

MÓDULO CUATRO INSTALACIONES ELÉCTRICAS
Y AUTOMATISMOS

U.D. 5 MANDO Y REGULACIÓN ELÉCTRICOS.
MANIOBRAS

M 4 / UD 5

ÍNDICE

Introducción.....	245
Objetivos	247
1. Constitución de los sistemas de mando y regulación.	
Principios básicos	249
2. Dispositivos de conexión, mando y conmutación, control y regulación, frenado, protección y equipos de medida para máquinas e instalaciones	250
2.1. Elementos de conexión	250
2.2. Elementos de mando y conmutación	252
2.3. Elementos de control y regulación.....	283
2.4. Elementos de frenado	408
2.5. Elementos de protección	420
Resumen	455
Bibliografía	457

INTRODUCCIÓN

El control de potencia es una de las cuatro funciones que conforman la estructura de un automatismo: **Mando**.

Su función básica consiste en establecer o interrumpir la alimentación de los receptores siguiendo las órdenes de la unidad de proceso de datos.

Dichas órdenes se elaboran a partir de la información procedente de los captadores (función de adquisición de datos) y de los órganos de mando (función de diálogo hombre-máquina), tras las cuales se puede proceder a la regulación.

Definición de mando

Podemos definir el mando, como aquella serie de operaciones destinadas al control más absoluto de nuestras instalaciones o máquinas.

Ejemplos:

Arranques.

Paros: De accionamiento habitual o de emergencia,

Modificación de estados: Hacia delante, hacia atrás, arriba, abajo, etc.

Modificación de condiciones de trabajo: Manual, automático.

Etc.

Clasificación

Fundamentalmente, los mandos podrán ser:

Mecánicos.

Eléctricos.

Electrónicos.

Neumáticos.

Hidráulicos.

Y los resultantes de todas las combinaciones posibles entre los citados: Electromecánicos, electroneumáticos, etc.

Definición de regulación

Entenderemos por regulación, aquella serie de operaciones que nos permitirán, a partir de haberse generado las órdenes de mando, adaptar el funcionamiento de la máquina o instalación a nuestras necesidades.

Ejemplos:

Incidir en la variación de la velocidad de un motor.

Modificar la intensidad lumínica de una sala.

Regular el caudal de una instalación hidráulica.

Etc.

Clasificación

La clasificación de los distintos sistemas de regulación, será prácticamente la misma que la que hemos citado en el apartado del mando.

Definición de maniobra

Entenderemos, por último, como maniobra, todas aquellas operaciones que de alguna forma incidan en: La puesta en marcha o paro, modificación de condiciones de trabajo, regulación y control de nuestra máquina o instalación.

Ejemplos:

Maniobra de arranque o paro.

Maniobra de control de funcionamiento manual o automático.

Maniobra de regulación de la presión de una instalación.

Maniobra de supervisión de un proceso productivo.

Etc.

Clasificación

La clasificación de las distintas maniobras, será prácticamente la misma que la que hemos citado en el apartado del mando y regulación.

OBJETIVOS

Los objetivos fundamentales de esta parte del curso obedecen a la necesidad de conocer, en la extensión necesaria al nivel que deseamos obtener, los distintos elementos que intervienen en el mando y regulación de las diferentes máquinas e instalaciones.

Para ello, entraremos en el estudio de los diferentes elementos que intervienen en cada una de las etapas, estudiando desde el seccionamiento, hasta la variación de velocidad, sin descuidar los diferentes componentes que intervienen en la protección de los hombres, máquinas e instalaciones.

Veremos finalmente diferentes esquemas clásicos, que nos ayudaran a familiarizarnos con distintas maniobras utilizadas en la industria actual.

1. CONSTITUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE MANDO Y REGULACIÓN. PRINCIPIOS BÁSICOS

Durante los últimos años el control industrial ha experimentado profundos cambios, entre los que destaca la aparición de la electrónica, que en la actualidad favorece la fabricación de automatismos complejos y que ha permitido a las empresas descompartimentar las funciones técnicas.

En este curso se pretende que todos los futuros profesionales que se encuentren en una situación análoga y que tengan que tomar decisiones en la elección de los productos (especialistas en automatismos, electricistas, mecánicos, informáticos, responsables del instrumental, jefes de compra, etc.) puedan entender mejor su tecnología y afrontar los verdaderos retos del control industrial.

Los que decidan especializarse en tecnologías electromecánicas podrán mejorar sus nociones de electrónica, y a la inversa, los que quieran convertirse en expertos en electrónica podrán profundizar en sus conocimientos sobre aparatos electromecánicos.

La estructura de esta parte de curso se basa en las principales funciones de los automatismos: Dispositivos de conexión, mando y conmutación, control y regulación, frenado, protección y equipos de medida para máquinas e instalaciones, y su contenido abarca, como ya se ha visto en parte desde los variadores de velocidad, motores sin escobillas (brushless), detectores y células, hasta los contactores, contactores con disyuntores, motores asíncronos, interruptores de posición y pulsadores, pasando por las normas, la coordinación, etc.

Esta es, en definitiva, una herramienta pedagógica en cuya concepción, han primado el espíritu práctico y la sencillez, con el fin de que todos aquellos que se inicien al fascinante mundo de los automatismos adquieran unos conocimientos elementales, aprendan a interpretar los esquemas básicos y conozcan los procedimientos para montar equipos respetando las normas internacionales.

2. DISPOSITIVOS DE CONEXIÓN, MANDO Y CONMUTACIÓN, CONTROL Y REGULACIÓN, FRENADO, PROTECCIÓN Y EQUIPOS DE MEDIDA PARA MÁQUINAS E INSTALACIONES

Veamos a continuación, convenientemente desarrollados, los distintos elementos que integran ese apartado de: Conexión, mando y conmutación, control y regulación, frenado, protección y equipos de medida.

2.1. Elementos de conexión

La función de conexión / desconexión de un circuito o máquina consiste en unir o separar éste o ésta de la red.

Dicha función podrá ser: Manual o automática, en cuyo caso recibe el nombre genérico de Conmutación.

Y podrá realizarse en vacío, es decir con todos los elementos consumidores de energía desconectados, o en carga, en el caso de que interrumpamos el suministro energético cuando la máquina o instalación está funcionando, es decir consumiendo energía.

Para cada uno de los casos citados, emplearemos accionamientos específicos, que integraremos en el apartado, bien de conexión, bien de mando y conmutación.

2.1.1. El seccionador

Es el elemento encargado de garantizar la ausencia de tensión en un determinado circuito, con el fin de asegurar la carencia de riesgos ante posibles manipulaciones, por ejemplo de mantenimiento, del mismo.

Es un accionamiento manual que **SIEMPRE DEBERÁ MANIPULARSE SIN CARGA**, ya que no dispone de los elementos capaces de absorber el arco que se produce en la conexión / desconexión con carga, con el riesgo que esto supone para el operario que lo esté manipulando.

El seccionador debe reunir determinadas condiciones:

- Corte omnipolar: Es decir, deberá cortar la totalidad de las fases.
- Corte plenamente aparente: Debe poder observarse, a simple vista, la correcta desconexión / conexión de sus elementos de contacto.
- Distancias de aislamiento: Debe ser la suficiente para evitar el cebado del arco.
- Enclavamiento asegurable: Debemos poder bloquear el accionamiento,

con un candado, por ejemplo, o por cualquier otro medio seguro, que nos garantice que nadie que no esté debidamente autorizado, pueda manipular el seccionador en momentos que pudieran representar un riesgo.

- Contactos auxiliares de Pre - corte: Podrá llevarlos incorporados, lo que puede minimizar el riesgo ante una eventual mala manipulación, ya que estos, los contactos Pre – corte, desconectan el circuito de potencia, que accidentalmente pueda estar en carga, antes de que se produzca el corte real del seccionador.



Representación gráfica del seccionador

Se selecciona según la Intensidad Nominal del circuito aguas abajo y el modelo se elegirá según la aplicación y la necesidad de accesorios.

Las posibles distintas opciones de selección podrán ser:

- Seccionador.
- Interruptor - Seccionador.
- Interruptor - Seccionador - Fusible.
- Disyuntor - Interruptor - Seccionador.
- Arrancador motor.

A excepción del primer caso, Seccionador, el resto **SÍ** podrán usarse en carga, dado que los elementos que complementan el seccionador sí están preparados para esta función.

Si en algún caso muy excepcional fuera necesario utilizar el seccionador en carga, deberíamos incluir en el circuito un contactor, y como mal menor incorporar un contacto de precorte cableado en serie con la bobina del contactor. Así la desconexión la hará el contactor.

Si el circuito **no incluye** un contactor **NUNCA**, podrá manipularse el seccionador en carga, pues existe **grave riesgo** para el operador.

Ver las distintas representaciones gráficas en el ANEXO I.

2.2. Elementos de mando y conmutación

Son aquellos elementos que nos permiten incidir sobre el circuito estando éste activo, es decir en carga, y mediante los cuales logramos el control del mismo.

Los circuitos eléctricos no son siempre de la misma naturaleza, por lo que su comportamiento tampoco será siempre igual. Dependiendo de las características de la carga así será su comportamiento.

Las cargas citadas podrán ser:

- Resistivas.
- Motores.
- Alumbrado Incandescente o Descarga.
- Transformadores.
- Condensadores.
- Combinaciones de diferentes tipos.
- Etc.

Veamos algunos ejemplos característicos de su comportamiento, mediante una visión de la curva de intensidad, en el osciloscopio:

Resistencia de potencia

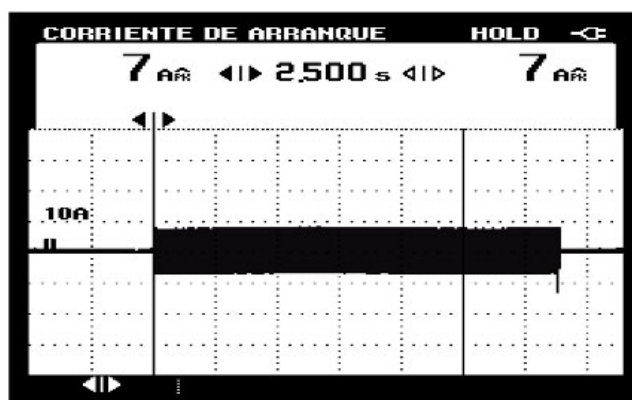


Grafico de I en arranque/parada de una resistencia

El consumo pasa de una intensidad 0 a Intensidad nominal con la generación de pequeños picos en la conexión y/o desconexión pero que no superarán, como máximo, las dos veces de la I_n .

Motor de 0,37 KW

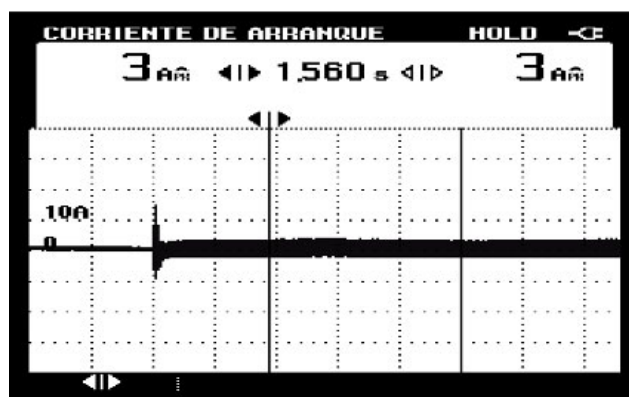


Gráfico de I en arranque/parada de un motor

Motor en arranque directo. En el momento de la conexión presenta un pico de 4,5 veces la I_n , aunque puede llegar fácilmente a las 7 veces de la I_n . Genera un arco al desconectar, que puede representar una intensidad algo menor que la de conexión.

Transformador

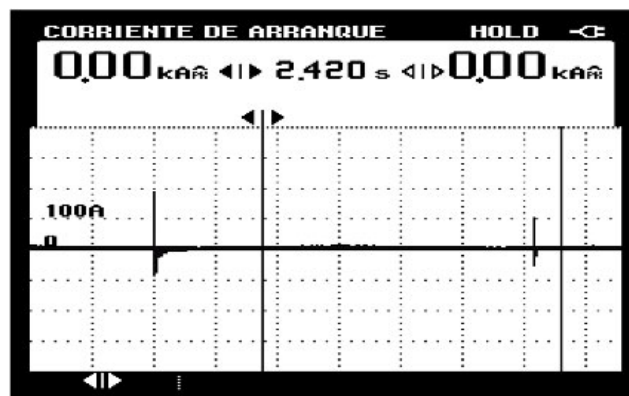


Gráfico de I en arranque/parada de un transformador

Conexión / desconexión de un transformador de maniobra. En la conexión pueden verse un pico de aproximadamente $20 \times I_n$ y en la desconexión un pico algo inferior.

Circuito de iluminación por lámparas de incandescencia

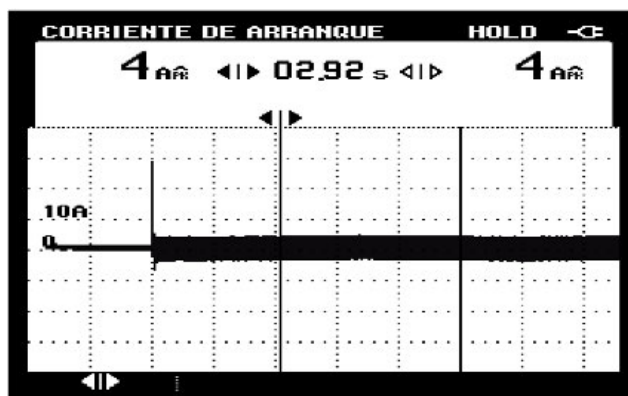


Grafico de I en arranque/parada de un circuito de iluminación por incandescencia

En los circuitos de iluminación con lámparas incandescentes, pueden verse en la conexión en frío, picos de hasta 20 x In. Esto es debido a que el filamento tiene una muy baja resistencia en frío, y el efecto es casi el de un corto circuito.

En el ejemplo vemos un pico de aproximadamente 12 x In. En la desconexión o en la conexión en caliente pueden verse picos de aproximadamente 3 x In.

2.2.1. El interruptor

La función de interrupción, permite aislar o separar eléctricamente de la alimentación el conjunto de circuitos de potencia y de control de una determinada instalación.

El interruptor permite la desconexión manual en carga, pudiendo desconectar su intensidad nominal.

Debe reunir las siguientes características mínimas:

- Corte omnipolar.
- Garantizar las distancias de aislamiento para proceder de forma segura a la extinción de los arcos de conexión / desconexión.
- Corte plenamente aparente. Normalmente por la posición de la maneta.
- Posibilidad de enclavamiento. Normalmente con candado.
- Código de colores:
 - Rojo / Amarillo para Interruptor general y de Emergencia.
 - Negro para Interruptor - seccionador

¿Como seleccionamos el interruptor adecuado?

- Se selecciona según el número de polos y contactos auxiliares.
- El calibre se determina según el tipo de carga: Categoría de empleo (1):
 - Resistiva o Mixta (Resistiva – Inductiva).
 - Motores en servicio AC3.
 - Etc.
- El polo de Neutro es de conexión adelantada y desconexión retardada.
- Se define el modelo según forma de:
 - Montaje (puerta o fondo panel).
 - Fijación (tornillos ó 22 mm).
 - Conexionado (delantero o trasero).
 - Color y forma de maneta.

(1) Categorías de empleo

Las categorías de empleo normalizadas fijan los valores de la corriente que el elemento de conexión / desconexión debe establecer o cortar (normalmente el contactor).

Dependen de:

- El tipo de receptor controlado: motor de jaula o de anillos, resistencias, etc.
- Las condiciones en las que se realizan los cierres y aperturas: Motor lanzado, calado o en proceso de arranque, inversión del sentido de marcha, frenado a contracorriente, etc.

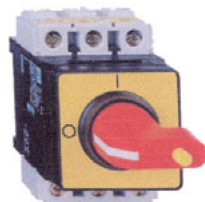
La norma IEC 947-4, establece 10 categorías para c.a. y 5 para c.c.

Categorías para c.a.:

AC-1	Cargas no inductivas.
AC-2	Motores de anillo.
AC-3	Motores de jaula de ardilla en condiciones normales de trabajo.
AC-4	Motores de jaula de ardilla en condiciones extremas de trabajo.
AC-5a/b	Maniobra de lámparas de descarga o incandescentes.
AC-6a/b	Maniobra de transformadores o condensadores.
AC-7	Aplicaciones domésticas.
AC-8 a/b	Compresores de refrigeración.

Categorías para c.c.:

- DC1 Cargas no inductivas o débilmente inductivas.
- DC2 Motores Shunt, con corte a motor lanzado.
- DC3 Motores Shunt, con inversión de marcha, o marcha por impulsos.
- DC4 Motores Serie, con corte a motor lanzado.
- DC5 Motores Serie, con inversión de marcha.



Diferentes tipos de interruptor / seccionador

2.2.2. El relé / contactor

El contactor o el relé llevan a cabo la función de conmutación. La función de conmutación permite, accionar una carga o circuito de potencia.

En este caso el manejo no es manual, se produce por la llegada de una señal de mando de pequeña potencia.

Conmutación todo o nada

La función conmutación todo o nada establece e interrumpe la alimentación de los receptores. Ésta suele ser la función de los contactores electromagnéticos.

En la mayoría de los casos, el control a distancia resulta imprescindible para facilitar la utilización así como la tarea del operario, que suele estar alejado de los mandos de control de potencia. Como norma general, dicho control ofrece información sobre la acción desarrollada que se puede visualizar a través de los pilotos luminosos o de un segundo dispositivo.

Estos circuitos eléctricos complementarios llamados “circuitos de esclavización y de señalización” se realizan mediante contactos auxiliares que se incorporan a los contactores, a los contactores auxiliares o a los relés de automatismo, o que ya están incluidos en los bloques aditivos que se montan en los contactores y los contactores auxiliares.

La conmutación todo o nada también puede realizarse con relés y contactores estáticos. Del mismo modo, puede integrarse en aparatos de funciones múltiples, como los disyuntores motores o los contactores disyuntores “Aparatos de funciones múltiples”.

El contactor electromagnético

El contactor electromagnético es un aparato mecánico de conexión controlado mediante electroimán y con funcionamiento todo o nada.

Cuando la bobina del electroimán está bajo tensión, el contactor se cierra, estableciendo a través de los polos un circuito entre la red de alimentación y el receptor.

El desplazamiento de la parte móvil del electroimán que arrastra las partes móviles de los polos y de los contactos auxiliares o, en determinados casos, del dispositivo de control de éstos, puede ser:

- Rotativo, girando sobre un eje.
- Lineal, deslizándose en paralelo a las partes fijas.
- Una combinación de ambos.

Cuando se interrumpe la alimentación de la bobina, el circuito magnético se desmagnetiza y el contactor se abre por efecto de:

- Los resortes de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil.
- La fuerza de gravedad, en determinados aparatos (las partes móviles recuperan su posición de partida).

El contactor ofrece numerosas ventajas, entre las que destacan la posibilidad de:

- Interrumpir las corrientes monofásicas o polifásicas elevadas accionando un auxiliar de mando recorrido por una corriente de baja intensidad.
- Funcionar tanto en servicio intermitente como en continuo.
- Controlar a distancia de forma manual o automática, utilizando hilos de sección pequeña o acortando significativamente los cables de potencia.
- Aumentar los puestos de control y situarlos cerca del operario.

A estas características hay que añadir que el contactor:

- Es muy robusto y fiable, ya que no incluye mecanismos delicados.
- Se adapta con rapidez y facilidad a la tensión de alimentación del circuito de control (cambio de bobina).

- Garantiza la seguridad del personal contra arranques inesperados en caso de interrupción de corriente momentánea (mediante pulsadores de control).
- Facilita la distribución de los puestos de paro de emergencia y de los puestos esclavos, impidiendo que la máquina se ponga en marcha sin que se hayan tomado todas las precauciones necesarias.
- Protege el receptor contra las caídas de tensión importantes (apertura instantánea por debajo de una tensión mínima).
- Puede incluirse en equipos de automatismos sencillos o complejos.

Resumamos las características fundamentales del contactor:

El contactor es un interruptor de potencia para corrientes monofásicas o polifásicas manejado por un circuito de mando de pequeña potencia.

- Permite el servicio continuo o intermitente.
- El circuito de mando puede actuar de forma manual o automática.
- Se puede realizar un mando a distancia desde múltiples posiciones por medio de cables de pequeña sección.
- Los cables de potencia se reducen al mínimo imprescindible.
- Facilita la creación de automatismos de mayor o menor complejidad.

Sus principales características de funcionamiento son:

- El Contactor es un aparato mecánico de conexión accionado por un electroimán.
- Cuando se alimenta la bobina del electroimán, la parte móvil del circuito magnético es atraída por la parte fija.
- Sobre la parte móvil está fijado el soporte de los contactos.
- En el soporte se encuentran los polos y los contactos auxiliares.
- Como consecuencia del desplazamiento de la parte móvil se produce el cambio de estado de los contactos.
- Al dejar de alimentarse la bobina los contactos vuelven al estado inicial, por acción del muelle de retorno.

Veamos las distintas partes constituyentes de un contactor:

El electroiman

El electroimán es el elemento motor del contactor. Sus elementos más importantes son el circuito magnético y la bobina. Se presenta bajo

distintas formas en función del tipo de contactor e incluso del tipo de corriente de alimentación, alterna o continua.

El circuito magnético incluye un entrehierro reducido en posición “cerrado” que evita que se produzcan remanencias (1). Se obtiene retirando el metal o intercalando un material amagnético (2).

(1) Remanencia: Un contactor remanente es un contactor que permanece cerrado cuando las bornas de su bobina ya no están bajo tensión.

(2) Amagnético: Que no conserva el magnetismo; el cobre y el latón son metales amagnéticos.

El recorrido de llamada es la distancia que media entre la parte fija y la parte móvil del circuito cuando el contactor está en reposo.

El recorrido de aplastamiento es la distancia que media entre ambas partes cuando los polos entran en contacto.

Los resortes que presionan los polos se comprimen durante el recorrido de aplastamiento y hasta el final del mismo.

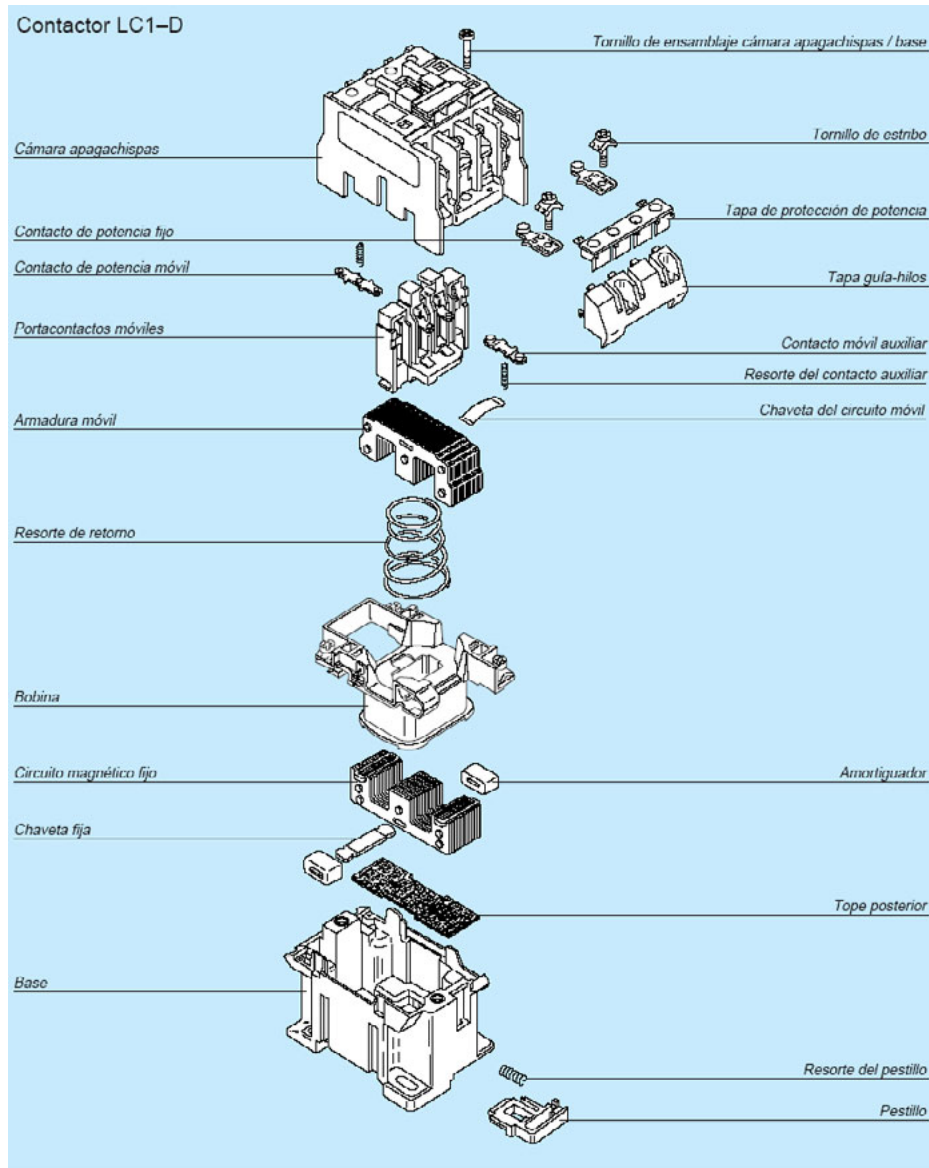
Circuito magnético de corriente alterna:

Características:

- Chapas de acero al silicio unidas mediante remache o soldadura.
- Circuito laminado para reducir las corrientes de Foucault que se originan en toda masa metálica sometida a un flujo alterno (las corrientes de Foucault reducen el flujo útil de una corriente magnetizante determinada y calientan innecesariamente el circuito magnético).
- Uno o dos anillos de desfase, o espiras de Frager, que generan en una parte del circuito un flujo decalado con respecto al flujo alterno principal. Con este mecanismo se evita la anulación periódica del flujo total, y por consiguiente, de la fuerza de atracción (lo que podría provocar ruidosas vibraciones).

