

Motores de corriente continua

Contenidos: Partes y principio de funcionamiento del motor de corriente continua (CC). Fuerza contraelectromotriz (f.c.e.m.). Par útil y electromagnético. Balance de potencias en motores de CC. Motor CC serie, derivación y compuesto.

EJERCICIO Nº 1

Un motor de CC entrega, nominalmente, 15 CV¹ de potencia a 700 r.p.m.. Calcule el par que ejerce el motor al momento del arranque sabiendo que, entonces, es tres veces más grande que el nominal.

EJERCICIO Nº 2

Un motor de CC serie entrega a plena carga 10 CV a 1500 r.p.m., con una alimentación de 220 V y una corriente de 40 A. Si la resistencia del inductor y la de la bobina de conmutación suman 0.1 Ω y la bobina de excitación tiene 0.2 Ω con una caída de tensión en cada escobilla de 1 V, calcule:

- (a) la f.c.e.m.
- (b) el par de rotación útil
- (c) la eficiencia o rendimiento del motor
- (d) la resistencia del reóstato de arranque necesaria para que al momento del arranque la intensidad de la corriente no sea 1.5 veces mayor que la nominal

EJERCICIO Nº 3

Un motor de CC serie tiene una resistencia total en las bobinas (excitación + inducido + conmutación) de 0.2 Ω y una caída de tensión por contacto de escobilla de 0.75 V. Conectado a 220 V gira a 2000 r.p.m., consume una corriente de 11 A y entrega una potencia mecánica de 3 CV. Calcule:

- (a) El par de rotación electromagnético
- (b) el par de rotación útil
- (c) la resistencia del reóstato de arranque para que la intensidad de la corriente, en el arranque, no sobrepase el doble de la corriente en marcha normal

EJERCICIO Nº 4

Un motor de CC serie de 20 CV, 250 V, 800 r.p.m. y 80 A, tiene resistencia de las bobinas de 0.15 Ω y una caída de tensión por contacto en la escobilla de 0.85 V. Calcule, para el funcionamiento a plena carga:

- (a) La f.c.e.m.
- (b) la intensidad al momento del arranque en conexión directa ($R_{\text{arranque}} = 0$)
- (c) el valor de R_a para que al momento del arranque la corriente no supere el doble de la nominal
- (d) la potencia absorbida nominal
- (e) la potencia electromagnética nominal

EJERCICIO Nº 5

Un motor de CC derivación tiene una resistencia de inducido y conmutación de 0.25 Ω , un bobinado de excitación de 200 Ω y una caída de tensión en la escobilla de 1 V. Si conectado a 240 V consume 35 A y entrega una potencia útil de 10 CV a 1200 r.p.m., calcule:

- (a) la f.c.e.m.
- (b) en el inducido

¹ 1 CV = 736 W - 1HP = 746 W

- (c) la intensidad en el inducido
- (d) la intensidad en el bobinado de excitación
- (e) el par de rotación útil.

EJERCICIO Nº 6

Se tiene un motor de CC derivación de 600 V, 90 CV, 130 A, 2500 r.p.m., con 0.2Ω de resistencia total en los bobinados inducido y de conmutación, 500Ω en el bobinado de excitación, y 2 V de caída de tensión por contacto en la escobilla. Calcule para el funcionamiento a plena carga:

- (a) el rendimiento del motor
- (b) la intensidad de la corriente en el inducido
- (c) la f.c.e.m.
- (d) el par de rotación electromagnético
- (e) el par de rotación útil
- (f) la potencia electromagnética
- (g) la intensidad de la corriente en el inducido durante una arranque directo
- (h) la resistencia del reóstato de arranque para que la intensidad de la corriente en el inducido no supere 2 veces el valor nominal durante el arranque

EJERCICIO Nº 7

Un motor de CC de excitación compuesta conectado a 220 V, y a plena carga, consume 40 A y entrega 10 CV a 1500 r.p.m. Tiene una resistencia de inducido de 0.15Ω , bobinado de conmutación 0.05Ω y devanado serie 0.5Ω . La caída de tensión en la escobilla es de 1 V y la resistencia del bobinado derivación es de 200Ω . Calcule:

- (a) la intensidad de la corriente en el inducido
- (b) la corriente en la bobina derivación
- (c) el par de rotación útil
- (d) el rendimiento del motor

