

El motor electrico de corriente continua

Kjartan Halvorsen

2021-03-04

Fuerza en un conductor eléctrico en un campo magnético

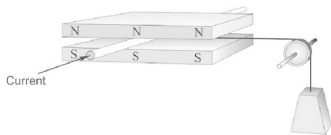


FIG. 1.14 Primitive linear d.c. motor.

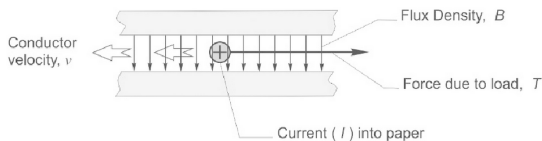


FIG. 1.15 Diagrammatic sketch of primitive linear d.c. motor.

La fuerza electromagnética en el conductor es **proporcional a la corriente**:

$$F = k_m I = (B l_m) I,$$

donde B es la densidad del flujo magnético en el entrehierro, I es la corriente, y l_m es la longitud del cable. Se junta varias cables en una bobina para aumentar la fuerza.

Rotación

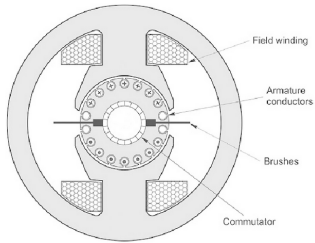
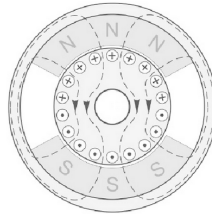
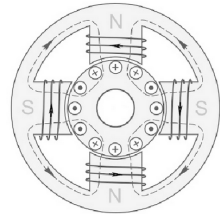


FIG. 3.1 Conventional (brushed) d.c. motor.



(A)



(B)

FIG. 3.2 Excitation (field) systems for d.c. motors (A) two-pole permanent magnet; (B) four-pole wound field.

Fuente: Hughes and Drury

Las dos ecuaciones del motor eléctrica CC

Fuerza generado en el conductor por la corriente en el campo magnético

$$F(t) = k_m i(t) \quad \Leftrightarrow \quad T(t) = k_m r i(t),$$

dónde r es el radie del motor.

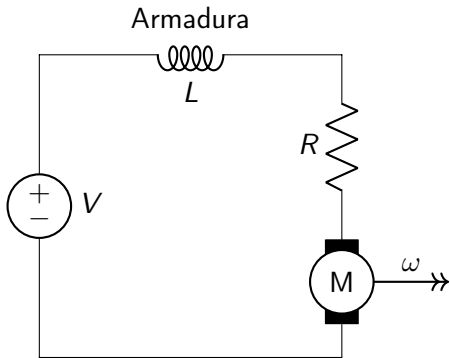
Voltaje generado por el movimiento del conductor en el campo magnético

$$e(t) = k_v v(t) \quad \Leftrightarrow \quad e(t) = k_v r \omega(t)$$

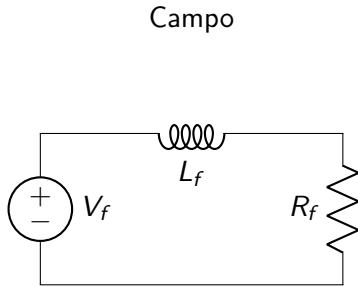
$e(t)$ se llama *Fuerza contraelectromotriz* o *Back electro-motive force (Back e.m.f.)* en inglés.

Circuito equivalente

Motor CC con excitación separada



$$L \frac{d}{dt} i(t) + Ri(t) + k\omega(t) = V$$



Newton: $J \frac{d}{dt} \omega(t) = ki(t) - T_l(t)$

Velocidad con carga constante

$$L \frac{d}{dt} i(t) + Ri(t) + k\omega(t) = V(t) \quad (1)$$

$$J \frac{d}{dt} \omega(t) = ki(t) - T_l(t) \quad (2)$$

En estado estable: $i(t) = I$, $\omega(t) = \omega$.

$$0 + RI + k\omega = V \quad (3)$$

$$0 = kI - T_l \quad (4)$$

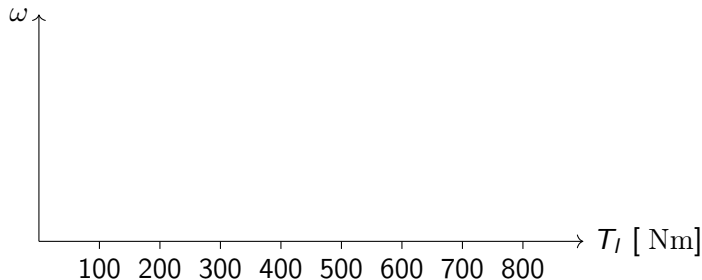
$$\omega = f(V, T_l) = \frac{V}{k} - \frac{RI}{k} = \frac{V}{k} - \frac{RT_l}{k^2}$$

Velocidad con carga constante

$$\omega = f(V, T_l) = \frac{V}{k} - \frac{RT_l}{k^2}$$

Un motor específico tiene el constante $k = 4 \text{ Nm/A}$ y resistencia $R = 0.2 \Omega$. Se aplica un voltaje de $V = 100 \text{ V}$ sobre su armadura.

