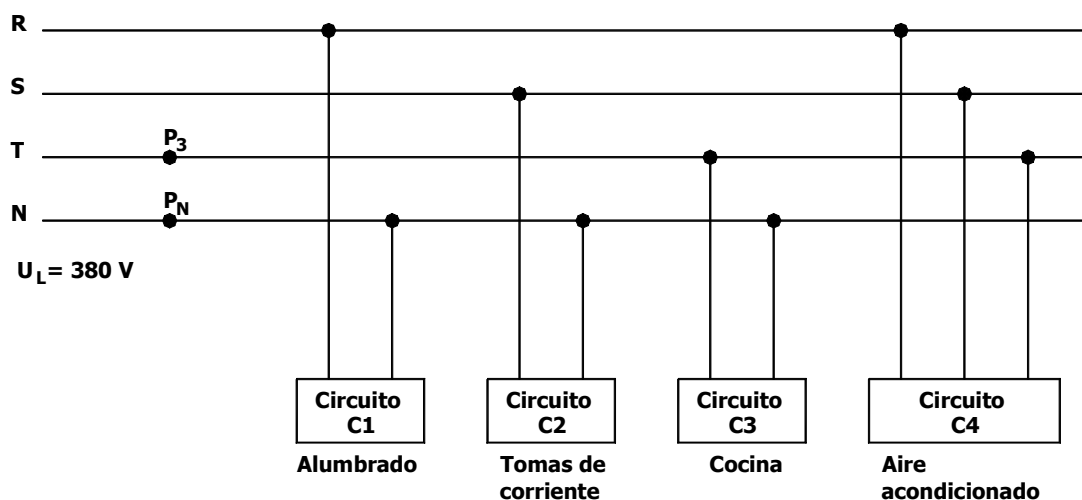


PROBLEMA

En una vivienda cuyo esquema eléctrico es el representado en la figura,



un día de verano se tiene conectado los siguientes receptores:

Circuito C1: **2 lámparas de 110 W cada una** (Carga resistiva).

Circuito C2: **Una plancha de 1100 W** (Carga resistiva).

Circuito C3: **Una freidora de 2200 W** (Carga resistiva).

Circuito C4: **Una máquina de aire acondicionado P = 7900 W, cos φ = 0,8.**

Determinar:

- 1) Potencias e Intensidades consumidas de la red.
- 2) Diseñar un esquema de vatímetros para medir la potencia activa consumida de la red, explicando por que se elige ese esquema, cual es su medida y fundamento teórico del esquema.
- 3) Si suponemos que estas cargas están conectadas al circuito las 24 horas del día determinar el coeficiente de recargo o bonificación de la compañía suministradora de energía.

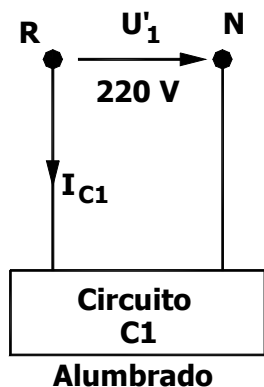
$$K_r(\%) = \frac{17}{\cos^2 \varphi} - 21$$

- 4) Si la instalación se rompe por el punto P_N, calcular la tensión a la que se ven sometido los diferentes circuitos. ¿Valdría el esquema diseñado en el punto 2?.
- 4) Si además la instalación se rompe por el punto P₃, calcular la nueva tensión a la que se ven sometidos los diferentes circuitos y determinar la potencia consumida de la red. ¿Valdría el esquema diseñado en el punto 2?.

Solución:

En primer lugar vamos a calcular circuito a circuito las intensidades consumidas de la red; así como las impedancias equivalentes de cada circuito en el momento de estudio.