Utilización en corriente continua:

Los circuitos magnéticos laminados se pueden utilizar en corriente continua con total normalidad. En tal caso, es necesario emplear una bobina distinta a la que se utiliza con tensión alterna de igual intensidad. También es preciso intercalar una resistencia de reducción de consumo en el circuito de control de la bobina en cuanto se cierra el contactor.



Despiece de un contactor electromecánico

Circuito magnético en corriente continua:

En el circuito magnético de los electroimanes alimentados en corriente continua no se forman corrientes de Foucault.

En determinados casos, es preferible utilizar un electroimán específico para corriente continua de acero macizo en lugar de adaptar un circuito magnético laminado de corriente alterna.

La bobina

La bobina genera el flujo magnético necesario para atraer la armadura móvil del electroimán.

Puede estar montada en una rama del circuito magnético o, excepcionalmente, en dos, según el modelo de contactor.

Está diseñada para soportar los choques mecánicos que provocan el cierre y la apertura de los circuitos magnéticos y los choques electromagnéticos que se producen cuando la corriente recorre las espiras.

Para atenuar los choques mecánicos, la bobina o el circuito magnético, y en algunos casos ambos, están montados sobre unos amortiguadores.

Las bobinas que se utilizan hoy en día son muy resistentes a las sobretensiones, a los choques y a los ambientes agresivos. Están fabricadas con hilo de cobre cubierto de un esmalte de grado 2 y soportan temperaturas de 155°C, o incluso de 180°C.

Existen bobinas impregnadas al vacío o sobremoldeadas.

Los polos

La función de los polos consiste en establecer o interrumpir la corriente dentro del circuito de potencia.

Están dimensionados para que pase la corriente nominal del contactor en servicio permanente sin calentamientos anómalos.

Consta de una parte fija y una parte móvil. Esta última incluye unos resortes que transmiten la presión correcta a los contactos que están fabricados con una aleación de plata con una excepcional resistencia a la oxidación, mecánica y al arco.

Los contactos pueden ser de doble corte o de simple corte.

Los contactos de doble corte están muy bien adaptados a todas las aplicaciones en corriente alterna (servicio intensivo, AC-3, AC-4, etc.) y permiten realizar aparatos compactos.

Los contactos de simple corte suelen incluir un dispositivo apagachispas magnético. Se recomienda utilizarlos para cortar corrientes continuas y para aplicaciones con servicio severo.

Los polos ruptores, utilizados para resolver determinados problemas de automatismo, funcionan al contrario que los polos normales: los contactos se encuentran en estado pasante cuando el electroimán de control no está bajo tensión, y no pasante cuando recibe alimentación.

Los contactos auxiliares

Los contactos auxiliares realizan las funciones de automantenimiento, esclavización, enclavamiento de los contactores y señalización.

Existen tres tipos básicos:

- Contactos instantáneos de cierre NA, abiertos (no pasantes) cuando el contactor está en reposo, y cerrados (pasantes) cuando el electroimán está bajo tensión.
- Contactos instantáneos de apertura NC, cerrados (pasantes) cuando el contactor está en reposo, y abiertos (no pasantes) cuando el electroimán está bajo tensión.
- Contactos instantáneos NA/NC. Cuando el contactor está en reposo, el contacto NA se encuentra en estado no pasante y el contacto NC en estado pasante.

El estado de los contactos se invierte cuando se cierra el contactor. Los dos contactos tienen un punto común.

Los contactos temporizados NA o NC se establecen o se separan cuando ha transcurrido un tiempo determinado después del cierre o la apertura del contactor que los activa. Este tiempo se puede regular.

Comportamiento de un circuito magnético en corriente alterna y continua:

Relación entre fuerza de atracción y corriente de control:

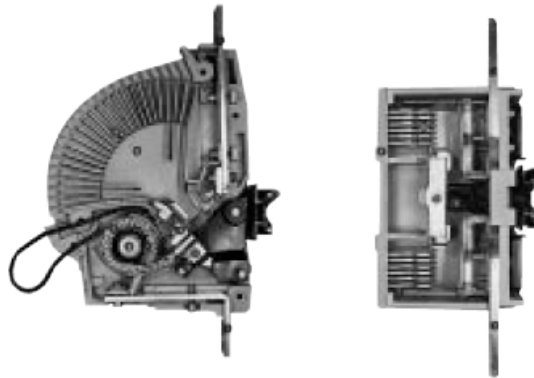
Cuando el contactor está en reposo, en posición de llamada, las líneas de fuerza del campo magnético presentan un amplio recorrido en el aire y la reluctancia (1) total del circuito magnético $\mathcal{R}_a$ es muy elevada.

(1) La reluctancia es la resistencia que el circuito magnético ofrece al paso del flujo. Se puede comparar con la resistencia de un circuito eléctrico que se opone al paso de la corriente (ley de Ohm). Para un circuito magnético homogéneo de hierro dulce, con longitud l , sección constante S y permeabilidad μ , la reluctancia sería:

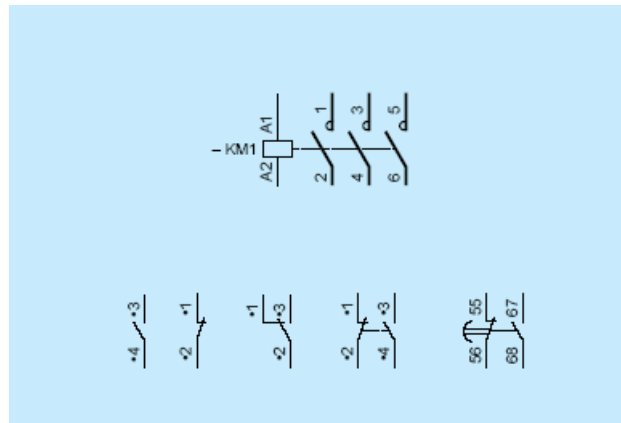
$$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu S}$$

Por lo tanto, se necesita una corriente de llamada la elevada para generar una fuerza de atracción superior a la del resorte de retorno y provocar el accionamiento.

$$\phi_a = \frac{nI_a \text{ (elevada) (2)}}{\mathcal{R}_a \text{ (muy elevada)}}$$



Polos de simple y doble corte



Representación simbólica de los polos y los contactos auxiliares

(2) El flujo es proporcional a los amperios-vuelta, pero inversamente proporcional a la reluctancia:

$$\phi = \frac{nI}{\mathcal{R}}$$

I es la corriente que recorre la bobina.

La fuerza de atracción es proporcional al cuadrado del flujo.

Cuando el contactor se encuentra en posición “trabajo”, el circuito magnético cerrado tiene una reluctancia $\mathcal{R}_f$ muy baja.

En este caso, la fuerza de atracción debe ser mayor para equilibrar la fuerza de los resortes de presión de los polos.

Pero la escasa reluctancia permite conseguir un flujo correspondiente ϕf con una corriente mucho menor que la corriente de llamada:

$$\phi f = \frac{n I_f \text{ (baja)}}{\mathcal{R} f \text{ (muy baja)}}$$

En síntesis, para mantener el circuito magnético cerrado, es suficiente una corriente I_f bastante menor que la corriente de llamada la necesaria para la activación.

Circuito magnético en corriente alterna:

Alimentación en corriente alterna:

En corriente alterna, el valor de la corriente de la bobina se determina por su impedancia (3).

(3) Para una corriente alterna de frecuencia angular ω ($\omega = 2\pi f = 314$ a 50 Hz) y un circuito con una resistencia R , una inductancia L y una capacidad C , el valor de la impedancia sería:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad \text{donde } X = - \frac{1}{C \omega}$$

La presencia de un entrehierro de grandes dimensiones, determina que a la llamada la reluctancia del circuito magnético y la impedancia de la bobina sean respectivamente muy elevada y poco elevada (4).

(4) En una primera aproximación, la impedancia de la bobina es inversamente proporcional a la reluctancia del circuito magnético:

$$L = \frac{n^2}{\mathcal{R}}$$

n es el número de espiras de la bobina.

La corriente de llamada la es muy intensa y se limita casi exclusivamente con la resistencia de la bobina.

En posición de trabajo, el circuito magnético cerrado tiene una reluctancia baja que determina un fuerte aumento de la impedancia de la bobina.

Esta impedancia elevada limita la corriente a un valor I_f notablemente inferior a la (6 a 10 veces menor).

En síntesis, la corriente de la bobina disminuye simplemente a causa del aumento de la impedancia resultante de la disminución del entrehierro.

Como se explica en el párrafo anterior, esta corriente basta para mantener cerrado el circuito magnético.

Alimentación en corriente continua:

El valor de la corriente sólo depende de la resistencia de la bobina.

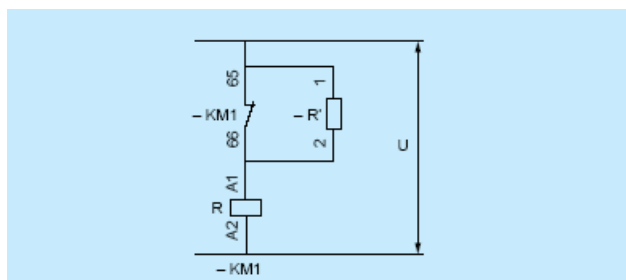
Las características de la bobina a la llamada permiten que la resistencia determine una corriente la suficiente para enclavar el contactor.

Cuando el electroimán se encuentra cerrado, el valor de la resistencia sigue siendo el mismo y la corriente sigue siendo igual a la corriente de llamada **la**, mientras que, como acabamos de ver, una corriente bastante menor sería suficiente para mantener el circuito magnético en posición de cierre.

A menos que el electroimán tenga un diseño especial, la bobina no puede absorber durante mucho tiempo la potencia resultante del paso permanente de la corriente de llamada **la** sin un aumento excesivo de la temperatura, por lo que es necesario disminuir el consumo al mantenimiento.

El consumo se reduce intercalando en serie con la bobina una resistencia adicional de valor apropiado.

La resistencia se pone en servicio a través de un contacto auxiliar de apertura que se abre cuando el contactor termina de cerrarse.



Esquema para la disminución de consumo

- A la llamada, la corriente absorbida es igual a: **$I_a = U/R$**
- Cuando el contactor está cerrado, la corriente pasa a ser:

$$I_f = U / (R + R')$$

- **U**: Tensión de la red de alimentación.
- **R**: Resistencia de la bobina.
- **R'**: Resistencia adicional.

La bobina es distinta a la que se utiliza normalmente con tensión alterna de igual intensidad.

Circuito magnético en corriente continua:

Con los electroimanes diseñados especialmente para corriente continua no es necesario aplicar el sistema de reducción de consumo.

En tal caso, el circuito magnético y la bobina están sobredimensionadas (mayor volumen de acero y cobre) para aumentar la superficie de enfriamiento y favorecer la disipación de las calorías.

A igual calibre, un contactor equipado con este tipo de circuito es mayor que un contactor con circuito magnético alterno alimentado en corriente continua con reducción de consumo, y la durabilidad mecánica es muy elevada.

La corriente de llamada **I_a** es igual a la corriente de mantenimiento **I_f**.

Circuito magnético con bobina de dos devanados:

Esta técnica, patentada por Telemecanique, resulta idónea para los contactores de elevado calibre que requieran un electroimán:

- Poco voluminoso, para limitar el peso y el tamaño de los equipos.
- Que suministre un esfuerzo motor capaz de mantener un elevado rendimiento de los contactos.
- Insensible a las posibles caídas de tensión de la línea de alimentación y a las llamadas de corriente derivadas del arranque de los motores.
- Con un consumo energético mínimo.
- Con una fiabilidad electromecánica muy alta.

Estas exigencias sólo puede cumplirlas un electroimán:

- Diseñado especialmente para corriente continua.
- Que incluya una bobina con funciones de llamada y mantenimiento separadas.
- Que se pueda alimentar tanto en corriente alterna como continua, según el tipo de bobina.

Alimentación en corriente alterna:

El principio de funcionamiento es el siguiente:

- Cuando el contactor se cierra, el contacto (1) integrado en la bobina interrumpe la corriente del rectificador, y por tanto en el bobinado de llamada (A).
- El bobinado de mantenimiento (M), que ya se alimentaba en corriente alterna (semialternancia), es el único que queda bajo tensión.

El contacto (2) se utiliza con el control por impulso, como contacto de automantenimiento.

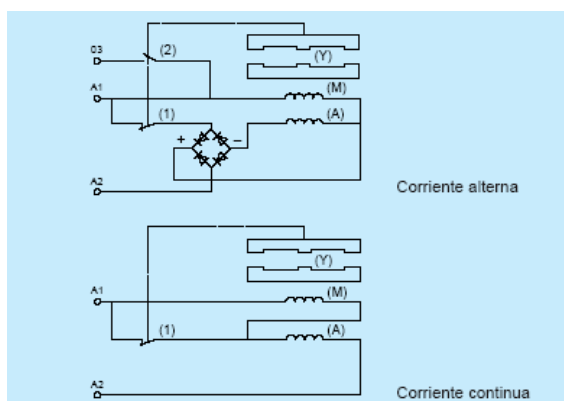
- Cuando el circuito magnético del electroimán (**Y**) está cerrado, actúa como un transformador cuyos primario y secundario serían respectivamente el bobinado de mantenimiento (**M**) y el bobinado de llamada (**A**) conectado a las bornas de los cuatro diodos del puente.

Durante las alternancias positivas, los diodos del puente rectificador cortocircuitan el secundario y hacen que circule corriente en el bobinado de llamada (**A**) y, por tanto, que se produzca una inducción en un sentido determinado.

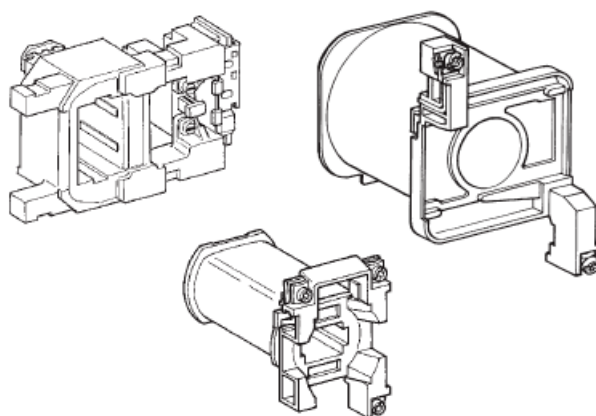
Durante las alternancias negativas, los diodos impiden que circule una corriente inversa en el secundario y la energía almacenada en éste se libera en forma de corriente de igual sentido que la anterior.

Por tal motivo, el flujo magnético del electroimán (**Y**) siempre tiene el mismo sentido y siempre es positivo.

Este sistema eléctrico tiene un efecto análogo al de las juntas de desfase montadas en los contactores de menor calibre.



Esquema de la alimentación en c.a.



Bobinas tipo corriente continua

Alimentación en corriente continua:

- Cuando el contactor se cierra, el contacto **(I)** integrado en la bobina se abre y el bobinado de mantenimiento **(M)** se conecta en serie con el bobinado de llamada **(A)**.

Corte de corrientes: El arco eléctrico:

Normalmente, el contactor se abre para interrumpir la corriente eléctrica que previamente atravesaba el receptor (motor, etc.).

Este último suele ser inductivo y, salvo excepciones (apertura en el momento preciso del paso por cero de una corriente alterna), la corriente no se interrumpe de forma inmediata.

Cuando la intensidad es superior a un amperio, se establece un arco eléctrico entre los contactos en el momento en que se separan.

El arco es una forma de descarga eléctrica en los gases o en vacío.

Se trata de un plasma formado por electrones libres y de iones arrancados de los electrodos por efecto térmico y que circulan en el medio gaseoso impulsados por el campo eléctrico establecido entre los contactos.

En este sentido, se puede comparar el arco con un conductor móvil de forma variable que se puede poner en movimiento aplicándole, a lo largo de su recorrido, un campo magnético o situando piezas ferromagnéticas cerca de él.

La parte central alcanza la temperatura máxima que a menudo supera varios miles, incluso varias decenas de miles de grados, valores muy superiores a los que pueden tolerar los metales y, a priori, los aislantes utilizados en la fabricación de contactos y cámaras de corte.

Por lo tanto la duración del arco debe ser breve: Ni demasiado larga para que no se deterioren las paredes o los materiales metálicos de la cámara, ni demasiado corta para limitar las sobretensiones derivadas de los cambios de corriente excesivamente rápidos dentro del circuito de carga.

La resistencia del arco es inversamente proporcional al número de electrones libres presentes en el plasma:

Será menor cuanto mayor sea el número de electrones, es decir, cuanto mayor sea la ionización o, en resumen, cuanto mayor sea la temperatura del arco.

Para restablecer la rigidez dieléctrica del espacio entre contactos –o desionización– es pues necesario un enfriamiento rápido de los gases recalentados.

En un momento determinado, el producto del valor de la resistencia del arco por la corriente que lo atraviesa es lo que llamamos tensión de arco.

Las investigaciones llevadas a cabo por Ayrton demuestran que esta tensión es: $U_{arc} = A + (B \times I)$ para las corrientes superiores a varias decenas de amperios. **A** representa la suma prácticamente constante, de aproximadamente unos quince voltios, de las caídas de tensión considerables que se producen cerca de los electrodos:

ΔU_a en el ánodo y ΔU_c en el cátodo.

$B \times I$ es una caída de tensión aproximadamente proporcional a la longitud del arco.

Si se desea disminuir una corriente continua hasta anularla, es necesario introducir en el circuito un arco cuya tensión sea superior a la de la fuente de alimentación.

Según la fórmula de Ayrton es preciso aumentar la longitud del arco sometándolo a un campo magnético de “soplado”, o aún mejor, fraccionarlo para multiplicar el número de caídas de tensión en los electrodos: $U_{arc} = n (15 V + B I')$, donde I' es la longitud unitaria de cada arco elemental.

De este modo se obtiene una tensión elevada y escalonada con arcos de longitud adecuada a las dimensiones necesariamente reducidas de las cámaras de corte.

En corriente alterna la corriente se anula a sí misma, por lo que la tensión de arco elevada no resulta útil.

Por el contrario, es preferible una tensión de arco baja para minimizar la energía de arco W_{arc} durante la duración del arco t_a .

$W_{arc} = U_{arc} \times I \times t_a$ disipada en el plasma por efecto Joule.

El arco se extingue al anularse la corriente, por lo que en 50 Hz el arco se extingue de forma natural unas milésimas de segundo después de su aparición.

La dificultad reside en impedir que reaparezca después de que la corriente pase por cero.

Para ello, la función principal de las piezas metálicas ferromagnéticas situadas en la cámara de corte es atraer el arco en la dirección correcta (soplado magnético) y enfriar rápidamente el medio después del arco.

Al absorber las calorías liberadas en el arco por efecto Joule, aceleran los fenómenos de desionización, reduciendo el riesgo de cebado.

El corte en vacío:

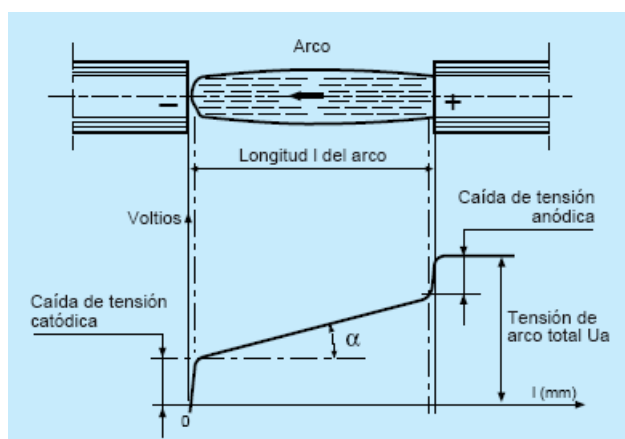
El corte en vacío, que anteriormente sólo se utilizaba en alta tensión, en la actualidad también se emplea en baja tensión.

La resistencia dieléctrica en vacío, **25 kV/mm** en lugar de **3 kV/mm** en el aire, permite distancias entre contactos muy reducidas con una excelente resistencia a las sobretensiones.

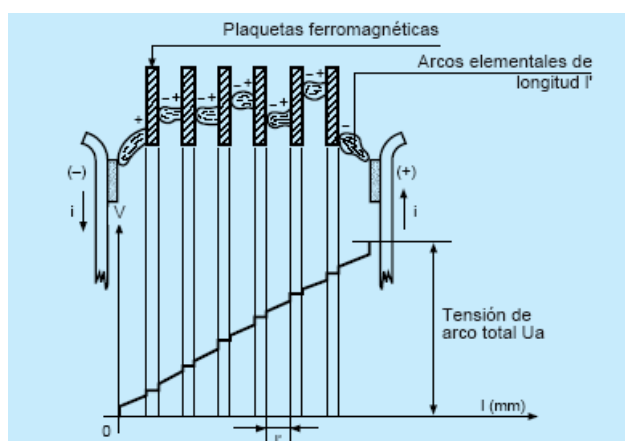
Por tal motivo, los aparatos de corte en vacío no requieren una energía de control muy elevada.

El corte en vacío se caracteriza esencialmente por una rapidísima recuperación de la rigidez dieléctrica del medio entre contactos después del arco.

Además, como el arco se produce dentro de un receptáculo estanco, los aparatos de corte en vacío resultan muy seguros.



Forma general de un arco estabilizado



Fraccionamiento del arco mediante plaquetas

Accidentes que pueden dañar los contactores:

Cuando un contactor sufre algún deterioro, conviene comprobar en primer lugar que el calibre de éste corresponde a la potencia del motor.

En caso de que así sea, y muy especialmente si el valor de la corriente de calado del motor es inferior al poder de cierre del contactor, la causa del deterioro será con toda probabilidad el funcionamiento incorrecto del electroimán, debido a la presencia de perturbaciones en el circuito de control.

A continuación se indican las perturbaciones más frecuentes y la solución que conviene a cada caso.

Caída de tensión de la red:

Esta caída puede ser consecuencia del pico de corriente que produce el motor al arrancar cuando se juntan los contactos móviles del contactor y los contactos fijos.

Provoca una pérdida de energía del circuito magnético que ya no tiene fuerza suficiente para continuar el recorrido hasta completar el cierre.

Como la presión sobre los polos es nula, éstos se sueldan.

Cuando el motor alcanza su velocidad nominal, la tensión aumenta, y cuando llega aproximadamente al 85% de U_n , el circuito magnético se cierra del todo.

