

Actuadores

Kjartan Halvorsen

2021-03-01

Requerimientos mecanicos

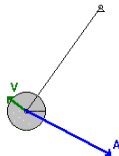
Energía mecánica

From Encyclopaedia Britannica

Energía mecánica *La suma de energía cinética (energía de movimiento) y la energía potencial (energía almacenada en una sistema por la posición de sus partes).*

$$E_M = \underbrace{K}_{\text{Energía cinética}} + \underbrace{U}_{\text{Energía potencial}}$$

Una masa m con velocidad v a una altura h sobre un nivel de referencia, tiene la energía mecánica $E_M = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$.

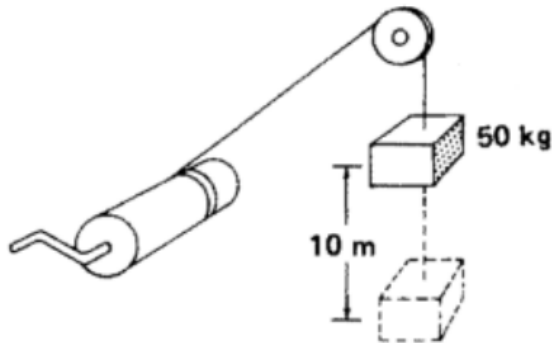


Trabajo

From Encyclopaedia Britannica

Trabajo En la físisca, la medida de *transferencia de energía* que ocurre cuando un objeto está desplazado *una distancia* por una *fuerza externa* cuya tiene un componente en la dirección del desplazamiento.

Trabajo

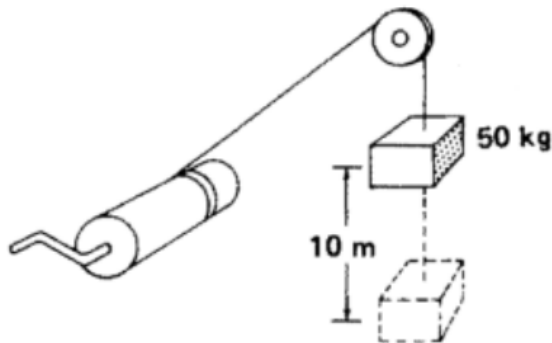


Actividad individual 1 Se sube un cuerpo de 50 kg una distancia de 10 m. Calcula el trabajo realizado. Manda tu respuesta en el chat.

Potencia

Definición La derivada del tiempo del trabajo.

Potencia



Actividad individual 2 Se subió un cuerpo de masa 50 kg a una distancia de 10 m en 5 s. Determine la potencia promedio. Se ignora la fricción.

Potencia y fuerza para acelerar



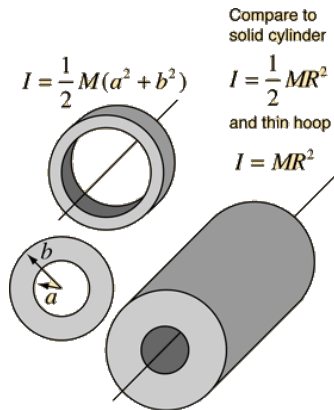
Actividad individual 3 El nuevo Hummer EV tiene una masa de $m = 5000$ kg, y puede acelerar de 0 – 100 km/h en tres segundos. Cual es la potencia promedio necesario para lograr esto (ignorando la resistencia del aire y la resistencia a la rodadura)?

Potencia en rotación

Torque por velocidad angular

$$P = T\omega$$

Momento de inercia



El factor que determina la tendencia de un cuerpo de resistir aceleración angular:

