



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MINERA, MECÁNICA Y ENERGÉTICA

Asignatura: Ingeniería de Máquinas (570004027)

Profesor: Rafael Sánchez Sánchez

Asignatura: **Ingeniería de Máquinas** [570004027]
5º curso de Ingenieros Industriales

6º Tema.- Accionamientos y actuadores eléctricos.

Huelva, Noviembre 2008

Profesor: Rafael Sánchez Sánchez

Universidad de Huelva (Campus de La Rábida): Escuela Politécnica Superior

Página 1 de 16



ÍNDICE

- 1. Introducción.**
 - 1. Definición de accionamiento o actuador.**
 - 2. Tipos de actuadores.**
- 2. Actuadores eléctricos.**
 - 1. Actuadores eléctricos.**
 - 2. Tipos de actuadores eléctricos.**
- 3. Motores de corriente alterna.**
 - 1. Monofásicos.**
 - 1. Síncronos.**
 - 2. Asíncronos.**
 - 2. Trifásicos.**
- 4. Motores de corriente continua.**
 - 1. Bobinados en derivación.**
 - 1. Con escobillas.**
 - 2. Sin escobillas.**
 - 2. Bobinados en serie.**
 - 3. Con excitación independiente.**
 - 1. Motores paso a paso.**
 - 2. Servomotores.**
 - 3. Motor universal.**
- 5. Criterios de selección.**
- 6. Accionamientos continuos.**
 - 1. Motor de característica mecánica rígida.**
 - 2. Motor de característica mecánica elástica.**
- 7. Accionamientos para movimientos rápidos.**
- 8. Elementos de Control**

1. Introducción.

1.1. Definición de accionamiento o actuador:

“Se entiende por accionamiento o actuador a aquel elemento o dispositivo de una máquina, encargado de suministrar energía mecánica para que ésta funcione”.

Este elemento, debe ser capaz de transformar algún tipo de energía, ya sea eléctrica, neumática o hidráulica, etc, en energía mecánica, para aplicarla en el eslabón motor de dicha máquina.

Si además a este actuador le incorporamos un sistema de control, y un conversor de señal, decimos que estamos en presencia de “servoactuador” o un servoaccionamiento”.

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Los actuadores eléctricos, neumáticos e hidráulicos son usados para manejar aparatos mecatrónicos.

¿A qué llamamos sistema mecatrónico? Pues es aquel sistema digital que recoge señales, las procesa y emite una respuesta por medio de actuadores, generando movimientos o acciones sobre el sistema en el que se va a actuar. Por ejemplo “los robots”, líneas de proceso automático, máquinas controladas digitalmente o “los vehículos guiados automáticamente”, se deben considerar como sistemas mecatrónicos.

1.2. Tipos de actuadores:

Los actuadores, en función de la energía que transformen, los podemos clasificar en:

- **Eléctricos.**
- **Neumáticos.**
- **Hidráulicos.**
- **Térmicos.**
- **Elásticos.**
- **Gravitatorios.**
- **De origen animal**

- 1.2.1. **Eléctricos**: Transforman la energía eléctrica en mecánica.
- 1.2.2. **Neumáticos**: Transforman la energía potencial almacenada en el aire comprimido u otro gas, en energía mecánica.
- 1.2.3. **Hidráulica**: Transforman la energía potencial almacenada en un aceite comprimido u otro líquido, en energía mecánica.
- 1.2.4. **Térmicos**: Transforman la energía calorífica en energía mecánica.
- 1.2.5. **Elásticos**: Transforman la energía potencial almacenada en la deformación elástica de un material, en energía mecánica.
- 1.2.6. **Gravitatorios**: Transforman la energía potencial gravitatoria, en energía mecánica.
- 1.2.7. **De origen animal**: Transforman la energía calorífica de los alimentos animales, en energía mecánica.

Los actuadores sobre los que nos vamos a interesar en esta asignatura, por ser los que se utilizan fundamentalmente en las máquinas modernas, son los eléctricos, los neumáticos y los hidráulicos.

Por sus características, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que necesitamos es potencia, y los neumáticos para simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren equipos voluminosos para el suministro de energía, así como de un mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de la precisión y el mantenimiento.

Los actuadores eléctricos también son muy utilizados en los aparatos mecatrónicos, como por ejemplo, en los robots.

