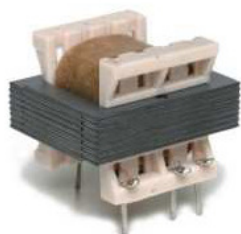


Transformadores – aplicações

As principais aplicações dos transformadores são:

- Adequar os níveis de tensão em sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.
- Isolar eletricamente sistemas de controle e eletrônicos do circuito de potência principal (toda a energia é transferida somente através do campo magnético).
- Realizar casamento de impedância de forma a maximizar a transferência de potência.
- Evitar que a corrente contínua de um circuito elétrico seja transferida para o outro circuito elétrico.
- Realizar medidas de tensão e corrente.
- Etc (transformador de áudio, etc)

Transformadores



Transformadores



Fig. 22a/b: three-phase transformer 100 kVA (Ortea)

Transformadores

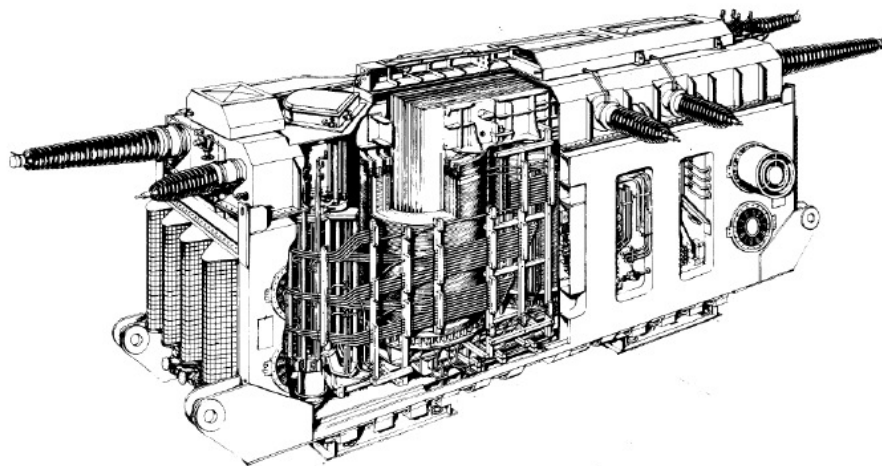


Fig. 21: three-phase transformer 150 MVA (ABB)

Transformadores



transformador utilizado em sistemas de distribuição (alimentação da rede secundária)

Transformadores



transformador utilizado em subestação de sistemas industriais

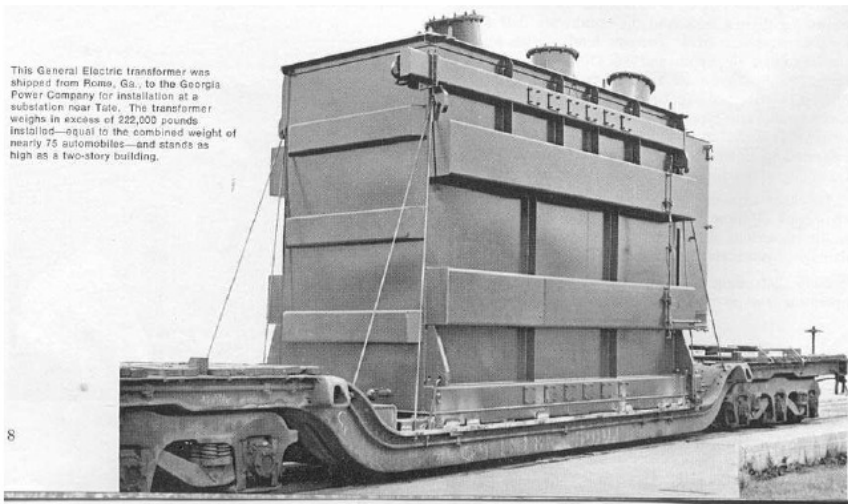
Transformadores

transformador utilizado em subestação de sistemas de distribuição
(cerca de 3,5 metros de altura)



Transformadores

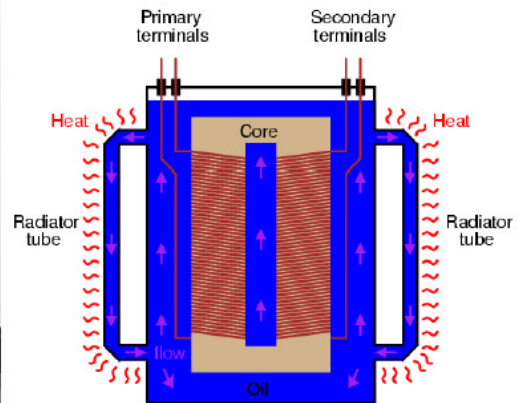
This General Electric transformer was shipped from Rome, Ga., to the Georgia Power Company for installation at a substation near Tule. The transformer weighs in excess of 22,000 pounds. Installed—equal to the combined weight of nearly 75 automobiles—and stands as high as a two-story building.



