm R_1 , R_2 , E_6 , R_3 .

$$R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_3 I_3 = -E_6$$

$$1.4 + 2 \cdot (-1) - 3 \cdot \frac{5}{3} = -3$$



Hình 1-1

Bài số 1-2 : Để xác định các điện trở R_1, R_2 trên hình 1-2 người ta dùng nguồn một chiều $E = 24V$; điện trở trong của nguồn $R_{tr} = 2\Omega$. Tiến hành đo dòng điện bằng ampe kế trong hai trường hợp sau :

a) Khi khoá K mở, ampe kế chỉ 2A (h.1-2a).

b) Khi khoá K đóng, ampe kế chỉ 1A (h.1-2b).

Xác định R_1, R_2 .

Bài giải

Khi khoá K mở (h.1-2a), ampe kế sẽ đo giá trị $I = I_1 = 2A$.

Xét mạch vòng kín gồm E, R_1 và R_{tr} :

$$I_1 R_1 + IR_{tr} = E$$

$$R_1 = \frac{E - IR_{tr}}{I_1} = \frac{24 - 4}{2} = 10\Omega$$

Khi khoá K đóng (h.1-2b), ampe kế chỉ dòng điện $I_1 = 1A$. Viết hệ phương trình Kiếchốp 1, 2 cho mạch điện hình 1 - 2b.

$$\text{Tại nút a : } I = I_1 + I_2 \quad (1)$$

$$\text{Mạch vòng I : } R_{tr}I + R_1I_1 = E \quad (2)$$

$$\text{Mạch vòng II : } R_2I_2 - R_1I_1 = 0 \quad (3)$$

Thay giá trị $R_{tr} = 2\Omega$; $R_1 = 10\Omega$ và $I_1 = 1A$, giải hệ ta được :

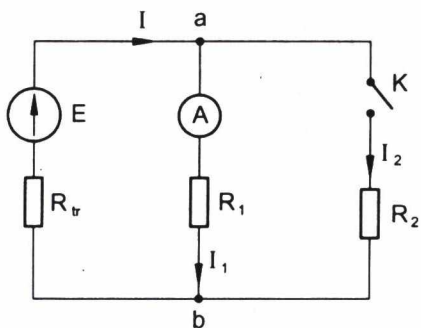
$$\text{Từ (2) suy ra : } I = \frac{E - I_1 R_1}{R_{tr}} = \frac{24 - 10}{2} = 7A ;$$

$$\text{Từ (1) } I_2 = I - I_1 = 7 - 1 = 6A ;$$

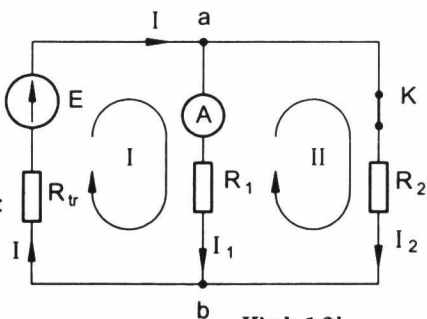
$$\text{Từ (3) } R_2 = \frac{R_1 I_1}{I_2} = \frac{10}{6} = 1,67\Omega .$$

Để kiểm tra, ta nghiệm lại định luật Kiếchốp 2 cho mạch vòng kín gồm R_{tr}, E, R_2 .

$$R_{tr}I + R_2I_2 = E = 2.7 + \frac{10}{6}6 = 24V$$

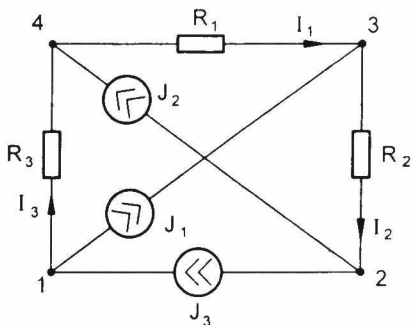


Hình 1-2a



Hình 1-2b

Bài số 1-3 : Cho mạch điện như hình 1-3, trong đó J_1, J_2, J_3 là các nguồn dòng điện, cung cấp cho mạch các dòng điện không đổi $J_1 = 1A ; J_2 = 2A ; J_3 = 3A$; điện trở các nhánh $R_1 = 1\Omega ; R_2 = \frac{1}{3}\Omega ; R_3 = \frac{1}{2}\Omega$. Tính dòng điện I_1, I_2, I_3 .



Hình 1-3

Bài giải

Áp dụng định luật Kiếchốp 1 tại các nút.

Tại nút 1 : $J_3 - J_1 - I_3 = 0$

$$I_3 = J_3 - J_1 = 3 - 1 = 2A$$

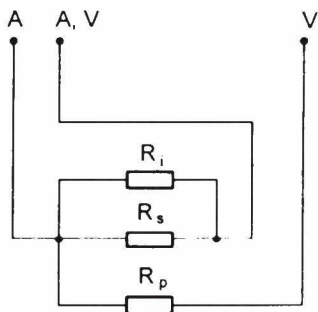
Tại nút 2 : $I_2 = J_2 + J_3 = 2 + 3 = 5A$

Tại nút 3 : $I_1 = I_2 - J_1 = 5 - 1 = 4A$

Để kiểm tra, ta nghiệm lại định luật Kiếchốp 1 tại nút 4 :

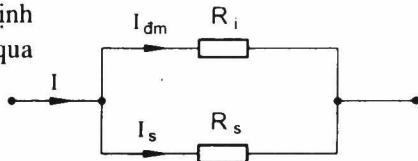
$$I_3 + J_2 - I_1 = 2 + 2 - 4 = 0$$

Bài số 1-4 : Một đồng hồ vạn năng có thang đo định mức đã biết : $U_{dm} = 0,1V$; $I_{dm} = 2mA$ (h.1-4a). Tính trị số của điện trở sun R_s mắc song song và điện trở phụ R_p mắc nối tiếp với cuộn dây phân động R_i của cơ cấu đo, để dụng cụ có thể đo được lớn hơn trị số định mức : dòng điện $I = 100mA$ và điện áp $U = 30V$.



Hình 1-4a

Để tìm điện trở sun R_s , ta xét sơ đồ hình 1-4b, trong đó I_{dm} là dòng điện định mức qua cơ cấu đo và I_s là dòng điện qua điện trở sun.



Hình 1-4b

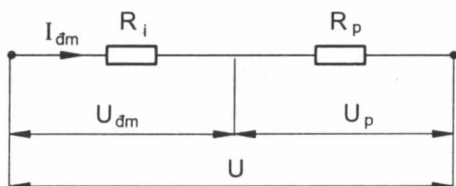
$$I = I_{dm} + I_s$$

$$I_{dm} R_i = I_s R_s$$

ta tìm được : $R_s = \frac{I_{dm} R_i}{I - I_{dm}} = \frac{2.10^{-3} \cdot 50}{(100 - 2) \cdot 10^{-3}} = 1,02 \Omega$

Ta nhận thấy điện trở sun nhỏ rất nhiều so với điện trở của cơ cấu đo.

Để tìm điện trở phụ R_p mắc nối tiếp với cơ cấu đo, ta xét sơ đồ hình 1-4c.



Hình 1-4c

$$I_{dm} (R_i + R_p) = U$$

$$I_{dm} R_i = U_{dm}$$

$$R_p = \frac{U - R_i I_{dm}}{I_{dm}} = \frac{30 - 50 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} = 14,95 \cdot 10^3 \Omega$$

Có thể tính :

$$R_p = \frac{U - U_{dm}}{I_{dm}} = \frac{30 - 0,1}{2 \cdot 10^{-3}} = 14,95 \cdot 10^3 \Omega$$

Ta nhận thấy điện trở phụ lớn hơn nhiều so với điện trở cơ cấu đo.

Bài số 1-5 : Một mạch điện gồm sdd $e = 200 + 100\sqrt{2} \sin 314t$ V và điện trở $R = 10 \Omega$ (h.1-5).

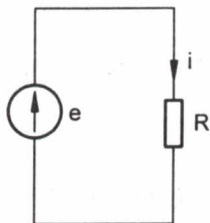
Tính trị số tức thời dòng điện i qua điện trở R .

Bài giải

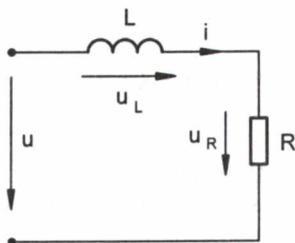
Áp dụng định luật Ôm, dòng điện qua điện trở là :

$$\begin{aligned} i &= \frac{e}{R} = \frac{200 + 100\sqrt{2} \sin 314t}{10} \\ &= 20 + 10\sqrt{2} \sin 314t \text{ A.} \end{aligned}$$

Bài số 1-6 : Cho mạch điện hình 1-6, trong đó $L = 0,1H$, $R = 4 \Omega$, dòng điện chạy trong mạch $i = 6 - 3e^{-100t}$ A. Hãy tính trị số tức thời điện áp trên các phần tử và điện áp nguồn u .



Hình 1-5



Hình 1-6

Bài giải

Điện áp trên điện cảm L

$$u_L = L \frac{di}{dt} = 0,1 \frac{d(6 - 3e^{-100t})}{dt} = 30e^{-100t} \text{ V}$$

Điện áp trên điện trở R

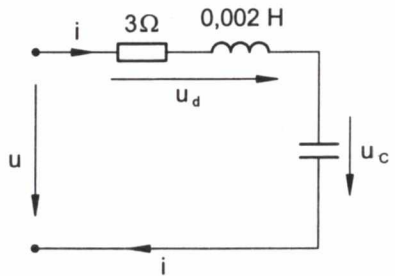
$$u_R = Ri = 4(6 - 3e^{-100t}) = 24 - 12e^{-100t}$$

Điện áp nguồn u :

$$u = u_L + u_R = 30e^{-100t} + 24 - 12e^{-100t} = 24 + 18e^{-100t} \text{ V.}$$

Bài số 1-7 : Mạch điện hình 1-7 gồm cuộn dây có điện trở $R = 3\Omega$ và điện cảm $L = 0,02\text{H}$ nối tiếp với tụ điện lý tưởng có điện dung $C = 2 \cdot 10^{-4}\text{F}$.

Biết điện áp trên điện dung C là $u_C = 100e^{-100t} \text{ V}$. Hãy tính trị số tức thời dòng điện i chạy trong mạch, điện áp trên cuộn dây u_d , điện áp nguồn u và công suất p của nguồn.



Hình 1-7

Bài giải

Dòng điện chạy trong mạch

$$i = C \frac{du_c}{dt} = 2 \cdot 10^{-4} \frac{d(100e^{-100t})}{dt} = -2e^{-100t} \text{ A}$$

Điện áp trên điện trở :

$$u_R = Ri = 3 \cdot (-2e^{-100t}) = -6e^{-100t} \text{ V.}$$

Điện áp trên điện cảm :

$$u_L = L \frac{di}{dt} = 0,02 \frac{d(-2e^{-100t})}{dt} = 4e^{-100t} \text{ V}$$

Điện áp trên cuộn dây :

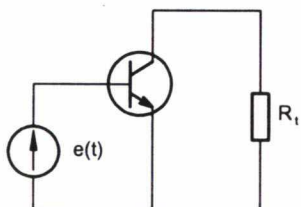
$$u_d = u_R + u_L = -6e^{-100t} + 4e^{-100t} = -2e^{-100t} \text{ V}$$

Điện áp nguồn u :

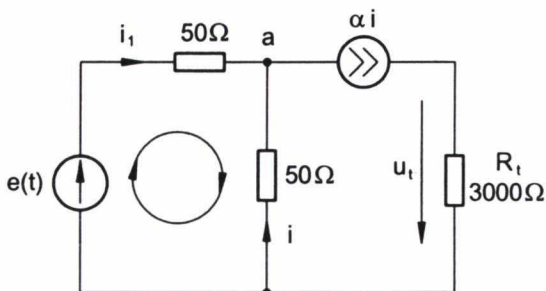
$$u = u_d + u_C = -2e^{-100t} + 100e^{-100t} = 98e^{-100t} \text{ V}$$

$$\text{Công suất } p = ui = 98e^{-100t} \cdot (-2e^{-100t}) = -196e^{-200t} \text{ W.}$$

Bài số 1-8 : Mạch khuếch đại transito có sơ đồ như hình 1-8a và mạch điện thay thế hình 1-8b. Hãy tính trị số tức thời dòng điện i và điện áp $u(t)$ trên tải.



Hình 1-8a



Hình 1-8b

Bài giải

Sử dụng sơ đồ thay thế hình 1-8b để giải. Viết định luật Kiếchốp 1 cho nút a :

$$i_1 = -i + \alpha i = (\alpha - 1) i$$

Viết phương trình Kiếchốp 2 cho mạch vòng kín gồm $e(t)$ và các điện trở 50Ω :

$$50i_1 - 50i = e$$

$$50(\alpha - 1)i - 50i = e$$

Dòng điện i :

$$i = \frac{e}{50(\alpha - 2)}$$

Điện áp trên tải R_t :

$$u_{(t)} = \alpha i R_t = \frac{\alpha \cdot e \cdot 3000}{50(\alpha - 2)} = \frac{60\alpha e}{\alpha - 2}$$

Bài số 1-9 : Sơ đồ thay thế của một tụ điện có tiêu tán như hình 1-9a, gồm điện dẫn $g = \frac{1}{R}$ nối song song với điện dung C . Căn cứ vào các kết quả thí nghiệm sau đây, hãy xác định các thông số g, C :

– Khi đặt điện áp một chiều $U = 100V$, dòng điện rò $i = 10^{-6}A$.

– Khi tăng điện áp một lượng $\Delta U = 10V$, điện tích trên bản tụ điện nạp thêm là $\Delta q = 10^{-5}C$.

Bài giải

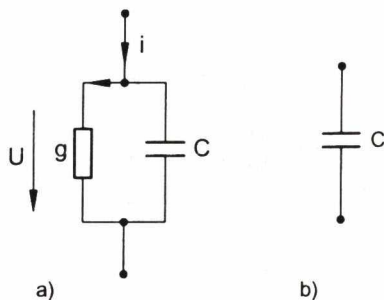
Trong thí nghiệm trên, dòng điện rò i của tụ điện, chính là dòng qua điện dẫn g của sơ đồ thay thế hình 1-9a.

$$g = \frac{i}{U} = \frac{10^{-6}}{100} = 10^{-8} \text{ S}$$

$$R = \frac{1}{g} = \frac{1}{10^{-8}} = 10^8 \Omega$$

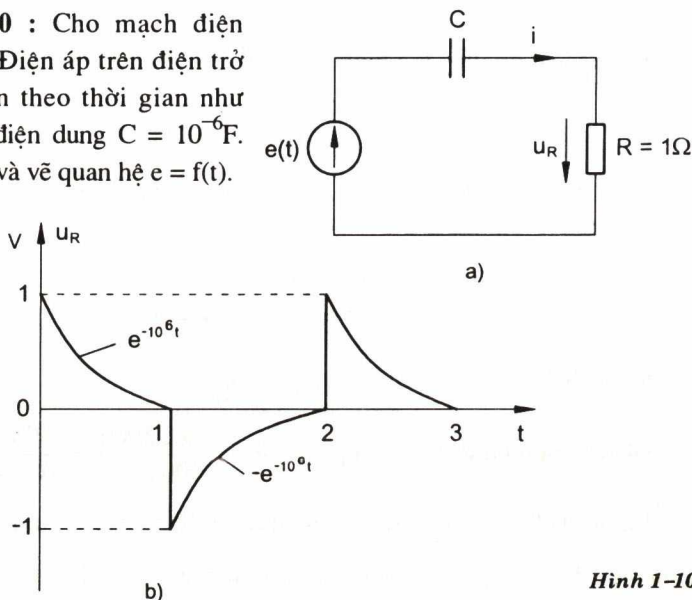
$$C = \frac{dq}{dt} \approx \frac{\Delta q}{\Delta U} = \frac{10^{-5}}{10} = 10^{-6} \text{ F}$$

Khi dòng điện rò rất nhỏ, và ở tần số cao tụ điện sẽ được thay thế bằng sơ đồ đơn giản hình 1-9b.



Hình 1-9

Bài 1-10 : Cho mạch điện hình 1-10a. Điện áp trên điện trở u_R biến thiên theo thời gian như hình 1-10b, điện dung $C = 10^{-6} \text{ F}$. Tính sđđ $e(t)$ và vẽ quan hệ $e = f(t)$.



Hình 1-10

Bài giải

Theo hình 1-10b ta có :

$$u_R(t) = \begin{cases} e^{-10^6 t} & \text{khi } 0 < t < 1 \\ -e^{-10^6 t} & \text{khi } 1 < t < 2 \end{cases}$$

Khi $0 < t < 1$

$$i = \frac{u_R(t)}{R} = e^{-10^6 t} \text{ A}$$

Viết định luật Kiếchốp 2 cho mạch vòng :

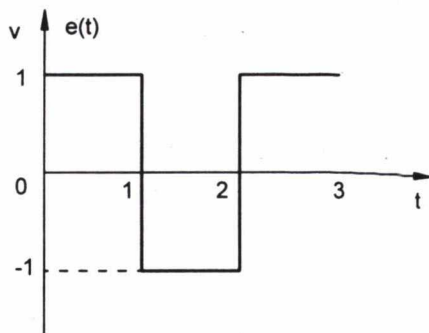
$$e(t) = u_C(t) + u_R(t)$$

trong đó :

$$u_C(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i dt$$

ta tìm được :

$$e(t) = \frac{1}{10^{-6}} \int_0^t e^{-10^6 t} dt + 1 \cdot e^{-10^6 t} = 1V$$



Hình 1-10c

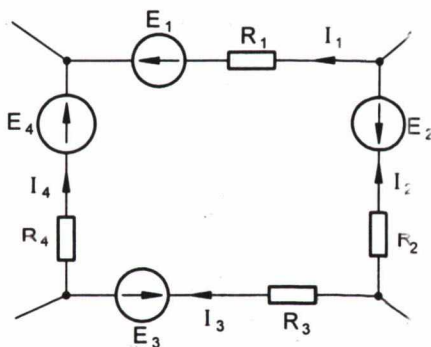
Khi $1 < t < 2$, bằng cách tương tự ta tìm được $e(t) = -1V$.

Vậy sđd $e(t)$ là xung chữ nhật có độ lớn là 1V (hình 1-10c).

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHO ĐÁP ÁN

Hãy trả lời bằng cách đánh dấu (x) vào (□)

1-11. Viết phương trình Kiếchốp 2 cho mạch vòng có nguồn điện một chiều (hình 1-11). Tìm đáp án đúng.

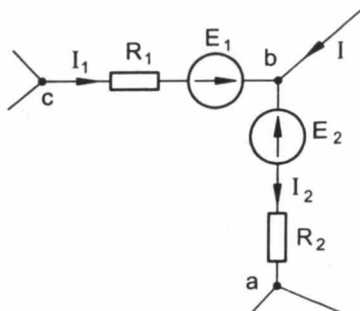


Hình 1-11

- a) $-E_1 + E_4 - E_3 + E_2 = R_1 I_1 + R_4 I_4 - R_3 I_3 - R_2 I_2$ ☐
- b) $E_1 - E_4 + E_3 - E_2 = R_1 I_1 - R_4 I_4 - R_3 I_3 + R_2 I_2$ ☐
- c) $E_1 - E_4 + E_3 - E_2 = R_1 I_1 + R_4 I_4 - R_3 I_3 - R_2 I_2$ ☐
- d) $E_1 - E_4 - E_3 - E_2 = R_1 I_1 - R_4 I_4 - R_3 I_3 + R_2 I_2$ ☐

1-12. Tính dòng điện I_1 , I_2 trong một phần của mạch điện phức tạp nguồn điện một chiều (hình 1-12), cho biết : $E_1 = 100V$; $E_2 = 130V$; $I = 8A$; $R_1 = 3\Omega$; $R_2 = 5\Omega$; $U_{ca} = 70V$. Tìm đáp án đúng.

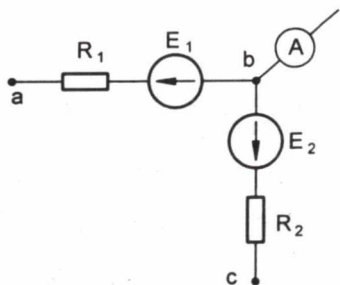
- a) $I_1 = 20A$; $I_2 = 12A$ ☐
 b) $I_1 = 15A$; $I_2 = 7A$ ☐
 c) $I_1 = 0$; $I_2 = 8A$ ☐
 d) $I_1 = 3A$; $I_2 = 11A$ ☐



Hình 1-12

1-13. Hãy xác định số đo ampe kế của mạch điện một chiều (hình 1-13), biết : $U_{ab} = 107V$; $U_{bc} = -60V$; $R_1 = 7\Omega$; $R_2 = 8\Omega$; $E_1 = 100V$; $E_2 = 70V$. Tìm đáp số đúng.

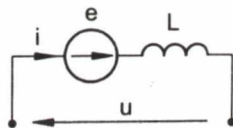
- a) $I = 0,25A$ ☐
 b) $I = 1,25A$ ☐
 c) $I = 4,75A$ ☐
 d) $I = 30,5A$ ☐



Hình 1-13

1-14. Viết biểu thức u của nhánh (hình 1-14). Tìm đáp án đúng.

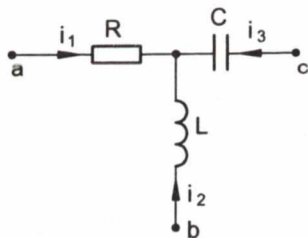
- a) $u = e - L \frac{di}{dt}$ ☐
 b) $u = e + L \frac{di}{dt}$ ☐
 c) $u = -e - L \frac{di}{dt}$ ☐
 d) $u = e - \frac{1}{L} \int idt$ ☐



Hình 1-14

1-15. Một bộ phận mạch điện (hình 1-15), có các biểu thức sau đây. Tìm biểu thức sai, sửa lại và ghi vào chỗ (...)

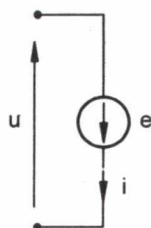
- a) $u_{ab} = Ri_1 + L \frac{di_2}{dt}$ ☐ ... c) $i_1 + i_2 - i_3 = 0$ ☐ ...
 b) $u_{ac} = Ri_1 - Ci_3$ ☐ ... d) $u_{bc} = L \frac{di_2}{dt} - \frac{1}{C} \int i_3 dt$ ☐ ...



Hình 1-15

1-16. Một nhánh chứa sức điện động (hình 1-16). Viết biểu thức u . Tìm đáp án đúng.

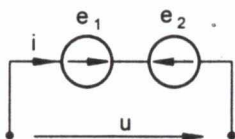
- a) $u = -e$ ☐
 b) u phụ thuộc vào i và $u = e - i$ ☐
 c) u không phụ thuộc vào i và $u = e$ ☐
 d) $u = 0$ ☐



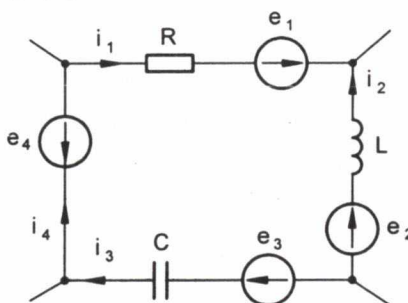
Hình 1-16

1-17. Viết biểu thức u của nhánh (hình 1-17). Tìm đáp án đúng.

- a) $u = e_1 + e_2$ ☐
 b) $u = e_1 - e_2$ ☐
 c) $u = e_2 - e_1$ ☐
 d) $u = e_2 - e_1 + i$ ☐



Hình 1-17



Hình 1-18

1-18. Viết phương trình Kiếchốp 2 cho mạch vòng gồm 4 nhánh (hình 1-18). Tìm đáp án đúng.

- a) $Ri_1 - Li_2 + \frac{1}{C} \int_0^t i_3 dt - i_4 = e_1 - e_2 + e_3 - e_4$ ☐
 b) $Ri_1 - L \frac{di_2}{dt} + \frac{1}{C} \int_0^t i_3 dt = e_1 - e_2 + e_3 - e_4$ ☐
 c) $Ri_1 - L \frac{di_2}{dt} + \frac{1}{C} \int_0^t i_3 dt = -e_1 + e_2 - e_3 + e_4$ ☐
 d) $Ri_1 - Li_2 + \frac{1}{C} i_3 = e_1 - e_2 + e_3 - e_4$ ☐

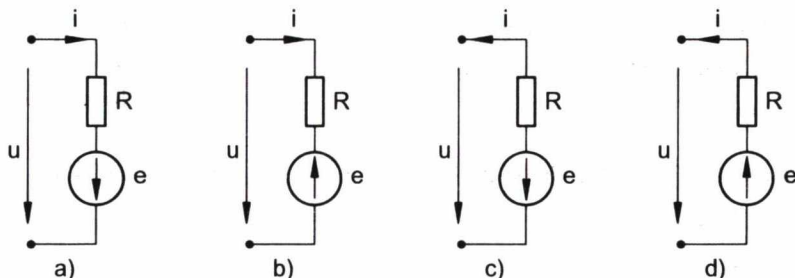
1-19. Cho các nhánh (hình 1-19) ở thời điểm $t : u > 0, i > 0$. Tìm đáp án đúng.

a) Nhánh a phát công suất ☐

c) Nhánh c nhận công suất ☐

b) Nhánh b nhận công suất ☐

d) Nhánh d nhận công suất ☐



Hình 1-19

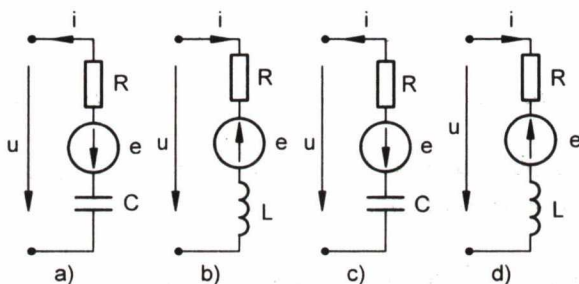
1-20. Cho các nhánh (hình 1-20) ở thời điểm $t : u > 0, i < 0$. Tìm các đáp án sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) Nhánh a phát công suất ☐.....

c) Nhánh c nhận công suất ☐.....

b) Nhánh b phát công suất ☐.....

d) Nhánh d nhận công suất ☐.....



Hình 1-20

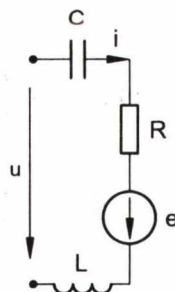
1-21. Xét quá trình năng lượng mạch điện (hình 1-21). Biết ở thời điểm t điện áp $u = 10V$, dòng điện $i = 10A$. Tìm đáp án đúng.

a) Mạch điện phát công suất 1W ☐

b) Mạch điện phát công suất 100 W ☐

c) Mạch điện nhận công suất 100W ☐

d) Mạch điện nhận công suất 1W ☐



Hình 1-21

1–22. Hiện tượng năng lượng của các phần tử lý tưởng R, L, C được phát biểu như sau. Tìm các đáp án sai.

- a) Điện trở R tích lũy điện năng ☐
- b) Điện cảm L nhận điện năng và biến thành nhiệt năng. ☐
- c) Điện dung C tích lũy năng lượng điện trường. ☐

1–23. Một điện dung tuyến tính, nếu điện áp đặt lên điện dung tăng 2 lần. Tìm đáp án đúng.

- a) Năng lượng từ trường tăng 4 lần ☐
- b) Điện tích tăng 4 lần ☐
- c) Năng lượng điện trường tăng 2 lần ☐
- d) Năng lượng điện trường tăng 4 lần ☐

1–24. Một điện cảm tuyến tính, nếu dòng điện qua điện cảm giảm 4 lần. Tìm đáp án đúng.

- a) Năng lượng điện trường giảm 16 lần ☐
- b) Từ thông giảm 16 lần ☐
- c) Năng lượng từ trường giảm 16 lần ☐
- d) Năng lượng từ trường giảm 4 lần ☐

Chương 2

DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN

1. Các đại lượng đặc trưng cho dòng điện xoay chiều hình sin

Trị số tức thời của dòng điện và điện áp hình sin :

$$i = I_{\max} \sin (\omega t + \psi_i)$$

$$u = U_{\max} \sin (\omega t + \psi_u)$$

$I_{\max}, U_{\max}$ – trị số cực đại (biên độ) của dòng điện, điện áp.

ψ_i, ψ_u – pha đầu của dòng điện, điện áp.

ω – tần số góc (rad/s) : $\omega = 2\pi f$

f – tần số – số chu kỳ của dòng điện trong một giây.

Tần số của dòng điện xoay chiều trong công nghiệp ở nước ta $f = 50\text{Hz}$;
 $\omega = 314 \text{ rad/s}$.

2. Góc lệch pha φ

Do đặc tính các thông số của mạch điện, dòng điện và điện áp thường lệch pha nhau. Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện ký hiệu là φ , được định nghĩa như sau :

$$\varphi = \psi_u - \psi_i$$

Góc φ phụ thuộc vào các thông số R, L, C của mạch.

$\varphi > 0$ mạch có tính cảm, RL nối tiếp (điện áp vượt trước pha dòng điện)

$\varphi < 0$ mạch có tính dung, RC nối tiếp (điện áp chậm sau pha dòng điện)

$\varphi = 0$ mạch thuần trở R

$\varphi = \frac{\pi}{2}$ mạch thuần cảm L

$\varphi = -\frac{\pi}{2}$ mạch thuần dung C

Nếu biểu thức điện áp tức thời là :

$$u = U_{\max} \sin \omega t$$

thì biểu thức dòng điện tức thời là :

$$i = I_{\max} \sin (\omega t - \varphi)$$

3. Trị số hiệu dụng của dòng điện hình sin

Trị số hiệu dụng, được ký hiệu bằng chữ in hoa, dùng để đánh giá, tính toán hiệu quả của dòng điện hình sin.

Quan hệ giữa trị số hiệu dụng và trị số cực đại là :

$$I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} ; \quad U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} ; \quad E = \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}}$$

Trị số hiệu dụng được dùng rất rộng rãi. Trong thực tế, khi nói trị số dòng điện 10A, điện áp 220V ta hiểu đó là trị số hiệu dụng của chúng. Các số ghi trên các dụng cụ và thiết bị, thường là trị số hiệu dụng.

4. Biểu diễn dòng điện hình sin bằng vectơ

Vectơ biểu diễn các đại lượng hình sin :

$$i = I\sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_i) \quad \leftrightarrow \quad \vec{I} = I \angle \psi_i$$

$$u = U\sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_u) \quad \leftrightarrow \quad \vec{U} = U \angle \psi_u$$

Hai định luật Kiếchốp được viết dưới dạng vectơ :

Định luật Kiếchốp 1 :

$$\Sigma \vec{I} = 0$$

Định luật Kiếchốp 2 :

$$\Sigma \vec{U} = 0$$

5. Công suất của dòng điện hình sin

Đối với dòng điện xoay chiều thường quan tâm ba loại công suất : P, Q, S.

– Công suất tác dụng P (W)

Công suất tác dụng P là công suất trung bình trong một chu kỳ :

$$P = UI \cos \varphi = RI^2$$

Công suất tác dụng P là công suất của điện trở đặc trưng cho hiện tượng tiêu tán biến đổi điện năng sang các dạng năng lượng khác như nhiệt năng, cơ năng v.v...

– Công suất phản kháng Q (Var)

Công suất phản kháng Q là công suất của điện kháng, đặc trưng cho cường độ quá trình trao đổi năng lượng điện từ trường của mạch điện.

$$Q = UI \sin \varphi = XI^2$$

– Công suất biểu kiến S (VA)

Công suất biểu kiến còn được gọi là công suất toàn phần.

$$S = UI = zI^2 = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

P , S , Q có cùng một thứ nguyên, song để phân biệt ta cho các đơn vị khác nhau. Đơn vị của P là W, của Q là VAr của S là VA.

6. Hệ số công suất $\cos\varphi$. Nâng cao hệ số công suất

Trong biểu thức công suất tác dụng $P = UI\cos\varphi$, $\cos\varphi$ được gọi là hệ số công suất. $\cos\varphi$ được tính như sau :

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} \quad \text{hoặc} \quad \cos\varphi = \frac{P}{S}$$

Hệ số công suất là chỉ tiêu quan trọng, nó có ý nghĩa rất lớn về kỹ thuật và kinh tế.

Nâng cao $\cos\varphi$ sẽ tăng được khả năng sử dụng công suất nguồn, giảm dòng điện chạy trên đường dây, cho phép tiết diện dây dẫn nhỏ hơn, tổn hao điện năng và điện áp rơi trên đường dây giảm.

Để nâng cao $\cos\varphi$ ta thường dùng tụ điện nối song song với tải.

Trị số điện dung C cần thiết để nâng hệ số công suất của tải từ $\cos\varphi_1$ lên $\cos\varphi$ là :

$$C = \frac{P}{\omega U^2} (\tan\varphi_1 - \tan\varphi)$$

7. Biểu diễn dòng điện hình sin bằng số phức

Khi giải mạch điện hình sin ở chế độ xác lập, một công cụ rất hiệu lực là biểu diễn các đại lượng hình sin bằng số phức.

Số phức biểu diễn điện áp, dòng điện, sức điện động hình sin ký hiệu bằng các chữ in hoa, có dấu chấm ở trên, có môđun (độ lớn) bằng trị số hiệu dụng và argumen bằng pha đầu các đại lượng hình sin.

$$\dot{I} = Ie^{j\psi_i} = I \angle \psi_i = I\cos\psi_i + jI\sin\psi_i$$

$$\dot{U} = Ue^{j\psi_u} = U \angle \psi_u = U\cos\psi_u + jU\sin\psi_u$$

Trong đó : $I\cos\psi_i$, $U\cos\psi_u$ là phần thực của số phức.

$jI\sin\psi_i$, $jU\sin\psi_u$ là phần ảo của số phức.

$j = \sqrt{-1}$ là đơn vị ảo (trong toán học ký hiệu đơn vị ảo là i , ở đây để không nhầm lẫn với dòng điện nên ký hiệu là j).

Sự biến đổi giữa dạng mũ ($Ie^{j\psi_i}$; $I \angle \psi_i$) và dạng đại số ($I \cos \psi_i + jI \sin \psi_i$) được thực hiện nhanh trên máy tính bỏ túi (xem phụ lục)

Các định luật Kiếchốp dưới dạng phức.

Định luật Kiếchốp 1 : $\Sigma \dot{I} = 0$

Định luật Kiếchốp 2 : $\Sigma \bar{Z}\dot{I} = \Sigma \bar{E}$

Tổng trở phức $\bar{Z}$ có phần thực là điện trở R và phần ảo là điện kháng $X = X_L - X_C$.

$$\bar{Z} = R + j(X_L - X_C) = z \angle \varphi$$

Tổng trở phức $\bar{Z}$ được ký hiệu chữ in hoa, thường có thêm dấu gạch ở trên (hoặc ở dưới) để phân biệt với tổng trở (môđun) $z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$.

TÓM TẮT DÒNG ĐIỆN HÌNH SIN TRONG CÁC NHÁNH

Nhánh	Quan hệ dòng điện, điện áp	Góc lệch pha φ	Đồ thị véctơ dòng điện, điện áp	Công suất
Điện trở R	$I_R = \frac{U_R}{R}$	$\varphi = 0$		$P_R = RI^2$ $Q_R = 0$
Điện cảm L Cảm kháng $X_L = \omega L$	$I_L = \frac{U_L}{X_L}$	$\varphi = \frac{\pi}{2}$		$P_L = 0$ $Q_L = X_L I^2$
Điện dung C Dung kháng $X_C = \frac{1}{\omega C}$	$I_C = \frac{U_C}{X_C}$	$\varphi = -\frac{\pi}{2}$		$P_C = 0$ $Q_C = -X_C I^2$
R - L - C nối tiếp Điện trở R Điện kháng $X = X_L - X_C$ Tổng trở $z = \sqrt{R^2 + X^2}$ Tổng trở phức $\bar{Z} = R + jX$	$I = \frac{U}{z}$ $\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\bar{Z}}$ $\bar{U} = \bar{U}_R + \bar{U}_L + \bar{U}_C$ $\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C$	$\varphi = \arctg \frac{X}{R}$		$P = RI^2$ $= UI \cos \varphi$ $Q = XI^2$ $= UI \sin \varphi$ $S = zI^2 = UI$ $= \sqrt{P^2 + Q^2}$

BÀI TẬP ĐÃ GIẢI

Bài số 2-1. Trên hình 2-1 vẽ đường hình sin trị số tức thời các điện áp u_1, u_2, u_3 .

Tính trị số cực đại, trị số hiệu dụng, biểu thức trị số tức thời của các điện áp. Tính trị số điện áp tại thời điểm $t = 0$.

Bài giải

Trị số cực đại của các điện áp :

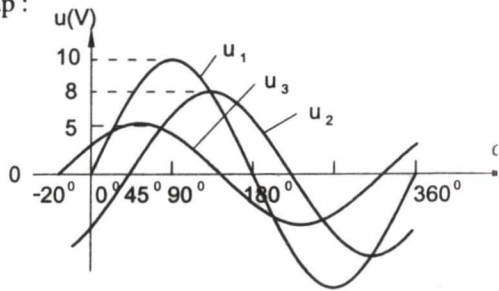
$$U_{1\max} = 10 \text{ V} ; U_{2\max} = 8 \text{ V} ; U_{3\max} = 5 \text{ V}$$

Trị số hiệu dụng của các điện áp :

$$U_1 = \frac{U_{1\max}}{\sqrt{2}} = \frac{10}{\sqrt{2}} = 7,07 \text{ V}$$

$$U_2 = \frac{U_{2\max}}{\sqrt{2}} = \frac{8}{\sqrt{2}} = 5,65 \text{ V}$$

$$U_3 = \frac{U_{3\max}}{\sqrt{2}} = \frac{5}{\sqrt{2}} = 3,53 \text{ V}$$



Góc pha đầu các điện áp :

$$\psi_1 = 0 ; \psi_2 = 20^\circ ; \psi_3 = -45^\circ$$

Hình 2-1

Biểu thức trị số tức thời các điện áp :

$$u_1 = 10 \sin (\omega t) \text{ V}$$

$$u_2 = 8 \sin (\omega t + 20^\circ) \text{ V}$$

$$u_3 = 5 \sin (\omega t - 45^\circ) \text{ V}$$

Tại thời điểm $t = 0$, trị số các điện áp là

$$u_1 = 10 \sin 0^\circ = 0 \text{ V}$$

$$u_2 = 8 \sin 20^\circ = 2,736 \text{ V}$$

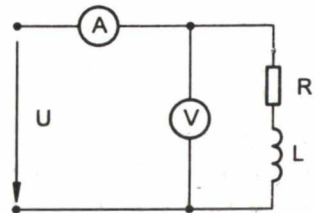
$$u_3 = 5 \sin (-45^\circ) = -3,535 \text{ V}$$

Bài số 2-2 : Để xác định thông số của cuộn dây, tiến hành hai lần thí nghiệm như sau : (h.2.2)

– Khi $U_1 = 60 \text{ V}$, $f_1 = 50 \text{ Hz}$ thì $I_1 = 10 \text{ A}$.

– Khi $U_2 = 60 \text{ V}$, $f_2 = 100 \text{ Hz}$ thì $I_2 = 6 \text{ A}$.

Tìm R, L



Hình 2-2

Bài giải

Giả thiết rằng điện trở cuộn dây không phụ thuộc tần số.

Tổng trở cuộn dây khi tần số f_1 .

$$z_1 = \sqrt{R^2 + (\omega_1 L)^2} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{60}{10} = 6\Omega$$

Tổng trở cuộn dây khi tần số f_2

$$z_2 = \sqrt{R^2 + (\omega_2 L)^2} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{60}{6} = 10\Omega$$

trong đó : $\omega_1 = 2\pi f_1 = 100\pi \text{ rad/s}$;

$\omega_2 = 2\pi f_2 = 200\pi \text{ rad/s}$.

Ta có hệ phương trình

$$R^2 + (100\pi L)^2 = 36$$

$$R^2 + (200\pi L)^2 = 100$$

Giải hệ ta tìm được :

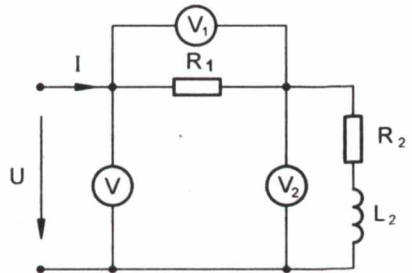
$$L = 14,7 \text{ mH} ; R = 3,84 \Omega.$$

Bài số 2-3 : Xác định thông số của mạch hình 2-3a gồm điện trở R_1 nối tiếp với cuộn dây có điện trở R_2 và điện cảm L_2 .

Cho biết $R_1 = 5 \Omega$

$U_1 = 50\text{V}$; $U_2 = 121 \text{ V}$

$U = 149 \text{ V}$; $f = 50\text{Hz}$.



Hình 2-3a

Bài giải

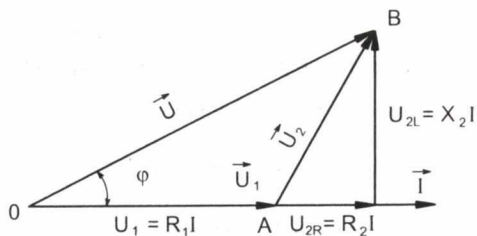
Căn cứ vào kết quả đo ta tính được :

$$I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{50}{5} = 10\text{A}$$

Tổng trở cuộn dây :

$$z_2 = \sqrt{R_2^2 + (\omega L_2)^2} = \frac{U_2}{I} = \frac{121}{10} = 12,1\Omega$$

Vẽ đồ thị véc tơ dòng điện, điện áp. Khi vẽ cần chú ý góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp trên mỗi phần tử. Trước hết vẽ véc tơ dòng điện, sau đó lần lượt vẽ véc tơ điện áp trên mỗi phần tử (h.2-3b).



Hình 2-3b

Từ đồ thị điện áp, xét tam giác OAB ta có :

$$U_2^2 = U_1^2 + U^2 - 2U_1U \cos \varphi$$

do đó
$$\cos \varphi = \frac{U_1^2 + U^2 - U_2^2}{2U_1U} = \frac{50^2 + 149^2 - 121^2}{2.50.149} = 0,675$$

Góc lệch pha giữa điện áp nguồn U và dòng điện I trong mạch $\varphi = 47,5^\circ$.
Nếu biểu thức tức thời của $i = 10\sqrt{2} \sin \omega t$ thì $u = 149\sqrt{2} \sin (\omega t + 47,5^\circ)$.

Theo đồ thị :

$$U \cos \varphi = R_1 I + R_2 I$$

Suy ra :
$$R_2 = \frac{U \cos \varphi - R_1 I}{I} = \frac{149.0,675 - 5.10}{10}$$

$$R_2 = 5,06 \Omega$$

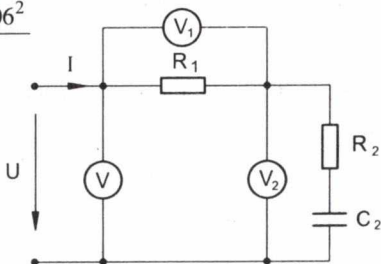
Từ biểu thức tổng trở z_2 của cuộn dây rút ra :

$$\omega L_2 = \sqrt{z_2^2 - R_2^2}$$

$$L_2 = \frac{\sqrt{z_2^2 - R_2^2}}{\omega} = \frac{\sqrt{12,1^2 - 5,06^2}}{314}$$

$$L_2 = 35 \text{ mH.}$$

Bài số 2-4 : Xác định trị số R_2 , C_2 trong mạch hình 2-4a nếu biết $R_1 = 20 \Omega$; $U_1 = 60 \text{ V}$; $U_2 = 180 \text{ V}$; $U = 193 \text{ V}$; $f = 50 \text{ Hz}$.



Hình 2-4a

Bài giải

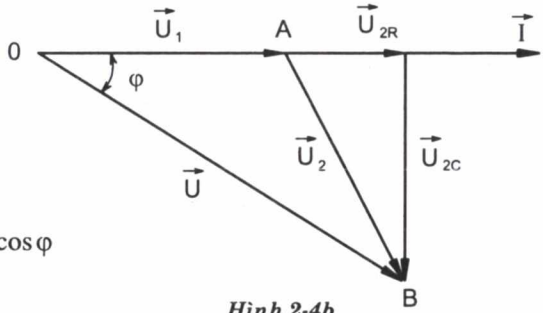
Căn cứ kết quả đo ta có :

$$I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{60}{20} = 3A$$

Tổng trở nhánh gồm R_2 và C_2 mắc nối tiếp :

$$z_2 = \sqrt{R_2^2 + \left(\frac{1}{\omega C_2}\right)^2} = \frac{U_2}{I} = \frac{180}{3} = 60\Omega$$

Vẽ đồ thị véc tơ dòng điện, điện áp. Trước hết vẽ véc tơ dòng điện, sau đó vẽ véc tơ điện áp trên các phần tử (h.2-4b).



Xét tam giác OAB

$$U_2^2 = U_1^2 + U^2 - 2U_1U \cos \varphi$$

$$\cos \varphi = \frac{U_1^2 + U^2 - U_2^2}{2U_1U}$$

$$= \frac{60^2 + 193^2 - 180^2}{2 \cdot 193 \cdot 60} = 0,365$$

$$\varphi = -68,59^\circ$$

$$U \cos \varphi = U_1 + R_2 I$$

$$R_2 = \frac{U \cos \varphi - U_1}{I} = \frac{193 \cdot 0,365 - 60}{3} = 3,5\Omega$$

Từ biểu thức tổng trở $z_2 = \sqrt{R_2^2 + \left(\frac{1}{\omega C_2}\right)^2} = 60$. Thay giá trị R_2 , ω , z_2

ta có :

$$C_2 = 53,17 \mu F$$

Nếu biểu thức tức thời của $i = 3\sqrt{2} \sin \omega t$, thì biểu thức tức thời của $u = 193\sqrt{2} \sin (\omega t - 68,59^\circ)$.

Bài số 2-5 : Một đèn huỳnh quang công suất 40W. Khi mắc vào nguồn có điện áp $U = 220V$, $f = 50Hz$ thì dòng điện làm việc qua đèn $I = 0,41A$,

$\cos \varphi = 0,6$. Tính thông số đèn và cuộn chấn lưu (h.2-5a). Tìm điện áp trên đèn U_1 và trên cuộn chấn lưu U_2 .

Bài giải

Gọi R_1 là điện trở đèn, R_2 là điện trở chấn lưu, ta có :

$$R_1 + R_2 = \frac{U \cos \varphi}{I} = \frac{220 \cdot 0,6}{0,41} = 322 \Omega$$

Điện trở của đèn :

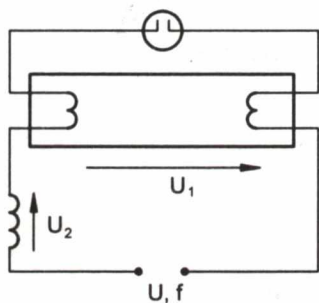
$$R_1 = \frac{P_d}{I^2} = \frac{40}{(0,41)^2} = 237,9 \Omega$$

Điện trở chấn lưu :

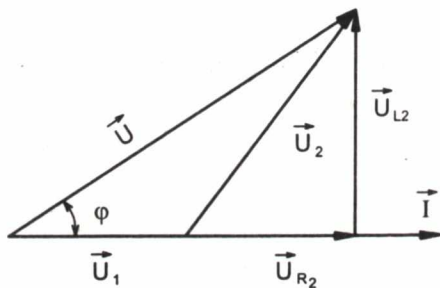
$$R_2 = 322 - 237,9 = 84,1 \Omega$$

Tổng trở của toàn mạch (gồm cả chấn lưu và đèn)

$$Z = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + X_2^2} = \frac{U}{I} = \frac{220}{0,41} = 536,6 \Omega$$



a)



b)

Hình 2-5

Điện kháng của chấn lưu

$$X_2 = \sqrt{Z^2 - (R_1 + R_2)^2} = 430 \Omega$$

Có thể tính X_2 như sau :

$$\tan \varphi = \frac{X_2}{R_1 + R_2} \text{ suy ra } X_2 = (R_1 + R_2) \tan \varphi$$

Điện áp trên đèn :

$$U_1 = R_1 I = 237,9 \cdot 0,41 = 97,5 \text{ V}$$

Điện áp trên chấn lưu :

$$U_2 = I\sqrt{R_2^2 + X_2^2} = 0,41\sqrt{84,1^2 + 430^2} = 179,6V$$

Bài số 2-6 : Một máy cao rêu có điện áp định mức 127V tiêu thụ công suất 8W, $\cos\varphi = 0,85$. Cần nối tiếp với máy một điện trở phụ R bằng bao nhiêu để có thể làm việc ở lưới điện 220V (h.2-6). Tính các thông số sơ đồ thay thế máy cao rêu, tính điện áp và công suất tổn hao trên điện trở phụ R.

Bài giải

Máy cao rêu được thay thế bằng sơ đồ gồm R_d và X_d nối tiếp. Sơ đồ thay thế toàn mạch như hình 2-6.

Lúc làm việc dòng điện định mức qua máy cao rêu :

$$I_d = \frac{P}{U \cos\varphi} = \frac{8}{127 \cdot 0,85} = 0,074A$$

Thông số máy cao rêu :

$$R_d = \frac{P}{I_d^2} = \frac{8}{(0,074)^2} = 1461 \Omega$$

$$X_d = R_d \tan\varphi = 1461 \cdot 0,62 = 906\Omega$$

Cần chọn R nối tiếp với mạch để có thể làm việc với điện áp 220V. Theo yêu cầu dòng điện không đổi.

$$I_d = \frac{U}{Z} = \frac{220}{\sqrt{(R_d + R)^2 + X_d^2}} = 0,074A$$

Thay giá trị R_d và X_d , ta được :

$$R = 1380\Omega$$

Để kiểm tra, hãy tính điện áp trên máy cao rêu :

$$U_d = \sqrt{R_d^2 + X_d^2} \cdot I_d = \sqrt{1461^2 + 906^2} \cdot 0,074 = 127V$$

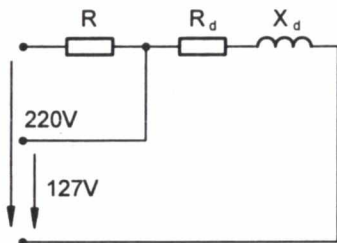
Điện áp trên máy cao rêu đúng bằng định mức. Như vậy, máy cao rêu làm việc ở định mức.

Điện áp trên điện trở phụ :

$$U_R = RI = 1380 \cdot 0,074 = 102,12V$$

Công suất tổn hao trên điện trở phụ :

$$P_R = RI^2 = 1380 \cdot 0,074^2 = 7,55 W$$



Hình 2-6

Bài số 2-7 : Một mạch điện RLC nối tiếp : $U = 100V$; $R = 10\Omega$; $L = 26,5 \text{ mH}$; $C = 265 \mu F$.

a) Tính dòng điện, công suất và hệ số công suất khi $f = 50\text{Hz}$. Vẽ đồ thị véc tơ.

b) Xác định tần số f để dòng điện cực đại. Tính công suất và vẽ đồ thị véc tơ.

