



Modelo Elétrico de Transformadores

2 enrolamentos (2W)

Helon David de Macêdo Braz
helon@cear.ufpb.br



Transformadores aparecem na estrutura dos SEPs sempre que se deseja fazer uma mudança entre níveis de tensão.

Mas...

Mudar níveis de tensão com que objetivo?





A usina de Xingó/CHESF tem 6 geradores de 527 MW e 18 kV.
Supondo que ela opere com um fator de potência unitário:

`%% Dados de Entrada`

```
S = 527;           % MVA
V = 18;            % kV
Z = 0.1;           % Ohm
```

`%% Processamento`

```
I = conj(S / (sqrt(3) * V)); % kA
dV = Z * I;                 % kV
dS = 3 * Z * abs(I)^2;      % MW
```

`%% Resultados`

```
fprintf('[Corrente de linha]    I = %8.4f kA\n', I);
fprintf('[Queda de tensão]      dV = %8.4f kV\n', dV);
fprintf('[Perdas]                 dS = %8.4f MW\n', dS);
```



A usina de Xingó/CHESF tem 6 geradores de 527 MW e 18 kV.
Supondo que ela opere com um fator de potência unitário:

```
%% Dados de Entrada
```

```
S = 527;           % MVA
V = 18;            % kV
```

```
% [Corrente de linha]      I = 16.9035 kA
% [Queda de tensão]        dV = 1.6904 kV
% [Perdas]                 dS = 85.7188 MW
```

```
%% Resultados
```

```
fprintf('[Corrente de linha]      I = %8.4f kA\n',I);
fprintf('[Queda de tensão]        dV = %8.4f kV\n',dV);
fprintf('[Perdas]                 dS = %8.4f MW\n',dS);
```



Um pouco de história (<http://edisontechcenter.org/Transformers.html>)





Um pouco de história (<http://edisontechcenter.org/Transformers.html>)

Primeiro transformador eficiente construído, 1885, William Stanley (EUA), Westinghouse





Um pouco de história (<http://edisontechcenter.org/Transformers.html>)

Evolução...



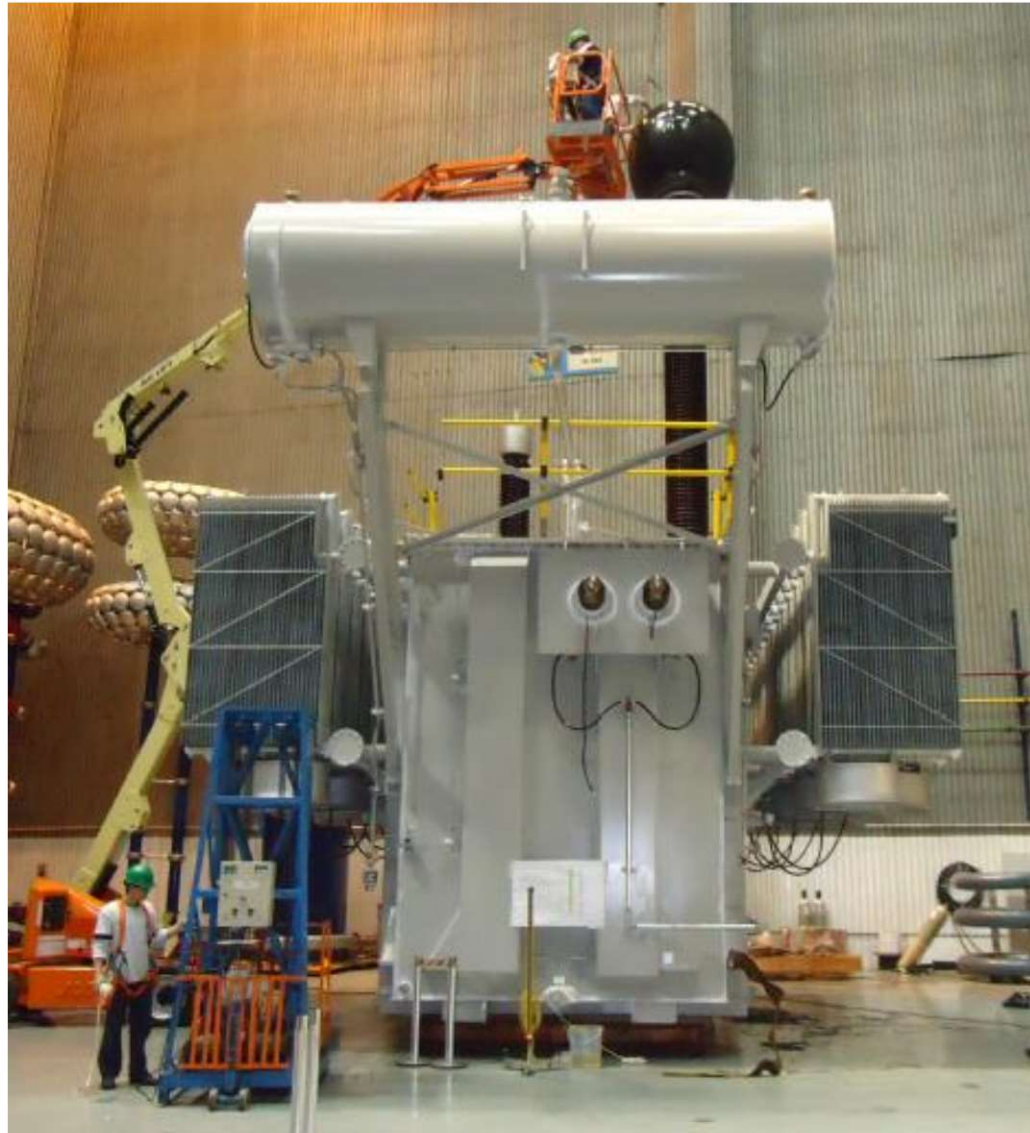


Transformadores de potência hoje...





