Una instalación eléctrica trifásica se compone de las siguientes cargas, **todas de tensión nominal 400 V** (50 Hz):

- 5 Motores, cada uno de 3 kW, cos φ=0,80
- 3 Motores, cada uno de 8 kW, cos φ =0,85
- 60 Lámparas fluorescentes monofásicas (conectadas cada 20 de ellas entre una de las tres líneas y el conductor de neutro) con un **consumo unitario** de 75 W, cos φ =0,70
- Un horno de **resistencias** trifásico, montado en triángulo de 30 Ω por fase
- Una batería de condensadores montada en triángulo de capacidad por fase de 200 μF

La instalación se va alimentar desde una red trifásica de distribución de **15 kV**, requiriendo el transformador adecuado. Los transformadores disponibles son los siguientes:

	MODELO 1	**MODELO 2**	**MODELO 3**	**MODELO 4**
U_1/U_2	15 kV/400 V	15 kV/400 V	15 kV/400 V	15 kV/400 V
S_N	25 kVA	50 kVA	75 kVA	100 kVA
ε_{CC}	8%	7,5%	7%	7%
P_{CC}	5%	4,5%	4%	4%
P_0	2,5%	2,5%	2%	2%

Se pide:

1. Elegir de forma justificada el transformador adecuado para la instalación. PUNTUACIÓN: 3

2. Calcular la impedancia por fase de la carga trifásica (en estrella) que represente **a toda la instalación** eléctrica que se conecta al secundario del transformador (sin incluir éste) y su factor de potencia. PUNTUACIÓN: 2

3. Suponiendo que el transformador se alimenta a su tensión nominal (15 kV), determinar la caída de tensión porcentual en el mismo, suponiendo que está conectada TODA la instalación eléctrica en su secundario. Calcular las pérdidas en el transformador. PUNTUACIÓN: 2

4. **Suponiendo que la batería de condensadores tuviese una capacidad por fase de 0,1422** μF **y se conectara a 15 kV** y que el transformador fuese el MODELO 3, dibujar el circuito monofásico equivalente **referido al PRIMARIO del transformador** (incluyendo la batería de condensadores, el trafo y las cargas representadas por una sola impedancia), determinando el valor de todas las impedancias. PUNTUACIÓN: 3

1. Elección del trafo

Carga	P(W)	Q(VAr)	cos φ	
5 motores de 3 kW/cu	15.000	11.250	0,80	$\frac{Q}{P}=tg\varphi$
3 motores de 8 kW/cu	24.000	14.873,9	0,85	
60 lámparas monofásicas de 75 W/cu	4.500	4.590,9	0,70	
Horno de resistencias	16.000	0	1,00	$P=3\cdot\frac{U^2}{30}=3.\frac{400^2}{30}=16.000[W]$
Condensadores	0	-30.159,3	0,00	$Q=-3\cdot U^2\cdot C\cdot\omega$ $Q=-3\cdot(400)^2\cdot 200.10^{-6}\cdot(100\cdot\pi)=-30.159,3[VAr]$
TOTAL	**59.500**	**555,5**		

$$S_{INSTALACIÓN}=\sqrt{P_T^2+Q_T^2}=\sqrt{(59.500)^2+(555,5)^2}=59.502,6[VA]=59,5[kVA]$$

$$I_{INSTALACIÓN(1)}=\frac{S_{INSTALACIÓN}}{\sqrt{3}.U}=\frac{59.502,6}{\sqrt{3}.(15.000)}=2,29[A]$$

$$\cos\varphi_{INSTALACIÓN}=\frac{P_T}{S_{INSTALACIÓN}}=0,99995\rightarrow \quad sen\varphi=\frac{Q_T}{S_{INSTALACIÓN}}=0,00093$$

Elegimos el transformador MODELO 3 de 75 kVA ≥ $S_{INSTALACIÓN}$=59,5 kVA

2. Impedancia global por fase de las cargas

$$I_{INSTALACIÓN(2)}=\frac{S_{INSTALACIÓN}}{\sqrt{3}.U_{2N}}=\frac{59.502,6}{\sqrt{3}.(400)}=85,88[A]$$

$$P_T=59.500[W]=3.R_T.\left[I_{INSTALACIÓN(2)}\right]^2=3.R_T.(85,88)^2$$

$$R_T=2,689[\Omega]$$

$$Q_T=555,5[VAr]=3.X_T.\left[I_{INSTALACIÓN(2)}\right]^2=3.X_T.(85,88)^2$$

$$X_T=0,025[\Omega]$$

3. Caída de tensión y perdidas en el transformador

$$Z_{CC(1)}=\frac{7}{100}\frac{U_{1N}^{\ 2}}{S_N}=0,07\cdot\frac{15.000^2}{75.10^3}=210\Omega \qquad R_{CC(1)}=\frac{4}{100}\frac{U_{1N}^{\ 2}}{S_N}=0,04\cdot\frac{15.000^2}{75.10^3}=120\Omega$$

$$X_{CC(1)}=\sqrt{Z_{CC}^2-R_{CC}^2}=172,33\Omega$$

$$\Delta U=\sqrt{3}\cdot I_{INSTALACIÓN(1)}\cdot\left(R_{CC(1)}\cdot\cos\varphi_{INSTALACIÓN}+X_{CC(1)}\cdot sen\varphi_{INSTALACIÓN}\right)=$$

$$=\sqrt{3}\cdot(2,29)\cdot\left(120\cdot(0,99995)+172,33.(0,00093)\right)=476,58V$$

$$\Delta U(\%)=100\frac{\Delta U}{15.000}=100\frac{476,58}{15.000}=\underline{\underline{3,18\%}}$$

$$C=\frac{S_{c\arg a}}{S_n}=\frac{59.502,6}{75.000}=0,7934$$

$$P_{Trafo}=P_0+C^2P_{\ CC}=(0,02)\cdot 75.10^3+(0,7934)^2\cdot(0,04)\cdot 75.10^3=3.388,4[W]$$

4. Circuito monofásico equivalente (primario)

$$I_{INSTALACIÓN(1)-SIN-CONDENSADORES}=\frac{S_{INSTALACIÓN(SIN-CONDENSADORES)}}{\sqrt{3}.U_{2N}}=\frac{\sqrt{(59.500)^2+(30.713,9)^2}}{\sqrt{3}.(15.000)}=\frac{66.959,6}{\sqrt{3}.(15.000)}=2,577[A]$$

$$P_T=59.500[W]=3.R'_{T(1)}.\left[I_{INSTALACIÓN(1)-SIN-CONDENSADORES}\right]^2=3.R'_{T(1)}.(2,577)^2$$

$$R'_{T(1)}=2.986,5[\Omega]$$

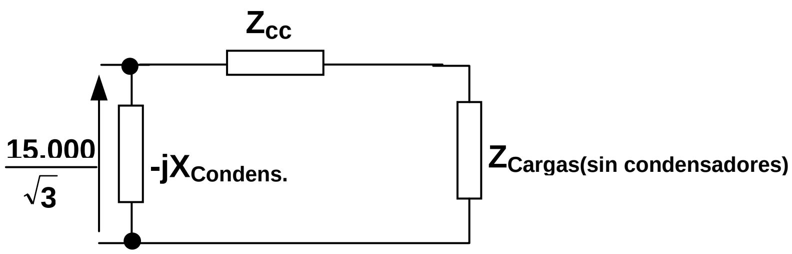
$$Q_{T-SIN-CONDENSADORES}=30.713,9[VAr]=3.X'_{T(1)}.\left[I_{INSTALACIÓN(1)-SIN-CONDENSADORES}\right]^2=3.X'_{T(1)}.(2,577)^2$$

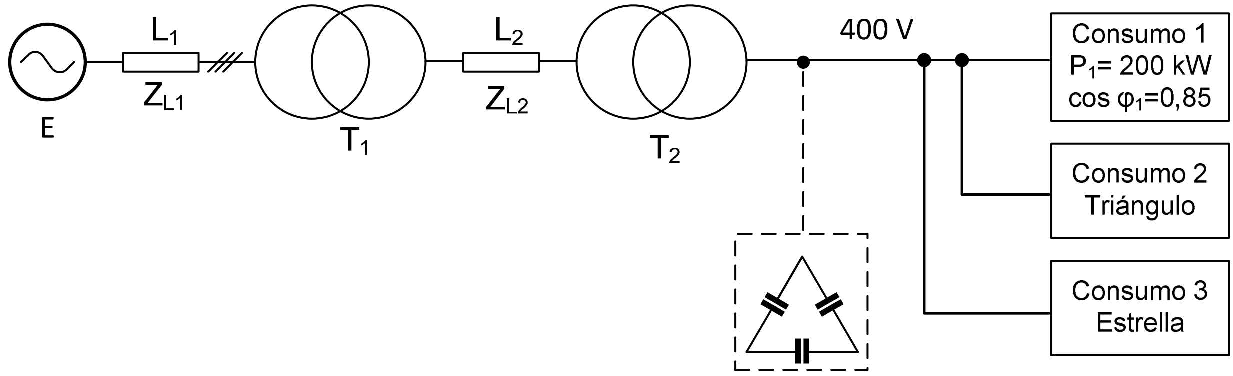
$$X'_{T(1)}=1.541,6[\Omega]$$

$$R_{CC(1)}=120\Omega\rightarrow X_{CC(1)}=172,33\Omega$$

$$-jX_{CONDENSADORES(1)-TRIÁNGULO}=\frac{-j}{\omega.C}=\frac{-j}{(100\pi).(0,1422.10^{-6})}=-22.384,66j[\Omega]$$

$$-jX_{CONDENSADORES(1)-ESTRELLA}=\frac{-22.384,66j}{3}=-7.461,5j[\Omega]$$





Un generador trifásico **E** alimenta, a través de las líneas trifásicas L_1 y L_2 y los transformadores T_1 y T_2, a tres consumos:

Consumo 1: Equipo de potencia P_1= 200 kW y cos φ=0,85 (inductivo)
Consumo 2: Tres cargas en **triángulo** compuestas, cada una de ellas, por una resistencia R_2 en **serie** con una reactancia inductiva X_2. (R_2 = 1 Ω; X_2 = 0,5 Ω).
Consumo 3: Tres cargas en **estrella** compuestas, cada una de ellas, por una resistencia R_3 en **paralelo** con una reactancia capacitiva X_3. (R_2 = 1 Ω; X_3 = **–**1 Ω).

El generador se regula de forma que siempre la tensión en el nudo de los consumos es 400 V.

