



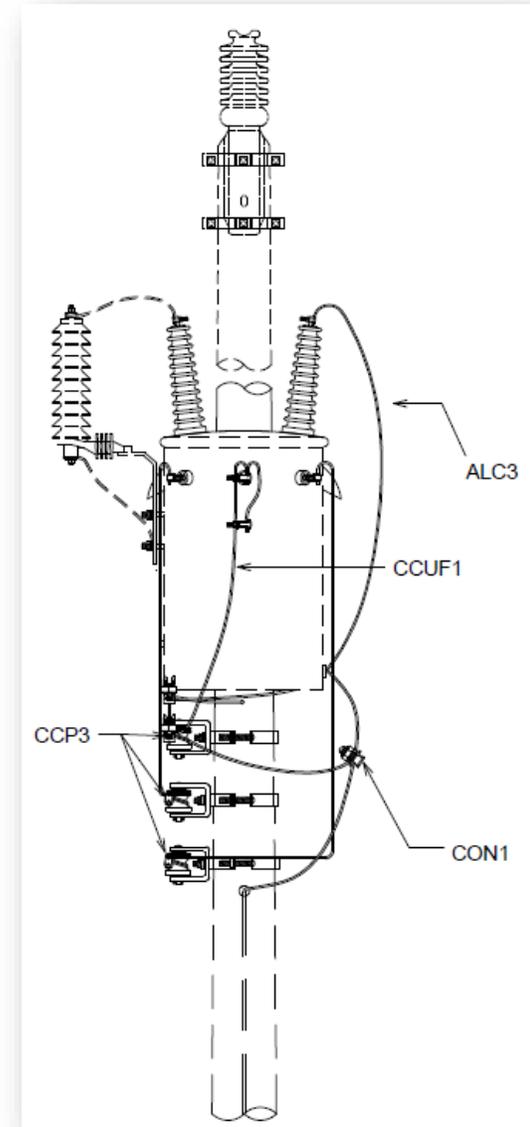
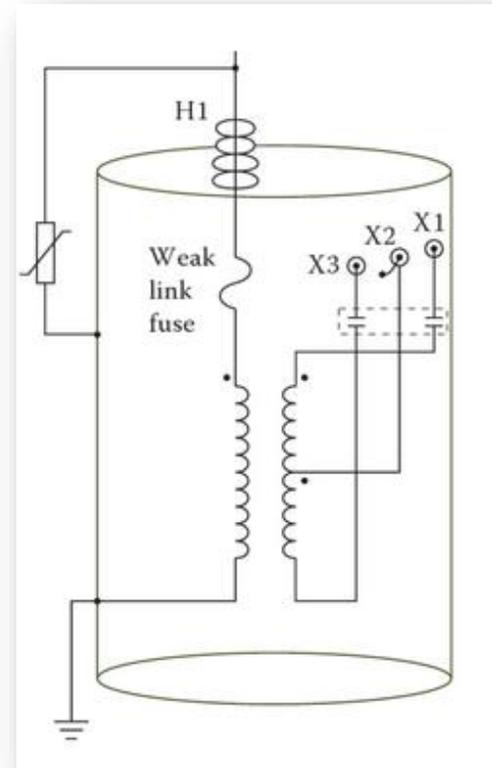
PROYECTO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA 4.0

# Modelado y simulación de redes eléctricas de distribución hacia las redes eléctricas inteligentes: Modelado y simulación de transformadores

## Contenidos

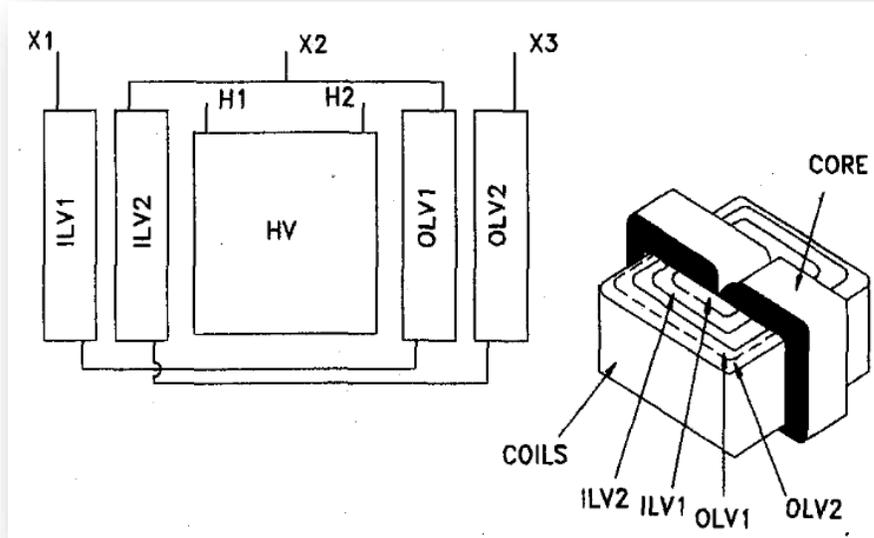
- Transformador monofásico
- Transformador trifásico
- Banco de transformadores
- Parámetros y características
- Modelado de transformadores en OpenDSS





