

# 6

## Actuadores – Arrancadores y variadores de velocidad

### DISPOSITIVOS CORRECTORES FINALES - ACTUADORES

La *variable manipulada* en cualquier sistema de control es aquella cantidad que se varía para afectar el valor de la *variable controlada*, por ejemplo en cualquier sistema que tenga una válvula como actuador, la variable manipulada es la variación del rango del flujo. En muchos sistemas industriales de control la variable manipulada es la corriente eléctrica, por ello el dispositivo final de una malla de control está conformada por válvulas, solenoides, relés, contactores y motores que actúan por la corriente eléctrica .

#### INTERRUPTORES DE POSICIÓN

Estos interruptores tienen diversas acepciones tales como: *Interruptores fin de curso*, *Interruptores fin de carrera*, *Interruptores límites de carrera*, *Interruptores posicionadores*, *microswitch*, entre otras, sin embargo todas ellas tratan del mismo dispositivo de interrupción.

Al activarse estos interruptores, transmiten al sistema datos que detectan electromecánicamente sobre:

Presencia/Ausencia, paso, posicionamiento, fin de carrera; para lo cual sus contactos, al iniciarse su activación, pueden estar:

- normalmente abiertos (NA)
- normalmente cerrados (NC)



Con el desarrollo de otras tecnologías electrónicas se está restringiendo su campo de aplicación sin embargo existen aplicaciones por sus características y compromiso técnico/económico y de seguridad que lo han transformado en un elemento de detección/actuación insustituible.

Son dispositivos de instalación sencilla que ofrece muchas ventajas como se indica a continuación [ Tomado de: Manual y Catálogo del Electricista, Groupe Schneider (Merlin Gerin, Square D, Modicon, Telemecanique)] :

#### *Ventajas Eléctricas:*

- Separación galvánica de los circuitos
- Buena conmutación de corrientes débiles
- Gran robustez eléctrica
- Buena resistencia a los cortocircuitos si están bien coordinados con los disyuntores adecuados
- Inmunidad a los parásitos electrónicos

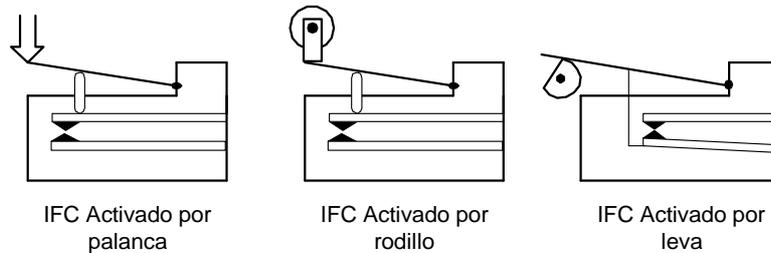
- Tensión de empleo elevada
- Mas de 10 millones de ciclos de maniobras

### Ventajas mecánicas

- Apertura positiva de contactos
- Gran resistencia a los diversos ambientes industriales
- Buena fidelidad y repetitividad de la señal
- Grado de protección elevado (IP 65 y/o 66)
- Los microcontactos accionan generalmente pequeñas cargas tales como bobinas, resistencias, en CC o CA por lo cual es necesario asegurarse de la categoría de empleo y de la capacidad de los contactos.

La constitución de un interruptor de posición es de tres partes:

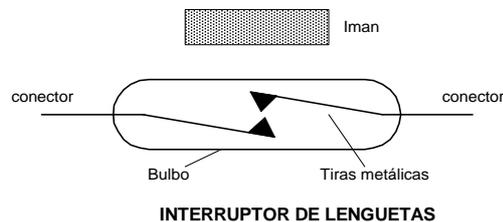
- **CUERPO** (Plástico o metal),
- **CABEZAL** (De movimiento rectilíneo, de movimiento angular, multidireccional),
- **DISPOSITIVO DE ATAQUE** (Pulsador, pulsador y roldana, palanca y roldana fija o regulable, varilla rígida, varilla flexible).



### MICROINTERRUPTORES O INTERRUPTORES FIN DE CURSO

### INTERRUPTORES MAGNETICOS

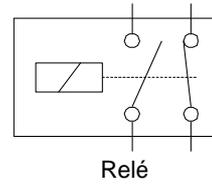
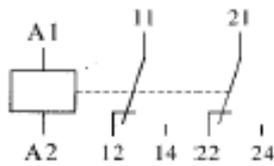
La utilización del campo magnético desde los imanes permanentes también son de diversa aplicación y desde principios elementales como los interruptores de lengüetas REEDs que se instalan en un punto y un imán en el otro punto móvil.



