MÁQUINAS ASÍNCRONAS

Un motor de inducción de rotor bobinado está conectado en estrella y tiene las siguientes características nominales: 725 rpm, 380 V, 50 Hz.

a) Determinar la velocidad de sincronismo, el número de pares de polos y el deslizamiento en el punto nominal de funcionamiento.

b) Si los pares de polos se reducen a la mitad y considerando que el deslizamiento no cambia, ¿cuál será su nueva velocidad de funcionamiento?

Solución:

a)

- Número de pares de polos:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p}; \qquad p = \frac{60 \cdot f}{n} = \frac{60 \cdot 50}{725} = 4.14 \cong \boldsymbol{4\ pares\ de\ polos}$$

- Velocidad de sincronismo:

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{4} = \mathbf{750\ r.p.m.}$$

- Deslizamiento:

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} 100 = \frac{750 - 725}{750} 100 = \mathbf{3.3\%}$$

b) Calculamos la nueva velocidad de sincronismo con p = 2:

$$n_1 = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ r.p.m.}$$

Calculamos la nueva velocidad nominal a partir del deslizamiento:

$$0.033 = \frac{1500 - n}{1500}; \qquad n = 1500 - 0.033 \cdot 1500 = \mathbf{1450\ r.p.m.}$$

Un motor de inducción de jaula de ardilla utilizado para accionar una motobomba de agua de lluvia tiene la siguiente placa de características: Motor trifásico, 50 Hz ; 300 W; 400 V D 0.81 A; 2800 rpm; cos ϕ =0.84. Determinar:

a) Velocidad de sincronismo, número de pares de polos, deslizamiento y par en el punto nominal de funcionamiento

b) Forma de conexión del motor a 400 V. Potencias activa y reactiva y rendimiento en el punto nominal de funcionamiento.

Solución:

a)

- Número de pares de polos:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p}; \qquad p = \frac{60 \cdot f}{n} = \frac{60 \cdot 50}{2800} = 1.07 \cong \mathbf{1}\ par\ de\ polos$$

- Velocidad de sincronismo:

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = \mathbf{3000\ r.p.m.}$$

- Deslizamiento:

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} 100 = \frac{3000-2800}{3000} 100 = \mathbf{6.67\%}$$

- Par en el punto nominal:

$$T_{nominal} = \frac{P_u}{\frac{2 \cdot \pi}{60} n_1} = \frac{300}{\frac{2 \cdot \pi}{60} 2800} = \mathbf{1.024\ N \cdot m}$$

b)

- Según las especificaciones, el motor soporta 400 en D (delta). Conexión en **triángulo**.
- Potencia activa: $P_1 = \sqrt{3}\, V_L I_L \cos\varphi = \sqrt{3}\, 400 \cdot 0.81 \cdot 0.84 = \mathbf{471.4\ W}$
- Potencia reactiva: $Q_1 = P_1 \frac{sen\varphi}{\cos\varphi} = P_1 \frac{\sqrt{1-\cos^2\varphi}}{\cos\varphi} = 471.4 \frac{\sqrt{1-0.84^2}}{0.84} = \mathbf{304.5\ VAR}$
- Rendimiento: $\eta = \frac{P_{motor}}{P_{abs}} = \frac{300}{471.4} = \mathbf{63.6\%}$

La placa de características de un motor de inducción ofrece los siguientes datos:

Motor Eléctrico

Mot. trifásico 50Hz (clase E) IEC -34-1 MH112-MA-4

380 V Y 5A   220 V D 8.7 A

2.2 kW 3 HP 1400 rpm cos ϕ =0.84

Conectado en triángulo y funcionando sin carga, el motor consume una potencia de 300 W y una intensidad de 4 A. Además, la corriente en el arranque es de 36 A. Indica:

a) Potencia reactiva y factor de potencia cuando trabaja sin carga mecánica

b) Deslizamiento, potencia activa, reactiva y rendimiento trabajando con la carga nominal

c) Velocidad máxima v (en m/s) a la que se podría elevar un peso de 300 kg

d) La corriente consumida en el arranque si se realiza un arranque estrella-triángulo.

Solución:

a)

- Conociendo la potencia consumida sin carga, calculamos el factor de potencia:

$$\cos\varphi_{vacio} = \frac{P_0}{\sqrt{3}\, V_L I_0} = \frac{P_1}{\sqrt{3}\, V_L I_0} = \frac{300}{\sqrt{3}\, 220 \cdot 4} = \mathbf{0.197}$$

- Potencia reactiva: $Q_0 = P_0 \frac{\sqrt{1-\cos^2\varphi 0}}{\cos\varphi 0} = 300 \frac{\sqrt{1-0.197^2}}{0.197} = \mathbf{1.494\ kVAR}$

b)

- Para calcular el deslizamiento con carga nominal es necesario conocer la velocidad de sincronismo y el número de pares de polos de la máquina:

  $p = \frac{60 \cdot f}{n} = \frac{60 \cdot 50}{1400} \cong 2\ pares\ de\ polos$

  $n_1 = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500$ r.p.m.