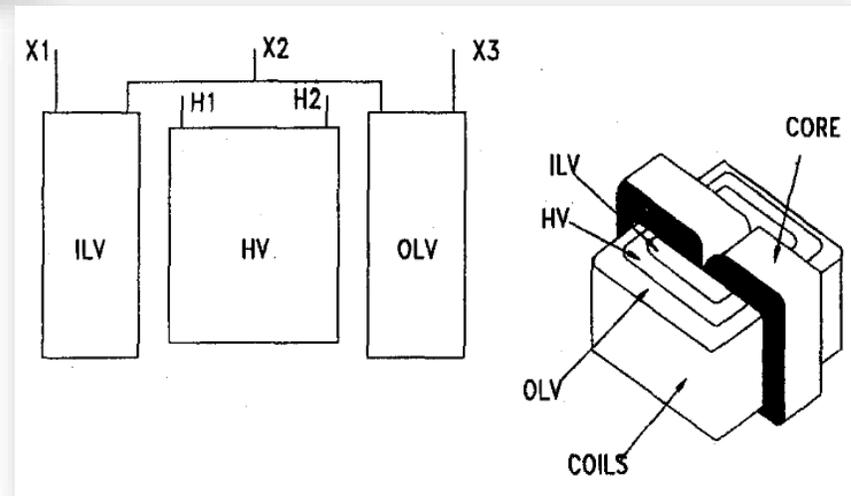
# Transformadores Monofásicos

# Tipos de Devanados

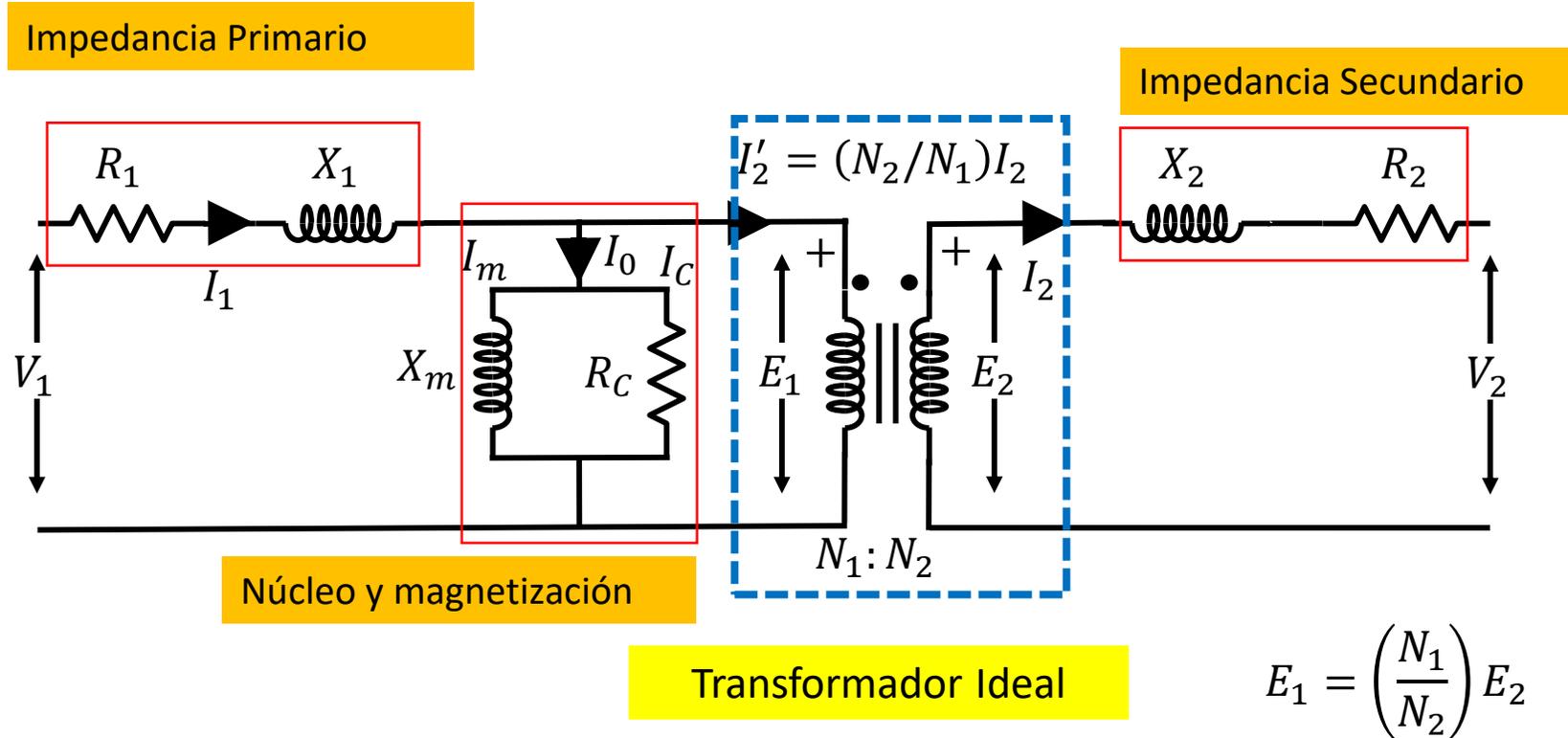


← Secundario entrelazado (más común)

Secundario no entrelazado →



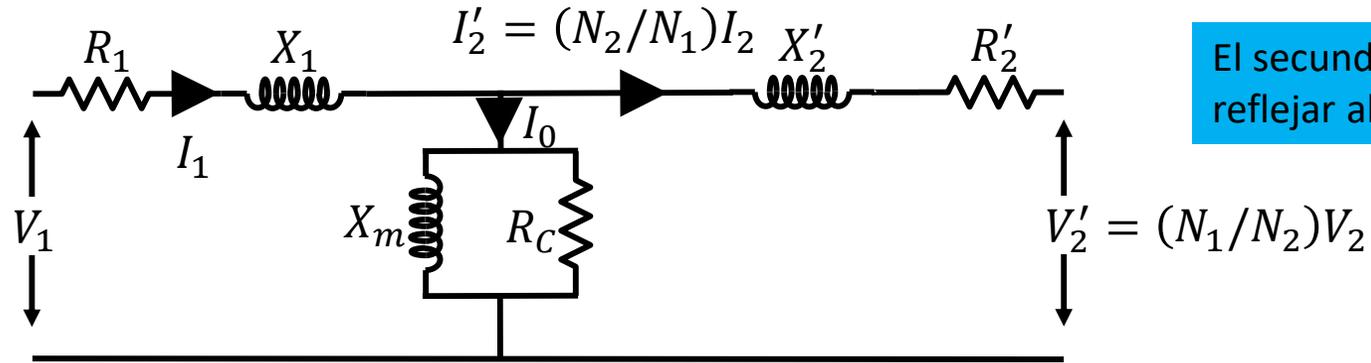
# Modelado del Trafo



$$E_1 = \left(\frac{N_1}{N_2}\right) E_2$$

Se puede reflejar (con la relación de transformación  $\alpha = \frac{N_1}{N_2}$ ) los parámetros del secundario al primario

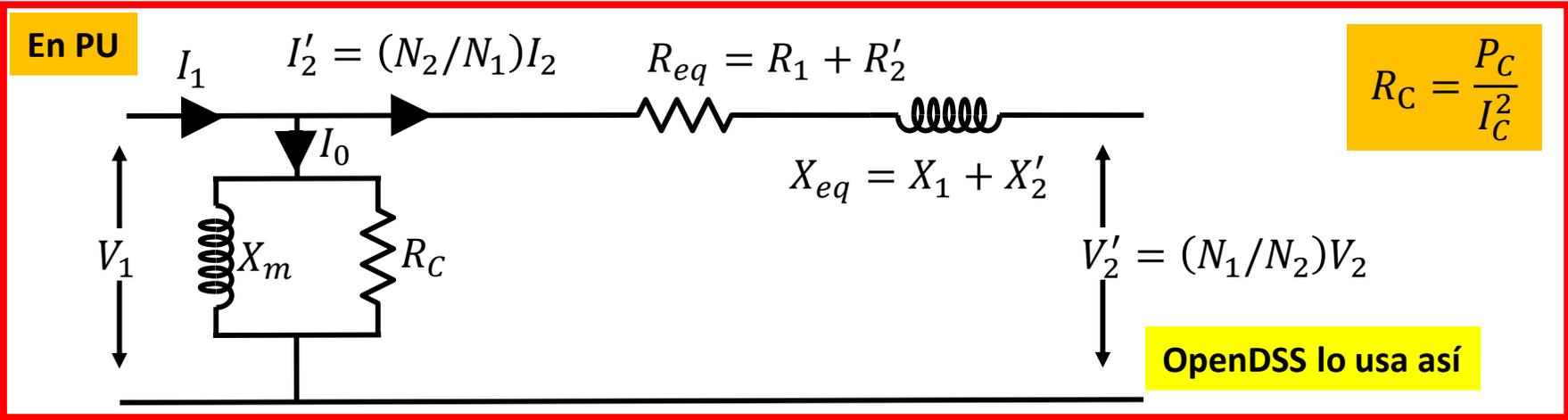
# Modelado del Trafo



El secundario se puede reflejar al lado primario

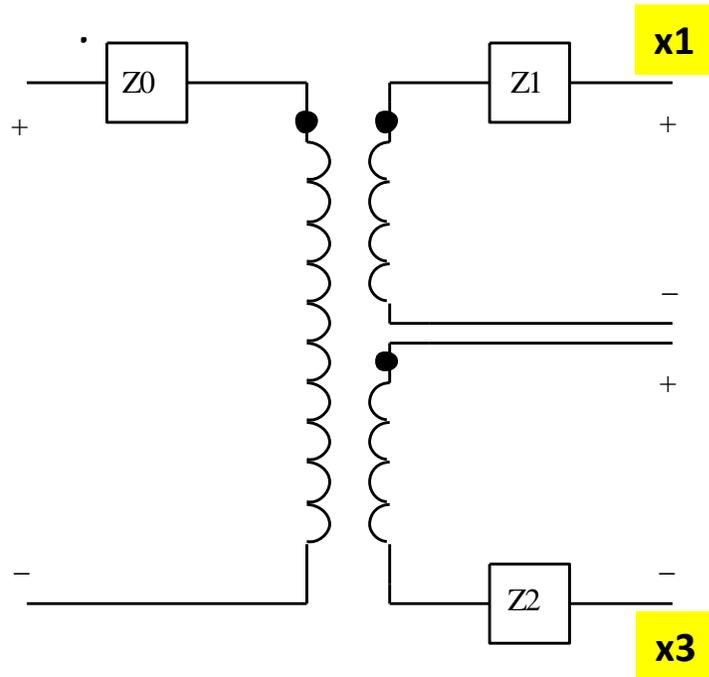
$$X_{L2}' = X_{L2} \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 \quad R_2' = R_2 \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

En PU, las impedancias son iguales tanto en el primario como en el secundario



# Modelado del Trafo

Las impedancias típicas se obtienen al cortocircuitar x1 y x3



0, 1 y 2 no tiene nada que ver con impedancias de secuencia en este caso.

