

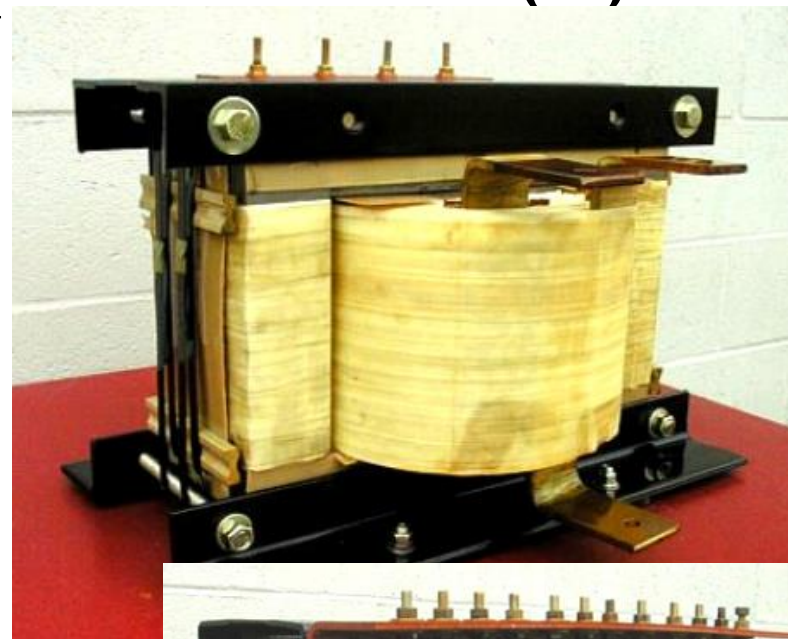


Kỹ thuật điện

Chương: Máy biến áp (MBA)

Phân loại và tổng quan về MBA (1)

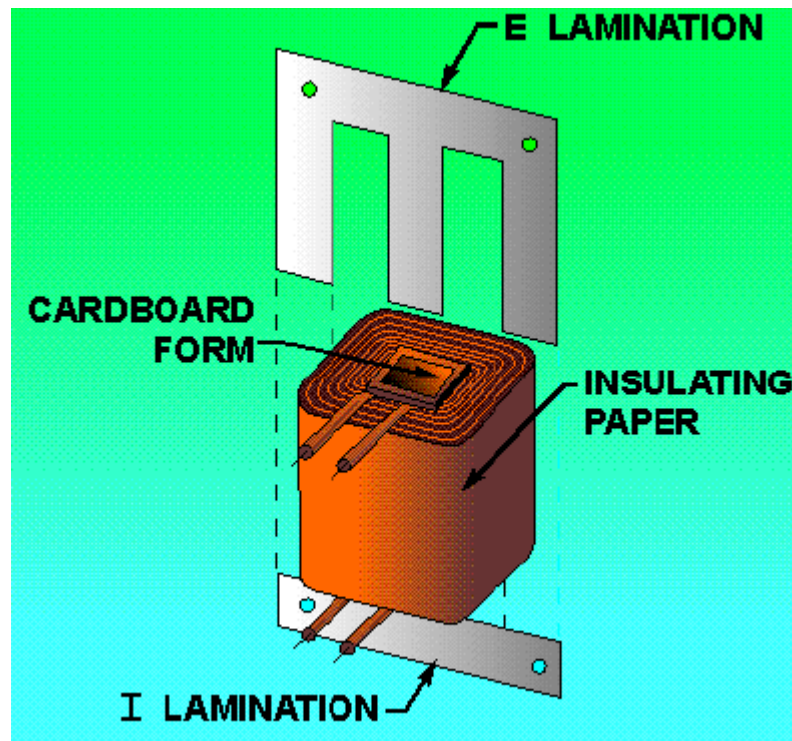
- Biến đổi năng lượng điện từ mạch điện này sang mạch điện khác thông qua từ trường biến thiên.
- Ứng dụng: trong cả lĩnh vực điện và thông tin.
- Trong truyền tải, phân phối và ứng dụng năng lượng điện: tăng áp hay giảm áp với tần số không đổi (50/60Hz), từ vài trăm W tới hàng trăm MW



Phân loại và tổng quan về MBA (2)

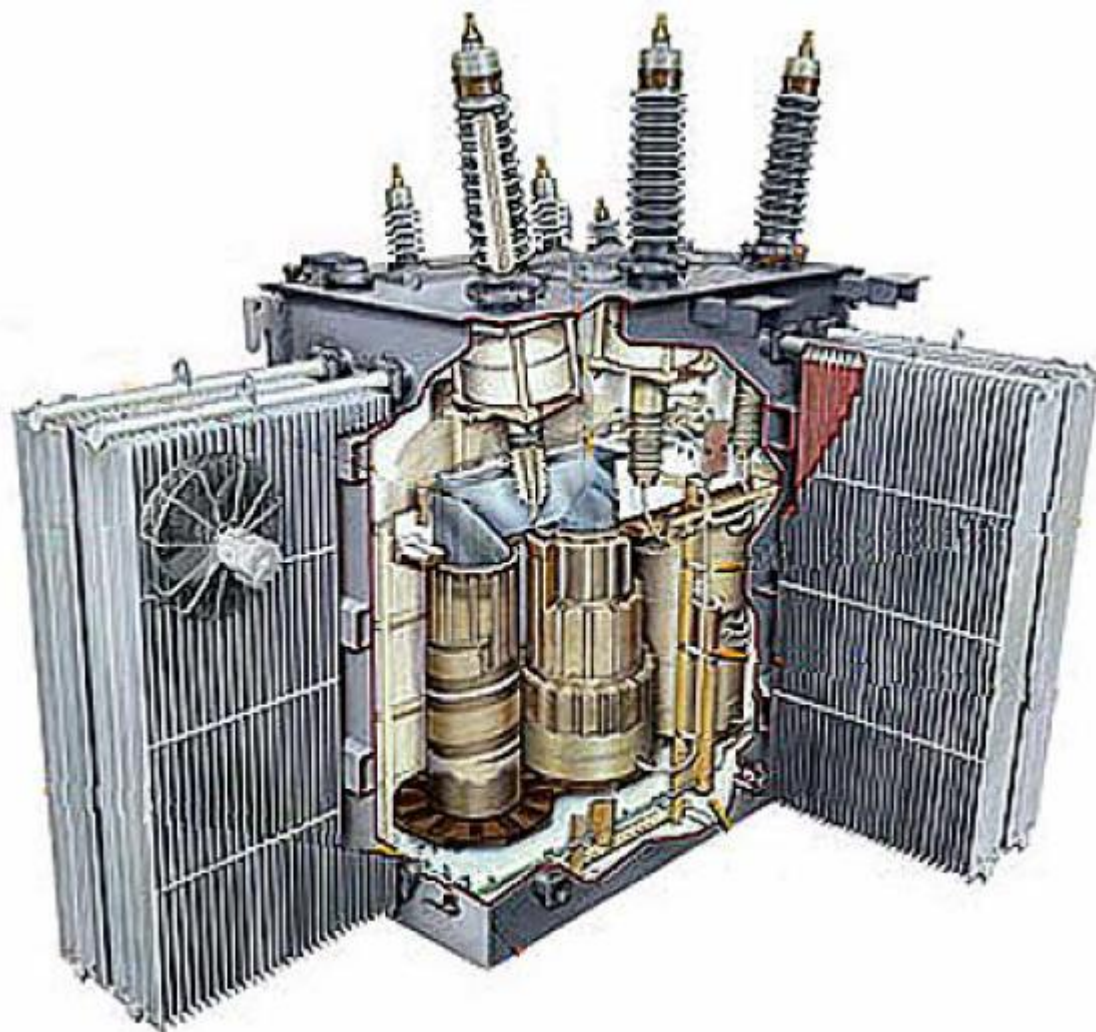
- Phân loại theo nguồn điện cung cấp: loại 1 pha và loại 3 pha
- Phân loại theo cấu trúc mạch từ: loại lõi (core type) và loại bọc (shell type)

