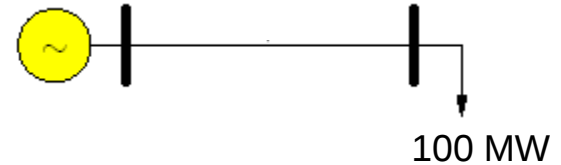


Transformador de Potencia



Importância do Transformador



As perdas na LT são dadas por:

$$P_{perdas} = RI^2$$

A potência ativa, consumida pela carga é dada por:

$$P_{ger} = V.I.\cos\phi$$

Assumindo fator de potencia unitário, a corrente pode ser escrita como:

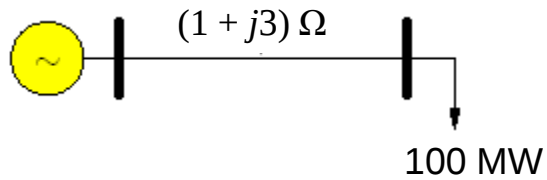
$$I = P_{ger}/V$$

Logo, o coeficiente de perdas (η) fica:

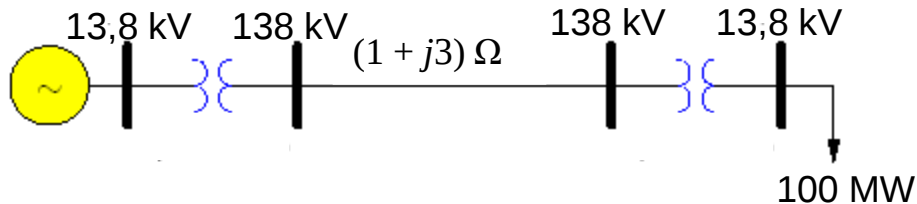
$$\eta = \frac{P_{perdas}}{P_{ger}} = \frac{R(P_{ger}/V)^2}{P_{ger}}$$

$$\eta = \frac{RP_{ger}}{V^2}$$

$$\eta = \frac{RP_{ger}}{V^2}$$

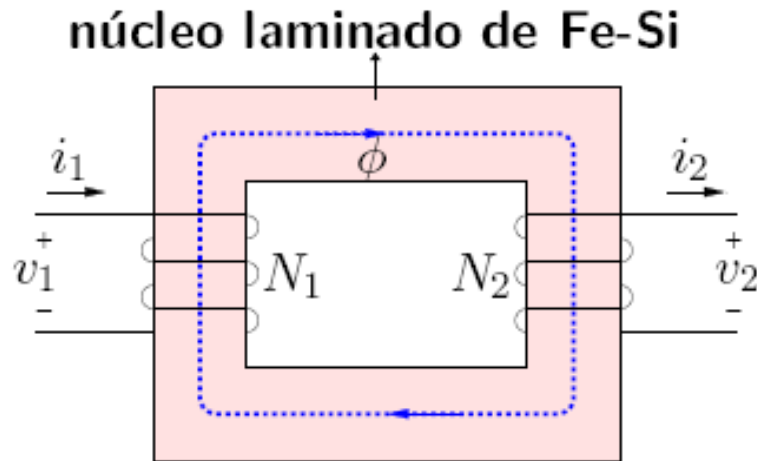


$$\eta = \frac{1 \cdot (10010^6)}{(138 \cdot 10^3)^2} = 525\%$$



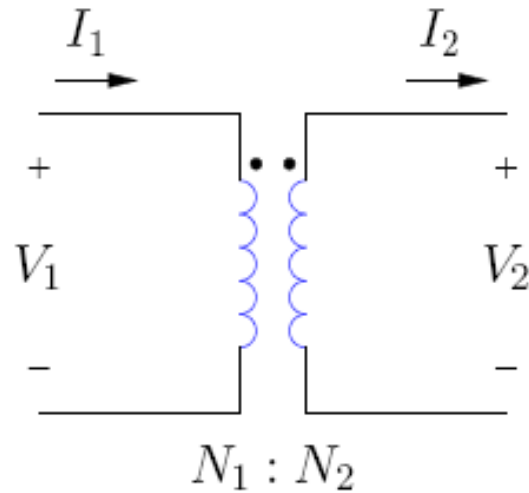
$$\eta = \frac{1 \cdot (10010^6)}{(13810^3)^2} = 0,52\%$$