IMPEDANCIAS TÍPICAS PARA TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS DE DOS DEVANADOS. TENSIÓN LÍNEA-LÍNEA EN BAJA

kVA	13.2Y/7.62 & 13.8Y/7.97 kV			
	%R	%X	%P <sub>oc</sub>	%I <sub>exc</sub>
5	2.30	0.69	0.84	2.40
10	1.40	1.28	0.73	1.60
15	1.50	0.99	0.56	1.40
25	1.30	1.24	0.47	1.30
37.5	1.10	1.42	0.44	1.10
50	1.10	1.55	0.37	1.00
75	1.00	1.50	0.38	1.40
100	0.90	1.79	0.36	1.30
167	1.00	1.96	0.30	1.00
250	1.20	2.64	0.24	1.00
333	1.00	2.93	0.25	1.00
500	1.10	3.00	0.23	1.00

# Modelado del Trafo

## Secundario entrelazado

$$Z_{01} = Z_{02} = Z_0 + Z_1 = 1.5R + j1.2X$$

$$Z_{12} = Z_1 + Z_2 = 2.0R + j0.8X$$

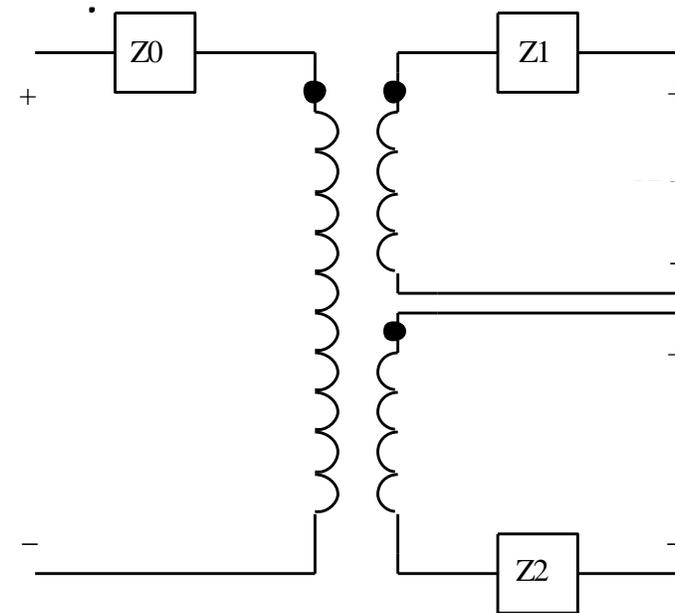
## Secundario no entrelazado

$$Z_{01} = Z_0 + Z_1 = 1.75R + j2.5X$$

$$Z_{02} = Z_0 + Z_2 = 1.75R + j2.7X$$

$$Z_{12} = Z_1 + Z_2 = 3.0R + j6.4X$$

## Impedancias entre devanados



Las ecuaciones anteriores han sido determinadas (en la literatura) a partir de pruebas a transformadores

Z01 (Z02) es la impedancia del transformador medida en terminales del devanado 0 cuando se cortocircuita el devanado 1 (2) mientras 2 (1) se mantiene abierto

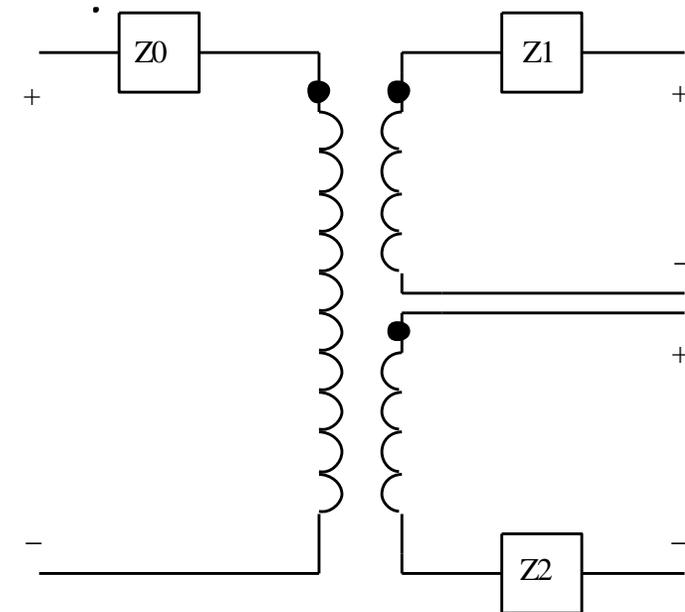
# Modelado del Trafo

Las expresiones anteriores se pueden escribir en forma matricial

$$\begin{bmatrix} Z_{01} \\ Z_{02} \\ Z_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_0 \\ Z_1 \\ Z_2 \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} Z_0 \\ Z_1 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} Z_{01} \\ Z_{02} \\ Z_{12} \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{01} \\ Z_{02} \\ Z_{12} \end{bmatrix}$$



## Modelado del Trafo

Secundario entrelazado

$$\begin{bmatrix} Z_0 \\ Z_1 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1.5R + j1.2X \\ 1.5R + j1.2X \\ 2.0R + j0.8X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5R + j0.8X \\ R + j0.4X \\ R + j0.4X \end{bmatrix}$$

Secundario no entrelazado

$$\begin{bmatrix} Z_0 \\ Z_1 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1.75R + j2.5X \\ 1.75R + j2.7X \\ 3.0R + j6.4X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.25R - j0.6X \\ 1.5R + j3.3X \\ 1.5R + j3.1X \end{bmatrix}$$

Finalmente la impedancia del transformador monofásico en función de las impedancias de los tres devanados es:

$$Z_A = Z_0 + \frac{1}{4}Z_1 + \frac{1}{4}Z_2$$

# Modelado del Trafo

## Secundario entrelazado

$$\begin{bmatrix} Z_0 \\ Z_1 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5R + j0.8X \\ R + j0.4X \\ R + j0.4X \end{bmatrix} \%$$

## Secundario no entrelazado

$$\begin{bmatrix} Z_0 \\ Z_1 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.25R - j0.6X \\ 1.5R + j3.3X \\ 1.5R + j3.1X \end{bmatrix} \%$$

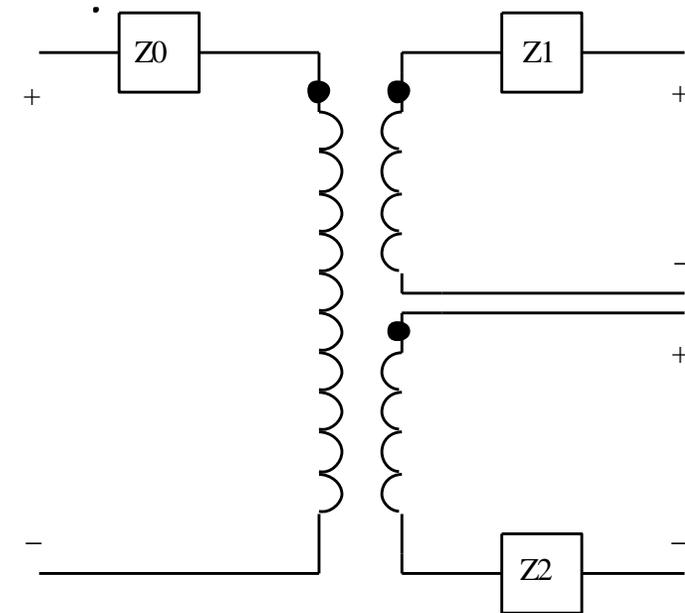
**En adelante, solo usamos entrelazado**

IMPEDANCIAS TÍPICAS PARA TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS DE DOS DEVANADOS. TENSIÓN LÍNEA-LÍNEA EN BAJA

