



Biến đổi năng lượng điện cơ

-Máy biến áp



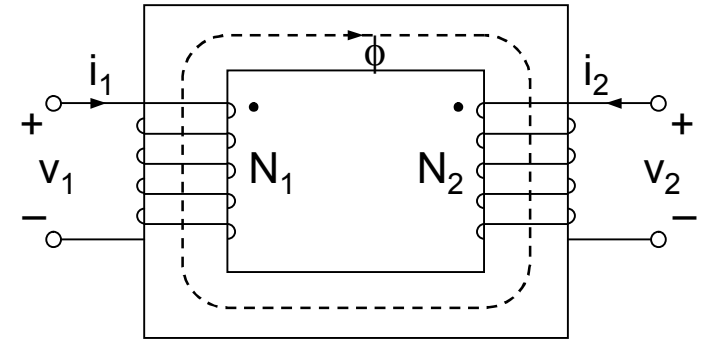
Giới thiệu

- Biến đổi năng lượng điện từ mạch điện này sang mạch điện khác thông qua từ trường biến thiên.
- Ứng dụng: trong cả lĩnh vực điện và thông tin.
- Trong truyền tải, phân phối và ứng dụng năng lượng điện: tăng áp hay giảm áp với tần số không đổi (50/60Hz), từ vài trăm W tới hàng trăm MW.
- Trong thông tin, MBA có thể được dùng để phối hợp trở kháng, cách ly DC, thay đổi mức điện áp tại công suất nhỏ với dải tần số rộng.
- Nội dung môn học chỉ đề cập đến máy biến áp (MBA) công suất.



MBA lý tưởng

- Xét một lõi thép có quấn 2 cuộn dây như hình vẽ. Bỏ qua các tổn hao, và từ thông tản.
- Độ thẩm từ là vô cùng 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 *tỉ số dây quấn*.

- Tổng số mmf bằng $mmf = N_1 i_1 + N_2 i_2 = R\phi = 0$

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



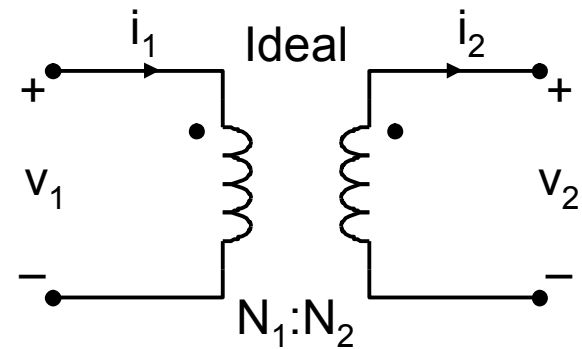
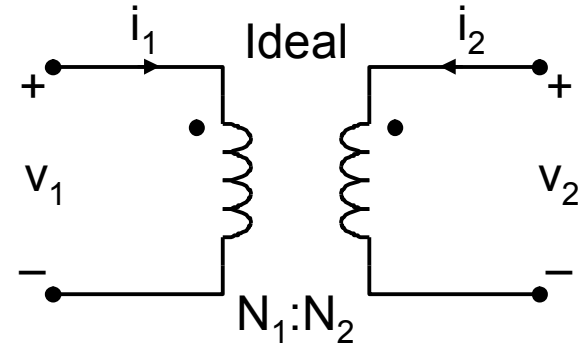
MBA lý tưởng (tt)

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

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

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

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



➤ Với MBA lý tưởng

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



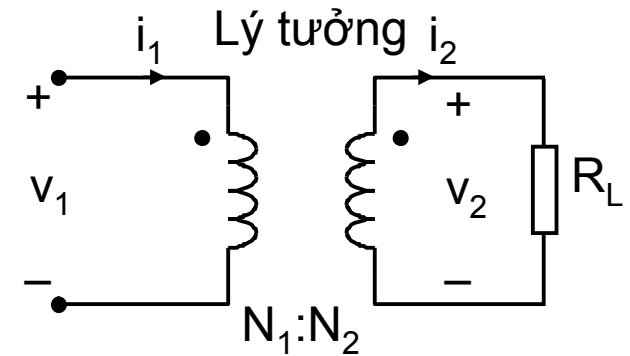
Đặc tính thay đổi trở kháng của MBA lý tưởng

