

**Problema TRANSFORMADORES**

De un transformador trifásico de 800 kVA, 20.000 V/420 V alimentado a 50 Hz, con conexión estrella-triángulo, se tiene:

VACIO: 420 V ; 1,2% de  $I_n$  ; 2.100 W

CORTOCIRCUITO: 6%  $U_n$  ; corriente nominal ; 6.500 W (primario)

Calcular:

- Circuito eléctrico equivalente aproximado.
- Caídas de tensión relativas ( $\epsilon_{cc}$ ,  $\epsilon_{rcc}$ ,  $\epsilon_{xcc}$ ).
- Rendimiento a plena carga con  $\cos(\varphi)=0.8$  ind. y rendimiento máximo.
- Tensión compuesta en el secundario si, manteniendo constante la tensión primaria, se alimenta una carga trifásica equilibrada de 550 kW con f.d.p. 0,6 capacitivo.

**Problema MÁQUINAS ASÍNCRONAS**

El circuito equivalente de un motor de inducción trifásico de 4 polos, 220/380, presenta los siguientes valores:  $R_1=R'_2=0.85 \Omega$ ;  $X_1=2,5 \Omega$ ;  $X'_2=2,5 \Omega$ ; Si la red tiene una tensión de 380V , 50Hz Calcular:

- Corrientes de arranque y plena carga ( $s_n=4\%$ )
- Par de arranque y Par nominal.
- Capacidad de sobrecarga.
- Velocidad del motor cuando consume la mitad de la corriente nominal.

TRAFO TRIFASICO

$$\begin{aligned}
 S_n &:= 800000 \text{ VA} \\
 U_{n1L} &:= 20000 \text{ V (ESTRELLA)} \\
 U_{o2L} &:= 420 \text{ V (TRIANGULO)} \\
 U_{n1F} &:= \frac{U_{n1L}}{\sqrt{3}} \\
 I_{n1F} &:= \frac{\left(\frac{S_n}{3}\right)}{U_{n1F}} \\
 r_{tF} &:= \frac{U_{n1F}}{U_{o2L}}
 \end{aligned}$$

ENSAYO\_VACIO

$$\begin{aligned}
 I_o\% &:= 1.2 \\
 P_o &:= 2100 \text{ W}
 \end{aligned}$$

ENSAYO\_CORTOCIRCUITO

$$\begin{aligned}
 E_{cc}\% &:= 6 \\
 P_{cc} &:= 6500 \text{ W}
 \end{aligned}$$

a)

PARMETROS DE VACIO reducidos al primario

$$\begin{aligned}
 U_{n1F} &= 11547.005 & I_{o1F} &:= I_o\% \cdot 0.01 \cdot I_{n1F} & P_{oF} &:= \frac{P_o}{3} & \text{Ang0} &:= \arccos\left(\frac{P_{oF}}{U_{n1F} \cdot I_{o1F}}\right) \\
 & & I_{o1F} &= 0.277 & & & \text{Ang0} &= 77.364 \cdot \text{grd} \\
 R_{fe} &:= \frac{U_{n1F}}{I_{o1F} \cdot \cos(\text{Ang0})} & X_m &:= \frac{U_{n1F}}{I_{o1F} \cdot \sin(\text{Ang0})} \\
 R_{fe} &= 190476.19 & X_m &= 42700.841
 \end{aligned}$$

PARMETROS DE CORTOCIRCUITO reducidos al primario

$$\begin{aligned}
 U_{cc1F} &:= E_{cc}\% \cdot 0.01 \cdot U_{n1F} & P_{ccF} &:= \frac{P_{cc}}{3} & \text{Angcc} &:= \arccos\left(\frac{P_{ccF}}{U_{cc1F} \cdot I_{n1F}}\right) \\
 U_{cc1F} &= 692.82 & & & \text{Angcc} &= 82.217 \cdot \text{grd} \\
 R_{cc} &:= \frac{U_{cc1F} \cdot \cos(\text{Angcc})}{I_{n1F}} & X_{cc} &:= \frac{U_{cc1F} \cdot \sin(\text{Angcc})}{I_{n1F}} \\
 R_{cc} &= 4.063 & X_{cc} &= 29.724
 \end{aligned}$$

b)

$$\begin{aligned}
 E_{cc}\% &= 6 & E_{ccR}\% &:= E_{cc}\% \cdot \cos(\text{Angcc}) & E_{ccX}\% &:= E_{cc}\% \cdot \sin(\text{Angcc}) \\
 & & E_{ccR}\% &= 0.813 & E_{ccX}\% &= 5.945
 \end{aligned}$$

c)