13.2Y/7.62 & 13.8Y/7.97 kV				
kVA	%R	%X	%P <sub>oc</sub>	%I <sub>exc</sub>
5	2.30	0.69	0.84	2.40
10	1.40	1.28	0.73	1.60
15	1.50	0.99	0.56	1.40
25	1.30	1.24	0.47	1.30
37.5	1.10	1.42	0.44	1.10
50	1.10	1.55	0.37	1.00
75	1.00	1.50	0.38	1.40
100	0.90	1.79	0.36	1.30
167	1.00	1.96	0.30	1.00
250	1.20	2.64	0.24	1.00
333	1.00	2.93	0.25	1.00
500	1.10	3.00	0.23	1.00

## Ejemplo 1

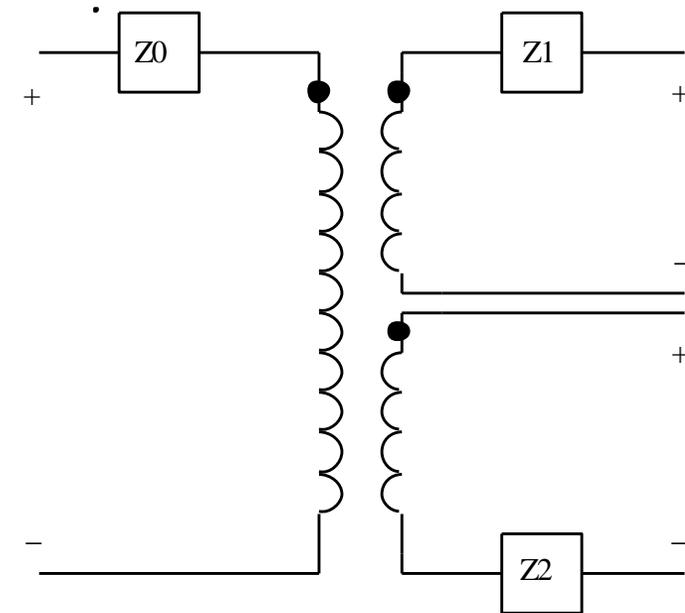
Usando la tabla anterior, calcule las impedancias  $Z_0$ ,  $Z_1$  y  $Z_2$  de un transformador monofásico de 25 kVA, 6.06kV, 110/220 V.



# Ejemplo 1

IMPEDANCIAS TÍPICAS PARA TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS DE DOS DEVANADOS. TENSIÓN LÍNEA-LÍNEA EN BAJA: 240 V

	13.2Y/7.62 & 13.8Y/7.97 kV			
kVA	%R	%X	%P <sub>oc</sub>	%I <sub>exc</sub>
5	2.30	0.69	0.84	2.40
10	1.40	1.28	0.73	1.60
15	1.50	0.99	0.56	1.40
25	1.30	1.24	0.47	1.30
37.5	1.10	1.42	0.44	1.10
50	1.10	1.55	0.37	1.00
75	1.00	1.50	0.38	1.40
100	0.90	1.79	0.36	1.30
167	1.00	1.96	0.30	1.00
250	1.20	2.64	0.24	1.00
333	1.00	2.93	0.25	1.00
500	1.10	3.00	0.23	1.00



$$\begin{bmatrix} Z_0 \\ Z_1 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5R + j0.8X \\ R + j0.4X \\ R + j0.4X \end{bmatrix} \%$$



$$\begin{bmatrix} Z_0 \\ Z_1 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.65 + j1.00 \\ 1.3 + j0.50 \\ 1.3 + j0.50 \end{bmatrix} \%$$

## Trafos 1 $\phi$ en OpenDSS

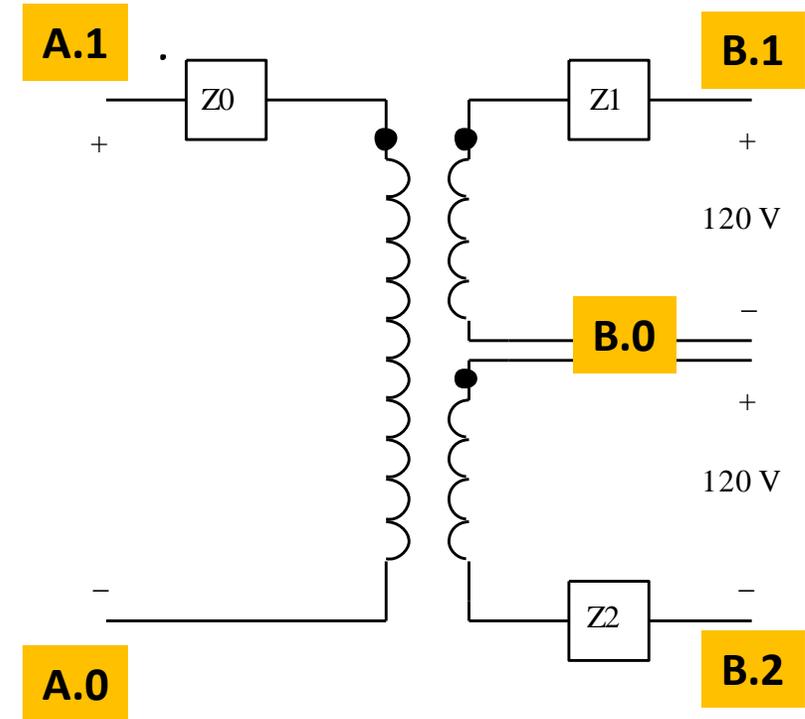
Para definir un transformador, OpenDSS utiliza el objeto *transformer*. La siguiente informaci3n es necesaria para modelar un trafo monof3sico en OpenDSS:

- **name**: identificador (3nico) del transformador
- **phases**: n3mero de fases del transformador (1 por ser monof3sico)
- **windings**: n3mero de devanados del transformadores
- **xhl**: porcentaje de reactancia entre los devanados de alta a baja ( $X_0 + X_1$ )
- **xht**: porcentaje de reactancia entre los devanados de alta y terciario ( $X_0 + X_2$ )
- **xlt**: porcentaje de reactancia entre los devanados de baja y terciario ( $X_1 + X_2$ )
- **%Rs**: porcentaje de resistencia de cada devanado (vectorialmente,  $[R_0 R_1 R_2]$ )
- **%noloadloss**: porcentaje de p3rdidas sin carga
- **%imag**: porcentaje de corriente de magnetizaci3n
- **buses**: vector con nombre de las barras (y fases) de cada terminal
- **kvs**: tensiones nominales en cada devanado
- **kVAs**: capacidad de cada devanado
- **conns**: conexi3n de cada devanado (wye aunque sea monof3sico)

Otros atributos se pueden incluir, pero no son de uso cotidiano

## Ejemplo 2

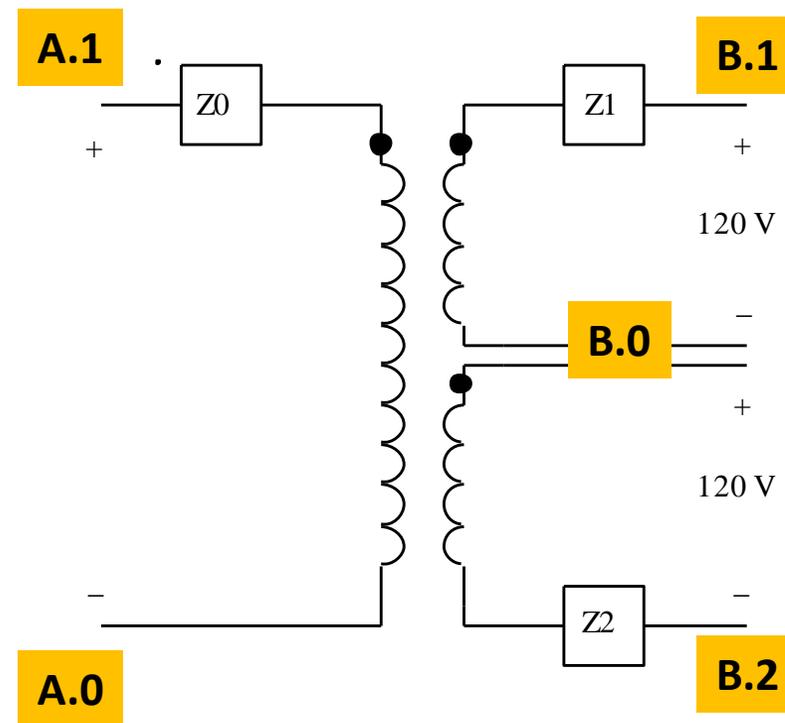
Para el transformador creado en el ejemplo 1, escriba en código OpenDSS la forma de representar el transformador correspondiente, de tal forma que se conecta a los terminales que se muestran en la figura adjunta. Las tensiones son 6.06 kV y 110/220 V.