➤ Xét một MBA lý tưởng với tải trở mắc ở cuộn dây 2

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

➤ Thay $v_2 = v_1/a$ và $i_2 = ai_1$

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



➤ Mở rộng cho trường hợp tải tổng quát

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



Phối hợp trở kháng

- Tính chất thay đổi trở kháng có thể được dùng để tối ưu công suất truyền đi giữa các cuộn dây, hay gọi là phối hợp trở kháng.
- Một MBA lý tưởng được đặt giữa một nguồn điện (trở kháng Z_o) và tải (trở kháng Z_L). Tỉ số vòng dây được chọn sao cho

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

- VD. 3.7: Hai MBA lý tưởng (mỗi MBA có tỉ số 2:1) và một điện trở R được dùng để tối ưu công suất truyền đi, Tìm R .

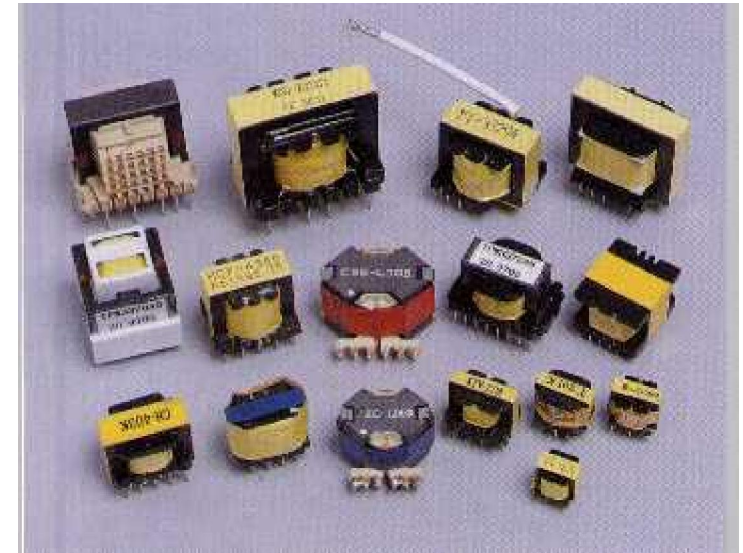
Tải trở 4Ω kết hợp với R qui về phía đầu vào là $(R + 4(2)^2)(2)^2$. Để tối ưu công suất,

$$100 = 4(R + 16) \quad \Rightarrow \quad R = 9 \Omega$$



MBA công suất

- Hai cuộn dây được quấn trên một lõi từ, để cực tiểu từ thông tản.
- Cuộn sơ cấp có N_1 vòng được nối với nguồn điện, cuộn thứ cấp có N_2 vòng nối với tải.



- Trường hợp MBA lý tưởng: không có từ thông tản, bỏ qua điện trở cuộn dây, lõi từ có độ thẩm từ bằng vô cùng, không có tổn hao.
- Cho $v_1(t) = V_{m1} \cos \omega t$ là điện áp đưa vào cuộn sơ cấp, ta được

$$V_{m1} = 2\pi f N_1 \phi_{\max} \quad \text{hay} \quad V_1 = 4.44 f N_1 \phi_{\max}$$



Một số hình ảnh MBA



Điều khiển



MBA loại nhỏ



3 pha loại nhỏ



Đúc nhựa tổng hợp



10 kV, MBA dầu

Biến đổi năng lượng điện cơ



110 kV, dầu



500 kV, dầu

Bộ môn Thiết bị điện



Ví dụ

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

$$V_1 = 4.44 f N_1 \phi_{\max} \quad \text{trong đó } V_1 = 230 \text{ V}, f = 60 \text{ Hz}, N_1 = 200$$

Ta được,
$$\phi_{\max} = \frac{230}{4.44 \times 60 \times 200} = 4.32 \times 10^{-3} \text{ webers}$$

