



Motor brushless DC con reductora planetaria de 52 mm de diámetro, freno de seguridad y encoder. Junto con una electrónica de control formaría un servosistema. Entonces la unidad se denominaría servomotor.

© Copyright A. M. R. 2010.
Todos los derechos reservados.
Copyrigh@motorcontinua.es

Consejos Prácticos Pro

Determine la potencia del motor DC

Cargas lineales

Cargas giratorias

Par de fricción

Par de aceleración

Cálculo y medición

Selección del motor DC

Factores

Tipo de motor

Calculo del motor, recomendaciones

Ejemplo de cálculo del motor

Determine la potencia requerida del motor DC

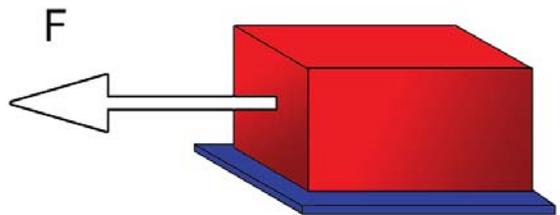
Para poder seleccionar el motor de corriente continua o motor CC, es necesario conocer la potencia mecánica P que se necesita en la aplicación. Cuanto más exactos seamos en este cálculo mejor. De esta manera se podrá dimensionar la potencia eléctrica del motor, con margen de seguridad, pero sin exagerar los requerimientos para no incurrir en tamaño ni costes excesivos. A menudo, cuando no sabemos, sobredimensionamos en exceso el conjunto.

La potencia P , en general, es un producto de la fuerza por la velocidad:

$$P = F \times V$$

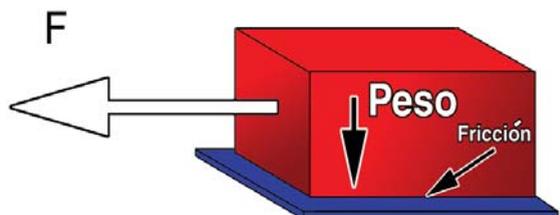
La potencia se expresa en vatios W .

La velocidad puede ser lineal o giratoria.



Potencia en cargas lineales

La velocidad V es lineal, por ejemplo en metros por segundo. La fuerza F se puede expresar en kg o Newtons. Es la fuerza necesaria para que lentamente el objeto empiece a desplazarse. Atención, la fuerza F no es necesariamente igual al peso o masa del objeto. La fuerza F depende de la fricción que necesitaremos vencer para que la carga se desplace, por ejemplo no es lo mismo arrastrar una pesada caja de cartón sola que ponerle ruedas. La fuerza que necesitamos sin ruedas es mucho más elevada, sin embargo el peso de la carga es el mismo. Lo que hemos hecho al ponerle ruedas es disminuir la fricción.

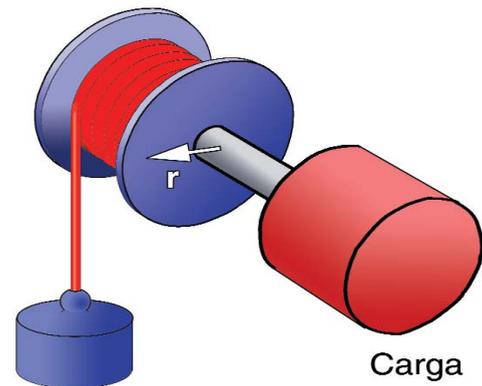


Potencia en cargas rotatorias

La velocidad V es la velocidad de giro, normalmente expresada en rpm.

La fuerza F se expresa en par (torque) que es un producto de una fuerza en kg o Newtons, por un brazo o radio r , expresado en metros o milímetros.

ej.: 10 Nm (Newton metro), sería una fuerza de 10 Newtons (aproximadamente 1 kg) por un brazo o radio de 1 metro de largo.