Transformador Monofásico de 400 MVA – SE Pecém



Transformadores



Transformadores



Subestação de Distribuição Rio Largo – 69/13,8 kV

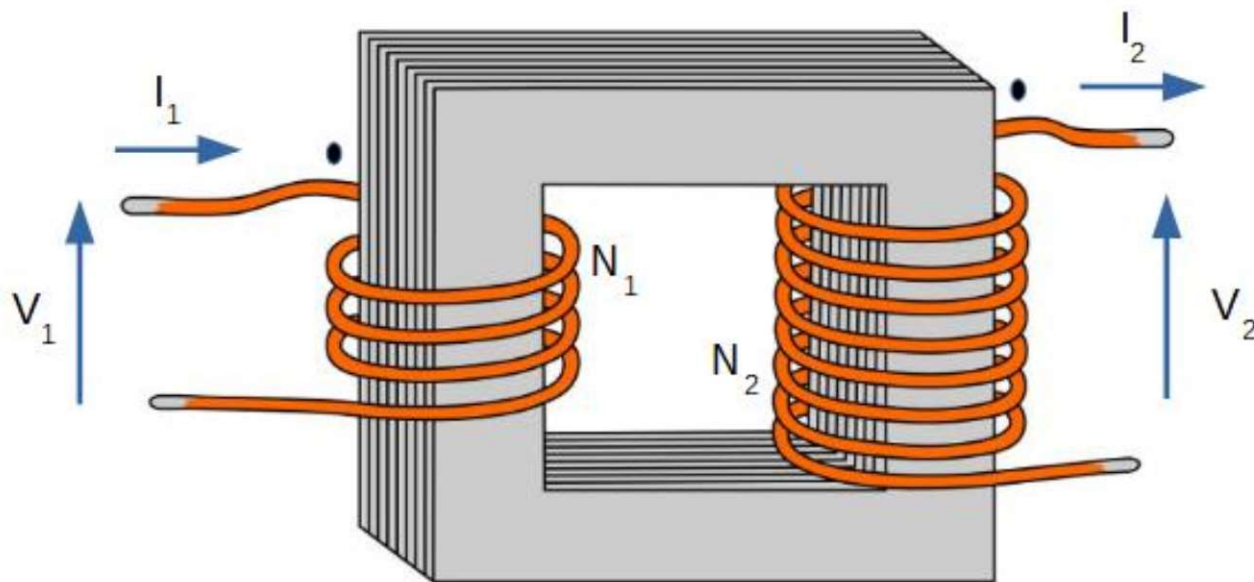




Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Ideal:

- a) μ infinito $\rightarrow$ todo fluxo fica confinado no núcleo, logo enlaça igualmente P e S;
- b) resistência nos condutores é nula; e
- c) perdas no núcleo são nulas.



Temos:

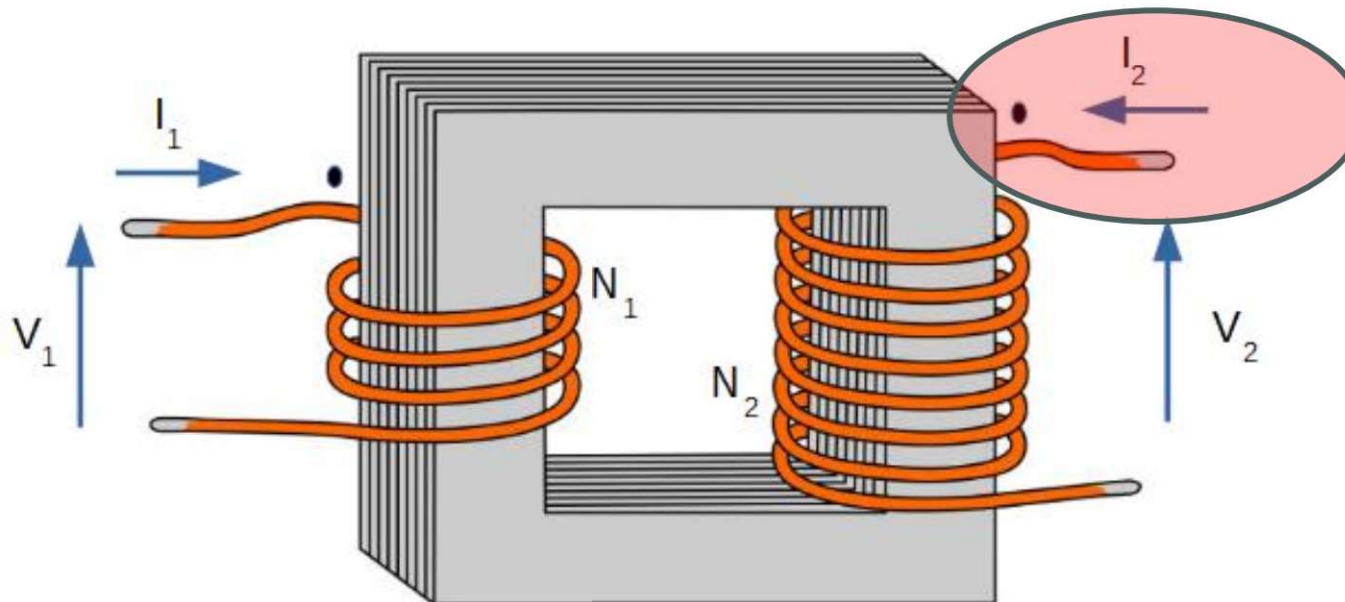
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

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



Transformador Ideal

E se:



As equações continuariam valendo?

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



Transformador Ideal

A resposta é Não!

O melhor é pensar nas correntes em termos de “potência”:

$$\boxed{V_1 I_1^* + V_2 I_2^* = 0} \rightarrow \boxed{V_1 I_1^* = -V_2 I_2^*} \rightarrow \boxed{\frac{V_1}{V_2} = \frac{-I_2^*}{I_1^*}} \rightarrow \boxed{\frac{N_1}{N_2} = \frac{-I_2^*}{I_1^*}}$$

Logo: $\boxed{\frac{I_2}{I_1} = \frac{-N_1}{N_2}}$

Atenção com isso!



Transformador Ideal

Retornando ao sentido de I_2 saindo do transformador...

Considere que uma carga com impedância Z foi ligada no secundário:

$$Z_2 = \frac{V_2}{I_2} = \frac{V_1 \frac{N_2}{N_1}}{I_1 \frac{N_1}{N_2}} = \frac{V_1}{I_1} \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 = Z_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2$$

Logo:

$$Z_1 = Z_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

A impedância Z_1 é vista pelo circuito primário modificada!