Bài giải

a) Cảm kháng $X_L = \omega L = 2\pi \cdot 50 \cdot 26,5 \cdot 10^{-3} = 8,32 \Omega$

Dung kháng $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{10^6}{2\pi \cdot 50 \cdot 265} = 12,01\Omega$

Tổng trở $z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{10^2 + (8,32 - 12,01)^2} = 10,66\Omega$

Dòng điện trong mạch :

$$I = \frac{U}{z} = \frac{100}{10,66} = 9,38A.$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{z} = \frac{10}{10,66} = 0,938$$

$$\sin \varphi = \frac{X_L - X_C}{z} = \frac{-3,69}{10,66} = -0,346$$

Công suất tác dụng :

$$P = RI^2 = 10 \cdot 9,38^2 = 879,8 \text{ W}$$

Có thể tính :

$$P = UI \cos \varphi = 100 \cdot 9,38 \cdot 0,938 = 879,8W.$$

Công suất phản kháng :

$$Q = X_L I^2 - X_C I^2 = -324,5 \text{ VAr}.$$

Có thể tính :

$$Q = UI \sin \varphi = 100 \cdot 9,38 \cdot (-0,346) = -324,5 \text{ VAr}$$

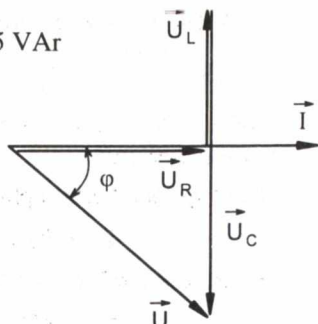
Công suất biểu kiến (công suất toàn phần)

$$S = UI = 100 \cdot 9,38 = 938 \text{ VA}.$$

Có thể tính :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{879,8^2 + 324,5^2} \\ = 938VA$$

Đồ thị véc tơ biểu diễn trên hình 2-7a.



Hình 2-7a

$$b) \text{ Tổng trở của mạch } z = \sqrt{10^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

$$\text{Để dòng điện cực đại thì } \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) = 0$$

$$\text{từ đó } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{26,5 \cdot 10^{-3} \cdot 265 \cdot 10^{-6}}} = 60 \text{ Hz} ;$$

Mạch điện ở tình trạng cộng hưởng điện áp.

Dòng điện trong mạch :

$$I = \frac{U}{R} = \frac{100}{10} = 10 \text{ A}$$

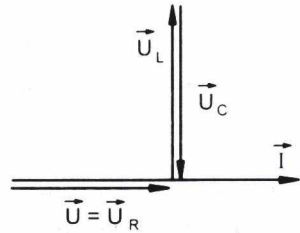
Công suất tác dụng :

$$P = RI^2 = 10 \cdot 10^2 = 1000 \text{ W}$$

Công suất phản kháng $Q = 0$.

Công suất biểu kiến :

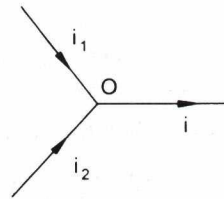
$$S = UI = 100 \cdot 10 = 1000 \text{ VA.}$$



Hình 2-7b

Đồ thị véc tơ điện áp biểu diễn trên hình 2-7b.

Bài số 2-8 : Ba dây dẫn nối với nhau tại điểm 0 (h. 2-8a) có dòng điện i_1 , i_2 , i chạy qua. Biết trị số tức thời $i_1 = 12 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{6} \right) \text{ A}$;
 $i_2 = 6 \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{3} \right) \text{ A}$.



Hình 2-8a

Biểu diễn đồ thị véc tơ dòng điện $\vec{I}_1, \vec{I}_2$ và áp dụng định luật Kiechop 1, tính dòng điện $\vec{I}$, từ đó suy ra i .

Bài giải

Từ biểu thức tức thời, ta có trị số hiệu dụng và pha đầu của các dòng điện :

$$I_1 = \frac{I_{1\max}}{\sqrt{2}} = \frac{12}{\sqrt{2}} \text{ A}; \quad \Psi_1 = \frac{\pi}{6};$$

$$I_2 = \frac{I_{2\max}}{\sqrt{2}} = \frac{6}{\sqrt{2}} \text{ A}; \quad \Psi_2 = -\frac{\pi}{3};$$

Đồ thị véc tơ các dòng điện biểu diễn trên hình 2-8b.

Định luật Kiếchốp 1 tại nút 0 :

Đối với trị số tức thời :

$$i = i_1 + i_2$$

Dạng véc tơ $\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2$

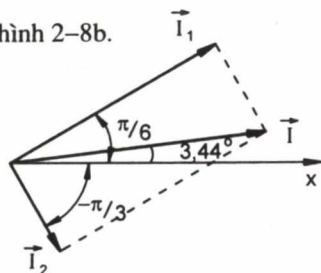
Theo đồ thị véc tơ :

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + 2I_1I_2 \cos(\Psi_1 - \Psi_2)} = 9,49A.$$

$$\Psi_i = \arctg \frac{I_1 \sin \Psi_1 + I_2 \sin \Psi_2}{I_1 \cos \Psi_1 + I_2 \cos \Psi_2} = 3,44^\circ$$

Từ đó ta có trị số tức thời dòng điện i :

$$i = 9,49\sqrt{2} \sin(\omega t + 3,44^\circ)A$$



Hình 2-8b

Bài số 2-9 : Hãy biểu diễn số phức các dòng điện trong bài 2-8. Dùng phương pháp số phức tính dòng điện.

Bài giải

Từ trị số hiệu dụng và góc pha đầu, ta dễ dàng biểu diễn các dòng điện phức như sau :

Dòng điện hiệu dụng phức :

$$\dot{I}_1 = \frac{12}{\sqrt{2}} e^{j\pi/6} = \frac{12}{\sqrt{2}} \angle \pi/6 = 7,35 + j 4,24 A$$

$$\dot{I}_2 = \frac{6}{\sqrt{2}} e^{-j\pi/3} = \frac{6}{\sqrt{2}} \angle -\pi/3 = 2,12 - j3,67 A$$

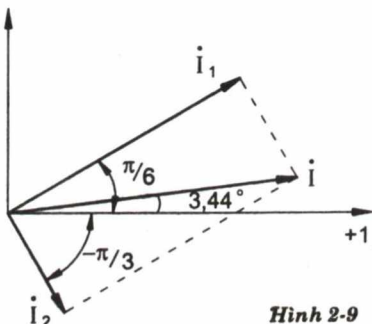
Định luật Kiếchốp 1 ở dạng hiệu dụng phức (h.2-9) :

$$\begin{aligned} \dot{I} &= \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 7,35 + j4,24 + 2,12 - j3,67 \\ &= 9,47 + j 0,57 = 9,49 \angle 3,44^\circ A \end{aligned}$$

Từ $\dot{I} = 9,49 \angle 3,44^\circ$ ta có trị số hiệu dụng dòng điện $I = 9,49A$, góc pha đầu dòng điện : $\Psi_1 = 3,44^\circ$

Trị số tức thời :

$$i = 9,49\sqrt{2} \sin(\omega t + 3,44^\circ) A$$



Hình 2-9

Bài số 2-10 : Một mạch điện nối tiếp (h.2-10) gồm hai phần tử : phần tử thứ nhất có sơ đồ thay thế là một điện trở R_1 nối tiếp với điện dung C_1 , phần tử thứ hai có sơ đồ thay thế là một điện trở R_2 nối tiếp với điện cảm L_2 . Tính tổng trở, tổng trở phức, công suất tác dụng, công suất phản kháng của mỗi phần tử và của mạch. Cho biết :

$$R_1 = 40\Omega ; \quad X_1 = \frac{1}{\omega C_1} = 30\Omega ;$$

$$R_2 = 20\Omega ; \quad X_2 = \omega L_2 = 20\Omega$$

Điện áp nguồn $U = 121,76 \text{ V}$.

Bài giải

Phần tử 1 có :

$$\text{Tổng trở} \quad z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{40^2 + 30^2} = 50\Omega$$

$$\varphi_1 = \arctg \frac{-X_1}{R_1} = \arctg \frac{-30}{40} = -36,87^\circ$$

$$\text{Tổng trở phức : } Z_1 = R_1 - jX_1 = 40 - j30\Omega = 50 \angle -36,87^\circ \Omega$$

Phần tử 2 có :

$$\text{Tổng trở} \quad z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2} = \sqrt{20^2 + 20^2} = 28,28\Omega$$

$$\varphi_2 = \arctg \frac{X_2}{R_2} = \arctg \frac{20}{20} = 45^\circ$$

$$\text{Tổng trở phức : } Z_2 = 20 + j20 = 28,28 \angle 45^\circ \Omega$$

Tổng trở toàn mạch

$$z = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_2 - X_1)^2} = \sqrt{(40 + 20)^2 + (20 - 30)^2} = 60,83 \Omega$$

Tổng trở phức toàn mạch :

$$\begin{aligned} Z &= (R_1 + R_2) + j(X_2 - X_1) = (40 + 20) + j(20 - 30) \\ &= 60 - j10 = 60,83 \angle -9,46^\circ \Omega \end{aligned}$$

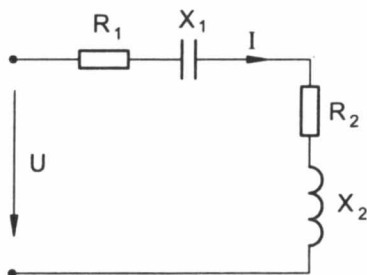
Dòng điện hiệu dụng phức trong mạch

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{Z} = \frac{121,76 \angle 0}{60,83 \angle -9,46^\circ} = 2 \angle 9,46^\circ \text{ A}$$

Trị số hiệu dụng $I = 2 \text{ A}$

Công suất tác dụng phần tử 1 :

$$P_1 = R_1 I^2 = 40 \cdot 2^2 = 160 \text{ W}$$



Hình 2-10

Công suất phản kháng phần tử 1 :

$$Q_1 = -X_1 I^2 = -30 \cdot 2^2 = -120 \text{ VAr.}$$

Công suất tác dụng phần tử 2 :

$$P_2 = R_2 I^2 = 20 \cdot 2^2 = 80 \text{ W}$$

Công suất phản kháng phần tử 2

$$Q_2 = X_2 I^2 = 20 \cdot 2^2 = 80 \text{ VAr}$$

Công suất tác dụng toàn mạch

$$P = P_1 + P_2 = 160 + 80 = 240 \text{ W}$$

Có thể tính

$$P = UI \cos \varphi = 121,76 \cdot 2 \cdot \cos(-9,46^\circ) = 240 \text{ W.}$$

Công suất phản kháng toàn mạch

$$Q = Q_1 + Q_2 = -120 + 80 = -40 \text{ VAr}$$

Có thể tính

$$Q = UI \sin \varphi = 121,76 \cdot 2 \cdot \sin(-9,46^\circ) = -40 \text{ VAr}$$

Mạch có tính điện dung vì $Q < 0$

Công suất biểu kiến của mạch (công suất toàn phần)

$$S = UI = 121,76 \cdot 2 = 243,52 \text{ VA}$$

Có thể tính :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{240^2 + 40^2} = 243,52 \text{ VA}$$

Bài số 2-11. Điện áp và dòng điện phức của một phần tử như sau :
 $\dot{U} = 200e^{j37^\circ} \text{ V}$; $\dot{I} = 4e^{-j23^\circ} \text{ A}$. Viết biểu thức tức thời điện áp và dòng điện. Tính các thông số sơ đồ thay thế của phần tử. Tính công suất tác dụng P và công suất phản kháng Q của phần tử.

Bài giải

Biểu thức tức thời điện áp

$$u = 200\sqrt{2} \sin(\omega t + 37^\circ) \text{ V}$$

Biểu thức tức thời dòng điện

$$i = 4\sqrt{2} \sin(\omega t - 23^\circ) \text{ A}$$

Tổng trở phức của phần tử :

$$Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{200e^{j37^\circ}}{4e^{-j23^\circ}} = 50e^{j(37^\circ+23^\circ)} = 50e^{j60^\circ} = 25 + j43,3 \Omega$$

Tổng trở (môđun) $z = 50 \Omega$



Hình 2-11

$\varphi = 60^\circ$ là góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện của phần tử.

Sơ đồ thay thế của phần tử gồm điện trở $R = 25 \, \Omega$ nối tiếp với cảm kháng $X_L = \omega L = 43,3 \, \Omega$ (hình 2-11).

Công suất tác dụng của phần tử :

$$P = UI \cos \varphi = 200 \cdot 4 \cdot \cos 60^\circ = 400 \, \text{W}$$

P chính là công suất của điện trở : $P = RI^2 = 25 \cdot 4^2 = 400 \, \text{W}$.

Công suất phản kháng của phần tử :

$$Q = UI \sin \varphi = 200 \cdot 4 \cdot \sin 60^\circ = 692,8 \, \text{VAr}$$

Có thể tính :

$$Q = XI^2 = 43,3 \cdot 4^2 = 692,8 \, \text{VAr}$$

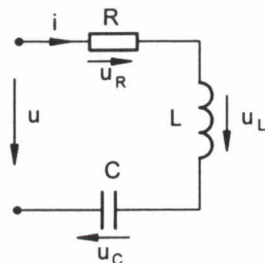
Công suất toàn phần

$$S = UI = 200 \cdot 4 = 800 \, \text{VA}$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHO ĐÁP ÁN

Hãy trả lời bằng cách đánh dấu (x) vào ()

2-12. Cho mạch R, L, C nối tiếp (hình 2-12), biết $i(t) = I_{\max} \sin \omega t$. Có các biểu thức. Tìm biểu thức sai và sửa lại ghi vào chỗ (.....)



Hình 2-12

a) $u = u_R + u_L + u_C$ ☐.....

b) $u = RI_{\max} \sin \omega t + X_L I_{\max} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) + X_C I_{\max} \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$ ☐.....

c) $\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C$; $\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C$ ☐.....

d) $I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$; $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ ☐.....

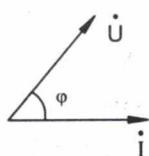
e) $Z = R + j(X_L - X_C)$. ☐.....

2-13. Điện áp và dòng điện của một tải có đồ thị vectơ như hình 2-13.

$$U = 220 \, \text{V} ;$$

$$I = 3 \, \text{A} ;$$

$$\varphi = 41,81^\circ$$



Hình 2-13

Tìm S, P, Q, $\cos\varphi$ của tải. Tìm các đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

- a) $S = 600 \text{ VA}$ ☐
- b) $P = 660 \text{ W}$ ☐
- c) $Q = 400 \text{ VAr}$ ☐
- d) $\cos\varphi = 0,745$ ☐

2-14. Mạch điện hình 2-14. Biết dòng điện qua mạch :

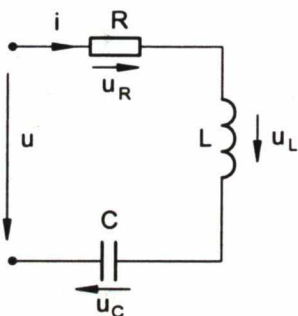
$i = I_{\max} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right)$. Tìm các biểu thức sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) $u_C = \frac{I_{\max}}{\omega C} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$ ☐

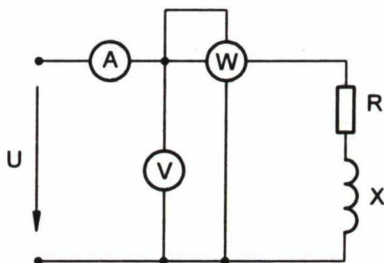
b) $u_L = L\omega I_{\max} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$ ☐

c) $\dot{U}_C = -\frac{j}{\omega C} \dot{I}$ ☐

d) $\dot{U}_L = j\omega L \dot{I}$ ☐



Hình 2-14



Hình 2-15

2-15. Trên sơ đồ hình 2-15, số chỉ của các dụng cụ như sau :

$$I = 166 \text{ A}; \quad P = 623 \text{ kW}; \quad U = 6200 \text{ V}.$$

Tính z, R, X, $\cos\varphi$. Tìm các đáp án sai, sửa lại và ghi vào chỗ (...)

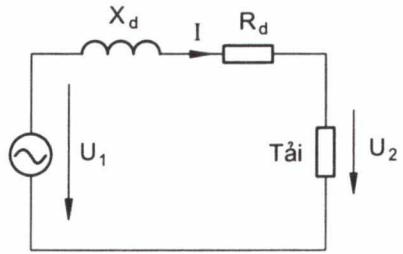
a) $R = 37,35 \Omega$ ☐

b) $X = 29,7 \Omega$ ☐

c) $\cos\varphi = 0,605$ ☐

d) $z = 22,6 \Omega$ ☐

2-16. Điện năng được truyền từ một máy phát đến tải hình 2-16. Các thông số đường dây như sau : $R_d = 1 \Omega$; $X_d = 2,5 \Omega$. Thông số của tải : $U_2 = 220V$; $I = 25 A$; $\cos\varphi_2 = 0,8$. $\varphi_2 > 0$



Hình 2-16

Tính U_1 , P_1 , Q_1 , $\cos\varphi_1$. Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

- a) $U_1 = 300V$
- b) $\cos\varphi_1 = 0,718$
- c) $P_1 = 5025 W$
- d) $Q_1 = 4862,5 VAr$

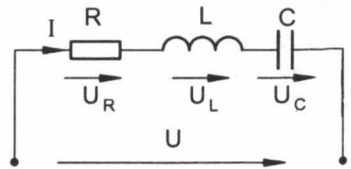
☐

☐

☐

☐

2-17. Cho mạch điện hình 2-17, trị số R , L , C không đổi. Hỏi điện áp trên các phần tử và công suất P của toàn mạch sẽ thay đổi như thế nào khi điều chỉnh cho tần số tăng và giữ dòng điện trong mạch có trị số hiệu dụng không đổi. Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)



Hình 2-17

- a) U_R không đổi
- b) U_L tăng
- c) U_C giảm
- d) P tăng

☐

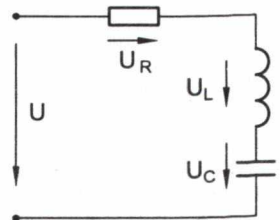
☐

☐

☐

2-18. Cho một mạch R , L , C nối tiếp, cho biết giá trị ba điện áp. Vẽ đồ thị vectơ, xác định điện áp thứ tư và tính $\cos\varphi$ trong các trường hợp sau :

- a) $U_R = 10V$; $U_L = 20V$; $U_C = 10V$; $U = ?$
- b) $U_R = ?$; $U_L = 110V$; $U_C = 150 V$; $U = 50V$
- c) $U_R = 10 V$; $U_L = 10V$; $U_C = ?$; $U = 5\sqrt{5}V$



Hình 2-18

Tìm đáp án sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) $U = 10\sqrt{2} \text{ V}$; $\cos\varphi = \frac{\sqrt{2}}{2}$

☐

b) $U_R = 30\text{V}$; $\cos\varphi = 0,6$

☐

c) – Khi $X_L > X_C$

$U_C = 5 \text{ V}$; $\cos\varphi = 0,894$ (tính cảm)

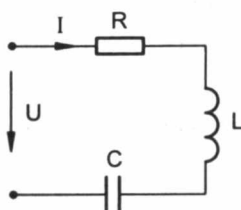
☐

– Khi $X_L < X_C$

$U_C = 20\text{V}$; $\cos\varphi = 0,707$ (tính dung)

☐

2-19. Mạch điện R, L, C nối tiếp (hình 2-19) đặt vào điện áp xoay chiều $U = 130\text{V}$; $f = 50\text{Hz}$. Tính I, P, Q, $\cos\varphi$. Cho $R = 10,4 \Omega$; $L = 3,1847 \text{ mH}$; $C = 3184,7 \mu\text{F}$. Tìm các đáp án sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)



Hình 2-19

a) $I = 12,5 \text{ A}$

☐

b) $P = 1625 \text{ W}$

☐

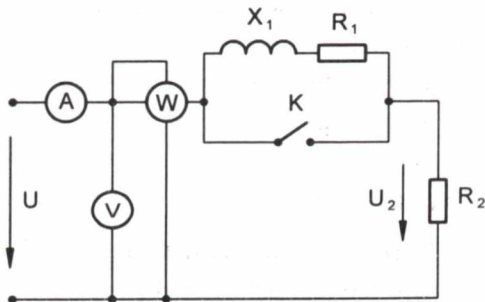
c) $Q = -812,5 \text{ VAr}$

☐

d) $\cos\varphi = \frac{\sqrt{3}}{2}$

☐

2-20. Một bộ phận mạch điện (hình 2-20). Khi khoá K đóng, dụng cụ chỉ $I = 10\text{A}$; $P = 1\text{kW}$. Khi khoá K mở, dụng cụ chỉ $U = 220\text{V}$; $I = 12\text{A}$; $P = 1,6\text{kW}$.



Hình 2-20

a) $R_1 = 1,11 \Omega$

☐

b) $X_1 = 16,28 \Omega$

☐

c) $R_2 = 10 \Omega$

☐

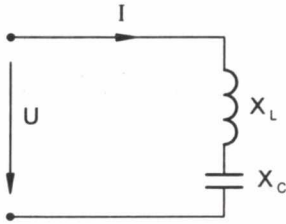
d) $U_2 = 120 \text{ V}$ (khi K mở)

☐

2-21. Một mạch điện có $X_L = 26\Omega$; $X_C = 6\Omega$ (hình 2-21). Phức số điện áp của nguồn $\dot{U} = 400e^{j\pi/6}$ V.

Tính tổng trở, tổng trở phức của mạch, dòng điện và điện áp tức thời.

Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)



Hình 2-21

- a) $z = 20\Omega$ ☐
- b) $Z = j20\Omega$ ☐
- c) $u = 400\sqrt{2}\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$ V ☐
- d) $i = 12,5\sqrt{2}\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$ A ☐

2-22. Trị số điện áp và dòng điện tức thời trên một phần tử :

$$u = 200\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right) \text{ V} ; i = 10\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{6}\right) \text{ A}.$$

Hãy viết điện áp, dòng điện phức $\dot{U}, \dot{I}$, tổng trở phức và vẽ sơ đồ thay thế của phần tử. Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

- a) $\dot{U} = \frac{200}{\sqrt{2}}e^{j\pi/6}$ V ☐
- b) $\dot{I} = \frac{10}{\sqrt{2}}e^{-j\pi/6}$ A ☐
- c) $Z = 10 + j17,32\Omega$ ☐
- d) Sơ đồ thay thế gồm : điện trở $R = 10\Omega$ nối tiếp với dung kháng $X_C = 17,32\Omega$ ☐

2-23. Một tải có tính cảm (R, L) có $\cos\varphi = 0,866$, điện áp $U = 220$ V, tần số $f = 50$ Hz, dòng điện $I = 13,85$ A. Xác định điện dung C của bộ tụ đấu song song với tải để nâng hệ số công suất đạt $\cos\varphi = 1$.

Xác định đáp án đúng.

- a) $C = 25\mu\text{F}$ ☐ ; c) $C = 79\mu\text{F}$ ☐
- b) $C = 137\mu\text{F}$ ☐ ; d) $C = 100\mu\text{F}$ ☐

Chương 3

CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢI MẠCH ĐIỆN

Đối với mạch điện đơn giản ta biểu diễn vectơ hoặc số phức, sử dụng 2 định luật Kirchhoff để tính toán dòng điện, điện áp. Ta cũng có thể thông qua tính công suất để tính dòng điện hoặc điện áp theo quan hệ $S = UI$.

Đối với mạch điện phức tạp, sử dụng các phương pháp sau :

1. Phương pháp biến đổi tương đương

Biến đổi tương đương nhằm mục đích đưa mạch điện phức tạp về dạng đơn giản hơn.

– Các tổng trở mắc nối tiếp :

$$Z_{td} = \Sigma R + j [\Sigma X_L - \Sigma X_C]$$

– Các tổng trở mắc song song :

$$\frac{1}{Z_{td}} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \dots \frac{1}{Z_n}$$

– Khi chỉ có 2 tổng trở Z_1, Z_2 mắc song song :

$$Z_{td} = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

– Biến đổi sao (Y) thành tam giác (Δ) và ngược lại

$$Y \rightarrow \Delta$$

$$Z_{12} = Z_1 + Z_2 + \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_3}$$

$$Z_{23} = Z_2 + Z_3 + \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_1}$$

$$Z_{31} = Z_3 + Z_1 + \frac{Z_3 \cdot Z_1}{Z_2}$$

$$\text{Khi } Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z$$

$$\text{thì } Z_{12} = Z_{23} = Z_{31} = 3Z$$

$$\Delta \rightarrow Y$$

$$Z_1 = \frac{Z_{12} \cdot Z_{31}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}}$$

$$Z_2 = \frac{Z_{23} \cdot Z_{12}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}}$$

$$Z_3 = \frac{Z_{31} \cdot Z_{23}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}}$$

$$\text{Khi } Z_{12} = Z_{23} = Z_{31} = Z$$

$$\text{thì } Z_1 = Z_2 = Z_3 = \frac{Z}{3}$$

2. Phương pháp dòng điện nhánh

Ẩn số của hệ phương trình là dòng điện các nhánh.

Phương pháp này ứng dụng trực tiếp 2 định luật Kiếchốp 1 và 2, thực hiện theo các bước sau :

- Bước 1 : Xác định số nút n , số nhánh m . Số ẩn của hệ phương trình bằng số nhánh m .
- Bước 2 : Tùy ý chọn chiều dòng điện mỗi nhánh.
- Bước 3 : Viết phương trình Kiếchốp 1 cho $(n - 1)$ nút đã chọn.
- Bước 4 : Viết phương trình Kiếchốp 2 cho $(m - (n - 1)) = (m - n + 1)$ mạch vòng độc lập đã chọn.
- Bước 5 : Giải hệ m phương trình đã thiết lập, ta có dòng điện các nhánh.

3. Phương pháp dòng điện mạch vòng

Ẩn số trong hệ phương trình là dòng điện mạch vòng (ẩn số trung gian).

- Bước 1 : Xác định $(m - n + 1)$ mạch vòng độc lập và tùy ý chọn chiều dòng điện mạch vòng I_v , thông thường nên chọn chiều các dòng điện mạch vòng giống nhau, thuận tiện cho lập hệ phương trình.
- Bước 2 : Viết phương trình Kiếchốp 2 cho các mạch vòng theo các dòng điện mạch vòng đã chọn.
- Bước 3 : Giải hệ phương trình vừa thiết lập, ta có các dòng điện mạch vòng.
- Bước 4 : Tính dòng điện các nhánh theo dòng điện mạch vòng như sau : dòng điện mỗi nhánh bằng tổng đại số dòng điện mạch vòng chạy qua nhánh ấy.

4. Phương pháp điện áp hai nút

- Bước 1 : Vẽ chiều điện áp giữa 2 nút A và B.
- Bước 2 : Tính điện áp giữa 2 nút :
$$\dot{U}_{AB} = \frac{\sum \dot{E}_n Y_n}{\sum Y_n}$$
- Bước 3 : Sử dụng định luật Ôm tính dòng điện các nhánh theo $\dot{E}_n$, $\dot{U}_{AB}$ và Z_n .

5. Phương pháp xếp chồng

- Bước 1 : Thiết lập các sơ đồ điện chỉ có một nguồn tác động.

– Bước 2 : Lần lượt tính dòng điện và điện áp trong các sơ đồ chỉ có một nguồn tác động.

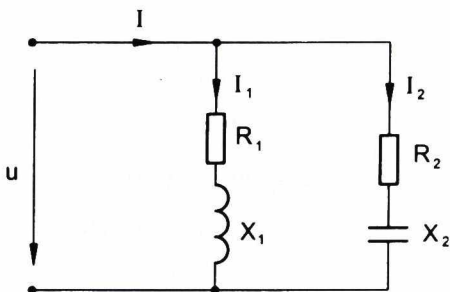
– Bước 3 : Cộng đại số (xếp chồng) các kết quả dòng điện, điện áp đã tính của mỗi nhánh do các nguồn tác động riêng rẽ.

BÀI TẬP ĐÃ GIẢI

I - ỨNG DỤNG VÉCTƠ GIẢI MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN ĐƠN GIẢN

Bài số 3-1 : Cho mạch điện xoay chiều hình 3-1a. Điện áp nguồn $u = 200 \sin \omega t$; $R_1 = 10\Omega$; $X_1 = 10\Omega$; $R_2 = 5\sqrt{3}\Omega$; $X_2 = 5\Omega$.

Tính dòng điện I_1 , I_2 , I , i_1 , i_2 , i , công suất P , Q , S , hệ số công suất $\cos \varphi$ của mạch điện.



Hình 3-1a

Bài giải

Trước hết tính trị số dòng điện các nhánh, góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện các nhánh.

Tổng trở nhánh 1 :

$$z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{10^2 + 10^2} = 10\sqrt{2}\Omega$$

Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện nhánh 1 :

$$\varphi_1 = \arctg \frac{X_1}{R_1} = \arctg \frac{10}{10} = 45^\circ$$

$\varphi_1 > 0$, dòng điện i_1 chậm pha điện áp u .

Trị số hiệu dụng dòng điện I_1 :

$$I_1 = \frac{U}{z_1} = \frac{\frac{200}{\sqrt{2}}}{10\sqrt{2}} = 10A$$

Tổng trở nhánh 2 :

$$z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2} = \sqrt{(5\sqrt{3})^2 + 5^2} = 10\Omega$$

Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện nhánh 2 :

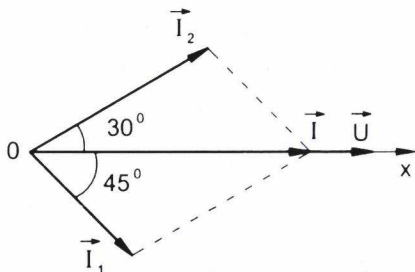
$$\varphi_2 = \arctg \frac{-X_2}{R_2} = \arctg \frac{-5}{5\sqrt{3}} = -30^\circ$$

$\varphi_2 < 0$, dòng điện i_2 vượt pha điện áp u .

Trị số hiệu dụng dòng điện I_2 :

$$I_2 = \frac{U}{z_2} = \frac{\frac{200}{\sqrt{2}}}{10} = 10\sqrt{2}A$$

Biểu diễn bằng đồ thị vectơ như sau : Trước hết ta vẽ vectơ điện áp $\vec{U}$, sau đó căn cứ vào trị số hiệu dụng dòng điện và góc lệch pha, vẽ các vectơ dòng điện $\vec{I}_1$ và $\vec{I}_2$ (h.3-1b). Áp dụng định luật Kiếchốp 1 tại nút $\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2$. Tổng vectơ dòng điện $\vec{I}_1$ và $\vec{I}_2$ ta được vectơ dòng điện $\vec{I}$.



Hình 3-1b

Bằng phép tính hình học ta tính trị số hiệu dụng dòng điện I như sau :

$$\begin{aligned} I &= \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + 2I_1I_2 \cos 75^\circ} \\ &= \sqrt{10^2 + (10\sqrt{2})^2 + 2 \cdot 10 \cdot 10\sqrt{2} \cos 75^\circ} = 19,32A \end{aligned}$$

Ta có thể tính trị số hiệu dụng dòng điện I và góc pha ψ bằng phép chiếu lên hai trục toạ độ Ox, Oy .

– Hình chiếu trên trục Ox :

$$\begin{aligned} I_x &= I_{1x} + I_{2x} = 10 \cos 45^\circ + 10\sqrt{2} \cos 30^\circ = \\ &= 10 \frac{\sqrt{2}}{2} + 10\sqrt{2} \frac{\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{2} + 5\sqrt{2}\sqrt{3} \approx 19,32A \end{aligned}$$

– Hình chiếu trên trục Oy : $I_y = I_{1y} + I_{2y} = -10 \sin 45^\circ + 10\sqrt{2} \sin 30^\circ = 0$

Trị số hiệu dụng dòng điện tổng I :

$$I = \sqrt{I_x^2 + I_y^2} = \sqrt{(19,32)^2 + 0^2} = 19,32A$$

$$\text{Góc pha của dòng điện tổng } i : \Psi_i = \arctg \frac{I_y}{I_x} = \arctg \frac{0}{19,32} = 0^\circ$$

Dòng điện i trùng pha với điện áp u , trên hình 3-1b vectơ $\vec{I}$ và $\vec{U}$ trùng phương và chiều với nhau.

Trị số tức thời các dòng điện :

$$i_1 = I_1 \sqrt{2} \sin(\omega t - 45^\circ) = 10\sqrt{2} \sin(\omega t - 45^\circ) \text{ A}$$

$$i_2 = I_2 \sqrt{2} \sin(\omega t + 30^\circ) = 20 \sin(\omega t + 30^\circ) \text{ A}$$

$$i = I \sqrt{2} \sin \omega t = 19,32 \sqrt{2} \sin(\omega t) \text{ A}$$

Góc lệch pha φ giữa điện áp u và dòng điện i : $\psi = \psi_u - \psi_i = 0 - 0 = 0^\circ$

Hệ số công suất của mạch : $\cos \varphi = \cos(0^\circ) = 1$

Công suất tác dụng của mạch :

$$P = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 = 10 \cdot 10^2 + 5\sqrt{3}(10\sqrt{2})^2 = 2732 \text{ W}$$

Công suất phản kháng của mạch :

$$Q = X_1 I_1^2 - X_2 I_2^2 = 10 \cdot 10^2 - 5(10\sqrt{2})^2 = 0$$

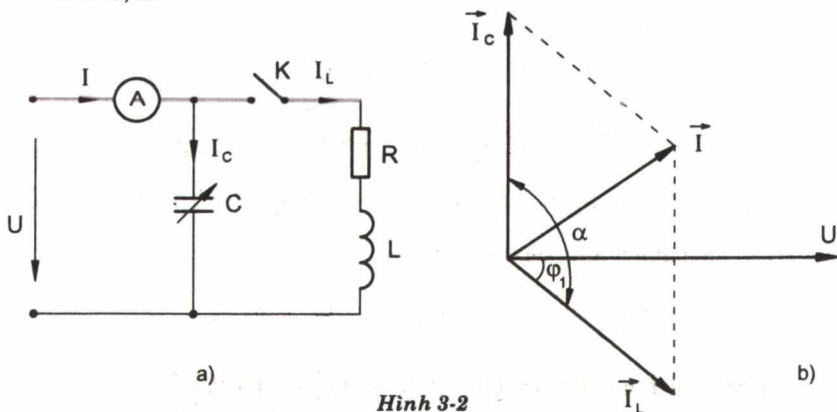
Công suất biểu kiến : $S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2} = 2732 \text{ VA}$

Có thể tính hệ số công suất của mạch : $\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{2732}{2732} = 1$

Bài số 3-2 : Để đo điện cảm L của cuộn dây, ta dùng sơ đồ như trên hình 3-2a.

Biết : $U = 125 \text{ V}$; $f = 50 \text{ Hz}$. Chọn trị số của tụ C thích hợp để số chỉ của ampe kế là như nhau và bằng $1,8 \text{ A}$ khi khoá K mở và khi K đóng.

Tính C , L .



Hình 3-2

Bài giải

Khi khoá K mở ta có : $I = I_C = 1,8\text{A}$; $I_C = \frac{U}{X_C} = \omega CU$

$$\text{Suy ra } C = \frac{I_C}{\omega U} = \frac{1,8}{100\pi \cdot 125} = 0,459 \cdot 10^{-4} \text{F}$$

$$\text{Khi K đóng : } \vec{I} = \vec{I}_L + \vec{I}_C ; I^2 = I_C^2 + I_L^2 + 2I_C I_L \cos \alpha \quad (1)$$

trong đó $\alpha = \frac{\pi}{2} + \varphi_1$ (h.3-2b)

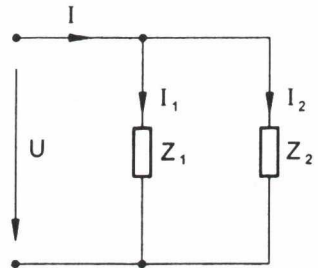
$$\text{Vì } \cos \alpha = -\sin \varphi_1 = -\frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

Thay vào (1) ta có :

$$1,8^2 = 1,8^2 + \left[\frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \right]^2 - 2 \cdot 1,8 \cdot \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \cdot \frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

$$\text{suy ra } L = \frac{U}{2 \cdot 1,8 \cdot \omega} = \frac{125}{3,6 \cdot 100\pi} = 0,11 \text{H}.$$

Bài số 3-3 : Một mạng điện có điện áp $U = 220\text{V}$; $f = 50\text{Hz}$ (hình 3-3a) cung cấp điện cho hai tải nối song song. Tải thứ nhất : $P_1 = 2112 \text{W}$, $\cos \varphi_1 = 0,8$ ($\varphi_1 > 0$). Tải thứ hai $\cos \varphi_2 = 0,766$, công suất phản kháng $Q_2 = 2121 \text{VAr}$.



Hình 3-3a

a) Tính I_1 , I_2 , I , công suất tác dụng P , công suất phản kháng Q , hệ số công suất $\cos \varphi$ của mạch.

b) Để nâng hệ số công suất $\cos \varphi$ của mạch đạt 0,92 cần nối song song với tải một bộ tụ điện bù. Tính điện dung C của bộ tụ điện, dòng điện I của mạch sau khi bù.

Bài giải

a) Từ các số liệu rút ra :

$$\cos \varphi_1 = 0,8 ; \sin \varphi_1 = 0,6 ; \varphi_1 = 36,87^\circ$$

$$\cos \varphi_2 = 0,766 ; \sin \varphi_2 = 0,643 ; \varphi_2 \approx 40^\circ$$

Dòng điện tải thứ nhất :

$$I_1 = \frac{P_1}{U \cos \varphi_1} = \frac{2112}{220 \cdot 0,8} = 12A$$

Công suất phản kháng tải thứ nhất :

$$Q_1 = UI_1 \sin \varphi_1 = 220 \cdot 12 \cdot 0,6 = 1584 \text{ VAr}$$

Dòng điện tải thứ hai

$$I_2 = \frac{Q_2}{U \sin \varphi_2} = \frac{2121}{220 \cdot 0,643} = 15A.$$

Công suất tác dụng tải thứ hai :

$$P_2 = UI_2 \cos \varphi_2 = 220 \cdot 15 \cdot 0,766 = 2527,8W$$

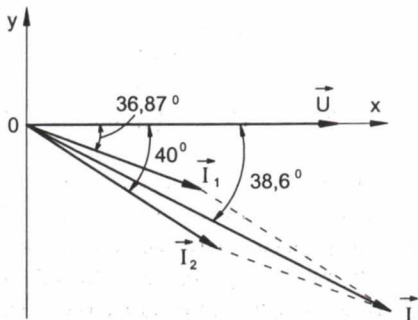
Đồ thị vectơ vẽ trên hình 3-3b

Dòng điện $\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2$.

Hình chiếu của vectơ dòng điện I lên hai trục :

$$\begin{aligned} I_x &= I_1 \cos 36,87^\circ + I_2 \cos 40^\circ \\ &= 12 \cdot 0,8 + 15 \cdot 0,766 \\ &= 21,09. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_y &= -I_1 \sin 36,87^\circ - I_2 \sin 40^\circ \\ &= -12 \cdot 0,6 - 15 \cdot 0,643 \\ &= -16,845. \end{aligned}$$



Hình 3-3b

Trị số hiệu dụng dòng điện :

$$I = \sqrt{I_x^2 + I_y^2} = \sqrt{21,09^2 + (-16,845)^2} = 26,95A$$

$$\text{Góc pha đầu } \psi_i = \arctg \frac{-16,845}{21,09} = -38,6^\circ$$

Góc lệch pha φ giữa điện áp và dòng điện :

$$\varphi = \psi_u - \psi_i = 0 - (-38,6^\circ) = 38,6^\circ$$

$$\text{Hệ số công suất } \cos \varphi = \cos 38,6^\circ = 0,781$$

Công suất tác dụng của mạch :

$$P = P_1 + P_2 = 2112 + 2527,8 = 4639,8 \text{ W} ;$$

Công suất phản kháng của mạch :

$$Q = Q_1 + Q_2 = 1584 + 2121 = 3705 \text{ VAr.}$$

b) Sau khi bù : $\cos\varphi = 0,92$; $\tan\varphi = 0,426$.

Sau khi bù bằng tụ điện, nếu giữ điện áp không đổi và bằng 220V, công suất P của tải không đổi. Công suất phản kháng Q' của mạng điện sau khi bù là :

$$Q' = P \tan\varphi = 4639,8 \cdot 0,426 = 1976,6 \text{ VAr.}$$

So với trước lúc bù, công suất phản kháng của nguồn cung cấp giảm đi, việc giảm đó là nhờ có công suất phản kháng Q_C của bộ tụ.

$$Q' = Q + Q_C$$

Từ đó : $Q_C = Q' - Q = 1976,6 - 3705 = -1728,4 \text{ VAr.}$

– Dung kháng của bộ tụ :

$$X_C = \frac{U^2}{Q_C} = \frac{220^2}{1728,4} = 28\Omega$$

– Điện dung C của bộ tụ :

$$C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{314,28} = 113,7\mu\text{F}$$

– Dòng điện của mạch sau khi bù :

$$I = \frac{P}{U \cos\varphi} = \frac{4639,8}{220 \cdot 0,92} = 22,92 \text{ A}$$

Dòng điện I trên đường dây sau khi bù được giảm đi so với trước khi bù, do đó tổn hao công suất trên đường dây sẽ giảm xuống.

Việc nâng cao $\cos\varphi$ của tải là cần thiết.

II – ỨNG DỤNG SỐ PHỨC GIẢI MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN ĐƠN GIẢN

Bài số 3–4 : Giải mạch điện bài 3–1 bằng số phức.

Bài giải

Trước hết biểu diễn các đại lượng bằng số phức :

$$\dot{U} = \frac{200}{\sqrt{2}} e^{j0^\circ} = 100\sqrt{2} e^{j0^\circ}$$

Tổng trở phức nhánh 1 :

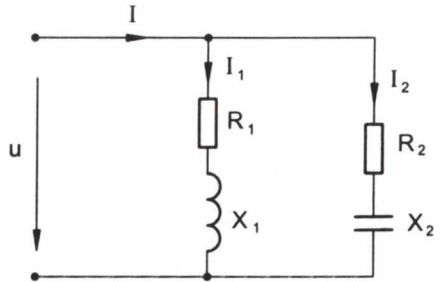
$$Z_1 = R_1 + jX_1 = 10 + j10\Omega$$

$$= 10\sqrt{2}e^{j45^\circ}$$

Tổng trở phức nhánh 2 :

$$Z_2 = R_2 - jX_2 = 5\sqrt{3} - j5\Omega$$

$$= 10e^{-j30^\circ}$$



Hình 3-4

– Dòng điện hiệu dụng phức nhánh 1 :

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{Z_1} = \frac{100\sqrt{2}e^{j0^\circ}}{10\sqrt{2}e^{j45^\circ}} = 10e^{-j45^\circ}$$

Nhìn biểu thức số phức $\dot{I}_1$, rút ra trị số hiệu dụng, góc pha đầu, trị số tức thời của dòng điện nhánh 1.

$$I_1 = 10A ; \psi_1 = -45^\circ ;$$

$$i_1 = I_1\sqrt{2} \sin(\omega t - 45^\circ) = 10\sqrt{2} \sin(\omega t - 45^\circ)$$

– Dòng điện hiệu dụng phức nhánh 2 :

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}}{Z_2} = \frac{100\sqrt{2}e^{j0^\circ}}{10e^{-j30^\circ}} = 10\sqrt{2}e^{j30^\circ}$$

Từ biểu thức $\dot{I}_2$ ta có trị số hiệu dụng, góc pha đầu dòng điện nhánh 2.

$$I_2 = 10\sqrt{2} A ; \psi_2 = 30^\circ$$

$$\text{Trị số tức thời dòng điện } i_2 : i_2 = I_2\sqrt{2} \sin(\omega t + 30^\circ) = 20\sin(\omega t + 30^\circ)$$

– Dòng điện hiệu dụng phức ở mạch chính :

$$\begin{aligned} \dot{I} &= \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 10e^{-j45^\circ} + 10\sqrt{2}e^{j30^\circ} = 7,071 - j7,071 + 12,247 + j7,071 \\ &= 19,32 + j0 = 19,32e^{j0^\circ} \end{aligned}$$

$$I = 19,32A ; \psi = 0^\circ ; i = 19,32\sqrt{2} \sin\omega t$$

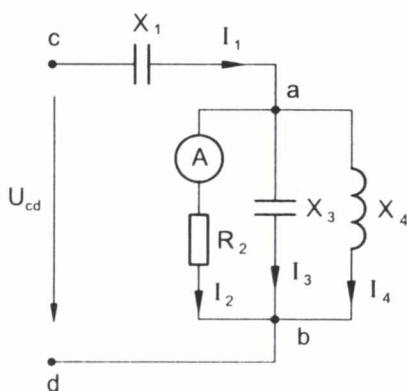
Từ đó tính $P, Q, S, \cos \varphi$ như ở bài 3-1.

Bài số 3-5 : Cho mạch điện xoay chiều hình 3-5 biết :

$$X_1 = 10\sqrt{2} \, \Omega ; R_2 = 20\Omega ; X_3 = 10\Omega ;$$

$$X_4 = 20\Omega.$$

Cho biết số chỉ của ampe kế là 5A. Tính dòng điện các nhánh, điện áp nguồn U_{cd} , công suất phản kháng và tác dụng của mạch.



Hình 3-5a

Bài giải

Tổng trở phức các nhánh :

$$Z_1 = 0 - jX_1 = -j10\sqrt{2} = 10\sqrt{2} \angle -\pi/2 \, \Omega$$

$$Z_2 = R_2 + j0 = 20 \, \Omega$$

$$Z_3 = 0 - jX_3 = -j10 = 10\angle -\pi/2 \, \Omega$$

$$Z_4 = 0 + jX_4 = j20 = 20\angle\pi/2 \, \Omega$$

Dòng điện hiệu dụng phức $\dot{I}_2$:

$$\dot{I}_2 = 5\angle 0^\circ \, A$$

Điện áp hiệu dụng phức $\dot{U}_{ab}$:

$$\dot{U}_{ab} = \dot{I}_2 Z_2 = 5\angle 0^\circ \cdot 20 = 100\angle 0^\circ \, V$$

Dòng điện hiệu dụng phức $\dot{I}_3$:

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{U}_{ab}}{Z_3} = \frac{100\angle 0^\circ}{10\angle -\pi/2} = 10\angle \left(0 + \frac{\pi}{2}\right) = 10\angle \pi/2 = j10 \, A$$

Dòng điện hiệu dụng phức $\dot{I}_4$:

$$\dot{I}_4 = \frac{\dot{U}_{ab}}{Z_4} = \frac{100\angle 0^\circ}{20\angle \pi/2} = 5\angle (0 - \pi/2) = 5\angle -\pi/2 = -j5 \, A$$

Dòng điện hiệu dụng phức $\dot{I}_1$:

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= \dot{I}_2 + \dot{I}_3 + \dot{I}_4 = 5 + j10 - j5 = 5 + j(10 - 5) \\ &= 5 + j5 = 5\sqrt{2}\angle \pi/4 \, A \end{aligned}$$

Điện áp hiệu dụng phức $\dot{U}_{cd}$:

$$\begin{aligned}\dot{U}_{cd} &= \dot{I}_1 Z_1 + \dot{U}_{ab} = -(5 + j5) \cdot j10\sqrt{2} + 100 \\ &= (100 + 50\sqrt{2}) - j50\sqrt{2} = 185 \angle -22,5^\circ \text{ V}\end{aligned}$$

Trị số hiệu dụng điện áp U_{cd} :

$$U_{cd} = 185 \text{ V}$$

Trị số hiệu dụng các dòng điện :

$$I_1 = 5\sqrt{2} \text{ A} ; I_3 = 10 \text{ A} ; I_4 = 5 \text{ A}.$$

III – PHƯƠNG PHÁP CÔNG SUẤT GIẢI MẠCH ĐIỆN ĐƠN GIẢN

Bài số 3–6 : Giải mạch điện bài 3–5 bằng phương pháp công suất.

Bài giải

Điện áp $U_{ab} = R_2 I_2 = 20 \cdot 5 = 100 \text{ V}$

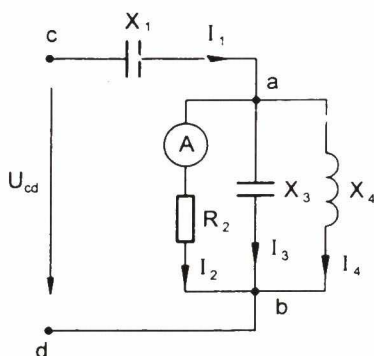
Dòng điện các nhánh :

$$I_3 = \frac{U_{ab}}{X_3} = \frac{100}{10} = 10 \text{ A}$$

$$I_4 = \frac{U_{ab}}{X_4} = \frac{100}{20} = 5 \text{ A}$$

Công suất tác dụng phần mạch điện ab :

$$P_{ab} = R_2 I_2^2 = 20 \cdot 5^2 = 500 \text{ W}$$



Công suất phản kháng của phần mạch điện ab :

Hình 3-6

$$Q_{ab} = -X_3 I_3^2 + X_4 I_4^2 = -10 \cdot 10^2 + 20 \cdot 5^2 = -500 \text{ VAR}$$

Công suất biểu kiến phần mạch điện ab :

$$S_{ab} = \sqrt{P_{ab}^2 + Q_{ab}^2} = \sqrt{500^2 + 500^2} = 500\sqrt{2} \text{ VA}$$

Dòng điện I_1 :

$$I_1 = \frac{S_{ab}}{U_{ab}} = \frac{500\sqrt{2}}{100} = 5\sqrt{2} \text{ A}$$

Công suất tác dụng toàn mạch :

$$P = R_2 I_2^2 = 500 \text{ W}$$

Công suất phản kháng toàn mạch :

$$Q = -X_1 I_1^2 + Q_{ab} = -10\sqrt{2} \cdot (5\sqrt{2})^2 - 500 = -1207,1 \text{ VAR}$$

Công suất biểu kiến toàn mạch :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{500^2 + (1207,1)^2} = 1306,5 \text{ VA}$$

Điện áp nguồn U_{cd} :

$$U_{cd} = \frac{S}{I_1} = \frac{1306,5}{5\sqrt{2}} = 185 \text{ V}$$

Kết quả này phù hợp với kết quả đã tính từ các phương pháp trên.

IV - PHƯƠNG PHÁP BIẾN ĐỔI TƯƠNG ĐƯƠNG

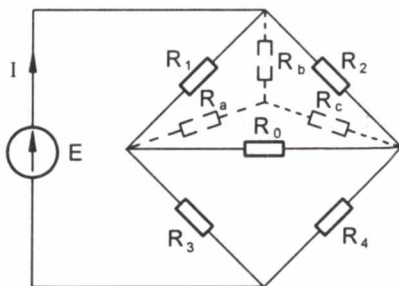
Bài số 3-7 : Cho mạch điện một chiều như hình 3-7 biết :

$$R_1 = 1\Omega ; \quad R_4 = 4\Omega ;$$

$$R_2 = 5\Omega ; \quad R_0 = 2\Omega ;$$

$$R_3 = 2\Omega ; \quad E = 60 \text{ V}.$$

Tìm dòng điện I qua nguồn.



Hình 3-7

Bài giải

Ta giải bằng phương pháp biến đổi $\Delta \rightarrow Y$. Tam giác gồm điện trở R_1, R_2, R_0 được biến đổi thành hình sao tương đương R_a, R_b, R_c .

$$R_a = \frac{R_1 \cdot R_0}{R_1 + R_2 + R_0} = \frac{1 \cdot 2}{1 + 5 + 2} = 0,25 \Omega$$

$$R_b = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_0} = \frac{1 \cdot 5}{1 + 5 + 2} = 0,625 \Omega$$

$$R_c = \frac{R_2 \cdot R_0}{R_1 + R_2 + R_0} = \frac{5 \cdot 2}{1 + 5 + 2} = 1,25 \Omega$$

Phần mạch điện sau khi được biến đổi vẽ bằng nét đứt (hình 3-7).

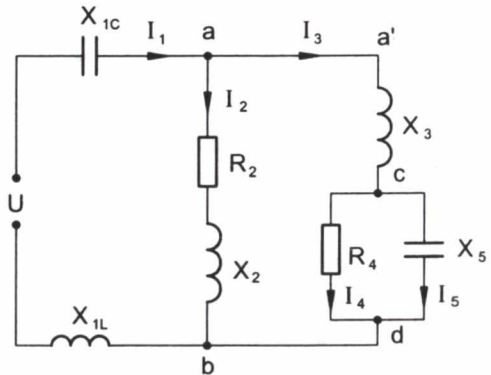
$$R_{td} = R_b + \frac{(R_a + R_3)(R_c + R_4)}{R_a + R_3 + R_c + R_4}$$

$$= 0,625 + \frac{(0,25 + 2)(1,25 + 4)}{0,25 + 2 + 1,25 + 4} = 2,2\Omega$$

Dòng điện qua nguồn : $I = \frac{E}{R_{td}} = \frac{60}{2,2} = 27,27 \text{ A}$

Bài số 3-8 : Cho mạch điện xoay chiều hình 3-8, biết :

$X_{1C} = 40\Omega$; $X_2 = 40\Omega$;
 $R_2 = 40\Omega$; $X_3 = 40\Omega$;
 $X_{1L} = 20\Omega$; $X_5 = 100\Omega$;
 $R_4 = 200\Omega$; $U = 200V$.
 Tính dòng điện các nhánh.



