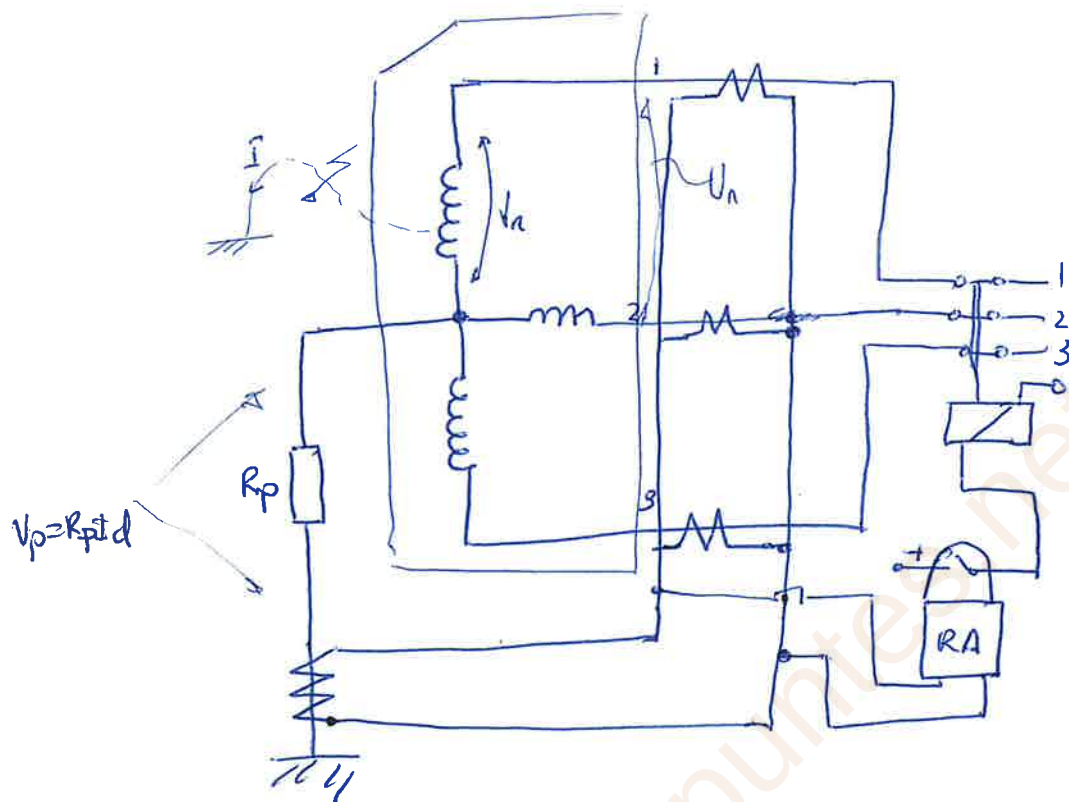


Problema 33/capítulo 22:

Un alternador de 6.600V 4000KVA y $j2x = x_s$

$R=0$ $I_d \rightarrow 30\% I_n$

[20,7%] $R_p = 7'5 \Omega$



$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} U_n} = \frac{4000}{\sqrt{3} 6'6} = 349'8$$

$$I_d = (0'3) I_n = (0'3) (349'8) = 105'9$$

tiene qe haber como minimo una corriente $I_d > 105$ para qe se produzca el defecto, menos de 105A no lo detecta.

la caida de tension en la resistencia protectora tiene como valor $V_p = R_p I_d = (7'5)(105) = 787'5V$ como esta diferencia de potencial mas pegada qe 787'5V entonces el diferencial RA no actua.

$$V_n = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = \frac{6600}{\sqrt{3}} = 3810'5V \rightarrow 100\% \quad \left\{ \begin{array}{l} 787'5V \rightarrow x\% \end{array} \right. \quad x\% = \frac{787'5 \cdot 100}{3810'5} =$$

$x\% = 20'7\%$ el n° de espiras qe esta desprotegida.

Problema del parker: (continuación del otro)
¿cuál es el valor de la Resistencia protectora para se protegido el 90% del devanado?

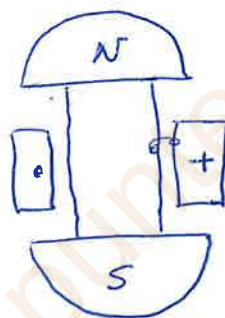
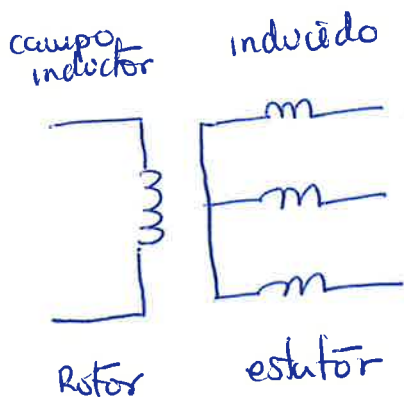
$$10\% \text{ de } \left(\frac{6600}{\sqrt{3}} \right) \rightarrow 3810'5$$

$$3810'5 = I_d R_p = (105) R_p$$

$$R_p = 3'6$$

Protección del rotor contra contacto a tierra, o masa,

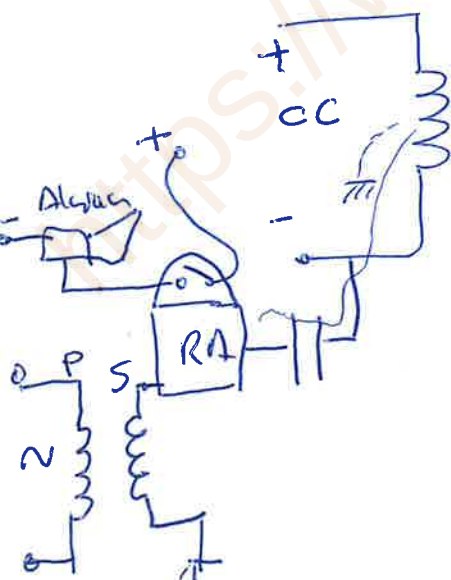
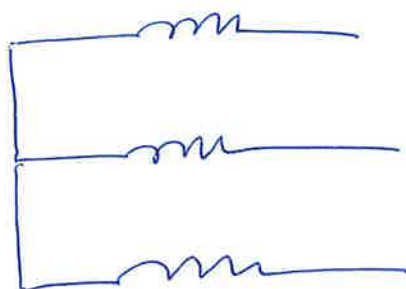
Rueda Rotórica



Si se produce un segundo contacto a masa esto es peligroso porque se produce asimetría y hace un ruido escandaloso.

El primer contacto a masa lo señaliza y el segundo contacto para la máquina.

inducido

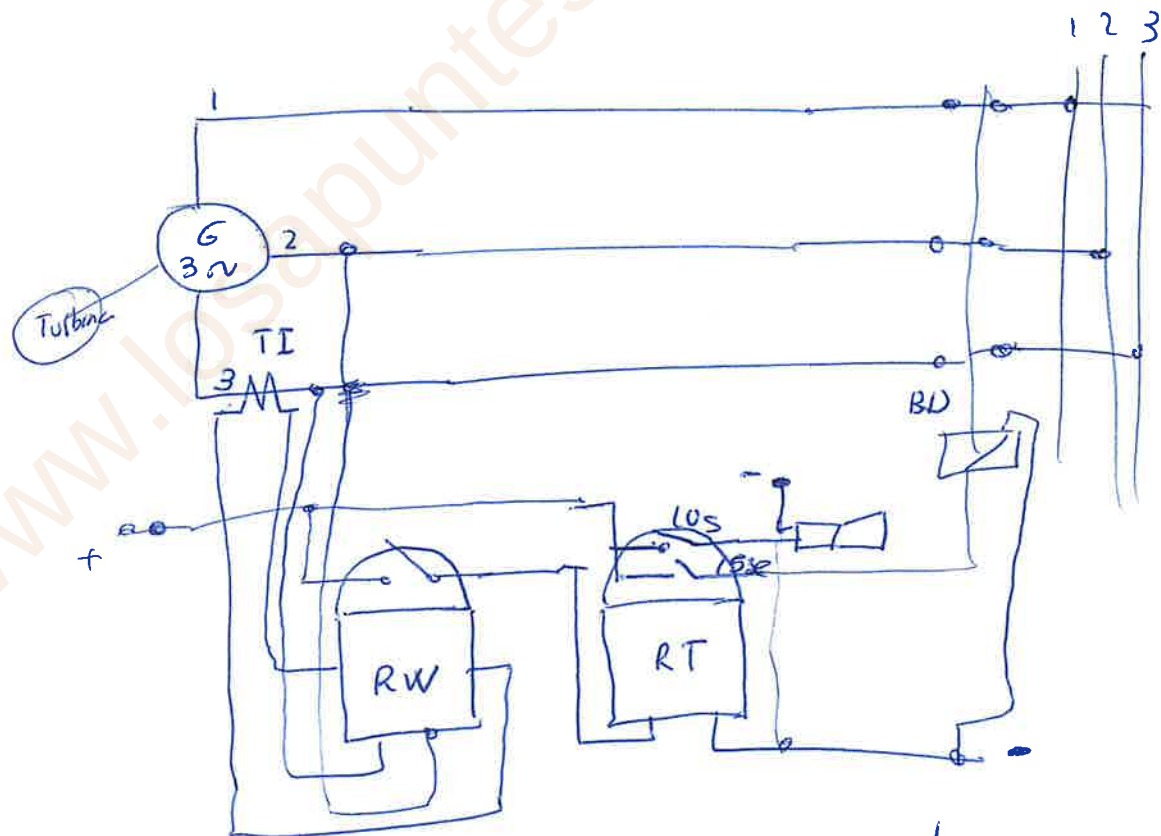


el Conductor C bloquea el paso de la corriente continua

Protección del alternador contra la inversión de potencia

Tiene lugar cuando falta el vapor ^{o agua} en la turbina de arrastre y se mantiene cerrado el interruptor de red.

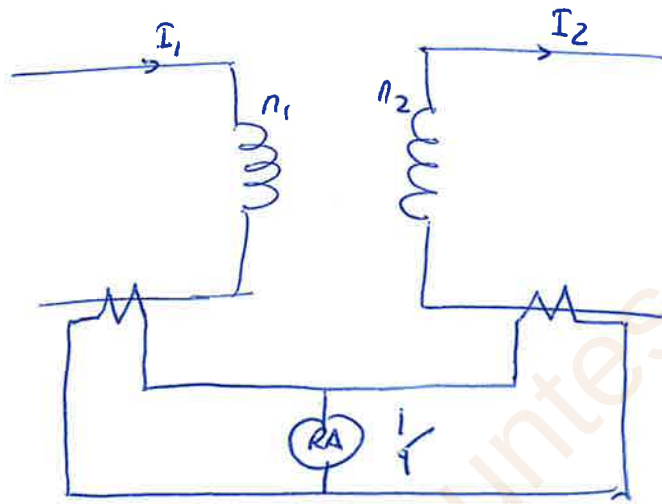
Arrastrando la turbina y produciéndose un calentamiento excesivo. Las asociaciones pendulares funcionando como generador no es malo que funcione como motor, pero si es malo que funcione prolongadamente a lo largo del tiempo como motor. La inversión de potencia de un ~~tempor~~ alternador debe temporizarse debido a los enganches.



de barra a el generador el interruptor se orienta y cierra el contactor y transcurrido tiempo la alarma suena y y segundo tiempo de 15 seg. se ~~gpa~~ desengancha el alternador de la red.

Protección diferencial del transformador

Se basa en comparar fase a fase las corrientes primarias y secundarias, teniendo en cuenta que la intensidad secundaria es K veces la intensidad primaria. La corriente desequilibrada se desprecia. El caso más simple es el transformador monofásico.



Si el transformador no detecta defecto, el RA no está reconectando. Si detecta defecto, no pasa nada.

Si son transformadores trifásicos hay que tener en cuenta el desfase de las bobinas primarias y secundarias y proceder a su corrección.

$$I_2 = K I_1$$

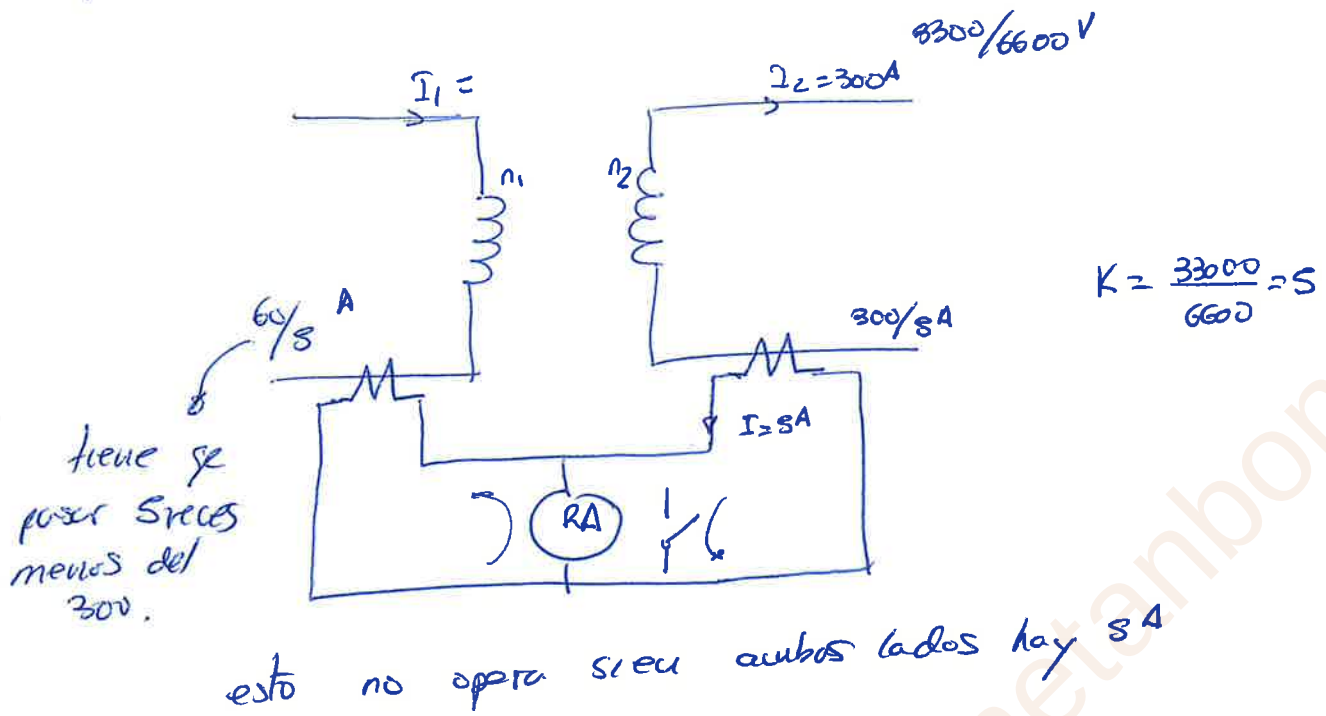
$$K = \frac{n_1}{n_2}$$

Δ λ
P S

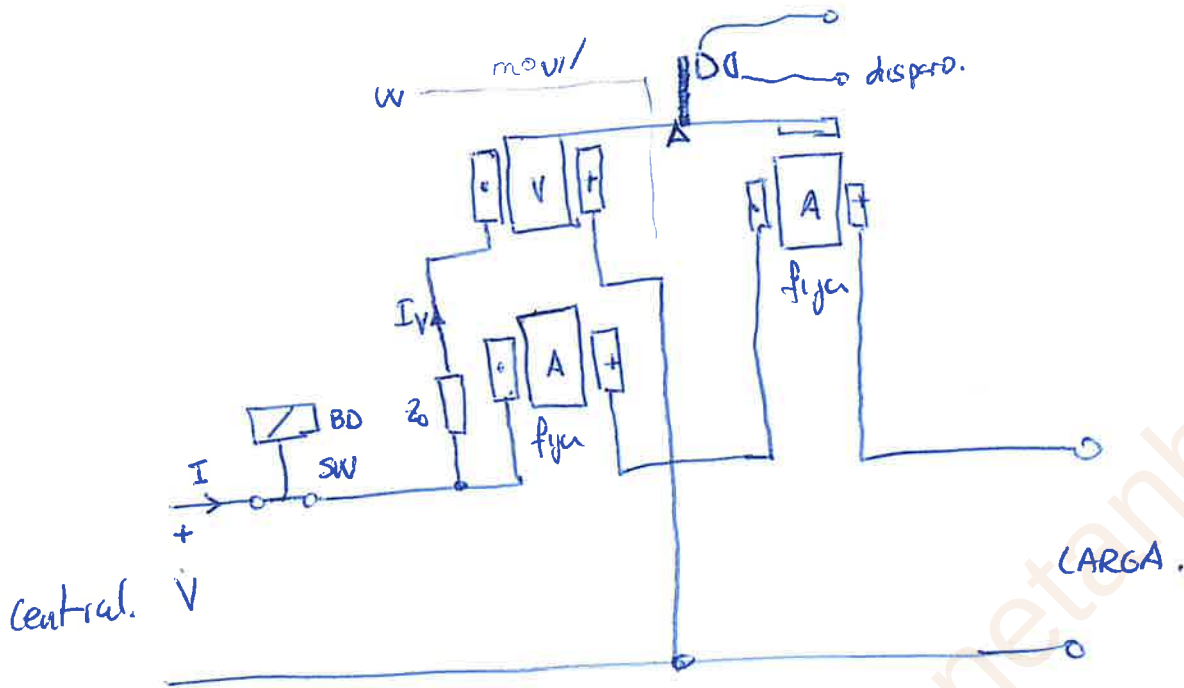
TI TI (transformadores de intensidad)

λ Δ tiene que estar en el primario el estrella y el secundario el Δ para proceder a su compensación (la colocación de los TI.)

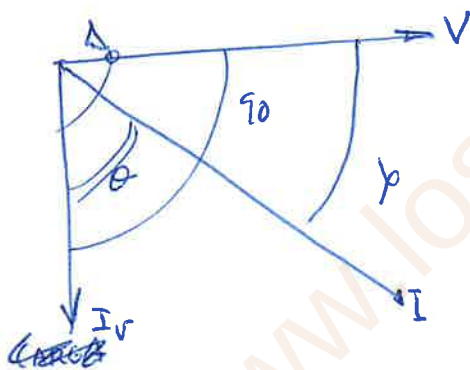
problema 22'34 (versión hipotética).