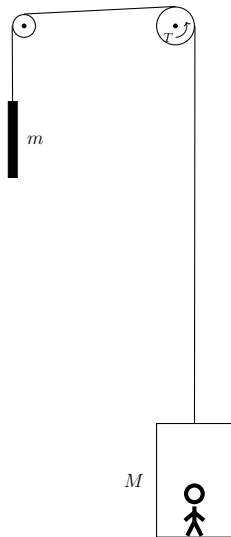
$$J\dot{\omega} = \sum T_i$$

Y la magnitud de la energía cinética a cierta velocidad angular:

$$K = \frac{1}{2}J\omega^2.$$

Fuente: Georgia State University

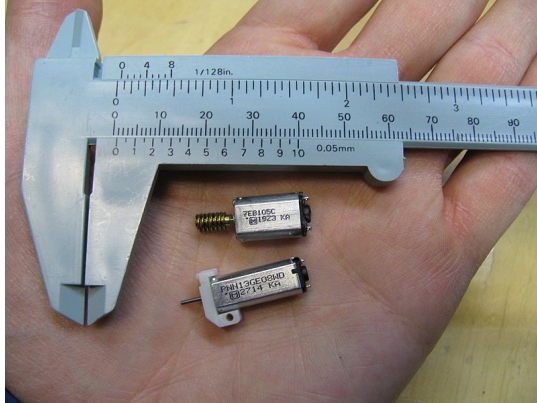
Requerimientos de potencia y torque para un elevador



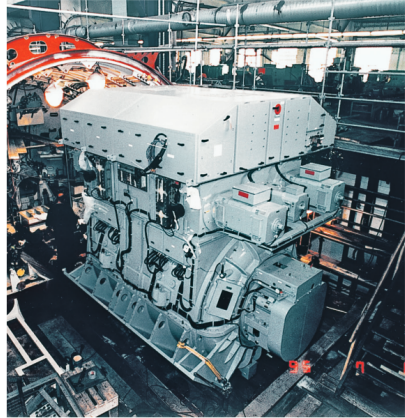
Dado un elevador de masa $M = 1000$ kg, contrapeso con masa $m = 800$ kg y poleo con radius of $r = 0.4$ m. Un motor eléctrico está conectado al poleo con un reductor de velocidad con relación de transmisión de 12:1 (12 revoluciones del motor para cada revolución del poleo). El rotor tiene un momento de inercia de $J_m = 0.3$ kgm². La inercia del poleo se puede ignorar.

Actividad en grupo (a) ¿A que velocidad angular gira el motor cuando el elevador sube a 4 m/s? **(b)** Determine la potencia y el torque del motor necesario para subir el elevador a 4 m/s. **(c)** El elevador usa dos segundos para llegar a la velocidad 4 m/s desde cero. En este tiempo se ha movido 4 m hacia arriba. Determine la potencia promedio y el torque promedio durante el arranque.

El motor eléctrico de corriente continua



Fuente: Wikipedia



DC-Prop drive

Fuente: Siemens AG

Fuerza en un conductor eléctrico en un campo magnético

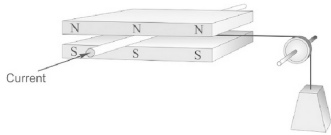


FIG. 1.14 Primitive linear d.c. motor.

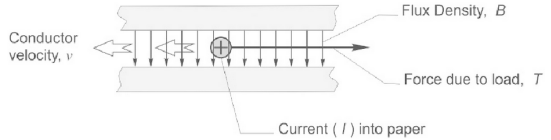
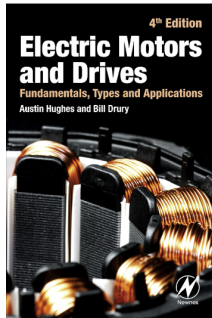


FIG. 1.15 Diagrammatic sketch of primitive linear d.c. motor.

Fuente



Fuerza en un conductor eléctrico en un campo magnético

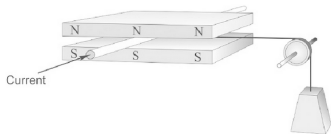


FIG. 1.14 Primitive linear d.c. motor.

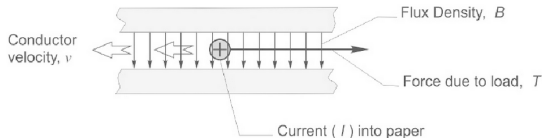


FIG. 1.15 Diagrammatic sketch of primitive linear d.c. motor.