Hình 3-8

Bài giải

Giải mạch điện bằng phương pháp biến đổi tương đương.

– Tổng trở tương đương của 2 nhánh song song R_4, X_5 :

$$Z_{cd} = \frac{R_4 \cdot (-jX_5)}{R_4 + (-jX_5)} = \frac{200(-j100)}{200 - j100} = 40 - j80 \Omega$$

– Tổng trở tương đương đoạn mạch a'cd :

$$Z_{a'd} = jX_3 + Z_{cd} = j40 + 40 - j80 = 40 - j40 \Omega$$

– Tổng trở tương đương của 2 nhánh song song $(R_2 + jX_2)$; $Z_{a'd}$

$$Z_{ab} = \frac{(40 + j40)(40 - j40)}{40 + j40 + 40 - j40} = 40 \Omega$$

Dòng điện phức $\dot{I}_1$ là :

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{jX_{1L} - jX_{1C} + Z_{ab}} = \frac{200e^{j0}}{j20 - j40 + 40} = 4 + j2 = 4,47 \angle 26,56^\circ \text{ A}$$

Trị số hiệu dụng $I_1 = 4,47 \text{ A}$

Điện áp phức $\dot{U}_{ab}$:

$$\dot{U}_{ab} = \dot{I}_1 Z_{ab} = (4 + j2)40 = 160 + j80 = 178,9 \angle 26,56^\circ \text{ V}$$

Trị số hiệu dụng $U_{ab} = 178,9 \text{ V}$

Dòng điện phức $\dot{I}_2$:

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{ab}}{R_2 + jX_2} = \frac{160 + j80}{40 + j40} = 3 - j1 = 3,16 \angle -18,43^\circ \text{ A}$$

Trị số hiệu dụng $I_2 = 3,16 \text{ A}$

$$\text{Dòng điện phức } \dot{I}_3 = \frac{\dot{U}_{ab}}{Z_{a'd}} = \frac{160 + j80}{40 - j40} = 1 + j3$$

Điện áp phức $\dot{U}_{cd}$

$$\dot{U}_{cd} = \dot{I}_3 Z_{cd} = (1 + j3)(40 - j80) = 280 + j40 = 282,84 \angle 8,13^\circ \text{ V}$$

Dòng điện phức $\dot{I}_4$

$$\dot{I}_4 = \frac{\dot{U}_{cd}}{R_4} = \frac{280 + j40}{200} = 1,4 + j0,2 = 1,41 \angle 8,13^\circ \text{ A}$$

Trị số hiệu dụng $I_4 = 1,41 \text{ A}$

Dòng điện phức $\dot{I}_5$

$$\dot{I}_5 = \frac{\dot{U}_{cd}}{-jX_5} = \frac{280 + j40}{-j100} = -0,4 + j2,8 = 2,83 \angle 98,13^\circ \text{ A}$$

Trị số hiệu dụng $I_5 = 2,83 \text{ A}$

Kiểm tra lại định luật Kiếchốp 1 tại nút a.

$$-\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = -(4 + j2) + (3 - j1) + (1 + j3) = 0$$

V – PHƯƠNG PHÁP DÒNG ĐIỆN NHÁNH

(ứng dụng trực tiếp hai định luật Kiếchốp)

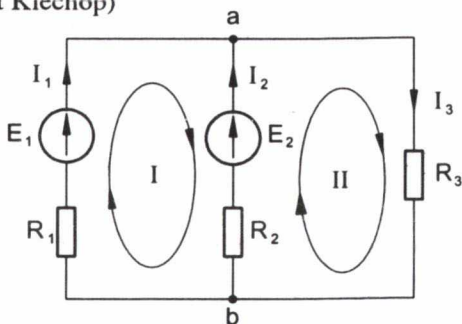
Bài số 3-9 : Cho mạch điện một chiều hình 3-9 trong đó :

$$R_1 = 1\Omega ; \quad E_1 = 10\text{V} ;$$

$$R_2 = 2\Omega ; \quad E_2 = 15\text{V}.$$

$$R_3 = 3\Omega ;$$

Tìm dòng điện trong các nhánh.



Hình 3-9

Bài giải

Mạch gồm 3 nhánh và 2 nút. Số phương trình Kiếchốp 1 là $2 - 1 = 1$. Số phương trình Kiếchốp 2 độc lập bằng số nhánh trừ đi số phương trình Kiếchốp 1 là $3 - 1 = 2$. Phương trình Kiếchốp 1 cho nút a :

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad (1)$$

Hai phương trình Kiếchốp 2 cho các mạch vòng I và II :

$$R_1 I_1 - R_2 I_2 = E_1 - E_2 \quad (2)$$

$$R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2 \quad (3)$$

Thay số được hệ 3 phương trình đại số :

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 & (1) \\ I_1 - 2I_2 = -5 & (2) \\ 2I_2 + 3I_3 = 15 & (3) \end{cases}$$

Giải hệ 3 phương trình trên ta được :

$$I_2 = 2,72 \text{ A} ; I_3 = 3,16 \text{ A} ; I_1 = 0,44 \text{ A}$$

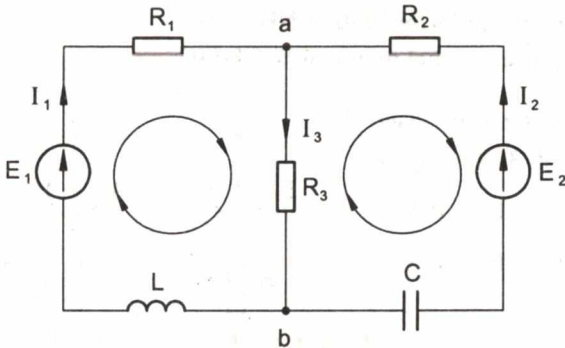
Kiểm tra lại định luật Kiếchốp 1 cho nút a : $2,72 + 0,44 - 3,16 = 0$

Bài số 3-10 : Cho mạch điện xoay chiều (hình 3-10) , trong đó :

$$e_1 = 50\sqrt{2} \sin(\omega t + 45^\circ) \text{ V} ; e_2 = 50\sqrt{2} \sin(\omega t - 135^\circ) \text{ V}$$

$$R_1 = R_2 = 8 \Omega ; \omega L = \frac{1}{\omega C} = 6 \Omega ; R_3 = 3,125 \Omega$$

Tìm dòng điện trong các nhánh.



Hình 3-10

Bài giải

Chọn chiều dòng điện như hình 3-10.

Biểu diễn các giá trị của nguồn và tải dưới dạng số phức :

$$\dot{E}_1 = 50e^{j45^\circ} = (35,4 + j35,4) \text{ V}$$

$$\dot{E}_2 = 50e^{-j135^\circ} = (-35,4 - j35,4) \text{ V}$$

$$Z_1 = R_1 + j\omega L = (8 + j6) \Omega$$

$$Z_2 = R_2 - j\frac{1}{\omega C} = (8 - j6) \Omega ; Z_3 = R_3 = 3,125 \Omega$$

Viết phương trình định luật Kiếchốp 1 và 2 cho các ẩn số là dòng điện nhánh như sau :

$$\dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 \quad (1)$$

$$Z_1 \dot{I}_1 + Z_3 \dot{I}_3 = \dot{E}_1 \quad (2)$$

$$-Z_2 \dot{I}_2 - Z_3 \dot{I}_3 = -\dot{E}_2 \quad (3)$$

Thay số ta được :

$$\dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 ;$$

$$(8 + j6)\dot{I}_1 + 3,125 \dot{I}_3 = 35,4 + j35,4$$

$$-(8 - j6)\dot{I}_2 - 3,125 \dot{I}_3 = 35,4 + j35,4$$

Giải hệ phương trình trên ta tìm được dòng điện phức các nhánh :

$$\dot{I}_1 = 4,78 + j1,95 = 5,16 \angle 22,19^\circ \text{ A} ;$$

$$\dot{I}_2 = -1,95 - j4,78 = 5,16 \angle -112,19^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_3 = 2,83 - j2,83 = 4 \angle -45^\circ \text{ A}$$

Trị số hiệu dụng dòng điện các nhánh :

$$I_1 = 5,16 \text{ A} ; I_2 = 5,16 \text{ A} ; I_3 = 4 \text{ A}$$

VI – PHƯƠNG PHÁP DÒNG ĐIỆN VÒNG

Bài số 3-11 : Giải mạch điện một chiều bài 3-9 bằng phương pháp dòng điện vòng.

Bài giải

Bài toán gồm 2 vòng độc lập có chiều như hình 3-11.

Phương trình dòng điện vòng là :

$$R_{11}I_{v1} - R_{12}I_{v2} = \sum_{v1} E$$

$$-R_{21}I_{v1} + R_{22}I_{v2} = \sum_{v2} E$$

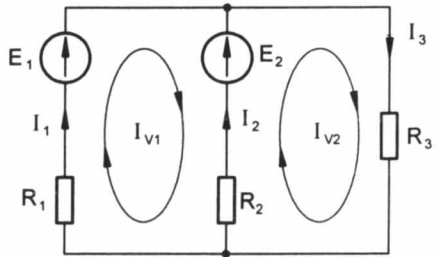
$$R_{11} = R_1 + R_2 = 1 + 2 = 3 \Omega$$

$$R_{12} = R_{21} = R_2 = 2 \Omega$$

$$R_{22} = R_2 + R_3 = 2 + 3 = 5 \Omega$$

$$\sum_{v1} E = E_1 - E_2 = 10 - 15 = -5 \text{ V}$$

$$\sum_{v2} E = E_2 = 15 \text{ V}$$



Hình 3-11

Ta được hệ 2 phương trình :

$$3I_{v1} - 2I_{v2} = -5$$

$$-2I_{v1} + 5I_{v2} = 15$$

Giải hệ ta có :

$$I_{v1} = 0,44 \text{ A} ; I_{v2} = 3,16 \text{ A}$$

Dòng điện trong các nhánh được tính theo các dòng điện vòng :

$$I_1 = I_{v1} = 0,44 \text{ A}$$

$$I_3 = I_{v2} = 3,16 \text{ A}$$

$$I_2 = I_{v2} - I_{v1} = 3,16 - 0,44 = 2,72 \text{ A}$$

Kết quả tính toán trùng với kết quả trong bài số 3-9.

Bài số 3-12 : Cho mạch điện như hình 3-12, biết :

$$Z_1 = j60 \Omega ; Z_2 = j30 \Omega ; Z_3 = 1000 \Omega ;$$

$$\dot{E}_1 = (182 - j36) \text{ V}$$

$$\dot{E}_2 = (209 + j249) \text{ V. Tìm dòng điện trong các nhánh.}$$

Bài giải

Chọn chiều I_{v1} và I_{v2} như hình vẽ. Viết hệ phương trình dòng điện vòng cho mạch điện.

$$Z_{11}\dot{I}_{v1} + Z_{12}\dot{I}_{v2} = \dot{E}_{v1}$$

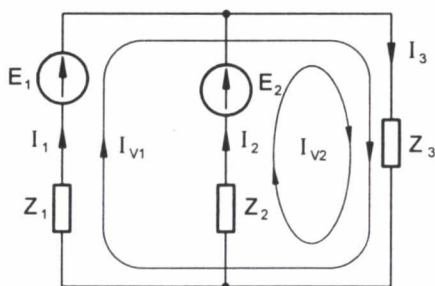
$$Z_{21}\dot{I}_{v1} + Z_{22}\dot{I}_{v2} = \dot{E}_{v2}$$

$$Z_{11} = Z_1 + Z_3 = 1000 + j60 \, \Omega$$

$$Z_{22} = Z_2 + Z_3 = 1000 + j30 \, \Omega$$

$$Z_{12} = Z_{21} = Z_3 = 1000 \, \Omega$$

$$\dot{E}_{v1} = \dot{E}_1; \dot{E}_{v2} = \dot{E}_2$$



Hình 3-12

Giải hệ phương trình dòng điện vòng ta có :

$$\dot{I}_{v1} = -0,679 \angle -27^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_{v2} = 0,845 \angle -20,9^\circ \text{ A}$$

Cuối cùng ta tìm được dòng điện phức trong các nhánh :

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_{v1} = -0,679 \angle -27^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_{v2} = 0,845 \angle -20,9^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_{v1} + \dot{I}_{v2} \approx 0,2 \text{ A}$$

Trị số hiệu dụng các dòng điện là :

$$I_1 = 0,679 \text{ A}; I_2 = 0,845 \text{ A}; I_3 = 0,2 \text{ A}$$

VII – PHƯƠNG PHÁP ĐIỆN ÁP HAI NÚT

Bài số 3-13 : Cho mạch điện một chiều trên hình 3-13.

Tìm dòng điện trong các nhánh.

$$\text{Cho } E_1 = 15\text{V},$$

$$E_2 = 16\text{V},$$

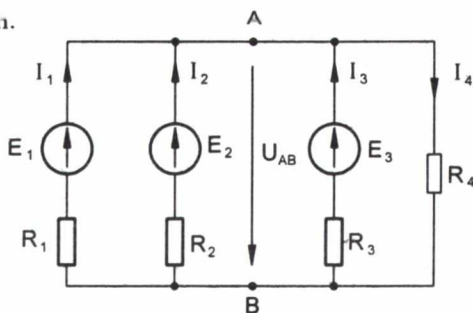
$$E_3 = 16\text{V}$$

$$R_1 = 1\Omega,$$

$$R_2 = 3\Omega,$$

$$R_3 = 2\Omega,$$

$$R_4 = 1\Omega$$



Hình 3-13

Bài giải

Trước hết tính điện áp U_{AB} :

$$U_{AB} = \frac{\sum EY}{\sum Y} = \frac{E_1 \frac{1}{R_1} + E_2 \frac{1}{R_2} + E_3 \frac{1}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{15 + 16\frac{1}{3} + 16\frac{1}{2}}{1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{2} + 1} = 10 \text{ V}$$

Dòng điện trong các nhánh

$$I_1 = \frac{E_1 - U_{AB}}{R_1} = \frac{15 - 10}{1} = 5 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{E_2 - U_{AB}}{R_2} = \frac{16 - 10}{3} = 2 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{E_3 - U_{AB}}{R_3} = \frac{16 - 10}{2} = 3 \text{ A}$$

$$I_4 = \frac{U_{AB}}{R_4} = \frac{10}{1} = 10 \text{ A}$$

Thử lại định luật Kierchhoff 1 tại nút A :

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 = 5 + 2 + 3 - 10 = 0$$

Bài số 3-14 : Giải bài số 3-10 (hình 3-14) bằng phương pháp điện áp 2 nút.

Bài giải

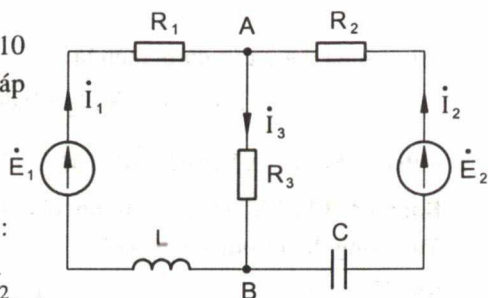
Đầu tiên ta tính điện áp $\dot{U}_{AB}$:

$$\dot{U}_{AB} = \frac{\sum \dot{E}Y}{\sum Y} = \frac{\dot{E}_1 Y_1 + \dot{E}_2 Y_2}{Y_1 + Y_2 + Y_3}$$

$$Y_1 = \frac{1}{Z_1} = \frac{1}{8 + j6} = (0,08 - j0,6) ; \dot{E}_1 = 35,4 + j35,4$$

$$Y_2 = \frac{1}{Z_2} = \frac{1}{8 - j6} = (0,08 + j0,6) ; \dot{E}_2 = -35,4 - j35,4$$

$$Y_3 = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{3,125} = 0,32$$



Hình 3-14

Thay số ta được :

$$\dot{U}_{AB} = (8,83 - j8,83) = 12,48 \angle -45^\circ \text{ V}$$

$$I_1 = \frac{\dot{E}_1 - \dot{U}_{AB}}{Z_1} = \frac{(35,4 + j35,4 - 8,83 + j8,83)}{8 + j6}$$

$$= 4,78 + j1,95 = 5,16 \angle 22,19^\circ \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{\dot{U}_{AB}}{R_3} = \frac{(8,83 - j8,83)}{3,125} = 2,83 - j2,83 = 4 \angle -45^\circ \text{ A}$$

$$I_2 = I_3 - I_1 = (2,83 - j2,83 - j1,95 - 4,78)$$

$$= -1,95 - j4,78 = 5,16 \angle -112,19^\circ \text{ A}$$

Trị số hiệu dụng là :

$$U_{AB} = 12,48 \text{ V}$$

$$I_1 = 5,16 \text{ A}$$

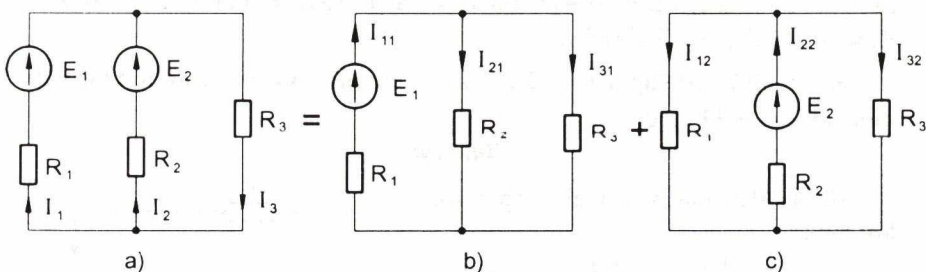
$$I_2 = 5,16 \text{ A}$$

$$I_3 = 4 \text{ A}$$

Kết quả này phù hợp với kết quả giải theo phương pháp dòng điện nhánh ở bài số 3-10.

VIII – PHƯƠNG PHÁP XẾP CHỒNG

Bài số 3-15 : Hãy giải mạch điện bài số 3-9 (hình 3-15a) bằng phương pháp xếp chồng.



Hình 3-15

Bài giải

Trước hết hãy tính dòng điện trong các nhánh khi chỉ có sdd E_1 tác động (coi $E_2 = 0$ hình 3-15b) :

$$I_{11} = \frac{E_1}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} = 4,54 \text{ A}$$

$$I_{21} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} I_{11} = 2,73 \text{ A}$$

$$I_{31} = \frac{R_2}{R_2 + R_3} I_{11} = 1,81 \text{ A}$$

Sau đó tính dòng điện trong các nhánh khi chỉ có sđđ E_2 tác động (coi $E_1 = 0$, hình 3-15c). Kết quả được :

$$I_{22} = 5,45 \text{ A} ; I_{12} = 4,09 \text{ A} ; I_{32} = 1,36 \text{ A}$$

Dựa vào kết quả tính toán các sơ đồ 3-15b, 3-15c, căn cứ vào chiều dòng điện trong các nhánh ở sơ đồ 3-15a, ta tính được :

$$I_1 = I_{11} - I_{12} = 4,54 - 4,09 = 0,45 \text{ A}$$

$$I_2 = I_{22} - I_{21} = 5,45 - 2,73 = 2,72 \text{ A}$$

$$I_3 = I_{31} + I_{32} = 1,81 + 1,36 = 3,17 \text{ A}$$

Kiểm tra lại định luật Kiechốp 1 cho nút a : $-0,45 - 2,72 + 3,17 = 0$

IX – NGUỒN ĐIỆN KHÔNG SIN

Bài số 3-16 : Để giảm sự đập mạch của điện áp trên tải R_t người ta dùng bộ lọc R – C nối vào sau bộ chỉnh lưu (hình 3-16). Ta biết điện áp ra của bộ chỉnh lưu $u = 70 + 60 \sin \omega t \text{ V}$; điện trở $R = 1000 \Omega$; $C = 10 \mu\text{F}$; $R_t = 10.000 \Omega$; $\omega = 314 \text{ rad/s}$.

Xác định hệ số đập mạch (là tỷ số biên độ điều hoà bậc cao trên điện áp một chiều) sau khi lọc.

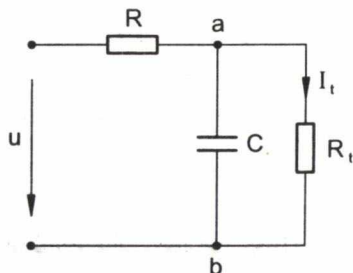
Bài giải

Hệ số đập mạch của điện áp trước khi lọc :

$$K = \frac{U_{1\max}}{U_0} = \frac{60}{70} = 0,857$$

Trước hết cho thành phần một chiều tác động vào mạch. Điện trở của mạch đối với dòng điện một chiều là :

$$R + R_t = 1000 + 10.000 = 11000 \Omega$$



Hình 3-16

Dòng điện một chiều qua tải :

$$I_{to} = \frac{U_o}{R + R_t} = \frac{70}{11000} \text{ A}$$

Thành phần điện áp một chiều trên tải :

$$U_{to} = R_t \cdot I_{to} = 10.000 \frac{70}{11.000} = 63,6 \text{ V}$$

Thành phần xoay chiều bậc 1 tác động vào mạch. Tổng trở của mạch đối với thành phần xoay chiều bậc 1 là :

$Z_1 = R + Z_{ab}$, trong đó Z_{ab} là tổng trở tương đương của nhánh C và R_t nối song song.

$$Z_{ab} = \frac{R_t \cdot \left(-j \frac{1}{\omega C} \right)}{R_t - j \frac{1}{\omega C}} = \frac{10.000(-j318)}{10.000 - j318} \approx 10 - j318 \Omega$$

$$Z_1 = R + Z_{ab} = 1010 - j318 \Omega$$

$$z_1 = \sqrt{1010^2 + 318^2} = 1060 \Omega$$

Biên độ dòng điện xoay chiều bậc 1 :

$$I_{lmax} = \frac{U_{lmax}}{z_1} = \frac{60}{1060} \text{ A}$$

Vậy biên độ thành phần điện áp xoay chiều đặt lên tải :

$$U_{tlmax} = I_{lmax} Z_{ab} = \frac{60}{1060} \cdot 318 = 18 \text{ V}$$

Hệ số đập mạch của điện áp sau khi lọc :

$$K' = \frac{U_{tlmax}}{U_{to}} = \frac{18}{63,6} = 0,283$$

Bài số 3-17. Một cuộn dây có điện trở $R = 10\Omega$ và $L = 35\text{mH}$ được đặt vào điện áp :

$$u = 59,6 \sin \omega t + 10,7 \sin 3\omega t + 1,97 \sin 7\omega t \text{ V ;}$$

$$\omega = 314 \text{ rad/s.}$$

a) Tìm biểu thức dòng điện trong mạch.

b) Xác định hệ số công suất của mạch.



Hình 3-17

Bài giải

a) Cho thành phần bậc 1 tác động vào mạch. Tổng trở của mạch với thành phần điều hoà bậc 1.

$$Z_1 = R + j\omega L = 10 + j314 \cdot 35 \cdot 10^{-3} = 14,87 e^{j47^\circ 45'} \Omega$$

$$I_{1\max} = \frac{\dot{U}_{1\max}}{Z_1} = \frac{59,6 e^{j0}}{14,87 e^{j47^\circ 45'}} = 4,01 e^{-j47^\circ 45'} \text{ A}$$

Trị số tức thời $i = 4,01 \sin(\omega t - 47^\circ 45') \text{ A}$

– Cho thành phần bậc 3 tác động vào mạch ta có tổng trở của mạch đối với thành phần bậc 3 :

$$Z_3 = R + j3\omega L = 10 + j3 \cdot 314 \cdot 35 \cdot 10^{-3} = 34,45 e^{j73^\circ 10'} \Omega$$

$$I_{3\max} = \frac{\dot{U}_{3\max}}{Z_3} = \frac{10,7 e^{j0}}{34,45 e^{j73^\circ 10'}} = 0,31 e^{-j73^\circ 10'} \text{ A}$$

$$i_3 = 0,31 \sin(3\omega t - 73^\circ 10') \text{ A}$$

– Cho thành phần bậc 7 tác động vào mạch. Tổng trở của mạch đối với thành phần bậc 7.

$$Z_7 = R + j7\omega L = 10 + j7 \cdot 314 \cdot 35 \cdot 10^{-3} = 77,6 e^{j82^\circ 35'} \Omega$$

$$I_{7\max} = \frac{\dot{U}_{7\max}}{Z_7} = \frac{1,97 e^{j0}}{77,6 e^{j82^\circ 35'}} = 0,025 e^{-j82^\circ 35'} \text{ A}$$

$$i_7 = 0,025 \sin(7\omega t - 82^\circ 35') \text{ A}$$

Tổng hợp kết quả ta được dòng điện tức thời trong mạch i :

$$i = i_1 + i_3 + i_7 = 4,01 \sin(\omega t - 47^\circ 45') + \\ + 0,31 \sin(3\omega t - 73^\circ 10') + 0,025 \sin(7\omega t - 82^\circ 35')$$

b) Hệ số công suất của mạch tính như sau :

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI}$$

$$\text{Trong đó : } U = \sqrt{U_1^2 + U_3^2 + U_7^2} = \sqrt{\frac{59,6^2 + 10,7^2 + 1,97^2}{2}} = 43 \text{ V}$$

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_7^2} = \sqrt{2,83^2 + 0,22^2 + 0,018^2} = 2,84 \text{ A}$$

$$P = RI^2 = 10 \cdot 2,84^2 = 80,6 \text{ W}$$

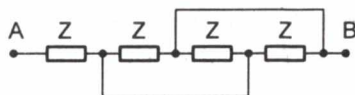
$$\cos \varphi = \frac{P}{UI} = \frac{80,6}{43 \cdot 2,84} = 0,66$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHO ĐÁP ÁN

Hãy trả lời bằng cách đánh dấu (x) vào (□)

3-18. Tính tổng trở tương đương đoạn mạch AB (hình 3-18). Tìm đáp án đúng.

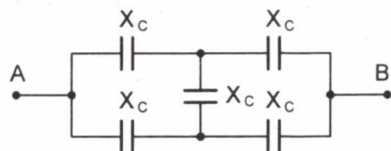
- a) $2Z$ □ ; c) $\frac{4}{3}Z$ □
 b) Z □ ; d) $\frac{Z}{2}$ □



Hình 3-18

3-19. Tính tổng trở tương đương của đoạn mạch AB (hình 3-19). Tìm đáp án đúng.

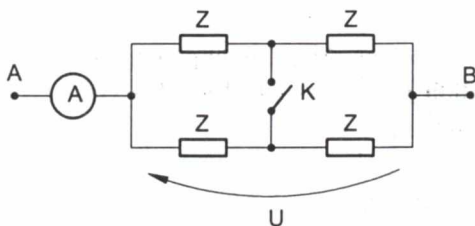
- a) $-j2X_C$ □ ; c) $-j\frac{X_C}{5}$ □
 b) jX_C □ ; d) $-jX_C$ □



Hình 3-19

3-20. Số chỉ của ampe kế thay đổi như thế nào nếu khoá K đóng (hình 3-20). Điện áp U không đổi. Tìm đáp án đúng.

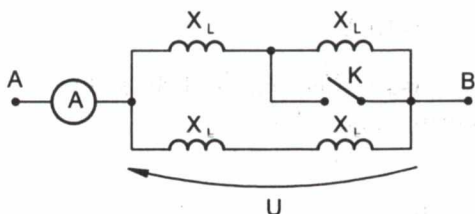
- a) Tăng 2 lần □
 b) Tăng 2 lần □
 c) Không thay đổi □
 d) Tăng 3 lần □



Hình 3-20

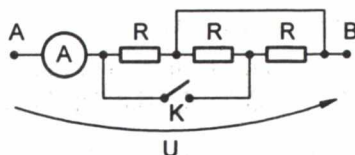
3-21. Trước khi đóng K ampe kế chỉ 3A (hình 3-21). Xác định số chỉ của ampe kế sau khi đóng khoá K. Điện áp U không đổi. Tìm đáp án đúng.

- a) 9A □ ; c) 3A □ ;
 b) 6A □ d) 4,5 A □



Hình 3-21

3-22. Trước khi đóng khoá K ampe kế chỉ 3A (hình 3-22). Xác định số chỉ của ampe kế sau khi đóng K. Điện áp U không đổi. Tìm đáp án đúng.

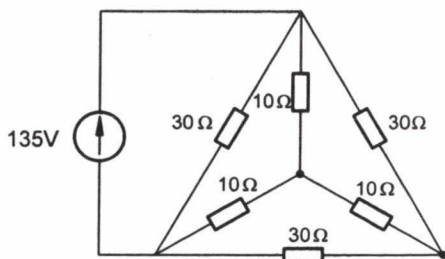


Hình 3-22

- a) ∞ ☐ ; c) 9A ☐
 b) 2A ☐ ; d) 4A ☐

3-23. Tính dòng điện I trong hình 3-23. Thông số sơ đồ cho trên hình vẽ. Tìm đáp án đúng.

- a) 13,5A ☐ ; b) 9A ☐
 b) 4,5A ☐ ; d) 3A ☐



Hình 3-23

3-24. Các thông số của mạch hình 3-24 :

$$R_1 = R_2 = R_r = 20 \Omega ;$$

$$X_C = X_L = 20 \Omega ;$$

$$e = 200 \sqrt{2} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right).$$

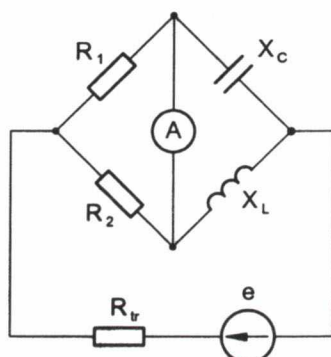
Bỏ qua tổng trở ampe kế. Xác định số chỉ của ampe kế. Tìm đáp án đúng.

a) 20A ☐

b) 30A ☐

c) $10\sqrt{2} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right)$ ☐

d) 10 A ☐



Hình 3-24

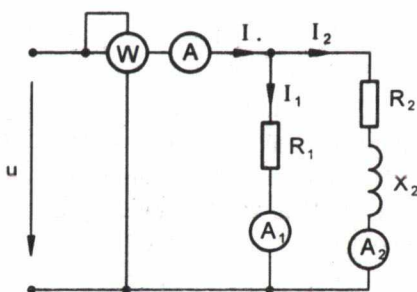
3-25. Cho mạch điện xoay chiều (hình 3-25) :

$$R_1 = 10\Omega ;$$

$$R_2 = 6\Omega ;$$

$$X_2 = 8\Omega ;$$

$$u = 127\sqrt{2} \sin \omega t$$



Hình 3-25

Xác định số chỉ của các dụng cụ. Viết biểu thức tức thời và biểu diễn số phức các dòng điện. Tìm đáp án sai.

a) $I_1 = 12,7$; $\dot{I}_1 = 12,7e^{j0^\circ}$; $i_1 = 12,7 \sqrt{2} \sin \omega t$ A ☐

- b) $I_2 = 12,7$; $\dot{I}_2 = 12,7e^{-j53,13^\circ}$; $i_2 = 12,7 \sqrt{2} \sin(\omega t - 53,13^\circ)$ A ☐
- c) $I = 22,7$; $\dot{I} = 22,7e^{-j26,5^\circ}$; $i = 22,7 \sqrt{2} \sin(\omega t - 26,5^\circ)$ A ☐
- d) $P = 1580W$ ☐

3-26. Trên sơ đồ hình 3-26, biết ampe kế A_1 chỉ 0,

$U = 100$ V ;

$R_1 = 50 \Omega$;

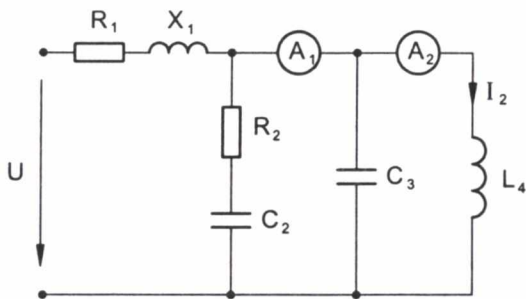
$X_1 = 100\Omega$

$R_2 = 30\Omega$;

$\frac{1}{\omega C_2} = 40\Omega$;

$C_3 = 20 \mu F$;

$\omega L_4 = 25\Omega$.



Hình 3-26

Xác định số chỉ của ampe kế A_2 .

Tìm đáp án đúng.

a) $I_2 = 0,707$ A ☐

c) $I_2 = 3$ A ☐

b) $I_2 = 2$ A ☐

d) $I_2 = 1,375$ A ☐

3-27. Cho mạch điện trên hình 3-27.

Khi chưa có tụ điện các dụng cụ đo chỉ $P = 1200W$; $I = 11A$; $U = 220$ V.

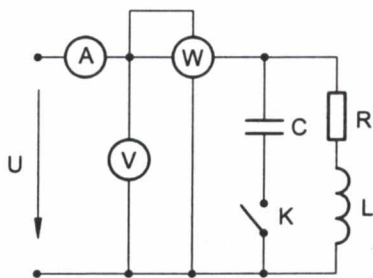
Xác định hệ số công suất $\cos\varphi$ ở tình trạng này. Khi nối tụ C vào mạch thì hệ số công suất $\cos\varphi' = 0,91$. Tính Q_C .
Tìm đáp án đúng.

a) $\cos\varphi = 0,496$; $Q_C = -1554$ VAr ☐

b) $\cos\varphi = 0,673$; $Q_C = -1531$ VAr ☐

c) $\cos\varphi = 0,496$; $Q_C = 1554$ VAr ☐

d) $\cos\varphi = 0,696$; $Q_C = 2015$ VAr ☐



Hình 3-27

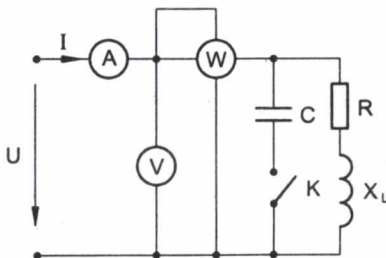
3-28. Cho mạch điện như sơ đồ hình 3-28. Các số đo ở 2 chế độ như sau :

a) Khi nối tụ điện :

$I = 115$ A ; $P = 665$ kW ; $U = 6,4$ kV.

b) Khi cắt tụ điện :

$I = 166$ A ; $P = 623$ kW ; $U = 6,2$ kV



Hình 3-28

Tính thông số R , X của tải, trị số của tụ điện C . Tìm đáp án sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) $R = 22,6 \Omega$ ☐

c) $C = 93,4 \mu F$

☐

b) $X = 29,7 \Omega$ ☐

3-29. Tính tổng trở phức Z_{AB} , cho biết :

$R_1 = 13 \Omega$; $R_2 = 3 \Omega$;

$X_L = 18 \Omega$; $X_C = 6 \Omega$.

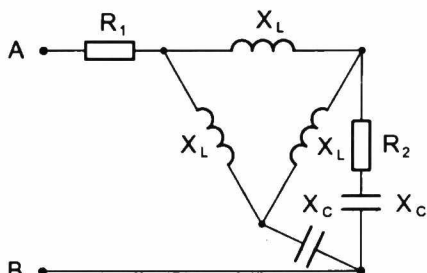
Tìm đáp án đúng.

a) $4 + j3$ ☐

b) $4 - j3$ ☐

c) $13 + j6$ ☐

d) $10 + j21$ ☐



Hình 3-29

3-30. Tính tổng trở phức Z_{AB} của đoạn mạch (hình 3-30).

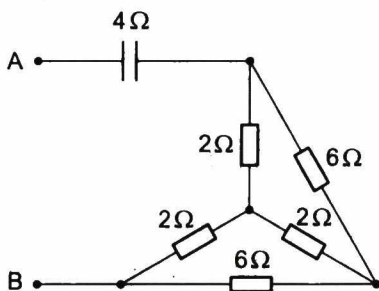
Tìm đáp án đúng.

a) $6 + j3 \Omega$ ☐

b) $6 - j4 \Omega$ ☐

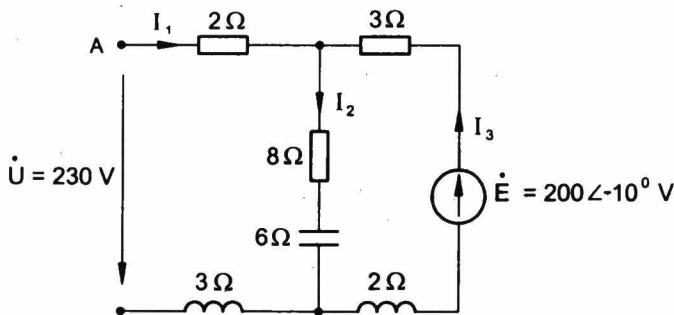
c) $3 - j4 \Omega$ ☐

d) $-j2 \Omega$ ☐



Hình 3-30

3-31. Giải mạch điện hình 3-31 bằng phương pháp dòng điện nhánh. Tìm phương trình viết sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)



Hình 3-31

- a) $\dot{I}_1 - \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 0$ ☐
- b) $(2 + j3).\dot{I}_1 + (8 - j6).\dot{I}_2 = 230\angle 0^\circ$ ☐
- c) $(2 + j3)\dot{I}_1 - (3 + j2).\dot{I}_3 = -230\angle 0^\circ - 200\angle -10^\circ$ ☐

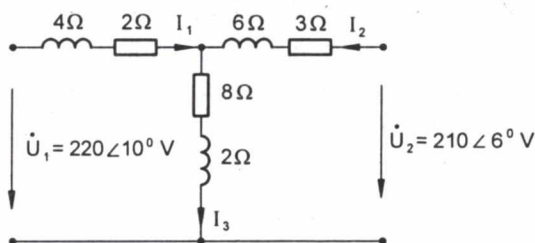
3-32. Giải mạch điện hình 3-32 bằng phương pháp dòng điện mạch vòng

$$\dot{U}_1 = 220\angle 10^\circ \text{ V};$$

$$\dot{U}_2 = 210\angle 6^\circ \text{ V}$$

Tìm phương trình sai,

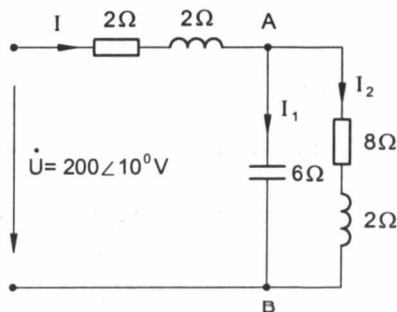
sửa lại và ghi vào chỗ (.....)



Hình 3-32

- a) $(10 + j6).\dot{I}_{v1} - (8 + j2).\dot{I}_{v2} = 220\angle 10^\circ$ ☐
- b) $(11 + j8).\dot{I}_{v2} - (8 + j2).\dot{I}_{v1} = -210\angle 6^\circ$ ☐
- c) $\dot{I}_1 = \dot{I}_{v1}; \dot{I}_2 = -\dot{I}_{v2}$ ☐
- d) $\dot{I}_3 = \dot{I}_{v1} + \dot{I}_{v2}$ ☐

3-33. Giải mạch điện hình 3-33 bằng phương pháp điện áp nút. Tìm biểu thức sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)



Hình 3-33

- a) $\dot{U}_{AB} = \frac{200\angle 10^\circ \cdot \frac{1}{2 + j2}}{\frac{1}{2 + j2} + \frac{j}{6} + \frac{1}{8 + j2}}$ ☐
- b) $\dot{I} = \frac{\dot{U}_{AB} - 200\angle 0^\circ}{2 + j2}$ ☐
- c) $\dot{I}_1 = \frac{j\dot{U}_{AB}}{6}$ ☐
- d) $\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{AB}}{8 + j2}$ ☐

Chương 4

MẠCH ĐIỆN BA PHA

1. Giải mạch điện ba pha đối xứng

Đối với mạch điện ba pha đối xứng, dòng điện (điện áp) các pha có trị số hiệu dụng bằng nhau, và lệch pha nhau một góc 120° . Khi tính toán, ta tách ra một pha, từ đó suy ra dòng điện các pha còn lại.

Khi tải nối vào nguồn có điện áp dây U_d , bỏ qua tổng trở đường dây.

– Xác định cách nối dây của tải (hình sao hay hình tam giác).

– Xác định điện áp pha U_p của tải :

$$U_p = \begin{cases} \frac{U_d}{\sqrt{3}} & \text{tải nối hình sao} \\ U_d & \text{tải nối hình tam giác} \end{cases}$$

– Tổng trở pha của tải : $z_p = \sqrt{R^2 + X^2}$

– Hệ số công suất $\cos \varphi = \frac{R}{z_p} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}}$

trong đó R, X là điện trở, điện kháng của mỗi pha.

– Tính dòng điện pha I_p của tải : $I_p = \frac{U_p}{z_p}$

– Tính dòng điện dây I_d của tải :

$$I_d = \begin{cases} I_p & \text{tải nối hình sao} \\ \sqrt{3}I_p & \text{tải nối hình tam giác} \end{cases}$$

2. Giải mạch điện ba pha không đối xứng

Sử dụng các phương pháp đã học ở chương 3, giải cho từng trường hợp không đối xứng cụ thể.

3. Giải mạch điện ba pha không đối xứng có dây trung tính

Mạch gồm : 3 dây pha A, B, C và dây trung tính. Tải một pha lấy điện từ một dây pha và dây trung tính (điện áp pha). Tải các pha không giống nhau và thay đổi nhiều. Đây là mạch ba pha không đối xứng.

Bỏ qua tổng trở dây trung tính, điện thế điểm trung tính O' của tải coi là trùng với điện thế điểm trung tính O của nguồn. Khi tải các pha thay đổi, điện áp U_p trên tải hầu như vẫn giữ được bình thường, không vượt quá định mức.

Lần lượt giải từng pha riêng rẽ, tính được dòng điện các pha I_A, I_B, I_C , công suất các pha P_A, P_B, P_C . Dòng điện trong dây trung tính I_N và công suất ba pha được tính như sau :

Dòng điện trung tính :
$$\vec{I}_N = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C$$

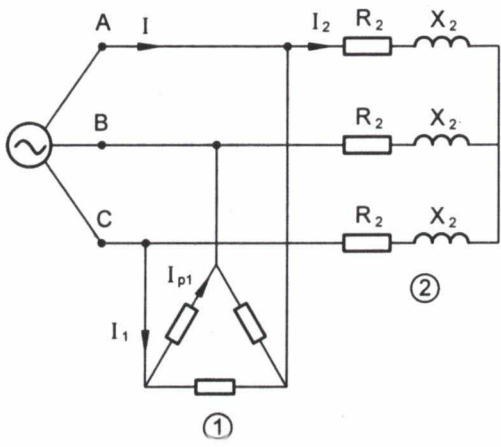
hoặc :
$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$$

Công suất ba pha :
$$P = P_A + P_B + P_C$$

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C$$

BÀI TẬP ĐÃ GIẢI

Bài số 4-1. Máy phát điện 3 pha đối xứng có điện áp dây $U_d = 1000V$, cung cấp điện cho 2 tải đối xứng (hình 4-1). Tải 1 có $I_1 = 50A, \cos\varphi_1 = 0,8$ ($\varphi_1 > 0$) ; tải 2 có $z_2 = 6\Omega, R_2 = 1\Omega$. Tính dòng điện chạy trong các tải và trên đường dây chính. Tính công suất của tải.



Hình 4-1

Bài giải

Vì tải 1 nối hình tam giác nên điện áp pha $U_{p1} = U_d = 1000V$;

Tải 2 nối hình sao, nên điện áp pha $U_{p2} = \frac{U_d}{\sqrt{3}} = \frac{1000V}{\sqrt{3}}$

– Tải 1 : Dòng điện dây $I_1 = 50A$;

Dòng điện pha $I_{p1} = \frac{I_1}{\sqrt{3}} = \frac{50}{\sqrt{3}} = 28,9A$

- Tải 2 : $I_2 = I_{p2} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot z_2} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6} = 96,22A$

$$\cos \varphi_2 = \frac{R_2}{z_2} = \frac{1}{6} = 0,167$$

Công suất tác dụng các tải là :

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_d I_1 \cos \varphi_1 = \sqrt{3} \cdot 1000 \cdot 50 \cdot 0,8 = 69280W$$

$$P_2 = 3R_2 I_{p2}^2 = 3 \cdot 1 \cdot 96,22^2 = 27775W$$

$$P = P_1 + P_2 = 97055 W$$

Công suất phản kháng :

$$Q_1 = \sqrt{3} \cdot U_d I_1 \sin \varphi_1 = \sqrt{3} \cdot 1000 \cdot 50 \cdot 0,6 = 51960 \text{ VAR}$$

$$Q_2 = 3X_2 I_{p2}^2 = 3 \cdot \sqrt{6^2 - 1^2} \cdot 96,22^2 = 164318 \text{ VAR}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 216278 \text{ VAR}$$

Công suất biểu kiến của mỗi tải :

$$S_1 = \sqrt{3} \cdot U_d I_1 = \sqrt{3} \cdot 1000 \cdot 50 = 86600VA$$

$$S_2 = \sqrt{3} \cdot U_d I_2 = \sqrt{3} \cdot 1000 \cdot 96,22 = 166653VA$$

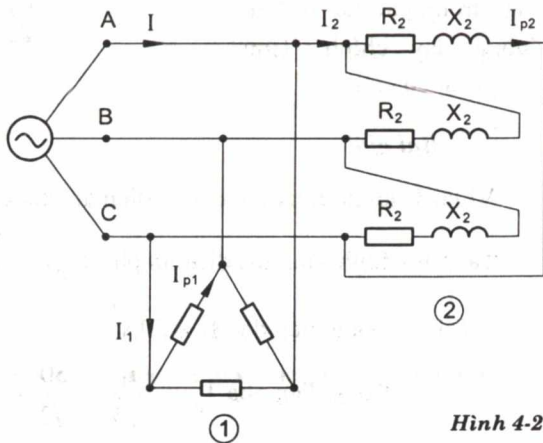
Công suất toàn phần (biểu kiến) của máy phát

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{97055^2 + 216278^2} = 237056VA$$

Không được tính $S = S_1 + S_2$ vì góc φ_1 khác φ_2 .

Dòng điện I trên đường dây chính : $I = \frac{S}{\sqrt{3} U_d} = \frac{237056}{\sqrt{3} \cdot 1000} = 136,86A$

Bài số 4-2. Máy phát điện 3 pha đối xứng có điện áp dây $U_d = 1000V$, cung cấp điện cho 2 tải đối xứng (hình 4-2). Tải 1 có $P_1 = 70kW$, $\cos \varphi_1 = 0,866$ ($\varphi_1 < 0$) ; tải 2 có $z_2 = 9\Omega$, $X_2 = 7\Omega$. Tính dòng điện chạy trong các tải và trên đường dây chính. Tính công suất của tải.



Hình 4-2

Bài giải

– Tải 1 : Dòng điện dây

$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3}U_d \cos \varphi_1} = \frac{70000}{\sqrt{3}.1000.0,866} = 46,7 \text{ A} ;$$

Dòng điện pha

$$I_{p1} = \frac{I_1}{\sqrt{3}} = \frac{46,7}{\sqrt{3}} = 27 \text{ A}$$

– Tải 2 : Dòng điện pha

$$I_{p2} = \frac{U_p}{z_2} = \frac{1000}{9} = 111,1 \text{ A}$$

Dòng điện dây

$$I_2 = \sqrt{3}I_{p2} = \sqrt{3}.111,1 = 192,4 \text{ A}$$

Hệ số công suất của tải 2 là :

$$\cos \varphi_2 = \frac{R_2}{z_2} = \frac{\sqrt{z_2^2 - X_2^2}}{z_2} = \frac{\sqrt{9^2 - 7^2}}{9} = 0,628$$

Công suất tác dụng các tải là : $P_1 = 70 \text{ kW}$

$$P_2 = \sqrt{3}U_d I_2 \cos \varphi_2 = \sqrt{3}.1000.192,4.0,628 = 209272 \text{ W}$$

$$P = P_1 + P_2 = 279272 \text{ W}$$

Công suất phản kháng :

$$Q_1 = P_1 \tan \varphi_1 = -70000 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = -40419 \text{ VAR}$$

$$Q_2 = 3X_2 I_{p2}^2 = 3.7.111,1^2 = 259207 \text{ VAR}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 218788 \text{ VAR}$$

Công suất toàn phần (biểu kiến) của máy phát :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{279272^2 + 218788^2} = 354769 \text{ VA}$$

Dòng điện I trên đường dây chính :

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U_d} = \frac{354769}{\sqrt{3}.1000} = 204,8 \text{ A}$$

Bài số 4-3. Tải 3 pha đối xứng nối sao, có $R = 3\Omega$; $X = 4\Omega$, nối vào lưới điện có $U_d = 220V$. Xác định điện áp, dòng điện và công suất của tải trong các trường hợp sau :

- 1) Bình thường.
- 2) Đứt dây pha A.
- 3) Ngắn mạch pha A.

Bài giải

1. Khi bình thường

Tải đối xứng nối hình sao (hình 4-3a). Điện áp pha của tải là :

$$U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127V$$

Tổng trở pha của tải :

$$z_p = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5\Omega$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{z} = \frac{3}{5} = 0,6 ; \sin \varphi = \frac{X}{z} = \frac{4}{5} = 0,8$$

Nối sao dòng điện dây bằng dòng điện pha :

$$I_d = I_p = \frac{U_p}{z_p} = \frac{127}{5} = 25,4A$$

Công suất tác dụng của tải 3 pha :

$$P = \sqrt{3}U_d I_d \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 25,4 \cdot 0,6 = 5807W$$

Có thể tính :

$$P = 3 R I_p^2 = 3 \cdot 3 \cdot (25,4)^2 = 5807 W$$

Công suất phản kháng của tải 3 pha :

$$Q = \sqrt{3}U_d I_d \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 25,4 \cdot 0,8 = 7742 \text{ VAR}$$

Có thể tính :

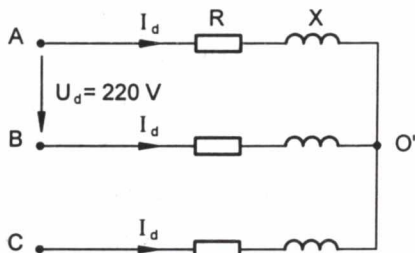
$$Q = 3 X I_p^2 = 3 \cdot 4 \cdot (25,4)^2 = 7742 \text{ VAR}$$

Công suất toàn phần của tải :

$$S = \sqrt{3}U_d I_d = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 25,4 = 9678 \text{ VA}$$

Có thể tính :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{5807^2 + 7742^2} = 9678 \text{ VA}$$



Hình 4-3a

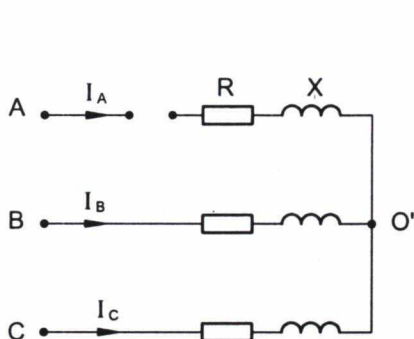
2. Khi đứt dây pha A

Tải không đối xứng, nhìn vào mạch (hình 4-3b) ta có $I_A = 0$, tải pha B và pha C nối tiếp và đặt vào điện áp dây U_{BC} .