Datos:

Transformador T1	Transformador T2	Z_{L1}	Z_{L2}
S_N= 500 kVA	S_N= 500 kVA	(1,5+2j) Ω	(40+60j) Ω
U_1/U_2 = 10 kV/66 kV	U_1/U_2 = 66 kV/400 V		
ε_{CC}= 5 %	ε_{CC}= 5 %		
P_{CC}= 1,5 %	P_{CC}= 1,5 %		
P_{Fe} despreciables	P_{Fe} despreciables		

Se pide:

1) Potencia total, activa y reactiva de los tres consumos. (1,5p)
2) Corriente total (módulo y argumento) demandada entre los tres consumos (es la corriente a la salida del transformador T_2). (1,5p) NOTA: suponer la tensión de 400 V con desfase nulo.
3) Capacidad de los condensadores conectados en triángulo para compensar el factor de potencia a 1,00 (inductivo) de toda la instalación. (2,0p)
4) Corriente en la línea L_2, cuando se ha realizado la compensación. (1,5p)
5) Caída de tensión porcentual en toda la conducción (caída conjunta en L_1, T_1, L_2 y T_2) cuando están conectados los condensadores. (1,5p)
6) Rendimiento de cada uno de los transformadores cuando están conectados los condensadores (2,0p)

Solución:

1) Potencia de los consumos

P_1=200kW $\quad Q_1 = P_1 \tan(a\cos(0{,}85)) = 123{,}9kVAr$

$$P_2 = 3\frac{(400)^2}{(1^2+0{,}5^2)}(1) = 384kW \qquad Q_2 = 3\frac{(400)^2}{(1^2+0{,}5^2)}(0{,}5) = 192kVAr$$

$$P_3 = 3\frac{\left(\frac{400}{\sqrt{3}}\right)^2}{1} = 160[kW] \qquad Q_3 = -3\frac{\left(\frac{400}{\sqrt{3}}\right)^2}{1} = -160[kVAr]$$

$P_t = P_1+P_2+P_3$ = 744 kW $\quad$ $Q_t = Q_1+Q_2+Q_3$ = +155,9 $kVAr$

$$S_t = \sqrt{P_t^2+Q_t^2} = 760{,}1[kVA]$$

2) Corriente a la salida del trafo T_2 (sin conectar los condensadores)

$$I = \frac{S_t}{\sqrt{3}400} = 1097A\ ;\ \varphi = -\text{atan}\left(\frac{Q_t}{P_t}\right) = -11{,}8^{\text{o}}$$

3) Capacidad de los condensadores para que el factor de potencia=1 para toda la instalación

$Q'_t = Q_t + Q_{L1} + Q_{L2} + Q_{T1} + Q_{T2}$

$$\overline{Z}_{L1}(2^{ario}T_2) = (1{,}5+2j)\left[\frac{0{,}4}{10}\right]^2 = (2{,}4+3{,}2).10^{-3}\Omega \qquad \overline{Z}_{L2}(2^{ario}T_2) = (40+60j)\left[\frac{0{,}4}{66}\right]^2 = (1{,}47+2{,}20).10^{-3}\Omega$$

$$Z_{cc(T1)}(2^{ario}T_2) = 0{,}05\frac{(0{,}4)^2}{0{,}5} = 16.10^{-3}\Omega \qquad R_{cc(T1)}(2^{ario}T_2) = 0{,}015\frac{(0{,}4)^2}{0{,}5} = 4{,}8.10^{-3}\Omega = R_{cc(T2)}(2^{ario}T_2)$$

$$X_{cc(T1)}(2^{ario}T_2) = \sqrt{(16.10^{-3})^2 - (4{,}8.10^{-3})^2} = 15{,}26\Omega = X_{cc(T2)}(2^{ario}T_2)$$

$$(Q_{L1} + Q_{L2} + Q_{T1} + Q_{T2}) = 3[(3{,}2)+(2{,}2)+2(15{,}26)].10^{-3}.[1097]^2 = 129.679{,}3[VAr]$$

La potencia que deben suministrar los condensadores Q_c ha de cumplir que:

$$|-Q_c| = Q'_t = 155.900+129.679{,}3 = 285.579{,}3 \text{ VAr}$$

$$285.579{,}3 = 3\cdot 400^2(2\pi 50)C$$

$$C = 1{,}8938.10^{-3}[F] = 1.893{,}8[\mu F]$$

4) Corriente en la línea L_2 cuando se conectan los condensadores

La potencia reactiva y la potencia aparente en el secundario del transformador T_2 son:

$$Q_t'_{CON-CONDENSADORES} = -285.579{,}3 + 155.900 = -129.679{,}3[\text{VAr}]$$

$$S_t'_{CON-CONDENSADORES} = \sqrt{(744.000)^2 + (-129.679{,}3)^2} = 755.217[\text{kVA}]$$

$$tg\varphi_{CON-CONDENSADORES} = \frac{-129.679{,}3}{744.000} = -0{,}1743 \rightarrow \varphi_{CON-CONDENSADORES} = -9{,}887^{\text{o}}$$

$$\cos\varphi_{CON-CONDENSADORES} = 0{,}9850 \rightarrow sen\varphi_{CON-CONDENSADORES} = -0{,}1717$$

Corriente el primario del Trafo T_2: $I'_{L2} = \dfrac{755.217}{\sqrt{3}(66000)} = 6{,}61[A]$

5) Caída de tensión porcentual en toda la conducción

Las impedancias de las líneas y los transformadores referidas a 66kV son:

$$Z_{L1}' = (1,5 + 2j)\frac{66^2}{10^2} = (65,34 + 87,12\mathrm{j})\Omega$$

$$Z_{T1} = 0,015\frac{66^2}{0,5} + \sqrt{\left(0,05\frac{66^2}{0,5}\right)^2 - \left(0,015\frac{66^2}{0,5}\right)^2} = (130,68 + 415,53\mathrm{j})\Omega$$

$$Z_{L2} = (20 + 30j)\Omega$$

$$Z_{T2} = 0,05\frac{66^2}{0,5} + \sqrt{\left(0,05\frac{66^2}{0,5}\right)^2 - \left(0,015\frac{66^2}{0,5}\right)^2} = (130,68 + 415,53\mathrm{j})\Omega$$

$$Z_t = Z_{L1}' + Z_{T1} + Z_{L2} + Z_{T2} = (346,7 + 948,18\mathrm{j})\Omega$$

$$\Delta U = \sqrt{3}\left(I'_{L2}\right)\left[R_t \cos(-9,887^\circ) + X_t sen(-9,887^\circ)\right]$$

$$\Delta U = \sqrt{3}\cdot(6,61)\left[(346,7)\cdot(0,985) - (948,18)\cdot(0,1717)\right] = 2.045,9[\mathrm{V}]$$

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U}{66.000}.100 = \frac{2.045,9}{660} = 3,1\%$$

6) Rendimientos de los transformadores con los condensadores conectados

Trafo T_2

$$P_{Cu(T_2)} = 3.\left[R_{cc(T2)}(2^{ario}T_2)\right].\left[I'_{L2}(2^{ario}T_2)\right]^2 = 3.\left[4,8.10^{-3}\right].\left[6,61\left(\frac{66}{0,4}\right)\right]^2 = 17.129[W]$$

$$\eta_{(T_2)} = \frac{P_t}{P + P_{Cu(T_2)}} = \frac{744.000}{761.129} = 0,977 \rightarrow 97,7\%$$

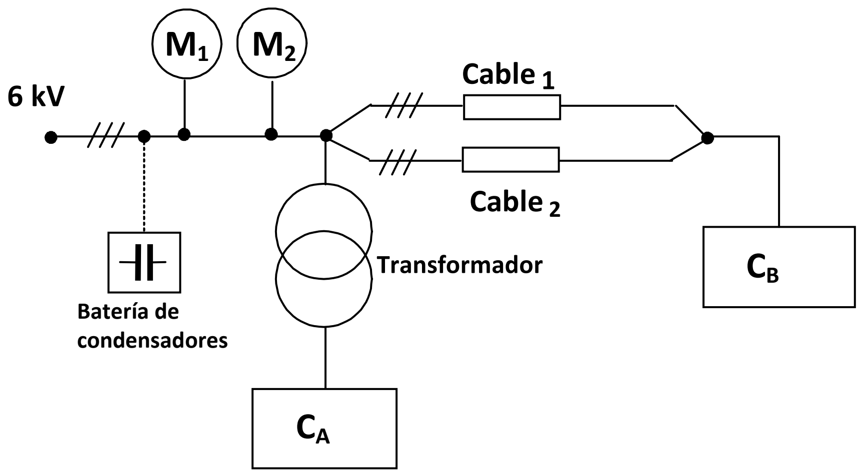
Trafo T_1

$$P_{Cu(T_1)} = P_{Cu(T_2)} = 17.129[W]$$

$$\eta_{(T_1)} = \frac{\left[P_t + P_{(L_2)} + P_{Cu(T_2)}\right]}{\left[P_t + P_{(L_2)} + P_{Cu(T_2)}\right] + P_{Cu(T_1)}}$$

$$P_{(L_2)} = 3.\left[R_{(L2)}(2^{ario}T_2)\right].\left[I'_{L2}(2^{ario}T_2)\right]^2 = 3.\left[1,47.10^{-3}\right].\left[6,61\left(\frac{66}{0,4}\right)\right]^2 = 5245,8[W]$$

$$\eta_{(T_1)} = \frac{[744.000 + 5.245,8 + 17.129]}{[744.000 + 5,245,8 + 17.129] + 17.129} = 0,978 \rightarrow 97,8\%$$



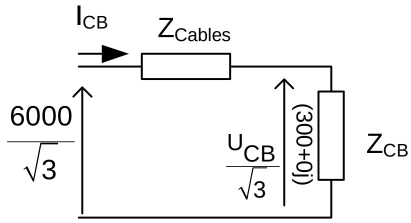
Una cierta instalación eléctrica se conecta a la red de distribución a 6 kV.
Las especificaciones de la instalación son las siguientes:

- Batería de condensadores (triángulo) de 35 kVAr
- Motor trifásico M_1: 20 kW y factor de potencia de 0,85
- Motor trifásico M_2: 25 kW y factor de potencia de 0,90
- Transformador trifásico: U_{1n}/U_{2n}= 6000 V/400 V S_n= 40 kVA ε_{CC}= 8 % P_{CC}= 5% P_0= 2,5%
- Carga C_A de impedancia por fase (estrella)=(6,667+5,000j)Ω
- 2 Cables trifásicos **<u>idénticos</u>**. Cada uno de ellos de impedancia por fase=(9,36+1,17j)Ω
- Carga C_B de impedancia por fase (estrella)=(300+0j)Ω

Se pide:

1. Comprobar que la caída de tensión (porcentual) en los cables es ≤5%. Si solo estuviese conectado uno de los dos cables, determinar la caída de tensión (porcentual) en el mismo. (2 p)
2. Determinar el consumo total de potencia activa y de potencia reactiva la toda la instalación (SIN considerar la batería de condensadores). (4 p)
3. Determinar el factor de potencia global de la instalación y el valor de la intensidad de línea que absorbe de la red de distribución, en los dos casos siguientes: (2 p)
   a) Con los condensadores CONECTADOS
   b) SIN conectar los condensadores
4. Calcular el rendimiento del transformador. Si la temperatura ambiente es de 25ºC y el transformador alcanza una temperatura de 95ºC (en régimen permanente térmico), determinar la resistencia térmica al ambiente del mismo. (2 p)

1. CAÍDA DE TENSIÓN EN LOS CABLES



$$\overline{Z}cables = \left[\overline{Z}cable1\,/\,/\overline{Z}cable2\right] = \frac{(9{,}38+1{,}17j)}{2} = (4{,}69+0{,}585j)\Omega$$

$$I_{CB} = \frac{\frac{6000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{(300+4{,}69)^2+(0{,}585)^2}} = 11{,}37\left[A\right]$$

$$\Delta U(\%)_{AMBOS\ CABLES} = \frac{6000\text{-}U_{CB}}{6000}.100 \approx \frac{\sqrt{3}.I_{CB}.(4{,}69x1+0{,}585x0)}{60} = \frac{\sqrt{3}.(11{,}37).(4{,}69)}{60} = 1{,}54\% \leq 5\%$$

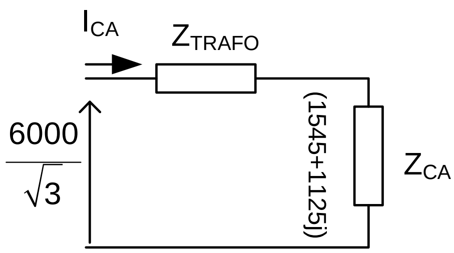
Si solo estuviese conectado uno de los 2 cables:

$$\overline{Z}cables = \left[\overline{Z}cable1\right] = (9{,}38+1{,}17j)\Omega$$

$$I_{CB} = \frac{\frac{6000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{(300+9{,}38)^2+(1{,}17)^2}} \approx 11{,}20\left[A\right]$$

$$\Delta U(\%)_{AMBOS\ CABLES} = \frac{6000\text{-}U_{CB}}{6000}.100 \approx \frac{\sqrt{3}.I_{CB}.(9{,}38x1+0{,}585x0)}{60} = \frac{\sqrt{3}.(11{,}20).(9{,}38)}{60} = 3{,}03\%$$