  $S = \frac{n_1 - n}{n_1} 100 = \frac{1500-1400}{1500} 100 =$ **6.67%**

- Potencia activa (carga nominal): $P_1 = \sqrt{3}\, V_L I_L\, cos\varphi = \sqrt{3}\ 220 \cdot 8.7 \cdot 0.84 =$ **2.785 kW**
- Potencia reactiva (carga nominal): $Q_1 = P_1 \frac{\sqrt{1-cos^2\varphi}}{cos\varphi} = 2.785 \frac{\sqrt{1-0.84^2}}{0.84} =$ **1.799 kVAR**
- Rendimiento con carga nominal: $\eta = \frac{P_m}{P_1} = \frac{2.2}{2.785} =$ **79%**

c) Velocidad máxima para levantar 300 kg.
- Calculamos la fuerza necesaria para elevar la masa de 300 Kg:

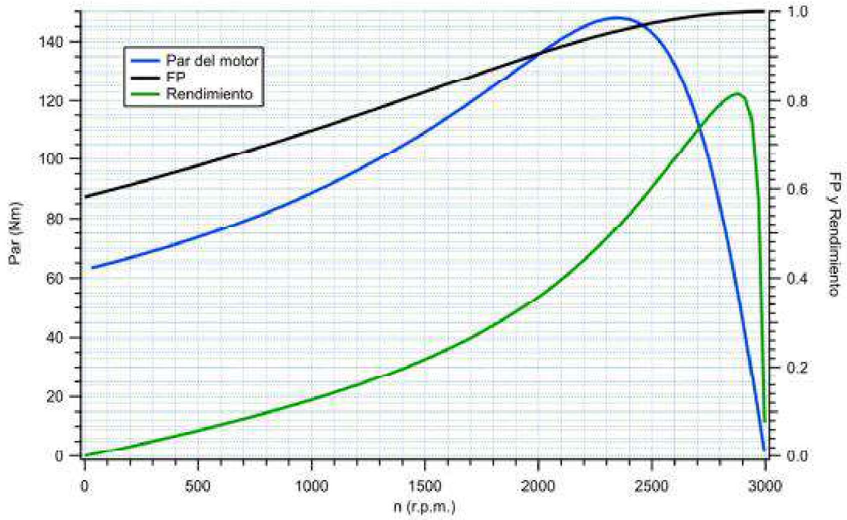
  $F_{carga} = m \cdot g = 300 \cdot 9.81 = 2943N$

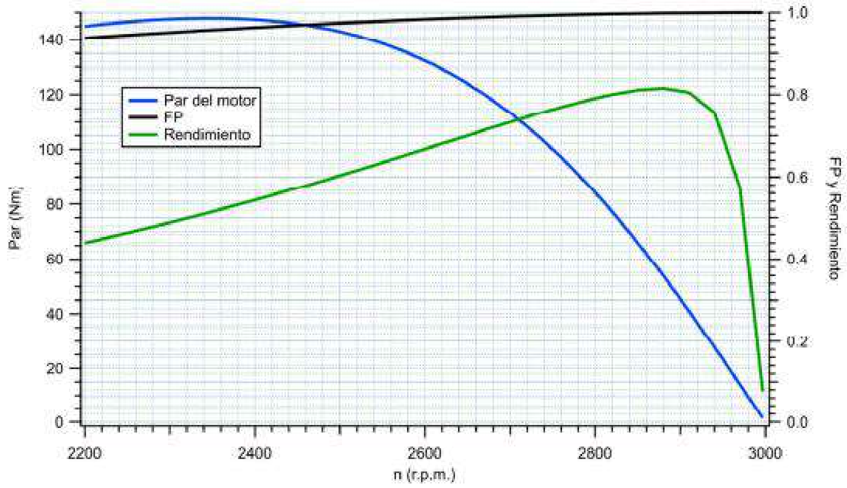
- Calculamos la velocidad a partir de la ecuación que relaciona el par mecánico de la máquina sabiendo que $T_{carga} = F_{carga} \cdot r$ (distancia) y sabiendo que $v = r \cdot \omega$:

  $T_{carga} = F_{carga} \cdot r = \frac{P_m}{\omega}$; $\quad v_{carga} = \frac{P_m}{F_{carga}} = \frac{2200}{2943} =$ **0.75 m/s**

d) Intensidad de arranque estrella-triángulo:
- En el arranque Y-Δ se cumple que $I_Y = I_{\Delta\ arranque} / 3 = 36/3 =$ **12 A**
  - Triángulo: $V_L = \frac{I_{\Delta\ arr}}{\sqrt{3}} \cdot |Z|$; $\quad I_{\Delta\ arr} = \frac{V_L\sqrt{3}}{|Z|}$
  - Estrella: $\frac{V_L}{\sqrt{3}} = I_{Y\ arr} \cdot |Z|$; $\quad I_{Y\ arr} = \frac{V_L}{|Z|\sqrt{3}}$
  - $I_{Y\ arr} = \frac{I_{\Delta\ arr}}{\sqrt{3}} \cdot |Z| \Big/ |Z|\sqrt{3} = I_{\Delta\ arr}/3$

Un motor de inducción de jaula de ardilla tiene la siguiente curva característica:



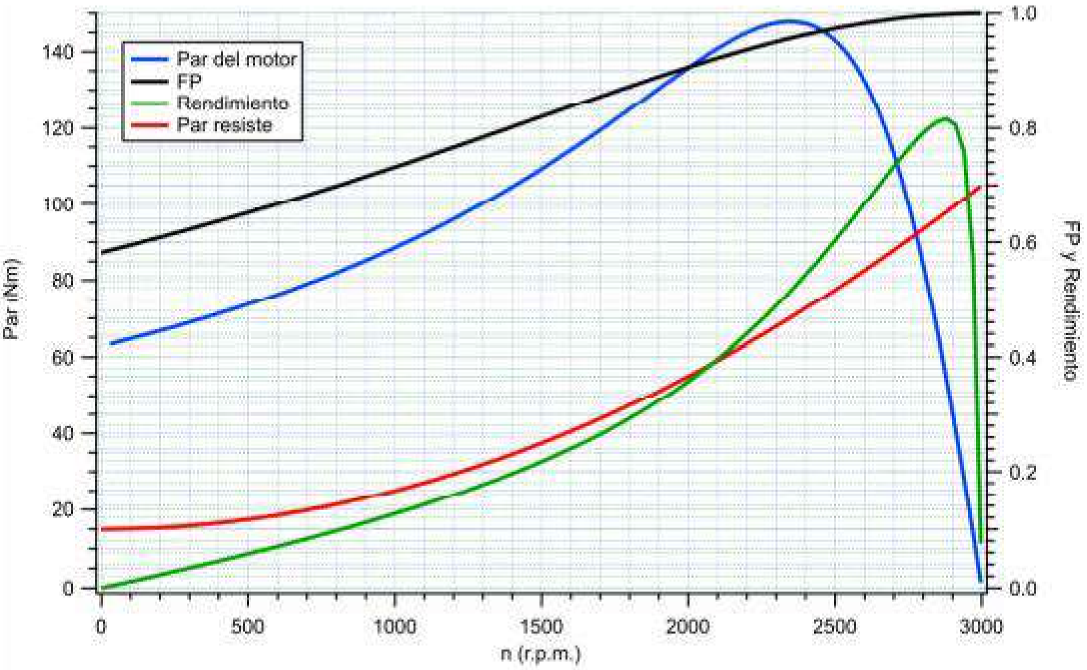


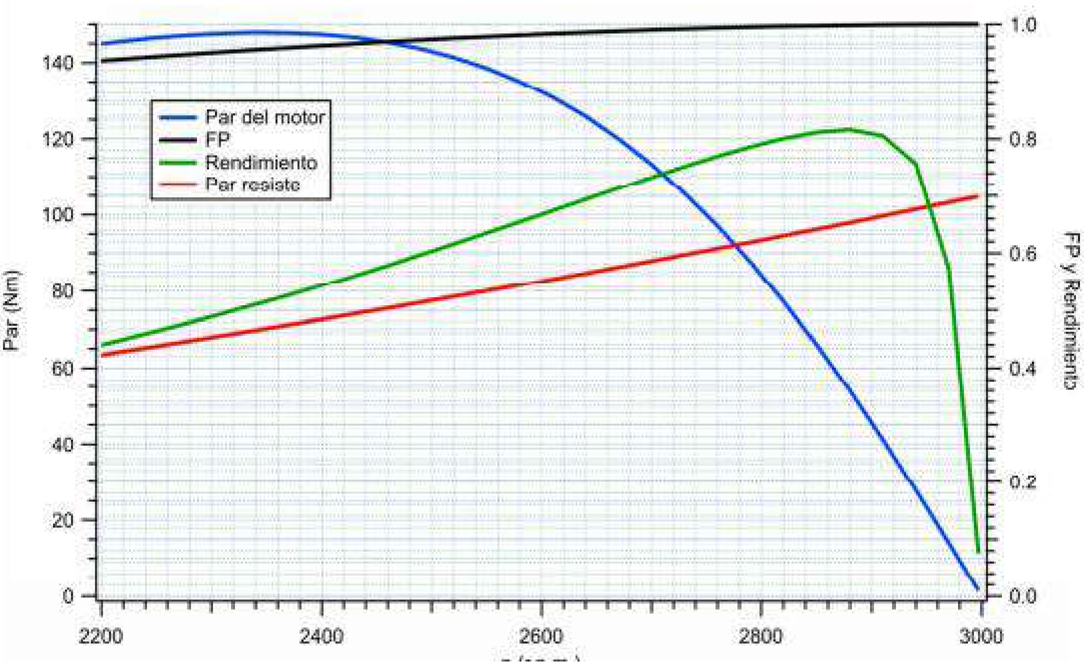
Este motor se conecta a una red trifásica de 400 V y 50 Hz. Determina:

a) Velocidad de sincronismo, número de pares de polos, deslizamiento y par en el punto nominal de funcionamiento.

b) Potencias activa y reactiva y rendimiento en el punto nominal de funcionamiento.

Si conectamos una carga cuyo par resistente varía con la velocidad responde a las siguientes cuestiones:





c) Par motor, factor de potencia y par resistente en el arranque. ¿Puede arrancar el motor?

d) Par y velocidad en el punto de trabajo. ¿Crees que el punto de trabajo es aceptable? ¿Por qué motivo?

e) Deslizamiento, frecuencia de las corrientes rotóricas y potencia mecánica en el punto de trabajo.

f) Potencias activa y reactiva, rendimiento y factor de potencia en el punto de trabajo.