Transformador monofásico ideal



- Não há perdas ôhmicas
- Não há dispersão de fluxo magnético
- Não há perdas no núcleo
- A permeabilidade magnética do núcleo é infinita

Circuito equivalente:

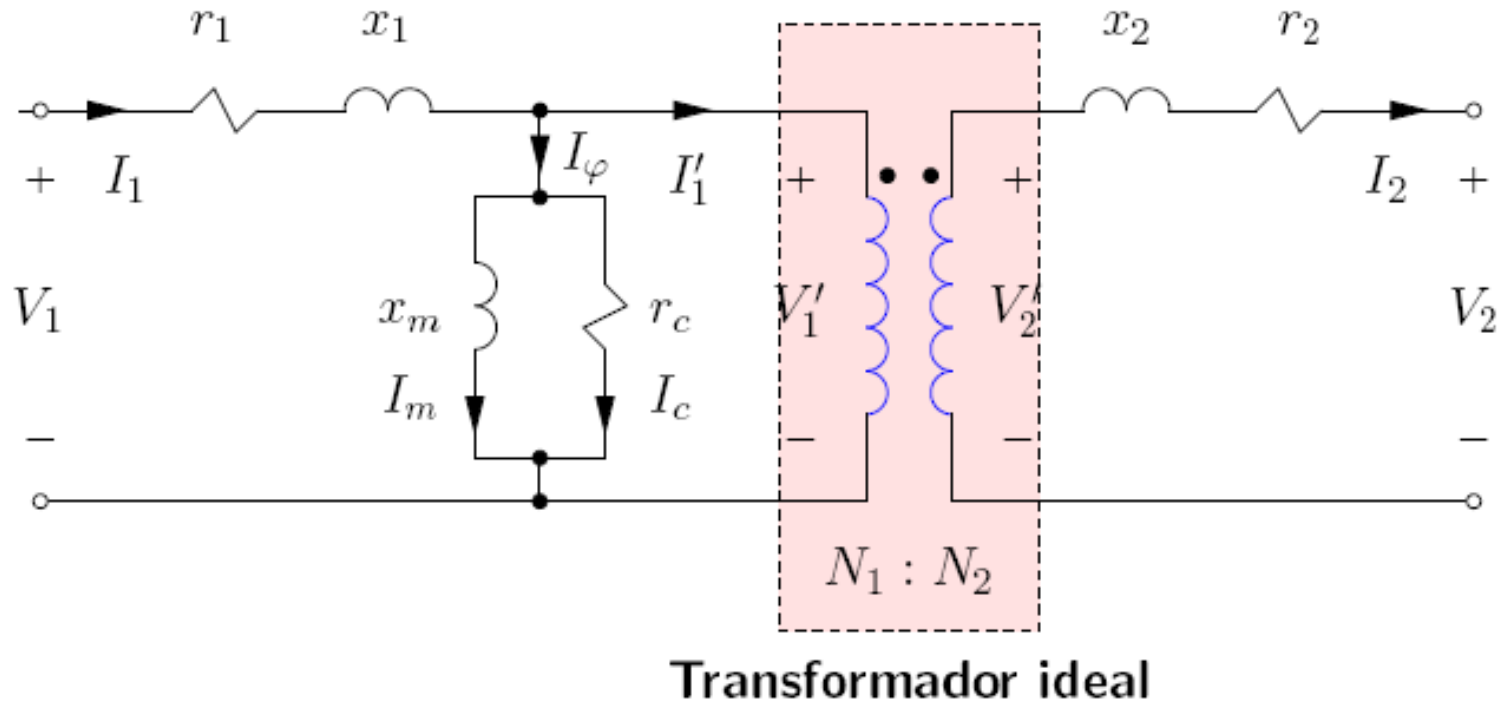


$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} = a$$

$$S_1 = V_1 I_1^* = V_2 I_2^* = S_2 \quad (\text{pois não há perdas})$$

$$Z_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{a V_2}{I_2/a} = a^2 \frac{V_2}{I_2} = a^2 Z_2$$