Resolución de los Ejercicios**EJERCICIO Nº 1**

$$P_u = 15 CV \rightarrow P_u = 15 \cdot 736 W \rightarrow P_u = 11040 W$$

$$n = 1500 rpm$$

$$C_a = 3 \cdot C_{mu}$$

$$C_{mu} = \frac{P_u \cdot 60}{2\pi \cdot n} = \frac{11040 W \cdot 60}{2\pi \cdot 700 rpm} = 150,6 Nm$$

$$C_a = 3 \cdot C_{mu} = 452 Nm$$

EJERCICIO Nº 2

$$\text{Motor serie} \quad R_a + R_c = 0,1 \Omega \quad R_T = R_a + R_c + R_{ex} = 0,3 \Omega$$

$$P_u = 10 CV = 7360 W \quad R_{ex} = 0,2 \Omega \quad V = I_a \cdot R_T + E + V_{carb}$$

$$n = 1500 rpm \quad V_{carb} = 2 V \quad E = V - I_a \cdot R_T - V_{carb} = 220 V - 40 A \cdot 0,3 \Omega - 2 V$$

$$V = 220 V \quad I_a = 40 A \quad E = 206 V \quad (a)$$

$$C_{mu} = \frac{P_u \cdot 60}{2\pi \cdot n} = \frac{7360 W \cdot 60}{2\pi \cdot 150 rpm}$$

$$C_{mu} = 46,86 Nm \quad (b)$$

$$P_T = V \cdot I = 220 V \cdot 40 A = 8800 W$$

$$\eta\% = \frac{P_U}{P_T} \cdot 100 = \frac{7360 W}{8800 W} \cdot 100$$

$$\eta\% = 83,6\% \quad (c)$$

$$R' = \frac{V - V_{carb}}{I_{arr}} = \frac{220 V - 2 V}{60 A} = 3,63 \Omega$$

$$R_{arr} = R' - R_T = 3,63 \Omega - 0,3 \Omega$$

$$R_{arr} = 3,33 \Omega \quad (d)$$

EJERCICIO Nº 3

Motor serie $V_{carb} = 1,5 V$ $R_T = R_a + R_c + R_{ex} = 0,2 \Omega$

$P_u = 3 CV = 2208 W$ $I_a = 11 A$ $V = I_a \cdot R_T + E + V_{carb}$

$n = 2000 rpm$ $I_{arr} = 2 \cdot I_a$ $E = V - I_a \cdot R_T - V_{carb} = 220 V - 11 A \cdot 0,2 \Omega - 1,5 V$

$V = 220 V$ $I_{arr} = 22 A$ $E = 216,3 V$

$C_{me} = \frac{E \cdot I_a \cdot 60}{2\pi \cdot n} = \frac{216,3 V \cdot 11 A \cdot 60}{2\pi \cdot 2000 rpm}$ $C_{mu} = \frac{P_u \cdot 60}{2\pi \cdot n} = \frac{2208 W \cdot 60}{2\pi \cdot 2000 rpm}$

$C_{me} = 11,36 Nm$ (a) $C_{mu} = 10,54 Nm$ (b)

$R' = \frac{V - V_{carb}}{I_{arr}} = \frac{220 V - 1,5 V}{22 A} = 9,93 \Omega$

$R_{arr} = R' - R_T = 9,93 \Omega - 0,2 \Omega$

$R_{arr} = 3,33 \Omega$ (c)

EJERCICIO Nº 4

Motor serie $V_{carb} = 1,7 V$

$P_u = 20 CV = 14720 W$ $I_a = 80 A$ $V = I_a \cdot R_T + E + V_{carb}$

$n = 800 rpm$ $R_T = 0,15 \Omega$ $E = V - I_a \cdot R_T - V_{carb} = 250 V - 80 A \cdot 0,15 \Omega - 1,7 V$

$V = 250 V$ $Plena carga$ $E = 236,3 V$ (a)

$I_{arr} = \frac{V - V_{carb}}{R_T} = \frac{250 V - 1,7 V}{0,15 \Omega}$ $I'_{arr} = 2 \cdot I_a = 2 \cdot 80 A$ $R' = \frac{V - V_{carb}}{I'_{arr}} = \frac{250 V - 1,7 V}{160 A} = 1,55 \Omega$

$I_{arr} = 1655 A$ (b) $I'_{arr} = 160 A$ $R_{arr} = R' - R_T = 1,55 \Omega - 0,15 \Omega$

$R_{arr} = 1,4 \Omega$ (c)