### INTERRUPTOR DE LENGÜETAS

### RELES

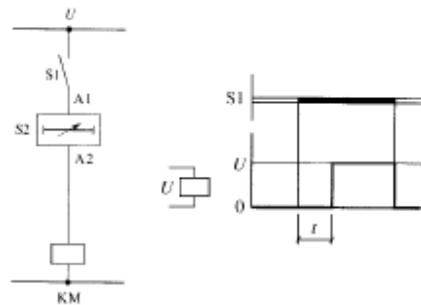
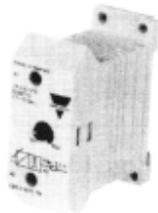
El **RELÉ** es un dispositivo de conmutación dotado de una bobina y un grupo de contactos que al aplicar una pequeña corriente a la bobina se produce un campo magnético que interacciona con el grupo de contactos provocando su cierre o apertura, permitiendo en su caso la alimentación al dispositivo de potencia, tales como los contactores.



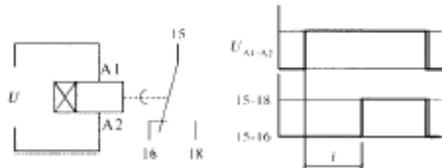
Relé

Existen diversos relés para funciones específicas, llamadas relés de funciones:

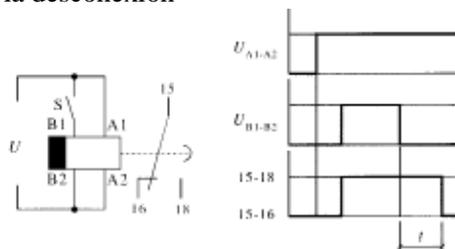
Relé retardador serie.- Son dispositivos electrónicos de conmutación. Los contactos se activan o se desactivan en base a una función del tiempo, normalmente regulable.



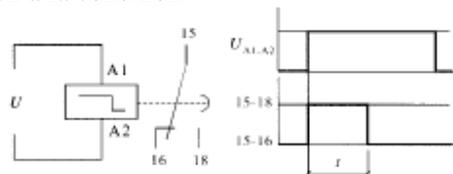
Relé con retardo a la conexión



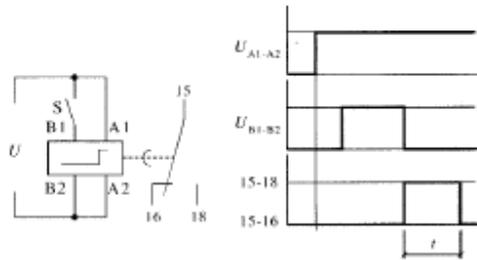
Relé con retardo a la desconexión



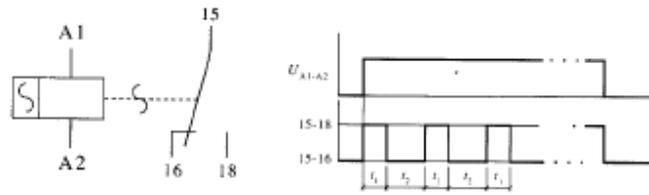
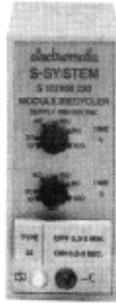
Relé con temporización a la conexión



Relé con temporización a la desconexión

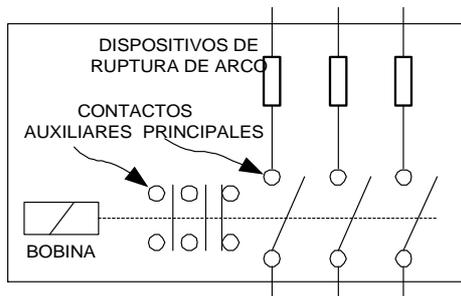
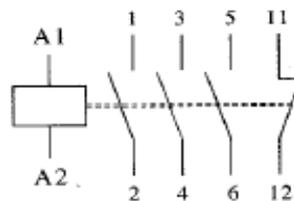
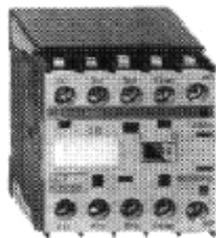


Relé de intermitencia

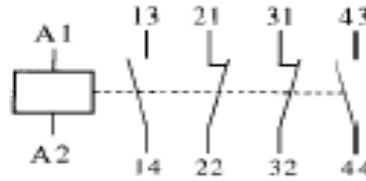
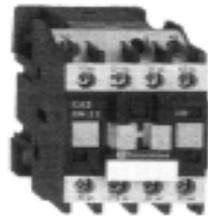