Circuito C1: Este circuito está sometido a la tensión U'_1 , por lo que la intensidad de la corriente que atraviesa el circuito C1 será:



$$I_{C1} = \frac{P_{C1}}{U'_1 \cos \phi_{C1}} = \frac{220}{220 \times 1} = 1 \text{ A}$$

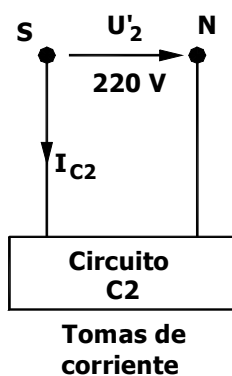
la cual está en fase con la tensión de suministro, esto implica que:

$$\bar{I}_{C1} = \bar{I}_{RN} = 1 \angle 90$$

de donde podemos obtener la impedancia equivalente del circuito:

$$\bar{Z}_{C1} = \bar{Z}_{RN} = \frac{\bar{U}_{RN}}{\bar{I}_{RN}} = \frac{220 \angle 90}{1 \angle 90} = 220 \angle 0$$

Circuito C2: Del mismo modo:

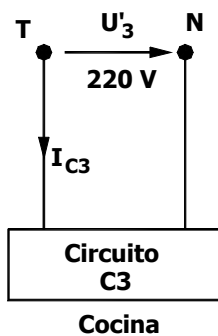


$$I_{C2} = \frac{P_{C2}}{U'_2 \cos \phi_{C2}} = \frac{1100}{220 \times 1} = 5 \text{ A}$$

$$\bar{I}_{C2} = \bar{I}_{SN} = 5 \angle 330$$

$$\bar{Z}_{C2} = \bar{Z}_{SN} = \frac{\bar{U}_{SN}}{\bar{I}_{SN}} = \frac{220 \angle 330}{5 \angle 330} = 44 \angle 0$$

Circuito C3:

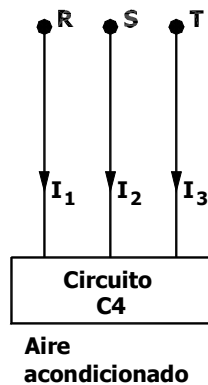


$$I_{C3} = \frac{P_{C3}}{U'_3 \cos \phi_{C3}} = \frac{2200}{220 \times 1} = 10 \text{ A}$$

$$\bar{I}_{C3} = \bar{I}_{TN} = 10 \angle 210$$

$$\bar{Z}_{C3} = \bar{Z}_{TN} = \frac{\bar{U}_{TN}}{\bar{I}_{TN}} = \frac{220 \angle 210}{10 \angle 210} = 22 \angle 0$$

Circuito C4: Este circuito es trifásico por lo que:



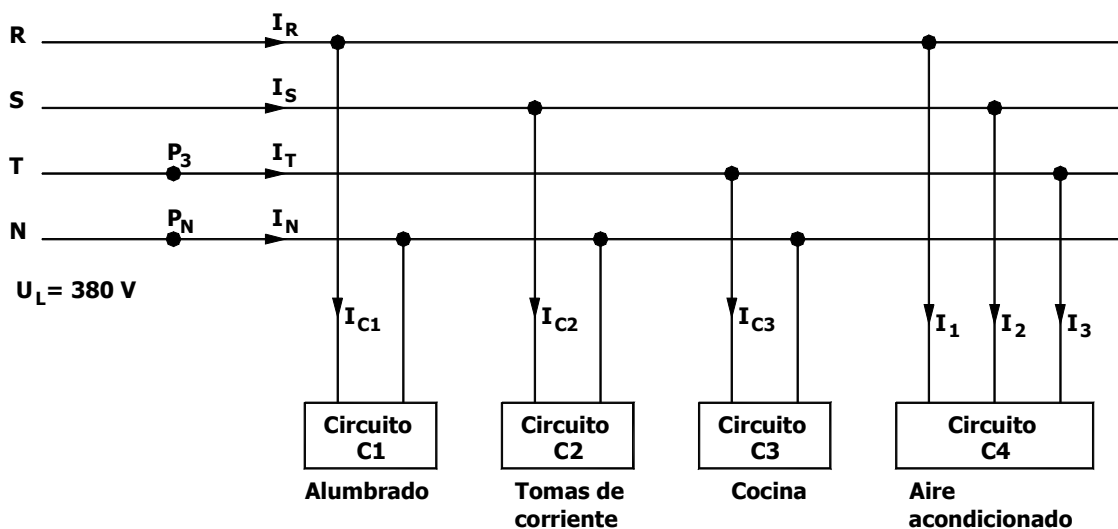
$$I_{C4} = \frac{P_{C4}}{\sqrt{3} U_L \cos \varphi_{C4}} = \frac{7900}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8} = 15 \text{ A}$$

