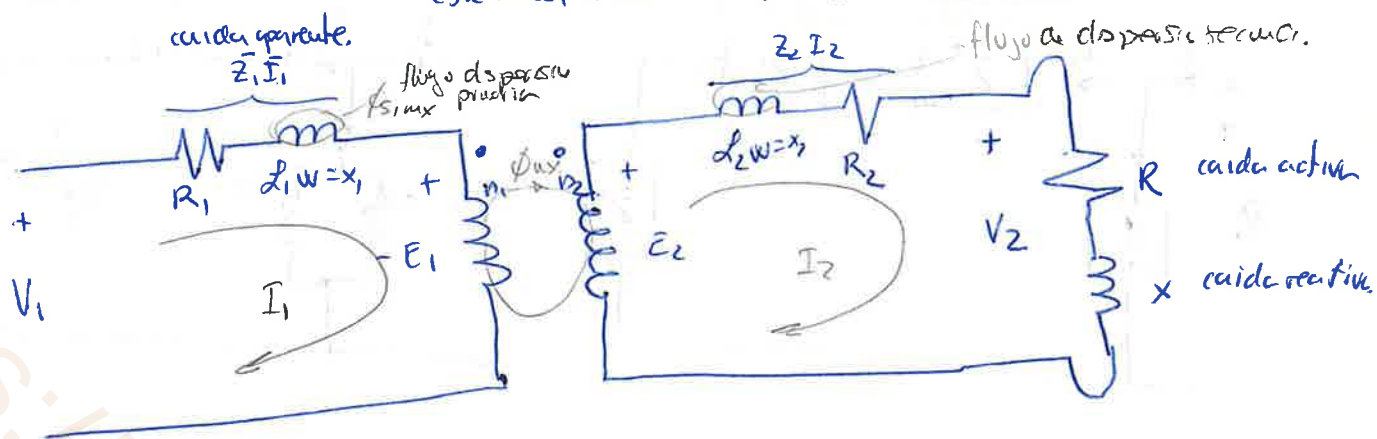


TRANSFORM. REAL.

$$\begin{aligned} \bar{V}_1 &= -\bar{E}_1 + \bar{Z}_1 \bar{I}_1 & \text{ec. del primario del transp.} & n_1 \bar{E}_1 + n_2 \bar{E}_2 = n_1 \bar{E}_0 & K = \frac{n_1}{n_2} \\ \bar{E}_2 &= \bar{V}_2 + \bar{Z}_2 \bar{I}_2 & \text{secund.} & \bar{I}_1 = \bar{I}_0 + \bar{I}_2' & \bar{I}_2' = -\frac{\bar{I}_2}{K} \end{aligned}$$

este transp. tiene P_h y P_h .



CIRCUITO EQUIVALENTE AL TRANSFORMADOR.

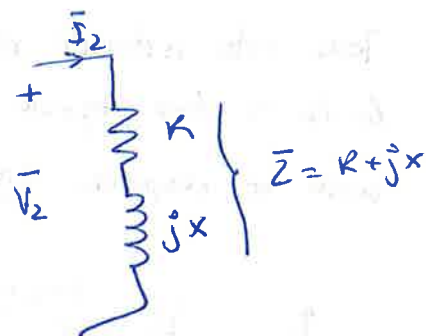
$$\bar{V}_1 = -\bar{E}_1 + \bar{Z}_1 \bar{I}_1 \quad (1)$$

$$\bar{E}_2 = \bar{V}_2 + \bar{Z}_2 \bar{I}_2$$

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_0 + \bar{I}_2' \quad \text{ec. de la p. electrostática.}$$

$$\bar{I}_2' = -\frac{\bar{I}_2}{K}$$

$$\bar{V}_2 = \bar{Z} \bar{I}_2$$



$$\bar{E}_2 = \bar{Z} \bar{I}_2 + \bar{Z}_2 \bar{I}_2 = \bar{I}_2 [\bar{Z} + \bar{Z}_2] \quad \text{multiplicado por } (-K) \cdot K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$-K \bar{E}_2 = -K \bar{I}_2 [\bar{Z} + \bar{Z}_2]$$

$$\text{como } \bar{I}_2' = -\frac{\bar{I}_2}{K}$$

$$\bar{I}_2 = -\bar{I}_2' K \quad \text{sustituyendo.}$$

$$-K \bar{E}_2 = K^2 \bar{I}_2' [\bar{Z} + \bar{Z}_2] \quad -K \bar{E}_2 = \bar{I}_2' [K^2 \bar{Z} + K^2 \bar{Z}_2]$$

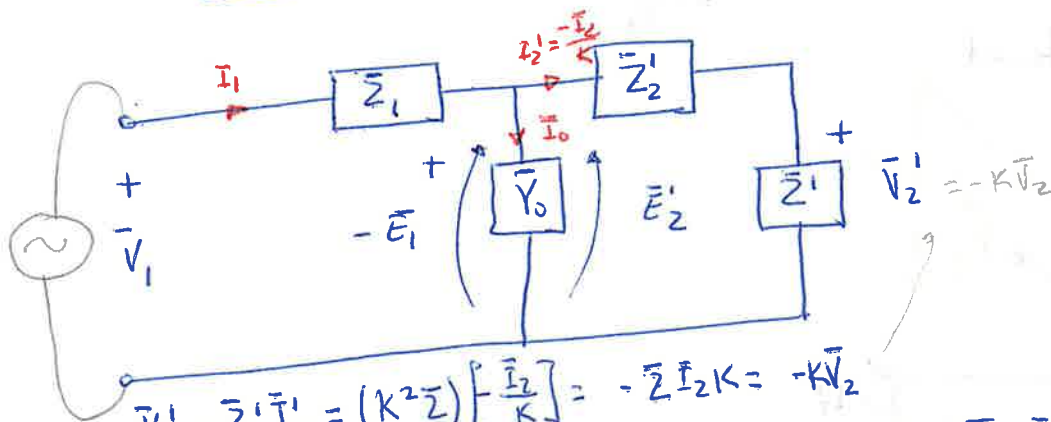
$$\begin{aligned} K^2 \bar{Z} &= \bar{Z}' & \text{impedancia de carga reducida al primario.} \\ K^2 \bar{Z}_2 &= \bar{Z}_2' & \text{" " secundario reducida al primario.} \end{aligned}$$

$$-K \bar{E}_2 = \bar{I}_2' [\bar{Z}' + \bar{Z}_2']$$

sustituyendo en (1)

$$\bar{V}_1 = \bar{I}_2' [\bar{Z}' + \bar{Z}_2'] + \bar{Z}_1 \bar{I}_1$$

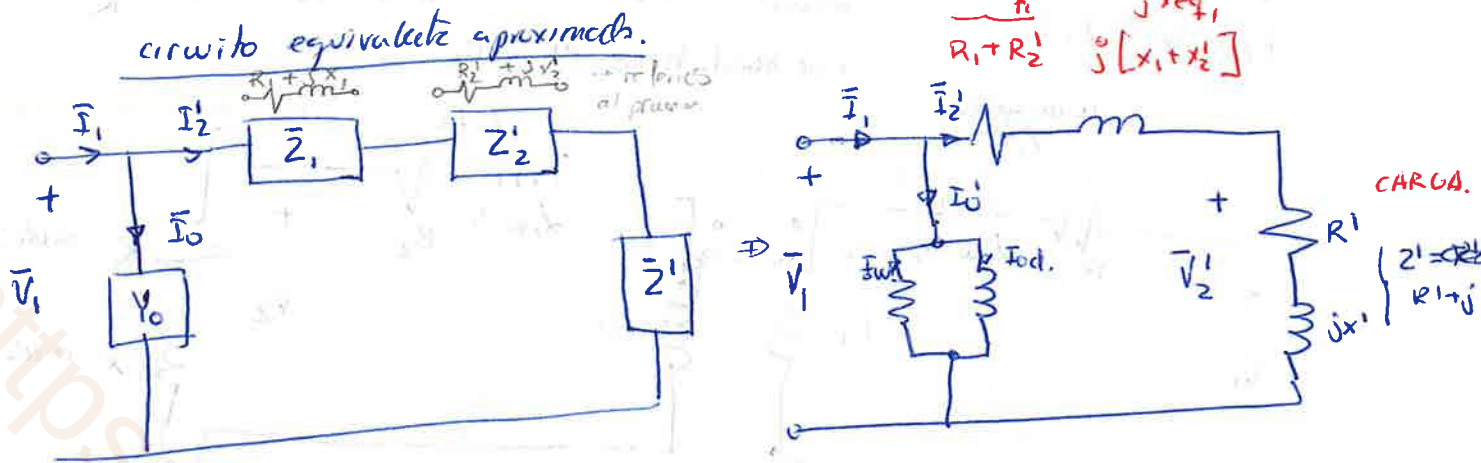
define el circuito equivalente del transformador.



$$\bar{V}_2' = \bar{Z}' \bar{I}_2' = (K^2 \bar{Z}) \left[-\frac{\bar{I}_2}{K} \right] = -\bar{Z} \bar{I}_2 K = -K \bar{V}_2$$

$$\bar{E}_2' = \bar{I}_2' [\bar{Z}_2' + \bar{Z}'] = \left[-\frac{\bar{I}_2}{K} \right] K^2 [\bar{Z}_2 + \bar{Z}] = -K \bar{I}_2 (\bar{Z}_2 + \bar{Z}) = -K \bar{E}_2$$

como $\bar{Z}_1$ es despreciable muy pequeño entro $\bar{Y}_0$ lo colocamos en entrada, en V_1 y se llama circuito equivalente aproximado.