» Loại bọc



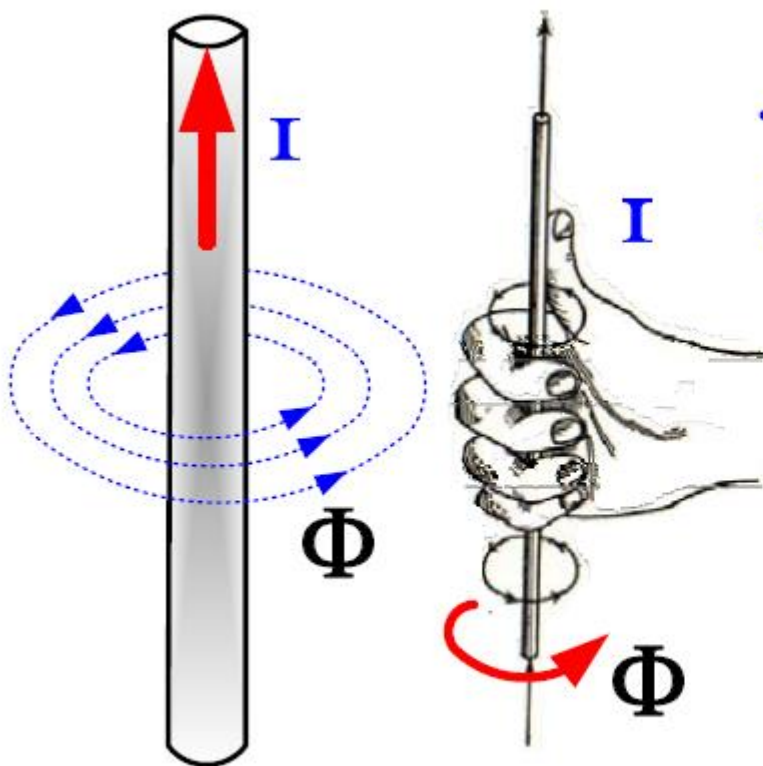
Cấu tạo

- Lõi thép (mạch từ)
- Dây quấn (sơ cấp và thứ cấp)
- Vỏ máy

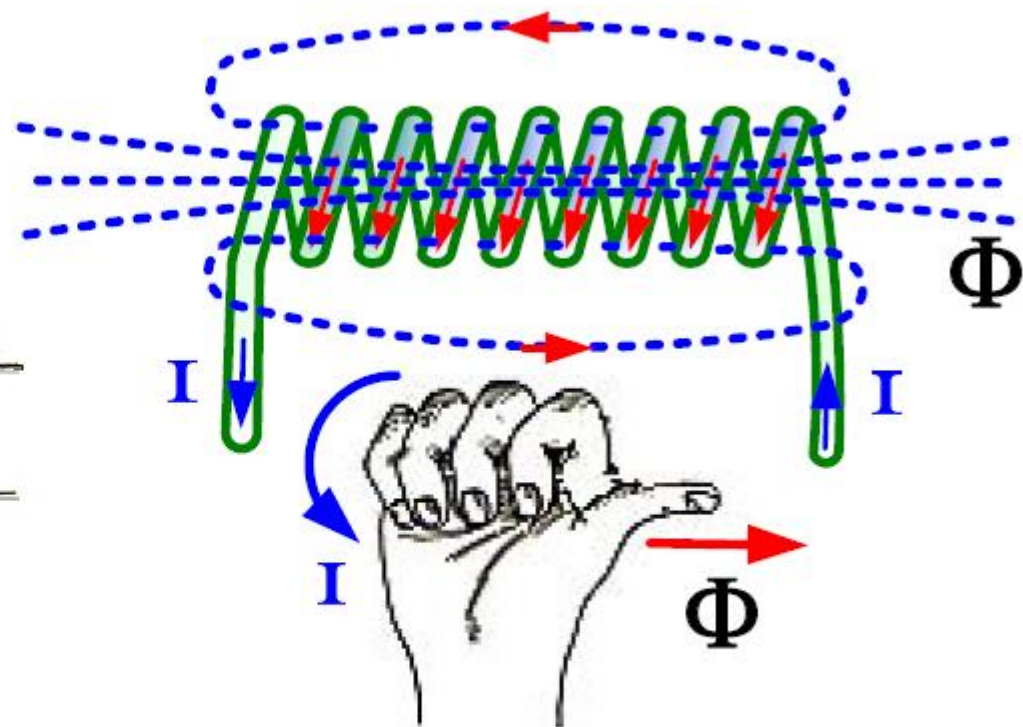


Các định luật điện từ (1)

- Từ trường: Qui tắc bàn tay phải



Từ trường tạo bởi dây dẫn thẳng



Từ trường tạo bởi dòng qua cuộn dây solenoid

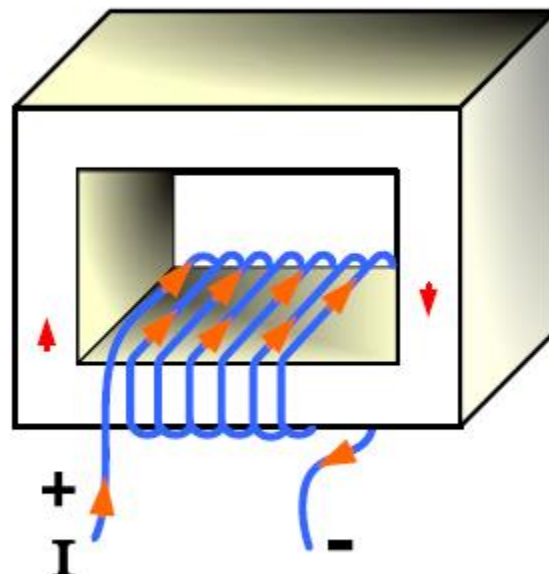
Các định luật điện từ (2)

- Mạch từ:
- Từ thông

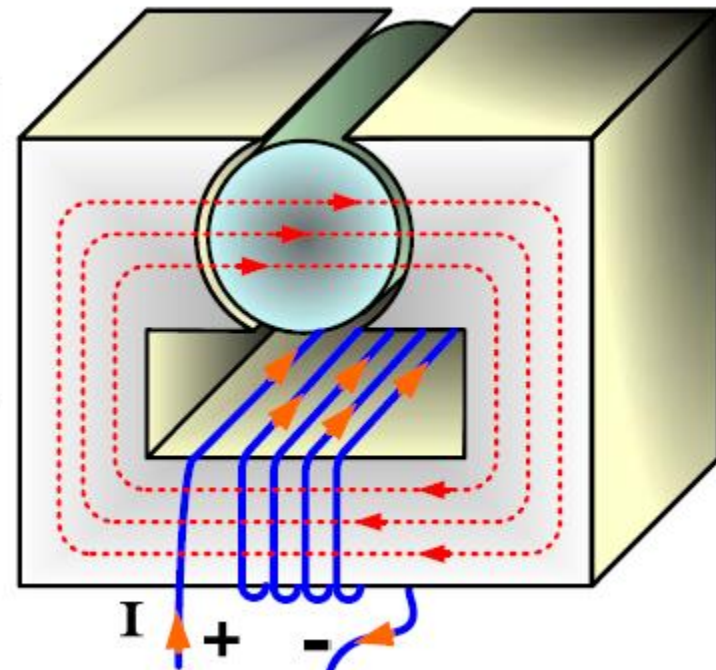
$$\Phi_{\max} = B.A$$

- Từ trở

$$R = \rho \frac{\ell}{s}$$



Mạch từ máy biến áp

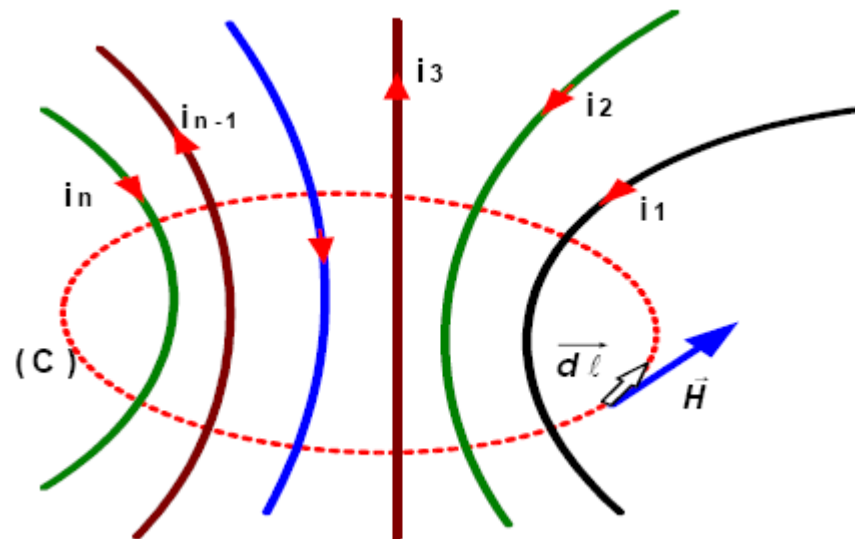


Mạch từ máy điện quay

Các định luật điện từ (3)

