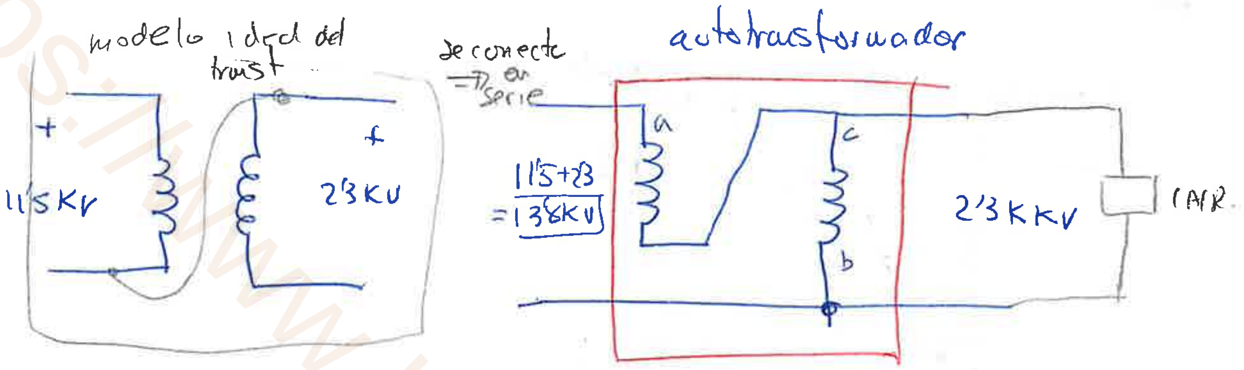
Ejemplo

PARKER 28.31

Un transf. 11500V/2300V tiene una capacidad de 100KVA cuando se emplea transf. de dos devanados. Si se conecta en serie para formar un autotransformador ¿cual será la relación de transformación?

Solución [13'8/11'5 KV 600 KVA]

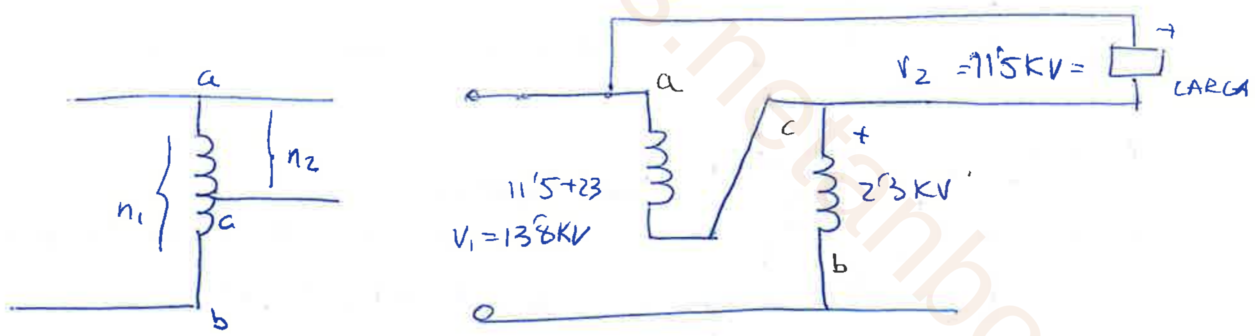
[13'8/2'3KV 120KV]



$$\frac{S_{transf}}{S} = \frac{K-1}{K} = \frac{\frac{13'8}{2'3}-1}{\frac{13'8}{2'3}} = \frac{6-1}{6}$$ se le da la vuelta

$$\frac{S}{S_{transf}} = \frac{6}{5} = 1'2$$

$$S = S_{transf} \cdot 1'2 = (100)(1'2) = \boxed{120KVA.}$$

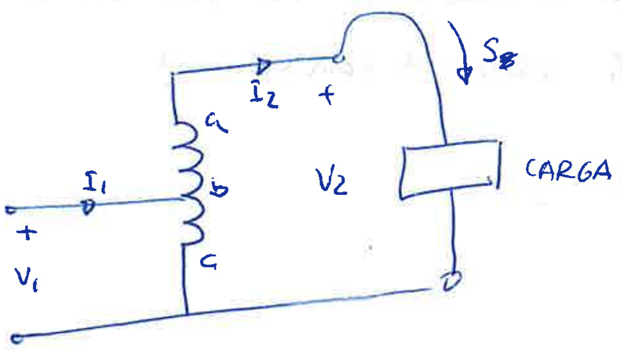


$$\frac{S_{transf}}{S} = \frac{K-1}{K} = \frac{\frac{13'8}{11'5}-1}{\frac{13'8}{11'5}} = \frac{1'2-1}{1'2} = \frac{0'2}{1'2}.$$

$$S = S_{transf} \cdot \frac{1'2}{0'2} = S_{transf} \cdot 6 = \boxed{600\ KVA}$$

hemos sacado mas potencia en la salida.