Solución:

a) Si el motor alcanza la velocidad de sincronismo el par mecánico será 0, en ese momento tendremos:
   - Velocidad de sincronismo:

     n_1 = **3000 r.p.m.**

   - Número de pares de polos:

     $n_1 = \frac{60 \cdot f}{p}$; $p = \frac{60 \cdot f}{n_1} = \frac{60 \cdot 50}{3000} = \mathbf{1}\ par\ de\ polos$

   - Para calcular el deslizamiento observamos que, en el punto nominal, es decir, el punto de rendimiento máximo, la velocidad nominal es:
     n (η = 82%) = 2880 r.p.m.

     $S = \frac{n_1 - n}{n_1} 100 = \frac{3000-2880}{3000} 100 = \mathbf{4\%}$

   - Par nominal: T_n = **55 N·m**

b) El motor será conectado en triángulo a 400V.
   - La potencia activa puede calcularse partir de la potencia útil y el rendimiento. Con el par nominal puede calcularse la potencia útil:

     $T_n = \frac{P_u}{\frac{2 \cdot \pi}{60} n_s}$; $P_u = T_n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} n_s = 55 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot 2880 = 16.579\ kW$

     $P_1 = P_u / \eta = 16.579 / 0.82 = \mathbf{20.229\ kW}$

   - La potencia reactiva puede calcularse a partir de la potencia activa y el factor de potencia. En el punto nominal se tiene un factor de potencia de 0.99.

     $Q_1 = = P_1 \frac{\sqrt{1-cos^2\varphi}}{cos\varphi} = 20.229 \frac{\sqrt{1-0.99^2}}{0.99} = \mathbf{2.8825\ kVAR}$

   - Rendimiento en el punto nominal:

     η = **82%**

c) En el arranque la velocidad es 0.
   - Par motor de arranque: $T_{arranque}$ = **62 N·m**
   - Factor de potencia: $F.P._{arranque}$ = **0.58**
   - Par resistente: $T_{R\ arranque}$ = **15 N·m**

   Puesto que el par de arranque es mayor que el par resistente, el motor **puede arrancar.**

d) El punto de trabajo es aquel en el que el par resistente coincide con el par del motor:
   - Par en el punto de trabajo: T_Q = **92.5 N·m**
   - Velocidad en el punto de trabajo: n_Q = **2780 r.p.m.**
   - Rendimiento: η = **78%**

e)
   - Deslizamiento en el punto de trabajo:

     $S = \frac{n_1 - n}{n_1} 100 = \frac{3000-2780}{3000} 100 = \mathbf{7.3\%}$

- Frecuencia de las corrientes rotóricas:

  $f_2 = S \cdot f_1 = 0.073 \cdot 50 =$ **3.66 Hz**

- Potencia mecánica en el punto de trabajo:

  $P_Q = T_Q \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} n_Q = 92.5 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot 2780 =$ **26.929 kW**

f) La potencia activa en el punto de trabajo se puede calcular a partir del rendimiento:

- Potencia activa:

  $P_1 = P_Q / \eta = 26.929 / 0.78 =$ **34.524 kW**

- Factor de potencia: $cos\varphi$=0.9

- Potencia reactiva:

  $Q_1 = = P_1 \frac{\sqrt{1-cos^2\varphi}}{cos\varphi} = 34.524 \frac{\sqrt{1-0.9^2}}{0.9} =$ **16.721 kVAR**

MÁQUINAS SÍNCRONAS

Se dispone de un generador síncrono trifásico conectado en estrella, de 2 pares de polos, reactancia síncrona Xs= 1 Ω, resistencia síncrona Rs=0.1 Ω y característica de magnetización definida por K=10 V/A. Este generador alimenta un motor trifásico de impedancia de fase $Z_L=R_L+j*X_L=20+j*10$ Ω a una tensión de línea de 380 V (50 Hz). Considerando las pérdidas mecánicas de 200 W,

a) Realiza un balance de potencias en el generador

  I. Potencia eléctrica consumida por la carga (motor trifásico)

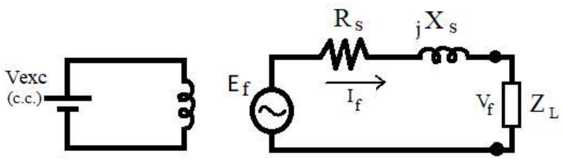
  II. Potencia interna cedida por el generador ideal.

  III. Potencia mecánica que se introduce en el generador desde el exterior

  IV. calcular su rendimiento.

b) Calcula el par exterior que se debe efectuar sobre el rotor del generador.

Solución:



a) I. Potencia eléctrica consumida por la carga (motor trifásico):

- Al encontrarse en configuración estrella, el voltaje de fase será: $V_f = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220\,V$
- Calculamos la corriente de fase:

$$I_f = \frac{V_f}{Z_f} = \frac{220\,V}{(20+j10)\Omega} = 8.7757 - j4.3879 = 9.8116 \angle -26.57º\ \text{A}$$

- Factor de potencia: FP = cos(-25.57) = 0.8944
- Potencia activa consumida por el motor:

$P_{motor} = 3V_f I_f cos\varphi = 3\cdot (380/\sqrt{3}) \cdot 9.8116 \cdot 0.8944 =$ **5.776 kW**

II. Potencia interna cedida por el generador ideal:

- Si el generador es ideal no tiene inductancia síncrona, por tanto:

$P_i = P_{motor} + 3\cdot R_s \cdot I_f^2 = 5776+3\cdot 0.1\cdot 9.8116^2 =$ **5.805 kW**

III. Potencia mecánica que se introduce en el generador desde el exterior:

$P_{mec} = P_{Pmec} + P_i = 200 + 5805 =$ **6.005 kW**

IV. Rendimiento:

$\eta = \frac{P_{motor}}{P_{mec}} = \frac{5.776}{6.005} =$ **96.19%**

b) Par exterior que se debe efectuar sobre el rotor del generador:

- Para calcular el par es necesario conocer la velocidad de sincronismo:

$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500$ r.p.m.

