

ĐH Bách Khoa TP.HCM – Khoa Điện-Điện Tử – Bộ Môn Thiết Bị Điện

Bài giảng: Biến đổi năng lượng điện cơ

Chương 3: **Mạch từ – Hồ cảm – Máy biến áp**

Biên soạn: Nguyễn Quang Nam
Cập nhật: Trần Công Bình

NH2012–2013, HK2

Bài giảng 2

1

cuu duong than cong. com

Giới thiệu

- Lý thuyết điện từ: nền tảng giải thích sự hoạt động của tất cả các hệ thống điện và điện từ.
- Tồn tại các hệ thống với từ trường và điện trường, bài giảng chỉ đề cập đến các hệ thống ứng dụng từ trường.
- Dạng tích phân của các phương trình Maxwell

$$\oint_C \underline{H} \cdot d\underline{l} = \int_S \underline{J}_f \cdot \underline{n} da \quad \text{Định luật Ampere}$$

$$\oint_C \underline{E} \cdot d\underline{l} = - \int_S \frac{\partial \underline{B}}{\partial t} \cdot \underline{n} da \quad \text{Định luật Faraday}$$

$$\oint_S \underline{J}_f \cdot \underline{n} da = 0 \quad \text{Nguyên tắc bảo toàn điện tích}$$

$$\oint_S \underline{B} \cdot \underline{n} da = 0 \quad \text{Định luật Gauss}$$

Bài giảng 2

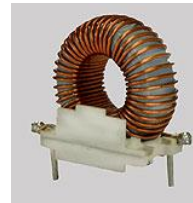
2

Mạch từ tĩnh

- Trong các mạch từ tĩnh không có các phần tử chuyển động.
- Xét mạch từ hình xuyên: N vòng dây quấn đều. r_0 và r_1 các bán kính trong và ngoài. Xét đường sức tương ứng với bán kính trung bình $r = (r_0 + r_1) / 2$, giả sử cường độ từ trường H_c là đều bên trong lõi. Theo định luật Ampere, $H_c(2\pi r) = Ni$. Hay,

$$H_c l_c = Ni$$

với $l_c = 2\pi r$ là chiều dài trung bình của lõi.



Bài giảng 2

3

cuu duong than cong. com

Mạch từ tĩnh (tt)

Giả thiết B là hàm tuyến tính theo H trong lõi, từ cảm của lõi sẽ là

$$B_c = \mu H_c = \mu \frac{Ni}{l_c} \quad (\text{Wb/m}^2)$$

Từ thông cho bởi

$$\phi_c = B_c A_c = \frac{\mu Ni}{l_c} A_c = \frac{Ni}{l_c / \mu A_c} \text{Wb}$$

với μ là độ thẩm từ của vật liệu lõi, A_c là tiết diện của lõi.

Bài giảng 2

4

Mạch từ tĩnh (tt)

Định nghĩa Ni là sức từ động (mmf), từ trở có thể được tính bởi

$$\frac{Ni}{\phi_c} = \frac{mmf}{flux} = \frac{l_c}{\mu A_c} = \mathcal{R} (Av/Wb)$$

$\mathcal{P} = 1/\mathcal{R}$ được gọi là từ dẫn. Từ đó, từ thông móc vòng được định nghĩa là $\lambda = N\phi_c = \mathcal{P}N^2i$. Theo định nghĩa, tự cảm L của một cuộn dây cho bởi

$$L = \frac{\lambda}{i} = \mathcal{P}N^2 = \frac{N^2}{\mathcal{R}}$$

Bài giảng 2

5

cuu duong than cong. com

Mạch từ tĩnh (tt)

➤ Có sự tương đồng giữa mạch điện và mạch từ

Sức từ động \Leftrightarrow Điện áp

Từ thông \Leftrightarrow Dòng điện

Từ trở \Leftrightarrow Điện trở

Từ dẫn \Leftrightarrow Điện dẫn

cuu duong than cong. com

➤ Xét lõi xuyên có khe hở (không có từ tản): Tồn tại cường độ từ trường H trong cả khe hở lẫn lõi thép. l_g – chiều dài khe hở, l_c – chiều dài trung bình của lõi thép.

Bài giảng 2

6

Mạch từ tĩnh (tt)

- Áp dụng định luật Ampere dọc đường sức c

$$Ni = H_g l_g + H_c l_c = \frac{B_g}{\mu_0} l_g + \frac{B_c}{\mu_r \mu_0} l_c$$

với $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m là độ thấm từ của không khí, và μ_r là độ thấm từ tương đối của vật liệu lõi.

- Áp dụng định luật Gauss cho mặt kín s bao phủ một cực từ, $B_g A_g = B_c A_c$. Không xét từ tản, $A_g = A_c$. Do đó, $B_g = B_c$. Chia sức từ động cho từ thông để xác định từ trở tương đương.

Bài giảng 2

7

cuuduongthancong.com

Mạch từ tĩnh (tt)

$$\frac{Ni}{\phi} = \frac{l_g}{\mu_0 A_g} + \frac{l_c}{\mu A_c} = \mathcal{R}_g + \mathcal{R}_c$$

Với \mathcal{R}_g và \mathcal{R}_c tương ứng là từ trở của khe hở và lõi từ. Trong mạch từ “tương đương”, các từ trở này nối tiếp nhau.