**CONTACTORES**

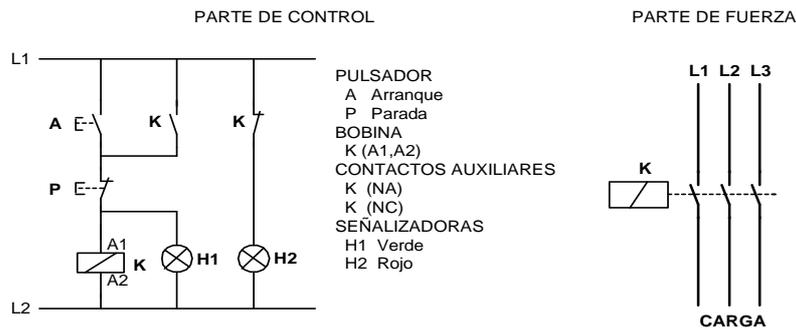
Si la variable manipulada de una malla de control es una corriente eléctrica elevada, con frecuencia, el elemento final es un **CONTACTOR** que permite controlar elevadas corrientes mediante pequeñas corrientes que alimentan a su bobina. Este dispositivo es del tipo todo o nada.



Contactor Principal con contactos principales y auxiliar



Contactor Auxiliar solo con contactos auxiliares



- PULSADOR
- A Arranque
- P Parada
- BOBINA
- K (A1,A2)
- CONTACTOS AUXILIARES
- K (NA)
- K (NC)
- SEÑALIZADORAS
- H1 Verde
- H2 Rojo

**Electroimán:** elemento motor del contactor

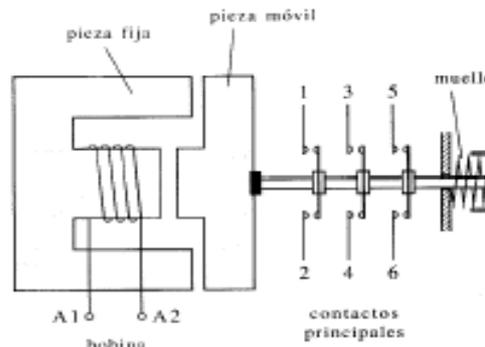
- Circuito magnético: parte móvil + fija.
- Bobina: diferente configuración para C.C. y para C.A. (anillo de desfase).

**Polos:** elementos encargados de establecer e interrumpir la corriente del circuito de potencia.

- El Según su número pueden ser bipolar, tripolar o tetrapolar.

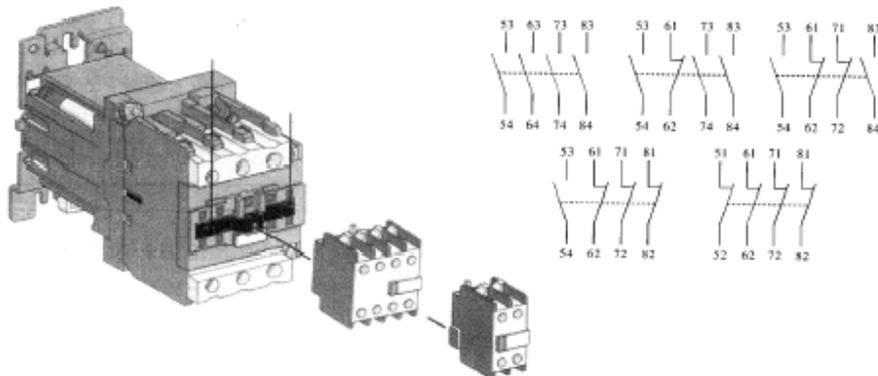
**Contactos auxiliares:** se utilizan en el circuito de mando y para señalización.

- Instantáneos: NC, NA o una combinación de ambos.
- Temporizados.