2. POTENCIA ACTIVA Y REACTIVA DE TODA LA INSTALACIÓN (SIN CONDENSADORES)



$$Z_{CC} = \frac{8}{100}\frac{6000^2}{40\cdot 10^3} = 72\left[\Omega\right] \quad R_{CC} = \frac{5}{100}\frac{6000^2}{40\cdot 10^3} = 45\left[\Omega\right]$$

$$X_{CC} = \sqrt{Z_{CC}^2 - X_{CC}^2} = 56{,}20\left[\Omega\right] \quad \overline{Z}_{TRAFO} = (45+56{,}20j)\left[\Omega\right]$$

$$\overline{Z}_{CA} = (6{,}667+5{,}000j).\left[\frac{6000}{400}\right]^2 = (1500+1125j)\left[\Omega\right]$$

$$I_{CA} = \frac{\frac{6000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{(1500+45)^2+(1125+56{,}2)^2}} = 1{,}78\left[A\right]$$

$$P_{(TRAFO+CA)} = 3.(1{,}78)^2.(1500+45) = 14685{,}5\left[W\right] \qquad Q_{(TRAFO+CA)} = 3.(1{,}78)^2.(1125+56{,}2) = 11227{,}5\left[VAr\right]$$

$$P_{Fe(TRAFO)} = P_0 = (0{,}025)40.10^3 = 1000\left[W\right]$$

$$P_{(CABLES+CB)} = 3.(11{,}37)^2.\ (300+4{,}69) = 118168{,}1\left[W\right] \qquad Q_{(CABLES+CB)} = 3.(11{,}37)^2.\ (0{,}585) = 226{,}9\left[VAr\right]$$

Carga	P(W)	Q(VAr)	cos φ
M_1	20000,0	12394,9	0,85
M_2	25000,0	12108,0	0,90
Trafo+C_A	14685,5 1000,0	11227,5	
Cables+ C_B	118168,1	226,9	
TOTAL	**178853,6**	**35957,3**	

$$S = \sqrt{P^2+Q^2}$$

$$tg\varphi = \frac{Q}{P}$$

3. FACTOR DE POTENCIA - INTENSIDAD

Con los Condensadores CONECTADOS

$Q_{INSTALACIÓN}$=(35.957,3–35.000)=957,3 (VAr)

$$tg\varphi_{INSTALACIÓN} = \frac{Q_{INSTALACIÓN}}{P_{INSTALACIÓN}} = \frac{957,3}{178.853,6} = 0,005352 \to \cos\varphi_{INSTALACIÓN} = 0,99998$$

$$I_{RED} = \frac{P\ INSTALACIÓN}{(\sqrt{3}).(U_{RED}).(\cos\varphi_{INSTALACIÓN})} = \frac{178.853,6}{(\sqrt{3}).(6000).(0,99998)} = 17,21[A]$$

SIN los Condensadores CONECTADOS

$Q_{INSTALACIÓN}$=35.569,6 (VAr)

$$tg\varphi_{INSTALACIÓN} = \frac{Q_{INSTALACIÓN}}{P_{INSTALACIÓN}} = \frac{35.957,3}{178.853,6} = 0,201043 \to \cos\varphi_{INSTALACIÓN} = 0,980383$$

$$I_{RED} = \frac{P\ INSTALACIÓN}{(\sqrt{3}).(U_{RED}).(\cos\varphi_{INSTALACIÓN})} = \frac{178.853,6}{(\sqrt{3}).(6000).(0,980383)} = 17,55[A]$$

4. RENDIMIENTO Y CALENTAMIENTO DEL TRAFO

$$\eta_{TRAFO} = \frac{P_{(CA)}}{P_{(CA)} + P_{Fe(TRAFO)} + P_{Cu(TRAFO)}} = \frac{14257,8}{14257,8+1000+427,7} = 0,909 \to 90,9\%$$

$$P_{(CB)} = 3.(1,78)^2.(1500) = 14257,8[W]$$

$$P_{Cu(TRAFO)} = 3.(1,78)^2.(45) \approx 427,7[W]$$

$$P_{Fe(TRAFO)} = P_0 = (0,025)\,40.10^3 = 1000[W]$$

En régimen permanente térmico:

$$\text{Pérdidas}_{(Trafo)} = \frac{\left[t_{(Trafo)} - T_{ambiente}\right]}{R_t}$$

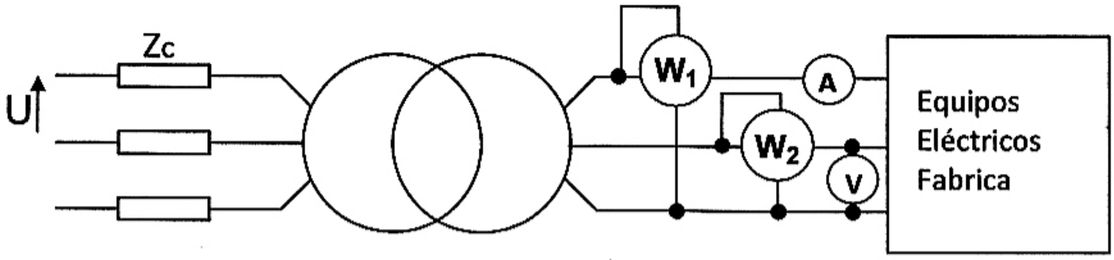
$$\underline{\underline{1427,7[W]}} = \frac{(95\text{-}25)}{R_t} \to R_t = \frac{70}{1427,7} \approx 0,049\left[K.W^{-1}\right]$$

La figura esquematiza una instalación eléctrica trifásica que alimenta los equipos eléctricos de una fábrica (cargas trifásicas equilibradas). Los aparatos de medida indican: vatímetro W_1=200.000 W; vatímetro W_2=100.000 W y amperímetro A=500 A.

La fábrica se alimenta mediante el siguiente trasformador:

S_N = 630 kVA U_{1n}/U_{2n} = 20 kV/ 400 V ε_{CC} = 4% P_{CC} = 6.500 W P_0 = 1.300 W

El trasformador está conectado a la red de tensión U=20 KV mediante tres cables iguales, cada uno de impedancia Zc= (25+25j) Ω



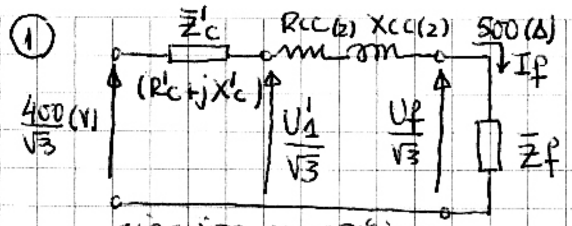
Se pide:

1 ¿Qué valor indicaría el voltímetro V? *3 p*
Calcular la caída de tensión porcentual en los cables.

2 Calcular la tensión en el primario del transformador, las pérdidas en el mismo y su rendimiento. *3 p*
Determinar las pérdidas por efecto Joule en los cables.

3 Si se instalara una batería de condensadores (triángulo) en el punto de conexión a la red de 20 kV, determinar la capacidad de cada condensador para que el factor de potencia de toda la instalación (cables, trafo y fábrica) sea la unidad. *2 p*
Con los condensadores conectados ¿cuáles serían las indicaciones de los vatímetros amperímetro y voltímetro?

4 En el ensayo de vacío (a tensión nominal U_{1n}) , la corriente en el primario del transformador es 0,75 A. Determinar la resistencia equivalente de perdidas en el hierro y la reactancia de magnetización, (referidas al primario). Si el transformador trabajando en vacío, estuviese conectado a **15** kV, calcular la corriente de vacío y las pérdidas en el hierro. *2 p*

① 

CIRCUITO MONOFÁSICO EQUIVALENTE (2ario)

Indicación voltímetro Ⓥ = Uf.

Método Aron (2 vatímetros):

$$W_1 + W_2 = (200 + 100)\,kW = 300\,kW = P_f$$
$$\sqrt{3}(W_1 - W_2) = \sqrt{3}(200 - 100) = \sqrt{3}\cdot 100\,kVAr = Q_f.$$

$$tg\,\varphi_f = \frac{Q_f}{P_f} = \frac{\sqrt{3}\cdot 100}{300} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \varphi_f = 30°$$

$$(400 - U_f) \simeq \sqrt{3}\cdot I_f \cdot \left[(R'_c + R_{cc})\overbrace{\cos 30}^{\cos\varphi_f} + (X'_c + X_{cc})\overbrace{\text{sen}\,30}^{\text{sen}\,\varphi_f} \right]$$

$$\overline{Z}_c(1ario) = (25 + 25j) \Rightarrow \overline{Z}'_c(2ario) = \frac{1}{(r_{tn})^2}\cdot\overline{Z}_c = \frac{1}{\left[\frac{20}{0,4}\right]^2}[25 + 25j]\,\Omega$$

$$\boxed{\overline{Z}'_c = (0,01 + 0,01j)\,\Omega} = (R'_c + X'_c j)\,\Omega$$

$$R_{cc(2)} = P_{cc}[W]\frac{(U_{2n})^2}{(S_n)^2} = 6.500\left[\frac{0,4}{630}\right]^2 = \boxed{2,62 \times 10^{-3}(\Omega)}$$

$$Z_{cc(2)} = \frac{\varepsilon_{cc}(\%)}{100}\cdot\frac{(U_{2n})^2}{S_n} = 0,04\,\frac{(400)^2}{630\cdot 10^3} = 10,16 \times 10^{-3}(\Omega)$$

$$Z_{cc}^2 = R_{cc}^2 + X_{cc}^2$$
$$\boxed{X_{cc(2)} = 9,82\cdot 10^{-3}\,\Omega}$$

$$(400 - U_f) \simeq \sqrt{3} \times 500 \times [0,01262\cdot\cos 30 + 0,01982\cdot\text{sen}\,30] = 18,0\ (V)$$

$$\text{VOLTÍMETRO Ⓥ} \rightarrow \boxed{U_f = 400 - 18 = 382\,(V)}$$

$$\boxed{\Delta U(\%)\ \text{CABLES}} \simeq \frac{\sqrt{3} \times I_f \times [R'_c \times \cos\varphi_f + X'_c \times \text{sen}\,\varphi_f]}{400} \times 100 =$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 500\,[0,01 \times \cos 30 + 0,01 \times \text{sen}\,30]}{4} = \frac{11,83}{4} = \boxed{2,96\,\%}$$

② Del apartado anterior $\Rightarrow$ $\Delta U(\text{cables}) = 400 - U'_1 = 11,83.$
$U'_1 = 400 - 11,83 = 388,17\ (V)$ (Secundario).

$$\text{Tensión primario trafo} = \boxed{U_1} = U'_1\cdot\frac{20.000}{400} = \boxed{19.408,5\,(V)}$$

$$P_{TRAFO} = P_{Fe} + P_{Cu} \quad \begin{cases} P_{Fe} = P_0\left[\frac{U_1}{U_{1n}}\right]^2 = 1.300\left[\frac{19.408,5}{20.000}\right]^2 = 1224,2\,[W] \\ P_{Cu} = 3\cdot R_{cc(2)} \times (I_f)^2 = 3\,(2,62 \times 10^{-3})(500)^2 = 1.965\,[W] \end{cases}$$

$$\boxed{P_{TRAFO} = 3.189,2\,[W]}$$

$$\boxed{\eta_{TRAFO}} = \frac{P_f}{P_f + P_{TRAFO}} = \frac{300.000}{300.000 + 3.189,2} = 0,9895 \Rightarrow \boxed{98,95\%}$$

$$\boxed{\text{PÉRDIDAS CABLES}} = 3\,R'_c \times (I_f)^2 = 3\,(0,01)(500)^2 = \boxed{7.500\,[W]}$$

(3)

$Q_{INSTALACIÓN} = Q_f + Q_{TRAFO} + Q_{CABLES}$

$(Q_{TRAFO} + Q_{CABLES}) = 3\,(X_L' + X_{cc})\,(I_f)^2 = 3\,(0{,}01982)\,(500)^2 = 14.865\,[VAr]$

$Q_{INSTALACIÓN} = \sqrt{3} \times 100.000 + 14.865 = 188.070{,}1\,[VAr]$

$|-Q_{CONDENSADORES}| = 188.070{,}1 = 3 \cdot \omega \cdot C \cdot (20.000)^2 \qquad \omega = 100\pi\,(rad/s)$

$$\boxed{C = 4{,}99 \times 10^{-7}\,[F] = 0{,}499\,\mu F}$$

Al conectarse los condensadores en paralelo (en el punto de conexión a la red de 20 kV) con la instalación, no se modifica el funcionamiento de ésta, por lo tanto W_1, W_2, A y V indican lo mismo que si no se conectasen los condensadores.

