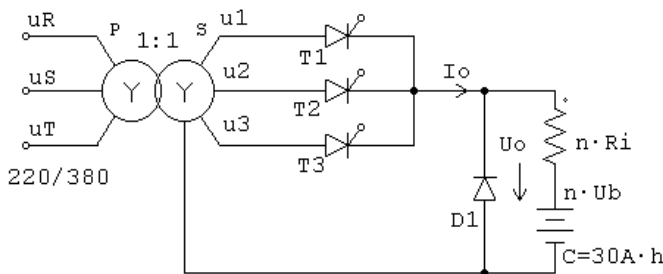


Un rectificador trifásico de media onda controlado, con diodo de libre circulación y transformador estrella/estrella con relación 1:1, se utiliza para cargar, desde la red de distribución de 220/380V, un conjunto de 20 módulos de batería conectados en serie. Cada módulo de batería tiene una resistencia interna de  $0,25\Omega$ , una tensión en vacío de  $13,5V$  y una capacidad de  $30Ah$ . Considerando la tensión de cada módulo invariable durante todo el proceso de carga y que el ángulo de disparo de los tiristores se fija en  $45^\circ$ , se pide:

- Forma de onda de tensión y corriente a la salida del rectificador, acotando los valores más significativos y los ángulos correspondientes.
- Tiempo de carga de las baterías.
- Rendimiento de la instalación.
- Ángulo de disparo de los tiristores para que el tiempo de carga sea mínimo.
- Tiempo mínimo de carga que se puede lograr con este montaje.

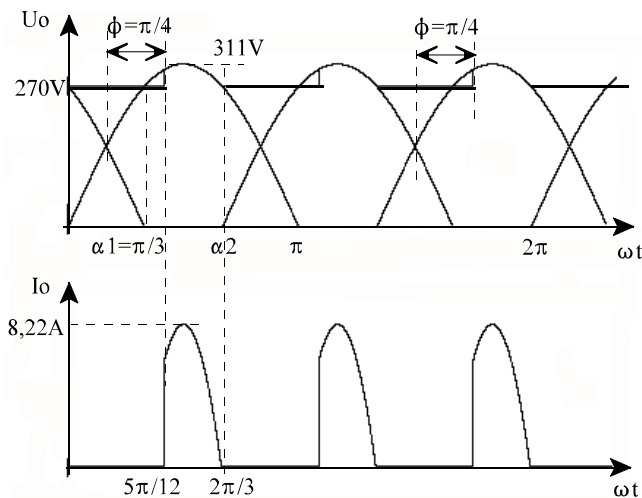
### SOLUCION:



La batería puede ser modelada con una batería ideal de  $U_{BAT} = n \cdot U_b = 270V$  y una resistencia serie de  $R_{BAT} = n \cdot R_i = 5\Omega$ .

La tensión máxima en bornes de la batería será la tensión máxima de red fase-neutro:

$$U_{MAX} = 220 \cdot \sqrt{2} = 311V$$



La tensión de batería igualará a la tensión de red en los instantes o ángulos:

$$U_{BAT} = U_{MAX} \cdot \sin(\alpha_1 \cdot t)$$

$$\alpha_1 = \arcsen \frac{U_{BAT}}{U_{MAX}} \Rightarrow \alpha_1 = 60^\circ = \frac{\pi}{3}$$

$$\alpha_2 = \pi - \alpha_1 \Rightarrow \alpha_2 = 120^\circ = \frac{2 \cdot \pi}{3}$$

El máximo valor de la corriente vendrá dado por:

$$I_{MAX} = \frac{U_{MAX} - U_{BAT}}{R_{BAT}} \Rightarrow I_{MAX} = 8,22 A$$

- b) El tiempo de carga de la batería vendrá en función de la corriente media de carga y de la capacidad de carga ( $C = 30 Ah$ ) de la batería:

$$I_0 = \frac{3}{2 \cdot \pi} \cdot \int_{\pi/12}^{\alpha_2} \frac{U_{MAX} \cdot \sin(\omega t) - U_{BAT}}{R_{BAT}} \cdot d(\omega t) \Rightarrow I_0 = 2,3 A$$

$$C = 30 Ah = I_0 \cdot t \Rightarrow t = C/I_0 = 13h, 2m y 36s.$$

c) El rendimiento de la instalación será:

$$\eta = \frac{U_{BAT} \cdot I_0}{U_{BAT} \cdot I_0 + i_{ef}^2 \cdot R_{BAT}} = 33,5 \%$$

siendo el valor eficaz de la corriente en la batería:

$$i_{ef} = \sqrt{\frac{3}{2 \cdot \pi} \cdot \int_{5\pi/12}^{\alpha_2} \left( \frac{U_{MAX} \cdot \text{sen}(\omega t) - U_{BAT}}{R_{BAT}} \right)^2 \cdot d(\omega t)} \Rightarrow i_{ef} = 15,7 \text{ A}$$

d) Para que el tiempo de carga sea mínimo, la corriente de carga  $I_0$  debe ser máxima:

$$I_0 = \frac{3}{2 \cdot \pi} \cdot \int_{\alpha_1}^{\frac{2\pi}{3}} \frac{U_{MAX} \cdot \text{sen}(\omega t) - U_{BAT}}{R_{BAT}} \cdot d(\omega t) \Rightarrow I_0 = 29,7 \cdot \cos \alpha_1 + 25,78 \cdot \alpha_1 - 35,15$$

$$\frac{dI_0}{d\alpha_1} = 0 \Rightarrow -29,7 \cdot \text{sen} \alpha_1 + 25,78 = 0 \Rightarrow \alpha_1 = 60^\circ \Rightarrow \phi_1 = \alpha_1 - \frac{\pi}{6}$$

luego el ángulo de disparo es de  $\phi_1 = 30^\circ$

e) El tiempo mínimo de carga corresponderá con el ángulo de control  $\phi_1 = 30^\circ$ :

$$\left. \begin{array}{l} C = 30 \text{ A} \cdot h = I_0 \cdot t_{\min} \\ \alpha_1 = 60^\circ \\ I_0 = 29,7 \cdot \cos \alpha_1 + 25,78 \cdot \alpha_1 - 35,15 = 4,7 \text{ A} \end{array} \right\} \Rightarrow t_{\min} = 4h, 17m \text{ y } 8s$$