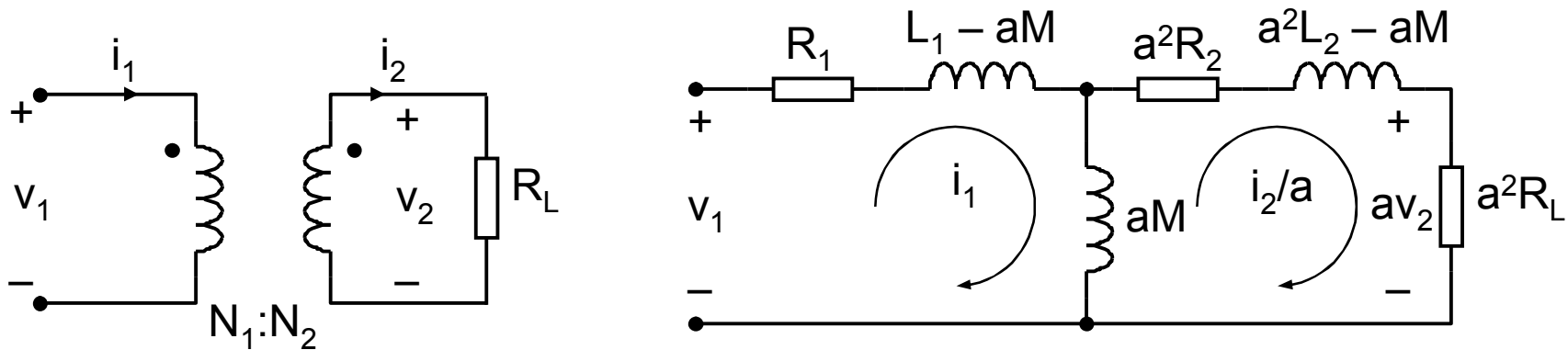
Suy ra,
$$B_m = \frac{4.32 \times 10^{-3}}{0.005} = 0.864 \text{ webers/m}^2$$

Ta được $H_m = 0.864 \times 300 = 259 \text{ At/m}$, giá trị đỉnh của dòng từ hóa là $(259)(0.5)/200 = 0.6475 \text{ A}$. Đó đó, $I_{rms} = 0.46 \text{ A}$ là dòng từ hóa ở phía sơ cấp.



Mạch điện tương đương của MBA có lõi tuyến tính

- Trường hợp MBA có xét từ thông tản và điện trở các cuộn dây. Thông số phía thứ cấp được nhân với hệ số $a (= N_1/N_2)$ và i_2 được thay bởi i_2/a , Mạch tương đương của MBA,

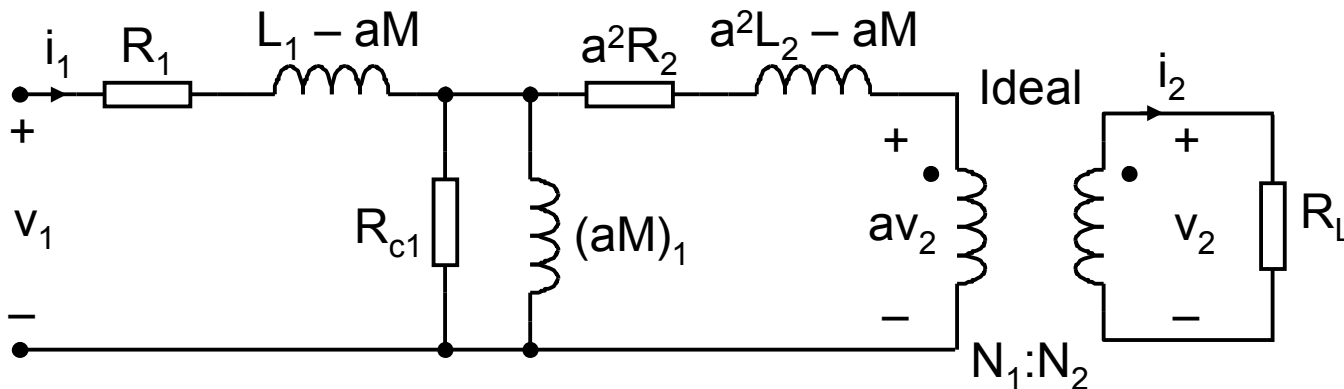


- $L_1 - aM$ là chỉ điện cảm tản của cuộn dây 1, $a^2L_2 - aM$ chỉ điện cảm tản của cuộn 2 quy về phía cuộn 1.. aM là điện cảm từ hóa, dòng điện qua nó được gọi là dòng từ hóa.