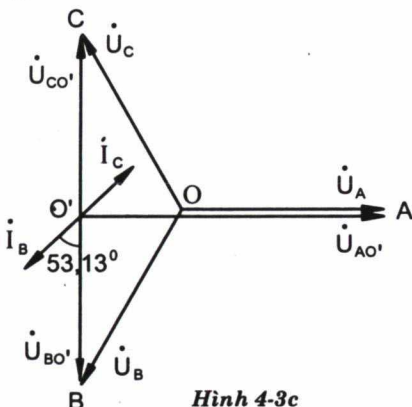
Vì tổng trở phức pha B và pha C bằng nhau nên :

$$U_{BO'} = U_{CO'} = \frac{U_d}{2} = 110V$$

$$U_{AO'} = U_d \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} 220 = 110\sqrt{3} \text{ V}$$



Hình 4-3b



Hình 4-3c

Trị số hiệu dụng dòng điện các pha là :

$$I_B = I_C = \frac{U_{BC}}{\sqrt{(2R)^2 + (2X)^2}} = \frac{220}{10} = 22A$$

Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện : $\varphi_B = \varphi_C = \arctg \frac{4}{3} = 53,13^\circ$

Đồ thị vectơ vẽ trên hình 4-3c.

Công suất tác dụng của tải :

$$P = RI_B^2 + RI_C^2 = 3.22^2 + 3.22^2 = 2904W$$

Công suất phản kháng của tải :

$$Q = XI_B^2 + XI_C^2 = 4.22^2 + 4.22^2 = 3872 \text{ VAR}$$

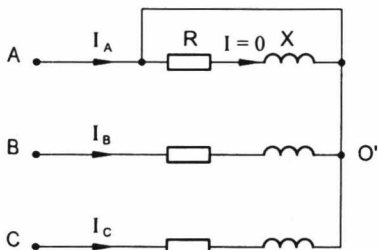
3. Khi ngắn mạch pha A

Điểm A trùng với điểm O'. Trị số hiệu dụng điện áp trên các pha tải :

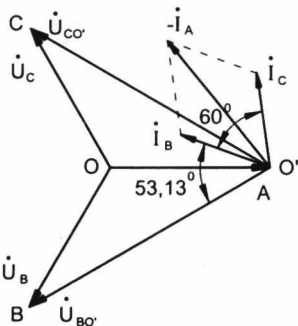
$$U_{AO'} = 0 ; U_{BO'} = U_{BA} = U_d = 220V ; U_{CO'} = U_{CA} = U_d = 220V$$

Trị số hiệu dụng dòng điện chạy trong pha B, pha C :

$$I_B = I_C = \frac{220}{\sqrt{3^2 + 4^2}} = 44 \text{ A}$$



Hình 4-3d



Hình 4-3e

Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện các pha tương ứng :

$$\varphi_B = \varphi_C = 53,13^\circ$$

Đồ thị vectơ dòng điện và điện áp trên hình 4-3e. Góc lệch pha giữa $\dot{I}_B$ và $\dot{I}_C$ là 60° .

Dòng điện pha A trên đường dây được tính như sau : $\dot{I}_A = -(\dot{I}_B + \dot{I}_C)$

Theo đồ thị, trị số hiệu dụng I_A được tính là :

$$I_A = 2I_B \cos 30^\circ = 76 \text{ A}$$

Công suất tác dụng của tải :

$$P = 3.44^2 + 3.44^2 = 11616 \text{ W}$$

Công suất phản kháng :

$$Q = 4.44^2 + 4.44^2 = 15488 \text{ VAR.}$$

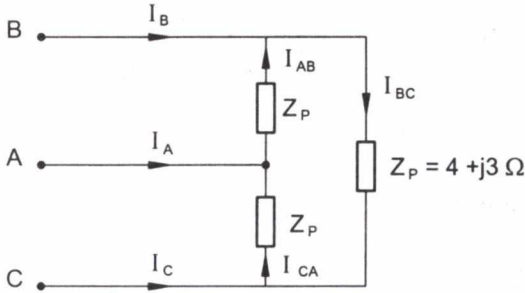
Bài số 4-4 : Cho mạch điện đối xứng (hình 4-4a) tải nối tam giác, biết tổng trở pha tải $R_p = 4\Omega$; $X_p = 3\Omega$; $U_d = 220\text{V}$.

- 1) Tính các dòng điện pha, dây, công suất P, Q của mạch khi bình thường.
- 2) Tính dòng điện pha và dây khi sự cố đứt dây pha A từ nguồn tới.
- 3) Tính dòng điện pha và dây khi đứt pha tải BC.

Bài giải

1. Khi bình thường

Tải 3 pha đối xứng (hình 4-4a)



Hình 4-4a

Tổng trở pha của tải : $z_p = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5\Omega$

Dòng điện pha : $I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = I_p = \frac{U_p}{z_p} = \frac{220}{5} = 44 \text{ A}$

Dòng điện dây : $I_A = I_B = I_C = I_d = \sqrt{3}I_p = 44\sqrt{3} \text{ A}$

Công suất tác dụng của tải 3 pha : $P = 3R_p I_p^2 = 3 \cdot 4 \cdot 44^2 = 23232 \text{ W}$

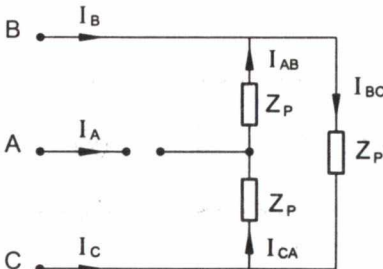
Công suất phản kháng tải 3 pha : $Q = 3X_p I_p^2 = 3 \cdot 3 \cdot 44^2 = 17424 \text{ VAR}$

Công suất biểu kiến : $S = 3U_p I_p = \sqrt{3}U_d I_d = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 44\sqrt{3} = 29040 \text{ VA}$

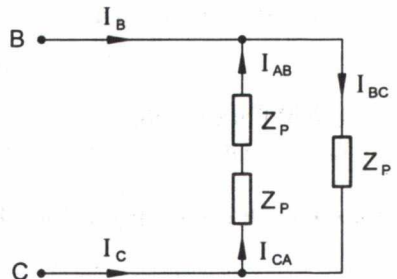
2. Trường hợp sự cố đứt dây pha A (hình 4-4b)

Dòng điện $I_A = 0$.

Để tính các dòng điện các pha còn lại, ta vẽ lại mạch như hình 4-4c. Cách giải mạch này như mạch một pha có 2 nhánh song song nối với điện áp U_{BC} .



Hình 4-4b



Hình 4-4c

Trị số hiệu dụng các dòng điện là :

$$I_{BC} = \frac{U_{BC}}{Z_p} = \frac{220}{5} = 44A$$

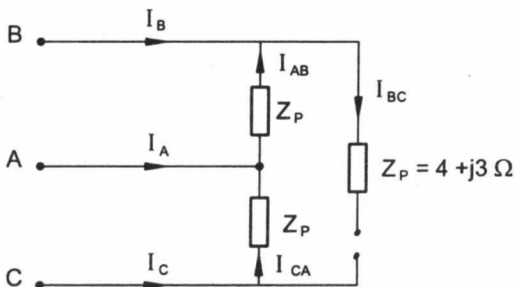
$$I_{CA} = I_{AB} = \frac{U_{BC}}{\sqrt{(R_p + R_p)^2 + (X_p + X_p)^2}} = \frac{U_{BC}}{2Z_p}$$

$$= \frac{220}{10} = 22A$$

3. Khi đứt pha BC

(hình 4-4d)

Dòng điện $I_{BC} = 0$;
vì điện áp dây không đổi
nên dòng điện I_{CA} , I_{AB} ,
 I_A bằng trị số đã tính
ở chế độ bình thường
 $I_{CA} = 44A$; $I_{AB} = 44A$;
 $I_A = 44\sqrt{3} A$.



Hình 4-4d

Vì đứt pha BC nên trị số hiệu dụng dòng điện dây I_B , I_C sẽ là :

$$I_B = I_{AB} = 44A ; I_C = I_{CA} = 44A$$

Dòng điện I_B , I_C giảm so với chế độ bình thường.

Bài số 4-5. Tải 3 pha hình sao gồm n_A , n_B , n_C bóng đèn nối song song và được nối vào mạng có điện áp dây $U_d = 220V$. Cho $n_A = 50$; $n_B = 40$; $n_C = 20$. Thông số mỗi bóng đèn $P_d = 100W$; $U_d = 127V$.

Coi điện trở đường dây và dây trung tính bằng không. Tính dòng điện dây I_A , I_B , I_C và dòng điện trong dây trung tính I_N .

1) Khi bình thường.

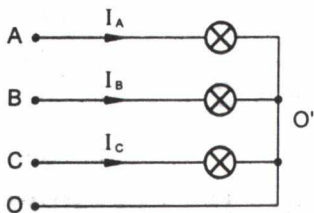
2) Khi đứt pha A của nguồn.

Bài giải

1. Khi bình thường

Khi có dây trung tính và coi điện trở đường dây và dây trung tính bằng không, mỗi đèn sẽ chịu điện áp pha (hình 4-5a).

$$U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127V$$



Hình 4-5a

Điện áp đặt lên mỗi đèn bằng điện áp định mức của đèn. Các đèn nối song song do đó công suất và điện trở mỗi pha là :

$$P_A = n_A P_d = 50.100 = 5000 \text{ W}$$

$$R_A = \frac{U_d^2}{P_A} = \frac{127^2}{5000} = 3,22 \Omega$$

$$P_B = n_B P_d = 40.100 = 4000 \text{ W}$$

$$R_B = \frac{U_d^2}{P_B} = \frac{127^2}{4000} = 4,03 \Omega$$

$$P_C = n_C P_d = 20.100 = 2000 \text{ W}$$

$$R_C = \frac{U_d^2}{P_C} = \frac{127^2}{2000} = 8,06 \Omega$$

Dòng điện trong các pha tải :

$$I_A = \frac{U_p}{R_A} = \frac{127}{3,22} = 39,44 \text{ A}$$

$$I_B = \frac{U_p}{R_B} = \frac{127}{4,03} = 31,51 \text{ A}$$

$$I_C = \frac{U_p}{R_C} = \frac{127}{8,06} = 15,76 \text{ A}$$

Dòng điện dây trung tính :

Hình 4-5b

$$\begin{aligned} \dot{I}_N &= \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 39,44 \angle 0^\circ + 31,51 \angle -120^\circ + 15,76 \angle -240^\circ \\ &= 15,81 - j13,64 = 20,9 \angle -40,78^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

Trị số hiệu dụng : $I_N = 20,9 \text{ A}$.

Đồ thị vectơ vẽ trên hình 4-5b.

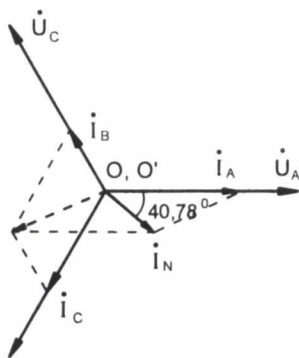
2. Khi đứt pha A

$I_A = 0$; $I_B = 31,51 \text{ A}$; $I_C = 15,76 \text{ A}$ không thay đổi so với bình thường.

$$\dot{I}_N = \dot{I}_B + \dot{I}_C = -23,63 - j13,64 = 27,28 \angle -150^\circ$$

Bài số 4-6. Tính điện áp pha đặt lên đèn trong bài 4-5 khi điện trở đường dây mỗi pha $R_d = 0,25 \Omega$ và điện trở dây trung tính $R_N = 0,5 \Omega$ (hình 4-6a) trong 2 trường hợp :

- 1) Bình thường.
- 2) Đứt dây trung tính.



Bài giải

1. Bình thường

Để tính điện áp pha trên các tải, ta tìm điện áp giữa trung tính của nguồn và tải (hình 4-6a).

Điện áp giữa trung tính của nguồn và tải :

$$\dot{U}_{O'O} = \frac{\dot{U}_A Y'_A + \dot{U}_B Y'_B + \dot{U}_C Y'_C}{Y'_A + Y'_B + Y'_C + Y_N}$$

trong đó điện áp pha của nguồn là :

$$\dot{U}_A = 127e^{j0^\circ} ; \dot{U}_B = 127e^{-j120^\circ} ; \dot{U}_C = 127e^{-j240^\circ}$$

Điện trở các pha (gồm điện trở đường dây và điện trở tải đèn).

$$R'_A = R_d + R_A = 0,25 + 3,22 = 3,47\Omega$$

$$R'_B = R_d + R_B = 0,25 + 4,03 = 4,28\Omega$$

$$R'_C = R_d + R_C = 0,25 + 8,06 = 8,31\Omega$$

Tổng dẫn các pha và trung tính :

$$Y'_A = \frac{1}{R'_A} = 0,288 \text{ S} ;$$

$$Y'_B = \frac{1}{R'_B} = 0,23 \text{ S}$$

$$Y'_C = \frac{1}{R'_C} = 0,12 \text{ S} ;$$

$$Y_N = \frac{1}{R_N} = 2 \text{ S}$$

Thay số vào tính được : $\dot{U}_{O'O} = 5,35 - j4,73 \text{ V}$

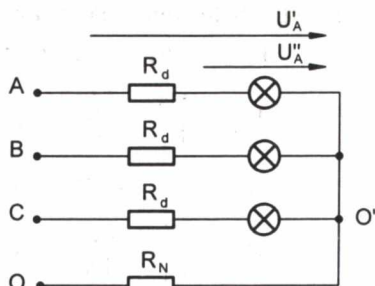
Điện áp pha đặt lên điện trở R'_A , R'_B và R'_C là :

$$\dot{U}'_A = \dot{U}_A - \dot{U}_{O'O} ; \dot{U}'_B = \dot{U}_B - \dot{U}_{O'O} ; \dot{U}'_C = \dot{U}_C - \dot{U}_{O'O}$$

Thay số vào tính được : $\dot{U}'_A = 121,65 + j4,73 = 121,7 \angle 2,22^\circ \text{ V}$

Trị số hiệu dụng $U'_A = 121,7 \text{ V}$

$$\dot{U}'_B = -68,85 - j105,27 = 125,8 \angle -123,2^\circ \text{ V}$$



Hình 4-6a

Trị số hiệu dụng $U'_B = 125,8 \text{ V}$

$$\dot{U}'_C = -68,85 + j114,73 = 133,8 \angle 120,9^\circ \text{ V}$$

Trị số hiệu dụng $U'_C = 133,8 \text{ V}$

Trị số hiệu dụng điện áp trên các đèn :

$$U''_A = U'_A \frac{R_A}{R'_A} = 121,7 \frac{3,22}{3,47} = 113 \text{ V}$$

$$U''_B = U'_B \frac{R_B}{R'_B} = 125,8 \frac{4,03}{4,28} = 118,4 \text{ V}$$

$$U''_C = U'_C \frac{R_C}{R'_C} = 133,8 \frac{8,06}{8,31} = 129,7 \text{ V}$$

Do đường dây pha và dây trung tính có tổng trở nên điện áp pha của tải không đối xứng, phân bố không đều ; trung tính của tải lệch khỏi trung tính của nguồn. Sự phân bố điện áp không đều càng thể hiện rõ khi đứt dây trung tính (sẽ xét dưới đây).

2. Không có dây trung tính (hình 4-6b).

Tính điện áp giữa điểm trung tính nguồn và tải.

$$\begin{aligned} \dot{U}_{O'O} &= \frac{\dot{U}_A Y'_A + \dot{U}_B Y'_B + \dot{U}_C Y'_C}{Y'_A + Y'_B + Y'_C} \\ &= 22 - j19,5 \text{ V} \end{aligned}$$

Quá trình tính như trên ta có trị số hiệu dụng điện áp pha đặt lên điện trở đường dây và đèn là :

$$U'_A = 106,8 \text{ V} ; U'_B = 124,5 \text{ V} ;$$

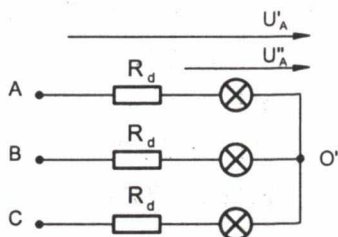
$$U'_C = 155,2 \text{ V}$$

Trị số hiệu dụng điện áp trên các đèn :

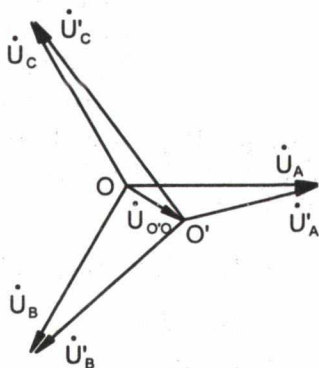
$$U''_A = U'_A \frac{R_A}{R'_A} = 106,8 \frac{3,22}{3,47} = 99 \text{ V}$$

$$U''_B = U'_B \frac{R_B}{R'_B} = 124,5 \frac{4,03}{4,28} = 117,2 \text{ V}$$

$$U''_C = U'_C \frac{R_C}{R'_C} = 155,2 \frac{8,06}{8,31} = 150,5 \text{ V}$$



Hình 4-6b



Hình 4-6c

Đồ thị vectơ điện áp vẽ trên hình 4-6c. Từ kết quả tính toán và đồ thị thấy rõ, điểm trung tính tải lệch xa khỏi điểm trung tính nguồn, điện áp trên các pha tải U_A'' , U_B'' , U_C'' chênh lệch nhau nhiều. So sánh với bài 4-5, ta thấy rõ vai trò của dây trung tính giữ cho điện áp pha của tải hầu như ít thay đổi khi tải không đối xứng.

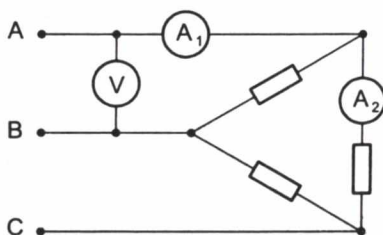
CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHO ĐÁP ÁN

Hãy trả lời bằng cách đánh dấu (x) vào ()

4-7. Tải 3 pha đối xứng $R = 11\Omega$ nối hình tam giác (hình 4-7). Biết số chỉ của ampe kế A_1 là 34,64 A.

Tính số chỉ của ampe kế A_2 , vôn kế V và công suất P, Q của tải. Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

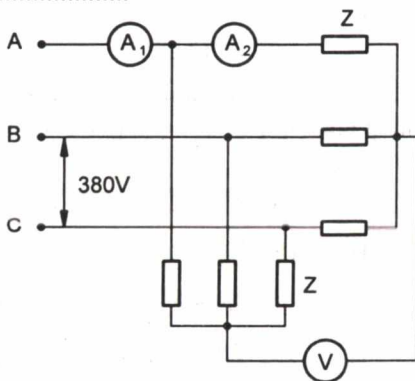
- a) $I_{A2} = 20A$ ☐
- b) $U = 220 V$ ☐
- c) $P = 13200 W$ ☐
- d) $Q = 13200 VAr$ ☐



Hình 4-7

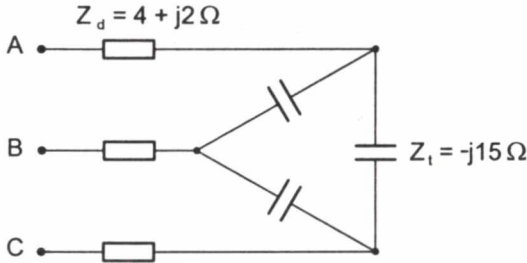
4-8. Hai tải nối hình sao đối xứng, tổng trở mỗi pha tải $Z = 12 + j16\Omega$ (hình 4-8). Xác định số chỉ của ampe kế và vôn kế khi biết điện áp dây nguồn $U_d = 380V$. Tính công suất P, Q của mạch. Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

- a) $I_{A1} = 22A$; $I_{A2} = 11A$ ☐
- b) $U_V = 0 V$ ☐
- c) $P = 8712 W$ ☐
- d) $Q = -11616 VAr$ ☐



Hình 4-8

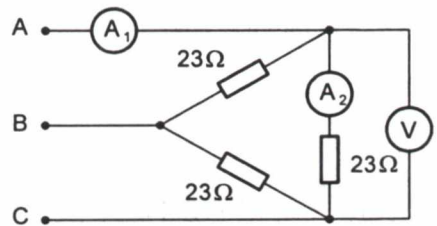
4-9. Một mạch điện 3 pha đối xứng, tổng trở đường dây $Z_d = R + jX_L = 4 + j2\Omega$. Tải nối tam giác, tổng trở pha tải $Z_t = -jX_C = -j15\Omega$. Điện áp dây nguồn $U_d = 220V$. Tính dòng điện dây, dòng điện pha, công suất tổn hao trên đường dây, công suất phản kháng Q_C của tải và công suất toàn mạch P, Q . Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)



Hình 4-9

- a) $I_d = 25,4 \text{ A}$; $I_p = 14,66 \text{ A}$ ☐
- b) $\Delta P = 3870,96 \text{ W}$ ☐
- c) $Q_C = -9677,4 \text{ VAr}$ ☐
- d) $P = 7741,92 \text{ W}$; $Q = -5806,44 \text{ VAr}$ ☐

4.10. Mạch 3 pha tải đối xứng nối tam giác. Ở tình trạng bình thường ampe kế 1 chỉ $I_1 = 17,32A$. Xác định số chỉ của ampe kế 2, vôn kế ở tình trạng bình thường. Khi đường dây pha C bị đứt, xác định số chỉ của vôn kế và ampe kế trong trường hợp này. Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)



Hình 4-10

- a) Bình thường $U = 230 \text{ V}$; $I_2 = 10A$ ☐
- b) Sự cố $U = 115 \text{ V}$; ☐
- c) Sự cố $I_1 = 15A$; ☐
- d) Sự cố $I_2 = \frac{10}{\sqrt{2}} \text{ A}$ ☐

4.11. Cho mạch điện 3 pha (hình 4-11), tải đối xứng nối sao $R = 60\Omega$; $X_L = 80\Omega$; $U_d = 380V$.

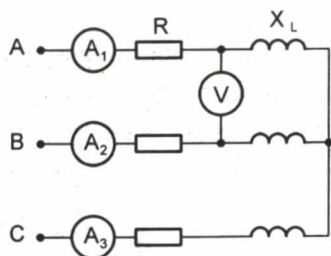
Tính số chỉ của vôn kế, ampe kế. Tìm đáp án sai, sửa và ghi vào chỗ (.....)

a) $U = 260V$ ☐

b) $I_3 = 2,2A$ ☐

c) $I_2 = 2,2A$ ☐

d) $I_1 = 2,2A$ ☐



Hình 4-11

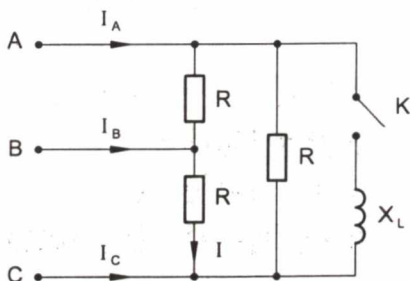
4-12. Mạch 3 pha đối xứng, tổng trở nối tam giác (hình 4-12). Dòng điện thay đổi thế nào sau khi đóng khoá K. Biết $X_L = R$. Tìm đáp án sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) I_A tăng ☐

b) I_B không đổi ☐

c) I_C tăng ☐

d) I không đổi ☐



Hình 4-12

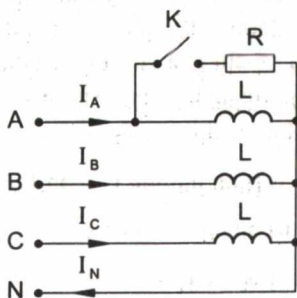
4-13. Mạch 3 pha đối xứng, tổng trở nối sao (hình 4-13). Dòng điện thay đổi thế nào sau khi đóng khoá K. Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) I_A tăng ☐

b) I_B không đổi ☐

c) I_C không đổi ☐

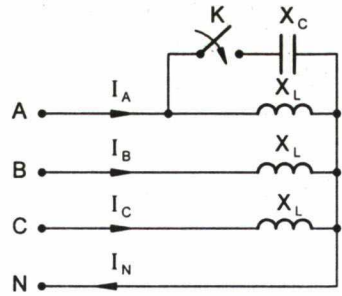
d) I_N không đổi ☐



Hình 4-13

4-14. Mạch 3 pha đối xứng, tổng trở nối sao (hình 4-14). Dòng điện thay đổi thế nào sau khi đóng khoá K. Biết $X_L = X_C$. Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

- a) I_A tăng ☐.....
 b) I_B không đổi ☐.....
 c) I_C không đổi ☐.....
 d) I_N tăng ☐.....



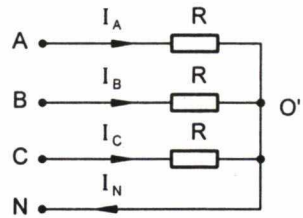
Hình 4-14

4-15. Mạch điện 3 pha 4 dây nguồn đối xứng (hình 4-15). Trước khi đứt pha A dòng điện I_N bằng bao nhiêu? Dòng điện sẽ thay đổi như thế nào khi đứt pha A. Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

- a) Trước khi đứt pha A :
 $I_N = 0$ ☐.....

Sau khi đứt pha A :

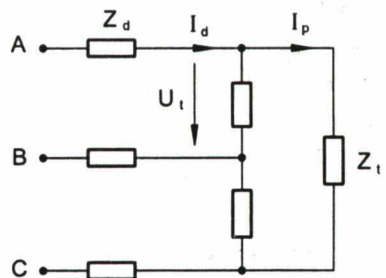
- b) I_B không đổi ☐.....
 c) I_C không đổi ☐.....
 d) I_N giảm ☐.....



Hình 4-15

4-16. Cho mạch 3 pha đối xứng (hình 4-16). Xác định I_d , I_p , U_t , P_t , Q_t của tải. Biết U_d của nguồn bằng 380V ; $Z_d = 0,8 + j0,6 \Omega$; $Z_t = 30 \angle 30^\circ \Omega$. Tìm đáp án sai, sửa lại và ghi lại vào chỗ (.....)

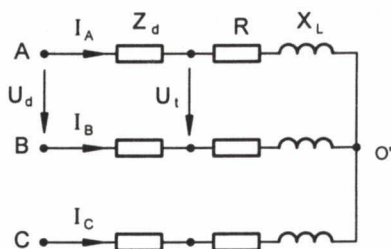
- a) $I_d = 20A$ ☐.....
 b) $I_p = 11,55A$ ☐.....
 c) $U_t = 306V$ ☐.....
 d) $P_t = 10397W$;
 $Q_t = 6003VAr$ ☐.....



Hình 4-16

4-17. Mạch ba pha đối xứng tải nối hình sao (hình 4-17) $Z = 15\angle 60^\circ \Omega$ được cung cấp bằng hệ thống ba pha đối xứng $U_d = 380 \text{ V}$ qua đường dây có tổng trở $Z_d = (2 + j1)\Omega$. Tính điện áp trên tải. Tìm đáp án đúng.

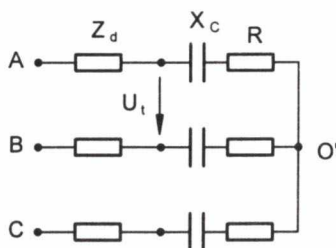
- a) $U_t = 350 \text{ V}$ ☐
 b) $U_t = 320 \text{ V}$ ☐
 c) $U_t = 337 \text{ V}$ ☐



Hình 4-17

4-18. Mạch ba pha đối xứng tải nối hình sao (hình 4-18) $Z = 15\angle -60^\circ \Omega$ được cung cấp bằng hệ thống ba pha đối xứng $U_d = 380 \text{ V}$ qua đường dây có tổng trở $Z_d = (2 + j1)\Omega$. Tính điện áp trên tải. Tìm đáp án đúng.

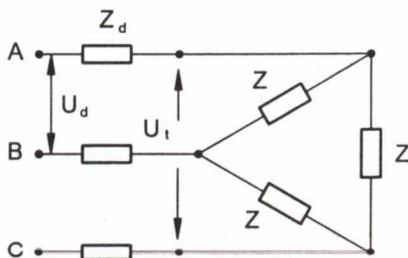
- a) $U_t = 385 \text{ V}$ ☐
 b) $U_t = 373 \text{ V}$ ☐
 c) $U_t = 343 \text{ V}$ ☐



Hình 4-18

4-19. Mạch ba pha đối xứng tải nối tam giác (hình 4-19) $Z = 15\angle 60^\circ \Omega$ được cung cấp bằng hệ thống ba pha đối xứng qua đường dây có tổng trở $Z_d = (2 + j1)\Omega$. Cho biết điện áp trên tải $U_t = 365 \text{ V}$. Tính điện áp U_d của nguồn. Tìm đáp án đúng.

- a) $U_d = 375 \text{ V}$ ☐
 b) $U_d = 383,2 \text{ V}$ ☐
 c) $U_d = 509 \text{ V}$ ☐



Hình 4-19

Chương 5

KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN

1. Sức điện động cảm ứng e

a) Khi từ thông Φ xuyên qua vòng dây biến thiên

Khi từ thông Φ xuyên qua vòng dây biến thiên, trị số và chiều sức điện động cảm ứng xác định theo công thức Mắcxoen :

$$e = -\frac{Wd\Phi}{dt} = -\frac{d\Psi}{dt}$$

Từ thông móc vòng với W vòng dây :

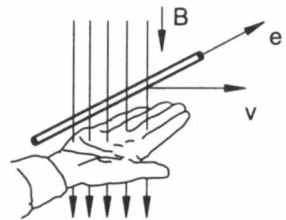
$$\Psi = W\Phi$$

b) Khi thanh dẫn chuyển động

Khi thanh dẫn chuyển động thẳng góc với đường sức từ trường, sức điện động cảm ứng có trị số :

$$e = Blv$$

Chiều được xác định theo quy tắc bàn tay phải.



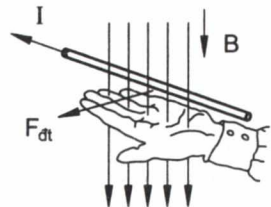
Quy tắc bàn tay phải

2. Lực điện từ F_{dt}

Lực điện từ do từ trường tác dụng lên thanh dẫn mang dòng điện i đặt thẳng góc với đường sức từ trường có trị số :

$$F_{dt} = Bil$$

Chiều được xác định theo quy tắc bàn tay trái.



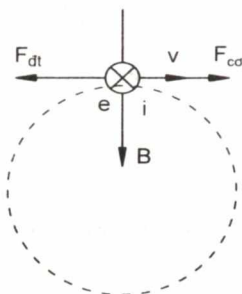
Quy tắc bàn tay trái

3. Tính thuận nghịch của máy điện

a) Chế độ máy phát điện

- Cơ năng biến đổi thành điện năng
- Lực cơ học $F_{cơ}$ của động cơ sơ cấp là lực phát động làm quay rôto của máy phát điện, trùng chiều với tốc độ chuyển động.
- Lực điện từ $F_{đt}$ ngược chiều với lực cơ $F_{cơ}$, có tác dụng hãm, làm cho máy phát quay với tốc độ ổn định.

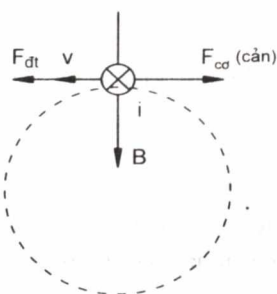
Chế độ máy phát điện



b) Chế độ động cơ điện

- Điện năng biến đổi thành cơ năng.
- Lực điện từ $F_{đt}$ là lực phát động làm quay rôto của động cơ điện.
- Lực điện từ $F_{đt}$ trùng chiều với tốc độ chuyển động và ngược chiều với lực cơ học cản của tải cơ.

Chế độ động cơ điện



4. Sức từ động

Sức từ động của cuộn dây W vòng mang dòng điện i bằng Wi .

5. Từ áp

Từ áp rơi trên đoạn mạch từ có độ dài l và từ trường H bằng Hl .

6. Định luật mạch từ

$$\sum_{k=1}^n H_k l_k = \sum_{j=1}^m W_j i_j$$

7. Chức năng của mạch từ

Mạch từ của máy điện dùng để dẫn từ. Để dẫn từ tốt và tổn hao sắt từ nhỏ, mạch từ máy điện được làm bằng thép kỹ thuật điện có hệ số từ thẩm μ rất lớn $\mu \gg \mu_0$ (μ_0 là hệ số từ thẩm chân không) và suất tổn hao sắt từ nhỏ.

Khi từ thông trong mạch từ biến thiên, thì mạch từ phải chế tạo bằng **lá thép** kỹ thuật điện dày $0,2 \div 0,5\text{mm}$, trong thành phần có khoảng $2\% \div 5\%$ Si để tăng điện trở của thép, giảm dòng điện xoáy cảm ứng trong thép, do đó giảm tổn hao sắt từ do dòng điện xoáy gây ra.

BÀI TẬP ĐÃ GIẢI

Bài số 5-1. Một cuộn dây 100 vòng quấn quanh lõi thép. Biết từ thông xuyên qua lõi : $\Phi = 4 \cdot 10^{-3} \sin 377 t \text{ Wb}$.

Xác định biểu thức sức điện động (sđđ) e cảm ứng trong cuộn dây. Xác định chiều e khi từ thông tăng.

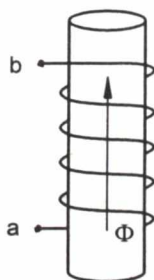
Bài giải

Chiều dương từ thông được thể hiện trên hình 5-1.

Sức điện động cảm ứng :

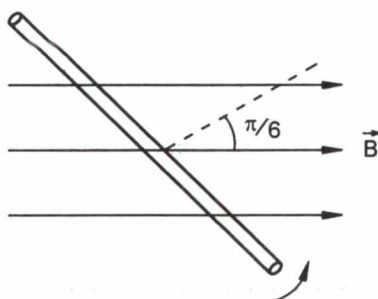
$$\begin{aligned} e &= -\frac{Wd\Phi}{dt} = -100 \frac{d}{dt} (4 \cdot 10^{-3} \sin 377t) \\ &= -150,8 \sin (377t + 90^\circ) \text{V} \end{aligned}$$

Khi từ thông tăng, chiều sức điện động đi từ a tới b.



Hình 5-1

Bài số 5-2 : Cuộn dây hình chữ nhật có số vòng $W = 200$, tiết diện $S = 50\text{cm}^2$ quay với tốc độ $n = 3000$ vòng/phút trong từ trường đều có từ cảm $B = 1\text{T}$ (h.5-2 vẽ vị trí cuộn dây ở thời điểm $t = 0$). Tính tần số f , trị số cực đại, trị số hiệu dụng, trị số tức thời của sđđ cảm ứng trong cuộn dây.



Hình 5-2

Bài giải

Tần số góc sđđ cảm ứng :

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \cdot 3000}{60} = 314 \text{ rad/s}$$

Tần số : $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{n}{60} = 50 \text{ Hz}$

Từ thông xuyên qua cuộn dây $\Phi = BS \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{6} \right)$

Sđđ cảm ứng trong cuộn dây :

$$\begin{aligned} e &= - \frac{W d\Phi}{dt} = -W \frac{d}{dt} \left[BS \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{6} \right) \right] = WBS\omega \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{6} \right) \\ &= E_{\max} \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{6} \right) \end{aligned}$$

Trị số cực đại :

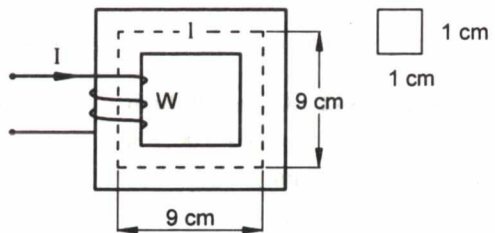
$$E_{\max} = WBS\omega = 200 \cdot 1 \cdot 50 \cdot 10^{-4} \cdot 314 = 314 \text{ V}$$

Trị số hiệu dụng : $E = \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{314}{\sqrt{2}} = 222,6 \text{ V}$

Trị số tức thời sđđ cảm ứng : $e = 314 \sin \left(314t + \frac{\pi}{6} \right) \text{ V}$

Bài số 5-3. Một mạch từ đơn giản tiết diện ngang là hình vuông (hình 5-3) làm bằng thép kỹ thuật điện. Cho biết dòng điện $I = 0,1 \text{ A}$, số vòng dây $W = 500$ vòng.

Giả thiết bài toán tuyến tính, hệ số từ thẩm $\mu = 1000 \mu_0$. Trong đó μ_0 là hệ số từ thẩm chân không bằng $4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}}$. Tính Φ , B và H trong lõi thép.



Hình 5-3

Bài giải

Đây là mạch từ đơn giản, đồng nhất (hình 5-3). Chiều dài trung bình mạch từ l :

$$l = 9 + 9 + 9 + 9 = 36 \text{ cm}$$

Sức từ động $WI = 500 \cdot 0,1 = 50 \text{ A vòng}$.

Áp dụng định luật mạch từ $HI = WI$

Từ đó có cường độ từ trường H :

$$H = \frac{WI}{l} = \frac{50}{0,36} = 138,88 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

Cường độ từ cảm B :

$$B = \mu H = 1000 \cdot 4 \pi \cdot 10^{-7} \cdot 138,88 = 0,175 \text{ T}$$

Tiết diện mạch từ : $S = 0,01 \cdot 0,01 = 0,0001 \text{ m}^2$

Từ thông trong mạch từ :

$$\Phi = B \cdot S = 0,175 \cdot 0,0001 = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ Wb}$$

Bài số 5-4. Cho mạch từ có kích thước hình 5-4.

Biết từ thông $\Phi = 2,9 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$

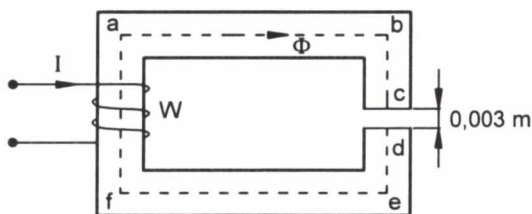
Tiết diện mạch từ đồng nhất (phần thép bằng phần không khí) là $2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

Chiều dài :

$$l_{ab} = l_{fe} = 0,05 \text{ m} ;$$

$$l_{af} = l_{be} = 0,02 \text{ m} ;$$

$$l_{cd} = 0,003 \text{ m}$$



Hình 5-4

Cuộn dây có 500 vòng. Tính dòng điện I . Đường cong từ hoá của thép $B = f(H)$ cho ở bảng.

B(T)	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,55	1,6	1,65	1,7
H (A/m)	65	76	90	110	132	165	220	300	380	600	900	1200	2000	3000	4500	6000	10000	14000

Bài giải

Chiều dài trung bình phần thép :

$$l_1 = 0,02 + 2 \cdot 0,05 + (0,02 - 0,003) = 0,137 \text{ m}$$

Cường độ từ cảm trong mạch từ :

$$B = \frac{\Phi}{S} = \frac{2,9 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-4}} = 1,45 \text{ T}$$

Cường độ từ trường trong phần thép, tra đường cong từ hoá, từ $B = 1,45\text{T}$;
có $H_1 = 2000\text{ A/m}$.

Cường độ từ trường trong phần không khí :

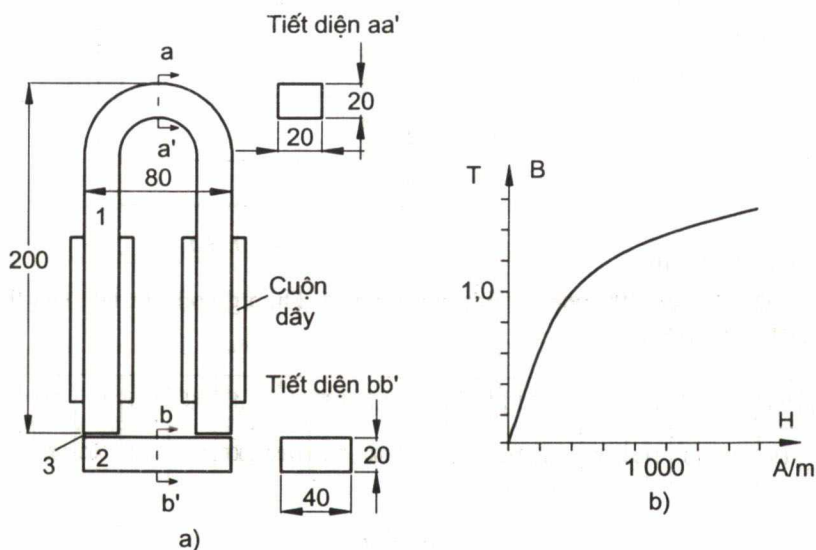
$$H_2 = \frac{B_2}{\mu_0} = \frac{1,45}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 1153870 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

Áp dụng định luật mạch từ

$$WI = H_1 l_1 + H_2 l_2$$

$$I = \frac{2000 \cdot 0,137 + 1153870 \cdot 0,003}{500} = 4,47 \text{ A}$$

Bài số 5-5. Một rơle điện từ có kích thước như hình 5-5a, làm bằng thép có đường cong từ hoá (hình 5-5b). Cuộn dây có 300 vòng, tính cường độ từ cảm trong khe hở không khí khi biết dòng điện $I = 2,5\text{ A}$.



Hình 5-5

Bài giải

Đường cong từ hoá phi tuyến, hệ số từ thẩm μ chưa biết, ta phải giả thiết một số trị số Φ và tính I như đã giải ở các bài toán trên. Kết quả tính toán cho ở bảng.

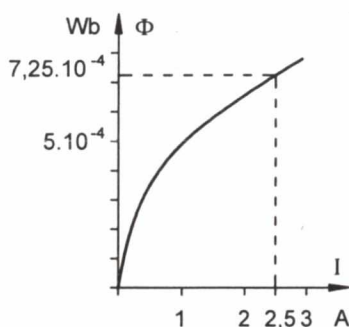
Φ (10^{-4} Wb)	5	6	7	8
$B_1 = B_3$ (T)	1	1,2	1,4	1,5
B_2 (T)	0,625	0,75	0,875	0,938
$H_1 l_1$ (A)	157	282	480	621
$H_2 l_2$ (A)	10	13	16	19
$H_3 l_3$ (A)	159	191	223	239
ΣHl (A)	326	486	719	879
$I = \frac{\Sigma Hl}{W}$ (A)	1,09	1,62	2,4	2,93

Từ đó vẽ đường cong Φ (I) trên hình 5-5c.

Từ trị số $I = 2,5A$, tra đường cong Φ (I), ta có :

$$\Phi = 7,25 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$B = \frac{\Phi}{S} = 1,45 \text{ T}$$

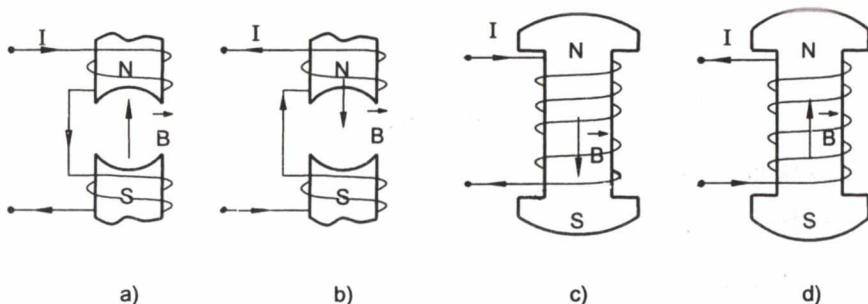


Hình 5-5c

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHO ĐÁP ÁN

Hãy trả lời bằng cách đánh dấu (x) vào (□)

5-6. Trên hình 5-6 a, b, c, d, vẽ chiều từ trường và ghi tên cực từ do dòng điện chạy trong cuộn dây. Hãy tìm các đáp án sai và ghi nội dung sai vào chỗ (.....)



Hình 5-6

a) Hình 5-6 a

☐

b) Hình 5-6b

☐

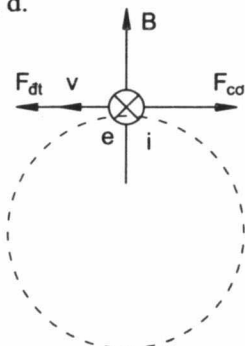
c) Hình 5-6c

☐

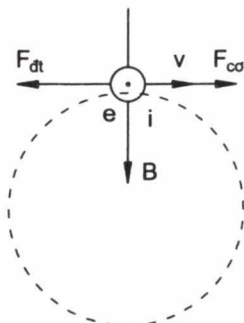
d) Hình 5-6d

☐

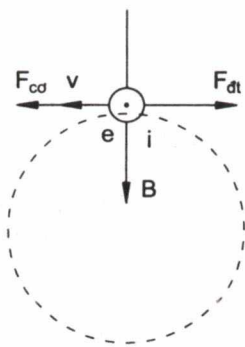
5-7. Tìm hình vẽ đúng cho chế độ máy phát điện trong các hình 5-7a, b, c, d.



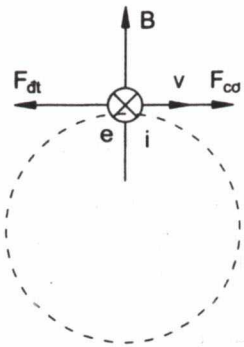
a)



b)



c)



d)

Hình 5-7

a) Hình 5-7a

☐

b) Hình 5-7b

☐

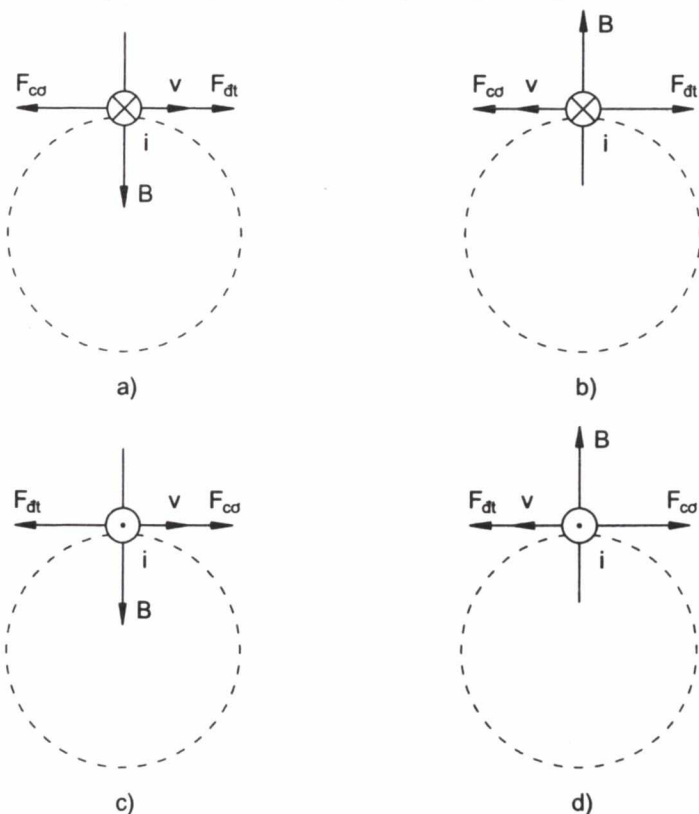
c) Hình 5-7c

☐

d) Hình 5-7d

☐

5-8. Tìm đáp án đúng cho chế độ động cơ điện trong các hình dưới đây :



Hình 5-8

a) Hình 5-8a ☐

b) Hình 5-8c ☐

b) Hình 5-8b ☐

d) Hình 5-8d ☐

5-9. Những câu phát biểu dưới đây về máy điện tĩnh và máy điện quay, câu nào sai.

- a) Máy điện tĩnh dùng để biến đổi thông số (u , i) của điện năng, các dây quấn không chuyển động tương đối với nhau. ☐
- b) Máy điện quay dùng để biến đổi dạng năng lượng (điện, cơ), có ít nhất một dây quấn chuyển động tương đối với dây quấn khác. ☐
- c) Từ trường máy điện quay nhất thiết phải là từ trường quay. ☐
- d) Với cùng công suất, máy điện quay có hiệu suất thấp hơn máy điện tĩnh. ☐

5-10. Về chức năng các bộ phận trong máy điện, đáp án nào dưới đây sai.

- a) Mạch từ làm bằng thép kỹ thuật điện để dẫn từ. ☐
- b) Lõi đồng, nhôm của dây quấn để dẫn dòng điện chạy trong dây quấn. ☐
- c) Cách điện để hạn chế dòng điện chạy trong dây quấn. ☐
- d) Vỏ máy dùng để cố định lõi thép và dây quấn, không dùng làm mạch dẫn từ. ☐

5-11. Về hiệu suất của máy điện, câu phát biểu nào dưới đây sai.

- a) Hiệu suất của máy biến áp bằng tỷ số công suất tác dụng P_2 phía thứ cấp chia cho công suất tác dụng P_1 phía sơ cấp. ☐
- b) Hiệu suất của máy phát điện bằng tỷ số công suất điện P phát ra chia cho công suất cơ của động cơ sơ cấp. ☐
- c) Hiệu suất của động cơ điện bằng tỷ số công suất cơ có ích của động cơ chia cho công suất điện P động cơ tiêu thụ. ☐
- d) Hiệu suất của máy điện bằng tỷ số công suất biểu kiến đầu ra S_2 chia cho công suất biểu kiến đầu vào S_1 . ☐

5-12. Vì sao người ta cho Si vào thép kỹ thuật điện ? Tìm câu trả lời sai trong các câu dưới đây :

- a) Để tăng điện trở của thép kỹ thuật điện. ☐
- b) Để giảm dòng điện xoáy cảm ứng trong thép kỹ thuật điện. ☐
- c) Để giảm tổn hao sắt từ trong thép kỹ thuật điện. ☐
- d) Để giảm tổn hao từ trễ trong thép kỹ thuật điện. ☐

5-13. Vì sao lõi thép máy biến áp, động cơ không đồng bộ, stato máy điện đồng bộ làm bằng lá thép kỹ thuật điện ghép lại.

Tìm câu trả lời sai :

- a) Để giảm dòng điện xoáy cảm ứng trong lõi thép. ☐
- b) Để giảm tổn hao sắt từ trong lõi thép. ☐
- c) Để giảm phát nóng của lõi thép và tăng hiệu suất của máy. ☐
- d) Để giảm nhẹ trọng lượng của máy. ☐

5-14. Hãy tìm câu trả lời sai trong các câu dưới đây :

- a) Tổn hao sắt từ trong lõi thép máy điện phụ thuộc vào từ thông. ☐
- b) Tổn hao sắt từ trong lõi thép máy điện phụ thuộc vào tần số của dòng điện. ☐
- c) Tổn hao sắt từ trong lõi thép của máy điện khi có tải phụ thuộc vào trị số của dòng điện chạy trong dây quấn. ☐
- d) Tổn hao sắt từ trong lõi thép máy điện phụ thuộc vào điện áp đặt vào dây quấn (vì từ thông tỷ lệ thuận với điện áp). ☐

5-15. Hai mạch từ có kích thước và số vòng dây như nhau. Mạch từ 1 làm bằng vật liệu có hệ số từ thẩm μ_1 lớn hơn hệ số từ thẩm μ_2 của mạch từ 2. Câu phát biểu nào đúng về quan hệ giữa từ thông Φ_1 , Φ_2 trong 2 mạch từ khi dòng điện của 2 cuộn dây $I_1 = I_2$.

- a) Khi dòng điện $I_1 = I_2$ thì $\Phi_1 = \Phi_2$ ☐
- b) Khi dòng điện $I_1 = I_2$ thì $\Phi_1 > \Phi_2$ ☐
- c) Khi dòng điện $I_1 = I_2$ thì $\Phi_1 < \Phi_2$ ☐

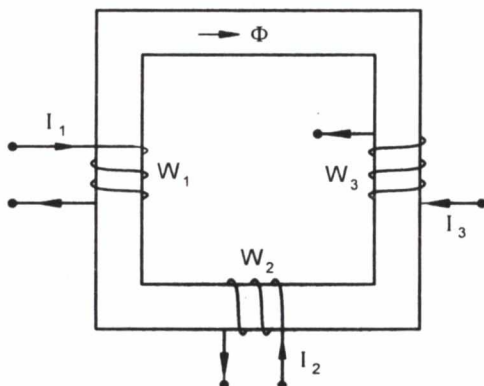
5-16. Hai mạch từ có kích thước và số vòng dây như nhau. Mạch từ 1 làm bằng vật liệu có hệ số từ thẩm μ_1 nhỏ hơn hệ số từ thẩm μ_2 của mạch từ 2. Câu phát biểu nào đúng về quan hệ giữa dòng điện (trong 2 cuộn dây) I_1 , I_2 để cho từ thông của 2 mạch từ $\Phi_1 = \Phi_2$.