R. Reactancia.



$$C_W = K I_V I \cos \hat{I_V I} = K I_V I \cos \theta = K I_V I \sin \varphi$$



$$\Delta = 90^\circ \quad I_r \propto V$$

$$C_W = K_W V I \sin \varphi$$

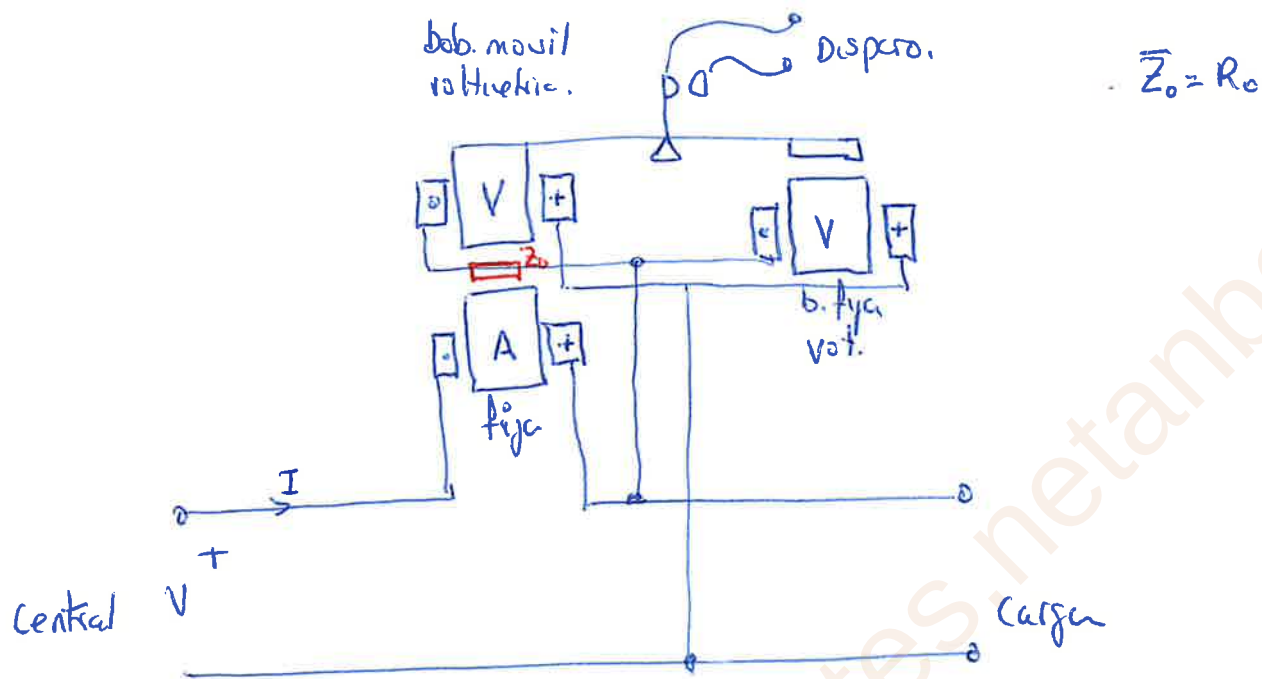
$$C_u = K_u I^2$$

$$C_W = C_u$$

$$K_W V I \sin \varphi = K_u I^2$$

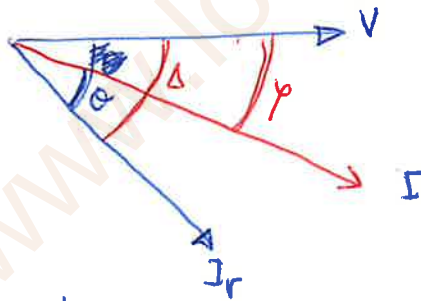
con

Rele de admitancia:



Analisis sin Z_0 :

para wattimetrico: $C_W = K I_r I \cos \theta = K I_r I \cos(\Delta - \varphi)$



por voltimetrico:

$$C_r = K_r V^2$$

igualando:

$$C_W = C_r$$

$$K I_r I \cos(\Delta - \varphi) = K_r V^2$$

y como

$$I_r \propto V$$

$$K_W V I \cos(\Delta - \varphi) = K_r V^2$$

$$\frac{I}{V} \cos(\Delta - \varphi) = \frac{K_r}{K_W}$$

$\frac{I}{V} = Y$ admitancia de red.

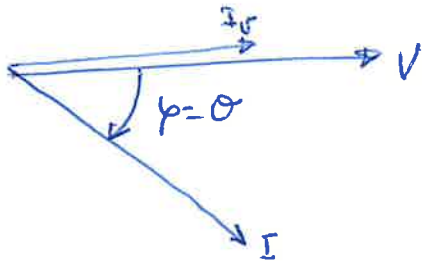
$$Y \cos(\Delta - \varphi) = \frac{K_r}{K_w}$$

el rele es sensible a una componente de la red, la admitancia.

Y ahora analizando con $\bar{Z}_0 = R_0$ una resistencia muy alta.

$$Y \cos \varphi = \frac{K_r}{K_w}$$

la $G = \frac{K_r}{K_w}$ conductancia.



Se puede poner:

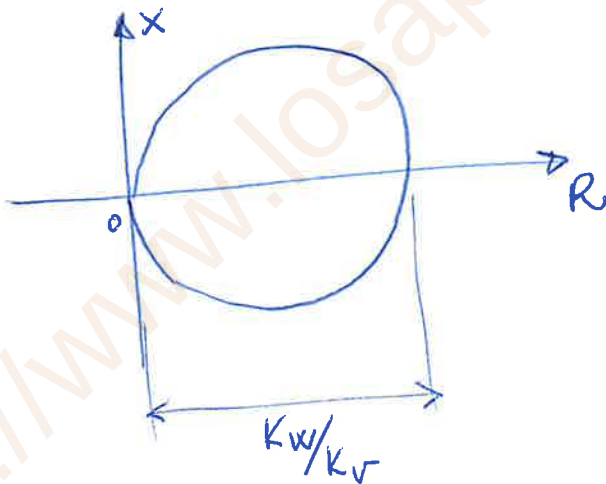
$$\frac{K_w}{K_r} \cos \varphi = Z$$

ya que $\frac{1}{Y} = Z$

representación del punto Z. sería esta:

viene dada por un circunsc. y pasa por el origen de coordenadas.

y el diámetro es K_w/K_r



Y el rele cierra su contacto si el punto de operación está dentro de esta circunsc. rancia.

Suponemos:

$$K_w = 5$$

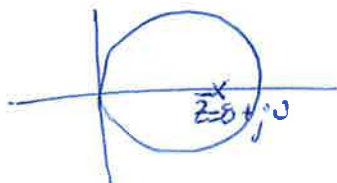
$$K_r = 0.5$$

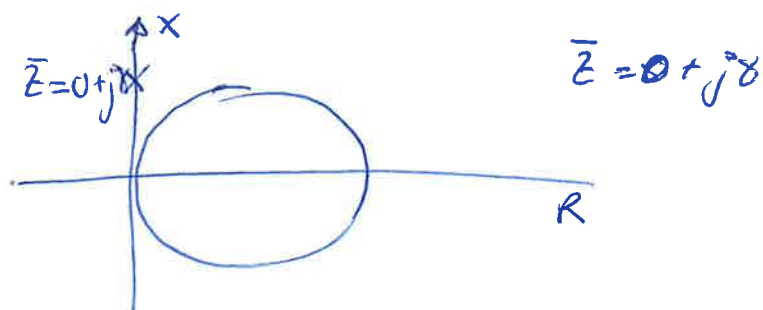
el diámetro de la circunsc. rancia es de

$$\frac{5}{0.5} \cos \varphi = Z \quad 10 \cos \varphi = Z$$

por ejemplo se presenta un corto a la salida con una impedancia $\bar{Z} = 8 + j0$

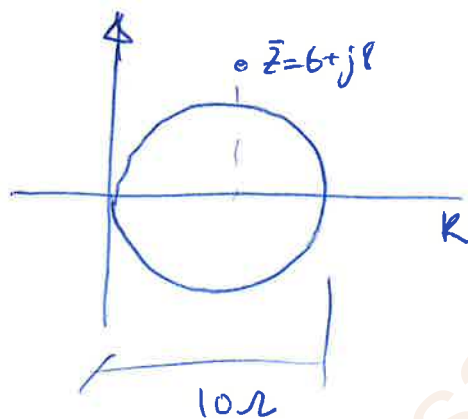
$$\bar{Z} = 8 + j0 = 8 \angle 0^\circ$$





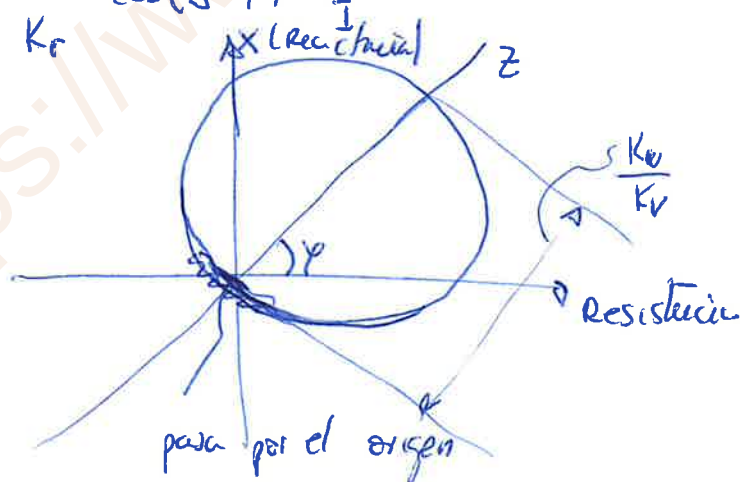
esta fuera del círculo el rde no opera, es decir no lo es de la susceptancia, lo es con la conductancia.

ejemplo: otro corto en la salida con una impedancia $\bar{Z} = 6 + j8 = 10 \angle 53.13^\circ$
 el rde no opera esta fuera del círculo, entonces también el rde es sensible al coseno.



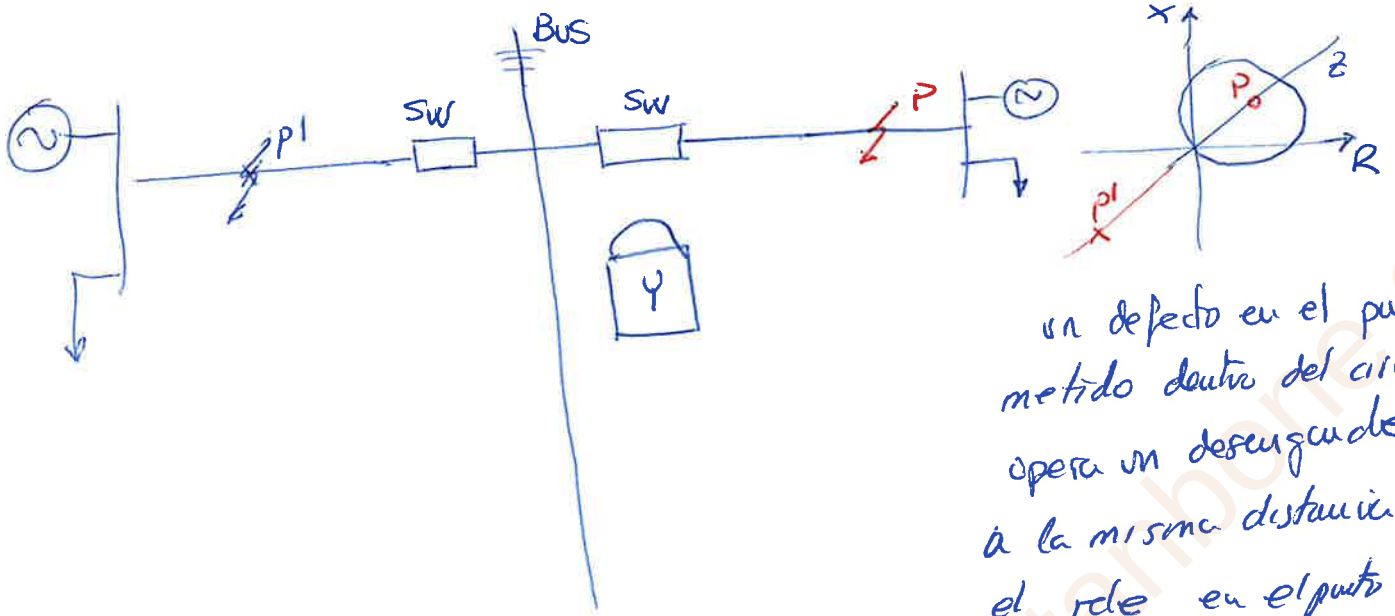
Poniendo la fórmula de la siguiente forma:

$$\frac{K_W}{K_R} \cos(\Delta - \varphi) = \frac{V}{I} = Z$$



$$\varphi = \tan^{-1} \frac{X_R}{R_R} = \frac{\text{reactancia de línea}}{\text{resistencia de línea}}$$

Si este rede lo conectamos en la red



un defecto en el punto P metido dentro del círculo opera un desenchufe a la misma distancia opera el relé en el punto P' no porque esta simétrica al P y esta fuera del

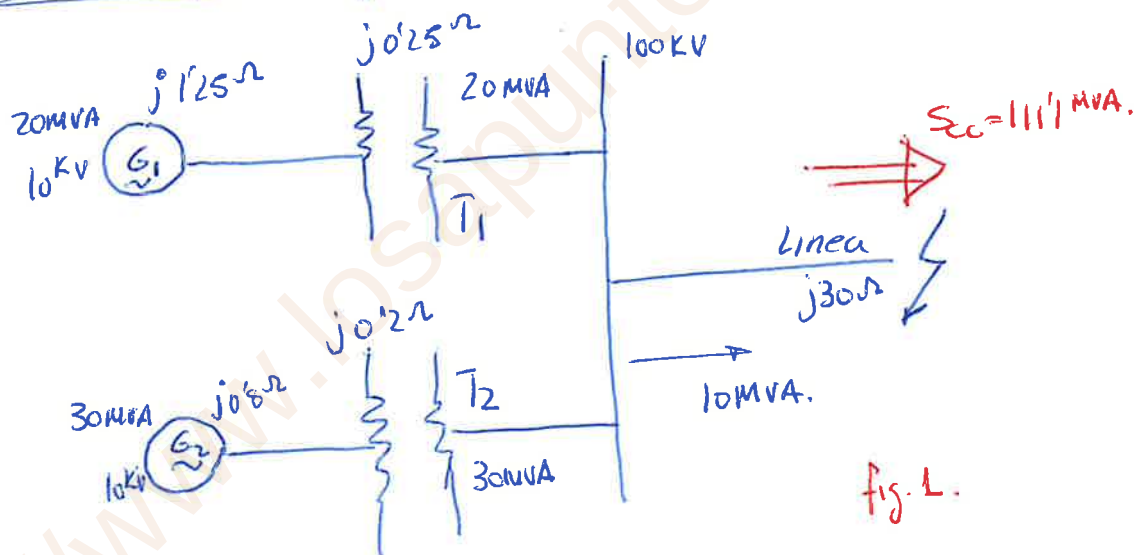
círculo y además el relé Y es direccional.

capit. 22 | 34, 35, 36, 37 (10% o es el 100%), 38 es una línea cerrada en un anillo.

Problema de costo.

El sistema trifásico de la fig. está const. por 2 monobloques alimentados bajo 100 KV entre hilos, en juego de barras del que salen diversas líneas. Una de ellas, diseñado para 10 KVA de S_n sufre un corto trifásico simétrico. Calcular la corriente de corto en la línea sabiendo que las T. tienen la misma $K = \frac{n_1}{n_2} = \frac{10}{100}$. Sabiendo que la tensión compuesta de salida de cada generador es de 10 W. Suponer el sistema en vacío antes de presentarse el corto. Solución = $I_{cc} = 642^A$

Método porcentajes



$$Z\% = \frac{Z I_n}{V_n} \cdot 100 = \frac{Z S_n}{V_n^2} \cdot 100$$

en tanto por ciento.
para los generadores:

$$G_1) Z_{g1}\% = \frac{(0.125)(20 \cdot 10^6)}{(10.000)^2} \cdot 100 = 25\%$$

$$G_2) Z_{g2}\% = \frac{(0.08)(30 \cdot 10^6)}{(10.000)^2} \cdot 100 = 24\%$$

para los transformadores:

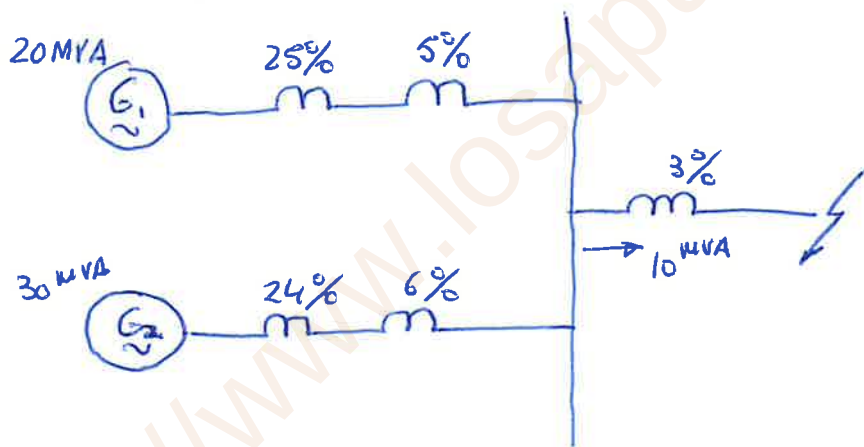
$$T_1) \quad z_{t1} \% = \frac{z_{eq} S_n}{(U_n)^2} \cdot 100 = \frac{(0'25)(20 \cdot 10^6)}{(10.000)^2} \cdot 100 = 5\%$$

$$T_2) \quad z_{t2} \% = \frac{(0'2)(30 \cdot 10^6)}{(10.000)^2} \cdot 100 = 6\%$$

la impedancia de linea.

$$z_p \% = \frac{(30)(10 \cdot 10^6)}{(10.000)^2} \cdot 100 = 3\%$$

Puedo hacer otro esquema: Son todos los datos porcentajes y por que son inductivos



cuando estamos trabajando en corto, los valores nominales se le llama base.

$$S_n \rightarrow S_b$$

$$V_n \rightarrow V_b$$

$$I_n \rightarrow I_b$$

$$Z_n \rightarrow Z_b$$

los valores porcentajes son valores unidad, por ejemplo

NOTA.

$$25\% \rightarrow 0'25 \text{ u}$$

V_{pu} = tensión por unidad.

