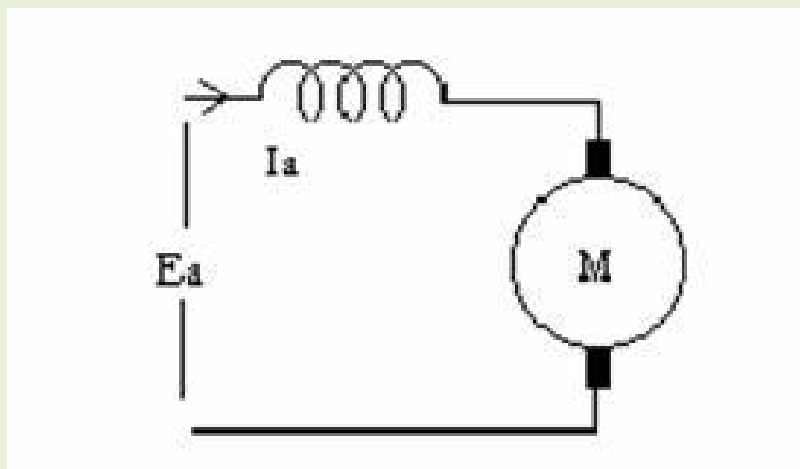


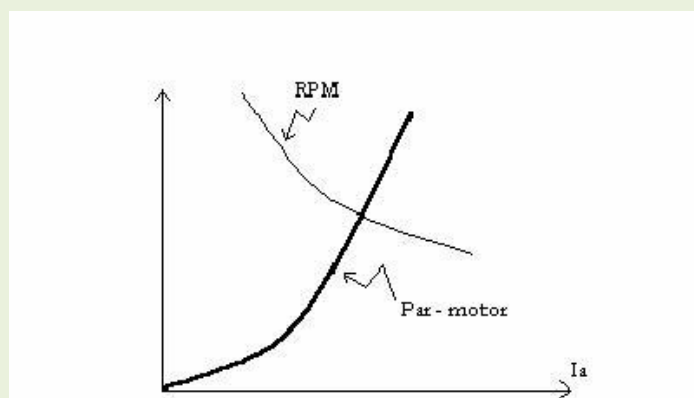
CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS

MOTOR SERIE:

El motor serie se conecta a la red como se indica en la figura. El voltaje aplicado E_a es constante, mientras que el campo de excitación aumenta con la carga, puesto que la corriente I_a es la misma corriente de excitación.



El par producido $K\phi I_a$ es directamente proporcional al flujo y a la corriente en el inducido. Como el también aumenta con I_a , entonces, el par motor es directamente proporcional al cuadrado de I_a , por lo tanto, su curva será parabólica.



Arranque del motor:

Como en el caso del motor shunt se debe intercalar un reóstato de arranque en serie con el inducido. Esta resistencia se reduce gradualmente cuando el motor adquiere velocidad.

Características de carga:

Las curvas características se pueden obtener a partir de las fórmulas fundamentales:

$$Par\ motor = K\phi\ I_a = K\ I_a^2, \quad \text{debido a que } \phi = K\ I_a$$

$$Rpm = (E_a - I_a R_a) / K\phi = K (E_a - I_a R_a) / I_a,$$

O sea, que al aumentar la corriente, disminuye la velocidad, y su curva de velocidad, se observa que para cargas ligeras, la velocidad se hace peligrosamente elevada, y por esta razón un motor serie ha de estar siempre engranado o acoplado directamente a la carga. Si un motor serie estuviera unido a la carga mediante una correa y ésta se rompiese o soltase, el motor se embalaría y probablemente se dañaría.

Inversión del sentido de rotación:

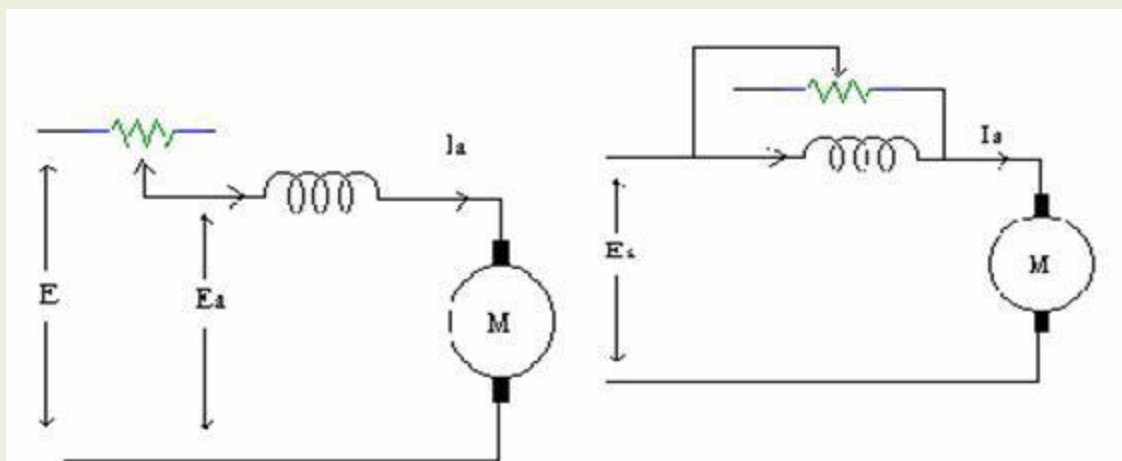
La rotación se puede invertir cambiando la dirección de la corriente, ya sea del campo en serie o del inducido.

Parada del motor:

Para parar un motor serie, es preciso introducir progresivamente las resistencias del reóstato de arranque y cortar luego la alimentación, para evitar una fuerte corriente de ruptura que sería peligrosa para los arrollamientos.

Control de velocidad:

La velocidad se puede variar, cambiando el voltaje aplicado E_a , colocando un reóstato en serie con la bobina de campo. De esta manera se disminuye la velocidad. Se puede aumentar la velocidad, disminuyendo el flujo por polo. Esto se puede realizar, colocando un reóstato en paralelo con la bobina de campo, de modo que la corriente total I_a solo se permita circular una parte por la bobina de excitación.



Propiedades:

- Gran par de arranque.
- Velocidad variable con la carga.
- Tendencia al aceleramiento excesivo.
- Soporta bien las sobrecargas.
- Se dispara fácilmente en vacío o cuando la carga decrece.

Utilización

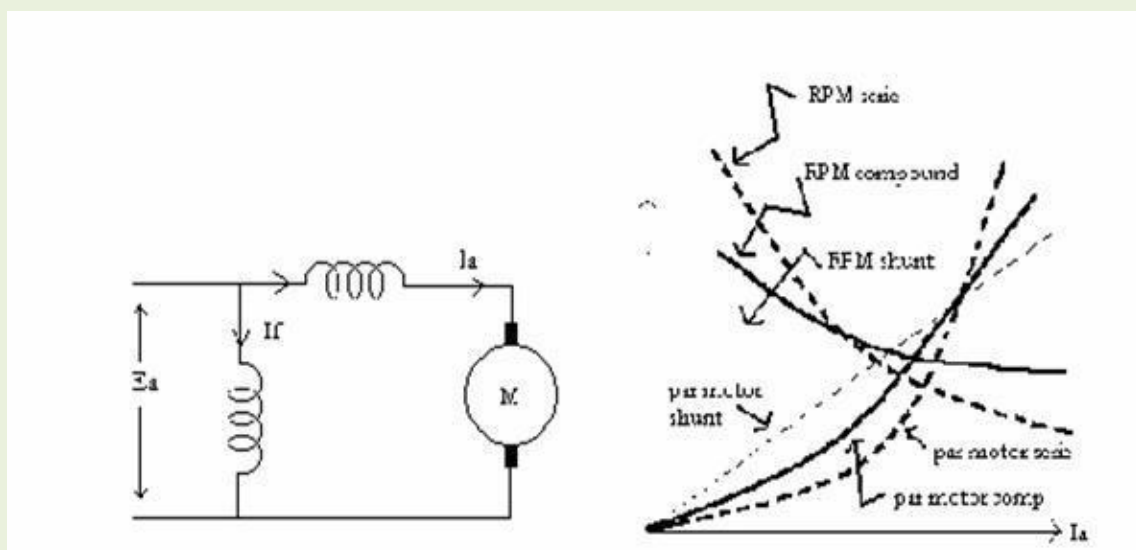
Se usa en los aparatos de elevación: Montacargas, ascensores, grúas, frenos eléctricos.