(4)

$I_0 = 0{,}75\,(A)$ para $U_{1n} = 20.000\,(V) \Rightarrow P_0 = 1.300\,(W) \simeq \dfrac{3\,(U_{1n}/\sqrt{3})^2}{R_{Fe}}$

$$\boxed{R_{Fe} = \frac{(20.000)^2}{1.300} = 307.692{,}3\,(\Omega)}$$

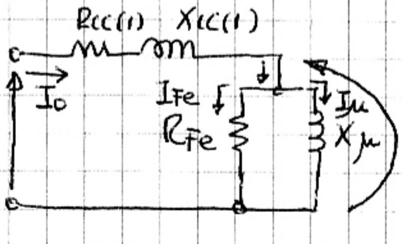
$I_{Fe} \simeq \dfrac{(U_{1n}/\sqrt{3})}{R_{Fe}} = \dfrac{(20.000/\sqrt{3})}{307.692{,}3} = 0{,}0375\,(A)$

$I_\mu = \sqrt{I_0^2 - I_{Fe}^2} = \sqrt{(0{,}75)^2 - (0{,}0375)^2} = 0{,}07491\,(A)$

$$\boxed{X_\mu \simeq \frac{(U_{1n}/\sqrt{3})}{I_\mu} = \frac{(20.000/\sqrt{3})}{0{,}07491} = 15.415{,}3\,(\Omega)}$$

$\boxed{\text{Si } V_1 = 15.000\,(V)}$

$\dfrac{15.000}{\sqrt{3}}\,(V)$



$\simeq \dfrac{15.000}{\sqrt{3}}\,(V)$

$I_{Fe} \simeq \dfrac{(15.000/\sqrt{3})}{R_{Fe}} = 0{,}0281\,(A)$

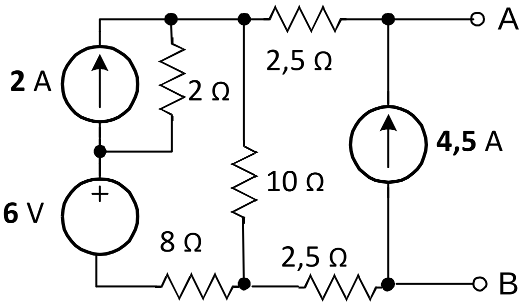
$I_\mu \simeq \dfrac{(15.000/\sqrt{3})}{X_\mu} = 0{,}5618\,(A)$

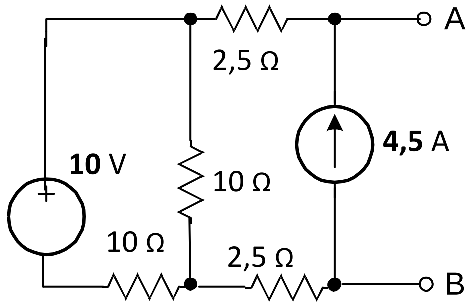
$\boxed{I_0 = 0{,}5625\,(A)} = \sqrt{(I_{Fe})^2 + (I_\mu)^2}$

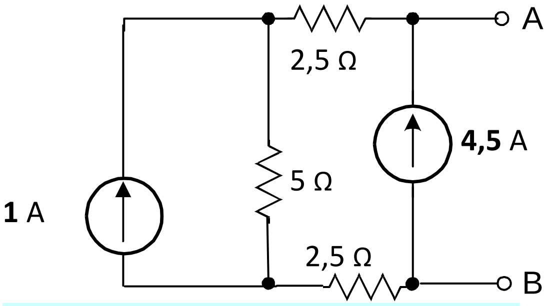
$P_{Fe}\,(15kV) = P_0 \cdot \left[\dfrac{15.000}{20.000}\right]^2 =$

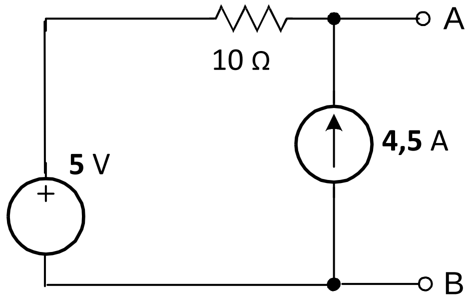
$$= 1.300\,(0{,}75)^2 = \boxed{731{,}25\,[W] = P_{Fe}\,(15kV)}$$

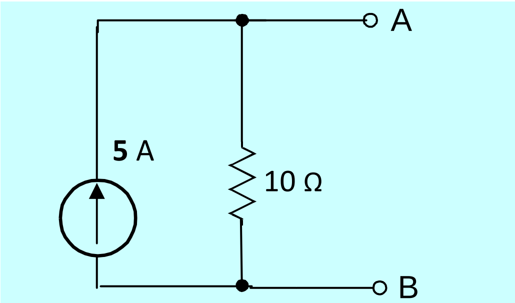
Determinar el circuito equivalente de Norton entre bornes A-B y la máxima potencia que podría transmitir a una carga que se conectase ente ambos bornes. **Puntuación: 1,5**







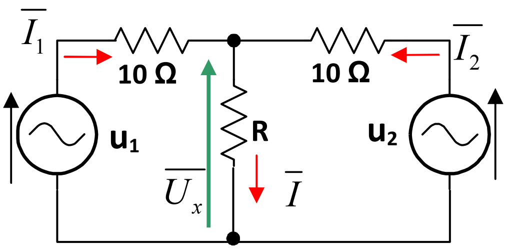




$$R_{AB}=10[\Omega]\rightarrow P_{máx.}=(10)\left[\frac{5}{2}\right]^2=62,5[W]$$

Determinar la potencia que se disipa en la resistencia R=5 Ω. **Puntuación: 1,5**

Datos del circuito: $u_1(t)=\sqrt{2}.300\ \text{sen}(1000t)[V]$ y $u_2(t)=\sqrt{2}.300\ \text{sen}(1000t+\frac{\pi}{2})[V]$



$$\overline{I}_1+\overline{I}_2=\overline{I}\rightarrow\frac{\overline{U}_1-\overline{U}_x}{10}+\frac{\overline{U}_2-\overline{U}_x}{10}=\frac{\overline{U}_x}{5}$$

$$300.e^{j0}-\overline{U}_x+300.e^{j90}-\overline{U}_x=2.\overline{U}_x$$

$$300+300j=4\overline{U}_x\rightarrow\overline{U}_x=(75+75j)[V]$$

$$\left|\overline{U}_x\right|_{eficaz}=\sqrt{75^2+75^2}=\sqrt{2}(75)[V]$$

$$P=\frac{\left|\overline{U}_x\right|_{eficaz}^2}{R}=\frac{2.(75)^2}{5}=2.250[W]$$

Un transformador (15kV/500V) y 300kVA está alimentado a su tensión nominal. Sus pérdidas en el hierro (ensayo de vacío) son del 1% y sus pérdidas en el cobre son de 12.000 W (ensayo de cortocircuito). Se conecta una carga de 150 kVA con un factor de potencia de 0,8. Determinar el rendimiento del transformador.
Puntuación: 1

$$P_{Fe}=P_o=(0,01)300.10^3=3000[W]$$

$$P_{Cu}=C^2P_{cc}=\left[\frac{150.10^3}{300.10^3}\right]^2.12000=[0,5]^2.12000=3000[W]$$

$$\eta=\frac{P_{carga}}{P_{carga}+P_{Cu}+P_{Fe}}=\frac{S_{carga}.\cos\varphi_{carga}}{S_{carga}.\cos\varphi_{carga}+P_{Cu}+P_{Fe}}=\frac{(150.10^3)(0,8)}{(150.10^3)(0,8)+6000}=\frac{120000}{126000}=0,952$$

$$\eta=95,2\%$$

Se desean conectar **en paralelo** 2 transformadores monofásicos con la misma relación de transformación y potencias nominales distintas S_1 y S_2. Las tensiones de cortocircuito están en la relación $\varepsilon_{cc1}=4\ \varepsilon_{cc2}$. Señalar las afirmaciones que son **correctas**. **Puntuación: 1**

- ☐ Es imposible conectarlos en paralelo
- ☒ Se pueden conectar en paralelo pero trabaja cada trafo con un índice de carga diferente
- ☐ Se pueden conectar en paralelo y trabajan ambos trafos con el mismo índice de carga
- ☐ Se pueden conectar en paralelo pero cada transformador tendrá una caída de tensión diferente
- ☐ Las pérdidas en el hierro de cada trafo son proporcionales a su tensión de cortocircuito respectiva

---

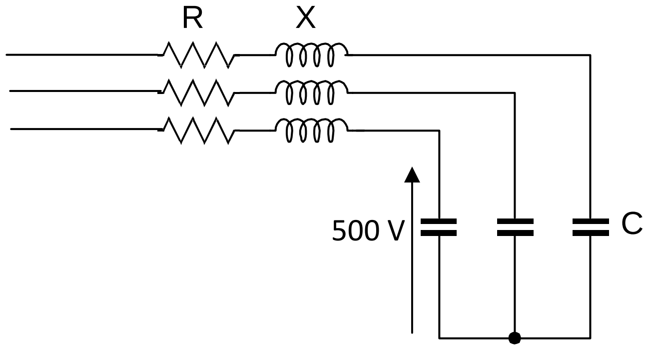
La carga trifásica equilibrada de la figura está conectada a una red de 1000 V (50 Hz). La intensidad de línea es de 31,416 A. El consumo de potencia activa de la carga es de 29.608,9 W y el de reactiva es nulo. La tensión en bornes de cada condensador es de 500 V. Determinar el valor de las impedancias de la carga: R (Ω); X (Ω) y C(F). **Puntuación: 1,5**

