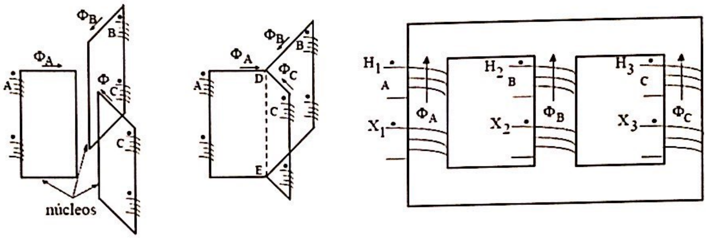
Transformadores Trifásicos en Régimen Equilibrado.

1. Transformador trifásico de tres columnas (Core Type)

Para adaptar niveles de tensión y corriente en un sistema trifásico es posible utilizar tres transformadores monofásicos adecuadamente conectados o utilizar transformadores que constructivamente son trifásicos; uno de los tipos, de transformadores trifásicos, más utilizados es llamado transformador de tres columnas.

El transformador trifásico de tres columnas se puede sintetizar a partir de tres transformadores monofásicos idénticos de la siguiente forma:



Si los transformadores se alimentan mediante una fuente trifásica perfecta y la carga es equilibrada entonces los flujos $\emptyset_A, \emptyset_B, \emptyset_C$ tendrán el mismo modulo y estarán desfasados 120° entre sí, por lo tanto si se desprecian las fugas se cumple:

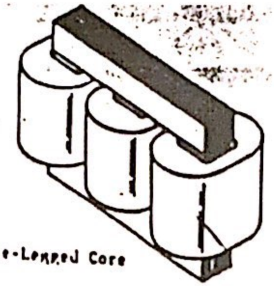
$$\emptyset_A + \emptyset_B + \emptyset_C = 0$$

Como consecuencia de esta restricción se tiene que por columna central (DE en la figura) el flujo magnético es nulo; se concluye que es posible prescindir de esta columna sin alterar el funcionamiento del transformador, logrando así un ahorro de material frente a la alternativa de tres transformadores monofásicos.

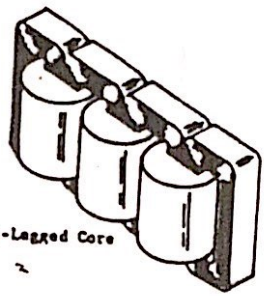
Como se puede observar en la figura, el transformador trifásico de tres columnas presenta una fase primaria y una secundaria en cada columna del núcleo y en régimen equilibrado $\emptyset_A + \emptyset_B + \emptyset_C = 0$ (a menos de las fugas que se desprecian en este análisis)

Observaciones:

- Alternativa de menor costo que la utilización de tres transformadores monofásicos; ahorro importante de hierro.

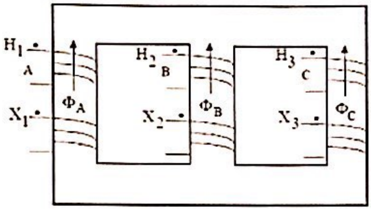


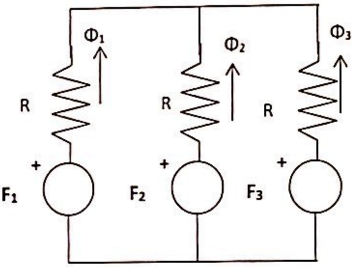
Three-Legged Core



(c) Five-Legged Core

2. <u>Transformador trifásico de tres columnas en régimen equilibrado.</u>





Dónde: $F_1 = N_p i_{p1} - N_s i_{s1}$

$$F_2 = N_p i_{p2} - N_s i_{s2}$$

$$F_3 = N_p i_{p3} - N_s i_{s3}$$

Se cumple: $F_1 + F_2 + F_3 = 0$

Los primarios y secundarios pueden estar conectados en Y, D, Z pero como se está en régimen equilibrado se cumple lo anterior.

Además: $\emptyset_1 + \emptyset_2 + \emptyset_3 = 0$

Entonces: $F_1 - F_2 = \mathcal{R}(\phi_1 - \phi_2)$

$$F_2 - F_3 = \mathcal{R}(\phi_2 - \phi_3)$$

Restando se tiene: $2F_2 - (F_3 + F_1) = \mathcal{R}(2\phi_2 - \phi_1 - \phi_3)$

Sustituyendo $F_1 + F_3 = -F_2$

$$\emptyset_1 + \emptyset_3 = -\emptyset_2$$

Entonces: $F_1 = \mathcal{R}\phi_1$

$$F_2 = \mathcal{R}\phi_2$$

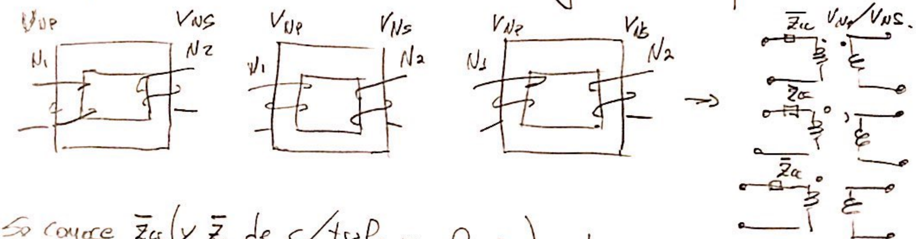
$$F_3 = \mathcal{R}\phi_3$$

En régimen equilibrado cada columna se comporta en forma independiente.

Se puede considerar cada columna en forma aislada de las restantes.

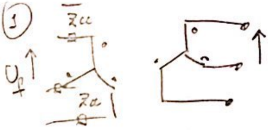
Banco Trifasico

Transformador trifasico construido a partir de 3 trafos monofasicos independientes identicos. ⇒ circuitos magneticos independientes.