- Giả sử có “từ tản”, tức là không phải toàn bộ từ thông bị giới hạn bởi diện tích giữa hai mặt lõi từ. Trong trường hợp này, $A_g > A_c$, nghĩa là, diện tích khe hở hiệu dụng tăng lên. Có thể xác định bằng thực nghiệm,

$$A_c = ab, A_g = (a + l_g)(b + l_g)$$

Bài giảng 2

8

Ví dụ tại lớp

➤ Vd. 3.1: Tìm sức từ động cần thiết để tạo ra một từ thông cho trước. Chiều dài khe hở và lõi từ đã biết.

$$\mathcal{R}_c = \frac{0,06}{(10^4)(4\pi \times 10^{-7})(10^{-4})} = 47,7 \times 10^3 \text{ Av/Wb}$$

$$\mathcal{R}_g = \frac{0,001}{(4\pi \times 10^{-7})(1,1 \times 10^{-4})} = 7,23 \times 10^6 \text{ Av/Wb}$$

$$\phi = B_g A_g = (0,5)(1,1 \times 10^{-4}) = 5,5 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

Do đó,

$$Ni = (\mathcal{R}_c + \mathcal{R}_g)\phi = (47,7 + 7230) \times 10^3 \times 5,5 \times 10^{-5} = 400 \text{ Av}$$

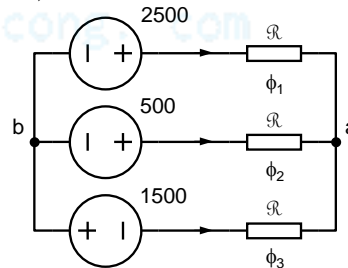
cuuduongthancong.com

Ví dụ tại lớp (tt)

➤ Vd. 3.2: Tìm từ thông xuyên qua cuộn dây. Tất cả khe hở có cùng chiều dài và tiết diện. Từ thẩm của lõi thép là vô cùng lớn và bỏ qua từ tản.

$$\mathcal{R}_1 = \mathcal{R}_2 = \mathcal{R}_3 = \mathcal{R} = \frac{(0,1 \times 10^{-2})}{(4\pi \times 10^{-7})(4 \times 10^{-4})} = 1,989 \times 10^6 \text{ At/Wb}$$

Trong mạch tương đương thể hiện chiều dương của ϕ_1 , ϕ_2 , và ϕ_3 . Tổng đại số của các từ thông ở nút a phải bằng 0.

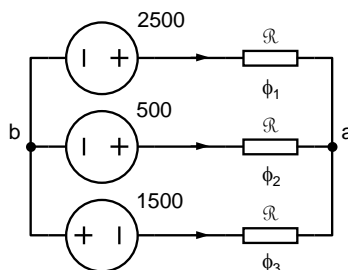


Ví dụ tại lớp (tt)

➤ Vd. 3.2 (tt):

Gọi sức từ động giữa a và b là \mathcal{F} ,
khi đó

$$\frac{2500 - \mathcal{F}}{\mathcal{R}} + \frac{500 - \mathcal{F}}{\mathcal{R}} - \frac{\mathcal{F} + 1500}{\mathcal{R}} = 0$$



Do đó,

$$\mathcal{F} = 500, \phi_1 = 10^{-3} \text{ Wb}, \phi_2 = 0, \phi_3 = -10^{-3} \text{ Wb}$$

cuuduongthancong.com

Hỗ cảm

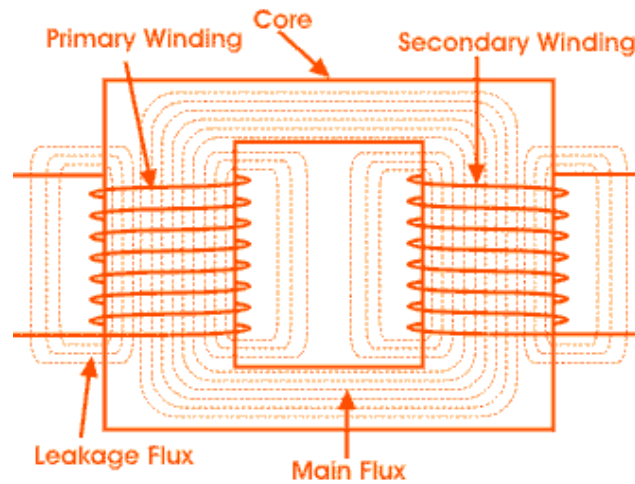
➤ **Hỗ cảm**: tham số liên quan đến điện áp cảm ứng trong 1 cuộn dây với dòng điện biến thiên theo thời gian trong 1 cuộn dây khác.