$$29.608,9[W] = 3.R.(31,416)^2 \rightarrow R \approx 10[\Omega]$$

$$|U_C| = |X_C|.(31,416) \rightarrow 500[V] = \frac{1}{(100\pi).C}(31,416)$$

$$C = 2.10^{-4}[F] = 200[\mu F]$$

$$-X_c = X \rightarrow X = \frac{500}{31,416} = 15,91[\Omega]$$

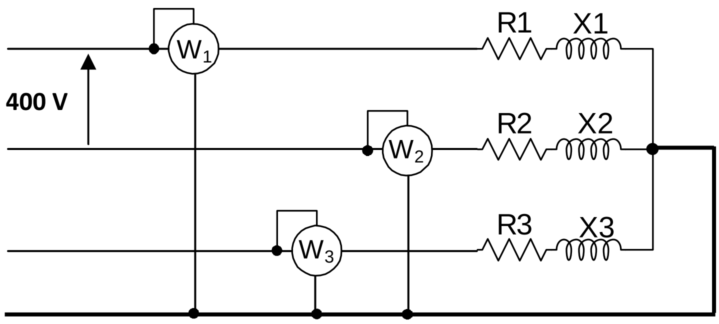


Se está diseñando un horno de resistencias de 5 kW, y en régimen permanente térmico alcanza una temperatura de 275 ºC con una temperatura ambiente de 25 ºC. La capacidad térmica del horno es C_t= 1500 JK^{-1} y su resistencia térmica al ambiente es R_t= 0,05 WK^{-1}. Se quiere alcanzar en régimen permanente térmico una temperatura más alta (**375ºC**), sin modificar la capacidad térmica ¿Qué resistencia térmica debería tener el horno y en cuanto tiempo alcanzaría en este caso, el régimen permanente térmico? **Puntuación: 1**

$$R'_t \cdot P = 375 - 25 = 350\ K \qquad R't = \frac{350}{5000} = 0,07WK^{-1}$$

$$3(R'_t)(C_t) = 3(0,07)(1500) = 315(s) = 5(m)15(s)$$

Una carga trifásica tiene diferentes impedancias en cada fase pero el factor de potencia es el mismo en todas y vale 0,8. Si las lecturas de los vatímetros son: W_1=3200 W; W_2=6400 W y W_3=9600 W, calcular el valor de la resistencia y de la reactancia de cada una de las cargas. **Puntuación: 1,5**



$$W_1 = 3200[W] = \left[\frac{400}{\sqrt{3}}\right].I_1.(0,8) \rightarrow I_1 = 10\sqrt{3}[A]$$

$$3200[W] = (I_1)^2.R_1 \rightarrow R_1 = 10,67[\Omega] \rightarrow \frac{X_1}{R_1} = 0,75 = tg(arc.\cos 0,8) \rightarrow X_1 = 8,00[\Omega]$$

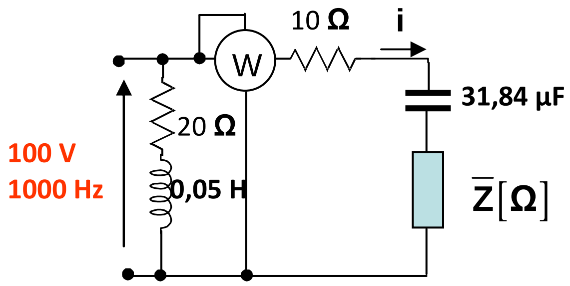
$$W_2 = 6400[W] = \left[\frac{400}{\sqrt{3}}\right].I_2.(0,8) \rightarrow I_2 = 20\sqrt{3}[A]$$

$$6400[W] = (I_2)^2.R_2 \rightarrow R_2 = 5,33[\Omega] \rightarrow \frac{X_2}{R_2} = 0,75 = tg(arc.\cos 0,8) \rightarrow X_2 = 4,00[\Omega]$$

$$W_2 = 9600[W] = \left[\frac{400}{\sqrt{3}}\right].I_3.(0,8) \rightarrow I_3 = 30\sqrt{3}[A]$$

$$9600[W] = (I_2)^2.R_2 \rightarrow R_2 = 3,55[\Omega] \rightarrow \frac{X_3}{R_3} = 0,75 = tg(arc.\cos 0,8) \rightarrow X_3 = 2,67[\Omega]$$

Determinar el valor de la impedancia $\overline{Z}[\Omega]$, sabiendo que la intensidad "**i**" que atraviesa el vatímetro **está en fase** con la tensión de alimentación. Calcular la indicación del vatímetro. **Puntuación: 1,5**



Si la intensidad "**i**" está en fase con la tensión de alimentación, se cumple que la reactancia "X" en la rama donde circula "**i**" **deber ser nula**, ya que la impedancia de la rama debe tener un φ=0.
Suponiendo que $\overline{Z}[\Omega]$**=(0+jX) Ω:**

$$\overline{X}_{condensador} = \frac{-j}{\omega C} = \frac{-j}{(2\pi.10^3)(31,84.10^{-6})} \approx -5j[\Omega]$$

$$\overline{Z} = -\overline{X}_{condensador} = +5j[\Omega]$$

$$Vatímetro \rightarrow P = 100.\left|\overline{I}\right|.\cos\varphi = 100.\frac{100}{\sqrt{10^2+(5-5)^2}}.1 = 1000[W]$$

2º Multigrado-ELECTROTECNIA-Examen JULIO 2013 (**Test**). **Tiempo: 1 h** 2013-07-12

Apellidos: ______________________________ Nombre: ______________________

Un cable trifásico (para una sección dada) tiene una intensidad asignada en servicio permanente de 150 (A) para una temperatura ambiente de 40ºC con una temperatura máxima del aislamiento de 90ºC. Si la temperatura ambiente máxima donde se instala el cable es de 20º ¿se puede utilizar dicho cable para alimentar una carga que demande una corriente de 175 A? **Puntos: 1**

$$f_{(T)} = f_{(T)} = \sqrt{\frac{(T_{máx.} - T_{inst.})}{(T_{máx.} - T_N)}} = \sqrt{\frac{(90-20)}{(90-40)}} = 1,183$$

$150(A) \times f(T) = 150 \times 1,183 = 177,48 = I_{máx.}$ cable (para 20ºC) $< 175(A)$

Sí puede usarse el cable.

El transformador cuyas especificaciones se detallan abajo (conectado a 20 kV), alimenta una carga de 315 kVA con factor de potencia 0,85 (inductivo). Si la temperatura ambiente es de 25 ºC y en esas condiciones el transformador alcanza una temperatura de 125 ºC en régimen permanente térmico, determinar su resistencia térmica al ambiente. **Puntuación: 1**

r_{tn}	S_n (kVA)	P_o (W)	P_{cc} (W)	ε_{cc}(%)
20 kV/0,4 kV	630	1.300	6.500	4

$$C = \frac{S_{CARGA}}{S_{NOMINAL}} = \frac{315}{630} = 0,5$$

$$P_{Fe} + P_{Cu} = P_o + (C)^2 \cdot P_{cc} = 1.300 + (0,5)^2 \cdot 6500 = 2925 (W).$$

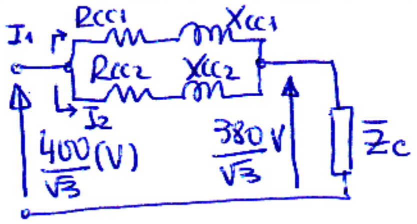
$$\frac{(125-25)K}{R_t} = (P_{Fe} + P_{Cu}) = 2.925 (W) \Rightarrow R_t = 0,034 [K/W]$$

Dos transformadores trifásicos con la misma relación de transformación (15 kV/0,4 kV) e índice horario, están conectados en paralelo y alimentados a 15 kV. Dan servicio a una carga trifásica equilibrada con cosφ=0,8 (inductivo), siendo la tensión en bornes de la misma de 380 V. Determinar las pérdidas en cada uno de los transformadores. **Puntos: 1,5**

Los datos de los transformadores (**referidos al secundario**) son:

$S_{n(T1)}$=20 kVA; R_{cc1}=0,64Ω; X_{cc1}=0,48 Ω; R_{Fe}= 800,00 Ω

$S_{n(T2)}$=40 kVA; R_{cc2}=0,32Ω; X_{cc2}=0,24 Ω; R_{Fe}= 266,67 Ω



$$400 - 380 = 20 = \sqrt{3} \cdot I_1 (R_{cc1} \cdot 0,8 + X_{cc1} \cdot 0,6)$$

$$I_1 = \frac{20}{\sqrt{3} \times 0,8} = 14,43 (A)$$

$$20 = \sqrt{3} \cdot I_2 (R_{cc2} \cdot 0,8 + X_{cc2} \cdot 0,6)$$

$$I_2 = \frac{20}{\sqrt{3} \times 0,4} = 28,86 (A).$$

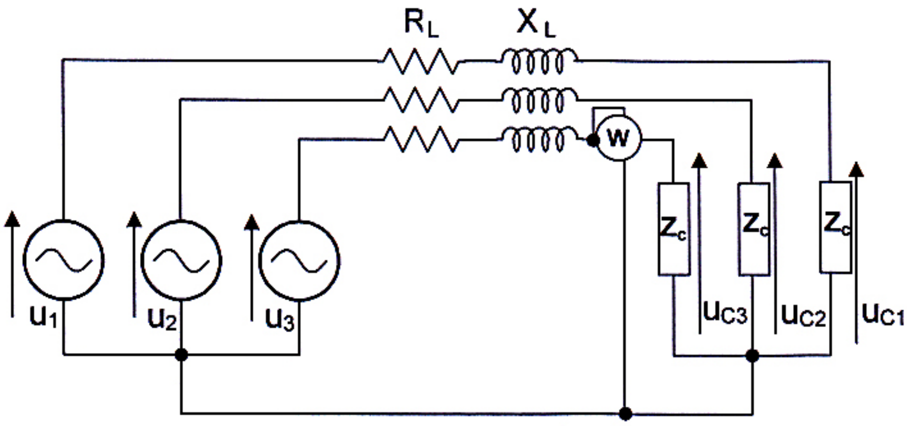
$$P_{T1} = P_{o1} + 3 \cdot R_{cc1} (I_1)^2 = 3 \cdot \frac{(400/\sqrt{3})^2}{R_{Fe1}} + 3(0,64)(14,43)^2 = 200 + 399,8 = 599,8 [W].$$

$$P_{T2} = P_{o2} + 3 \cdot R_{cc2} (I_2)^2 = 3 \cdot \frac{(400/\sqrt{3})^2}{R_{Fe2}} + 3(0,32)(28,86)^2 \cong 600 + 799,58 = 1399,6 [W]$$

2º Multigrado-ELECTROTECNIA-Examen JULIO 2013 (**Test**). **Tiempo: 1 h** 2013-07-12

Apellidos: ______________________________ Nombre: ______________________

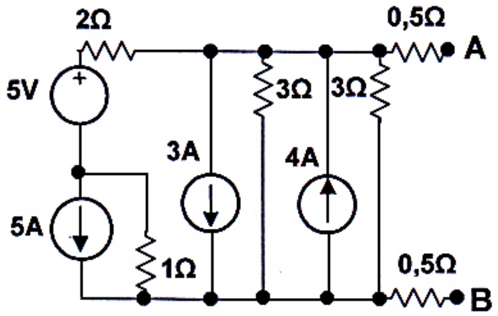
Un generador trifásico equilibrado (tensiones simples u_1, u_2 y u_3 de 230 V y 50 Hz) alimenta una carga de tres impedancias iguales **Zc**, a través de una línea trifásica de impedancia por fase: R_L (1,0 Ω) y X_L (0,5 Ω). La intensidad de línea es de 10 A. La impedancia **Zc** tiene un cosφ=0,8 (inductivo). Determinar la tensión de fase (Uc_1, Uc_2 y Uc_3) en la impedancia **Zc** y la indicación del vatímetro. **Puntos: 1,5**