con lo cual:

$$\bar{I}_1 = 15 \angle 90 - \varphi_{C4} = 15 \angle 53,13$$

$$\bar{I}_2 = 15 \angle -30 - \varphi_{C4} = 15 \angle 293,13$$

$$\bar{I}_3 = 15 \angle 210 - \varphi_{C4} = 15 \angle 173,13$$



Las intensidades de línea serán:

$$\bar{I}_R = \bar{I}_{C1} + \bar{I}_1 = 1 \angle 90 + 15 \angle 55,13 = 15,811 \angle 55,3$$

$$\bar{I}_S = \bar{I}_{C2} + \bar{I}_2 = 5 \angle 330 + 15 \angle 293,13 = 19,235 \angle 302,1$$

$$\bar{I}_T = \bar{I}_{C3} + \bar{I}_3 = 10 \angle 210 + 15 \angle 173,75 = 23,77 \angle 187,75$$

la del neutro:

$$\bar{I}_N = -(\bar{I}_{C1} + \bar{I}_{C2} + \bar{I}_{C3}) = -(1 \angle 90 + 5 \angle 330 + 10 \angle 210) = 7,81 \angle 56,33$$

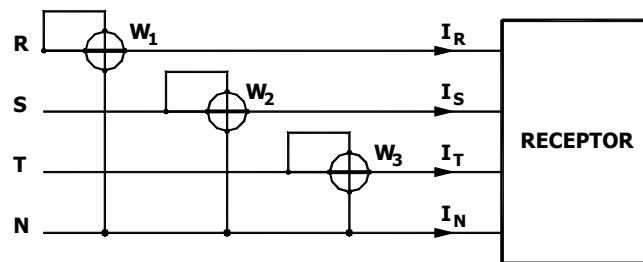
y las potencias correspondientes a esta vivienda:

$$P_{TOTAL} = P_{C1} + P_{C2} + P_{C3} + P_{C4} = 220 + 1100 + 2200 + 7900 = 11420 \text{ W.}$$

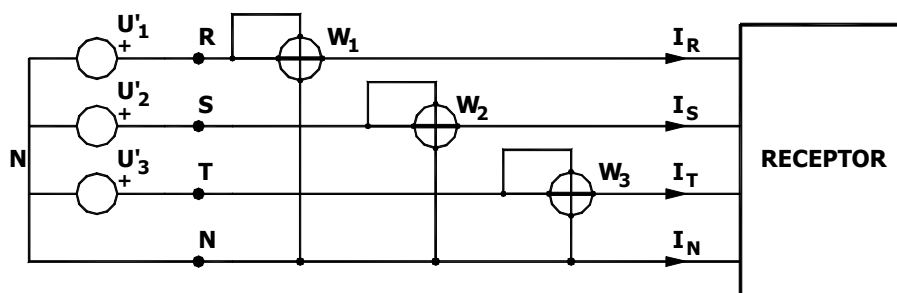
$$Q_{TOTAL} = Q_{C1} + Q_{C2} + Q_{C3} + Q_{C4} = 0 + 0 + 0 + 7900 \times 0,75 = 5925 \text{ VAR.}$$

$$S_{TOTAL} = 12865,5 \text{ VA}$$

2) la distribución de vatímetros propuesta se muestra en la figura siguiente. Elegiremos este montaje pues es el necesario en un sistema a cuatro hilos para medir la potencia activa.



