

MOTOR CC

EJERCICIOS DE CALCULO DE POTENCIA

Fuerzas Necesarias

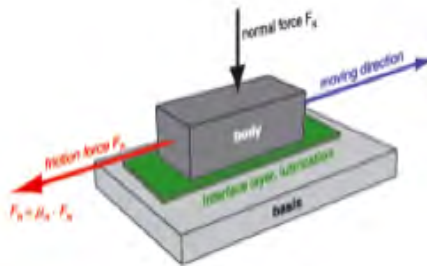
Estatica

Cuando movemos un cuerpo o masa, el motor cc tiene que aplicar una fuerza inicial que venza el equilibrio estático del sistema, representado más abajo por la fuerza de fricción en rojo.

Dinamica

Una vez libre de fricción, si el cuerpo ha de acelerar o decelerar, la fuerza para mantener ese movimiento tiene una magnitud mucho menor.

Con estas dos fuerzas se obtiene la **fuerza de transporte FL** como vemos a continuación:



Fuerza de transporte FL

La fuerza de transporte (FL) a realizar, por el motor DC y la transmisión, en N (Newtons) es la fuerza necesaria para mantener la carga moviéndose a velocidad constante. Sólo se ha de vencer la fricción (Fr) en movimientos horizontales.

En movimientos verticales (ej. grúas), la fuerza de transporte está compuesta de fricción (FR) y peso (FG-fuerza gravedad): $FL = FR + FG = FR + (ML * a) = FR + (ML * 9,81 \text{ m/s}^2)$

En los movimientos en planos inclinados, la componente FG-fuerza gravedad, se suma a la fuerza de transporte de acuerdo con el ángulo de inclinación:

$$FL = FR + ML * \sin \alpha * a \text{ (9,81 m/s}^2\text{)}$$

Con los valores de la fuerza de transporte (FL) y velocidad (v), podemos conocer la potencia mecánica (Pmec) útil necesitada en movimientos lineales:

$$P_{mec} = vL * FL$$

Engranajes



El eje de salida del motor cc mueve el eje de la carga por medio de ruedas dentadas. El par de salida (MB) y la velocidad de salida (nB) del motor dc se calculan de acuerdo con la **velocidad de funcionamiento deseada** (nL), **par de funcionamiento** (ML) y **reducción** (i) de la combinación de ruedas.

Si existen pérdidas de potencia en los engranajes (fricción,...), se debe introducir una **eficiencia** (h) menor del 100% para seleccionar un motor de continua más potente. En funcionamiento intermitente (aceleraciones, cambios en la carga), la **inercia de la carga**

(JL) entra en los cálculos. Se debe introducir la máxima inercia de la carga incluida con los cambios en la carga. Si los engranajes tienen una inercia (J1, J2) considerable, también debería ser incluida en los cálculos dinámicos.

Atención! en aplicaciones de posicionamiento, donde el ajuste de los engranajes nos crean un juego u holgura en los cambios de sentido de giro. En estos casos, el uso de poleas con correas puede minimizar este juego, con su correspondiente pretensado, siempre por debajo de las máximas fuerzas radiales que puedan soportar los cojinetes del motor dc

Cálculos básicos:

Ejemplo: Se necesita mover una carga de un par resistente de 1,5 Nm a una velocidad de 1.000 rpm, utilizando unos engranajes de relación de reducción 4 a 1 debido al diseño constructivo compacto de la máquina. El fabricante de los engranajes nos indica que el tallado de los flancos de los dientes es de alta calidad y tienen un rendimiento del 90 %.

Ejercicio:

Calcular las prestaciones mecánicas útiles del motor cc (par en el motor, potencia) necesarias para girar esta carga.

$$\text{Par del motor } M_b = M_L / (i \times h)$$

$$M_b = 1,5 \text{ Nm} / (4 \times 0,9) = 0,416 \text{ Nm} = 416 \text{ mNm.}$$

$$\text{Velocidad del motor } N_b = N_L \times i$$

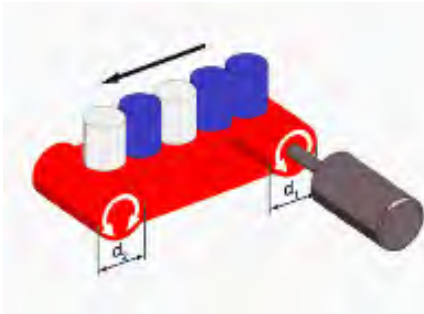
$$N_b = 1000 \text{ rpm} \times 4 = 4000 \text{ rpm}$$

$$\text{Potencia mecánica útil } P = (p / 30000) \times M \times n$$

$$P = 0,000105 \times 416 \text{ mNm} \times 4000 \text{ rpm} = \mathbf{174 \text{ W}}$$



Cinta transportadora



La carga constante o variable se traslada en una cinta transportadora.