Transformador Ideal

Relembrando...

Exemplo 1

Considere um transformador monofásico de 2 enrolamentos.

Se $N_1 = 2000$, $N_2 = 500$, $V_1 = 1200 \angle 0^\circ \text{ V}$ e $I_1 = 5 \angle -30^\circ \text{ A}$, calcule:

- a) A impedância Z_1 vista pelo primário;
- b) A corrente no circuito secundário I_2 ;
- c) A tensão na bobina do secundário V_2 ;
- d) A impedância conectada no secundário Z_2 ;
- e) A equação obtida para referenciar impedâncias entre enrolamentos foi efetiva?



Transformador Ideal

a) A impedância Z_1 vista pelo primário;

$$Z_1 = V_1 / I_1 = 1200 \angle 0^\circ / 5 \angle -30^\circ = \mathbf{240 \angle -30^\circ \text{ ohms.}}$$

b) A corrente no circuito secundário I_2 ;

$$I_2 = (N_1 / N_2) * I_1 = (2000 / 500) * 5 \angle -30^\circ = \mathbf{20 \angle -30^\circ \text{ A.}}$$

c) A tensão na bobina do secundário V_2 ;

$$V_2 = (N_2 / N_1) * V_1 = (500 / 2000) * 1200 \angle 0^\circ = \mathbf{300 \angle 0^\circ \text{ V.}}$$



Transformador Ideal

d) A impedância conectada no secundário Z_2 ;

$$Z_2 = V_2 / I_2 = 300 \angle 0^\circ / 20 \angle -30^\circ = \mathbf{15 \angle 30^\circ \text{ Ohms.}}$$

e) A equação obtida para referenciar impedâncias entre enrolamentos foi efetiva?

$$Z_1 = V_1 / I_1 = 1200 \angle 0^\circ / 5 \angle -30^\circ = \mathbf{240 \angle 30^\circ \text{ Ohms.}}$$

Referindo:

$$Z_1 = Z_2 * (N_1/N_2)^2 = 15 \angle 30^\circ * (2000/500)^2 = 15 \angle 30^\circ * 16 = \mathbf{240 \angle 30^\circ \text{ Ohms.}}$$

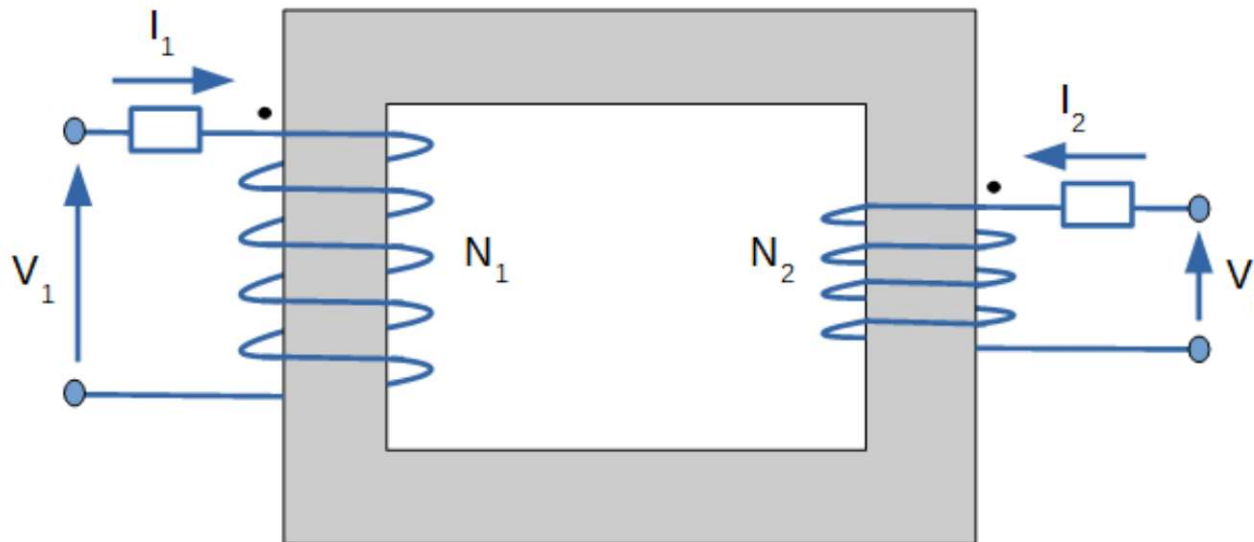
Sim. A equação foi efetiva!



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real:

- a) μ não é infinito $\rightarrow$ há fluxo disperso que enlaça um enrolamento e não o outro;
- b) a resistência dos condutores não é nula; e
- c) as perdas no núcleo não são nulas.



Vamos deixar (c) de lado por hora... Observe o sentido de I_2 .



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real:

Imagine que o enrolamento 2 está aberto.

Injetamos uma corrente i_1 no enrolamento 1, gerando fluxo magnético:

$$\phi_{11} = \phi_{21} + \phi_{l1}$$

Em que:

ϕ_{11} é o fluxo total produzido por i_1 ;

ϕ_{21} é o fluxo que enlaça o enrolamento 2, produzido por i_1 ; e

ϕ_{l1} é o fluxo que se dispersa no ar que envolve o enrolamento 1.



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real:

Em termos de fluxo concatenado:

$$\lambda_{11} = N_1 \phi_{11} = L_{11} i_1 \quad \lambda_{21} = N_2 \phi_{21} = L_{21} i_1$$

Em que:

λ_{11} é o fluxo concatenado no enrolamento 1 produzido por i_1 ;

L_{11} é a indutância própria de 1;

λ_{21} é o fluxo concatenado no enrolamento 2 produzido por i_1 ; e

L_{21} é uma indutância mútua entre 2 e 1.

Fazendo o inverso: supondo o enrolamento 1 aberto e injetando corrente i_2 ...



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real:

Injetamos uma corrente i_2 no enrolamento 2, gerando fluxo magnético:

$$\phi_{22} = \phi_{12} + \phi_{l2}$$

Em que:

ϕ_{22} é o fluxo total produzido por i_2 ;

ϕ_{12} é o fluxo que enlaça o enrolamento 1, produzido por i_2 ; e

ϕ_{l2} é o fluxo que se dispersa no ar que envolve o enrolamento 2.



