

La velocidad de rotación del campo magnético del estator determina la velocidad del rotor, y la fuerza de los campos magnéticos determina la fuerza de atracción entre ellos. Dicha fuerza de atracción es conocida como torque y se mide en libras fuerza-pie (lb-ft) o Newton-mt (Nw-mt).

La velocidad del rotor siempre debe ser menor que la velocidad síncrona, dicha diferencia de velocidad se denomina "deslizamiento" ("slip" en inglés) y es representada por:

$$slip = s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \quad (1-6)$$

La Tabla 1, nos muestra la relación entre polos por fase y torque por HP y kW de potencia. Un motor de 1 HP y 2 polos, producirá 1,5 lb-ft de torque cuando se carga a su capacidad nominal. Un motor de 50 HP y 2 polos, producirá 50HPx1,5 lb-ft/HP o 75 lb-ft de torque cuando se carga a su capacidad nominal.

Polos por fase	Torque/HP (lb-ft)	Veloc. Nom. (RPM) 60Hz	Veloc. Síncr. (RPM) 60Hz	Torque/kW (N-m)
2	1,5	3 460	3 600	3,3
4	3,0	1 750	1 800	6,6
6	4,5	1 175	1 200	9,9
8	6,0	875	900	13,2
10	7,5	708	720	16,5
12	9,0	580	600	19,8

Tabla 1

### 3.1.6. CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR DE INDUCCIÓN AC

Para poder estudiar y comprender las características de funcionamiento del motor de inducción de jaula de ardilla, es necesario tener una representación matemática que refleje fielmente lo que sucede en su interior. Suponiendo que el motor trabaja con voltaje y corriente balanceados, en la figura 20 se muestra un circuito equivalente por fase del motor de inducción, válido para el régimen permanente.

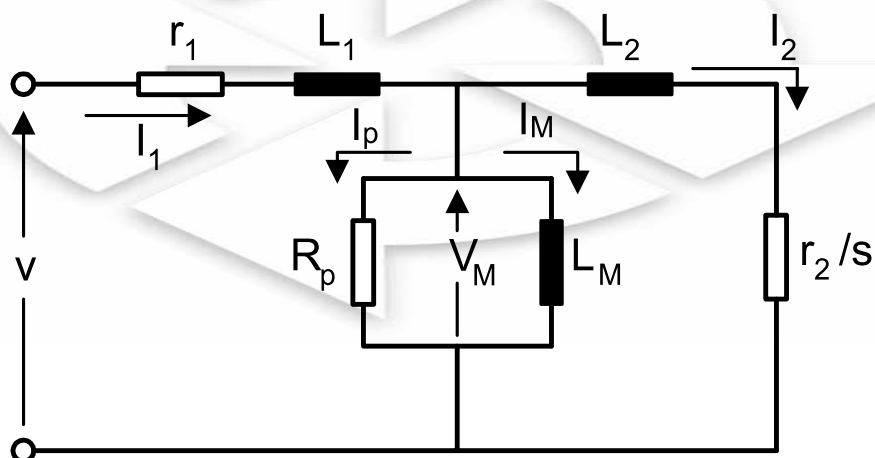


Figura 20

Donde:

$r_1$  = Resistencia por fase del bobinado del estator.

$L_1$  = Inductancia por fase del bobinado del estator.

$I_1$  = Corriente total por fase consumida por estator.

$R_p$  = Resistencia de pérdidas por magnetización.

$I_p$  = Corriente de pérdidas por magnetización.

$V_M$  = Voltaje inducido en el estator a frecuencia de línea, debido al voltaje en el entrehierro (fuerza contra-electromotriz).

$L_M$  = Inductancia de magnetización (establece el flujo en el entre-hierro).

$I_M$  = Corriente de magnetización que establece el flujo magnético en el entre-hierro.

$L_2$  = Inductancia por fase en el rotor referida al estator.

$I_2$  = Corriente en el rotor responsable de producir el torque electro-magnético ( $T_e$ ).

$r_2 / s$  = Resistencia por fase en el rotor referida al estator.

$s$  = Deslizamiento.

El torque electro-magnético generado por esta máquina esta dado por la siguiente ecuación:

$$T_e = k_2 I_M I_2 \cos \gamma \quad (1-7)$$

donde:

$k_2$  = constante.

$\gamma$  = ángulo de desfasaje entre la corriente del rotor  $I_2$  y la corriente de magnetización  $I_M$ .