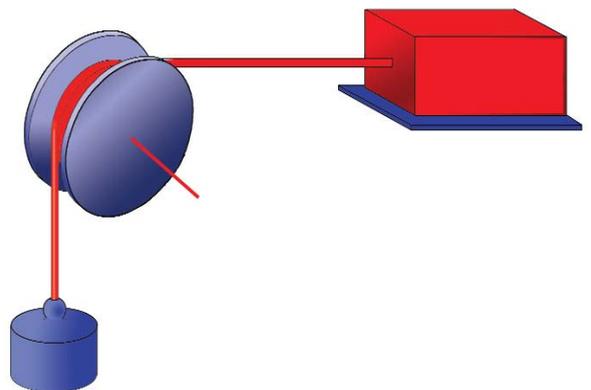
Carga

Recomendaciones para determinar la potencia

La potencia P producto de la fuerza por la velocidad: $P = F \times V$

Normalmente la velocidad V es fácil de establecer, debido a que se conoce la velocidad requerida de desplazamiento de la carga ya sea en m/s o rpm. A menudo entraña más dificultad establecer la fuerza F requerida. Esta se puede obtener por dos métodos:

- Cálculo: normalmente es difícil porque se desconocen los coeficientes de fricción.
- Medición. Por medio de dinamómetro, peso o con un motor DC de medida.



Medición de la Fuerza

A su vez esta fuerza se puede subdividir en dos:

- Fuerza para vencer la fricción de la carga. A menudo es la más importante. Cuando vencemos la fricción, la carga se empieza a desplazar lentamente, sin resistencia al movimiento. Para comprender la situación sería comparable a una situación de ingravidez.
- Fuerza para acelerar y frenar la carga. Una vez vencida la fricción, se necesita poca fuerza para acelerar y frenar. Esta depende de la masa y la forma de la carga, o más exactamente de la inercia de la carga.



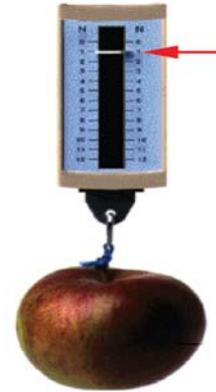
Medida de fuerza para vencer la fricción.

Cargas lineales:

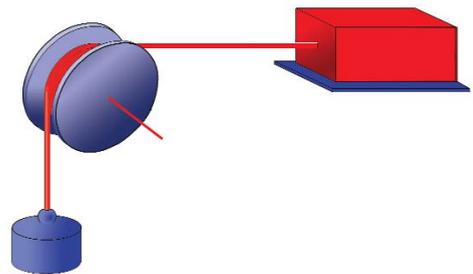
Calculo: peso x coeficiente de fricción x gravedad.

Medida de fuerza lineal :

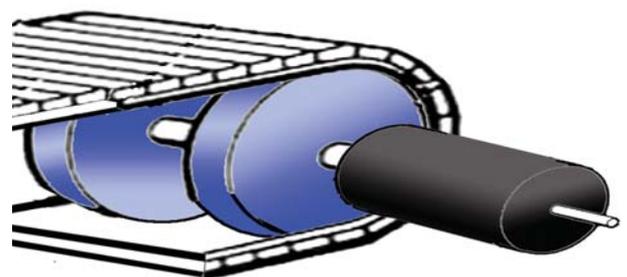
1- Medida de fuerza lineal con Dinamómetro. Puede ser un simple peso de cocina (de los de muelle). Atamos el dinamómetro a la carga con un cordel y empezamos a tirar suavemente hasta que la carga empiece a desplazarse lentamente. En ese momento registramos el peso que marca en gramos o Kg.



2-Medida de fuerza lineal, si no tenemos dinamómetro. Podemos utilizar un peso : se va añadiendo peso (por ejemplo tornillos) en el mecanismo hasta que la carga desliza lentamente. Luego se pesan. Si la polea desliza suavemente, este peso será la fuerza necesaria para desplazar la carga venciendo la fricción.



3- Con un motor de medida de datos conocidos, accionamos el mecanismo y medimos la corriente del motor de corriente continua. Utilizando la constante de par nos dará la correspondencia entre amperios y Nm. En este caso el par del motor CC a través de la polea del motor se transforma en fuerza lineal para mover la carga.





