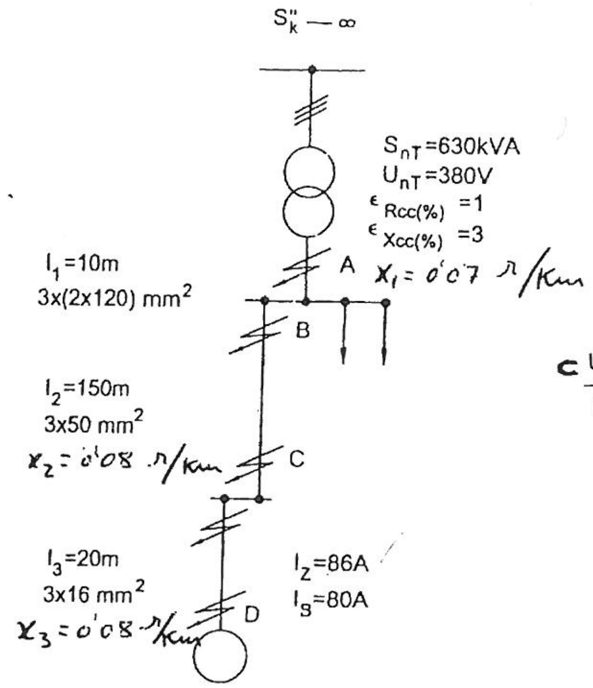
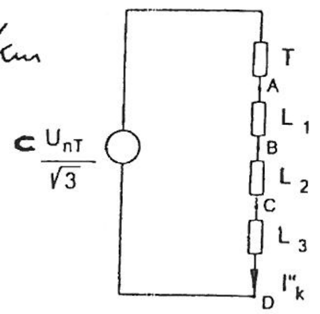
Dpto. De Ingeniería Eléctrica	*Instalaciones y Máquinas Eléctricas*

Calcular las corrientes de cortocircuito inicial simétrica y de pico en los puntos A, B, C y D de la figura adjunta:

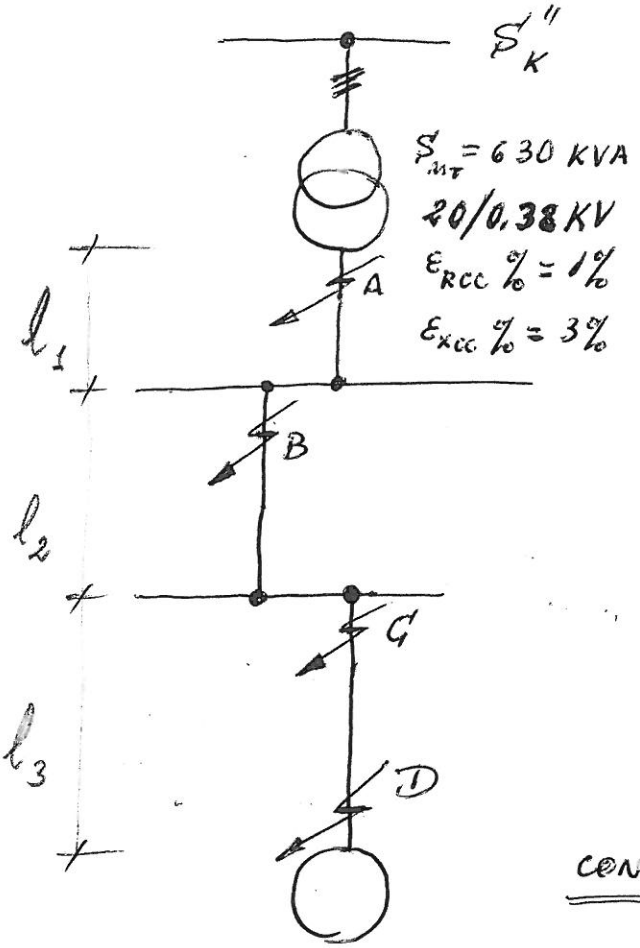
1. Considerando la red de potencia de cortocircuito infinita. (de pico también)

2. Considerando la potencia de cortocircuito de la red de 500 MVA. Despréciese Ra (de pico no)





En la instalación de la figura, determinar las intensidades de cortocircuito máximas y mínimas para seleccionar equipos de protección frente a cortocircuitos.