➤ Xét 2 cuộn dây quấn trên cùng mạch từ, cuộn 1 được kích thích còn cuộn 2 hở mạch. Từ thông tổng của cuộn 1 là

$$\phi_{11} = \phi_{11} + \phi_{21}$$

với ϕ_{11} (gọi là *từ thông tản*) chỉ móc vòng với cuộn 1; còn ϕ_{21} là từ thông tương hỗ móc vòng với cả hai cuộn dây, cũng là từ thông trong cuộn 2 do dòng điện trong cuộn 1 tạo ra. Thứ tự của các chỉ số là quan trọng.

Hỗ cảm



Bài giảng 2

13

cuuduongthancong.com

Hỗ cảm (tt)

- Vì cuộn 2 hở mạch, từ thông móc vòng với nó là

$$\lambda_2 = N_2 \phi_{21}$$

- ϕ_{21} tỷ lệ tuyến tính với i_1 , do đó $\lambda_2 = N_2 \phi_{21} = M_{21} i_1$

- Điện áp cảm ứng v_2 (do sự thay đổi của từ thông móc vòng) cho bởi

$$v_2 = \frac{d\lambda_2}{dt} = M_{21} \frac{di_1}{dt}$$

M_{21} được gọi là hỗ cảm giữa các cuộn dây. Tương tự, có thể xác định điện áp cảm ứng v_1 trong cuộn 1 như sau.

Bài giảng 2

14

Hỗ cảm (tt)

ϕ_{11} tỷ lệ với i_1 , do đó $\lambda_1 = N_1\phi_{11} = L_1i_1$, khi đó

$$v_1 = \frac{d\lambda_1}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt}$$

với L_1 là tự cảm của cuộn 1, như đã biết.

- Bây giờ xét trường hợp cuộn 1 hở mạch và cuộn 2 được kích thích. Có thể dùng cùng quy trình để tính các điện áp cảm ứng.

Bài giảng 2

15

cuuduongthancong.com

Hỗ cảm (tt)

$$\phi_{22} = \phi_{12} + \phi_{22} \quad \lambda_1 = N_1\phi_{12} = M_{12}i_2 \quad v_1 = \frac{d\lambda_1}{dt} = M_{12} \frac{di_2}{dt}$$

$$\lambda_2 = N_2\phi_{22} = L_2i_2 \quad v_2 = \frac{d\lambda_2}{dt} = L_2 \frac{di_2}{dt}$$

với L_2 là tự cảm của cuộn 2, như đã biết.

- Xét về mặt năng lượng, có thể chứng minh rằng $M_{21} = M_{12} = M$.

- Sau cùng, xét trường hợp cả hai cuộn dây cùng được kích thích.

Bài giảng 2

16

Hỗ cảm (tt)

- Cả hai cuộn dây cùng được kích thích.

$$\phi_1 = \phi_{11} + \phi_{21} + \phi_{12} = \phi_{11} + \phi_{12}$$

$$\phi_2 = \phi_{21} + \phi_{12} + \phi_{22} = \phi_{21} + \phi_{22}$$

- Chú ý rằng $M_{21} = M_{12} = M$

$$\lambda_1 = N_1\phi_{11} + N_1\phi_{12} = L_1i_1 + Mi_2$$

$$\lambda_2 = N_2\phi_{21} + N_2\phi_{22} = Mi_1 + L_2i_2$$

Bài giảng 2

17

cuuduongthancong.com

Hỗ cảm (tt)

- Bằng cách lấy đạo hàm, rút ra các điện áp cảm ứng

$$v_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt} \qquad v_2 = M \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt}$$

- Hệ số ghép giữa hai cuộn dây được định nghĩa là $k = \frac{M}{\sqrt{L_1L_2}}$

- Có thể chứng minh $0 \leq k \leq 1$, hay, $0 \leq M \leq \sqrt{L_1L_2}$

- Hầu hết máy biến áp lõi không khí được ghép yếu ($k < 0,5$), còn máy biến áp lõi thép được ghép mạnh ($k > 0,5$, có thể tiến đến 1).

Bài giảng 2

18

Ví dụ tại lớp

➤ Vd. 3.4: Cho từ trở của 3 khe hở trong mạch từ. Vẽ mạch tương đương và tính các từ thông móc vòng và điện cảm.

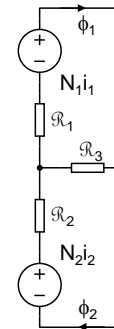
$$N_1 i_1 = \mathcal{R}_3(\phi_1 - \phi_2) + \mathcal{R}_1 \phi_1 \quad N_2 i_2 = \mathcal{R}_2 \phi_2 - \mathcal{R}_3(\phi_1 - \phi_2)$$

$$100 i_1 = (5\phi_1 - 2\phi_2) \times 10^6 \quad 100 i_2 = (-2\phi_1 + 4\phi_2) \times 10^6$$