- a) Để $\Phi_1 = \Phi_2$ thì phải cung cấp $I_1 = I_2$ ☐
- b) Để $\Phi_1 = \Phi_2$ thì phải cung cấp $I_1 > I_2$ ☐
- c) Để $\Phi_1 = \Phi_2$ thì phải cung cấp $I_1 < I_2$ ☐

5-17. Hỏi từ thông và dòng điện thay đổi thế nào khi người ta cắt phần thép của mạch từ một đoạn và đoạn này trở thành đoạn không khí. Số vòng dây không đổi. Hãy xác định các đáp án đúng.

- a) Khi giữ dòng điện không đổi thì từ thông Φ không đổi ☐
- b) Khi giữ dòng điện không đổi thì từ thông Φ sẽ tăng ☐
- c) Khi giữ dòng điện không đổi thì từ thông Φ sẽ giảm ☐
- d) Muốn giữ từ thông không đổi thì phải giảm dòng điện ☐
- e) Muốn giữ từ thông không đổi thì phải tăng dòng điện ☐

5-18. Một mạch từ như hình 5-9.



Hình 5-9

Chiều từ thông và các dòng điện như hình 5-9. Tìm biểu thức đúng trong các biểu thức dưới đây :

a) $-W_1 I_1 + W_2 I_2 + W_3 I_3 = Hl$ ☐

b) $W_1 I_1 + W_2 I_2 + W_3 I_3 = Hl$ ☐

c) $W_1 I_1 + W_2 I_2 - W_3 I_3 = Hl$ ☐

d) $W_1 I_1 + W_2 I_2 - W_3 I_3 = Bl$ ☐

5-19. Cho mạch từ (hình 5-10). Tìm 2 biểu thức đúng trong các biểu thức dưới đây :

* Khi $\mu_{\text{thép}} \neq \infty$;

$\mu_{\text{thép}} > \mu_0$

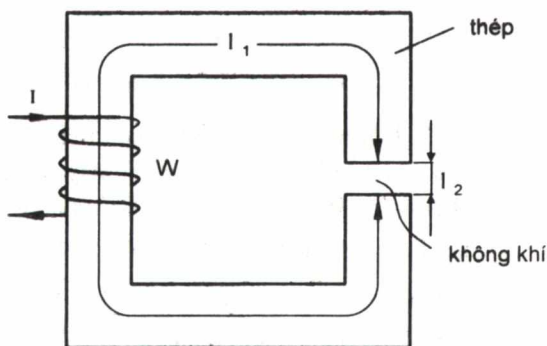
a) $H_1 l_1 + 0 = WI$ ☐

b) $H_1 l_1 + H_2 l_2 = WI$ ☐

* Khi $\mu_{\text{thép}} = \infty$

c) $H_1 l_1 + 0 = WI$ ☐

d) $0 + H_2 l_2 = WI$ ☐

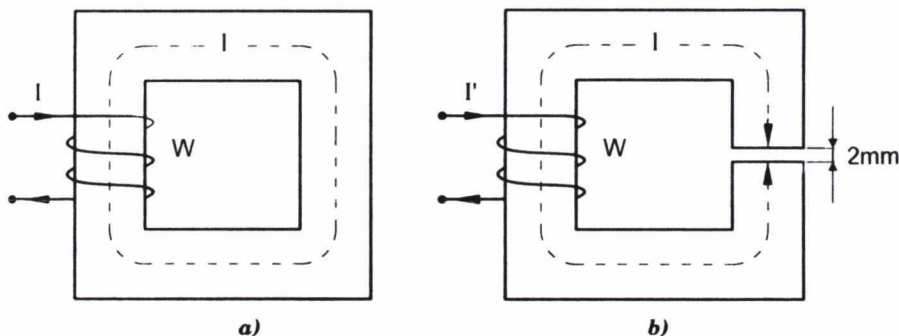


Hình 5-10

5–20. Một mạch từ hình 5–11a, cuộn dây có $W = 600$ vòng, lõi thép có tiết diện ngang $S = 7,07 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$, chiều dài đường sức trung bình $l = 0,8\text{m}$ sử dụng thép có đặc tính từ hoá trong bài 5–4.

a) Tính dòng điện I để từ thông trong mạch từ $\Phi = 1,1312 \text{ mWb}$.

b) Người ta cắt đi một đoạn thép, đoạn này trở thành đoạn không khí có chiều dài 2mm (hình 5–11b). Để từ thông bằng trường hợp a, dòng điện I' bằng bao nhiêu ?



Hình 5-11

Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) $I = 8 \text{ A}$

☐

b) $I' = 10,2 \text{ A}$

☐

Chương 6

MÁY BIẾN ÁP

1. Tỷ số biến áp

– Tỷ số biến áp pha k :

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} \approx \frac{U_{1dm}}{U_{2dm}} = \frac{I_{2dm}}{I_{1dm}}$$

U, I là đại lượng pha.

– Tỷ số biến áp dây :

$$k_d = \frac{U_{1dm}}{U_{2dm}} = \frac{I_{2dm}}{I_{1dm}}$$

U, I là đại lượng dây

2. Quan hệ giữa sức điện động, điện áp và từ thông

$$U_1 \approx E_1 = 4,44 f W_1 \Phi_{\max}$$

$$U_{20} = E_2 = 4,44 f W_2 \Phi_{\max}$$

U_{20} là điện áp thứ cấp không tải.

3. Hệ phương trình (mô hình toán) của máy biến áp

– Phương trình mạch điện sơ cấp

$$\dot{U}_1 = R_1 \dot{I}_1 + jX_1 \dot{I}_1 - \dot{E}_1$$

– Phương trình mạch điện thứ cấp

$$\dot{U}_2 = -\dot{E}_2 - R_2 \dot{I}_2 - jX_2 \dot{I}_2$$

– Phương trình sức từ động

$$W_1 \dot{I}_1 = W_1 \dot{I}_0 + W_2 \dot{I}_2$$

hoặc : $\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \dot{I}_2'$

trong đó : $\dot{I}_2' = \frac{\dot{I}_2}{k}$ là dòng điện thứ cấp quy đổi về sơ cấp.

Dòng điện sơ cấp $\dot{I}_1$ có 2 thành phần : I_0 tạo ra từ trường cho máy biến áp và I_2' cung cấp cho tải.

4. Quy đổi máy biến áp

Để lập sơ đồ thay thế ta quy đổi thứ cấp về sơ cấp (hoặc sơ cấp sang thứ cấp).

Công thức quy đổi các đại lượng thứ cấp về sơ cấp :

$$I_2' = \frac{I_2}{k}; \quad E_2' = kE_2; \quad U_2' = kU_2.$$

$$R_2' = k^2 R_2; \quad X_2' = k^2 X_2$$

$$R_1' = k^2 R_1; \quad X_1' = k^2 X_1$$

Trong đó : R_1, X_1 là điện trở, điện kháng của tải.

$$k = \frac{W_1}{W_2}$$

Chú ý : Khi quy đổi, công suất và góc lệch pha không đổi.

5. Sơ đồ thay thế máy biến áp

a) Các thông số của sơ đồ thay thế

R_1 – điện trở dây quấn sơ cấp đặc trưng cho tổn hao đồng dây quấn sơ cấp.

$X_1 = \omega L_1$ – điện kháng tản dây quấn sơ cấp đặc trưng cho từ thông tản sơ cấp.

R_2' – điện trở dây quấn thứ cấp quy đổi đặc trưng cho tổn hao đồng dây quấn thứ cấp

$X_2' = \omega L_2'$ – điện kháng tản thứ cấp quy đổi đặc trưng cho từ thông tản thứ cấp.

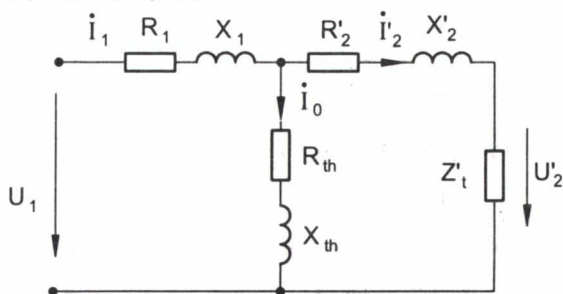
R_{th} – điện trở từ hoá đặc trưng cho tổn hao sắt từ trong lõi thép.

X_{th} – điện kháng từ hoá đặc trưng cho từ thông chính chạy trong lõi thép của máy.

b) Sơ đồ thay thế đầy đủ (chính xác) khi có tải

Để tính dòng điện I_1, I_2', I_0 ta phải giải mạch điện thay thế theo các phương pháp đã học ở chương III.

Để thuận tiện cho tính toán, thường người ta sử dụng sơ đồ thay thế gần đúng.



Sơ đồ thay thế đầy đủ (chính xác) khi có tải

c) Sơ đồ thay thế gần đúng khi có tải (có xét dòng điện không tải)

Dòng điện thứ cấp quy đổi

$$\dot{I}'_2 = \frac{\dot{U}_1}{(R_1 + R'_2 + R'_l) + j(X_1 + X'_2 + X'_l)}$$

Dòng điện thứ cấp :

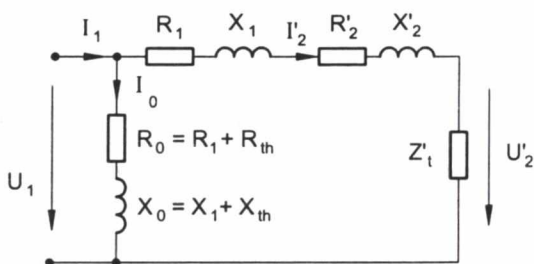
$$\dot{I}_2 = k \dot{I}'_2$$

Dòng điện không tải :

$$\dot{I}_0 = \frac{\dot{U}_1}{Z_0}$$

Dòng điện sơ cấp :

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \dot{I}'_2$$



Sơ đồ thay thế gần đúng khi có tải
(có xét dòng điện không tải)

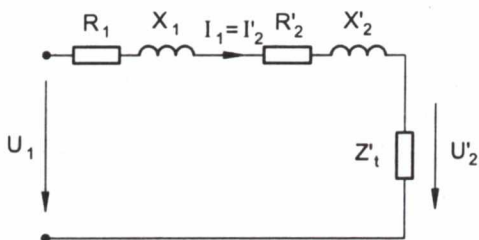
d) Sơ đồ thay thế gần đúng khi có tải (bỏ qua dòng điện không tải)

Dòng điện sơ cấp và thứ cấp quy đổi.

$$I_1 = I'_2 = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2 + R'_l)^2 + (X_1 + X'_2 + X'_l)^2}}$$

Dòng điện thứ cấp

$$I_2 = k I'_2$$



Sơ đồ thay thế gần đúng khi có tải
(bỏ qua dòng điện không tải)

e) Sơ đồ thay thế máy biến áp không tải

$$R_0 = R_1 + R_{th};$$

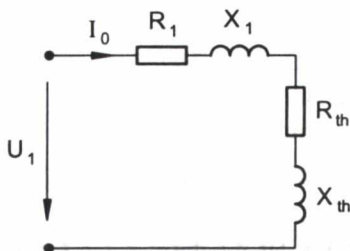
$$X_0 = X_1 + X_{th}$$

$$z_0 = \sqrt{R_0^2 + X_0^2}$$

Dòng điện không tải :

$$I_0 = \frac{U_{ldm}}{z_0}$$

$$= (2\% \div 7\%) I_{dm}$$



Sơ đồ thay thế máy biến áp không tải

f) Sơ đồ thay thế máy biến áp ngắn mạch

$$R_n = R_1 + R'_2$$

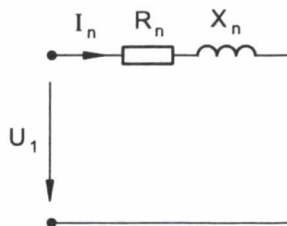
$$X_n = X_1 + X'_2$$

$$z_n = \sqrt{R_n^2 + X_n^2}$$

Dòng điện ngắn mạch khi sự cố :

$$I_n = \frac{U_{1dm}}{z_n}$$

$$= (20 \div 30) I_{dm}$$



Sơ đồ thay thế máy biến áp ngắn mạch

6. Xác định các thông số bằng thí nghiệm

a) Máy biến áp một pha

$$R_n = R_1 + R'_2 = \frac{P_n}{I_{1dm}^2} ; \quad z_n = \frac{U_n}{I_{1dm}}$$

$$X_n = X_1 + X'_2 = \sqrt{z_n^2 - R_n^2}$$

$$R_1 \approx R'_2 \approx \frac{R_n}{2} ; \quad X_1 \approx X'_2 \approx \frac{X_n}{2}$$

$$R_2 = \frac{R'_2}{k^2} ; \quad X_2 = \frac{X'_2}{k^2}$$

Hệ số biến áp được tính từ thí nghiệm không tải

$$k = \frac{U_1}{U_{20}} = \frac{U_{1dm}}{U_{2dm}}$$

$$z_0 = \frac{U_0}{I_0} ; \quad R_0 = \frac{P_0}{I_0^2} ; \quad X_0 = \sqrt{z_0^2 - R_0^2}$$

$$R_{th} = R_0 - R_1 \approx R_0$$

$$X_{th} = X_0 - X_1 \approx X_0$$

b) Máy biến áp ba pha

Phải chú ý cách nối (sao hay tam giác), để quy về thông số pha tính toán :

$$R_n = \frac{P_n}{3I_{1dmp}^2} ; \quad z_n = \frac{U_{np}}{I_{1dmp}} ; \quad X_n = \sqrt{z_n^2 - R_n^2}$$

$$R_0 = \frac{P_0}{3I_{op}^2} ; \quad z_0 = \frac{U_{op}}{I_{op}} ; \quad X_0 = \sqrt{z_0^2 - R_0^2}$$

7. Hiệu suất máy biến áp

$$\eta = \frac{k_t S_{dm} \cos \varphi_t}{k_t S_{dm} \cos \varphi_t + P_0 + k_t^2 P_n}$$

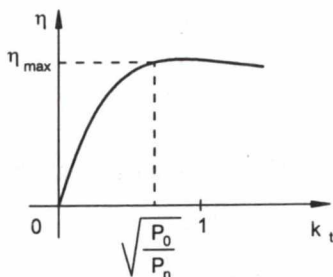
$$k_t = \frac{I_1}{I_{1dm}} = \frac{I_2}{I_{2dm}}$$

k_t là hệ số tải (còn được ký hiệu là β)

P_0 là công suất không tải

P_n là công suất ngắn mạch (thí nghiệm với dòng điện định mức)

Hiệu suất cực đại khi : $k_t = \sqrt{\frac{P_0}{P_n}}$



Đường đặc tính hiệu suất

8. Độ biến thiên điện áp thứ cấp

$$\Delta U_2 \% = k_t (U_{nR} \% \cos \varphi_t + U_{nX} \% \sin \varphi_t)$$

trong đó : $U_{nR} \% = U_n \% \cos \varphi_n$;

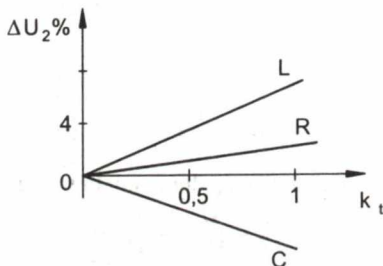
$$U_{nX} \% = U_n \% \sin \varphi_n$$

$$\cos \varphi_n = \frac{R_n}{Z_n} ; \quad \sin \varphi_n = \frac{X_n}{Z_n}$$

Có thể tính :

$$\cos \varphi_n = \frac{P_n}{U_n I_n} \quad (\text{máy 1 pha})$$

$$\cos \varphi_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n I_n} \quad (\text{máy 3 pha})$$



Độ biến thiên điện áp thứ cấp

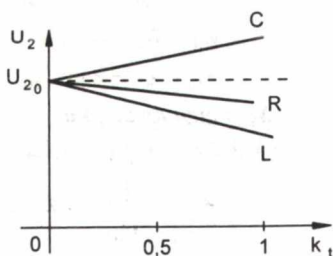
9. Đường đặc tính ngoài

Điện áp thứ cấp được tính theo

$\Delta U_2 \%$ như sau :

$$U_2 = U_{2dm} \left(1 - \frac{\Delta U_2 \%}{100} \right)$$

Điện áp thứ cấp phụ thuộc vào tính chất tải (R, L, C) và hệ số tải k_t .



Đường đặc tính ngoài máy biến áp

10. Điều kiện làm việc song song của máy biến áp

Ba điều kiện :

- Điện áp định mức sơ cấp và thứ cấp của các máy phải bằng nhau tương ứng : nghĩa là hệ số biến áp : $k_I = k_{II} = \dots$
- Các máy phải có cùng tổ nối dây : có số giờ bằng nhau.
- Điện áp ngắn mạch của các máy phải bằng nhau

$$U_{nI} \% = U_{nII} \% = \dots$$

Hai điều kiện đầu đảm bảo không có dòng điện chạy quẩn trong máy làm nóng máy. Điều kiện thứ ba đảm bảo cho việc phân phối tải giữa các máy được tối ưu.

BÀI TẬP ĐÃ GIẢI

Bài số 6.1. Một máy biến áp một pha $k = \frac{W_1}{W_2} = 2$ có mạch từ làm bằng thép lá kỹ thuật điện. Tiết diện lõi thép $S = 24 \text{ cm}^2$, hệ số điện kín 0,93. Ở chế độ không tải điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp $u_1 = 220\sqrt{2} \sin \omega t$, tần số $f = 50 \text{ Hz}$. Từ cảm trong lõi $B_{\max} = 1,6 \text{ T}$. Hãy xác định từ thông $\Phi_{\max}$, sức điện động E_1, E_2 ; e_1, e_2 và điện áp thứ cấp không tải U_{20} .

Bài giải

Tiết diện tác dụng (hữu ích) lõi thép :

$$S_t = 0,93.S = 0,93 \cdot 24 = 22,32 \text{ cm}^2$$

Từ thông cực đại trong lõi :

$$\Phi_{\max} = B_{\max} \cdot S_t = 1,6 \cdot 22,32 \cdot 10^{-4} = 35,712 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$$

Giả thiết bỏ qua điện áp rơi trên điện trở và điện kháng tản dây quấn, coi $E_1 \approx U_1 = 220 \text{ V}$ ta có :

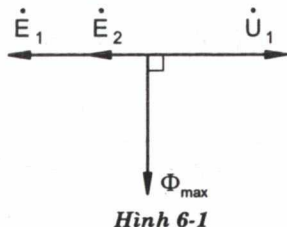
$$W_1 = \frac{E_1}{4,44f \cdot \Phi_{\max}} = \frac{220}{4,44 \cdot 50 \cdot 35,712 \cdot 10^{-4}} = 278 \text{ vòng}$$

Điện áp hiệu dụng phức :

$$\dot{U}_1 = 220 \angle 0^\circ \text{ V}$$

Sức điện động hiệu dụng phức :

$$\dot{E}_1 = 220 \angle -\pi \text{ V}$$



Hình 6-1

Trị số tức thời sức điện động sơ cấp

$$e_1 = 220\sqrt{2} \sin(\omega t - \pi) \text{ V}$$

Trị số hiệu dụng sức điện động thứ cấp E_2

$$E_2 = \frac{E_1}{k} = \frac{220}{2} = 110 \text{ V}$$

Trị số tức thời sức điện động thứ cấp :

$$e_2 = 110\sqrt{2} \sin(\omega t - \pi) \text{ V}$$

Trị số hiệu dụng phức :

$$\dot{E}_2 = 110 \angle -\pi \text{ V}$$

Điện áp thứ cấp không tải $U_{20} = E_2 = 110 \text{ V}$. Đồ thị vectơ điện áp, sức điện động, từ thông trên hình 6-1.

Bài số 6-2. Một máy biến áp không tải đóng vào điện áp xoay chiều $u = 8160 \sin \omega t$, tần số $f = 50\text{Hz}$, tiêu thụ công suất tác dụng $P_0 = 220\text{W}$ và dòng điện $I_0 = 0,33 \text{ A}$. Hãy tính sức điện động E_1 , thành phần tác dụng và phản kháng của dòng điện không tải, điện trở, điện kháng và tổng trở không tải. Vẽ đồ thị vectơ.

Bài giải

$$\text{Coi gần đúng } E_1 \approx U_1 = \frac{8160}{\sqrt{2}} = 5770 \text{ V}$$

Hệ số công suất máy biến áp không tải :

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{UI_0} = \frac{220}{5770 \cdot 0,33} = 0,115 ; \varphi_0 = 83,39^\circ$$

Thành phần tác dụng dòng điện trùng pha điện áp :

$$I_{ld} = I_0 \cos \varphi_0 = 0,33 \cdot 0,115 = 0,038 \text{ A}$$

Thành phần phản kháng dòng điện (thành phần từ hoá) trùng pha từ thông :

$$I_{pk} = I_0 \sin \varphi_0 = 0,33 \sqrt{1 - 0,115^2} = 0,328 \text{ A}$$

Tổng trở máy biến áp không tải :

$$z_0 = \frac{U_0}{I_0} = \frac{5770}{0,33} = 17485 \Omega$$

Điện trở máy biến áp không tải :

$$R_0 = z_0 \cos \varphi_0 = 17485 \cdot 0,115 = 2011 \Omega$$

Điện kháng máy biến áp không tải :

$$X_0 = z_0 \sin \varphi = 17485 \sqrt{1 - 0,115^2} = 17369 \Omega$$

Đồ thị véc tơ biểu diễn trên

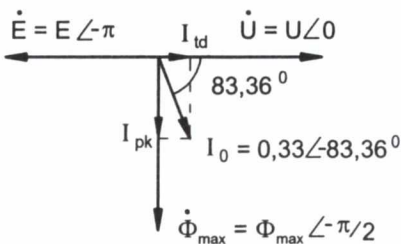
hình 6-2.

$$\dot{U} = 5770 \angle 0^\circ ;$$

$$\dot{\Phi}_{\max} = \Phi_{\max} \angle -\pi/2 ;$$

$$\dot{E} = 5770 \angle -\pi ;$$

$$\dot{I}_0 = 0,33 \angle -83,39^\circ$$



Hình 6-2

Bài số 6-3. Một máy biến áp một pha dây quấn sơ cấp có $w_1 = 296$ vòng và điện trở $R_1 = 0,5 \Omega$. Lõi thép có chiều dài trung bình $l_{tb} = 0,4m$ và tiết diện $S = 32,26cm^2$. Lõi được chế tạo bằng lá thép kỹ thuật điện 3413 dày $0,35 mm$. Hệ số điện kín lõi thép $0,93$, suất tổn hao riêng $p_{1,0/50} = 0,6 W/kg$, khối lượng riêng $7650 kg/m^3$. Ở chế độ không tải, dây quấn sơ cấp được đặt vào nguồn $U = 220 V$, $f = 50Hz$, dòng điện không tải $I_0 = 0,6A$. Tính :

- Tổn hao sắt từ trong lõi thép.
- Công suất không tải P_0 và công suất phản kháng Q_0 máy biến áp tiêu thụ.
- Hệ số công suất không tải.
- Công suất và dòng điện thay đổi thế nào nếu tần số $f = 60Hz$.

Bài giải

Nếu bỏ qua điện áp rơi trên điện trở và điện kháng tản, coi gần đúng $U_1 \approx E_1 = 4,44 f W_1 \Phi_{\max} = 220 V$

Từ thông cực đại

$$\Phi_{\max} = \frac{220}{4,44 \cdot 50 \cdot 296} = 0,335 \cdot 10^{-2} \text{ Wb} \quad (1)$$

Tiết diện hữu ích lõi thép :

$$S_t = 0,93 \cdot 32,26 = 30cm^2$$

Từ cảm cực đại trong lõi thép :

$$B_{\max} = \frac{\Phi_{\max}}{S_t} = \frac{0,355 \cdot 10^{-2}}{30 \cdot 10^{-4}} = 1,11 \text{ T}$$

Thể tích lõi thép :

$$V_t = S_t \cdot l_{tb} = 30 \cdot 10^{-4} \cdot 0,4 = 12 \cdot 10^{-4} m^3$$

Khối lượng lõi thép :

$$G_t = 7650 \cdot 12 \cdot 10^{-4} = 9,18 \text{ kg}$$

a) Tổn hao sắt từ trong lõi thép ΔP_{st} :

$$\Delta P_{st} = P_{1,0/50} B_{max}^2 \left(\frac{f}{50} \right)^{1,3} \cdot G_t = 0,6 \cdot 1,11^2 \cdot \left(\frac{50}{50} \right)^{1,3} \cdot 9,18 = 6,8 \text{ W}$$

b) Công suất không tải P_0 :

$$P_0 = \Delta P_d + \Delta P_{st} = 0,5 \cdot 0,6^2 + 6,8 = 6,98 \text{ W.}$$

trong đó : $\Delta P_d = R_1 I_0^2 = 0,5 \cdot 0,6^2 = 0,18 \text{ W}$ là tổn hao trên điện trở dây quấn.

Nhận xét rằng có thể coi gần đúng $P_0 \approx \Delta P_{st}$. Công suất phản kháng không tải cuộn dây tiêu thụ :

$$Q_0 = \sqrt{S_0^2 - P_0^2} = \sqrt{(UI_0)^2 - P_0^2} = \sqrt{(220 \cdot 0,6)^2 - 6,98^2} = 131,8 \text{ VAR}$$

c) Hệ số công suất không tải :

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{UI_0} = \frac{6,98}{220 \cdot 0,6} = 0,053$$

Hệ số công suất không tải rất thấp.

d) Khi $f = 60\text{Hz}$ thì Φ_{max} giảm, B_{max} giảm, tổn hao sắt từ ΔP_{st} giảm, do đó công suất P_0 và dòng điện I_0 giảm so với lúc $f = 50 \text{ Hz}$.

Bài số 6-4. Máy biến áp một pha có kích thước lõi thép và vật liệu như trong bài (6-3). Dây quấn cao áp có $W_{ca} = 296$ vòng, điện áp định mức $U_{ca} = 220\text{V}$, điện áp định mức dây quấn hạ áp $U_{ha} = 110 \text{ V}$.

a) Tính số vòng dây quấn hạ áp.

b) Tính dòng điện không tải khi đặt điện áp định mức vào dây quấn cao áp, dây quấn hạ áp hở mạch.

c) Tính dòng điện không tải khi đặt điện áp định mức vào phía hạ áp, phía cao áp hở mạch.

d) Tính công suất biểu kiến không tải trong 2 trường hợp trên.

Bài giải

a) Số vòng dây quấn hạ áp :

$$W_{ha} = W_{ca} \frac{U_{ha}}{U_{ca}} = 296 \cdot \frac{110}{220} = 148 \text{ vòng}$$

b) Khi đặt điện áp định mức vào dây quấn cao áp, dây quấn hạ áp hở mạch, tình trạng điện từ của máy biến áp giống như đã giải ở bài 6-3. Ta lấy các kết quả đó. Như đã tính ở bài 6-3, từ thông $\Phi_{max} = \frac{220}{4,44 \cdot 50 \cdot 296} = 0,335 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$

và dòng điện không tải của máy là $I_{oca} = 0,6\text{A}$.

c) Khi đóng điện áp định mức vào phía hạ áp, dây quấn phía cao áp hở mạch. Từ thông trong lõi thép sẽ là :

$$\Phi_{\max} = \frac{U_{\text{ha}}}{4,44.f.W_{\text{ha}}} = \frac{110}{4,44.50.148} = 0,335.10^{-2} \text{ Wb}$$

Từ thông trong cả hai trường hợp b, c bằng nhau, tổn hao sắt từ sẽ không đổi và bằng 6,8 W ; sức từ động của hai trường hợp phải bằng nhau, do đó ta có :

$$I_{\text{oca}} W_{\text{ca}} = I_{\text{oha}} W_{\text{ha}}$$

$$I_{\text{oha}} = I_{\text{oca}} \frac{W_{\text{ca}}}{W_{\text{ha}}} = 0,6 \frac{296}{148} = 1,2 \text{ A}$$

d) Công suất biểu kiến không tải :

– Trường hợp cấp điện vào dây quấn cao áp

$$S_o = I_{\text{oca}} U_{\text{ca}} = 0,6 \cdot 220 = 132 \text{ VA}$$

– Trường hợp cấp điện vào phía hạ áp :

$$S_o = I_{\text{oha}} U_{\text{ha}} = 1,2 \cdot 110 = 132 \text{ VA}$$

Công suất biểu kiến không tải trong hai trường hợp bằng nhau.

Bài số 6–5. Một máy biến áp một pha cung cấp điện cho tải có $U_l = 220\text{V}$, $I_l = 30\text{A}$, $\cos\varphi_l = 0,8$ ($\varphi_l > 0$). Cho biết tổn hao đồng của hai dây quấn $\Delta P_{d1} + \Delta P_{d2} = 200 \text{ W}$, tổn hao sắt từ $\Delta P_{st} = 45\text{W}$, công suất phản kháng cần thiết để tạo ra từ thông chính $Q_o = 214 \text{ VAR}$. Công suất phản kháng để tạo ra từ thông tản sơ và thứ cấp 310 VAR . Xác định công suất tác dụng và phản kháng của nguồn cung cấp cho máy biến áp và hệ số công suất phía sơ cấp của máy biến áp.

Bài giải

Công suất tác dụng của tải :

$$P_l = U_l I_l \cos\varphi_l = 220 \cdot 30 \cdot 0,8 = 5280 \text{ W}$$

Công suất phản kháng của tải :

$$Q_l = U_l I_l \sin\varphi_l = 220 \cdot 30 \cdot 0,6 = 3960 \text{ VAR}$$

Công suất tác dụng nguồn cung cấp cho máy biến áp :

$$P_1 = P_l + \Delta P_{st} + \Delta P_{d1} + \Delta P_{d2} = 5280 + 45 + 200 = 5525 \text{ W}$$

Công suất phản kháng nguồn cung cấp cho máy biến áp :

$$Q_1 = Q_l + Q_o + Q_{\text{tản}} = 3960 + 214 + 310 = 4484 \text{ VAR}$$

Công suất biểu kiến sơ cấp :

$$S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \sqrt{5525^2 + 4484^2} = 7115,6 \text{ VA}$$

Hệ số công suất sơ cấp :

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{S_1} = \frac{5525}{7115,6} = 0,776$$

Bài số 6–6. Một máy biến áp một pha có thông số dây quấn sơ và thứ cấp như sau :

$R_1 = 0,58 \, \Omega$; $X_1 = 4,4 \, \Omega$; $R_2 = 0,03 \, \Omega$; $X_2 = 0,42 \, \Omega$. Thí nghiệm không tải cho các kết quả sau :

$$U_1 = 20210 \, \text{V} ; U_{20} = 6600 \, \text{V} ; I_0 = 12,3 \, \text{A} ; P_0 = 26600 \, \text{W}.$$

Tính các thông số của sơ đồ thay thế.

Bài giải

Hệ số biến áp : $k = \frac{U_1}{U_{20}} = \frac{20210}{6600} = 3,062$

– Điện trở dây quấn thứ cấp quy đổi về phía sơ cấp :

$$R'_2 = k^2 R_2 = (3,062)^2 \cdot 0,037 = 0,347 \, \Omega$$

– Điện kháng dây quấn thứ cấp quy đổi về phía sơ cấp :

$$X'_2 = k^2 X_2 = (3,062)^2 \cdot 0,42 = 3,94 \, \Omega$$

– Điện trở không tải :

$$R_0 = \frac{P_0}{I_0^2} = 175,82 \, \Omega$$

– Điện trở từ hoá R_{th} :

$$R_{th} = R_0 - R_1 = 175,82 - 0,58 = 175,24 \, \Omega$$

– Tổng trở không tải :

$$z_0 = \frac{U_1}{I_0} = \frac{20210}{12,3} = 1643 \, \Omega$$

– Điện kháng không tải :

$$X_0 = \sqrt{z_0^2 - R_0^2} = \sqrt{1643^2 - 175,82^2} = 1633,5 \, \Omega$$

– Điện kháng từ hoá :

$$X_{th} = X_0 - X_1 = 1633,5 - 4,4 = 1629,1 \, \Omega$$

Khi tính toán có thể lấy gần đúng :

$$R_{th} \approx R_0 ; X_{th} \approx X_0$$

Bài số 6–7. Thông số của máy biến áp một pha : $S_{dm} = 25 \, \text{kVA}$; $U_{1dm} = 380 \, \text{V}$; $U_{2dm} = 127 \, \text{V}$ điện áp ngắn mạch phần trăm $U_n \% = 4\%$.

a) Tính dòng điện định mức.

b) Tính dòng điện ngắn mạch khi đặt điện áp định mức và 70% định mức vào dây quần cao áp, dây quần hạ áp ngắn mạch.

c) Tính dòng điện ngắn mạch khi đặt điện áp định mức vào dây quần hạ áp, dây quần cao áp ngắn mạch.

Bài giải

a) Dòng điện định mức sơ cấp và thứ cấp :

$$I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{U_{1dm}} = \frac{25 \cdot 10^2}{380} = 65,79 \text{ A}$$

$$I_{2dm} = \frac{S_{dm}}{U_{2dm}} = \frac{25 \cdot 10^3}{127} = 196,85 \text{ A}$$

b) Khi đặt điện áp định mức 380 V vào dây quần cao áp, dây quần hạ áp ngắn mạch.

Gọi U_{1n} là điện áp ngắn mạch khi thí nghiệm với dòng điện định mức. Dòng điện ngắn mạch ở dây quần sơ cấp khi đặt điện áp định mức sơ cấp là :

$$I_{1n} = I_{1dm} \cdot \frac{U_{1dm}}{U_{1n}} = \frac{I_{1dm}}{\frac{U_{1n}}{U_{1dm}}} = \frac{I_{1dm}}{u_n}$$

trong đó $u_n = \frac{U_{1n}}{U_{1dm}}$ là điện áp ngắn mạch tương đối.

Dòng điện ngắn mạch trong dây quần thứ cấp :

$$I_{2n} = \frac{W_1}{W_2} I_{1n} = \frac{W_1}{W_2} \cdot \frac{I_{1dm}}{u_n} = \frac{I_{2dm}}{u_n}$$

Tổng quát ta có : $I_n = \frac{I_{dm}}{u_n} \quad (1)$

Thay số vào ta có :

– Khi đặt điện áp định mức :

$$I_{1n} = \frac{I_{1dm}}{u_n} = \frac{65,79}{0,04} = 1644,75 \text{ A}$$

$$I_{2n} = \frac{I_{2dm}}{u_n} = \frac{196,85}{0,04} = 4927 \text{ A}$$

Khi đặt điện áp 70% định mức :

$$I_{1n} = 1644,75 \cdot \frac{70}{100} = 1151,32 \text{ A}$$

$$I_{2n} = 4927 \cdot \frac{70}{100} = 3448,9 \text{ A}$$

c) Khi đặt điện áp định mức 127 V vào dây quấn hạ áp, dây quấn cao áp ngắn mạch.

Áp dụng công thức tổng quát (1) ta được kết quả như trên, nghĩa là dòng điện ngắn mạch trong mỗi dây quấn vẫn không đổi dù ngắn mạch ở phía nào.

Từ công thức (1) $I_n = \frac{I_{dm}}{u_n}$ cho thấy rằng, máy biến áp có u_n nhỏ, dòng điện ngắn mạch lớn. Với $u_n = 0,04$, dòng điện ngắn mạch lớn hơn dòng điện định mức 25 lần.

Bài số 6–8. Máy biến áp một pha $S_{dm} = 2500 \text{ VA}$; $U_{1dm} = 220\text{V}$; $U_{2dm} = 127\text{V}$. Thí nghiệm không tải : $U_1 = 220\text{V}$; $I_o = 1,4\text{A}$; $P_o = 30\text{W}$. Thí nghiệm ngắn mạch : $I_{1n} = I_{1dm} = 11,35\text{A}$; $U_n = 8,8\text{V}$; $P_n = 80\text{W}$.

a) Tính các thông số sơ đồ thay thế.

b) Khi tải RL có $\cos\varphi_l = 0,8$. Xác định hiệu suất và điện áp thứ cấp khi hệ số tải $k_l = 1$ và $k_l = 0,5$.

Bài giải

a) Điện trở nhánh từ hoá :

$$R_{th} \approx \frac{P_o}{I_o^2} = \frac{30}{1,4^2} = 15,3 \, \Omega$$

– Tổng trở nhánh từ hoá :

$$Z_{th} \approx \frac{U_o}{I_o} = \frac{220}{1,4} = 157 \, \Omega$$

– Điện kháng nhánh từ hoá :

$$X_{th} = \sqrt{Z_{th}^2 - R_{th}^2} = \sqrt{157^2 - 15,3^2} = 149 \, \Omega$$

– Điện áp ngắn mạch phần trăm :

$$U_n \% = \frac{U_n}{U_{1dm}} \% = \frac{8,8}{220} 100\% = 4\%$$

– Điện trở ngắn mạch :

$$R_n = R_1 + R_2' = \frac{P_n}{I_n^2} = \frac{80}{(11,35)^2} = 0,621 \, \Omega$$

– Tổng trở ngắn mạch :

$$z_n = \frac{U_n}{I_n} = \frac{8,8}{11,35} = 0,775 \, \Omega$$

– Điện kháng ngắn mạch :

$$X_n = \sqrt{z_n^2 - R_n^2} = \sqrt{0,775^2 - 0,621^2} = 0,46 \, \Omega$$

Coi gần đúng : $R_1 \approx R_2' ; X_1 \approx X_2'$

$$R_1 = R_2' = \frac{R_n}{2} = 0,31 \, \Omega$$

$$X_1 = X_2' = \frac{X_n}{2} = 0,23 \, \Omega$$

Hệ số biến áp :

$$k = \frac{W_1}{W_2} \approx \frac{U_{1dm}}{U_{2dm}} = \frac{220}{127} = 1,73$$

Thông số dây quấn thứ cấp :

$$R_2 = \frac{R_2'}{k^2} = \frac{0,31}{1,73^2} = 0,1 \, \Omega$$

$$X_2 = \frac{X_2'}{k^2} = \frac{0,23}{1,73^2} = 0,077 \, \Omega$$

b) Hiệu suất máy biến áp khi định mức :

$$\eta = \frac{S_{dm} \cos \varphi_t}{S_{dm} \cos \varphi_t + P_0 + P_n} = \frac{2500.0,8}{2500.0,8 + 30 + 80} = 0,948$$

Khi hệ số tải $k_t = 0,5$

$$\eta = \frac{k_t S_{dm} \cos \varphi_t}{k_t S_{dm} \cos \varphi_t + P_0 + k_t^2 P_n} = \frac{0,5.2500.0,8}{0,5.2500.0,8 + 30 + 0,5^2.80} = 0,952$$

Độ biến thiên điện áp thứ cấp phần trăm

$$\Delta U_2 \% = k_t (U_{nR} \% \cos \varphi_t + U_{nX} \% \sin \varphi_t)$$

Trong đó : $U_{nR} \% = U_n \% \cos \varphi_n = 4.0,8 = 3,2 \, \%$

$$U_{nX} \% = U_n \% \sin \varphi_n = 4.0,6 = 2,4 \, \%$$

$$\cos \varphi_n = \frac{P_n}{U_n I_{1n}} = \frac{80}{8,8.11,35} = 0,8$$

$$\sin \varphi_n = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_n} = 0,6$$

Độ biến thiên điện áp thứ cấp phần trăm :

– Khi $k_t = 1$

$$\Delta U_2 \% = 1 (3,2 \cdot 0,8 + 2,4 \cdot 0,6) \% = 4\%$$

– Khi $k_t = 0,5$

$$\Delta U_2 \% = 0,5 (3,2 \cdot 0,8 + 2,4 \cdot 0,6) \% = 2\%$$

Điện áp thứ cấp

$$U_2 = U_{20} (1 - \Delta U_2)$$

$$\text{Khi : } k_t = 1 ; \quad U_2 = 127 (1 - 0,04) = 121,92 \text{ V}$$

$$k_t = 0,5 ; \quad U_2 = 127 (1 - 0,02) = 124,46 \text{ V}$$

Bài số 6–9. Máy biến áp một pha : $S_{dm} = 2500 \text{ kVA}$; $U_{1dm} = 220 \text{ V}$; $U_{2dm} = 127 \text{ V}$; thông số các dây quấn $R_1 = 0,3 \Omega$; $X_1 = 0,25 \Omega$; $R_2 = 0,1 \Omega$; $X_2 = 0,083 \Omega$. Thứ cấp nối với tải có tổng trở phức $Z_t = 5,8 + j5,17 \Omega$.

Dùng sơ đồ thay thế gần đúng (coi $I_o \approx 0$) xác định công suất tác dụng P_1 , công suất phản kháng Q_1 , hệ số công suất $\cos \varphi_1$ ở phía sơ cấp, công suất tác dụng và phản kháng của tải, điện áp trên tải và độ biến thiên điện áp thứ cấp.

Bài giải

Tính các thông số của sơ đồ thay thế gần đúng :

Hệ số biến áp :

$$k = \frac{W_1}{W_2} \approx \frac{U_{1dm}}{U_{2dm}} = \frac{220}{127} = 1,73$$

Quy đổi các đại lượng thứ cấp về sơ cấp :

$$R'_2 = k^2 R_2 = 1,73^2 \cdot 0,1 = 0,3 \Omega$$

$$X'_2 = k^2 X_2 = 1,73^2 \cdot 0,083 = 0,25 \Omega$$

$$R'_t = k^2 R_t = 1,73^2 \cdot 5,8 = 17,4 \Omega$$

$$X'_t = k^2 X_t = 1,73^2 \cdot 5,17 = 15,5 \Omega$$

Từ sơ đồ ta tính được dòng điện sơ cấp I_1 và dòng điện thứ cấp I'_2 đã quy đổi về sơ cấp :

$$I_1 \approx I'_2 \approx \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2 + R'_t)^2 + (X_1 + X'_2 + X'_t)^2}} \approx \frac{220}{\sqrt{18^2 + 16^2}} = 9,13 \text{ A}$$

– Hệ số công suất phía sơ cấp :

$$\cos \varphi_1 = \frac{(R_1 + R'_2 + R'_t)}{\sqrt{(R_1 + R'_2 + R'_t)^2 + (X_1 + X'_2 + X'_t)^2}} \approx \frac{18}{24,08} = 0,747$$

– Công suất tác dụng phía sơ cấp :

$$P_1 = UI_1 \cos \varphi_1 = 220 \cdot 9,13 \cdot 0,747 = 1500,5 \text{ W}$$

– Công suất phản kháng phía sơ cấp :

$$Q_1 = UI_1 \sin \varphi_1 = 220 \cdot 9,13 \cdot \sqrt{1 - (0,747)^2} = 1335,4 \text{ VAr}$$

– Dòng điện thứ cấp :

$$I_2 = k \cdot I_1' = 1,73 \cdot 9,13 = 15,8 \text{ A}$$

– Tổng trở tải :

$$z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2} = \sqrt{5,8^2 + 5,17^2} = 7,77 \Omega$$

– Điện áp trên tải :

$$U_2 = I_2 z_t = 15,8 \cdot 7,77 = 122,76 \text{ V}$$

– Độ biến thiên điện áp thứ cấp :

$$\Delta U_2 \% = \frac{U_{20} - U_2}{U_{20}} 100\% = \frac{127 - 122,76}{127} 100\% = 3,38\%$$

– Công suất tác dụng của tải :

$$P_t = R_t I_2^2 = 5,8 \cdot 15,8^2 = 1448 \text{ W}$$

– Công suất phản kháng của tải :

$$Q_t = X_t I_2^2 = 5,17 \cdot 15,8^2 = 1291 \text{ VAr}$$

Bài số 6–10. Một máy biến áp một pha có $U_{1dm} = 303 \text{ kV}$; $U_{2dm} = 20 \text{ kV}$.

Dùng 3 biến áp một pha này ghép với nhau thành máy biến áp 3 pha để biến đổi điện áp mạng điện ba pha $U_d = 525 \text{ kV}$. Xác định các khả năng có thể và điện áp dây thứ cấp sẽ là bao nhiêu ?

Bài giải

Sơ cấp của ba máy biến áp nối sao, điện áp dây sơ cấp của máy biến áp ba pha là :

$$U_{1dm} = \sqrt{3} \cdot 303 = 525 \text{ kV}$$

Thứ cấp của máy biến áp có thể nối sao hoặc tam giác

Khi nối sao, điện áp dây thứ cấp

$$U_{2dm} = \sqrt{3} \cdot 20 = 34,64 \text{ kV}$$

Khi thứ cấp nối tam giác, điện áp dây thứ cấp :

$$U_{2dm} = 20 \text{ kV}$$

Vậy có 2 cách đấu sau :

$$Y/Y - 525 \text{ kV} / 34,64 \text{ kV} ;$$

$$Y/\Delta - 525 \text{ kV} / 20 \text{ kV}$$

Bài số 6–11. Một máy biến áp ba pha có tỷ số vòng dây pha $\frac{W_1}{W_2} = 2$.
Xác định tỷ số điện áp dây khi đấu Y/Y ; Δ/Δ ; Y/ Δ ; Δ /Y.

Bài giải

– Khi nối Y/Y (sao–sao) :

$$k_d = \frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{p1}}{\sqrt{3} \cdot U_{p2}} = k_p = \frac{W_1}{W_2} = 2$$

– Khi nối Δ/Δ (tam giác – tam giác) :

$$k_d = \frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{p1}}{\sqrt{3} \cdot U_{p2}} = k_p = \frac{W_1}{W_2} = 2$$

– Khi nối Y/ Δ (sao–tam giác) :

$$k_d = \frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{p1}}{U_{p2}} = \sqrt{3} k_p = \sqrt{3} \frac{W_1}{W_2} = 2\sqrt{3}$$

– Khi nối Δ /Y (tam giác – sao) :

$$k_d = \frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{U_{p1}}{\sqrt{3} \cdot U_{p2}} = \frac{k_p}{\sqrt{3}} = \frac{2}{\sqrt{3}}$$

Bài số 6–12. Một máy biến áp ba pha nối Y/ Δ có $S_{dm} = 60\text{kVA}$;
 $U_{1dm} = 35\text{kV}$; $U_{2dm} = 400\text{V}$; $I_o\% = 11\%$; $U_n\% = 4,55\%$; $P_0 = 502\text{W}$;
 $P_n = 1200\text{W}$.

Tính dòng điện định mức, dòng điện không tải, hệ số công suất không tải, điện áp ngắn mạch U_n , hệ số công suất ngắn mạch $\cos\varphi_n$. Thông số sơ đồ thay thế.

Bài giải

a) Dòng điện định mức :

$$I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3} \cdot U_{1dm}} = \frac{60 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot 10^3} = 1\text{ A}$$

$$I_{2dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3} \cdot U_{2dm}} = \frac{60 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 8,66\text{ A}$$

– Dòng điện không tải :

$$I_o = I_{1dm} \cdot \frac{I_o\%}{100} = 0,11\text{ A}$$

– Hệ số công suất không tải :

$$\cos \varphi_o = \frac{P_o}{\sqrt{3}U_o I_o} = \frac{502}{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot 10^{-3} \cdot 0,11} = 0,075$$

– Điện áp ngắn mạch dây :

$$U_{1n} = U_{ldm} \frac{U_n \%}{100} = 35000 \frac{4,55}{100} = 1592 \text{ V}$$

– Điện áp ngắn mạch pha :

$$U_{1np} = U_{lpdm} \cdot \frac{U_n \%}{100} = \frac{35000}{\sqrt{3}} \cdot \frac{4,55}{100} = 919,5 \text{ V}$$

– Hệ số công suất ngắn mạch :

$$\cos \varphi_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n I_n} = \frac{1200}{\sqrt{3} \cdot 1592 \cdot 1} = 0,435$$

b) Thông số sơ đồ thay thế

– Điện trở từ hoá :

$$R_{th} \approx \frac{P_{op}}{I_{op}^2} = \frac{P_o}{3I_{op}^2} = \frac{502}{3 \cdot 0,11^2} = 13829 \text{ } \Omega$$

– Tổng trở từ hoá :

$$Z_{th} \approx \frac{U_{lp}}{I_{op}} = \frac{U_{ldm}}{\sqrt{3} \cdot I_{op}} = \frac{35 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,11} = 183707 \text{ } \Omega$$

– Điện kháng từ hoá :

$$X_{th} = \sqrt{Z_{th}^2 - R_{th}^2} = 183185 \text{ } \Omega$$

– Điện trở ngắn mạch :

$$R_n = \frac{P_{np}}{I_{lpdm}^2} = \frac{P_n}{3I_{lpdm}^2} = \frac{1200}{3 \cdot 1^2} = 400 \text{ } \Omega$$

– Tổng trở ngắn mạch :

$$Z_n = \frac{U_{1np}}{I_{lpdm}} = \frac{919,5}{1} = 919,5 \text{ } \Omega$$

– Điện kháng ngắn mạch :

$$X_n = \sqrt{Z_n^2 - R_n^2} = \sqrt{919,5^2 - 400^2} = 828 \text{ } \Omega$$

Coi gần đúng

$$R_1 \approx R_2' = \frac{R_n}{2} = \frac{400}{2} = 200 \text{ } \Omega$$

$$X_1 \approx X_2' = \frac{X_n}{2} = \frac{828}{2} = 414 \text{ } \Omega$$

Hệ số biến áp pha :

$$k = \frac{U_1}{W_2} = \frac{U_{1dm}}{\sqrt{3}U_{2dm}} = \frac{35000}{\sqrt{3}.400} = 50,5$$

Thông số dây quấn thứ cấp chưa quy đổi

$$R_2 = \frac{R_2'}{k^2} = \frac{200}{50,5^2} = 0,078 \, \Omega$$

$$X_2 = \frac{X_2'}{k^2} = \frac{414}{50,5^2} = 0,162 \, \Omega$$

Bài số 6–13. Một máy biến áp ba pha có thông số ở bài 6–12. Tính hệ số tải khi hiệu suất cực đại. Máy làm việc với tải RL có $\cos\varphi_t = 0,9$, hệ số tải $k_t = 0,5$. Tính hiệu suất, công suất tác dụng và phản kháng, dòng điện, $\cos\varphi_1$ ở phía sơ cấp.

Bài giải

– Hệ số tải khi hiệu suất cực đại :

$$k_t = \sqrt{\frac{P_o}{P_n}} = \sqrt{\frac{502}{1200}} = 0,647$$

– Hiệu suất máy khi $k_t = 0,5$; $\cos\varphi_t = 0,9$

$$\eta = \frac{k_t S_{dm} \cos\varphi_t}{k_t S_{dm} \cos\varphi_t + P_o + k_t^2 P_n} = \frac{0,5.60000.0,9}{0,5.60000.0,9 + 502 + 0,5^2.1200} = 0,97$$

– Công suất tác dụng phía sơ cấp :

$$P_1 = P_2 + P_o + k_t^2 P_n = 0,5.60000.0,9 + 502 + 0,5^2.1200 = 27802 \, W$$

Bỏ qua từ thông tản, công suất phản kháng phía sơ cấp :

$$Q_1 = Q_t + Q_{th}, \text{ trong đó } Q_t \text{ là công suất phản kháng của tải.}$$

$$Q_t = k_t S_{dm} \sin\varphi_t = 0,5.60000\sqrt{1 - 0,9^2} = 13076 \, VAr.$$

Q_{th} là công suất phản kháng cần thiết để từ hoá lõi thép $Q_{th} = Q_o$

$$Q_o = \sqrt{3}U_o I_o \sin\varphi_o = \sqrt{3}.35000.0,11.\sqrt{1 - 0,075^2} = 6649 \, VAr$$

có thể tính :

$$Q_o = \sqrt{S_o^2 - P_o^2}$$

S_o là công suất biểu kiến không tải

$$S_o = \sqrt{3}U_{1dm} I_o = \sqrt{3}.35.10^3.0,11 = 6668 \, VA$$

$$Q_o = \sqrt{6668^2 - 502^2} = 6649 \, VAr$$

Vậy công suất phản kháng phía sơ cấp :

$$Q_1 = Q_l + Q_{th} = 13076 + 6649 = 19725 \text{ VAr}$$

Nếu xét từ thông tản thì Q_l tính như sau :

$$Q_l = Q_t + Q_{th} + Q_{tán} = Q_t + Q_{th} + k_t^2 Q_n$$

Q_n là công suất phản kháng trong thí nghiệm ngắn mạch với dòng định mức.