Segundo tipo:
transformadores elevadores. (~~se~~ sería al contrario q el anterior)

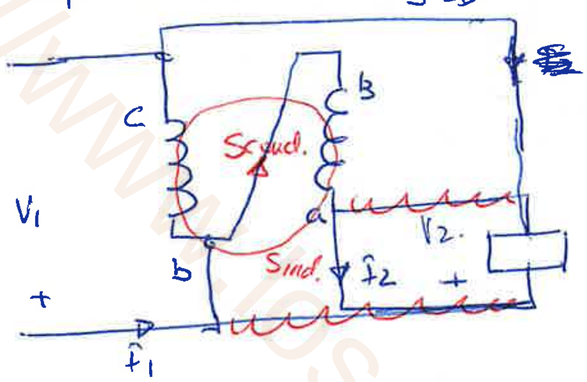


$$S = V_2 \cdot I_2 = V_1 I_1 = V_1 V_1 + V_1 I_2 - V_1 I_2$$

$$S = \underbrace{V_1 (I_1 - I_2)}_{S_{conducción}} + \underbrace{V_1 I_2}_{S\ inducción}$$

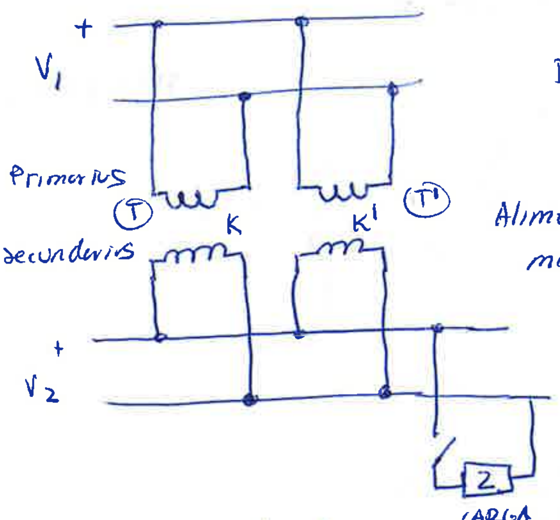
$$S = S_{condu.} + S_{ind.}$$

Representar el transformador de otra manera.



ACOPLAMIENTO PARALELO DE TRANSFORMADORES.

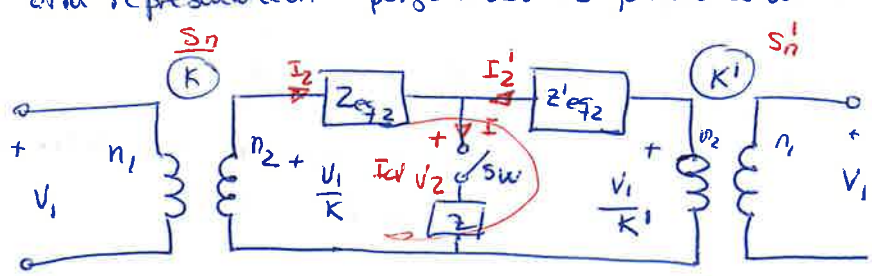
tiene por objeto aumentar la capacidad en VA. de una instalación. de transformadores.



Dos transformadores monofásicos.

Alimentando la misma carga. la relaciones de transformadores son distintas $K \neq K'$

otra representación pongo todos los parámetros al lado secundario.



a) interesa q la relación de transformación sean iguales para evitar la corriente de circulación $\frac{V_1}{K} > \frac{V_1}{K'}$ $\boxed{K = K'}$

b) interesa que la corriente sea proporcionales. $\boxed{I_2 \propto S_n}$ ↗ corriente del primer transfor. capacidad nominal del primer transfor.

cuando cierro S_W = aparece una corriente I y aparece V_2

$$\boxed{I_2' = S_n'}$$

$$\bar{V}_2 = \frac{\bar{V}_1}{K} - \bar{Z}eq_{2}\bar{I}_2 \qquad K = K'$$

$$\bar{V}_2 = \frac{\bar{V}_1}{K'} - Zeq_2'\bar{I}_2' \qquad \bar{Z}eq_2 \bar{I}_2 = \bar{Z}eq_2' \bar{I}_2' \text{ vect.}$$

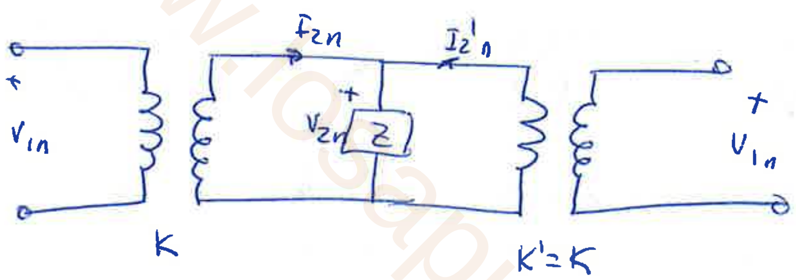
$$Zeq_2 I_2 = Zeq_2' I_2' *$$

vale para un regimen cualquiel.

Si los transf. estan en regimen nominal o de plena carga:

PC $\quad Zeq_2 I_{2n} = Zeq_2' I_{2n}'$ lo multiplico $\times \frac{100}{V_{1n}/K} =$

a plena carga.



caida aparente interna de transf.

$$= \frac{Zeq_2 I_{2n}}{V_{1n}/K} \cdot 100 = \frac{Zeq_2' I_{2n}'}{V_{1n}/K} \cdot 100$$