Transformador monofásico real



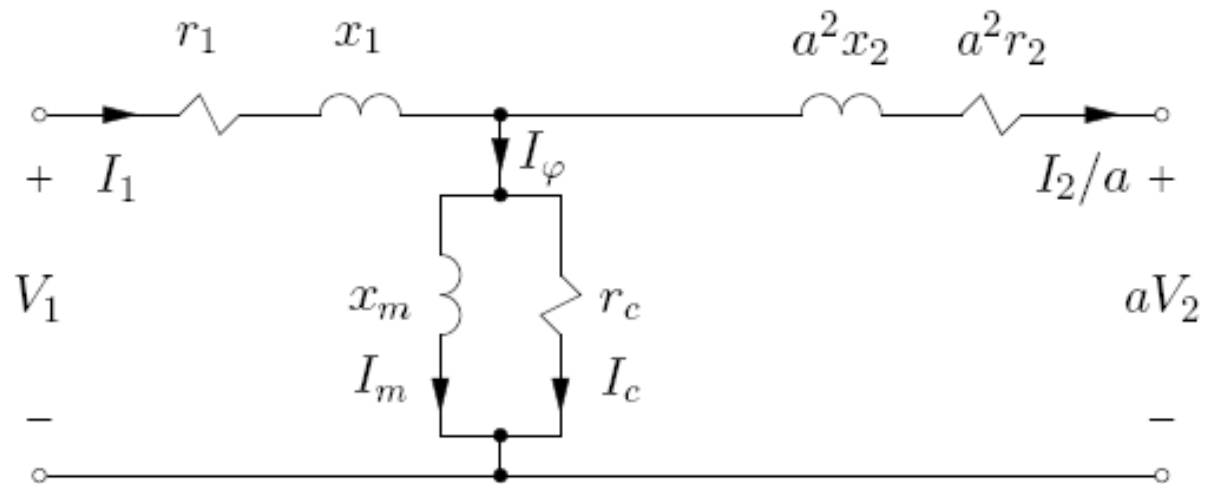
r_1 , r_2 - perdas ôhmicas nos enrolamentos

x_1 , x_2 - dispersão de fluxo

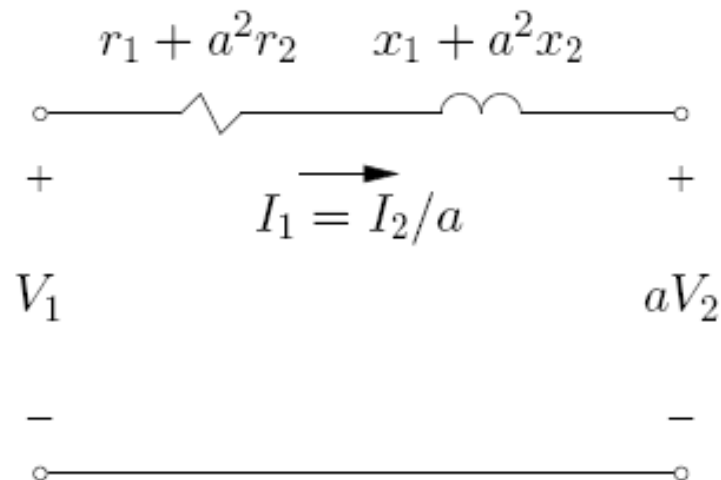
r_c - perdas no núcleo (perdas ferro)

x_m - magnetização do núcleo

Referindo ao primário:

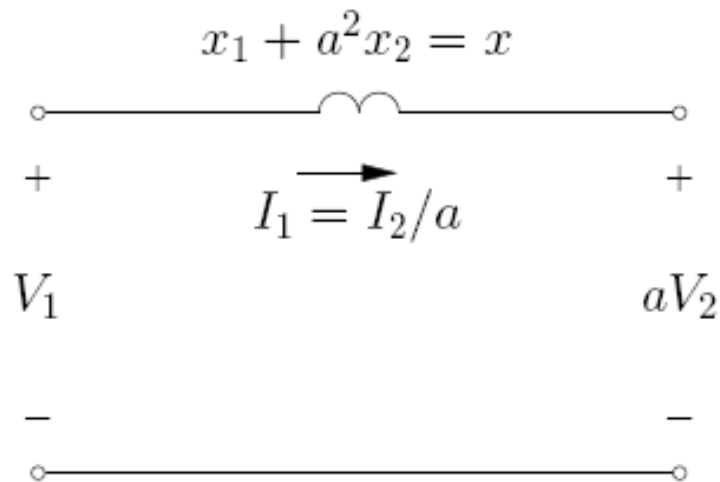


Desprezando perdas no núcleo:

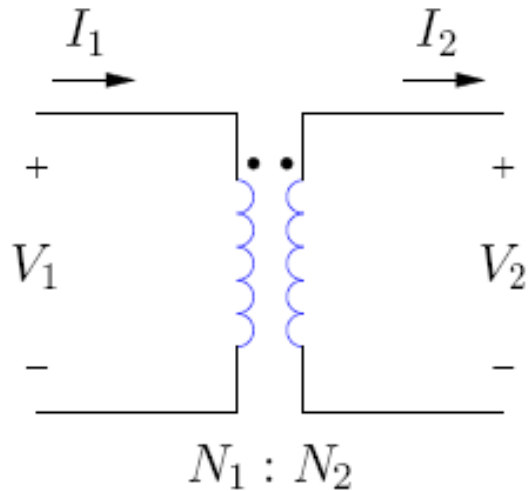


Desprezando perdas nos enrolamentos:

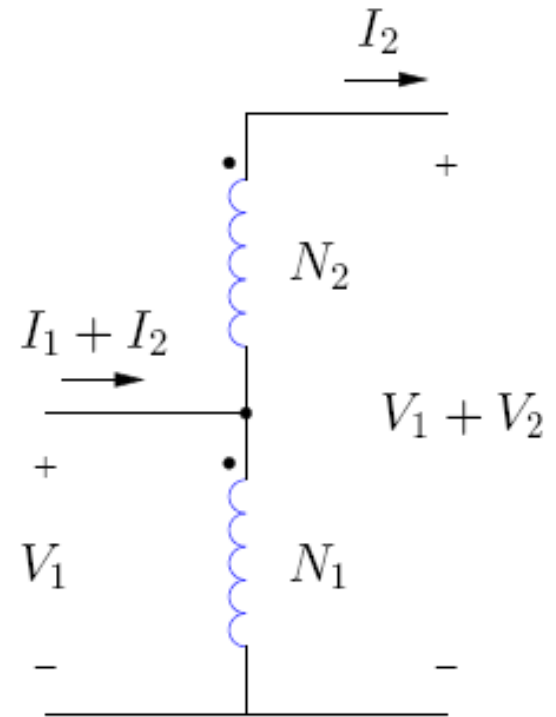
(para trafos a partir de centenas de KVA)