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real:

Em termos de fluxo concatenado:

$$\lambda_{22} = N_2 \phi_{22} = L_{22} i_2 \quad \lambda_{12} = N_1 \phi_{12} = L_{12} i_2$$

Em que:

λ_{22} é o fluxo concatenado no enrolamento 2 produzido por i_2 ;

L_{22} é a indutância própria de 2;

λ_{12} é o fluxo concatenado no enrolamento 1 produzido por i_2 ; e

L_{12} é uma indutância mútua entre 1 e 2.

Quando as correntes ocorrem simultaneamente, há sobreposição...



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real:

Temos os fluxos concatenados totais dos enrolamentos:

$$\lambda_1 = \lambda_{11} + \lambda_{12}$$

$$\lambda_2 = \lambda_{22} + \lambda_{21}$$

Substituindo as expressões anteriores e organizando de forma matricial:

$$\begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{21} & L_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

Observe que as indutâncias mútuas ficaram com sinal positivo. Esse resultado é consequência da escolha do sentido das correntes...

Pois, as correntes geram fluxos dentro do núcleo no mesmo sentido.



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real:

Se o fluxo concatenado varia ao longo do tempo, ocorrem tensões induzidas:

$$v_1 = r_1 i_1 + \frac{d\lambda_1}{dt} = r_1 i_1 + L_{11} \frac{di_1}{dt} + L_{12} \frac{di_2}{dt}$$

$$v_2 = r_2 i_2 + \frac{d\lambda_2}{dt} = r_2 i_2 + L_{21} \frac{di_1}{dt} + L_{22} \frac{di_2}{dt}$$

Considerando o regime permanente, com correntes e tensões senoidais, podemos escrever essas equações na forma fasorial:

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 + j\omega L_{11} & j\omega L_{12} \\ j\omega L_{21} & r_2 + j\omega L_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real:

Nessa formulação, obtivemos a **matriz de impedâncias** do transformador.

Também podemos definir a **matriz de admitâncias** do transformador:

$$\begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{bmatrix}^{-1}$$

Nesse caso:

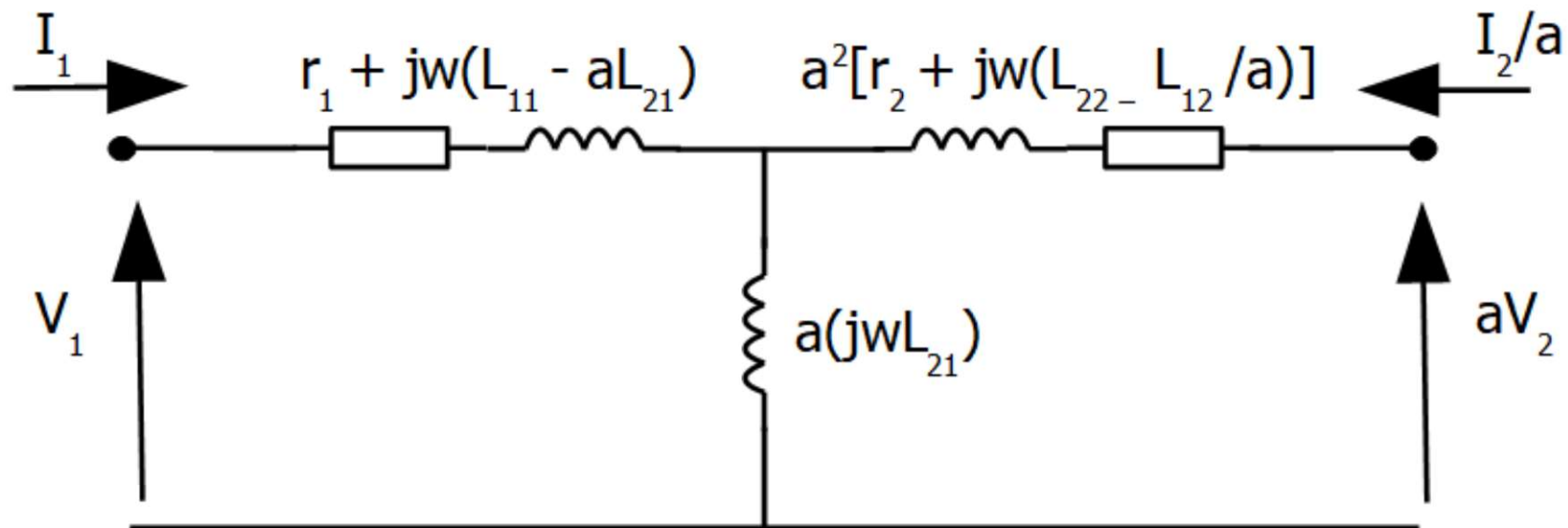
$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real:

O circuito elétrico que reproduz as equações desenvolvidas é mostrado a seguir:



Em que:
$$a = \frac{N_1}{N_2}$$



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real:

Observe as indutâncias desse circuito:

$$L_{11} - aL_{21} = \frac{\lambda_{11}}{i_1} - a \frac{\lambda_{21}}{i_1} = N_1 \frac{\phi_{11}}{i_1} - a N_2 \frac{\phi_{21}}{i_1} = N_1 \frac{\phi_{11}}{i_1} - N_1 \frac{\phi_{21}}{i_1}$$

$$L_{11} - aL_{21} = N_1 \frac{(\phi_{11} - \phi_{21})}{i_1} = N_1 \frac{\phi_{l1}}{i_1} = L_{l1}$$

A indutância L_{l1} é a constante que relaciona o fluxo disperso do enrolamento 1 com a corrente i_1 .

Se houvesse um material com permeabilidade infinita, o fluxo disperso seria nulo e consequentemente, não teríamos indutância associada ao enrolamento 1.



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real:

Observe as indutâncias desse circuito:

$$L_{22} - \frac{L_{12}}{a} = \frac{\lambda_{22}}{i_2} - \frac{\lambda_{12}}{a i_2} = N_2 \frac{\phi_{22}}{i_2} - N_1 \frac{\phi_{12}}{a i_2} = N_2 \frac{\phi_{22}}{i_2} - N_2 \frac{\phi_{12}}{i_2}$$

$$L_{22} - \frac{L_{12}}{a} = N_2 \frac{(\phi_{22} - \phi_{12})}{i_2} = N_2 \frac{\phi_{l2}}{i_2} = L_{l2}$$

A indutância L_{l2} é a constante que relaciona o fluxo disperso do enrolamento 2 com a corrente i_2 .