Công suất biểu kiến phía sơ cấp :

$$S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \sqrt{27802^2 + 19725^2} = 33503 \text{ VA}$$

Dòng điện sơ cấp :

$$I_1 = \frac{S_1}{\sqrt{3}U_1} = \frac{33503}{\sqrt{3}.35000} = 0,55 \text{ A}$$

Hệ số công suất phía sơ cấp :

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{S_1} = \frac{27082}{33503} = 0,81$$

Bài số 6-14. Một máy biến áp ba pha Y/Y cung cấp điện cho tải nối tam giác, điện trở mỗi pha tải $R_\Delta = 6\Omega$. Máy biến áp có các số liệu sau : $U_{1dm} = 3000\text{V}$, $U_{2dm} = 230\text{V}$. Thông số các dây quấn $R_1 = 2,4\Omega$; $X_1 = 4,4\Omega$; $X_2 = 0,026\Omega$; $R_2 = 0,0142\Omega$.

Tính điện áp đặt lên mỗi pha của tải và công suất tải tiêu thụ khi điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp bằng định mức.

Bài giải

Biến đổi tải nối tam giác sang nối sao :

$$R_Y = \frac{R_\Delta}{3} = \frac{6}{3} = 2 \text{ } \Omega$$

Hệ số biến áp :

$$k = \frac{W_1}{W_2} = \frac{U_{1pdm}}{U_{2pdm}} = \frac{1732}{132,8} = 13$$

trong đó : $U_{1pdm} = \frac{U_{1dm}}{\sqrt{3}} = \frac{3000}{\sqrt{3}} = 1732 \text{ V}$

$$U_{2pdm} = \frac{U_{2dm}}{\sqrt{3}} = \frac{230}{\sqrt{3}} = 132,8 \text{ V}$$

Các thông số phía thứ cấp quy về sơ cấp

$$R'_2 = k^2 R_2 = 13^2 \cdot 0,0142 = 2,4 \, \Omega$$

$$X'_2 = k^2 X_2 = 13^2 \cdot 0,026 = 4,4 \, \Omega$$

$$R'_Y = k^2 R_Y = 13^2 \cdot 2 = 338 \, \Omega$$

Sử dụng sơ đồ thay thế gần đúng, tính được :

$$\begin{aligned} I_1 = I'_2 &= \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2 + R'_Y)^2 + (X_1 + X'_2)^2}} \\ &= \frac{1732}{\sqrt{342,8^2 + 8,8^2}} = 5,05 \, \text{A} \end{aligned}$$

– Điện áp trên pha tải nối sao :

$$U_{pY} = \frac{U'_{pY}}{k} = \frac{R'_Y I'_2}{k} = \frac{338 \cdot 5,05}{13} = 131,3 \, \text{V}$$

– Điện áp trên pha tải nối tam giác :

$$U_{p\Delta} = \sqrt{3} U_{pY} = \sqrt{3} \cdot 131,3 = 227,4 \, \text{V}$$

– Dòng điện trong pha tải nối Δ :

$$I_{2p\Delta} = \frac{I'_2}{\sqrt{3}} k = \frac{5,05}{\sqrt{3}} 13 = 37,9 \, \text{A}$$

– Công suất tải tiêu thụ : $P_t = 3 R_{\Delta} I_{2p\Delta}^2 = 3 \cdot 6 \cdot 37,9^2 = 25855 \, \text{W}$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHO ĐÁP ÁN

Hãy trả lời bằng cách đánh dấu (x) vào ()

6–15. Để xác định từ cảm $B_{\max}$ trong lõi thép, người ta quấn xung quanh lõi thép một cuộn dây đo lường có số vòng dây $W = 120$ vòng.

Điện áp hiệu dụng đo được hai đầu cuộn dây là 15 V. Hãy tính $B_{\max}$ nếu biết tiết diện hữu ích của lõi thép $S = 4 \, \text{cm}^2$, và tần số dòng điện $f = 50 \, \text{Hz}$.
Tìm đáp án đúng.

a) $\Phi_{\max} = 0,616 \cdot 10^{-3} \, \text{Wb}$; $B_{\max} = 1,54 \, \text{T}$ ☐

b) $\Phi_{\max} = 0,563 \cdot 10^{-3} \, \text{Wb}$; $B_{\max} = 1,41 \, \text{T}$ ☐

c) $\Phi_{\max} = 0,483 \cdot 10^{-3} \, \text{Wb}$; $B_{\max} = 1,2 \, \text{T}$ ☐

6-16. Một máy biến áp một pha $S_{dm} = 6667 \text{ kVA}$ chế độ không tải với điện áp định mức : $U_{ldm} = 35 \text{ kV}$; $P_o = 17000 \text{ W}$; $I_o\% = 3\%$; $U_{2o} = 10 \text{ kV}$. Thí nghiệm ngắn mạch với dòng điện định mức, $U_n\% = 8\%$; $P_n = 53500 \text{ W}$.

- Xác định dòng điện định mức.
- Xác định công suất biểu kiến không tải S_o và $\cos\varphi_o$.
- Cho $X_1 \approx X'_2$; $R_1 \approx R'_2$. Xác định các thông số của sơ đồ thay thế.
- Xác định hệ số tải để hiệu suất đạt cực đại.
- Xác định điện áp thứ cấp U_2 khi hệ số tải $k_t = 0,7$ với $\cos\varphi_t = 1$.

Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

- $I_{ldm} = 190,5 \text{ A}$; $I_{2dm} = 666,7 \text{ A}$ ☐
- $R_1 = 0,74 \Omega$; $X_1 = 7,35 \Omega$ ☐
 $R_2 = 0,06 \Omega$; $X_2 = 0,6 \Omega$ ☐
- $k_t = 0,654$; $U_2 = 9625 \text{ V}$ ☐
- $S_o = 200 \text{ kVA}$; $\cos\varphi_o = 0,085$ ☐

6-17. Một máy biến áp làm việc trong mỗi ngày như sau : 14 giờ đầy tải với công suất $P_t = 10 \text{ kW}$ và tổn hao đồng $\Delta P_d = 0,3 \text{ kW}$; 10 giờ không tải ; công suất không tải $P_o = 0,1 \text{ kW}$. Tính hiệu suất trung bình ngày. Tìm đáp án đúng.

- $\eta = 0,887$ ☐
- $\eta = 0,955$ ☐
- $\eta = 0,932$ ☐

6-18. Một máy biến áp ba pha có số vòng dây mỗi pha như sau :

$W_1 = 1500$ vòng ; $W_2 = 400$ vòng. Tìm tỷ số điện áp dây k ứng với các cách đấu :

- Y/Y
- Δ/Y
- Y/ Δ
- Δ/Δ

Tìm các đáp án sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

- Sơ đồ a : $k = 3,75$ ☐
- Sơ đồ b : $k = 6,495$ ☐
- Sơ đồ c : $k = 2,165$ ☐
- Sơ đồ d : $k = 3,75$ ☐

6-19. Máy biến áp ba pha nối dây Y/Y. $S_{dm} = 560 \text{ kVA}$; $U_{ldm} = 6 \text{ kV}$; $U_{2dm} = 0,4 \text{ kV}$; dòng điện không tải $I_o\% = 4,58\%$ điện áp ngắn mạch phần

trăm $U_n\% = 4,27\%$; công suất không tải $P_o = 1970 \text{ W}$, công suất ngắn mạch $P_n = 7000 \text{ W}$.

a) Tính dòng điện định mức và dòng điện không tải, hệ số công suất không tải.

b) Thông số của sơ đồ thay thế gần đúng.

c) Tính điện áp thứ cấp và hiệu suất khi $k_t = 0,5$; $\cos\varphi_t = 0,8$ ($\varphi_t > 0$).

Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) $I_{1dm} = 53,9 \text{ A}$; $I_{2dm} = 808,3 \text{ A}$;

$\cos\varphi_o = 0,076$; $I_o = 2,47 \text{ A}$

☐

b) $R_1 = 0,4 \Omega$; $R_2 = 1,78 \cdot 10^{-3} \Omega$;

$X_1 = 1,31 \Omega$ $X_2 = 0,0058 \Omega$;

☐

c) $\eta = 0,921$

☐

d) $U_2 = 393 \text{ V}$

☐

6-20. Một máy biến áp ba pha đấu Y/ Δ -5 có $S_{dm} = 20 \text{ kVA}$; $U_{1dm} = 10 \text{ kV}$; $U_{2dm} = 231 \text{ V}$; $P_o = 0,22 \text{ kW}$; $P_n = 0,6 \text{ kW}$; $U_n\% = 5,5\%$; $I_o\% = 3\%$.

Xác định góc lệch pha giữa điện áp dây sơ cấp và thứ cấp. Nếu thứ cấp chuyển thành đấu Y thì đại lượng định mức mới nào dưới đây sai, sửa lại và ghi vào chỗ

a) Góc lệch pha $30^\circ \times 5 = 150^\circ$

☐

b) $U_{2dm} = \frac{231}{\sqrt{3}} \text{ V}$

☐

c) $S_{dm} = 20 \text{ kVA}$

☐

d) $P_n = 0,6 \text{ kW}$; $P_o = 0,22 \text{ kW}$

☐

6-21. Một máy biến áp ba pha cung cấp điện cho tải có điện áp dây định mức bằng $U_{2dm} = 380 \text{ V}$ với dòng điện $I_t = 200 \text{ A}$, $\cos\varphi_t = 0,93$ thì nhiệt độ ổn định của máy bằng nhiệt độ cho phép. Hỏi khi tải có $\cos\varphi_t = 0,8$ thì công suất tác dụng cho phép của tải bằng bao nhiêu để nhiệt độ của máy bằng nhiệt độ cho phép ? Tìm đáp án đúng.

a) 466 kW

☐

b) 153 kW

☐

c) 248 kW

☐

d) $105,3 \text{ kW}$

☐

6-22. Khi giảm điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp của máy biến áp thì dòng điện không tải I_0 , tổn hao sắt từ ΔP_{st} , hệ số biến áp k của máy thay đổi thế nào ? Tìm đáp án đúng.

- a) k giảm ☐
- b) I_0 giảm ☐
- c) Công suất không tải P_0 không đổi ☐
- d) Tổn hao sắt từ ΔP_{st} tăng ☐

6-23. Ba máy biến áp một pha giống nhau nối thành một tổ làm việc như máy biến áp ba pha $\Delta/Y-11$. Biết thông số kỹ thuật của mỗi máy biến áp một pha :

$$S_{dm} = 100 \text{ kVA} ; \quad U_{l_{dm}} = 10 \text{ kV} ; \quad U_{2dm} = 230 \text{ V} ;$$

$$U_n \% = 5\% ; \quad P_n = 4,4 \text{ kW} ; \quad P_0 = 0,6 \text{ kW}.$$

Tìm số liệu định mức của tổ máy biến áp 3 pha.

Tìm các câu trả lời sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

- a) $S_{dm} = 100 \text{ kVA}$ ☐
- b) $P_n = 4,4 \text{ kW}$ ☐
- c) $P_0 = 1,8 \text{ kW}$ ☐
- d) $U_{l_{dm}} = 10 \text{ kV} ;$ ☐
- $U_n \% = 5\% ;$ ☐
- $U_{2dm} = 230\sqrt{3}$ ☐

6-24. Một máy biến áp ba pha nối Δ/Y , đấu vào lưới điện $U_d = 22 \text{ kV}$. Hỏi dòng điện không tải I_0 , điện áp thứ cấp U_2 , tổn hao sắt từ ΔP_{st} thay đổi như thế nào khi nối nhầm dây quấn sơ cấp thành hình sao. Tìm các đáp án sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

- a) I_0 dây không thay đổi ☐
- b) U_2 giảm $\sqrt{3}$ lần ☐
- c) ΔP_{st} tăng ☐
- d) I_0 pha giảm ☐

6-25. Mạch từ của máy điện thường được làm bằng thép kỹ thuật điện. Câu phát biểu nào dưới đây sai.

- a) Để giảm dòng điện không tải của máy ☐
- b) Để liên hệ từ giữa các dây quấn tốt hơn. ☐

c) Để tăng từ thông tản của máy ☐

d) Để giảm tổn hao sắt từ ☐

6-26. Khi giảm số vòng dây sơ cấp và giữ nguyên số vòng dây thứ cấp của một máy biến áp, điện áp nguồn U_1 không đổi thì dòng điện không tải I_0 , cường độ từ cảm $B_{\max}$, P_0 , U_{20} thay đổi như thế nào? Tìm các câu trả lời sai sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) U_{20} giảm ☐

b) I_0 không đổi ☐

c) $B_{\max}$ tăng ☐

d) P_0 giảm ☐

6-27. Một máy biến áp tự ngẫu, thứ cấp nối với tải có tổng trở Z_l không đổi. Hỏi dòng điện và tổn hao thay đổi như thế nào khi ta điều chỉnh tăng số vòng dây W_2 ? Điện áp nguồn U_1 không đổi. Tìm đáp án đúng.

a) I_1, I_2 cùng giảm. ☐

b) Tổn hao đồng không đổi ☐

c) I_1, I_2 tăng ☐

d) Tổn hao sắt từ ΔP_{st} tăng ☐

6-28. Một máy biến dòng có dây quấn sơ cấp $W_1 = 1$ vòng, dòng điện thứ cấp là 5A. Tìm số vòng W_2 , để dòng điện sơ cấp là 200A. Tìm đáp án đúng.

a) $W_2 = 1000$ vòng ☐

b) $W_2 = 200$ vòng ☐

c) $W_2 = 40$ vòng ☐

6-29. Một máy biến áp làm việc với tải có hệ số công suất khác nhau. Biết hệ số tải k_l không đổi. Về hiệu suất η quan hệ nào dưới đây đúng.

a) $\cos\varphi_{t1} < \cos\varphi_{t2}$; $\eta_1 = \eta_2$ ☐

b) $\cos\varphi_{t1} > \cos\varphi_{t2}$; $\eta_1 = \eta_2$ ☐

c) $\cos\varphi_{t1} > \cos\varphi_{t2}$; $\eta_1 > \eta_2$ ☐

d) $\cos\varphi_{t1} > \cos\varphi_{t2}$; $\eta_1 < \eta_2$ ☐

6-30. Về đặc điểm của máy biến áp tự ngẫu so với máy biến áp có 2 dây quấn riêng biệt cùng công suất có những câu phát biểu sau. Hãy tìm câu sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

- a) Khối lượng đồng nhỏ hơn máy biến áp 2 dây quấn riêng biệt ☐
- b) Khối lượng thép giống như máy biến áp 2 dây quấn riêng biệt ☐
- c) Tổn hao đồng ΔP_d trong dây quấn nhỏ hơn máy biến áp 2 dây quấn riêng biệt ☐
- d) Tổn hao sắt từ ΔP_{st} trong lõi thép nhỏ hơn máy biến áp 2 dây quấn riêng biệt ☐

6-31. Hệ số công suất không tải $\cos\varphi_0$ của máy biến áp thay đổi thế nào khi thay thế thép lá kỹ thuật điện bằng thép khối cùng hệ số từ thẩm μ để chế tạo lõi thép.

Tìm đáp án đúng.

- a) $\cos\varphi_0$ không đổi ☐
- b) $\cos\varphi_0$ tăng ☐
- c) $\cos\varphi_0$ giảm ☐

6-32. Điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp máy biến áp không tải

$$u_1 = U_{1\max} \sin \omega t$$

Bỏ qua điện trở và điện kháng tản của dây quấn, xác định trị số tức thời từ thông Φ_0 trong lõi thép. Đáp án nào đúng.

- a) $\Phi_0 = \omega W_1 U_{1\max} \sin \omega t$ ☐ ; c) $\Phi_0 = \frac{U_{1\max} \sin (\omega t + 90^\circ)}{\omega W_1}$ ☐
- b) $\Phi_0 = \frac{U_{1\max} \sin \omega t}{\omega W_1}$ ☐ ; d) $\Phi_0 = \frac{U_{1\max} \sin (\omega t - 90^\circ)}{\omega W_1}$ ☐

6-33. Với chế độ nào của tải, dòng điện trong dây quấn sơ cấp nhỏ hơn dòng điện không tải. Tìm đáp án đúng.

- a) Có thể với một trị số xác định của tải thuần trở ☐
- b) Có thể với một trị số xác định của tải thuần cảm ☐
- c) Có thể với một trị số xác định của tải thuần dung ☐
- d) Không thể với bất kỳ tải nào ☐

6-34. Với điều kiện nào đặt cho các dây quấn máy biến áp để khi dây quấn thứ cấp ngắn mạch, công suất máy biến áp tiêu thụ bằng tổn hao đồng ở chế độ định mức. Tìm đáp án sai.

- a) Đặt vào dây quấn sơ cấp điện áp định mức ☐
- b) Đặt vào dây quấn sơ cấp điện áp bằng $U_{1dm} \cdot \frac{U_n \%}{100}$ ☐
- c) Cho dòng điện trong dây quấn sơ cấp bằng định mức ☐
- d) Cho dòng điện ở dây quấn thứ cấp bằng định mức ☐

6-35. Tổn hao công suất của máy biến áp không tải chủ yếu là tổn hao gì ? Tìm đáp án đúng.

- a) Tổn hao trên điện trở dây quấn ☐
- b) Tổn hao do dòng điện xoáy và từ trễ trong lõi thép ☐
- c) Tổn hao do từ thông tản ☐
- d) Tổn hao trong vật liệu cách điện máy biến áp ☐

6-36. Tổn hao của máy biến áp ngắn mạch chủ yếu là tổn hao gì ? Tìm đáp án đúng.

- a) Tổn hao đồng của các dây quấn ☐
- b) Tổn hao sắt từ của lõi thép ☐
- c) Tổn hao do từ thông tản trong vỏ thùng dầu ☐
- d) Tổn hao trong vật liệu cách điện ☐

6-37. Điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp giảm 2 lần so với định mức, đồng thời giảm tổng trở tải để giữ cho dòng điện không đổi. Tổn hao sắt từ và tổn hao đồng trong máy biến áp sẽ thay đổi thế nào ? Tìm đáp án đúng.

- a) ΔP_{st} không đổi ; ΔP_d giảm 2 lần ☐
- b) ΔP_{st} không đổi ; ΔP_d giảm 4 lần ☐
- c) ΔP_{st} tăng ; ΔP_d không đổi ☐
- d) ΔP_{st} giảm ; ΔP_d không đổi ☐

6-38. Máy biến áp làm việc với điện áp định mức có hệ số tải $k_t = \frac{1}{3}$. Xác định tổn hao sắt từ và tổn hao đồng ở chế độ này. Tìm đáp án đúng.

- a) $\Delta P_{st} \approx \frac{P_o}{3}$; $\Delta P_d \approx \frac{P_n}{3}$ ☐
- b) $\Delta P_{st} \approx 3 P_o$; $\Delta P_d \approx 3 P_n$ ☐
- c) $\Delta P_{st} \approx P_o$; $\Delta P_d \approx \frac{P_n}{3}$ ☐
- d) $\Delta P_{st} \approx P_o$; $\Delta P_d = \frac{P_n}{9}$ ☐

Chương 7

ĐỘNG CƠ ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

1. Tốc độ – tần số – hệ số trượt

Tốc độ từ trường quay n_1 :

$$n_1 = \frac{60f}{p} \text{ (vg/ph)}$$

Tốc độ rôto n :

$$n = n_1 (1 - s)$$

Hệ số trượt s :

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} ; s_{dm} = 0,02 \div 0,06 :$$

Tần số dòng điện rôto f_2 :

$$f_2 = sf$$

2. Hệ phương trình

Phương trình điện áp stato :

$$\dot{U}_1 = R_1 \dot{I}_1 + jX_1 \dot{I}_1 - \dot{E}_1$$

Phương trình dòng điện rôto :

$$I_2 = \frac{sE_2}{\sqrt{R_2^2 + (sX_2)^2}}$$

Phương trình sức từ động :

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \dot{I}_2'$$

3. Quy đổi đại lượng rôto về stato

Quy đổi dòng điện rôto

$$I_2' = \frac{I_2}{k_i} ; \quad k_i = \frac{m_1 w_1 k_{dq1}}{m_2 w_2 k_{dq2}}$$

Quy đổi sức điện động rôto

$$E_2' = k_e E_2 ; \quad k_e = \frac{w_1 k_{dq1}}{w_2 k_{dq2}}$$

Quy đổi điện trở rôto

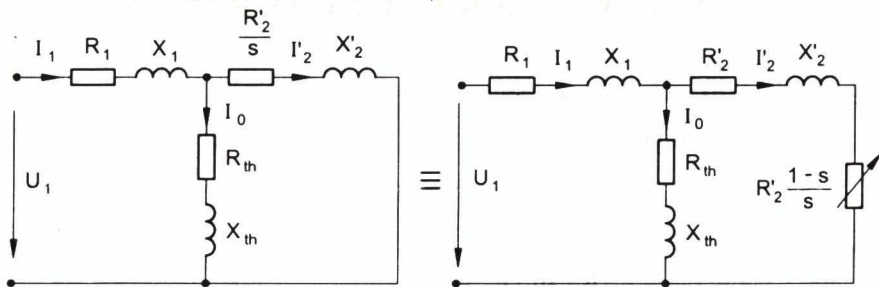
$$R_2' = k_e k_i R_2$$

Quy đổi điện kháng rôto

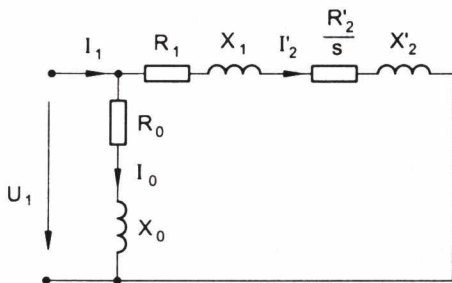
$$X_2' = k_e k_i X_2$$

4. Sơ đồ thay thế động cơ không đồng bộ

a) Sơ đồ thay thế khi có tải



Sơ đồ thay thế đầy đủ (chính xác)

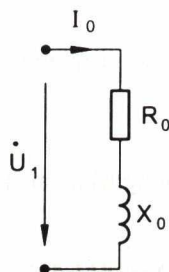


Sơ đồ thay thế gắn đúng.

b) Sơ đồ thay thế không tải

$$R_0 = R_1 + R_{th}$$

$$X_0 = X_1 + X_{th}$$

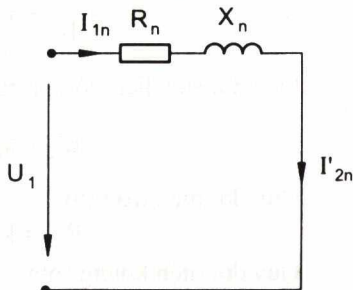


Sơ đồ thay thế không tải

c) Sơ đồ thay thế ngắn mạch (rôto bị ghìm $n = 0$, mở máy)

$$R_n = R_1 + R'_2$$

$$X_n = X_1 + X'_2$$



Sơ đồ thay thế ngắn mạch

5. Dòng điện – công suất

Dòng điện dây stato I_1 :
$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3}U_1 \cos \varphi} = \frac{P_2}{\eta \sqrt{3}U_1 \cos \varphi}$$

Dòng điện định mức I_{dm} :
$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{\eta_{dm} \sqrt{3}U_{dm} \cos \varphi_{dm}}$$

Công suất tác dụng động cơ tiêu thụ P_1 :
$$P_1 = \sqrt{3}U_1 I_1 \cos \varphi$$

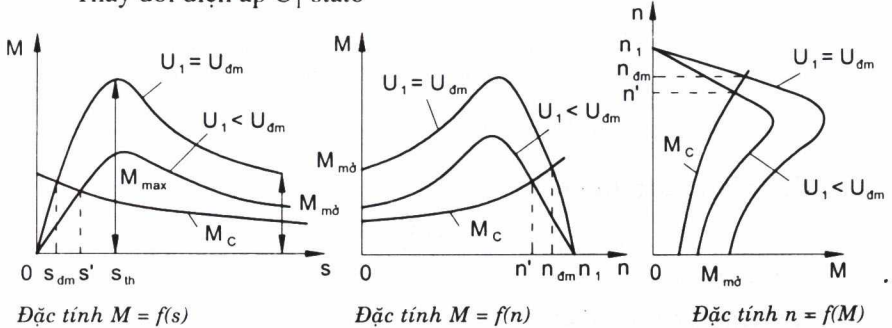
Công suất phản kháng động cơ tiêu thụ Q_1 :
$$Q_1 = \sqrt{3}U_1 I_1 \sin \varphi$$

Công suất điện từ P_{dt} :
$$P_{dt} = m_2 R_2 I_2^2 = 3 R_2' I_2'^2 = \frac{\Delta P_{d2}}{s}$$

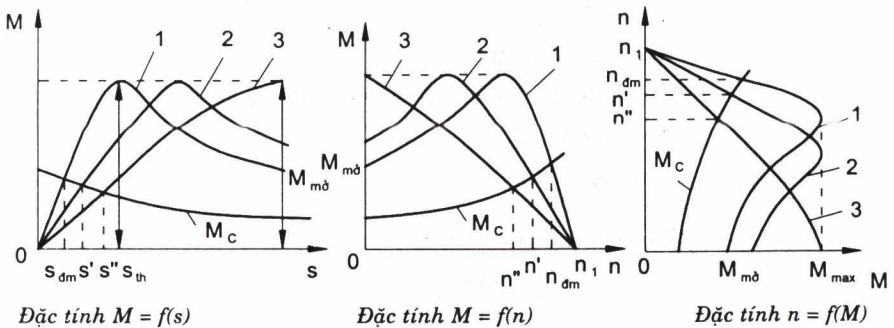
ΔP_{d2} là tổn hao trên điện trở của rôto

6. Đường đặc tính cơ

– Thay đổi điện áp U_1 stato



– Cho điện trở R_p vào dây quấn rôto



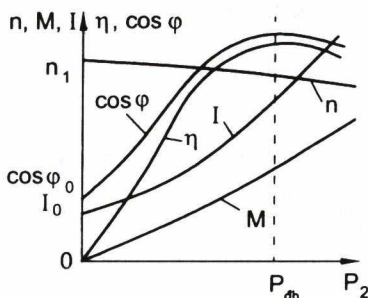
1. Đặc tính tự nhiên ($R_p = 0$) ;
2. Cho R_{p1} vào dây quấn rôto ;
3. Cho R_{p2} vào dây quấn rôto. $R_{p2} > R_{p1}$.

7. Đặc tính làm việc

Các đường đặc tính làm việc

$$n = f(P_2) ; \eta = f(P_2) ; \cos \varphi = f(P_2) ;$$

$$I_1 = f(P_2) ; M = f(P_2)$$



Hệ số công suất động cơ :

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2}} ; \cos \varphi_{dm} = 0,8 \div 0,9$$

Hiệu suất động cơ :

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_{st} + \Delta P_{dl} + \Delta P_{d2} + \Delta P_{c\phi, phụ}} ;$$

$$\eta_{dm} = 0,75 \div 0,95$$

8. Các biện pháp mở máy

$$I_{mở máy trực tiếp} = (5 \div 7) I_{dm}$$

Các biện pháp mở máy :

– Trực tiếp (lồng sóc P nhỏ)

– Giảm điện áp stato U_1

* Điện kháng.

* Biến áp tự ngẫu

* Bộ điều chỉnh điện áp điện tử công suất.

* Đối nối Y – Δ

– Cho $R_{mở}$ vào rôto dây quấn.

9. Các biện pháp điều chỉnh tốc độ

$$n = \frac{60f}{p} (1 - s)$$

Các biện pháp điều chỉnh tốc độ

– Thay đổi tần số f

– Thay đổi số đôi cực p

- Thay đổi điện áp U_1
- Cho R_{dc} vào rôto dây quấn.

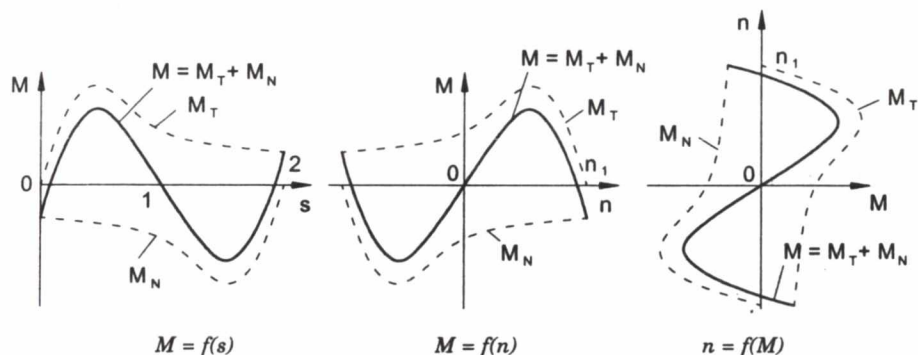
10. Động cơ điện một pha

Các biện pháp mở máy động cơ điện một pha :

- Vòng ngắn mạch cực từ
- Dây quấn phụ có tụ điện (hoặc điện trở) mở máy.

Động cơ tụ điện :

- Có hai dây quấn trong đó một dây quấn có tụ điện làm việc.



Đặc tính cơ của động cơ điện một pha.

M_T , M_N , M thứ tự là mômen thuận, mômen ngược và mômen động cơ một pha.

BÀI TẬP ĐÃ GIẢI

Bài số 7.1. Một động cơ không đồng bộ ba pha đấu Δ đóng vào mạng điện điện áp $U_d = 230V$. Thông số động cơ : $s = 0,04$; $W_1 = 156$ vòng ; $k_{dq1} = 0,955$; $W_2 = 27$ vòng ; $k_{dq2} = 0,903$. Giả thiết tổn thất điện áp trên điện trở và điện kháng stato bằng $4,3\% U_1$. Tính sức điện động của động cơ khi rôto bị ghìm đứng yên và khi quay với hệ số trượt ở trên.

Bài giải

Hệ số biến đổi sức điện động :

$$k_e = \frac{W_1 k_{dq1}}{W_2 k_{dq2}} = \frac{156 \cdot 0,955}{27 \cdot 0,903} = 6,11$$

Sức điện động rôto khi đứng yên :

$$E_2 = \frac{E_1}{k_e} = \frac{(1 - 0,043)U_1}{k_e} = 36 \text{ V}$$

Sức điện động rôto lúc quay :

$$E_{2s} = s E_2 = 0,04 \cdot 36 = 1,44 \text{ V}$$

Bài số 7-2. Cho một động cơ điện không đồng bộ ba pha rôto dây quấn, số đôi cực từ $p = 3$, số vòng dây pha stato $W_1 = 96$, rôto $W_2 = 80$. Hệ số dây quấn stato $k_{dq1} = 0,945$, rôto $k_{dq2} = 0,96$. Tần số dòng điện stato $f = 50 \text{ Hz}$, từ thông dưới mỗi cực từ $\Phi_{\max} = 0,02 \text{ Wb}$.

a) Tính sức điện động pha cảm ứng trong dây quấn stato và rôto lúc quay với tốc độ 950 vg/ph và lúc rôto bị ghìm đứng yên.

b) Tính tần số dòng điện rôto trong 2 trường hợp trên.

c) Cho điện trở dây quấn rôto $R_2 = 0,062 \Omega$ và điện kháng dây quấn rôto $X_2 = 0,1 \Omega$. Tính dòng điện rôto trong 2 trường hợp trên.

Bài giải

a) Lúc rôto đứng yên, sức điện động cảm ứng :

$$E_1 = 4,44 f W_1 \cdot k_{dq1} \cdot \Phi_{\max} = 4,44 \cdot 50 \cdot 96 \cdot 0,945 \cdot 0,02 = 403 \text{ V}$$

$$E_2 = 4,44 f W_2 \cdot k_{dq2} \cdot \Phi_{\max} = 4,44 \cdot 50 \cdot 80 \cdot 0,96 \cdot 0,02 = 341 \text{ V}$$

Lúc rôto quay với tốc độ $n = 950 \text{ vg/ph}$, hệ số trượt

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{1000 - 950}{1000} = 0,05$$

Tần số dòng điện rôto lúc quay :

$$f_2 = sf = 0,05 \cdot 50 = 2,5 \text{ Hz}$$

Tần số dòng điện stato lúc đứng yên ($s = 1$) :

$$f_2 = f = 50 \text{ Hz}$$

Tốc độ từ trường quay :

$$n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \text{ vg/ph}$$

Sức điện động cảm ứng stato $E_1 = 403 \text{ V}$

Sức điện động rôto lúc rôto quay :

$$E_{2s} = sE_2 = 0,05 \cdot 341 = 17 \text{ V}$$

Dòng điện rôto lúc không quay :

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} = \frac{341}{\sqrt{(0,06)^2 + 0,1^2}} = 2924 \text{ A}$$

Dòng điện rôto lúc quay với $s = 0,05$

$$I_2 = \frac{E_{2s}}{\sqrt{R_2^2 + (sX_2)^2}} = \frac{17}{\sqrt{(0,06)^2 + (0,05 \cdot 0,1)^2}} = 282 \text{ A}$$

Lúc rôto bị ghìm không quay, dòng điện rôto tăng lên rất nhiều.

Bài số 7-3. Động cơ điện không đồng bộ ba pha, rôto dây quấn, Y/ Δ -380V/220V, số đôi cực $p = 2$, hệ số quy đổi sức điện động và dòng điện $k_e = k_i = 2$. Điện trở và điện kháng pha rôto đứng yên $R_2 = 0,2\Omega$; $X_2 = 2\Omega$. Cho rằng sức điện động pha stato gần đúng bằng điện áp đặt vào, tổn hao đồng trong dây quấn stato bằng tổn hao đồng trong dây quấn rôto, tổn hao sắt từ $\Delta P_{st} = 145 \text{ W}$, tổn hao ma sát và phụ $\Delta P_{msf} = 145 \text{ W}$. Tính dòng điện rôto, công suất cơ hữu ích P_2 , hiệu suất của động cơ làm việc với hệ số trượt $s = 0,04$. Điện áp dây lưới điện $U_d = 380 \text{ V}$, tần số $f = 50 \text{ Hz}$.

Bài giải

Với lưới điện $U_d = 380 \text{ V}$ động cơ đấu sao

$$E_{1p} = \frac{U_d}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ V}$$

Sức điện động pha rôto lúc đứng yên

$$E_2 = \frac{E_{1p}}{k_e} = \frac{220}{2} = 110 \text{ V}$$

Dòng điện pha rôto lúc rôto quay

$$I_2 = \frac{sE_2}{\sqrt{R_2^2 + (sX_2)^2}} = \frac{0,04 \cdot 110}{\sqrt{0,2^2 + (0,04 \cdot 2)^2}} = 20,43 \text{ A}$$

Dòng điện pha stato lúc rôto quay

$$I_1 = \frac{I_2}{k_i} = \frac{20,43}{2} = 10,21 \text{ A}$$

Công suất điện từ

$$P_{dt} = \frac{3R_2 I_2^2}{s} = \frac{3 \cdot 0,2 \cdot (20,43)^2}{0,04} = 6261 \text{ W}$$

Tổn hao đồng ở stato và rôto :

$$\Delta P_{d1} = \Delta P_{d2} = 3R_2 I_2^2 = 3.0,2(20,43)^2 = 250,4 \text{ W}$$

Công suất cơ (toàn bộ) :

$$P_{cơ} = P_{dt} - \Delta P_{d2} = 6261 - 250,4 = 6010,6 \text{ W}$$

Công suất cơ hữu ích trên trục :

$$P_2 = P_{cơ} - \Delta P_{msf} = 6010,6 - 145 = 5865,6 \text{ W}$$

Công suất điện cung cấp cho động cơ :

$$\begin{aligned} P_1 &= P_2 + \Delta P_{msf} + \Delta P_{d2} + \Delta P_{st} + \Delta P_{d1} = \\ &= P_{dt} + \Delta P_{d1} + \Delta P_{st} = 6261 + 250,4 + 145 = 6655,4 \text{ W} \end{aligned}$$

Hiệu suất động cơ điện :

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{5865,6}{6655,4} = 0,88$$

Bài số 7—4. Cho một động cơ điện không đồng bộ ba pha 4 cực từ. Khi tăng tải từ không tải đến định mức, hệ số trượt sẽ tăng từ 0,005 đến 0,04. Xác định phạm vi biến thiên của tần số dòng điện rôto và tốc độ quay rôto. Biết tần số lưới điện $f = 50\text{Hz}$.

Bài giải

Số đôi cực của từ trường $p = 2$.

Tốc độ quay của từ trường

$$n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60.50}{2} = 1500 \text{ vg/ph}$$

Tốc độ quay rôto $n = n_1(1-s)$ với $s = 0,005$; $n = 1500(1-0,005) = 1492 \text{ vg/ph}$
với $s = 0,04$; $n = 1500(1 - 0,04) = 1440 \text{ vg/ph}$.

Tần số dòng điện rôto $f_2 = sf$ với $s = 0,005$; $f_2 = 0,005 \cdot 50 = 0,25 \text{ Hz}$
với $s = 0,04$; $f_2 = 0,04 \cdot 50 = 2 \text{ Hz}$.

Vậy tốc độ và tần số dòng điện rôto nằm trong giới hạn :

$$1440 \text{ vg/ph} \leq n \leq 1492 \text{ vg/ph}$$

$$0,25 \text{ Hz} \leq f_2 \leq 2 \text{ Hz}$$

Nhận xét : tần số dòng điện rôto rất nhỏ, nên tổn hao sắt từ trong lõi thép rôto có thể bỏ qua.

Bài số 7-5. Một động cơ không đồng bộ ba pha đấu Y/ Δ – 380V/220V. Số vòng dây mỗi pha stato $W_1 = 336$ vòng, hệ số dây quấn $k_{dq1} = 0,96$. Cho biết tổn thất điện áp trên điện trở và điện kháng tản chiếm 4% U_1

a) Động cơ được đấu vào lưới có điện áp dây $U_d = 220V$, tần số $f = 50Hz$.

b) Xác định cách đấu dây quấn stato, từ thông cực đại. Nếu dây quấn stato đấu hình sao, thì từ thông, tổn hao sắt từ, dòng điện không tải, mômen quay sẽ thay đổi thế nào ?

Bài giải

a) Điện áp dây mạng điện 220V, động cơ được đấu hình tam giác. Điện áp đặt lên mỗi pha dây quấn

$$U_1 = 220 \text{ V}$$

Từ thông cực đại

$$\begin{aligned}\Phi_{\max} &= \frac{E_1}{4,44f \cdot W_1 k_{dq1}} = \frac{0,96 \cdot U_1}{4,44f \cdot W_1 k_{dq1}} \\ &= \frac{0,96 \cdot 220}{4,44 \cdot 50 \cdot 336 \cdot 0,96} = 2,95 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}\end{aligned}$$

b) Nếu dây quấn đấu hình sao, thì điện áp đặt lên mỗi pha dây quấn

$$\begin{aligned}U_1 &= \frac{220}{\sqrt{3}} = 127 \text{ V} \\ \Phi_{\max} &= \frac{0,96 \cdot 127}{4,44 \cdot 50 \cdot 336 \cdot 0,96} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}\end{aligned}$$

- Từ thông giảm đi $\sqrt{3}$ lần
- Tổn hao sắt từ giảm
- Dòng điện không tải giảm.
- Mômen giảm 3 lần.

Bài số 7-6. Một động cơ không đồng bộ ba pha có số liệu định mức sau : $\Delta/Y-220V/380 \text{ V} - 6,6 \text{ A}/3,8 \text{ A}$, $\cos\varphi = 0,8$; $\eta = 0,83$. Động cơ đóng vào mạng điện có điện áp dây 380V. Xác định cách đấu dây động cơ, công suất tác dụng và phản kháng động cơ tiêu thụ của mạng điện, công suất định mức của động cơ.

Bài giải

Động cơ đấu hình sao

Công suất điện động cơ tiêu thụ :

Công suất tác dụng

$$P_1 = \sqrt{3} U_{dm} I_{dm} \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 3,8 \cdot 0,8 = 2000 \text{ W}$$

Công suất phản kháng :

$$Q_1 = \sqrt{3} U_{dm} I_{dm} \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 3,8 \cdot \sqrt{1 - 0,8^2} = 1500 \text{ VAR}$$

Công suất định mức động cơ :

$$P_{dm} = P_1 \cdot \eta = 2000 \cdot 0,83 = 1660 \text{ W}$$

Bài số 7-7. Một động cơ điện không đồng bộ ba pha 4 cực, điện trở dây quấn stato $R_1 = 0,53 \Omega$. Động cơ đóng vào nguồn ba pha, tần số $f = 50\text{Hz}$ tiêu thụ công suất $P_1 = 850 \text{ W}$, dòng điện $I_1 = 15 \text{ A}$. Dây quấn stato đấu hình sao, tổn hao đồng trong dây quấn stato gấp hai lần tổn hao sắt từ. Tính mômen điện từ.

Bài giải

Tốc độ góc từ trường quay :

$$\omega_1 = \frac{2\pi f}{p} = \frac{2\pi \cdot 50}{2} = 50\pi \text{ rad/s}$$

Tổn hao đồng ở stato :

$$\Delta P_{dl} = 3 R_1 I_1^2 = 3 \cdot 0,053 \cdot 15^2 = 358 \text{ W}$$

Tổn hao sắt từ

$$\Delta P_{st} = \frac{\Delta P_{dl}}{2} = \frac{358}{2} = 179 \text{ W}$$

Công suất điện từ

$$P_{dt} = P_1 - \Delta P_{dl} - \Delta P_{st} = 8500 - 358 - 179 = 7963 \text{ W}$$

Mômen điện từ

$$M_{dt} = \frac{P_{dt}}{\omega_1} = \frac{7963}{50 \cdot \pi} = 50,69 \text{ Nm.}$$

Bài số 7-8. Công suất điện từ của động cơ điện ba pha $P_{dt} = 45 \text{ kW}$ dòng điện rôto $I_2 = 225 \text{ A}$. Điện trở rôto $R_2 = 0,01 \Omega$; số đôi cực từ $p = 2$. Xác định tốc độ của động cơ điện.

Bài giải

Tổn hao đồng trên điện trở rôto :

$$\Delta P_{d2} = 3 \cdot R_2 I_2^2 = s P_{dt}$$

Hệ số trượt s :

$$s = \frac{3.R_2 I_2^2}{P_{dt}} = \frac{3.0,01.225^2}{45000} = 0,0337$$

Tốc độ động cơ điện :

$$n = \frac{60f}{p}(1 - s) = \frac{60.50}{2}(1 - 0,0337) = 1449 \text{ vg/ph}$$

Bài số 7–9. Một động cơ điện không đồng bộ ba pha dây quấn stato nối hình tam giác, điện áp lưới 220 V ; 50Hz. Số liệu động cơ : $p = 2$; $I_1 = 21 \text{ A}$; $\cos\varphi_1 = 0,82$; $\eta = 0,837$; $s = 0,053$.

Tính tốc độ động cơ, công suất điện động cơ tiêu thụ P_1 , tổng các tổn hao ; công suất cơ hữu ích P_2 , mômen quay động cơ.

Bài giải

Tốc độ động cơ

$$n = \frac{60f}{p}(1 - s) = \frac{60.50}{2}(1 - 0,053) = 1420 \text{ vg/ph}$$

Công suất điện động cơ tiêu thụ

$$P_1 = \sqrt{3}.U_1.I_1 \cos\varphi_1 = \sqrt{3}.220.21.0,82 = 6561 \text{ W}$$

Công suất cơ hữu ích

$$P_2 = \eta P_1 = 0,837 \cdot 6561 = 5491 \text{ W}$$

Tổng tổn hao công suất

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 6561 - 5491 = 1070 \text{ W}$$

Mômen quay động cơ

$$M_2 = \frac{P_2}{\omega_{r\acute{o}t\acute{o}}} = \frac{5491}{\omega_1(1 - s)} = \frac{5491}{50.\pi(1 - 0,053)} = 36,9 \text{ Nm.}$$

Bài số 7–10. Một động cơ điện không đồng bộ ba pha rôto lồng sóc : $P_{dm} = 14\text{kW}$, tốc độ định mức $n_{dm} = 1450 \text{ vg/ph}$, hiệu suất định mức $\eta_{dm} = 0,885$, hệ số công suất định mức $\cos\varphi_{dm} = 0,88$; $Y/\Delta - 380/220\text{V}$; tỷ số dòng điện mở máy $\frac{I_{m\grave{o}}}{I_{dm}} = 5,5$; mômen mở máy $\frac{M_{m\grave{o}}}{M_{dm}} = 1,3$; mômen cực đại $\frac{M_{\max}}{M_{dm}} = 2$. Điện áp mạng điện $U_d = 380 \text{ V}$.

Tính :

- a) Công suất tác dụng và phản kháng động cơ tiêu thụ ở chế độ định mức.
- b) Dòng điện, hệ số trượt và mômen định mức.
- c) Dòng điện mở máy, mômen mở máy, mômen cực đại.

Bài giải

- a) Công suất tác dụng động cơ tiêu thụ từ lưới điện

$$P_1 = \frac{P_{dm}}{\eta} = \frac{14}{0,885} = 15,82 \text{ kW}$$

Công suất phản kháng động cơ tiêu thụ

$$Q_1 = P_1 \tan \varphi = 15,82 \cdot 0,54 = 8,54 \text{ kVAr}$$

- b) Dòng điện định mức trong dây quấn stato

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{\eta_{dm} \sqrt{3} U_{dm} \cos \varphi_{dm}} = \frac{14 \cdot 10^3}{0,885 \cdot \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,88} = 27,31 \text{ A}$$

Hệ số trượt định mức

$$s_{dm} = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{1500 - 1450}{1500} = 0,0333$$

Sau khi tính được dòng điện I_{dm} , ta cũng có thể tính công suất phản kháng như sau :

$$Q_1 = \sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot I_{dm} \cdot \sin \varphi_{dm} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 27,31 \cdot 0,475 = 8,54 \text{ kVAr}$$

Mômen định mức

$$M_{dm} = 9550 \frac{P_{dm}}{n_{dm}} = 9550 \frac{14}{1450} = 92,2 \text{ Nm}$$

- c) Mômen mở máy

$$M_{mở} = 1,3 M_{dm} = 119,8 \text{ Nm}$$

Mômen cực đại

$$M_{max} = 2 M_{dm} = 184,4 \text{ Nm}$$

Dòng điện mở máy

$$I_{mở} = 5,5 I_{dm} = 150,2 \text{ A}$$

Bài số 7-11. Động cơ điện không đồng bộ ba pha có thông số như bài 7-10, làm việc với lưới điện có điện áp $U_d = 220V$. Tính :

a) Công suất tác dụng P_1 , phản kháng Q_1 , dòng điện định mức, dòng điện mở máy, mômen định mức, mômen mở máy, mômen cực đại.

b) Dòng điện, mômen mở máy khi mở máy bằng phương pháp đổi nối Y- Δ . Động cơ có thể mở máy được không khi mômen cản mở máy $M_c = 0,5 M_{dm}$.

Bài giải

Mạng điện $U_d = 220$ V, động cơ đấu hình tam giác. Các kết quả tính P_1 , Q_1 , dòng điện pha I_{1p} , M_{dm} , $M_{mở}$, M_{max} vẫn không đổi, giống như đã tính ở bài 7-10. Vì đấu hình tam giác, nên dòng điện định mức (dòng điện dây) sẽ là :

$$I_{dm} = \sqrt{3}I_p = \sqrt{3}.27,31 = 47,3 \text{ A}$$

Ta có thể tính theo công thức quen thuộc

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{0,885 \cdot \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,88} = 47,3 \text{ A}$$

Dòng điện mở máy khi mở máy trực tiếp

$$I_{mở} = 5,5 I_{dm} = 5,5 \times 47,3 = 260,15 \text{ A}$$

b) Khi mở máy, đấu sao, sau đó chuyển về tam giác :

Dòng điện mở máy trường hợp này :

$$I_{mở} = \frac{260,15}{3} = 86,7 \text{ A}$$

Mômen mở máy :

$$M_{mở} = \frac{119,8}{3} = 39,9 \text{ Nm}$$

Mômen cản khi mở máy :

$$M_c = 0,5 M_{dm} = 0,5 \cdot 92,2 = 46,1 \text{ Nm}$$

Mômen mở máy nhỏ hơn mômen cản vì thế không thể mở máy được khi dùng phương pháp đổi nối Y- Δ .

Bài số 7-12. Một động cơ điện không đồng bộ ba pha, rôto dây quấn, $R_1 = 0,46 \Omega$; $X_1 = 2,24\Omega$; $k_{dq1} = 0,932$; $W_1 = 192$ vòng, $R_2 = 0,02\Omega$; $X_2 = 0,08 \Omega$; $k_{dq2} = 0,955$; $W_2 = 36$ vòng. Dây quấn stato đấu tam giác, mạng điện $U_d = 220$ V, $f = 50$ Hz, số pha $m_1 = m_2 = 3$.

Tính hệ số quy đổi sức điện động k_e , hệ số quy đổi dòng điện k_i , điện trở mở máy mắc vào mạch rôto để mômen mở máy cực đại. Tính dòng điện stato và rôto khi có biến trở mở máy và khi mở máy trực tiếp.

Bài giải

Hệ số quy đổi sức điện động

$$k_e = \frac{W_1 k_{dq1}}{W_2 k_{dq2}} = \frac{192.0,932}{36.0,955} = 5,2$$

Hệ số quy đổi dòng điện

$$k_i = \frac{m_1 W_1 k_{dq1}}{m_2 W_2 k_{dq2}} = \frac{3.192.0,932}{3.36.0,955} = 5,2$$

Hệ số quy đổi tổng trở

$$k_z = k_e \cdot k_i = 5,2 \cdot 5,2 = 27,04$$

Điện trở rôto quy đổi về stato :

$$R'_2 = k_e k_i \cdot R_2 = (5,2)^2 \cdot 0,02 = 0,54 \, \Omega$$

Điện kháng rôto quy đổi về stato :

$$X'_2 = k_e \cdot k_i \cdot X_2 = (5,2)^2 \cdot 0,08 = 2,163 \, \Omega$$

Để mômen mở máy cực đại thì

$$s_{th} = \frac{R'_2 + R'_{mở}}{X'_2 + X_1} = 1$$

Từ đó có

$$R'_{mở} = 3,88 \, \Omega$$

Điện trở mở máy chưa quy đổi

$$R_{mở} = \frac{R'_{mở}}{k_e k_i} = \frac{3,88}{27,04} = 0,1435 \, \Omega$$

Dòng điện stato khi mở máy bằng điện trở phụ ở mạch rôto

$$\begin{aligned} I_{mở} &= \frac{U_p}{\sqrt{(R_1 + R'_2 + R'_{mở})^2 + (X_1 + X'_2)^2}} = \\ &= \frac{220}{\sqrt{(0,46 + 0,54 + 3,88)^2 + (2,24 + 2,163)^2}} = 33,47 \, A \end{aligned}$$

Dòng điện dây lúc mở máy

$$I_{\text{mở}} = \sqrt{3} I_{\text{mởp}} = \sqrt{3} \cdot 33,47 = 58 \text{ A} \quad (1)$$

Dòng điện rôto khi mở máy (rôto đấu sao)

$$I_2 = k_i \cdot I'_2 = 5,2 \cdot 33,47 = 174 \text{ A}$$

Nếu không dùng dòng điện trở mở máy mà mở máy trực tiếp thì dòng điện mở máy là :

$$\begin{aligned} I_{\text{mở}} &= \sqrt{3} \frac{220}{\sqrt{(R_1 + R'_2)^2 + (X_1 + X'_2)^2}} = \\ &= \sqrt{3} \frac{220}{\sqrt{(0,46 + 0,54)^2 + (2,24 + 2,163)^2}} = 84,4 \text{ A} \quad (2) \end{aligned}$$

So sánh (1) và (2) ta thấy dùng dòng điện trở mắc vào mạch rôto, dòng điện mở máy giảm đi $\frac{84,4}{58} = 1,46$ lần.