Mạch điện tương đương của MBA có lõi tuyến tính (tt)

- Tổn hao trong lõi từ gây ra bởi hiện tượng từ trễ và dòng điện xoáy. Những tổn hao này rất khó để phân tích tính toán, chúng phụ thuộc vào giá trị của B_m . Một điện trở đặt song song với điện cảm từ hóa aM để đại diện cho tổn hao này.

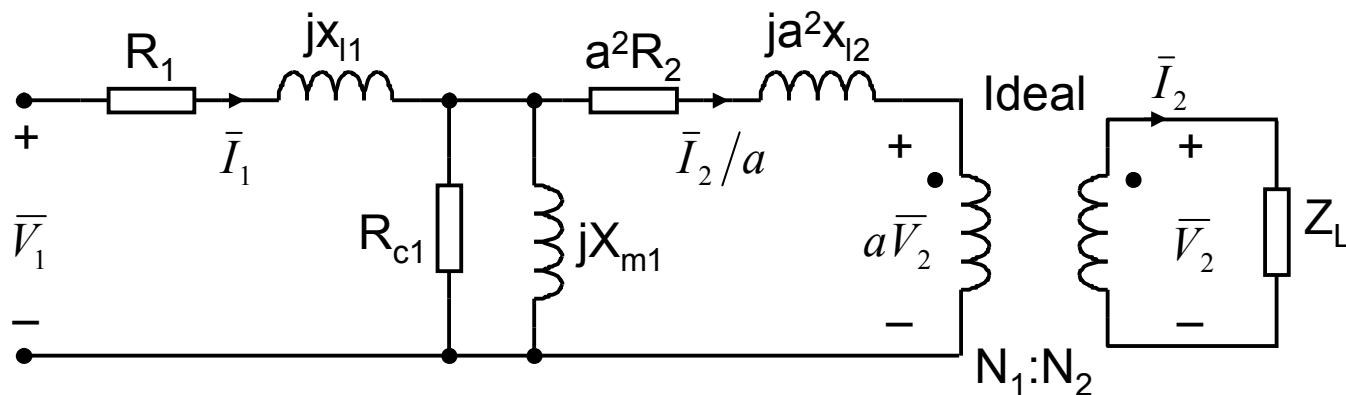


- Tải R_L , các điện áp và dòng tải có thể quy đổi về phía thứ cấp để được dạng như MBA lý tưởng.



MBA ở trạng thái xác lập

- Ở xác lập, trở kháng và vector pha có thể được dùng trong mạch tương đương.



Trong đó

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

$$\omega(aM) = X_{m1} = \text{Điện kháng từ hóa qui đổi về cuộn 1}$$

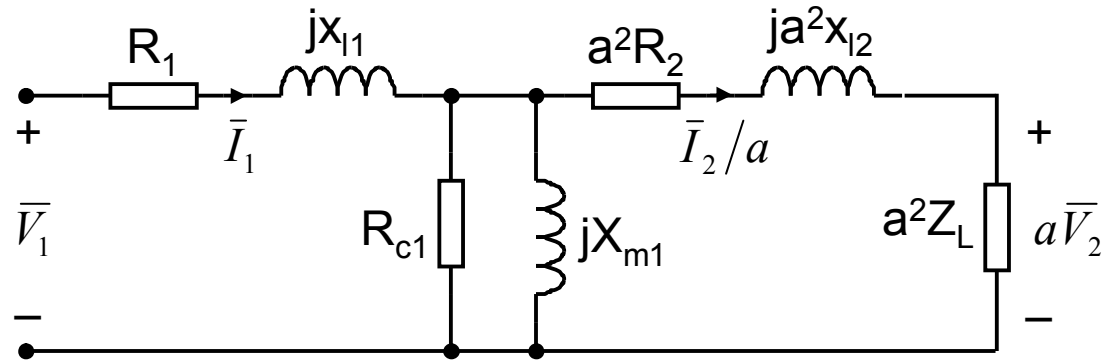
$$\omega(L_2 - M/a) = x_{l2} = \text{Điện kháng tản của cuộn 2}$$

$$\omega(a^2L_2 - aM) = a^2x_{l2} = \text{Điện kháng tản của cuộn 2 qui đổi về phía 1}$$