Giải các phương trình này theo ϕ_1 và ϕ_2

$$\phi_1 = (25i_1 + 12,5i_2) \times 10^{-6}$$

$$\phi_2 = (12,5i_1 + 31,25i_2) \times 10^{-6}$$



cuuduongthancong.com

Ví dụ tại lớp

➤ Vd. 3.4 (tt):

$$\phi_1 = (25i_1 + 12,5i_2) \times 10^{-6}$$

$$\phi_2 = (12,5i_1 + 31,25i_2) \times 10^{-6}$$

Dẫn đến

$$\lambda_1 = N_1 \phi_1 = (25i_1 + 12,5i_2) \times 10^{-4}$$

$$\lambda_2 = N_2 \phi_2 = (12,5i_1 + 31,25i_2) \times 10^{-4}$$

So sánh với biểu thức tổng quát của từ thông móc vòng, rút ra

$$L_1 = 25 \times 10^{-4} \text{ H} = 2,5 \text{ mH}$$

$$L_2 = 31,25 \times 10^{-4} \text{ H} = 3,125 \text{ mH} \quad M = 12,5 \times 10^{-4} \text{ H} = 1,25 \text{ mH}$$

Đánh dấu cực tính (quy ước dấu chấm)

- Định luật Lenz: điện áp cảm ứng theo chiều sao cho dòng điện được sinh ra sẽ tạo ra từ thông chống lại từ thông gây cảm ứng điện áp.
- Dấu của các điện áp cảm ứng được theo dõi nhờ quy ước dấu chấm. Một dòng điện i đi vào cực có (không có) dấu chấm ở 1 dây quấn sẽ cảm ứng 1 điện áp $M di/dt$ với cực tính dương ở đầu có (không có) dấu chấm của cuộn dây kia.

Bài giảng 2

21

cuu duong than cong. com

Đánh dấu cực tính (quy ước dấu chấm)

- Hai loại bài toán: (1) cho biết các thông số cấu trúc của cuộn dây, xác định các dấu chấm. (2) cho biết các dấu chấm cực tính, viết các phương trình mạch.

cuu duong than cong. com

Bài giảng 2

22

Xác định cực tính

➤ Các bước xác định:

- Chọn tùy ý 1 cực của 1 cuộn dây và gán dấu chấm.
- Giả sử 1 dòng điện chạy vào đầu có dấu chấm và xác định từ thông trong lõi.
- Chọn một cực bất kỳ của cuộn thứ hai và gán 1 dòng điện dương cho nó.
- Xác định chiều từ thông do dòng điện này.

Bài giảng 2

23

cuuduongthancong.com

Xác định cực tính (tt)

➤ Các bước xác định (tt):

- So sánh chiều của các từ thông. Nếu cả hai cộng tác dụng, dấu chấm được đặt ở cực có dòng điện đi vào của cuộn thứ hai.
- Nếu các từ thông ngược chiều, dấu chấm được đặt ở cực có dòng điện đi ra khỏi cuộn thứ hai.

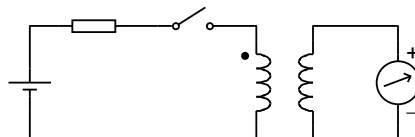
Bài giảng 2

24

Cách xác định cực tính thực tế

➤ Với các thiết bị thực tế, trong nhiều trường hợp không thể biết được các cuộn dây được quấn ra sao, do đó người ta sử dụng phương pháp thực tế sau.

Dùng 1 nguồn DC để kích thích một cuộn dây, xem hình bên.



Đánh dấu chấm vào cực nối với cực dương của nguồn DC.

cuu duong than cong. com

Cách xác định cực tính thực tế (tt)

Đóng công tắc: Kim vôn kế nhích theo chiều dương => dấu chấm cho cuộn dây kia nằm ở cực nối với cực dương của vôn kế. Kim vôn kế nhích theo chiều âm => dấu chấm nằm ở cực nối với cực âm của vôn kế.

cuu duong than cong. com

Viết phương trình cho mạch có hồ cảm

➤ Cho hai cuộn dây có hồ cảm đã đánh dấu cực tính, viết phương trình.

Chọn chiều bất kỳ cho các dòng điện.

Quy tắc: Dòng điện tham chiếu đi vào cực có (không có) dấu chấm, điện áp cảm ứng trong cuộn kia là dương (âm) ở đầu có (không có) dấu chấm. Dòng điện tham chiếu rời khỏi cực có (không có) dấu chấm, điện áp cảm ứng tại cực có (không có) dấu chấm của cuộn kia là âm.

Bài giảng 2

27

cuuduongthancong.com

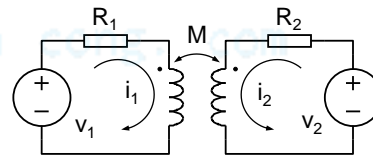
Viết phương trình cho mạch có hồ cảm (tt)

➤ Cho hai cuộn dây có hồ cảm đã đánh dấu cực tính, viết phương trình.

Lần lượt viết phương trình KVL cho các mạch vòng có i_1 và i_2 .

$$v_1 = i_1 R_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$$

$$v_2 = i_2 R_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}$$



Bài giảng 2

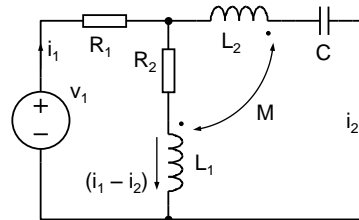
28

Ví dụ tại lớp

➤ Vd 3.6: Viết các pt mạch vòng cho mạch có hồ cảm.