Se houvesse um material com permeabilidade infinita, o fluxo disperso seria nulo e consequentemente, não teríamos indutância associada ao enrolamento 2.



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real:

Observe as indutâncias desse circuito:

$$a L_{21} = a \frac{\lambda_{21}}{i_1} = a N_2 \frac{\phi_{21}}{i_1} = N_1 \frac{\phi_{21}}{i_1}$$

Observe que L_{21} é a indutância que relaciona o fluxo mútuo provocado pela corrente do enrolamento 1 no enrolamento 2.

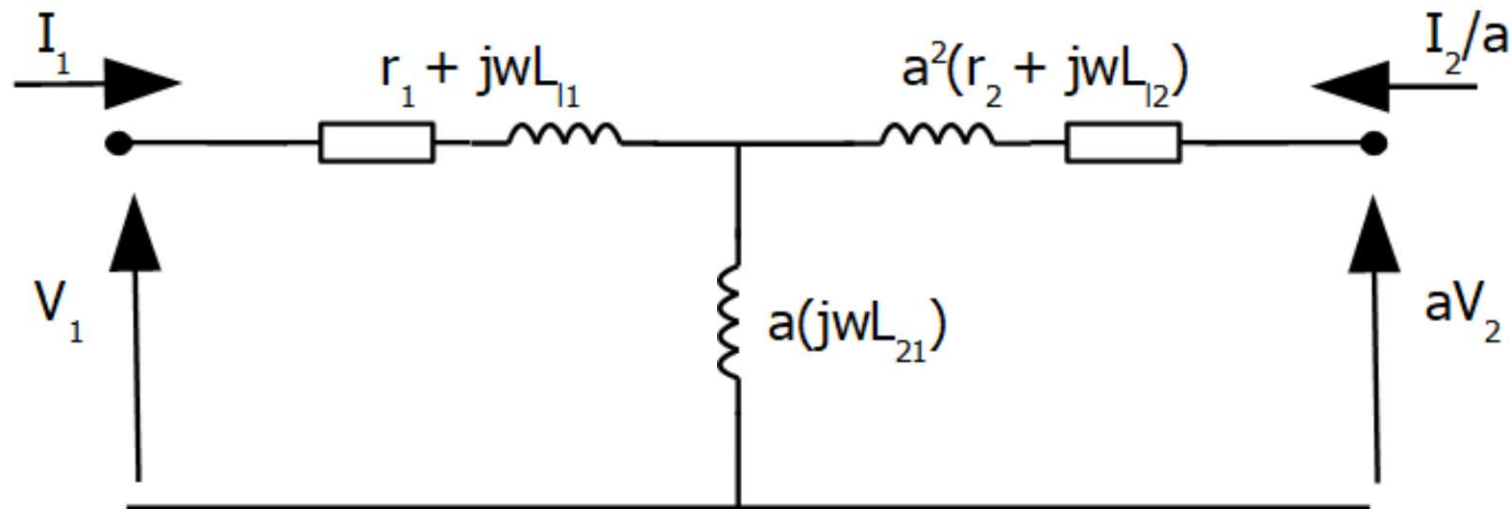
Essa indutância é nomeada de **Indutância de Magnetização**.

De posse dessas novas grandezas, podemos redesenhar o modelo...



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real:



Esse circuito reproduz as equações desenvolvidas, mas tem inconvenientes:

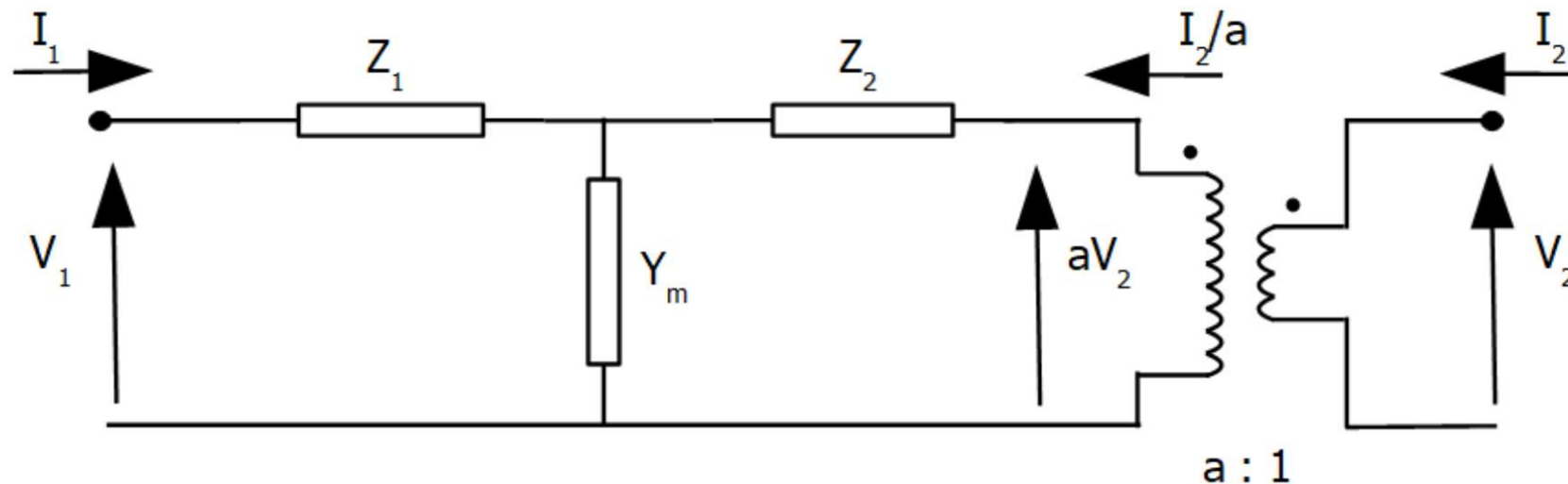
- 1) Não fica evidente a transformação realizada nas tensões e correntes;
- 2) Não fica evidente o isolamento elétrico proporcionado pelo transformador;
- 3) **Esse modelo não considera as perdas no núcleo (letra c ficou de fora...)**



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real:

A solução para os inconvenientes 1 e 2 é simples e consiste em acrescentar um transformador ideal ao modelo:



Em que:

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

$$Z_1 = r_1 + j\omega L_{l1}$$

$$Z_2 = a^2(r_2 + j\omega L_{l2})$$

$$Y_m = \frac{-1}{a\omega L_{21}} j$$



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real:

O mesmo circuito pode ser usado para resolver o inconveniente 3. A solução consiste em redefinir Y_m , adicionando uma condutância G_c para modelar as perdas no núcleo.