$T_{mec} = \frac{P_{mec}}{\frac{2 \cdot \pi}{60} n_s} = \frac{6005}{\frac{2 \cdot \pi}{60} 1500} = \mathbf{38.23\ N \cdot m}$

Un motor síncrono trifásico de 2 pares de polos, reactancia síncrona Xs=1 ohm y resistencia síncrona Rs=0.1 ohm, alimentado a una tensión de 380 V (50Hz) proporciona un par de 10 Nm trabajando con un factor de potencia de 0.9 (inductivo) y un rendimiento de 85 %. Considerando las pérdidas mecánicas de 250 W,

a) Realizar un balance de potencias

I. Potencia mecánica desarrollada

II. Potencia eléctrica consumida por el motor

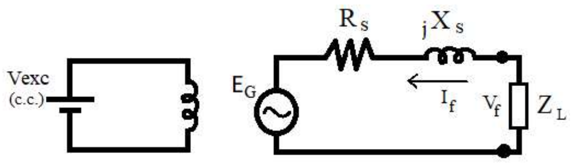
III. Pérdidas en el bobinado del estator

IV. Potencia mecánica interna

V. Pérdidas mecánicas

b) Determinar la intensidad absorbida por el motor.

Solución:



a) I. Potencia mecánica desarrollada:

- Suponiendo una conexión en estrella, calculamos la tensión de fase:

$$V_f = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220\ V$$

- Podemos calcular la potencia mecánica a partir de que sabemos el par. Para ello, calculamos la velocidad de sincronismo:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ r.p.m.};\ T_{mec} = \frac{P_{mec}}{\frac{2 \cdot \pi}{60} n_s}$$

$$P_{mec} = T_{mec} \frac{2 \cdot \pi}{60} n_s = 10 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot 1500 = \mathbf{1.571\ kW}$$

II. Potencia eléctrica consumida por el motor:

- Podemos calcular la potencia eléctrica consumida a partir de que sabemos el rendimiento

$$\eta = \frac{P_{mec}}{P_{elec}}; \qquad P_{elec} = \frac{P_{mec}}{\eta} = \frac{1.571}{0.85} = \mathbf{1.848\ kW}$$

III. Pérdidas en el bobinado del estator (Pérdidas en el cobre)

- Calculamos la corriente que pasa por el estator a partir de que sabemos la potencia eléctrica demandada $P_{elec} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot cos\varphi$; $I_L = \frac{P_{elec}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot cos\varphi} = \frac{1848}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.9} = 3.1197$ A
  $P_{cu} = 3 \cdot R_S \cdot I_L^2 = 3 \cdot 0.1 \cdot 3.1197^2 =$ **2.9198 W**

IV. Potencia mecánica interna

$P_i = P_{elec} - P_{cu} = 1848 - 2.9198$ **= 1.845 kW**

V. Pérdidas mecánicas

$P_{Pmec} = P_i - P_{mec} = 1845 - 1571 =$ **274.28 W**

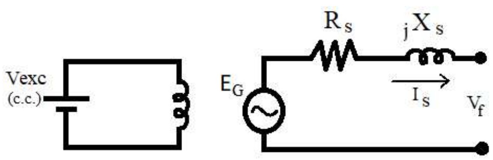
b) Determinar la intensidad absorbida por el motor

$$I_L = \frac{P_{elec}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot cos\varphi} = \frac{1848}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.9} = \mathbf{3.1197\ A}$$

El generador de un grupo electrógeno es una máquina síncrona trifásica de 3x380V, 50 Hz, 10 kVA, con Rs=0.15 ohm y Xs=0.45 ohm. Se desea instalar en la salida del grupo un magnetotérmico para protegerlo. Indica su intensidad nominal y su poder de corte si se dispone de los siguientes valores comerciales:

- Intensidad nominal (A): 3, 6, 10 ,16, 32 y 63.
- Poder de Corte PdC (kA): 1, 2.5, 5, 7.5 y 10

Solución:



Suponiendo una conexión en estrella, primero calculamos la corriente nominal de fase a partir de la potencia aparente:

$S = 3 \cdot V_f \cdot I_f$;

$I_f = \frac{S}{3 \cdot V_L / \sqrt{3}} = \frac{10000}{3 \cdot 380 / \sqrt{3}} =$ **15.15 A**;

En el peor de los casos, en donde la máquina se encuentra en circuito abierto donde $E_G = V_f$ y se produce un cortocircuito. Por tanto, calculamos la intensidad de fallo por cortocircuito:

$R_s{}^2 j X_s{}^2$

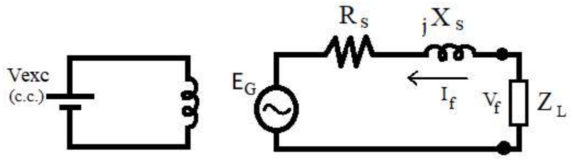
$$I_{S(fallo\ corto)} = \frac{E_G}{Z_S} = \frac{E_G}{\sqrt{{R_S}^2 + j{X_S}^2}} = \frac{380/\sqrt{3}}{\sqrt{0.15^2 + j0.45^2}} = \mathbf{462.52\ A}$$

Escogeremos un magnetotérmico de **16 A** de intensidad nominal y **1 kA** de Poder de Corte.