En la siguiente tabla se resumen las principales características de estos tres tipos de actuadores, como son la energía que utilizan, las opciones de su utilización, sus ventajas y sus desventajas:

	Neumático	Hidráulico	Eléctrico
Energía	<ul style="list-style-type: none"> Aire a presión (5-10 bar) 	<ul style="list-style-type: none"> Aceite mineral (50-100 bar) 	<ul style="list-style-type: none"> Corriente eléctrica
Opciones	<ul style="list-style-type: none"> Cilindros Motor de paletas Motor de pistón 	<ul style="list-style-type: none"> Cilindros Motor de paletas Motor de pistones axiales 	<ul style="list-style-type: none"> Corriente continua Corriente alterna Motor paso a paso
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> Baratos Rápidos Sencillos Robustos 	<ul style="list-style-type: none"> Rápidos Alta relación potencia-peso Autolubrificantes Alta capacidad de carga Estabilidad frente a cargas estáticas 	<ul style="list-style-type: none"> Precisos Fiables Fácil control Sencilla instalación Silenciosos
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> Dificultad de control continuo Instalación espacial (compresor, filtros) Ruidosos 	<ul style="list-style-type: none"> Difícil mantenimiento Instalación especial (filtros, eliminación de aire) Frecuentes fugas Caros 	<ul style="list-style-type: none"> Potencia limitada

2. Actuadores eléctricos.

2.1 Utilización de los actuadores eléctrico:

Los actuadores eléctricos son los más extendidos y los que poseen un mayor campo de aplicación dada la fácil disponibilidad de la energía eléctrica a través de las redes de distribución.

Además son altamente versátiles debido a que se utilizan cables eléctricos para transmitir señales de control y la electricidad, por lo que prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador.

De hecho, hay actuadores que dependen de una etapa previa realizada por un accionamiento eléctrico, como son los actuadores neumáticos o hidráulicos (un accionamiento eléctrico debe mover inicialmente un compresor o una bomba), o en los gravitatorio (donde previamente se tiene que desplazar el elemento que caerá por gravedad al sitio por el que caerá), etc.

Existe una gran cantidad de modelos y es fácil utilizarlos con motores eléctricos estandarizados según la aplicación.

En mucho casos es necesario utilizar reductores, debido a que los motores son de operación continua.

2.2 Tipos de actuadores eléctricos:

- **Motores de corriente alterna.**
 - **Monofásicos.**
 - **Trifásicos.**
- **Motores de corriente continua.**
 - **Bobinados en derivación.**
 - **Bobinados en serie.**
 - **Excitación independiente.**
- **Motores paso a paso.**
- **Servomotores.**
- **Motor universal.**

3. Motores de corriente alterna.

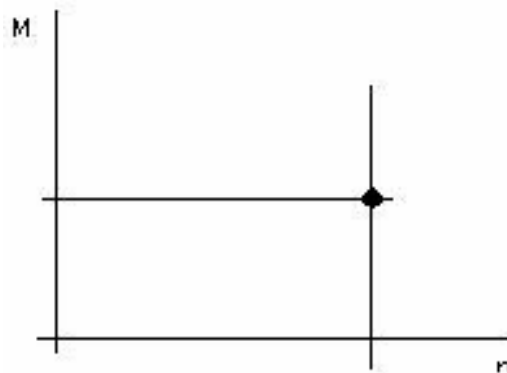
Son en general motores robustos, sencillos, seguros, compactos y que necesitan poco mantenimiento. Además, suelen ser más baratos que los motores de corriente continua para potencias equivalentes, se considera el motor industrial por excelencia.

3.1 Monofásicos:

Este tipo de motores poseen una única fase y un neutro. Sirven únicamente para potencias pequeñas o medias (< 3 kw). Poseen el inconveniente de necesitar de un arrancador. Pueden ser de dos tipos: síncronos y asíncronos.

3.2.1 Monofásicos síncronos:

Este tipo de motores funcionan siempre a una velocidad fija, siendo su curva de par-velocidad de la siguiente forma:



Este tipo de motores trabajan a velocidad fija aun cuando varíe la carga, tal como se puede apreciar en la anterior gráfica par-velocidad.

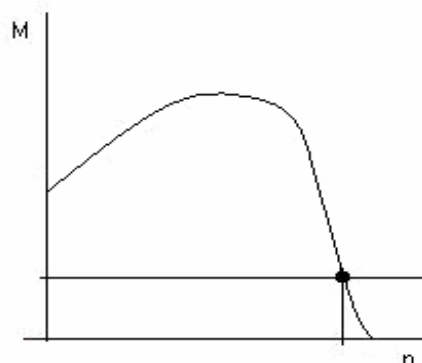
Su velocidad de giro es constante y viene determinada por la frecuencia de la tensión de la red eléctrica a la que esté conectado y por el número de pares de polos del motor, siendo conocida esa velocidad como "velocidad de sincronismo".