Giả thiết điện áp ban đầu trên tụ bằng 0

$$v_1 = i_1 R_1 + (i_1 - i_2) R_2 + L_1 \frac{d}{dt}(i_1 - i_2) - M \frac{di_2}{dt}$$



$$0 = \frac{1}{C} \int_0^t i_2 dt + L_2 \frac{di_2}{dt} - M \frac{d}{dt}(i_1 - i_2) + L_1 \frac{d}{dt}(i_2 - i_1) + M \frac{di_2}{dt} + (i_2 - i_1) R_2$$

Bài giảng 2

29

cuuduongthancong.com

Máy biến áp – Giới thiệu

- Truyền tải điện năng từ một mạch sang một mạch khác thông qua từ trường.
- Ứng dụng: cả lĩnh vực năng lượng lẫn truyền thông.
- Trong truyền tải, phân phối, và sử dụng điện năng: tăng hay giảm điện áp ở tần số cố định (50/60 Hz), ở công suất hàng trăm W đến hàng trăm MW.

Bài giảng 2

30

Máy biến áp – Giới thiệu (tt)

- Trong truyền thông, máy biến áp có thể được dùng để phối hợp trở kháng, cách ly DC, và thay đổi cấp điện áp ở công suất vài W trên một dải tần số rất rộng.
- Gần đây, máy biến áp với lõi ferrite (còn gọi là biến áp xung) đang ngày càng phổ biến theo sự phát triển của các bộ biến đổi điện tử công suất (bộ nguồn xung trong các máy tính là một ví dụ).
- Môn học này chỉ xem xét các máy biến áp công suất.

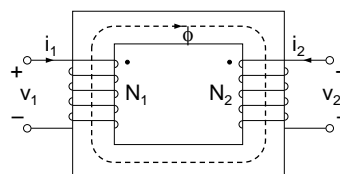
Bài giảng 2

31

cuuduongthancong.com

Máy biến áp lý tưởng

- Xét một mạch từ có quấn 2 cuộn dây như hình vẽ. Bỏ qua các tổn hao, điện dung ký sinh, và từ thông rò.



- Xem mạch từ có độ thẩm từ vô cùng lớn hay từ trở bằng 0.

$$v_1(t) = N_1 \frac{d\phi}{dt} \quad v_2(t) = N_2 \frac{d\phi}{dt} \quad \Rightarrow \quad \frac{v_1(t)}{v_2(t)} = \frac{N_1}{N_2} = a$$

a được gọi là **tỷ số vòng dây**.

Bài giảng 2

32

Máy biến áp lý tưởng (tt)

➤ Sức từ động tổng cho bởi

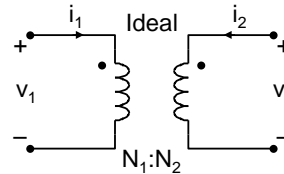
$$mmf = N_1 i_1 + N_2 i_2 = \mathcal{R} \phi = 0$$

$$\Rightarrow \frac{i_1(t)}{i_2(t)} = -\frac{N_2}{N_1} = -\frac{1}{a}$$

➤ Dẫn đến mô hình toán của MBA như sau

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \quad \frac{i_1}{i_2} = -\frac{N_2}{N_1} = -\frac{1}{a}$$

$$v_1(t)i_1(t) + v_2(t)i_2(t) = 0$$



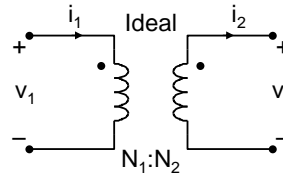
cuuduongthancong.com

Máy biến áp lý tưởng (tt)

➤ Một mô hình khác sát với hiện tượng vật lý hơn

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \quad \frac{i_1}{i_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{a}$$

$$v_1(t)i_1(t) = v_2(t)i_2(t)$$



➤ Có thể thấy rằng, với một máy biến áp lý tưởng

$$k = 1 \quad \frac{i_1}{i_2} = -\frac{\sqrt{L_2}}{\sqrt{L_1}} = -\frac{v_2}{v_1} = -\frac{1}{a} \Rightarrow L_1 N_2^2 = L_2 N_1^2$$

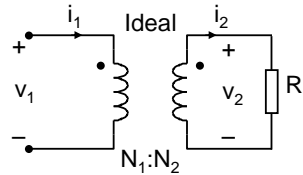
Tính chất thay đổi trở kháng của MBA lý tưởng

➤ Xét 1 MBA lý tưởng với tải điện trở nối vào dây quấn 2

➤ Theo định luật Ohm $\frac{v_2}{i_2} = R_L$

➤ Thay $v_2 = v_1/a$ và $i_2 = ai_1$

$$\frac{v_1}{i_1} = a^2 R_L = \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 R_L$$



➤ Có thể dễ dàng mở rộng kết quả trên cho các hệ thống có tải phức. Có thể chứng minh rằng

$$\frac{\bar{V}_1}{\bar{I}_1} = \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 \frac{\bar{V}_2}{\bar{I}_2} = \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 Z_L = a^2 Z_L$$

Bài giảng 2

35

cuuduongthancong.com

Phối hợp trở kháng

➤ Tính chất thay đổi trở kháng có thể được dùng để cực đại hóa việc truyền công suất giữa các dây quấn, hay phối hợp trở kháng.