Un motor síncrono trifásico de 4 pares de polos 50 Hz, tiene el esquema equivalente por fase con Rs=1 ohm y Xs= 20 ohm. Si se alimenta a 380 V consume de la red una potencia de 6 kW con un factor de potencia de 0.8 (capacitivo).

¿Qué par mecánico realiza y cuál es su rendimiento?

Solución:



Para calcular el par mecánico, primero necesitamos conocer la potencia mecánica útil y la velocidad de sincronismo. Para conocer la potencia mecánica útil, deberemos conocer la potencia mecánica interna. Supondremos que las pérdidas mecánicas de la máquina son despreciables.

- Lo primero será calcular la corriente que circula por la máquina para luego poder calcular las pérdidas en el cobre:

  $$I_L = \frac{P_{elec}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot cos\varphi} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.8} = 11.4 \text{ A}$$

  $$P_{cu} = 3 \cdot R_S \cdot I_L^2 = 3 \cdot 1 \cdot 11.4^2 = 389.54 \text{ W}$$

- Calculamos la potencia mecánica interna a partir de la potencia eléctrica absorbida y las pérdidas en el cobre:

  $$Pm_i = P_{elec} - P_{cu} = 6000 - 389.54 = 5610.5 \text{ W}$$

- Al haber despreciado las pérdidas mecánicas, suponemos que la potencia mecánica útil es igual a la potencia mecánica interna de la máquina, por tanto, para calcular el par mecánico solo nos queda por saber la velocidad de sincronismo:

  $$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{4} = 750 \text{ r.p.m.};$$

  $$T_{mec} = \frac{P_u}{\frac{2 \cdot \pi}{60} n_s} = \frac{5610.5}{\frac{2 \cdot \pi}{60} 750} = \mathbf{71.43\ N \cdot m}$$

- Rendimiento:

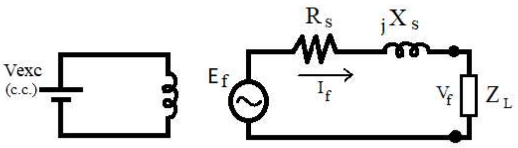
$$\eta = \frac{P_u}{P_{elec}} = \frac{5610.5}{6000} = \mathbf{93.5\%}$$

En la obra de perforación de un túnel, para alimentar la maquinaria y equipos, se instala un grupo electrógeno formado por un motor diésel, un alternador trifásico de dos pares de polos, un regulador de la excitación que mantiene la tensión a la salida del alternador a 400 V y otro regulador que mantiene la velocidad de giro del motor diésel a 1500 r.p.m. El alternador presenta una Rs=0.01 ohm y Xs=0.04 ohm, su característica de excitación viene definida por la constante Ke=0.258 (V.s)/(A.rad) y sus pérdidas mecánicas son despreciables.

a) Calcula la intensidad consumida por la carga (trifásica) que alimenta el grupo, sabiendo que esta carga es tal que, conectada a 380 V, consume 50 kW con un factor de potencia de 0.8 (inductivo)

b) Determina, en estas condiciones, la intensidad proporcionada por el regulador de la excitación para mantener los 400 V a la salida del alternador. Calcula la regulación o variación de tensión del alternador.

Solución:



Suponemos conexión en estrella.

a) Intensidad consumida por el motor:

$$I_L = \frac{P_{elec}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot cos\varphi} = \frac{50000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.8} = \mathbf{94.96\ A}$$

b) Intensidad por el regulador de la excitación para mantener 400 V a la salida del alternador. Calcular la regulación:

- Calculamos la fuerza electromotriz representando la corriente por fase de forma geométrica (inductivo):

$$E_f = V_f + I_f\ (R_s + jX_f) = V_f + |I_f|\ (cos\varphi - jsen\varphi)\ (R_s + jX_f)$$

$$E_f = {}^{380}/_{\sqrt{3}} + |94.96|\ (0.8 - j\sqrt{1 - 0.8^2})\ (0.01 + j0.04) = 222.43 + j2.469\ V$$

$$|E_f| = 222.43\ V$$

- Calculamos la intensidad del regulador a partir de la fuerza electromotriz, la característica de excitación y la velocidad angular:

$$E_f = K_e \cdot \omega \cdot I_e\ ;\ I_e = \frac{E_f}{K_e \frac{2 \cdot \pi}{60} n_S} = \frac{222.43}{0.258\ \frac{2 \cdot \pi}{60}\ 1500} = \mathbf{5.49\ A}$$

- Regulación:

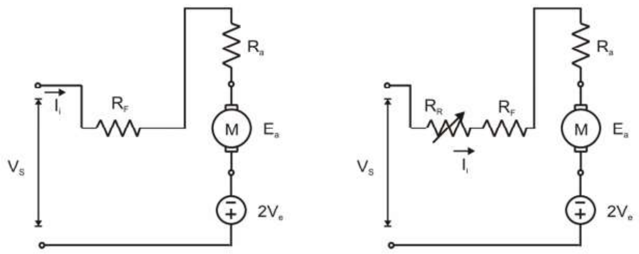
$$\varepsilon = \frac{E_f - V_f}{E_f} = \mathbf{1.37\%}$$

MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA

Un motor serie de corriente continua de 25 CV, 250V, 600 r.p.m., 85 A, tiene de resistencia de los devanados 0,15 Ω. Considerando una caída de tensión por contacto de escobilla con colector de 1,5 V, calcular para el funcionamiento a plena carga:

a) valor de la f.c.e.m. b) Intensidad de arranque directo. c) Resistencia del reostato de arranque para que la intensidad en el momento de conexión no sobrepase el doble de la nominal. d) Potencia absorbida. e) Potencia electromagnética. f) Potencia perdida por efecto Joule en devanados y escobillas. g) Potencia perdida por rotación. h) Rendimiento.

Solución:



I_S = Corriente nominal = I_i = Corriente inducido = I_e = Corriente de excitación

R_F = Resistencia devanado derivación; Ra = Resistencia de inducido;

R_R = Resistencia reostato arranque.

a) valor de la f.c.e.m.

$V_S = I_i \cdot (R_F+R_a) + E_a + 2V_{esc}$

$E_a = V_S - I_i \cdot (R_F+R_a) - 2V_{esc} = 250 - 85\cdot 0{,}15 - 2\cdot 1.5 = \mathbf{234.25\ V}$

b) Intensidad de arranque directo.

- En el arranque $E_a = 0$, por tanto

$$I_{i\ arranque} = \frac{V_S - 2V_{esc}}{R_F + R_a} = \frac{250 - 2\cdot 1.5}{0.15} = \mathbf{1646.7\ A}$$

c) Resistencia del reostato de arranque para que $I_{i\ arranque} \leq 2\cdot\ I_n$

$V_S = I_{i\ arranque} \cdot (R_F+R_a+ R_R) - 2V_{esc}$

$$R_R = \frac{V_S - 2V_{esc}}{I_{i\ arr}} - (R_F+R_a) = \frac{250 - 2\cdot 1.5}{2\cdot 85} - 0.15 = \mathbf{1.3\ \Omega}$$

d) Potencia absorbida

$P_{ab} = V_S\cdot I_i = 250 \cdot 85 = \mathbf{21.250\ kW}$

e) Potencia electromagnética

$P_{electromag} = E_a \cdot I_i = 234.25 \cdot 85 = \mathbf{19.911\ kW}$

f) Pérdidas por efecto Joule:

$P_{cu} = (R_F+R_a)I_i^2 + 2V_{esc}\,I_i = 0.15\cdot85^2 + 2\cdot1.5\cdot85 = \mathbf{1.339\ kW}$

g) Pérdidas por rotación:

- Potencia mecánica útil: P_U = 25 [Cv] · 736 [W/Cv] = 18.4 kW

$P_{rotación} = P_{electromag} - P_U = 19.911 – 18.4 = \mathbf{1.511\ kW}$

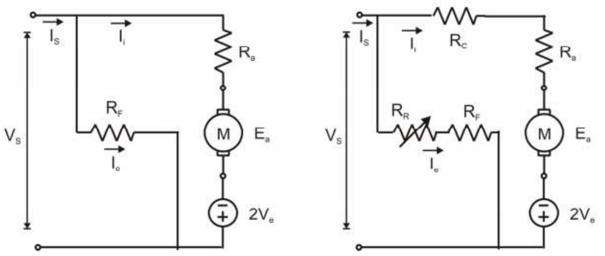
h) Rendimiento:

$\eta = \frac{P_{motor}}{P_{ab}} = \frac{18.4}{21.25} = \mathbf{86.59\%}$

Un motor de corriente continua de excitación derivación de 25 CV, 220V, 95 A, 1450 r.p.m., tiene de intensidad nominal de excitación 1 A. La resistencia de inducido y devanado de conmutación es 0.1 **Ω** y la resistencia del devanado inductor es 120 **Ω**. Se considera una caída de tensión por contacto de escobilla con colector de 1V. Calcular para el funcionamiento a plena carga:

a) valor de f.c.e.m. b) Resistencia del reostato de regulación de la excitación. c) Rendimiento. d) Resistencia del reostato de arranque para que la intensidad de arranque en el inducido no sobrepase 1,5 veces la intensidad de plena carga en el inducido. e) Momento útil. f) Momento electromagnético.