Bài số 7-13. Một động cơ điện không đồng bộ ba pha có số liệu như ở bài 7-10. Điện áp mạng điện $U_d = 380 \text{ V}$. Tính các phương pháp mở máy sau :

a) Dùng biến áp tự ngẫu để giảm dòng điện mở máy 2,25 lần thì hệ số biến áp phải là bao nhiêu ? Xác định mômen cản tối đa để động cơ có thể mở máy được trong trường hợp này.

b) Nếu dùng cuộn điện kháng nối vào phía stato để điện áp vào dây quấn giảm đi 10%. Tính dòng điện mở máy và mômen mở máy. Xác định mômen cản M_c lúc mở máy để động cơ có thể mở máy được bằng phương pháp này.

Bài giải

a) Gọi k_{ba} là hệ số biến áp máy tự ngẫu $k_{ba} = \frac{U_1}{U_2}$. Để dòng điện mở máy giảm đi 2,25 lần thì hệ số biến áp sẽ là :

$$k_{ba} = \sqrt{2,25} = 1,5$$

Dòng điện mở máy khi dùng biến áp tự ngẫu :

$$I_{\text{mở ba}} = \frac{I_{\text{mở tt}}}{k_{ba}^2} = \frac{150,2}{2,25} = 66,75 \text{ A}$$

trong đó $I_{\text{mở tt}}$ là dòng điện mở máy trực tiếp đã tính ở bài 7-10.

Mômen mở máy khi dùng biến áp tự ngẫu

$$M_{\text{mở ba}} = \frac{M_{\text{mở tt}}}{k^2} = \frac{119,8}{2,25} = 53,24 \text{ Nm}$$

$M_{\text{mở tt}}$ là mômen mở máy trực tiếp đã tính ở bài 7–10.

Để động cơ có thể mở máy khi $k_{\text{ba}} = 1,5$ thì mômen cản lúc mở máy $M_c < 53,24 \text{ Nm}$.

b) Khi dùng cuộn điện kháng, điện áp đặt vào dây quấn động cơ sẽ bằng $0,9 U_{\text{dm}}$ do đó dòng điện mở máy sẽ là :

$$I_{\text{mở}} = 0,9 I_{\text{mở tt}} = 0,9 \cdot 150,2 = 135,18 \text{ A}$$

Mômen mở máy sẽ là :

$$M_{\text{mở}} = (0,9)^2 \cdot M_{\text{mở tt}} = 97,03 \text{ Nm}$$

Để động cơ có thể mở máy được, trong trường hợp này thì mômen cản lúc mở máy phải là :

$$M_c < 97,03 \text{ Nm}.$$

Bài số 7–14. Một động cơ điện không đồng bộ ba pha rôto dây quấn $R_2 = 0,0278 \Omega$, tốc độ định mức $n_{\text{dm}} = 970 \text{ vg/ph}$, hiệu suất định mức $\eta_{\text{dm}} = 0,885$. Tính điện trở phụ R_p mắc vào mạch rôto để tốc độ động cơ là 700 vg/ph . Cho biết mômen cản của tải không phụ thuộc tốc độ.

Bài giải

Mômen cản không đổi, dẫn đến mômen điện từ không đổi, do đó :

$$\frac{R_2'}{s} = \text{không đổi, hoặc } \frac{R_2}{s} = \text{không đổi}$$

Hệ số trượt khi định mức

$$s_{\text{dm}} = \frac{1000 - 970}{1000} = 0,03,$$

Hệ số trượt khi $n = 700 \text{ vg/ph}$

$$s = \frac{1000 - 700}{1000} = 0,3$$

$$\text{Vậy : } \frac{R_2}{s_{\text{dm}}} = \frac{R_2 + R_p}{s} = \frac{0,0278}{0,03} = \frac{0,0278 + R_p}{0,3}$$

$$\text{Giải ra : } R_p = 0,25 \Omega$$

Vì $\frac{R_2}{s}$ không đổi nên I_1 , P_1 sẽ không đổi. Vì mômen không đổi nên công suất đầu ra $P_2 = \omega_2 M_2$ tỷ lệ thuận với tốc độ. Từ 2 nhận xét đó ta có :

$$\frac{\eta}{\eta_{dm}} = \frac{n}{n_{dm}} = \frac{700}{970} = 0,722$$

Tốc độ càng giảm, hiệu suất càng giảm. Ứng với $n = 700$ vg/ph, hiệu suất động cơ là $\eta = 0,722 \cdot 0,885 = 0,639$.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHO ĐÁP ÁN

Hãy trả lời bằng cách đánh dấu (x) vào (□)

7-15. Một động cơ điện không đồng bộ ba pha có : số đôi cực từ $p = 2$; $W_1 = 96$ vòng ; $W_2 = 80$ vòng, hệ số dây quấn $k_{dq1} = 0,945$; $k_{dq2} = 0,96$, hệ số trượt $s = 0,035$. Điện áp mạng điện $U_d = 220$ V ; $f = 50$ Hz, dây quấn stato đầu tam giác, dây quấn rôto đầu sao.

a) Tính tốc độ quay của động cơ, hệ số quy đổi sức điện động k_e và hệ số quy đổi dòng điện k_i .

b) Giả sử tổn thất điện áp trên điện trở và điện kháng tản stato bằng 3% U_1 . Tính sức điện động E_1 , sức điện động rôto lúc đứng yên E_2 , và lúc quay E_{2s} , từ thông cực đại Φ_{max} . Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) $n = 1447$ vg/ph ; $k_e = k_i = 1,18$ ☐

b) $E_1 = 213,4$ V ; $E_2 = 180,8$ V ☐

c) $E_{2s} = 8,63$ V ; $\Phi_{max} = 1,96 \cdot 10^{-2}$ Wb ☐

7-16. Một động cơ điện không đồng bộ ba pha rôto dây quấn, số đôi cực từ $p = 3$, điện trở rôto $R_2 = 0,01$ Ω . Khi rôto đứng yên $E_2 = 212$ V. Khi rôto quay với tốc độ $n = 970$ vg/ph thì dòng điện rôto $I_2 = 240$ A. Tính điện kháng rôto lúc quay và lúc rôto đứng yên. Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) $X_{2s} = 0,0245$ Ω ☐

b) $X_2 = 0,618$ Ω ☐

7-17. Một động cơ không đồng bộ ba pha rôto dây quấn : $E_1 = 216\text{V}$; $W_1 = 156$ vòng ; $k_{dq1} = 0,955$; $R_2 = 0,166 \Omega$; $X_2 = 0,053 \Omega$; $W_2 = 27$ vòng ; $k_{dq2} = 0,903$.

Tính sức điện động rôto lúc đứng yên E_2 , điện trở và điện kháng của rôto đã quy đổi về phía stato. Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) $E_2 = 35,35 \text{ V}$ ☐

b) $R'_2 = \left(\frac{W_1}{W_2} \right)^2 R_2 = 5,54 \Omega$; ☐

$X'_2 = \left(\frac{W_1}{W_2} \right)^2 X_2 = 1,77 \Omega$ ☐

7-18. Một động cơ không đồng bộ ba pha stato và rôto nối sao, tốc độ $n_1 = 1000$ vòng/phút, điện trở pha $R_1 = 0,2 \Omega$, hệ số $k_e = k_i = 2$. Khi rôto bị ghìm $n = 0$ động cơ tiêu thụ công suất điện $P_1 = 45 \text{ kW}$; dòng điện $I_1 = 193,6 \text{ A}$. Bỏ qua tổn hao sắt từ, tính điện trở R_2 và mômen mở máy của động cơ. Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) $R_2 = 0,05 \Omega$ ☐

b) $M_{mở} = 927 \text{ Nm}$ ☐

7-19. Một động cơ không đồng bộ ba pha $p = 2$; $n = 1450 \text{ vg/ph}$, công suất điện từ $P_{dt} = 110 \text{ kW}$; tần số dòng điện $f = 50\text{Hz}$. Tính mômen điện từ M_{dt} , tổn hao đồng trên rôto ΔP_{d2} . Tìm đáp án đúng.

a) $M_{dt} = 700,3 \text{ Nm}$; $\Delta P_{d2} = 3,66 \text{ kW}$ ☐

b) $M_{dt} = 278,3 \text{ Nm}$; $\Delta P_{d2} = 3,66 \text{ kW}$ ☐

c) $M_{dt} = 700,3 \text{ Nm}$; $\Delta P_{d2} = 1,37 \text{ kW}$ ☐

7-20. Một động cơ điện không đồng bộ ba pha rôto lồng sóc, có các số liệu sau : $P_{dm} = 7,5 \text{ kW}$; $Y/\Delta - 380/220\text{V}$; $f = 50\text{Hz}$; số đôi cực từ $p = 2$, hệ số công suất $\cos\varphi_{dm} = 0,885$; hiệu suất định mức $\eta_{dm} = 0,883$; tốc độ định mức $n_{dm} = 1460 \text{ vg/ph}$;

$$\frac{M_{mở}}{M_{dm}} = 1,44 ; \frac{I_{mở}}{I_{dm}} = 5,2 ; \frac{M_{max}}{M_{dm}} = 2,1$$

Động cơ được làm việc ở mạng điện 380 V và 220 V. Xác định cách đấu dây khi làm việc ở các mạng điện trên và tính :

1. Số đôi cực từ p, hệ số trượt s.
2. Mômen định mức, mômen mở máy, mômen cực đại.
3. Dòng điện định mức, dòng điện mở máy.

Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) Mạng điện $U_d = 380$ V, động cơ đấu sao ;

Mạng điện $U_d = 220$ V, động cơ đấu tam giác ☐

b) Câu 1, 2 có đáp số giống nhau đối với hai mạng điện 380 V và 220 V.

$p = 2$; $s = 0,0267$; $M_{dm} = 49,06$ Nm ; ☐

$M_{mở} = 70,64$ Nm ; $M_{max} = 103,02$ Nm ☐

c) Câu 3

$U_d = 220$ V ; $I_{dm} = 14,58$ A ; $I_{mở} = 75,82$ A ☐

$U_d = 380$ V ; $I_{dm} = 25,25$ A ; $I_{mở} = 131,33$ A ☐

7-21. Động cơ không đồng bộ ba pha có số liệu như bài 7-20. Động cơ làm việc ở mạng điện $U_d = 220$ V. Mômen cản lúc mở máy bằng $0,5 M_{dm}$. Các phương pháp mở máy dưới đây, phương pháp nào có thể mở máy được với tải trên.

a) Đổi nối Y - Δ .

b) Dùng biến áp từ ngẫu với hệ số biến áp $k_{ba} = 1,6$

c) Dùng điện kháng để giảm điện áp đi 30%.

Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) $M_{mở} = \frac{1,44M_{dm}}{3} = 0,48M_{dm} < M_c$,
động cơ không mở máy được ☐

b) $M_{mở} = \frac{1,44M_{dm}}{1,6^2} = 0,562M_{dm} > M_c$,
động cơ có thể mở máy được ☐

c) $M_{mở} = (0,3)^2 \cdot 1,44 M_{dm} = 0,1296 M_{dm} < M_c$,
động cơ không thể mở máy được ☐

7-22. Một động cơ điện không đồng bộ, rôto dây quấn, điện trở rôto $R_2 = 0,0172 \Omega$; công suất định mức $P_{dm} = 55kW$; $n_{dm} = 1448\text{vg/ph}$; $\cos\varphi_{dm} = 0,876$; $\eta_{dm} = 0,91$; $Y/\Delta - 380/220 \text{ V}$; $f = 50 \text{ Hz}$. Động cơ làm việc ở mạng điện $U_d = 380 \text{ V}$.

a) Tính công suất tác dụng và phản kháng ở chế độ định mức.

b) Nối điện trở phụ $R_p = 0,155 \Omega$ vào mạch rôto để giảm tốc độ động cơ. Tính tốc độ và hiệu suất động cơ ở tình trạng này. Cho mômen cản không đổi. Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) $P_1 = 60,439 \text{ kW}$ ☐

b) $Q_1 = 33,276 \text{ kVar}$ ☐

c) $n = 980 \text{ vg/ph}$ ☐

d) $\eta = 0,781$ ☐

7-23. Một động cơ không đồng bộ ba pha, $Y/\Delta-380/220\text{V}$, số đôi cực từ $p = 2$, điện trở pha stato $R_1 = 0,05\Omega$, điện trở ngắn mạch $R_n = 0,11\Omega$, điện kháng ngắn mạch $X_n = 0,36\Omega$. Đóng động cơ vào mạng $U_d = 380\text{V}$. Xác định dòng điện mở máy và mômen mở máy. Nếu động cơ đóng vào mạng $U_d = 220\text{V}$, thì dòng điện mở máy và mômen mở máy bằng bao nhiêu ? Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) $U_d = 380 \text{ V}$; $I_{mở} = 584,4 \text{ A}$; $M_{mở} = 391,6 \text{ Nm}$ ☐

b) $U_d = 220\text{V}$; $I_{mở} = 337,4 \text{ A}$; $M_{mở} = 224,5 \text{ Nm}$ ☐

7-24. Một động cơ điện không đồng bộ ba pha có số đôi cực từ $p = 2$; $f = 50\text{Hz}$ tiêu thụ công suất điện $P_1 = 3,2 \text{ kW}$; tổn hao đồng stato và rôto $\Delta P_{d1} + \Delta P_{d2} = 300 \text{ W}$, tổn hao sắt từ $\Delta P_{st} = 200\text{W}$. Điện trở và dòng điện rôto đã quy đổi $R'_2 = 1,5\Omega$; $I'_2 = 5\text{A}$. Tính tốc độ động cơ điện, mômen điện từ. Tìm đáp án đúng.

a) $n = 1438 \text{ vg/ph}$ ☐

b) $M_{dt} = 21,5 \text{ Nm}$ ☐

7-25. Động cơ không đồng bộ ba pha có ký hiệu $Y/\Delta-380/220\text{V}$ làm việc với lưới có $U_d = 220\text{V}$. Khi mở máy dây quấn stato được nối Y .

Tìm câu phát biểu sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) Dòng mở máy dây giảm 3 lần ☐

b) Dòng mở máy pha giảm $\sqrt{3}$ lần ☐

c) Mômen mở máy giảm $\sqrt{3}$ lần ☐

7-26. Trong các biểu thức sau, biểu thức nào sai đối với động cơ không đồng bộ 3 pha, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) $P_{cơ} = m_2 I_2^2 R_2 \left(\frac{1-s}{s} \right)$ ☐

b) $P_{dm} = \sqrt{3} U_{dm} I_{dm} \cos \varphi_{dm}$ ☐

c) $\Delta P_{d2} = m_2 R_2 I_2^2 = 3 R_2' I_2'^2 = s P_{dt}$ ☐

d) $P_{dt} = 3 \frac{R_2'}{s} I_2'^2 = P_1 - \Delta P_{d1} - \Delta P_{st} - \Delta P_{d2}$ ☐

7-27. Động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc được sử dụng phổ biến trong công nghiệp và dân dụng. Tìm câu trả lời sai :

a) Sử dụng nguồn điện xoay chiều thông dụng ☐

b) Giá thành rẻ ☐

c) Sử dụng tiện lợi, độ tin cậy cao ☐

d) Hệ số $\cos \varphi$ cao và điều chỉnh tốc độ tốt ☐

7-28. Động cơ không đồng bộ 3 pha có mômen định mức $M_{dm} = 140 \text{ Nm}$, $M_{mở}/M_{dm} = 1,4$; $Y/\Delta - 380/220V$, mômen cản ban đầu khi mở máy $M_C = 100 \text{ Nm}$. Điện áp lưới $U_d = 220V$. Tìm phương án đúng để mở máy động cơ.

a) Đổi nối $\Delta \rightarrow Y$ ☐

b) Dùng cuộn kháng mở máy với $U_{mở} = 0,7 U_{dm}$ ☐

c) Dùng biến áp tự ngẫu với tỉ số biến đổi $k = 1,5$ ☐

d) Dùng cuộn kháng mở máy với $U_{mở} = 0,8 U_{dm}$ ☐

7-29. Trong các biểu thức quan hệ sau đây giữa công suất điện từ P_{dt} , mômen điện từ M_{dt} , công suất cơ $P_{cơ}$, tổn hao trong dây quấn rôto ΔP_{d2} , tổn hao cơ phụ $\Delta P_{cơf}$, công suất cơ hữu ích ổ trục P_2 của động cơ không đồng bộ 3 pha p đôi cực. Biểu thức nào sai, sửa lại ghi vào chỗ (.....)

a) $P_{dt} - P_{cơ} = \Delta P_{d2} = 3 I_2'^2 R_2'$ ☐

b) $p P_{dt} = \omega M_{dt}$ ☐

c) $P_2 = P_{cơ} - \Delta P_{cơf}$ ☐

d) $M_{dt} \omega_s = \Delta P_{d2}$ ☐

(trong đó $\omega = 2\pi f$)

7-30. Trong các công thức sau đây, công thức nào sai đối với động cơ không đồng bộ ba pha, hãy sửa lại, ghi vào chỗ (....)

a) $P_{dt} = \frac{P_{c\sigma}}{(1-s)}$ ☐

b) $P_{dt} = \frac{\Delta P_{d2}}{s}$ ☐

c) $P_{dt} = M_{dt} \cdot \omega_1$ ☐

d) $P_{dt} = 3 \cdot I_2'^2 \cdot R_2' \left(\frac{1-s}{s} \right)$ ☐

7-31. Trong các đại lượng sau đây của động cơ không đồng bộ 3 pha, đại lượng nào không phụ thuộc vào điện trở mạch điện rôto. Tìm đáp án đúng.

a) s_{th} ☐ ; b) $I_{m\sigma}$ ☐

c) M_{max} ☐ ; d) $M_{m\sigma}$ ☐

7-32. Dòng điện không tải $I_0\%$ của động cơ không đồng bộ lớn hơn $I_0\%$ của máy biến áp là vì :

a) Vì dây quấn rôto động cơ không đồng bộ nối ngắn mạch ☐

b) Vì từ trường của động cơ là từ trường quay ☐

c) Vì từ trường trong máy biến áp là từ trường đập mạch ☐

d) Mạch từ của động cơ có khe hở không khí lớn hơn ☐

Câu trả lời nào đúng.

7-33. Công thức mômen quay (mômen điện từ) nào dưới đây sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) $M = \frac{3pU_1^2 R_2'}{s\omega \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2')^2 \right]}$ ☐

b) $M = \frac{3I_2'^2 R_2'}{s\omega_1}$ ☐

c) $M_{m\sigma} = \frac{3I_2'^2 R_2'}{\omega}$ ☐

d) $M = \frac{3I_2'^2 \cdot R_2' (1-s)}{s \cdot \omega_{r\sigma}}$ ☐

Trong đó ω_1 là tốc độ góc từ trường quay ; ω là tần số góc dòng điện stato.

7-34. Câu giải thích nào về các thông số của sơ đồ thay thế động cơ sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) R_{th} là điện trở đặc trưng cho tổn hao công suất trong lõi thép stato

☐

b) X_{th} là điện kháng từ hoá đặc trưng cho từ thông chính của động cơ không đồng bộ

☐

c) X'_2 là điện kháng tản dây quấn rôto quy đổi sang stato

☐

d) $R'_2 \left(\frac{1-s}{s} \right)$ đặc trưng cho công suất điện từ truyền từ stato sang rôto

☐

7-35. Động cơ không đồng bộ ba pha rôto dây quấn, giảm dòng điện mở máy bằng cách cho điện trở $R_{mở}$ vào mạch rôto. Cho biết $R_{mở1} < R_{mở2}$. Tìm quan hệ đúng trong các quan hệ dưới đây.

a) $I_{mở2} < I_{mở1} < I_{dm}$

☐

b) $I_{mở1} < I_{mở2} < I_{dm}$

☐

c) $I_{dm} < I_{mở2} < I_{mở1}$

☐

d) $I_{mở2} > I_{mở1} > I_{dm}$

☐

7-36. Khi động cơ không đồng bộ quay với hệ số trượt s , trong các biểu thức sau, biểu thức nào sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) $X_{2s} = 2\pi f s L_2$ ☐

b) $k_e E_1 = E'_2$ ☐

c) $E_{2s} = \frac{E_2}{s}$ ☐

d) $f_2 = sf$ ☐

Chương 8

MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

1. Tốc độ quay – Tần số – Sức điện động

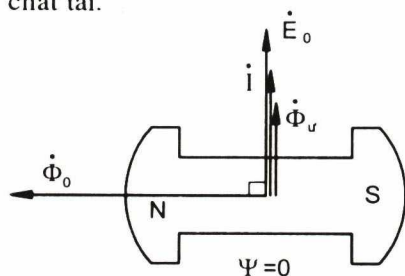
$$n = n_1 = \frac{60f}{p} \text{ (vg/ph)}$$

$$f = \frac{pn}{60} \text{ (Hz)}$$

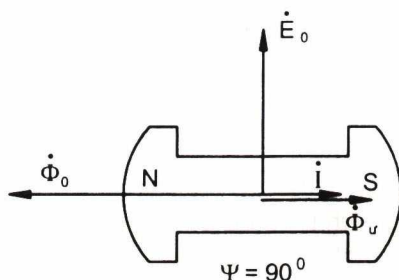
$$E_o = 4,44 f W k_{dq} \Phi_o$$

2. Phản ứng phần ứng của máy điện đồng bộ

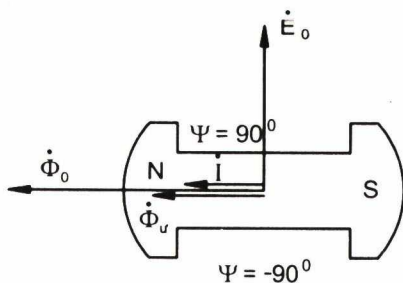
Từ trường của phần ứng (stato) tác dụng lên từ trường phần cảm (rôto) gọi là phản ứng của phần ứng. Phản ứng phần ứng phụ thuộc vào tính chất tải.



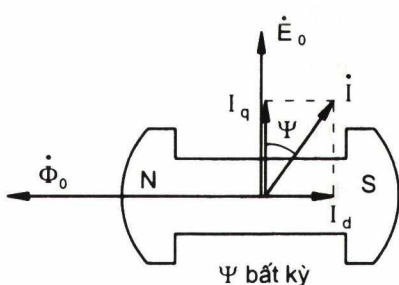
*Phản ứng ngang trục
Tải thuần trở*



*Phản ứng dọc trục khử từ
Tải thuần cảm*

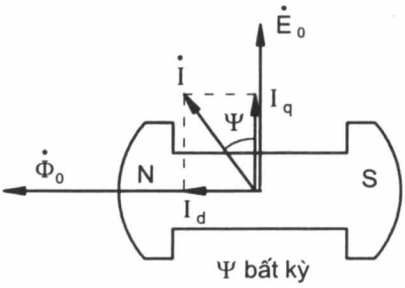


*Phản ứng dọc trục trợ từ
Tải thuần dung*



*Phản ứng ngang trục và dọc trục khử từ
Tải RL*

Phản ứng ngang trục và dọc trục từ
Tải RC

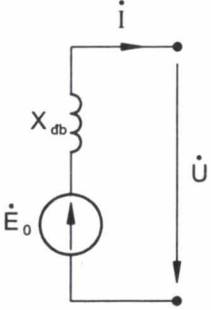


3. Phương trình điện áp stato của máy phát điện đồng bộ cực ẩn

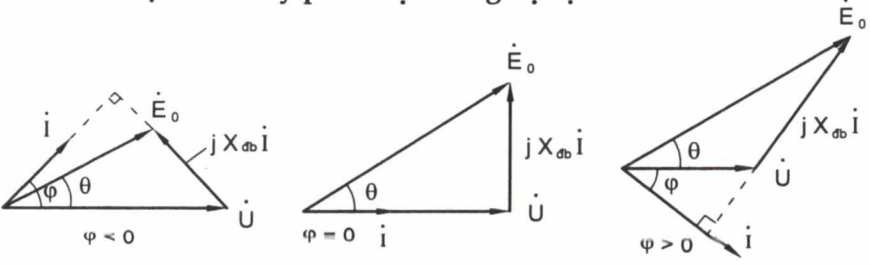
$$\dot{U} = \dot{E}_0 - R\dot{I} - jX_{db}\dot{I}$$

R là điện trở dây quấn stato (đối với máy công suất lớn có thể bỏ qua R)

X_{db} điện kháng đồng bộ.



4. Đồ thị vectơ máy phát điện đồng bộ cực ẩn



Chế độ thiếu kích từ

Chế độ kích từ định mức

Chế độ quá kích từ

Chú ý : – Chế độ máy phát $\dot{E}_0$ vượt trước pha $\dot{U}$

- Máy phát quá kích từ $\dot{I}$ chậm sau pha $\dot{U}$ ($\varphi > 0$)
- Máy phát thiếu kích từ $\dot{I}$ vượt trước pha $\dot{U}$ ($\varphi < 0$)

Máy phát điện đồng bộ thường làm việc ở chế độ quá kích từ để cung cấp công suất phản kháng cho tải.

5. Công suất điện từ P_{dt} $P_{dt} = \frac{mUE_o}{X_d} \sin \theta$

m là số pha

θ là góc lệch pha giữa $\vec{E}_o$ và $\vec{U}$ gọi là góc công suất.

6. Điều chỉnh công suất

– Điều chỉnh công suất tác dụng P bằng cách điều chỉnh công suất cơ động cơ sơ cấp.

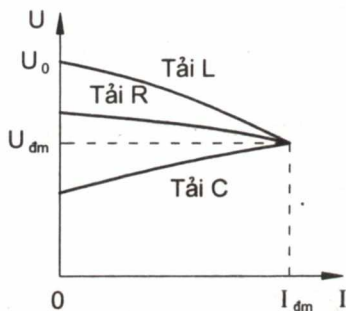
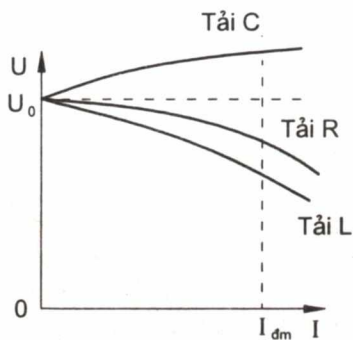
– Điều chỉnh công suất phản kháng Q bằng cách điều chỉnh dòng điện kích từ rôto.

7. Đường đặc tính ngoài của máy phát đồng bộ

$$U = f(I) ;$$

$$I_{kt} = \text{const} ;$$

$$n = \text{const}$$



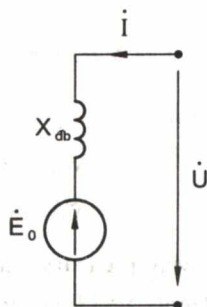
Đường đặc tính ngoài

8. Mở máy động cơ điện đồng bộ

– Mở máy động cơ điện đồng bộ bằng các phương pháp sau :

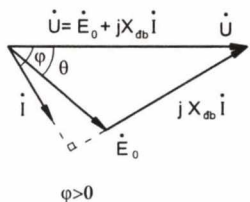
* Lòng sóc mở máy.

* Động cơ phụ trợ.

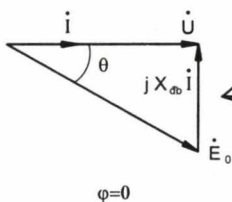


9. Phương trình và đồ thị vectơ của động cơ đồng bộ

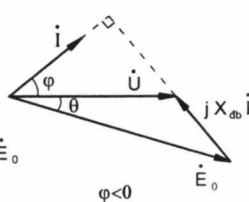
$$\dot{U} = \dot{E}_0 + jX_{db}\dot{I}$$



Chế độ thiếu kích từ



Chế độ kích từ định mức



Chế độ quá kích từ

Chú ý : – Chế độ động cơ $\dot{E}_0$ chậm sau pha $\dot{U}$

– động cơ quá kích từ $\dot{I}$ vượt trước pha $\dot{U}$ ($\varphi < 0$)

– động cơ thiếu kích từ $\dot{I}$ chậm sau pha $\dot{U}$ ($\varphi > 0$)

Động cơ điện đồng bộ thường làm việc ở chế độ quá kích từ.

10. Điều chỉnh cos φ

Điều chỉnh cos φ của động cơ đồng bộ bằng cách điều chỉnh dòng điện kích từ. Động cơ đồng bộ thường làm việc ở chế độ quá kích từ để cung cấp công suất phản kháng cho lưới điện để nâng cao cos φ và ổn định điện áp cho lưới điện.

11. Máy bù đồng bộ

Máy bù đồng bộ là máy đồng bộ làm việc ở chế độ cung cấp công suất phản kháng cho lưới điện.

BÀI TẬP ĐÃ GIẢI

Bài số 8.1. Một máy phát điện đồng bộ ba pha cực ẩn, dây quấn stato nối sao, điện áp không tải $U_{d0} = 398,4\text{V}$. Khi dòng điện tải $I = 6\text{ A}$, $\cos\varphi = 0,8$ (chậm sau) thì điện áp $U_d = 380\text{ V}$. Thông số dây quấn stato như sau : điện trở $R \approx 0$; điện kháng tần $X_t = 0,2\Omega$. Tính sức điện động pha máy phát khi không tải. Tính điện kháng đồng bộ X_{db} và điện kháng X_r .

Bài giải

Đồ thị vectơ dòng điện và điện áp vẽ trên hình 8-1.

E_o là sức điện động pha không tải. Vì máy nối sao nên :

$$E_o = \frac{U_{do}}{\sqrt{3}} = \frac{398,4}{\sqrt{3}} = 230V$$

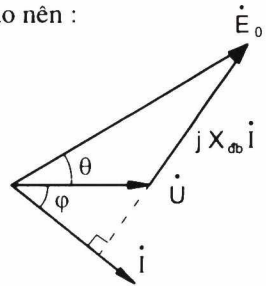
Từ đồ thị véc tơ ta có :

$$IX_{db} = \sqrt{E_o^2 - (U \cos \varphi)^2} - U \sin \varphi$$

$$X_{db} = \frac{\sqrt{E_o^2 - (U \cos \varphi)^2} - U \sin \varphi}{I} =$$

$$= \frac{\sqrt{230^2 - (220.0,8)^2} - 220.0,6}{6} = 2,68 \Omega$$

$$X_u = X_{db} - X_l = 2,68 - 0,2 = 2,48 \Omega$$



Hình 8-1

Bài số 8-2. Một máy phát điện đồng bộ ba pha cực ẩn có :
 $S_{dm} = 1500kVA$; $U_{dm} = 6600V$; $\cos \varphi_{dm} = 0,8$; dây quấn stato đấu sao,
 điện trở dây quấn stato $R = 0,45\Omega$; điện kháng đồng bộ $X_{db} = 6\Omega$.

a) Một tải có $U_d = 6600 V$, $\cos \varphi = 0,8$, tiêu thụ dòng điện bằng định mức. Tính dòng điện, công suất tác dụng và phản kháng của tải.

b) Nếu cắt tải và dòng điện kích từ chưa điều chỉnh vẫn giữ trị số như lúc có tải trên, thì điện áp đầu cực máy phát bằng bao nhiêu ?

Bài giải

a) Dòng điện định mức của máy phát

$$I_{dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3}U_{dm}} = \frac{1500.10^3}{\sqrt{3}.6600} = 131,2 A$$

Máy phát đấu sao điện áp pha máy phát

$$U_{pdm} = \frac{U_{dm}}{\sqrt{3}} = \frac{6600}{\sqrt{3}} = 3810 V$$

Công suất tác dụng tải tiêu thụ

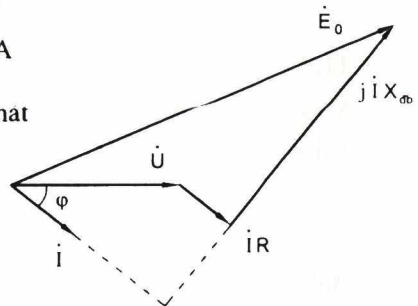
$$P = \sqrt{3}UI \cos \varphi =$$

$$= \sqrt{3}.6600.131,2.0,8 = 1200kW$$

Công suất phản kháng tải tiêu thụ

$$Q = \sqrt{3}UI \sin \varphi = \sqrt{3}.6600.131,2.0,6 = 900kVar$$

Đồ thị vectơ vẽ trên hình 8-2.



Hình 8-2

b) Dựa vào đồ thị vectơ ta tính được sức điện động pha

$$E_o = \sqrt{(U \cos \varphi + IR)^2 + (IX_{db} + U \sin \varphi)^2}$$

$$= \sqrt{(3810.0,8 + 131,2.0,45)^2 + (131,2.6 + 3810.0,6)^2} = 4370V$$

Điện áp dây đầu cực máy phát khi cắt tải :

$$U_{do} = \sqrt{3}E_o = \sqrt{3}.4370 = 7659V$$

Bài số 8–3. Một máy phát điện đồng bộ ba pha cực ẩn đầu sao, $S_{dm} = 10.000 \text{ kVA}$; $U_{dm} = 6,3 \text{ kV}$; $f = 50 \text{ Hz}$, $\cos \varphi_{dm} = 0,8$; số đôi cực $p = 2$; điện trở dây quấn stato $R = 0,04 \Omega$; điện kháng đồng bộ $X_{db} = 1 \Omega$; tổn hao kích từ $\Delta P_{kt} = 2\% P_{dm}$, tổn hao cơ, sắt từ và phụ $\Delta P_{cstf} = 2,4 \% P_{dm}$.

a) Tính tốc độ quay rôto, dòng điện định mức.

b) Tính công suất tác dụng và phản kháng máy phát ra. Công suất động cơ sơ cấp kéo máy phát và hiệu suất máy phát.

Bài giải

a) Tốc độ quay rôto :

$$n = n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60.50}{2} = 1500 \text{ vg/ph}$$

Dòng điện định mức

$$I_{dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3}U_{dm}} = \frac{10.000}{\sqrt{3}.6,3} = 916,5 \text{ A}$$

b) Công suất tác dụng máy phát ra

$$P_{dm} = S_{dm} \cos \varphi_{dm} = 8000 \text{ kW}$$

Công suất phản kháng máy phát ra

$$Q_{dm} = S_{dm} \sin \varphi_{dm} = 10000 \cdot 0,6 = 6000 \text{ kVAr}$$

Tổn hao kích từ

$$\Delta P_{kt} = 0,02 P_{dm} = 0,02 \cdot 8000 = 160 \text{ kW}$$

Tổng tổn hao cơ, sắt từ và phụ

$$\Delta P_{cstf} = 0,024 P_{dm} = 0,024 \cdot 8000 = 192 \text{ kW}$$

Tổn hao trên điện trở dây quấn phần ứng

$$\Delta P_d = 3 \cdot 916,5^2 \cdot 0,04 = 100,8 \text{ kW}$$

Công suất động cơ sơ cấp kéo máy phát điện

$$P_1 = P_{dm} + \Delta P_{kt} + \Delta P_{cstf} + \Delta P_d =$$

$$P_1 = 8000 + 160 + 192 + 100,8 = 8452,8 \text{ kW}$$

Hiệu suất máy phát điện

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_{dm}}{P_1} = \frac{8000}{8452,8} = 0,946$$

Bài số 8–4. Hai máy phát điện đồng bộ làm việc song song cung cấp điện cho 2 tải :

$$\text{Tải 1 : } S_{11} = 5000 \text{ kVA ; } \cos \varphi_1 = 0,8 \quad (\varphi_1 > 0)$$

$$\text{Tải 2 : } S_{12} = 3000 \text{ kVA ; } \cos \varphi_2 = 1$$

Máy phát thứ nhất phát ra $P_1 = 4000 \text{ kW}$, $Q_1 = 2500 \text{ kVar}$. Tính công suất máy phát thứ 2 và hệ số công suất của mỗi máy phát.

Bài giải

Công suất tác dụng của 2 tải :

$$P_t = S_{11} \cos \varphi_1 + S_{12} \cos \varphi_2 = 5000 \cdot 0,8 + 3000 \cdot 1 = 7000 \text{ kW}$$

Công suất phản kháng của 2 tải :

$$Q_t = S_{11} \sin \varphi_1 + S_{12} \sin \varphi_2 = 5000 \cdot 0,6 + 0 = 3000 \text{ kVar}$$

Công suất tác dụng máy phát 2

$$P_2 = P_t - P_1 = 7000 - 4000 = 3000 \text{ kW.}$$

Công suất phản kháng máy phát 2

$$Q_2 = Q_t - Q_1 = 3000 - 2500 = 500 \text{ kVar}$$

Hệ số công suất máy phát 1

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2}} = \frac{4000}{\sqrt{4000^2 + 2500^2}} = 0,848$$

Hệ số công suất máy phát 2

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}} = \frac{3000}{\sqrt{3000^2 + 500^2}} = 0,986$$

Bài số 8–5. Một động cơ điện đồng bộ ba pha đấu sao có thông số
 $P_{dm} = 575 \text{ kW}$; $U_{dm} = 6000 \text{ V}$; $\eta_{dm} = 0,95$; $\cos \varphi_{dm} = 1$; $p = 3$; $f = 50 \text{ Hz}$.

a) Tính mômen quay định mức, dòng điện định mức.

b) Nếu mômen cản chỉ đạt 75% M_{dm} thì công suất phản kháng tối đa động cơ có thể bù cho mạng điện là bao nhiêu ? Muốn đạt điều đó phải làm thế nào ?

Bài giải

a) Tốc độ quay rôto :

$$n = n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \text{ vg/ph}$$

Mômen định mức :

$$M_{dm} = \frac{P_{dm}}{\omega_{dm}} = \frac{575 \cdot 10^3}{\frac{2\pi n}{60}} = 5491 \text{ Nm}$$

Dòng điện định mức :

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{\eta_{dm} \sqrt{3} U_{dm} \cos \varphi_{dm}} = \frac{575 \cdot 10^3}{0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 1} = 58,2 \text{ A}$$

Công suất biểu kiến động cơ :

$$S_{dm} = \sqrt{3} U_{dm} I_{dm} = \sqrt{3} \cdot 6 \cdot 58,2 = 605 \text{ kVA.}$$

b) Khi dòng điện định mức, công suất điện động cơ tiêu thụ

$$P_{ldm} = \frac{P_{dm}}{\eta_{dm}} = \frac{575}{0,95} = 605 \text{ kW}$$

Khi dòng điện bằng định mức, tổn hao của động cơ

$$\Delta P = 605 - 575 = 30 \text{ kW}$$

Công suất cơ động cơ phát ra khi mômen cản bằng 75% định mức

$$P_{cơ} = 0,75 \cdot P_{dm} = 0,75 \cdot 575 = 431 \text{ kW}$$

Động cơ làm việc vẫn ở dòng điện định mức nên tổn hao công suất trong động cơ không đổi = 30 kW.

Công suất tác dụng động cơ điện nhận ở mạng điện

$$P_1 = P_{cơ} + \Delta P = 431 + 30 = 461 \text{ kW.}$$

Công suất phản kháng động cơ điện có khả năng phát ra

$$Q_{\max} = \sqrt{S_{\text{dm}}^2 - P_1^2} = \sqrt{605^2 - 461^2} = 391,8 \text{ kVAR}$$

Muốn tăng công suất phản kháng, phải tăng dòng điện kích từ của động cơ điện.

Bài số 8-6. Một động cơ điện đồng bộ 3 pha cực ẩn đấu sao, điện kháng đồng bộ $X_{\text{db}} = 1,5 \Omega$. Động cơ làm việc ở điện áp 500V, $I = 48\text{A}$, hiệu suất $\eta = 0,91$; $\cos\varphi = 1$. Tính sức điện động pha E_o , công suất cơ động cơ phát ra.

Bài giải

Động cơ đấu sao nên điện áp pha động cơ :

$$U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}} = \frac{500}{\sqrt{3}} = 288,7 \text{ V}$$

Từ đồ thị vectơ, dễ dàng tính được sức điện động pha (hình 8-3)

$$E_o = \sqrt{U^2 + (IX_{\text{db}})^2} =$$

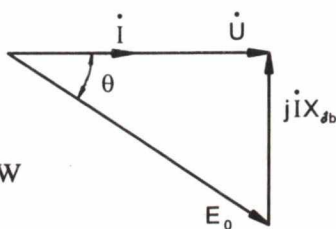
$$E_o = \sqrt{(288,7)^2 + (48 \cdot 1,5)^2} = 297,6 \text{ V}$$

Công suất điện động cơ tiêu thụ

$$P_1 = \sqrt{3}UI\cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 500 \cdot 48 \cdot 1 = 41568 \text{ W}$$

Công suất cơ của động cơ

$$P_2 = \eta P_1 = 0,91 \cdot 41568 = 37826 \text{ W}$$



Hình 8-3

Bài số 8-7. Một nhà máy tiêu thụ công suất điện $P_1 = 700\text{kW}$ với $\cos\varphi = 0,7$. Nhà máy có thêm một tải cơ với công suất cơ 100 kW. Để kéo tải và kết hợp nâng cao $\cos\varphi$ người ta chọn một động cơ đồng bộ có hiệu suất $\eta = 0,88$. Xác định công suất biểu kiến S_{dm} của động cơ đồng bộ để nâng được hệ số công suất nhà máy đạt 0,8.

Bài giải

Công suất điện động cơ đồng bộ tiêu thụ

$$P_{\text{dc}} = \frac{P}{\eta} = \frac{100}{0,88} = 113,6 \text{ kW}$$

$$\cos\varphi = 0,7 ; \text{tg}\varphi = 1,02$$

Công suất phản kháng trước khi có động cơ đồng bộ

$$Q_t = P_t \tan \varphi = 700 \cdot 1,02 = 714 \text{ kVAr}$$

Khi có động cơ đồng bộ, hệ số công suất nhà máy $\cos \varphi' = 0,8$; $\tan \varphi' = 0,75$

Công suất tác dụng của nhà máy khi có động cơ đồng bộ

$$P_{\Sigma} = P_t + P_d = 700 + 113,6 = 813,6 \text{ kW}$$

Công suất phản kháng khi có động cơ đồng bộ

$$Q_{\Sigma} = P_{\Sigma} \tan \varphi' = 813,6 \cdot 0,75 = 610 \text{ kVAr}$$

Công suất phản kháng động cơ đồng bộ

$$Q_{dc} = Q_{\Sigma} - Q_t = 610 - 714 = -104 \text{ kVAr}$$

Dấu âm chứng tỏ động cơ đồng bộ phát ra công suất phản kháng.

Công suất biểu kiến động cơ đồng bộ

$$S_{dc} = \sqrt{P_{dc}^2 + Q_{dc}^2} = \sqrt{113,6^2 + 104^2} = 154 \text{ kVA}$$

Vậy phải chọn động cơ có

$$S_{dm} \geq 154 \text{ kVA}$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHO ĐÁP ÁN

Hãy trả lời bằng cách đánh dấu (x) vào (□)

8-8. Một máy phát điện đồng bộ ba pha đấu sao, cực ẩn, $p = 1$; $X_{db} = 3,2 \Omega$; $U = 10,5 \text{ kV}$ phát ra công suất tác dụng $P = 35000 \text{ kW}$; $\cos \varphi = 0,7$. Tính dòng điện I , sức điện động E_o và công suất phản kháng Q máy phát ra. Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) $I = 2749 \text{ A}$ ☐

b) $E_o = 10,79 \text{ kV}$ ☐

c) $Q = 35707 \text{ kVAr}$ ☐

8-9. Một động cơ đồng bộ $p = 3$; $P_{dm} = 285 \text{ kW}$; $U_{dm} = 3 \text{ kV}$; $\cos \varphi_{dm} = 0,8$ (vượt trước, $\varphi < 0$); $f = 50 \text{ Hz}$; $\eta = 0,94$. Tính tốc độ quay, mômen định mức, dòng điện định mức, công suất tác dụng và phản kháng động cơ điện tiêu thụ. Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

- a) $n_{dm} = 1000$ vg/ph ☐
- b) $M_{dm} = 2721,75$ Nm ☐
- c) $I_{dm} = 68,56$ A ☐
- d) $P_1 = 303,19$ kW ; $Q_1 = 273,25$ kVAr ☐

8–10. Một động cơ điện đồng bộ ba pha đấu sao, số đôi cực từ $p = 3$;
 $I_{dm} = 140$ A ; $P_{dm} = 990$ kW ; $U_{dm} = 6$ kV ; $\cos\varphi_{dm} = 0,8$ (vượt trước) ; $f = 50$ Hz ;
 $\frac{M_{max}}{M_{dm}} = 2,2$. Tính mômen định mức, mômen cực đại, công suất tác dụng

P_1 và phản kháng Q_1 của động cơ điện. Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

- a) $M_{dm} = 9454,5$ Nm ☐
- b) $M_{max} = 20799,9$ Nm ☐
- c) $P_1 = 1163,9$ kW ☐
- d) $Q_1 = 925,3$ kVAr ☐

8–11. Hai máy phát điện làm việc song song, điện áp $U_{dm} = 6$ kV. Chế độ làm việc của 2 máy như sau :

máy 1 : $I_1 = 400$ A ; $\cos\varphi_1 = 0,8$ ($\varphi_1 > 0$)

máy 2 : $I_2 = 400$ A ; $\cos\varphi_2 = 0,8$ ($\varphi_2 > 0$)

a) Xác định công suất tác dụng và phản kháng mỗi máy

b) Công suất của tải không thay đổi, điện áp không đổi bằng 6kV, song vì lý do sửa chữa, cần tách máy 1 ra, máy 2 phải đảm bảo toàn bộ công suất của tải. Xác định chế độ làm việc máy 2.

c) Máy thứ nhất được nối làm việc song song với máy thứ hai, song chế độ làm việc của máy 1 như sau : $I_1 = 300$ A ; $\cos\varphi_1 = 1$. Xác định chế độ làm việc máy 2.

Tìm đáp án sai và sửa chữa lại ghi vào chỗ (.....)

- a) $P_1 = 3325$ kW ; $Q_1 = 2494$ kVAr
 $P_2 = 3325$ kW ; $Q_2 = 2494$ kVAr ☐
- b) $P_2 = 6650$ kW ; $Q_2 = 4988$ kVAr ☐
- c) $P_1 = 1799,9$ kW ; $Q_1 = 0$
 $P_2 = 4850,1$ kW ; $Q_2 = 4988$ kVAr ☐

8-12. Một phân xưởng của nhà máy tiêu thụ công suất tác dụng $P_1 = 1400\text{kW}$ và công suất phản kháng $Q_1 = 1400\text{kVar}$.

a) Xác định hệ số công suất $\cos\varphi_1$ của phân xưởng.

b) Phân xưởng có thêm một tải công suất cơ $P = 160\text{ kW}$. Người ta chọn một động cơ điện đồng bộ có hiệu suất $\eta = 0,93$ làm việc với $\cos\varphi_{dc} = 0,8$ (vượt trước) để kéo tải thêm ấy và nâng cao $\cos\varphi$ cho phân xưởng. Xác định hệ số công suất $\cos\varphi$ của phân xưởng sau khi có động cơ điện đồng bộ.

Tim đáp án sai, sửa chữa và ghi vào chỗ (.....)

a) $\cos\varphi_1 = 0,707$ ☐

b) $\cos\varphi = 0,868$ ☐

8-13. Một máy đồng bộ ba pha làm việc với tốc độ quay n , về đặc điểm từ trường và chế độ làm việc, các câu phát biểu nào dưới đây sai, sửa và ghi lại vào chỗ(...)

a) Từ trường phần cảm (rôto) là từ trường quay có biên độ không đổi và tốc độ n ☐

b) Từ trường phần ứng (stato) là từ trường quay có biên độ không đổi và tốc độ $n_1 = \frac{60f}{p}$ ☐

c) Ở chế độ máy phát $n > \frac{60f}{p}$ ☐

d) Ở chế độ động cơ $n < \frac{60f}{p}$ ☐

8-14. Một máy phát đồng bộ cung cấp điện cho tải thuần trở, khi công suất tác dụng tải tăng, tần số của dòng điện stato bị giảm xuống, để giữ tần số không đổi người ta tiến hành điều chỉnh như sau. Tim đáp án đúng.

a) Điều chỉnh tăng dòng điện kích từ ☐

b) Điều chỉnh giảm dòng điện kích từ ☐

c) Kết hợp điều chỉnh giảm công suất cơ và tăng dòng điện kích từ ☐

d) Điều chỉnh tăng công suất cơ của động cơ sơ cấp ☐

8-15. Về tính chất của phản ứng phản ứng của máy điện đồng bộ. Câu phát biểu nào dưới đây sai

- a) Phản ứng phản ứng ngang trục khi tải thuần trở ☐
- b) Phản ứng phản ứng dọc trục trợ từ khi tải thuần dung ☐
- c) Phản ứng phản ứng dọc trục khử từ khi tải thuần cảm ☐
- d) Phản ứng phản ứng có thành phần ngang trục và dọc trục trợ từ khi tải có tính cảm ☐
- e) Phản ứng phản ứng có thành phần ngang trục và dọc trục trợ từ khi tải có tính dung ☐

8-16. Dòng điện trong dây quấn kích từ ở rôto của máy điện đồng bộ là dòng điện gì ? Tìm đáp án đúng.

- a) Dòng điện xoay chiều có tần số $f = \frac{pn}{60}$ ☐
- b) Dòng điện xoay chiều có tần số của lưới điện ☐
- c) Dòng điện một chiều ☐
- d) Dòng điện xoay chiều cảm ứng có tần số $f_2 = sf$ ☐

8-17. Về mở máy động cơ đồng bộ. Câu phát biểu nào dưới đây sai :

- a) Dùng động cơ phụ trợ nối trục với rôto động cơ đồng bộ để khởi động ☐
- b) Dùng dây quấn mở máy đặt ở mỏ cực rôto để tạo ra mômen mở máy ☐
- c) Đối với động cơ công suất nhỏ có thể đóng trực tiếp vào lưới điện ☐
- d) Khi mở máy dây quấn kích từ để hở mạch ☐

8-18. Hãy xác định tính chất của phản ứng phản ứng của máy điện đồng bộ khi :

- a) Φ_{tr} có chiều từ cực N tới cực S (của từ trường phần cảm) trong lõi thép rôto ☐
- b) Φ_{tr} có chiều từ cực S tới cực N (của từ trường phần cảm) trong lõi thép rôto ☐
- c) Φ_{tr} có 2 thành phần, trong đó thành phần dọc trục hướng từ cực N tới cực S (của từ trường phần cảm) trong lõi thép rôto ☐
- d) Φ_{tr} có 2 thành phần trong đó thành phần dọc trục hướng từ cực S tới cực N (của từ trường phần cảm) trong lõi thép rôto ☐

Tìm đáp án sai

- a) Phản ứng phản ứng dọc trục khử từ ☐
- b) Phản ứng phản ứng dọc trục trợ từ ☐
- c) Phản ứng phản ứng gồm 2 thành phần :
thành phần ngang trục và thành phần dọc trục khử từ ☐
- d) Phản ứng phản ứng gồm 2 thành phần :
thành phần ngang trục và thành phần dọc trục trợ từ ☐

8-19. Một máy điện đồng bộ cực ẩn, bỏ qua điện trở phản ứng. Trên đồ thị vectơ cho thấy $\vec{E}_0$ chậm pha $\vec{U}$; $\vec{I}$ trùng pha $\vec{U}$. Máy đồng bộ đang làm việc ở chế độ nào ? Tìm đáp án đúng.