Se conoce $\bar{Z}_{cc}$ (y $\bar{Z}_0$ de c/trafo monofasico) ademas $\frac{V_{NP}}{N_1} = \frac{V_{NS}}{N_2}$ (dato).

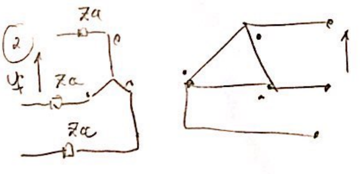
(1)



$\uparrow U_f\left(\frac{V_{NS}}{V_{NP}}\right)$

$$\begin{cases} V_{th} = \frac{U_f}{\sqrt{3}}\left(\frac{V_{NS}}{V_{NP}}\right) \\ \bar{Z}_{th} = \bar{Z}_{cc}\left(\frac{V_{NS}}{V_{NP}}\right)^2. \end{cases} \qquad RT = \frac{V_{NS}}{V_{NP}}$$

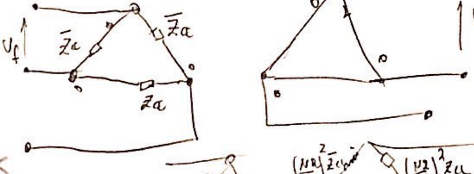
(2)



$\uparrow \frac{U_f}{\sqrt{3}}\left(\frac{V_{NS}}{V_{NP}}\right)$

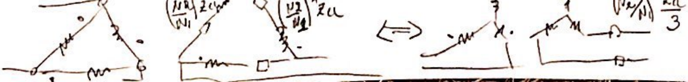
$$\begin{cases} V_{th} = \frac{U_f}{3}\left(\frac{V_{NS}}{V_{NP}}\right) \\ \bar{Z}_{th} = \frac{Z_{cc}}{3}\left(\frac{V_{NS}}{V_{NP}}\right)^2. \end{cases} \qquad RT = \frac{V_{NS}}{\sqrt{3}V_{NP}}.$$

(3)

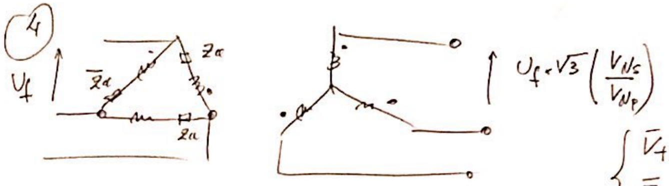


$U_f\left(\frac{V_{NS}}{V_{NP}}\right)$

$$\begin{cases} V_{th} = \frac{U_f}{\sqrt{3}}\left(\frac{V_{NS}}{V_{NP}}\right) \\ \bar{Z}_{th} = \frac{\bar{Z}_{cc}}{3}\left(\frac{V_{NS}}{V_{NP}}\right)^2. \end{cases} \qquad RT = \frac{V_{NS}}{V_{NP}}$$



(4)



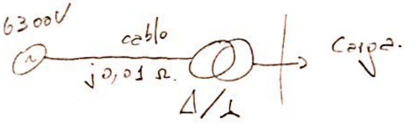
RT: $\frac{\sqrt{3}\, V_{Ns}}{V_{Np}}$

$$\begin{cases} \overline{V}_{tu} = U_f \left(\frac{V_{Ns}}{V_{Np}}\right) \\ \overline{Z}_{tu} = Z_\alpha \left(\frac{V_{Ns}}{V_{Np}}\right)^2 . \end{cases}$$

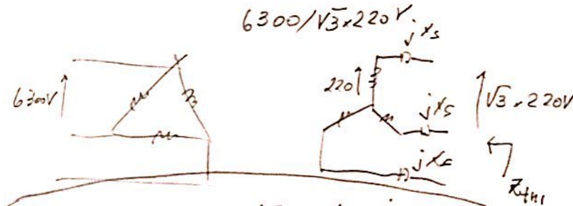
Ejemplo

Tres trafos monofásicos 6,3/0,22 kV 100 kVA $U_z = 3\%$

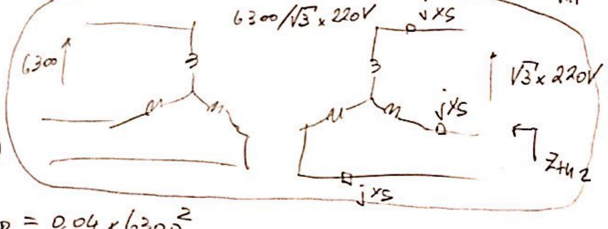
$$X_{ccs} = 0{,}03 \times \frac{400^2}{100 \times 10^3} = 0{,}048\ \Omega$$



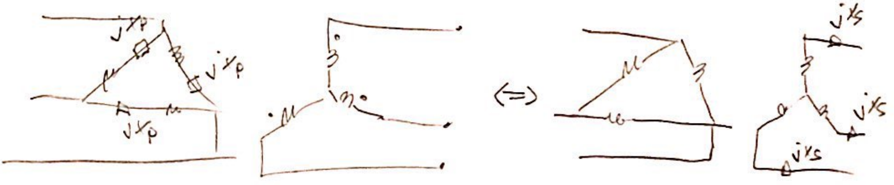
Transformador λ/λ eq.



observar que $\begin{cases} \overline{Z}_{tu_1} = \overline{Z}_{tu_2} \\ V_{tu_1} = V_{tu_2} \end{cases}$



Observación: si parto de $X_{cc\,p} = 0{,}04 \times \frac{6300^2}{100 \times 10^3}$



se trabaja con el eq λ