La fuerza de transporte (FL) y la velocidad de transporte (vL) se usan junto con el diámetro (d1) del rodillo tractor para calcular el par de salida (MB) y la velocidad de salida (nB) del motor cc.

Si hay pérdidas importantes en la transmisión (fricción,...), se recomienda usar una eficiencia (μ) menor del 100%, este valor se tiene que considerar para seleccionar un motor dc más potente.

En funcionamiento intermitente (con cambios de aceleración-deceleración y cambios de carga), la masa transportada (ML) debe considerarse en los cálculos. La máxima masa se debe de introducir en los cambios en la carga.

Si el rodillo tractor y las poleas guía tienen una inercia considerable (J1, J2), también deberían incluirse en los cálculos dinámicos.

Cálculos básicos

Ejemplo: Hemos de desplazar una masa de 1 kg en una cinta transportadora, a una velocidad de 15 m/s. Los rodillos utilizados tienen un diámetro de 5 cm y nos indica el fabricante que después del pretensado de la cinta, el rendimiento del sistema es del 95%.

Calcular las prestaciones mecánicas útiles (par, velocidad, potencia) del motor cc necesarias para desplazar esta carga.

Par del motor cc, $M_b = (d_1 / 2) \times (FL / \eta)$

$M_b = (0,05 \text{ m} / 2) \times (10 \text{ N} / 0,95) = 0,26 \text{ Nm}$

= 260 mNm

* 1 kg ~ 10 Newtons

Velocidad del motor dc, $N_b = (60 / \pi) \times (V_L / d_1)$

$N_b = (60 / 3,1416) \times (15 \text{ m/s} / 0,05 \text{ m}) = 5.730 \text{ rpm.}$

Potencia mecánica útil $P = (\pi / 30000) \times M \times n$

$P = 0,000105 \times 260 \text{ mNm} \times 5730 \text{ rpm} = \mathbf{156,42 \text{ W}}$



Husillo



El eje de salida del motor cc acciona un husillo (con o sin bolas). La fuerza de empuje (FL) y la velocidad de avance (vL) se usan junto con el paso del husillo (p) para calcular el par de salida (MB) y la velocidad de salida (nB) del accionamiento.

En este tipo de transmisión puede haber pérdidas muy importantes según la combinación de tipo de rosca del husillo y la tuerca deslizante.

La eficiencia de una tuerca deslizante (sin bolas) puede estar entre 20 y 50 %. En cambio una tuerca con recirculación de bolas puede alcanzar una eficiencia del 95 %. Otro tema importante a considerar, es el tipo de perfil de la rosca. Recuerde que una rosca métrica o trapezoidal con tuerca

deslizante, le puede ser útil para bloquear la carga si no existe tensión en el motor dc.

En funcionamiento intermitente (aceleraciones, cambios en la carga) la masa en movimiento (ML) entra en los cálculos. La masa máxima se debe introducir con los cambios en la carga. Si el husillo de bolas tuviese una inercia (JS) considerable, también se debería introducir en los cálculos dinámicos.

Cálculos básicos

Ejemplo: Se necesita regular la altura de un brazo en su eje Y de 1 kg de peso a una velocidad de 0,10 m/s. El fabricante nos recomienda para esta aplicación lineal de poca frecuencia de uso, un husillo con tuerca deslizante de paso 2 mm y rendimiento 50%. Calcular las prestaciones mecánicas útiles del motor cc necesarias para girar el husillo.

Par del motor dc, $M_b = p / (2 \times \pi) \times (FL / \eta)$

$M_b = 0,002 / 6,2831 \times (10 \text{ N} / 0,5) = 0,0063 \text{ Nm} = 6,3 \text{ mNm.}$

* 1 kg ~ 10 Newtons

Velocidad del motor cc, $N_b = (60 / p) \times V_L$

$N_b = (60 / 0,002 \text{ m}) \times 0,10 \text{ m/s} = 3000 \text{ rpm.}$

Potencia mecánica útil $P = (\pi / 30000) \times M \times n$

$P = 0,000105 \times 6,3 \text{ mNm} \times 3000 \text{ rpm} = \mathbf{1,98 \text{ W}}$





Grúa elevadora

La carga está colgada de un cable (grúa).