MOTOR COMPUESTO:

Comparando las ventajas de los motores serie y shunt se encuentra que:

- 1) El motor shunt tiene una velocidad más constante, pero
- 2) Un motor serie del mismo régimen de capacidad puede ejercer un par mucho mayor, cuando sea necesario, sin aumentar terriblemente la corriente.

Estas dos características pueden obtenerse en un mismo motor colocando dos bobinados de campo: Uno en serie y otro shunt, en los polos del motor, y que se llamará motor compound. Las características de velocidad y par motor para un motor compound se dan en la siguiente figura.



La velocidad de un motor compound se puede disminuir por debajo de la normal por medio de un reóstato colocado en el circuito del inducido y aumentarse por encima de la normal mediante un reóstato en el circuito de campo.

A diferencia de los motores en serie, el motor compound tiene una velocidad definida sin carga y no alcanzará velocidades destructivas si ésta se suprime.

La regulación de la velocidad es inferior a la de un motor shunt y mayor a la de uno serie. La rotación se invierte cambiando la dirección de la corriente del circuito de campo o del circuito del inducido. Puesto que si se invierte el campo shunt se debe invertir el serie, el procedimiento más sencillo es invertir la corriente en el inducido.

Si las conexiones del arrollamiento serie de un motor compound se permutan para invertir el sentido de circulación de corriente en el mismo, las bobinas serie se opondrán al flujo y este decrecerá, en lugar de crecer cuando aumente la carga. Esto obligará al motor a acelerar, en lugar de decrecer cuando aumenta la carga. Este motor se conoce con el nombre de "motor compound diferencial".

MOTOR PASO A PASO:

Los motores paso a paso (PAP), son un tipo especial de motores que permiten el avance de su eje en ángulos muy precisos y por pasos en las dos posibles direcciones de movimiento, izquierda o derecha. Aplicando a ellos una determinada secuencia de señales digitales, avanzan por pasos hacia un lado u otro y se detienen exactamente en una determinada posición.

Cada paso tiene un ángulo muy preciso determinado por la construcción del motor, lo que permite realizar movimientos exactos sin necesidad de un sistema de control por lazo cerrado.

A un motor paso a paso se le puede ordenar por medio del control, que avance cinco o diez pasos hacia la derecha, luego un determinado número de pasos hacia atrás o simplemente que no gire, lo cual permite el control de posición, velocidad, y sentido (dirección).

Este sistema ha simplificado enormemente la implementación de automatismos y las aplicaciones de la robótica.

Los motores paso a paso presentan grandes ventajas con respecto a la utilización de servomotores debido a que se pueden manejar digitalmente sin realimentación, su velocidad se puede controlar fácilmente, tiene una larga vida, son de bajo costo, la interfase es sencilla y su mantenimiento es mínimo debido a que no tienen escobillas.

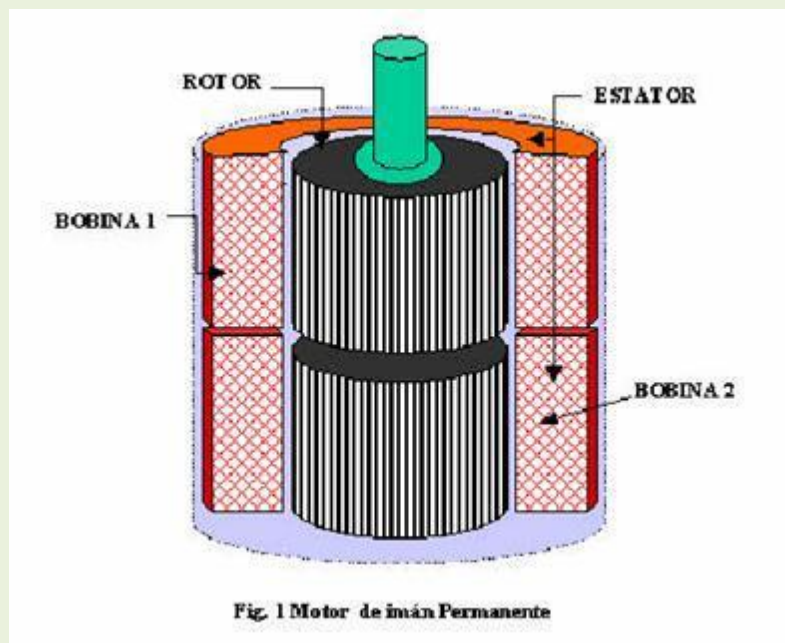
FUNCIONAMIENTO:

El funcionamiento de los motores paso a paso se basa en el simple principio de atracción y repulsión que ocurre entre los polos magnéticos. Como ya sabemos un imán tiene dos polos llamados Norte y Sur.

