EJERCICIO Nº 3

TEMA V: Motores asíncronos

OBJETIVOS: Revisión ensayos motores asíncronos. Cálculo del circuito equivalente. Cálculo del par máximo y del deslizamiento de par máximo.

ENUNCIADO: Los siguientes datos corresponden a la pruebas realizadas en un motor asíncrono trifásico de 3 pares de polos y 7,5 kW, 400 V 50 Hz, conexión en estrella, CLASE A y corriente nominal 28 A:

Medida de la resistencia de estator: 0,243 Ω /fase.

Ensayo de rotor libre: 50 Hz, 240 V, I_0=8,17 A, P_0=420 W

Ensayo de rotor bloqueado: V_{cc}= 25 V, I_{cc}= 27,9 A, P_{cc}= 920 W.

CALCULAR:

1. Parámetros del circuito equivalente.
2. Par máximo.
3. Velocidad de par máximo.

DATOS:

Motor CLASE A: $\mathbf{X_s=X_{R'}}$

SOLUCIÓN:

1º) En el ensayo de rotor libre se tiene: $\mathbf{Z}_0 = \dfrac{\frac{\mathbf{V_{línea}}}{\sqrt{3}}}{\mathbf{I}_0} = \dfrac{\frac{400}{\sqrt{3}}}{8{,}17} = 28{,}3\,\mathbf{\Omega}$. La tensión de línea debe dividirse por $\sqrt{3}$ puesto que la impedancia se calcula sobre el circuito equivalente que es un circuito equivalente fase – neutro. La impedancia cumple: $\mathbf{Z}_0 = \mathbf{R}_0 + \mathbf{jX}_0$. La resistencia se puede calcular directamente a partir de la potencia medida en el ensayo: $\mathbf{R}_0 = \dfrac{\mathbf{P}_0}{3\mathbf{I}_0{}^2} = \dfrac{420}{3\cdot 8{,}17^2} = 2{,}1\,\mathbf{\Omega}$. Conocida la resistencia, la reactancia se obtiene como: $\mathbf{X}_0 = \sqrt{\mathbf{Z}_0{}^2 - \mathbf{X}_0{}^2} = \sqrt{28{,}3^2 - 2{,}1^2} = 28{,}2\,\mathbf{\Omega}$.

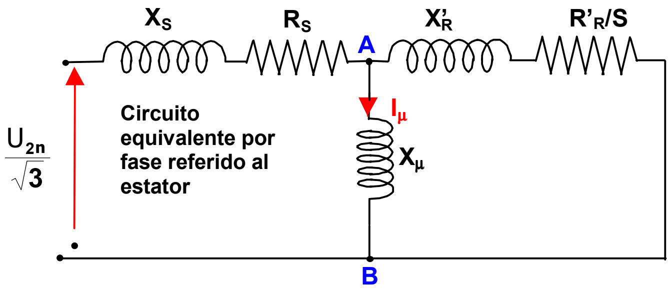
Del ensayo de rotor bloqueado se obtiene: $\mathbf{Z_{cc}} = \dfrac{\frac{\mathbf{V_{cc}}}{\sqrt{3}}}{\mathbf{I_{cc}}} = \dfrac{\frac{25}{\sqrt{3}}}{27{,}9} = 0{,}517\,\mathbf{\Omega}$. La tensión que se da como dato en el ensayo es la de línea, por tanto, también hay dividirla por $\sqrt{3}$. La resistencia cumple: $\mathbf{R_{cc}} = \dfrac{\mathbf{P_{cc}}}{3\mathbf{I_{cc}}{}^2} = \dfrac{920}{3\cdot 27{,}9^2} = 0{,}394\,\mathbf{\Omega}$. Puesto que $\mathbf{Z_{cc}} = \mathbf{R_{cc}} + \mathbf{jX_{cc}}$, la reactancia se puede calcular como: $\mathbf{X_{cc}} = \sqrt{\mathbf{Z_{cc}}{}^2 - \mathbf{X_{cc}}{}^2} = \sqrt{0{,}157^2 - 0{,}394^2} = 0{,}355\,\mathbf{\Omega}$.