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. En vez de construir un motor muy larga, se agrega varias cables juntos para aumentar la fuerza.

Actividad individual 4 En un motor grande de 4 MW con longitud axial de $l_m = 2$ m, la densidad del flujo es $B = 0.8$ T y la corriente es $I = 3$ kA. ¿Cuántas cables en paralelo se necesita para alcanzar una fuerza de $F = 259.2$ kN?

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.

Potencia eléctrica y mecánica

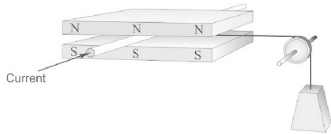


FIG. 1.14 Primitive linear d.c. motor.

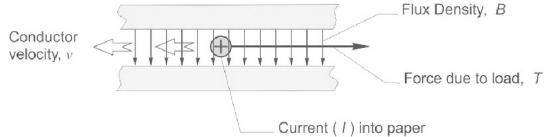


FIG. 1.15 Diagrammatic sketch of primitive linear d.c. motor.

Con velocidad v constante y ignorando fricción y resistencia eléctrica:

$$\text{Fuerza electromagnética} = \text{Fuerza mecánica} \quad \Leftrightarrow \quad F = k_m I = B l_m I = mg$$

$$\text{Potencia eléctrica} = \text{Potencia mecánica} \quad \Leftrightarrow \quad \underbrace{V_1 I}_{P_e} = \underbrace{F v}_{P_m} = B l_m I v$$

Se necesita aplicar un voltaje V_1 sobre el cable para mantener la corriente I . Ese voltaje es igual al back e.m.f.

$$V_1 I = B l_m I v \quad \Rightarrow \quad V_1 = (B l_m) v = k_v v = \textcircled{E} \text{ — Back e.m.f.}$$

Actividad individual 5 ¿Cuál es la relación entre los dos constantes, k_m y k_v ?

Potencia eléctrica y mecánica

En realidad se pierde parte de la energía por la resistencia en el circuito eléctrico.

Potencia eléctrica aplicada = Producción de calor + Potencia mecánica

$$V_2 I = RI^2 + EI$$

Dónde $V_2 > V_1 = (Bl_m)v = E$.

La eficiencia del motor

$$\text{eficiencia} = \frac{\text{Potencia mecánica}}{\text{Potencia eléctrica aplicada}} = \frac{EI}{V_2 I} = \frac{E}{RI + E}$$

Ejercicio Un motor eléctrico tiene el constante $k = 0.05 \text{ kN/A}$ y una resistencia de $R = 2 \text{ m}\Omega$. Está produciendo una potencia mecánica de 4 MW a una velocidad de $v = 10 \text{ m/s}$ Calcula el 'back e.m.f' E , la corriente I , el voltaje V_2 y la eficiencia.

Potencia eléctrica y mecánica

Equilibrio de energía

Potencia eléctrica aplicada = Producción de calor + Potencia mecánica

$$V_2 I = RI^2 + EI$$

Eficiencia

$$\text{eficiencia} = \frac{\text{Potencia mecánica}}{\text{Potencia eléctrica aplicada}} = \frac{V_2}{RI + E}$$

Actividad en pares En el ejemplo anterior el motor tenía un constante de $k = 0.05 \text{ kN/A}$. Supone que otro motor con la misma resistencia $R = 2 \text{ m}\Omega$ está haciendo el mismo trabajo (4 MW a 10 m/s), pero tiene el konstante $k = 0.1 \text{ kN/A}$. ¿Cuál es su eficiencia?

Rotación

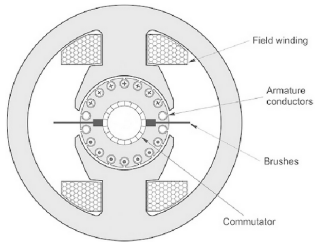
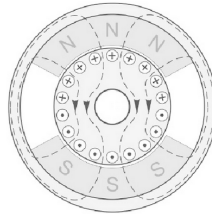
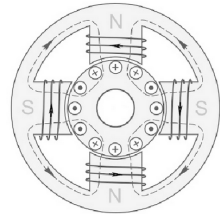


FIG. 3.1 Conventional (brushed) d.c. motor.