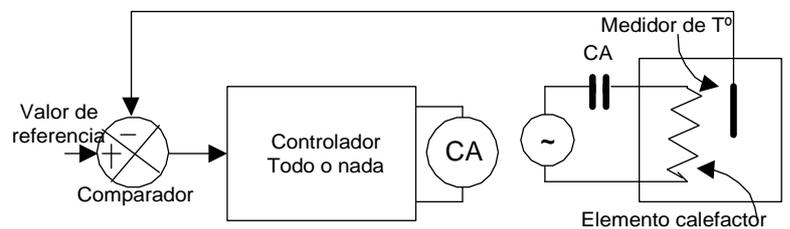


CATEGORIAS DE SERVICIO DE CONTACTORES, SEGÚN LAS APLICACIONES EN C.A.	
Categorías de Servicio	Aplicaciones y características
AC1	Cargas no inductivas o débilmente inductivas. Ej. Hornos de resistencias
AC2	Arranque de motores con rotor bobinado. Ej. Inversión de marcha
AC3	Arranque de motores con rotor en cortocircuito. Ej. Corte a motor lanzado
AC4	Arranque de motores con rotor en cortocircuito. Ej. Marcha a intermitencias

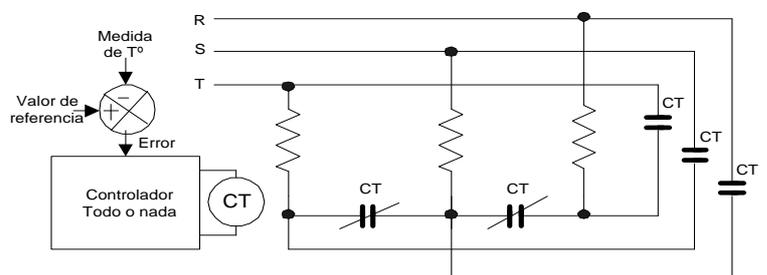
## Bloques de contactos auxiliares



Ejemplo de una aplicación.- Se tiene un calentamiento por resistencias, mostrada en la figura. Cuando el controlador recibe señal de error positiva ( $T^\circ$  mayor que la seteada) desenergiza la bobina CA a su vez ésta a sus contactos N.A. CA desconectando la resistencia, en caso contrario actúa la bobina cerrando su contacto CA activando el calefactor.



Otro ejemplo de aplicación.- Como los contactores posibilitan fabricarse con contactos N.A. o N.C. o combinar con ellas, hacen factible su utilización para aplicaciones específicas, tal como se indica en la figura donde tres elementos calefactores de resistencias puede conectarse en estrella Y o en triángulo  $\Delta$ . Como puede apreciarse, el contactor cuenta con 3 contactos N.A. y dos N.C. cuando se activa según la variación de  $T^\circ$  se produce un error (para este caso negativo) con respecto al set-point y de la conexión  $Y$  inicial “pegan” los NA y se abren los NC pasando a una conexión  $\Delta$  aumentando el calor emitido por los elementos calefactores. Si se llega a la  $T^\circ$  ajustada, se regresa a la conexión inicial.

**DIFERENCIAS**

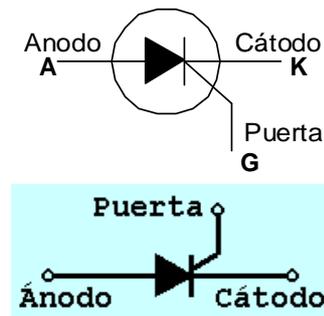
La diferencia de un relé y un contactor radica en la corriente y capacidad de interrupción de sus contactos, los primeros son para pequeñas corrientes mientras que los contactores pueden manejar grandes corrientes.

Es decir que los relés no tienen contactos de potencia mientras que los contactores poseen contactos de potencia.

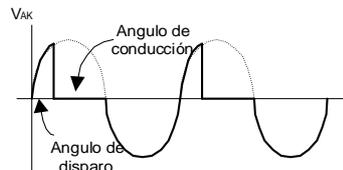
En ambos casos pueden proporcionar una zona de actuación para el control debido a la histéresis esto es que para ‘pegar’ requiere un tiempo así como para ‘despegar’ sus contactos.

## TIRISTORES

Un SCR actúa de una manera similar a un interruptor electrónico. Cuando está conduciendo presenta un camino de baja resistencia para el flujo de corriente de ánodo a cátodo, por consiguiente, actúa como interruptor cerrado. Cuando está bloqueado, no puede fluir corriente por consiguiente actúa como interruptor abierto. Debido a que es un dispositivo de estado sólido, la conmutación en un SCR es muy rápida.



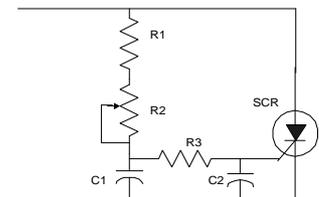
El **ángulo de disparo**, a veces llamado ángulo de bloqueo, es el número de grados de un ciclo AC que transcurren antes que el SCR pase al estado de conducción, mientras que el **ángulo de conducción** es el número de grados de un ciclo AC durante los cuales el SCR está en conducción. Desde luego, estos términos están basados en la noción de que un ciclo AC tiene  $360^\circ$ .



