

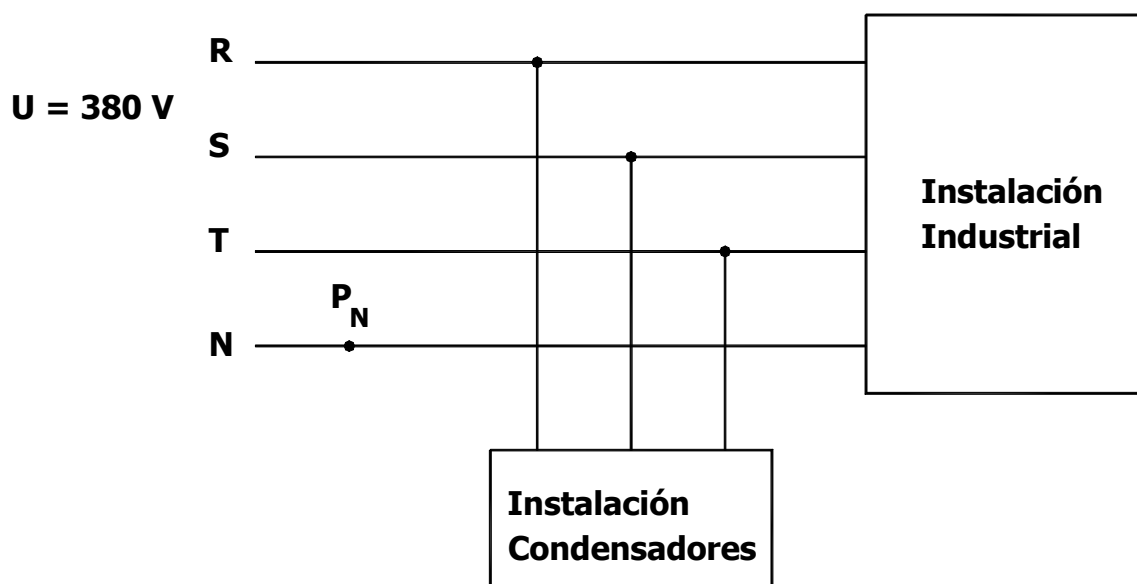
## Problema

Una instalación industrial que se alimenta de una red trifásica (380/220 V) dispone de los siguientes receptores:

- Tres motores trifásicos de 100 CV,  $\eta = 92 \%$  y  $\cos \varphi = 0,8$
- 25 motores trifásicos de 10 CV,  $\eta = 80 \%$  y  $\cos \varphi = 0,75$
- 90 calefactores monofásicos de 380 V, 1200 W
- 600 tubos fluorescentes de alumbrado de 220 V, 60 W,  $\cos \varphi = 0,85$

Se pide:

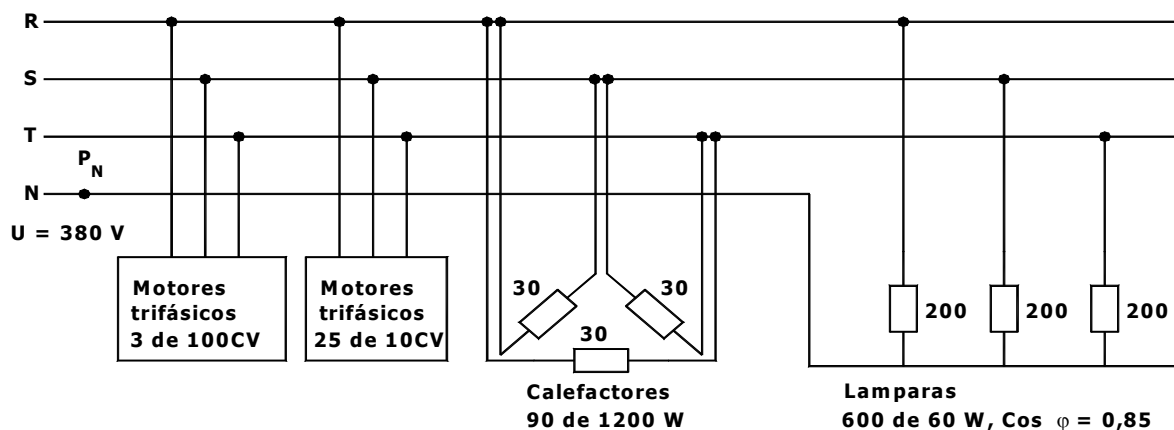
- Determinar la distribución lógica de los receptores para que la instalación se comporte como un receptor trifásico equilibrado.
- Calcular las potencias activa, reactiva y aparente absorbidas de la red y la intensidad total cuando todos los elementos están funcionando en condiciones nominales.
- Calcular la capacidad de la batería de condensadores que, conectados en triángulo, consiga elevar el factor de potencia a 0,9.
- Determinar la estrella de impedancias equivalente a toda la instalación industrial (con condensadores incluido).
- Si el conductor neutro se rompe por el punto  $P_N$ , determinar la tensiones a las que se ven sometidos todos los receptores.