Nota: Siga cada comando secuencialmente

## Ejemplo 2

Para el transformador creado en el ejemplo 1, escriba en código OpenDSS la forma de representar el transformador correspondiente, de tal forma que se conecta a los terminales que se muestran en la figura adjunta. Las tensiones son 6.06 kV y 110/220 V.



```

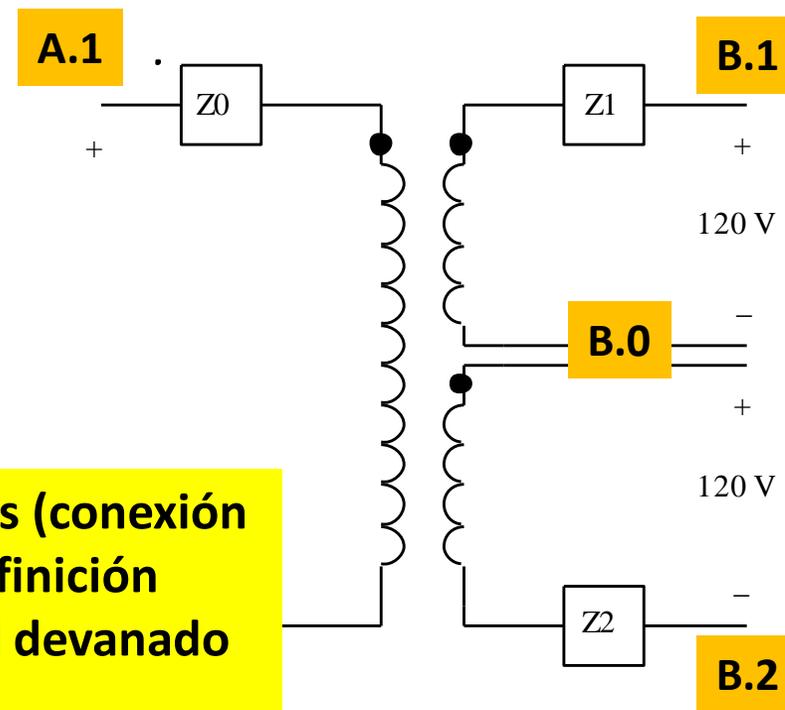
new transformer.ejemplo2 phases=1 windings=3 Xhl=1.50 Xht=1.50 Xlt=1.00
~ %Rs=[0.65 1.30 1.30] %noloadloss=0.47 %imag=1.30 Buses=[A.1.0 B.1.0 B.0.2]
~ kvs=[7.97 0.12 0.12] kVAs=[25 25 25] conns=[wye wye wye]
    
```

Nota: Siga cada comando secuencialmente

## Ejemplo 2

Para el transformador creado en el ejemplo 1, escriba en código OpenDSS la forma de representar el transformador correspondiente, de tal forma que se conecta a los terminales que se muestran en la figura adjunta. Las tensiones son 6.06 kV y 110/220 V.

**Note que en la definición de los buses (conexión del secundario) el orden de la definición corresponde primero al terminal del devanado donde está el punto.**



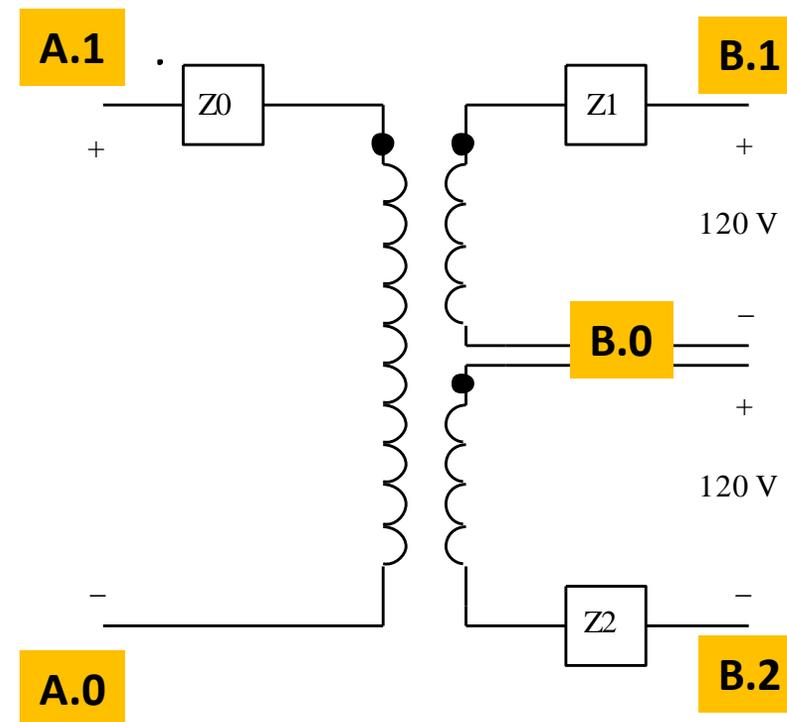
```

new transformer.ejemplo2 phases=1 windings=3 Xhl=1.50 Xht=1.50 Xlt=1.00
~ %Rs=[0.65 1.30 1.30] %noloadloss=0.47 %imag=1.30 Buses=[A.1.0 B.1.0 B.0.2]
~ kvs=[7.97 0.12 0.12] kVAs=[25 25 25] conns=[wye wye wye]
    
```

Nota: Siga cada comando secuencialmente

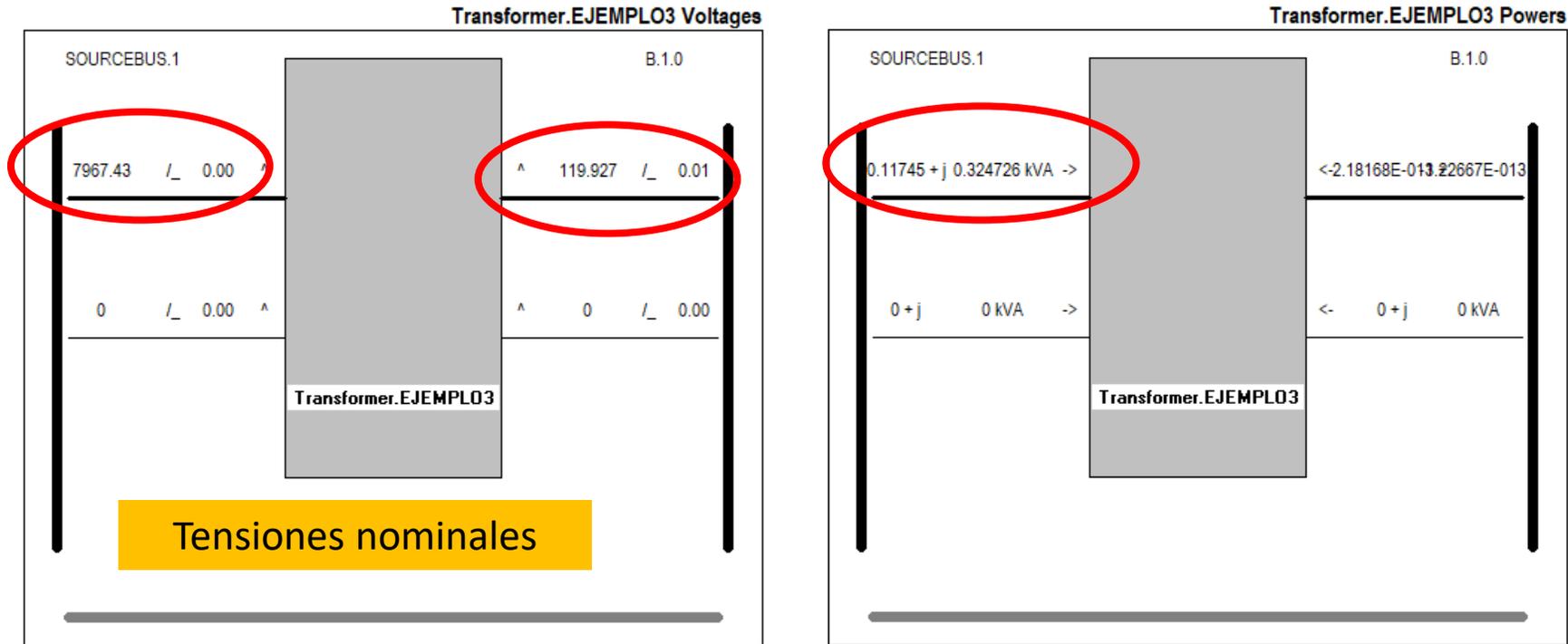
## Ejemplo 3

Simule el ejemplo 3 de los archivos entregados y verifique las tensiones. Compruebe además que las pérdidas en vacío y la corriente de magnetización corresponden a los valores ingresados en el modelo anterior.