(A)

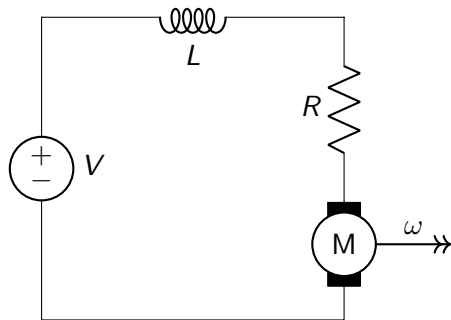


(B)

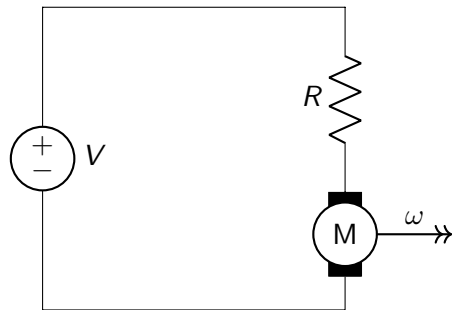
FIG. 3.2 Excitation (field) systems for d.c. motors (A) two-pole permanent magnet; (B) four-pole wound field.

Funte: Hughes and Drury

Circuito equivalente



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



$$Ri(t) + k\omega(t) = V$$

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

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

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

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

Actividad individual 6 Escribe la velocidad angular como función de la carga T_l y el voltaje V

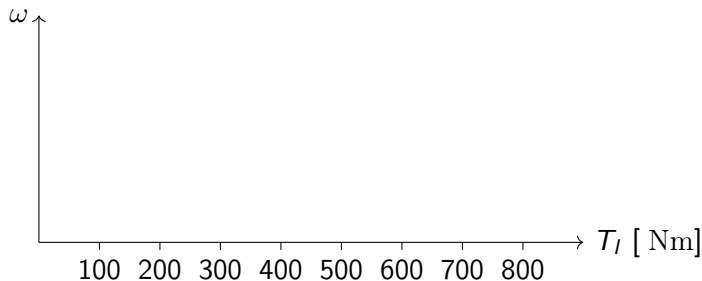
$$\omega = f(V, T_l) = \frac{V}{k} - \frac{RT_l}{k^2}$$

Velocidad con carga constante

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

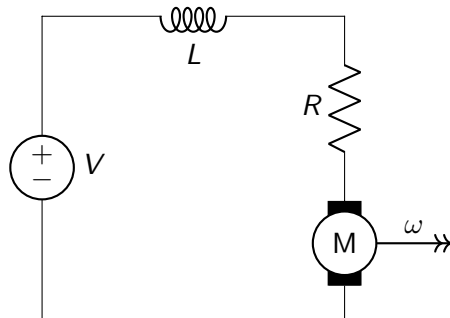
Un motor específico tiene el constante $k = 4 \text{ Nm/A}$ y resistencia $R = 1 \Omega$. Se aplica un voltaje de $V = 100 \text{ V}$ sobre su armadura.

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



Arranque

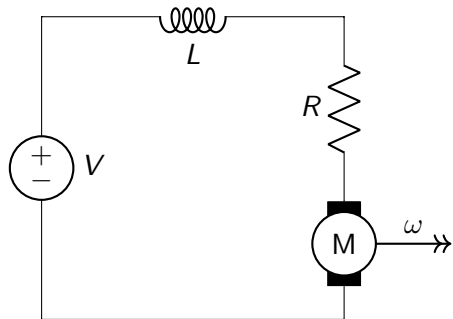
Para un motor parada, la fuerza contraelectromotriz es cero, y solo la resistencia y la inductancia de la armadura limiten la corriente.



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

Hay que tener cuidado en el arranque para que la corriente no sube a niveles excedentes.

Modelo de bloques del circuito equivalente



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

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