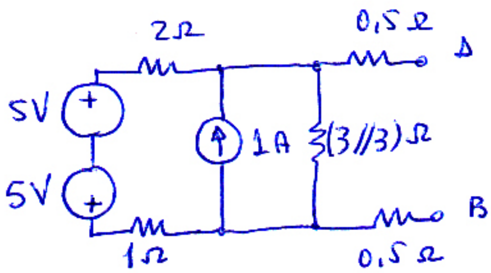


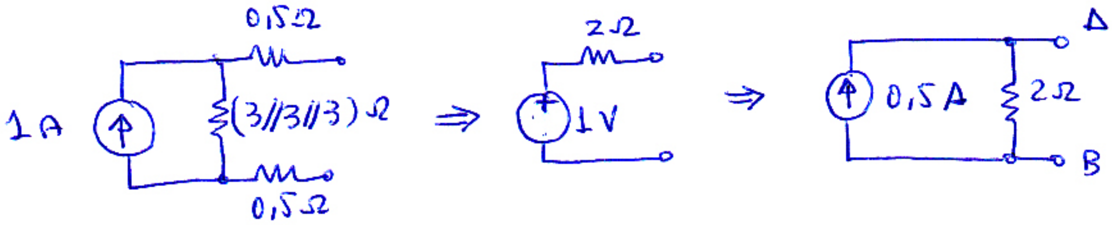
$$U_{C1} = U_{C2} = U_{C3} = 230 - I\,(R_L \times 0{,}8 + X_L \times 0{,}6) =$$
$$= 230 - 10\,(1 \times 0{,}8 + 0{,}5 \times 0{,}6) = 230 - 11 = 219\ (V)$$

$$W = U_{C1} \cdot I \cdot \cos\varphi = 219 \times 10 \times 0{,}8 = 1752\ (W).$$

Determinar el circuito equivalente de Norton entre bornes A y B. Calcular la máxima potencia que podría suministrar el circuito a una carga que se conectase entre dichos bornes. **Puntos: 1,5**





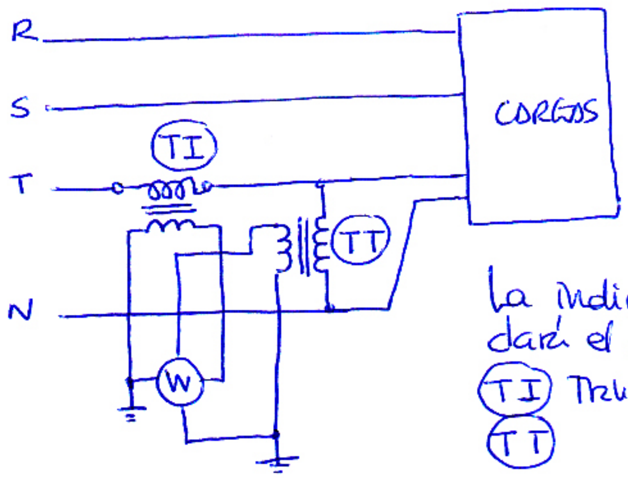


Pmax. si conectamos 2 Ω entre A y B.

$$P_{máx} = \left(\frac{0{,}5}{2}\right)^2 \times 2 = 0{,}125\ (W).$$

Apellidos: ______________________________ Nombre: ____________________

Dibujar una red trifásica equilibrada con conductor de neutro conectado, donde se disponga de los vatímetros necesarios para medir la potencia activa de la red. Cada vatímetro ha de conectarse a la red, mediante su correspondiente transformador de medida de intensidad y su correspondiente transformador de medida de tensión. **Puntos: 1**

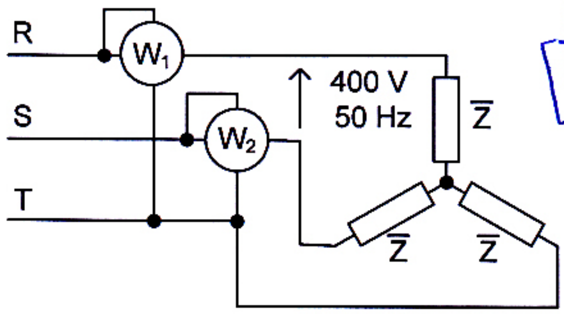


La indicación del vatímetro "W" multiplicada x 3 dará el consumo de potencia activa de las cargas.

(TI) Transformador de medida de intensidad

(TT) " " " tensión.

En el circuito trifásico equilibrado de la figura, la carga trifásica [tres impedancias iguales $\overline{Z}$ = (R+Xj) Ω] consume 34.226,5 W y 10.000 VAr. Determinar los valores de la resistencia y de la reactancia de $\overline{Z}$ y las indicaciones de cada uno de los vatímetros. **Puntos: 1,5**



$P_T = W_1 + W_2 = 34.226,5\ (W)$

$Q_T = \sqrt{3}(W_1 - W_2) = 10.000\ (VAr)$

$\to W_1 \approx 20.000\ (W)$ y $W_2 = 14.226,5\ (W)$.

$\frac{Q_T}{P_T} = tg\varphi_{cargas} \Rightarrow \varphi_{cargas} = 16,2868°$

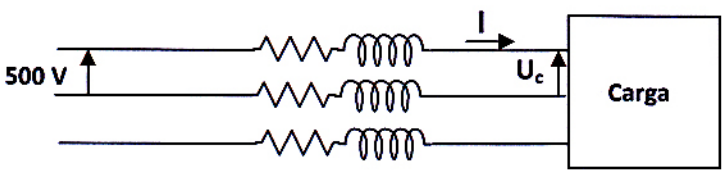
$34.226,5(W) = P_T = \sqrt{3}\cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi_{cargas}$.

$I = 51,467\ (A)$

$R_{cargas} = \frac{34.226,5}{3(51,467)^2} = 4,30\ \Omega$

$X_{cargas} = \frac{10.000}{3(51,467)^2} = 1,26\ (\Omega)$

La impedancia por fase del cable es (1+0,5j) Ω por km de longitud. La carga trifásica equilibrada tiene un factor de potencia de 0,8 (inductivo) y la intensidad **I** es de 10 A. Determinar la máxima longitud del cable para que la caída de tensión en el mismo no supere el 5%. **Puntos: 1,0**



$\Delta U(\%) = 5 = \frac{\sqrt{3}\cdot I\,(R\times\cos\varphi + X\times sen\varphi)}{500}\times 100$

$15 = \sqrt{3}\times \underset{(10\,A)}{I} \times L(km)[1\times 0,8 + 0,5\times 0,6] \Rightarrow L = \frac{15}{\sqrt{3}\times 10\times 1,1} = 0,787\ km$.

Apellidos: ____ Nombre: ________________________

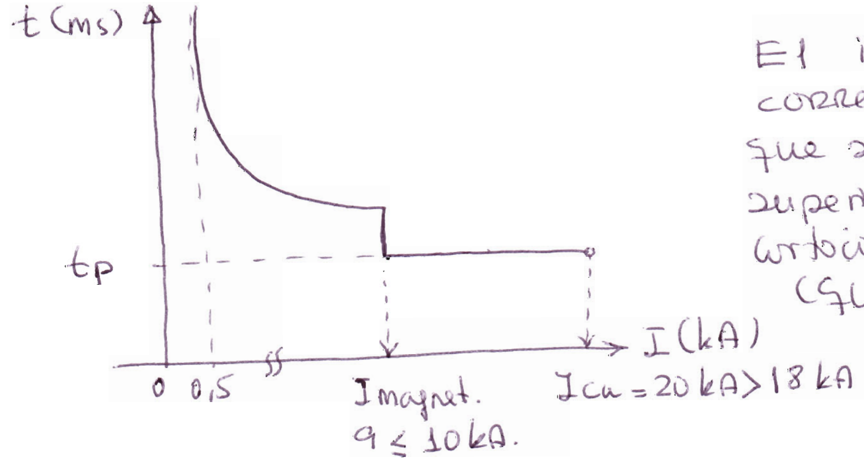
Un cable trifásico (para una sección dada) tiene una intensidad asignada en servicio permanente de 150 (A). Se pretende utilizarlo en una determinada instalación eléctrica y se ve afectado por los tres siguientes factores de corrección: $f_{(1)}$ =0,90; $f_{(2)}$=1,25 y $f_{(3)}$=0,85 ¿Se puede utilizar dicho cable para alimentar una carga que demande una corriente de 155 A? . **Puntos: 1**

$$I_{CABLE} \geq \frac{155 (A)}{(0,90)(1,25)(0,85)} = 162,1 (A)$$

$$I_{INSTALACIÓN} = 155 (A)$$

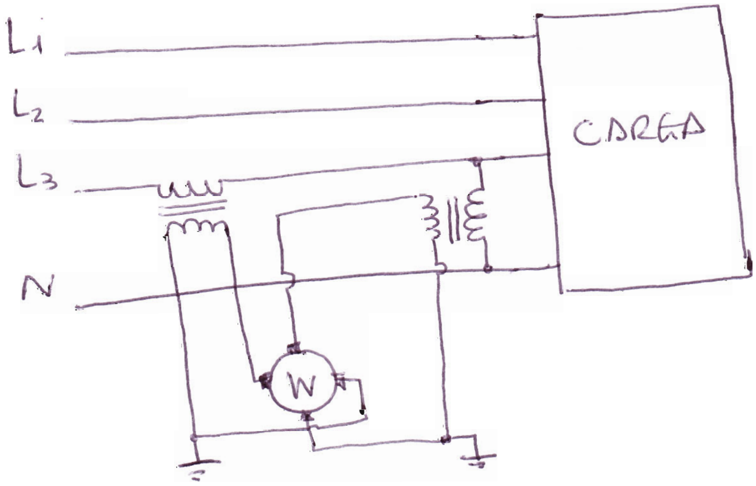
Como I_{cable} (= 150 A) < $I_{INST.}$ NO SE PUEDE UTILIZAR.

Un interruptor magneto-térmico protege a un cable. Tiene un poder de corte de 20kA y su disparador magnético contra cortocircuitos de ajusta a 9 kA. El disparador térmico se ajusta a 0,5 kA. Los cortocircuitos máximo (I_{k3}) y mínimo (I_{k2}), respectivamente son de 18 kA y 10 kA para la zona que debe ser protegida. La intensidad máxima admisible del cable es de 500 A. Indicar si las especificaciones del interruptor son idóneas y dibujar, aproximadamente, la característica intensidad-tiempo del mismo. **Puntos: 1**



El interruptor está correctamente elegido, ya que su poder de corte es superior a 18 kA, dispara contra cortocircuitos a partir de 9 kA (que es un valor inferior a 10 kA) y su disparador térmico actúa a partir de 0,5 kA, protegiendo al cable.

Dibujar una red trifásica <u>equilibrada con conductor de neutro conectado,</u> donde se disponga de los vatímetros necesarios para medir la potencia activa de la red. Cada vatímetro ha de conectarse a la red, mediante su correspondiente transformador de medida de intensidad y su correspondiente transformador de medida de tensión. **Puntos: 1,5**

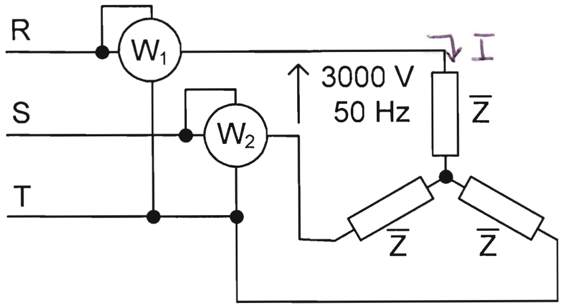


La indicación del vatímetro W multiplicada x 3, proporciona el consumo de potencia activa de la carga.