## Solución:

**1)** Los receptores trifásicos tipo a) y b) se conectan directamente a las fases por ser estos equilibrados. Los receptores monofásicos hay que suministrarles su tensión nominal; por lo que a los calefactores hay que colocarlos entre las fases (380 V) repartidos equilibradamente según se muestra en el dibujo y a los tubos fluorescentes cuya tensión nominal es de 220 V hay que colocarlos entre fase y neutro repartidos también equilibradamente

La instalación quedaría como sigue:



**2)**

$$P_a = 3 \times 100 \times 736 / 0,92 = 240 \text{ KW}$$

$$P_b = 25 \times 10 \times 736 / 0,8 = 230 \text{ KW}$$

$$P_c = 90 \times 1200 = 108 \text{ KW}$$

$$P_d = 600 \times 60 = 36 \text{ KW}$$

---


$$P_0 = P_a + P_b + P_c + P_d = 614 \text{ KW}$$

$$Q_a = P_a \operatorname{Tg} \varphi_a = 240 \times 0,75 = 180 \text{ KVAr.}$$

$$Q_b = P_b \operatorname{Tg} \varphi_b = 230 \times 0,88 = 202,8409 \text{ KVAr.}$$

$$Q_c = 0 \text{ KVAr.}$$

$$Q_d = P_d \operatorname{Tg} \varphi_d = 36 \times 0,62 = 22,3108 \text{ KVAr.}$$

---


$$Q_0 = Q_a + Q_b + Q_c + Q_d = 405,1517 \text{ KVAr}$$

La potencia aparente total será:

$$S_0 = \sqrt{P_0^2 + Q_0^2} = 735,6248 \text{ KVA}$$

de donde se obtendrá la intensidad total consumida por la instalación:

$$S_0 = \sqrt{3} U I_0 \quad \rightarrow \quad I_0 = 1117,666 \text{ A}$$

3) El factor de potencia de la instalación valdrá:  $\cos \varphi_0 = P_0 / S_0 = 0,83466$

Condiciones iniciales	Condiciones finales
$\cos \varphi_0 = 0,83466$ $P_0 = 614 \text{ KW}$ $Q_0 = 405,1517 \text{ KVAr}$ $S_0 = 735,6248 \text{ KVA}$	$\cos \varphi_F = 0,9$ $P_F = 614 \text{ KW}$ $Q_F = P_F \operatorname{Tg} \varphi_F = 297,3738 \text{ KVAr}$ $S_F = \sqrt{P_F^2 + Q_F^2} = 682,222 \text{ KVA}$

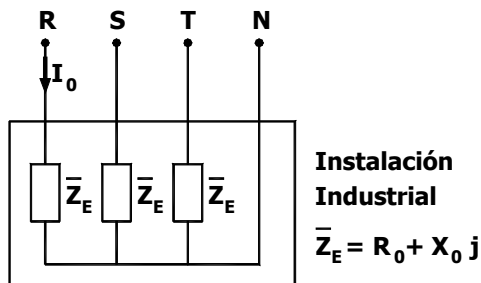
La potencia reactiva que tiene que suministrar los condensadores será:

$$Q_{\text{cond}} = Q_F - Q_0 = 297,3738 - 405,1517 = -107,77793 \text{ KVAr}$$

de donde obtenemos su capacidad conectados en triángulo:

$$Q_{\text{cond}} = 3 U^2 \omega C \rightarrow C = 791,9 \times 10^{-6} \text{ F}$$

4) Estrella equivalente a la instalación industrial **SIN** condensadores:



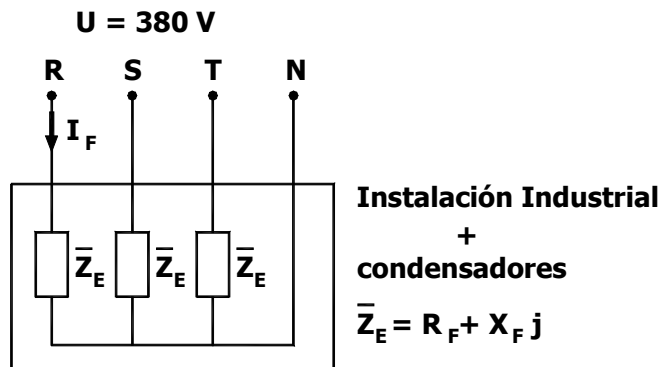
$$\begin{aligned} \cos \varphi_0 = 0,83466 & \rightarrow \varphi_0 = 33,419 \\ P_0 = 614 = 3 I_0^2 R_0 & \rightarrow R_0 = 0,1638411 \Omega \\ Q_0 = 405,1517 = 3 I_0^2 X_0 & \rightarrow X_0 = 0,10811 \Omega \\ S_0 = 735,6248 = 3 I_0^2 Z_0 & \rightarrow Z_0 = 0,1962957 \Omega \end{aligned}$$

con lo que  $\bar{Z}_E = 0,1638411 + 0,10811 j = 0,1962957 \angle 33,419$

Estrella equivalente a la instalación industrial **CON** condensadores:

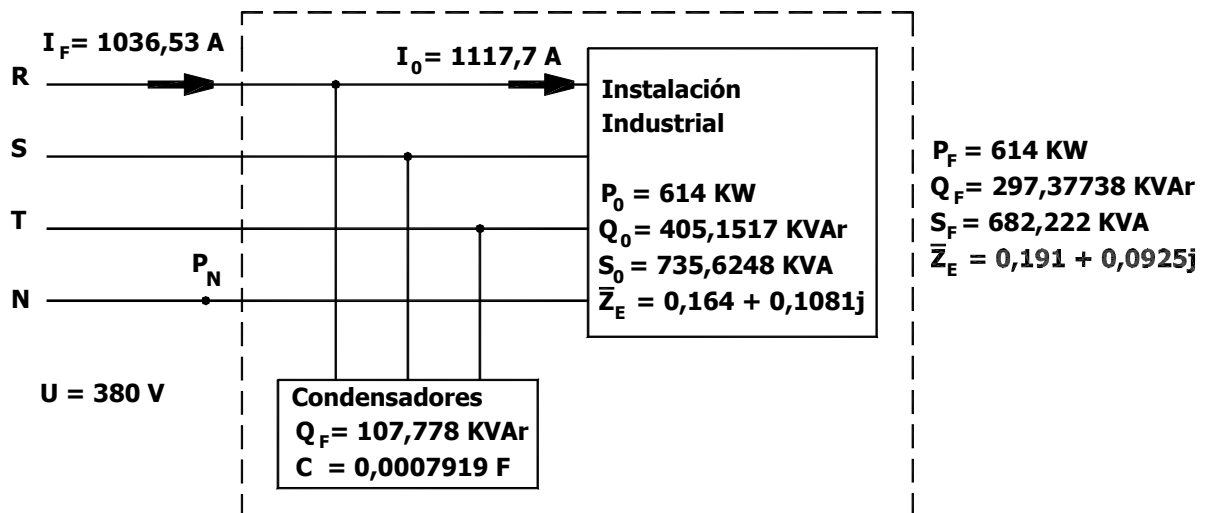
La intensidad total consumida por la instalación con condensadores se obtendrá de:

$$P_F = \sqrt{3} U I_F \cos \varphi_F \rightarrow 614000 = \sqrt{3} \times 380 \times I_F \times 0,9 \rightarrow I_F = 1036,53 \text{ A}$$



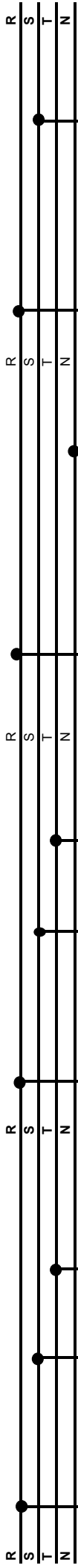
$$\begin{aligned} \cos \varphi_F = 0,9 & \quad \longrightarrow \quad \varphi_F = 25,8419 \\ P_F = 614 = 3 I_F^2 R_F & \quad \longrightarrow \quad R_F = 0,191 \, \Omega \\ Q_F = 297,3738 = 3 I_F^2 X_F & \quad \longrightarrow \quad X_F = 0,0925 \, \Omega \\ S_F = 682,222 = 3 I_F^2 Z_F & \quad \longrightarrow \quad Z_F = 0,212246 \, \Omega \end{aligned}$$

con lo que  $\bar{Z}_E = 0,191 + 0,0925 j = 0,212246 \angle 25,8419$



**5)** Al romperse el conductor neutro aguas arriba de la instalación solo afectara a las cargas conectadas al neutro, ahora bien, al formar estas sistemas trifásicos equilibrados en estrella las tensiones aplicadas a cada receptor monofásico no varían, sigue siendo la tensión simple.