Esta es una situación crítica para la instalación. Es necesario comprobar la longitud y la sección de todos los cables y, en su caso, la potencia del transformador de alimentación.

Cuando varios motores arrancan simultáneamente (por ejemplo en un mando por conmutadores de posición mantenida) después de un corte de red, el pico de corriente acumulado también puede provocar una caída de tensión.

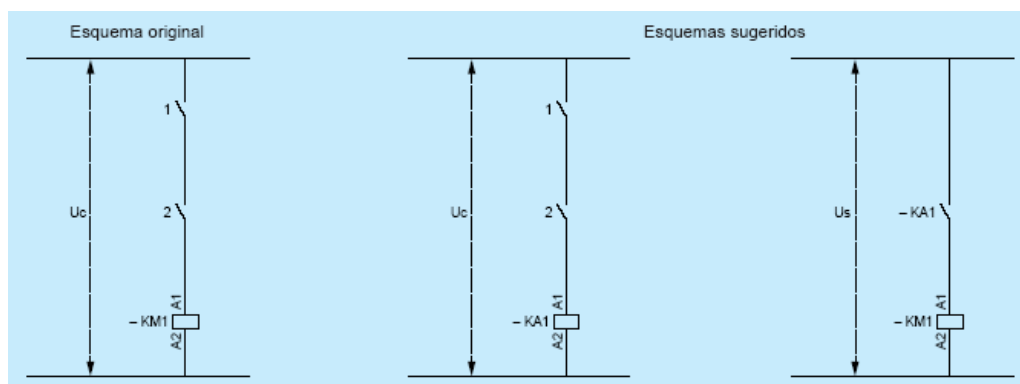
En este caso se recomienda instalar un dispositivo para decalar en el tiempo los arranques, siguiendo un orden de prioridad.

Caída de tensión en el circuito de control:

Cuando el contactor se alimenta en baja tensión (24 a 110 V) y hay varios contactos en serie, puede producirse una caída de tensión del circuito de control a la llamada del contactor.

Esta caída de tensión se suma a la que provoca el pico de arranque del motor, lo que origina una situación análoga a la descrita anteriormente.

En tal caso, es necesario sustituir el aparato y cambiar el contactor afectado por un contactor auxiliar con una corriente de llamada mínima para controlar la bobina del contactor principal, alimentada a su vez con la tensión de la red.



Caída de tensión en el circuito de control

Uc: Tensión de control.

Us: Tensión de la red de alimentación.

Vibración de los contactos control:

Algunos contactos de la cadena control a veces producen vibraciones (termostato, manostato, etc.), que repercuten en el electroimán del contactor de potencia y provocan cierres incompletos, haciendo que se suelden los polos.

Esta situación se soluciona cambiando la temporización del aparato a dos o tres segundos. Utilizar un contacto temporizado al cierre.

Microcortes de la red o interrupción accidental o voluntaria de corta duración:

Cuando después de una breve interrupción de la tensión de red (unas decenas de microsegundos) el contactor vuelve a cerrarse, la fuerza contraelectromotriz del motor y la de la red se desfasan.

En tales circunstancias, el pico de corriente puede llegar a duplicar su valor normal y existe el riesgo de que los polos se suelden por exceder el poder de cierre del contactor.

Este accidente se puede evitar retrasando en dos o tres segundos el cierre del aparato con un contacto temporizado al cierre para que la fuerza contraelectromotriz sea casi nula.

Para proteger los contactores contra los microcortes, también se puede temporizar la apertura del contactor principal utilizando un dispositivo retardador (rectificador condensador).

Consecuencias de los accidentes:

Si, como consecuencia de las circunstancias anteriormente descritas, los polos del contactor se suelden, no sucederá nada anormal antes de la

orden de parada del motor ya que la soldadura de uno o varios polos no impide que el contactor se cierre por completo.

En cambio, al abrirse, el contactor se queda “bloqueado” por el polo o polos soldados.

Los polos que no se han soldado se abren unas décimas de milímetro.

Se inicia un arco muy corto que, como la llama de un soplete, quema de forma lenta y constante los polos no soldados y acaba destruyendo el aparato.

Cuando a continuación se examina el contactor, se observa que a menudo uno o dos polos permanecen intactos:

Son los que estaban soldados.

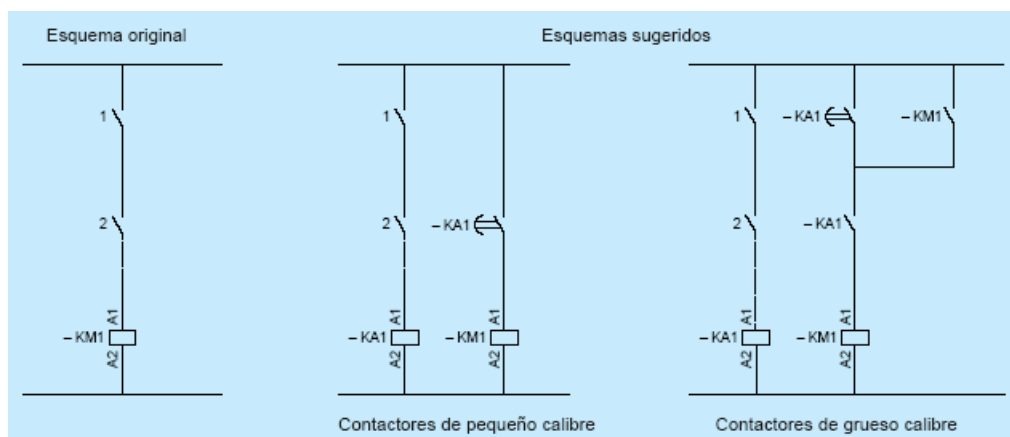
Conviene señalar que la corriente no es mayor que la corriente nominal del motor y que las protecciones no funcionarán hasta que el aparato esté dañado y se inicie un cortocircuito.

Conclusiones:

Las perturbaciones que pueden provocar la soldadura de los polos del contactor tienen una duración tan corta y una aparición tan fugaz que resulta muy difícil detectarlas.

Además, estos accidentes no suceden sistemáticamente cada vez que se cierra el contactor, pero sí suelen producirse cuando coinciden varias perturbaciones o cuando surge una perturbación en una red cuya tensión ya esté muy próxima al valor mínimo admisible.

Aunque el contactor no es el origen del fallo, resulta imprescindible revisar todo el circuito de control para eliminar la causa.



Vibraciones de los contactos de esclavización

El contactor de bajo consumo:

Los contactores de bajo consumo se pueden controlar sin interfaces a través de las salidas estáticas de los autómatas programables.

A tal efecto, incluyen un electroimán en corriente continua adaptado a los niveles de tensión y de corriente de este tipo de salidas (normalmente DC 24 V / 100 mA).

Este tipo de contactores también se utilizan cuando es necesario limitar la disipación térmica, por ejemplo en los equipos con mucho aparellaje o que incluyan aparatos electrónicos, o en los equipos alimentados por batería.

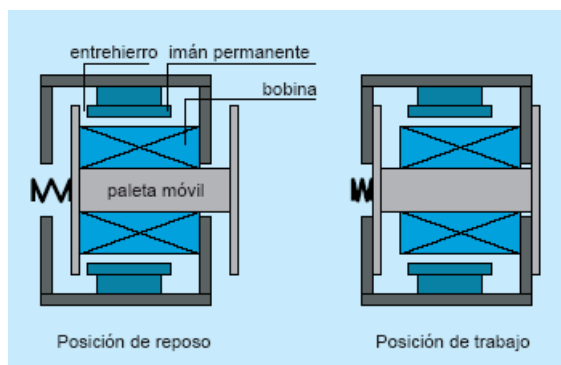
Las diferencias entre el circuito magnético de los contactores o de los contactores auxiliares de bajo consumo y un circuito magnético clásico son:

- Geometría particular que minimiza las fugas magnéticas y guía las partes móviles de forma precisa y con poco rozamiento.
- Utilización de hierro puro de alta permeabilidad e imanes permanentes con elevado campo coercitivo.

Los imanes están dispuestos de tal manera que la fuerza de recuperación que ejercen sobre las partes móviles alcanza su máxima intensidad cuando el contactor está abierto, lo que garantiza una excelente resistencia a los choques en posición de reposo, de magnitud similar a la que se obtiene en posición de trabajo.

Cuando la bobina se pone bajo tensión, la fuerza de atracción que ejercen los imanes sobre la paleta móvil disminuye en función del cuadrado del entrehierro (retorno de pendiente negativa), mientras que en un electroimán clásico la fuerza de retorno que ejerce el resorte aumenta a medida que se desplazan las partes móviles.

Con el mismo calibre, la fuerza motriz que suministra el electroimán de un contactor de bajo consumo es inferior a la de un contactor estándar, por lo que la bobina consume una potencia menor.



Electroimán de un contactor de bajo consumo

Resumen:

Carcasa:

Descripción:

- Es la envolvente del aparato y contenedor de sus funciones. Construido con material aislante.

Funciones:

- Fijación del contactor (carril DIN o fondo panel).
- Contenedor del Electroimán.
- Guía el desplazamiento del carro de contactos (Durabilidad Mecánica).
- Cámaras de extinción (Contactos de Potencia).
- Conexiones de Potencia y Mando.
- Enganche de bloques auxiliares.
- Serigrafía identificación aparato y sus componentes.

Electroimán:

Descripción:

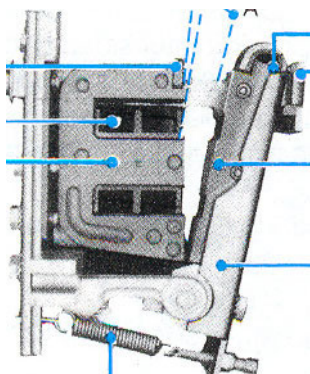
- Se alimenta con la señal de mando.
- Su consumo es muy pequeño respecto al circuito de potencia.

Composición:

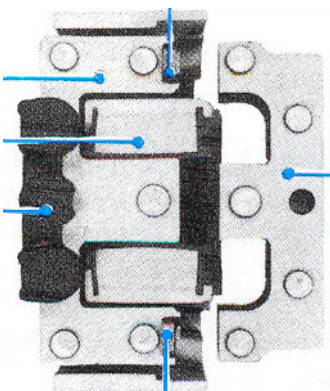
- Amortiguación.
- Núcleo fijo.
- Muelle de apertura.
- Núcleo móvil.
- Bobina: Existen varios tipos:
 - Rotación.
 - Translación.

Su constitución varía según la bobina sea de:

- Corriente alterna.
- Corriente continua.
- Bajo consumo.



Electroimán de relé de rotación



Electroimán de relé de translación

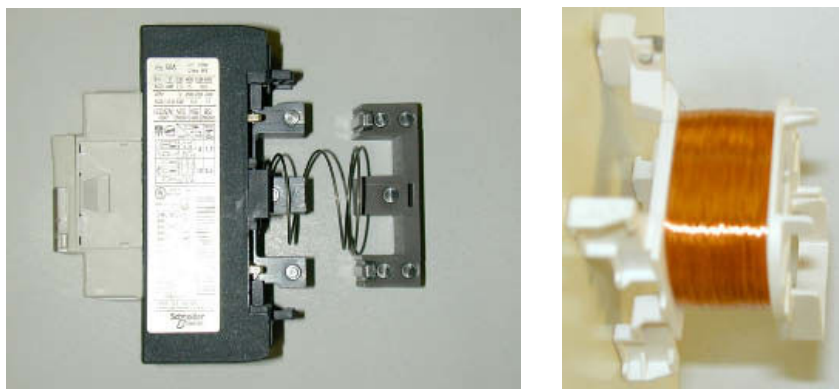
Bobina en c.a.:

Circuito magnético:

- Dos piezas en forma de E.
- Una fija y otra móvil.
- Placa de chapa magnética remachadas para reducir corrientes de Foucault

Bobina:

- Un modelo por tensión.
- Intercambiable.
- Hilo de cobre esmaltado.
- Consumo alto en atracción.
- Consumo menor en mantenimiento.



Soporte y bobina de c.a.

Entrehierro:

- El cierre del circuito magnético deja un pequeño entrehierro.
- Su objetivo es evitar que se forme un magnetismo remanente que impida la apertura.

Espira de sombra:

- Al estar alimentada la bobina por corriente alterna, se genera un flujo magnético alterno.
- Esto produciría vibración.
- La espira de sombra crea un flujo desfasado que corrige el problema.

Bobina en c.c.:

Circuito magnético:

Existen dos tipos:

- Chapa magnética.
- Chapa magnética terminaciones en V.
- Núcleo macizo.

Bobina:

- Un tipo para cada núcleo.
- Básico (requiere resistencia limitadora).
- Reforzado (sin resistencia externa).
- Mismo consumo en atracción y mantenimiento.

Bobina bajo consumo:

Circuito magnético:

- Incorpora imanes permanentes que generan la mayor parte del campo magnético.

Bobina:

- Crea un pequeño campo, que sumado al de los imanes provoca el cierre.
- Su consumo es el más bajo de todos (2,4 W).
- Son bobinas de c.c.

Doble bobina:

- Se usan en contactores de gran potencia.
- Tienen dos devanados, el de atracción y el de mantenimiento.
- Garantizan el funcionamiento en ambas funciones
- El electroimán resulta en conjunto más pequeño y ligero.
- Es un electroimán de c.c.
- Existen bobinas de c.a. y c.c.

Los contactos de potencia o polos:

Los polos, o contactos de potencia, son los elementos encargados de conseguir la conexión eléctrica en el circuito de potencia; es decir, transmitir la energía de la red a la instalación.

Se dimensionados según calibre del contactor.

Los contactos auxiliares:

Son los contactos que nos permiten las diferentes maniobras de automatización.

Poseen un dimensionado fijo específico para circuitos de mando.

Y ambos: Polos y auxiliares, pueden ser:

- **Integrados.**
- **Módulos acoplables.**
- **Normalmente abiertos: NA.**
- **Normalmente cerrados: NC.**

Polos:

Como ya se ha dicho, son los contactos de potencia, encargados de conectar, desconectar y conducir la energía en el circuito de potencia.

Se dimensionan según la corriente a conducir (Durabilidad Eléctrica).

Y para definirlos deberemos tener en cuenta:

- **I_{th}** Intensidad térmica (Intensidad que deberá poder soportar durante 8h a tensión nominal).
- **I_{the}** Intensidad térmica en envolvente.
- **I_e** Intensidad de empleo (ver: categoría de empleo).
- **I_t** Intensidad temporal (Intensidad que deberá poder soportar durante 1h a tensión nominal).
- Poder de corte.
- Poder de cierre.

Las variables básicas son:

- Caídas de tensión.
- Presión en los contactos.

Deben permitir el paso de la corriente con la menor caída de tensión:
Buen conductor.

Deben permitir la presión de contacto necesaria y un cierre enérgico:
Dureza.

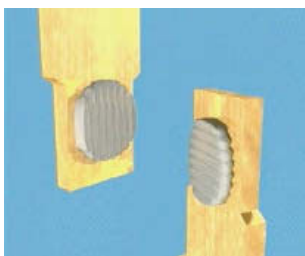
Se construyen con distintos tipos de aleaciones en función de sus características, como por ejemplo óxido de plata y cadmio.

Contactos auxiliares:

Son los contactos utilizados en el circuito de mando.

Tienen características propias independientes del circuito principal.

Las placas de contactos tienen la superficie ranurada (Telemecanique) y se cierran de modo que se produce una fricción. Esto favorece la limpieza de su superficie.



Contactos auxiliares de contactor Shneider

Arco:

- Al abrir los polos se interrumpe la circulación de corriente.
- Si la carga es inductiva y con más de 1 A, se forma un arco.
- El arco es una forma de descarga eléctrica en los gases.
- Se trata de un plasma formado por electrones libres e iones arrancados de los contactos por el efecto térmico, e impulsados por el campo eléctrico.
- El arco alcanza miles de grados.
- La duración del arco debe limitarse para evitar la destrucción de los contactos.

Extinción del arco:

- Los sistemas de extinción de arco deben ser capaces de interrumpirlo en unos pocos milisegundos, para evitar la acumulación de efecto térmico.
- En corriente alterna la corriente se anula a sí misma en el paso por cero de la onda. Hay que evitar un segundo cebado del arco.
- Si se desea disminuir una corriente continua hasta anularla, es necesario introducir en el circuito un arco cuya tensión sea superior a la de la fuente de alimentación. Para ello aumentaremos su longitud.

Formas de extinción de arco:

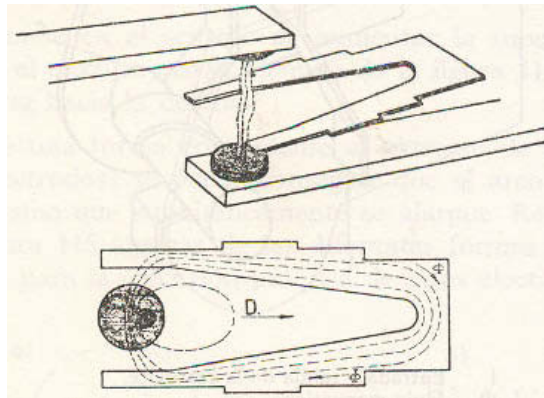
- Alargamiento.
- Soplado magnético.
- Fraccionamiento.
- Enfriamiento.

Alargamiento:

- Se basa en separar los contactos lo más posible.
- Por sí mismo es suficiente en aplicaciones de poca potencia.
- En potencias superiores se combina con otros métodos.
- No es posible ciertas distancias sin afectar el funcionamiento del electroimán.
- El arco tiende a ocupar más superficie desplazándose (efecto chispómetro).
- La forma física de los contactos ayuda al alargamiento (poder de puntas).

Soplado magnético:

- Se basa en la inserción de unas piezas en forma de V en la zona en la que salta el arco.
- El campo magnético asociado al arco, encuentra un camino fácil en dicha pieza.
- La forma de la pieza conduce el campo, de modo que se deforma.
- Esto hace que aparezca una fuerza sobre el arco que tiende a desplazarlo hacia el vértice de la pieza.
- Esto aumenta la distancia de recorrido del arco, produciendo su alargamiento.



Alargamiento por soplado magnético

Fraccionamiento:

- Se produce una subdivisión del arco que facilita su extinción.
- Para ello se emplean unas placas de plancha ferromagnética.
- Para lograrlo se utiliza el desplazamiento del arco debido a la forma de los contactos.
- El soplado magnético ayuda también al desplazamiento del arco.

Los relés y los contactores estáticos:

Los relés y contactores estáticos son aparatos de conmutación de potencia con semiconductores.

Se utilizan para controlar receptores resistivos o inductivos alimentados en corriente alterna.

Al igual que los contactores electromagnéticos, los relés y los contactores estáticos pueden establecer o interrumpir corrientes importantes con

una corriente de control de baja intensidad, funcionar en servicio intermitente o continuo, recibir órdenes a distancia desde cualquier aparato que emita señales de tensión todo o nada (interfaces de diálogo hombre/máquina, salidas de autómatas programables, etc.).

Los circuitos de control y de potencia están aislados galvánicamente a través de un optoacoplador o un relé herméticamente sellado.

Presentan numerosas ventajas con respecto a los contactores electromagnéticos:

- Frecuencia de conmutación elevada.
- Ausencia de piezas mecánicas móviles.
- Funcionamiento totalmente silencioso,
- Limitación máxima de parásitos radioeléctricos que podrían perturbar los componentes de automatismos electrónicos cercanos (bloqueo de los semiconductores de potencia al pasar por el cero de corriente).
- Tecnología monobloc, que insensibiliza los aparatos a los choques indirectos, las vibraciones y los ambientes polvorientos.
- Circuito de control con amplio rango de tensiones.
- Consumo muy bajo que permite transmitir órdenes a través de las salidas estáticas de los autómatas programables.

Los circuitos RC y los limitadores de cresta integrados protegen los relés y los contactores estáticos contra los cambios de tensión bruscos (dV/dt importante) y contra las sobretensiones.

Se pueden controlar en corriente continua o alterna.

En corriente continua, la entrada está protegida contra la inversión de polaridades.

En corriente alterna, un circuito rectificador con filtro restablece la tensión continua en el optoacoplador.

Los relés y los contactores estáticos no constituyen un aislamiento galvánico entre la red de alimentación y el receptor.

Si fuera necesario, es posible realizar esta función conectando aguas arriba un contactor electromagnético que sirve para varias salidas.

Los relés estáticos:

Son aparatos unipolares perfectamente adaptados para controlar cargas resistivas para regulación de hornos, aplicación que normalmente requiere una cadencia de conmutación elevada.

Existen dos versiones:

- **Relés síncronos:** La conmutación en estado pasante y el bloqueo se realizan respectivamente cuando la alternancia posterior a la aplicación de la señal de mando llega a cero y en el cero de corriente.
- **Relés asíncronos:** La conmutación en estado pasante y el bloqueo se realizan respectivamente después de la aplicación de la señal de mando y en el cero de corriente.

Si se utilizan relés estáticos para alimentar los receptores polifásicos, se recomienda conectar en serie los circuitos de control para que la conmutación de todos los relés sea simultánea.

Los contactores estáticos:

Estos aparatos tripolares están especialmente adaptados para el control de motores trifásicos que funcionen con cadencias elevadas.

Incluyen dos contactos auxiliares estáticos: Un contacto de realimentación y un contacto compatible con las entradas de autómatas programables.

Los componentes de potencia y los contactos auxiliares pasan al estado pasante con la misma señal de mando.

Existe una versión con dos sentidos de marcha que permite invertir el sentido de giro del motor permutando las fases 1 y 2 (la fase 3 no se puede conmutar).

El inversor incluye un enclavamiento interno que impide controlar simultáneamente los dos sentidos de marcha.

2.3. Elementos de control y regulación

Vamos a estudiar con mayor profundidad, en el presente capítulo, algunos de los distintos elementos que intervienen en el control y regulación de los distintos componentes integrantes de las instalaciones eléctricas:

Detectores:

Conjunto de componentes que proporcionan la información sobre el estado de un producto, una máquina o una instalación.

Dichos componentes pueden detectar un estado, controlar un umbral, seguir la posición de un móvil o identificar un objeto y sus características.

En base a su tecnología los interruptores de posición electromecánicos, los detectores de proximidad inductivos, capacitivos, los detectores fotoeléctricos y los de ultrasonidos, detectan los estados, controlan la presencia, la ausencia o el paso de un objeto, su color o tamaño, un estado de riesgo, etc.

Los interruptores de flotador, los presostatos y los vacuostatos indican las variaciones de nivel o de presión.

Estos aparatos proporcionan información “Todo o Nada” cuando se alcanzan umbrales previamente fijados.