Los motores síncronos se utilizan en aquellas aplicaciones donde se necesita mantener una velocidad exacta (por ejemplo, en temporizadores).

Presentan el problema de que necesitan un arrancador.

3.2.2 Monofásicos asíncronos:

Este tipo de motores funcionan con una curva par-velocidad de la siguiente forma:



Son motores que funcionan a una velocidad aproximadamente fija aunque varíe la carga, ya que se puede observar en la gráfica par-velocidad que el punto de funcionamiento del motor se encuentra en una zona en la que la curva es muy vertical. Son los motores más ampliamente utilizados. Los motores trifásicos permiten potencias mayores y, además, no necesitan arrancador.

3.3 Trifásicos:

Presentan las mismas características que los monofásicos, con la diferencia de que se pueden poner en marcha sin necesidad de arrancador. Se construyen para potencias mayores.

4. Motores de corriente continua.

Este tipo de motores son pesados, caros y necesitan bastante mantenimiento, debido al chisporroteo continuo de las escobillas. No obstante, eran la mejor opción para las aplicaciones en las que se necesitaba controlar la velocidad y/o el par hasta que se desarrolló el variador de frecuencia, aparato que subsana esta carencia de los motores asíncronos.

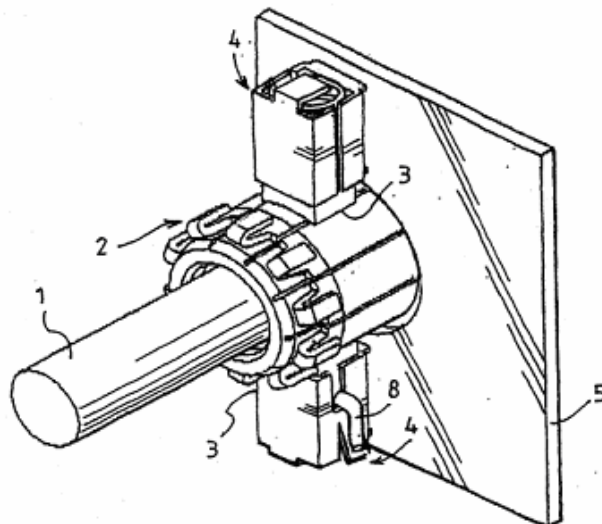
También se utilizan en aquellos sitios donde la alimentación proviene de una batería. La velocidad es fácilmente ajustable poniendo únicamente un reostato (resistencia variable) en el inductor. El sentido de rotación se invierte cambiando la polaridad del motor.

4.1. Bobinados en derivación:

Este tipo de motores presentan la excitación bobinada en paralelo, por lo que la caída de tensión de la excitación es la misma que la del motor. Pueden ser de dos tipos: con escobillas, y sin escobillas o brushless (en inglés).

4.1.1 Con escobillas:

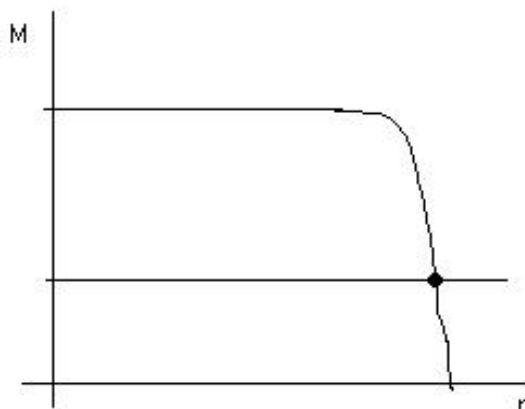
Presentan inconvenientes en cuanto al mantenimiento, ya que las bobinas chisporrotean continuamente y se desgastan.



4.1.2 Sin escobillas o brushless:

Presentan un menor coste de mantenimiento al funcionar sin escobillas.

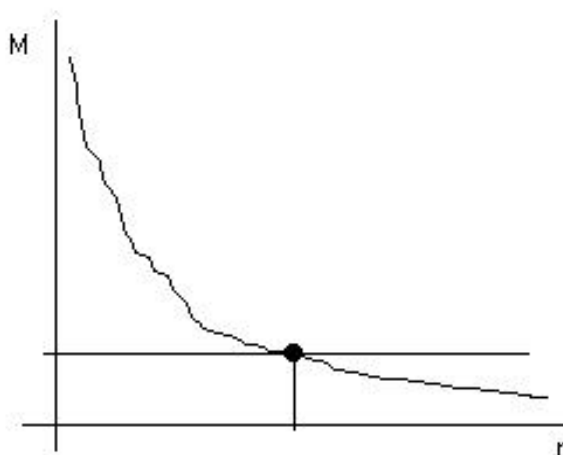
La gráfica par-velocidad de estos motores es la siguiente:



Como se puede apreciar, la gráfica es similar a la del motor asíncrono. Se utilizan para aparatos tales como ventiladores.

