



1. El ensayo de un pequeño motor trifásico de inducción ha arrojado los siguientes valores:

Parámetros nominales

$P_n =$	15 CV
$U_1 =$	380 V
$\cos \varphi =$	0,87 ind
$n =$	710 rpm
$f =$	50 Hz
$p =$	4 pares

Otros parámetros

$R_1 =$	0,50 Ω
$P_m =$	250,0 W

Vacío / rotor libre

$U_o =$	380,0 V
$I_o =$	3,00 A
$P_o =$	700,0 W

Cortocircuito / rotor bloqueado

$U_{cc} =$	100,0 V
$I_{cc} =$	20,0 A
$P_{cc} =$	1200,0 W

Solución:

$P_n =$	11,04 kW
$S_n =$	12,69 kVA
$I_n =$	19,28 A
$n_1 =$	750 rpm
$s =$	5,33 %

Vacío

$P_{cu1} =$	13,5 W
$P_{fe} =$	436,50 W
$\cos \varphi_o =$	0,22
$\sin \varphi_o =$	0,98
$I_{fe} =$	0,663 A
$I_\mu =$	2,926 A
$R_{fe} =$	330,8 Ω
$X_\mu =$	75,0 Ω
$Z_o =$	13,1 Ω

Cortocircuito

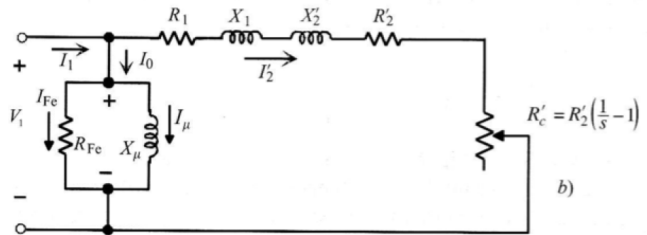
$\cos \varphi_{cc} =$	0,35
$\sin \varphi_{cc} =$	0,94
$R_1 + R_2' =$	1,00 Ω
$X_1 + X_2' =$	2,71 Ω
$Z_{cc} =$	2,89 Ω
$R_2' =$	0,50000 Ω
$X_1 = X_2' =$	1,35 Ω

Potencia, par y rendimiento

$P_a =$	10590,0 W
$P_{cu2} =$	564,8 W
$P_u =$	9775,2 W

$T_n =$	131,474 Nm
$\mu =$	88,54 %

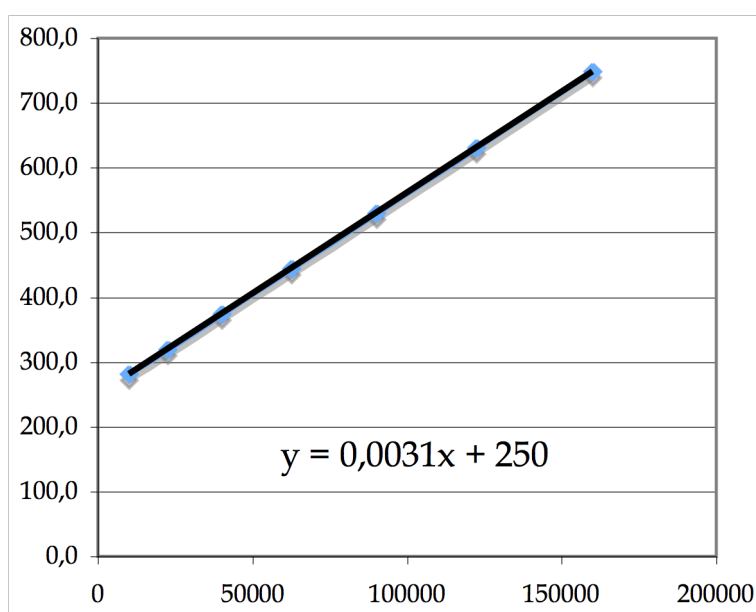
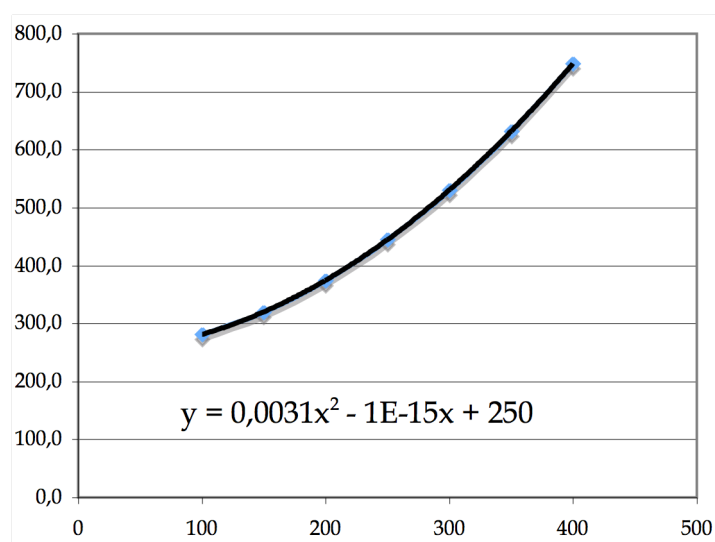
Determinar todos los parámetros del modelo eléctrico simplificado del motor.