Medida del par (fuerza rotatoria)

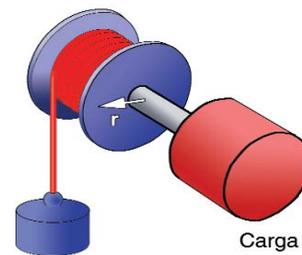
1- Medida de fuerza rotatoria con Dinamómetro. Un dinamómetro puede ser un simple peso de cocina (de los de muelle). Atamos el dinamómetro a la carga con un cordel y empezamos a tirar suavemente hasta que la carga empiece a desplazarse lentamente. En ese momento registramos el peso que marca en gramos o Kg. que multiplicado por el radio de la polea nos dará el par de fricción. Ejemplo: una fuerza de 1 kg (1 kg = 10 Newton) con un diámetro d de polea de 10 cm. (radio $r = 5$ cm) : Es un par de 5 kgcm, aproximadamente 500 mNm ó 0,5 Nm.

2-Medida de fuerza rotatoria, si no tenemos dinamómetro.

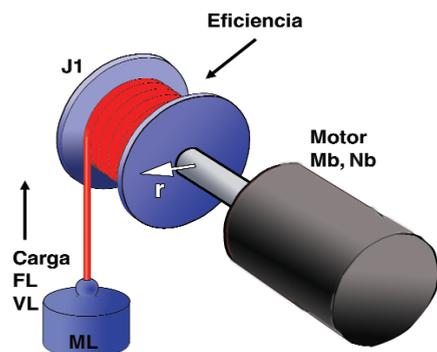
Podemos utilizar un peso : se va añadiendo peso suavemente (por ejemplo tornillos) en el mecanismo hasta que la carga desliza lentamente y luego se pesan. Este peso (en gramos, N o kg) multiplicado por el radio de la polea nos dará el par de fricción.

Ejemplo: un peso de 1 kg con un diámetro d de polea de 10 cm.

(radio $r = 5$ cm) : Es un par de 5 kgcm, aproximadamente 500 mNm ó 0,5 Nm.



3-Con un servomotor de medida de datos conocidos, accionamos el mecanismo y medimos la corriente del motor. Utilizando la constante de par nos dará la correspondencia entre amperios y Nm.



Selección de un motor de corriente continua o motor brushless dc

Los requerimientos de la aplicación deben ser definidos antes de proceder a seleccionar el servomotor.

¿Con qué par y a que velocidad ha de moverse la carga?

¿Cuánto duran los intervalos individuales de carga?

¿Qué aceleraciones han de producirse?

¿Qué valores tienen las inercias de las masas?

A menudo el accionamiento es indirecto, esto significa que existe una transformación mecánica de la potencia de salida del servomotor usando correas, engranajes, tornillos sin fin y similares. Por lo tanto, los parámetros del accionamiento se tienen que considerar en el eje del servomotor. Los consiguientes pasos para la selección del reductor se describen más adelante. Además hay que comprobar los requisitos de la alimentación.

¿Cuál es máximo voltaje disponible en los terminales del servomotor?

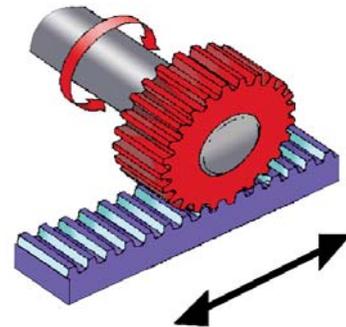
¿Qué limitaciones hay en cuanto a la corriente?

La corriente y el voltaje de servomotores alimentados con baterías o energía solar son limitadas. En el caso de control a través de un servoamplificador, la máxima corriente del mismo es a menudo un límite importante.

Selección de los tipos de motor

La elección de los tipos de motor de continua se realiza en función del par requerido. Por un lado hay que considerar el pico de par M_{max} , y por el otro el par efectivo (medio) $MRMS$.