$$S^A = S_b S_{pu}$$

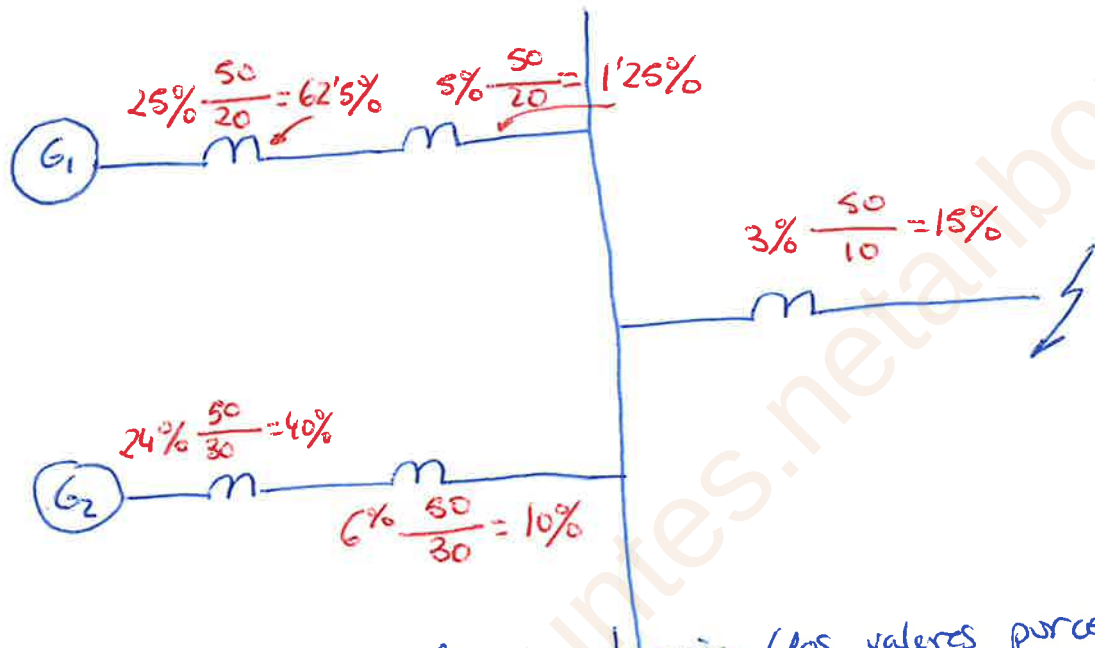
$$V^A = V_b \cdot V_{pu}$$

$$I^A = I_b \cdot I_{pu}$$

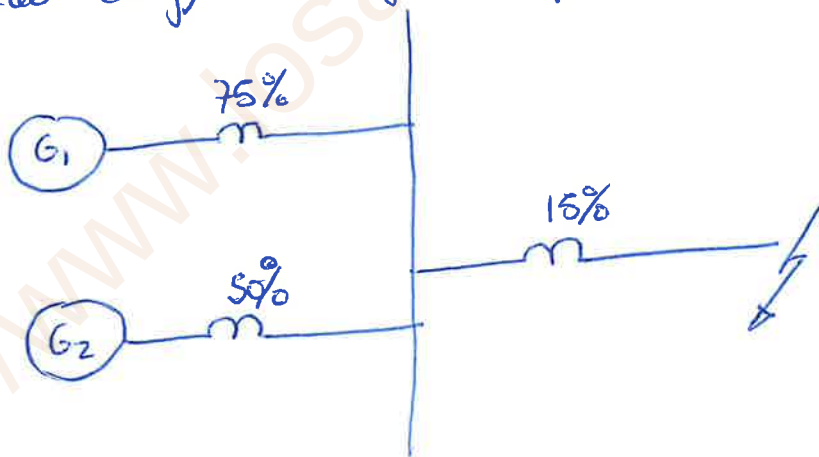
$$Z^A = Z_b \cdot Z_{pu}$$

tenemos como potencia base $S_b = 50 \text{ MVA}$

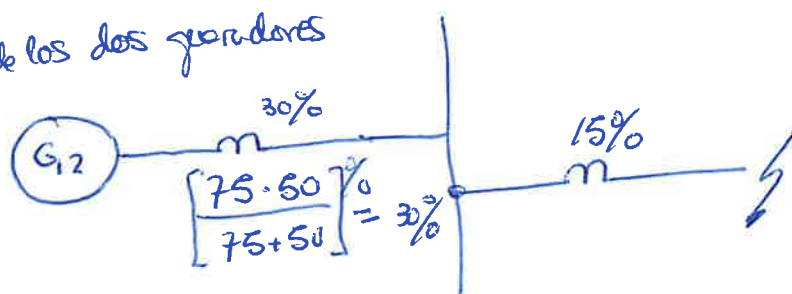
Ahora en base $S_b = 50 \text{ MVA}$. Si este lo hacemos funcionar a 50 MVA (generadores ~~separados~~ es la suma de $20+30$ para hacer un unico generador)



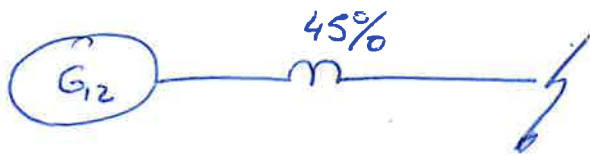
Ahora se toman las reactancias. (los valores porcentuales están dados en j) Seguimos operando con una base 50 MVA .



suma de los dos generadores



Ahora agrupamos la reactancia del generador y de la línea, siendo su potencia base $S_b = 50 \text{ MVA}$



ahora hallamos corriente de corto.

$$I_{cc} = \frac{I_b}{Z\%} \cdot 100 =$$

potencia $S_{cc} = \frac{S_b}{Z\%} \cdot 100 = \frac{50}{45} = 111'1 \text{ MVA}$ *fig. 1.*

$$S_{cc} = \sqrt{3} V_b I_{cc} = \sqrt{3} \cdot (100.000) I_{cc} = 111'1 \text{ MVA}$$

$$I_{cc} = 641'5 \text{ A}$$

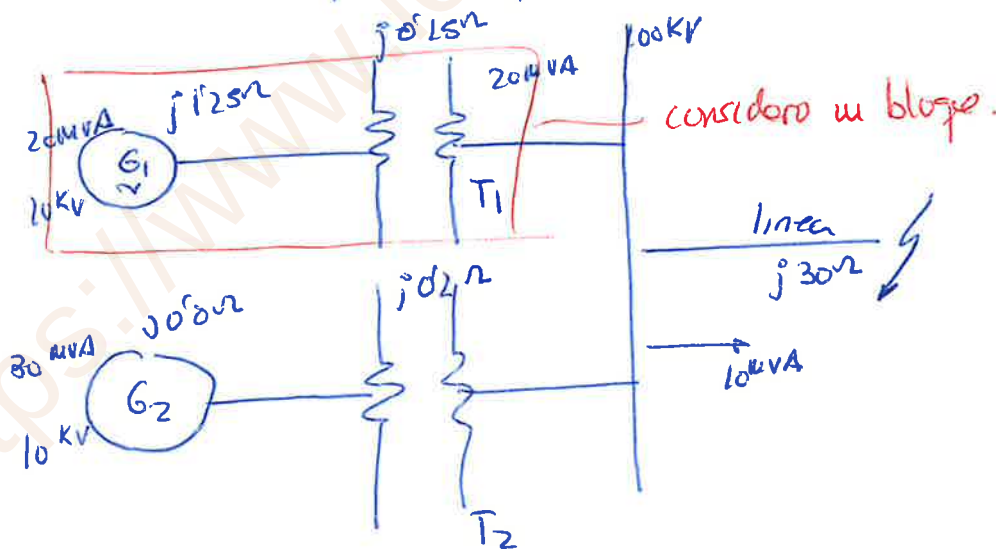
Método ohmico

* Resolver el problema por otro camino.

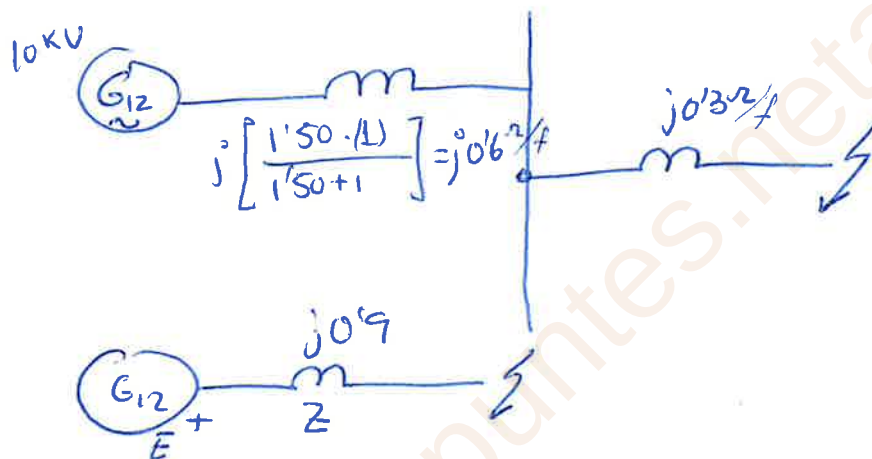
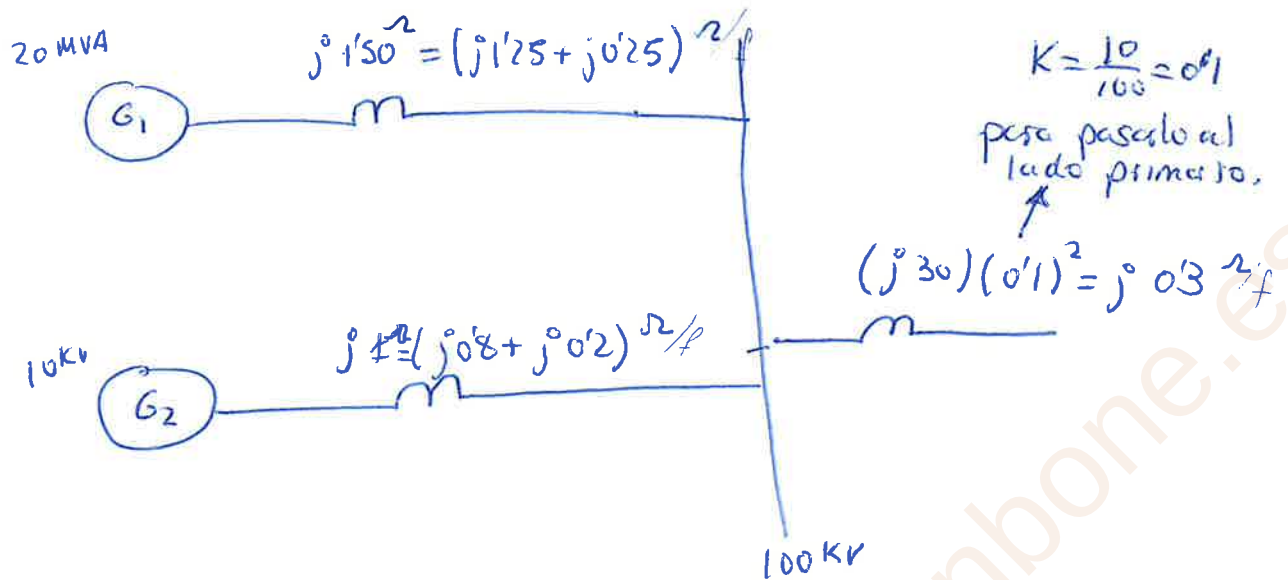
$$K = \frac{10}{100} \text{ — primer } 10 \text{ kV}$$

↘ secundario 100 kV.

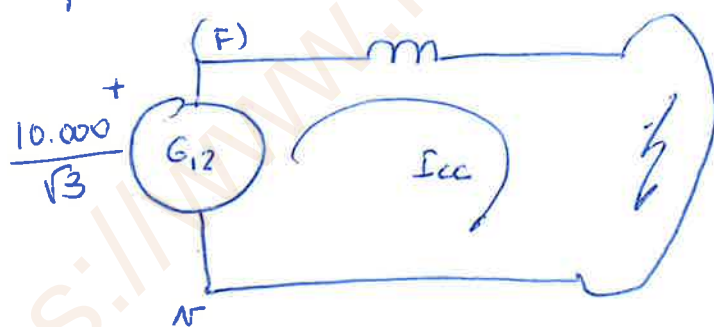
$$K = 0'1$$



Son todos Ω por fase (Ω/f)



la corriente de corto en el lado de los 10 kV es decir el primario



$$I_{cc} = \frac{E}{Z} = \frac{10000/\sqrt{3}}{0.1} = 6415 A$$

porque está hecho al lado primario.

$$I_{ccp} = K I_{cc} = (0.1)(6415) = \underline{\underline{641.5 A}}$$

problema 22.16

$$X_g\% = 6\%$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$S_n = 10 \text{ MVA}$$

$$U_n = 10 \text{ kV}$$

$$I_{cc} = 8 I_n$$

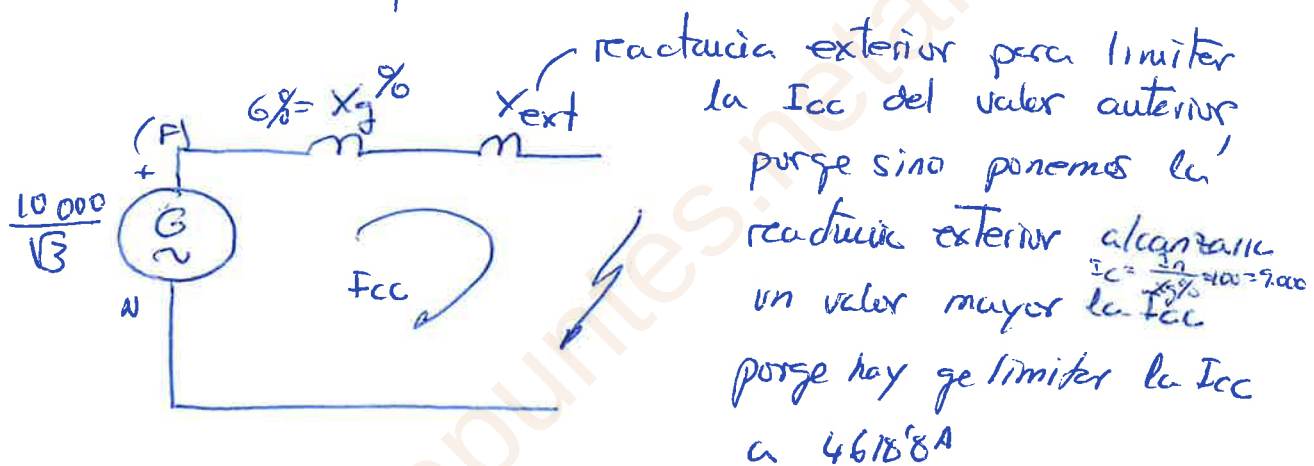
$$\text{solución} = 0'65 \Omega$$

En primer lugar determinar la corriente de corto.

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_n} = \frac{10 \cdot 10^3 \text{ kVA}}{\sqrt{3} 10 \text{ kV}} = 577'4 \text{ A}$$

$$I_{cc} = 8 I_n = 8 \cdot 577'4 \text{ A} = 4618'80 \text{ A}$$

Análisis monofásico equivalente.



$$I_{cc} = \frac{I_n}{X_g\% + X_{ext}\%} \cdot 100$$

$$4618'80 = \frac{577'4}{6 + X_{ext}\%} \cdot 100$$

$$X_{ext} = \frac{(577'4)(100) - (6)(4618'80)}{4618'80} = 6'50\%$$

hay que pasarlo a valor ohmico:

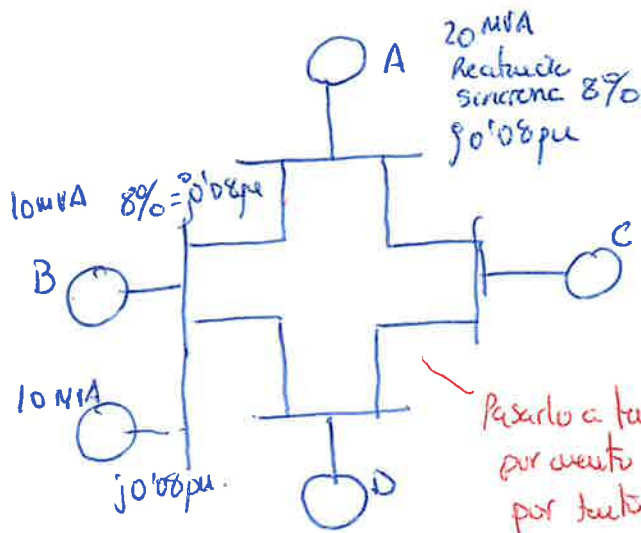
$$X\% = \frac{X^{\Omega} S_n}{U_n^2} \cdot 100 \rightarrow$$

$$6'50\% = \frac{X^{\Omega} \cdot 10 \cdot 10^6}{(10'000)^2} \cdot 100$$

$$\boxed{X = 0'65 \Omega}$$

Resolver a partir de problema 15 hacia delante.