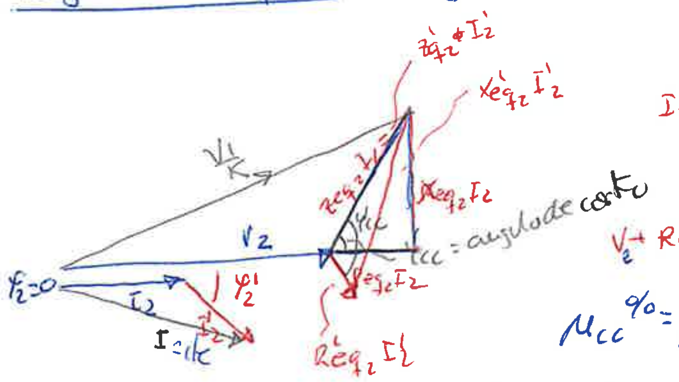
$$\boxed{\mu_{cc}\% = \mu'_{cc}\%}$$ terminos de cortocircuitado del transforma.

ejemplo si T_1 capacidad 1000 KVA $\mu_{cc}\% = 5\%$

si T_2 " 500 KVA $\mu_{cc} = 5\%$.

el transfor mador T_2 es el doble.

<u>Regimen cualquier</u>. diagra. vectorial. por comodidad I_2 y V_2 lo represento en fase.



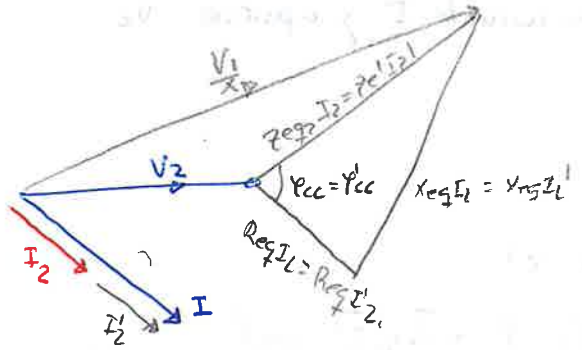
I_2' tiene un desface φ_2'

$$V_2 + Req_2 I + Xeq_2 I_2 = \frac{V_1}{K}.$$

$$\mu_{cc}\% = \mu'_{cc}\%$$

si la corriente I_2, I_2' estan en fase I las corrientes son minimas en linea.

entonces quedaría:



ahora $\varphi_{cc} = \varphi'_{cc}$

$\operatorname{tg} \varphi_{cc} = \operatorname{tg} \varphi'_{cc}$

$$\frac{X_{eq_2}}{R_{eq_2}} = \frac{X'_{eq}}{R'_{eq_2}} \qquad Z_{eq_2} I_{2n} = Z'_{eq_2} I'_{2n} \qquad \frac{Z_{eq_2}}{Z'_{eq_2}} = \frac{I'_{2n}}{I_{2n}}$$

$$\frac{R_{eq_2}}{R'_{eq_2}} = \frac{X_{eq_2}}{X'_{eq_2}} = \frac{Z_{eq_2}}{Z'_{eq_2}} = \frac{I'_{2n}}{I_{2n}}$$

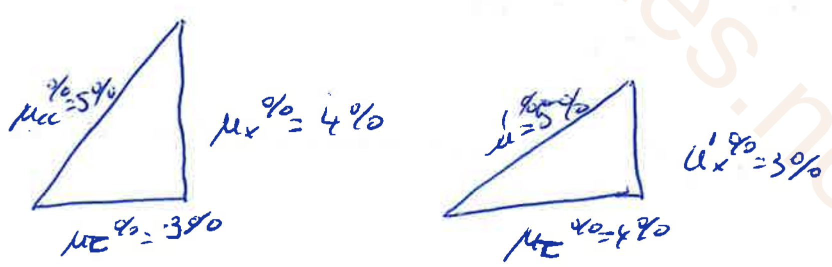
$$R_{eq_2} I_{2n} = R'_{eq_2} I'_{2n}$$

multiplicando $\frac{100}{V_{1n}/K}$ $\quad \frac{R_{eq_2} I_{2n}}{V_{1n}/K} \cdot 100 = \frac{R'_{eq_2} I'_{2n}}{V_{1n}/K} \cdot 100 \quad \mu_R\% = \mu'_R\%$ caída porcentual en resistencia del transf.

$\frac{X_{eq_2} I_2}{V_{1n}/K} \cdot 100 = \frac{X'_{eq_2} I'_{2n}}{V_{1n}/K} \cdot 100 \quad \mu_X\% = \mu'_X\%$ caída porcentual en reactancia del transf.

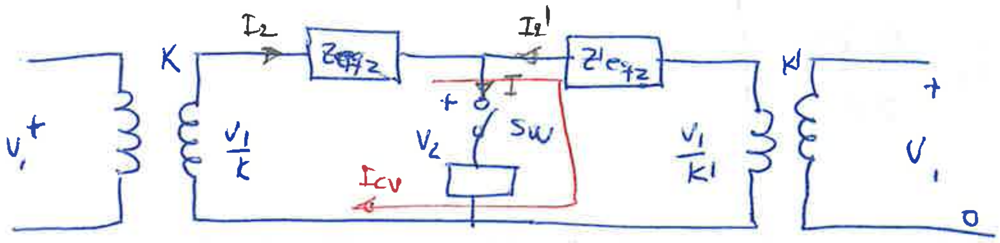
Debe de cumplirse caída porcentual en resistencia sea igual a caída porcentual en reactancia. Así se minimiza las perdidas.

Ejemplo $\quad \mu_{cc}\% = 5\% \quad \mu'_{cc} = 5\%$



las intensidades son proporcionales pero no están en fase

SOLUCIONES ANALITICAS DEL ACOPLAMIENTO. PARALELO DE TRANSFORMADORES.