Del ensayo de cortocircuito se sabe que $\mathbf{R_{cc}} = \mathbf{R_S} + \mathbf{R_R}'$. Como la resistencia estatórica se suministra de un ensayo independiente: 0,243 Ω /fase la resistencia rotórica se obtiene por diferencia: $\mathbf{R_R}' = \mathbf{R_{CC}} - \mathbf{R_S} = 0{,}394 - 0{,}243 = 0{,}151\,\mathbf{\Omega}$.

Por otro lado, también se cumple que $\mathbf{X_{cc}} = \mathbf{X_S} + \mathbf{X_R}'$. Como el motor es una máquina clase A ($\mathbf{X_s=X_{R'}}$) las reactancias serán: $\mathbf{X_S} = \mathbf{X_R}' = \dfrac{\mathbf{X_{cc}}}{2} = 0{,}177\,\mathbf{\Omega}$.

Del ensayo de vacío se sabe que: $X_0 = X_S + X_\mu$ por tanto, la reactancia de magnetización se puede obtener como: $X_\mu = X_0 - X_S = 28{,}2 - 0{,}177 = 28\ \Omega$.

2º) Para el cálculo del par máximo se partirá del circuito equivalente obtenido mediante los parámetros calculados en el apartado anterior.



En el circuito equivalente se despreciará la resistencia de pérdidas en el hierro para simplificar los cálculos, ya que dichas pérdidas en este tipo de máquina son muy bajas.

Se calculará a partir del circuito anterior el equivalente Thèvenin en los terminales A, B, extremos de la reactancia de magnetización: $\underline{V}_{th} = \dfrac{\dfrac{U_{2n}}{\sqrt{3}} \cdot jX_\mu}{R_S + j\left[X_S + X_\mu\right]}$, por tanto: $V_{th} = 229$ V.

La impedancia del equivalente se puede calcular como: $\underline{Z}_{th} = \dfrac{\left[R_S + jX_S\right] \cdot jX_\mu}{R_S + j\left[X_S + X_\mu\right]} = 0{,}24 + j0{,}18$

Por tanto: $R_{th} = 0{,}24\ \Omega$ $X_{th} = 0{,}18\ \Omega$. El par máximo y el deslizamiento al que éste se produce se podrán obtener entonces como: $T_{max} = \dfrac{3V_{th}^2}{2\Omega_S \cdot \left[R_{th} + \sqrt{R_{th}^2 + \left[X_{th} + X_R'\right]^2}\right]}$

$S_{TMAX} = \dfrac{R_R'}{\sqrt{R_{th}^2 + \left[X_{th} + X_R'\right]^2}}$. A partir del deslizamiento la velocidad se podrá calcular como $N = N_S \cdot (1 - S)$.

RESUMEN

- **Conceptos utilizados para la resolución del problema**
  - Ensayo de rotor libre
  - Ensayo de rotor bloqueado
  - Circuito equivalente
  - Par máximo
  - Deslizamiento de par máximo

- **Expresiones matemáticas utilizadas en la resolución del problema**
  - $Z_0 = \dfrac{\dfrac{V_{línea}}{\sqrt{3}}}{I_0}$
  - $R_0 = \dfrac{P_0}{3I_0^2}$
  - $Z_{cc} = \dfrac{\dfrac{V_{cc}}{\sqrt{3}}}{I_{cc}}$

- $R_{cc} = \dfrac{P_{cc}}{3I_{cc}^{2}}$
- $\underline{V_{th}} = \dfrac{\dfrac{U_{2n}}{\sqrt{3}} \cdot jX_{\mu}}{R_S + j[X_S + X_{\mu}]}$
- $\underline{Z_{th}} = \dfrac{[R_S + jX_S] \cdot jX_{\mu}}{R_S + j[X_S + X_{\mu}]}$
- $T_{max} = \dfrac{3V_{th}^{2}}{2\Omega_S \cdot \left[R_{th} + \sqrt{R_{th}^{2} + [X_{th} + X_R']^{2}}\right]}$
- $S_{TMAX} = \dfrac{R_R'}{\sqrt{R_{th}^{2} + [X_{th} + X_R']^{2}}}$
- $N = N_S \cdot (1 - S)$