4.2. Bobinados en serie:

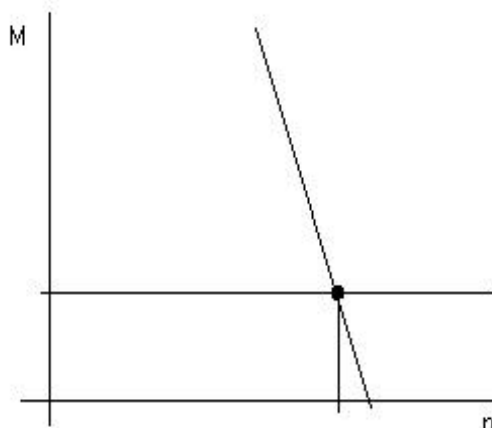
Este tipo de motores presentan la excitación bobinada en serie, por lo que la caída de tensión de la excitación no es fija. Al igual que los motores con excitación en paralelo, pueden ser con escobillas o brushless. Su gráfica par-velocidad es la siguiente:



Su velocidad varía con la carga, ya que posee la excitación en serie.

4.3. Con excitación independiente:

Este tipo de motores presentan la alimentación del devanado inductor mediante una fuente de alimentación externa a la máquina. Por este motivo, es muy fácil controlar su velocidad variando únicamente la corriente de excitación. Con este tipo de motores se puede controlar la velocidad del mismo incluso en lazo abierto. Su gráfica par-velocidad es la siguiente:



4.3.1. Motores paso a paso:

Son dispositivos electromagnéticos, rotativos, incrementales que convierten pulsos digitales en rotación mecánica.

La cantidad de rotación es directamente proporcional al número de pulsos y la velocidad de rotación es relativa a la frecuencia de dichos pulsos. Este tipo de motores avanzan a impulsos un ángulo prefijado. Generalmente se utilizan alimentados mediante un dispositivo programable que es el que le suministra los impulsos. Mediante este tipo de motores se consigue un motor de posición aceptable

a bajo coste, siempre y cuando la inercia del sistema sea baja (el sistema tarde poco en acelerarse y frenarse).

Su uso más habitual es en aparatos de pequeña potencia, tales como impresoras, escáner, etc.

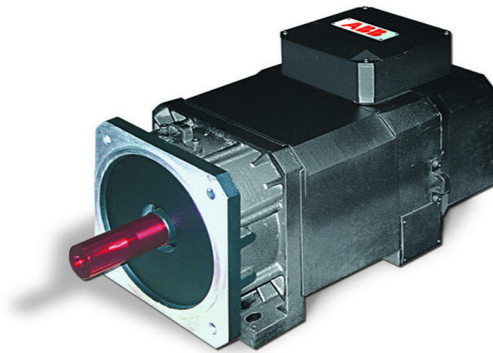


4.3.2. Servomotores:

Es un motor de corriente continua, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación y mantenerse estable en dicha posición. Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. Los servos se utilizan frecuentemente en sistemas de radiocontrol y en robótica, pero su uso no está limitado a estos.

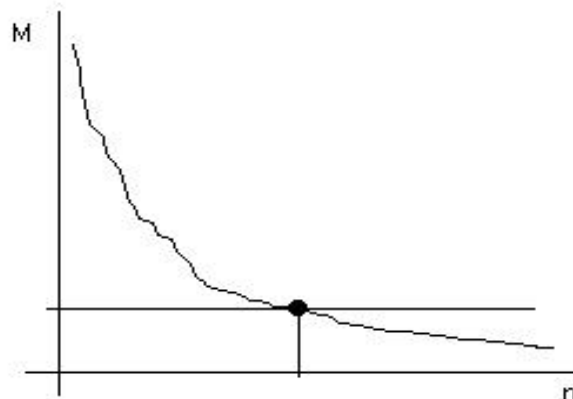
El control de posición del motor se realiza en lazo cerrado, con lo que se consigue un control de la posición muy preciso, con requisitos de mantenimiento mínimos. Se utiliza en máquinas de precisión, tales como máquinas-herramienta, robots, impresoras, plotters, actuadores de control de superficie de aeronaves, etc.

Las ventajas que tales motores ofrecen incluyen un momento de torsión elevado, un tamaño pequeño de estructura y una carga ligera, así como una curva de velocidad lineal, lo cual reduce el esfuerzo computacional.