- Sức từ động – Định luật Ampere

$$\oint_C \vec{H} \cdot d\vec{\ell} = \sum_{k=1}^n i_k$$

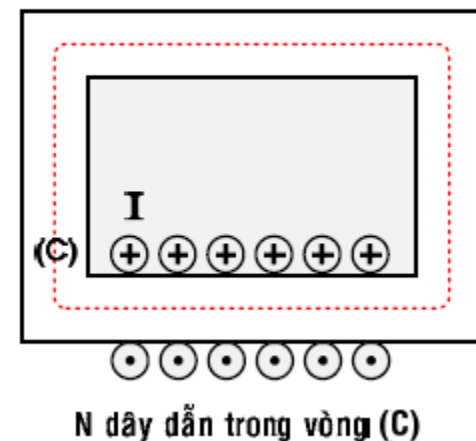
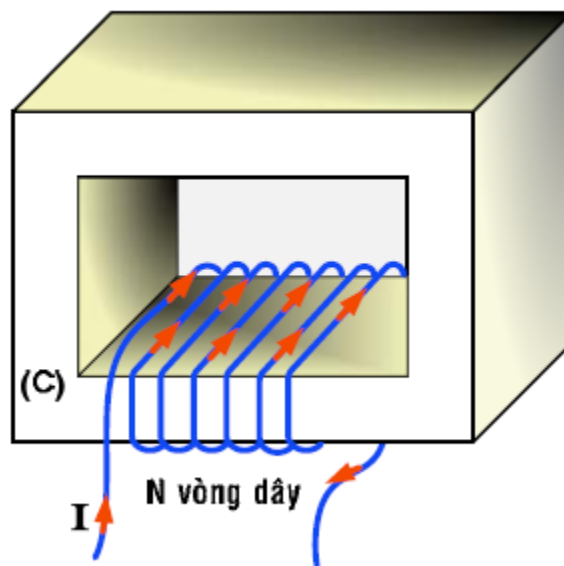


- Trường hợp mạch từ có cuộn dây

$$H \cdot L_{tb} = N \cdot I$$

- Sức từ động

$$F = N \cdot I$$





Các định luật điện từ (4)

- Định luật Ohm trong mạch từ:
- Ta có

$$F = N.I = H.L_{tb}$$

$$B = \mu.H$$



$$F = N.I = \frac{B}{\mu}.L_{tb}$$

Hay

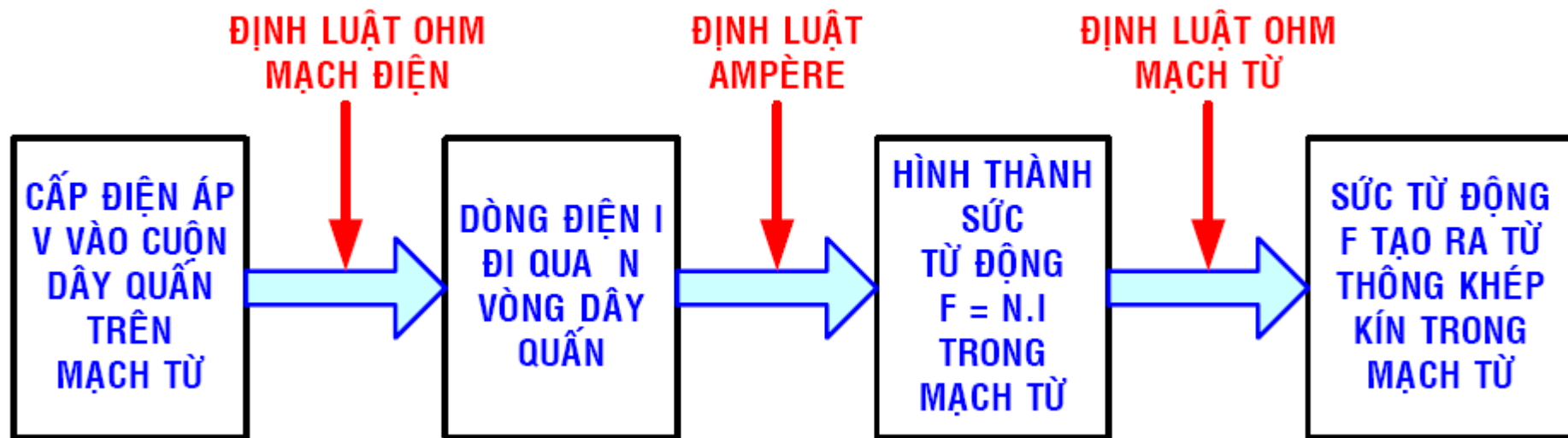
$$F = N.I = \frac{\Phi}{\mu.A}.L_{tb}$$

$$F = N.I = \left(\frac{L_{tb}}{\mu.A} \right) . \Phi = \mathfrak{R} . \Phi$$

=> Có sự tương đồng với trường hợp mạch điện

Các định luật điện từ (5)

- Quá trình điện từ hình thành trong mạch từ





Các định luật điện từ (6)

- Sự tương đồng giữa mạch điện và mạch từ

MẠCH ĐIỆN	MẠCH TỪ
$\vec{B} = \mu \cdot \vec{H}$	$\vec{J} = \sigma \cdot \vec{E}$
$\vec{H}$: cường độ từ trường	$\vec{E}$: cường độ điện trường
μ : hệ số từ thẩm	σ : điện dẫn suất
$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$: từ thông	$I = \int_S \vec{J} \cdot d\vec{s}$: cường độ dòng điện
$F = N \cdot I$: sức từ động	V : điện áp
$\mathfrak{R} = \oint_{\ell} \frac{d\ell}{\mu \cdot s(\ell)}$: từ trở	$R = \oint_{\ell} \frac{d\ell}{\sigma \cdot s(\ell)}$: điện trở
$\wp = \frac{1}{\mathfrak{R}}$: từ dẫn	$G = \frac{1}{R}$: điện dẫn

Các định luật điện từ (7)

- Định luật cảm ứng điện từ - Công thức Faraday – Định luật Lenz

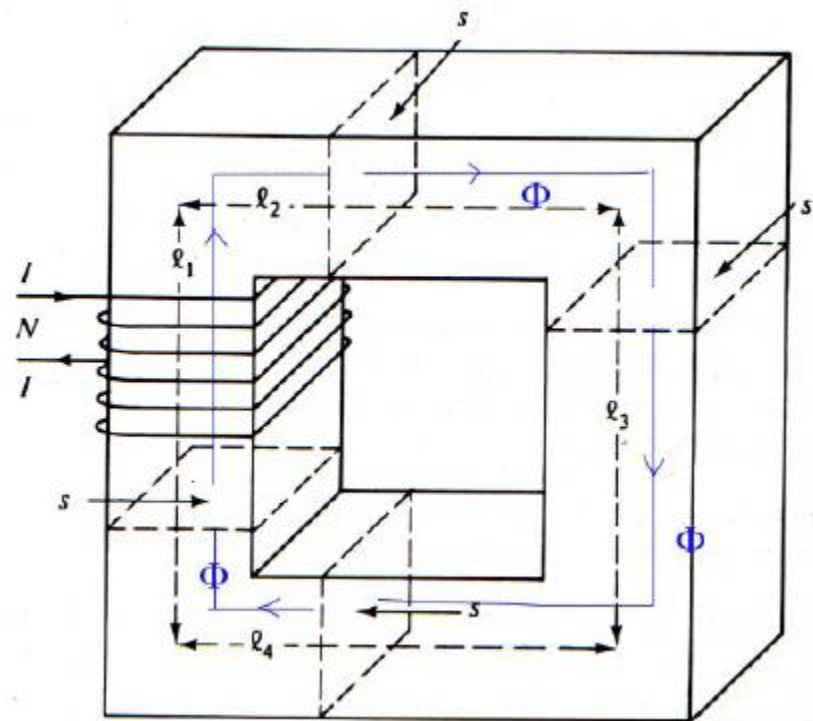
$$F = N.i = F_m \cdot \cos(\omega t)$$

$$\Phi = \frac{F}{\mathfrak{R}} = \left(\frac{F_m}{\mathfrak{R}} \right) \cdot \cos(\omega t) = \Phi_m \cdot \cos(\omega t)$$

