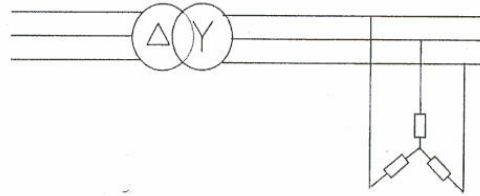


Problema 1: (2 puntos)

La figura muestra el esquema simplificado de la instalación eléctrica de un grupo de bombeo utilizado para un sistema de riego por aspersión.



Se dispone de una red de distribución de 20 kV, 50 Hz que por medio de un transformador Dy11, 1000kVA, 20kV/420V, suministra energía eléctrica al grupo motobomba a través de una línea sin resistencia. El grupo motobomba está representado por una impedancia de $8 \angle 30^\circ$ por fase. Otros datos del transformador son:

$$\epsilon_{Rcc}=4\%, \epsilon_{Xcc}=6\%$$

Calcular:

- Rcc, Xcc, y Zcc del circuito equivalente del transformador reducido al secundario.
- Tensión de línea en bornes de la motobomba y regulación del transformador si $U_{1L}=15\text{kV} = \text{cte}$.
- Rendimiento del transformador.
- Si las pérdidas en el hierro son 5KW, calcular la intensidad real de línea del primario para la cual el transformador estará condiciones de rendimiento máximo

Problema 2: (2 puntos)

Un motor trifásico de 4 polos, conectado en estrella, se alimenta de una red de 380 V, 50 Hz. La impedancia del rotor en con $s=1$ es igual a $0.3 + 1.7$ ohmios, siendo la impedancia del estator despreciable. La relación de transformación es igual a 2 tanto para tensiones como para intensidades.

Calcular:

- Intensidad de línea absorbida y su factor de potencia para un deslizamiento del 5%
- Potencia y par en el eje en el caso anterior.
- Velocidad a la que se obtiene el par máximo (en r.p.m) y par máximo.
- Intensidad de arranque

TRAF0 TRIFASICO Dy11 (Unidades en el SI)

$$\begin{aligned}
 S_n &= 1000000 \text{ VA} & S_{nF} &:= \frac{1000000}{3} \\
 U_{n1L} &= 20 \text{ kV} & U_{n1F} &:= 20000 & I_{n1F} &:= \frac{S_{nF}}{U_{n1F}} & I_{n1F} &= 16.667 \\
 U_{n2L} &= 420 \text{ V} & U_{n2F} &:= \frac{420}{\sqrt{3}} & r_{tF} &:= \frac{U_{n1F}}{U_{n2F}} & r_{tF} &= 82.479 & I_{n2F} &:= r_{tF} \cdot I_{n1F} \\
 Z_{2L} &:= 0 & Z_{2L\text{reduc}} &:= Z_{2L} \cdot r_{tF}^2 & Z_{2L\text{reduc}} &= 0 & I_{n2F} &= 1.375 \times 10^3 \\
 f_{i2} &:= 30 \cdot \frac{\pi}{180} \\
 Z_{2c} &:= 8 \cdot e^{f_{i2} \cdot i} & Z_{2c\text{reduc}} &:= Z_{2c} \cdot r_{tF}^2 & Z_{2c\text{reduc}} &= 4.713 \times 10^4 + 2.721i \times 10^4 \\
 E_{rcc\%} &:= 4 & E_{x\%} &:= 6 & \text{Angcc} &:= \text{atan}\left(\frac{E_{x\%}}{E_{rcc\%}}\right) & |Z_{2c\text{reduc}}| &= 5.442 \times 10^4 \\
 \text{Angcc} &= 56.31 \text{ deg}
 \end{aligned}$$

a) Parámetros de cortocircuito reducidos al secundario [Ω]

$$R_{cc_sec} := \frac{Un2F \cdot Ercc\%}{In2F \cdot 100} \quad R_{cc_sec} = 7.056 \times 10^{-3}$$

$$X_{cc_sec} := \frac{Un2F \cdot Excc\%}{In2F \cdot 100} \quad X_{cc_sec} = 0.011$$

$$Z_{cc_sec} := R_{cc_sec} + X_{cc_sec} \cdot i$$

$$Z_{cc_sec} = 7.056 \times 10^{-3} + 0.011i \quad |Z_{cc_sec}| = 0.013$$

Parámetros de cortocircuito reducidos al primario [Ω]

$$R_{cc} := rtF^2 \cdot R_{cc_sec} \quad R_{cc} = 48 \quad X_{cc} := rtF^2 \cdot X_{cc_sec} \quad X_{cc} = 72$$

O también reducidos al primario [Ω]

$$R_{cc} := \frac{Un1F \cdot Ercc\%}{In1F \cdot 100} \quad R_{cc} = 48$$

$$X_{cc} := \frac{Un1F \cdot Excc\%}{In1F \cdot 100} \quad X_{cc} = 72$$

$$Z_{cc} := R_{cc} + X_{cc} \cdot i \quad Z_{cc} = 48 + 72i \quad |Z_{cc}| = 86.533$$

b) Tensión de línea en bornes de la motobomba y regulación del trafo con 15 kV en el primario constantes

$$U_{1L} := 15000 \quad U_{1F} := U_{1L}$$

$$I_{1F} := \frac{U_{1F}}{Z_{cc} + Z_{2Lreduc} + Z_{2creduc}} \quad I_{1F} = 0.238 - 0.138i \quad |I_{1F}| = 0.275$$