La **masa elevada** (ML) y la **velocidad de transporte** (vL) se usan junto con el **diámetro** (d1) de la polea para calcular el **par de salida** (MB) y la velocidad de salida (nB) del motor cc.

Si hay pérdidas importantes en la transmisión (fricción,...), se debería introducir una **eficiencia** (η) menor del 100% para seleccionar un motor dc más potente.

En funcionamiento intermitente (aceleraciones, cambios en la carga), si la polea tiene una **inercia**

(J1) considerable, se debería incluir en los cálculos dinámicos. Básicamente las ecuaciones

que aplican se basan en la fórmula de la cinta transportadora.

Cálculos básicos

Ejemplo: Se han de realizar unas pruebas repetitivas en un laboratorio elevando una carga de 1kg a una velocidad de 0,2 m/s. El diámetro medio entre el cable completamente enrollado y desenrollado es de 5 cm.

Calcular las prestaciones mecánicas útiles del motor dc necesarias para elevar esta carga.

Par del motor cc, $M_b = r \text{ medio} \times FL$

$$M_b = 0,025 \times 10 \text{ N} = 0,25 \text{ Nm} = 250 \text{ mNm}$$

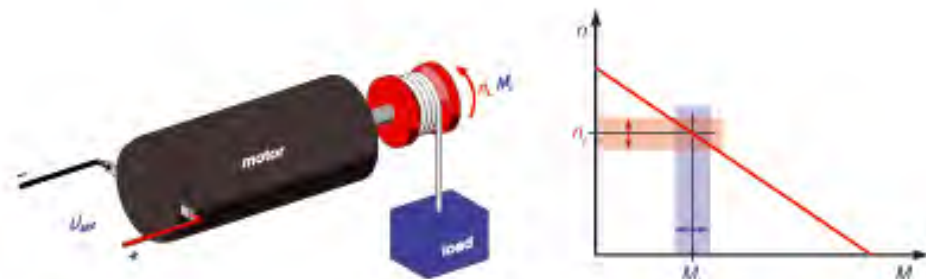
* 1 kg ~ 10 Newtons

Velocidad del motor dc, $n_b = (60 / \pi) \times (V_L / d_1)$

$$n_b = (60 / \pi) \times (0,2 \text{ m/s} / 0,05 \text{ m}) = 76 \text{ rpm.}$$

Potencia mec.nica .til $P = (\pi / 30000) \times M \times n$

$$P = 0,000105 \times 250 \text{ mNm} \times 76 \text{ rpm} = \mathbf{2 \text{ W}}$$



