

## EJERCICIOS RESUELTOS DE MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA

Un motor eléctrico de corriente continua está conectado a una tensión de 24V y consume 2 A girando a una velocidad de 2600 r.p.m.. Su rendimiento es del 90% y su resistencia interna 0,5 ohmios. Calcule:

- La potencia absorbida.
- La fuerza contraelectromotriz.
- La potencia útil.
- El par motor en el eje.
- La intensidad en el momento del arranque.

- a. La potencia absorbida

$$P_{ab} = U \cdot I = 24 \cdot 2 = 48 \text{ W}$$

- b. Despejando de la siguiente fórmula la f.c.e.m.  $E'$

$$U = E' + R_i \cdot I$$

$$E' = U - R_i \cdot I = 24 - 0,5 \cdot 2 = 23 \text{ V}$$

- c. La potencia útil en función de la potencia absorbida y del rendimiento

$$P_u = P_{ab} \cdot \eta = 48 \cdot 0,9 = 43,2 \text{ W}$$

- d. El par motor en el eje

$$P_u = M \cdot \omega$$

$$M = \frac{P_u}{\omega} = \frac{43,23}{2600 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 0,158 \text{ N} \cdot \text{m}$$

- e. En el momento de arranque la f.c.e.m.  $E'$  es cero, luego la intensidad  $I_a$  en el momento del arranque

$$I_a = \frac{U - E'}{R_i} = \frac{24}{0,5} = 48 \text{ A}$$

Un motor eléctrico tiene las siguientes características nominales:

1. Potencia: 5 CV.
2. Tensión: 380/220 V
3. Velocidad: 1450 r.p.m.
4. Rendimiento: 85%.

Determine:

- a) Potencia eléctrica.
- b) Si se quisiera mover un sistema mecánico con un par resistente de 30 N.m, ¿se podría utilizar este motor? Razone la respuesta.

a. Considerando la potencia eléctrica igual a la potencia absorbida

$$P_{ab} = \frac{P_u}{\eta} = \frac{5 \cdot 736}{0,85} = \frac{3680}{0,85} = 4329,4 \text{ W}$$

b. La potencia útil en función del par motor y de la velocidad angular

$$P_u = M \cdot \omega = M \cdot n \cdot \frac{2\pi}{60} \quad \left\{ \begin{array}{l} \omega \text{ en rad/s} \\ n \text{ en r.p.m.} \end{array} \right.$$

Con un par de 30 N·m

$$P_u = 30 \cdot 1450 \cdot \frac{2\pi}{60} = 45,55 \text{ W}$$

El sistema mecánico no se podría mover con un par de 30 N·m, al ser la potencia útil del motor menor que la necesaria, que es de 3680 W

Nota: la potencia útil se ha asimilado a la potencia mecánica disponible.

Un motor de corriente continua de 8 CV, tiene un rendimiento del 85 % cuando se alimenta a 400 V. Si se sabe, además, que sus pérdidas en el cobre son iguales a la suma de las otras pérdidas, calcule:

- a) La intensidad que absorbe el motor.
- b) La suma de pérdidas en el hierro y mecánicas.
- c) La potencia eléctrica interna.

Solución:

a) La potencia absorbida por el motor es:  $P_{ab} = \frac{P_u}{\eta} = \frac{(8 \text{ CV} \times 0,735 \frac{\text{kW}}{\text{CV}})}{0,85} = 6917,6 \text{ w}$

Por tanto, la intensidad absorbida es:  $I = \frac{P_{ab}}{U} = \frac{6917,6 \text{ w}}{400 \text{ V}} = 17,3 \text{ A}$

b) La potencia total perdida es:  $P_p = P_{ab} - P_u = 6917,6 \text{ w} - 5880 \text{ w} = 1037 \text{ w}$ .

Teniendo en cuenta que las pérdidas del cobre son iguales a la suma de las pérdidas del hierro y las mecánicas:

$$P_p = (P_m + P_{Fe}) + P_{Cu} = 2 \times (P_m + P_{Fe}) \Rightarrow (P_m + P_{Fe}) = \frac{1}{2} P_p = 518,5 \text{ w}$$

c) A partir de los apartados anteriores es sencillo calcular la potencia eléctrica interna como:

$$P_{ei} = P_u + (P_{Fe} + P_m) = 6398,5 \text{ w}$$

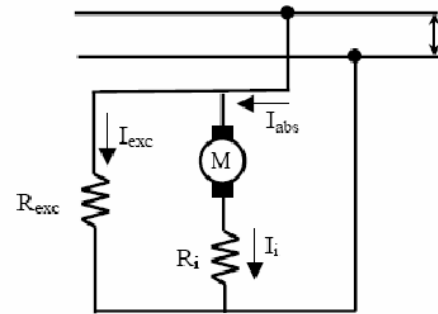
Un motor de corriente continua de excitación en derivación consume 8 Kw al alimentarlo por una línea de 500 V y arrastrando una carga a 1000 r.p.m. La fuerza contraelectromotriz es de 496 V, la resistencia del devanado de excitación es de 250  $\Omega$  y sus pérdidas totales suponen un 17 % de la potencia absorbida. Determine:

a) La resistencia del devanado del inducido.

$$I = \frac{P_{ab}}{V} = \frac{8000}{500} = 16 A \quad I_e = \frac{V}{R_e} = \frac{500}{250} = 2 A$$

$$I_i = I_{abs} - I_{exc} = 16 A - 2 A = 14 A$$

$$E' = U - R_i I_i \Rightarrow R_i = \frac{U - E'}{I_i} = \frac{500 - 496}{14} \approx 0.286 \Omega$$



b) El par útil.

$$P_u = (1 - 0.17)P_{abs} = 0.83 \times 8000 W = 6640 W$$

$$M_u = \frac{P_u}{\omega} = \frac{6640}{1000 \frac{2\pi}{60}} = \frac{3 \times 664}{10\pi} \approx 63.4 Nm$$

c) Las pérdidas mecánicas y magnéticas conjuntas.

$$P_p = 0.17 P_{abs} = 0.17 \times 8000 W = 1360 W$$

$$P_{Cu} = P_{Cu-i} + P_{Cu-ex} = R_i I_i^2 + R_{exc} I_{exc}^2 = 0.286 \times (14)^2 + 250 \times (2)^2 = 1073.2 W$$

$$P_{Fe} + P_m = P_p - P_{Cu} = 1360 W - 1073.2 W = 303.9 W$$

Un motor de corriente continua con excitación en derivación tiene las siguientes características:  $R_i = 0.32 \Omega$ ,  $R_{exc} = 146 \Omega$  y tensión de alimentación 240 V. Cuando la potencia absorbida es de 12 kW las pérdidas del cobre suponen el 50 % de las pérdidas totales y el par útil es de 61.85 Nm. Determine:

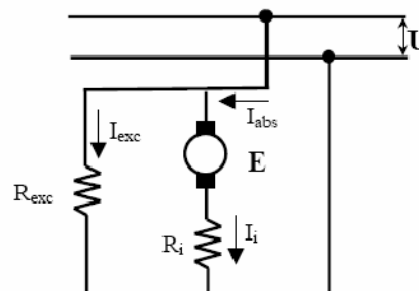
a) La fuerza contraelectromotriz inducida.

Según se deduce del esquema del motor derivación se cumplirá que

$$\begin{cases} U = E' + R_i I_i \\ U = R_{exc} I_{exc} \\ I_{abs} = I_i + I_{exc} \end{cases}$$

La intensidad de excitación es, por tanto

$$I_{exc} = \frac{U}{R_{exc}} = \frac{240 V}{146 \Omega} = 1.64 A$$



La intensidad absorbida de la red por el motor se puede calcular a partir de la potencia:

$$P_{abs} = UI_{abs} \Rightarrow I_{abs} = \frac{P_{abs}}{U} = \frac{12000 W}{240 V} = 50 A$$

con lo que

$$I_i = I_{abs} - I_{exc} = 50 A - 1.64 A = 48.36 A$$

y finalmente

$$E' = U - R_i I_i = 240 V - (0.32 \Omega) \times (48.36 A) = 224.5 V$$

## b) El rendimiento

El rendimiento de una máquina eléctrica es:  $\eta = \frac{P_u}{P_{abs}}$  de forma que hemos de calcular la potencia útil que está dada por:

$$P_u = P_{abs} - \underbrace{P_{Cu} - (P_{Fe} - P_{mec})}_{P_{totales}}$$

como las pérdidas del cobre suponen el 50% de las pérdidas totales éstas últimas serán

$$P_{totales} = 2P_{Cu} = 2(R_i I_i^2 + R_{exc} I_{exc}^2) = 2 \times ((0.32 \Omega) \times (48.36 A)^2 + (146 \Omega) \times (50 A)^2) \approx 2.282 \text{ kW}$$

con lo que la potencia útil es:

$$P_u = P_{abs} - P_{totales} = 12 \text{ kW} - 2.282 \text{ kW} = 9.718 \text{ kW}$$

y el rendimiento obtenido es

$$\eta(\%) = \frac{P_u}{P_{abs}} \times 100 = \frac{9.718 \text{ kW}}{12 \text{ kW}} \times 100 = 81\%$$