$P_T = V \cdot I = 250 V \cdot 80 A = 20 kW$ (d)

$P_{em} = E \cdot I_a = 236,3 V \cdot 80 A = 18,9 kW$ (e)

EJERCICIO N° 5

Motor derivación $V_{carb} = 2 V$

$P_u = 10 CV = 7360 W$ $I_L = 35 A$ $C_{mu} = \frac{P_u \cdot 60}{2\pi \cdot n} = \frac{7360 W \cdot 60}{2\pi \cdot 1200 rpm}$

$n = 1200 rpm$ $R_{ex} = 200 \Omega$ $C_{mu} = 58,57 Nm (d)$

$V = 240 V$ $R_a + R_c = 0,25 \Omega$

$I_{ex} = \frac{V}{R_{ex}} = \frac{240 V}{200 \Omega}$ $I_a = I_L - I_{ex} = 35 A - 1,2 A$

$I_{ex} = 1,2 A (c)$ $I_a = 33,8 A (b)$

$V = I_a \cdot (R_a + R_c) + E + V_{carb}$

$E = V - I_a \cdot (R_a + R_c) - V_{carb} = 240 V - 33,8 A \cdot 0,25 \Omega - 2 V$

$E = 229,55 V (a)$

EJERCICIO N° 6

Motor derivación $V_{carb} = 4 V$

$P_u = 90 CV = 66240 W = 66,24 kW$ $I_L = 130 A$

$n = 2500 rpm$ $R_{ex} = 500 \Omega$

$V = 600 V$ $R_a + R_c = 0,2 \Omega$

Plena carga

$P_T = V \cdot I_L = 600 V \cdot 130 A = 78 kW$

$\eta = \frac{P_u}{P_T} \cdot 100 = \frac{66,24 kW}{78 kW} \cdot 100$ $I_{ex} = \frac{V}{R_{ex}} = \frac{600 V}{500 \Omega}$ $I_a = I_L - I_{ex} = 130 A - 1,2 A$

$\eta = 84,9 \% (a)$ $I_{ex} = 1,2 A$ $I_a = 128,8 A (b)$

$V = I_a \cdot (R_a + R_c) + E + V_{carb}$

$E = V - I_a \cdot (R_a + R_c) - V_{carb} = 600 V - 128,8 A \cdot 0,2 \Omega - 4 V$

$E = 570,24 V (c)$

$$C_{me} = \frac{E \cdot I_a \cdot 60}{2\pi \cdot n} = \frac{570,24 V \cdot 128,8 A \cdot 60}{2\pi \cdot 2500 \text{ rpm}} \quad C_{mu} = \frac{P_u \cdot 60}{2\pi \cdot n} = \frac{66240 W \cdot 60}{2\pi \cdot 2500 \text{ rpm}}$$

$$C_{me} = 280,5 \text{ Nm} \quad (d)$$

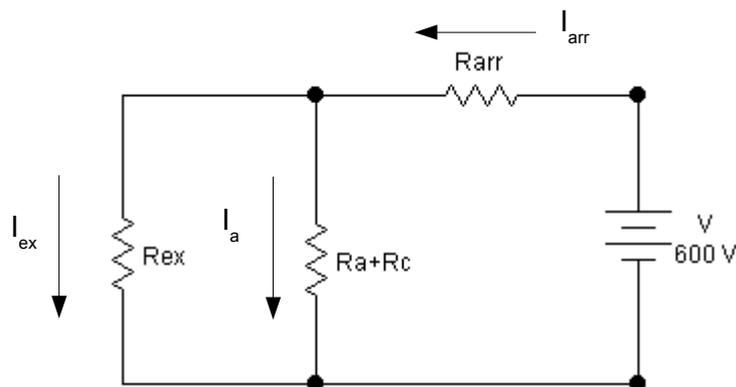
$$C_{mu} = 253 \text{ Nm} \quad (e)$$

$$P_{em} = E \cdot I_a = 570,24 V \cdot 128,8 A = 73,4 \text{ kW} \quad (f)$$

$$I_{arr} = \frac{V - V_{carb}}{R_a + R_c} = \frac{600 V - 4 V}{0,2 \Omega} = 2980 A \quad I'_{arr} = 2 \cdot I_L = 2 \cdot 130 A$$