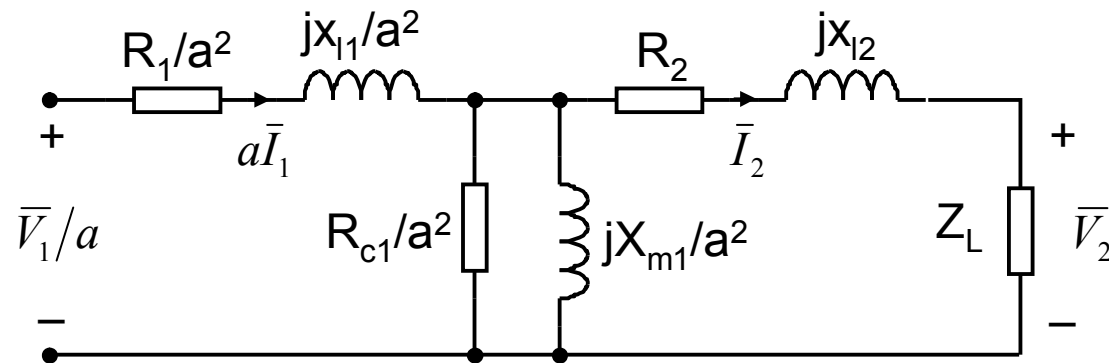


MBA ở trạng thái xác lập (tt)

- Tất cả các đại lượng có thể được qui đổi về phía cuộn 1



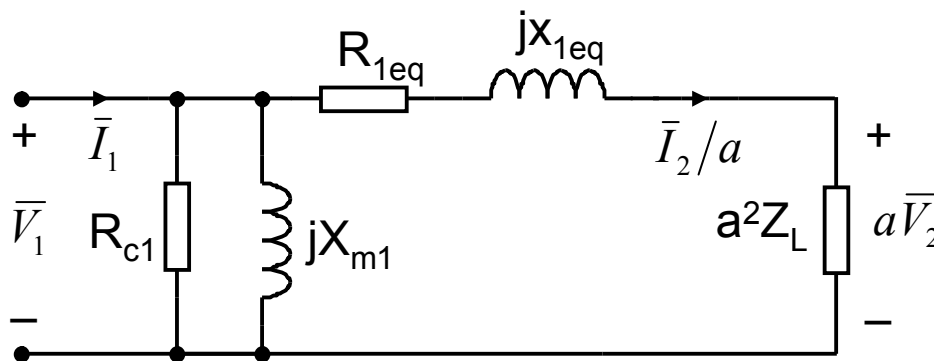
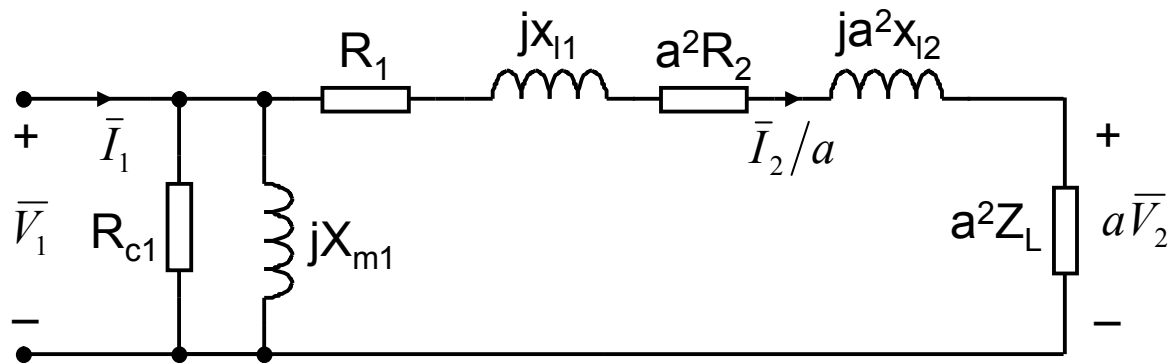
- Hoặc chúng có thể được qui đổi về phía cuộn 2