Autotransformador ideal



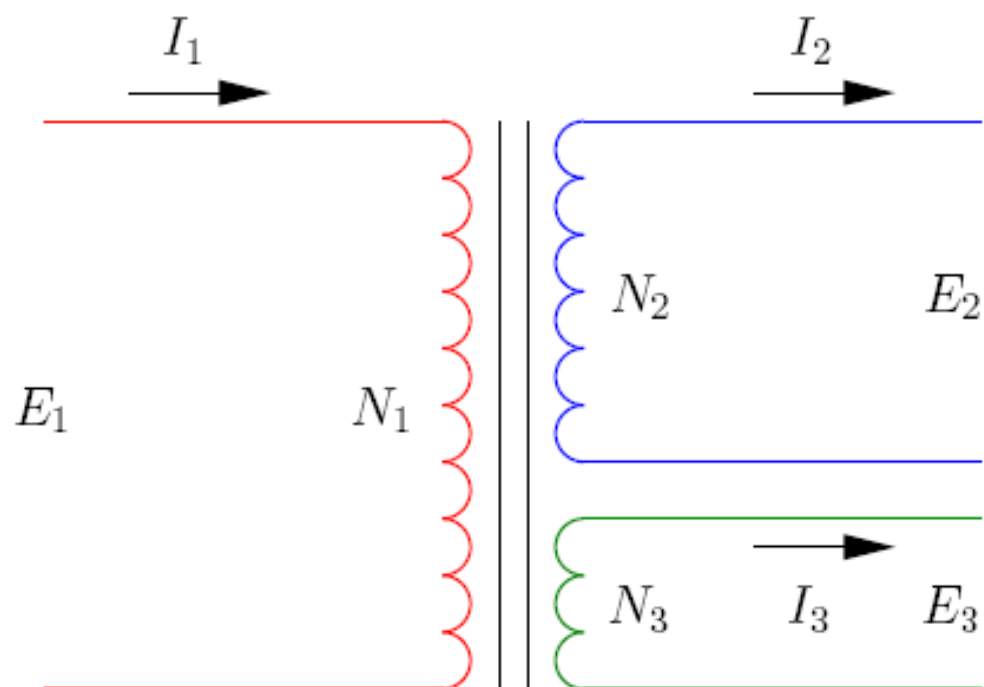
$$S = V_1 I_1 = V_2 I_2$$



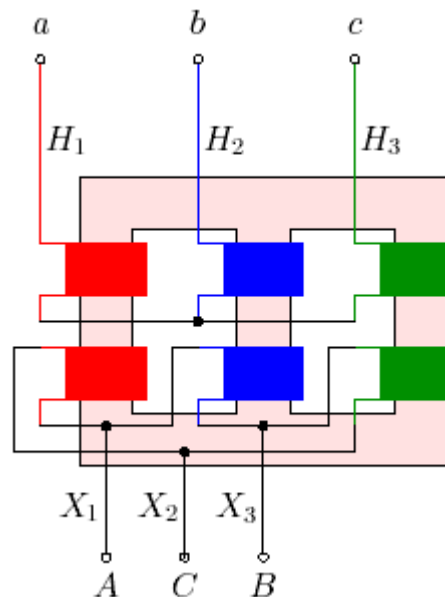
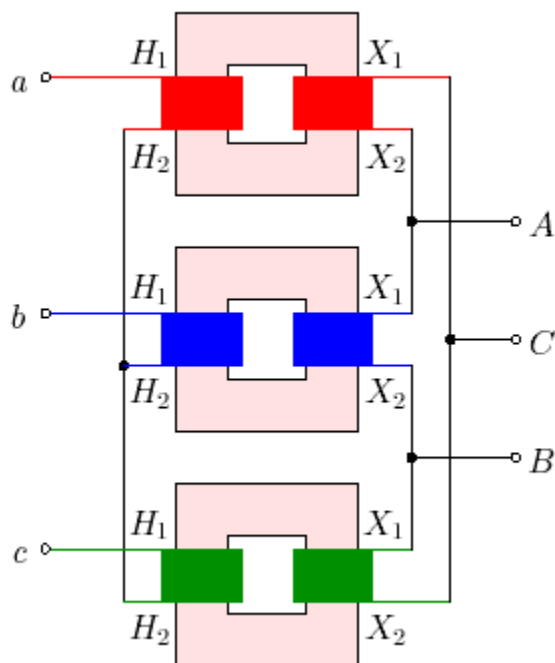
$$S = V_1 (I_1 + I_2) = (V_1 + V_2) I_2$$

- Transmite mais potência.
- Desvantagem: não pode ser usado quando a separação física entre os enrolamentos for fundamental.

Transformadores de três enrolamentos



Arranjos Trifásicos



Ligação Y- Δ : - abaixadores de tensão.

Ligação Δ -Y - trafos elevadores de tensão.

Ligação Δ - Δ Permite a ligação em Δ aberto, ou V -V

Ligação Y-Y :