Problema del Parker. Sistema trifásico



$$S_b = 20 \text{ MVA}$$

$$Z_b = \frac{V_b}{I_b} = \frac{\sqrt{3} V_b / I_b}{S_b} = \frac{V_b^2}{S_b}$$

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3} V_b}$$

$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{(33000)^2}{20 \cdot 10^6} = 54'45 \Omega \quad \text{la impedancia}$$

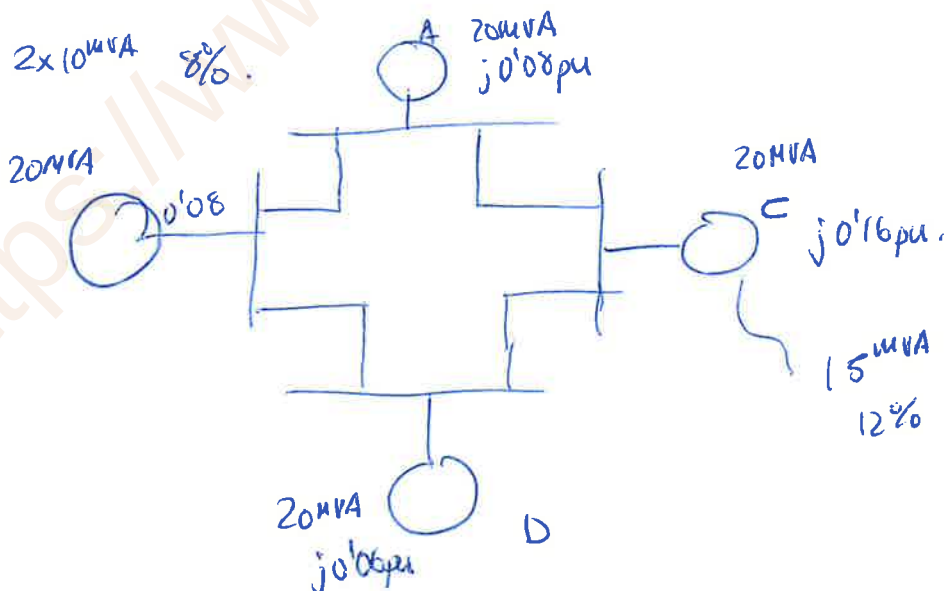
$$\bar{Z}_{AB \text{ pu}} = Z_{AB \text{ pu}} = j0'08 \text{ pu} \quad \text{por unidad.}$$

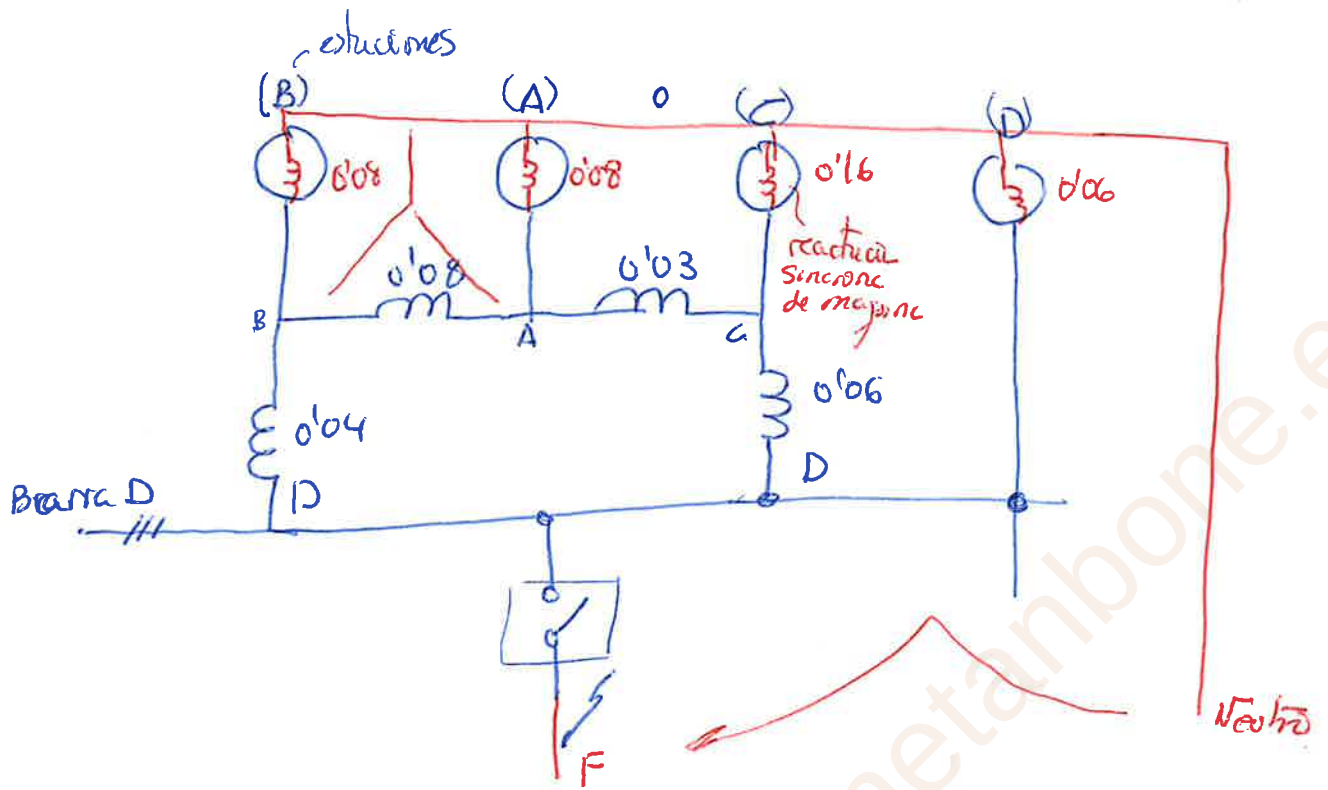
$$Z_{AC \text{ pu}} = \frac{1'63}{3} = j0'03 \text{ pu.}$$

impedancia de línea.

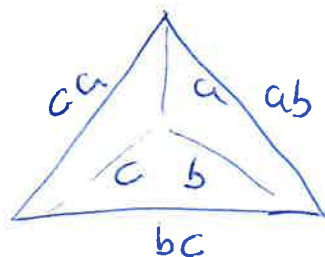
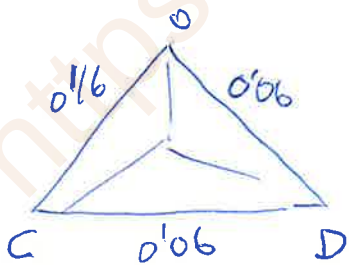
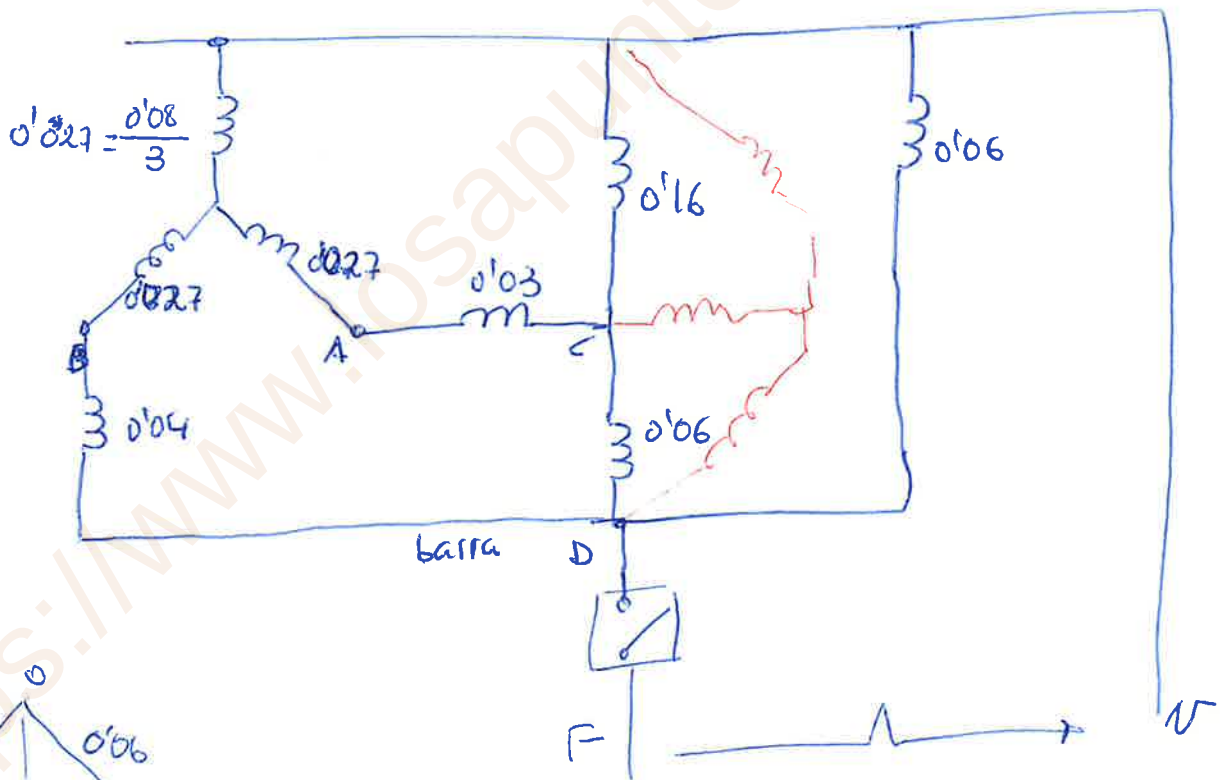
$$Z_{BD \text{ pu}} = \frac{2'17}{3} = j0'04 \text{ pu}$$

$$Z_{CD \text{ pu}} = \frac{\text{valor ohmico de alambres}}{3'26} = j0'06 \text{ pu}$$



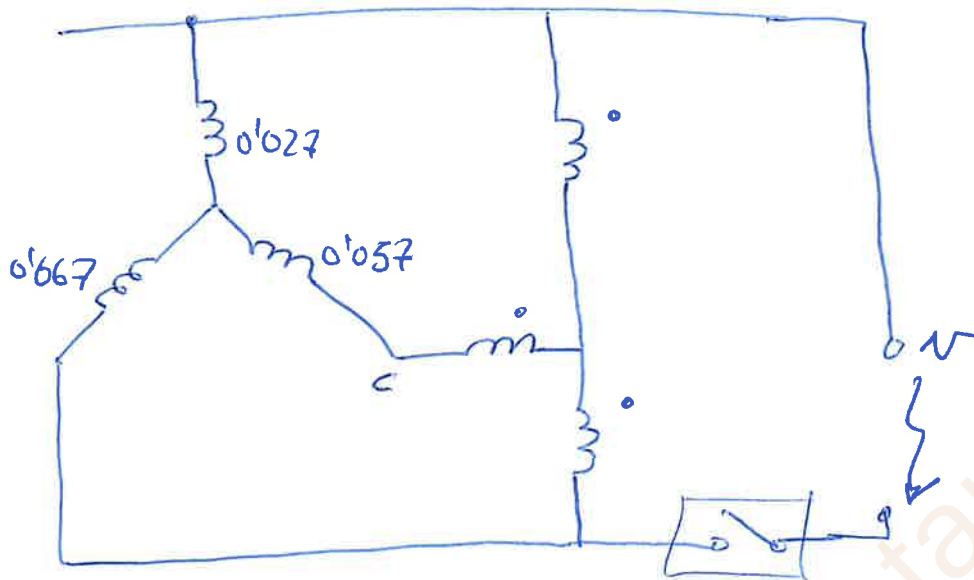


el centro de estrella de llamamos cero

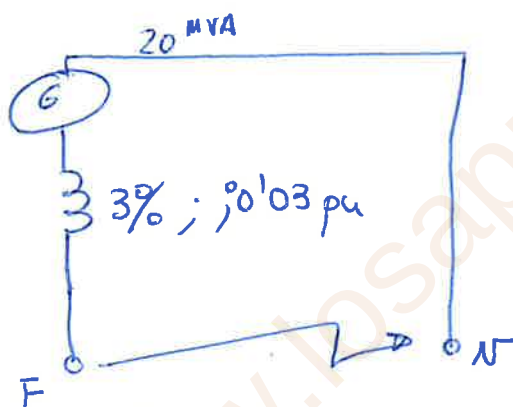


$$Z_u = \frac{Z_{ab} Z_{ca}}{Z_{ab} + Z_{bc} + Z_{ca}} \quad \Delta \rightarrow \lambda$$

$$Z_{ab} = \frac{Z_u Z_b + Z_b Z_c + Z_c Z_u}{Z_c} \quad \lambda \rightarrow \Delta$$



Simplificado el circuito quedaria.



$$S_{cc} = \frac{S_b}{X\%} \cdot 100$$

$$S_{cc} = \frac{S_b}{X_{pu}} = \frac{20 \text{ MVA}}{0.03} = 666.6 \text{ MVA}$$

670 MVA.

Problema 22.38 y determina

TEMA: COMPONENTES SIMÉTRICAS.

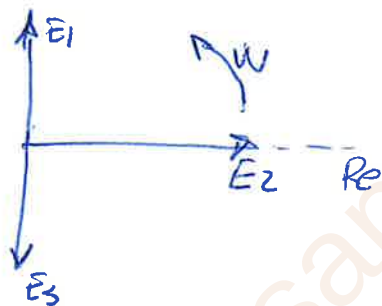
- Sistemas directo inverso y homopolar. Resolver problemas de simetría en los cortos.

Un sist. trifásico equil. puede venir representado por 3 vectores giratorios de módulos iguales y desplazado 120° , cuando uno de estos falle el sistema es desequilibrado.

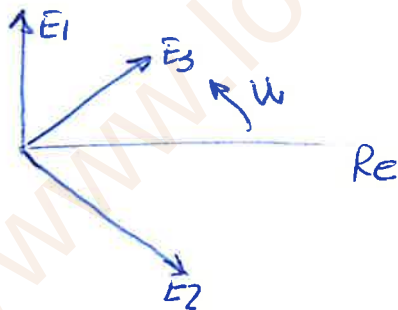
Se supone en sentido antihorario con una $\omega = 2\pi f$ y cuando los vectores pisan el eje real el sistema es directo

Ejemplo:

Sistema trifásico desequilibrado porque no son iguales los ángulos

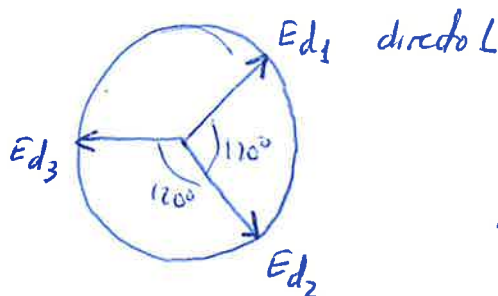
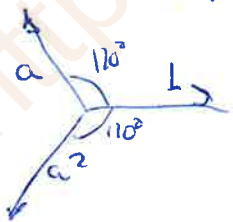


sist. directo desequilibrado
S.D.D.



sist. inverso desequilibrado (S.I.D.)

el operador $a = 1 \angle 120^\circ = \cos 120 + j \sin 120 = -0.5 + j \frac{\sqrt{3}}{2}$



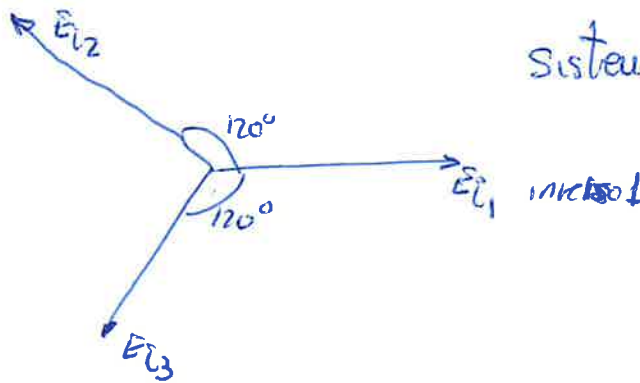
$$E_{d1} = |E_{d1}| \angle \omega t$$

$$E_{d2} = a^2 E_{d1}$$

$$E_{d3} = a E_{d1}$$

$$E_d = E_d$$

$$E_d \quad a^2 E_d \quad a E_d$$



Sistema inverso desequilibrado

$$E_i = E_i$$

$$E_i \quad a E_i \quad a^2 E_i$$

$$\begin{matrix} \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ E_{i1} & E_{i2} & E_{i3} \end{matrix}$$

propiedades del operador a:

$$1 + a + a^2 = 0$$

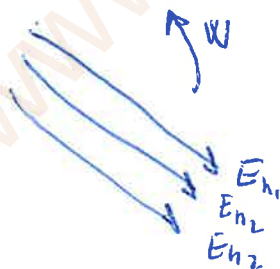
$$1 + a = -a^2$$

$$a^{-1} = a^2$$

$$1 - a = \sqrt{3} \angle -30^\circ$$

Sistema homopolar.

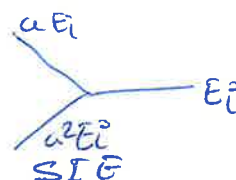
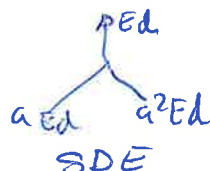
es un conjunto de vectores equipolentes. Tres módulos iguales y están en fase.



FORTESQUE

Tres sistema de vectores giratorios, uno directo, uno inverso, y otro homopolar da origen a un sistema trifásico desequilibrado.

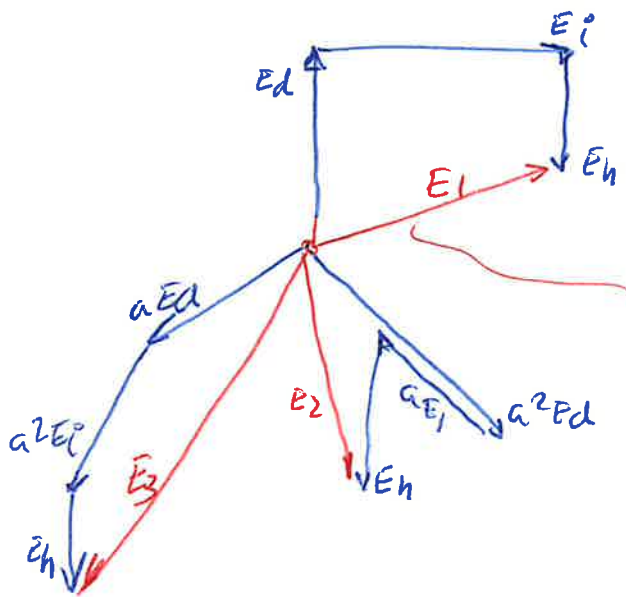
Inversamente



$$E_1 + E_2 + E_3 = E_h$$

S Homolar

$\Rightarrow$ S. Trifásico desequilibrado



Sist. desequilibrado directo

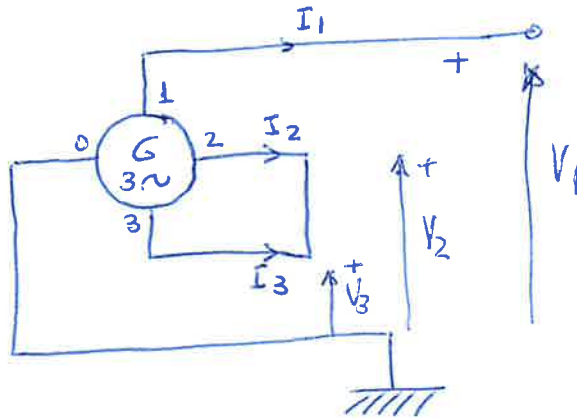
$$E_1 = E_d + E_i + E_h = E_{d1} + E_{i1} + E_{h1}$$

$$E_2 = a^2 E_d + a E_i + E_h = E_{d2} + E_{i2} + E_{h2}$$

$$E_3 = a E_d + a^2 E_i + E_h = E_{d3} + E_{i3} + E_{h3}$$

todo esto recibe el nombre de componente simétrica

CORTO LINEA A LINEA.



ecuaciones del defecto:

$$\boxed{I_1 = 0} \quad \boxed{V_2 = V_3}$$

$$I_1 = I_d + I_i + I_h = 0$$

ecuaciones de tensiones.

$$V_2 = a^2 V_d + a V_i^\circ + V_h \quad \text{homopolar} \quad (1)$$

$$= V_3 = a V_d + a^2 V_i^\circ + V_h$$

La $I_{homopolar}$ vale cero si no hay corriente de retorno por el neutro

$$I_1 = I_d + I_i + I_h = 0 \Rightarrow I_h = 0$$

$$I_1 = 0$$

$$\boxed{I_i = -I_d}$$

$$(1) \quad a^2 V_d + a V_i = a V_d + a^2 V_i^\circ$$

$$V_d (a^2 - a) = V_i^\circ (a^2 - a)$$

$$\boxed{V_d = V_i^\circ}$$

FASE 1

(1°)

sistema directo:

$$E = V_d + Z_d I_d$$

$$\rightarrow I_d = \frac{E - V_d}{Z_d}$$

(2°)

sistema inverso:

$$0 = V_i^\circ + Z_i I_i^\circ$$

$$\rightarrow \text{como } I_i = -I_d$$

$$I_d = \frac{V_d}{Z_i^\circ}$$

(3°)

sistema homopolar:

$$0 = V_h + Z_h I_h$$

$$V_d = V_i^\circ$$

$$I_h = 0 \Rightarrow V_h = 0$$

tambien podemos poner:

$$I_i = -I_d$$

$$V_d = V_i^\circ$$

$$V_i^\circ + Z_i I_i = 0$$

$$E = \underbrace{Z_i I_d + Z_d I_d}_{V_d}$$

$$I_d = \frac{E}{Z_d + Z_i^\circ}$$

$$I_2 = a^2 I_d + a I_i + I_h = a^2 I_d - a I_d \neq 0$$

$$I_2 = -E \frac{a^2 - a}{Z_d + Z_i} = \frac{E \sqrt{3} \angle -90^\circ}{Z_d + Z_i} = \frac{-j \sqrt{3} E}{Z_d + Z_i}$$

Valor de línea de la red.

$$\sqrt{3} |E| = E_{\text{línea}}$$

mediante el espejo: $I_3 = -I_2$

y $V_1 = V_d + V_i + V_h$ y como $I_h = 0$ y con la 3ª ecuación $V_h = 0$
y como también $V_d = V_i^0$

$V_1 = 2V_d$ y con la 2ª ecuación subiendo:

$$\begin{cases} V_d = V_i \\ I_i = -I_d \end{cases} \Rightarrow 0 = V_i + Z_i I_i$$

$$V_d = Z_i I_d$$
 Sustituyo

$$V_1 = 2 Z_i I_d$$

$$V_1 = 2 Z_i \frac{E}{Z_d + Z_i}$$

Problema del parter: ecuaciones ha utilizar en este tipo de problema:

$$V_1 = 2 Z_i \frac{E}{Z_d + Z_i}$$

$$I_2 = \frac{E \sqrt{3} \angle -90^\circ}{Z_d + Z_i}$$

$$I_3 = -I_2$$

Problema 22.10

$$10.000 \text{ KVA}$$

$$50 \text{ Hz}$$

$$Z_{gd}^{\%} = 30\%$$

$$Z_{ji}^{\%} = 10\%$$

$$Z_{gh}^{\%} = 5\%$$

son reactancias.

esta conectado con una línea
de conductor $d = 1 \text{ cm}$,
diámetro
 $D = 5 \text{ m}$, $V = 30 \text{ KV}$ en circuito
abierto.