La barra A se debe sustituir por *sourcebus* para indicar que el transformador se conecta directamente a la fuente del circuito

# Ejemplo 3



$$\frac{0.11745kW}{25kVA} \cong 0.47\%$$

$$\frac{0.324726kVAr}{25kVA} \cong 1.30\%$$

# Transformadores Trifásicos de 3 Devanados (Subestación)



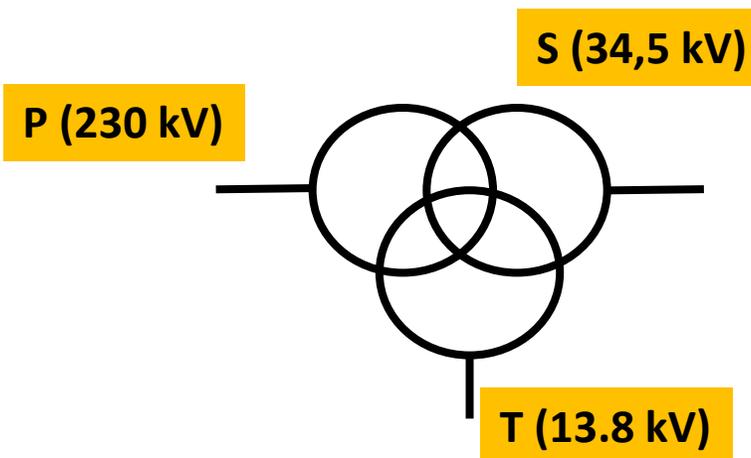
## Trafo de Subestación

- Usualmente conectados en Y-Y-D
- Tensiones usualmente son 230 kV en primario, 34.5 kV en secundario y 13.8 kV en terciario
- El terciario (D) se utiliza para reducir las componentes armónicas de secuencia cero
- El terciario usualmente no tiene cargas conectadas (algunas veces tienen los servicios de la subestación)



## Trafo 3 $\phi$ de 3 Devanados

Para OpenDSS, modelar un transformador trifásico de tres devanados (300 MVA) es muy similar a un monofásico, con la particularidad de que *phases=3*



```
New transformer.HVMV phases=3 windings=3 buses=[P.1.2.3, S.1.2.3, T.1.2.3]
~ conns=[wye,wye, delta] kvs=[230.0,34.5,13.8] kvas=[300000,300000,300000] xhl=6
~ xht=6 xlt=6 %loadloss=0 %noloadloss=0 wdg=1 numtaps=30 tap=1.00
~ maxtap=1.10 mintap=0.85
```

Caso típico de transformadores de potencia en subestaciones reductoras. Se supone que se aplicó Kron

El *wdg=1* sirve para indicar que las siguientes definiciones aplican para el devanado 1

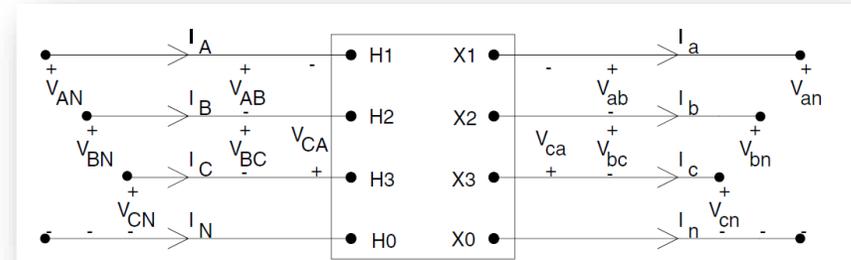
# Transformadores Trifásicos de 2 Devanados



## Tipos de Conexiones

Existen diferentes conexiones para los transformadores trifásicos:

- Delta- estrella aterrizada
- Estrella – delta
- **Estrella aterrizada-delta**
- Estrella renca – delta abierta
- **Estrella aterrizada – estrella aterrizada**
- Delta – delta
- Delta abierta – delta abierta



OpenDSS considera el índice horario

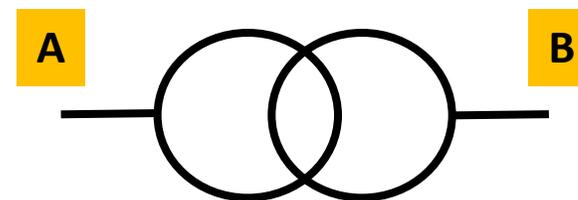
## Trafos 3 $\phi$ en OpenDSS

OpenDSS utiliza el objeto *transformer* para definir un trafo trifásico con la siguiente información:

- **name:** identificador (único) del transformador
- **phases:** número de fases del transformador (3 por ser trifásico)
- **windings:** número de devanados del transformadores
- **xhl:** porcentaje de reactancia entre los devanados
- **%Rs:** porcentaje de resistencia de cada devanado (mitad de la total)
- **%noloadloss:** porcentaje de pérdidas sin carga
- **%imag:** porcentaje de corriente de magnetización
- **buses:** vector con nombre de las barras (y fases) de cada terminal
- **kvs:** tensiones nominales en cada devanado
- **kVAs:** capacidad de cada devanado (enfriamiento OA)
- **conns:** conexión de cada devanado (wye o delta)

## Ejemplo 4

Usando la siguiente tabla (ver diapositiva siguiente) y la figura adjunta, escriba en código OpenDSS la forma de representar el transformador trifásico (300 kVA) si este tiene una tensión de 34.5 kV en el primario y 0.24 kV en el secundario.



(Ynd1)

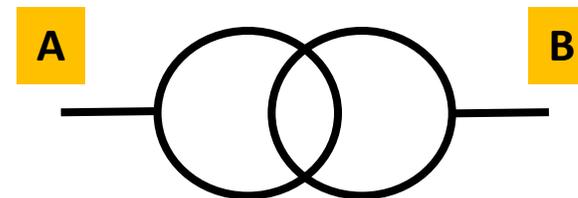
## Ejemplo 4

IMPEDANCIAS TÍPICAS PARA TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS DE DOS DEVANADOS. TENSIÓN LÍNEA-LÍNEA EN BAJA: 240 V

kVA	13.2Y/7.62 & 13.8Y/7.97 kV				24.9Y/14.38 kV				34.5Y/19.92 kV			
	%R	%X	%P <sub>oc</sub>	%I <sub>exc</sub>	%R	%X	%P <sub>oc</sub>	%I <sub>exc</sub>	%R	%X	%P <sub>oc</sub>	%I <sub>exc</sub>
9	2.63	2.84	1.06	2.48	2.63	2.84	1.06	2.48	3.82	3.96	1.06	2.48
30	2.10	2.28	0.71	1.72	2.10	2.28	0.71	1.72	2.68	4.80	0.71	1.72
45	1.74	2.08	0.62	1.52	1.74	2.08	0.62	1.52	2.38	4.96	0.62	1.52
75	1.30	1.65	0.48	1.50	1.30	1.65	0.48	1.50	2.04	5.11	0.48	1.50
112	1.10	1.30	0.47	1.00	1.10	1.30	0.47	1.00	1.88	5.17	0.47	1.00
150	1.10	1.55	0.37	1.00	1.10	1.55	0.37	1.00	1.67	5.24	0.37	1.00
225	1.10	1.55	0.39	1.00	1.10	1.55	0.39	1.00	1.48	5.30	0.39	1.00
300	1.10	1.67	0.35	1.00	1.10	1.67	0.35	1.00	1.40	5.32	0.35	1.00
500	1.00	2.07	0.32	1.00	1.00	2.07	0.32	1.00	1.20	5.37	0.32	1.00
750	1.10	5.59	0.24	1.00	1.10	5.59	0.24	1.00	1.04	5.40	0.24	1.00
1000	1.00	5.61	0.21	1.00	0.91	5.49	0.25	1.42	0.91	5.49	0.25	1.42
1500	1.10	5.59	0.19	1.00	0.80	5.50	0.24	1.37	0.80	5.50	0.24	1.37
2500	1.10	5.59	0.17	1.00	0.72	5.51	0.21	1.31	0.72	5.51	0.21	1.31
3750	1.10	5.59	0.15	1.00	0.69	4.95	0.23	1.33	0.69	4.95	0.23	1.33