La potencia en el eje ( $P$ ) es:

$$P = P_{ag} - P_r = T_e \omega \quad (1-8)$$

donde:

$P_{ag}$  = Potencia que cruza el entre-hierro.

$P_r$  = Potencia perdida en el rotor.

$\omega$  = Velocidad angular del eje del motor.

La expresión del torque electro-magnético en (1-7) es similar al del motor DC shunt (1-3) salvo por el ángulo  $\gamma$ , que en el caso de los motores DC tiene el valor de  $90^\circ$  fijado por construcción, teniendo en consecuencia la posibilidad de controlar las corrientes en forma independiente lo cual facilita su control.

Como se observa en la figura 20, tanto  $I_M$  como  $I_2$  ingresan al motor de inducción por un terminal, lo que dificulta el control independiente de cada componente.

---

Por otro lado, si se desea que el motor de inducción presente una característica de torque similar al de un motor DC shunt, debe controlarse  $I_1$  de tal modo que se tengan los valores adecuados de  $I_2, I_M$  y el ángulo  $\gamma$ . Tal forma de control era imposible de realizar hasta hace una década, pero en la actualidad debido al avance de la microelectrónica y a la fabricación de componentes electrónicos más potentes, se han logrado estrategias de control que permiten grandes prestaciones de funcionamiento del motor de inducción tanto como si se tratase de un motor DC.

La característica de torque y corriente en función de la velocidad del motor de inducción es mostrada en la figura 21. Se observa que el motor presenta gran consumo de corriente (hasta 6 veces su valor nominal) al ser arrancado con voltaje nominal aplicado a sus bornes. El torque alcanza 200% de su valor de nominal.

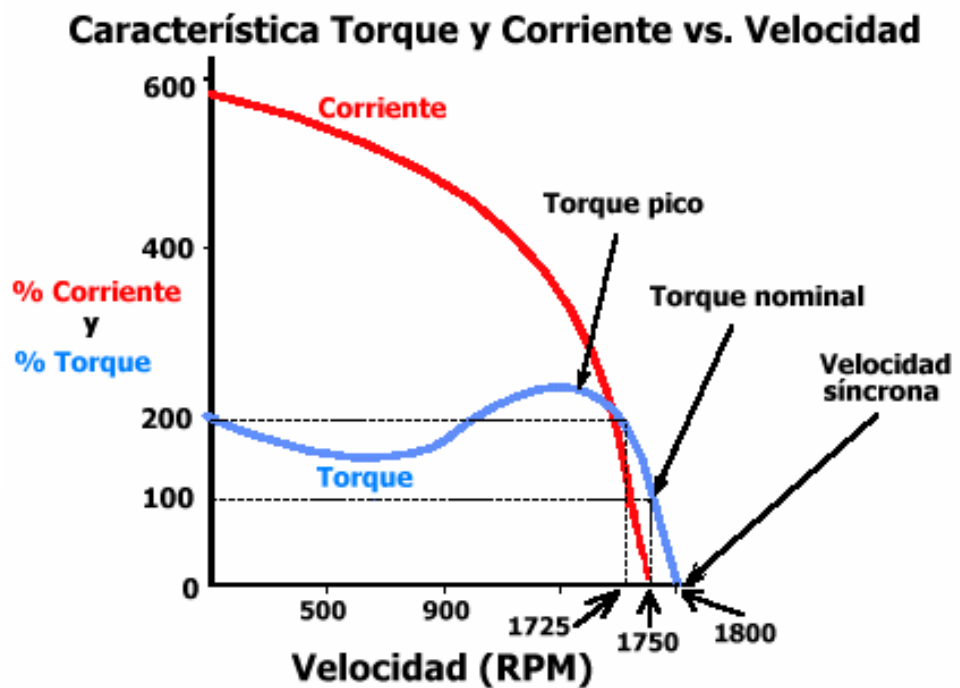


Figura 21

De la figura anterior se observa que la velocidad del eje del motor depende de la carga aplicada, logrando mantenerse con una pequeña variación debido a la característica casi vertical de una parte de la curva de torque.

Respecto del deslizamiento "s", se podría decir que dicho valor aumenta en proporción directamente proporcional a la carga; es decir, a mayor carga el deslizamiento se incrementa. De la figura 21 podríamos decir que el deslizamiento a carga nominal y dos veces carga nominal son:

$$s_{nom} = \frac{1800 - 1750}{1800} \times 100\% = 2,77\% \text{ y } s_{2 \times nom} = \frac{1800 - 1725}{1800} = 4,16\%$$