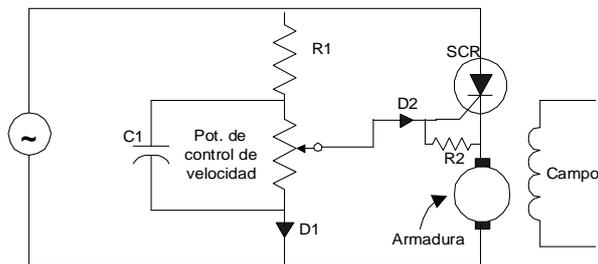
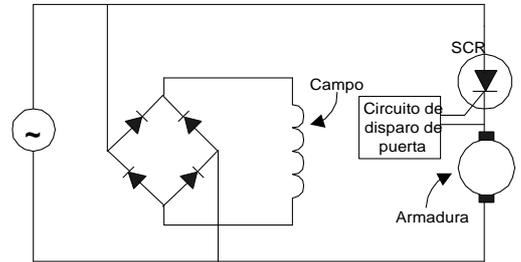
Cuando el ciclo de AC comienza su alternancia positiva, el SCR está bloqueado; por tanto la tensión en ánodo y cátodo es igual al de la fuente y la carga no tiene tensión (igual que un interruptor), cuando se ceba el SCR el voltaje entre ánodo y cátodo cae a cero, luego de un número de grados,  $60^\circ$  por ejemplo, del ciclo AC, pasando al estado de conducción por lo tanto fluye corriente en la carga, en los próximos  $120^\circ$  el SCR conduce. Así el ángulo de conducción es  $120^\circ$  y el ángulo de disparo es  $60^\circ$ , para el caso de este ejemplo.

Siendo el SCR un rectificador no conduce en la alternancia negativa y una vez cebado el voltaje de la fuente es aplicado a la carga. El voltaje de la carga sigue al voltaje de la fuente por el resto del semiciclo positivo, hasta cuando el SCR se bloquea de nuevo, el bloqueo del SCR se produce cuando el voltaje de la fuente pasa por cero.

Si el SCR permanece en conducción durante una pequeña porción del periodo, la magnitud promedio de la corriente por la carga es pequeña; esto es debido a que la corriente puede fluir de la fuente a la carga y a través del SCR solamente durante un tiempo pequeño. Si la señal de la puerta se cambia de tal manera que el SCR permanece en conducción durante una gran porción del periodo, entonces la magnitud promedio de la corriente puede ser grande. Esto es debido a que ahora la corriente puede fluir desde la fuente a la carga y a través de SCR durante un tiempo relativamente grande. En esta forma, la corriente por la carga puede variarse ajustando la magnitud de la porción del periodo en la cual el SCR está en conducción; todo ello variando pequeña corriente en G como se nota en la figura donde los condensadores proporcionan un rango amplio para el ajuste del ángulo de disparo.

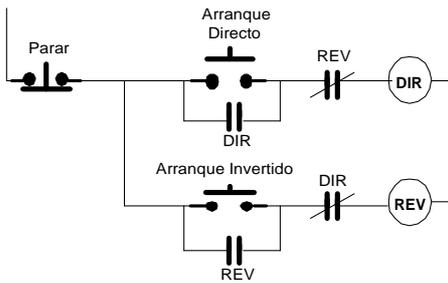


El tiristor puede ejecutar la mayoría de los trabajos del reóstato en el control del promedio de la corriente a una carga. Como se muestra en la figura, se rectifica la corriente para el campo mientras que el SRC proporciona control y rectificación de media onda al devanado de la armadura. Cebando tempranamente el SRC V campo e I Armadura se incrementa y al cebando tardíamente el SRC (aumentando el ángulo de disparo) se reduce el promedio del voltaje y corriente de armadura y el motor gira más lento.

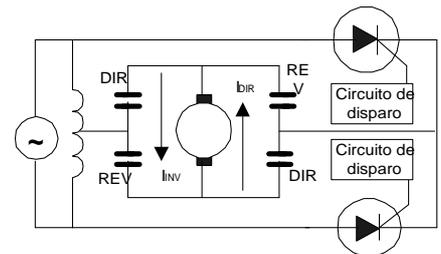


Cuando se quiera controlar la velocidad a un motor DC con circuito de media onda se realiza mediante un potenciómetro de ajuste de velocidad, tal como se indica en la figura del lado. Este sistema mantiene una relación entre velocidad y ángulo de disparo de tal manera que sea imposible que el motor sobrepase su máxima velocidad porque el sistema puede entregar solamente potencia de media onda a la armadura, dando pues una buena regulación de carga.