- Công thức Faraday: $e = -\frac{d\Phi}{dt}$

$$e = -N \cdot \left(\frac{d\Phi}{dt} \right)$$

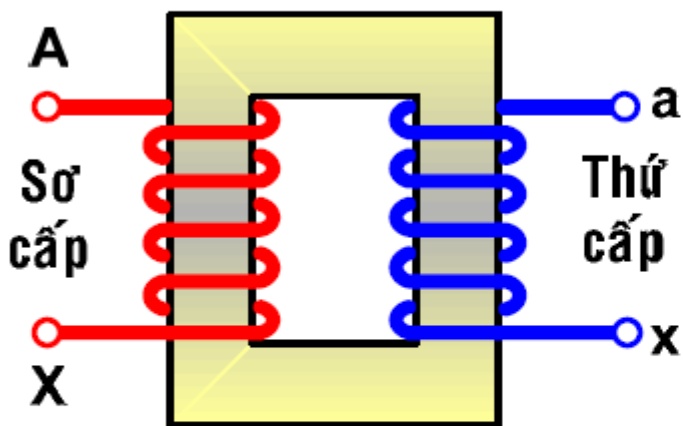
- Định luật Lenz: dòng cảm ứng có khuynh hướng chống lại từ thông sinh ra nó



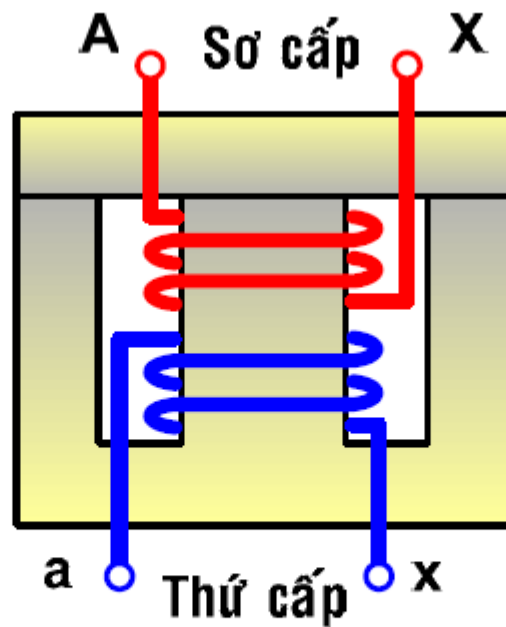
$$i = I_m \cdot \cos(\omega t)$$

Nguyên tắc hoạt động của MBA (1)

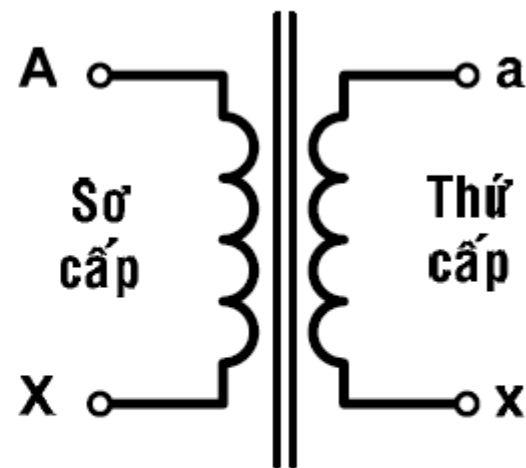
- Sơ đồ nguyên lý MBA 1 pha



Sơ đồ cấu tạo nguyên lý
biến áp 1 pha dạng lõi
(core type transformer)



Sơ đồ cấu tạo nguyên lý
biến áp 1 pha dạng bọc
(shell type transformer)



SƠ ĐỒ NGUYÊN LÝ
BIẾN ÁP 1 PHA



Nguyên tắc hoạt động của MBA (2)

- Thông số định mức:
 - Điện áp định mức ($V_{1\text{đm}}, V_{2\text{đm}}$): $V_1 = V_{1\text{đm}}, V_{20} = V_{2\text{đm}}$
 - Dòng điện định mức ($I_{1\text{đm}}, I_{2\text{đm}}$)
 - Công suất biểu kiến định mức:
 - Hệ số tải:

$$S_{\text{đm}} = V_{2\text{đm}} \cdot I_{2\text{đm}} \cong V_{1\text{đm}} \cdot I_{1\text{đm}}$$

$$K_t = \frac{I_2}{I_{2\text{đm}}} \cong \frac{I_1}{I_{1\text{đm}}} \cong \frac{S_2}{S_{\text{đm}}}$$

$$S_2 = V_2 \cdot I_2$$

Nguyên tắc hoạt động của MBA (3)

- Chế độ không tải

$$F_{10} = N_1 \cdot i_{10}$$

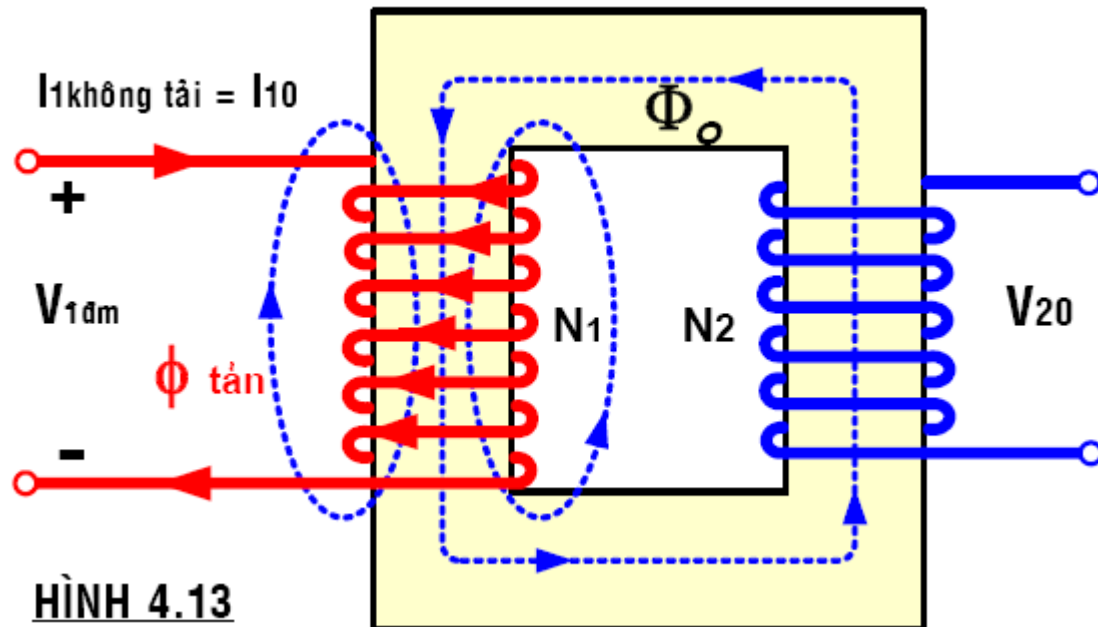
$$F_{10} = \mathfrak{R} \cdot \Phi_0$$

- Ta có

$$\Phi_0 = \frac{F_{10}}{\mathfrak{R}} = \left(\frac{N_1 \cdot I_{10} \cdot \sqrt{2}}{\mathfrak{R}} \right) \cdot \cos(\omega t)$$

$$\Phi_{0 \max} = \frac{N_1 \cdot I_{10} \cdot \sqrt{2}}{\mathfrak{R}}$$

$$\Phi_0 = \Phi_{0 \max} \cdot \cos(\omega t)$$



HÌNH 4.13

$$i_{10} = I_{10} \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega t)$$



Nguyên tắc hoạt động của MBA (4)