2. Para obtener las pérdidas mecánicas del motor anterior se ha efectuado el ensayo de rotor libre varias veces a diferentes tensiones, midiéndose en todos los casos la intensidad circulante y la potencia absorbida. Si los valores proporcionados por los instrumentos son los de la tabla:

	Vacío / rotor libre		
	U_0 (V)	I_0 (V)	P_0 (W)
a) Representar la potencia (W) frente a la tensión (V), obtener la curva de ajuste y extrapolar para estimar las pérdidas mecánicas.	100	1,7	281,2
	150	1,8	320,1
	200	1,9	374,7
b) Representar ahora la potencia (W) frente al cuadrado de la tensión (V^2), obtener la curva de ajuste y las pérdidas mecánicas.	250	2,2	444,8
	300	2,5	530,5
	380	3,0	700,0

Solución:





Tanto en el caso a) de arriba como en el b) de abajo las curvas de ajuste tienen los mismos parámetros, uno de los cuales indica las pérdidas mecánicas: para $x = 0$ V la potencia absorbida sería de $P_o = 250$ W.

3. El ensayo de un motor trifásico de inducción ha arrojado los siguientes valores:

Parámetros nominales

$P_n =$	4,75 CV
$U_1 =$	220 V
$\cos \varphi =$	0,88 ind
$n =$	960 rpm
$f =$	50 Hz
$p =$	3 pares

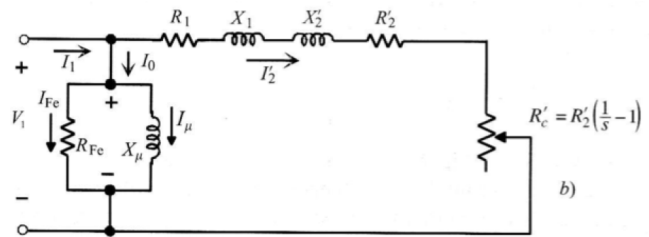
Otros parámetros

$R_1 =$	0,24 Ω
$P_m =$	312,0 W

Vacío / rotor libre

$U_o =$	220,0 V
$I_o =$	3,16 A
$P_o =$	590,0 W

Determinar todos los parámetros del modelo eléctrico simplificado del motor.



Cortocircuito / rotor bloqueado

$U_{cc} =$	34,3 V
$I_{cc} =$	14,50 A
$P_{cc} =$	710,0 W

Solución:

$P_n =$	3,50 kW
$S_n =$	3,97 kVA
$I_n =$	10,43 A
$n_1 =$	1000 rpm
$s =$	4,00%

Vacío

$P_{cu1} =$	7,19 W
$P_{fe} =$	270,81 W
$\cos \varphi_o =$	0,22
$\sin \varphi_o =$	0,97
$I_{fe} =$	0,711 A
$I_\mu =$	3,079 A
$R_{fe} =$	178,7 Ω
$X_\mu =$	41,3 Ω
$Z_o =$	183,4 Ω

Cortocircuito

$\cos \varphi_{cc} =$	0,82
$\sin \varphi_{cc} =$	0,57
$R_1 + R_2' =$	1,126 Ω
$X_1 + X_2' =$	0,773 Ω
$Z_{cc} =$	1,366 Ω
$R_2' =$	0,886 Ω
$X_1 = X_2' =$	0,387 Ω

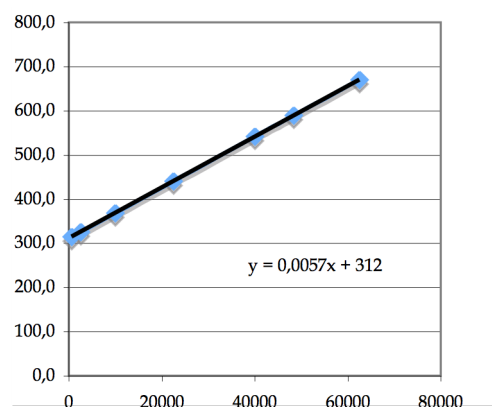
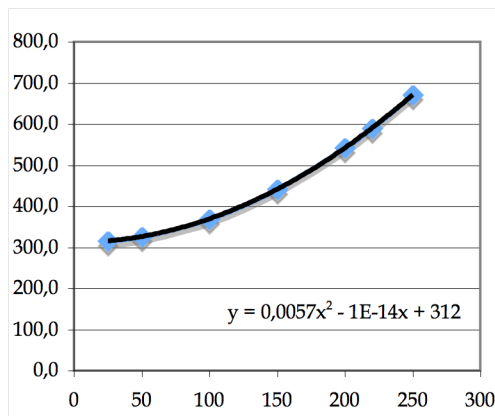
Potencia, par y rendimiento