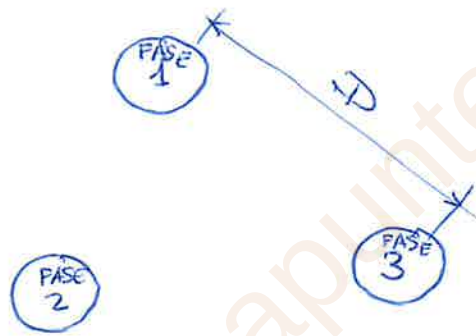
Hallar el corto entre dos líneas cuando el defecto es detectado
a 20 km . Hallar los defectos de la línea. Solución.

$$\begin{bmatrix} 565 \text{ A} \\ 565 \text{ A} \\ 0 \text{ A} \end{bmatrix}$$

Línea trifásica simétrica simple.

$$L_k = \left[0.5 + 2 \ln \frac{D}{r} \right] \cdot 10^{-1} \text{ mH/km}$$

distancia Kilométrica



$$D = 5 \text{ m} = 5 \cdot 10^2 \text{ cm}$$

$$r = 0.5 \text{ cm}$$

$$L_k = \left[0.5 + 2 \ln \frac{5 \cdot 10^2}{0.5} \right] \cdot 10^{-1}$$

$$L_k = 1.43 \text{ mH/km}$$

como la línea tiene 20 km
el coef de autoinducción sería

$$L = 20 \text{ km} L_k = 28.63 \text{ mH}$$

$$X = 2\pi f L = 2\pi 50 (28.63 \cdot 10^{-3}) =$$

$$X_L = 9 \Omega$$

La línea en el problema no tiene resistencia

$$X_{gd}^{\%} = \frac{X_{gd}^{\Omega} S_b}{(V_b)^2} \cdot 100$$

$$30\% = \frac{X_{gd}^{\Omega} \cdot 10000 \cdot 10^3}{(30000)^2} \cdot 100 \Rightarrow \underline{X_{gd}^{\Omega} = 27 \Omega}$$

de la misma manera se hace con el generador inverso y homopolar
pero sabemos $Z_{ji}^{\%}$ es $1/3$ de $Z_{gd}^{\%}$, y el homopolar es $1/6$

$$X_{ji}^{\Omega} = X_{ji}^{\%} = 9 \Omega$$

$$X_{gh}^{\Omega} = X_{gh}^{\%} = 4.5 \Omega$$

$$X_d = X_{gd} + X_{ld} = 27 + 9 = 36 \Omega$$

son todos j porque son reactancias puras

$$X_i = X_{gi} + X_{li} = 9 + 9 = 18 \Omega$$

$$X_h = X_{gh} = 450 \Omega$$

$$I_2 = \frac{E \sqrt{3} \angle -90^\circ}{Z_d + Z_i} = \frac{\frac{30000}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \sqrt{3} \angle -90^\circ}{j36 + j18} = \frac{30000 \angle -90^\circ}{j54} = 556 \angle -180^\circ$$

para la fase 2 para la fase 3 también es 556 A ya que

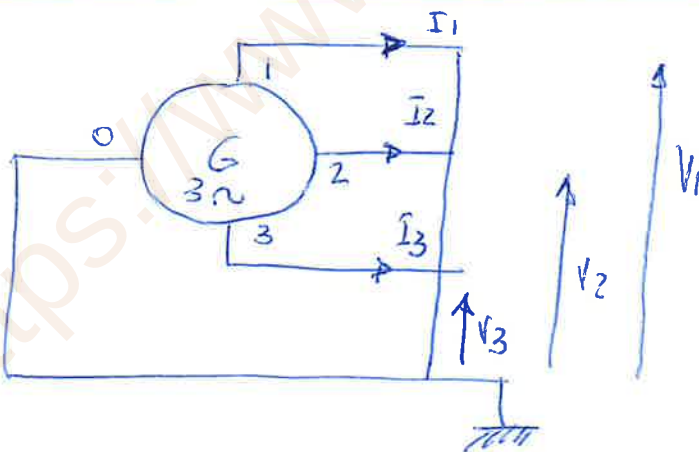
$$I_3 = -I_2 = 556 \angle 0^\circ, \text{ no nos ha hecho falta la } Z_{\text{homótopa}}.$$

Determinar la tensión en la fase 1. (este no nos lo pide el problema)

$$V_1 = 2Z_i \frac{E}{Z_d + Z_i} = (2)(+j18) \frac{\frac{30000}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ}{j54} = 11547 \angle 0^\circ$$

Problema:

CORTO TRIFÁSICO TRIPHASICO SIMETRICO.



esto se hace en la magnitud para saber el equilibrio que existe en el generador

$$V_1 = 0 \rightarrow V_d + V_i + V_h = 0$$

$$V_2 = 0 \rightarrow a^2 V_d + a V_i + V_h = 0$$

$$V_3 = 0 \rightarrow a V_d + a^2 V_i + V_h = 0$$

Sumando las tres expresiones

$$V_d(1 + a^2 + a) + V_i(1 + a^2 + a) + 3V_h = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{V_h = 0}$$

Multipliquemos la 2ª ecuación por a y la 3ª ecuación por a^2

las 3 ecuaciones
lo de igual.

$$V_d + V_i + V_h = 0$$

$$a^3 = 1$$

$$V_d + a^2 V_i + a V_h = 0$$

+

$$V_d + a V_i + a^2 V_h = 0$$

$$\Sigma \rightarrow 3V_d + V_i \underbrace{(1+a+a^2)}_0 + V_h \underbrace{(1+a+a^2)}_0 = 0 \quad \boxed{V_d = 0}$$

Ahor multiplico 2ª ecuación por a^2 y la 3ª ecuación por a y la primero lo de igualas

(1)

(2) $\times a^2$

(3) $\times a$

$$\Sigma \rightarrow V_i = 0$$

Para la fase 1

Sist. directo: $E = V_d + Z_d I_d = 0 + Z_d I_d \quad I_d = \frac{E}{Z_d}$

Sist. inverso: $0 = V_i + Z_i I_i = 0 + Z_i I_i \quad I_i = 0$

Sist. homopolar: $0 = V_h + Z_h I_h = 0 + Z_h I_h \quad I_h = 0$

quiere decir que el único valor que no es nulo es $I_{directa}$.

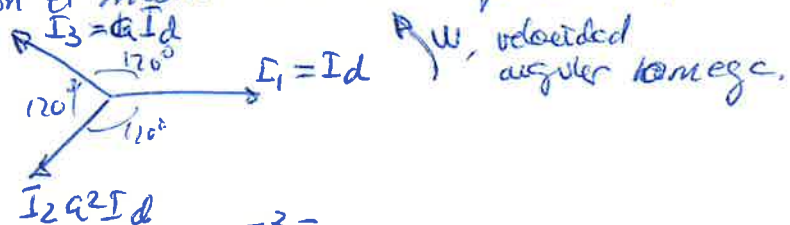
Ahora pasamos la componentes simétricas a los valores reales:

$$I_1 = I_d + I_i + I_h \Rightarrow I_i = I_h = 0 \Rightarrow I_1 = I_d = \frac{E}{Z_d}$$

$$I_2 = a^2 I_d + a I_i + I_h \Rightarrow I_2 = a^2 I_d = a^2 \frac{E}{Z_d}$$

$$I_3 = a I_d + a^2 I_i + I_h \Rightarrow I_3 = a I_d = a \frac{E}{Z_d}$$

dan corrientes con el mismo modulo pero desplazadas. 120°



Si Z_1 tenemos como dato de valor R el valor de Z_2 será $-\frac{R}{a^2} = -Ra$.

$$Z_2 = -R \left[-0,5 - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right] = 0,5R + j \frac{\sqrt{3}}{2} R$$

$$R_2 = 0,5R \quad X_2 = R \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$V = \frac{1}{k} I_i \left[R + a \left(0,5R + j \frac{\sqrt{3}}{2} R \right) \right] = \frac{1}{k} I_i R \cdot [1 - a^2]$$

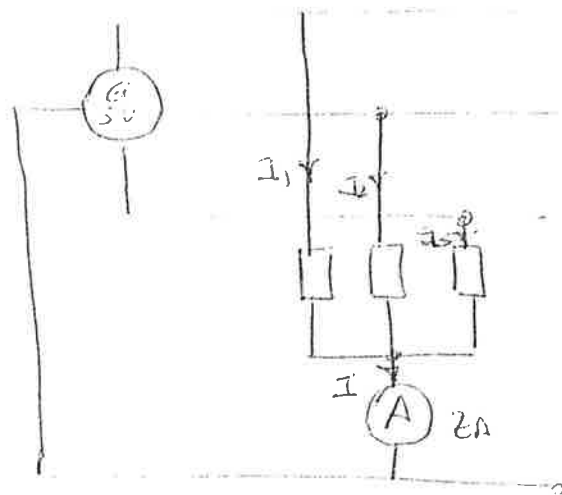
$$V = \frac{I_i R}{k} \cdot \sqrt{3} / 30^\circ$$

$$|I_i| = \frac{k \cdot V}{R \sqrt{3}}$$

Si sustituimos el voltímetro por un relé voltimétrico, se desconectará cuando I_i adquiere un valor alto.

— x —
 Fuentes de componentes simétricas de tensión

a) tensión monopolar en sistema 4 hilos



• Hacemos un centro de simetría con 3 impedancias Z_1 y Z_2 en serie con el real mediante Z_v de Z_0 .

$$V_1 = Z_1 I_1 + Z_0 I$$

$$V_2 = Z_2 I_2 + Z_0 I$$

$$V_3 = Z_3 I_3 + Z_0 I$$

$$3V_u = V_1 + V_2 + V_3 = Z [I_1 + I_2 + I_3] + 3Z_0 I$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$V_u = I \frac{Z + 3Z_0}{3} = \text{Let. amperímetro} \frac{Z + Z_0}{3}$$

Interconexion de redes de frecuencia por follos asimétricos

Los follos asimétricos dan lugar a sistemas inversos y homopolares, por lo que permiten configurar distintas interconexiones de las redes de secuencia haciendo uso del circuito monofásico equivalente con ref. fda.

Fase 1

$$SD \quad E_d = V_d + Z_d I_d$$

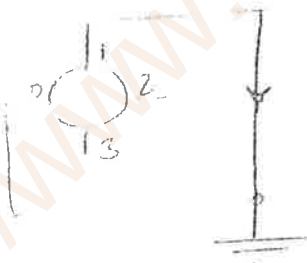
$$E = E_d$$

$$SI \quad E_i = V_i + Z_i I_i$$

$$E_i = E_h = 0$$

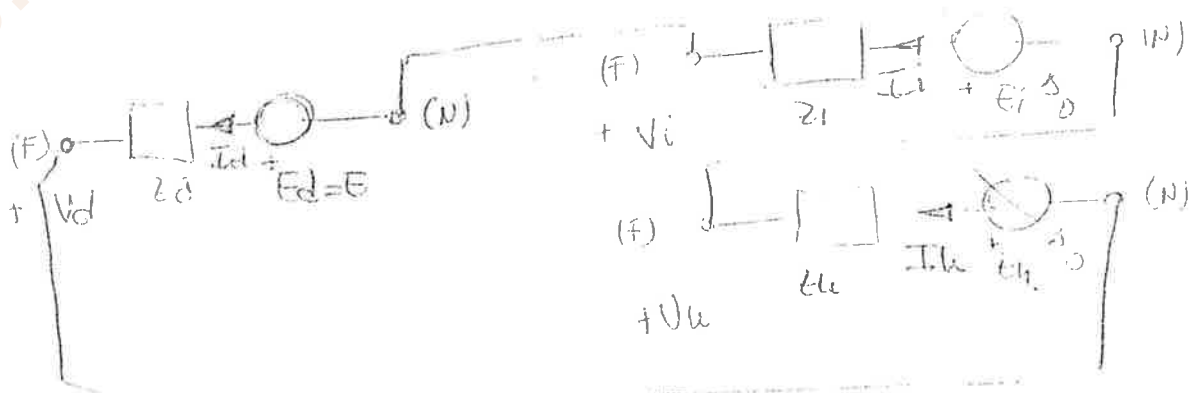
$$SH \quad E_h = V_h + Z_h I_h$$

• Corto línea / tierra



$$I_d = I_i = I_h$$

$$V_d + V_i + V_h = 0$$

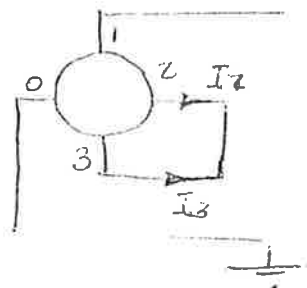


Conexión de las redes de secuencia.

$$I_i = I_d + I_i + I_h$$

En los impedancias se incluye la impedancia de líneas y generador.

• Corto línea a línea

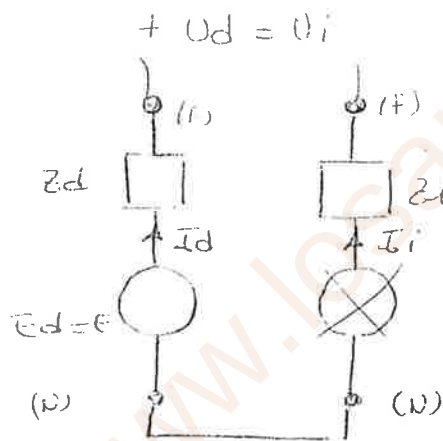


$$I_d = -I_i$$

$$U_d = U_i$$

$$I_h = 0$$

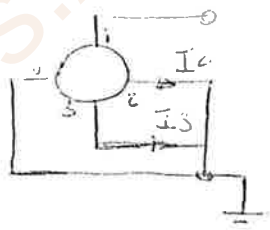
$$U_h = 0$$



$$I_i = I_d + I_i + I_h$$

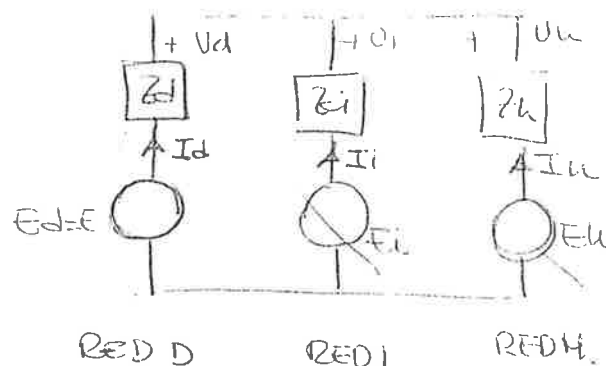
$$I_2 = 0.5 I_d + 0.5 I_i + I_h = I_d (1/2) / 0$$

• Corto línea a línea a tierra



$$I_d + I_i + I_h = 0$$

$$U_d = U_i = U_h$$



los relés se tiran para el corto asimétrico que es el de menor corriente de falla que una corriente superior debida a otro tipo de corto tb activa al relé.

x

P 22.13

Dos alternadores 3 ϕ 1000V 50MVA paralelos
abiertos a tierra.