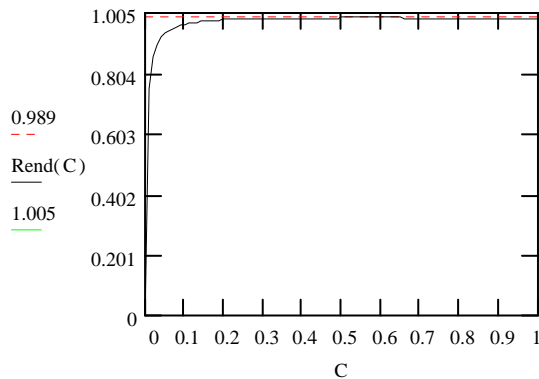
$$\text{fdp1} := 0.8 \quad C_n := 1$$

$$\begin{aligned}
 R_{end} &:= \frac{C_n \cdot S_n \cdot \text{fdp1}}{C_n \cdot S_n \cdot \text{fdp1} + C_n^2 \cdot P_{cc} + P_o} \\
 R_{end} &= 0.987
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C &:= 0, 0.01.. C_n \\
 R_{end}(C) &:= \frac{C \cdot S_n \cdot \text{fdp1}}{C \cdot S_n \cdot \text{fdp1} + C^2 \cdot P_{cc} + P_o}
 \end{aligned}$$

$$\text{Cop} := \sqrt{\frac{P_o}{P_{cc}}} \quad \text{Cop} = 0.568$$

$$\begin{aligned}
 R_{endMax} &:= \frac{\text{Cop} \cdot S_n \cdot \text{fdp1}}{\text{Cop} \cdot S_n \cdot \text{fdp1} + \text{Cop}^2 \cdot P_{cc} + P_o} \\
 R_{endMax} &= 0.989
 \end{aligned}$$



d)

$$\begin{aligned}
 \text{I} & \quad U_{n1F} = \text{I2F}' Z_{cc} + \text{U2F}' & P_{carga} &:= 550000 & \text{fdpcarga} &:= 0.6 & Z_{cc} &:= R_{cc} + X_{cc} \cdot j \\
 \text{II} & \quad P_{carga} = \text{U2F}' \text{I2F}' - Z_{cc} \text{fdpcarga}
 \end{aligned}$$

$$\text{III} \quad \text{U2F}'^2 - U_{n1F} \text{U2F}' + (P_{carga})_F Z_{cc} / \text{fdpcarga} = 0$$

$$\begin{aligned}
 U_{2Fmas} &:= \frac{U_{n1F} + \sqrt{U_{n1F}^2 - 4 \cdot \frac{P_{carga} \cdot Z_{cc}}{3 \cdot \text{fdpcarga}}}}{2 \cdot r_{tF}} & U_{2Fmas} &= 418.066 - 28.875j & |U_{2Fmas}| &= 419.062
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Desfase\_mas} &:= \frac{\text{Im}(U_{2Fmas})}{\text{Re}(U_{2Fmas})} & \text{Desfase\_mas} &= -3.957 \cdot \text{grd}
 \end{aligned}$$

MOTOR TRIFASICO

$p := 2$      $f := 50$

$Un1L := 380$  V (ESTRELLA)

$Un1F := \frac{Un1L}{\sqrt{3}}$

$ns := \frac{f}{p} \cdot 60$

$R1 := 0.85$   
 $X1 := 2.5$

$R2reducida := R1$   
 $X2reducida := X1$

a) -----

Corriente de Fase

$$IF(s) := \frac{Un1F}{\sqrt{\left(R1 + \frac{R2reducida}{s}\right)^2 + (X1 + X2reducida)^2}}$$