$\underline{\underline{l_1}}$: $\boxed{3\,(2 \times 120)}$ mm^2

$l_1 = 10$ m

$X_1 = 0{,}07\ \Omega/\text{km}$

$\underline{\underline{l_2}}$: $\boxed{3 \times 50}$ mm^2

$l_2 = 150$ m

$X_2 = 0{,}08\ \Omega/\text{km}$

$\underline{\underline{l_3}}$: $\boxed{3 \times 16}$ mm^2

$l_3 = 20$ m

$X_3 = 0{,}08\ \Omega/\text{km}$

CONDUCTORES DE COBRE (l_1, l_2, l_3):

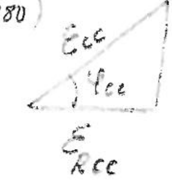
$$\rho_{Cu_{20^\circ C}} = \frac{1}{54}\ \Omega \times \frac{mm^2}{m}$$

$\boxed{1^\circ}$ SOLUCIÓN PARA RED DE POTENCIA INFINITA ($S''_K \to \infty$)

→ TRANSFORMADOR:

$$\to Z''_{cc} = \frac{3{,}16}{100} \times \frac{380}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{(630 \cdot 10^3/\sqrt{3} \times 380)} = u_{cc} \times \frac{U^2}{S_n}$$

$$\varepsilon_{cc}\% = \frac{Z''_{cc} \cdot I_{2n}}{U_{2n}/\sqrt{3}} \cdot 100\ ; \quad \varepsilon_{cc}\% = \sqrt{3^2 + 1^2} = 3{,}16\%\ ;$$



$\varepsilon_{Xcc} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \boxed{\varphi_{cc} = \text{atg}\left(\frac{\varepsilon_{Xcc}}{\varepsilon_{Rcc}}\right) = \text{atg}\left(\frac{3}{1}\right) = 71{,}56^\circ}\ ; \quad \boxed{Z''_{TRAFO} = 7{,}25 \cdot 10^{-3}\ \angle 71{,}56^\circ}$$

$$\left.\begin{aligned} R''_{cc} &= \varepsilon_{Rcc} \cdot \frac{U^2_{2n}}{S_n} = 0{,}01 \cdot \frac{380^2}{630 \cdot 10^3} = 2{,}29 \cdot 10^{-3}\ \Omega \\ X''_{cc} &= \varepsilon_{Xcc} \cdot \frac{U^2_{2n}}{S_n} = 0{,}03 \cdot \frac{380^2}{630 \cdot 10^3} = 6{,}88 \cdot 10^{-3}\ \Omega \end{aligned}\right\} \Rightarrow \underline{Z''_{TRAFO} = (2{,}29 + j\,6{,}88) \cdot 10^{-3}\ \Omega}$$

→ **LÍNEA l_1:**

$$R_{l_1} = \left(\rho_{Cu_{20}} \cdot \frac{l_1}{S_1}\right) \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{54} \cdot \frac{10}{120 \cdot 2} = 7{,}7 \cdot 10^{-4}\ \Omega$$

$$X_{l_1} = 0{,}07\ \frac{\Omega}{Km} \cdot 10 \cdot 10^{-3}\ Km = 7 \cdot 10^{-4}\ \Omega$$

$$\Rightarrow \underline{Z}_{l_1} = (0{,}77 + j\,0{,}7) \cdot 10^{-3}\ \Omega = 1{,}041 \cdot 10^{-3} \angle 42{,}27^\circ$$