Transformadores



Corte em um transformador
(bobinas, buchas, radiador)



Transformadores



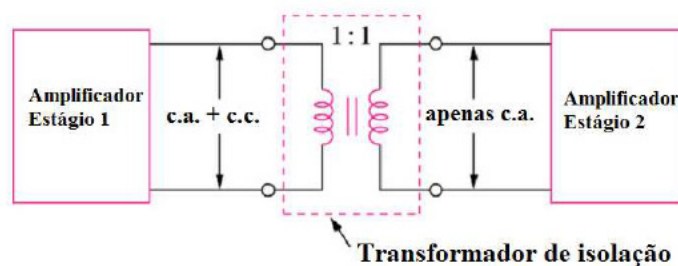
Transformadores

Transformador utilizado para realizar casamento de impedância em circuito impresso.



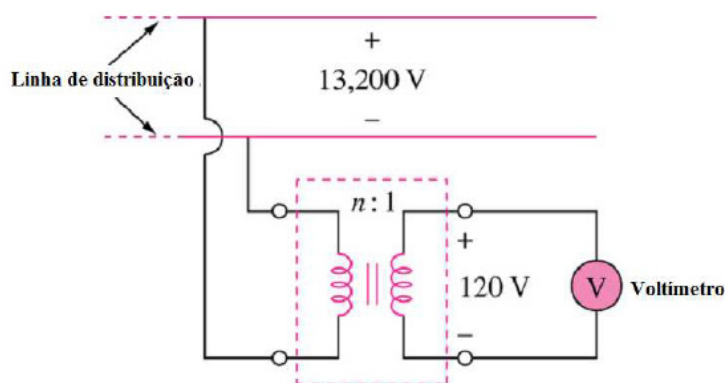
Transformadores – Isolação elétrica

Isolação **elétrica** entre dois dispositivos existe quando não conexão física entre eles através de condutores elétricos. Na figura abaixo, o transformador evita que a corrente contínua de um circuito elétrico seja transferida para o outro circuito elétrico.