$P_a =$	3218,0 W	$T_n =$	27,626 Nm
$P_{cu2} =$	128,7 W	$\mu =$	79,44%
$P_u =$	2777,3 W		

4. Para obtener las pérdidas mecánicas del motor anterior se ha efectuado el ensayo de rotor libre varias veces a diferentes tensiones, midiéndose en todos los casos la intensidad circulante y la potencia absorbida. Si los valores proporcionados por los instrumentos son los de la tabla:

	Vacío / rotor libre		
	U_0 (V)	I_0 (V)	P_0 (W)
a)	25	14,874	315,6
	50	7,691	326,4
	100	4,353	369,4
b)	150	3,466	441,2
	200	3,192	541,8
	220	3,160	590,0

Solución:



5. Un motor asíncrono trifásico con rotor en jaula de ardilla de 230/400 V ha sido ensayado y caracterizado con los parámetros que se indican a continuación:

Parámetros nominales

$$R_1 = 0,50 \Omega$$

$$X_1 = 3,00 \Omega$$

$$R_2' = 0,80 \Omega$$

$$X_2' = 3,50 \Omega$$

$$U_n = 400 \text{ V}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$p = 4 \text{ pares}$$

$$s = 4,00\%$$

$$P_m = 300 \text{ W}$$

a) Si se alimenta a 400 V ¿cómo se conecta?

b) ¿Qué intensidad absorberá al arrancar?

c) Con el deslizamiento a plena carga calcular la intensidad, la potencia útil y el par en el eje, y el rendimiento nominal

d) ¿Cuál es la velocidad a la que ofrece el par máximo y cuánto vale éste?

Solución:

La tensión nominal de 230/400 V indica que cada bobina del estátor está prepara-



da para soportar una tensión de 230 V en valor eficaz. Alimentando a 400 V pero conectando en estrella aseguramos que cada una está sometida efectivamente a $400/\sqrt{3} = 230$ V. Conectando en triángulo cada una se vería sometida a 400 V, que es un valor inadecuado.

El resto de cuestiones se resuelven en la tabla siguiente:

Arranque:	Re	Im	Mod	Arg
ZT =	1,30	6,50	6,63	78,69Ω
I _{1a} =	6,83	-34,16	34,84	-78,69 A
Régimen nominal (deslizamiento s):				
Z _{Tn} =	20,50	6,50	21,51	17,59Ω
I _{1n} =	10,24	-3,25	10,74	-17,59 A
cos φ _i =	0,95			
sen φ _i =	0,30		P _{mi} =	6642,2W
P _n =	7091,9W		P _u =	6342,2W
Q _n =	2248,6VAr		μ =	89,43%
S _n =	7439,8VA			
Par nominal:		Par máximo:		
n ₁ =	750rpm	s _m =	12,27%	
n =	720rpm	n' =	658,0rpm	
T _n =	84,12Nm	T _m =	145,1Nm	

6. El motor anterior se aprovecha como generador y se le acopla un motor de gasoil que le hace girar a 768 rpm. Verificar que la potencia nominal entregada a la red es de 4690 W con un factor de potencia de 0,98. Calcular la potencia aparente del generador en esas condiciones y el par que debe proporcionar el motor de gasoil. ¿Podría obtenerse más potencia todavía de este generador?

Solución:

El deslizamiento ahora cambia y vale $s\% = \frac{n_1 - n}{n_1} \times 100 = \frac{750 - 768}{750} \times 100 = -2,40\%$.

En estas condiciones:

	Re	Im	Mod	Arg
Régimen nominal (deslizamiento s):				
Z _{Tn} =	-32,83	6,50	33,47	168,80Ω
I _{1n} =	-6,77	-1,34	6,90	-168,80 A
cos φ _i =	-0,98			
sen φ _i =	0,19		P _{mi} =	-4875,0W
P _n =	-4689,3W		P _u =	-5175,0W
Q _n =	928,3VAr		μ =	90,62%
S _n =	4780,3VA			

Par nominal:

$$\begin{aligned}n_1 &= 750,0\text{rpm} \\ n &= 768,0\text{rpm} \\ T_n &= -64,35\text{Nm}\end{aligned}$$

Par máximo:

$$\begin{aligned}s_m &= -12,27\% \\ n' &= -842,0\text{rpm} \\ T_m &= -169,2\text{Nm}\end{aligned}$$

Como el par máximo como generador no se ha superado (-64,35 Nm frente a -169,2 Nm), es incluso interesante elevar el deslizamiento hasta el máximo de -12,27% para casi multiplicar por tres la potencia entregada por el generador (12271,4 W). Sin embargo el factor de potencia decaerá muchísimo (0,68) y el rendimiento también será menor (80,62%).