Mạch điện tương đương

➤ Nhánh từ hóa làm việc tính toán trở nên khó khăn hơn, vì thế nhánh này có thể được di chuyển về phía cuộn 1, ta được *mạch tương đương gần đúng*.



$$R_{1eq} = R_1 + a^2 R_2$$

$$x_{1eq} = x_{l1} + a^2 x_{l2}$$

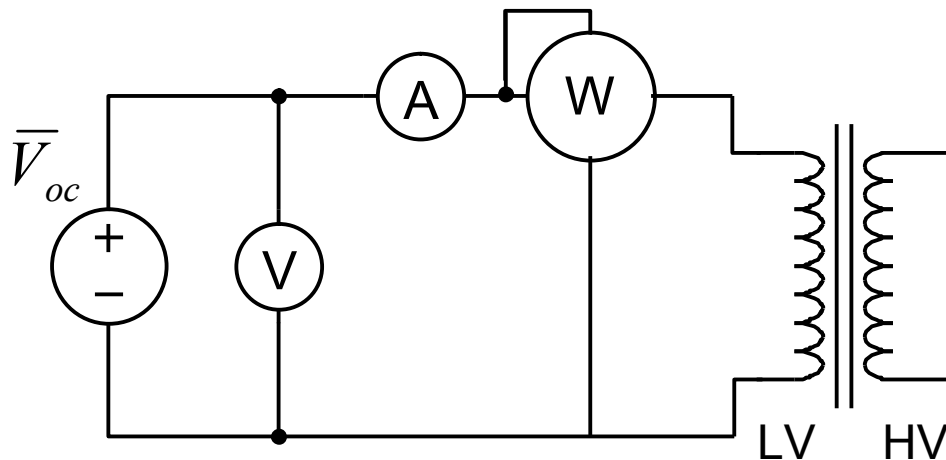
Biến đổi năng lượng điện cơ

Bộ môn Thiết bị điện



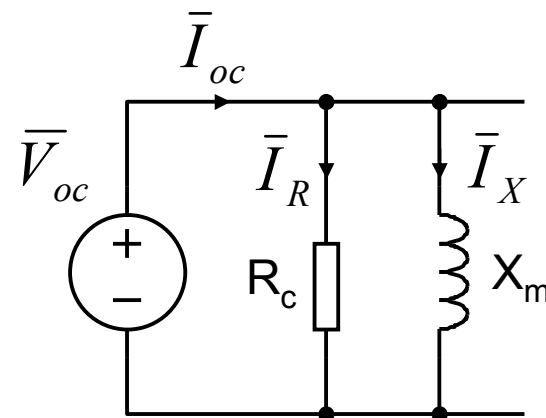
Thí nghiệm không tải và ngắn mạch của MBA

- Các thông số của mạch tương đương được xác định bằng 2 thí nghiệm đơn giản: *thí nghiệm không tải* và *thí nghiệm ngắn mạch*.
- Với MBA công suất, các cuộn dây được gọi là cuộn cao áp HV và hạ áp LV.



Thí nghiệm không tải

Biến đổi năng lượng điện cơ



Mạch tương đương không tải

Bộ môn Thiết bị điện



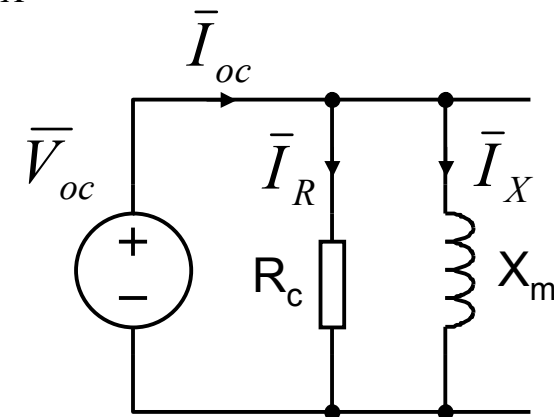
Thí nghiệm không tải

- Thiết bị đo đặt phía hạ áp, cuộn cao áp hở mạch. Điện áp định mức được cấp cho cuộn hạ áp. Đo V_{oc} , I_{oc} , và P_{oc} .