- Chế độ không tải

$$e_1(t) = -N_1 \cdot \frac{d\Phi_0}{dt} = N_1 \cdot \Phi_{0 \max} \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$$

$$e_2 = -N_2 \cdot \frac{d\Phi_0}{dt} = N_2 \cdot \Phi_{0 \max} \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$$

- Ta có quan hệ

$$E_1 = \frac{E_{1 \max}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi \cdot f \cdot N_1 \cdot \Phi_{0 \max}}{\sqrt{2}} = 4,44 \cdot f \cdot N_1 \cdot \Phi_{0 \max}$$

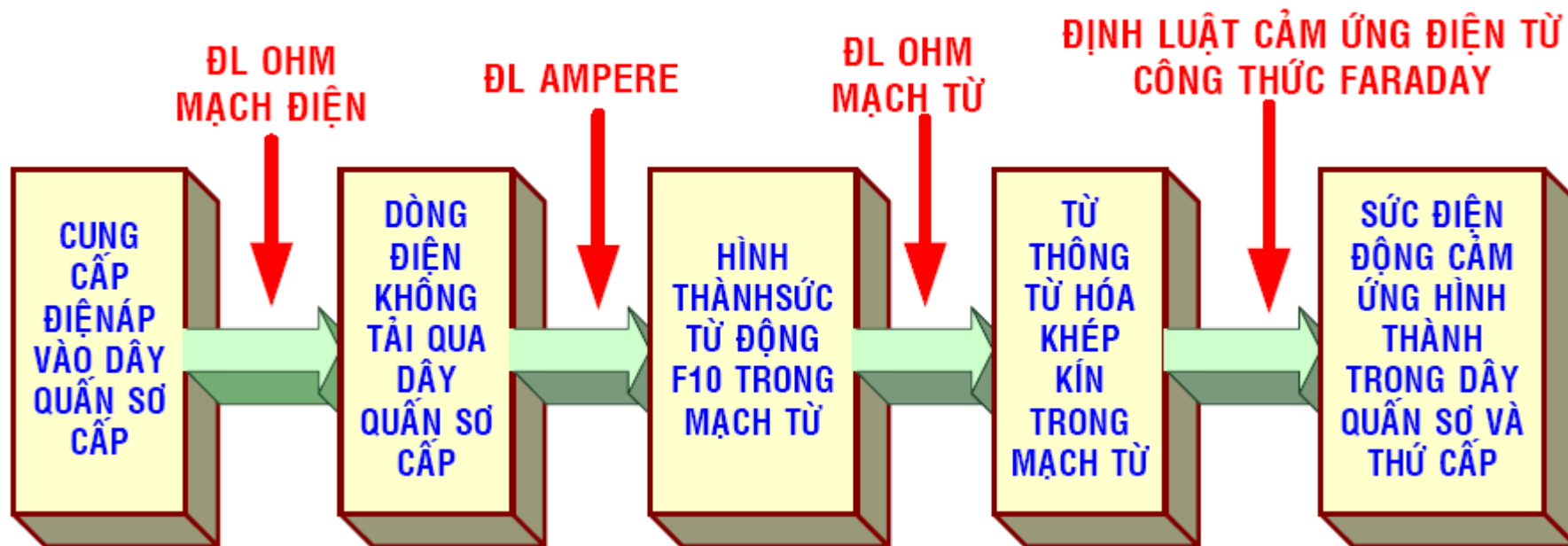
$$E_2 = \frac{E_{2 \max}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi \cdot f \cdot N_2 \cdot \Phi_{0 \max}}{\sqrt{2}} = 4,44 \cdot f \cdot N_2 \cdot \Phi_{0 \max}$$

- Tỷ số MBA:

$$K_{ba} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{4,44 \cdot f \cdot N_1 \cdot \Phi_{0 \max}}{4,44 \cdot f \cdot N_2 \cdot \Phi_{0 \max}} = \frac{N_1}{N_2}$$

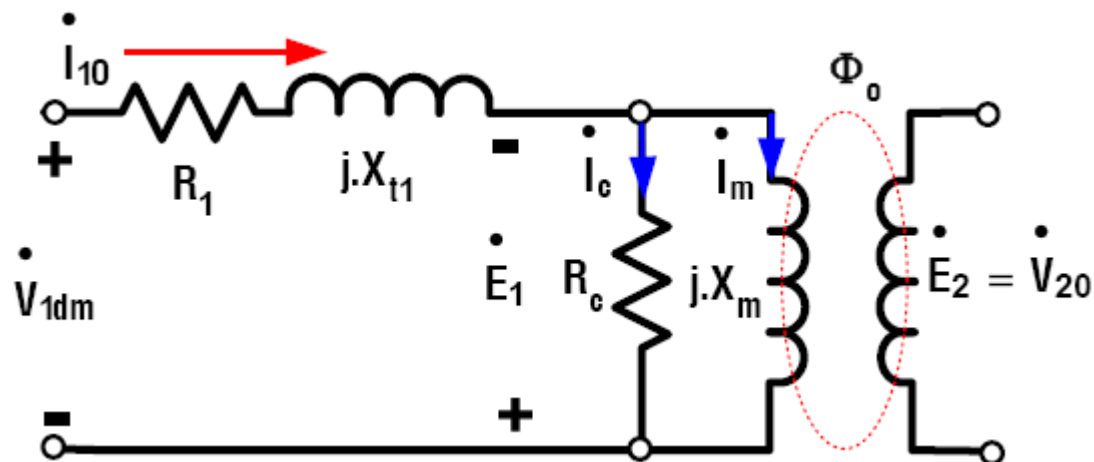
Nguyên tắc hoạt động của MBA (5)

- **Chế độ không tải:** Quá trình điện từ



Nguyên tắc hoạt động của MBA (6)

- **Chế độ không tải:** Mạch tương đương

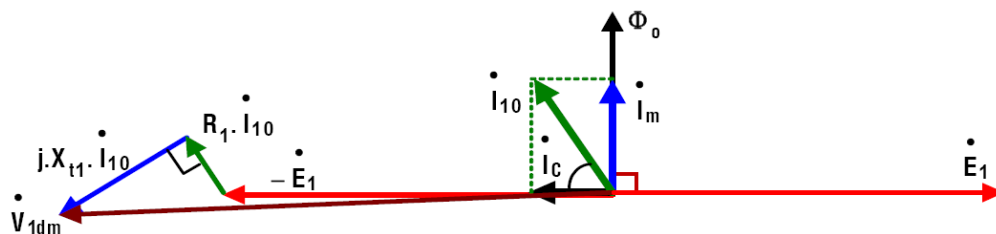


- Phương trình điện áp và giản đồ vector

$$\dot{V}_{1dm} + \dot{E}_1 = (R_1 + jX_{t1}) \cdot \dot{I}_{10}$$

$$\dot{E}_1 = -R_c \cdot \dot{I}_c = -jX_m \cdot \dot{I}_m$$

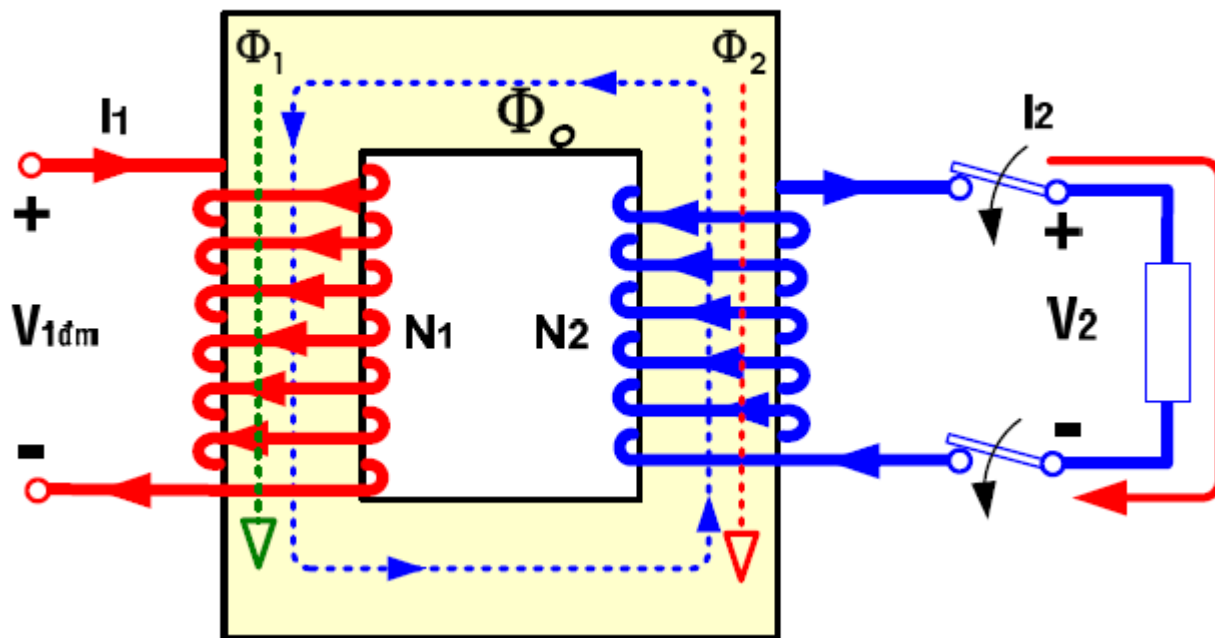
$$\dot{I}_{10} = \dot{I}_c + \dot{I}_m$$