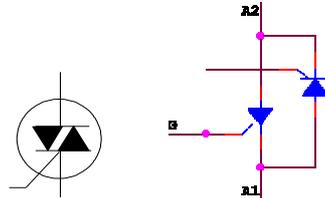
Muchas de las aplicaciones industriales requiere que el sentido de la velocidad sea reversible, es decir gire en sentido o en otro además de que tenga velocidad ajustable o regulable. La inversión puede hacerse invirtiendo la dirección de la corriente de campo o invirtiendo la dirección de la corriente de armadura manteniendo la corriente la misma dirección de la corriente de campo.



Para fines didácticos se muestran los esquemas del circuito de control y de regulación de un inversor con uso de contactores. Los pulsadores pueden actuar al recibir una determinada señal y tal como puede verse los contactos de enclavamiento permiten realizar la inversión y los circuitos de disparo de cada SRC regula la velocidad en cada sentido.



La familia tiristor designa a toda la familia de elementos semiconductores cuyas características son similares al antiguo tiratron, siendo su principal elemento el SCR ya estudiado. El **TRIAC** es otro de los elementos de esta familia y su nombre proviene de la contracción "triode AC switch".



El comportamiento de los triac es semejante al de los SCR, con la excepción que pueden conducir en cualquiera de las dos direcciones. Es un dispositivo de tres terminales utilizado para controlar el valor promedio de la corriente que fluye a una carga.

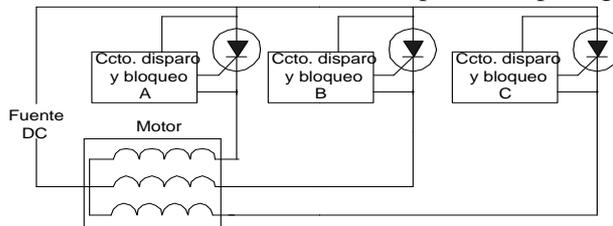
### VARIADORES DE VELOCIDAD

El control de velocidad en los motores de corriente continua se han ejemplificado en la sección anterior utilizando los tiristores, obviamente es el principio de funcionamiento puesto que en la actualidad son sistemas sofisticados por sus componentes pero bajo el mismo principio.

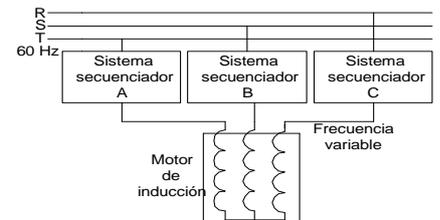
En el caso del control de velocidad de los motores de inducción se basa en la **variación de la frecuencia** del voltaje aplicado al estator de tal manera de que se esté variando la velocidad sincrónica que a su vez produce el cambio de velocidad en el eje. Existen dos principios para obtener un voltaje de frecuencia variable: mediante un **INVERSOR** que cambia la potencia DC en AC de frecuencia variable o mediante el **CONVERTIDOR** que cambia la frecuencia de 60 Hz. a una frecuencia variable, en ambos casos se construyen con SRC.

#### INVERSOR

En la actualidad existen diversas compañías de prestigio que comercializan sofisticados **variadores**



#### CONVERTIDOR



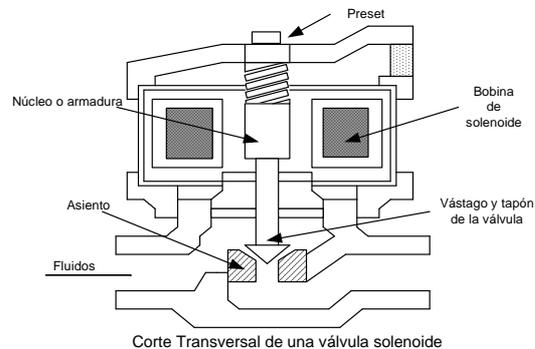
**de velocidad** así como los **arrancadores progresivos**.

En todos los casos, los variadores se utilizan cuando las necesidades de la aplicación sean:

- Dominio del par y la velocidad
- Regulación sin golpes mecánicos
- Movimientos complejos
- Mecánica delicada.