Suponemos primero la ~~K~~ $K=K'$ relación de transformador

I_{cv} = intensidades de circulación en vacío

considero $SW=0$ (rojo)

$$I_{cv} = \frac{\frac{V_1}{K} - \frac{V_1}{K'}}{Zeq_2 + Z'eq_2} \qquad \text{si } K=K' \quad I_{cv}=0$$

considero $SW=1$ y al cerrar el interruptor considero las corrientes (a lápiz)

$$\boxed{\begin{array}{llll} ① \ \bar V_2 = \frac{\bar V_1}{K} - \bar Z eq_2 \bar I_2 & \text{punto de vista del 1er transf.} & ② \ \bar V_2 = \bar Z \bar I & \\ ~~①~~ \ \bar V_2 = \frac{\bar V_1}{K'} - \bar Z eq_2' \bar I_2' & \text{punto de vista del 2do transf.} & ③ \ \bar I = \bar I_2 + \bar I_2' & \end{array}}$$

cuatro ecuaciones.

igualando ① ② ③

$$\frac{\bar V_1}{K} - \bar Z eq_2 \bar I_2 = \bar Z\left[\bar I_2 + \bar I_2'\right] \qquad \frac{\bar V_1}{K'} - \bar Z eq_2' \bar I_2' = \bar Z\left[\bar I_2 + \bar I_2'\right]$$

$$④ \quad \bar I_2' = \frac{\frac{\bar V_1}{K} - \bar I_2\left[\bar Z eq_2 + \bar Z\right]}{\bar Z} \qquad ⑤ \quad \bar I_2' = \frac{\frac{\bar V_1}{K'} - \bar Z \bar I_2}{\bar Z + \bar Z' eq_2}$$

igualando ④ ⑤

$$\bar I_2 = \frac{\frac{\bar V_1}{K} Z'eq_2}{\underbrace{Zeq_2 \bar Z eq_2' + Z'eq_2 \bar Z + \bar Z \bar Z eq_2}_{\Sigma Z}} + \frac{\bar Z\left[\frac{\bar V_1}{K} - \frac{\bar V_1}{K'}\right]}{\underbrace{\bar Z eq_2 \bar Z' eq_2 + \bar Z' eq_2 \bar Z + \bar Z \bar Z eq_2}_{\Sigma Z}}$$

I_{cch} = corriente de circulación en carga.

$$\bar I_2' = \frac{\frac{\bar V_1}{K'} \bar Z eq_2}{\Sigma Z} - \frac{\bar Z\left[\frac{\bar V_1}{K} - \frac{\bar V_1}{K'}\right]}{\Sigma Z}$$

cuando la relación de transf es dist. $K \neq K'$ entonces circulara una corriente que se llama corriente de circulación en carg.

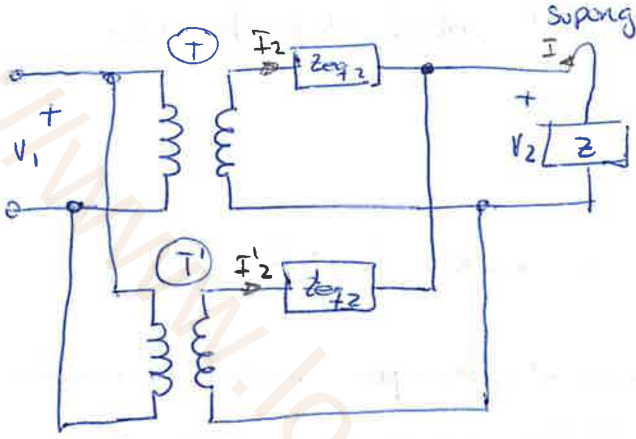
I_{cch}

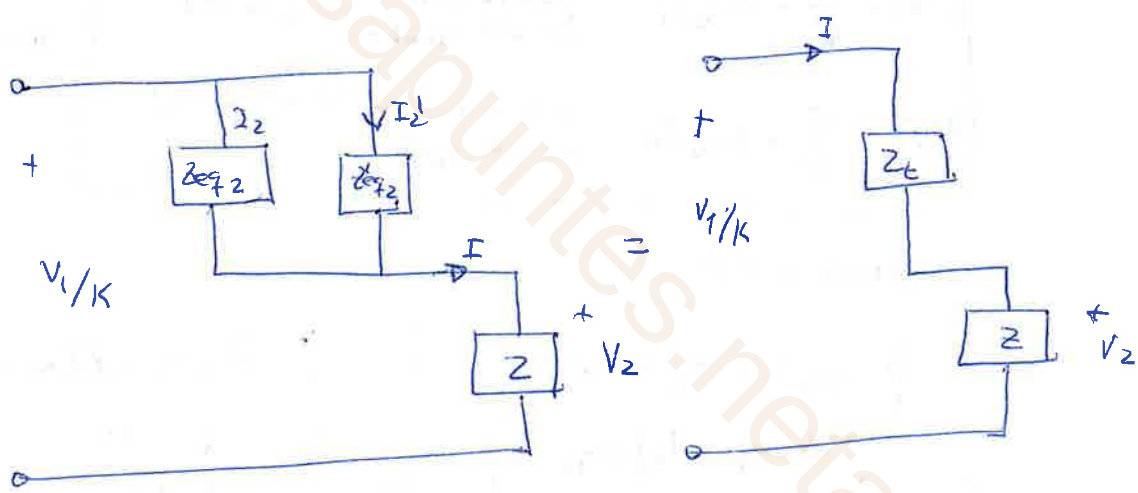
y cuando $K = K'$ relación de transformación sean iguales

$$\boxed{\begin{gathered}\bar I_2 = \frac{\frac{V_1}{K}\,\bar Z'_{eq_2}}{\Sigma Z} \\ \bar I'_2 = \frac{\frac{V_1}{K'}\,\bar Z_{eq_2}}{\Sigma Z}\end{gathered}}$$