2º Multigrado-ELECTROTECNIA-Examen JUNIO 2012 (**Test**). **Tiempo: 1 h** 2012-06-15

Apellidos: ____Nombre: ______________________

En el circuito trifásico equilibrado de la figura, donde cada impedancia $\overline{Z}$ es de (40+30j) Ω, calcular las indicaciones de cada uno de los vatímetros. **Puntos: 1,5**



$$P = 3(40)\left[\frac{(3000/\sqrt{3})}{\sqrt{40^2+30^2}}\right]^2 = 3.R.I^2 = 144\ kW$$

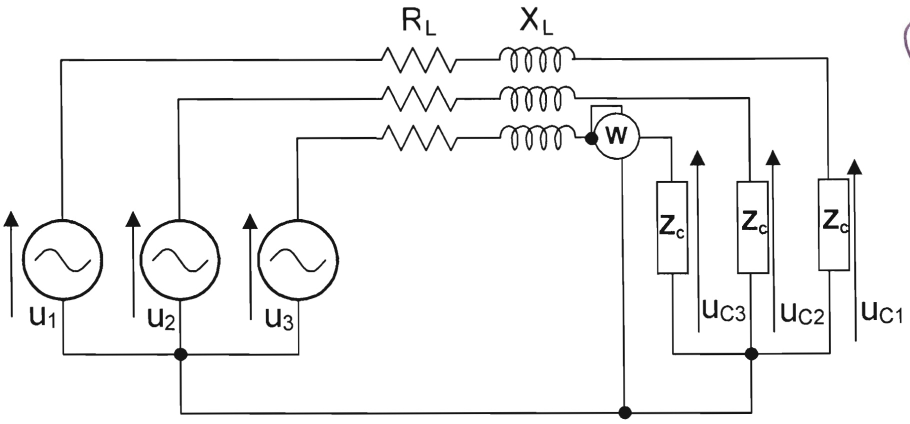
$$Q = 3(30)\left[\frac{(3000/\sqrt{3})}{\sqrt{40^2+30^2}}\right]^2 = 3.X.I^2 = 108\ kVAr$$

$$\left.\begin{array}{l} W_1 + W_2 = P = 144.10^3\ (W) \\ \sqrt{3}(W_1 - W_2) = Q = 108.10^3\ (VAr) \end{array}\right\}$$

$$\boxed{W_1 = 103,18\ kW} \quad \boxed{W_2 = 40,82\ kW}$$

Un generador trifásico equilibrado (tensiones simples u_1, u_2 y u_3 de 230 V y 50 Hz) alimenta una carga de tres impedancias iguales **Zc**, a través de una línea trifásica de impedancia por fase: R_L (1 Ω) y X_L (0,318 Ω). Las intensidades de línea son de 10 A y están retrasadas 30º con las tensiones: u_{C1}, u_{C2} y u_{C3}. El vatímetro indica 1905,25 W. Determinar la resistencia y la reactancia de la carga **Zc**. **Puntos: 1,5**

$$\overline{Z}_c = (R_c + jX_c)\ \Omega$$



$$W = V_c(10)(\cos 30) = 1905,25$$

$$V_c \simeq 220\ (V)$$

$$1905,25 = (R_c)(10)^2$$

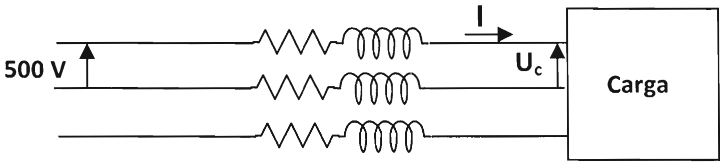
$$\boxed{R_c = 19,05\ (\Omega)}$$

$$Q(1\ \text{fase}) = V_c.(10)(\text{sen}\ 30) = (220)(10)(0,5) = 1100\ VAr.$$

$$1100\ (VAr) = X_c(10)^2 \Rightarrow \boxed{X_c = 11\ \Omega}$$

$$\overline{Z}_c = (19,05 + j\,11)\ \Omega$$

La impedancia por fase del cable es (1+0,5j) Ω. La carga trifásica tiene un factor de potencia de 0,8 (inductivo). Calcular el valor de la intensidad **I,** si la caída de tensión en el cable es del 3%. **Puntos: 1,0**

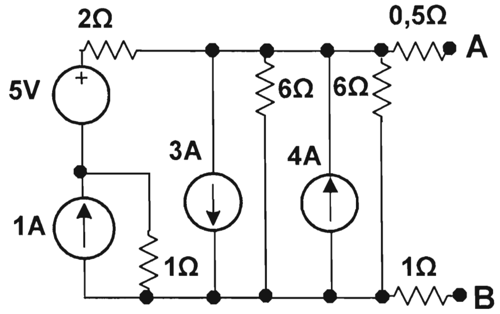


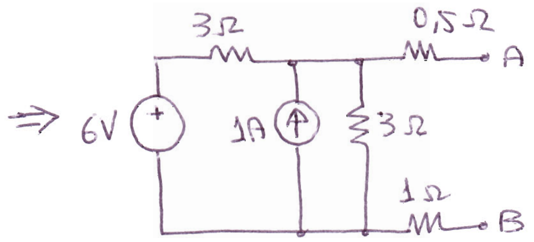
$$\Delta U = 3(\%) = \frac{\sqrt{3}(I)[1\times 0,8 + 0,5\times 0,6]}{500}\times 100$$

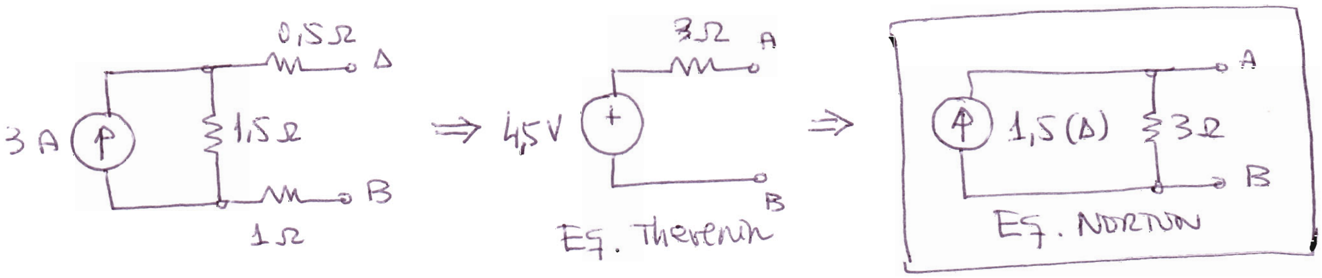
$$15 = \sqrt{3}(I)(1,1) \Rightarrow \boxed{I = 7,87\ (A)}$$

Apellidos: ____Nombre: ______________________

Determinar el circuito equivalente de Norton entre bornes A y B. Calcular la máxima potencia que podría suministrar el circuito a una carga que se conectase entre dichos bornes. **Puntos: 1,5**







Pmáxima ⇒ Si se conecta entre A-B, una $R = 3\Omega$.

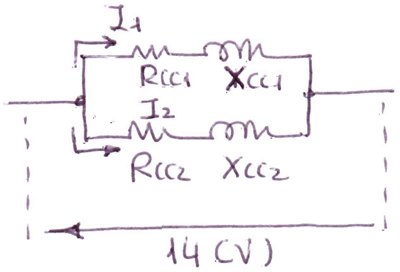
$$P_{máxima} = 3\left(\frac{1{,}5}{2}\right)^2 = \boxed{1{,}6875\ W}$$

Dos transformadores trifásicos con la misma relación de transformación (15 kV/0,4 kV) están conectados en paralelo. Alimentan una cierta carga trifásica que produce una caída de tensión **en los transformadores** de 14 V. Determinar las pérdidas por efecto Joule en cada uno de los transformadores. **Puntos: 1,0**

Los datos de los mismos (**referidos al secundario**) son:

$S_{n(T1)}$=20 kVA; R_{cc1}=0,64Ω; X_{cc1}=0,48 Ω

$S_{n(T2)}$=40 kVA; R_{cc2}=0,32Ω; X_{cc2}=0,24 Ω;



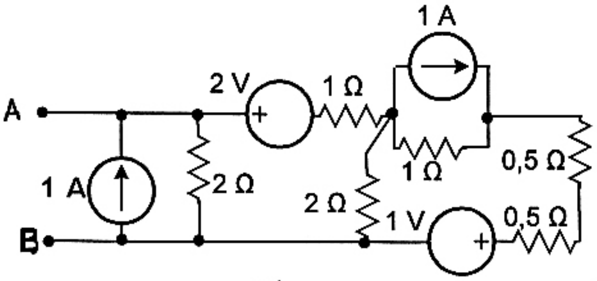
$$I_1 = \frac{14}{\sqrt{(0{,}64)^2 + (0{,}48)^2}} = \frac{14}{(0{,}8)} = 17{,}5\ (A)$$

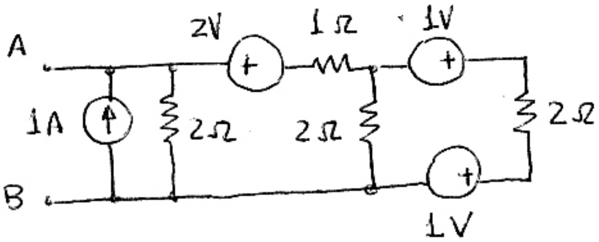
$$I_2 = \frac{14}{\sqrt{(0{,}32)^2 + (0{,}24)^2}} = \frac{14}{(0{,}4)} = 35\ (A)$$

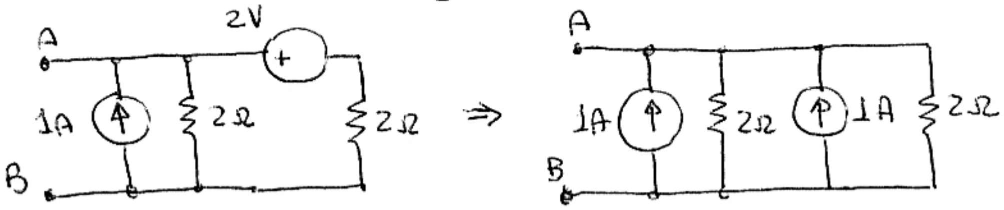
$$\boxed{\begin{aligned} P_{Cu(T1)} &= 3\,(R_{cc1})(I_1)^2 = 3\,(0{,}64)(17{,}5)^2 = 588\ W \\ P_{Cu(T2)} &= 3\,(R_{cc2})(I_2)^2 = 3\,(0{,}32)(35)^2 = 1.176\ W \end{aligned}}$$

Apellidos: ______________________________ Nombre: ____________________

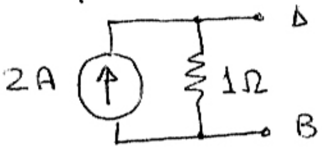
Determinar el circuito equivalente de Norton entre bornes A-B y la máxima potencia que podría transmitir a una carga que se conectase ente ambos bornes. **Puntuación: 1,5**







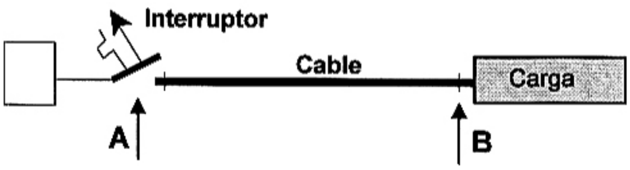
Equivalente NORTON

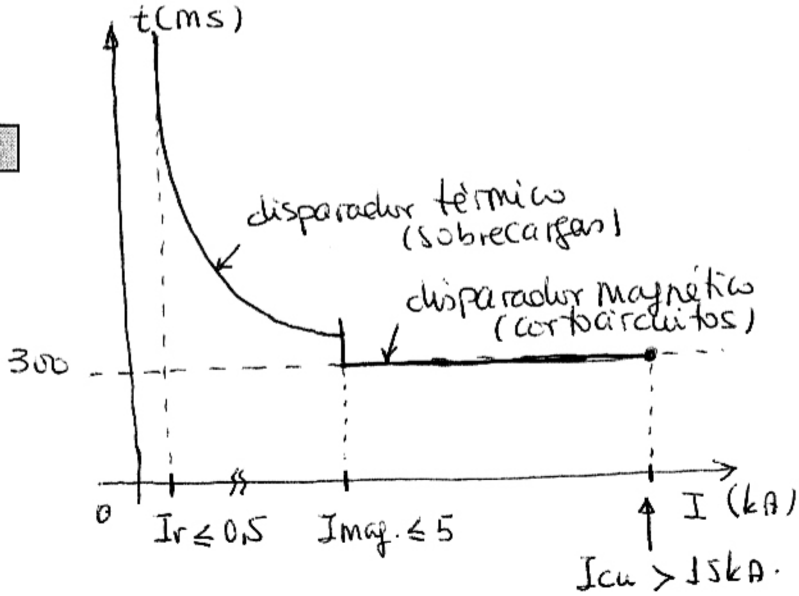


Pmáxima si $R_{AB} = R_{eq} = 1\ \Omega$.