$$Z_{d1} = Z_{d2} = 0.4 + j0.7 \text{ pu}$$

$$R_0 = 0.2 \text{ pu}$$

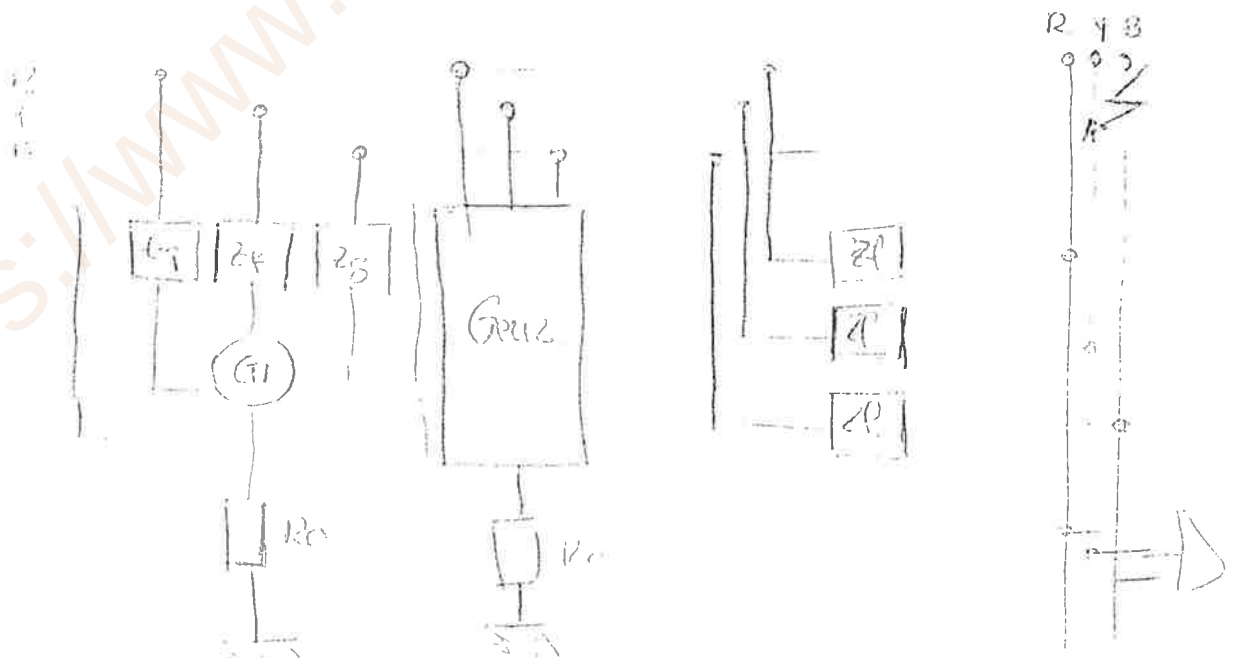
$$Z_{L1} = 0.7 + j3 \text{ pu}$$

$$X_{q1} = j0.7 \text{ pu}$$

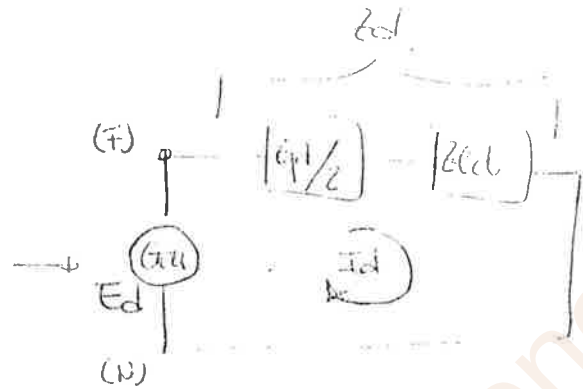
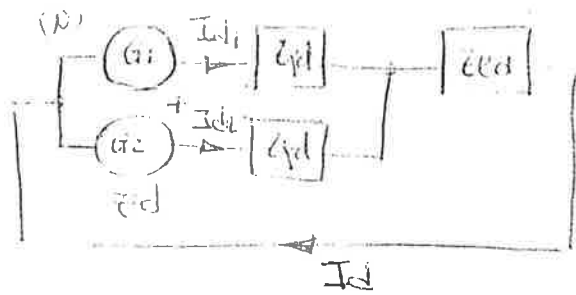
$$X_{q2} = j0.7 \text{ pu}$$

$$X_{q3} = j0.7 \text{ pu}$$

Impedancias: Fase 1. 10j0 2. 0.5 + j1.0 3. 0.5 + j1.0

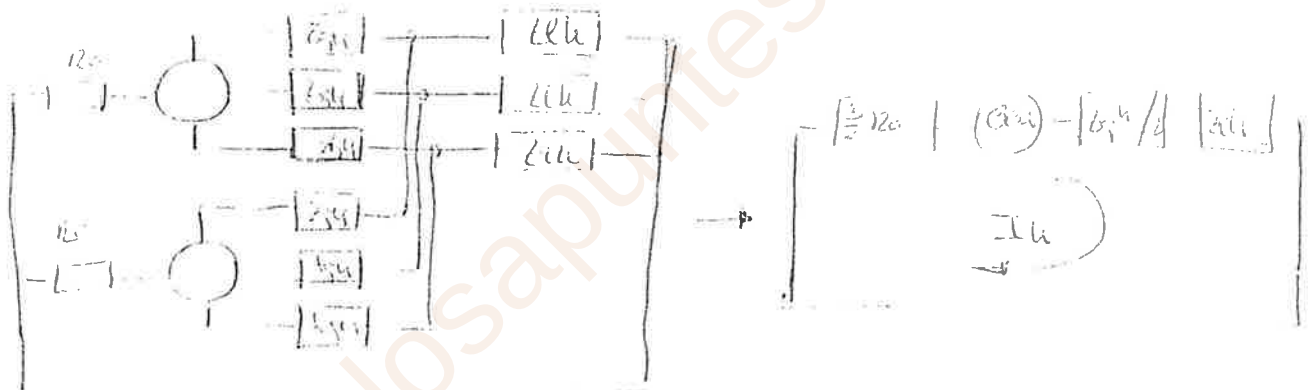


Red. D)



$$E_d = j \frac{0.6}{\omega} + (0.4 + j0.1) \cdot 0.4 + j1 = 1.0 \angle 65.2^\circ$$

$$Z_d = j \frac{0.1}{\omega} + (0.4 + j0.1) = 0.4 + j0.19 = 0.43 \angle 25.0^\circ$$



$$E_k = \frac{E_1}{2} + Z_{L1} + \frac{3}{2} Z_{L2} = 1 + j3.1 = 3.16 \angle 74.1^\circ$$

$$I_k = \frac{E_1 (a^2 - 1) + Z_{L1} (a^2 - 1)}{Z_{Y1} a_1 + Z_{L1} Z_{L2} + Z_{L1} a_1} = 565.28 \angle 31.6^\circ \text{ A}$$

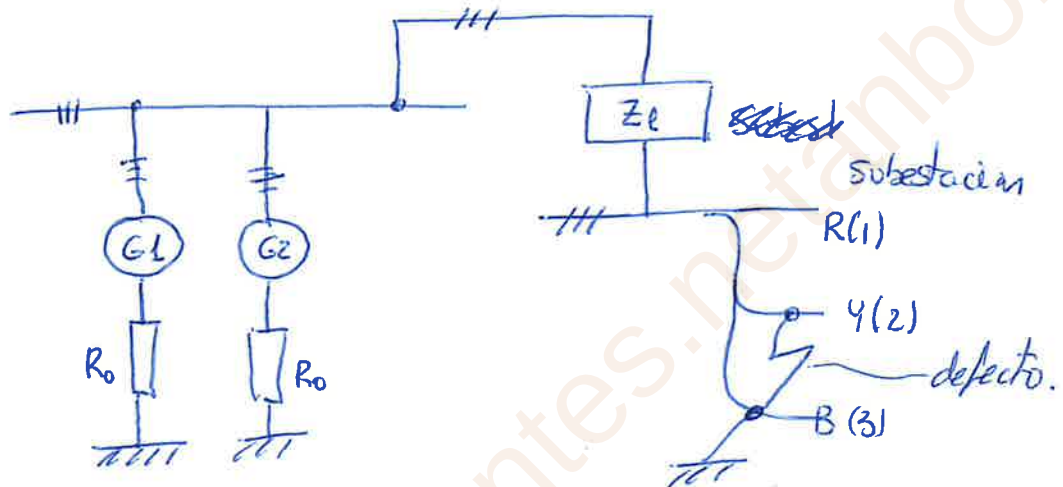
$$I_b = \frac{E_1 (a - 1) + Z_{L1} (a - 1)}{Z_{Y1} a_1 + Z_{L1} Z_{L2} + Z_{L1} a_1} = 452.9 + j 520.6 \text{ A}$$

problema 22.13. corto linea a linea con union a tierra.

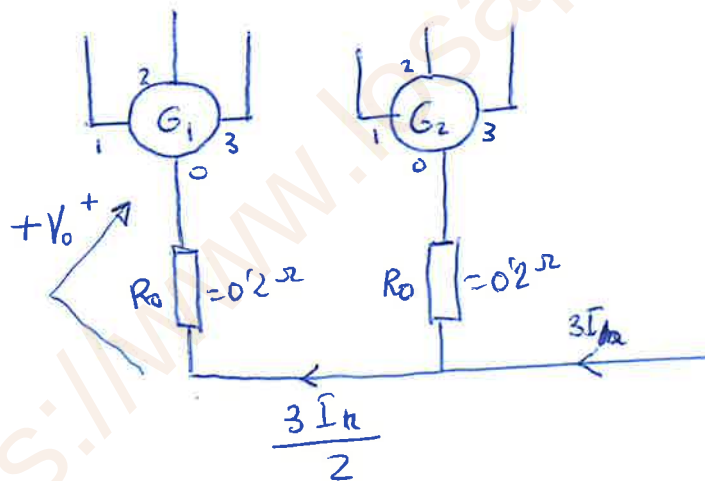
$$I_3 = I_B = E \frac{Z_i(a-1) + Z_n(a-a^2)}{\text{den} = 7'77 / 138'60} \quad 6'79 / 137'91^\circ$$

$$I_3 = \frac{11000}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \frac{6'79 / 137'91^\circ}{7'77 / 138'60^\circ} = 4529 + j3206^A$$

- calcular la potencia del neutro. (240V)



parcialmente



$$V_0 = \frac{3}{2} I_n \cdot R_0 = \frac{3}{2}$$

$$I_n = \frac{V_n}{Z_h} = \frac{V_d}{Z_n} =$$

$$= -E \frac{Z_i}{\text{den} = Z_d Z_i + Z_l Z_h + Z_n Z_d}$$

$$= -\frac{11000}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \frac{0'98 / 66'04^\circ}{7'77 / 138'60^\circ} = 801 \angle -72'56^\circ$$

la potencia del neutro $V_0 = \frac{3}{2} I_n \cdot R_0 = \frac{3}{2} (801)(0'2) = 240'3^V$

Problema 14 :

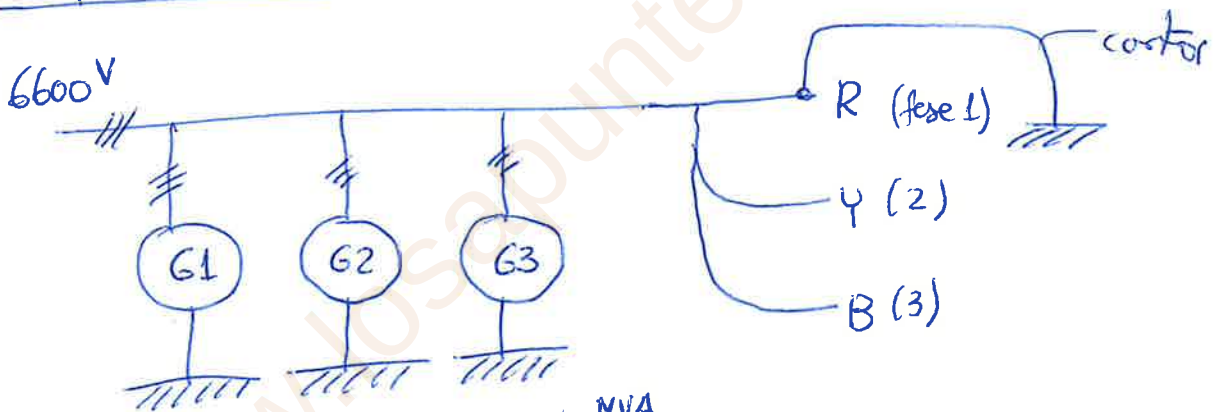
3 alternadores en trifasicos de 6600V, 10 MVA esta conectado en un unico sistema de barra colectora, $X_{gd}^{\%} = 15\%$ y la reactancia $X_{gi}^{\%} = (0.75) \cdot 15\% =$

$$X_{gi}^{\%} = (0.30) (15\%) =$$

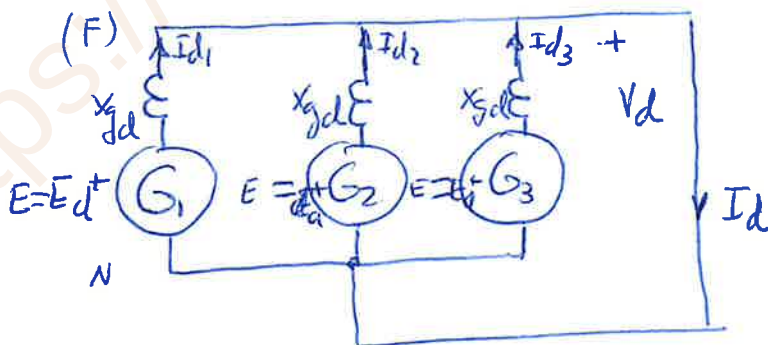
Si se presenta una falta de tierra en la barra colectora

- Si los neutros esta prestos solidariamente a tierra, $I_{neutro/tierra}$ Solucion (25600A)
- un neutro/a tierra (19800A)
- 1 neutro 0.3 Ω a tierra los otros aislados (10700A)

a) esquema unifilar:



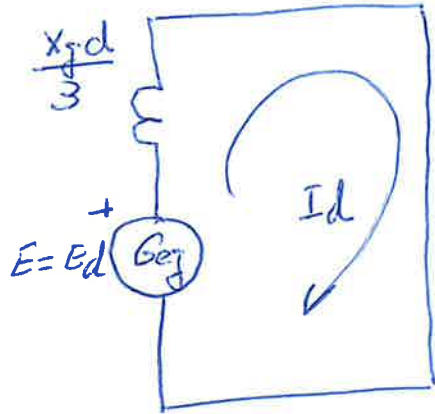
monofasica
Red directa



se prede a grupar los 3 generadores en uno solo
|||

III

$$X_{gd} \% = \frac{X_{gd}^2 S_n}{V_n^2} \cdot 100$$

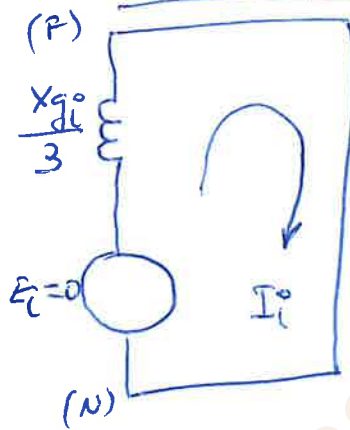


$$15 = \frac{X_{gd} 10 \cdot 10^6}{(6600)^2} \cdot 100$$

$$X_{gd} = 0.653 \Omega$$

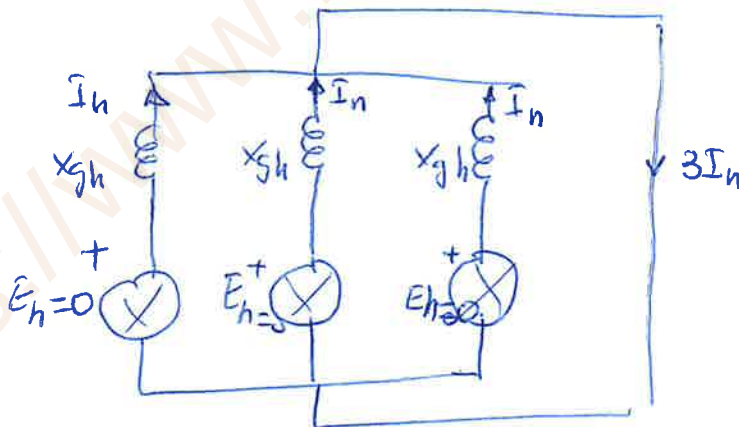
lo mismo con generadores inversa.

Red monofásica inversa



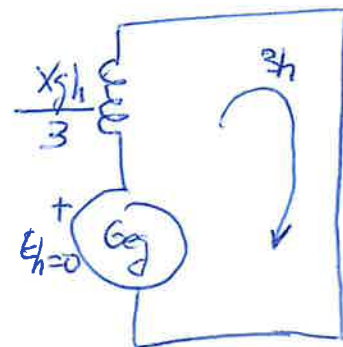
$$X_{gi} = (0.75) 0.653 = 0.490 \Omega$$

Ahora en red homopolar, Red monofásica H

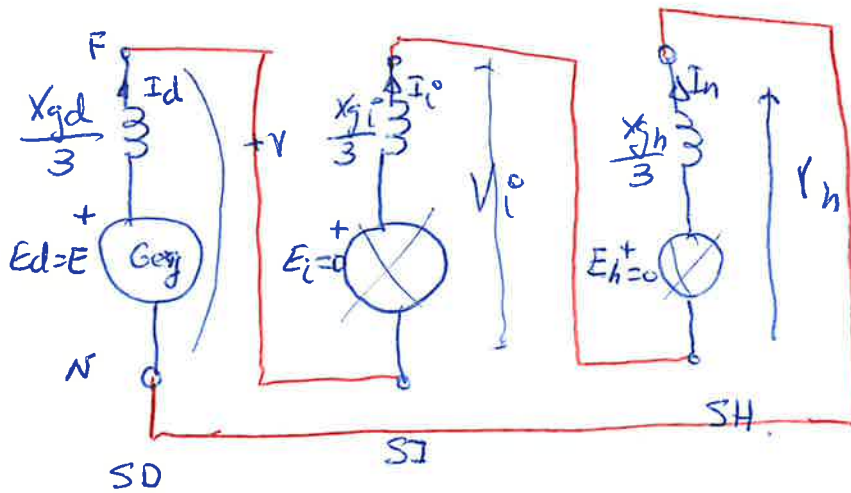


$$X_{gh} = (0.30)(0.653) =$$

$$X_{gh} = 0.196 \Omega$$



monofásico del
Sistema directo



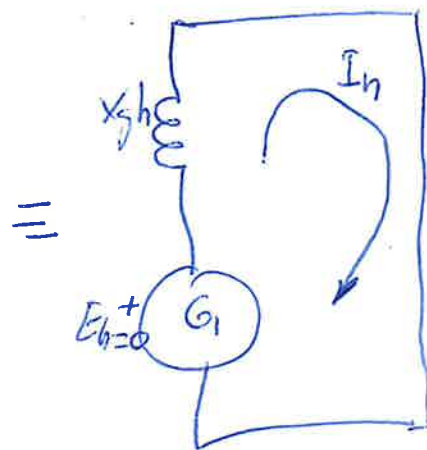
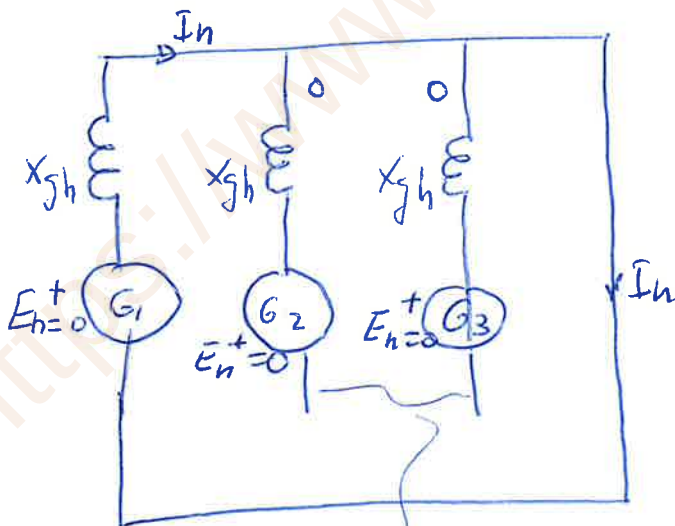
$$I_1 = I_{Rosa} = 3 \frac{E}{Z_d + Z_i + Z_h} = \frac{3 \frac{6600}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ}{j \frac{0.653}{3} + j \frac{0.490}{3} + j \frac{0.196}{3}} = 25612 \angle -90^\circ$$