➤ Một MBA lý tưởng được đặt giữa nguồn công suất (trở kháng Z_o) và tải (trở kháng Z_L). Tỷ số vòng dây được chọn sao cho

$$|Z_o| \approx \left(N_1/N_2 \right)^2 |Z_L|$$

Bài giảng 2

36

Ví dụ minh họa phối hợp trở kháng

- Vd. 3.7: Hai MBA lý tưởng (mỗi máy có tỷ số 2:1) và một điện trở R được dùng để cực đại hóa việc truyền công suất. Tìm R .

Điện trở tải $4\ \Omega$ kết hợp với R được quy đổi về ngõ vào thành $(R + 4(2)^2)(2)^2$. Để có công suất truyền cực đại, độ lớn của tổng trở tải phải bằng với độ lớn của nội trở của nguồn tương đương Thevenin, do đó

$$10 + 4R = 64 \Rightarrow R = 13,5\ \Omega$$

Bài giảng 2

37

cuu duong than cong. com

Máy biến áp công suất

- Hai dây quấn trên một lõi từ, để giảm thiểu từ thông rò.
- Dây quấn “sơ cấp” (N_1 vòng) nối vào nguồn điện, dây quấn “thứ cấp” (N_2 vòng) nối vào mạch tải.



- Slide tiếp theo cho thấy một số hình ảnh của các máy biến áp lực (trừ hình đầu tiên là máy biến áp điều khiển).

Bài giảng 2

38

Một số hình ảnh về máy biến áp



Điều khiển



Công suất nhỏ



3 pha nhỏ



Loại khô



10 kV, ngâm dầu

110 kV, ngâm dầu
Bài giảng 2

500 kV, ngâm dầu

39

cuuduongthancong.com

Máy biến áp công suất (tt)

➤ Giả thiết máy biến áp là lý tưởng: không có từ thông rò, bỏ qua điện trở dây quấn, mạch từ có độ thẩm từ vô cùng lớn, và không tổn hao.

➤ Gọi $v_1(t) = V_{m1} \cos \omega t$ là điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp, có thể chứng minh được

$$V_{m1} = 2\pi f N_1 \phi_{\max} \quad \text{hay} \quad V_1 = 4,44 f N_1 \phi_{\max}$$

Ví dụ tại lớp

➤ Vd. 3.8: Cho biết N_1 , N_2 , tiết diện lõi, chiều dài trung bình lõi, đường cong B-H, và điện áp đặt vào. Tìm từ cảm cực đại, và dòng điện từ hóa cần thiết.

Dựa vào công thức vừa nêu

$$V_1 = 4,44 f N_1 \phi_{\max} \quad \text{với } V_1 = 230 \text{ V}, f = 60 \text{ Hz}, N_1 = 200$$

Tính được

$$\phi_{\max} = \frac{230}{4,44 \times 60 \times 200} = 4,32 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

Bài giảng 2

41

cuu duong than cong. com

Ví dụ tại lớp (tt)

➤ Vd. 3.8 (tt):

Do đó,

$$B_m = \frac{4,32 \times 10^{-3}}{0,005} = 0,864 \text{ Wb/m}^2$$

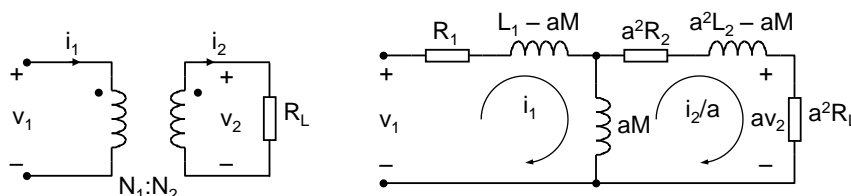
Cần có $H_m = 0,864 \times 300 = 259 \text{ A/m}$, giá trị đỉnh của dòng điện từ hóa là $(259)(0,5)/200 = 0,6475 \text{ A}$. Vậy, $I_{rms} = 0,46 \text{ A}$ là giá trị hiệu dụng của dòng điện từ hóa phía sơ cấp.

Bài giảng 2

42

Mạch tương đương của MBA với mạch từ tuyến tính

➤ Xét một MBA với từ thông rò và điện trở dây quấn. Mạch tương đương rút trực tiếp từ mô hình vật lý là đơn giản nhưng không có ích lắm. Các phương trình phía thứ cấp được nhân với $a (= N_1/N_2)$ và i_2 được thay thế bởi i_2/a , để rút ra một mạch tương đương có ích hơn.



Bài giảng 2

cuuduongthancong.com

Mạch tương đương của MBA với mạch từ tuyến tính

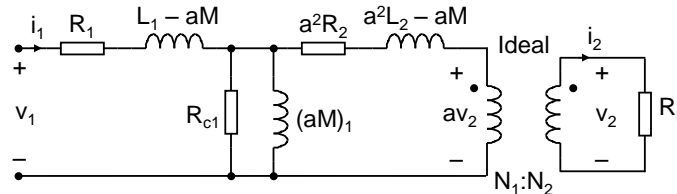
➤ $L_1 - aM$ được gọi là *điện kháng tản của dây quấn 1*, $a^2L_2 - aM$ được gọi là *điện kháng tản “quy đổi” của dây quấn 2*. aM là điện kháng từ hóa, và dòng điện đi cùng với nó được gọi là dòng điện từ hóa.