→ **LÍNEA l_2:**

$$R_{l_2} = \frac{1}{54} \cdot \frac{150}{50} = 55{,}\hat{5} \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

$$X_{l_2} = 0{,}08 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 12 \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

$$\Rightarrow \underline{Z}_{l_2} = (55{,}\hat{5} + j\,12) \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

→ **LÍNEA l_3:**

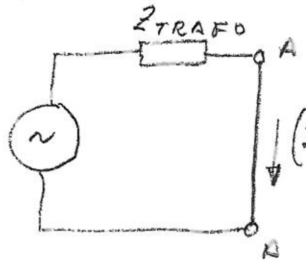
$$R_{l_3} = \frac{1}{54} \cdot \frac{20}{16} = 23{,}15 \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

$$X_{l_3} = 0{,}08 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 1{,}6 \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

$$\Rightarrow \underline{Z}_{l_3} = (23{,}15 + j\,1{,}6) \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

→ **CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO A**

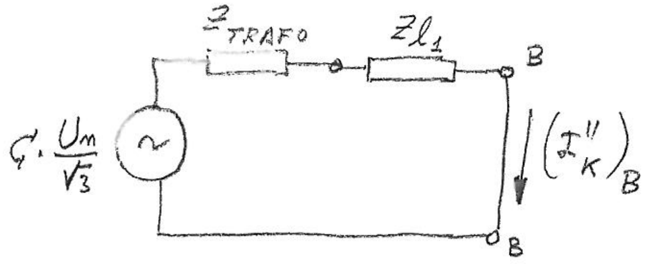
$C \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}}$



$$\Rightarrow (I''_K)_A = C \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{TRAFO}} = 1{,}05 \cdot \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 7{,}25 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (I_{cc\,máx})_A = 31{,}77\ KA$$

→ CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO B



$$\Rightarrow (I''_K)_B = C \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{Z_{TRAFO} + Z_{l_1}} \Rightarrow$$

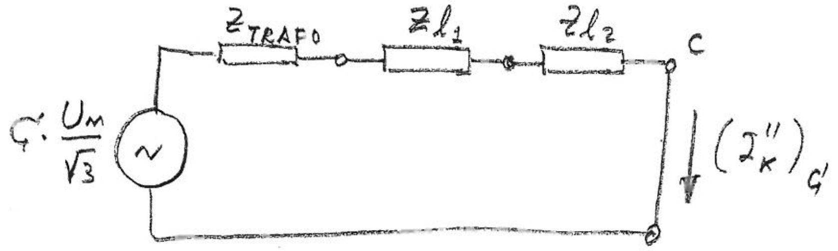
$$\Rightarrow \left(I_{cc\,máx}\right)_B = 1{,}05 \cdot \frac{380}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{Z_{TRAFO} + Zl_1}$$

$$Z_{TRAFO} + Zl_1 = \left[(2{,}29 + j\,6{,}88) + (0{,}77 + j\,0{,}7)\right] \cdot 10^{-3} = 8{,}17 \cdot 10^{-3} \angle 68{,}02° \; \Omega$$

$$= (3{,}06 + j\,7{,}58) \times 10^{-3} \; \Omega$$

$$\left(I_{cc\,máx}\right)_B = \frac{1{,}05 \times 380}{\sqrt{3} \cdot 8{,}17 \cdot 10^{-3}} = 28{,}20 \; KA$$

→ CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO C



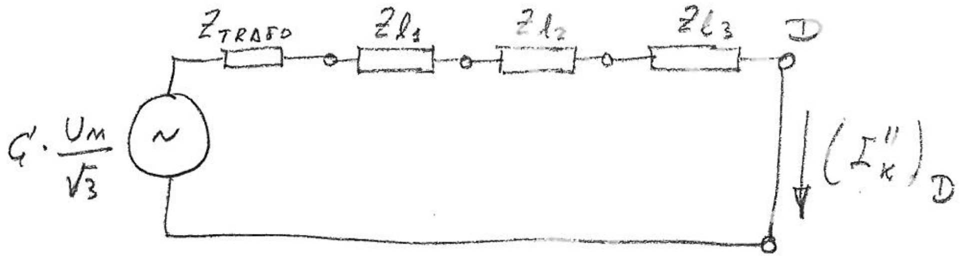
$$Z_{TRAFO} + Z_{l_1} + Z_{l_2} = \left(8{,}17 \cdot 10^{-3} \angle 68{,}02°\right) + \left(55{,}5 + j\,12\right) \cdot 10^{-3} = 61{,}75 \cdot 10^{-3} \angle 18{,}47° =$$

$$= (58{,}62 + j\,19{,}58) \cdot 10^{-3} \; \Omega$$

$$\left(I_{cc\,máx}\right)_C = \frac{1{,}05 \times 380}{\sqrt{3} \times 61{,}75 \cdot 10^{-3}} = 3{,}73 \; KA$$

C/C-1-2/4

→ CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO D



$$Z_{TRAFO} + Z_{l_1} + Z_{l_2} + Z_{l_3} = \left[(58,62 + j\,19,58) + (23,15 + j\,1,6) \right] \times 10^{-3} =$$

$$= (81,77 + j\,21,18) \cdot 10^{-3} = 84,47 \cdot 10^{-3} \underline{/14,52^\circ}\ \Omega$$

$$\left(I_{cc\,máx}\right)_D = \frac{1,05 \times 380}{\sqrt{3} \times 84,47 \cdot 10^{-3}} = 2,73\ KA$$

→ INTENSIDAD MÍNIMA DE CORTOCIRCUITO EN LA INSTALACIÓN

En función de la topología de la instalación está se producirá en el punto "D" por ser el más alejado de la fuente.

$$\left(I_{cc\,mín}\right)_D = \frac{\sqrt{3}}{2} \times \left(I_{cc\,máx}\right)_D = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 2,73 = 2,36\ KA$$

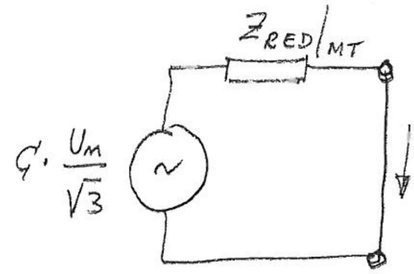
→ TABLA RESUMEN

	R'' (mΩ)	X'' (mΩ)	Z'' (mΩ)	I''_K (KA)	$(I''_K)_{mín} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I''_K$
A	2,29	6,88	7,25	31,77	27,52
B	3,06	7,58	8,17	28,20	24,42
C	58,62	19,58	61,75	3,73	3,23
D	81,77	21,18	84,47	2,73	2,36

2º SOLUCIÓN PARA RED CON $S''_K = 500\ MVA$

→ **RED MT:**

$$\boxed{S''_K = \sqrt{3} \times U \times I''_K} \Rightarrow I''_K = \frac{500 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3} = 14,434\ KA$$



¡ojo! {es MT} ⇒ $c = 1,1$

$$\Rightarrow Z_{RED}\Big|_{MT} = \frac{c \cdot U_M}{\sqrt{3} \cdot I''_K} = \frac{1,1 \times 20 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \times 14434} = 0,88\ \Omega$$

La impedancia de la RED la referimos al lado BT de la instalación.

$$\left\{ Z_{RED} \equiv Z_{RED}\Big|_{BT} \right\} = Z_{RED}\Big|_{MT} \times \frac{1}{r_t^2} = 0,88 \times \frac{1}{\left(\frac{20}{0,38}\right)^2} = 0,318 \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