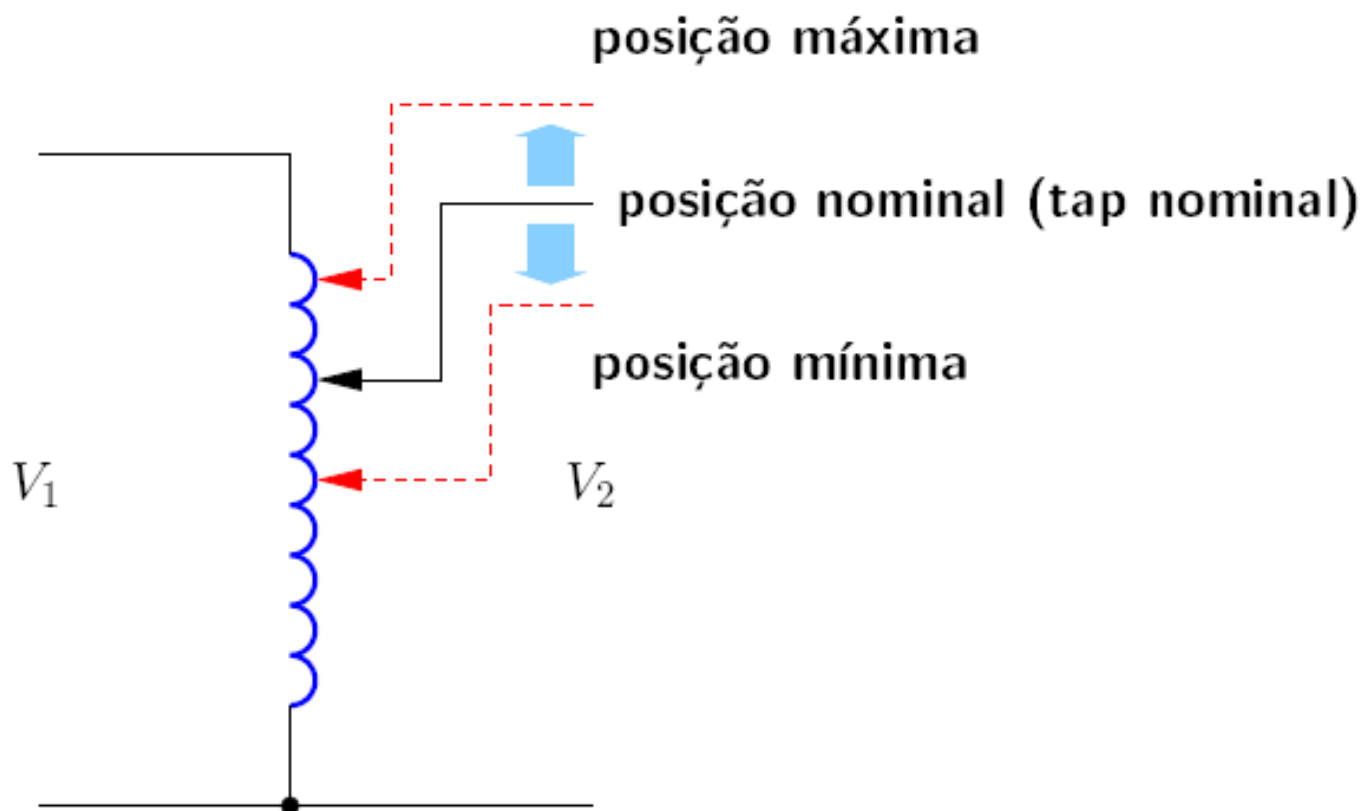
Ligação raramente usada pois terceiras harmônicas de correntes de excitação introduzem distorções nas formas de onda.

Transformadores Controladores

Transformadores com arranjo construtivo diferenciado que permite sua atuação, automatizada ou não, sobre variáveis elétricas do sistema.