7. Si el motor del problema 6 está girando en condiciones nominales y se invierten de golpe dos fases del estátor, el régimen de funcionamiento pasa a ser el de freno eléctrico. Hallar la intensidad que circula por él y la potencia total que se va a disipar en calor en sus devanados. Estime su rendimiento como freno.

Solución:

El deslizamiento valdrá $s\% = \frac{n_1 - n}{n_1} \times 100 = \frac{750 - (-720)}{750} \times 100 = 196,0\%$. Entonces:

	Re	Im	Mod	Arg
Régimen como freno:				
$ZT_n =$	0,91	6,50	6,56	82,05 Ω
$I_{ln} =$	4,87	-34,85	35,19	-82,05 A
$\cos \phi_i =$	0,14			
$\sin \phi_i =$	0,99		$P_{mi} =$	-1455,5 W
$P_n =$	3373,3 W		$P_u =$	-1755,5 W
$Q_n =$	24144,1 VAr		$P_{total} =$	5129 W
$S_n =$	24378,6 VA		$\mu =$	52,04%

Par nominal:

$$\begin{aligned}n_1 &= 750\text{rpm} \\ n &= -720\text{rpm} \\ T_n &= -23,28\text{Nm}\end{aligned}$$

El motor absorbe potencia del eje (1755,5 W) y de la red (3373,3 W) con lo que deberá disipar la suma de ambas cantidades (5129 W).

El rendimiento puede calcularse como la relación entre la potencia absorbida del eje (el efecto útil conseguido al funcionar como freno) y la potencia requerida por el motor (la extraída de la red), resultando un 52,04%.



8. Se conocen los siguientes datos del motor de una electrobomba sumergida:

Parámetros nominales

$R_1 =$	0,53 Ω
$X_1 =$	5,20 Ω
$R'_2 =$	0,56 Ω
$X'_2 =$	4,30 Ω
$U_n =$	220/380 V
$f =$	50 Hz
$p =$	1 par
$s =$	3,33%
$P_m =$	504 W

- Si se alimenta a 380 V ¿cómo se conecta?
- ¿Qué intensidad absorberá al arrancar?
- Si la carga a mover ofrece un par resistente de 5 Nm ¿arrancaría el motor con ella?
- Con el deslizamiento a plena carga calcular la intensidad, la potencia útil y el par en el eje, y el rendimiento nominal
- Calcular el par máximo de la máquina

Solución:

Este problema es esencialmente como los anteriores, con la excepción del cálculo del par de arranque, para $s = 1$, que se hace a partir de la expresión general del par con $m_1 = 3$ para una máquina trifásica:

$$T = \frac{m_1 \frac{R'_2}{s} V_1^2}{2\pi \frac{n_1}{60} \left[\left(R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + X_{cc}^2 \right]} \quad \text{con} \quad \begin{cases} m_1 = 3 \\ V_1^2 = \left(\frac{U_1}{\sqrt{3}} \right)^2 = \frac{U_1^2}{3} \end{cases}$$

Arranque:	Re	Im	Mod	Arg
ZT =	1,09	9,50	9,56	83,45 Ω
I1a =	2,62	-22,79	22,94	-83,45 A
Ta =	2,81 Nm			

Régimen nominal (deslizamiento s):

ZTn =	17,33	9,50	19,76	28,73 Ω
I1n =	9,73	-5,34	11,10	-28,73 A
cos fi =	0,88			
sen fi =	0,48			Pmi = 6004,0 W
Pn =	6407,0 W			Pu = 5500,0 W
Qn =	3512,2 VAr			$\mu = 85,84\%$
Sn =	7306,6 VA			

Par nominal:

n1 =	3000 rpm
n =	2900 rpm
Tn =	18,11 Nm

Par máximo:

sm =	5,89%
n' =	2823,4 rpm
Tm =	22,9 Nm

9. Estudiar el efecto de incrementar la resistencia del rotor R2 a través del aumento en su parámetro equivalente R'2: repetir el cálculo del par de arranque rellenando la tabla adjunta:

R'2 (Ω)	Ta (Nm)
0,56	2,81
0,98	4,87
1,72	8,29
3,00	13,43
5,25	19,51
9,19	22,87

Solución:

Los valores del par de arranque ($s = 1$) aumentan con el valor de R'2 que al hacerse lo suficientemente grande permiten que el motor arranque con el par máximo.