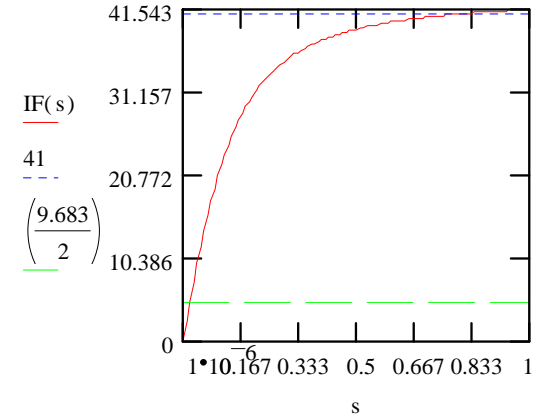
Deslizamiento de arranque:             $sarr := 1$

Corriente de arranque:                 $IF(sarr) = 41.543$

Deslizamiento nominal:                 $sn := 0.04$

Corriente nominal:

Par electromagnético:                 $IF(sn) = 9.683$

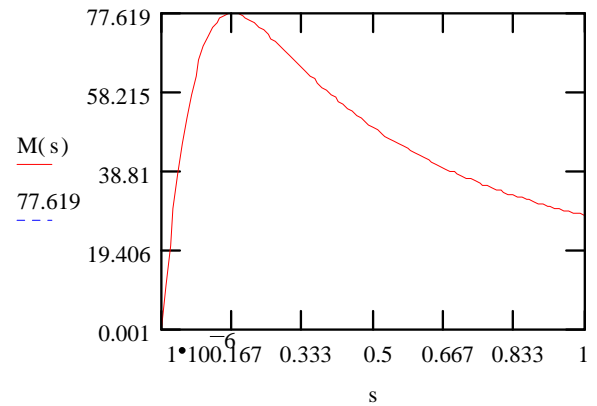


b) -----

$$M(s) := \frac{3 \cdot \frac{R2reducida}{s} \cdot Un1F^2}{\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot ns}{60}\right) \cdot \sqrt{\left(R1 + \frac{R2reducida}{s}\right)^2 + (X1 + X2reducida)^2}}$$

Par de arranque:                         $M(sarr) = 28.017$

Par nominal:                             $M(sn) = 38.049$



c) -----

Deslizamiento máximo

$smax := \frac{R2reducida}{\sqrt{R1^2 + (X1 + X2reducida)^2}}$              $smax = 0.168$

Par máximo:                             $M(smax) = 77.619$     Capacidad de sobrecarga:     $C := \frac{M(smax)}{M(sn)}$              $C = 2.04$

d) -----

$IF(smed) := \frac{Un1F}{\sqrt{\left(R1 + \frac{R2reducida}{smed}\right)^2 + (X1 + X2reducida)^2}}$              $\frac{IF(sn)}{2} = 4.841$

$0 := [-4 \cdot Un1F^2 + IF(sn)^2 \cdot [R1^2 + (X1 + X2reducida)^2]] \cdot s^2 + (2 \cdot R1 \cdot R2reducida \cdot IF(sn)^2) \cdot s + IF(sn)^2 \cdot R2reducida$

$$smed = \frac{-\left(2 \cdot R1 \cdot R2reducida \cdot IF(sn)^2\right) - \sqrt{\left(2 \cdot R1 \cdot R2reducida \cdot IF(sn)^2\right)^2 - 4 \cdot [-4 \cdot Un1F^2 + IF(sn)^2 \cdot [R1^2 + (X1 + X2reducida)^2]] \cdot (IF(sn)^2 \cdot R2reducida)}}{2 \cdot [-4 \cdot Un1F^2 + IF(sn)^2 \cdot [R1^2 + (X1 + X2reducida)^2]}}$$

$n = (1 - smed) ns = 1471$  rpm

$$s_{med} := 0.0192; \quad \text{IF}(s_{med}) = 4.84$$

Nota: Existe una opción más sencilla, solo con las resistencias (parte real).  $\text{Re}(\underline{Z}_{total}) = \text{Re}(\underline{U}_n \text{IF} / (0.5 \underline{\text{IF}}(s_n))) = (R_{2reducida} / s_{med}) + R_1$