El funcionamiento en continuo se caracteriza por un solo punto de trabajo (M_B , n_B). Los tipos de motor de corriente continua en cuestión deben tener un par nominal (= max. par en continuo) M_N mayor que el par de funcio-



namiento M_B . $M_N > M_B$

En funcionamiento cíclico, como aplicaciones de arranque y parada, el par nominal del motor DC debe ser mayor que el par efectivo de la carga (media cuadrática). Esto evita que el motor sufra un sobrecalentamiento.

$M_N > MRMS$

El par de arranque del motor DC seleccionado normalmente debería ser superior al par máximo de la carga. $M_a > M_{max}$

Selección del bobinado: requerimientos eléctricos A la hora de elegir el bobinado, hay que asegurarse de que el voltaje aplicado directamente al motor dc es suficiente



Cálculo del motor

Funcionamiento sin regulacion

En aplicaciones con solo un punto de trabajo, esto a menudo se consigue con un voltaje fijo V. Un bobinado se representa con una línea velocidad-par que pasa a través de los puntos de funcionamiento al voltaje especificado. El cálculo se basa en el hecho de que todos los motores DC de un mismo tipo presentan practicamente la misma curva velocidad / par.

La velocidad en vacío requerida $n_{0, theor}$, se calcula a partir del punto de trabajo (n_B, M_B)

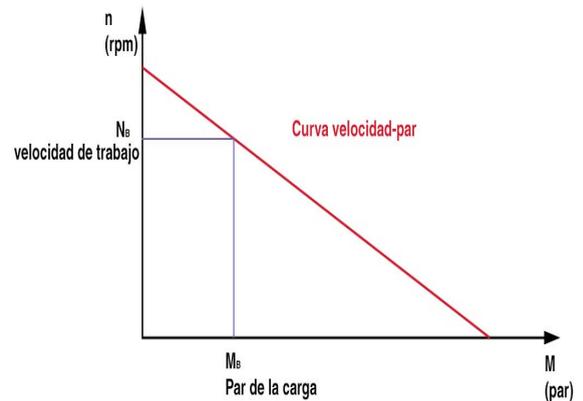
$$n_{0, theor} = n_B + \frac{\Delta n}{\Delta M} M_B$$

Esta velocidad en vacío deseada debe alcanzarse con la tensión disponible U, que define la constante de velocidad $k_{n, theor}$ requerida.

$$k_{n, theor} = \frac{n_{0, theor}}{U}$$

Aquellos bobinados cuya k_n esta lo más próxima posible a la $k_{n, theor}$ se aproximarán mejor al punto de funcionamiento con el voltaje especificado.

Una constante de velocidad algo más grande produce una velocidad ligeramente mas alta y viceversa. La variacion del voltaje ajusta la velocidad al valor requerido, un principio que tambien usan los servoamplificadores.



La corriente del micromotor I se calcula a partir de la constante de par k_M del bobinado seleccionado y del par de funcionamiento M_B .

$$k_{n, theor} = \frac{n_{0, theor}}{U}$$



Recomendaciones para el cálculo del motor

Consejos para la evaluación de los requerimientos

A menudo los puntos de trabajo (especialmente el par) no se conocen o son difíciles de calcular. En estos casos puede accionar su dispositivo con un motor CC de medida que esté sobredimensionado en tamaño y potencia. Varíe la tensión hasta que consiga alcanzar el punto de trabajo deseado. Entonces mida el voltaje y la corriente.

Con estos datos y el número de referencia del motor CC de medida, se puede calcular el motor que mejor se ajuste a su aplicación.

Otros criterios de optimización son, por ejemplo:

- Masa a acelerar (tipo, inercia de la masa)
- Tipo de funcionamiento (continuo, intermitente, reversible)
- Condiciones ambientales (temperatura, humedad, tipo de anclaje y de refrigeración)
- Fuente de alimentación, baterías

A la hora de elegir el tipo de motor CC, hay una serie de factores que también juegan un papel importante:

¿Cuál es la longitud máxima que debe tener el accionamiento (motor CC), incluido el reductor y encoder?