## VALVULAS DE CONTROL



En el mercado existen diferentes tipos de válvulas para cada necesidad y para cada tipo de fluido (considerando sus características como densidad, viscosidad, etc.) Existe tal variedad de válvulas de control y cada día aparecen mejorados, mas independientes o inteligentes sin embargo las válvulas clásicas podemos clasificar en dos grandes grupos:

- De vástago recíproco
- De vástago rotatorio

En el primer caso, como en el de la figura adjunta, el vástago se desplaza hacia el asiento con el propósito de estrangulamiento y control del fluido. Se puede notar una parte actuadora y la otra el cuerpo en sí. El accionador, en este caso un solenoide, es el que convierte en movimiento mecánico la energía que entra a la válvula para aumentar o disminuir la restricción del flujo, los accionadores pueden ser del tipo diafragma con operación neumática o del tipo electrohidráulicos o electromecánicos mediante los solenoides. Dentro de este grupo se encuentran las válvulas de globo así como las de compuerta deslizante; existen también otros tipos de válvulas especiales que pueden tener mas de una vía, como son las válvulas “inteligentes”. Las válvulas de vástago rotatorio constan de un disco que gira alrededor de un eje, se requiere mínimo espacio y se tiene alta capacidad de flujo con caída de presión mínima, se utilizan en servicios de baja presión. En este grupo se ubican las válvulas de mariposa, la válvula de esfera (que se utiliza para manejar suspensiones o materiales fibrosos y la tendencia de escurrimiento es baja y su tamaño es pequeño).

### **POSICIONADORES.-**

Cuando se requiera una precisión de las válvulas, éstas tienen un posicionador cuya función es comparar la señal del controlador con la posición del vástago logrando una posición correcta. Con el posicionador se minimizan los efectos de:

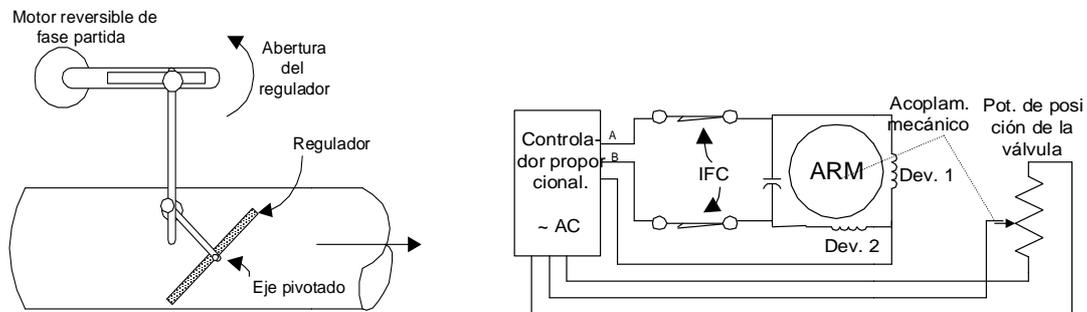
1. Retardo en los accionadores de gran capacidad
2. Fricción del vástago debida a caja de empaque justas
3. Fricción debida a fluidos viscosos o pegajosos
4. Cambios de presión en la línea de procesos

### **VALVULAS OPERADAS POR MOTOR ELECTRICO**

Cuando las válvulas son de gran tamaño, deben ser operadas por motores eléctricos en vez de una bobina de solenoide. La mayoría de los motores son de inducción de fase partida unidireccional. El motor tiene engranaje reductor para producir una baja velocidad y un alto torque.

### VALVULAS DE POSICIÓN PROPORCIONAL OPERADAS POR MOTOR

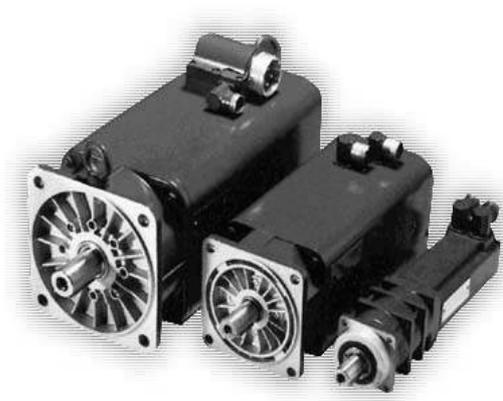
En el control proporcional debe haber un método para posicionar una válvula de control en cualquier posición intermedia. El método usual es conectar la válvula a un motor de inducción de baja velocidad y reversible.



Cuando el controlador detecta un error positivo proveniente del comparador aplica tensión al terminal A girando el motor en un sentido y hace que el regulador cierre la abertura del ducto.