Essas perdas se originam de dois fenômenos:

Histerese → calor gerado pela mudança no sentido do fluxo magnético que ocorre de forma cíclica no núcleo quando magnetizado. Pode ser mitigado pela melhoria no material do núcleo – ligas.

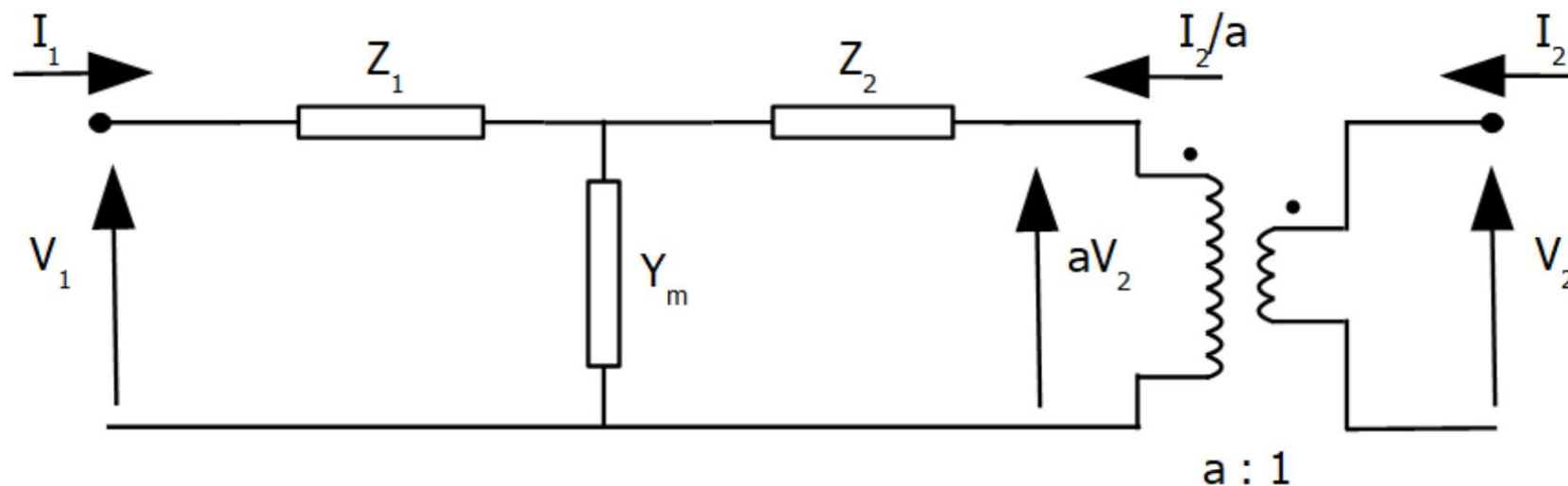
Correntes de Foucault → calor gerado pela circulação de corrente no núcleo induzida pela variação de direção cíclica do fluxo magnético. Pode ser mitigado ao construir o núcleo com folhas de material laminado.



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real:

O circuito elétrico do transformador de 2 enrolamentos pode ser finalmente apresentado:



Em que:

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

$$Z_1 = r_1 + j\omega L_{l1}$$

$$Z_2 = a^2(r_2 + j\omega L_{l2})$$

$$Y_m = G_c - \frac{1}{a\omega L_{21}}j$$



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real Simplificado (**Sistemas de Potência**):

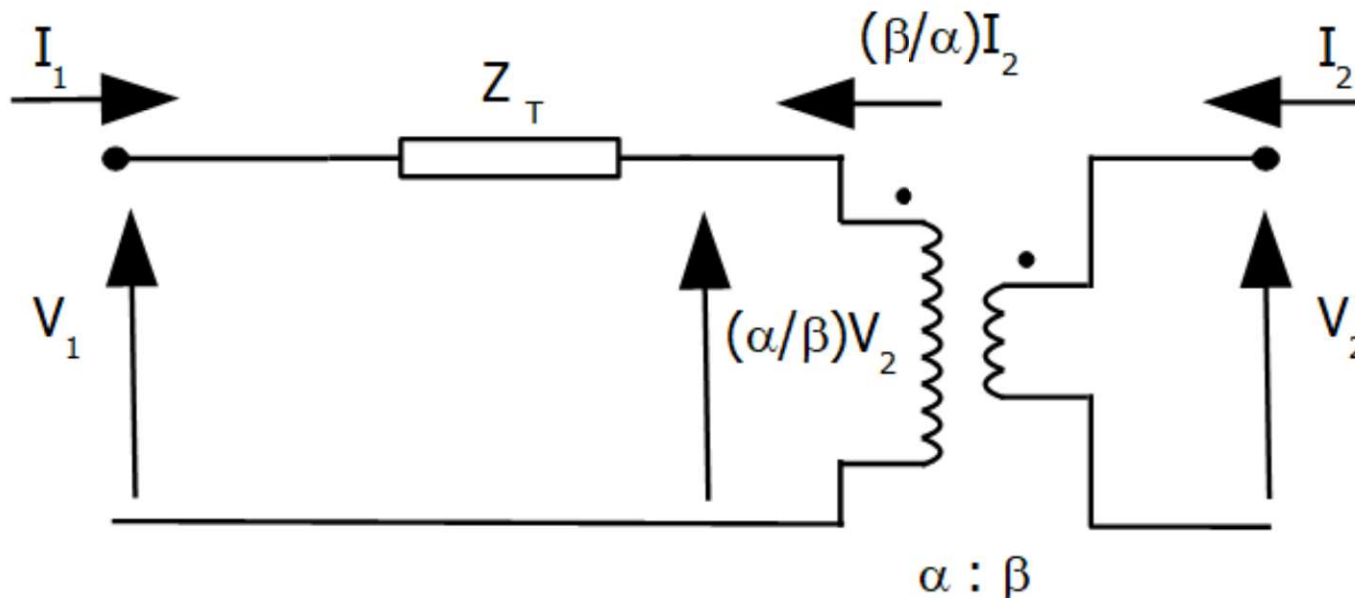
Podemos simplificar o modelo do transformador de potência desprezando o ramo de magnetização, uma vez que sua corrente é significativamente menor que a corrente nominal do transformador. Também vamos deixar o transformador ideal com relação de transformação qualquer... modelo genérico.