Todo esta reducido al debanado primario. Cuando la maquina esta en carga la I_0 es tan pequeña frente I_1 , $\bar{I}_2'$, entonces normalmente I_0 corriente vacio se desprecia ($\bar{Y}_0$ se quita).

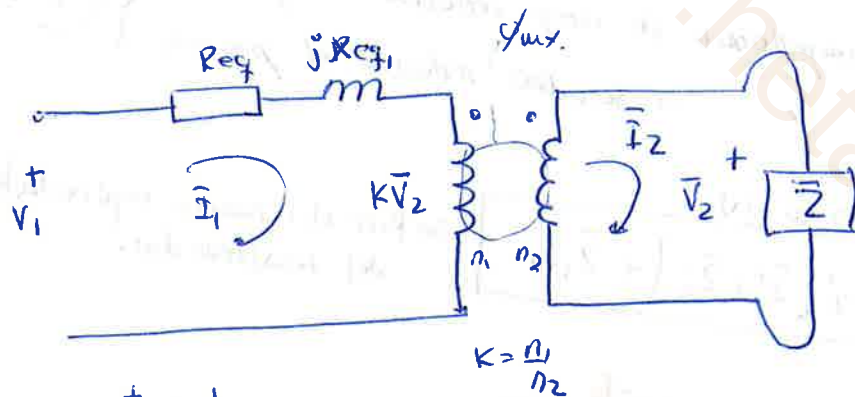
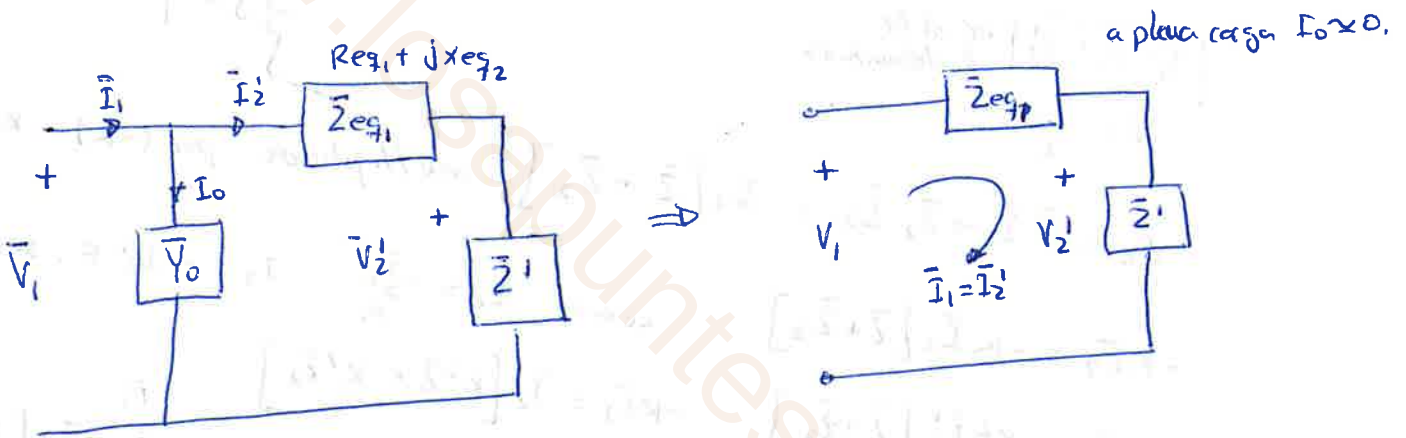
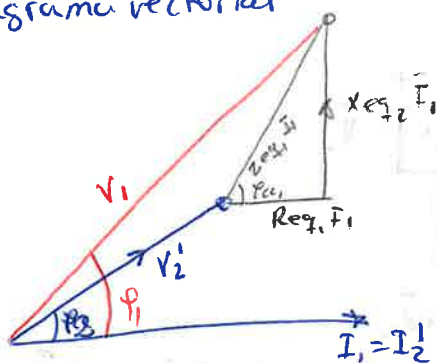


Diagrama vectorial



GRAFICA: Ec. vectoriales

GRAFICA DEL CIRCUITO ANTERIOR.

$$\bar{V}_1 = -\bar{E}_1 + \bar{Z}_1 \bar{I}_1 \quad \text{expresión del primario del transformador.}$$

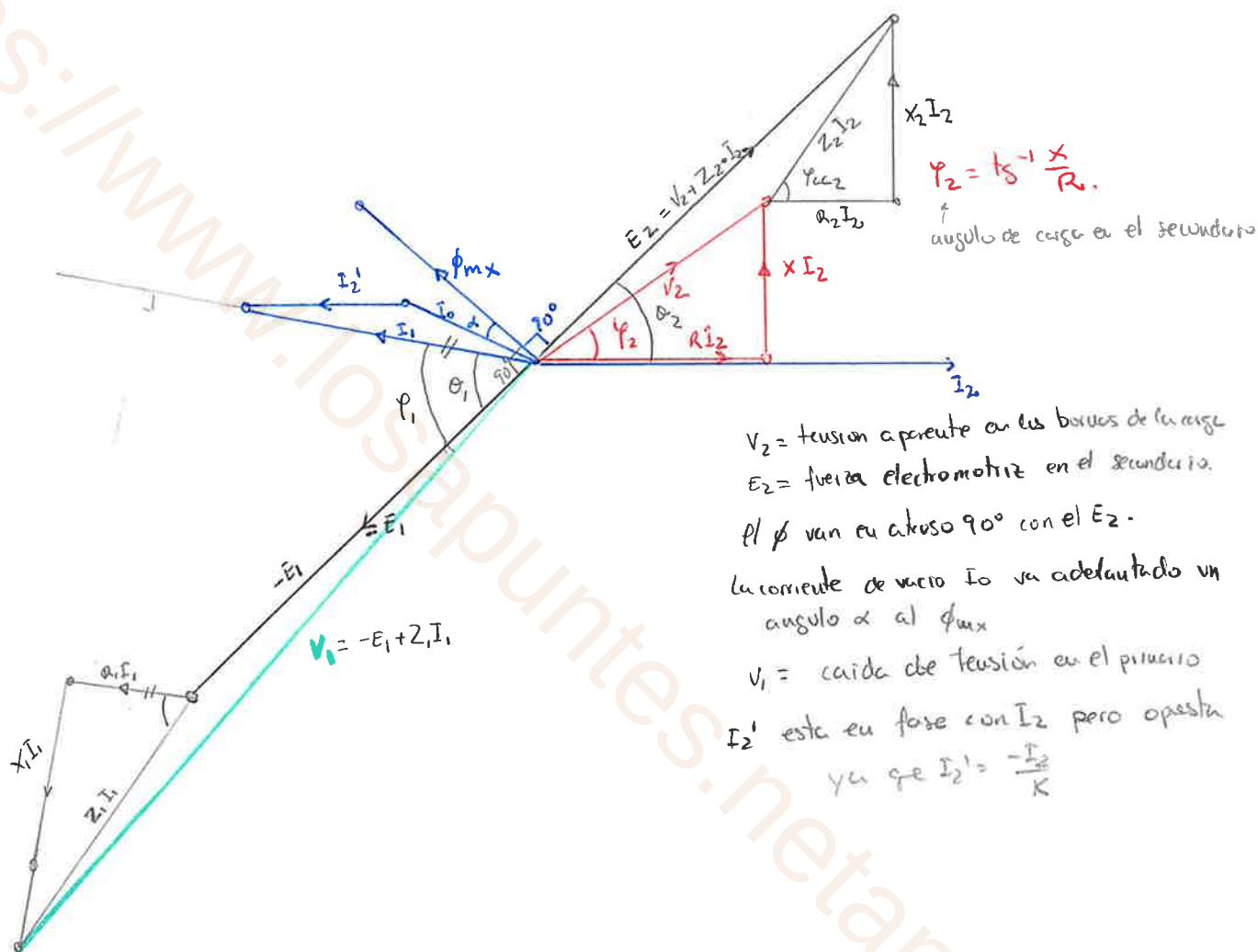
$$\bar{E}_2 = \bar{V}_2 + \bar{Z}_2 \bar{I}_2 \quad \text{" " secund. " "}$$

ecuación de la p. electromotriz

$$n_1 \bar{I}_1 + n_2 \bar{I}_2 = n_1 \bar{I}_0 \quad \text{cuando } K = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_0 + \bar{I}_2'$$

$$\bar{I}_2' = -\frac{\bar{I}_2}{K}$$



V_2 = tensión aparente en los bornes de la carga

E_2 = fuerza electromotriz en el secundario.

El ϕ van en atraso 90° con el E_2 .