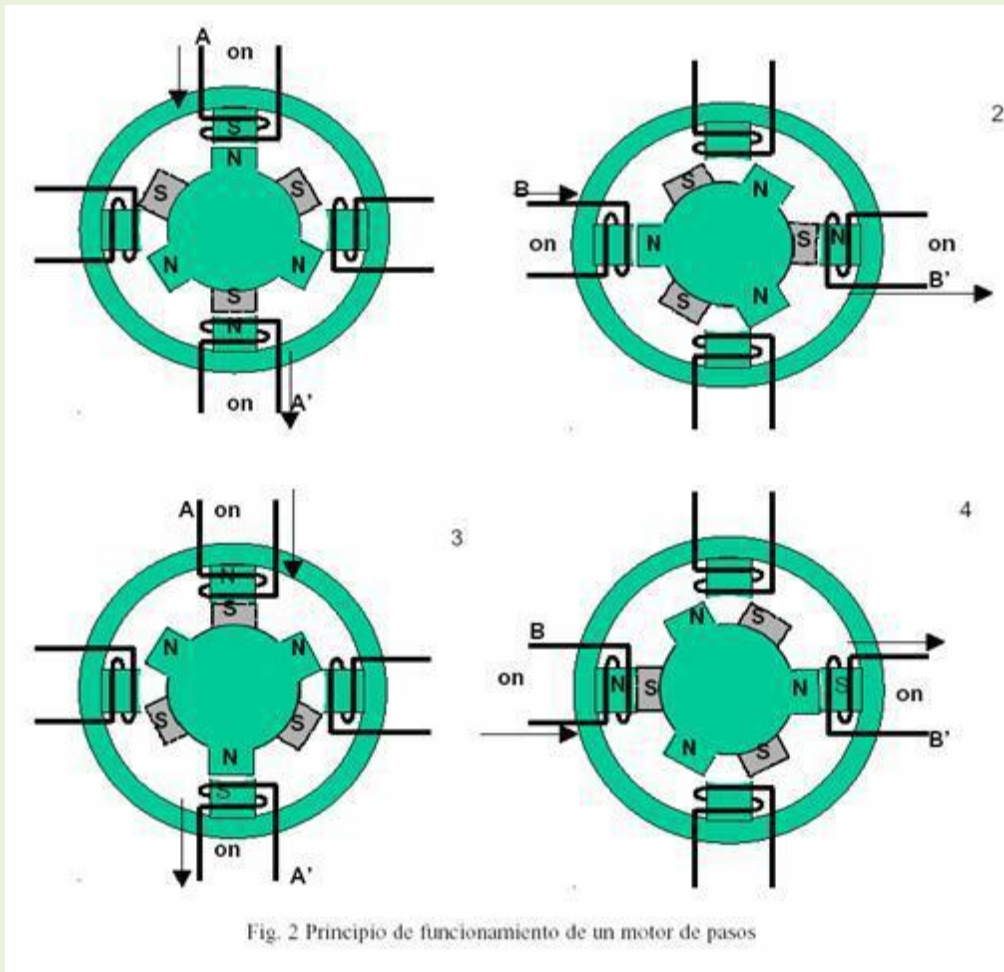
El principio básico del magnetismo establece que polos iguales se repelen y polos diferentes se atraen. Para lograr un movimiento mucho más suave, los motores paso a paso se fabrican aumentando el número de polos del estator y se les practican una serie de ranuras tanto en el rotor como en el estator. Así se logran movimientos que van hasta 1.8° por paso. Los grados de avance por paso son una de las características más importantes en este tipo de motores y generalmente está indicada en su carcasa o cuerpo.

Existen diferentes tipos de motores de pasos, de los cuales se utilizara y veremos el funcionamiento de uno ellos, el Motor de Magneto Permanente.

En la figura, se muestra un diagrama del Motor paso a paso de Magneto Permanente, el cual está construido de un rotor que incluye polos magnéticos de polaridad contraria colocados uno junto al otro. El estator contiene bobinas alineadas de tal forma que sus energización secuencial provocan que el rotor se desplace a las posiciones de mínima reluctancia magnética.