Cuando se detecta un error negativo aplica tensión al terminal B haciendo que el motor gire en sentido contrario abriendo el regulador dentro del ducto. En ambos casos cuando el motor ha girado lo suficiente la señal del potenciómetro equilibra la señal y si el controlador queda satisfecho, detiene el motor.

### SERVOMOTORES DE CORRIENTE CONTINUA



Son pequeñas máquinas especialmente diseñadas para el control de posicionamiento. Aunque el principio de funcionamiento es el de una máquina de corriente continua convencional con excitación independiente, su forma constructiva está adaptada a obtener un comportamiento dinámico rápido y estable y un par de arranque importante.

Por lo general, el inductor se encuentra en el estator y puede ser o bobinado o de imán permanente. El inducido, alojado en el rotor, se suele construir de forma que presente una inercia mínima y que constructivamente pueden ser de: **rotor alargado**, **rotor en forma de canasta** o **rotor en forma de disco**; los dos primeros suelen tener un colector clásico de forma cilíndrica, mientras que en los de disco suele estar dispuesto en forma radial.

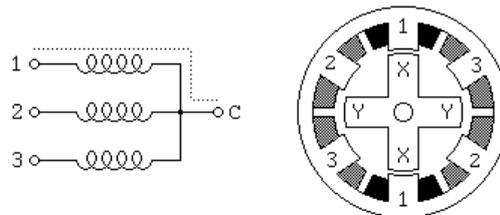
### SERVOMOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

Para accionamientos de cierta potencia, el motor de CA presenta diversas ventajas frente al de continua, la principal de ellas es la ausencia de colector y escobillas.

Dentro de los motores de CA podemos distinguir los asíncronos y los síncronos. El motor asíncrono convencional no es apropiado para muchos servosistemas que requieren precisión, a causa del

deslizamiento y de la poca linealidad de las características par-velocidad. Se emplea, acompañado de variadores de frecuencia, para accionamientos de velocidad variable, donde gracias a un control de lazo cerrado pueden ser obtenidas precisiones aceptables. No obstante, en sistemas de posicionamiento y pequeña potencia, los motores de alterna más utilizados son el síncrono y el de reluctancia, debido a la ausencia de deslizamiento; a ellos nos referimos habitualmente al hablar de servomotores de CA.

### MOTORES PASO A PASO

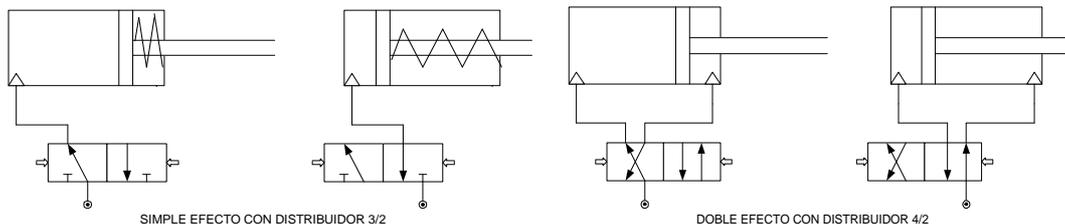


Los motores de paso a paso no son más que motores de reluctancia, en general bifásicos, cuyo estator tiene una imantación permanente con objeto de obtener un par de retención a motor parado, incluso en ausencia de alimentación.

El estator contiene dos conjuntos de bobinas desfasadas 90° grados eléctricos y las piezas polares tienen forma dentada. Sin embargo las piezas polares del rotor y del estator no tienen el mismo paso entre dientes, de forma que un solo diente de rotor queda enfrente a uno del estator y el resto quedan desfasados entre sí. El estator puede tener una bobina (tres hilos) o dos bobinas (devanado partido) por fase y en ambos casos se alimentan con una fuente de CC a través de un conmutador como controlador a base de transistores.

### CILINDROS NEUMÁTICOS O HIDRÁULICOS

Son accionamientos que permiten obtener un movimiento lineal aplicando una presión a uno u otro lado del émbolo. Se clasifican en cilindros de: *Simple efecto*, *doble efecto*, y *acción diferencial*. Los primeros permiten empujar en un solo sentido mediante una válvula de 3 vías y 2 posiciones retornando a su origen mediante un resorte; los de doble efecto permiten empujar el émbolo en ambos sentidos mediante válvulas de 4 vías y 2 posiciones y los de acción diferencial permiten mantener el émbolo en cualquier posición aplicando presión en ambos sentidos o conseguir un movimiento más uniforme en el caso de carreras largas.



### Otros tipos de cilindros