La corriente de vacío I_0 va adelantado un ángulo α al ϕ_{mx}

V_1 = caída de tensión en el primario

I_2' está en fase con I_2 pero opuesta
ya que $I_2' = -\frac{I_2}{K}$

Suponemos $I_0 = 0$

$$\left. \begin{aligned} n_1 I_1 + n_2 I_2 &= 0 \\ \text{como} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} I_2 &= -\frac{n_1}{n_2} I_1 \\ I_2 &= -K I_1 \end{aligned} \quad I_1 = -I_2 \frac{n_2}{n_1} = -\frac{I_2}{K}$$

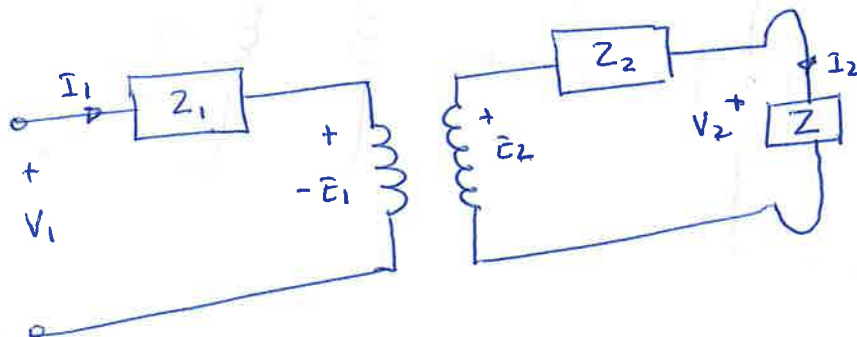
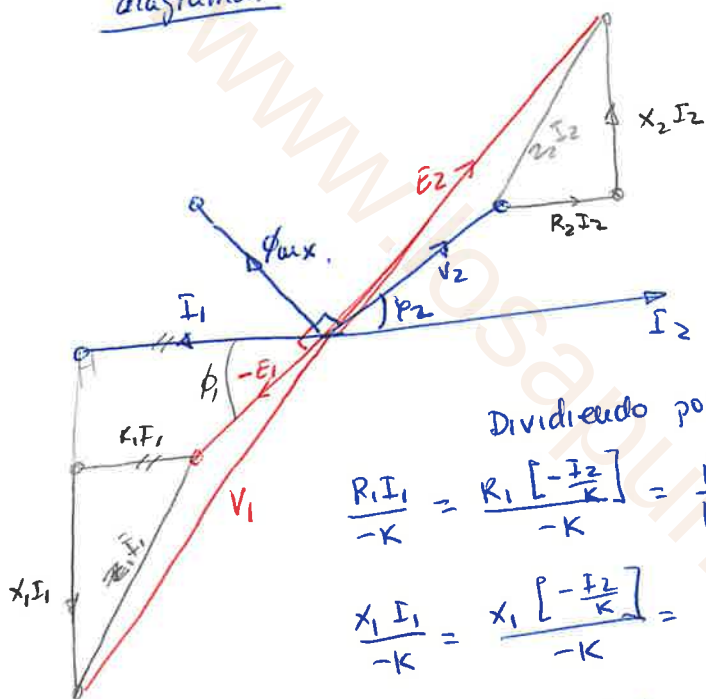


diagrama.



Dividiendo por $-K$

$$\frac{R_1 I_1}{-K} = \frac{R_1 \left[-\frac{I_2}{K} \right]}{-K} = \frac{R_1}{K^2} I_2$$

$$\frac{X_1 I_1}{-K} = \frac{X_1 \left[-\frac{I_2}{K} \right]}{-K} = \frac{X_1}{K^2} I_2$$

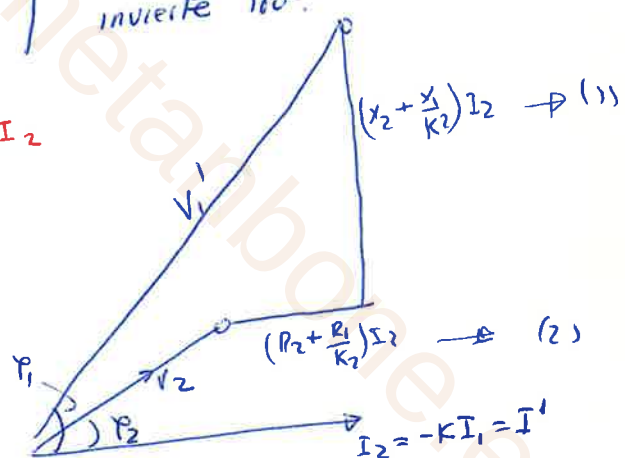
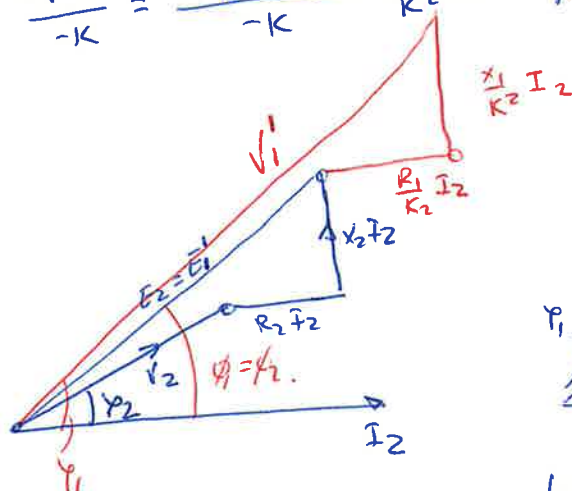
$$\frac{Z_1 I_1}{-K} = \frac{Z_1 \left[-\frac{I_2}{K} \right]}{-K} = \frac{\bar{Z}_1}{K^2} I_2$$

f. elect. reducida al secundario.

$$\frac{-E_1}{-K} = \frac{E_1}{K} = E_2 = (E'_1)$$

$$\frac{-V_1}{-K} = \frac{V_1}{K} = V'_1$$

entonces el diagrama vectorial se invierte 180° .



$$(1) (X_2 + X'_1) I_2 = X_{eq2} I_2$$

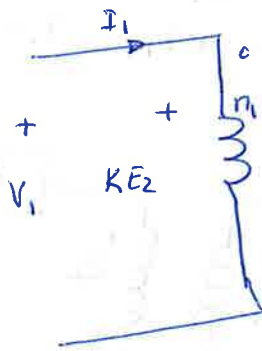
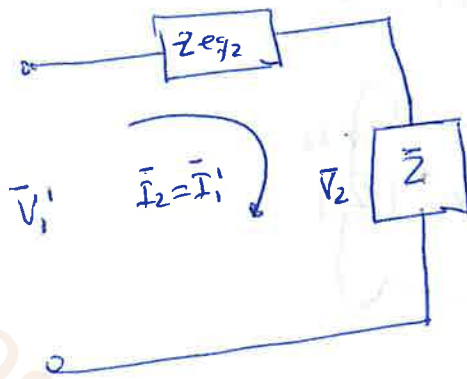
$$(2) (R_2 + R'_1) I_2 = R_{eq2} I_2$$

X'_1 reactancia primaria reducida al secundario.
 R'_1 resist. primaria reducida al secundario.

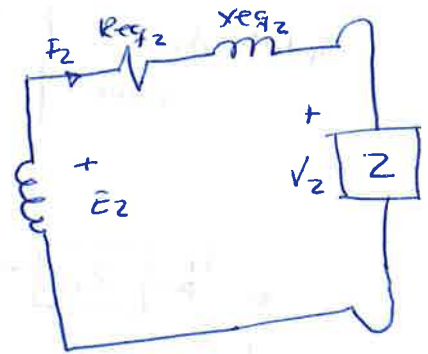
$$R'_1 = \frac{R_1}{K^2} \quad X'_1 = \frac{X_1}{K^2}$$

mediante un esgema equivalente.

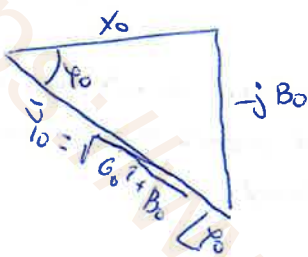
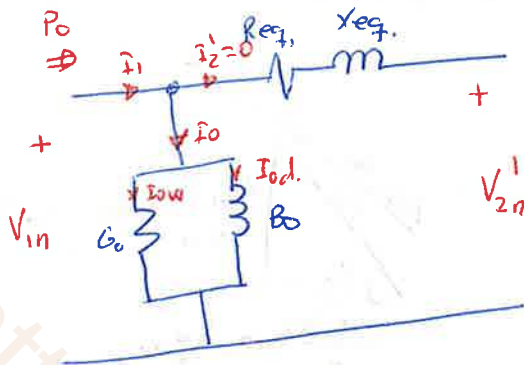
$$I_0 = 0$$



$$Z_{eq2} = \sqrt{R_{eq2}^2 + X_{eq2}^2}$$

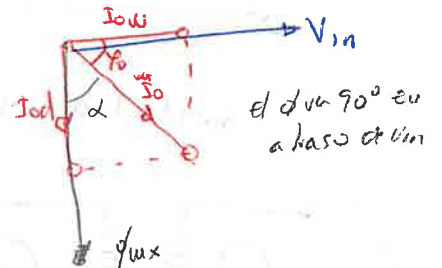


ENSAYO EN VACIO. brazo paralelo G y B

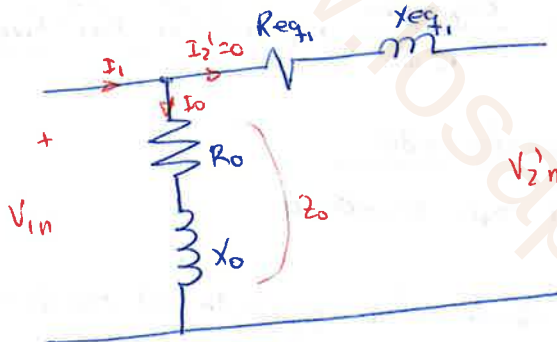


$$\cos \phi_0 = \frac{P_0}{S_0} = \frac{V_{1n} I_0 \cos \phi_0}{V_{1n} I_0} = \frac{P_0}{V_{1n} I_0}$$

diagrama rectorial.



brazo excitación R y X_L



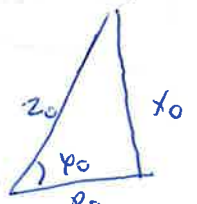
$$I_1 = I_0 \quad I_2 = 0$$

$$P_0 = R_0 I_0^2$$

$$R_0 = \frac{P_0}{I_0^2}$$

$$Z_0 = \frac{V_{1n}}{I_0}$$

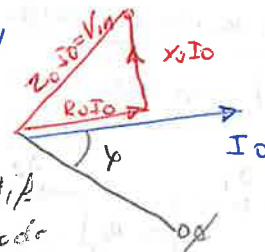
$$X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2}$$



$$\cos \phi_0 = \frac{P_0}{V_{1n} I_0}$$

diagrama rectorial

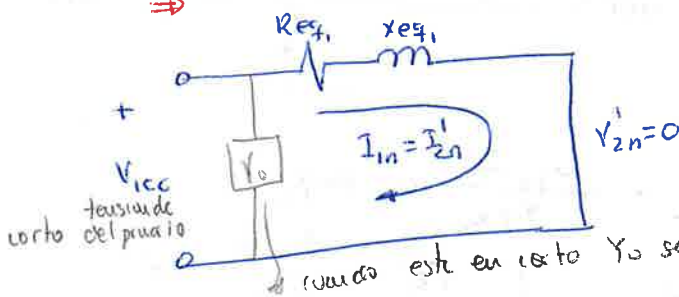
el ϕ tiene 90° en 90° en atraso con ϕ de potencia aplicada



AMORA ENSAYO EN CORTOCIRCUITO.

la máquina está trabajando con valores nominales de corriente.