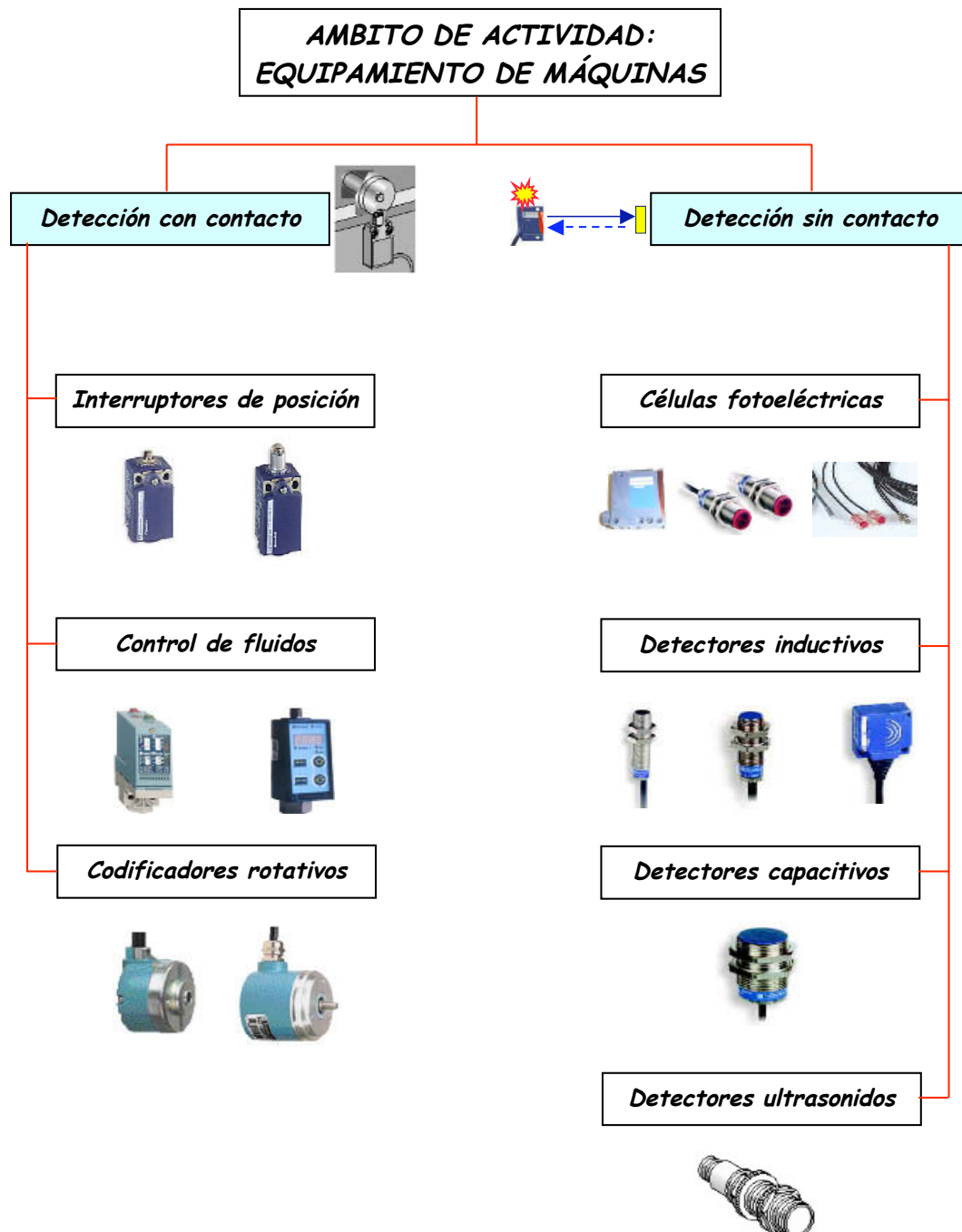
Los codificadores incrementales y absolutos permiten realizar el seguimiento continuo de la posición lineal o angular de un móvil.

Los lectores/decodificadores de códigos de barras hacen posible la identificación óptica.

La identificación inductiva, basada en el uso de etiquetas electrónicas y de terminales de lectura/escritura, añade a la función de detección la posibilidad de memorizar e intercambiar datos detallados con la unidad de tratamiento.

Clasificación:

Para una mejor comprensión de la clasificación de los detectores, veamos el siguiente gráfico, que por sí mismo es suficientemente explícito.



Clasificación de los detectores

Arrancadores electrónicos:

Los arrancadores electrónicos nos permitirán un arranque controlado y una parada ralentizada

Variadores de velocidad:

El variador de velocidad nos permite un arranque y una parada totalmente controlados y la posibilidad de ajustar la velocidad al valor deseado.

Para ello, la tensión y la frecuencia deben evolucionar simultáneamente según la ley de control escogida.

En la actualidad, las técnicas de Control Vectorial de Flujo (CVF) permiten utilizar motores asíncronos para aplicaciones de altas prestaciones.

El CVF amplía el rango de funcionamiento de los motores asíncronos hacia velocidades muy bajas, manteniendo el par motor.

Si el variador dispone de resistencia de frenado, el par nominal puede suministrarse incluso en el momento de la parada, con un par transitorio máximo igual a 2 veces el par nominal, dependiendo del tipo de motor.

Asimismo, la velocidad máxima puede alcanzar el doble de la velocidad nominal, o más, si la mecánica del motor lo permite.

2.3.1. Detectores con contacto físico

Veamos a continuación las características esenciales de los distintos detectores con contacto físico.

Interruptores de posición electromecánicos o finales de carrera

Los interruptores de posición electromecánicos se reparten en dos grandes familias:

- Interruptores de control cuyo papel, en el ámbito de los equipos de automatismo, consiste en detectar la presencia o el paso.

Se conectan a las entradas de la unidad de tratamiento de datos.

- Interruptores de potencia insertados en las fases de alimentación de los accionadores.

Generalmente, su función se limita a la seguridad.

Los interruptores de posición electromecánicos se utilizan en variedad de aplicaciones debido a sus numerosas cualidades:

- Seguridad de funcionamiento (fiabilidad de los contactos, maniobra de apertura positiva (1)).

(1) En conformidad con la norma IEC 947-5-1, la maniobra de apertura positiva "...asegura que todos los elementos de contacto de apertura se encuentran en la posición correspondiente a la posición de apertura del aparato".

- Alta precisión (fidelidad en los puntos de accionamiento de 0,1 a 0,01 según los modelos).
- Corriente nominal térmica de 10 A.
- Inmunidad natural a las perturbaciones electromagnéticas.
- Facilidad de manejo (fácil instalación y funcionamiento "transparente").
- Etc.

Los principales factores que determinan la elección de un interruptor de posición de control mecánico son:

- La protección contra los golpes, las salpicaduras...
- Las condiciones ambientales: Humedad, polvo, corrosión, temperatura...
- El espacio disponible para instalar, fijar y ajustar el aparato.
- Las condiciones de uso: Frecuencia de las maniobras, naturaleza, masa y velocidad del móvil que se controla, exigencias de precisión y fidelidad, posible sobrerrecorrido en uno u otro sentido, esfuerzo necesario para accionar el contacto.
- El número de ciclos de maniobra.
- El número y el tipo de los contactos: Ruptura lenta o brusca, posibilidad de ajuste.
- La naturaleza de la corriente, el valor de la tensión y de la corriente que se deben controlar.

Composición de los interruptores de posición:

Los interruptores de posición constan de los tres elementos básicos siguientes:

Un contacto eléctrico, un cuerpo y una cabeza de mando con su dispositivo de ataque.

La mayoría de estos aparatos se componen a partir de distintos modelos de cuerpos dotados de un contacto eléctrico, de cabezas de mando y de dispositivos de ataque.

Esta modularidad facilita en gran medida el mantenimiento gracias a la posibilidad de cambiar cualquier elemento con comodidad.

Contacto eléctrico:

Es el denominador común de la mayoría de los aparatos.

Existen versiones 1 NO / NC, 2 NO / NC simultáneos y 2 NO / NC decalados de ruptura brusca y NO + NC decalados de ruptura lenta.

Cuerpo:

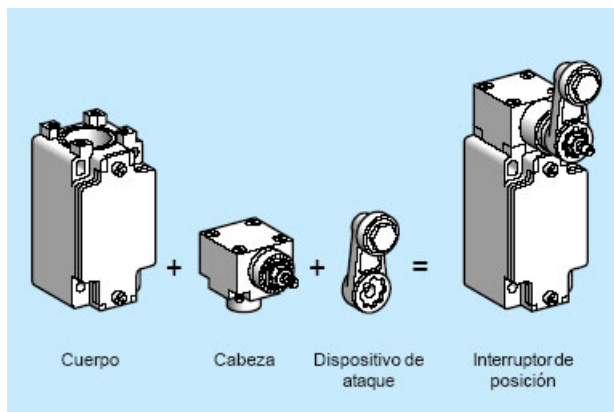
Existen varias opciones:

Normalizado CENELEC o de dimensiones reducidas, fijo o enchufable, metálico o termoplástico, una o varias entradas de cable.

Cabezas de control, dispositivos de ataque:

Pueden asociarse numerosos modelos al cuerpo que contiene el elemento de contacto:

- Cabezas de movimiento rectilíneo:
- Pulsador de bola o con rodillo en extremo, lateral con rodillo vertical u horizontal.
- Palanca con rodillo de acción horizontal o vertical.
- Cabezas de movimiento angular:
- Palanca con rodillo termoplástico o acero, longitud fija o ajustable sobre 360° de 5° en 5° o cada 45° por giro de la palanca, acción en uno o ambos sentidos.
- Varilla rígida de acero o poliamida, acción en uno o ambos sentidos.
- Resorte o varilla de resorte, acción en uno o ambos sentidos.
- Lira de una o dos pistas, con rodillos termoplásticos, de posición mantenida.



Composición de un interruptor de posición

- Multidirecciones, de varilla flexible con resorte o varilla rígida con resorte.

En los modelos de acción en uno o ambos sentidos, la elección del sentido se realiza por simple ajuste de la cabeza.

Interruptores de posición para aplicaciones comunes:

Existen varios tipos de interruptores, cuyas formas y características se adaptan a la naturaleza de las aplicaciones y a su ambiente.

A continuación se describen varios ejemplos representativos.

Aparatos que pueden componerse:

Cuerpo metálico:

Existe un primer tipo de interruptor, de entrada por prensaestopa incorporado, con cuerpo metálico fijo o enchufable.

Generalmente, se utiliza en los conjuntos mecánicos de tratamiento o transformación de materiales, donde su robustez y precisión son muy apreciadas.

El segundo tipo de aparato, de cuerpo fijo o enchufable y con entrada roscada para prensaestopa CM12, es conforme a la norma CENELEC EN 50041 (entreejes de fijación de 30 x 60 mm).

Es adecuado para las máquinas-herramienta, las máquinas transfer y otras instalaciones de mecanizado en las que la productividad obliga a trabajar con elevadas cadencias de conmutación y por tanto, con elementos de alta durabilidad eléctrica y mecánica, gran precisión y buena resistencia a los aceites de corte.

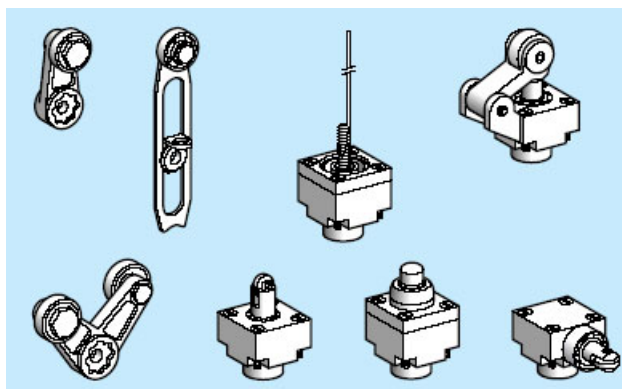
Cuerpo plástico:

Este tipo de interruptor también es conforme con la norma CENELEC EN 50041 (entreejes de fijación de 30 x 60 mm).

Su cuerpo plástico, dotado de una entrada roscada para prensaestopa CM12, le confiere un doble aislamiento.

Es adecuado para los equipos de la industria agroalimentaria y química.

Por otra parte, los dispositivos de mando de palanca con rodillo de gran diámetro permiten su uso en instalaciones de mantenimiento, transporte, etc.



Dispositivos de ataque y cabezas de mando

Aparatos que no pueden componerse:

Cuerpo plástico:

Estos interruptores disponen de un cuerpo de plástico con doble aislamiento.

Están disponibles con distintos dispositivos de mando (movimiento rectilíneo, angular, multidirección) y se utilizan en los sectores de fabricación y terciario.

Cuerpo metálico:

Es un aparato compacto de caja monocuerpo, con distintas longitudes de cable de salida.

Su estanqueidad y su excelente resistencia mecánica lo hacen especialmente adecuado para las aplicaciones en entornos difíciles.

Por otra parte, sus dimensiones reducidas permiten su integración en emplazamientos de pequeño tamaño.

Aparatos para aplicaciones específicas:

Aparatos para manutención-elevación:

Estos aparatos de cuerpo metálico disponen de dispositivos de ataque de diseño robusto que les permite ser accionados por todo tipo de elementos móviles.

Se utilizan principalmente en aplicaciones de elevación y manutención.

Los dispositivos de ataque, de movimiento angular, son de vuelta a cero (sólo varilla, varilla o palanca con rodillo), o de posición mantenida (varilla en cruz o en T).

Estos modelos disponen de dos contactos NO / NC de ruptura brusca o de dos contactos NO + NC de ruptura lenta.

En ambos casos, los contactos son de maniobra de apertura positiva.

Pueden accionarse de tres maneras distintas:

- Dos contactos en cada sentido.
- Dos contactos en un solo sentido.
- Un contacto en cada sentido.

Interruptores para control de cinta:

Se utilizan en el control de desvío de cintas transportadoras.

Su palanca con rodillo controla un primer contacto NO / NC de ruptura brusca para una inclinación de 10° (señalización del defecto) y un segundo contacto NO / NC de 18° (parada de la cinta).

Existen normalmente dos versiones: Caja de aleación de aluminio para entornos normales. y caja de poliéster preimpregnado para ambientes corrosivos.

Interruptores de potencia:

Llamados igualmente interruptores de sobrerrecorrido, se insertan en las fases de alimentación de los accionadores para garantizar una última función de seguridad (por ejemplo, en máquinas de manutención).

Realizaciones especiales:

Ciertos interruptores de posición pueden suministrarse a medida para aplicaciones particulares o para entornos fuera de lo habitual:

- Con revestimiento antideflagrante para atmósferas explosivas.
- Con estanqueidad reforzada que confiere una resistencia superior a los agentes externos.
- Para entornos corrosivos.
- Etc.

Interruptores de seguridad:

Los interruptores de seguridad garantizan la protección del personal que trabaja con máquinas peligrosas.

Se accionan por medio de una llave solidaria a la puerta o a la tapa de protección de la máquina.

Al cerrar la puerta o la tapa, la llave entra en la cabeza del interruptor, acciona un dispositivo de enclavamiento múltiple y permite el cierre de un contacto eléctrico NC (contacto de ruptura lenta y maniobra de apertura positiva).

Este contacto no debe controlar el arranque de la máquina en ningún caso.

Su función se limita a permitir el arranque, que sólo puede producirse por acción voluntaria sobre los mandos de servicio previstos a tal efecto.

Queda, por tanto, excluido que el cierre de un protector provoque la puesta en marcha de una máquina.

La apertura de la puerta provoca el desenclavamiento de la llave y fuerza la apertura del contacto del interruptor.

Existen dos familias de interruptores de seguridad:

- Interruptores adaptados a los pequeños protectores.
- Interruptores para máquinas de mayores dimensiones: Centros de mecanizado, etc.

Ciertos modelos están provistos de pilotos que facilitan el mantenimiento y el uso, y de conectores que permiten una sustitución rápida sin posibilidad de error.

Existen versiones de enclavamiento integrado por electroimán, para las máquinas en las que el peligro subsiste después de la orden de parada (inercia, tensión, temperatura, presión, etc.).

Los presostatos / vacuostatos

Empezamos definiendo el detector de presión, cuyo término engloba a los captadores de presión, los presostatos, los vacuostatos y los detectores universales de presión.

¿Qué es un detector de presión?

Son elementos destinados a detectar, controlar o regular una presión o depresión en un circuito neumático o hidráulico.

Ellos transforman un cambio de presión en una señal eléctrica. Cuando la presión o depresión varían del valor de reglaje, el contacto eléctrico cambia de estado.

Captadores de presión:

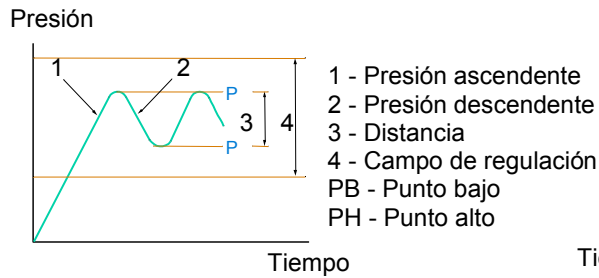
Función:

La función de los captadores analógicos de presión consiste en medir y controlar una presión o una depresión en un circuito hidráulico o neumático.

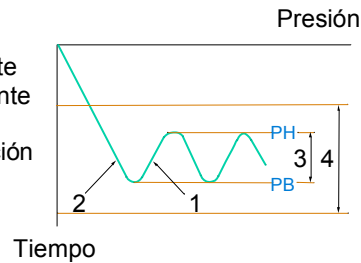
Transforman la presión en una señal eléctrica proporcional.

Gracias a su gran precisión, se utilizan en aplicaciones industriales de visualización, de control o de regulación.

PRESOSTATO



VACUOSTATO

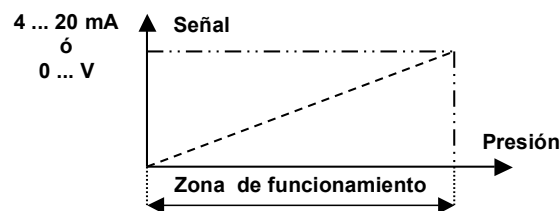


Comportamiento de los termostatos y vacuostatos

Su diseño es especialmente resistente, de forma que también se pueden utilizar en aplicaciones de cadencias altas.

Principio de funcionamiento:

La señal eléctrica que envía el transmisor de presión (señal proporcional a la presión que se desea controlar) se amplifica, se calibra y está disponible con forma de una señal analógica 4 a 20 mA o 0 a 10 V según los modelos.



Comportamiento de un captador de presión

Presostatos y vacuostatos:

Función:

La función de los presostatos y vacuostatos consiste en controlar o regular una presión o una depresión en un circuito hidráulico o neumático.

Transforman un cambio de presión en señal eléctrica “Todo o Nada” cuando los puntos de consigna regulados se han alcanzado.

Los electromecánicos, funcionan por la deformación de una membrana elástica, que induce el cambio de estado en un contacto eléctrico.

Los electrónicos, se basan en el cambio de resistencia que se produce en un detector cerámico ante los cambios de presión.

Se diferencian de los electromecánicos por disponer de zonas de ajuste de los puntos de consigna muy amplios.

Están diseñados para aplicaciones de cadencias altas en virtud de su gran resistencia así como de una resistencia excelente de los ajustes en el tiempo.

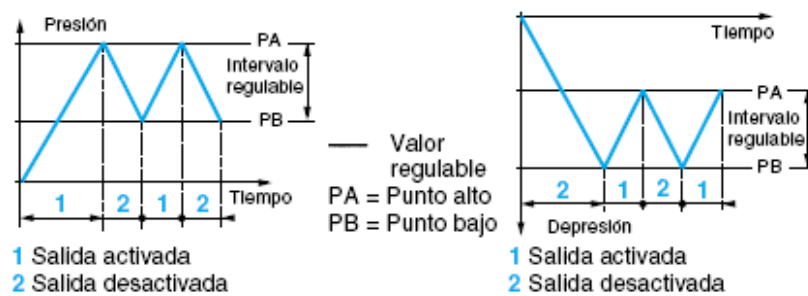
Gracias a una gran repetibilidad y a un tiempo de respuesta reducido, también se utilizan para regular y controlar las presiones de forma precisa.

Principio de funcionamiento:

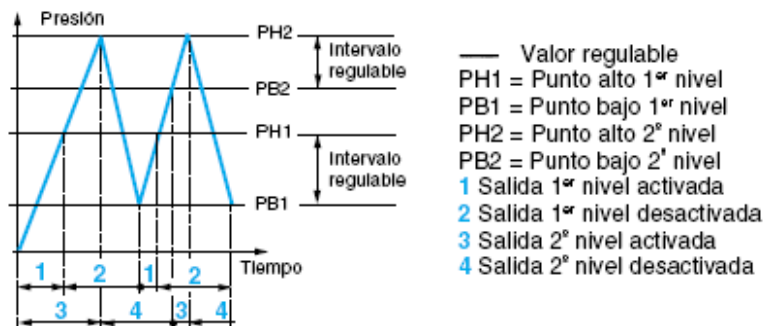
Estos aparatos están diseñados para controlar 2 umbrales. Disponen de puntos de consigna alto (PA) y bajo (PB) regulables de forma independiente.

La diferencia (intervalo) entre estos dos puntos puede ser más o menos grande, de forma que se puede regular con intervalos pequeños o amplios.

No tienen piezas mecánicas en movimiento, ya que su funcionamiento es completamente electrónico.



Principio de funcionamiento con salidas estáticas de apertura "NC" Presostatos con salida TON Vacuostatos con salida TON



Principio de funcionamiento con salidas estáticas de apertura "NC" Presostatos con 2 niveles

Detectores universales:

Función:

Los detectores universales son presostatos y vacuostatos electrónicos equipados con una salida analógica idéntica a la de los captadores.

Terminología:

Veamos a continuación la terminología específica utilizada en la utilización de estos componentes.

Rango de medida:

El rango de medida (RM) o la zona de medida de un detector corresponde al intervalo de las presiones medidas por el transmisor.

Está incluida entre 0 bares y la presión correspondiente al calibre del detector.

Zona de funcionamiento:

La zona de funcionamiento de un captador corresponde a su rango de medida.

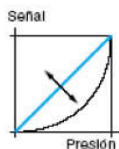
En esta zona, su señal analógica de salida oscila entre 4 y 20 mA o entre 0 y 10 V de forma proporcional a la presión medida.

La zona de funcionamiento de un presostato o de un vacuostato es el intervalo definido por el valor mínimo de ajuste del punto bajo (PB) y el valor máximo de ajuste del punto alto (PA) .

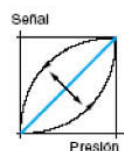
Precisión:

La precisión viene definida por la suma de una serie de parámetros: La linealidad, la histéresis, la repetibilidad y las tolerancias de los ajustes.

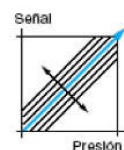
Se expresa en % de la zona de medida del transmisor de presión (% EM).



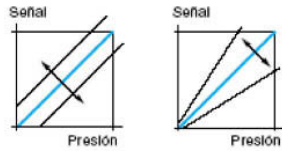
La linealidad: Es la diferencia más importante entre la curva real del transmisor y la curva nominal.



La histéresis: Es la diferencia más importante entre la curva de presión ascendente y la curva de presión descendente.



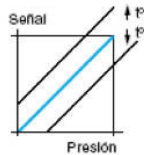
La repetibilidad: es la banda de dispersión máxima obtenida al variar la presión en unas condiciones determinadas.



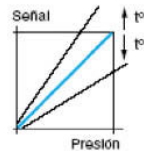
Las tolerancias en los ajustes: Son las determinadas por el fabricante, tanto del punto cero como de la sensibilidad (caída de la curva de la señal de salida del transmisor).

Derivas de temperatura:

La precisión de un detector de presión siempre es sensible a la temperatura de funcionamiento.



Deriva del punto cero: Es proporcional a la temperatura y se expresa en $\% \text{ EM} / ^\circ\text{C}$.



Deriva de la sensibilidad: Es proporcional a la temperatura y se expresa en $\% \text{ EM} / ^\circ\text{C}$.

Punto de consigna alto (PA):

Es el valor máximo de presión escogido y ajustado en el presostato o el vacuostato, para el que la salida eléctrica cambiará de estado cuando la presión sea ascendente.

Punto de consigna bajo (PB):

Es el valor de presión mínima escogido y ajustado en el presostato o el vacuostato, para el que la salida eléctrica cambiará de estado cuando la presión sea descendente.

Intervalo:

Es la diferencia entre el punto de consigna alto (PA) y el punto de consigna bajo (PB).

El punto bajo se puede ajustar en función de los valores indicados en las curvas de funcionamiento.

Repetibilidad:

Es la variación del punto de funcionamiento de un presostato o vacuostato entre varias maniobras sucesivas.

Calibre:

En captadores de presión y presostatos corresponde con el valor máximo o/y mínimo de la zona de funcionamiento.

Presión máxima admisible accidental:

Se refiere a la presión máxima, independientemente de los choques de presión, a la que el detector de presión puede estar sometido de forma ocasional sin dañar el aparato.

Presión de rotura:

Se trata de la presión límite por encima de la cual el detector de presión puede tener alguna fuga y que incluso puede dañar de forma irreversible los componentes mecánicos.

Los codificadores rotativos

El control del desplazamiento, de la posición y de la velocidad de un móvil es un problema habitual en numerosas máquinas e instalaciones:

- Platos y carros portacabezales de mecanizado.
- Carros de manutención.
- Robots.
- Máquinas de corte longitudinal.
- Etc.

Los sistemas de detección convencionales (interruptores de posición, detectores inductivos, fotoeléctricos, por ultrasonidos) resuelven satisfactoriamente numerosas aplicaciones:

- Captadores situados en emplazamientos fijos predeterminados.
- Contaje de los impulsos suministrados por un detector de paso de levas o accionado por una rueda dentada.
- Codificación de posición por lectura de levas mediante detectores montados en el móvil.