* ~~pon~~ con los parámetros en el secundario. (es igual al otro

supongo $K = K'$





$$\bar V_2 = \cancel{\frac{\bar V_1}{K}} - \bar Z_{eq_2}\bar I_2 = \cancel{\frac{\bar V_1}{K}} - \bar Z'_{eq_2}\bar I'_2 = \cancel{\frac{V_1}{K}} - \bar Z_t\,\bar I$$

caso tien la misma relación de transf. K.

$$\bar Z_t = \frac{\bar Z_{eq_2}\,\bar Z'_{eq_2}}{\bar Z_{eq_2} + \bar Z'_{eq_2}}$$

$$\boxed{\bar I_2 = \bar I\,\frac{\bar Z'_{eq_2}}{\bar Z_{eq_2} + \bar Z'_{eq_2}}}$$

$$\boxed{\bar I'_2 = \bar I\,\frac{\bar Z_{eq_2}}{Z_{eq_2} + Z'_{eq_2}}}$$

- corriente en la carga I

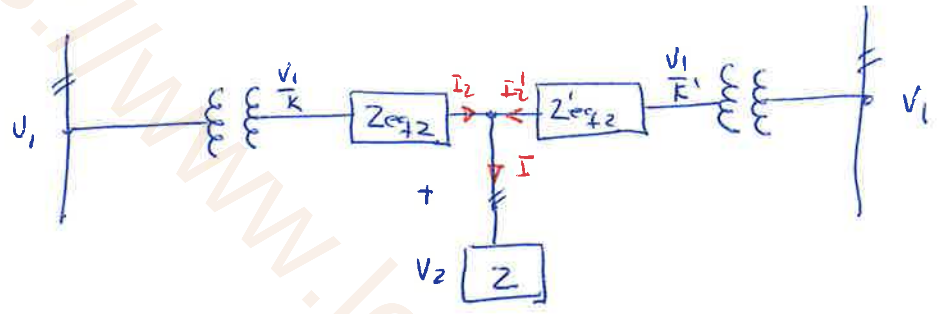
$$\boxed{\bar I = \bar I_2 + \bar I_2' = \frac{\frac{\bar V_1}{K}\left[\bar Z_{eq_2} + \bar Z'_{eq_2}\right]}{\bar Z_{eq_2}\bar Z'_{eq_2} + \bar Z'_{eq_2}\bar Z + \bar Z\bar Z_{eq_2}}}$$

$$\bar I_2 = \frac{\frac{V_1}{K}\bar Z'_{eq_2}}{\Sigma Z}$$

$$\bar I_2' = \frac{\frac{V_1}{K'}\bar Z_{eq_2}}{\Sigma Z}$$

- diferencia de potencial V_2 en bornes de la carga.

esquema unifilar. $K \neq K'$



prob. 20 capt. 35

desde el punto de vista del primer transformador.

$$\bar V_2 = \frac{\bar V_1}{K} - \bar Z_{eq_2}\bar I_2 = \bar E_1 - \bar Z_{eq_2}\bar I_2 \longrightarrow \bar I_2 = \frac{\bar E_1 - \bar V_2}{\bar Z_{eq_2}} = \left[\bar E_1 - \bar V_2\right]\bar Y_{eq_2}$$

$\frac{\bar V_1}{K} = \bar E_1$ (en el parKer lo llama E_1)

$$\bar Y_{eq_2} = \frac{1}{\bar Z_{eq_2}}$$

$$\bar V_2 = \frac{\bar V_1}{K'} - \bar Z'_{eq_2}\bar I_2' = \bar E_2 - \bar Z'_{eq_2}\bar I_2' \longrightarrow \bar I_2' = \frac{\bar E_2 - \bar V_2}{\bar Z'_{eq_2}} = \left[\bar E_2 - \bar V_2\right]\bar Y'_{eq_2} \quad +$$

$\frac{V_1}{K'} = E_2$

$$\underbrace{\bar I_2 + \bar I_2'}_{I} = \left[E_1 - V_2\right]\bar Y_{eq_2} + \left[\bar E_2 - V_2\right]\bar Y'_{eq_2} =$$

$$= \bar I = \bar V_2 \bar Y$$

$$\bar Y = \frac{1}{\bar Z} \qquad \bar E_1 \bar Y_{eq_2} + \bar E_2 \bar Y'_{eq_2} = \bar V_2\left[\bar Y + \bar Y_{eq_2} + \bar Y'_{eq_2}\right]$$

$$\boxed{\bar V_2 = \frac{\bar E_1 \bar Y_{eq_2} + \bar E_2 \bar Y'_{eq_2}}{\bar Y + \bar Y_{eq_2} + \bar Y'_{eq_2}} = \frac{\frac{V_1}{K}\bar Y_{eq_2} + \frac{V_1}{K'}Y'_{eq_2}}{\bar Y + \bar Y_{eq_2} + \bar Y'_{eq_2}}}$$

para n transfor. de paralelo.

$$\bar V_2 = \frac{\frac{V_1}{K}\bar Y_{eq_2} + \frac{V_1}{K'}\bar Y'_{eq_2} + \frac{V_1}{K''}Y''_{eq_2} \dots}{\bar Y + \bar Y_{eq_2} + \bar Y'_{eq_2} + \bar Y''_{eq_2} \dots}$$

problema 51-58 capt. 35.