$\Rightarrow P_{cc} =$ potencia de corto consumida.



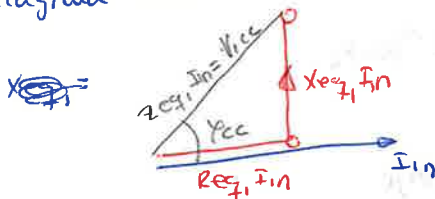
$$P_{cc} = R_{eq1} I_{1n}^2$$

$$R_{eq1} = \frac{P_{cc}}{I_{1n}^2}$$

$$X_{eq1} = \frac{V_{cc}}{I_{1n}}$$

$$X_{eq1} = \sqrt{Z_{eq1}^2 - R_{eq1}^2}$$

diagrama rectorial en ensayo en corto



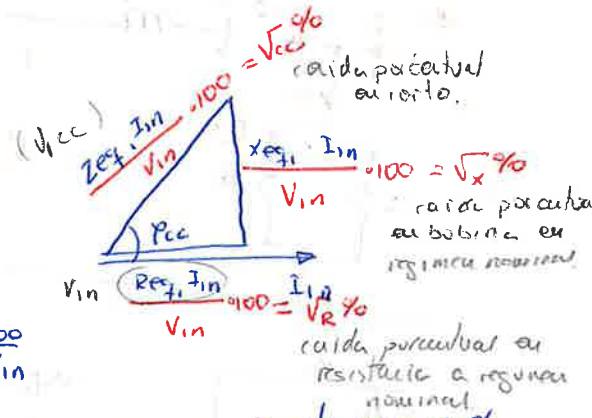
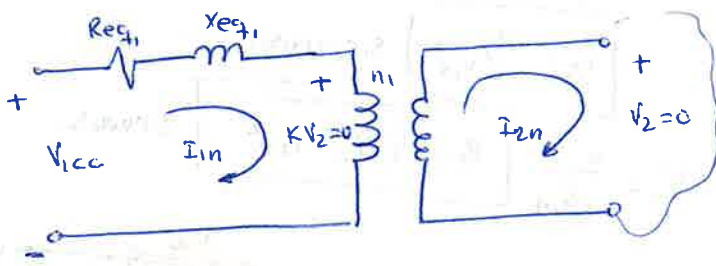
$$\cos \phi_{cc} = \frac{P_{cc}}{V_{cc} I_{1n}}$$

como el secundario del transformador es $E_2 = \bar{V}_2 + \bar{Z}_2 \bar{I}_2$ y como $\bar{V}_2$ está en corto

$$\Rightarrow \bar{E}_2 = \bar{Z}_2 \bar{I}_2 \quad \text{la caída } \bar{Z}_2 \bar{I}_2 \approx 0 \Rightarrow E_2 \approx 0$$

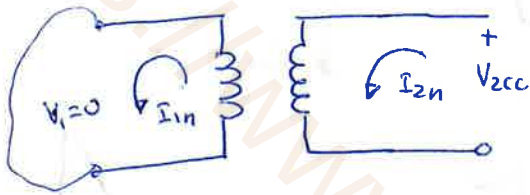
Tensión de cortocircuito.

V_n (valor nominal) es la tensión máxima permitido para que no se estropee el transformador.



multiplico todos los lados del triángulo $\times \frac{100}{V_n}$

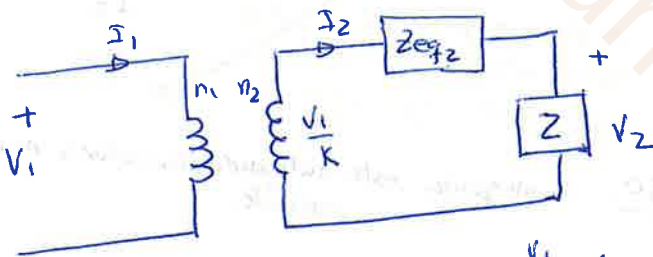
La tensión de corto es la misma pero en este caso es el devanado primario. (es lo mismo ponerlo en el primario que en el secundario).



$$V_{cc} \% = \frac{Z_{eq1} \cdot I_{1n}}{V_n} \cdot 100 = \frac{Z_{eq1} \left[\frac{I_{2n}}{K} \right]}{K V_{2n}} \cdot 100 = \frac{Z_{eq2} \cdot I_{2n}}{V_{2n}} \cdot 100 \Rightarrow \boxed{V_{cc} \% = V_{1cc} \% = V_{2cc} \%}$$

Determinación de caída de tensión para un transformador.

transf. con todos los parámetros reducido al lado secundario.



caída activa aparente del transformador.

$$\frac{V_1}{K} - V_2 = Z_{eq2} \cdot I_2$$

caída de tensión en tanto por ciento (en el transformador)

$$\epsilon \% = \frac{\frac{V_1}{K} - V_2}{\frac{V_1}{K}} \cdot 100 = \frac{R_{eq2} I_2 \cos \phi_2 + X_{eq2} I_2 \sin \phi_2}{\frac{V_1}{K}} \cdot 100$$

$$\epsilon \% = \frac{R_{eq2} I_2}{V_1/K} \cdot 100 \cos \phi_2 + \frac{X_{eq2} I_2}{V_1/K} \cdot 100 \sin \phi_2$$

$$\epsilon \% = \sqrt{R} \% \cos \phi_2 + \sqrt{X} \% \sin \phi_2$$

$$\sqrt{R} \% = \frac{R_{eq2} I_2}{V_1/K} \cdot 100$$

$$\sqrt{X} \% = \frac{X_{eq2} I_2}{V_1/K} \cdot 100$$

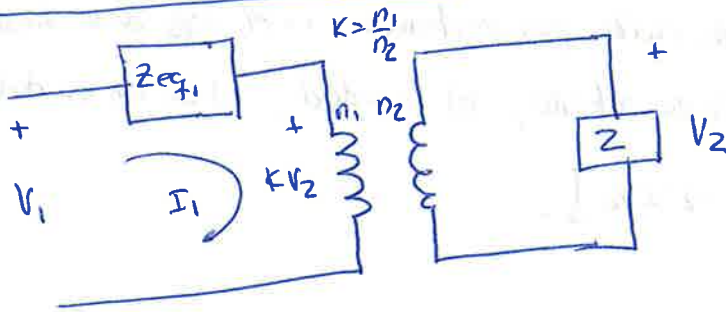
Regulación en porcentaje

$$Reg \% = \frac{\frac{V_1}{K} - V_2}{V_2} \cdot 100 = \sqrt{R} \% \cos \phi_2 + \sqrt{X} \% \sin \phi_2$$

$$\sqrt{R} \% = \frac{R_{eq2} I_2}{V_2} \cdot 100 \quad \text{caída activa en porcentaje}$$

$$\sqrt{X} \% = \frac{X_{eq2} I_2}{V_2} \cdot 100 \quad \text{caída reactiva en porcentaje}$$

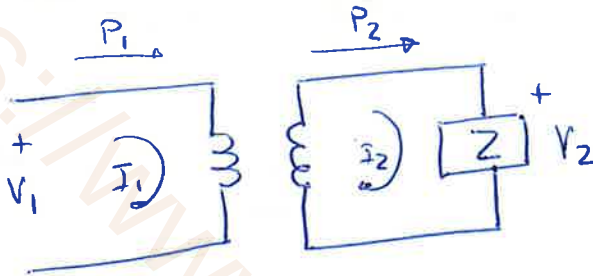
Ahora en el lado primario.



$$\varepsilon\% = \frac{V_1 - KV_2}{V_1} \cdot 100$$

$$R_{eq}\% = \frac{V_1 - KV_2}{KV_2} \cdot 100$$

Rendimiento del transformador.



$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\text{pot. activa de salida}}{\text{pot. activa de entrada}} = \frac{P_2}{P_2 + \text{perdidas (en el hierro y pérdidas en el cobre)}}$$

$$\eta\% = \frac{P_2}{P_2 + P_{cu} + P_{fe}} \cdot 100$$

perdidas

rendimiento del transformador.