$$P_{máxima} = 1\left(\frac{2}{2}\right)^2 = 1\ [W]$$

Dibujar la característica I-t de un interruptor automático que protege contra sobrecargas y cortocircuitos a la instalación de la figura. Sabiendo que: I_{k3} (punto A)=15 kA; I_{k2} (punto B)=5 kA; $I_{máxima}$(cable)=500 A y tiempo de disparo para cortocircuitos=300 ms. **Puntuación: 1**





El transformador cuyas especificaciones se detallan abajo (conectado a 20 kV), trabaja con un rendimiento **máximo**. Si la temperatura ambiente es de 20 ºC y en esas condiciones alcanza una temperatura de 120 ºC en régimen permanente térmico, determinar su resistencia térmica al ambiente. **Puntuación: 1**

r_{tn}	S_n (kVA)	P_o (W)	P_{cc} (W)	ε_{cc}(%)
20 kV/0,4 kV	630	1.300	6.500	4

η máximo $\Rightarrow P_{Cu} = P_{Fe} = P_o$

$P_{TRAFO} = 2\,P_o = 2 \times 1.300 = 2.600\ [W]$

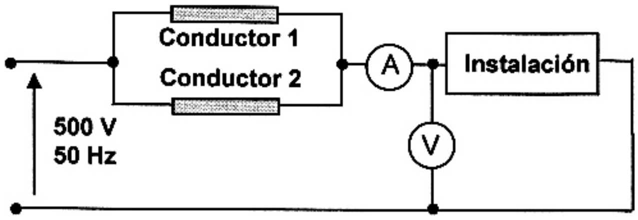
En régimen permanente térmico $\Rightarrow P\,[W] = \frac{\theta(t)}{R_t}$

$$2.600\ [W] = \frac{[120-20]}{R_t} \Rightarrow R_t = \frac{100}{2600} = 0{,}038\ [K/W]$$

2ºMultigrado-ELECTROTECNIA TEST (Junio 2013) **Tiempo: 1 h** 2013-06-14

Apellidos: ______________________ Nombre: ______________

Dos conductores de cobre de la misma longitud y uno de sección doble que el otro, se conectan en paralelo. Dan servicio a una instalación monofásica. El amperímetro indica 30 A y el voltímetro mide 490 V. Determinar la resistencia de cada conductor (suponiendo que sus reactancias son nulas). **Puntuación: 1,5**



$$R_{C1} = \rho_{Cu} \cdot \frac{L_1}{S} \;;\; R_{C2} = \rho_{Cu} \cdot \frac{L_2}{2S}$$

$L_1 = L_2$

conductor 1 $\Rightarrow R_{C1} (\Omega)$

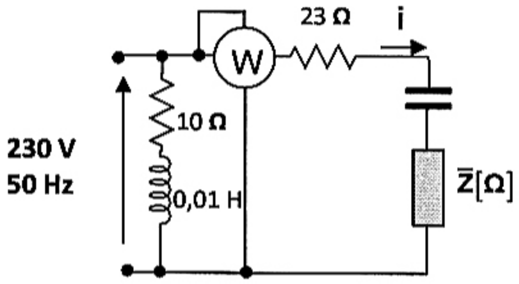
Conductor 2 $\Rightarrow [R_{C1}/2] [\Omega]$

$$\left[R_{C1} // \left(\frac{R_{C1}}{2}\right)\right] = \frac{R_{C1}}{3} (\Omega)$$

$$(500 - 490) = I \times \left[R_{C1} // \left(\frac{R_{C1}}{2}\right)\right] = 30 \times \frac{R_{C1}}{3} = 10\, R_{C1}.$$

$$R_{C1} = \frac{10}{10} = 1 (\Omega) \Rightarrow R_{C2} = \frac{R_{C1}}{2} = \frac{1}{2} = 0{,}5 (\Omega).$$

La impedancia $\overline{Z}[\Omega]$ = +5j [Ω]. La intensidad "**i**" **<u>está en fase</u>** con la tensión de alimentación. Calcular la indicación del vatímetro. **Puntuación: 1**



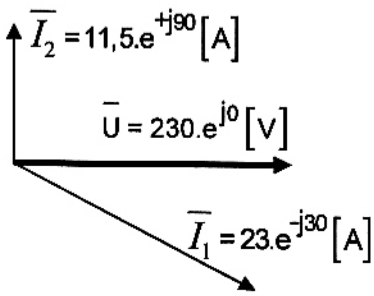
Al estar la intensidad en fase con la tensión (en la rama derecha del circuito), la reactancia de la impedancia de dicha rama debe ser nula $\Rightarrow$

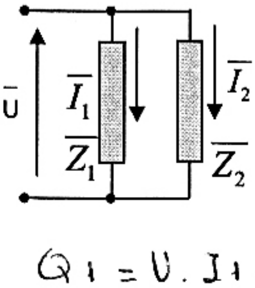
$$-j\, X_{cond.} = -5j$$

$$I = \frac{230}{|\overline{Z}_{rama}|} = \frac{230}{|23 - 5j + 5j|} = \frac{230}{23} = 10 (A)$$

El vatímetro indicará $\Rightarrow W = U \cdot I \cdot \cos\varphi_{rama} =$
$= 230 \times 10 \times 1 = 2300 [W]$

El diagrama vectorial representa la tensión y las corrientes en el circuito de la figura (50 Hz). Calcular el consumo de potencia activa y de potencia reactiva de cada una de las cargas Z_1 y Z_2. **Puntuación: 1**





$P_1 = U \cdot I_1 \cdot \cos 30^\circ = 230 \times 23 \times \cos 30^\circ =$
$= 4.581{,}3 [W]$

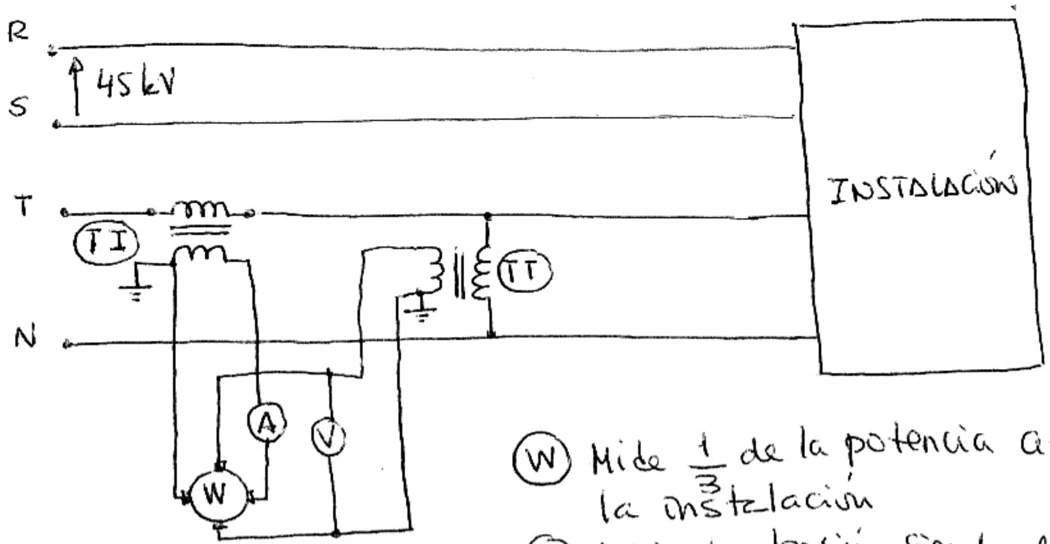
$P_2 = U \cdot I_2 \cdot \cos(-90^\circ) = 0 [W].$

$Q_1 = U \cdot I_1 \cdot \mathrm{sen}\, 30^\circ = 230 \times 23 \times \mathrm{sen}\, 30^\circ = 2.645 [VAr]$

$Q_2 = U \cdot I_2 \cdot \mathrm{sen}(-90^\circ) = 230 \times 11{,}5 \times (-1) = -2.645 [VAr]$

Apellidos: ______________________________ Nombre: ____________________

Dibujar una red trifásica (45 kV, 50 Hz) con conductor de neutro conectado que alimenta una instalación trifásica equilibrada, con los equipos de medida necesarios (conectados a la red mediante transformadores de medida) para poder medir el consumo de potencia activa de la instalación, la tensión y la intensidad de la red. **Puntuación: 1,5**

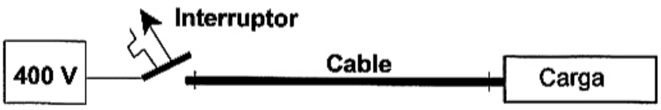


(W) Mide $\frac{1}{3}$ de la potencia activa que consume la instalación

(V) Mide la tensión simple de la red $= \frac{45\ kV}{\sqrt{3}}$

(A) Mide la intensidad de línea de la red.

Un cable trifásico (200 m de longitud) está conectado a un red de 400 V y alimenta un carga trifásica de 20 kW con rendimiento del 90% y cosφ=0,8. El cable está instalado en una nave (temperatura máxima del 40ºC) tendido en una bandeja junto con otros dos cables (factor de corrección por bandeja=0,88). Elegir la sección idónea del cable para que la caída de tensión en el mismo ≤ 3%. **Puntuación: 1,5**



$$f_{(T)} = \sqrt{\frac{T_{máx.} - T_{instalación}}{T_{máx.} - T_{N(CABLE)}}}$$

Cable trifásico de cobre con aislamiento en PVC (0,6/1 kV)

Sección mm^2	Imax en servicio permanente en A. (Tmáx del conductor 66,5ºC). **Tamb=20ºC**	Resistencia a 50Hz y 66,5 ºC en Ω/km	Reactancia X a 50Hz en Ω /km
16	50	1,360	0,080
25	77	0,860	0,079
35	100	0,620	0,076

$$I_{CARGA} = \frac{20.000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0{,}8 \times 0{,}9} = 40{,}1\ (A)$$

$$f(T) = \sqrt{\frac{(66{,}5-40)}{(66{,}5-20)}} = 0{,}755$$

$$f(B) = 0{,}88$$

$$\frac{I_{CARGA}}{f(T) \times f(B)} = \frac{40{,}1}{(0{,}755)(0{,}88)} = 60{,}4 \leq I_{max.\,cable}$$

Se elige sección $\boxed{S = 25\ (mm^2)}$ $\Rightarrow$ $R_{cable} = 0{,}860\ \Omega/km$, $X_{cable} = 0{,}079\ \Omega/km$

$$\Delta U(\%) = \frac{\sqrt{3} \times 40{,}1 \times 0{,}2\ [0{,}860 \times 0{,}8 + 0{,}079 \times 0{,}6]}{400} \times 100 = 2{,}55\% \leq 3\%$$