$$U_{2Freduc} := I_{1F} \cdot Z_{2creduc} \quad U_{2Freduc} = 1.498 \times 10^4 - 10.541i \quad |U_{2Freduc}| = 1.498 \times 10^4$$

$$U_{2F} := \frac{U_{2Freduc}}{rtF} \quad U_{2L} := \sqrt{3} \cdot U_{2F} \quad U_{2L} = 314.552 - 0.221i \quad |U_{2L}| = 314.552$$

$$E_{cn\%} := \frac{|U_{n1F}| - |U_{2Freduc}|}{|U_{n1F}|} \quad E_{cn\%} = 0.251 \quad E_{c\%} := \frac{|U_{1F}| - |U_{2Freduc}|}{|U_{1F}|} \quad E_{c\%} = 1.424 \times 10^{-3}$$

c) Rendimiento del trafo

$$P_o := 0 \quad P_{cu} := 3 \cdot (|I_{1F}|)^2 \cdot R_{cc} \quad P_{cu} = 10.908$$

$$R_{end} := \frac{3 \cdot |I_{1F}| \cdot |U_{2Freduc}| \cdot \cos(\phi_2)}{3 \cdot |I_{1F}| \cdot |U_{2Freduc}| \cdot \cos(\phi_2) + P_{cu} + P_o} \quad R_{end} = 0.999$$

d) Si $P_o=5kW$, calcular la intensidad real de línea del primario para máximo rendimiento.

$$P_{cc} := 3 \cdot (|In1F|)^2 \cdot R_{cc} \quad P_{cc} = 4 \times 10^4$$

$$P_o := 5000 \quad Cop := \sqrt{\frac{P_o}{P_{cc}}} \quad Cop = 0.354 \quad I_{1L} := Cop \cdot \sqrt{3} \cdot In1F \quad I_{1L} = 10.206$$

MOTOR TRIFASICO conectado en estrella (Unidades en el SI)

$$\begin{aligned}
 \text{Un1L} &:= 380 & \text{Un1F} &:= \frac{\text{Un1L}}{\sqrt{3}} & \text{Un1F} &= 219.393 \\
 p &:= 2 \\
 f &:= 50 & n_s &:= \frac{60}{p} \cdot f & n_s &= 1.5 \times 10^3 \\
 R1 &:= 0 & X1 &:= 0 \\
 Z2 &:= 0.3 + 1.7 \cdot i & r_{tF} &:= 2 & Z2_{reducida} &:= r_{tF}^2 \cdot Z2 & Z2_{reducida} &= 1.2 + 6.8i \\
 R2_{reducida} &:= \text{Re}(Z2_{reducida}) & R2_{reducida} &= 1.2 \\
 X2_{reducida} &:= \text{Im}(Z2_{reducida}) & X2_{reducida} &= 6.8
 \end{aligned}$$

a) Intensidad de línea y f.d.p. para deslizamiento 5%

$$\begin{aligned}
 s_{\text{sl}} &:= 0.05 \\
 R_{c_reducida}(s) &:= R2_{reducida} \cdot \left(\frac{1}{s} - 1 \right) & R_{c_reducida}(s) &= 22.8 \\
 I1F(s) &:= \frac{\text{Un1F}}{Z2_{reducida} + R_{c_reducida}(s)} & I1F(s) &= 8.462 - 2.398i & |I1F(s)| &= 8.795 \\
 \text{Ang} &:= \text{atan}\left(\frac{|\text{Im}(I1F(s))|}{\text{Re}(I1F(s))}\right) & \text{fdp} &:= \cos(\text{Ang}) & \text{fdp} &= 0.962 \\
 I1L(s) &:= I1F(s) & I1L(s) &= 8.462 - 2.398i & |I1L(s)| &= 8.795
 \end{aligned}$$

b) Potencia y par en el eje para deslizamiento 5%

$$\begin{aligned}
 P_{mi} &:= 3 \cdot (|I1F(s)|)^2 \cdot R_{c_reducida}(s) & P_u &:= P_{mi} & P_u &= 5.291 \times 10^3 \\
 n &:= n_s \cdot (1 - s) & n &= 1.425 \times 10^3 \\
 T_u &:= \frac{P_u}{2 \cdot \frac{\pi}{60} \cdot n} & T_u &= 35.457
 \end{aligned}$$

c) Velocidad de par máximo y par máximo

$$\begin{aligned}
 s_{\text{max}} &:= \frac{R2_{reducida}}{\sqrt{R1^2 + (X1 + X2_{reducida})^2}} & s_{\text{max}} &= 0.176 \\
 n_{s_{\text{max}}} &:= (1 - s_{\text{max}}) \cdot n_s & n_{s_{\text{max}}} &= 1.235 \times 10^3 \\
 T(s) &:= \frac{3 \cdot \text{Un1F}^2 \cdot \frac{R2_{reducida}}{s}}{2 \cdot \frac{\pi}{60} \cdot n_s \cdot \left[\left(R1 + \frac{R2_{reducida}}{s} \right)^2 + (X1 + X2_{reducida})^2 \right]} \\
 T_{\text{max}} &:= T(s_{\text{max}}) & T_{\text{max}} &= 67.594
 \end{aligned}$$

c) Intensidad de arranque

$$\begin{aligned}
 s_{\text{arr}} &:= 1 & I1F(s_{\text{arr}}) &= 5.522 - 31.289i & |I1F(s_{\text{arr}})| &= 31.773
 \end{aligned}$$