P_{fe} $\xrightarrow{\text{Pérdidas en el hierro}}$ Ensayo Vacío $\rightarrow P_{fe} = \text{cte}$ ya qe $V_1 = \text{cte}$

P_{cu} $\xrightarrow{\text{Pérd. en el cobre}}$ $P_{cu} = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 = R_{eq1} I_1^2 = R_{eq2} I_2^2$

factor de sobre carga
primario secund.

$$K_{ch} = \frac{I_1}{I_{1n}} = \frac{I_2}{I_{2n}}$$

$$K_{ch} = \frac{V_{1n} I_1}{V_{1n} I_{1n}} = \frac{S}{S_n} = \frac{\text{potencia aparente}}{\text{potencia nominal aparente}}$$

$$K_{ch} = \frac{V_{2n} I_2}{V_{2n} I_{2n}}$$

$$\eta\% = \frac{K_{ch} S_n \cos \varphi_2}{K_{ch} S_n \cos \varphi_2 + P_{fe} + K_{ch}^2 P_{cu \text{ nominal}}} \cdot 100$$

rendimiento transformador mas acoplada

$$P_{cu n} = R_{eq1} I_{1n}^2 = R_{eq2} I_{2n}^2$$

$$P_{cu} = K_{ch}^2 P_{cu n}$$

28.45. Calcular la regulación de un transformador, en el cual la pérdida óhmica es el 1% de la salida y la caída por reactancia es el 5% de la tensión, cuando f.d.p. es a) de 0,8 en retardo; b) unidad; c) de 0,8 en adelanto.
[a) 3,8%; b) 1%; c) -2,2%].

Pérdida óhmica = 1% de S_2

caída reactancia = 5% de V_2

a) 0,8 ind

b) 1

c) 0,8 cap.

$$\text{coef Regulaci. } \text{Reg \%} = \frac{R_{eq2} I_2}{V_2} \cdot 100 \cos \phi_2 + \frac{X_{eq2} I_2}{V_2} \cdot 100 \sin \phi_2 \quad (1)$$

pérdida óhmica

$$R_{eq2} I_2^2 = \frac{1}{100} S_2 = \frac{1}{100} V_2 I_2$$

$$R_{eq2} I_2 = \frac{1}{100} V_2 \quad (2)$$

caída reactancia

$$X_{eq2} I_2 = \frac{5}{100} V_2 \quad (3)$$

substituyendo en (1) en función (2) y (3)

a) 0,8 ind.

$$\text{Reg \%} = \cos \phi_2 + 5 \sin \phi_2 = 0,8 + 3 = 3,8\%$$

b) $\cos \phi_2 = 1$

$$\text{Reg \%} = \cos \phi_2 + 5 \sin \phi_2 = 1 + 0 = 1\%$$

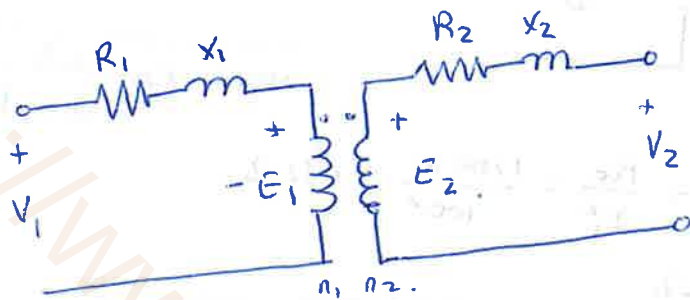
c) 0,8 cap.

$$\text{Reg} = \cos \phi_2 + 5 \sin \phi_2 = 0,8 - (5) \cdot (0,6) = -2,2\%$$

↑
como es capacitivo y es el circuito serie RC

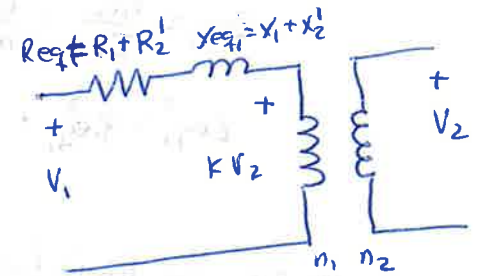
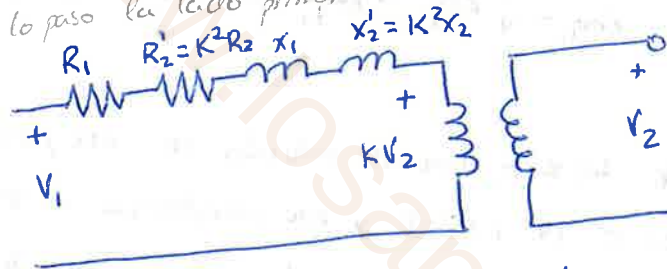
8.35. Un transp. monofásico tiene 180 y 90 espiras en sus bobinas primarias y secundarias, respectivamente. Las resistencias respectivas son de 0.233Ω y 0.067Ω . Calcular la resistencia equivalente

- del primario en función del devanado secundario
- del secundario en función del devanado primario.
- la resistencia total del transformador en función del primario.



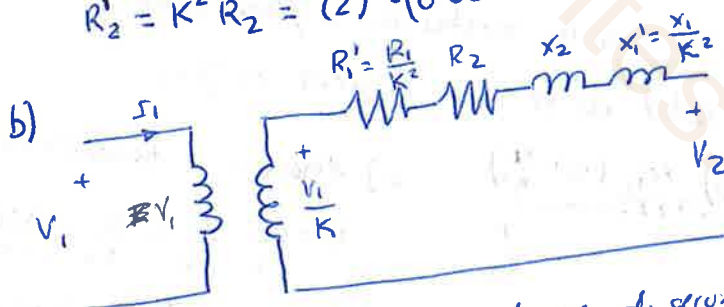
$$K = \frac{n_1}{n_2} = \frac{180}{90} = 2$$

lo paso al lado primario

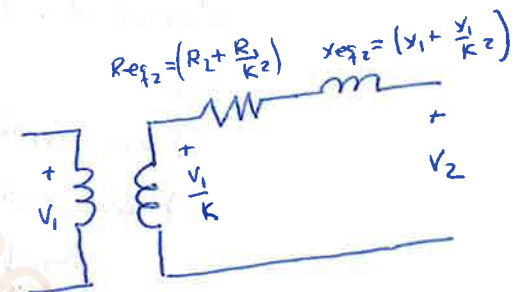


- R_1' resistencia del secundario referida al primario.

$$R_1' = K^2 R_2 = (2)^2 \cdot (0.067) = 0.268 \Omega.$$



Referido al lado secundario

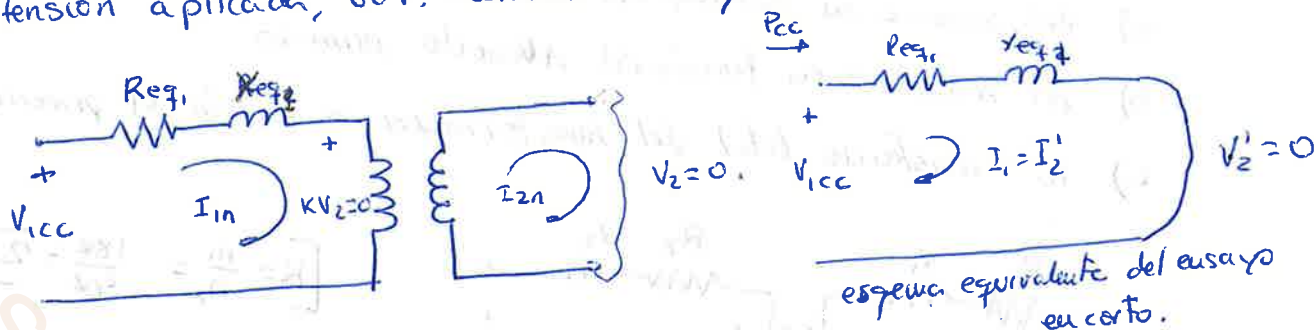


- R_1' resistencia del primario referida al secundario.

$$R_1' = \frac{R_1}{K^2} = \frac{0.233}{2^2} = 0.058 \Omega$$

- $R_{eq2} = R_1' + R_2 = 0.058 \Omega + 0.067 = 0.125 \Omega.$

28.36. Calcular en función del primario la resistencia efectiva (equivalente) y la reactancia de dispersión de un transformador que dio una prueba los siguientes resultados, con los terminales del secundario en cortocircuito: tensión aplicada, 60V; corriente 100A; entrada de potencia 12KW.



$$P_{cc} = R_{eq1} \cdot I_1^2 \quad R_{eq1} = \frac{P_{cc}}{I_1^2} = \frac{12000 \text{ W}}{100^2} = 0.12 \Omega$$

$$Z_{eq1} = \frac{V_{1cc}}{I_1} = \frac{60}{100} = 0.6 \Omega$$

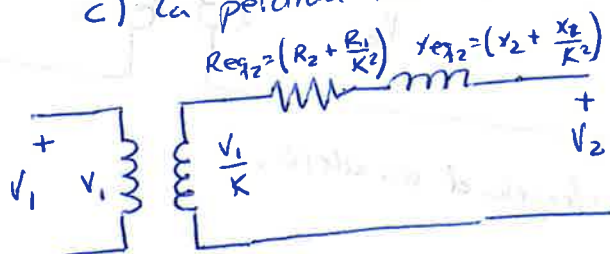
$$Z_{eq1}^2 = R_{eq1}^2 + X_{eq1}^2$$

$$X_{eq1} = \sqrt{Z_{eq1}^2 - R_{eq1}^2} = \sqrt{(0.6)^2 + (0.12)^2} = 0.59 \Omega$$

28.37. Un transformador de 40 KVA, con una relación de 2000/250V tiene una resistencia de primario de 0.15 Ω y una resistencia de secundario de 0.0155 Ω . Calcular a) la resistencia total en función del demandado secundario.

b) la caída total por la resistencia a plena carga.

