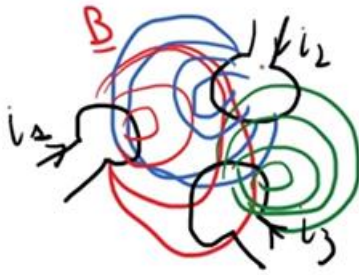


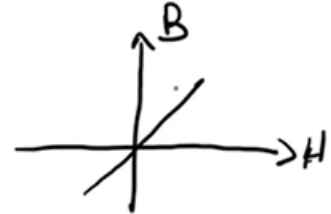
## Coefficiente di auto e mutua induzione



$\Phi_{cj}$  : Flusso concatenato con la spira  $j$

$\Phi_{cjk}$  : Flusso concatenato alla spira  $j$   
generato dalla spira  $k$

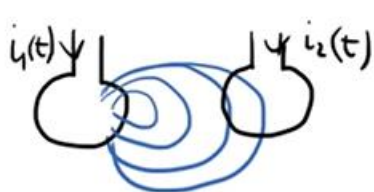
Se consideriamo il materiale lineare :  $\Phi \propto I$



$$\Phi_{cj} = \sum_{k=1}^n \Phi_{cjk} = \sum_{k=1}^n \pi_{jk} i_k$$

Se  $j=k \rightarrow \pi_{jj} = L_j$  COEFF. DI AUTOINDUZIONE

Due circuiti elettrici accoppiati magneticamente



una porzione di  $\Phi$   
si concentra con l'ew. 2

$$\Rightarrow \Phi_{c2,1}$$
$$f.e.m. = - \underbrace{\frac{\partial \Phi_{c2,1}}{\partial t}}_{\neq 0}$$

Com'è possibile avere una fem diversa da 0?

VARIAMO LE SORGENTI  
DEL CAMPO:

$$\frac{\partial i_1}{\partial t} \neq 0 \Rightarrow \frac{\partial B_1}{\partial t} \neq 0$$
$$\Rightarrow \frac{\partial \Phi_1}{\partial t} \neq 0 \Rightarrow \frac{\partial \Phi_{c2,1}}{\partial t} \neq 0$$

$\Downarrow$   
F.E.M. TRASFORMATRICA

Possiamo variare il flusso  $\Phi$  anche diversamente (fem mozionale, da recuperare).

## Trasformatore monofase

- è una macchina statica
- Trasferisce energia da un avvolgimento all'altro
- può variare  $V, I$
- non genera energia

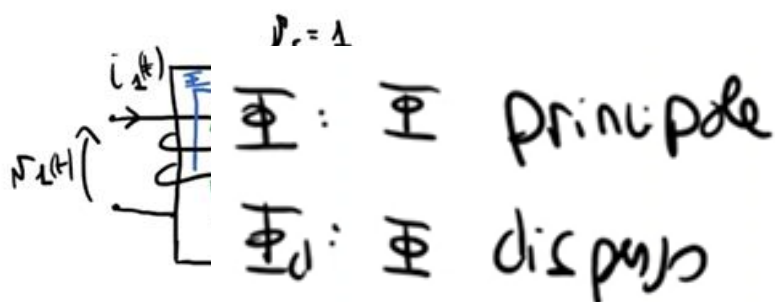
↳ SIMBOLO DEL TRASF.



$$P_2 = n P_1$$

 $\eta$ : rendimento  $> 0,98$ 

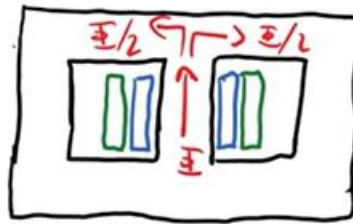
- gestione potenza molto elevata
- è reversibile



Ann. 1° primario (civ. elemento)

Avv. 2° secondario (dove è collegato il carro)

Vorremmo minimizzare  $\Phi_d \rightarrow$  NUCLEO A PARTICELLE



## PERDITE NEL FERRO

- PERDITE PER ISTORREJI  $P_{isc} \propto f, B_m^{1.6}$
- PERDITE PER CORRENTI PARASSITE  $P_{cp} \propto f^2, B_m^2$



$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} \neq 0 \rightarrow \text{f.e.m.}$$

nucleo di ferro  $\Rightarrow \uparrow \Rightarrow$  correnti  
concentriche

$$I_{cp} = \frac{V}{R_k}$$

$$I_{cp} \downarrow \downarrow \Rightarrow R_k \uparrow \uparrow \quad R_k = \frac{L}{\sigma S}$$

- $L$  : deriva dal "progetto magnetico"
- $\sigma$  : scegliamo il materiale con ilico  
 $\Rightarrow \sigma \downarrow$
- $S$  : vogliamo che:  
 $S$  non vari dal punto di vista  
 magnetico  
 $S \downarrow$  dal punto di vista elettrico



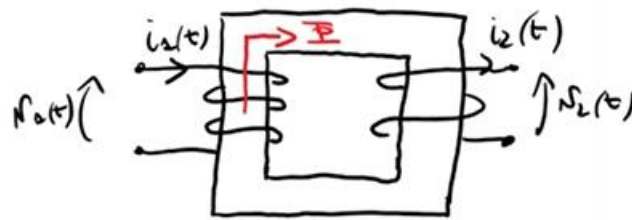
NUCLEO FATTO DI LAMIERINI



CON UNO  
SPALTO ISOLANTE

$h$   
 $< 1 \text{ mm}$

## Equazione del trasformatore



Avv. 1: primario (alimentato)

Avv. 2: secondario (carico)

$\Phi$ :  $\Phi$  principale

$\Phi_{d1}$ :  $\Phi$  disperso nell'avv. 1

$\Phi_{d2}$ :  $\Phi$  disperso nell'avv. 2

$$\Phi_{C1} = N_1 \Phi + \Phi_{d1}$$

$$\Phi_{C2} = N_2 \Phi + \Phi_{d2}$$

Teniamo in conto le cadute ohmiche sull'avv.

$$N_1(t) = \frac{d\Phi_C}{dt} + R_1 i_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt} + \frac{d\Phi_{d1}}{dt} + R_1 i_1$$

$$\Phi_{d1} \rightarrow \text{aria} \Rightarrow \Phi_{d1} = L_{d1} i_1$$

$$N_1(t) = N_1 \frac{\partial \Phi}{\partial t} + L_{d1} \frac{di_1}{dt} + R_1 i_1$$

Se consideriamo materiale lineare  $\Rightarrow \Phi \propto I$   
 $\rightarrow \mu_{12} = \mu_{21} = \mu$

$$\Phi_{c1} = \Phi_{c11} + \Phi_{c12} = L_1 i_1 + \mu i_2$$

$$N_1(t) = L_1 \frac{di_1}{dt} + L_{d1} \frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 + \mu \frac{di_2}{dt}$$

$$N_2(t) = \frac{\partial \Phi_{c2}}{\partial t} - R_2 i_2 = N_2 \frac{\partial \Phi}{\partial t} - L_d \frac{di_2}{dt} - R_2 i_2$$

$$\Phi_{c2} = \Phi_{c21} + \Phi_{c22} = \mu i_1 + L_2 i_2$$

$$N_2(t) = L_2 \frac{di_2}{dt} - L_d \frac{di_2}{dt} - R_2 i_2 + \mu \frac{di_1}{dt}$$