CAP 35 Probl. 51

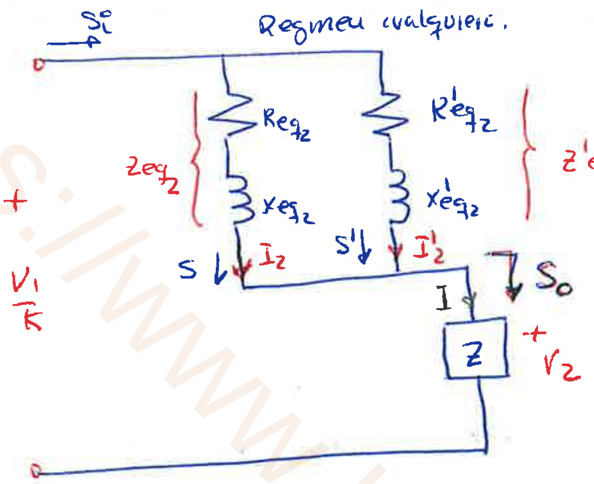
MUY IMPORTANTE.

Dos transf. 100 kVA 0'5% 8%
0'75% 4%

¿Cómo se repartirían las cargas totales?

a) 180^{kW} fdp = 0'9 ind solución $[58^{kW}, 122^{kW}]$

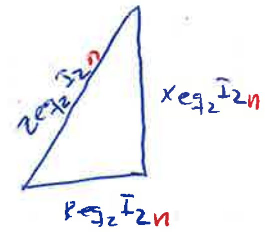
los parámetros todo en el secundario
Régimen cualquiera.



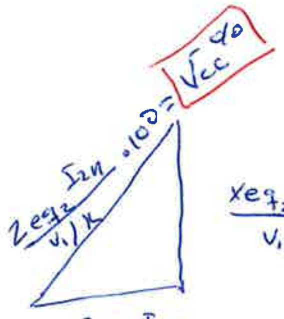
por teoría $\bar{I}_2 = \bar{I}\dfrac{\bar{Z}'_{eq_2}}{\bar{Z}_{eq_2}+\bar{Z}'_{eq_2}}$

$\bar{I}'_2 = \bar{I}\dfrac{\bar{Z}_{eq_2}}{\bar{Z}_{eq_2}+\bar{Z}'_{eq_2}}$

triángulo de Kapp para el 1er transformador y lo refiero al régimen nominal.



$\times \dfrac{100}{V_{1n}/K} \Rightarrow$



$\dfrac{x_{eq_2} I_{2n}}{V_{1n}/K}\cdot 100 = \boxed{V_x^{\%}}$

$\dfrac{R_{eq_2} I_{2n}}{V_1/K}\cdot 100 = \boxed{V_R^{\%}}$

$\Rightarrow \bar{V}_{cc}^{\%} = V_R^{\%} + j\,V_x^{\%}$

$\bar{V}'^{\%}_{cc} = V'^{\%}_R + j\,V'^{\%}_x$

si no ha especificado $K = K'$ 100 kVA $\Rightarrow I_{2n} = I'_{2n}$ la corrientes son iguales.

multiplico y divido $\dfrac{I_{2n}\cdot 100}{V_{1n}/K}$

$$\left[\bar{I}_2 = \bar{I}\,\frac{\bar{Z}'_{eq_2}\cdot\frac{I_{2n}\cdot 100}{V_{1n}/K}}{\bar{Z}_{eq_2}+\bar{Z}'_{eq_2}\cdot\frac{I_{2n}\cdot 100}{V_{1n}/K}} = \bar{I}\,\boxed{\frac{\bar{V}'^{\%}_{cc}}{\bar{V}^{\%}_{cc}+\bar{V}'^{\%}_{cc}}}\right.$$

lo mismo para con $\bar{I}'_2$

$$\boxed{\bar{I}'_2 = \bar{I}\,\frac{\bar{V}_{cc}^{\%}}{\bar{V}_{cc}^{\%}+\bar{V}'^{\%}_{cc}}}$$

$$\left[\bar{I}'_2 = \bar{I}\,\frac{\bar{Z}_{eq_2}\cdot\frac{I_{2n}\cdot 100}{V_{1n}/K}}{\bar{Z}_{eq_2}+\bar{Z}'_{eq_2}\cdot\frac{I_{2n}\cdot 100}{V_{1n}/K}} = \bar{I}\,\frac{\bar{V}_{cc}^{\%}}{\bar{V}_{cc}^{\%}+\bar{V}'^{\%}_{cc}}\right]$$

potencia aparente

$\bar{S}_o = \bar{V}_2\,\bar{I}^*$

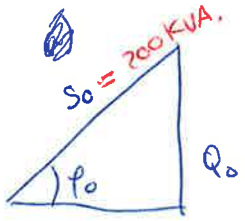
$\bar{S} = \bar{V}_2\,\bar{I}_2^* \longrightarrow \bar{S} = \bar{V}_2\left[\bar{I}\,\dfrac{\bar{V}'^{\%}_{cc}}{\bar{V}^{\%}_{cc}+\bar{V}'^{\%}_{cc}}\right]^* = \bar{S} = \underbrace{\bar{V}_2\,\bar{I}^*}_{\bar{S}_o}\left[\dfrac{\bar{V}'^{\%}_{cc}}{\bar{V}^{\%}_{cc}+\bar{V}'^{\%}_{cc}}\right]^* =$

$$\boxed{\bar{S} = \bar{S}_o\left[\frac{\bar{V}'^{\%}_{cc}}{\bar{V}^{\%}_{cc}+\bar{V}'^{\%}_{cc}}\right]^*}$$