Solución:



I_S = Corriente nominal; I_i = Corriente inducido; I_e = Corriente de excitación

R_F = Resistencia devanado inductor; R_a = Resistencia de inducido;

R_C = Resistencia devanado conmutación; R_R = Resistencia reostato excitación derivación;

$R_{arranque}$ = Resistencia reostato arranque.

a) valor de f.c.e.m.:
   - Necesitamos conocer la corriente del inducido $I_i = I_S – I_e = 95 – 1 = 94$ A

   $E_a = V_S - I_i \cdot (R_c+R_a) - 2V_{esc} = 220 – 94\cdot0.1 – 2\cdot1 = \mathbf{208.6\ V}$

b) Resistencia del reostato de regulación de la excitación R_R:

   $V_S = I_i \cdot (R_F+R_R)$; $R_{exc} = \frac{V_S}{I_e} - R_F = \frac{220}{1} – 120 = \mathbf{100\ \Omega}$

c) Rendimiento:

- Potencia mecánica útil: P_U = 25 [Cv] · 736 [W/Cv] = 18.4 kW
- Potencia absorbida de la red: $P_{ab} = V_S \cdot I_S$ = 220·95 = 20.9 kW

$$\eta = \frac{P_{motor}}{P_{ab}} = \frac{18.4}{20.9} = \mathbf{88.04\%}$$

d) Resistencia del reostato de arranque para que $I_{i\ arranque} \leq 1.5 \cdot I_n$

- En el arranque $E_a = 0$, por tanto

$$R_{arranque} = \frac{V_S - 2V_{esc}}{I_{i\ arr}} - (R_c + R_a) = \frac{250 - 2 \cdot 1.5}{1.5} - 0.1 = \mathbf{1.44\ \Omega}$$

e) Momento útil

$$T_u = \frac{P_u}{\frac{2\cdot\pi}{60}n} = \frac{18400}{\frac{2\cdot\pi}{60}1450} = \mathbf{121.18\ N\cdot m}$$

f) Momento electromagnético

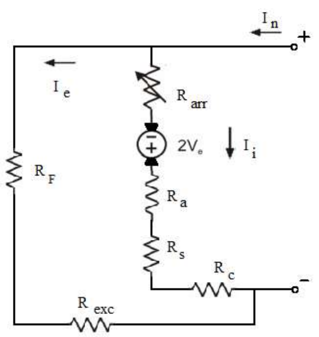
- Calculamos la potencia electromagnética: $P_{electromag} = E_a \cdot I_i$ = 208.6 · 94 = 19608.4 W

$$T_{electromag} = \frac{P_{electromag}}{\frac{2\cdot\pi}{60}n} = \frac{19608.4}{\frac{2\cdot\pi}{60}1450} = \mathbf{129.14 N\cdot m}$$

Un motor de corriente continua de excitación compuesta aditiva en conexión larga a 220 V, consume 38 A y gira 1200 r.p.m. tiene una resistencia de inducido de 0,16 Ω, devanado de conmutación 0,04 Ω y devanado serie 0,1 Ω. La caída de tensión por contacto de escobilla con colector es de 1 V. La resistencia del devanado en derivación es de 184 Ω y la intensidad en el devanado derivación a plena carga 1,1 A. Calcular:

a) Resistencia necesaria en el reostato de excitación. b) Momento electromagnético. c) Momento útil si suministra una potencia de 10 CV. d) Rendimiento. e) Resistencia del reóstato de arranque para que la intensidad en el inducido en el momento del arranque no sobrepase el doble de la intensidad del inducido a plena carga.

Solución:



In = Corriente nominal; I_i = Corriente inducido; I_e = Corriente de excitación

R_F = Resistencia devanado derivación; R_a = Resistencia de inducido;

R_S = Resistencia devanado serie; R_C = Resistencia devanado conmutación;

R_{exc} = Resistencia reostato excitación derivación; R_{arr} = Resistencia reostato arranque.

a) Resistencia en el reostato de excitación:

$$V_S = I_e \cdot (R_F + R_{exc});$$

$$R_{exc} = \frac{V_S}{I_e} - R_F = \frac{220}{1.1} - 184 = \mathbf{16\ \Omega}$$

b) Momento electromagnético:

- La corriente del inducido será: Corriente nominal; $I_i = In - I_e = 38 - 1.1 = 36.9$ A
- Calculamos la potencia electromagnética a partir de la f.c.e.m.:

$$E_a = V_S - I_i \cdot (R_a+R_S+R_C) - 2V_{esc} = 220 - 36.9\cdot(0.16+0.1+0.04) - 2\cdot 1 = \mathbf{206.93\ V}$$

$$P_e = E_a \cdot I_i = 206.93 \cdot 36.9 = \mathbf{7.636kW}$$

- Calculamos el momento electromagnético:

$$T_{electromag} = \frac{P_{electromag}}{\frac{2\cdot\pi}{60}n} = \frac{7636}{\frac{2\cdot\pi}{60}1200} = \mathbf{60.79\ N\cdot m}$$

c) Momento útil para P_u = 10 CV

$$T_u = \frac{10\cdot 736}{\frac{2\cdot\pi}{60}1200} = \mathbf{58.6\ N\cdot m}$$

d) Rendimiento:

$$\eta = \frac{P_u}{P_{ab}} = \frac{7360}{220\cdot 38} = \mathbf{88\%}$$

e) R_{arr} para que la $I_{i\ arranque} \leq 2\cdot I_i$:

$$V_S = I_{i\ arranque} \cdot (R_{arr}+R_a+R_S+R_c) - 2V_{esc}$$

$$R_R = \frac{V_S - 2V_{esc}}{I_{i\ arr}} - (R_a+R_S+R_c) = \frac{220-2\cdot 1}{2\cdot 36.9} - 0.3 = \mathbf{2.65\ \Omega}$$