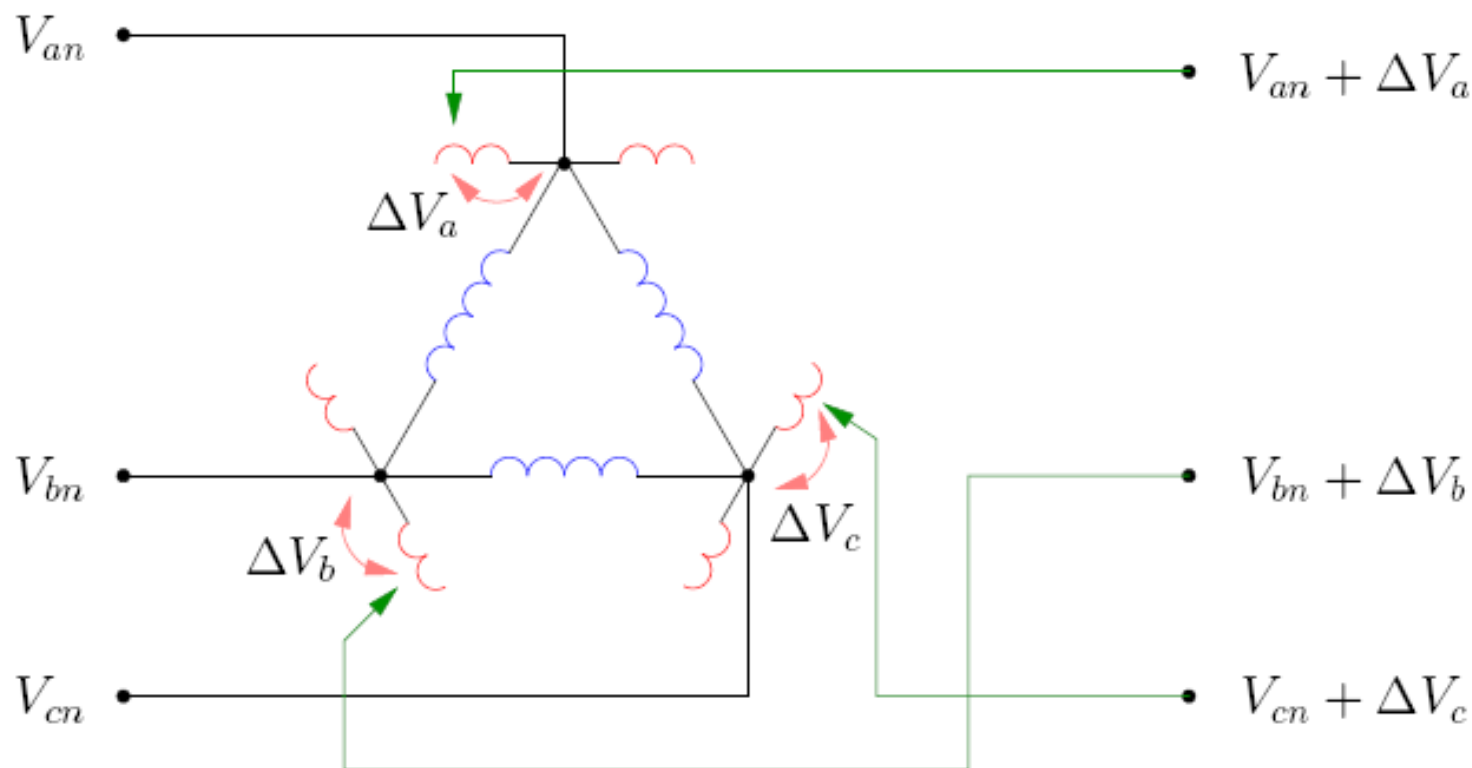
- ▶ Transformador com *tap* variável : atua no controle de tensão
- ▶ Transformador defasador: atua no controle do fluxo de potência

Transformadores com tap variável : atua no controle de tensão



Transformador defasador

Introduz uma defasagem entre as tensões de entrada e saída, para controlar o fluxo de potência ativa.



Dispositivos de Controle

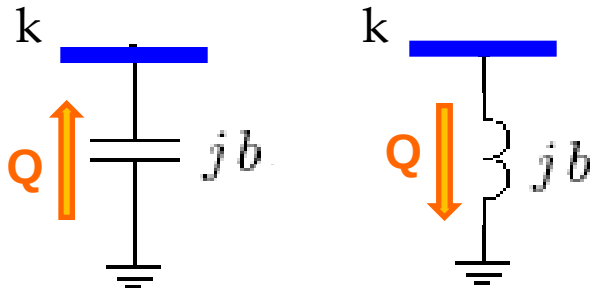
Equipamentos/estruturas eletromecânicos ou estáticos (convencionais ou eletrônicos) que atuam, no lado de alta tensão da rede elétrica, no controle de variáveis elétricas do sistema.