c) la pérdida total en el cobre a plena carga.



a) Relación de transformación

$$K = \frac{n_1}{n_2} = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{V_1}{V_2} = \frac{2000}{250} = 8$$

$$R_{eq2} = R_2 + \frac{R_1}{K^2} = 0.0155 + \frac{0.15}{8^2} =$$

$$R_{eq2} = 0.0335 \Omega$$

$$S = V_2 \cdot I_2 = D \quad I_2 = \frac{S}{V_2} = \frac{40 \cdot 10^3}{250} = 160 \text{ A}$$

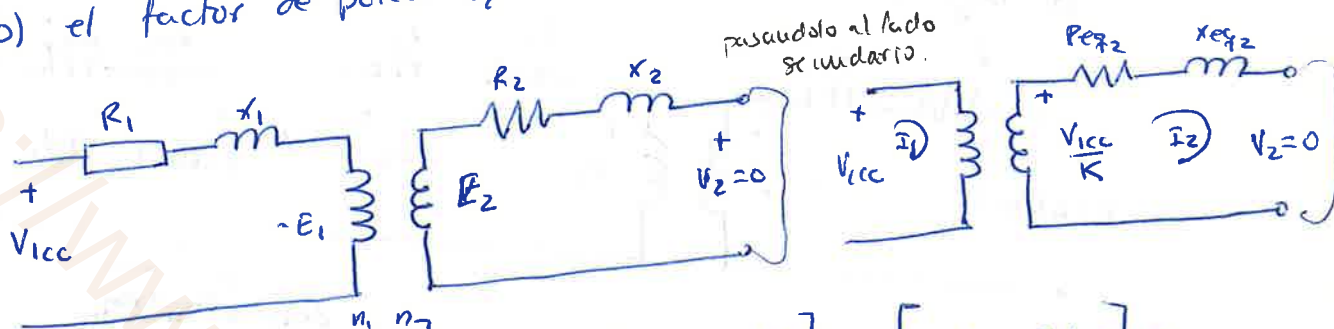
b) $R_{eq2} \cdot I_2 = 0.0335 \cdot 160 = 5.355 \text{ V}$

c) pérdidas en el cobre a plena carga: $R_{eq2} I_2^2 = R_{eq2} I_{2n}^2 = 0.0335 \cdot (160)^2 = 8568 \text{ W}$

28.38. Un transformador monofásico de 500 VA tiene una relación de espiras de 6. Las resistencias son de 0.90 Ω y 0.03 Ω y las reactivas de 5 Ω y 0.13 Ω, para los devanados de alta y baja tensión respectivamente. Hallar:

a) La tensión que debe aplicarse al lado de alta tensión para obtener una corriente de plena carga de 200 A, en el arrollamiento de baja tensión en cortocircuito.

b) el factor de potencia, en cortocircuito.



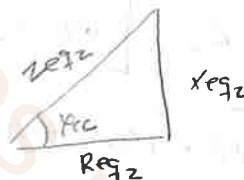
$$K = \frac{n_1}{n_2} = 6 \quad \bar{Z}_{eq2} = \frac{\bar{Z}_1}{K^2} + \bar{Z}_2 = \left[\frac{0.90 + j5}{6^2} \right] + [0.03 + j0.13] =$$

$$= 0.055 + j0.2689 = R_{eq2} + jX_{eq2} \quad Z_{eq2} = 0.274 \Omega$$

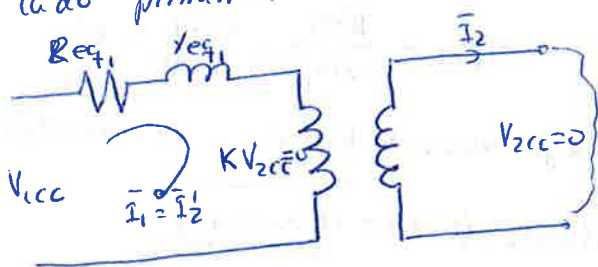
$$V_2 = \frac{V_{1cc}}{K} = I_2 \cdot Z_{eq2} = 200 \cdot 0.274 = 54.89 \quad \frac{V_{1cc}}{K} = 54.89 \quad V_{1cc} = 54.89 \cdot K =$$

$$V_{1cc} = 329.3475 V$$

$$b) \cos \phi_{cc} = \frac{R_{eq2}}{Z_{eq2}} = \frac{0.055}{0.274} = 0.2$$



Este problema puede solucionarse también trasladando todos los parámetros al lado primario.



$$I_1 = I_2' = \frac{200}{6}$$

$$\bar{Z}_{eq1} = \bar{Z}_1 + \bar{Z}_2' = \bar{Z}_1 + K^2 \bar{Z}_2$$

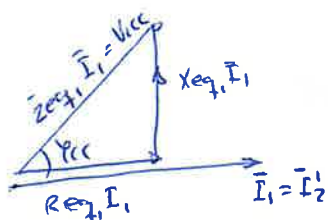
$$\bar{Z}_{eq1} = [0.90 + j5] + 6^2 [0.03 + j0.13] =$$

$$= R_{eq1} + jX_{eq1} = 9.78 \angle 78.44^\circ$$

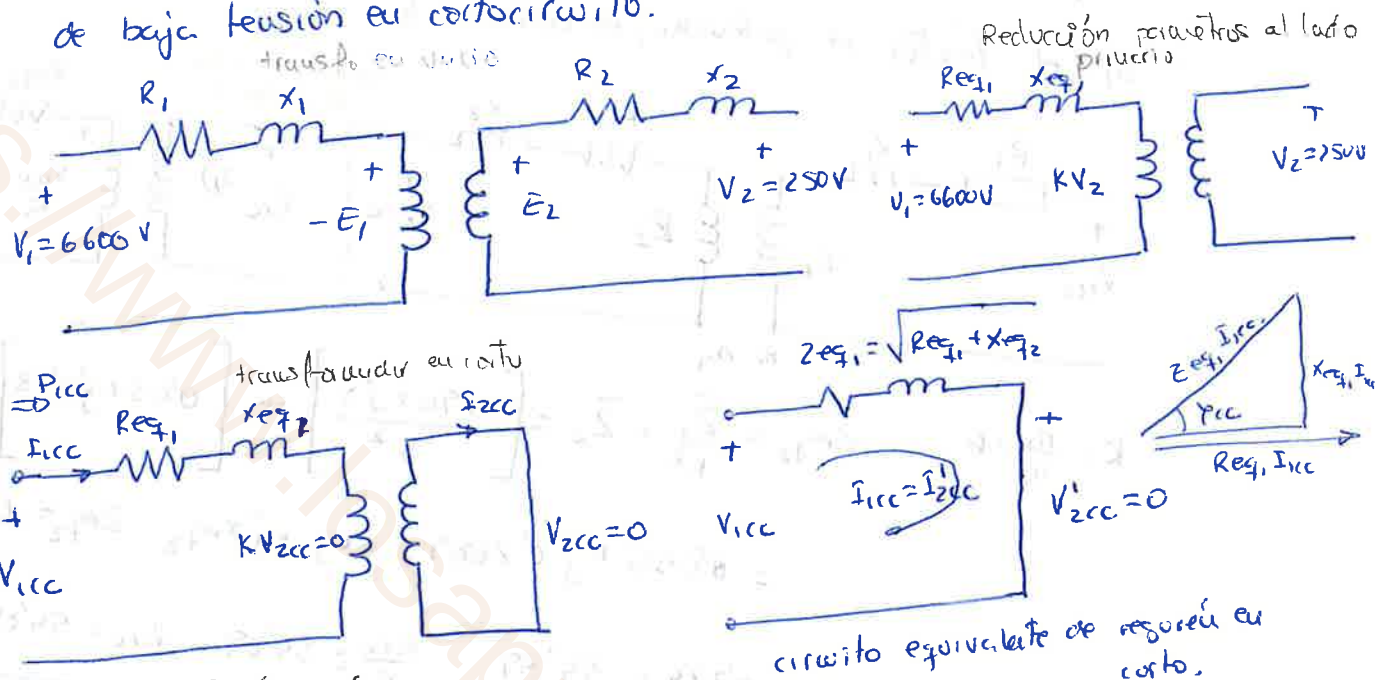
$$\bar{V}_{1cc} = \bar{I}_1 \bar{Z}_{eq1} = \frac{200}{6} \angle 0^\circ \cdot 9.78 \angle 78.44^\circ$$

$$\bar{V}_{1cc} = 329.3475 \angle 78.44^\circ \quad V_{1cc} = 329.34 V$$

$$\cos \phi_{cc} = \cos 78.44^\circ = 0.2$$



28.39. Los devanados de alta y baja tensión de un transformador monofásico de 500 kVA y relación 6.600/250 V tienen resistencias de $0,21 \Omega$ y $2,72 \times 10^{-4} \Omega$ y reactancias de $1,0 \Omega$ y $1,3 \cdot 10^{-3} \Omega$ respectivamente. Determinar la corriente y la entrada de potencia cuando se conecte el arrollamiento de alta tensión a una alimentación de 400 V, 500 kVA, estando el devanado de baja tensión en cortocircuito.



$$K = \frac{V_1}{V_2} = \frac{6600}{250} = 26,4$$

$$\bar{Z}_{eq1} = \bar{Z}_1 + \bar{Z}_2' = [0,21 + j1] + K^2 [2,72 \cdot 10^{-4} + j1,3 \cdot 10^{-3}] = (0,39 + j1,91) \Omega$$

$$Z_{eq1} = \sqrt{0,39^2 + 1,91^2} = 1,94 \Omega$$

$$Z_{eq1} = \frac{V_{cc}}{I_{cc}} \quad I_{cc} = \frac{V_{cc}}{Z_{eq1}} = \frac{400}{1,94} = 205,7 \text{ A}$$

$$\text{Factor de potencia en el primario. } \cos \varphi_{cc} = \frac{R_{eq1}}{Z_{eq1}} = \frac{0,39}{1,94} = 0,2$$