→ **CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO A.**

$$Z_A = Z_{RED} + Z_{TRAFO} = \left[(j\,0,318) + (2,29 + j\,6,88)\right] \times 10^{-3} =$$

$$= (2,29 + j\,7,198) \times 10^{-3} = 7,554 \cdot 10^{-3} \angle 72,35^\circ\ \Omega$$

$$\left(I_{cc\,máx}\right)_A = 1,05 \times \frac{380}{\sqrt{3} \times 7,554 \times 10^{-3}} = 30,5\ KA$$

→ **CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO B.**

$$Z_B = Z_A + Z_{l_1} = \left[(2,29 + j\,7,198) + (0,77 + j\,0,7)\right] \times 10^{-3} =$$

$$= (3,06 + j\,7,898) \times 10^{-3} = 8,47 \times 10^{-3} \angle 68,82^\circ\ \Omega$$

c/c-1-3/4

$$\left(I_{cc\,máx}\right)_B = \frac{1{,}05 \times 380}{\sqrt{3} \times 8{,}47 \times 10^{-3}} = \boxed{27{,}20\ KA}$$

→ CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO C.

$$Z_C = Z_B + Z_{l_2} = \left[(3{,}06 + j\,7{,}898) + (55'5 + j\,12)\right] \times 10^{-3} =$$

$$= (58{,}62 + j\,19{,}9) \times 10^{-3} = 61{,}91 \times 10^{-3} \angle 18{,}75^\circ\ \Omega$$

$$\left(I_{cc\,máx}\right)_C = \frac{1{,}05 \times 380}{\sqrt{3} \times 61{,}91 \times 10^{-3}} = \boxed{3{,}72\ KA}$$

→ CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO D.

$$Z_D = Z_C + Z_{l_3} = \left[(58{,}62 + j\,19{,}9) + (23{,}15 + j\,1{,}6)\right] \times 10^{-3} =$$

$$= (81{,}77 + j\,21{,}5) \times 10^{-3} = 84{,}55 \cdot 10^{-3} \angle 14{,}73^\circ\ \Omega$$

$$\left(I_{cc\,máx}\right)_D = \frac{1{,}05 \times 380}{\sqrt{3} \times 84{,}55 \times 10^{-3}} = \boxed{2{,}73\ KA}$$

→ TABLA RESUMEN

	R'' (mΩ)	X'' (mΩ)	Z'' (mΩ)	I''_K (KA)	$(I''_K)_{min}$ (KA)
A	2,29	7,2	7,55	30,50	26,4
B	3,06	7,9	8,47	27,20	23,6
C	58,62	19,9	61,91	3,73	3,2
D	81,77	21,5	84,55	2,73	2,4

Cálculo de la corriente de pico para Iccmáx para el caso 1.

- Punto A $\quad i_{pA} = \sqrt{2}\, \chi_A\, I_{ccmáx}|_A$

$$\chi_A = 1'02 + 0'98\, e^{-3R/X} = 1'38 \rightarrow \boxed{i_{pA} = 62 \text{ kA}}$$

$R = 2'29 \text{ m}\Omega$

$X = 6'88 \text{ m}\Omega$

- Punto B

$$i_{pB} = \sqrt{2}\, \chi_B\, I_{ccmáx}|_B$$

$$\chi_B = 1'02 + 0'98\, e^{-3R/X} = 1'31 \rightarrow \boxed{i_{pB} = 52'3 \text{ kA}}$$

- Punto C $\quad i_{pC} = \sqrt{2}\, \chi_C\, I_{ccmáx}|_C$

$$\chi_C = 1'02 + 0'98\, e^{-3R/X} = 1'02 \rightarrow \boxed{i_{pC} = 5'38 \text{ kA}}$$

- Punto D $\quad i_{pD} = \sqrt{2}\, \chi_D\, I_{ccmáx}|_D$

$$\chi_D = 1'02 + 0'98\, e^{-3R/X} = 1'02 \rightarrow \boxed{i_{pD} = 3'94 \text{ kA}}$$