Sin embargo, estos sistemas llegan rápidamente a su límite cuando el número de posiciones que se controlan crece demasiado o cuando la velocidad de desplazamiento exige una frecuencia de contaje incompatible con las características de los captadores.

Con los codificadores ópticos rotativos el posicionamiento de un móvil queda completamente controlado por el sistema de tratamiento en lugar de realizarse físicamente por medio de captadores instalados en la máquina o repartidos por la instalación.

Elevada velocidad de desplazamiento, adaptación de los puntos de ralentización a la velocidad sin necesidad de intervención física en la máquina, precisión de parada, todas las posibilidades que ofrecen los codificadores permiten optimizar los tiempos de respuesta y contribuyen, por tanto, a mejorar la productividad y la flexibilidad en todos los campos de la producción industrial.

Codificadores ópticos rotativos:

Un codificador óptico rotativo es un captador angular de posición.

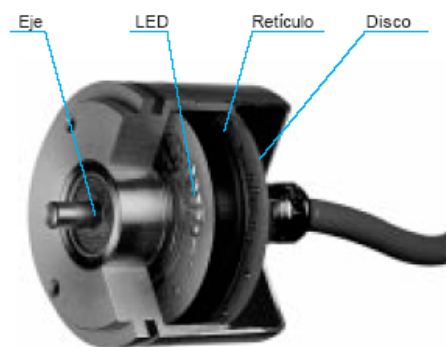
Su eje, unido mecánicamente a un árbol que lo acciona, hace girar un disco que consta de una serie de zonas opacas y transparentes.

La luz emitida por los diodos electroluminiscentes alcanza a los fotodiodos cada vez que atraviesa una zona transparente del disco.

Los fotodiodos generan una señal eléctrica que se amplifica y convierte en señal cuadrada antes de transmitirse a la unidad de tratamiento.

Existen dos tipos de codificadores ópticos rotativos:

- **Codificadores incrementales.** (También llamados generadores de impulsos).
- **Codificadores absolutos.** De vuelta simple y multivuelta.



Composición de un codificador óptico rotativo incremental

Codificadores incrementales:

Los codificadores incrementales se utilizan en aplicaciones de posicionamiento y de control de desplazamiento de un móvil por conteo / desconteo de impulsos.

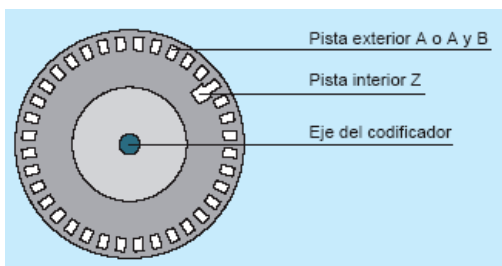
El disco de un codificador incremental incluye dos tipos de pistas:

- Una pista exterior (vías **A** y **B**) dividida en “n” intervalos del mismo ángulo y alternativamente opacos y transparentes; donde “n” es la resolución o número de períodos.

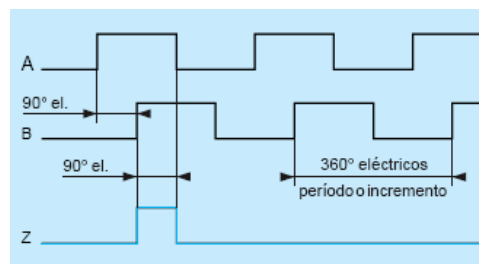
- Dos fotodiodos decalados e instalados detrás de esta pista suministran señales cuadradas **A** y **B** cada vez que el haz luminoso atraviesa una zona transparente.
- El desfase de 90° eléctricos (1/4 de período) de las señales **A** y **B** define el sentido de la rotación:
- En un sentido, la señal **B** se mantiene a 1 durante el flanco ascendente de **A**.
- Mientras que en el otro sentido se mantiene a 0.
- Una pista interior (pista **Z**) que consta de una sola ventana transparente.

La señal **Z**, denominada “top cero”, tiene una duración de 90° eléctricos y es síncrona con las señales **A** y **B**.

Define una posición de referencia y permite la reinicialización en cada vuelta.



Disco incremental

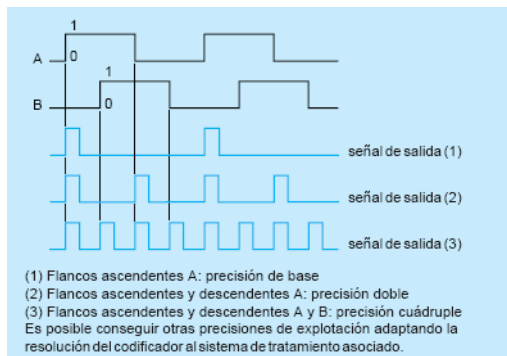


Señales de base suministradas por un codificador incremental

Explotación de las vías A y B:

Los codificadores incrementales permiten tres niveles de precisión de explotación:

- Uso de los flancos ascendentes de la vía **A** exclusivamente: Explotación simple que corresponde con la resolución del codificador.
- Uso de los flancos ascendentes y descendentes de la vía **A** exclusivamente: Doble precisión de explotación.
- Uso de los flancos ascendentes y descendentes de las vías **A** y **B**: Cuádruple precisión de explotación.

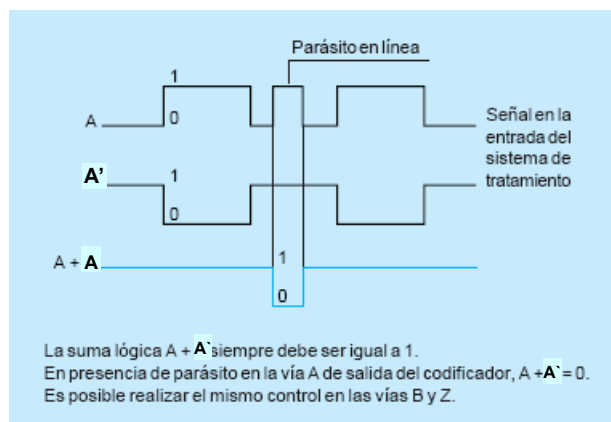


Cuadruplicación de la precisión de explotación de un codificador incremental

Eliminación de parásitos:

Todo sistema de conteo puede verse afectado por la aparición de parásitos en la línea que se confunden con los impulsos suministrados por el codificador.

Para eliminar este riesgo, la mayoría de los codificadores incrementales suministran las señales complementadas A' , B' y Z' , además de las señales A , B y Z .



Control de presencia de un parásito en línea

Si el sistema de tratamiento está diseñado para poder utilizarlas (por ejemplo, control numérico), las señales complementadas permiten diferenciar los impulsos suministrados por el codificador de los impulsos parásitos, ignorando así los últimos.

Codificadores absolutos:

Los codificadores absolutos se utilizan en aplicaciones de control de desplazamiento y posicionamiento de un móvil por codificación.

Dependiendo del modelo, el disco de un codificador absoluto consta de hasta 17 pistas concéntricas divididas en segmentos iguales alternativamente opacos y transparentes.

Cada pista dispone de un par emisor / receptor.

La resolución de este tipo de codificadores es igual a **2** a la potencia **N**:

N = número de pistas.

Resolución = 131.072 en los modelos de 17 pistas.

Un codificador absoluto suministra permanentemente un código que corresponde a la posición real del móvil que controla.

Por tanto, ofrece dos ventajas sobre el codificador incremental:

- Insensibilidad a los cortes de la red:

Desde la primera puesta en tensión, o desde la vuelta de la tensión posterior a un corte, el codificador suministra la posición real del móvil; por tanto, una información directamente utilizable por el sistema de tratamiento.

En la misma situación, sería necesario reinicializar un codificador incremental antes de su arranque, lo que puede ser problemático en ciertas aplicaciones.

- Insensibilidad a los parásitos de la línea:

Un parásito puede modificar provisionalmente el código suministrado por un codificador absoluto.

No obstante, el código se corrige automáticamente en el momento de la desaparición del parásito.

Con un codificador incremental, la información parásita se toma en cuenta a menos que la unidad de tratamiento sea capaz de utilizar las señales complementadas (por ejemplo, los controles numéricos).

¿Por qué dos tipos de códigos?

El código binario puro es un código ponderado:

Permite efectuar las cuatro operaciones aritméticas con los números que expresa.

Por tanto, los sistemas de tratamiento pueden utilizarlo directamente (por ejemplo, los autómatas programables) para realizar cálculos o comparaciones.

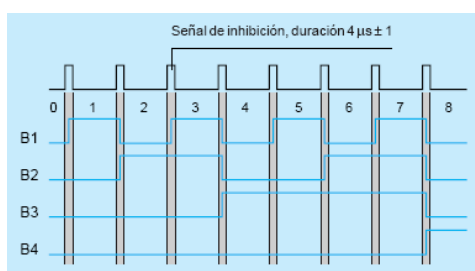
No obstante, presenta el inconveniente de disponer de varios bits que cambian de estado entre dos posiciones.

Dado que los cambios no pueden ser rigurosamente sincrónicos, la lectura es ambigua en cada cambio de posición.

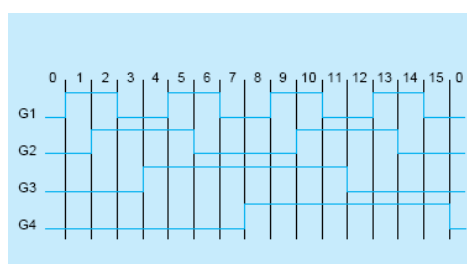
Para eliminar la ambigüedad, los codificadores absolutos generan una señal de inhibición que bloquea las salidas en cada cambio de estado.

El código Gray, en el que sólo un bit cambia de estado a la vez, es otro medio de evitar este problema.

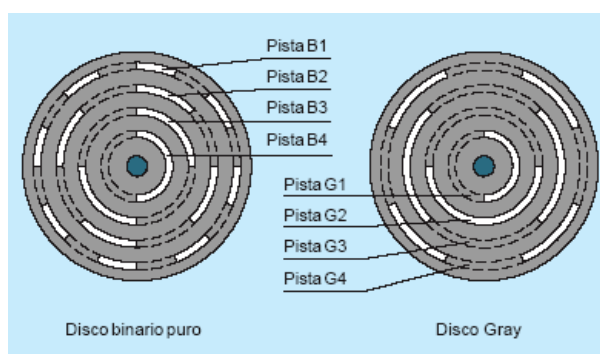
Sin embargo, dicho código no es ponderado y, por tanto, debe transcodificarse en binario antes de poder ser utilizado, lo que complica el tratamiento.



Código Binario



Código Gray



Discos absolutos

Multiplexado:

Los datos del codificador se envían en paralelo a la unidad de tratamiento, que debe disponer de un número de entradas igual al de bits transmitidos por cada codificador conectado.

Ciertos codificadores absolutos disponen de una entrada MX que permite bloquear sus salidas cuando la unidad de tratamiento emite una señal de bloqueo.

Este sistema permite conectar varios codificadores a las mismas entradas.

El único activo será aquel que no reciba la señal de bloqueo.

Elección de un codificador:

Etapas de salida:

Los codificadores están equipados con salidas de colector abierto NPN o PNP para poderse adaptar a las distintas entradas de las unidades de tratamiento (TTL / CMOS o acopladores ópticos).

Los codificadores incrementales pueden disponer de salidas por emisores de línea (norma RS 422), que son necesarias para la transmisión de alta frecuencia a larga distancia.

Diámetro exterior:

Existen codificadores con distintos diámetros: desde 27 mm (talla 11), para aplicaciones con poco espacio disponible, hasta 100 mm (talla 40), que permiten obtener un rendimiento excelente (alta resolución, multivuelta, tacómetro).

Codificadores de eje lleno:

Los codificadores de eje lleno pueden utilizarse siempre que la longitud no sea un criterio determinante.

Su eje está unido al eje de arrastre por medio de un acoplamiento flexible que puede absorber defectos cinemáticos importantes: Desalineación angular y lateral, desplazamiento axial.

Asimismo, los acoplamientos flexibles permiten unir ejes de distinto diámetro: Por ejemplo, eje de codificador de 6 mm y eje de motor de 10 mm.



Codificador de eje lleno de Telemecanique

Codificadores de eje hueco:

Los codificadores de eje hueco se montan directamente en el árbol de arrastre.

Se fijan mediante una pinza de apriete en el árbol, un tornillo en la rosca central del árbol o por apriete.

El rotor -disco se hace solidario del árbol por medio de un tornillo.

Un peón de bloqueo, que debe poder deslizarse libremente por una ranura practicada en el bastidor del sistema de arrastre, impide la rotación de la caja del codificador.

El montaje resulta mucho más sencillo, rápido y económico que el de los codificadores de eje lleno.

Por otra parte, el espacio que ocupan es también más importante.

Los codificadores de este tipo son sensibles a los defectos cinemáticos ya que no utilizan un acoplamiento flexible para compensar la excentricidad del árbol. Como resultado, la durabilidad de los rodamientos es menor.



Codificado de eje hueco de Telemecanique

Asociación codificador - unidad de tratamiento:

La siguiente tabla agrupa los principales tipos de unidades de tratamiento que se utilizan en la industria y los codificadores a los que se asocian generalmente.

Unidades de tratamiento		Codificadores			
		Incremental			Absoluto
		Frecuencia de señal (kHz)			Enlace paralelo
		≤ 0,2	≤ 40	> 40	
Autómatas programables	Entradas TON	●			●
	Contaje rápido	●	●		
	Tarjetas de eje				
Comandos numéricos		●	●	●	
Micro-ordenadores	Entradas paralelas				●
Tarjetas específicas		●	●	●	●

Tabla: Unidad de tratamiento / Codificador

2.3.2. Detectores sin contacto físico

Los diferentes procesos industriales, requieren, en ocasiones, controles en los que el contacto físico con el elemento a controlar es dificultoso o incluso imposible.

Para estos casos disponemos de los diferentes sistemas de detección sin contacto físico: Detectores capacitivos, inductivos, fotoeléctricos y por ultrasonidos.

Veámoslos:

Los detectores inductivos

Estos aparatos se utilizan principalmente en aplicaciones industriales. Detectan cualquier objeto metálico sin necesidad de contacto: Control de presencia o de ausencia, detección de paso, de atasco, de posicionamiento, de codificación, de contaje, etc.

Los detectores de proximidad inductivos aportan numerosas ventajas:

- Compatibilidad con los automatismos electrónicos gracias a la posibilidad de cadencias elevadas.
- Durabilidad independiente del número de ciclos de maniobra (ninguna pieza móvil y, por tanto, sin desgaste mecánico, contactos de salida estáticos).
- Adaptación a ambientes húmedos, corrosivos y con atascos.
- Detección de objetos frágiles, recién pintados, etc.

Composición y funcionamiento:

Un detector de proximidad inductivo detecta la presencia de cualquier objeto de material conductor sin necesidad de contacto físico.

Consta de un oscilador, cuyos bobinados forman la cara sensible, y de una etapa de salida.

El oscilador crea un campo electromagnético alterno delante de la cara sensible. La frecuencia del campo varía entre 100 y 600 kHz según el modelo.

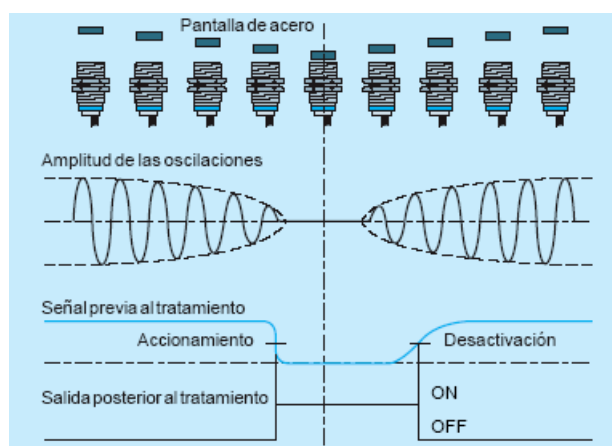
Cuando un objeto conductor penetra en este campo, soporta corrientes inducidas circulares que se desarrollan a su alrededor (efecto piel).

Estas corrientes constituyen una sobrecarga para el sistema oscilador y provocan una reducción de la amplitud de las oscilaciones a medida que se acerca el objeto, hasta bloquearlas por completo.

La detección del objeto es efectiva cuando la reducción de la amplitud de las oscilaciones es suficiente para provocar el cambio de estado de la salida del detector.



Composición de un detector de proximidad inductivo



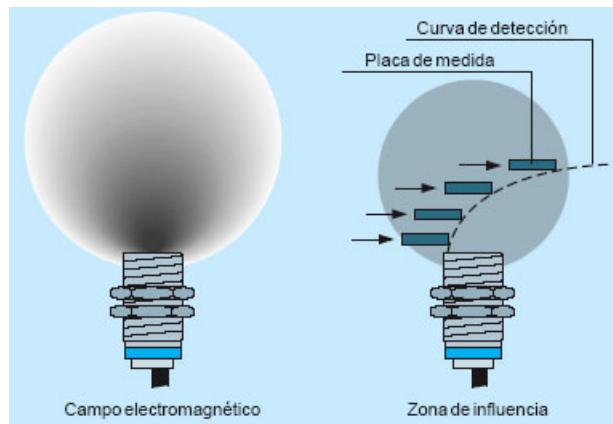
Principio de funcionamiento de un detector inductivo

Campo electromagnético y zona de influencia:

El dibujo siguiente representa el campo electromagnético generado por un detector inductivo.

La intensidad del campo disminuye rápidamente a medida que se aleja de la cara sensible.

La zona de influencia (la zona en la que la intensidad del campo es suficiente para que se produzca la detección) es por tanto más pequeña. Condiciona las distancias que deben respetarse entre aparatos o entre aparatos y masas metálicas.



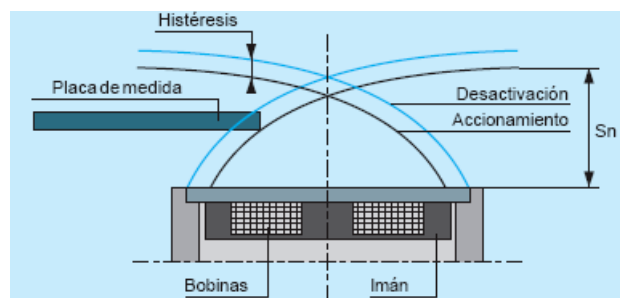
Campo electromagnético y zona de influencia de un detector

Curvas y distancias de detección:

Las curvas y distancias de detección se determinan mediante una placa cuadrada de acero dulce Fe 360 de 1 mm de espesor. El lado del cuadrado es igual al diámetro de la cara sensible (detectores cilíndricos) o al triple del alcance nominal S_n (detectores rectangulares).

Para trazar la curva de detección, la placa se sitúa a distintas distancias de la cara sensible, en paralelo y hasta los puntos de conmutación de la salida. La curva de detección se obtiene por la unión de estos puntos.

La norma IEC 947-5-2 proporciona la terminología utilizada para definir las distancias de detección de los detectores de proximidad inductivos:



Curva de detección de un detector inductivo

Alcance nominal o alcance asignado S_n :

Es el alcance convencional que permite designar el aparato y que figura en los catálogos de los fabricantes. No tiene en cuenta las dispersiones (fabricación, temperatura ambiente, tensión de alimentación).

Alcance real S_r :

El alcance real S_r se mide bajo la tensión asignada U_n y a la temperatura ambiente asignada T_n . Debe estar comprendido entre 90% y 110% del alcance S_n del detector.

$$0,9 S_n \leq S_r \leq 1,1 S_n$$

Alcance útil S_u :

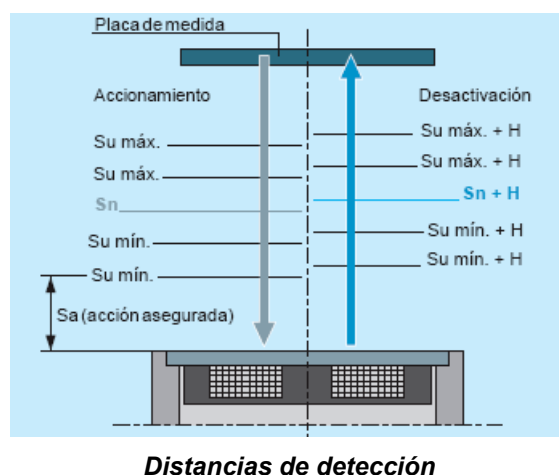
El alcance útil S_u se mide en los límites admisibles de temperatura ambiente T_a y de tensión de alimentación U_b . Debe estar comprendido entre 90% y 110% del alcance real S_r .

$$0,9 S_r \leq S_u \leq 1,1 S_r$$

Alcance de trabajo S_a :

El alcance de trabajo S_a está comprendido entre 0 y 81% del alcance nominal S_n . Es la **zona de funcionamiento** en la que se asegura la detección de la placa de medida, con independencia de las dispersiones de tensión y temperatura.

$$0 \leq S_a \leq 0,9 \times 0,9 \times S_n$$



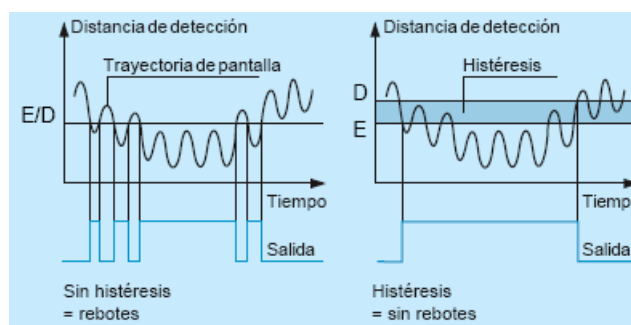
Recorrido diferencial:

En una máquina, la trayectoria de la pieza detectada nunca es totalmente uniforme debido a las vibraciones y a los juegos mecánicos.

Por esta razón, un solo umbral de accionamiento y desactivación podría tener como consecuencia rebotes en la salida, especialmente en los casos de desplazamiento lento de la pieza que se detecta.

Para evitar este problema, la mayoría de los detectores utilizan un recorrido diferencial que permite obtener una conmutación franca de la salida.

El recorrido diferencial (o histéresis) **H** es la distancia medida entre el punto de accionamiento cuando la plaqueta de medida se aproxima al detector y el punto de desactivación cuando se aleja de él. Se expresa en % del alcance real **Sr**.



Recorrido diferencial o histéresis

Reproductibilidad:

La reproductibilidad (o fidelidad) **R** es la precisión de reproducción entre dos medidas del alcance útil para intervalos dados de tiempo, temperatura y tensión: 8 horas, 10 a 30 °C, $U_n \pm 5\%$. Se expresa en % del alcance real **Sr**.

Parámetros que influyen en el alcance de trabajo:

En numerosas aplicaciones, los objetos que se detectan son de acero y de dimensiones iguales o superiores a la cara sensible del detector. En estos casos, los valores “zona de funcionamiento” que se indican en los catálogos pueden utilizarse directamente.

En cambio, es necesario aplicar coeficientes correctores a **Sa** en los siguientes casos:

- Material que no sea acero dulce (coeficiente **Km**).
- Dimensiones inferiores a la cara sensible (coeficiente **Kd**).
- Variaciones de la temperatura ambiente (coeficiente **Kq**).
- Tensión de alimentación (coeficiente **Kt** = 0,9 en todos los casos).

La elección del detector requiere la aplicación de la siguiente fórmula, en la que **Sa** corresponde al alcance de trabajo deseado:

$$\text{Alcance nominal } \mathbf{S_n} = \frac{\mathbf{S_a}}{\mathbf{K_m} \times \mathbf{K_d} \times \mathbf{K_\theta} \times \mathbf{K_t}}$$

El detector adecuado para la aplicación será aquel cuyo alcance nominal sea igual al resultado o inmediatamente superior.

Ejemplo:

Comprobar si un detector cilíndrico Ø 18 mm, versión empotrable en el metal, es adecuado para detectar a una distancia de 3 mm y a una temperatura ambiente de 20°C una cabeza de tornillo de 6 mm de diámetro de acero inoxidable 316.