La potencia activa se obtiene sumando las lecturas ofrecidas por cada uno de los tres vatímetros. En este caso, la potencia de cada fase coincide con la lectura del vatímetro conectado a ella. En la figura siguiente se puede observar que la lectura del vatímetro W_1 coincide con la potencia activa suministrada por la fuente U'_1 (fase **R**).



$$W_1 = P_R = U_{RN} I_R \cos (U_{RN}, I_R) = U'_1 I_R \cos (U'_1, I_R)$$

$$W_2 = P_S = U_{SN} I_S \cos (U_{SN}, I_S) = U'_2 I_S \cos (U'_2, I_S)$$

$$W_3 = P_T = U_{TN} I_T \cos (U_{TN}, I_T) = U'_3 I_T \cos (U'_3, I_T)$$

y lo mismo ocurre con el vatímetro W_2 y W_3 , que nos miden la potencia activa suministrada por las fuentes U'_2 y U'_3 respectivamente, o sea, las fases **S** y **T**.

La potencia total suministrada por el generador debe ser igual a la potencia total absorbida por los receptores (independientemente de la clase de receptores que tengamos conectados) por lo que la potencia activa consumida por la red será igual a la suma de las lecturas de los tres vatímetros.

$$P_{TOTAL} = P_R + P_S + P_T = W_1 + W_2 + W_T$$

siendo las lecturas de los vatímetros las siguientes:

$$W_1 = P_R = U_{RN} I_R \cos (U_{RN}, I_R) = 15,81 \times 220 \times \cos (90 - 55,3) = 2859,76$$

$$W_2 = P_S = U_{SN} I_S \cos (U_{SN}, I_S) = 19,23 \times 220 \times \cos (330 - 302,1) = 3739,83$$

$$W_3 = P_T = U_{TN} I_T \cos (U_{TN}, I_T) = 23,77 \times 220 \times \cos (210 - 187,75) = 4839,33$$

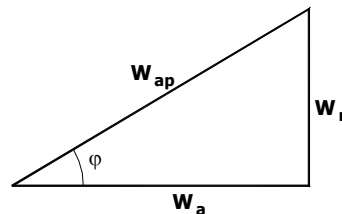
y su suma: $P_{TOTAL} = W_1 + W_2 + W_T = 11438,9 \text{ W} (\approx 11420 \text{ W})$.

3) La pregunta no procede, pues en una vivienda no se dispone de contador de energía reactiva por lo tanto no existe recargo por este concepto. Ahora bien, si se tiene instalados contadores de energía activa y reactiva, el factor de potencia medio de la instalación se calcula, en general, mediante la fórmula:

$$\cos \varphi = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_r^2}}$$

donde: W_a = Energía activa consumida en el periodo de facturación registrado en el contador y expresado en KWh.

W_r = Energía reactiva registrada en el contador de reactiva y expresada en KVArh.



Y a partir de este factor de potencia medio se calcula el coeficiente de recargo K_r , que puede ser bonificación si $\cos \varphi > 0,90$, o sea K_r negativo.

El calculo de W_a y W_r se obtiene a partir de :

$$W_a = \sum P_i N_i \quad W_r = \sum Q_i N_i$$

donde: P_i y Q_i son respectivamente la potencia activa y reactiva del receptor i .

N_i es el número de horas de funcionamiento del receptor i en el periodo de facturación.