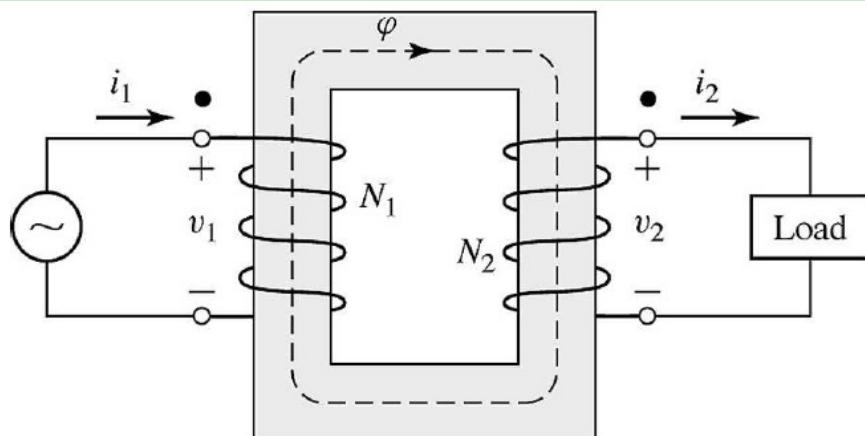


Transformadores – Isolação da alta tensão

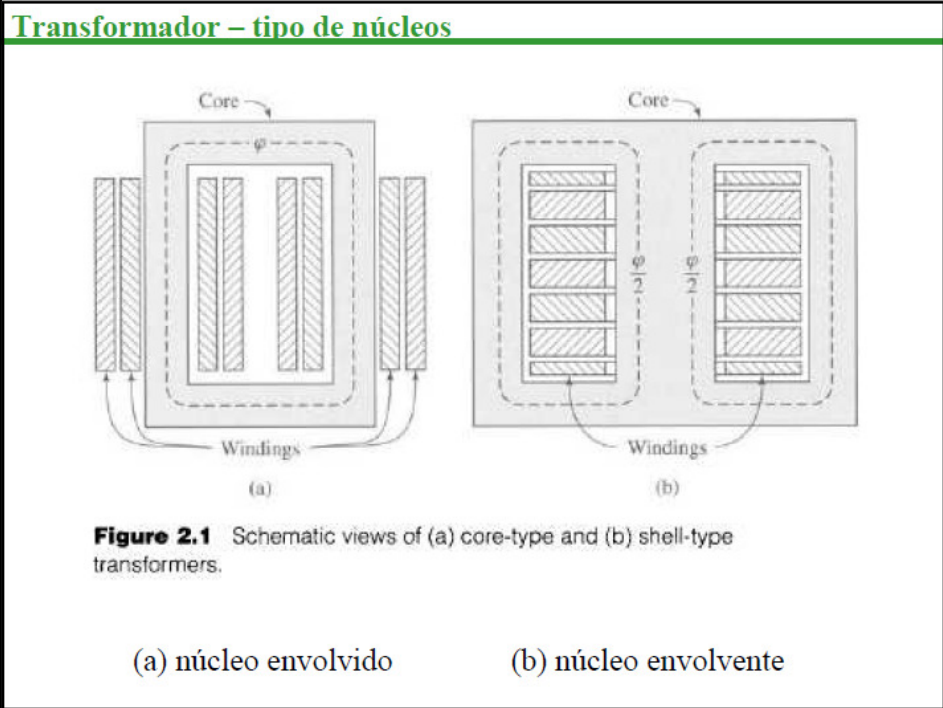
Um transformador pode fornecer isolação entre linhas de distribuição e dispositivos de medição (e.g., voltímetro.)



Transformador – diagrama equivalente



- ✓ O transformador tem a função de transformar energia elétrica c.a. de um determinado nível de tensão para um outro nível de tensão através da ação de um campo magnético.
- ✓ Esse dispositivo consiste de duas ou mais bobinas enroladas em um núcleo ferromagnético.
- ✓ Normalmente, a única conexão entre essas bobinas é o fluxo magnético que circula pelo núcleo ferromagnético (com exceção do autotransformador).



Transformador – tipo de núcleos

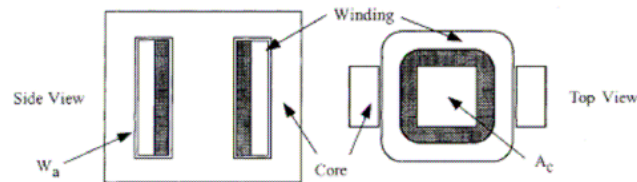


Figure 12-4. Illustrating a Shell Type Transformer.

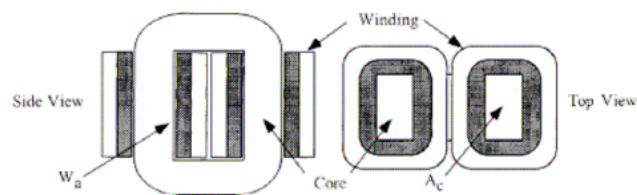
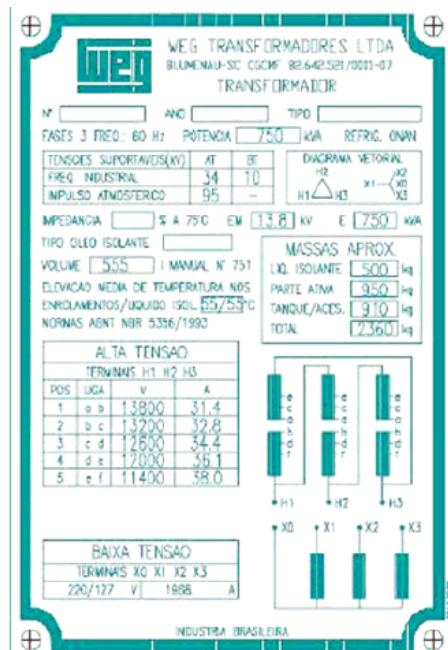