- ▶ Controladores paralelos ou *shunt*: conectados à determinadas barras
- ▶ Controladores série: conectados entre barras
- ▶ Controladores série/shunt

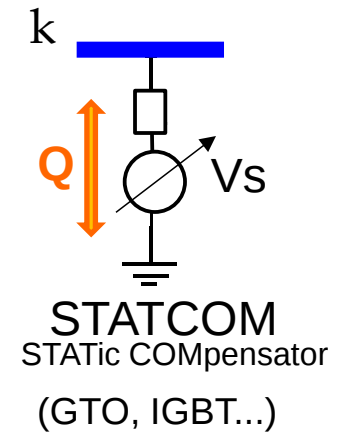
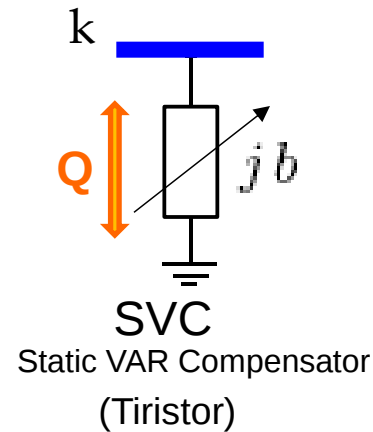
Controladores *Shunt* – Controle de Tensão

Compensadores Estáticos:

Convencionais

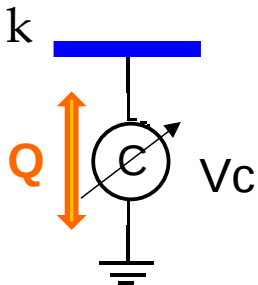


Eletrônicos (FACTS)
Flexible AC Transmission Systems



Compensador Síncrono

(máquina síncrona com $P=0$)

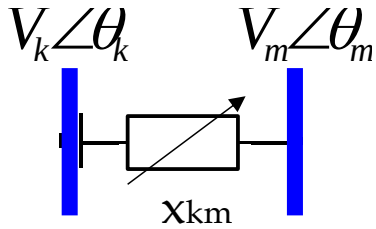


$$Q_{sh_k} = -V_k^2 \cdot b$$

Compensadores Série – *Controle de Fluxo*

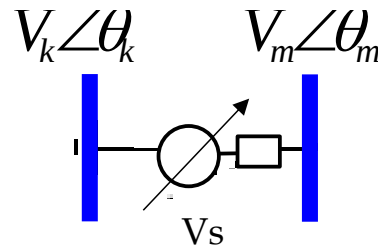
TCSC

Thyristor Controlled Series Capacitor



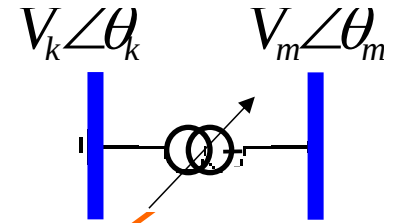
SSSC

Static Synchronous Series Compensator



TCPAR

Thyristor Controlled Phase Angle Regulator

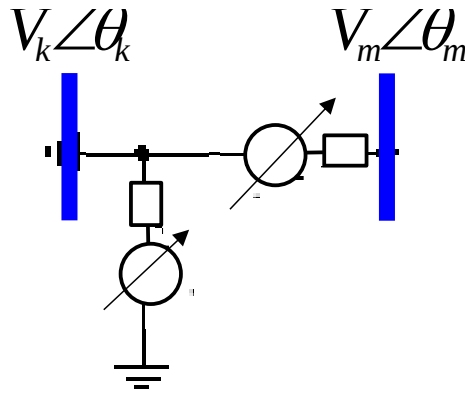


$$P_{km} = \frac{V_k \cdot V_m}{X} \sin(\theta_k - \theta_m)$$

Outros Controladores Estáticos de Fluxo

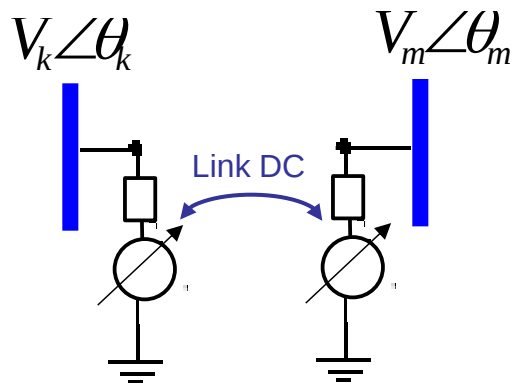
UPFC

Unified Power Flow Controller



controla $\left\{ \begin{array}{l} P_{km} \\ Q_{km} \\ V_k \end{array} \right.$

HVDC-B2B



controla $\left\{ \begin{array}{l} P_{km} \\ Q_{km} \end{array} \right.$