## c) La velocidad de giro para dicha carga

La velocidad de giro se obtendrá a partir del par útil y de la potencia útil

$$M_u = \frac{P_u}{\omega} \Rightarrow \omega = \left( \frac{P_u}{M_u} \right) \times \frac{60}{2\pi} = \left( \frac{9718 \text{ W}}{61.85 \text{ Nm}} \right) \times \frac{60}{2\pi} \approx 1500 \text{ rpm}$$

**Un motor de corriente continua con excitación serie, ( $R_i = 0.16 \Omega$   $R_{exc} = 0.99 \Omega$ ), absorbe de la red 20 A cuando a plena carga se alimenta a 230 V y gira a 1500 r.p.m. Si las pérdidas en el hierro y las mecánicas suponen un 10 % de la potencia absorbida. Determine:**

## a) La fuerza contraelectromotriz nominal inducida.

$$E = V - I(R_i + R_{exc}) = 230V - 20A \times 1.15\Omega = 207V$$

## b) La potencia útil.

$$\left. \begin{array}{l} P_{abs} = VI_{abs} = 230V \times 20A = 4600W \\ P_{mec} = 0.1P_{abs} = 0.1 \times 4600W = 460W \\ P_{Cu} = (R_i + R_{exc})I_{abs}^2 = 1.15\Omega \times (20A)^2 = 460W \end{array} \right\} \Rightarrow P_p = P_{mec} + P_{Cu} = 920W \left. \vphantom{\begin{array}{l} P_{abs} \\ P_{mec} \\ P_{Cu} \end{array}} \right\} \Rightarrow P_u = P_{abs} - P_p = 3680W$$

## El par motor interno.

$$\left. \begin{array}{l} P_{ei} = \left\{ \begin{array}{l} EI_{abs} = 207V \times 20A \\ P_u + P_{mec} = 3680W + 460W \end{array} \right\} = 4140W \\ \omega = 1500 \frac{2\pi}{60} = 50\pi \text{ rad/s} \end{array} \right\} \Rightarrow M_i = \frac{P_{ei}}{\omega} = 26.36 \text{ Nm}$$

Un motor de corriente continua, excitación derivación, de 4 KW, 120 V, 1500 r.p.m., tiene a plena carga un rendimiento total del 82 % y unas pérdidas en sus devanados inductor e inducido del 4 y 5%, respectivamente, de la potencia absorbida. Determine:

a) La corriente por el devanado de excitación.

$$\text{La potencia absorbida será: } P_{abs} = \frac{P_v}{\eta} = \frac{4000W}{0.82} = 4878.05W$$

Las pérdidas en el devanado inductor se pueden calcular a partir de la siguiente expresión:

$$P_{exc} = R_{exc} I_{exc}^2 = 0.4 P_{abs} = 0.4 \times 4878.05W = 195.12W$$

Por otra parte, también se cumple que  $V = R_{exc} I_{exc} = 120V$  de forma que obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones

$$\left. \begin{array}{l} I_{exc}^2 R_{exc} = 195.12W \\ I_{exc} R_{exc} = 120V \end{array} \right\} \Rightarrow I_{exc} = \frac{195.12W}{120V} = 1.63A$$

b) La fuerza contraelectromotriz inducida a plena carga.

$$\left. \begin{array}{l} I_{abs} = \frac{P_{abs}}{V} = \frac{4878.05W}{120V} = 40.65A \\ I_i = I_{abs} - I_{exc} = 40.65A - 1.63A = 39.02A \\ P_i = I_i^2 R_i = 0.05 P_{abs} = 243.9W \Rightarrow R_i = \frac{P_i}{I_i^2} = \frac{243.9W}{(39.02A)^2} = 0.16\Omega \end{array} \right\} \Rightarrow E = V - I_i R_i = 113.76V$$

c) El par motor interno.

$$\left. \begin{array}{l} P_m = EI_i = 113.76V \times 39.02A = 4438.92W \\ \omega = 1500 \frac{2\pi}{60} = 50\pi \text{ rad/s} \end{array} \right\} \Rightarrow M_i = \frac{P_m}{\omega} = \frac{4438.92W}{50\pi \text{ rad/s}} = 28.27Nm$$