$\bar{S}' = \bar{V}_2\,\bar{I}'^*_2 \longrightarrow \boxed{\bar{S}' = \bar{S}_o\left[\dfrac{\bar{V}_{cc}^{\%}}{\bar{V}^{\%}_{cc}+\bar{V}'^{\%}_{cc}}\right]^*}$

expresiones para resolver los problemas.

apartado a)



$P_0 = 180\ kW$

$\varphi_0 = \cos^{-1} 0'9$

$S_0 = \frac{P_0}{\cos\varphi_0} = \frac{180}{0'9} = 200\ KVA$

$$\bar{S}' = \bar{S}_0 \left[\frac{\bar{V}_{cc}^{*}\ \%}{\bar{V}_{cc}\% + \bar{V}'_{cc}\%} \right] = 200 \angle \varphi_0 = \cos^{-1} 0'9 = 25'84° \left[\frac{8'02 \angle 86'42°}{12'06 \angle 84'05°} \right]^{*} = \rightarrow$$

$\bar{V}_{cc}\% = 0'5 + j8 = 8'02 \angle 86'42°$

$\bar{V}'_{cc}\% = 0'45 + j4 = 4'07 \angle 79'38$

$\bar{V}_{cc}\% + \bar{V}'_{cc}\% = 1'25 + j12 = 12'06 \angle 84'05$

Potencia activa 122 kW

$$\rightarrow \bar{S}' = 133 \angle 23'47 = 122 + j\ \underline{52'97}\ KVA.$$

Potencia reactiva.

Se puede hacer de dos maneras para calcular $\bar{S}^{*}$

$$\bar{S} = \bar{S}_0 \left[\frac{V'_{cc}\ \%}{\bar{V}_{cc}\% + V'_{cc}\%} \right] = 200 \angle 25'84° \left[\frac{4'07 \angle 79'38}{12'06 \angle 84'05} \right]^{*} = \rightarrow$$

$$\rightarrow \bar{S} = 67'50 \angle 30'51° = 58'15 + j\,34'27\ KVA$$

Potencia activa de salida 58'15

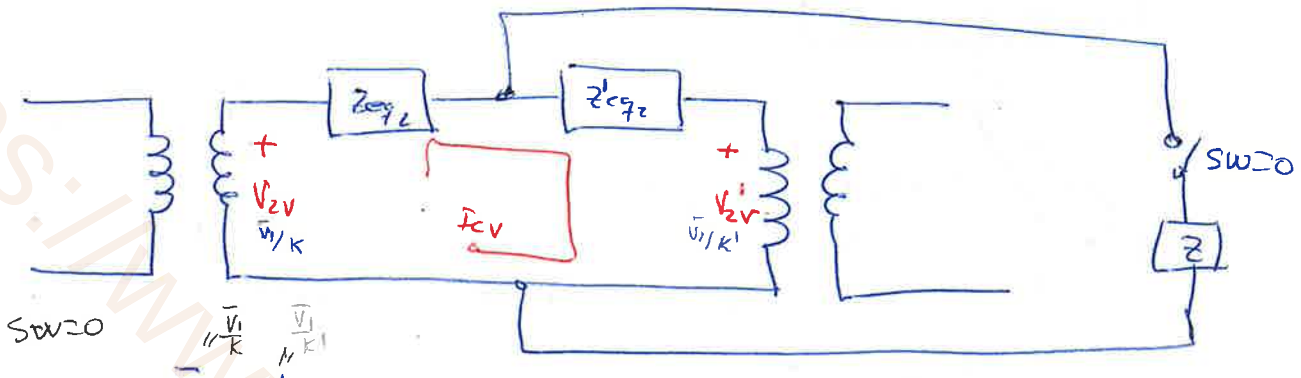
$\bar{S}_0 = \bar{S} + \bar{S}' \Rightarrow \quad 180\ kW = \bar{S}^{*} + 122 \quad \boxed{\bar{S}^{*} = 58\ kW}$

hacer b y c.

capt. 35 probl. 52. (este problema fue largo no suele caer.)