➤ Tồn tại tổn hao công suất trong lõi từ do từ trễ và dòng xoáy. Các tổn hao này rất khó tính toán bằng giải tích. Tổng các tổn hao này biểu diễn tổn hao tổng trong mạch từ của máy biến áp, và chỉ phụ thuộc vào giá trị B_m . Chúng được gọi là *tổn hao (lõi) thép*. Một điện trở có thể được mắc song song với điện kháng từ hóa aM để kể đến các tổn hao này.

Bài giảng 2

Mạch tương đương của MBA với mạch từ tuyến tính (tt)

- Khi có xét đến các tổn hao công suất, mạch tương đương của MBA như sau

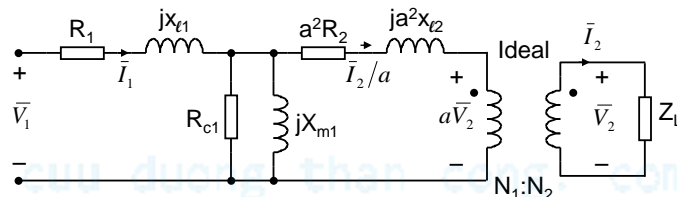


- Tải thực R_L và điện áp/dòng điện đi cùng với nó có thể có được bằng cách quy đổi ngược về phía thứ cấp, qua một MBA lý tưởng (như được thể hiện ở hình trên).

cuuduongthancong.com

Máy biến áp vận hành xác lập hình sin

- Khi vận hành xác lập, các trở kháng và vectơ pha có thể được dùng trong mạch tương đương.



với

$$\omega(L_1 - aM) = x_{l1} = \text{Điện kháng tản của dây quấn 1}$$

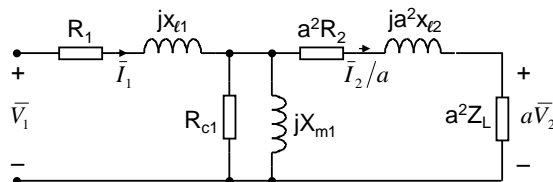
$$\omega(aM) = X_{m1} = \text{Điện kháng từ hóa quy đổi về dây quấn 1}$$

$$\omega(L_2 - M/a) = x_{l2} = \text{Điện kháng tản của dây quấn 2}$$

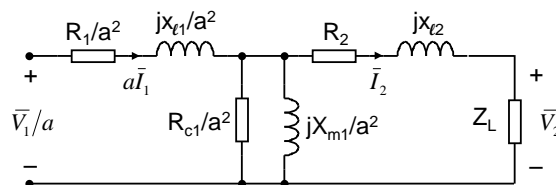
$$\omega(a^2L_2 - aM) = a^2x_{l2} = \text{Điện kháng tản của d/quấn 2 quy đổi về d/quấn 1}$$

Máy biến áp vận hành xác lập hình sin (tt)

➤ Tất cả các đại lượng có thể được quy đổi về dây quấn 1



➤ Hoặc có thể quy đổi về dây quấn 2

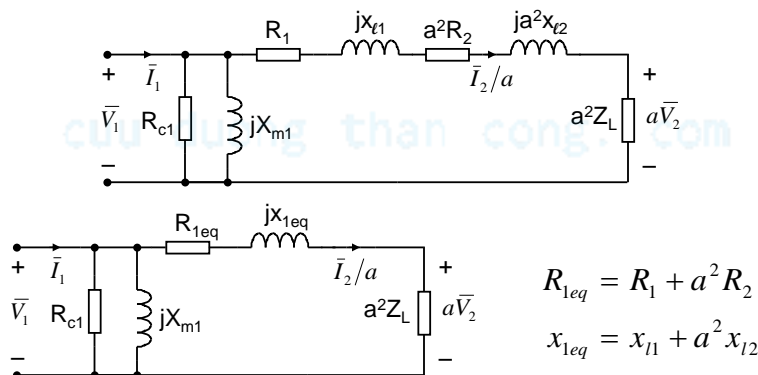


Bài giảng 2

cuuduongthancong.com

Mạch tương đương gần đúng

➤ Nhánh từ hóa khiến việc tính toán khá khó khăn, do đó nhánh này được chuyển lên phía đầu dây quấn 1, tạo thành một *mạch tương đương gần đúng*, với sai số không đáng kể.



Bài giảng 2

Thí nghiệm hở mạch và ngắn mạch của MBA

- Các thông số trong mạch tương đương có thể được xác định nhờ hai thí nghiệm đơn giản: *thí nghiệm hở mạch* and *thí nghiệm ngắn mạch*.
- Trong các MBA công suất, các dây quấn còn được gọi là dây quấn cao áp (HV) và dây quấn hạ áp (LV). Các tên gọi này được dùng trong các thí nghiệm hở mạch và ngắn mạch.