- a) Chế độ máy phát $P > 0$; $Q = 0$; $\cos\varphi = 1$ ☐
- b) Chế độ động cơ $P > 0$; $Q > 0$ ☐
- c) Chế độ động cơ $P > 0$; $Q < 0$ ☐
- d) Chế độ động cơ $P > 0$; $Q = 0$; $\cos\varphi = 1$ ☐

8-20. Hãy xác định các thành phần của phản ứng phản ứng của máy điện đồng bộ khi biết :

- a) $\vec{I}$ vượt pha $\vec{E}_0$ góc 90°
- b) $\vec{I}$ trùng pha $\vec{E}_0$
- c) $\vec{I}$ chậm pha $\vec{E}_0$ góc 90°
- d) $\vec{I}$ chậm pha $\vec{E}_0$ góc ψ
- e) $\vec{I}$ vượt pha $\vec{E}_0$ góc ψ

Tìm đáp số sai

- a) Phản ứng phản ứng chỉ có thành phần dọc trục trợ từ ☐
- b) Phản ứng phản ứng chỉ có thành phần ngang trục ☐
- c) Phản ứng phản ứng chỉ có thành phần dọc trục khử từ ☐
- d) Phản ứng phản ứng gồm thành phần ngang trục
và thành phần dọc trục trợ từ ☐
- e) Phản ứng phản ứng gồm thành phần ngang trục
và thành phần dọc trục trợ từ ☐

8-21. Máy phát điện đồng bộ làm việc ở chế độ quá kích từ để đạt mục đích gì ? Tìm đáp án đúng.

- a) Để tăng công suất tác dụng cung cấp cho tải ☐
- b) Để phát ra công suất phản kháng cung cấp cho mạng điện ☐
- c) Để hệ số công suất máy phát $\cos\varphi = 1$ ☐
- d) Để tăng tần số dòng điện của máy phát ra ☐

8.22. Nhược điểm của động cơ đồng bộ so với động cơ không đồng bộ lồng sóc. Đáp án nào sai.

- a) Cùng một công suất, động cơ đồng bộ có giá tiền đắt hơn ☐
- b) Vận hành động cơ đồng bộ phức tạp hơn ☐
- c) Hệ số công suất $\cos\varphi$ của động cơ đồng bộ thấp hơn ☐
- d) Chế tạo động cơ đồng bộ phức tạp hơn ☐

8-23. Một máy điện đồng bộ cực ẩn, bỏ qua điện trở phản ứng. Trên đồ thị vectơ cho thấy : $\vec{E}_0$ vượt trước pha $\vec{U}$; $\vec{I}$ chậm pha $\vec{U}$. Máy đồng bộ đang làm việc ở chế độ nào ? Đáp án nào đúng.

- a) Chế độ máy phát thiếu kích từ ☐
- b) Chế độ động cơ quá kích từ ☐
- c) Chế độ động cơ thiếu kích từ ☐
- d) Chế độ máy phát quá kích từ ☐

8-24. Một máy điện đồng bộ cực ẩn, bỏ qua điện trở phản ứng. Trên đồ thị vectơ cho thấy : $\vec{E}_0$ chậm pha $\vec{U}$; $\vec{I}$ vượt pha $\vec{U}$. Máy đồng bộ đang làm việc ở chế độ nào ? Tìm đáp án đúng.

- a) Chế độ động cơ thiếu kích từ ☐
- b) Chế độ máy phát thiếu kích từ ☐
- c) Chế độ máy phát quá kích từ ☐
- d) Chế độ động cơ quá kích từ ☐

8-25. Động cơ điện đồng bộ làm việc ở chế độ quá kích từ để đạt mục đích gì ? . Tìm câu trả lời sai.

- a) Để phát ra công suất phản kháng Q cung cấp cho mạng điện ☐
- b) Để dòng điện động cơ vượt pha điện áp ($\varphi < 0$) ☐
- c) Để nâng cao $\cos\varphi$ cho mạng điện ☐
- d) Để hệ số công suất động cơ bằng 1 ☐

8-26. Một máy điện đồng bộ cực ẩn, bỏ qua điện trở phản ứng. Trên đồ thị vectơ cho thấy : $\vec{E}_0$ chậm pha $\vec{U}$; $\vec{I}$ chậm pha $\vec{U}$. Máy đồng bộ đang làm việc ở chế độ nào ? Tìm đáp án đúng.

- a) Chế độ động cơ thiếu kích từ ☐
- b) Chế độ máy phát thiếu kích từ ☐
- c) Chế độ máy phát quá kích từ ☐
- d) Chế độ động cơ quá kích từ ☐

8-27. Một máy điện đồng bộ cực ẩn, bỏ qua điện trở phản ứng. Trên đồ thị vectơ cho thấy : $\vec{E}_0$ vượt pha $\vec{U}$; $\vec{I}$ vượt pha $\vec{U}$. Máy đồng bộ đang làm việc ở chế độ nào ? Tìm đáp án đúng.

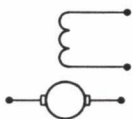
- a) Chế độ động cơ thiếu kích từ ☐
- b) Chế độ máy phát thiếu kích từ ☐
- c) Chế độ máy phát quá kích từ ☐
- d) Chế độ động cơ quá kích từ ☐

Chương 9

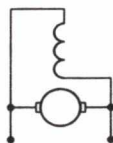
MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

1. Phân loại máy điện một chiều

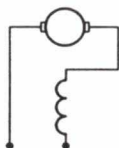
- Máy điện một chiều kích từ độc lập
- Máy điện một chiều kích từ song song
- Máy điện một chiều kích từ nối tiếp
- Máy điện một chiều kích từ hỗn hợp



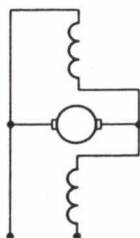
Máy điện kích từ độc lập



Máy điện kích từ song song



Máy điện kích từ nối tiếp



Máy điện kích từ hỗn hợp

2. Sức điện động của máy điện một chiều

$$E_u = \frac{pN}{60a} n\Phi = k_E n\Phi$$

$$k_E = \frac{pN}{60a}$$

3. Mômen điện từ máy điện một chiều

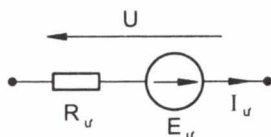
$$M_{dt} = \frac{pN}{2\pi a} I_u \Phi = k_M I_u \Phi$$

$$k_M = \frac{pN}{2\pi a}$$

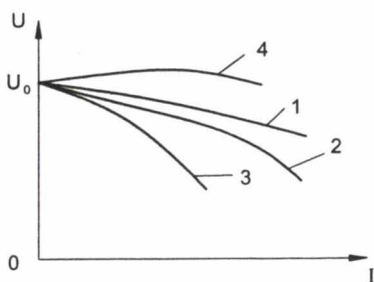
4. Máy phát điện một chiều

– Phương trình mạch điện phần ứng

$$U = E_u - R_u I_u$$



Mạch điện phần ứng máy phát một chiều



Đường đặc tính ngoài

1. Kích từ độc lập ; 2. Kích từ song song ;
3. Kích từ hỗn hợp ngược ; 4. Kích từ hỗn hợp thuận

– Đường đặc tính ngoài

5. Động cơ điện một chiều

– Phương trình mạch điện phần ứng

$$U = E_u + R_u I_u$$

– Đường đặc tính cơ $n = f(M)$

– Mở máy động cơ điện một chiều

* Mở máy trực tiếp :

Dòng điện phần ứng khi mở máy trực tiếp.

$$I_{umở} = \frac{U}{R_u}$$

* Các biện pháp mở máy :

Mắc $R_{mở}$ vào mạch phần ứng

Giảm điện áp U

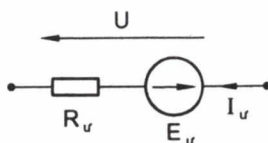
– Các phương pháp điều chỉnh tốc độ

$$n = \frac{U - R_u I_u}{k_E \Phi}$$

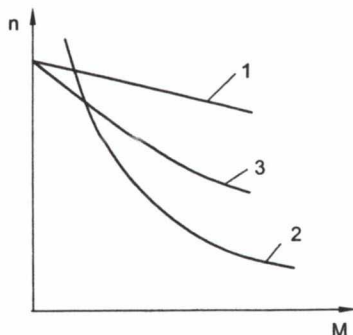
* Mắc R_{dc} vào mạch phần ứng.

* Thay đổi điện áp U

* Thay đổi từ thông bằng cách thay đổi dòng điện kích từ



Mạch điện phần ứng động cơ một chiều



Đặc tính cơ động cơ điện một chiều

1. Kích từ song song ; 2. Kích từ nối tiếp ; 3. Kích từ hỗn hợp

– Ưu điểm về điều chỉnh tốc độ : thiết bị đơn giản, phạm vi điều chỉnh rộng và liên tục.

– Động cơ điện một chiều được sử dụng cho các tải :

* Yêu cầu điều chỉnh tốc độ cao

* Yêu cầu khả năng quá tải lớn.

– Động cơ điện một chiều có nhược điểm : giá thành cao và cần nguồn điện một chiều (nguồn điện không thông dụng trong công nghiệp).

BÀI TẬP ĐÃ GIẢI

Bài số 9–1. Một máy phát điện kích từ song song, công suất định mức $P_{dm} = 25kW$, điện áp định mức $U_{dm} = 115 \text{ V}$ có các thông số sau : điện trở dây quấn kích từ song song $R_{kt} = 12,5\Omega$; điện trở dây quấn phần ứng $R_{\text{ư}} = 0,0238\Omega$, số đôi nhánh $a = 2$, số đôi cực từ $p = 2$, số thanh dẫn $N = 300$, tốc độ quay $n = 1300 \text{ vg/ph}$.

a) Xác định sức điện động $E_{\text{ư}}$ từ thông Φ

b) Giả sử dòng điện kích từ không đổi, bỏ qua phản ứng phần ứng. Xác định điện áp đầu cực máy khi dòng điện $I = 80,8A$.

Bài giải

a) Dòng điện định mức

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{25000}{115} = 217,4 \text{ A}$$

Dòng điện kích từ

$$I_{kt} = \frac{U_{dm}}{R_{kt}} = \frac{115}{12,5} = 9,2 \text{ A}$$

Dòng điện phần ứng

$$I_{\text{ư}} = I_{dm} + I_{kt} = 217,4 + 9,2 = 226,6 \text{ A}$$

Sức điện động của máy

$$E_{\text{ư}} = U + I_{\text{ư}} R_{\text{ư}} = 115 + 226,6 \cdot 0,0238 = 120,4 \text{ V}$$

Từ thông Φ

$$\Phi = \frac{60a \cdot E_{\text{ư}}}{pNn} = \frac{60 \cdot 2 \cdot 120,4}{2 \cdot 300 \cdot 1300} = 1,852 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$$

b) Dòng điện phản ứng

$$I_{\text{ư}} = I + I_{\text{kt}} = 80,8 + 9,2 = 90\text{A}$$

Điện áp đầu cực máy phát

$$U = E_{\text{ư}} - I_{\text{ư}} R_{\text{ư}} = 120,4 - 90 \cdot 0,0238 = 118,3 \text{ V}$$

Bài số 9-2. Một máy phát điện một chiều kích từ song song, điện áp định mức $U_{\text{dm}} = 115\text{V}$, cung cấp dòng điện $I_{\text{t}} = 98,3 \text{ A}$ cho tải. Điện trở phản ứng $R_{\text{ư}} = 0,0735 \Omega$, điện trở dây quấn kích từ song song $R_{\text{kt}} = 19\Omega$. Tổn hao cơ, sắt từ và phụ bằng 4% công suất điện.

a) Xác định sức điện động $E_{\text{ư}}$ và hiệu suất η của máy ở chế độ tải trên.

b) Tính dòng điện ngắn mạch khi ngắn mạch hai đầu cực máy phát. Cho biết từ thông dư bằng 3% từ thông Φ của máy ở chế độ tải trên, và tốc độ máy không đổi.

Bài giải

a) Dòng điện kích từ

$$I_{\text{kt}} = \frac{U}{R_{\text{kt}}} = \frac{115}{19} = 6,05 \text{ A}$$

Dòng điện phản ứng

$$I_{\text{ư}} = I_{\text{t}} + I_{\text{kt}} = 98,3 + 6,05 = 104,35 \text{ A}$$

Sức điện động phản ứng

$$E_{\text{ư}} = U + I_{\text{ư}} R_{\text{ư}} = 115 + 104,35 \cdot 0,0735 = 122,7 \text{ V}$$

Tổn hao trong dây quấn kích từ song song

$$\Delta P_{\text{kt}} = R_{\text{kt}} \cdot I_{\text{kt}}^2 = 6,05^2 \cdot 19 = 695 \text{ W}$$

Tổn hao trong dây quấn phản ứng

$$\Delta P_{\text{ư}} = R_{\text{ư}} \cdot I_{\text{ư}}^2 = 0,0735 \cdot 104,35^2 = 800 \text{ W}$$

Tổn hao cơ, sắt từ và phụ

$$\Delta P_{\text{cstf}} = 4\% P = 4\% \cdot UI = 0,04 \cdot 115 \cdot 98,3 = 452 \text{ W}$$

Hiệu suất của máy

$$\eta = \frac{P}{P + \Delta P} = \frac{UI}{UI + \Delta P} = \frac{115 \cdot 98,3}{115 \cdot 98,3 + 695 + 800 + 452} = 0,853$$

b) Khi ngắn mạch đầu cực, dòng điện ngắn mạch chạy trong dây quấn phản ứng.

$$I_{un} = \frac{E_{dur}}{R_u} = \frac{3,7}{0,0735} = 50 \text{ A}$$

$$\text{trong } E_{dur} = k_{En} \Phi_{dur} = 0,03 k_{En} \Phi = 0,03 E_u = 0,03 \cdot 122,7 = 3,7 \text{ V}$$

Ở máy phát kích từ song song, dòng điện ngắn mạch nhỏ hơn dòng điện định mức.

Bài số 9-3. Một máy phát điện kích từ hỗn hợp, công suất định mức $P_{dm} = 20 \text{ kW}$, điện áp định mức 230 V . Điện trở mạch kích từ song song $R_{kt//} = 71,87 \Omega$, điện trở dây quấn phản ứng $R_u = 0,098 \Omega$; điện trở dây quấn kích từ nối tiếp $R_{nt} = 0,04 \Omega$, tổn hao cơ, sắt từ, phụ bằng 4% công suất định mức.

Xác định sức điện động E_u

Bài giải

Dòng điện định mức máy phát

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{20 \cdot 10^3}{230} = 87 \text{ A}$$

Dòng điện kích từ song song

$$I_{kt} = \frac{U_{dm}}{R_{kt//}} = \frac{230}{71,87} = 3,2 \text{ A}$$

Dòng điện phản ứng định mức

$$I_{udm} = I_{dm} + I_{kt} = 87 + 3,2 = 90,2 \text{ A}$$

Sức điện động máy E_u

$$E_u = U_{dm} + I_{udm} (R_u + R_{nt}) = 230 + 90,2 (0,098 + 0,04) = 242,4 \text{ V}$$

Bài số 9-4. Một máy phát điện kích từ song song công suất định mức $P_{dm} = 10 \text{ kW}$, điện áp định mức $U_{dm} = 230 \text{ V}$, điện trở mạch kích từ song song $R_{kt} = 150 \Omega$; tổng tổn hao cơ, sắt từ và phụ bằng 6% P_{dm} ; hiệu suất $\eta = 0,89$. Tính điện trở phản ứng.

Bài giải

Dòng điện kích từ song song

$$I_{kt} = \frac{U_{dm}}{R_{kt}} = \frac{230}{150} = 1,53 \text{ A}$$

Dòng điện định mức

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{10 \cdot 10^3}{230} = 43,5 \text{ A}$$

Dòng điện phần ứng

$$I_u = I_{dm} + I_{kt} = 43,5 + 1,53 = 45,03 \text{ A}$$

Tổn hao toàn bộ trong máy

$$\Delta P = P_1 - P_{dm} = \frac{P_{dm}}{\eta} - P_{dm} = \frac{10 \cdot 10^3}{0,89} - 10 \cdot 10^3 = 1236 \text{ W}$$

Tổn hao trong dây quấn kích từ song song

$$\Delta P_{kt} = R_{kt} I_{kt}^2 = 150 \cdot 1,53^2 = 351,1 \text{ W}$$

Tổn hao trong dây quấn phần ứng

$$\Delta P_u = \Delta P - \Delta P_{kt} - \Delta P_{cstf} = 1236 - 351,1 - 0,06 \cdot 10 \cdot 10^3 = 284,9 \text{ W}$$

Điện trở dây quấn phần ứng

$$R_u = \frac{\Delta P_u}{I_u^2} = \frac{284,9}{45,03^2} = 0,14 \Omega$$

Bài số 9 –5. Một máy phát điện một chiều phát ra công suất điện $P = 100 \text{ kW}$, tốc độ $n = 975 \text{ vg/ph}$, điện áp $U = 115 \text{ V}$, hiệu suất $\eta = 0,877$. Tính dòng điện I của máy phát ra. Tính công suất cơ và mômen của động cơ sơ cấp.

Bài giải

Dòng điện I máy phát ra

$$I = \frac{P}{U} = \frac{100 \cdot 10^3}{115} = 869 \text{ A}$$

Công suất cơ của động cơ sơ cấp

$$P_1 = \frac{P}{\eta} = \frac{100}{0,877} = 114,025 \text{ kW}$$

Mômen của động cơ sơ cấp

$$M = 9550 \frac{P_1}{n} = 9550 \frac{114,025}{975} = 1116,9 \text{ Nm}$$

Bài số 9-6. Một động cơ điện một chiều công suất định mức $P_{dm} = 1,5 \text{ kW}$, điện áp định mức $U_{dm} = 220 \text{ V}$; hiệu suất $\eta = 0,82$; tốc độ $n = 1500 \text{ vg/ph}$. Tính mômen định mức, tổng tổn hao trong máy, dòng điện định mức.

Bài giải

Mômen định mức

$$M_{dm} = 9550 \frac{P_{dm}}{n} = 9550 \frac{1,5}{1500} = 9,55 \text{ Nm}$$

Công suất điện cung cấp cho động cơ

$$P_1 = \frac{P_{dm}}{\eta} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{0,82} = 1829,3 \text{ W}$$

Dòng điện định mức

$$I_{dm} = \frac{P_1}{U_{dm}} = \frac{1829,3}{220} = 8,31 \text{ A}$$

Tổng tổn hao trong máy

$$\Delta P = P_1 - P_{dm} = 1829,3 - 1500 = 329,3 \text{ W}$$

Bài số 9-7. Một động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp, điện áp định mức $U_{dm} = 220 \text{ V}$, dòng điện định mức $I_{dm} = 502 \text{ A}$, hiệu suất định mức $\eta_{dm} = 0,905$; điện trở dây quấn kích từ song song $R_{kt//} = 50 \Omega$, tổn hao cơ, sắt từ và phụ là 4136 W .

Tính công suất điện động cơ tiêu thụ, công suất định mức động cơ, tổng tổn hao trên các điện trở phản ứng, điện trở kích từ nối tiếp và dây quấn cực từ phụ.

Bài giải

Công suất điện động cơ tiêu thụ

$$P_1 = U_{dm} I_{dm} = 220 \cdot 502 = 110,44 \text{ kW}$$

Công suất định mức động cơ điện

$$P_{dm} = P_1 \cdot \eta = 110,44 \cdot 0,905 = 100 \text{ kW}$$

Tổn hao trên điện trở kích từ song song

$$\Delta P_{kt//} = R_{kt//} I_{kt}^2 = 50 \left(\frac{220}{50} \right)^2 = 968 \text{ W}$$

Tổng tổn hao trong động cơ

$$\Delta P = P_1 - P_{dm} = 110,44 - 100 = 10,44 \text{ kW}$$

Tổng tổn hao trên điện trở phản ứng, kích từ nối tiếp và dây quấn cực từ phụ :

$$\Delta P_{u,nt,f} = \Delta P - \Delta P_{cstf} - \Delta P_{kt//} = 10440 - 4136 - 968 = 5336 \text{ W}$$

Bài số 9-8. Một động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp, điện áp định mức $U_{dm} = 220\text{V}$, dòng điện định mức $I_{dm} = 94\text{A}$, điện trở dây quấn kích từ song song $R_{kt//} = 338\Omega$, điện trở dây quấn phản ứng và kích từ nối tiếp $R_u + R_{nt} = 0,17\Omega$, số đôi nhánh $a = 1$, số đôi cực từ $p = 2$, số thanh dẫn $N = 372$, tốc độ $n = 1100\text{vg/ph}$.

Tính sức điện động E_u (đối với động cơ còn được gọi là sức phản điện), từ thông Φ , công suất điện từ, mômen điện từ.

Bài giải

Dòng điện kích từ song song

$$I_{kt//} = \frac{U_{dm}}{R_{kt//}} = \frac{220}{338} = 0,65 \text{ A}$$

Dòng điện phản ứng

$$I_u = I_{dm} - I_{kt//} = 94 - 0,65 = 93,35 \text{ A}$$

Sức điện động E_u

$$E_u = U - I_u (R_u + R_{nt}) = 220 - 93,35 \cdot 0,17 = 204 \text{ V}$$

Từ thông Φ

$$\Phi = \frac{60a \cdot E_u}{pNn} = \frac{60 \cdot 1 \cdot 204}{2 \cdot 372 \cdot 1100} = 1,49 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$$

Công suất điện từ

$$P_{dt} = E_u I_u = 204 \cdot 93,35 = 19,043 \text{ kW}$$

Mômen điện từ

$$M_{dt} = \frac{P_{dt}}{\omega} = \frac{19043.60}{2\pi \cdot 1100} = 165 \text{ Nm}$$

trong đó tốc độ góc

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{200\pi \cdot 1100}{60} \text{ rad/s}$$

Có thể tính mômen điện từ theo công thức

$$M_{dt} = \frac{pN}{2\pi a} I_r \Phi = 165 \text{ Nm}$$

Bài số 9-9. Một động cơ điện kích từ nối tiếp, điện áp định mức $U_{dm} = 110V$, dòng điện định mức $I_{dm} = 26,6A$, tốc độ định mức $n = 1500$ vg/ph. Điện trở phản ứng và dây quấn kích từ nối tiếp $R_r + R_{nt} = 0,282\Omega$.

a) Tính sức điện động phản ứng, công suất và mômen điện từ.

b) Tính dòng điện mở máy trực tiếp. Tính điện trở mở máy để dòng điện mở máy bằng 2 lần dòng điện định mức.

Bài giải

a) Sức điện động phản ứng

$$E_r = U - I_r (R_r + R_{nt}) = 110 - 26,6 \cdot 0,282 = 102,5V$$

Công suất điện từ

$$P_{dt} = E_r I_r = 102,5 \cdot 26,6 = 2726,5 \text{ W}$$

Mômen điện từ

$$M_{dt} = \frac{P_{dt}}{\omega} = \frac{2726,5 \cdot 60}{2\pi \cdot 1500} = 17,35 \text{ Nm}$$

trong đó :

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \cdot 1500}{60} \text{ rad/s}$$

b) Dòng điện mở máy trực tiếp

$$I_{mở} = \frac{U_{dm}}{R_r + R_{nt}} = \frac{110}{0,282} = 390 \text{ A}$$

Dòng điện mở máy khi có điện trở mở máy

$$I_{mở} = \frac{U_{dm}}{R_r + R_{nt} + R_{mở}} = 2I_{dm}$$

$$R_{mở} = \frac{110}{26,6 \cdot 2} - 0,282 = 1,78\Omega$$

Bài số 9–10. Động cơ điện một chiều kích từ song song, công suất định mức $P_{dm} = 10\text{kW}$, điện áp định mức $U_{dm} = 220\text{V}$, hiệu suất $\eta = 0,86$; tốc độ định mức $n = 2250\text{vg/ph}$, dòng điện kích từ định mức $I_{kt} = 2,26\text{A}$, điện trở phản ứng $R_{\text{ư}} = 0,178\ \Omega$.

Tính dòng điện mở máy trực tiếp. Để giảm dòng điện mở máy xuống bằng 2 lần dòng điện định mức, tính điện trở mở máy $R_{m\ddot{o}}$.

Bài giải

Công suất điện động cơ tiêu thụ

$$P_1 = \frac{P_{dm}}{\eta} = \frac{10}{0,86} = 11,628\text{ kW}$$

Dòng điện định mức

$$I_{dm} = \frac{P_1}{U_{dm}} = \frac{11,62 \cdot 10^3}{220} = 52,85\text{ A}$$

Dòng điện mở máy trực tiếp

$$I_{m\ddot{o}tt} = I_{kt} + \frac{U_{dm}}{R_{\text{ư}}} = 2,26 + \frac{220}{0,178} = 1238\text{ A}$$

Dòng điện mở máy khi có biến trở mở máy

$$I_{m\ddot{o}} = I_{kt} + \frac{U_{dm}}{R_{\text{ư}} + R_{m\ddot{o}}} = 2I_{dm}$$

Thay giá trị I_{kt} , U_{dm} , $R_{\text{ư}}$, I_{dm} ta có

$$R_{m\ddot{o}} = 1,95\ \Omega$$

Bài số 9–11. Một động cơ điện một chiều kích từ song song $P_{dm} = 12\text{kW}$, điện áp định mức $U_{dm} = 220\text{V}$, tốc độ định mức $n_{dm} = 685\text{vg/ph}$, dòng điện định mức $I_{dm} = 64\text{A}$, dòng điện kích từ định mức $I_{ktdm} = 2\text{A}$, điện trở phản ứng $R_{\text{ư}} = 0,281\ \Omega$. Động cơ kéo tải có mômen cản không đổi. Để giảm tốc độ động cơ, người ta dùng hai phương pháp sau :

a) Thêm điện trở phụ $R_p = 0,7\ \Omega$ vào mạch phản ứng. Tính tốc độ và hiệu suất của động cơ ở tình trạng này.

b) Giảm điện áp đặt vào động cơ. Tính tốc độ và hiệu suất lúc $U = 176,6\text{V}$. Có nhận xét gì về hiệu suất trong 2 phương pháp đã sử dụng.

Giả thiết bỏ qua tổn hao cơ và phụ, và trong hai trường hợp trên giữ từ thông Φ không đổi.

Bài giải

Mômen cơ hữu ích trên trục :

$$M_{dm} = 9550 \frac{P_{dm}}{n_{dm}} = 9550 \frac{12}{685} = 167,3 \text{ Nm}$$

Dòng điện phản ứng định mức

$$I_{udm} = I_{dm} - I_{kt} = 64 - 2 = 62 \text{ A}$$

Sức điện động phản ứng định mức

$$E_{udm} = U_{dm} - I_{udm} R_u = 220 - 62 \cdot 0,281 = 202,6 \text{ V}$$

a) Bỏ qua tổn hao cơ và phụ, mômen cơ trên trục bằng mômen điện từ, nghĩa là :

$M_c = M_{dt} = k_M \Phi I_u$ = không đổi, do đó khi Φ không đổi, dòng điện phản ứng I_u không đổi.

Khi thêm điện trở phụ R_p , sức điện động E_u bằng :

$$E_u = U_{dm} - I_{udm} (R_u + R_p) = 220 - 62 (0,281 + 0,7) = 159,2 \text{ V}$$

Vì từ thông Φ không đổi, sức điện động tỷ lệ với tốc độ ta có quan hệ :

$$\frac{n}{n_{dm}} = \frac{E_u}{E_{udm}}$$

Tốc độ động cơ điện

$$n = \frac{n_{dm} E_u}{E_{udm}} = \frac{685 \cdot 159,2}{202,6} = 538 \text{ vg/ph}$$

Công suất cơ hữu ích

$$P_2 = M\omega = 167,3 \cdot 2\pi \frac{538}{60} = 9,425 \text{ kW}$$

Công suất điện động cơ tiêu thụ

$$P_1 = UI = 220 \cdot 64 = 14080 \text{ W}$$

Hiệu suất động cơ ở trường hợp này

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{9,425}{14,08} = 0,67$$

b) Khi điện áp đặt vào động cơ $U = 176,6 \text{ V}$ sức điện động phản ứng

$$E_u = U - I_u R_u = 176,6 - 62 \cdot 0,281 = 159,2 \text{ V}$$

Tốc độ động cơ điện

$$n = \frac{n_{dm} E_u}{E_{udm}} = \frac{685.159,2}{202,6} = 538 \text{ vg/ph}$$

Công suất điện động cơ tiêu thụ

$$P_1 = UI = 176,6 \cdot 64 = 11,302 \text{ kW}$$

Công suất cơ hữu ích :

$$P_2 = M\omega = 167,3 \frac{2\pi \cdot 538}{60} = 9,425 \text{ kW}$$

Hiệu suất động cơ

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{9,425}{11,302} = 0,834$$

So sánh trường hợp b với a, thấy rằng phương pháp dùng biến trở mắc vào mạch phản ứng có hiệu suất thấp rất nhiều so với phương pháp giảm điện áp đặt vào động cơ.

Bài 9–12. Một máy phát điện một chiều kích từ song song công suất định mức $P_{dm} = 7,5 \text{ kW}$, điện áp định mức $U_{dm} = 230\text{V}$, tốc độ quay định mức $n_{dm} = 1450\text{vg/ph}$, điện trở mạch phản ứng $R_u = 0,54\Omega$, điện trở mạch kích từ song song $R_{kt} = 191,7\Omega$, điện áp rơi trên chổi than 2V .

Máy được sử dụng ở chế độ động cơ $U = 220\text{V}$, quay với tốc độ $n = 1162\text{vg/ph}$ và hiệu suất $\eta = 0,825$. Xác định công suất điện động cơ tiêu thụ, công suất cơ hữu ích trên trục. Cho biết từ thông Φ không đổi.

Bài giải

– Ở chế độ máy phát

Dòng điện máy phát ra

$$I_{dmp} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{7500}{230} = 32,6 \text{ A}$$

Dòng điện kích từ máy phát

$$I_{ktp} = \frac{U_{dm}}{R_{kt}} = \frac{230}{191,66} = 1,2 \text{ A}$$

Dòng điện phản ứng máy phát

$$I_{up} = I_{dmp} + I_{ktp} = 32,6 + 1,2 = 33,8 \text{ A}$$

Sức điện động máy phát

$$E_{up} = U_{dr} + I_{up} \cdot R_u + 2 = 230 + 33,8 \cdot 0,54 + 2 = 250,25 \text{ V}$$

– Ở chế độ động cơ điện

Vì từ thông Φ ở hai chế độ như nhau, do đó sức điện động tỷ lệ với tốc độ.

Sức điện động phản ứng của động cơ

$$E_{ud} = E_{up} \frac{n_d}{n_p} = 250,25 \frac{1162}{1450} = 200,5 \text{ V}$$

Dòng điện phản ứng của động cơ

$$I_{ud} = \frac{U - E_{ud} - 2}{R_r} = \frac{220 - 200,5 - 2}{0,54} = 32,4 \text{ A}$$

Dòng điện động cơ tiêu thụ :

$$I_d = I_{ud} + I_{kt} = 32,4 + 1,2 = 33,6 \text{ A}$$

Công suất điện động cơ tiêu thụ

$$P_{ld} = U I_d = 220 \cdot 33,6 = 7392 \text{ W}$$

Công suất cơ hữu ích của động cơ

$$P_{2d} = P_{ld} \cdot \eta = 7392 \cdot 0,825 = 6100 \text{ W}$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHO ĐÁP ÁN

Hãy trả lời bằng cách đánh dấu (x) vào (□)

9–13. Cho một máy phát điện một chiều kích từ song song $P_{dm} = 30\text{kW}$, $U_{dm} = 220\text{V}$, điện trở phản ứng $R_r = 0,13\Omega$, dòng điện phản ứng $I_r = 138,2 \text{ A}$. Tính điện trở mạch kích từ song song R_{kt} , dòng điện I máy phát ra, công suất cơ động cơ sơ cấp P_1 , hiệu suất η của máy. Cho biết tổn hao cơ, sắt từ và phụ $\Delta P_{cstf} = 4\% P_{dm}$. Tìm đáp án sai sửa và ghi vào chỗ (.....)

- a) $I = 136,4 \text{ A}$ ☐
- b) $R_{kt} = 122,2 \Omega$ ☐
- c) $P_1 = 38078 \text{ W}$ ☐
- d) $\eta = 0,78$ ☐

9–14. Một máy phát điện kích từ song song có các số liệu sau : $I_{dm} = 29\text{A}$; $U_{dm} = 230\text{V}$, dòng điện kích từ định mức $I_{kt\text{dm}} = 0,6\text{A}$, tốc độ định mức $n_{dm} = 1000 \text{ vg/ph}$, điện trở mạch phản ứng $R_r = 0,7\Omega$. Tính sức điện động

phản ứng lúc làm việc định mức. Tính điện trở mạch kích từ song song. Tính dòng điện ngắn mạch khi ngắn mạch đầu cực máy phát. Cho biết từ thông dư bằng 7% từ thông khi làm việc định mức. Tìm đáp số sai

a) $E_{udm} = 250,7 \text{ V}$ ☐

b) $R_{kt} = 383,3 \Omega$ ☐

c) $I_{um} = 28,97 \text{ A}$ ☐

9–15. Một động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp điện áp định mức $U_{dm} = 220\text{V}$, điện trở mạch phản ứng $R_u = 0,174 \Omega$; tổn hao trên điện trở mạch phản ứng là 2464 W ; hiệu suất $\eta = 0,9$.

Tính dòng điện phản ứng, sức điện động phản ứng, công suất điện P_1 động cơ tiêu thụ, công suất cơ hữu ích P_2 . Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) $I_u = 119\text{A}$ ☐

b) $E_u = 199,3 \text{ V}$ ☐

c) $P_1 = 26180 \text{ W}$ ☐

d) $P_2 = 24682 \text{ W}$ ☐

9–16. Một động cơ điện kích từ song song điện áp định mức $U = 220\text{V}$, dòng điện định mức $I = 502\text{A}$, dòng điện kích từ song song $I_{kt} = 4,3 \text{ A}$, điện trở phản ứng $R_u = 0,011\Omega$. Người ta sử dụng động cơ trên ở chế độ máy phát với dòng điện I_u , I_{kt} và tốc độ n như ở chế độ động cơ điện. Xác định công suất điện P máy phát ra, và điện áp U của máy phát. Tìm đáp án sai và sửa chữa lại ghi vào chỗ (.....)

a) $P = 93,12 \text{ kW}$ ☐

b) $U = 209 \text{ V}$ ☐

9–17. Một máy phát điện một chiều kích từ song song, công suất định mức $P_{dm} = 50\text{kW}$; điện áp định mức $U = 110\text{V}$, điện trở mạch phản ứng $R_u = 0,01\Omega$, tốc độ $n = 1440\text{vòng/ph}$; điện trở mạch kích từ $R_{kt} = 11\Omega$. Cho máy làm việc ở chế độ động cơ điện kích từ song song với điện áp $U = 110\text{V}$, dòng điện phản ứng và kích từ như ở chế độ máy phát.

Xác định tốc độ quay ở chế độ động cơ. Tìm đáp án đúng.

- a) $n = 1324 \text{ vg/ph}$ ☐
- b) $n = 1440 \text{ vg/ph}$ ☐
- c) $n = 1520 \text{ vg/ph}$ ☐

9–18. Về từ trường, lực điện từ và sức điện động cảm ứng trong máy điện một chiều, câu phát biểu nào dưới đây đúng.

- a) Ở chế độ máy phát không tồn tại lực điện từ tác dụng lên thanh dẫn dây quấn phản ứng. ☐
- b) Ở chế độ động cơ điện không có sức điện động cảm ứng ở thanh dẫn dây quấn phản ứng. ☐
- c) Ở chế độ máy phát điện cũng như động cơ điện đều có lực điện và sức điện động cảm ứng ở dây quấn phản ứng. ☐
- d) Từ trường chính của máy điện một chiều là từ trường quay ☐

9–19. Về vai trò của các dây quấn trong máy điện một chiều, xác định câu phát biểu sai.

- a) Dây quấn kích từ tạo nên từ trường chính ☐
- b) Dây quấn phản ứng có tác dụng bù phản ứng phản ứng ☐
- c) Dây quấn cực từ phụ có tác dụng hạn chế tia lửa điện trên vành đổi chiều. ☐
- d) Dây quấn bù có tác dụng bù phản ứng phản ứng ☐

9–20. Về mạch điện của các dây quấn của máy điện một chiều, xác định câu phát biểu sai và sửa lại ghi vào chỗ

- a) Dây quấn kích từ nối với nguồn một chiều ngoài, hoặc mắc song song với mạch phản ứng hoặc mắc nối tiếp với mạch phản ứng ☐
- b) Dây quấn phản ứng có sức điện động E_{ir} và dòng điện I_{ir} ☐
- c) Dây quấn cực từ phụ mắc song song với dây quấn phản ứng ☐
- d) Dây quấn bù được mắc nối tiếp với dây quấn phản ứng ☐

9–21. Về vị trí của các dây quấn trong máy điện một chiều, xác định câu phát biểu sai và sửa lại vào chỗ (.....)

- a) Dây quấn kích từ đặt ở cực từ chính của stato ☐
- b) Dây quấn phản ứng đặt ở rãnh lõi thép rôto ☐
- c) Dây quấn cực từ phụ đặt ở cực từ phụ của stato ☐
- d) Dây quấn bù đặt ở rãnh lõi thép rôto ☐

9-22. Cho 2 máy điện một chiều :

a) Máy phát điện một chiều $P_{dm} = 10kW$; $\eta_{dm} = 0,85$.

b) Động cơ một chiều $P_{dm} = 1kW$; $\eta_{dm} = 0,815$.

Tìm tổn hao trong các máy điện trên. Tìm đáp số sai, sửa lại và ghi vào chỗ (.....)

a) Tổn hao trong máy phát 1764,7 W ☐

b) Tổn hao trong động cơ 185 W ☐

9-23. Ở chế độ máy phát điện một chiều, các biểu thức nào dưới đây sai và sửa lại ghi vào chỗ (.....)

a) $M = k_M \Phi n$ ☐

b) $E_u = k_E \Phi n$ ☐

c) $U = E_u - R_u I_u$ ☐

d) $E_u = R_u I_u$ ☐

9-24. Biểu thức M và E_u của máy điện một chiều được viết dưới đây. Biểu thức nào sai và sửa lại ghi vào chỗ (.....)

a) $E_u = k_E n \Phi$; $k_E = \frac{pN}{60a}$ ☐

b) $E_u = k_E \omega \Phi$; $k_E = \frac{pN}{2\pi a}$ ☐

c) $M = k_M \Phi I_u$; $k_M = \frac{pN}{2\pi a}$ ☐

d) $M = k_M \Phi I_u$; $k_M = \frac{pN}{60a}$ ☐

Trong đó : n là tốc độ quay (vòng/phút) ; ω là tốc độ góc quay (rad/giây)

9-25. Ở chế độ động cơ điện một chiều các biểu thức nào dưới đây sai và sửa lại ghi vào chỗ (.....)

a) $M = \frac{pN}{2\pi a} \Phi I_u^2$ ☐

b) $E_u = k_E n \Phi$ ☐

c) $U = E_u - R_u I_u$ ☐

d) $n = n_o - \frac{R_u I_u}{k_E \Phi}$; $n_o = \frac{U}{k_E \Phi}$ ☐

9–26. Về mục đích và cách đặt điện trở mở máy ở động cơ điện một chiều kích từ song song, các câu phát biểu nào dưới đây sai.

- a) Để tăng mômen mở máy ☐
- b) Để hạn chế dòng điện mở máy ☐
- c) Điện trở mở máy đặt nối tiếp với dây quấn kích từ ☐
- d) Điện trở mở máy đặt nối tiếp với mạch phản ứng ☐

9–27. Các nguyên nhân làm cho máy phát điện một chiều kích từ song song không thành lập được điện áp. Tìm đáp án sai.

- a) Máy không có từ dư ☐
- b) Chiều từ dư ngược với chiều từ trường do dòng kích từ tạo nên ☐
- c) Điện trở mạch kích từ lớn hơn điện trở tới hạn ☐
- d) Máy phát ở chế độ không tải ☐
- e) Mạch kích từ bị hở ☐

9–28. Đường đặc tính $n = f(I)$ của động cơ điện kích từ song song, khi không có và có điện trở R_{dc} mắc nối tiếp vào mạch phản ứng là đường thẳng cho ở bảng sau :

I (A)	0	50 A
Không R_{dc}	$n = 1000$ (vòng/phút)	950 vòng/phút
Có R_{dc}	$n = 1000$ (vòng/phút)	$n ?$

Hãy chọn giá trị đúng của n , trong 2 giá trị 1200 vòng/phút và 800 vòng/phút, tính R_{dc} và ghi vào chỗ (.....)

- a) $n = 1200$ vòng /phút ☐ $R_{dc} = \dots\dots\dots$
- b) $n = 800$ vòng/ phút ☐ $R_{dc} = \dots\dots\dots$

PHỤ LỤC

SỬ DỤNG MÁY TÍNH BỎ TÚI BIẾN ĐỔI SỐ PHỨC

Mỗi máy tính bỏ túi đều có hướng dẫn cách biến đổi số phức từ dạng đại số (tọa độ trực giao) sang dạng mũ (tọa độ cực) và ngược lại.

Phụ lục giới thiệu 2 máy tính bỏ túi thường gặp.

1. Máy tính CASIO FX – 500A

Thứ tự ấn

ON	hay	AC	mở máy
MODE	4		nếu góc tính bằng DEG (độ)
MODE	5		nếu góc tính bằng RAD (radian)

Chú ý : Sau Shift ấn phím vàng.

Ví dụ 1 : $14 + j 20,7 = r \angle \theta$

14	SHIFT	R-P	20	.	7	=	24.98979792
							(r)

SHIFT	X-Y	55.92839019
		(θ)

Vậy : $14 + j 20,7 = 24,98979792 \angle 55,92839019^\circ$

Ví dụ 2 : $25,3 \angle 56,2^\circ = x + j y$

25	.	3	SHIFT	P-R	56	.	2	=	14.07427907
									(x)

SHIFT	X-Y	21.02390707
		(y)

Vậy : $25,3 \angle 56,2^\circ = 14,07427907 + j 21,02390707$

2. Máy tính CASIO FX – 95MS

ON

mở máy

MODE

2

CMPLX

(tính số phức)

MODE

4 lần màn hình xuất hiện

Deg

Rad

Gra

1

2

3

Nếu góc tính bằng độ, ấn

1

trên màn hình xuất hiện chữ nhỏ CMPLX D

Ví dụ 3 : $14 - j18 = r \angle \theta$

14 - 18 SHIFT i SHIFT r ∠ θ = 22.8035085
(r)
 SHIFT R_e↔Im -52.12501635
(θ)

Vậy : $14 - j18 = 22,8035085 \angle - 52,12501635^\circ$

Ví dụ 4 : $5 \angle 60^\circ = x + j y$

5 SHIFT ∠ 60 SHIFT ➤a+bi = 2.5
(x)
 SHIFT R_e↔Im 4.330127019
(y)

Vậy : $5 \angle 60^\circ = 2,5 + j 4,330127019$

ĐÁP ÁN

Chương 1. Khái niệm cơ bản về mạch điện

- 1-11. b)
1-12. c)
1-13. a)
1-14. a)
1-15. a) $u_{ab} = Ri_1 - \frac{Ldi_2}{dt}$; b) $u_{ac} = Ri_1 - \frac{1}{C} \int i_3 dt$;
c) $i_1 + i_2 + i_3 = 0$
1-16. c)
1-17. c)
1-18. b)
1-19. b)
1-20. a) Nhánh a nhận công suất ; d) Nhánh d phát công suất
1-21. c)
1-22. a), b).
1-23. d)
1-24. c).

Chương 2. Dòng điện xoay chiều hình sin

- 2-12. b) $u = RI_{\max} \sin \omega t + X_L I_{\max} \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) + X_C I_{\max} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$
2-13. a) $S = 660 \text{ VA}$; b) $P = 491 \text{ W}$; c) $Q = 440 \text{ VAR}$
2-14. a) $u_C = \frac{I_{\max}}{\omega C} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{6} \right)$; b) $u_L = \omega L I_{\max} \sin \left(\omega t + \frac{5\pi}{6} \right)$
2-15. a) $R = 22,6\Omega$; d) $Z = 37,35\Omega$
2-16. a) $U_1 = 279,7\text{V}$
2-17. d) P không đổi.
2-18. c) Khi $X_L < X_C$ $U_C = 15\text{V}$; $\cos \varphi = 0,894$ (tính dung)
2-19. c) $Q = 0$; d) $\cos \varphi = 1$
2-20. b) $X_1 = 14,58\Omega$

2-21. d) $i = 20\sqrt{2} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) \text{ A}$

2-22. d) $R = 10\Omega$ nối tiếp với $X_L = 17,32 \Omega$

2-23. d)

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

3-18. c)

3-19. d)

3-20. c)

3-21. d)

3-22. c)

3-23. a)

3-24. d)

3-25. d) $P = 2580 \text{ W}$

3-26. b)

2-27. a)

3-28. c) $C = 43,4 \mu\text{F}$

3-29. c)

3-30. c)

3-31. c) $(2 + j3)\dot{I}_1 - (3 + j2)\dot{I}_3 = 230 \angle 0^\circ - 200 \angle -10^\circ$

3-32. d) $\dot{I}_3 = \dot{I}_{V_1} - \dot{I}_{V_2}$

3-33. b) $\dot{I} = \frac{200 \angle 10^\circ - \dot{U}_{AB}}{2 + j2} \text{ A}$

Chương 4. Mạch điện 3 pha

4-7. d) $Q = 0$

4-8. d) $Q = 11616 \text{ VAR}$

4-9. b) $\Delta P = 7741,92 \text{ W}$

4-10. d) $I_2 = 5 \text{ A}$

4-11. a) $U = 304,8 \text{ V}$

4-12. a) I_A giảm

4-13. d) I_N tăng

4-14. a) $I_A = 0$

4-15. d) I_N tăng

4-16. c) $U_t = 346,5V$

4-17. c)

4-18. b)

4-19. c)

Chương 5. Khái niệm chung về máy điện

5-6. a) tên cực từ sai ; c) tên cực từ sai

5-7. c)

5-8. d)

5-9. c)

5-10. c)

5-11. d)

5-12. d)

5-13. d)

5-14. c)

5-15. b)

5-16. b)

5-17. c), e)

5-18. c)

5-19. b), d)

5-20. b) $I' = 12,22A$

Chương 6. Máy biến áp

6-15. b)

6-16. c) $k_t = 0,564$; $U_2 = 9944V$

6-17. b)

6-18. b) $k_d = 2,165$; c) $k_d = 6,495$

6-19. c) $\eta = 0,984$.

- 6-20. b) $U_{2dm} = 231\sqrt{3} \text{ V}$
- 6-21. d)
- 6-22. b)
- 6-23. a) $S_{dm} = 300 \text{ kVA}$; b) $P_n = 13,2 \text{ kW}$
- 6-24. a) I_o dây giảm ; c) ΔP_{st} giảm
- 6-25. c)
- 6-26. a) U_{20} tăng ; b) I_o tăng ; d) P_o tăng
- 6-27. c)
- 6-28. c)
- 6-29. c)
- 6-30. b) Khối lượng thép biến áp tự ngẫu nhỏ hơn.
- 6-31. b)
- 6-32. d)
- 6-33. c)
- 6-34. a)
- 6-35. b)
- 6-36. a)
- 6-37. d)
- 6-38. d)

Chương 7. Động cơ không đồng bộ

- 7-15. c) $E_{2s} = 6,33 \text{ V}$; $\phi_{\max} = 1,06 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$.
- 7-16. b) $X_2 = 0,818 \Omega$
- 7-17. b) $R_2' = k_e k_i R_2 = 6,2 \Omega$; $X_2' = k_e k_i X_2 = 1,98 \Omega$
- 7-18. b) $M_{mở} = 214,7 \text{ Nm}$
- 7-19. a)
- 7-20. c) $U_d = 220 \text{ V}$; $I_{dm} = 25,25 \text{ A}$; $I_{mở} = 131,32 \text{ A}$
 $U_d = 380 \text{ V}$; $I_{dm} = 14,58 \text{ A}$; $I_{mở} = 75,82 \text{ A}$
- 7-21. c) $M_{mở} = 0,7^2 \cdot 1,44 M_{dm} = 0,7056 M_{dm} > M_c$, động cơ mở máy được
- 7-22. d) $\eta = 0,616$.

7-23. b) $I_{m\ddot{o}} = 1012,2A$; $M_{m\ddot{o}} = 391,6Nm$

7-24. b) $M_{dt} = 17,19 Nm$

7-25. c) $M_{m\ddot{o}}$ giảm 3 lần

7-26. b) $P_{dm} = \sqrt{3}U_{dm}I_{dm} \cos \varphi_{dm} \eta_{dm}$

7-27. d)

7-28. d)

7-29. d) $M_{dt} \frac{\omega}{p} s = \Delta P_{d2}$

7-30. d) $P_{dt} = 3I_2'^2 \frac{R_2'}{s}$

7-31. c)

7-32. d)

7-33. c) $M_{m\ddot{o}} = \frac{3R_2'I_2'^2}{\omega_1}$;

7-34. d) $R_2' \frac{(1-s)}{s}$ đặc trưng công suất cơ $P_{cơ}$

7-35. c)

7-36. b) $k_e E_2 = E_2'$; c) $E_{2s} = sE_2$.

Chương 8

8-8. b) $E_o = 13,795 kV$

8-9. c) $I_{dm} = 72,94A$

8-10. d) $Q_1 = -872,9 kVar$

8-11. c) $P_1 = 3117,6kW$

$P_2 = 3532,4 kW$

8-12. b) $\cos \varphi = 0,778$

8-13. c) $n = n_1 = \frac{60f}{p}$; d) $n = n_1 = \frac{60f}{p}$

8-14. d)

8-15. d)

- 8-16. c)
- 8-17. d)
- 8-18. d)
- 8-19. d)
- 8-20. d)
- 8-21. c)
- 8-22. c)
- 8-23. d)
- 8-24. d)
- 8-25. d)
- 8-26. a)
- 8-27. b)

Chương 9. Máy điện một chiều

- 9-13. d) $\eta = 0,88$
- 9-14. c)
- 9-15. d) $P_2 = 23562W$
- 9-16. a) $P = 103,12 kW$
- 9-17. a)
- 9-18. c)
- 9-19. b)
- 9-20. c) Mắc nối tiếp với dây quấn phần ứng
- 9-21. d) Dây quấn bù đặt ở mỏm cực từ stato.
- 9-22. b) $\Delta P = 227W$
- 9-23. a) $M = k_M \phi I_u$; d) $E_u = U + R_u I_u$
- 9-24. d) $k_M = \frac{pN}{2\pi a}$
- 9-25. a) $M = \frac{pN}{2\pi a} \phi I_u$; c) $U = E_u + R_u I_u$
- 9-26. a) ; c)
- 9-27. d)
- 9-28. b) $R_{dc} = 0,3\Omega$

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đặng Văn Đào (Chủ biên) - Lê Văn Doanh, *Kĩ thuật điện*, NXB Giáo dục, Hà Nội - 2005.
2. Yves Granjon - *Exercices et problèmes d'électricité générale*, DUNOD, Paris - 2003.
3. Giorgro Rizzoni - *Principles and Applications of Electrical Engineering - International Edition* - Mc. Graw Hill - Higher education, New York, Tokyo, London, - 2000.
4. Théodore Wildi - *Electrotechnique* - Éditions De Boeck université, Canada - 2000.
5. Д. Н. Липатов - *Вопросы и задачи по электротехнике для программированного обучения*. Энергня. изд. Москва - 1984.

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Chủ tịch Hội đồng Thành viên kiêm Tổng Giám đốc NGUYỄN NGÔ TRẦN ÁI
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập GS.TS VŨ VĂN HÙNG

Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm nội dung:

Phó Tổng biên tập NGÔ ÁNH TUYẾT
Giám đốc Công ty CP Sách ĐH – DN NGÔ THỊ THANH BÌNH

Biên tập nội dung và sửa bản in: TRẦN NGỌC KHÁNH

Trình bày bìa: TÀO HUYỀN

Chế bản: MINH CHÂU

Công ty CP Sách Đại học – Dạy nghề, Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam
giữ quyền công bố tác phẩm.

BÀI TẬP KỸ THUẬT ĐIỆN

(TÓM TẮT LÝ THUYẾT – 96 BÀI TẬP ĐÃ GIẢI
152 BÀI TẬP VÀ CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM CÓ ĐÁP ÁN)

Mã số: 7B637y4-DAI

Số đăng kí KHXB : 118 - 2014/CXB/ 38- 21/GD.

In 700 cuốn (QĐ in số : 10), khổ 16 x 24 cm.

In tại Công ty CP In Phúc Yên.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 03 năm 2014.