## Ejemplo 4

Usando la siguiente tabla (ver diapositiva siguiente) y la figura adjunta, escriba en código OpenDSS la forma de representar el transformador trifásico (300 kVA) si éste tiene una tensión de 34.5 kV en el primario y 0.24 kV en el secundario.

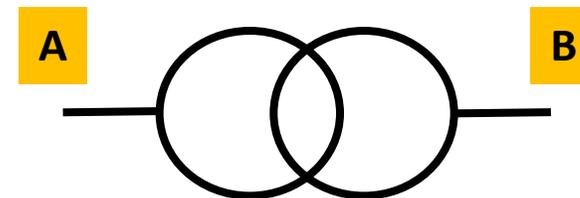


(Ynd1)

```
new transformer.ejemplo4 phases=3 windings=2 %noloadloss=0.35  
~ %imag=1.00 buses=[A.1.2.3 B .1.2.3] conns=[wye, delta] kvs=[34.5 0.240]  
~ kvas=[300 300] Xhl=5.32 %Rs=[0.70 0.70]
```

## Ejemplo 4

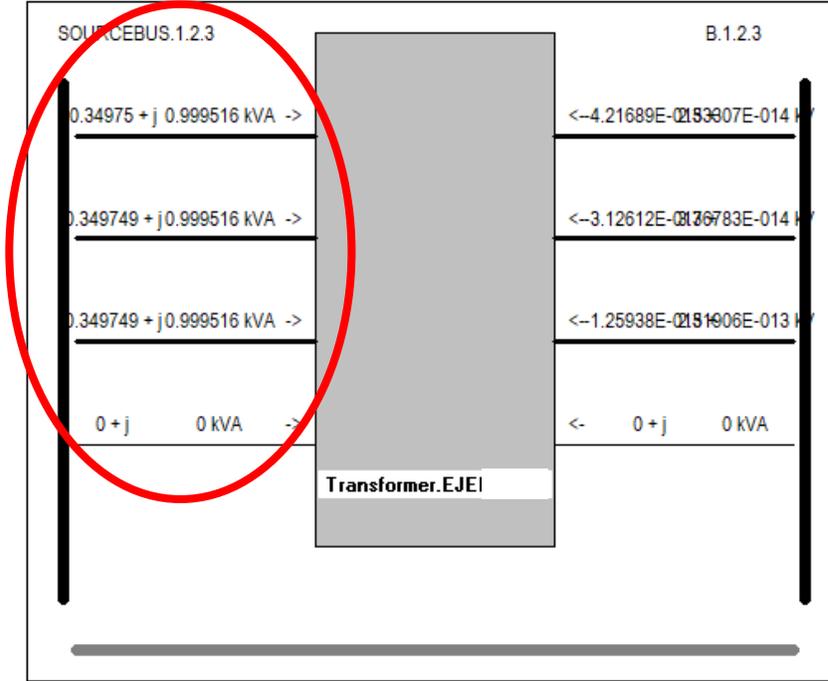
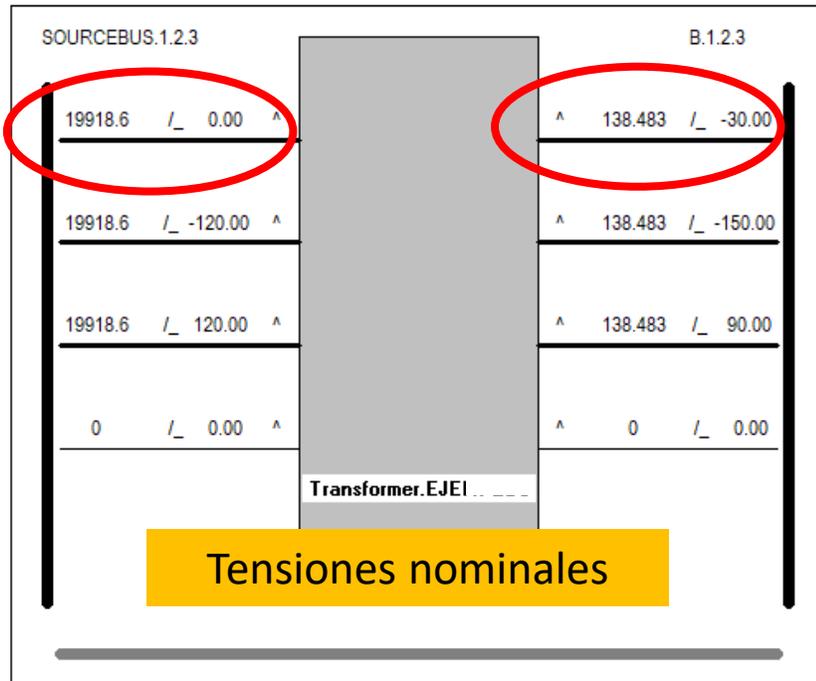
Usando la siguiente tabla (ver diapositiva siguiente) y la figura adjunta, escriba en código OpenDSS la fórmula para representar el transformador trifásico (300 kVA) si el primario es de 34.5 kV en el primario y 0.24 kV en el secundario.



**Verifiquemos tensiones y pérdidas (Ynd1)**

```
new transformer.ejemplo4 phases=3 windings=2 %noloadloss=0.35
~ %imag=1.00 buses=[A.1.2.3 B .1.2.3] conns=[wye, delta] kvs=[34.5 0.240]
~ kvas=[300 300] Xhl=5.32 %Rs=[0.70 0.70]
```