$$I_{arr} \approx 3 \text{ kA} \quad (g)$$

$$I'_{arr} = 260 A$$



$$V = I_a \cdot (R_a + R_c) + E + V_{carb} \quad V = V_{R_{arr}} + \underbrace{V_{carb} + I_a \cdot (R_a + R_c)}_{V_{AB}}$$

$$V_{AB} = 4 V + 260 A \cdot 0,2 \Omega = 56 V$$

$$I_{ex} = \frac{V_{AB}}{R_{ex}} = \frac{56 V}{500 \Omega} = 0,112 A$$

$$R_{arr} = \frac{V_{R_{arr}}}{I_L} = \frac{544 V}{260,112 A} = 2,1 \Omega \quad (h)$$

$$I_L = I_a + I_{ex} = 260,112 A$$

$$V_{R_{arr}} = V - V_{AB} = 544 V$$

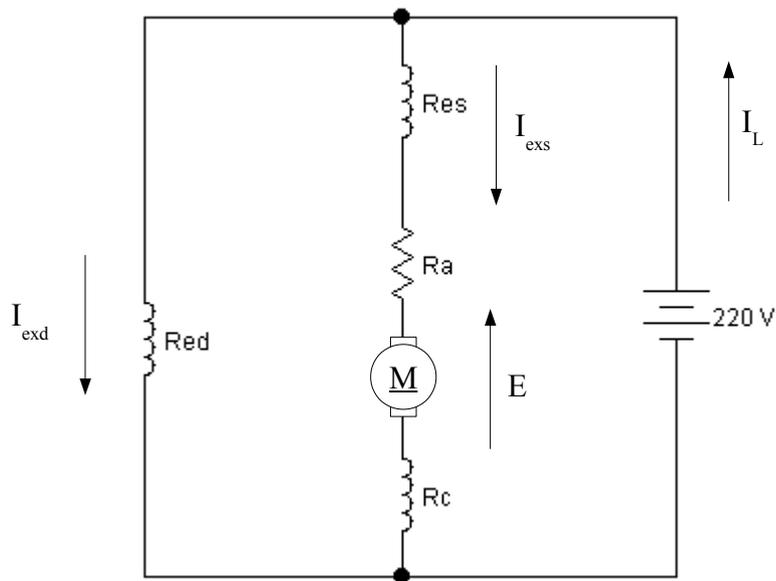
EJERCICIO N° 7

Motor compuesto - conexión larga $V_{carb} = 2 V$

$P_u = 10 CV = 7360 W = 66,24 kW$ $I_L = 40 A$

$n = 1500 \text{ rpm}$ $R_{exd} = 200 \Omega$ $R_{exc} = 0,5 \Omega$

$V = 220 V$ $R_a = 0,15 \Omega$ $R_c = 0,05 \Omega$



$$I_{exd} = \frac{V}{R_{exd}} = \frac{220 \text{ V}}{200 \Omega} = 1,1 \text{ A} \quad (b) \quad I_L = I_a + I_{exd} \rightarrow I_a = I_L - I_{exd} \rightarrow I_a = 38,9 \text{ A} \quad (a)$$

$$P_T = V \cdot I = 220 \text{ V} \cdot 40 \text{ A} = 8800 \text{ W}$$

$$C_{mu} = \frac{P_u \cdot 60}{2\pi \cdot n} = \frac{7360 \text{ W} \cdot 60}{2\pi \cdot 1500 \text{ rpm}}$$

$$\eta_{\%} = \frac{P_U}{P_T} \cdot 100 = \frac{7360 \text{ W}}{8800 \text{ W}} \cdot 100$$

$$C_{mu} = 46,85 \text{ Nm} \quad (c)$$

$$\eta_{\%} = 83,6 \% \quad (d)$$

Nomenclatura

V: tensión aplicada
E: fuerza contraelectromotriz
 I_a : corriente de armadura o inducido
 I_{ex} : corriente de excitación
 I_{exs} : corriente de excitación del bobinado serie
 I_{exd} : corriente de excitación del bobinado derivación
 I_L : corriente de línea
 I_{arr} : corriente de arranque
 C_{mu} : cupla motora útil
 C_{me} : cupla motora electromagnética
 P_T : potencia total absorbida
 P_u : potencia útil
 P_{em} : potencia electromagnética
 P_p : potencia de pérdidas
 R_a : resistencia de la armadura
 R_{ex} : resistencia del bobinado de excitación
 R_c : resistencia del bobinado de conmutación
 R_{arr} : reóstato de arranque
n: velocidad
 η :rendimiento