(aprendiz)

↑
línea roja

b) 1 neutro a tierra & aisladas

la red homopolar va a ser así:

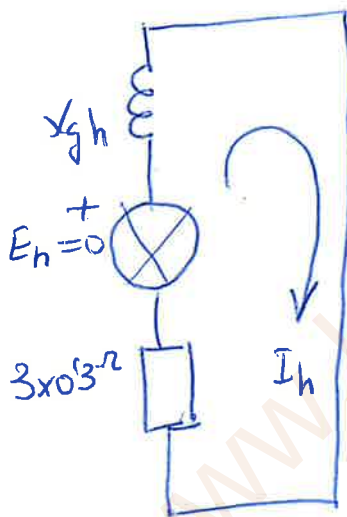
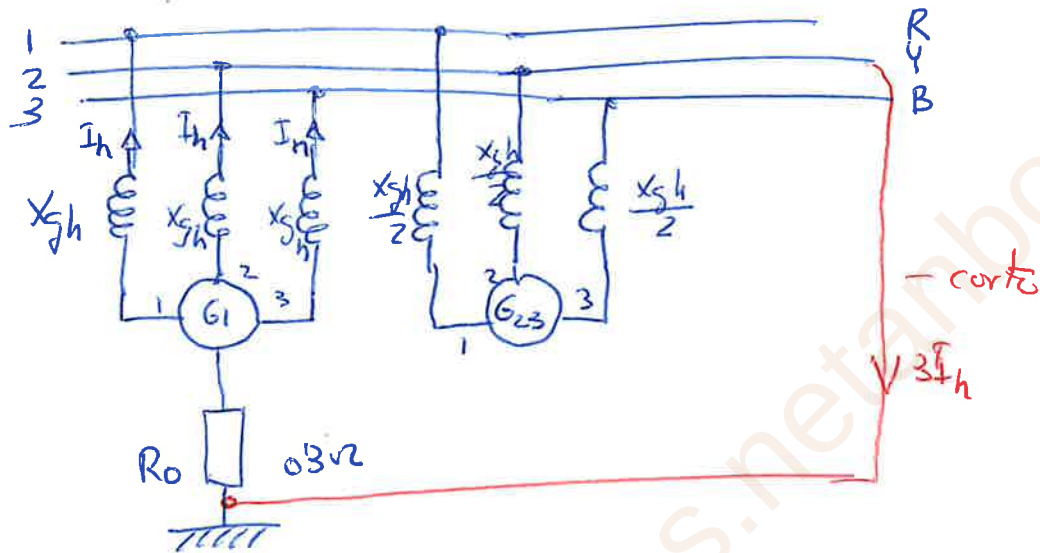


$$Z_h = j X_{gh} = j 0.196$$

no existe corriente homopolar por no estar conectado por el neutro

$$I_1 = I_R = 3 \frac{E}{Z_d + Z_i + Z_h} = \frac{3 \frac{6600}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ}{j \frac{0.653}{3} + j \frac{0.490}{3} + j 0.196} = 19812 \text{ A}$$

c) sistema trifásico homopolar



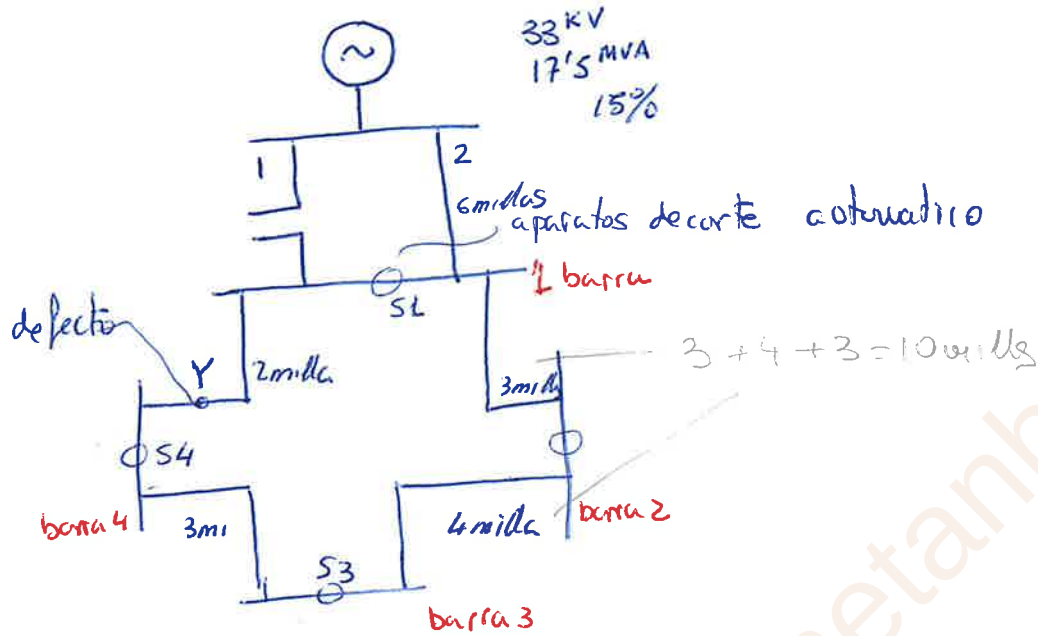
$$I_1 = I_R = 3 \frac{E}{Z_d + Z_i + Z_h} =$$

$$3 \frac{\frac{6600}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ}{j \frac{0.653}{3} + j \frac{0.490}{3} + \frac{0.9 + j 0.196}{Z_h = 3R_o + jX_{gh}}}$$

$$I_1 = I_R = 10694$$

Prob. 30, 31, 32

Problema 22.32.

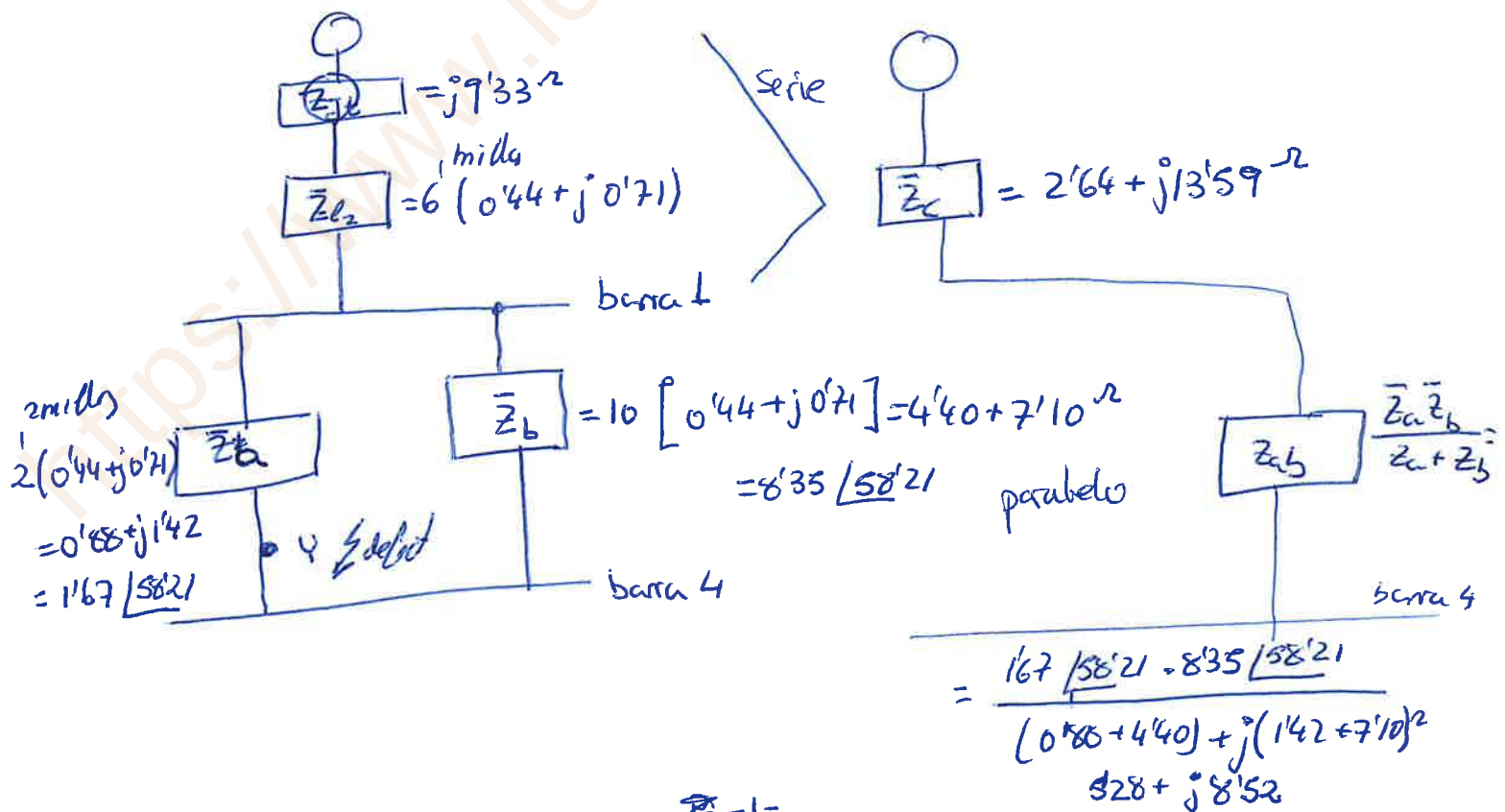


$$X\% = \frac{X^2 S_b}{V_b^2} \cdot 100$$

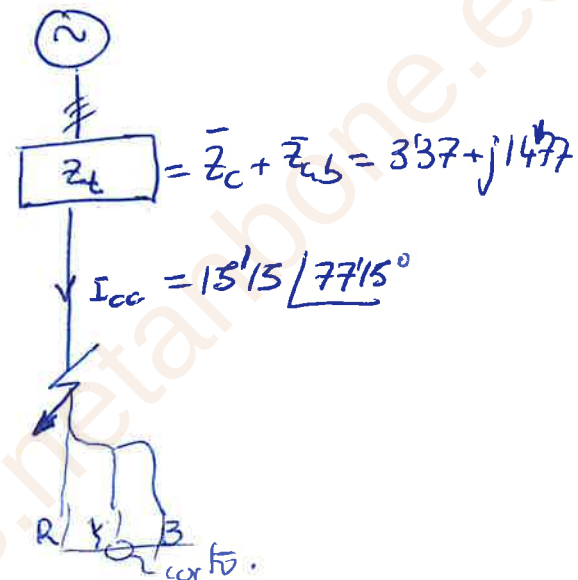
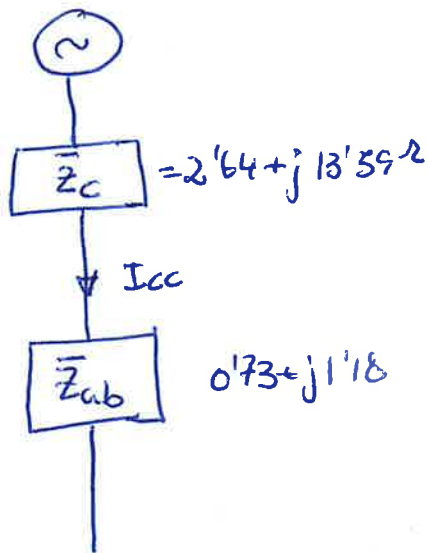
$$IS = \frac{x^2(175 \cdot 106)}{(33000)^2} \cdot 100 = 9.33\%$$

$$\bar{z}_g + \bar{z}_t = z_{gt} = j^{9'33''} \quad \begin{array}{l} \text{Zerlegungstransformator} \\ \text{gener.} \quad \text{transformator} \end{array}$$

$$\bar{Z}_{m, \text{loss}} = (0.44 + j0.71) \Omega$$



$$= \frac{13'94 \angle 2 \times 58'21}{10'02 \angle 58'21} = 1'39 \angle 58'21 = 0'73 + j1'18$$



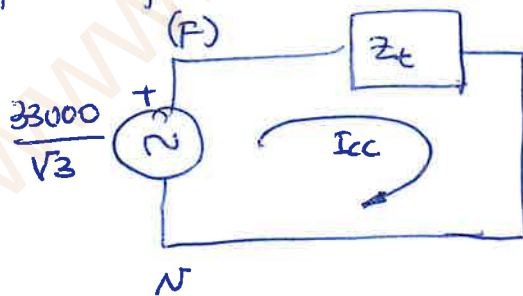
ahora podemos calcular intensidad de corto.

$$I_{cc} = \frac{I_b \cdot \text{base}}{\%} \cdot 100$$

$$I_b = \frac{S_B}{\sqrt{3} V_b}$$

no puede hacer esto

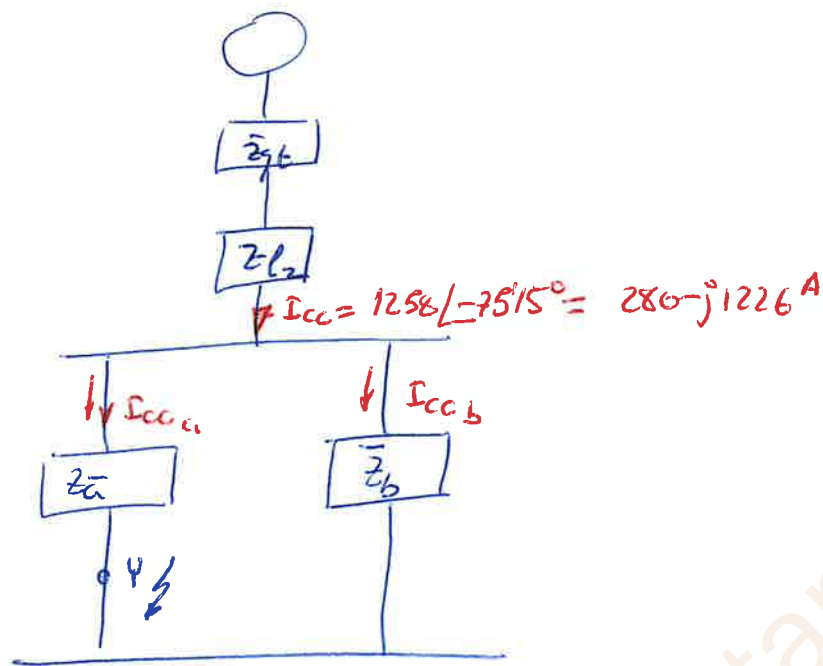
porque no son valores porcentajes.
monofasico equivalente seria:



$$\bar{I}_{cc} = \frac{\bar{V}}{\bar{Z}_t} = \frac{33000}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \cdot \frac{1}{15'15 \angle 77'15^\circ}$$

$$\bar{I}_{cc} = 1258 \angle -77'15^\circ$$

ahora tenemos que calcular la corriente que pasa por cada linea.



$$\bar{I}_{cca} = \bar{I} \frac{\bar{Z}_b}{\bar{Z}_a + \bar{Z}_b} = 1258 \angle -75.15^\circ \frac{8.35 \angle 58.21^\circ}{10.02 \angle 58.21^\circ} = 1048 \angle -75.15^\circ$$

$233 - j1022 A$

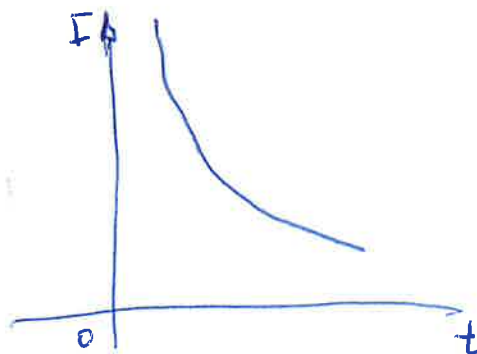
$$I_{cc} = I_{cca} + I_{ccb} \quad \bar{I}_{ccb} = \bar{I}_{cc} - \bar{I}_{cca} = (280 - 233) + j(1226 - 1022)$$

$$= 47 - j204 = 209 \angle 77.03^\circ$$

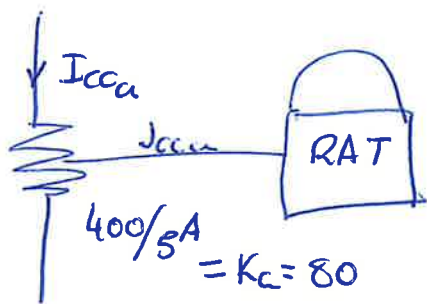
$I_{ccb} = 209 A \text{ (mod)}$

valores de la tabla.

	Amp
t	S_3
	S_1, S_2, S_4

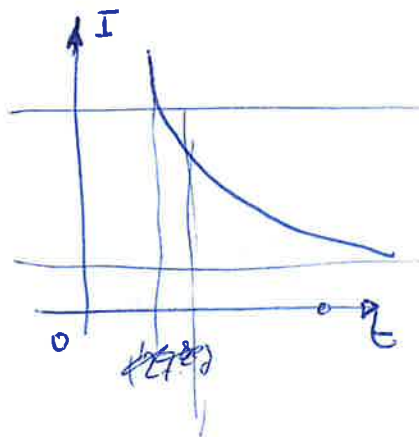


traslada mas al transformador de intensidad



$$I_{cca} = \frac{I_{cca}}{K_c} = \frac{1048}{80} = 13'10A$$

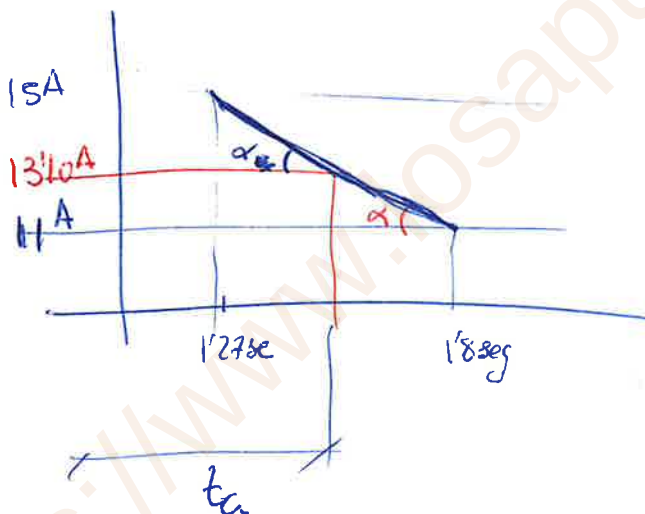
$$I_{ccb} = \frac{I_{ccb}}{K_c} = \frac{209}{80} = 2'61A$$



automatico $11A$ $15A$
 S_1 $1'8seg.$ $1'27seg$

Va ha ser el automatico S_1 el
 qe salte.