El coeficiente **K_t** (tensión) es 0,9. Las curvas adjuntas determinan los coeficientes restantes:

K_m (materia): 0,7

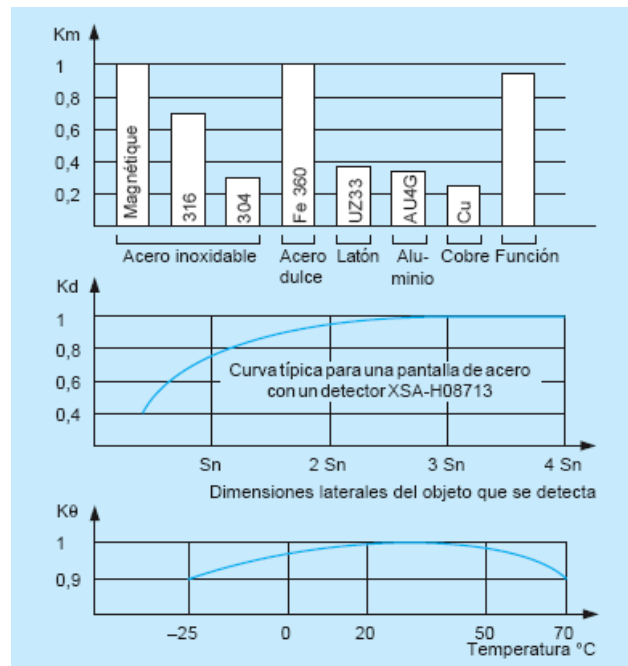
K_d (dimensiones): 0,75

K_q (temperatura): 0,98

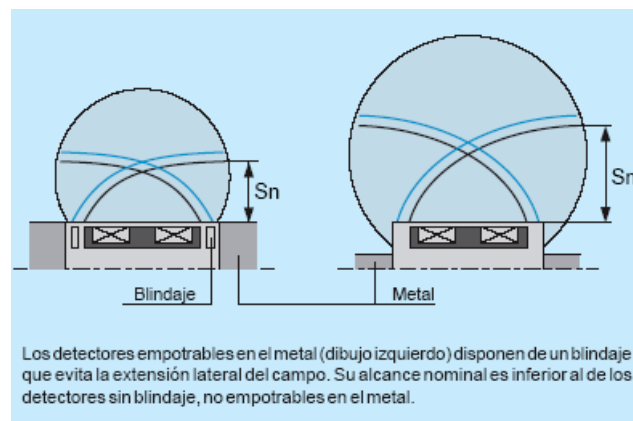
$$\mathbf{S_n} = \frac{3}{0,7 \times 0,75 \times 0,98 \times 0,9} = 6,48 \text{ mm}$$

El alcance nominal **S_n** de un detector cilíndrico Ø 18 mm empotrable en el metal es de 5 mm, es decir, inferior al valor calculado 6,48 mm.

Por tanto, este tipo de detector no es adecuado. Será necesario utilizar un detector cilíndrico Ø 18 mm, no empotrable en el metal y con alcance nominal **S_n** de 8 mm.



Coeficientes de corrección del alcance de trabajo



Alcance de los detectores empotrables y no empotrables en el metal

Frecuencia de conmutación:

La frecuencia de conmutación de un detector de proximidad inductivo depende de los siguientes factores:

Retraso en el accionamiento Ra:

Es el tiempo que transcurre entre el momento en que el objeto que se detecta penetra en la zona activa y el cambio de estado de la salida.

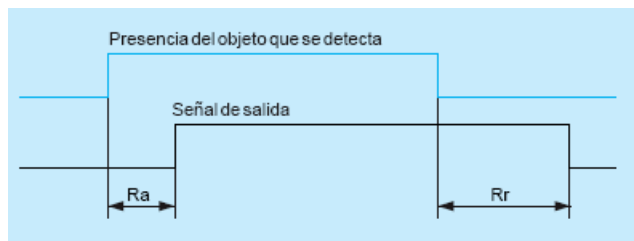
Este tiempo condiciona la velocidad de paso en función del tamaño del objeto.

Retraso en el desaccionamiento R_r :

Es el tiempo que transcurre entre la salida del objeto de la zona activa y el cambio de estado de la salida.

Este tiempo condiciona el intervalo entre dos objetos.

Generalmente, la frecuencia de conmutación de los detectores que figura en los catálogos se obtiene por el método definido por la norma EN 50010 con la ayuda del esquema adjunto.

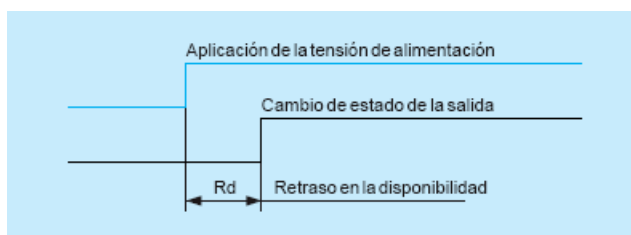


Retrasos en el accionamiento y en el desaccionamiento

Retraso en la disponibilidad R_d :

Es el tiempo necesario para que la salida tome su estado después de la puesta bajo tensión del detector.

Puede influir en la frecuencia de conmutación, por ejemplo, cuando el detector está conectado en serie a un contacto mecánico.



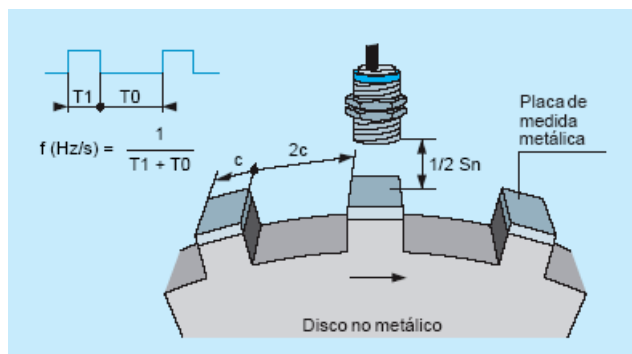
Retraso en la disponibilidad

Alimentación:

Dependiendo de los modelos, los detectores pueden alimentarse en corriente alterna o continua, o, en corriente alterna y continua.

Alimentación en corriente alterna:

Los límites de tensión del detector deben ser compatibles con la tensión nominal de la fuente.



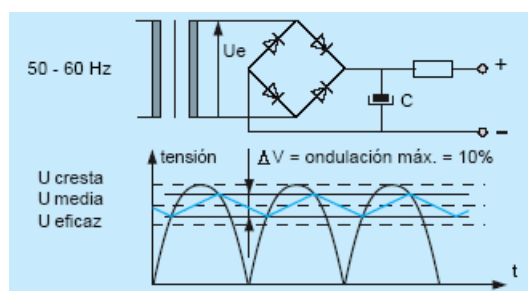
Medida de la frecuencia de conmutación

Alimentación en corriente continua:

Los límites de tensión del detector y el índice de ondulación admisible deben ser compatibles con la fuente.

Si la fuente se basa en una red alterna monofásica, la tensión debe ser rectificadora y filtrada asegurando que:

- La tensión de cresta de alimentación es inferior al límite máximo que admite el producto.
- La tensión mínima de alimentación es superior al límite mínimo garantizado del producto.
- El índice de ondulación no supera el 10%.



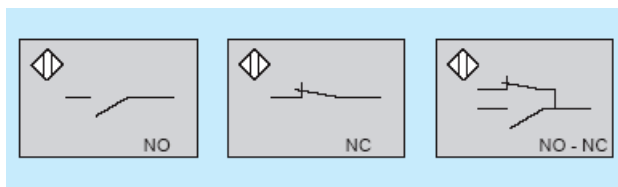
Fuente de alimentación de corriente continua

Contactos de salida:

Se ofrecen detectores con las siguientes salidas:

- Cierre NO: El transistor o tiristor de salida se activa en presencia de una pantalla.
- Apertura NC: El transistor o tiristor de salida se bloquea en presencia de una pantalla.

- Inversor NO/NC: Dos salidas complementarias, una activada y la otra bloqueada en presencia de una pantalla.



Contactos de salida

Equivalencia eléctrica:

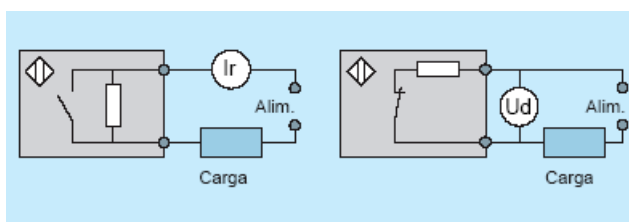
Los detectores se dividen en dos grandes categorías: “Técnica de 2 hilos” y “Técnica de 3 hilos”.

Tipo 2 hilos:

Los aparatos de este tipo se conectan en serie con la carga que se controla.

Presentan:

- Una corriente de fuga **I_r** : Corriente que atraviesa el detector en estado bloqueado.
- Una tensión residual **U_d** : Tensión en las bornas del detector en estado activado, cuya posible influencia en la carga debe verificarse (umbrales de accionamiento y de desactivación).



Corriente de fuga y tensión residual

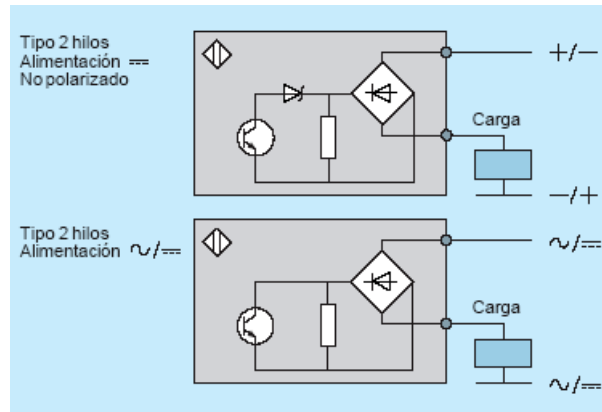
Existen las siguientes versiones de detectores de 2 hilos:

- Alimentación de corriente continua, no polarizados.
- Alimentación de corriente alterna / continua.

Los aparatos de corriente continua no polarizados tienen protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

Las polaridades de conexión son indiferentes (ningún riesgo de error en la conexión).

La carga puede unirse indistintamente al potencial positivo o negativo.



Conexión de detectores de 2 hilos

Asociación de los detectores de 2 hilos:

La puesta en serie sólo es posible con aparatos multitensión: Por ejemplo, detectores de 110 / 220 V o puesta en serie de dos aparatos con alimentación de 220 V.

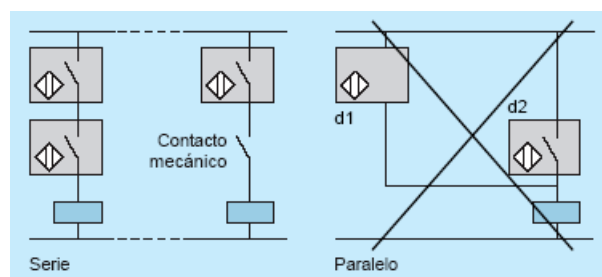
La caída de tensión en las bornas de la carga es igual a la suma de las tensiones residuales de los detectores.

En caso de puesta en serie con un contacto mecánico, el detector no se alimenta cuando el contacto está abierto.

A su cierre, el detector sólo funciona una vez que transcurre el tiempo de retraso en la disponibilidad.

Se desaconseja la puesta en paralelo de detectores de 2 hilos entre sí o con un contacto mecánico.

De hecho, si el detector **d1** (ver dibujo adjunto) se encuentra en estado cerrado, **d2** no se alimenta. Tras la apertura de **d1**, **d2** comienza a funcionar una vez que transcurre el tiempo de retraso de la disponibilidad.



Asociación de detectores de 2 hilos

Tipo 3 hilos:

Los detectores de 3 hilos se alimentan en corriente continua.

Disponen de 2 hilos de alimentación y uno para la transmisión de la señal de salida.

Ciertos aparatos tienen un hilo adicional para transmitir la señal complementaria (tipo 4 hilos NO + NC).

Todos están protegidos contra la inversión de los hilos de alimentación. La mayoría también lo están contra sobrecargas y cortocircuitos.

Estos aparatos no tienen corriente de fuga y su tensión residual es desdenable. Por tanto, sólo debe tenerse en cuenta su límite de corriente conmutada para comprobar su compatibilidad con la carga.

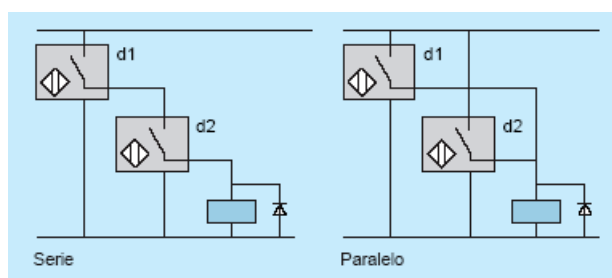
Existen dos tipos de detectores de 3 hilos:

- Aparatos básicos con salida PNP (carga a potencial negativo) o salida NPN (carga a potencial positivo).
- Aparatos programables que, dependiendo de la polaridad de la conexión, permiten realizar una de las cuatro funciones: PNP / NO, PNP / NC, NPN / NO, NPN / NC.

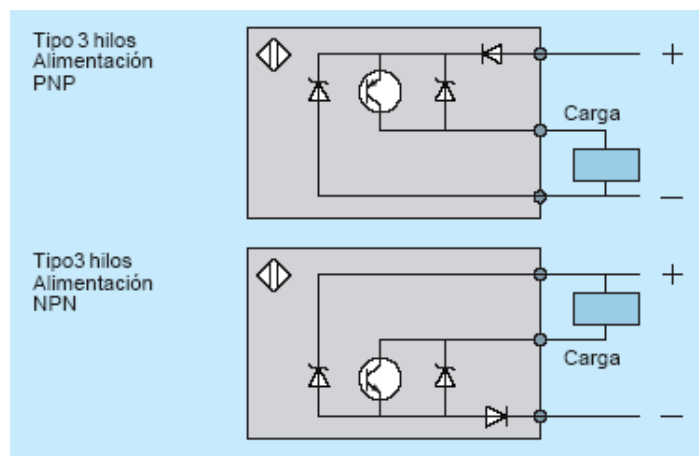
Asociación de los detectores de 3 hilos:

La puesta en paralelo de los detectores de 3 hilos no tiene ningún tipo de restricción. Sin embargo, en el caso de puesta en serie, es necesario tener en cuenta los siguientes puntos:

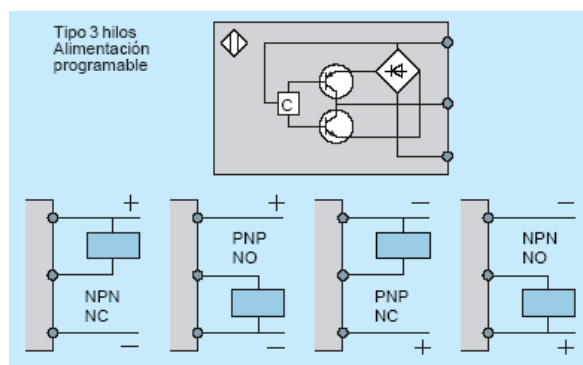
- El detector **d1** transporta la corriente consumida por la carga y las corrientes consumidas, sin carga, de los detectores restantes.
- Cada detector produce una caída de tensión aproximada de 2 V en estado activado.
- Cuando el detector **d1** pasa al estado activado, el detector **d2** sólo funciona una vez transcurrido el tiempo de retraso en la disponibilidad.
- Utilizar diodos antirretorno con una carga inductiva.



Asociación de detectores de 3 hilos



Conexión de detectores de 3 hilos



Detector de 3 hilos programable

Detectores cilíndricos:

Conformidad con las normas:

La norma IEC 947-5-2 describe las características de los detectores de proximidad inductivos cilíndricos. Retoma gran parte de las definiciones CENELEC anteriores, pero define con mayor detalle la resistencia a las perturbaciones electromagnéticas.

Los detectores cilíndricos responden al nivel de severidad 3 en corriente continua y al 4 en corriente continua / alterna. Generalmente, ambos valores se ciñen a las especificaciones.

La gama de detectores cilíndricos XS de Telemecanique es conforme con esta norma IEC. Su diseño tiene en cuenta distintas condiciones de entorno y aporta la máxima facilidad de instalación y uso.

Adaptación al entorno:

Entorno seco:

Aplicación habitual: Máquinas de ensamblaje en industrias mecánicas, eléctricas, textiles, etc.

Estos aparatos de caja metálica tienen una buena resistencia a los aceites, a las sales, a las gasolinas y a otros hidrocarburos. Su grado de estanqueidad es IP 67 y su temperatura de funcionamiento, de -25 a $+70^{\circ}\text{C}$.

Entorno húmedo:

Aplicación habitual: Máquinas de mecanizado con salpicaduras de aceite de corte, virutas y chispas, en industrias del automóvil, del papel, del vidrio, etc.

Estos aparatos tienen una excelente resistencia a los aceites, a las sales, a las gasolinas y a otros hidrocarburos. También son conformes con las normas NF C 32-206 y las recomendaciones CNOMO EO3 40-150N.

Suelen presentarse en forma de caja metálica CENELEC, con un grado de estanqueidad IP 68 y una temperatura de funcionamiento de -25 a $+80^{\circ}\text{C}$.

Entorno químicamente agresivo:

Aplicación habitual: Sector agroalimentario, todo tipo de máquinas con salpicaduras de ácido láctico y de productos detergentes y desinfectantes.

Estos aparatos se presentan en forma de caja de plástico PPS de alta resistencia, con un grado de estanqueidad IP 68 y una temperatura de funcionamiento de -25 a $+80^{\circ}\text{C}$.

Son objeto de pruebas con los productos detergentes y desinfectantes que se utilizan habitualmente en el sector agroalimentario.

Dimensiones e instalación:

Para adaptarse al espacio disponible, la gama de detectores cilíndricos incluye varios diámetros (4 a 30 mm), longitudes CENELEC normalizadas (50 a 60 mm), productos ultracortos (33 a 40 mm), productos de alcance aumentado que, en ciertos casos, permiten elegir un modelo de diámetro inferior.

Ejemplos:



Detector XS de Telemecanique sobre transfer de mecanizado



Detectores XS de Telemecanique en la industria agroalimentaria



Detectores XS de Telemecanique con conector



Detector XS de Telemecanique con su brida de enclavamiento

Ayuda al mantenimiento:

La mayoría de los modelos actualmente en el mercado, están equipados con un LED omnidireccional que señala el estado de la salida.

Existen variantes provistas de dos LED que sirven de ayuda al diagnóstico y que indican el estado de la salida y el estado de funcionamiento del detector.

Facilidad de instalación:

Los detectores cilíndricos pueden montarse sobre un soporte suficientemente rígido (metálico o no) o, preferiblemente, en una brida de fijación.

El procedimiento de montaje con brida es el siguiente:

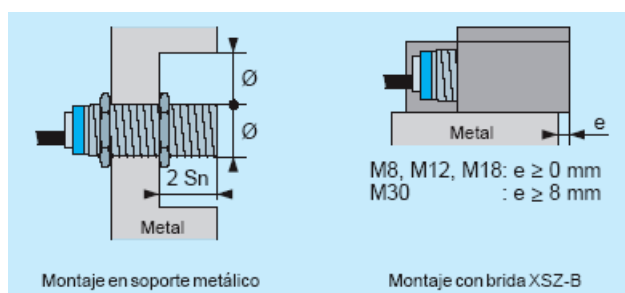
- Bloqueo del detector en la brida hasta el tope.
- Ajuste del conjunto brida / detector con la ayuda de un adaptador para obtener la detección.
- Bloqueo de la brida con dos tornillos. Este sencillo y rápido sistema conlleva ventajas importantes:
- Reducción de los costes de instalación y de sustitución.
- En caso de sustitución del detector, basta con introducir el nuevo aparato en la brida hasta el tope y bloquearlo, sin necesidad de

manipular la fijación de la brida. No es necesario realizar ningún ajuste adicional.



Brida enclavable XSZ de Telemecanique

- En el caso de los detectores no empotrables en el metal, la distancia “e” (ver dibujo adjunto) se reduce sensiblemente con respecto al montaje directo en un soporte metálico.



Montaje de un detector no empotrable en el metal

Facilidad de conexión:

Los detectores cilíndricos se suministran con:

- Cable sobremoldeado que garantiza una excelente resistencia a las salpicaduras de líquido (IP 68).
- Conector macho integrado o situado en el extremo de un cable, con distintos modelos de conectores hembra rectos o acodados.

Esta versión de conector disminuye significativamente los tiempos de parada de máquina en caso de sustitución del detector, ya que suprime la operación de descableado y, por tanto, el riesgo de error.



Detectores XS de conexión por conectores

Los detectores capacitivos

Detectores capacitivos:

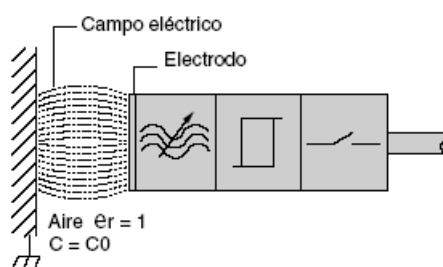
Los detectores capacitivos son adecuados para detectar objetos o productos no metálicos de cualquier tipo (papel, vidrio, plástico, líquido, etc.).

Un detector de posición capacitivo se compone de un oscilador, cuyo condensador, formado por 2 electrodos situados en la parte delantera del aparato constituyen la cara sensible y crean el campo de detección.

En el aire ($\epsilon_r = 1$), la capacidad del condensador es C_0 .

ϵ_r es la constante dieléctrica y depende de la naturaleza del material.

Cualquier material cuya $\epsilon_r > 2$ será detectado.

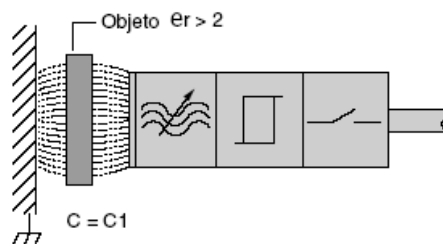


Principio de funcionamiento de un detector capacitivo

Cuando se sitúa en este campo un material conductor o aislante de permitividad (**1**) superior a 1, se modifica la capacidad de conexión y se bloquean las oscilaciones.

O lo que es lo mismo: Cuando un objeto de cualquier tipo ($\epsilon_r > 2$) se encuentra frente a la cara sensible del detector, este fenómeno se traduce en una variación del acoplamiento capacitivo (**C1**). Dicha variación de capacidad ($C_1 > C_0$) provoca el arranque del oscilador.

Después del tratamiento se suministra una señal de salida.



Comportamiento del detector capacitivo

Estos detectores disponen de un potenciómetro de regulación de sensibilidad.

(1) Permitividad: Propiedad de un dieléctrico para debilitar las fuerzas electrostáticas, por referencia a estas mismas fuerzas cuando se ejercen en el vacío. Constante característica de este dieléctrico que mide dicho debilitamiento.

Ventajas:

- Sin contacto físico con el objeto que se va a detectar.
- Elevadas cadencias de funcionamiento.
- Producto estático sin piezas en movimiento (duración de vida independiente del número de maniobras).
- Detección de objetos de cualquier naturaleza, conductores o no, como: Metales, minerales, madera, plásticos, vidrio, cartón, cuero, cerámica, fluidos, etc.

Tipos de detectores:

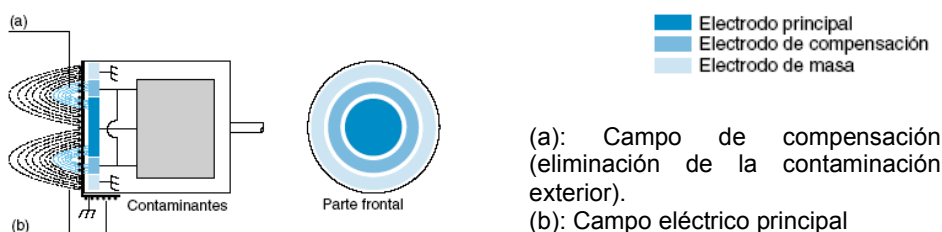
Detectores empotrables en su soporte:

Modelos de forma cilíndrica (cuerpo metálico) o rectangular (cuerpo de plástico).

Se utilizan para detectar materiales aislantes (maderas, plástico, cartón, vidrio, etc.).