• Potencia activa en la entrada bajo 400 V de tensi3n y el secundario en corto

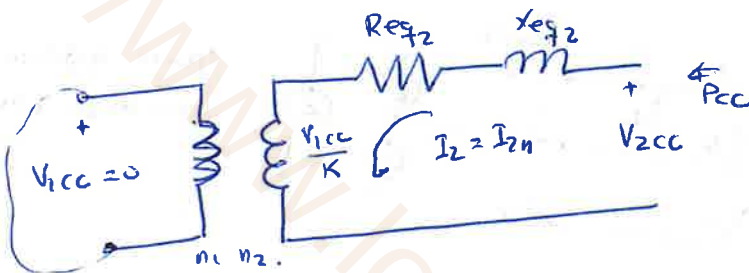
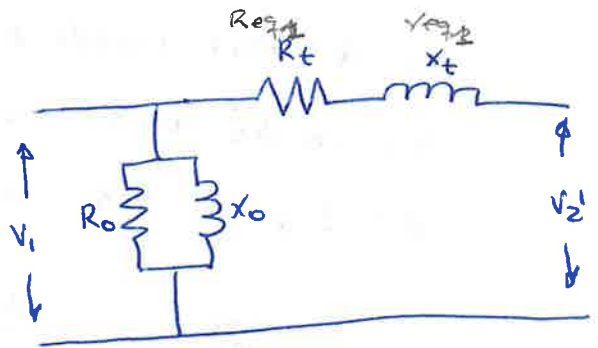
$$P_{cc} = V_{cc} I_{cc} \cos \varphi_{cc} = 400 \cdot (205,7) \cdot (0,2) = 16,45 \text{ kW}$$

• Tambi3n se puede poner para P_i :-

$$P_{cc} = R_{eq1} I_{cc}^2 = (0,4) (205,7)^2 = 16,45 \text{ kW}$$

28.41. calcular los valores de R_0 , X_0 , R_t y X_t en el diagrama del circuito equivalente a un transformador monofásico de 4kVA, 200/400V, 50 c/s, del cual se obtuvieron

los siguientes datos en una prueba: circuito abierto: 200V, 0.7A, 70W en el lado de baja tensión. cortocircuito: 15V, 10A, 80W en el lado de alta tensión (secundario).

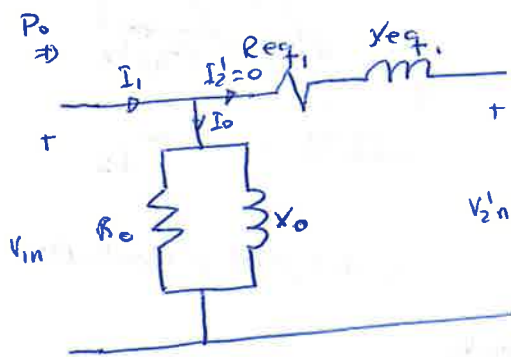


$$R_{eq2} = \frac{P_{cc}}{I_2^2} = \frac{80}{10^2} = 0.8 \Omega$$

$$R_{eq1} = K^2 \cdot R_{eq2} = \left(\frac{200}{400}\right)^2 \cdot 0.8 = 0.2 \Omega$$

$$Z_{eq1} = K^2 Z_{eq2} = K^2 \left[\frac{V_{2cc}}{I_2} \right] = \left[\frac{200}{400} \right]^2 \cdot \left[\frac{15}{10} \right] = 0.375 \Omega$$

$$X_{eq1} = \sqrt{Z_{eq1}^2 - R_{eq1}^2} = \sqrt{(0.375)^2 - (0.2)^2} = 0.317 \Omega$$



$$P_0 = I_{0n}^2 R_0 = \frac{V_1^2}{R_0}$$

$$R_0 = \frac{V_1^2}{P_0} = \frac{200^2}{70} = 571.4 \Omega$$

$$Z_0 = \frac{V_{1n}}{I_0} = \frac{200}{0.7} = 285.7 \Omega$$

$$Z_0^2 = R_0^2 + X_0^2$$

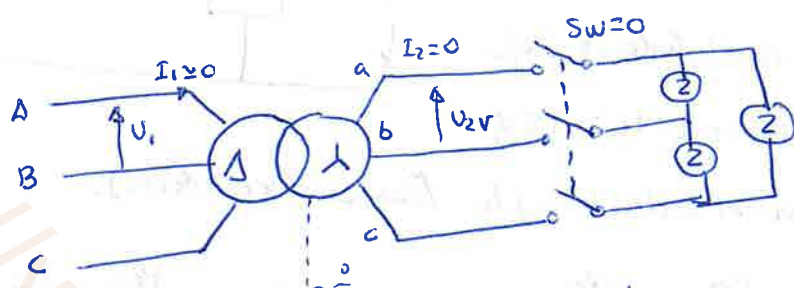
$$Y_0^2 = G_0^2 + B_0^2$$

$$B_0 = \sqrt{Y_0^2 - G_0^2} = \sqrt{(3.5 \cdot 10^{-3})^2 - (1.75 \cdot 10^{-3})^2}$$

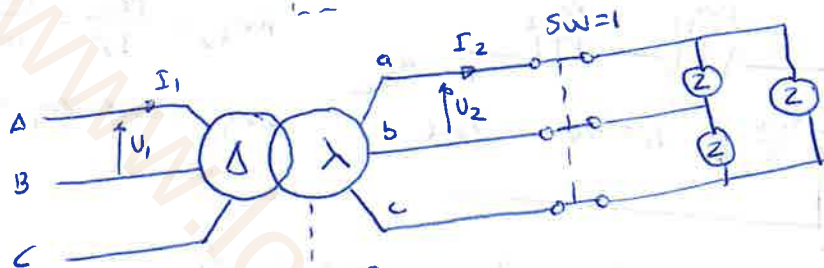
$$= 3.03 \cdot 10^{-3}$$

$$X_0 = \frac{1}{B_0} = 329.87 \Omega$$

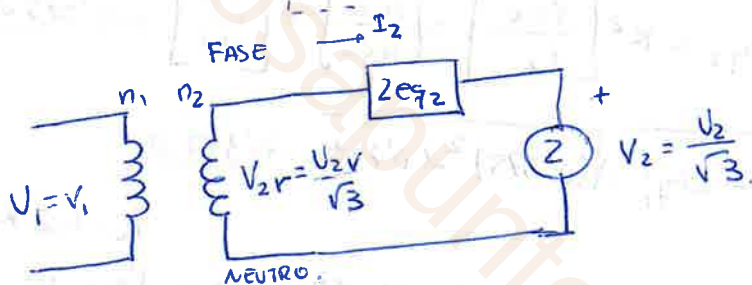
28.40. Un transformador trifásico está alimentado a 6000 V por el lado conectado en triángulo. La tensión terminal en el lado conectado en estrella es de 415 V cuando se le carga con factor de potencia de 0.8. Las caídas en las resistencias y reactancias equivalentes son del 1 y del 5%. Hallar la relación de espiras.



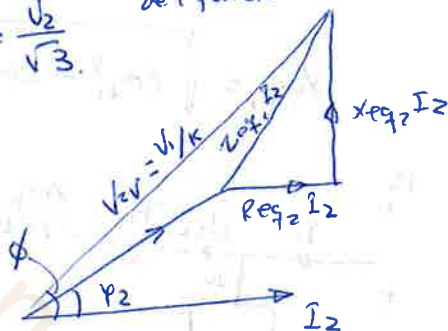
transformador trifásico en vacío. (SW=0)



transf trifásico en carga (SW=1)



esquema monofaseo equivalente del funcionamiento en vacío.



sustituyendo y igualando.

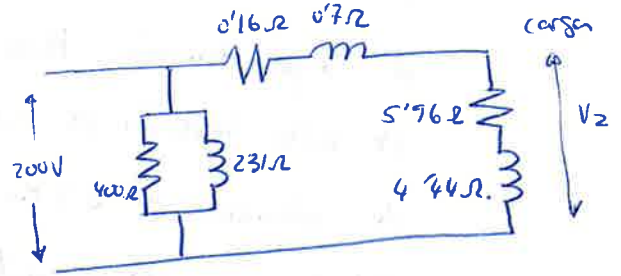
la caída porcentual es:

$$\varepsilon\% = \frac{\frac{V_1}{K} - V_2}{\frac{V_1}{K}} \cdot 100$$

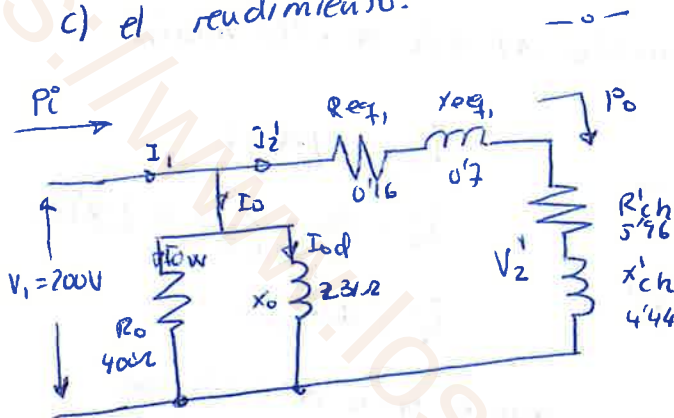
$$\varepsilon\% = \frac{R_{eq2} I_2}{V_1/K} \cdot 100 \cos \phi_2 + \frac{X_{eq2} I_2}{V_1/K} \cdot 100 \sin \phi_2$$

$$\frac{\frac{6000}{K} - \frac{415}{\sqrt{3}}}{\frac{6000}{K}} \cdot 100 = (1) 0.8 + 5(0.6) \quad [K = 24.09 \approx \underline{24}]$$

