Ejercicio 13 de la colección de problemas

Enunciado:

En el circuito de la figura la tensión es de $275\sqrt{3}$ V

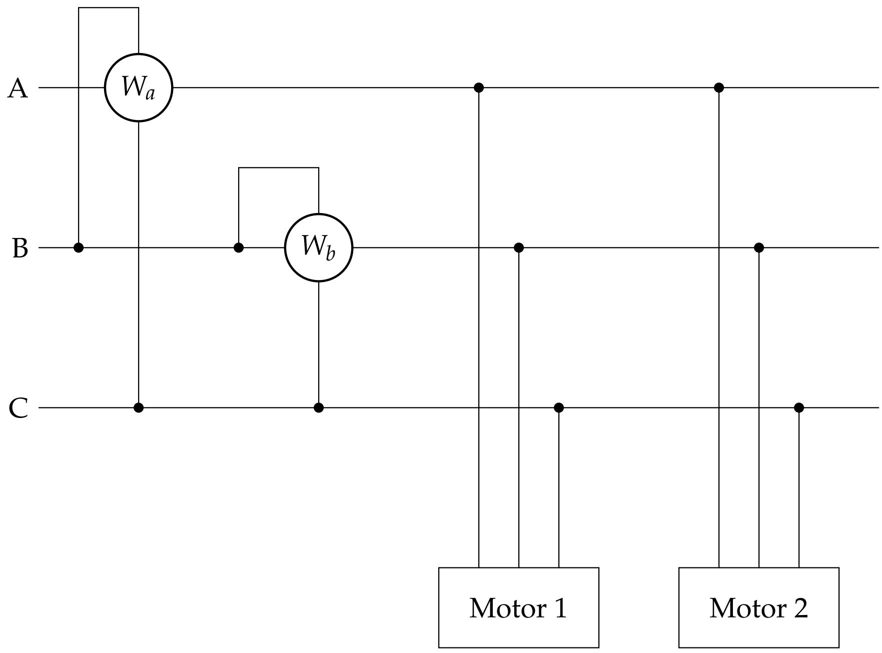
Los motores 1 y 2 tienen factores de potencia 0,96 y 0,8, respectivamente

El vatímetro W_a da una lectura de $2420\sqrt{3}$ W

Al medir las intensidades de los motores se comprueba que son iguales en ambos

Con esta información se debe determinar:

1. Secuencia de fases del sistema
2. Lectura del vatímetro W_b
3. Impedancias de cada uno de los motores e impedancia equivalente del conjunto



Solución:

El sistema está equilibrado y es inductivo (dado que un motor es una carga inductiva). Por tanto, la reactiva total es positiva. Por otra parte, la lectura de W_a corresponde a:

$$W_a = \pm \frac{Q}{\sqrt{3}}$$

Dado que la lectura del vatímetro es positiva y la potencia reactiva total también es positiva, hay que elegir el signo positivo. Este vatímetro está conectado entre B y C, luego se trata de una $\boxed{\text{SFD}}$ (BC $\in$ SFD).

Con la lectura del vatímetro W_a tenemos la potencia reactiva total del sistema. Por Boucherot sería:

$$Q = Q_1 + Q_2 = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_1 \cdot [\text{sen}(\theta_1) + \text{sen}(\theta_2)]\ , \quad \text{donde}\ \ \theta_1 = \arccos(\text{fdp}_1)\ ,\ \theta_2 = \arccos(\text{fdp}_2)$$

donde se ha tenido en cuenta que las corrientes de los dos motores son iguales, $I_1 = I_2$. De esta expresión podemos obtener el valor de estas corrientes:

$$I_1 = I_2 = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot [\mathrm{sen}(\theta_1) + \mathrm{sen}(\theta_2)]} = 10\,\mathrm{A}$$

Con una operación similar para la potencia activa:

$$P = P_1 + P_2 = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_1 \cdot [\cos(\theta_1) + \cos(\theta_2)] = 14\,520\,\mathrm{W}$$

Con este resultado podemos calcular la lectura del vatímetro W_b. Este vatímetro forma parte de un montaje Aron (corresponde a W_2 en el montaje de Aron, ya que mide $U_{BC} \in$ SFD). Si añadimos un vatímetro ficticio en la fase A, W_x, tendríamos:

$$\begin{aligned} W_x + W_b &= P \\ W_x - W_b &= Q/\sqrt{3} = W_a \end{aligned}$$

Por tanto:

$$W_b = 1/2 \cdot (P - W_a) = \boxed{5164{,}2\,\mathrm{W}}$$

Las impedancias de los dos motores podemos calcularlas con la tensión del sistema y las corrientes que los alimentan, calculadas en el apartado anterior, $I_1 = I_2 = 10\,\mathrm{A}$:

$$\begin{aligned} \overline{Z}_{1\curlywedge} &= \frac{U_f}{I_1}\underline{/\theta_1} = \frac{U_L/\sqrt{3}}{I_1}\underline{/\theta_1} = 27{,}5\underline{/16{,}26^\circ}\,\Omega \\ \overline{Z}_{2\curlywedge} &= \frac{U_f}{I_2}\underline{/\theta_2} = \frac{U_L/\sqrt{3}}{I_2}\underline{/\theta_2} = 27{,}5\underline{/36{,}87^\circ}\,\Omega \end{aligned}$$

Para calcular la impedancia equivalente del conjunto necesitamos la corriente total y el ángulo, que se obtienen del triángulo de potencias:

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{P^2 + Q^2} = 16\,233{,}9\,\mathrm{VA} \\ I &= \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_L} = 19{,}7\,\mathrm{A} \\ \theta &= \arctan\frac{Q}{P} = 26{,}56^\circ \end{aligned}$$

Por tanto:

$$\overline{Z}_{\curlywedge} = \frac{U_f}{I}\underline{/\theta} = 13{,}97\underline{/26{,}56^\circ}\,\Omega$$

A este mismo resultado se puede llegar calculando la impedancia equivalente del paralelo de $\overline{Z}_{1\curlywedge}$ y $\overline{Z}_{2\curlywedge}$:

$$\overline{Z}_{\curlywedge} = \frac{\overline{Z}_{1\curlywedge} \cdot \overline{Z}_{2\curlywedge}}{\overline{Z}_{1\curlywedge} + \overline{Z}_{2\curlywedge}} = 13{,}97\underline{/26{,}56^\circ}\,\Omega$$