Se recomienda utilizar este modelo cuando:

- Las distancias de detección son relativamente pequeñas.
- Las condiciones de montaje requieren la empotrabilidad del detector.
- La detección de un material no conductor se debe realizar a través de una pared, a su vez, no conductora (ejemplo: detección de vidrio a través de un embalaje de cartón).



Campos del detector capacitivo empotrable

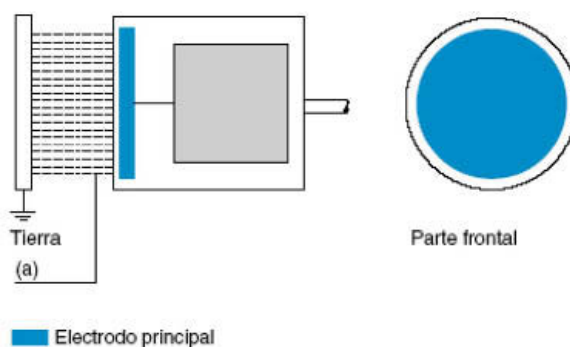
Detectores no empotrables en su soporte:

Modelos de forma cilíndrica (cuerpos de plástico).

Se utilizan para detectar materiales conductores (metal, agua, líquidos, etc.).

Se recomienda utilizar este modelo para:

- Detectar un material conductor a gran distancia.
- Detectar un material conductor a través de una pared aislante.
- Detectar un material no conductor situado sobre o delante de una pieza metálica conectada a la tierra.



(a): Campo eléctrico

Detector capacitivo no empotrable

Terminología:

Alcance nominal S_n :

Igual que para los detectores inductivos, el alcance nominal se define mediante una placa de medida cuadrada de acero suave de 1 mm de grosor.

El lado de la placa es igual al diámetro de la circunferencia de la cara sensible del detector.

Sensibilidad del detector:

Los detectores cilíndricos $\varnothing$ 18 o 30 mm y los paralelepípedicos están dotados de un potenciómetro de ajuste (20 vueltas) que permite ajustar la sensibilidad del aparato según el tipo de objeto que se vaya a detectar.

En fábrica ya se realiza un ajuste nominal de la sensibilidad. Sin embargo, según el tipo de aplicación, podrá ser necesario adaptar el ajuste, por ejemplo:

- Para aumentar la sensibilidad de objetos de débil influencia (ϵ_r débil): Papel, cartón, vidrio, plástico, etc.
- Para mantener o reducir la sensibilidad de objetos de fuerte influencia (ϵ_r fuerte): Metales, líquidos.

Los detectores capacitivos de Telemecanique poseen unos electrodos de compensación que permiten evitar la influencia de las variaciones provocadas por el medio ambiente (humedad, contaminación).

Sin embargo, cuando se producen variaciones importantes del medio ambiente es necesario procurar no colocar el producto dentro de una zona de funcionamiento crítica mientras aumenta la sensibilidad.

El aumento de la sensibilidad se traduce igualmente en un aumento de la histéresis de conmutación.

Distancias de funcionamiento:

Se definen en función de la constante dieléctrica (ϵ_r) del material que se detecta.

Cuanto mayor es ϵ_r , más fácilmente se detecta el material.

El alcance de trabajo depende de la naturaleza del objeto en cuestión:

$$St = Sn \times Fc$$

St = Alcance de trabajo,

Sn = Alcance nominal del detector,

Fc = Factor de corrección relacionado con el material del objeto que se detecta.

Entorno:

Perturbaciones electromagnéticas:

Los detectores deben probarse con respecto a las perturbaciones electromagnéticas según la norma IEC 947-5-2 (descargas electrostáticas, campo electromagnético radiado, transitorios rápidos, tensión de choques).

Perturbaciones térmicas:

Si no se respetan los valores indicados en los datos técnicos, se produce una deriva del alcance que puede comprometer el correcto funcionamiento de los detectores.

Perturbaciones químicas:

Para garantizar un funcionamiento duradero, es obligatorio que los compuestos químicos que entran en contacto con el detector no puedan alterar su envoltorio.

La siguiente lista muestra los valores de la constante dieléctrica de los principales materiales, así como los factores de corrección F_c del alcance nominal en función de la naturaleza del objeto que se detecta.

Materiales	ϵ_r	F_c	Materiales	ϵ_r	F_c
Aire	1	0	Mica	6...7	0,5...0,6
Alcohol	24	0,85	Nylon	4...5	0,3...0,4
Araldita	4	0,36	Papel	2...4	0,2...0,3
Acetona	20	0,8	Parafina	2...2,5	0,2
Amoniaco	15...25	0,75...0,85	Plexiglas	3,2	0,3
Madera seca	2...7	0,2...0,6	Resina poliéster	2,8...8	0,2...0,6
Madera húmeda	10...30	0,7...0,9	Poiestireno	3	0,3
Caucho	2,5...3	0,3	Porcelana	5...7	0,4...0,5
Cemento (polvo)	4	0,35	Leche en polvo	3,5...4	0,3...0,4
Cereales	3...5	0,3...0,4	Arena	3...5	0,3...0,4
Agua	80	1	Sal	6	0,5
Gasolina	2,2	0,2	Azúcar	3	0,3
Etileno glicol	38	0,95	Teflón	2	0,2
Harina	2,5...3	0,2...0,3	Vaselina	2...3	0,2...0,3
Aceite	2,2	0,2	Vidrio	3...10	0,3...0,7
Mármol	2,5...3	0,5...0,6			

Constantes dieléctricas y factores de corrección

Choques:

Los detectores deben probarse según la norma IEC 68-2-27, 50 g, duración 11 ms.

Vibraciones:

Los detectores se deben de probar según la norma IEC-68-2-6: Amplitud ± 2 mm, $F = 10$ a 55 Hz, 25 g a 55 Hz.

Influencia de la conexión a tierra:

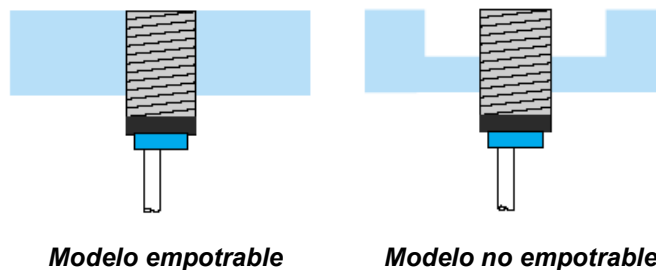
La conexión a tierra del objeto que se va a detectar, de material de alta conductividad, se traduce en el aumento de la distancia de detección.

Precauciones de montaje:

Para evitar que los aparatos tengan influencias entre sí, es necesario respetar las distancias que se indican en el apartado sobre precauciones de instalación de los productos, a la hora de realizar el montaje.

Los modelos cilíndricos empotrables se pueden montar al nivel de un soporte.

Los modelos cilíndricos no empotrables necesitan una zona libre alrededor del aparato.



Resumen:

Ventajas:

- Detectan sin contacto físico, cualquier objeto.
- Muy buena adaptación a los entornos industriales.
- Estáticos.
- Duración independiente del número de maniobras.
- Cadencias de funcionamiento elevadas.
- Consideración de datos de corta duración.

Inconvenientes:

- Puesta en servicio.
- Alcance débil.
- Depende de la masa.

Los detectores inductivos de nueva generación

Principio:

Telemecanique, al proporcionar la tecnología Osiconcept, le facilita la detección gracias a su innovación.

- Las nuevas tecnologías, permiten, con un solo producto, responder a todas las necesidades de detección inductiva de objetos metálicos.

En efecto, con tan sólo pulsar el botón de aprendizaje, el producto se configura automáticamente de forma óptima a todas las situaciones de detección.

Pero constituyen también:

- Un mayor rendimiento.
- La garantía de un alcance máximo y optimizado independientemente del montaje, el objeto, el entorno e incluso el plano posterior.
- La adaptación a todos los entornos metálicos.
- Mayor facilidad de instalación:
- Las nuevas tecnologías, asociadas a la oferta de los detectores más planos y compactos del mercado, garantizan una integración total en la máquina y reducen el riesgo de deterioro mecánico.
- Propician ajustes mecánicos innecesarios gracias al autoaprendizaje.
- Costes reducidos:
- Desaparición de los tiempos de ajuste y soportes complejos.
- La desaparición de los modelos empotrables y no empotrables divide por 2 el número de referencias y por consiguiente la elección de los productos es 2 veces más fácil y rápida.

Detección precisa de posición:

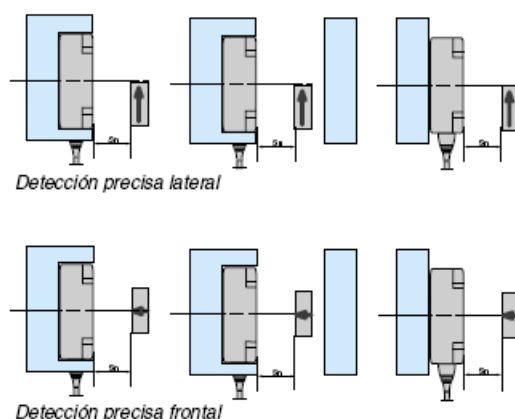
El conjunto de los detectores de proximidad inductivos de nueva generación presentan un ajuste preciso y rápido de realizar, independientemente del entorno metálico del detector.

- La detección precisa lateral permite definir con precisión la distancia a partir de la cual se detecta la llegada lateral del objeto en el detector.

Gracias a su tecnología, con tan sólo pulsar el botón de aprendizaje se memoriza la posición de detección deseada.

- La detección precisa frontal permite definir con precisión la distancia a partir de la cual se detecta la llegada frontal del objeto en el detector.

Gracias a su tecnología, con tan sólo pulsar el botón de aprendizaje se memoriza la posición de detección deseada.

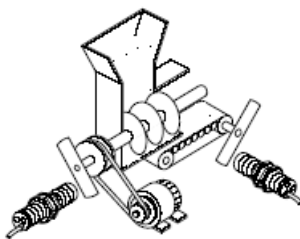


Ejemplos de detección precisa

Detectores para control de rotación, deslizamiento, sobrecarga de forma cilíndrica:

Funciones:

Los detectores de proximidad para control de rotación presentan la particularidad de reunir, en un mismo cuerpo, las funciones de recopilación de información asociadas a las de un tratamiento mediante comparador de impulsos dando lugar, de este modo, a un controlador de rotación integrado.



Ejemplo de control de ruptura de acoplamiento

Estos aparatos suponen una ventajosa solución para realizar controles de deslizamiento, de ruptura de banda, de ruptura de acoplamiento, de sobrecarga, etc., en las siguientes aplicaciones: Cintas transportadoras, elevadores, tornillo de Arquímedes, trituradoras-machacadoras, bombas, centrifugadoras-secadoras, mezcladoras -amasadoras, etc.

Principio:

Un comparador de impulsos integrado en el aparato trata la señal de salida de este tipo de detector.

La frecuencia de los impulsos **Fc**, que emite el móvil sometido al control se compara con la frecuencia **Fr** previamente ajustada en el aparato.

El circuito de conmutación de salida del detector está en estado cerrado para **Fc > Fr** y abierto para **Fc < Fr**.

Estos detectores se adaptan especialmente a la detección de subvelocidades, es decir, cuando la velocidad del móvil en cuestión **Fc** pasa, después de un ralentizamiento, por debajo de un umbral preajustado **Fr**.

Dicho proceso de detección se traduce en la apertura del circuito de salida del aparato.

Nota: el control de rotación es efectivo transcurridos 9 segundos desde la puesta en tensión del detector con el fin de permitir al móvil alcanzar su velocidad nominal. Durante este tiempo la salida permanece en estado cerrado.

Ajustes del umbral de frecuencia:

- Ajuste del umbral de frecuencia del aparato:
Mediante potenciómetro. 15 vueltas aproximadamente.
- Aumento del umbral de frecuencia:
Girar el tornillo en sentido +.
- Reducción del umbral de frecuencia:
Girar el tornillo en sentido –.

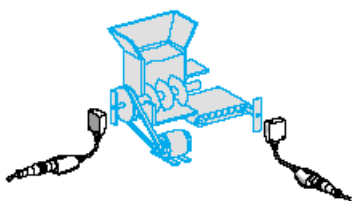
Detectores para control de rotación, deslizamiento y sobrecarga con autoaprendizaje:

Principio y aplicaciones:

- Los detectores de proximidad inductivos para el control de la velocidad de rotación o de desplazamiento funcionan según el principio de una comparación entre un umbral de velocidad preajustado por el

operario y la medida instantánea de la velocidad del móvil que se desea supervisar o proteger.

- Estos aparatos constituyen por lo tanto una solución sencilla y económica para la realización del control de deslizamiento, de ruptura de banda, de acoplamiento, de sobrecarga, etc.
- Normalmente se utilizan en aplicaciones de tipo machacadoras - trituradoras, mezcladoras, bombas, centrifugadoras - secadoras, bandas transportadoras, elevadores, tornillos de Arquímedes, etc.



Ejemplo de aplicación en una machacadora

Principio de instalación y ajuste:

Instalación y posicionamiento del detector:

- En un primer momento es necesario colocar correctamente el detector con el fin de garantizar la detección de todos los dientes del móvil que se va a controlar.

El detector facilita esta tarea gracias a que puede funcionar como un detector inductivo clásico.

- Gracias a este sistema, el posicionamiento es fiable al 100% y se puede comprobar en cualquier momento sin modificar el ajuste del producto.

Ajuste mediante aprendizaje de la velocidad:

- El ajuste de la velocidad normal o de referencia del móvil (1) que se desea supervisar se realiza simplemente pulsando el botón de aprendizaje (2) que a continuación se valida con el LED de visualización.
- En caso de duda, es posible en todo momento reinicializar el producto y recuperar así el ajuste de fábrica.

(1) Para que el móvil pueda alcanzar su velocidad normal (inercia de la máquina), el producto mantiene su salida cerrada durante 9 segundos.

(2) Por defecto, la velocidad de disparo del detector en subvelocidad corresponde a la velocidad preajustada - 30%.

Ejemplo: Si la velocidad preajustada es de 1.000 rpm, el detector se dispara en subvelocidad cuando la velocidad del móvil pasa a ser inferior a $1.000 - (1.000 \times 0,3) = 700$ rpm.

Otros umbrales de - 20%, - 11% y - 6% se pueden obtener pulsando el botón de aprendizaje.

Detectores con señal de salida analógica 0...10 V, ó 4...20 mA:

Funciones:

Los detectores de proximidad de salida analógica son captadores estáticos destinados al control de los desplazamientos.

Tienen aplicaciones en numerosos campos, concretamente:

- El control de deformaciones y de desplazamientos.
- El control de amplitud y de frecuencia de ondulación.
- El control comparativo de dimensiones.
- La evaluación de posicionamiento.
- El control de concentricidad o de excentricidad.

Principio:

El funcionamiento se basa en el principio de amortiguación de un oscilador.

Éste transforma la aproximación de una placa metálica en la cara sensible del detector en variación de corriente de salida proporcional a la distancia “cara sensible – placa”.

Los detectores fotoeléctricos

Los detectores fotoeléctricos permiten detectar todo tipo de objetos (opacos, transparentes, reflectantes, etc.) en gran variedad de aplicaciones industriales y terciarias.

– Disponen de cinco sistemas básicos de detección:

- Barrera.
- Réflex.
- Réflex polarizado.
- Proximidad.
- Proximidad con borrado del plano posterior.

– Son aparatos:

- Compactos.

- En miniatura.
- De cabeza óptica separada.
- De fibra óptica.
- Modelos con caja de resina sintética:
- Ofrecen una solución óptima para el tipo de objeto que se detecta.
- El espacio disponible.
- Las condiciones ambientales.

Composición y funcionamiento:

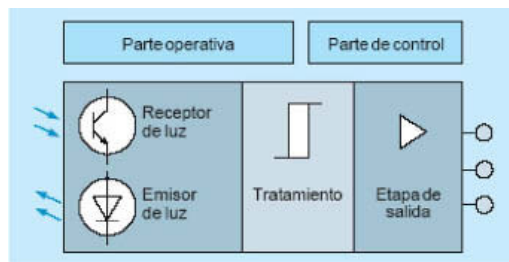
Un detector fotoeléctrico detecta un objeto o una persona por medio de un haz luminoso.

Sus dos componentes básicos son un **emisor** y un **receptor** de luz.

La detección es efectiva cuando el objeto penetra en el haz de luz y modifica suficientemente la cantidad de luz que llega retornada al receptor para provocar el cambio de estado de la salida.

Para ello, se siguen dos procedimientos:

- Bloqueo del haz por el objeto detectado.
- Retorno del haz sobre el receptor por el objeto detectado.

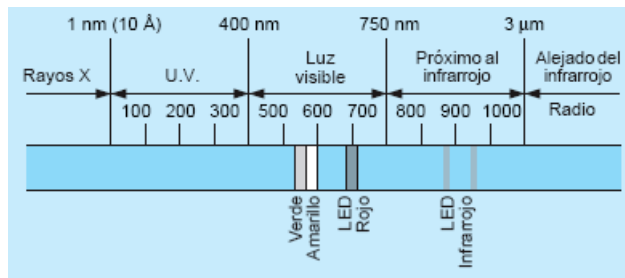


Composición de un detector fotoeléctrico

Los detectores fotoeléctricos disponen de un emisor de diodo electroluminiscente y de un receptor de fototransistor.

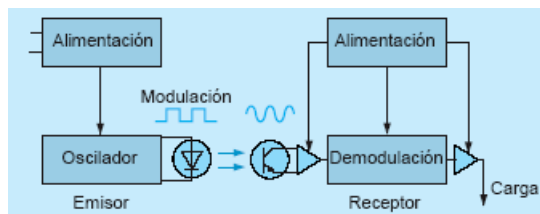
Estos componentes se utilizan por su elevado rendimiento luminoso, su insensibilidad a los golpes y a las vibraciones, su resistencia a la temperatura, su durabilidad prácticamente ilimitada y su velocidad de respuesta.

Dependiendo del modelo de detector, la emisión se realiza en infrarrojo o en luz visible verde o roja.



Espectro luminoso

La corriente que atraviesa el LED emisor, se modula para obtener una emisión luminosa pulsante e insensibilizar los sistemas a la luz ambiental.



Modulación del haz luminoso

El haz luminoso emitido se compone de dos zonas:

- Una zona de funcionamiento recomendada en la que la intensidad del haz es suficiente para asegurar una detección normal.

Dependiendo del sistema utilizado, barrera, réflex o proximidad, el receptor, el reflector o el objeto detectado deben estar situados en esta zona.

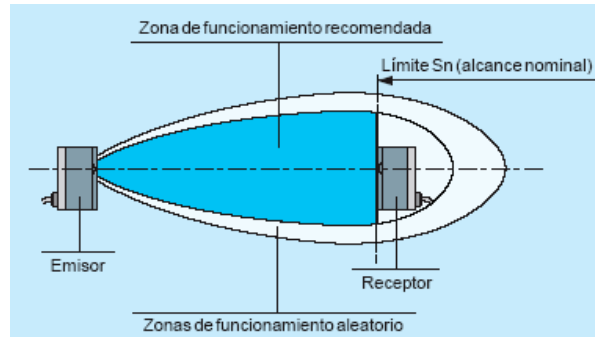
- Una zona en la que la intensidad del haz deja de ser suficiente para garantizar una detección fiable.

Definiciones:

Alcance nominal S_n :

Es la distancia máxima aconsejada entre el emisor y el receptor, reflector u objeto detectado, teniendo en cuenta un margen de seguridad.

Es el alcance que figura en los catálogos y que permite comparar los distintos aparatos.



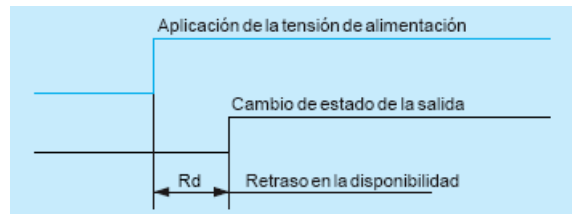
Zonas de funcionamiento de una zona de detección

Alcance de trabajo Sa:

Es la distancia que garantiza la máxima fiabilidad de la detección teniendo en cuenta los factores ambientales (polvo, humo...) y un margen de seguridad. En todos los $\leq$ casos: $S_a \leq S_n$.

Retraso en la disponibilidad:

Es el tiempo que debe transcurrir desde la puesta bajo tensión para que la salida se active o bloquee.



Retraso en la disponibilidad

Retraso al accionamiento Ra:

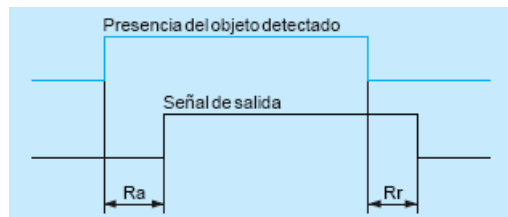
Es el tiempo que transcurre entre el momento en que el objeto detectado penetra en la zona activa del haz luminoso y el del cambio de estado de la salida.

Condiciona la velocidad de paso del objeto detectado en función de su tamaño.

Retraso en el desaccionamiento Rr:

Es el tiempo que transcurre entre el momento en que el objeto detectado abandona la zona activa del haz y el momento en que la salida recupera su estado inicial.

Condiciona el intervalo que debe respetarse entre dos objetos.



Retrasos en la acción y en el desaccionamiento

Frecuencia de conmutación:

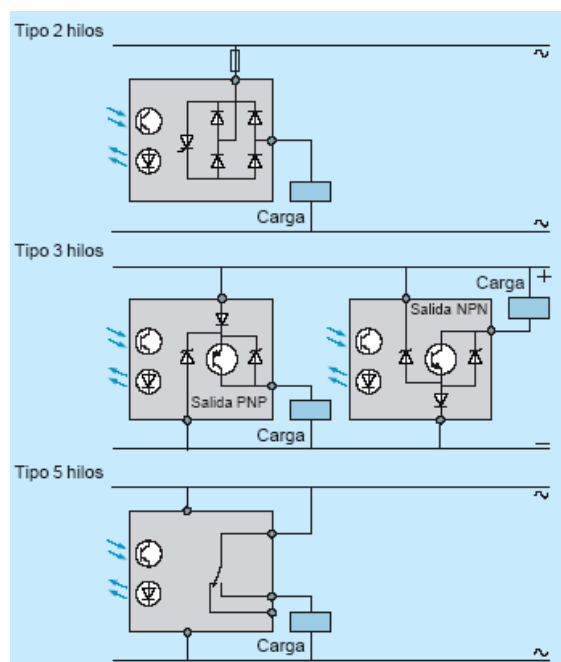
Es el número máximo de objetos que el sistema puede detectar por unidad de tiempo, considerando los retrasos en el accionamiento y en el desaccionamiento. Normalmente, se expresa en Hz.

Equivalencia eléctrica:

Existen los siguientes tipos de detectores fotoeléctricos:

- **De tipo 2 hilos:** Con salida estática. Los detectores de 2 hilos se alimentan en serie con la carga.
- **De tipo 3 hilos:** Con salida estática PNP (carga de potencial negativo) o NPN (carga de potencial positivo).

Estos detectores disponen de protección contra inversión de alimentación, sobrecargas y cortocircuito de la carga.



Tipos de 2, 3 y 5 hilos

- **De tipo 5 hilos:** Con salida de relé (1 contacto inversor NO / NC).

Estos detectores cuentan con aislamiento galvánico entre la tensión de alimentación y la señal de salida.

Corriente de fuga I_r (detectores de 2 hilos):

Es la corriente que atraviesa el detector en estado abierto.

Tensión residual U_d (detectores de 2 hilos):

Es la tensión residual en las bornas del detector en estado activo.

Procedimientos de detección:

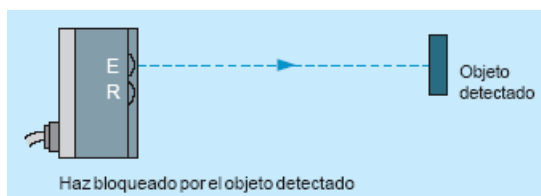
Los detectores fotoeléctricos emplean dos procedimientos para detectar objetos:

- Por bloqueo del haz.
- Por retorno del haz.

Bloqueo del haz:

En ausencia de un objeto, el haz luminoso alcanza el receptor. Un objeto bloquea el haz al penetrar en él:

No hay luz en el receptor = Detección.