28.42. El diagrama representa el circuito equivalente de un transformador monofásico. Las cifras expresan las resistencias y reactancias en ohmios referidas al lado del primario. La relación de espiras del secundario al primario es de 10 y la carga es inductiva. Hallar:



- la tensión terminal en el secundario;
- la corriente en el primario
- el rendimiento.



$$R_{t1} = R_{eq1} + R'_{ch} = 0'16 + 5'96 = 6'12 \Omega$$

$$X_{t1} = X_{eq1} + X'_{ch} = 0'7 + 4'44 = 5'14 \Omega$$

$$\bar{Z}_{t1} = R_{t1} + jX_{t1} = 6'12 + j5'14 = 7'99 \angle 40'02^\circ$$

$$\bar{I}_2' = \frac{\bar{V}_1}{\bar{Z}_{t1}} = \frac{200 \angle 0^\circ}{7'99 \angle 40'02^\circ} = 25'03 \angle -40'02^\circ$$

$$\bar{I}_2' = 19'16 - j16'09$$

$$\bar{V}_2' = \bar{I}_2' \bar{Z}'_{ch} = 25'03 \angle -40'02^\circ \cdot 7'43 \angle 36'68^\circ = 185'90 \angle -3'35^\circ$$

$$\bar{Z}'_{ch} = R'_{ch} + jX'_{ch} = 5'96 + j4'44 = 7'43 \angle 36'68^\circ$$

$$\text{como } K = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{10} \text{ se tiene } V_2 = \frac{V_2'}{K} = \frac{185'90}{1/10} = 1859V$$

$$b) \quad I_{0w} = \frac{V_1}{R_0} = \frac{200}{400} = 0'5A \quad I_{0d} = \frac{V_1}{X_0} = \frac{200}{231} = 0'87A$$

$$\bar{I}_0 = I_{0w} - jI_{0d} = 0'5 - j0'87$$

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_0 + \bar{I}_2' = (0'5 - j0'87) + (19'16 - j16'09) = 19'66 - j16'96 = 25'96 \angle -40'78^\circ$$

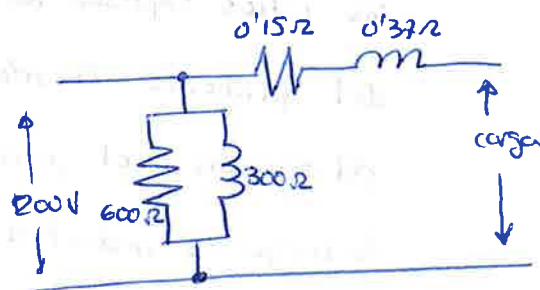
$$|I_1| = 25'96A$$

c) rendimiento.

$$\eta \% = \frac{P_o}{P_i} \cdot 100 = \frac{R'_{ch} \cdot I_2'^2}{(R'_{ch} + R_{eq1}) I_2'^2 + \frac{V_1^2}{R_0}} \cdot 100 \quad \text{o} \quad \eta \% = \frac{\bar{V}_2 \bar{I}_2' \cos(\hat{\bar{V}}_2 \hat{\bar{I}}_2')}{V_1 I_1 \cos(\hat{V}_1 \hat{I}_1)} \cdot 100$$

$$\eta \% = \frac{185'90 \times 25'02 \cos(40'03 - 3'35)}{200 (25'96) \cos(0 - 40'78)} \cdot 100 = 94'88\%$$

28.43. El circuito equivalente representado se refiere a un transformador de $200/400\text{V}$, monofásico, 50c/s , 4kVA , donde los valores dados están reducidos al lado de baja tensión. Para una corriente de alta tensión de 10A y un factor de potencia de 0.8 en retardo, calcular:

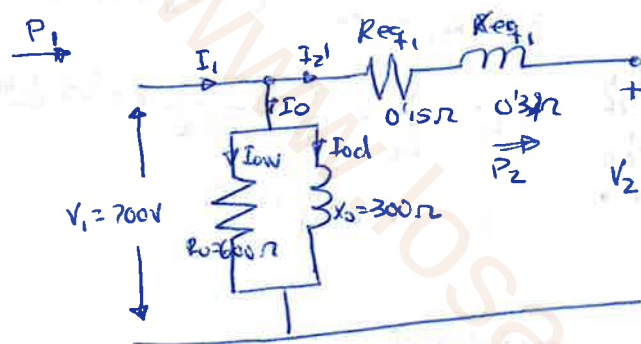


a) la corriente de entrada en el lado de baja tensión

$$K = \frac{200}{400} = 0.5$$

b) el rendimiento

c) la tensión en los terminales del lado de alta tensión.



$$\bar{I}_2 = 10 \angle -36.87^\circ$$

$$\bar{I}_2' = \frac{\bar{I}_2}{K} = \frac{10}{0.5} = 20 \angle -36.87^\circ$$

$$\bar{I}_2' = 16 - j12$$

para el brazo de excitación:

$$I_{0W} = \frac{V_1}{R_0} = \frac{200}{600} = 0.33 \quad I_{0d} = \frac{V_1}{X_0} = \frac{200}{300} = 0.67$$

$$\bar{I}_0 = \bar{I}_{0W} - j\bar{I}_{0d} = 0.33 - j0.67$$

$$a) \quad \bar{I}_1 = \bar{I}_0 + \bar{I}_2' = (0.33 - j0.67) + (16 - j12) = 16.33 - j12.67 = 20.66 \angle -37.8^\circ \text{ A}$$

$$c) \quad \bar{V}_2' = \bar{V}_1 - \bar{Z}_{e1} \bar{I}_1 = 200 \angle 0^\circ - 0.40 \angle 67.93^\circ \cdot 20.66 \angle -36.87^\circ = 200 \angle 0^\circ - 8.3 \angle 31.06^\circ$$

$$200 - (6.85 + j4.12) = 193.20 \angle -1.22^\circ$$

$$V_2 = \frac{V_2'}{K} = \frac{193.20}{0.5} = 386.4 \text{ V}$$

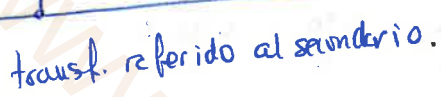
b) rendimiento.

$$P_2 = V_2 I_2 \cos \varphi_2 = (386.4) \cdot (10) \cdot 0.8 = 3091.2 \text{ W}$$

$$P_1 = P_2 + P_{\text{fer}} + P_{\text{cu}} = P_2 + \frac{V_1^2}{R_0} + P_{e1} \bar{I}_2'^2 = 3091.2 + \frac{200^2}{600} + (0.15 \cdot 20)^2 = 3218.03 \text{ W}$$

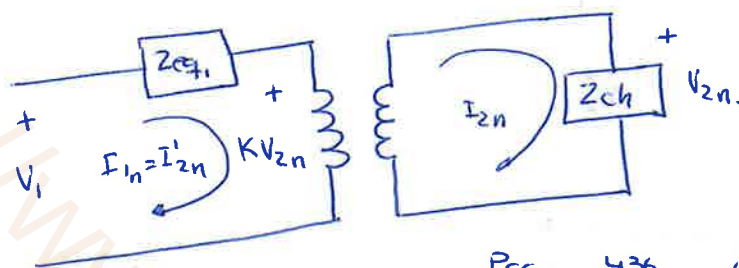
$$\eta \% = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 = 96.06\%$$

transf. referido al secundario.



Regulación

28.46. Un transformador monofásico de 100KVA, 6600/330V 50Hz consume 10A y 436W a 100V en una prueba de cortocircuito, estando referidas las cifras al lado de alta tensión. Calcular la tensión que debe aplicarse al lado de alta tensión, a plena carga, con $\text{f.d.p} = 0.8$ en retardo, cuando la tensión terminal del secundario sea de 330V.



del ensayo de cortoc de
determina $\bar{Z}_{eq1}$ -

En primer lugar: $R_{eq1} = \frac{P_{cc}}{I_1^2} = \frac{436}{10^2} = 4.36 \Omega$

$$Z_{eq1} = \frac{V_{1cc}}{I_1} = \frac{100}{10} = 10 \Omega$$

$$X_{eq1} = \sqrt{Z_{eq1}^2 - R_{eq1}^2} = \sqrt{10^2 - 4.36^2} = 9 \Omega$$

Z_{eq1} en forma compleja: $\bar{Z}_{eq1} = 4.36 + j9 = 10 \angle 64.15^\circ$

con $V'_{2n} = K V_{2n} = \left[\frac{6600}{330} \right] \cdot 330 = 6600 \text{ V}$

$$S_n = I'_{2n} \cdot V'_{2n} = 0 \mid \bar{I}'_{2n} = \frac{S_n}{K V_{2n}} = \frac{100 \cdot 10^3}{6600} = 15.15 \text{ A}$$

$$\bar{V}_1 = K \bar{V}_2 + \bar{Z}_{eq1} \bar{I}'_{2n}$$

$$\bar{V}_1 = 6600 \angle 0^\circ + 10 \angle 64.15^\circ \cdot 15.15 \angle -36.87^\circ$$

$$\bar{V}_1 = 6735.02 \angle 5.9^\circ$$

$$V_1 = 6735.02 \text{ V}$$