Temos:

$$Z_T = Z_1 + Z_2$$

Alternativamente:

$$Y_T = \frac{1}{Z_T}$$





Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real Simplificado:

Para esse modelo, como podemos construir a matriz **$\mathbf{Y}_{nodal}$** ?



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

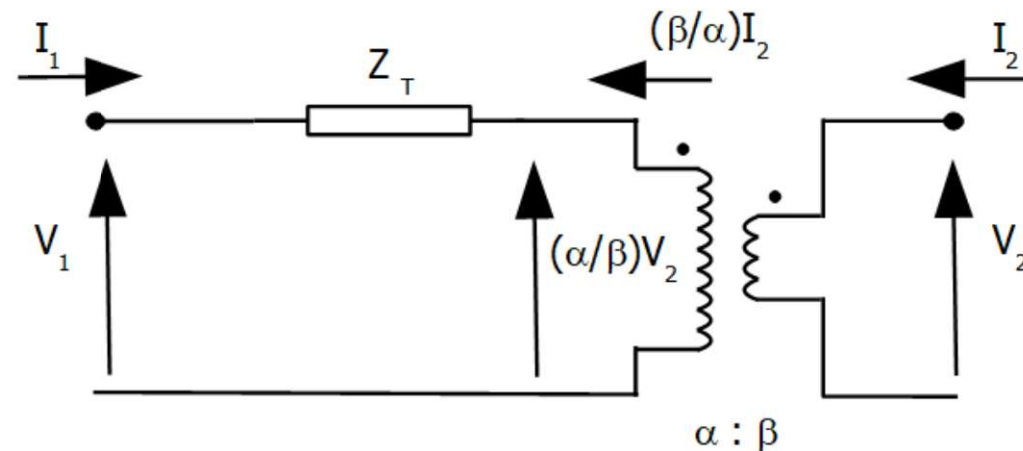
Transformador Real Simplificado:

Para esse modelo, como podemos construir a matriz **Ynodal**?

Temos:

$$I_1 = (V_1 - (\frac{\alpha}{\beta})V_2)Y_T$$

$$I_2 = -(\frac{\alpha}{\beta})I_1 \rightarrow$$



$$I_2 = -(\frac{\alpha}{\beta})(V_1 - (\frac{\alpha}{\beta})V_2)Y_T = (-(\frac{\alpha}{\beta})V_1 + (\frac{\alpha}{\beta})^2 V_2)Y_T$$

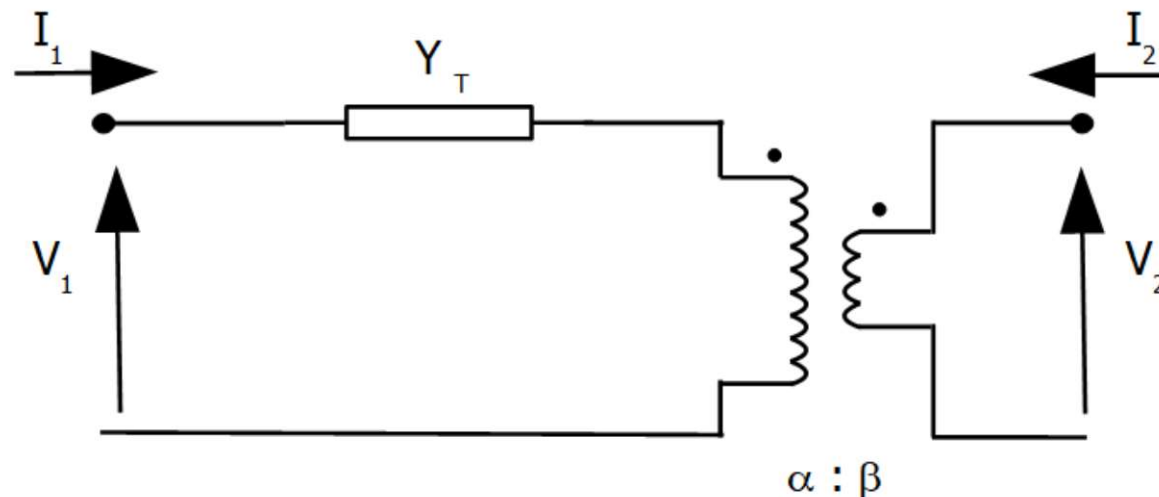


Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real Simplificado:

Organizando na forma matricial...

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -(\frac{\alpha}{\beta}) \\ -(\frac{\alpha}{\beta}) & (\frac{\alpha}{\beta})^2 \end{bmatrix} Y_T \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$



Observe que Y_T está referida ao mesmo lado do valor α .

1 e 2 são as barras de conexão do transformador.

Podemos ter:

1 – AT e 2 – BT

ou

1 – BT e 2 – AT



Funcionamento (resumo do Capítulo 2 do Stevenson)

Transformador Real Simplificado:

Como ficaria esse modelo em pu?

Exemplo 2:

Calcule a matriz Ynodal em S de um transformador monofásico de **15 MVA**, com relação de transformação **69 : 13.8 kV** e sabendo que sua resistência de sequência positiva obtida por ensaio foi **$R_1 = 2.5 \Omega$** e sua reatância **$X_1 = 25 \Omega$** , ambas referidas ao lado **69 kV**.

Agora, calcule a Ynodal em pu:

$V_{BAT} = 69 \text{ kV}$, $V_{BBT} = 13.8 \text{ kV}$ e $S_B = 100 \text{ MVA}$.