Actividad individual Dibuje como la velocidad en estado estable depende de la carga T_l .
¿Cuál es el par de parada?



Velocidad con carga constante

$$\omega = f(V, T_l) = \frac{V}{k} - \frac{RT_l}{k^2}$$

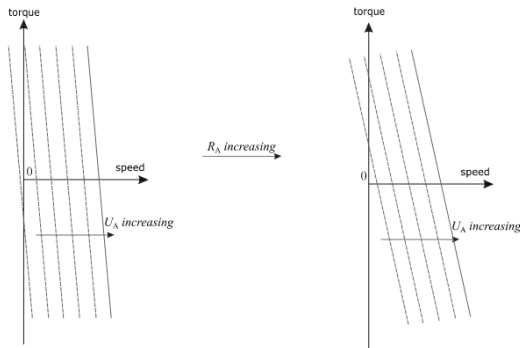
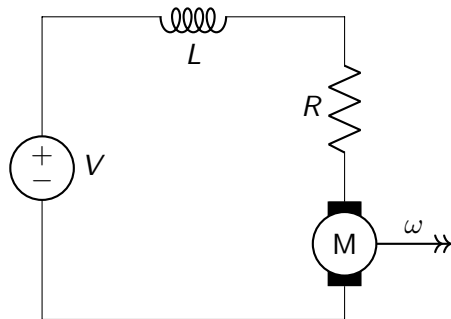


Figure 33: Torque-speed characteristic curves of a separately excited DC machine (5)

Fuente: Infineon: Motor handbook

Arranque

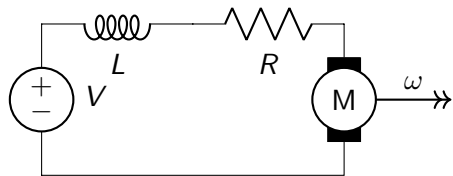
Para un motor parada, la fuerza contraelectromotriz es cero, y solo la resistencia y la inductancia de la armadura limiten la corriente.



$$L \frac{d}{dt} i(t) + Ri(t) + k\omega(t) = V$$

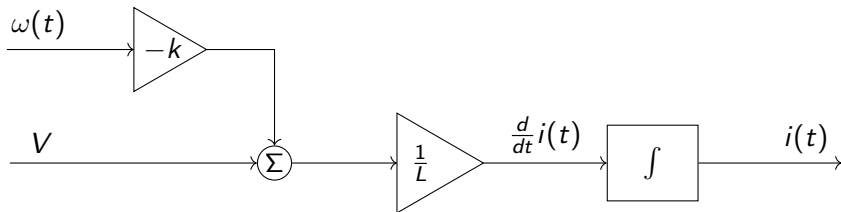
Hay que tener cuidado en el arranque para que la corriente no sube a niveles excedentes. **Solución** control de la corriente por retroalimentación.

Modelo de bloques del circuito equivalente



$$L \frac{d}{dt} i(t) + Ri(t) + k\omega(t) = V$$

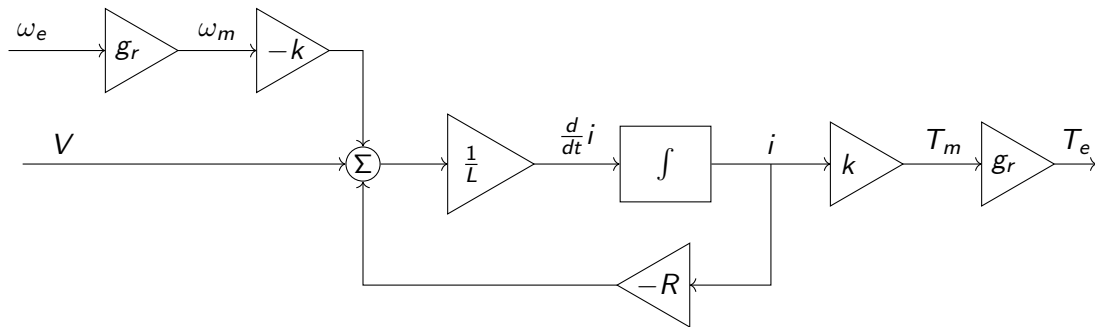
$$\frac{d}{dt} i(t) = \frac{1}{L} \left(-Ri(t) - k\omega(t) + V \right)$$



Actividad en pares Completa el diagrama.

Transmisión

Transmisión



Para transmisión ($\omega_m = g_r \omega_e$) perfecta:

$$\underbrace{T_m \omega_m}_{\text{potencia que entra}} = \underbrace{T_e \omega_e}_{\text{potencia que sale}}$$