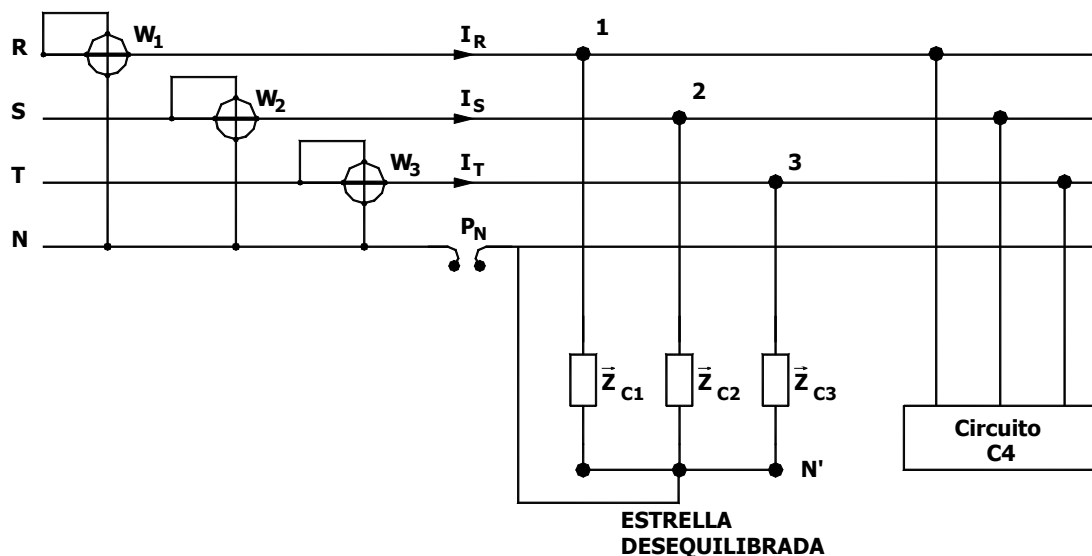
Esto implica que

$$W_a = P \times 24 \text{ horas} \times 60 \text{ días} = 11.420 \times 24 \times 60 = 16.444,8 \text{ Kwh.}$$

$$W_r = Q \times 24 \text{ horas} \times 60 \text{ días} = 5.925 \times 24 \times 60 = 8.532 \text{ KVArh.}$$

Con lo que: $\cos \varphi = 0,8876$ y por tanto el coeficiente de recargo será: 0,57 %

4) Si la rotura del hilo neutro se produce después de la conexión de los vatímetros, como se muestra en el dibujo, el sistema de vatímetros sigue midiendo la potencia activa que esta suministrando nuestra acometida (punto de enganche), esto es debido a que es independiente de lo que pase aguas abajo.



Respecto a la tensión en los diferentes circuitos, el circuito C4 no sufre ninguna modificación, su tensión sigue siendo de 380 V. En cambio, los demás circuitos no estarían a su tensión inicial de 220 V pues forman entre si una estrella desequilibrada sin neutro (ver dibujo), en la cual el potencial del punto N' es diferente al del neutro de la generación, hay un desplazamiento del neutro.

$$\bar{U}_{N'N} = \frac{220 \angle 90 \times 1/220 \angle 0 + 220 \angle -30 \times 1/44 \angle 0 + 220 \angle -150 \times 1/22 \angle 0}{1/220 \angle 0 + 1/44 \angle 0 + 1/22 \angle 0} = 107,43 \angle 236,33$$

Por lo que las tensiones en los diferentes circuitos serán:

$$\bar{U}_{1N'} = \bar{U}_{C1} = \bar{U}_{RN} - \bar{U}_{N'N} = 220 \angle 90 - 107,43 \angle 236,33 = 315,088 \angle 79,1$$

$$\bar{U}_{2N'} = \bar{U}_{C2} = \bar{U}_{SN} - \bar{U}_{N'N} = 220 \angle -30 - 107,43 \angle 236,33 = 250,93 \angle 355,29$$

$$\bar{U}_{3N'} = \bar{U}_{C3} = \bar{U}_{TN} - \bar{U}_{N'N} = 220 \angle -150 - 107,43 \angle 236,33 = 132,574 \angle 188,936$$

Se puede observar que el circuito C1 sufre una sobretensión importante, pasa de tener 220 V que es su tensión nominal a tener entre sus bornes 315 V; En cambio, el circuito C3 pasa a tener una tensión de 132 V.