PROBLEMA-1

Los parámetros del circuito equivalente de una máquina asíncrona con el un devanado en estator trifásico en estrella y con el devanado del rotor bobinado, también trifásico en estrella, de 690 V, 50 Hz, 4 polos, son los siguientes: R_1=0,031 Ω, R_2=0,0347 Ω, X_1=0,089 Ω, X_2=0,115 Ω y X_μ=3,3 Ω. La tensión entre los anillos rozantes del rotor es a circuito abierto de 782 V cuando se alimenta el estator a la tensión y frecuencia asignadas. Para recuperar la energía de un proceso industrial se acopla dicha máquina a una turbina de vapor que la arrastra a velocidades comprendidas entre 1.530 y 1.560 rpm. Sabiendo que las pérdidas mecánicas de la máquina son de 5.200 W, calcular:

a) Potencias activas y reactivas en bornes de la máquina para las dos velocidades límites de funcionamiento.

b) Calcular el par de salida de la turbina en ambos casos

NOTA: Utilizar el circuito equivalente aproximado y suponer la resistencia R_{Fe} infinita.

$1-\lambda,\ 2-\lambda,\ m_1=m_2=3$

$U_1=690\,V,\ 50\,Hz,\ 2p=4$

$R_1=0{,}031\,\Omega$

$R_2=0{,}0347\,\Omega$

$X_1=0{,}089\,\Omega$

$X_2=0{,}115\,\Omega$

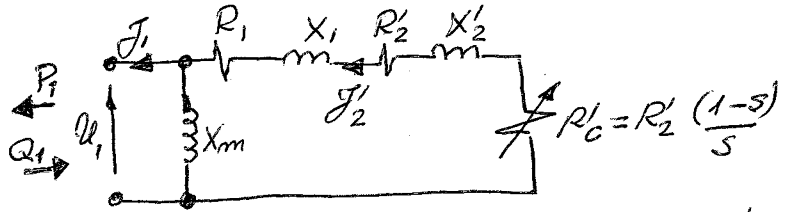
$X_\mu=3{,}3\,j$

$U_2=782\,\Omega$

$perd_{mec}=5200\,W$

$n_r=1530\div1560\ rpm$

$R_{Fe}=\infty$



$r_u=\frac{690}{782}=0{,}8824\ ;\quad r_i=\frac{m_1}{m_2}\cdot r_u=0{,}8824$

$R_2'=r_u\cdot r_i\cdot R_2=0{,}8824\cdot0{,}8824\cdot0{,}0347=0{,}027\,\Omega$

$X_2'=r_u\cdot r_i\cdot X_2=0{,}8824\cdot0{,}8824\cdot0{,}115=0{,}0895\,\Omega$

$s_1=\frac{1500-1530}{1500}=-0{,}02 \qquad s_2=\frac{1500-1560}{1500}=-0{,}04$

$\left.\begin{array}{l} Z_1=(R_1+R_2'+R_c')+j(X_1+X_2') \\ R_c'=R_2'\,\frac{(1-s)}{s}\end{array}\right\}\ I_{2f}'=\frac{U_f}{Z_1}$

$\lambda \Rightarrow U_f=\frac{U_1}{\sqrt3}=\frac{690}{\sqrt3}=398{,}37\,V$

$s=-0{,}02 \Rightarrow R_c'=0{,}027\,\frac{[1-(-0{,}02)]}{-0{,}02}=-1{,}323\,\Omega$

$Z_1=(0{,}031+0{,}027-1{,}323)+j(0{,}089+0{,}0895)=-1{,}265+j0{,}1785=1{,}2775\,\underline{/172^\circ}$

$I_2'=\frac{398{,}37\,\underline{/0^\circ}}{1{,}2775\,\underline{/172^\circ}}=311{,}83\,\underline{/-172^\circ} \qquad I_m=\frac{398{,}37\,\underline{/0^\circ}}{3.3\,\underline{/90}}=120{,}72\,\underline{/-90^\circ}$

$I_1=-308{,}80-j42{,}94-j120{,}72=-308{,}80-j163{,}36=349{,}34\,\underline{/-152{,}12^\circ}$

$S=3\cdot U\cdot I^*=P+jQ=3\cdot398{,}37\,\underline{/0^\circ}(-308{,}80+j163{,}36)=\underline{-369.050+j195233}$

$P_{mec}=3\cdot R_c'\cdot I_2'^2=3\cdot(-1{,}323)\cdot311{,}83^2=\underline{385.937\,W}$

$P_{J2}=3\cdot0{,}027\cdot311{,}83^2=7.876\,W. \quad P_{J1}=3\cdot0{,}031\cdot311{,}83^2=9.043\,W$

$P_u=P_1=P_{mec}-P_{J2}-P_{J1}=385.937-7876-9.043=\underline{36.8718\,W}$

Diferencia: 332 W.

$$M_T = -\frac{(P_{mec} + perd_{mec})}{\Omega r} = \frac{-(385937 + 5200)}{\frac{2\pi \cdot 1530}{60}} = \frac{-391\,137}{160{,}22} = -2.241 \text{ Nm}$$

Repitiendo los cálculos para la velocidad de 1560 rpm ($s = -0{,}04$), se tiene:

$$R'_c = 0{,}027 \frac{[1-(-0{,}04)]}{-0{,}04} = -0{,}702\ \Omega$$

$$Z_1 = (0{,}031 + 0{,}027 - 0{,}702) + j(0{,}089 + 0{,}0895) = -0{,}644 + j0{,}1785 = 0{,}668 \angle 164{,}51$$

$$I'_2 = \frac{398{,}37\angle 0°}{0{,}668\angle 164{,}51} = 596{,}36 \angle -164{,}51$$

$$I_1 = -574{,}7 - j159{,}27 - j120{,}72 = -574{,}7 - j280 = 639{,}28 \angle -154{,}02$$

$$S = 3 \cdot 398{,}37 \angle 0° (-574{,}7 + j280) = -686\,830 + j\,334.631 = P_1 + jQ_1$$

O bien:
$$\begin{cases} P_1 = \sqrt{3} \cdot 690 \cdot 639{,}28 \cdot \cos(-154{,}02) = -686.018 \text{ W} \\ Q_1 = \sqrt{3} \cdot 690 \cdot 639{,}28 \cdot \text{sen}(154{,}02) = 334682 \text{ VAr} \end{cases}$$

$$P_{mec} = 3 R'_c \, I'^2_2 = 3(-0{,}702) \cdot 596{,}36^2 = -748\,989 \text{ W}$$

$$P_{J2} = 3 \cdot 0{,}027 \cdot 596{,}36^2 = 28.807 \text{ W}$$

$$P_{J1} = 3 \cdot 0{,}031 \cdot 596{,}36^2 = 33.075 \text{ W}$$

$$P_1 = P_u = P_{mec} - P_{J2} - P_{J1} = 74.8989 - 28.807 - 33\,075 = 686\,836 \text{ W}$$

$$M_T = \frac{-(748989 + 5200)}{\frac{2\pi \cdot 1560}{60}} = \frac{-754189}{163{,}36} = -4.617 \text{ N.m}$$