UL = 380 V



**P= 240000 W**  
**fdp= 0,8**  
**UL= 380 V**

P= 240000 W  $\varphi= 0,6435$  rad  
 Q= 180000 Var  $\varphi= 36,87^\circ$   
 S= 300000 VA **IL= 455,8 A**

Carga en: Estrella  
 Carga en: Triángulo

UF = 219,3931023 V **UF = 380 V**  
 IF = 455,8028441 A **IF = 263,16 A**  
 R = 0,385066667  $\Omega$  **R = 1,1552  $\Omega$**   
 X = 0,2888  $\Omega$  **X = 0,8664  $\Omega$**   
 Z = 0,481333333  $\Omega$  **Z = 1,444  $\Omega$**

I1 = 455,803  $\angle 53,13^\circ = 273,48 + j 364,64$   
 I2 = 455,803  $\angle -66,87^\circ = 179,05 + j -419,16$   
 I3 = 455,803  $\angle -186,87^\circ = -452,53 + j 54,52$   
 ZE = 0,481  $\angle 36,87^\circ = 0,3851 + j 0,2888$   
 ZT = 1,444  $\angle 36,87^\circ = 1,1552 + j 0,8664$   
 S = 300000,000  $\angle 36,87^\circ = 240000 + j 180000$

**P= 230000 W**  
**fdp= 0,75**  
**UL= 380 V**

P= 230000 W  $\varphi= 0,7227$  rad  
 Q= 202840,934 Var  $\varphi= 41,41^\circ$   
 S= 306666,667 VA **IL= 465,93 A**

Carga en: Estrella  
 Carga en: Triángulo

UF = 219,393102 V **UF = 380 V**  
 IF = 465,931796 A **IF = 269,01 A**  
 R = 0,35315217  $\Omega$  **R = 1,0595  $\Omega$**   
 X = 0,31145094  $\Omega$  **X = 0,9344  $\Omega$**   
 Z = 0,47086957  $\Omega$  **Z = 1,4126  $\Omega$**

I1 = 465,932  $\angle 48,59^\circ = 308,18 + j 349,45$   
 I2 = 465,932  $\angle -71,41^\circ = 148,54 + j -441,62$   
 I3 = 465,932  $\angle -191,41^\circ = -456,72 + j 92,17$   
 ZE = 0,471  $\angle 41,41^\circ = 0,3532 + j 0,3114509$   
 ZT = 1,413  $\angle 41,41^\circ = 1,0595 + j 0,9343528$   
 S = 306666,667  $\angle 41,41^\circ = 230000 + j 202840,93$

**P= 36000 W**  
**fdp= 0,85**  
**UL= 219,393102 V**

P= 36000 W  $\varphi= 0,555$  rad  
 Q= 22310,7962 Var  $\varphi= 31,79^\circ$   
 S= 42352,9412 VA

Carga en: Estrella  
 Carga en: Triángulo

UF = 193,04591 A **UF = 380 V**  
 IF = 0,96600926  $\Omega$  **IF = 269,01 A**  
 R = 0,59867877  $\Omega$  **R = 1,0595  $\Omega$**   
 X = 1,13648148  $\Omega$  **X = 0,9344  $\Omega$**   
 Z = 1,13648148  $\Omega$  **Z = 1,4126  $\Omega$**

I1 = 193,04591  $\angle 58,212^\circ = 101,7 + j 164,1$   
 I2 = 0  $\angle 0^\circ = 0 + j 0$   
 I3 = 0  $\angle 0^\circ = 0 + j 0$   
 In = 193,04591  $\angle -121,8^\circ = -101,7 + j -164,1$

**P= 108000 W**  
**fdp= 1**  
**UL= 380 V**

P= 108000 W  $\varphi= 0$  rad  
 Q= 0 Var  $\varphi= 0^\circ$   
 S= 108000 VA

Carga en: Estrella  
 Carga en: Triángulo

IL = 284,21053 A **IL = 284,21053 A**  
 R = 1,337037  $\Omega$  **R = 1,337037  $\Omega$**   
 X = 0  $\Omega$  **X = 0  $\Omega$**   
 Z = 1,337037  $\Omega$  **Z = 1,337037  $\Omega$**

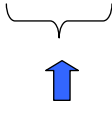
I1 = 284,21053  $\angle 120^\circ = -142,11 + j 246,1$   
 I2 = 284,21053  $\angle -60^\circ = 142,11 + j -246,1$   
 I3 = 0  $\angle 0^\circ = 0 + j 0$   
 In = 0  $\angle 0^\circ = 0 + j 0$