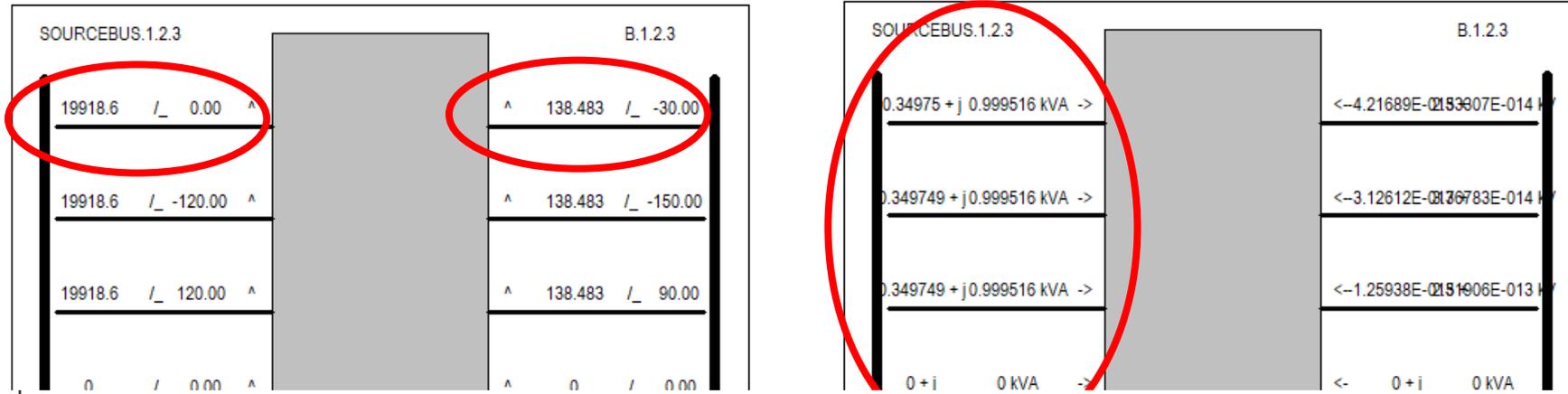
# Ejemplo 4



$$\frac{3 \times 0.34975 kW}{300 kVA} \cong 0.35\%$$

$$\frac{3 \times 0.999516 kVAr}{300 kVA} \cong 1.00\%$$

# Ejemplo 4



LINE-GROUND and LINE-LINE VOLTAGES BY BUS & NODE

Bus	Node	VLN (kV)	Angle	pu	Base kV	Node-Node	VLL (kV)	Angle	pu
SOURCEBUS	1	19.919	0.0	0	0.000	1-2	34.5	30.0	0
-	2	19.919	-120.0	0	0.000	2-3	34.5	-90.0	0
-	3	19.919	120.0	0	0.000	3-1	34.5	150.0	0
B	1	0.13848	-30.0	0	0.000	1-2	0.23986	0.0	0
-	2	0.13848	-150.0	0	0.000	2-3	0.23986	-120.0	0
-	3	0.13848	90.0	0	0.000	3-1	0.23986	120.0	0

$$\frac{3 \times 0.34975 \text{ kW}}{300 \text{ kVA}} \cong 0.35\%$$

$$\frac{3 \times 0.999516 \text{ kVAr}}{300 \text{ kVA}} \cong 1.00\%$$

# Banco de Transformadores



## Banco de Trafos

Tres transformadores monofásicos pueden conectarse para formar un banco trifásico

Esto permite realizar conexiones especiales (delta cuatro hilos), así como incluir cualquier tipo de conexión trifásica con índice diferente a 1 (por ejemplo 5, 11).

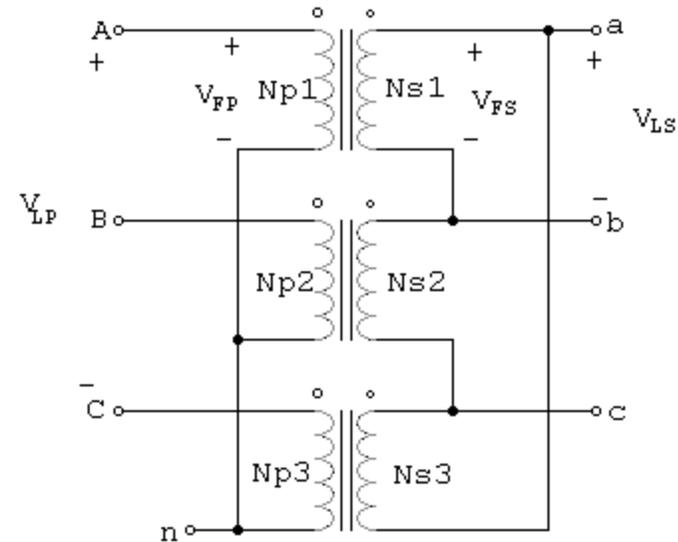
En OpenDSS en realidad lo que se modelan son tres transformadores monofásicos conectados a través de una configuración que cada usuario puede realizar



## Ejemplo 5

- a) Escribir las sentencias de OpenDSS del transformador trifásico creado en el ejemplo 4 (recordemos que era un Ynd1) utilizando tres unidades 1 $\phi$  (100 kVA, banco de trafos).
- b) En OpenDSS, simule ambos transformadores conectados al *sourcebus* en el primario y con el secundario a B en el caso del trafo trifásico y a C en el caso del banco de transformadores. Verifique que las tensiones del secundario coincidan

(Ynd1)



## Ejemplo 5

En forma de transformador trifásico era en el ejemplo 4:

```
new transformer.ejemplo4 phases=3 windings=2 %noloadloss=0.35 %imag=1.00  
~ buses=[A.1.2.3 B.1.2.3] conns=[wye,delta] kvs=[34.5 0.240] kvas=[300 300] Xhl=5.32 %Rs=[0.70 0.70]
```

En forma de banco de transformadores es:

```
new transformer.ejemplo5_bancoA phases=1 windings=2 %noloadloss=0.35 %imag=1.00  
~ buses=[sourcebus.1.0 C.1.2] conns=[wye,wye] kvs=[19.92 0.24] kvas=[100 100] Xhl=5.32 %Rs=[0.70 0.70]  
  
new transformer.ejemplo5_bancoB phases=1 windings=2 %noloadloss=0.35 %imag=1.00  
~ buses=[sourcebus.2.0 C.2.3] conns=[wye,wye] kvs=[19.92 0.24] kvas=[100 100] Xhl=5.32 %Rs=[0.70 0.70]  
  
new transformer.ejemplo5_bancoC phases=1 windings=2 %noloadloss=0.35 %imag=1.00  
~ buses=[sourcebus.3.0 C.3.1] conns=[wye,wye] kvs=[19.92 0.24] kvas=[100 100] Xhl=5.32 %Rs=[0.70 0.70]
```

Aún no vamos a ver el tema de las impedancias

## Ejemplo 5

### LINE-GROUND and LINE-LINE VOLTAGES BY BUS & NODE

Bus	Node	VLN (kV)	Angle	pu	Base kV	Node-Node	VLL (kV)	Angle	pu
SOURCEBUS	1	19.919 /_	0.0	0	0.000	1-2	34.5 /_	30.0	0
-	2	19.919 /_	-120.0	0	0.000	2-3	34.5 /_	-90.0	0
-	3	19.919 /_	120.0	0	0.000	3-1	34.5 /_	150.0	0
B .....	1	0.13848 /_	-30.0	0	0.000	1-2	0.23986 /_	0.0	0
-	2	0.13848 /_	-150.0	0	0.000	2-3	0.23986 /_	-120.0	0
-	3	0.13848 /_	90.0	0	0.000	3-1	0.23986 /_	120.0	0
C .....	1	0.13847 /_	-30.0	0	0.000	1-2	0.23984 /_	0.0	0
-	2	0.13847 /_	-150.0	0	0.000	2-3	0.23984 /_	-120.0	0
-	3	0.13847 /_	90.0	0	0.000	3-1	0.23984 /_	120.0	0

El banco de transformadores creado efectivamente corresponde al transformador trifásico

## Impedancia en bancos de Trafos

La impedancia en p.u. de un transformador monofásico será igual a la impedancia del transformador trifásico resultante en la base propia del banco.

O sea, nuestras simulaciones anteriores han considerado correctamente el equivalente de las impedancias de un transformador trifásico y un banco de transformadores



## Referencias

- W.H. Kersting, “Distribution System Modeling and Analysis”, CRC Press, 3<sup>rd</sup> edition, 2012
- T.A. Short, “Electric Power Distribution Handbook”, CRC Press, 2<sup>nd</sup> edition, 2014
- T. Gönen, “Electric Power Distribution System Engineering”, CRC Press, 2<sup>nd</sup> edition, 2008
- G. Shirek, B. A. Lassiter, W. Carr, and W. H. Kersting, “Modeling secondary services in engineering and mapping,” IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 48, no. 1, pp. 254–262, Feb. 2012.
- R. Brenes, A. Arguello, J. Quirós-Tortós, y G. Valverde , “Distribution Network Element Model Parameters: Creation of Database,” CONCAPAN 2016, Nov. 2016
- G. Valverde, A. Arguello, R. Gonzalez, y J. Quiros-Tortos, “Integration of Open Software for Studying Large-Scale Distribution Networks,” Accepted in IET Gen. Trans. and Dist.: Interfacing Techniques for Simulation Tools in Smart Grid Dec. 2016
- EPERLab, Biblioteca de parámetros de transformadores, 2017

# Muchas gracias por su atención

Dr. Jairo Quirós-Tortós  
Consultor

[jairoquirotortos@ieee.org](mailto:jairoquirotortos@ieee.org)