Nguyên tắc hoạt động của MBA (7)

- Chế độ có tải

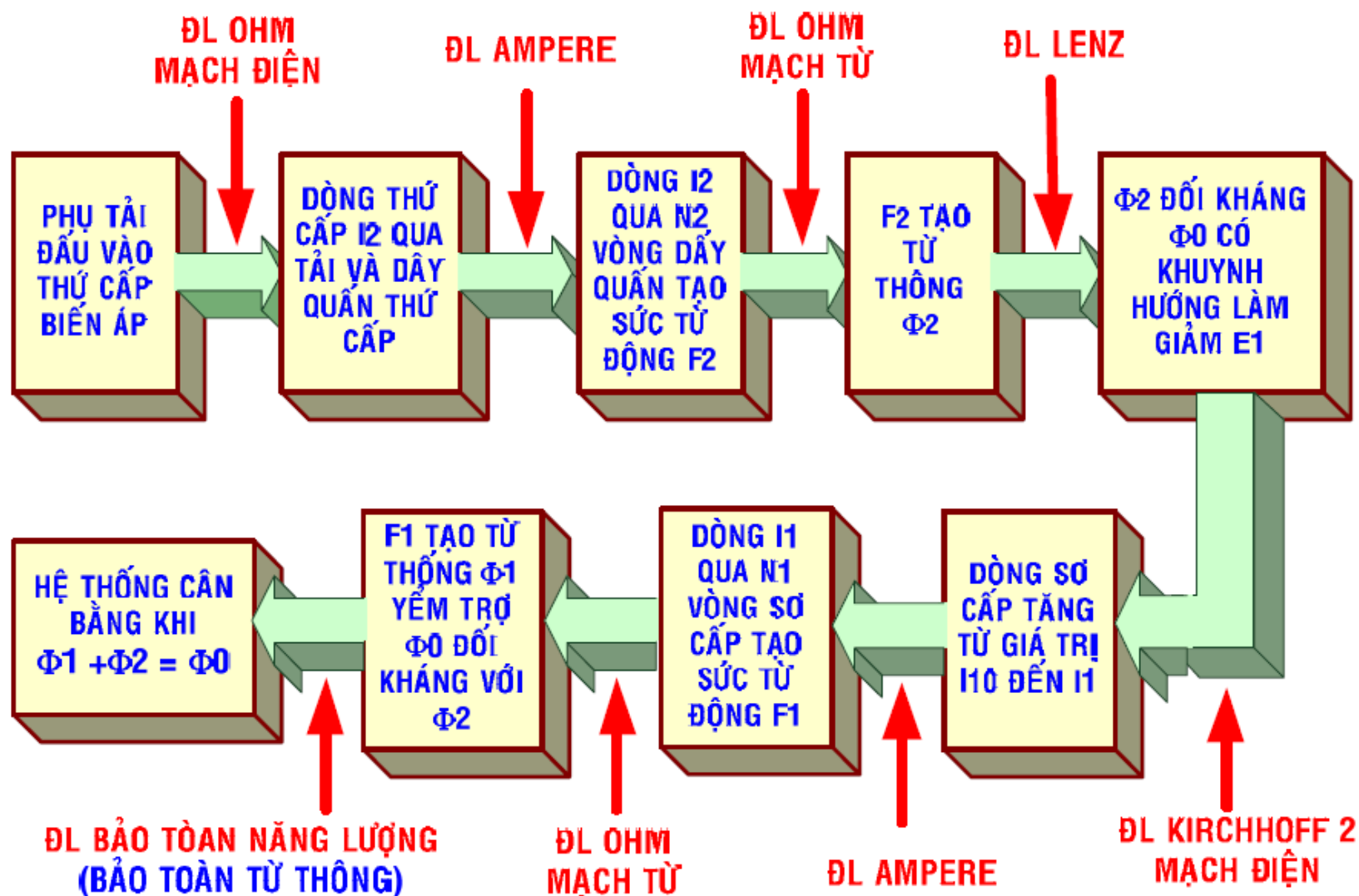
Tồn tại dòng I_2





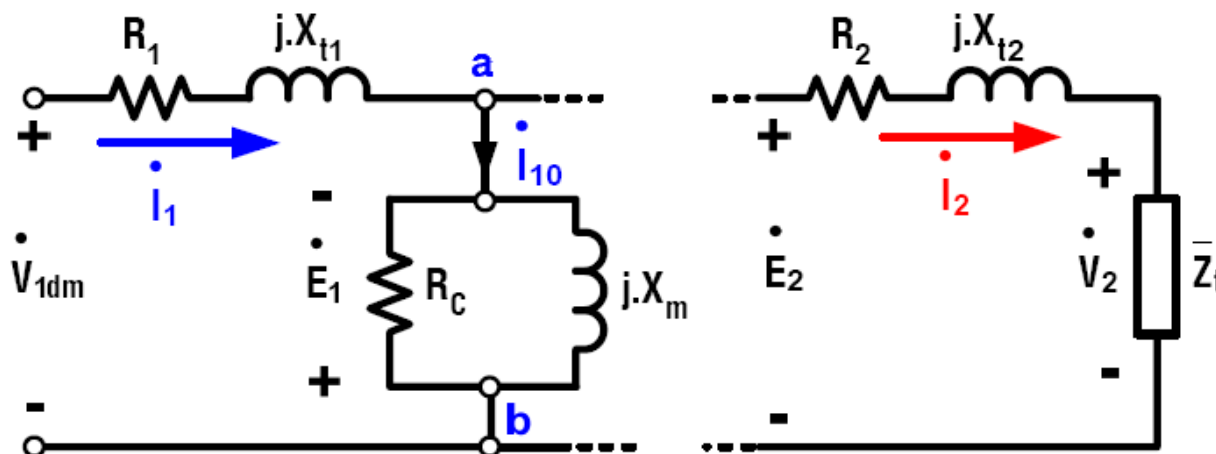
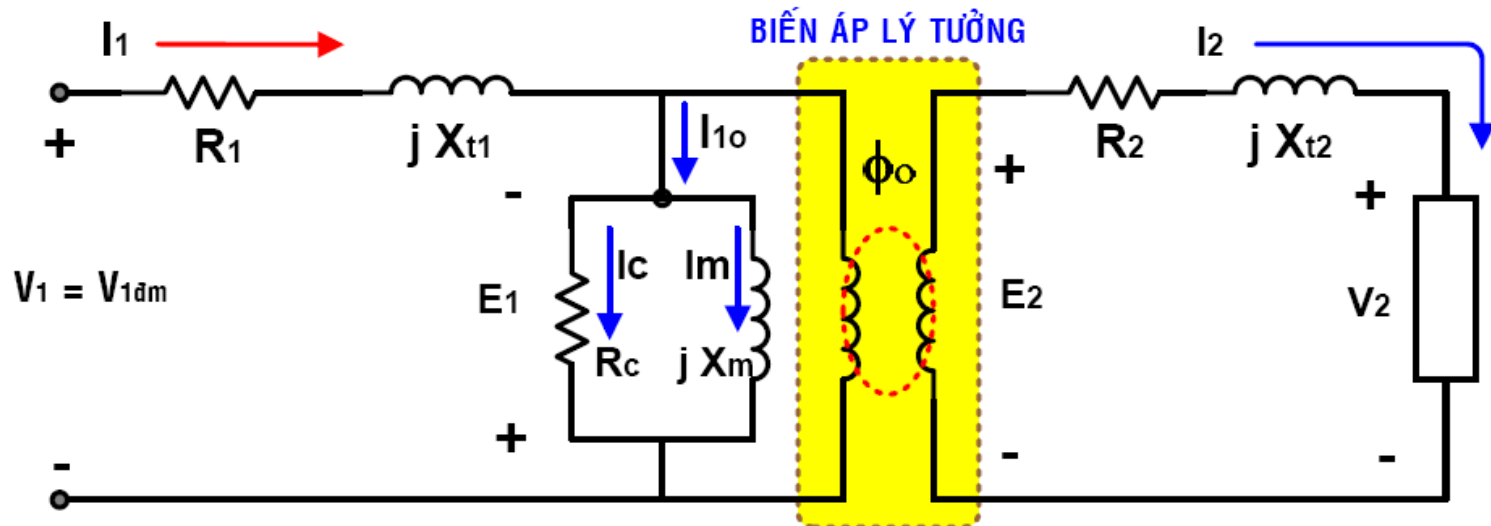
Nguyên tắc hoạt động của MBA (8)