**Totale: Carga 1 + Carga 2 + Carga 3 + Carga 4**

IT1 = 1247,813  $\angle 64,29^\circ = 541,25 + j 1124,31$  **Z1 = 0,176  $\angle 25,71^\circ$  fdp1 = 0,9010272**  
 IT2 = 1202,446  $\angle 292,99^\circ = 469,69 + j -1106,92$  **Z2 = 0,182  $\angle 37,01^\circ$  fdp2 = 0,7985593**  
 IT3 = 921,012  $\angle 170,84^\circ = -909,25 + j 146,69$  **Z3 = 0,238  $\angle 39,16^\circ$  fdp3 = 0,7753336**

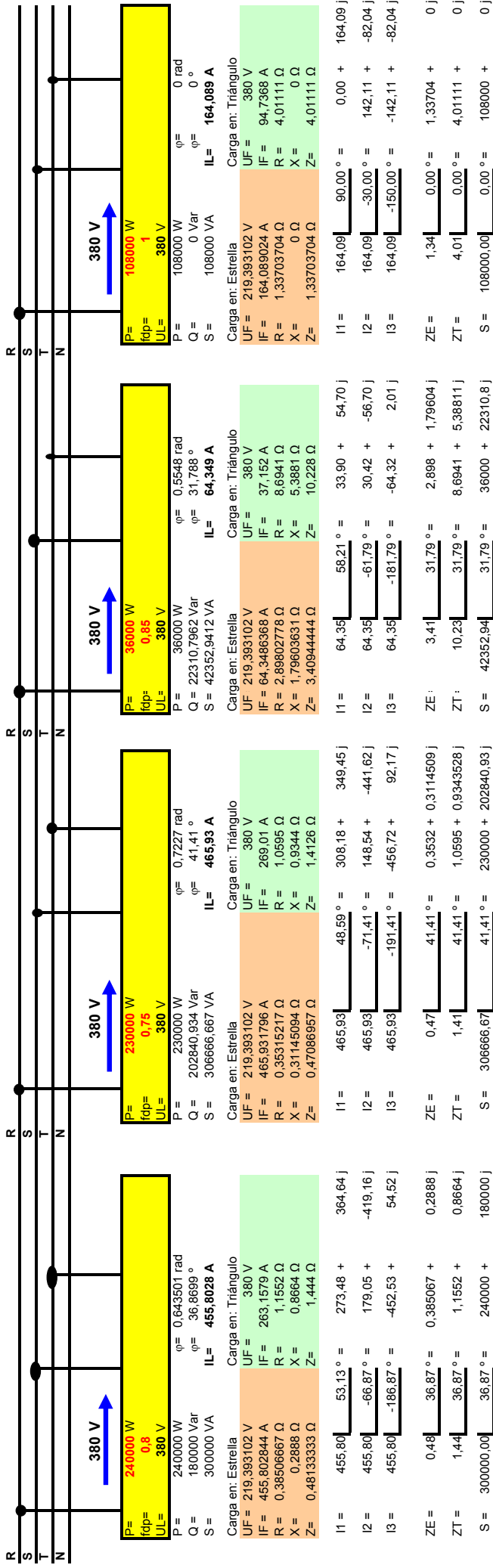
PT = 614000,00 W  
 QT = 405151,73 Var  
 ST = 735624,853 VA

**fdp = 0,8346646**  
 **$\varphi = 33,42^\circ$**   
**IL = 1117,6663 A**



??

UL = 380 V



Tubos fluorescentes

Calefactores Monofásicos

**Total: Carga 1 + Carga 2 + Carga 3 + Carga 4**

IT1 =	1117,666	56,58 °	615,56 +	932,88 j	Z1 =	0,196	33,42 °	fdp1 =	0,8346646
IT2 =	1117,666	296,58 °	500,11 +	-999,53 j	Z2 =	0,196	33,42 °	fdp2 =	0,8346646
IT3 =	1117,666	176,58 °	-1115,68 +	66,66 j	Z3 =	0,196	33,42 °	fdp3 =	0,8346646

$\left. \begin{array}{l} \text{fdp} = 0,834664568 \\ \phi = 33,42^\circ \\ \text{IL} = 1117,666334 \text{ A} \end{array} \right\}$

$\left. \begin{array}{l} \text{PT} = 614000,00 \text{ W} \\ \text{QT} = 405151,73 \text{ Var} \\ \text{ST} = 735624,853 \text{ VA} \end{array} \right\}$