S_1 despese de $1'46seg$.



$$\tan \alpha = \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{15-11}{1'8-1'27} = \frac{4}{0'53} = 7'547$$

$$\tan \alpha = \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{15-13'10}{t_a-1'27} = 7'547$$

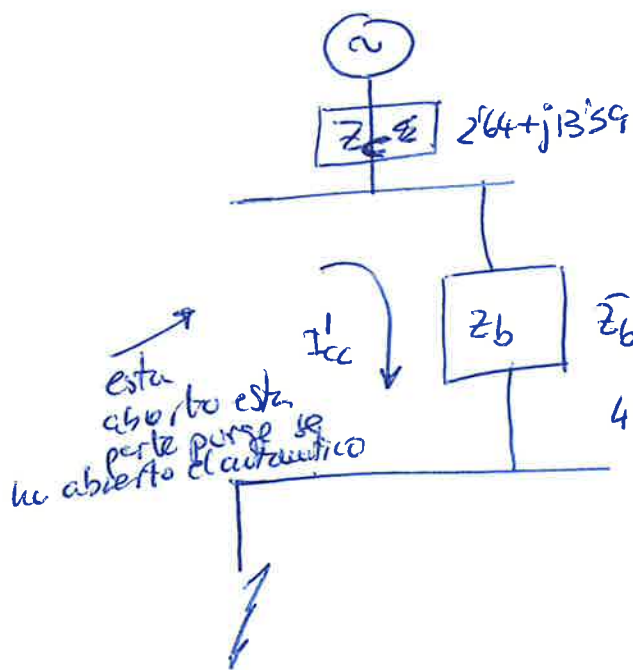
$$1'9 = 7'547 t_a - 9'585$$

$$t_a = 1'52seg.$$

tiempo de respuesta.

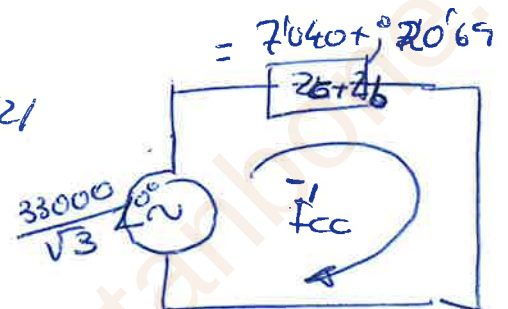
Cuando el automatico S_1 se abre, toda la corriente de
 corto pasa por la otra linea y tiene qe pasar por
 los otros automaticos S_2 S_3 S_4

el esqema:



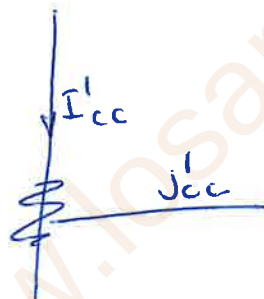
monofasico equivalente

$$I'_{cc} = \frac{33000}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{8'35} = 21'85 \angle 71'21$$



$$I'_{cc} = \frac{33000}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{21'85} = 872 \text{ A}$$

y cuando los 872 A pasan pbr el Transf. intensidad de redución 400/5



$$I'_{cc} = \frac{I'_{cc}}{K_a} = \frac{872}{80} = 11 \text{ A}$$

todos los rdes S_2, S_3, S_4 están recorridos por 11 A $\Rightarrow$ miro en la tabla: dispara antes el automatico S_3 por que tiene un tiempo menor, S_3

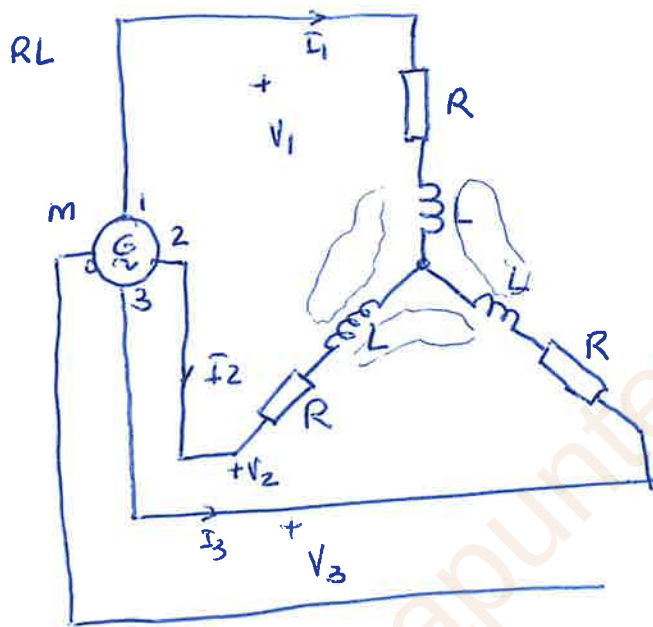
después de haber disparado S_4 dispara el $S_3 \rightarrow 1'37$

problema: 22.32 considerando solamente las bobinas del circuito y esa I'_{cc} se nos dan a dar no mucho mas alta que con la resistencia.

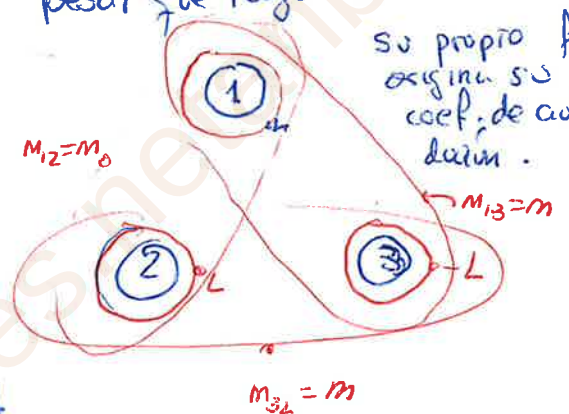
Determinación de la impedancia directa, inversa y homopolar de un elemento pasivo.

Dispositivo no rotativo de composición simétrica a este se le puede llamar elemento pasivo.

por ejemplo una carga RL de acoplamiento inductivo. m



el sistema es de 3 hilos a pesar que tenga el cuarto hilo. su propio flujo origina su coef. de autoinducción.



Existen inducción mutua con el mismo devanado

$$\begin{aligned} \text{fase 1: } \bar{V}_1 &= \bar{I}_1 [R + j\omega L] + j\omega m [\bar{I}_2 + \bar{I}_3] & (1) \\ \text{fase 2: } \bar{V}_2 &= \bar{I}_2 [R + j\omega L] + j\omega m [\bar{I}_3 + \bar{I}_1] & (2) \\ \text{fase 3: } \bar{V}_3 &= \bar{I}_3 [R + j\omega L] + j\omega m [\bar{I}_1 + \bar{I}_2] & (3) \end{aligned}$$

y sumamos:

$$\underbrace{\bar{V}_1 + \bar{V}_2 + \bar{V}_3}_{\substack{\text{3 veces} \\ \text{tensión homopolar} \\ 3V_h}} = \underbrace{[\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3]}_{\substack{\text{3 veces la} \\ \text{Intens. homopolar} \\ 3I_h}} [R + j\omega L] + j\omega 2m \underbrace{[\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3]}_{3I_h}$$

$$\bar{V}_h = \bar{I}_h [R + j\omega (L + 2m)] \quad \frac{\bar{V}_h}{\bar{I}_h} = \bar{Z}_h = R + j\omega (L + 2m)$$

también se puede decir $L + 2m = L$ (coef. cíclico de autoinducción)
 $\bar{Z}_h = R + j\omega L$
 1.

con el coef. cíclico la líneas están desacoplada.
calculo de la impedancia directa.

multiplicamos la (2) ecuación $\times a$ y la (3) $\times a^2$

$$\begin{aligned}\bar{V}_1 &= \bar{I}_1 [R + j\omega L] + j\omega m [\bar{I}_2 + \bar{I}_3] \\ a\bar{V}_2 &= a\bar{I}_2 [R + j\omega L] + j\omega m [a\bar{I}_3 + a\bar{I}_1] \\ a^2\bar{V}_3 &= a^2\bar{I}_3 [R + j\omega L] + j\omega m [a^2\bar{I}_1 + a^2\bar{I}_2]\end{aligned}$$

sumamos:

$$\bar{V}_d = \bar{I}_d [R + j\omega L] + j\omega m \left[\underbrace{\bar{I}_1}_{-1} (1 + a + a^2) + \underbrace{\bar{I}_2}_{-a} (1 + a + a^2) + \underbrace{\bar{I}_3}_{-a^2} (1 + a + a^2) \right]$$

directa.

$$\bar{V}_d = \bar{I}_d [R + j\omega L] - j\omega m \underbrace{[\bar{I}_1 + a\bar{I}_2 + a^2\bar{I}_3]}_{\bar{I}_d}$$

$$\bar{V}_d = \bar{I}_d [R + j\omega L] - j\omega m \bar{I}_d$$

$$\frac{\bar{V}_d}{\bar{I}_d} = \bar{Z}_d = R + j\omega L - j\omega m = R + j\omega [L - m]$$

$$\boxed{\bar{Z}_d = R + j\omega L} \quad \text{impedancia directa.}$$

$$L = L - m \quad \text{nuevo coef. de autoinducción cíclica.}$$

calculo de la impedancia inversa

multiplicamos la (2) ecuación $\times a^2$ y la (3) $\times a$

y calculado se obtiene $\bar{Z}_i = R + j\omega L \quad L = L - m.$

conclusión la $\boxed{\bar{Z}_d = \bar{Z}_i}$

En los alternadores la $\bar{Z}_d$ y la $\bar{Z}_i$ no son las mismas,
 pero en los elementos pasivos son iguales $\bar{Z}_d = \bar{Z}_i$

Corriente de corto transitorio

Gradualmente se va reduciendo la impedancia y llega un momento que el alternador se pondrá en corto.

$$I_{cs} = \frac{E}{\sqrt{3} \omega L}$$

I_{cs} : permanente
 Int. corto nominal.
 Suponemos máquina trifásica no saturada

$$L = L + \lambda$$

L : coef. inductancia correspondiente a la línea de reacción ind.
 (inductor/inductivo)
 camino de hierro

$$\lambda = \text{coef. dispersión inductiva, camino de airtg.}$$

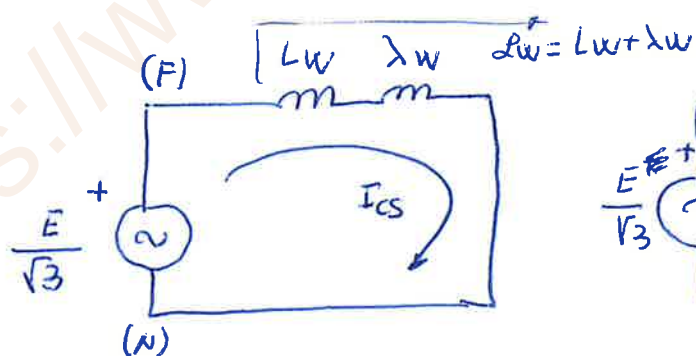
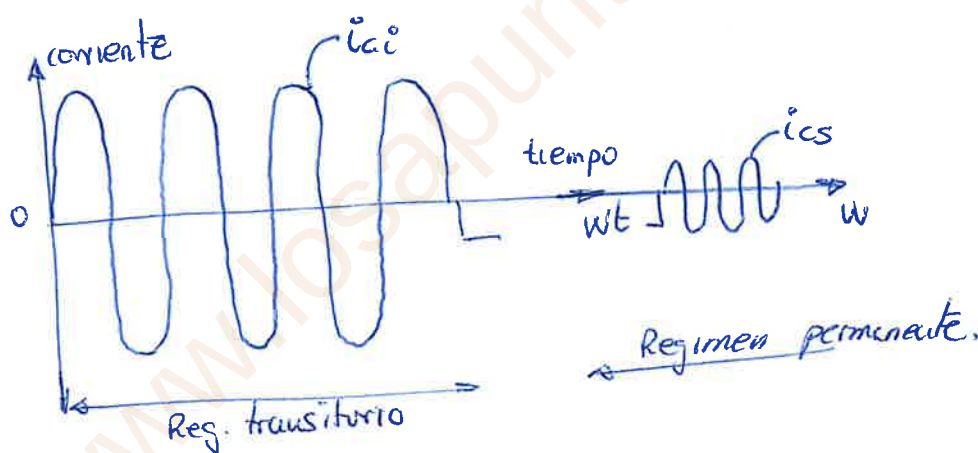
Se presenta la avería bruscamente. Trifásico simétrico.

corrientes transitorias

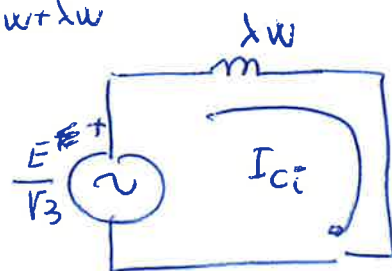
$$I_{ci} = \frac{E}{\sqrt{3} \lambda \omega}$$

esta corriente es 8 o 10 veces la $I_{nominal}$.

que si el corto se presenta en el momento en que la f.e. inducida por el valor máximo puesto que las redes son prácticamente inductivas la corriente transitoria es simétrica.



Regimen corto permanente

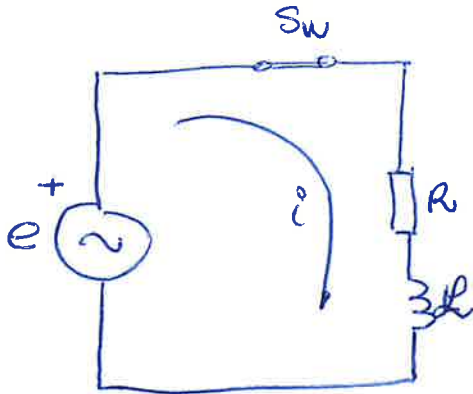


Regimen transitorio

Desplazamiento por corriente continua, tiene lugar en todos los circuitos inductivos sometido a cambios bruscos de corriente.

La respuesta de régimen permanente:

P.e. gobernada. $e = E_m \sin \omega t$



$$i_s = \frac{E_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \sin(\omega t - \varphi) =$$

$$= \frac{E_m}{Z} \sin(\omega t - \varphi)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \quad \tan^{-1} \varphi = \frac{\omega L}{R}$$

La respuesta natural: $i_n = A e^{-R/L \cdot t}$

La solución completa es suma $i = i_n + i_s$

$$i = A e^{-R/L \cdot t} + \frac{E_m}{Z} \sin(\omega t - \varphi) \quad (1)$$

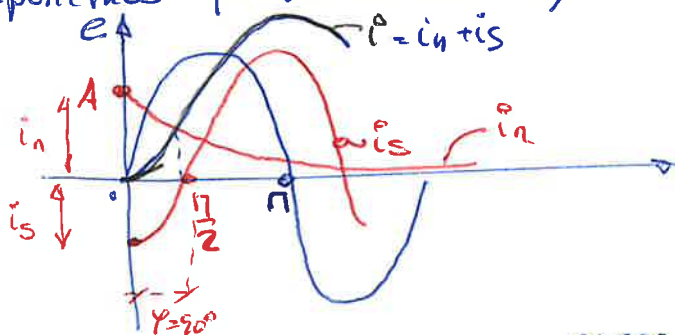
para $t=0$ la corriente vale cero $i=0$ debido a la bobina
que va creciendo la corriente poco a poco $0 = i_n + i_s$

$$0 = A + \frac{E_m}{Z} \sin(-\varphi) \quad A = \frac{E_m}{Z} \sin \varphi$$

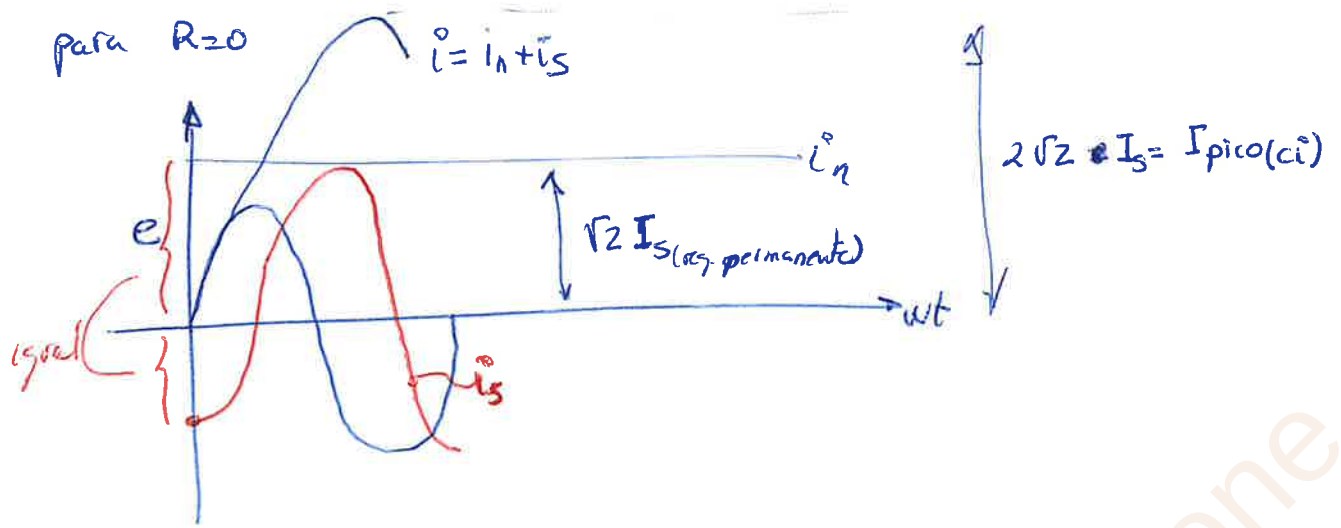
Sustituyendo en (1)

$$i = \underbrace{\left[\frac{E_m}{Z} \sin \varphi \right] e^{-R/L \cdot t}}_{i_n} + \underbrace{\frac{E_m}{Z} \sin(\omega t - \varphi)}_{i_s}$$

Suponemos $\varphi = 90^\circ$ circuito muy inductivo. (no hay exactamente 90° porque hay una resistencia por medio)



Si no existe resistencia la respuesta natural no se amortigua. La Resp. natural no desaparece jamás pero al cabo de 3τ parece que ha desaparecido pero no lo es.



para curto simétrico.