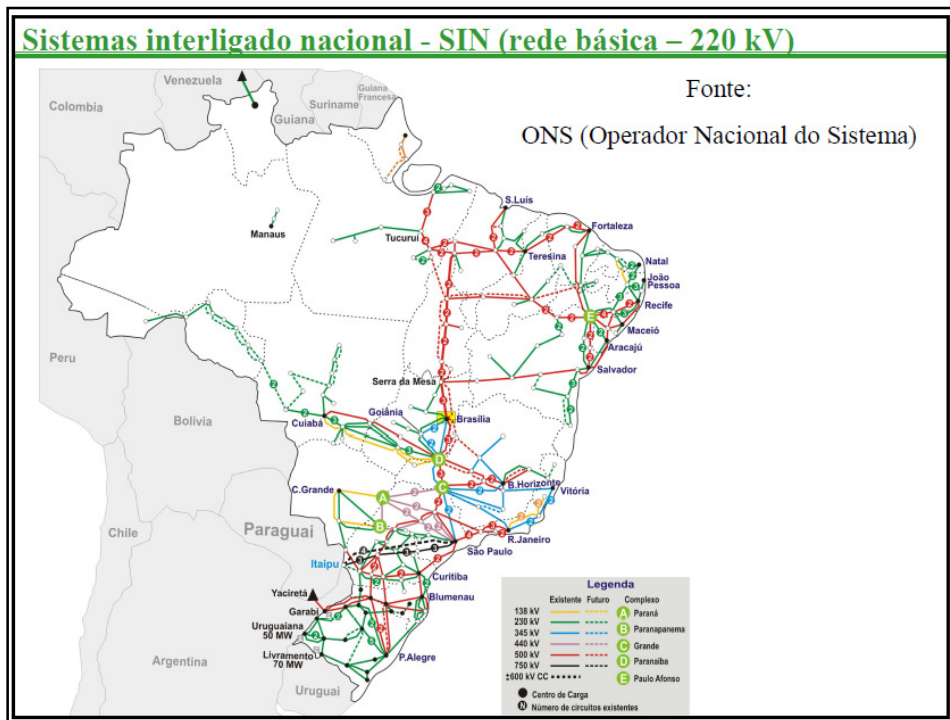
Figure 12-5. Illustrating a Core Type Transformer.

Dados de placa transformador trifásico

Entre as informações fornecidas pela placa encontram-se:

- nome e dados do fabricante;
- numeração da placa;
- indicação das NBR;
- potência (kVA);
- impedância equivalente (%);
- tensões nominais (AT e BT);
- tipo de óleo isolante;
- diagramas de ligações;
- diagrama fasorial;
- massa total (kg);
- volume total do líquido (l).





Sistemas interligado nacional (rede básica – 220 kV)

TENSÃO (kV)	REDE BÁSICA		SISTEMA DE TRANSMISSÃO	
	Extensão (km)	No. de circuitos	Extensão (km)	No. de circuitos
230	34.509,6	426	35.480,6	535
345	9.040,7	106	9.046,3	113
440	6.812,8	42	6.812,8	42
500	27.342,4	141	28.554,8	198
600 CC	-	-	3.224,0	4
750	1.722,0	6	2.698,0	9
TOTAL	79.427,5	721	85.816,5	901

Fonte: ONS

Sistemas interligado nacional (rede básica – 220 kV)

CAPACIDADE DE TRANSFORMAÇÃO EM MVA				
TENSÃO (kV)	REDE BÁSICA		SISTEMA DE TRANSMISSÃO	
	Potência (MVA)	No. de transformadores	Potência (MVA)	No. de transformadores
230	35.393	403	52.327	538
345	24.703	92	29.750	127
440	14.229	40	22.751	100
500	52.484	92	100.682	197
750	12.750	8	12.750	8
TOTAL	139.559	635	218.260	970

Custo

$$(1) \quad C = (19.800)S^{0,75} + (1,55)NBI^{1,75}$$

$C =$ custo em U\$

$S =$ potência nominal em MVA

$NBI =$ Nível Básico de Isolamento em kV

Exemplo:

$S = 15$ MVA; $RT = 138/13,8$; $NBI = 550$ kV

$C \approx$ U\$ 250,000.00

O custo de um transformador pode chegar a 60% do custo total de subestações de distribuição, industriais ou de conexão. (pode custar Milhões U\$)

Custo

480v Delta Primary, 208v wye / 120v secondary, three phase, 60HZ, may be used on a 4 wire 480/277 volt supply