- Chế độ có tải: Quá trình điện từ



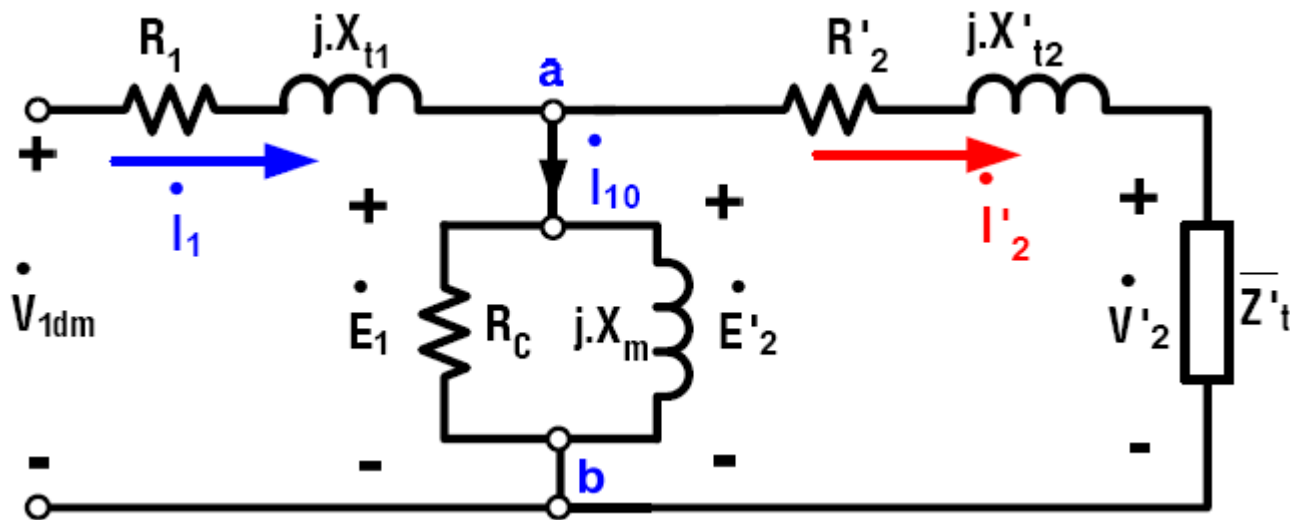
Nguyên tắc hoạt động của MBA (9)

- Chế độ có tải:** Mạch tương đương và qui đổi mạch tương đương



Nguyên tắc hoạt động của MBA (10)

- Chế độ có tải:** Mạch tương đương và qui đổi mạch tương đương



- Các công thức qui đổi:

$$\dot{i}'_2 = \frac{\dot{i}_2}{K_{ba}}$$

$$\dot{V}'_2 = K_{ba} \cdot \dot{V}_2$$

$$R'_2 = (K_{ba})^2 \cdot R_2$$

$$\bar{Z}'_t = K_{ba}^2 \cdot \bar{Z}_t$$

$$X'_{t2} = (K_{ba})^2 \cdot X_{t2}$$



Xác định thông số mạch tương đương (1)

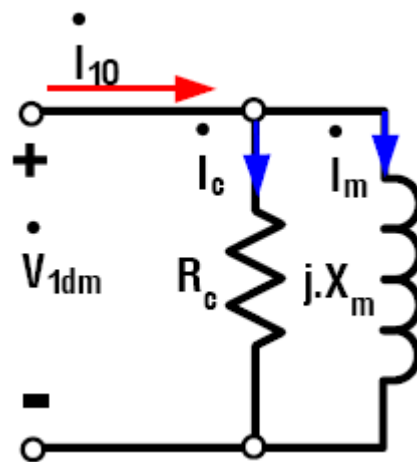
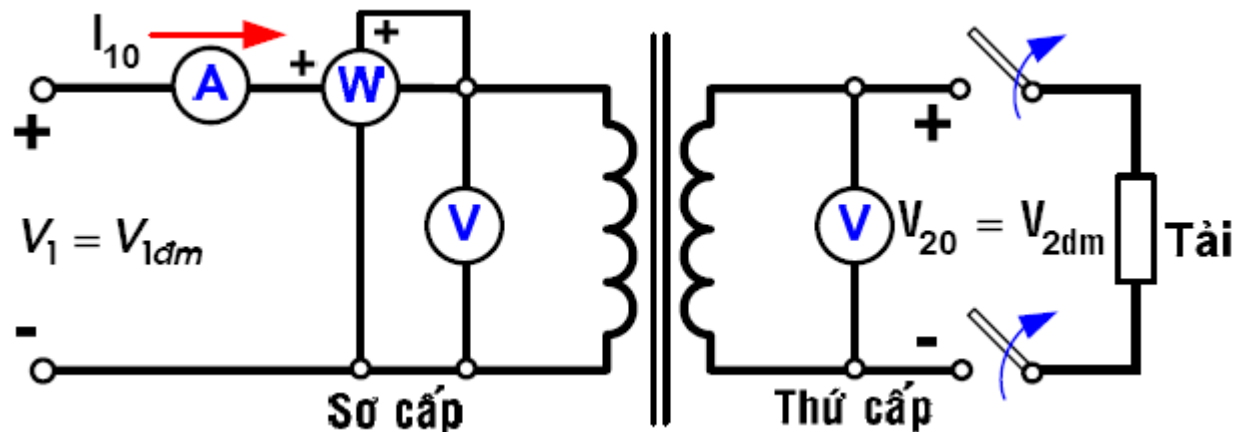
- Thí nghiệm không tải: $V_{10} = V_{1dm}$; P_0 , I_{10}

$$R_c = \frac{V_{1dm}^2}{P_0}$$

$$I_c = \frac{V_{1dm}}{R_c}$$

$$I_m = \sqrt{I_{10}^2 - I_c^2}$$

$$X_m = \frac{V_{1dm}}{I_m}$$





Xác định thông số mạch tương đương (2)