Relación velocidad/par

símbolo: n / M

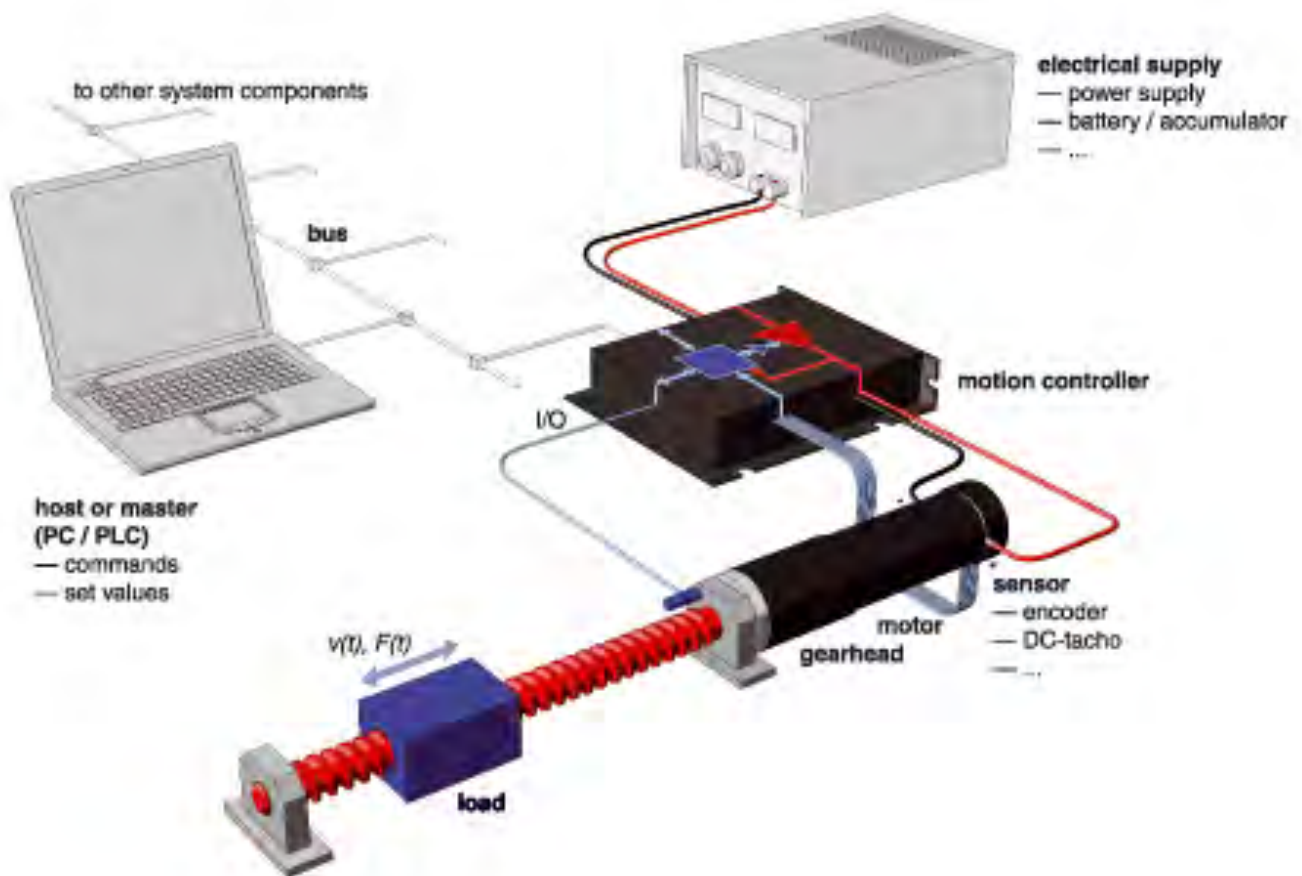
unidad: rpm/mNm

La relación velocidad/par da información de las prestaciones del motor cc y se representa por la línea (o curva) velocidad-par. Cuanto más pequeño es este valor, o la pendiente de la curva es menor, más potente es el motor dc, y consecuentemente menor es la variación de la velocidad del motor cc con los cambios en la carga.

Cálculo de la relación o gradiente velocidad / par.

La constante velocidad/par depende de las prestaciones del circuito magnético (ej: im.n permanente), de las dimensiones del bobinado (longitud, diámetro, número de espiras) y de la resistencia del bobinado del motor dc.

En la práctica, la constante velocidad/par se puede obtener dividiendo la **velocidad en vacío** entre el **par de arranque**. Este gradiente está representado en la gráfica de abajo como la línea de color rojo.



Sistemas

En cualquier servosistema el movimiento de motores y elementos mecánicos (husillos, correas, etc), se realiza mediante electrónicas de control gobernadas por software. Estos controladores procesan la información que reciben de los sensores para ejecutar los instrucciones de un sistema de control superior.

Sistemas de control de posición

La principal misión de un sistema de control de posición es la de mover una carga de manera controlada con la precisión requerida.

Elementos principales

En la figura anterior se muestran los elementos principales de un sistema de control de posición.

Elemento supervisor o Master

Es responsable del control y la coordinación de todo el sistema completo. El master envía los comandos de posición al controlador de movimiento, el cual ejecuta y controla los movimientos del motor cc. Ejemplos típicos de elementos supervisores son los Autómatas programables, PCs, PCs industriales, Microcontroladores, etc...

Controlador de movimiento

El controlador de movimiento ejecuta las consignas de posición como una unidad esclava. El controlador compara los valores reales del sistema (corriente, velocidad de giro, posición) con las señales de control y las corrige hasta eliminar cualquier desviación.

El controlador de movimiento es la unidad central de todo el sistema, y debe ser capaz de procesar las señales que recibe del Master, de los motores dc y de los sensores; el amplificador recibe las señales del circuito de control que, una vez amplificadas son transmitidas al motor cc. El amplificador ha de ser compatible con el tipo de motor de continua utilizado: por ejemplo con los motores brushless, o motores sin escobillas, tiene que ser capaz también de realizar la conmutación electrónica del motor dc.