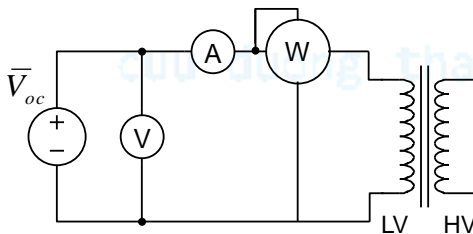
Bài giảng 2

49

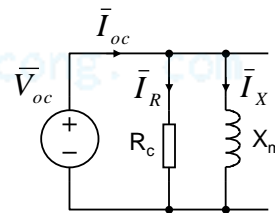
cuuduongthancong.com

Thí nghiệm hở mạch

- Thí nghiệm được thực hiện với tất cả dụng cụ đo ở phía hạ áp còn phía cao áp được hở mạch. Đặt điện áp định mức vào phía hạ áp. Đo được V_{oc} , I_{oc} , và P_{oc} bằng các dụng cụ đo.



Thí nghiệm hở mạch



Mạch tương đương

Bài giảng 2

50

Thí nghiệm hở mạch (tt)

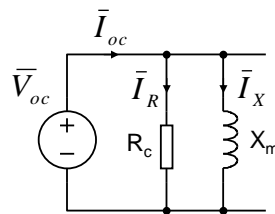
➤ Lần lượt tính toán như sau

$$R_c = \frac{V_{oc}^2}{P_{oc}} \quad I_R = \frac{V_{oc}}{R_c} \quad \bar{I}_{oc} = \bar{I}_R + \bar{I}_X$$

Vậy,

$$I_X = \sqrt{I_{oc}^2 - I_R^2}$$

$$X_m = \frac{V_{oc}}{I_X}$$



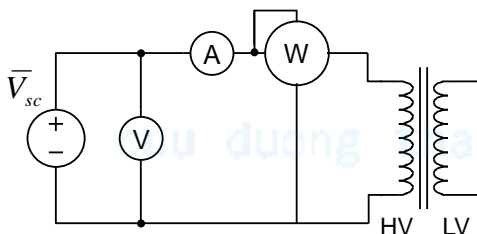
Mạch tương đương

➤ R_c và X_m là các giá trị quy đổi về phía hạ áp.

cuuduongthancong.com

Thí nghiệm ngắn mạch

➤ Tất cả dụng cụ đo nằm ở phía cao áp. Cấp dòng điện định mức vào phía cao áp. Đo được V_{sc} , I_{sc} và P_{sc} bằng các dụng cụ đo.



$$R_{eq} = \frac{P_{sc}}{I_{sc}^2}$$

$$Z_{eq} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}}$$

$$X_{eq} = \sqrt{Z_{eq}^2 - R_{eq}^2}$$

➤ R_{eq} và X_{eq} được quy đổi về phía cao áp.

Ví dụ tại lớp

➤ Vd. 3.9: Cho biết các giá trị đo đạc từ thí nghiệm hở mạch và ngắn mạch. Tìm các thông số mạch tương đương quy về phía cao áp.

Từ thí nghiệm hở mạch

$$R_c = \frac{(220)^2}{50} = 968 \Omega \quad I_R = \frac{220}{968} = 0,227 \text{ A}$$

$$I_x = \sqrt{1^2 - (0,227)^2} = 0,974 \text{ A} \quad X_m = \frac{220}{0,974} = 225,9 \Omega$$

Bài giảng 2

53

cuu duong than cong. com

Ví dụ tại lớp (tt)

➤ Vd. 3.9 (tt):

Từ thí nghiệm ngắn mạch

$$R_{eq} = \frac{60}{(17)^2} = 0,2076 \Omega \quad Z_{eq} = \frac{15}{17} = 0,882 \Omega$$

$$X_{eq} = \sqrt{0,882^2 - 0,2076^2} = 0,8576 \Omega$$

Bài giảng 2

54

Hiệu suất

- Hiệu suất được định nghĩa là tỷ số giữa công suất ngõ ra và công suất ngõ vào.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + losses} \times 100\% = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_c + P_i} \times 100\%$$

Các tổn hao (losses) bao gồm tổn hao đồng P_c và tổn hao sắt (thép) P_i .

- Cách khác, nếu đã biết công suất vào,

$$\eta = \frac{P_{in} - P_c - P_i}{P_{in}} \times 100\%$$

Bài giảng 2

55

cuu duong than cong. com

Độ ổn định điện áp

- Độ ổn định điện áp được định nghĩa là

$$\% \Delta V = \frac{V_{no\ load} - V_{load}}{V_{load}} \times 100\%$$

$V_{no\ load}$ – điện áp không tải
 V_{load} – điện áp khi có tải

- Độ ổn định được hiểu theo nghĩa: giá trị $\% \Delta V$ càng nhỏ thì điện áp càng ổn định, khi tải thay đổi.
- Thảo luận: Độ ổn định điện áp có phụ thuộc vào tính chất cảm kháng hay dung kháng của tải hay không?

Bài giảng 2

56