Un transf. monofasico de 500 ~~kV~~. V y 500 KVA con 1%+j4% esta conectado paralelo con un transf. de 500 V y 250 KVA con 1'5%+j6% la tension nominal del secundario son 510 V, 500 V

a) corriente que circulara en I_{cv}. Sol. [121'5 A] I_{cv}.



$$\bar{I}_{cv} = \frac{\bar{V}_{2v} - \bar{V}'_{2v}}{\bar{Z}_{eq_2} + \bar{Z}'_{eq_2}} \quad (1)$$ la formula cuando SW=0

$V_{cc}^{\%} = (1+j4) = 4'12 \angle 75'96 \%$

$\bar{V}'_{cc} = (1'5+j6) = 6'18 \angle 75'96°$

$$V_{cc}\% = \frac{Z_{eq_2} I_{2n}}{V_1/K} \cdot 100 = \frac{Z_{eq_2} I_{2n}}{V_{2n}} \cdot 100 = \rightarrow$$

como $I_{2n} = \frac{S_n}{V_{2n}}$

$$\rightarrow = \frac{Z_{eq_2} S_n}{V_{2n}^2} \cdot 100 \quad +$$

sustituyendo a las formula

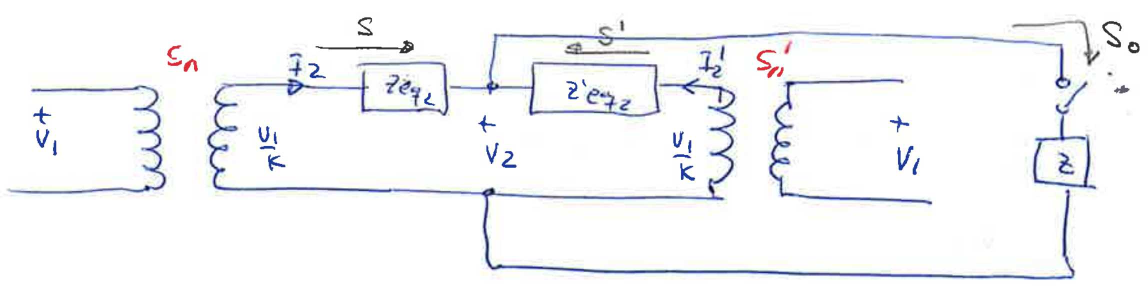
$$4'12 = \frac{Z_{eq_2}(500 \cdot 10^3)}{(500)^2} \cdot 100 \rightarrow Z_{eq_2} = 0'02\,\Omega \quad \bar{Z}_{eq_2} = 0'02 \angle 75'96°$$

$$6'18 = \frac{Z'_{eq_2}(250 \cdot 10^3)}{(500)^2} \cdot 100 \rightarrow \bar{Z}'_{eq_2} = 0'06 \angle 75'96°$$ sustituyendo a la expresión

$$(1) \quad \bar{I}_{cv} = \frac{510\angle 0° - 500\angle 0°}{0'06\angle 75'96 + 0'02\angle 75'96°} = \frac{510\angle 0° - 500\angle 0°}{0'082 \angle 75'96°} = 121'95\,A \angle -75'96°$$

b) Hallar la corriente en el secundario de cada transformador. 700 KW fdp=1

soluciones [1.070 A, 330 A] aproximadamente.



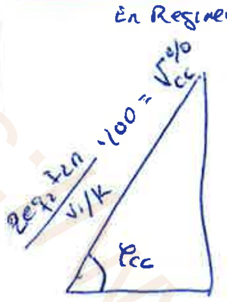
S_i^o $K = K'$ la relación de transformación son iguales.

$$\bar{V}_2 = \frac{\bar{V}_1}{K} - \bar{Z}eq_{T_2}\bar{I}_2 \quad \text{del } 1^{er} \text{ transformador}$$

$$\bar{V}_2 = \frac{\bar{V}_1}{K} - \bar{Z}'eq_2\bar{I}'_2 \quad \text{del } 2^{do} \text{ transformador.}$$

$$\boxed{\bar{Z}eq\,\bar{I}_2 = \bar{Z}eq'_2\,\bar{I}'_2} \quad (1)$$

En Regimen nominal.



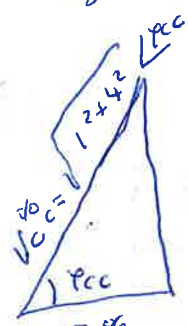
$$\frac{Xeq_2\,I_{2n}}{V_1/K} \cdot 100 = V_X\%$$

$$\frac{Req_2\,I_{2n}}{V_{1n}/K} \cdot 100 = V_R\%$$

φ_{cc} = f. de corto del 1^{er} transformador

$\Rightarrow$

Regimen nominal de tensión y de corriente es decir a plena capacidad.



$V_X\% = 4\%$

$V_R\% = 1\%$

$\varphi_{cc} = tg^{-1}\frac{4}{1}$

lo mismo para el segundo transformador

$I_2 \propto S_n$

$I'_2 \propto S'_n$

$$\boxed{\frac{I_2}{I'_2} = \frac{S_n}{S'_n}} \quad (2)$$

S, S' { potencia aparentes complejas

S_o potencia aparente de la carga

$S = V_2 I_2$

$S' = V_2 I'_2$

$$\boxed{\frac{S}{S'} = \frac{I_2}{I'_2}} \quad (3)$$

entre las ecuaciones (3) (2) (1) podemos decir.

$$\boxed{\frac{S}{S'} = \frac{I_2}{I'_2} = \frac{Zeq'_2}{Zeq_2} = \frac{S_n}{S'_n}} \quad (4)$$

entonces.

$$\%Zeq_2 = \frac{\bar{Z}eq_2 \cdot I_{2n}}{V_{2n}} \cdot 100 = \frac{Zeq_2 \cdot S_n}{V_{2n}^2} \cdot 100$$

$V_{2n} = \frac{V_{1n}}{K}$

$I_{2n} = \frac{S_n}{V_{2n}}$