¿Qué diámetro?

¿Cuál es la vida útil del motor CC que se espera y que tipo de sistema de conmutación debería usarse?

Escobillas de metal precioso para funcionamiento continuo con bajas corrientes (recomendación para una larga vida útil: Utilice hasta el 50 % de I_{cont} .)

Escobillas de grafito para funcionamiento con altas corrientes en continuo y frecuentes arranques / paradas e inversiones de giro. (recomendación para una larga vida útil: Utilice entre el 50 y 75 % de I_{cont})



La conmutación electrónica (brushless) de los motores brushless dc es preferible para velocidades elevadas (> 20.000 rpm) y una vida útil más larga (> 10.000 horas).

Otros factores:

¿Que valor tienen las fuerzas axiales y radiales en el eje?

¿Son necesarios rodamientos a bolas o sería suficiente con cojinetes sinterizados, más económicos?



Ejemplo de cálculo de un motorreductor

Un motor de corriente continua debe efectuar el siguiente movimiento:

Desde parado, acelera hasta 60 rpm en 0,5 segundos. Después, gira a 60 rpm durante dos segundos. Luego, frena, hasta parado en 0,5 segundos. La inercia de la carga J_L a acelerar es de 120 000 gcm².

El par de fricción es de 300 mNm. El motor CC va a ser alimentado con un servoamplificador lineal de 4 cuadrantes (LSC). La fuente de alimentación entrega una corriente máxima de 5 A y 24 V.

Cálculo de los datos de la carga

El par necesario para la aceleración y frenado, se calcula de la siguiente manera (se omiten la inercia del motor DC y reductor)

$$M_{\alpha} = J_L \cdot \alpha = J_L \cdot \frac{\pi}{30} \cdot \frac{\Delta n}{\Delta t} = 0.013 \cdot \frac{\pi}{30} \cdot \frac{60}{0.5} = 0.163 \text{ Nm} = 163 \text{ mNm}$$

Junto con el par de fricción, los siguientes pares son necesarios para las diferentes fases del movimiento:

Fase de aceleración (duración 0,5 s) 463 mNm (300 + 163 mNm)

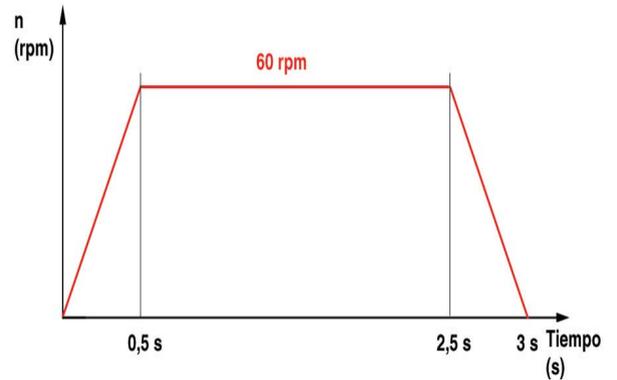
Velocidad constante (duración 2 s) 300 mNm

Frenado (frenado con un par de fricción de 300 mNm) (duración 0,5 s) 137 mNm (300 - 163 mNm)

El pico de par ocurre durante la aceleración. El par medio RMS del ciclo de trabajo completo es:

$$M_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{t_{\text{tot}}} (t_1 M_1^2 + t_2 M_2^2 + t_3 M_3^2 + t_4 M_4^2)}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{3.7} (0.5 \cdot 463^2 + 2 \cdot 300^2 + 0.5 \cdot 137^2 + 0.7 \cdot 0^2)} \approx 280 \text{ mNm}$$



La velocidad máxima (60 rpm) se alcanza al final del proceso de aceleración (0,5 s) con el máximo par (463 mNm).

Por lo tanto, el pico de potencia mecánica es

$$P_{\text{max}} = M_{\text{max}} \cdot \eta_{\text{max}} \cdot \frac{\pi}{30} = 0.46 \cdot 60 \cdot \frac{\pi}{30} \approx 2.9 \text{ W}$$

www.maxonmotor.es