4.3.3. Motor universal:

Sirven para pequeños electrodomésticos (pequeñas potencias), como taladradoras, batidoras, etc. donde se requiere gran velocidad con cargas débiles. Se pueden conectar tanto a corriente continua como a corriente alterna. Presenta una gráfica par-velocidad con el siguiente aspecto:



Similar a la gráfica de bobinados en serie. Estos motores tienen la ventaja que alcanzan grandes velocidades pero con poca fuerza, Además no están contruidos para uso continuo o permanente. Otra dificultad de los motores universales, en lo que a radio se refiere, son las chispas del colector (chisporroteos) y las interferencias de radio que ello lleva consigo o ruido.

5. Criterios de selección.

Los factores que debemos tener en cuenta para elegir un tipo de motor u otro son los siguientes:

- **Par resistente de la carga.**
- **Velocidad de funcionamiento.**
- **Potencia (hay que tener en cuenta que la potencia será igual al par nominal de la aplicación por la velocidad nominal de la aplicación).**
- **Variaciones en la carga y en la velocidad (hay que tener en cuenta que hay motores que pueden llegar a pararse si la variación de la carga es excesiva).**
- **Par de arranque (en ocasiones hará falta el uso de un arrancador para poner en marcha un motor).**
- **Ciclo de trabajo (arranque, funcionamiento, parada).**
- **Voltaje de operación.**
- **Factores ambientales.**
- **Tipo de energía disponible.**

6. Accionamientos continuos:

En el diseño de cualquier accionamiento intervienen dos elementos: el motor o accionamiento y el elemento receptor. Éste último incluye la transmisión que transforma la energía suministrada por el motor para hacerla más adecuada a las necesidades del receptor.

Entre ambos elementos se puede dar cualquiera de estas tres fases: arranque, funcionamiento en régimen y parada. El funcionamiento del accionamiento durante estas tres fases se podrá determinar a partir de las características mecánicas del motor y del receptor, siendo éstas sus curvas de par-velocidad anteriormente mostradas.

Respecto al motor, las curvas par-velocidad suelen ser conocidas al ser suministradas por el fabricante. A estas curvas se las suele denominar curvas de par motor.

Podemos tener dos tipos de curvas mecánicas características: *rígidas y elásticas*.

6.1. Motor de características mecánicas rígidas:

Aquel en el que la velocidad disminuye muy poco al aumentar el par (Ej. motor de corriente continua en derivación, motor asíncrono cerca de su punto nominal, motor síncrono).

6.2. Motor de características mecánicas elásticas:

Aquel en el que se da una variación importante de la velocidad al variar el par (Ej. motor de corriente continua en serie, motor de gasolina).

7. Accionamientos para movimientos rápidos:

En determinadas aplicaciones (robótica, automatización) es interesante que los accionamientos efectúen movimientos rápidos y precisos, por lo que usualmente se utilizan servomotores, cuya característica mecánica (par motor) es aproximadamente constante con la velocidad y regulable con la señal de mando.

8. Elementos de Control:

- **Contactores:** Son actuadores que sirven de interfase entre los mandos de control y los actuadores eléctricos de mayor potencia. Por medio de la excitación eléctrica de una bobina, el magnetismo creado por ella, atrae un dispositivo mecánico que a su vez conmuta uno o varios interruptores mecánicos que pueden manejar corrientes elevadas.
Los contactores más comunes poseen bobinas de control a 110 o 220 voltios y contienen un juego de 4 interruptores conmutables, uno como auxiliar y los otros tres utilizados para las fases de la corriente trifásica utilizada comúnmente en la industria.



- **Relés:** Son mecanismos electromagnéticos, que conmutan uno o varios contactos eléctricos por medio de la fuerza electromagnética, generada por paso de la corriente de control a través de su bobina.
- **Elementos de Protección:**
 - **Disyuntores:** Son simplemente interruptores o bloqueadores, que se encargan de aislar la corriente de potencia de entrada, de los diferentes sistemas eléctricos controlados. Estos son instalados serialmente con las líneas de potencia y vienen diseñados para soportar determinadas corrientes de tal manera que si sobrepasa el límite, este se activa y aísla la corriente eléctrica de potencia. Deben ser instalado en el circuito antes del contactor.
 - **Relé Térmico:** Su función es la de proteger los diferentes dispositivos a las sobrecorrientes. Deben ser instalados después del contactor, de tal manera que brinde seguridad en caso de que uno de sus contactos se quede pegado o no funcione correctamente, corriendo el riesgo de dejar solo dos fases, lo que ocasionaría grandes daños a los sistemas conectados a éste.