- Thí nghiệm ngắn mạch: I_{1n} , V_{1n} , P_n

$$Z_n = \frac{V_{1n}}{I_{1n}} = \frac{V_{1n}}{I_{1dm}}$$

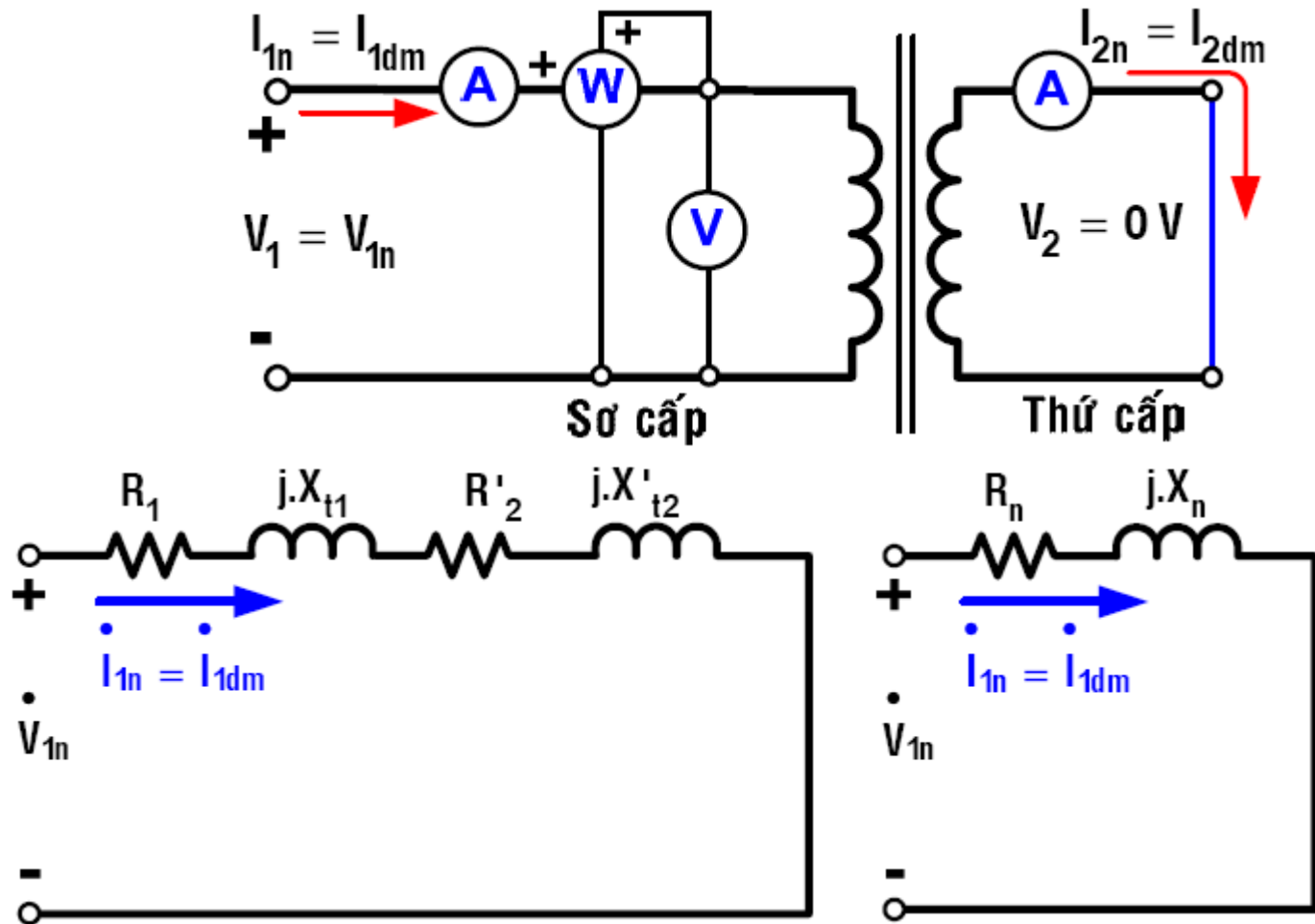
$$R_n = \frac{P_n}{I_{1n}^2}$$

$$X_n = \sqrt{Z_n^2 - R_n^2}$$

$$R_n = R_1 + R'_2$$

$$X_n = X_{t1} + X'_{t2}$$

$$\bar{Z}_n = R_n + j.X_n$$



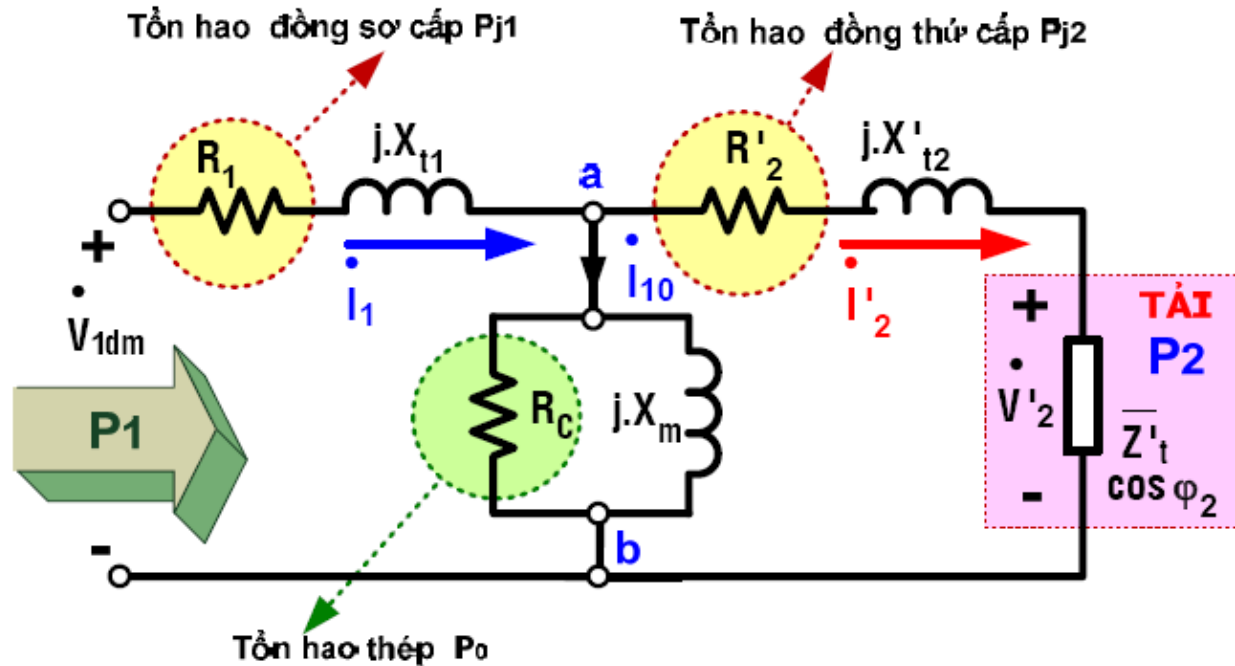


Giải đồ phân bố năng lượng – Hiệu suất

- Hiệu suất

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\eta = \frac{K_t \cdot S_{dm} \cdot \cos \varphi_2}{K_t \cdot S_{dm} \cos \varphi_2 + K_t^2 \cdot P_n + P_0}$$



$$P_{j1} + P_{j2} = K_t^2 \cdot P_n$$

$$\sum \text{Tổn hao} = P_1 - P_2 = P_{j1} + P_{j2} + P_{\text{thép}}$$

$$P_1 = V_{1dm} \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1$$

$$P_2 = V_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2$$

$$P_0 \equiv P_{\text{thép}} = R_c \cdot I_c^2$$

$$P_{j1} + P_{j2} = R_1 \cdot I_1^2 + R_2 \cdot I_2^2$$

Hiệu suất cực đại

- Cực trị của hàm số hiệu suất theo hệ số tải

$$\frac{d\eta}{dK_t} = \frac{vu' - uv'}{v^2} = \left[\frac{S_{dm} \cdot \cos \varphi_2}{P_n \cdot K_t^2 + (S_{dm} \cdot \cos \varphi_2) \cdot K_t + P_o} \right] \cdot [P_o - (P_n) \cdot K_t^2]$$

K_t	$-\infty$	$-\sqrt{\frac{P_o}{P_n}}$	0	$\sqrt{\frac{P_o}{P_n}}$	$+\infty$
$\frac{d\eta}{dK_t}$	- 0 +			+ 0 -	
$\eta = f(K_t)$				0 $\nearrow$ $\eta_{\max}$ $\searrow$ 0^+	

- Hiệu suất cực đại khi tổn hao sắt bằng tổn hao đồng



Độ thay đổi điện áp khi MBA mang tải

- Độ thay đổi điện áp

$$\Delta V = V_{2dm} - V_2$$

- Phần trăm độ thay đổi điện áp

$$\Delta V\% = \left(\frac{V_{2dm} - V_2}{V_2} \right) \cdot 100$$

- Ví dụ về MBA