`%% Dados de Entrada`

```
ZT = 2.5 + 25j;           % Ohms
alfa = 69;                % kV
beta = 13.8;              % kV
```

`%% Processamento`

```
YT = 1 / ZT;              % S
a = alfa/beta;             % sem dimensão
Ynodal = YT * [1 -a; -a a^2]; % S
```



`%% Resultados`

```
printRet = @(x) sprintf(' (%8.4f, %8.4f) ',real(x),imag(x));
printPol = @(x) sprintf(' (%8.4f@ %8.4f) ',abs(x),angle(x)*180/pi);

fprintf('YT = %s S\n',printRet(YT));
fprintf('YT = %s S\n',printPol(YT));
fprintf('\n');

fprintf('Ynodal = \n');
fprintf('%s %s\n',printRet(Ynodal(1,1)),printRet(Ynodal(1,2)));
fprintf('%s %s\n',printRet(Ynodal(2,1)),printRet(Ynodal(2,2)));
fprintf('S\n');

fprintf('Ynodal = \n');
fprintf('%s %s\n',printPol(Ynodal(1,1)),printPol(Ynodal(1,2)));
fprintf('%s %s\n',printPol(Ynodal(2,1)),printPol(Ynodal(2,2)));
fprintf('S\n');
```



```
% YT = ( 0.0040, -0.0396) S
% YT = ( 0.0398@ -84.2894) S
%
% Ynodal =
% ( 0.0040, -0.0396) ( -0.0198, 0.1980)
% ( -0.0198, 0.1980) ( 0.0990, -0.9901)
% S.
% Ynodal =
% ( 0.0398@ -84.2894) ( 0.1990@ 95.7106)
% ( 0.1990@ 95.7106) ( 0.9950@ -84.2894)
% S.
```



Calcule a Y_{nodal} em pu, com $V_{\text{BAT}} = 69 \text{ kV}$, $V_{\text{BBT}} = 13.8 \text{ kV}$ e $S_B = 100 \text{ MVA}$.

`%% Dados de Entrada`

```
VB1 = 69; % kV
SB = 100; % MVA
ZB1 = VB1^2/SB; % Ohms
ZT = 2.5 + 25j; % Ohms
```

`%% Processamento`

```
ZT_pu = ZT / ZB1; % pu
YT_pu = 1 / ZT_pu; % pu
Ynodal_pu = YT_pu * [1 -1; -1 1]; % pu
```



```
% YT_pu = ( 0.1886, -1.8855) S
% YT_pu = ( 1.8949@ -84.2894) S
%
% Ynodal =
% ( 0.1886, -1.8855) ( -0.1886, 1.8855)
% ( -0.1886, 1.8855) ( 0.1886, -1.8855)
% pu.
% Ynodal =
% ( 1.8949@ -84.2894) ( 1.8949@ 95.7106)
% ( 1.8949@ 95.7106) ( 1.8949@ -84.2894)
% pu.
```



Exemplo 3:

Considere que o transformador monofásico do exemplo 2 opera com tensões em seus terminais $V_{AT} = 1.01 \angle 0^\circ$ pu e $V_{BT} = 0.97 \angle -5^\circ$ pu. Calcule:

- a) A corrente I_{AT} , entrando no terminal AT, em A e pu;
- b) A corrente I_{BT} , entrando no terminal BT, em A e pu;
- c) A potência S_{AT} , entrando no terminal AT, em MVA e pu;
- d) A potência S_{BT} , entrando no terminal BT, em MVA e pu;
- e) As perdas DS do transformador, em MVA e pu;

Lembrete:

$VB_{AT} = 69$ kV, $VB_{BT} = 13.8$ kV e $SB = 100$ MVA.



Exemplo 3:

$$Y_{T_pu} = \begin{pmatrix} 0.1886, & -1.8855 \end{pmatrix} \text{ ou } \begin{pmatrix} 1.8949@ -84.2894 \end{pmatrix} \text{ S}$$

$$Y_{nodal} =$$

$$\begin{pmatrix} 0.1886, & -1.8855 \\ -0.1886, & 1.8855 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} -0.1886, & 1.8855 \\ 0.1886, & -1.8855 \end{pmatrix}$$

$$\text{pu.}$$

$$Y_{nodal} =$$

$$\begin{pmatrix} 1.8949@ -84.2894 \\ 1.8949@ 95.7106 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1.8949@ 95.7106 \\ 1.8949@ -84.2894 \end{pmatrix}$$

$$\text{pu.}$$

$$I_{AT1} = \begin{pmatrix} 0.1676, & -0.0664 \end{pmatrix} \text{ ou } \begin{pmatrix} 0.1803@ -21.6195 \end{pmatrix} \text{ pu}$$

$$I_{AT1} = \begin{pmatrix} 0.2430, & -0.0963 \end{pmatrix} \text{ ou } \begin{pmatrix} 0.2613@ -21.6195 \end{pmatrix} \text{ kA}$$

$$I_{BT1} = \begin{pmatrix} -0.1676, & 0.0664 \end{pmatrix} \text{ ou } \begin{pmatrix} 0.1803@ 158.3805 \end{pmatrix} \text{ pu}$$

$$I_{BT1} = \begin{pmatrix} -1.2148, & 0.4815 \end{pmatrix} \text{ ou } \begin{pmatrix} 1.3067@ 158.3805 \end{pmatrix} \text{ kA}$$



Exemplo 3:

SAT1 = (0.1693, 0.0671) ou (0.1821@ 21.6195) pu

SAT1 = (16.9321, 6.7105) ou (18.2133@ 21.6195) MVA

SBT1 = (-0.1676, -0.0500) ou (0.1749@ -163.3805) pu

SBT1 = (-16.7613, -5.0030) ou (17.4920@ -163.3805) MVA

DS1 = (0.0017, 0.0171) ou (0.0172@ 84.2894) pu

DS1 = (0.1708, 1.7076) ou (1.7161@ 84.2894) MVA

Observação:

Qual a capacidade nominal do transformador? Houve violação?



Modelo Elétrico de Transformadores

2 enrolamentos (2W)

Helon David de Macêdo Braz
helon@cear.ufpb.br