KVA	Shipping weight, lbs	Catalog Number	List Price
3.0	75 lbs	T-2A-53308-1S	\$945
6.0	140	T-2A-53309-1S	\$1212
9.0	180	T-2A-53310-1S	\$1488
15.0	250	T-3-53311-1S	\$1590
25.0	290	T-3-53393-3S	\$2142
30.0	290	T-3-53312-3S	\$1973
37.5	400	T-3-53394-3S	\$2904
45.0	400	T-3-53313-3S	\$2200
50.0	475	T-3-53403-3S	\$3497
75.0	500	T-3-53314-3S	\$3277
112.5	750	T-2A-53315-3S	\$5021
150.0	970	T-2-53316	\$6670
225.0	1200	T-2-53317	\$8818
300.0	1550	T-2-53318	\$12110
500.0	2675	T-2-53319	\$20783
750.0	3600	T-2-53321	\$29952
1000.0	4300	T-2-53322	\$40495

Desastres



Desastres

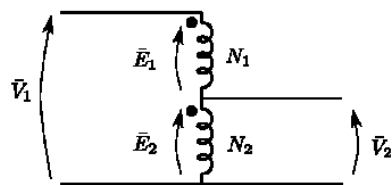


Autotransformador

O autotransformador é um transformador especial no qual parte do enrolamento é comum aos circuitos do primário e do secundário.

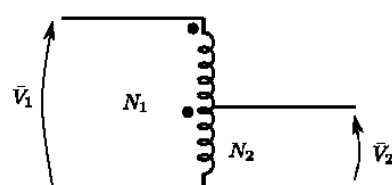
Ele pode ser visto (e analisado) como um transformador de dois enrolamentos ligados em série ou como um transformador com um único enrolamento de onde se deriva o primário e o secundário.

Transformador de dois enrolamentos



Transformador comum operando como autotransformador

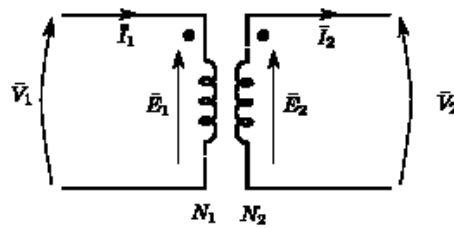
Transformador de um enrolamento



Transformador já fabricado como autotransformador

Autotransformador: análise como um transformador de dois enrolamentos

Transformador convencional:



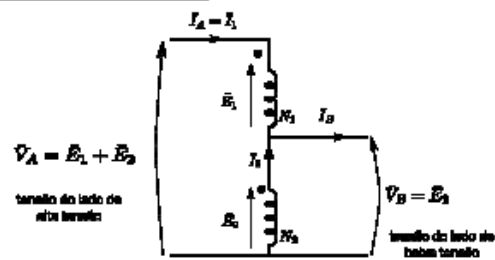
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = a$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{a}$$

$$|S| = V_1 I_1 = V_2 I_2$$

Autotransformador: análise como um transformador de dois enrolamentos

Conectado como um autotransformador



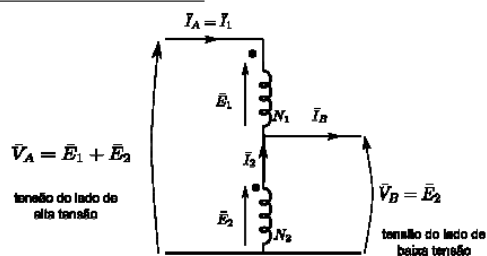
Relação de tensão:

$$\bar{V}_A = \bar{E}_1 + \bar{E}_2 = \frac{N_1}{N_2} \bar{E}_2 + \bar{E}_2 = \left(\frac{N_1 + N_2}{N_2} \right) \bar{E}_2 = \left(\frac{N_1 + N_2}{N_2} \right) \bar{V}_B$$

$$\frac{\bar{V}_A}{\bar{V}_B} = \frac{N_1 + N_2}{N_2} = (a + 1) \Rightarrow \text{trafo abaixador de tensão}$$

Autotransformador: análise como um transformador de dois enrolamentos

Conectado como um autotransformador



Relação de corrente:

$$\bar{I}_A + \bar{I}_2 = \bar{I}_A + \frac{N_1}{N_2} \bar{I}_A = \left(\frac{N_1 + N_2}{N_2} \right) \bar{I}_A = \bar{I}_B$$

$$\frac{\bar{I}_A}{\bar{I}_B} = \frac{N_2}{N_1 + N_2} = \left(\frac{1}{a+1} \right) \Rightarrow \text{trafo elevador de corrente}$$