El número de pasos varía según sea la aplicación. Existen en el mercado desde 0.1 a 120 grados. Los ángulos más comunes son de 1.8, 2.0, 2.5, 5.0, 15 y 30 grados, que respectivamente dan 200, 180, 144, 72, 24 y 12 pasos/revolución. Estos motores son alimentados con fuentes de corriente directa y manejados con circuitos digitales.



En la figura anterior se presenta el principio de funcionamiento. La bobina A-A' se energiza haciendo circular la corriente de A hacia A' por lo cual el polo inferior se polariza positivamente, atrayendo al polo sur del rotor (parte inferior del rotor), y el superior negativamente el cual atrae, al polo norte del rotor, (parte superior del rotor), de tal manera que se realiza el primer paso.

Para que realice un segundo paso en el mismo sentido consideremos, ahora, la desactivación de la bobina A-A' y la activación de las bobinas B-B', al circular la corriente la bobina B polariza negativamente lo que atrae al polo positivo del rotor (N) y la bobina B' se polariza positivamente atrayendo al polo negativo (S) del rotor. Esto hace que gire un otro paso.

Para que gire un tercer paso, se desenergizan las bobinas B-B' y ahora volvemos a activar las bobinas A-A', pero ahora haciendo circular la corriente de A' hacia A por lo cual el polo superior se polariza positivamente, atrayendo al polo sur del rotor (parte inferior del rotor), y el inferior negativamente, el cual atrae, al polo norte del rotor (parte superior del rotor).

Siguiendo con un cuarto paso en el mismo sentido, sea la bobina B-B', ahora alimentada en sentido contrario, es decir haciendo circular la corriente de B' hacia B,

con la bobina A-A' desactivada. El polo de la derecha se polariza positivamente atrayendo al polo sur del rotor (parte inferior del rotor), y el de la izquierda negativamente, el cual atrae, al polo norte del rotor, (parte superior del rotor).

Por último para completar el ciclo, volvamos a conectar las cuatro bobinas como al inicio por lo cual el rotor girará un cuarto de paso. Si el ciclo se vuelve repetitivo podremos observar el movimiento del rotor en sentido de las manecillas del reloj. La velocidad dependerá de la activación y desactivación de las bobinas. Como podemos observar 4 pasos fueron necesarios para que el motor girara 90 grados de su posición original, si quisiéramos que el motor girara una vuelta completa tendríamos que darle 12 pasos, es decir repetir el ciclo 4 veces.

De aquí se observa que, el número de pasos de un motor está condicionado al número de polos del imán permanente (rotor), o bien al número de bobinas, (estator). Por ejemplo, para un motor de 2 bobinas y 200 pasos se requiere que el rotor tenga 50 polos.

MODOS DE OPERACIÓN:

Los motores PAP tanto unipolares como bipolares pueden trabajar en dos modos de operación: de paso completo y de medio paso.

En el primer caso, con cada secuencia el rotor gira un determinado ángulo dado por la fabricación del motor. En el modo de medio paso, cada secuencia produce un giro en grados correspondiente a la mitad de su paso normal.

EL MOTOR DE IMÁN PERMANENTE

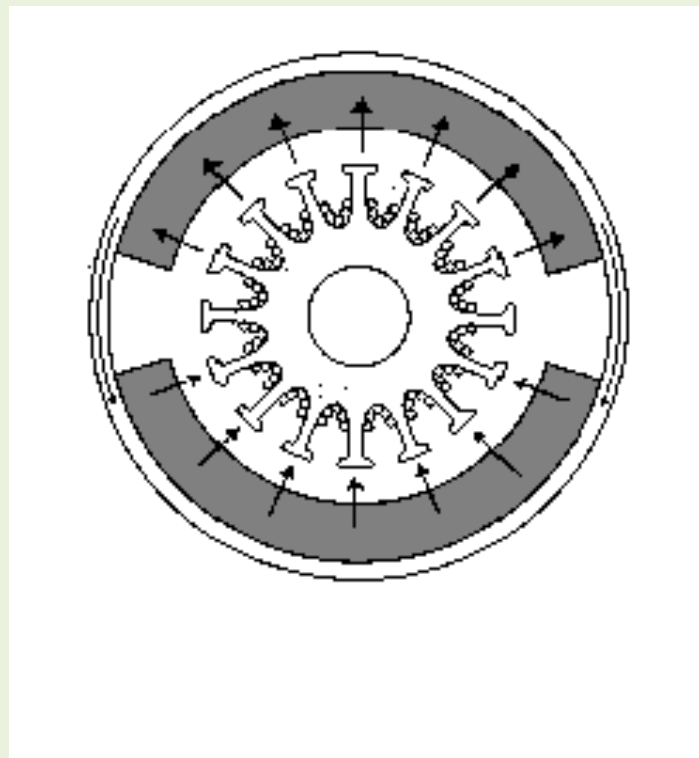
En general el campo magnético de un motor de cd se puede producir por bobinas o imanes permanentes. Los motores de cd de imán permanente se pueden clasificar de acuerdo con el esquema de conmutación y al diseño de la armadura. Los motores de cd convencionales tienen escobillas mecánicas y conmutadoras. Sin embargo, en una clase importante de motores de cd la conmutación se hace en forma electrónica; este tipo de motor se llama motor de cd sin escobillas.