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

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

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

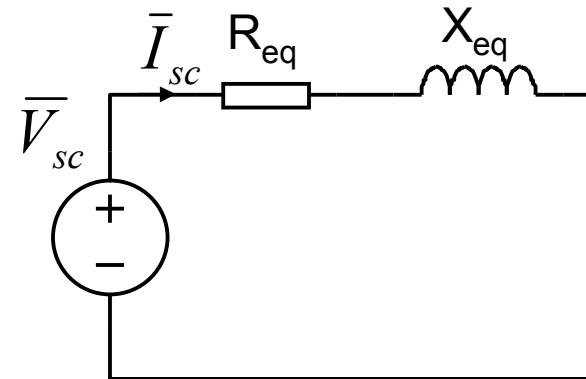
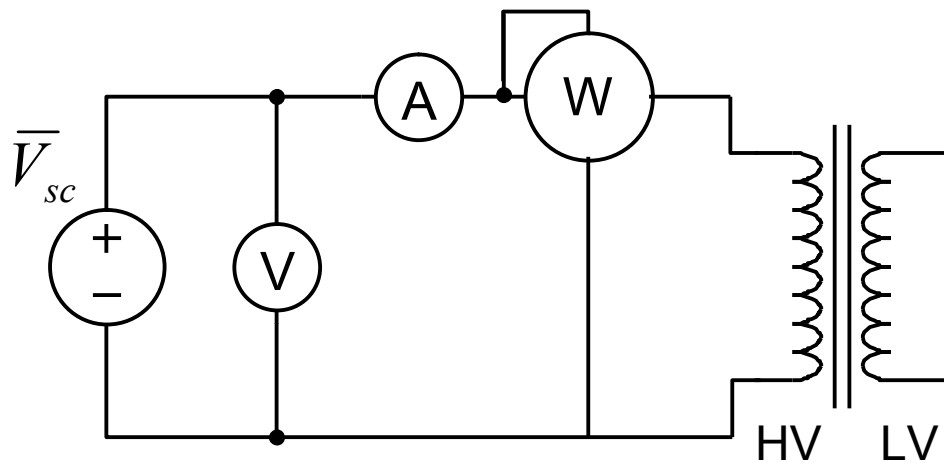


- R_c và X_m là các giá trị qui đổi về hạ áp.



Thí nghiệm ngắn mạch

- Thiết bị đo đặt phía cao áp. Dòng định mức được cấp cho cuộn cao áp. Đo V_{sc} , I_{sc} , và P_{sc} .



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

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

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

- R_{eq} và X_{eq} được qui đổi về phía cao áp.



Ví dụ

➤ VD. 3.9: Cho các thông số của thí nghiệm không tải và ngắn mạch.

Tìm thông số mạch tương đương qui đổi về phía cao áp.

Từ thí nghiệm không tải $R_c = \frac{(220)^2}{50} = 968 \Omega$ $I_R = \frac{220}{968} = 0.227 \text{ A}$

$$I_X = \sqrt{1^2 - (0.227)^2} = 0.974 \text{ A} \quad X_m = \frac{220}{0.974} = 225.9 \Omega$$

Từ thí nghiệm ngắn mạch

$$R_{eq} = \frac{60}{(17)^2} = 0.2076 \Omega$$

$$Z_{eq} = \frac{15}{17} = 0.882 \Omega$$

$$X_{eq} = \sqrt{0.882^2 - 0.2076^2} = 0.8576 \Omega$$



Hiệu suất và độ thay đổi điện áp

- Hiệu suất được định nghĩa là tỉ số giữa công suất ra với công suất 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 gồm tổn hao đồng P_c và tổn hao sắt P_i .

- Nếu biết công suất vào,

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

- Độ thay đổi điện áp

$$\% \text{ voltage regulation} = \frac{V_{no\ load} - V_{load}}{V_{load}} \times 100\%$$



Bài tập

➤ Bài tập 3.22 và 3.23.