De acuerdo con la construcción de la armadura, el motor de cd de imán permanente tiene tres tipos de diseño de armadura:

1. de núcleo de hierro
2. de devanado superficial
3. de bobina móvil.

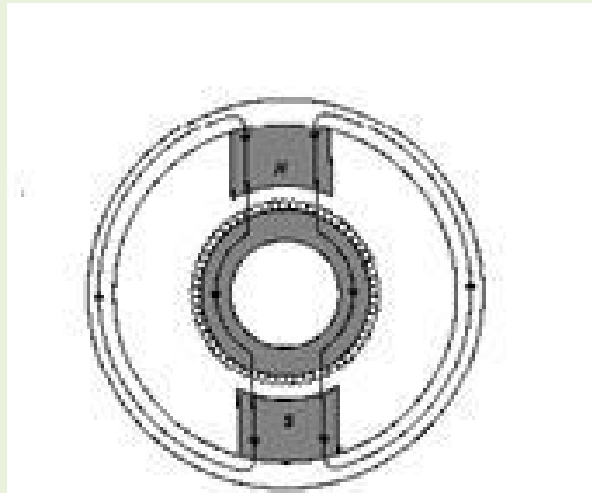
DE NÚCLEO DE HIERRO

La configuración del rotor y estator de un motor de cd de imán permanente de núcleo de hierro se muestra en la Fig. (5). El material del imán permanente puede ser bario-ferrita, Alnico, o un compuesto de "tierras raras". El flujo magnético producido por el imán pasa a través de la estructura del rotor laminado que tiene ranuras. Los conductores de la armadura están localizados en las ranuras del rotor. Este tipo de motor está caracterizado por una inercia del motor relativamente alta (ya que la parte giratoria está formada por las bobinas de la armadura), una inductancia alta, bajo costo y alta confiabilidad.



DE DEVANADO SUPERFICIAL

La Figura muestra la construcción del rotor de un motor de cd de imán permanente de devanado superficial. Los conductores de la armadura están pegados a la superficie de la estructura cilíndrica del rotor, la cual está hecha de discos laminados sujetos al eje del motor. Ya que en este diseño no se emplean ranuras sobre el rotor, no presenta el efecto de "rueda dentada". Puesto que los conductores están proyectados en el entrehierro de aire que está entre el rotor y el campo de imán permanente, este campo tiene menor inductancia que el de estructura de núcleo de hierro.



DE BOBINA MÓVIL

Los motores de bobina móvil están diseñados para tener momentos de inercia muy bajos e inductancia de armadura también muy baja. Esto se logra al colocar los conductores de la armadura en el entrehierro entre la trayectoria de regreso del flujo estacionario y la estructura de imán permanente. En este caso la estructura del conductor está soportada por un material no magnético normalmente resinas epóxicas o fibra de vidrio - para formar un cilindro hueco. Uno de los extremos del cilindro forma un eje, el cual está conectado al eje del motor. Una vista de la sección transversal de este tipo de motor se muestra en la figura abajo. Ya que se han eliminado todos los elementos no necesarios de la armadura del motor de bobina móvil, su momento de inercia es muy bajo. Como los conductores del motor de bobina móvil no están en contacto directo con el hierro, la inductancia del motor es muy baja; valores menores a 100 mH son comunes en este tipo de motor. Las propiedades de inercia e inductancia bajas hacen que el motor de bobina móvil sea una de las mejores elecciones de actuadores para sistemas de control de alto desempeño.