Detección por bloqueo del haz

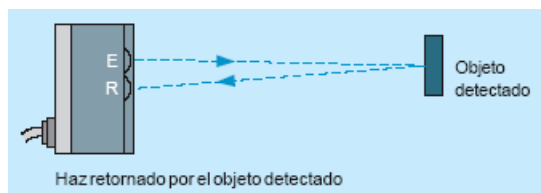
Tres sistemas básicos emplean este procedimiento, que se basa en las propiedades absorbentes de los objetos:

- Barrera.
- Réflex.
- Réflex polarizado.

Retorno del haz:

En ausencia de un objeto, el haz no llega al receptor. Cuando un objeto penetra en el haz, lo envía al receptor:

Luz en el receptor = Detección.



Detección por retorno del haz

Dos sistemas básicos emplean este procedimiento, que se basa en las propiedades reflectantes de los objetos:

- Proximidad.
- Proximidad con borrado del plano posterior.

Los cinco sistemas básicos:

Sistema de barrera:

El emisor y el receptor se sitúan en dos cajas separadas.

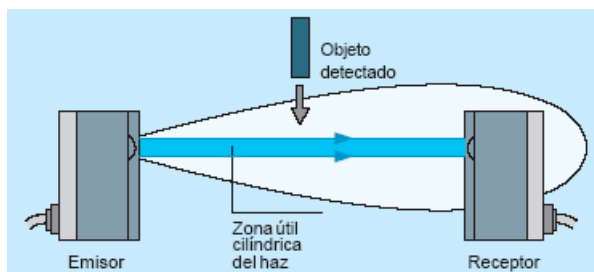
Es el sistema que permite los mayores alcances, hasta 100 m con ciertos modelos.

El haz se emite en infrarrojo o láser.

A excepción de los objetos transparentes, que no bloquean el haz luminoso, puede detectar todo tipo de objetos (opacos, reflectantes...) gracias a la excelente precisión que proporciona la forma cilíndrica de la zona útil del haz.

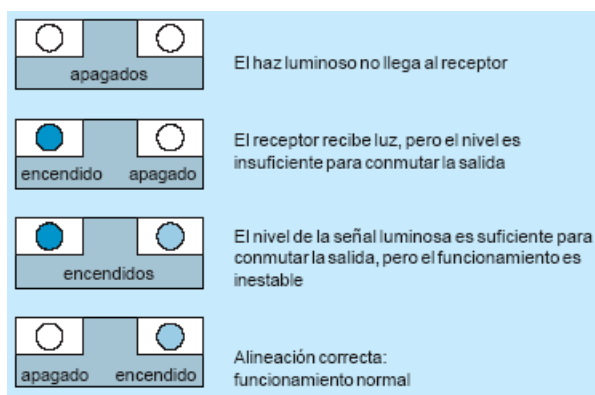
Los detectores de barrera disponen de un margen de ganancia muy amplio (ver en próximos apartados: "Determinación del alcance de trabajo y curvas de ganancia").

Por ello, son muy adecuados para los entornos contaminados (humos, polvo, intemperie, etc.).



Principio del sistema de barrera

Es necesario alinear cuidadosamente el emisor y el receptor.



Control de alineación entre emisor y receptor

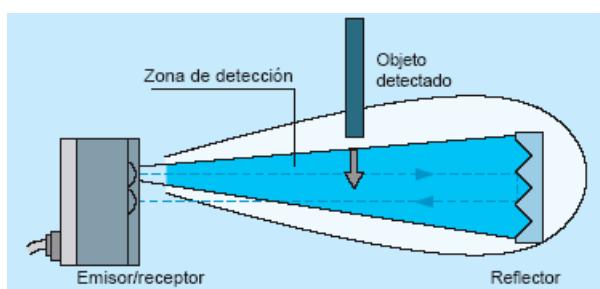
Ciertos modelos disponen de diodos electroluminiscentes que facilitan la alineación mediante el control de la intensidad del haz luminoso que llega al receptor.

Además de cumplir esta función de ayuda, los diodos indican si un exceso de acumulación de suciedad en los componentes ópticos puede llegar a provocar defectos de detección.

Sistema réflex:

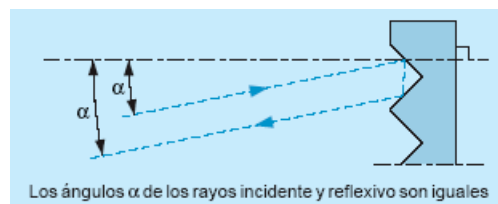
El emisor y el receptor están situados en una misma caja.

En ausencia de un objeto, un reflector devuelve al receptor el haz infrarrojo que emite el emisor.



Principio del sistema réflex

El reflector consta de una elevada cantidad de triángulos trirrectángulos de reflexión total cuya propiedad consiste en devolver todo rayo luminoso incidente en la misma dirección.



Funcionamiento de un reflector

La detección se realiza cuando el objeto detectado bloquea el haz entre el emisor y el reflector.

Por tanto, este sistema no permite la detección de objetos reflectantes que podrían reenviar una cantidad más o menos importante de luz al receptor.

El alcance nominal de un detector fotoeléctrico réflex es del orden de dos a tres veces inferior al de un sistema de barrera.

Un detector fotoeléctrico réflex puede utilizarse en un entorno contaminado. Sin embargo, dado que el margen de ganancia es inferior al de un sistema de barrera, es indispensable consultar la curva de ganancia para definir el alcance de trabajo que garantiza la fiabilidad de la detección (ver próximos apartados).

Elección del reflector:

El reflector forma parte integrante de un sistema de detección réflex.

Su elección, instalación y mantenimiento condicionan el buen funcionamiento del detector al que presta servicio.

Dimensiones:

Un reflector siempre debe ser más pequeño que el objeto que se detecta.

Los alcances que se incluyen en las especificaciones corresponden a un tamaño de reflector determinado que siempre se indica.

En caso de uso de reflectores de menor tamaño, para detectar objetos de pequeñas dimensiones, el alcance útil se ve reducido.

Funcionamiento en zona próxima:

Los reflectores estándar de todas las aplicaciones habituales utilizan triedros pequeños.

Cuando este tipo de reflector se sitúa a una distancia del detector comprendida entre 0 y 10% de S_n (zona próxima o zona ciega), el sistema no funciona debido a que la mayoría de la luz se devuelve al emisor.

Para conseguir un buen funcionamiento en esta zona, es necesario utilizar reflectores de triedros grandes.

Posicionamiento del reflector:

El reflector debe instalarse en un plano perpendicular al eje óptico del detector.

Los alcances que se indican en el caso de los detectores réflex tienen en cuenta un ángulo máximo de 10° . Si se supera dicho ángulo, es necesario prever una disminución del alcance.

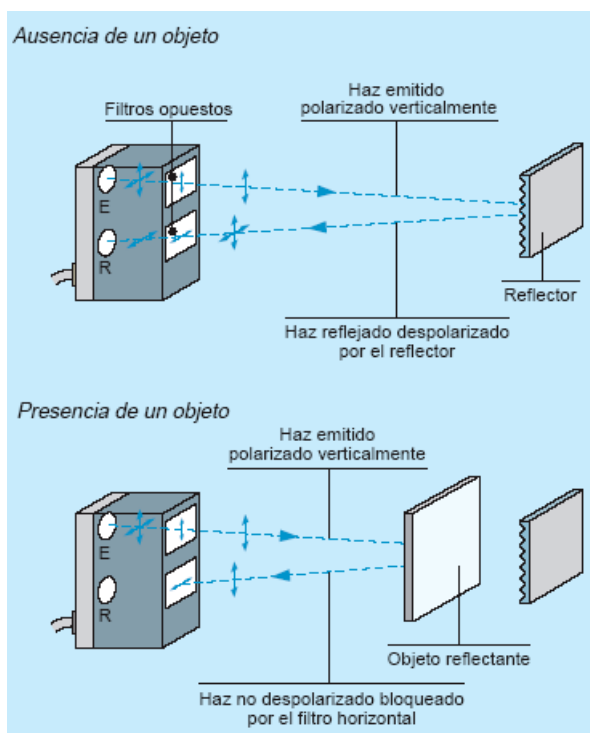
Sistema réflex polarizado:

Los objetos brillantes, que en lugar de bloquear el haz reflejan parte de la luz hacia el receptor, no pueden detectarse con un sistema réflex estándar.

En estos casos, es preciso utilizar un sistema réflex polarizado.

Este tipo de detector emite una luz roja visible y está equipado con dos filtros polarizadores opuestos:

- Un filtro sobre el emisor que impide el paso de los rayos emitidos en un plano vertical.
- Un filtro sobre el receptor que sólo permite el paso de los rayos recibidos en un plano horizontal.



Principio del sistema réflex polarizado

En ausencia de un objeto:

El reflector devuelve el haz emitido, polarizado verticalmente, después de haberlo despolarizado.

El filtro receptor deja pasar la luz reflejada en el plano horizontal.

En presencia de un objeto:

El objeto detectado devuelve el haz emitido sin ninguna modificación.

El haz reflejado, polarizado verticalmente, queda por tanto bloqueado por el filtro horizontal del receptor.

La elección del reflector, el funcionamiento en la zona próxima y el uso en entornos contaminados siguen los criterios del sistema réflex estándar.

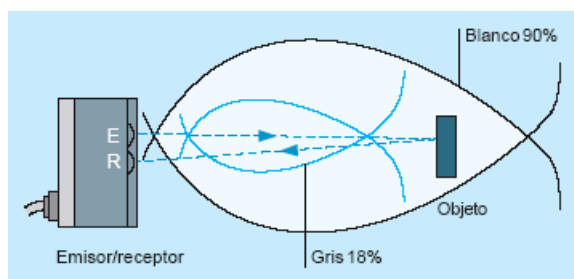
El funcionamiento de un detector réflex polarizado puede verse perturbado por la presencia de ciertos materiales plásticos en el haz, que despolarizan la luz que los atraviesa.

Por otra parte, se recomienda evitar la exposición directa de los elementos ópticos a las fuentes de luz ambiental.

Sistema de proximidad:

Al igual que en el caso de los sistemas réflex, el emisor y el receptor están ubicados en una misma caja.

El haz luminoso se emite en infrarrojo y se proyecta hacia el receptor cuando un objeto suficientemente reflectante penetra en la zona de detección (ver el dibujo adjunto).



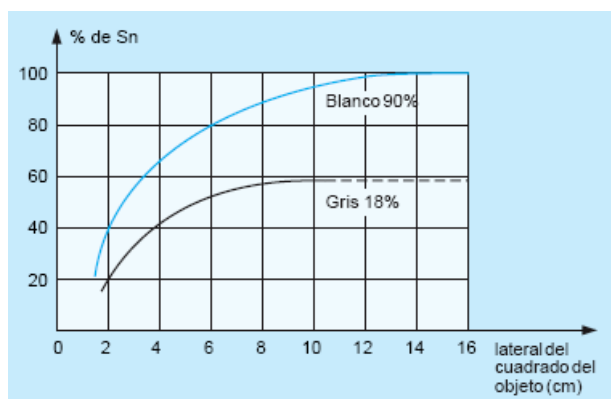
Principio del sistema de proximidad

El alcance de un sistema de proximidad es inferior al de un sistema réflex, lo que desaconseja su uso en entornos contaminados.

El alcance depende:

- Del color del objeto detectado y de su poder reflectante (un objeto de color claro se detecta a mayor distancia que un objeto oscuro).
- De las dimensiones del objeto (el alcance disminuye con el tamaño).

Los alcances nominales indicados en los catálogos se definen, normalmente, por medio de una pantalla blanca Kodak 90% y dimensiones de 20 x 20 cm.



Variación del alcance Sn de un detector de proximidad

Los detectores de proximidad se equipan frecuentemente con un potenciómetro de reglaje de sensibilidad.

Para una distancia dada entre el objeto detectado y el emisor, la detección de un objeto menos reflectante requiere un aumento de la sensibilidad, lo que puede provocar la detección del plano posterior en caso de ser más reflectante que el propio objeto.

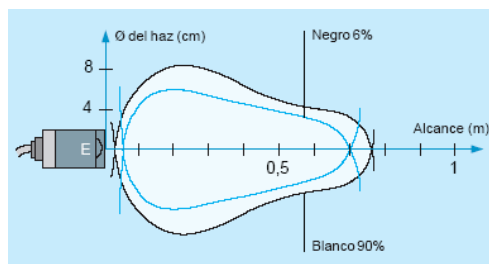
En estos casos, el uso de un sistema de proximidad con borrado del plano posterior asegura la detección del objeto.

Sistema de proximidad con borrado del plano posterior:

Los detectores de proximidad con borrado del plano posterior están equipados con un potenciómetro de regulación de alcance que permite “enfocar” una zona de detección y evitar la detección del plano posterior.

Pueden detectar a la misma distancia objetos de colores y reflexividades distintas.

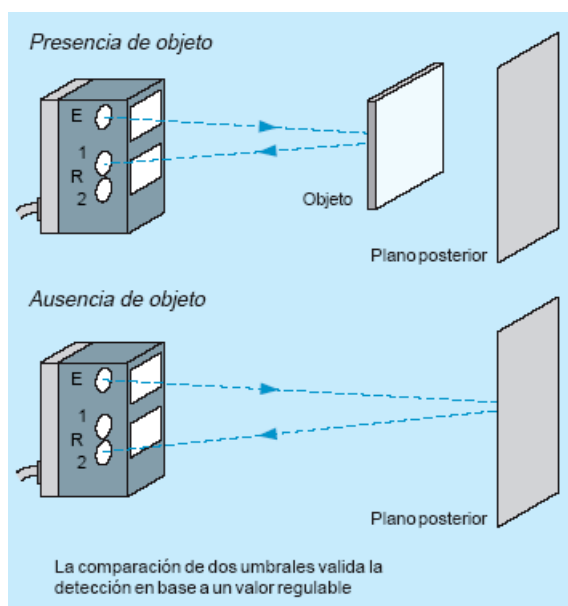
En el dibujo siguiente, la parte delimitada por un trazo negro se ha definido con una pantalla de 20 x 20 cm blanca 90%; la delimitada por un trazo azul, con una pantalla negra 6% (el color de prueba menos reflectante).



Zona de detección de un sistema de proximidad con borrado del plano posterior

La tolerancia de funcionamiento de un sistema de proximidad con borrado del plano posterior en un entorno contaminado es superior a la de un sistema estándar.

Esto es debido a que el alcance real no varía en función de la cantidad de luz devuelta por el objeto detectado.



Principio del sistema de proximidad con borrado del plano posterior

Modos de funcionamiento:

Los detectores fotoeléctricos pueden funcionar en dos modos: Conmutación clara y conmutación oscura.

Dependiendo del modelo de detector, el funcionamiento en conmutación clara u oscura es predefinido o programable por el usuario. La programación se lleva a cabo por cableado.

Conmutación clara:

La salida se activa cuando el haz de luz alcanza el receptor (ausencia de objeto en detectores de barrera y réflex, presencia de objeto en detectores de proximidad).

Conmutación oscura:

La salida se activa cuando el haz de luz no alcanza el receptor (presencia de objeto en detectores de barrera y réflex, ausencia de objeto en detectores de proximidad).

Sistemas barrera y réflex	
Conmutación clara	
Objeto presente (haz bloqueado)	Objeto ausente (recepción de luz)
Salida no activada	Salida activada
Conmutación oscura	
Objeto presente (haz bloqueado)	Objeto ausente (recepción de luz)
Salida activada	Salida no activada
Sistema proximidad	
Conmutación clara	
Objeto presente (haz reflejado)	Objeto ausente (sin recepción de luz)
Salida activada	Salida no activada
Conmutación oscura	
Objeto presente (haz reflejado)	Objeto ausente (sin recepción de luz)
Salida no activada	Salida activada

Modos de funcionamiento en función clara o oscura

Determinación del alcance de trabajo:

El alcance necesario para obtener una detección fiable sólo puede definirse en función del entorno.

De hecho, todo sistema óptico está influenciado por las variaciones de la transparencia del medio, debidas al polvo, los humos, las perturbaciones atmosféricas...

Los fabricantes consideran un margen de seguridad al especificar el alcance nominal S_n de los detectores fotoeléctricos.

No obstante, en caso de contaminación ambiental o de suciedad de las lentillas o de los reflectores, es necesario aplicar un factor de corrección adicional a los valores de alcance.

La capacidad de un detector fotoeléctrico para funcionar en atmósferas contaminadas depende de su reserva de ganancia.

$$\text{Ganancia} = \frac{\text{Señal recibida por el fototransistor}}{\text{Señal mínima que conmuta la salida}}$$

Las curvas de ganancia establecidas para cada modelo de detector proporcionan la lectura directa del alcance de trabajo en función del entorno.

Deben tenerse en cuenta los siguientes umbrales:

- Ganancia 5: $\leq$ Ambiente ligeramente polvoriento.
- Ganancia 10: Entorno $\leq$ contaminado, ambiente muy polvoriento, niebla leve.
- Ganancia 50: Entorno $\leq$ extremadamente contaminado, niebla o humo denso, montaje en exteriores a la intemperie.

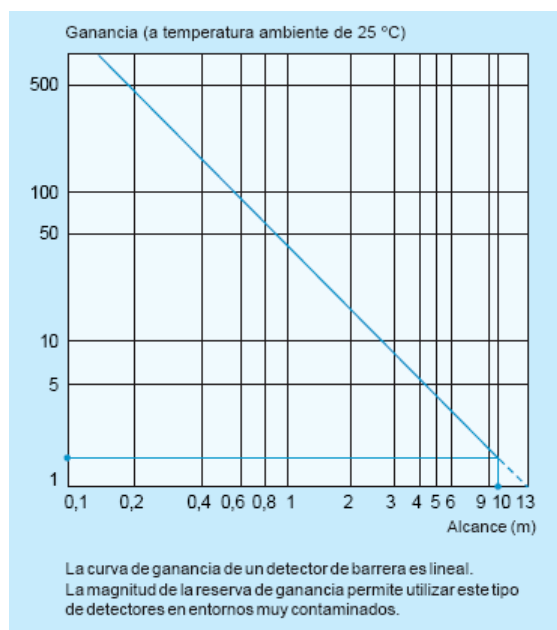
La ganancia 1 corresponde a la señal mínima necesaria para conmutar la salida.

Los alcances nominales **Sn** de los detectores siempre corresponden a una ganancia > 1 .

Barrera:

Es necesario utilizar la curva de ganancia o aplicar los siguientes coeficientes a los alcances que se indican en normalmente en los catálogos de los fabricantes:

- 1: Entorno limpio.
- 0,5: Entorno ligeramente contaminado.
- 0,25: Entorno medianamente contaminado.
- 0,10: Entorno muy contaminado.



**Curva de ganancia de un detector de barrera
XUJ-M de Schneider Electric**

Réflex estándar o polarizado:

Dado el carácter no lineal de la ganancia, sólo es posible utilizar la curva de ganancia para definir el alcance de trabajo que garantiza la detección fiable en medios contaminados.

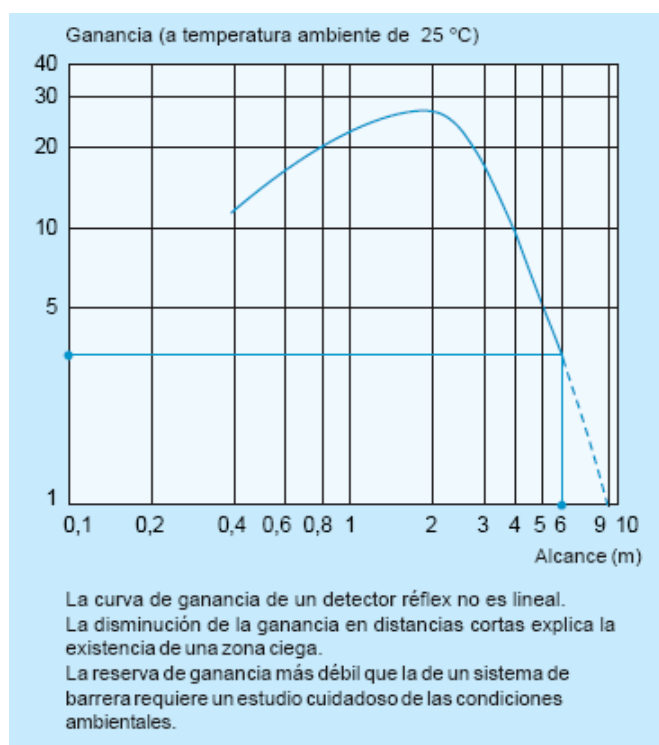
Proximidad:

El alcance de trabajo depende principalmente de la reflexividad del objeto que se detecta.

No obstante, si el entorno está ligeramente contaminado y se utilizan aparatos de largo alcance nominal, se recomienda utilizar la curva de ganancia.

Proximidad con borrado del plano posterior:

La curva de ganancia no es significativa, ya que el alcance de detector no depende de la cantidad de luz recibida.



**Curva de ganancia de un detector réflex
XUJ-M, asociado a un reflector XUZ-C80, de
Schneider Electric**

Instalación:

Asociación en serie o en paralelo:

- Detectores de 2 hilos:
Se desaconseja la puesta en paralelo y en serie de detectores entre sí o con un contacto mecánico.
- Detectores de 3 hilos:
Se desaconseja la puesta en serie de detectores entre sí.
Conexión en paralelo: Ninguna restricción.
- Detectores de 5 hilos:
Ninguna restricción, ni en serie ni en paralelo.

Conexiones:

Los detectores fotoeléctricos pueden suministrarse con:

- Cable sobremoldeado: estanqueidad de fábrica.
- Borna con tornillos: Longitud y tipo de cable adaptables a las necesidades del usuario.
- Conector de intervención rápida en caso de sustitución del aparato y ningún riesgo de error de conexión.

Tipos de salidas:

Existen dos tipos de salidas normalizadas:

- Salidas de relé, contacto inversor NO / NC: Corriente conmutada elevada, instalación simple.
- Salidas estáticas PNP (carga a potencial negativo) o NPN (carga a potencial positivo): Interfaces naturales para autómatas programables, larga durabilidad, cadencias de conmutación elevadas.

Los detectores fotoeléctricos de nueva generación

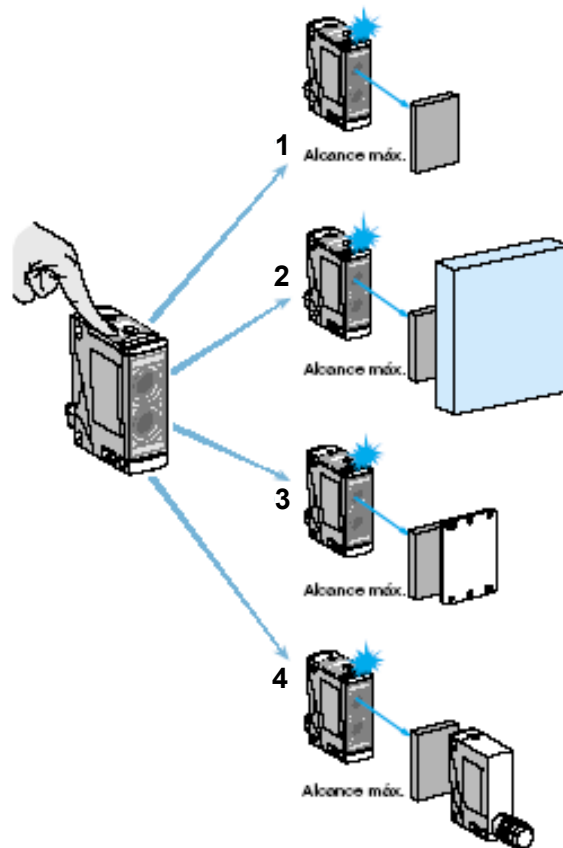
Telemecanique, al proporcionar la tecnología Osiconcept, innova con productos adaptables para facilitar la detección.

- Con Osiconcept, un solo producto permite responder a todas las necesidades de detección óptica.

En efecto, con tan sólo pulsar el botón de aprendizaje, el producto se configura automáticamente de forma óptima en función de la aplicación:

- 1 - Detección directa del objeto.
- 2 - Detección directa con borrado de plano posterior.
- 3 - Detección con reflector (accesorio reflector).

4 - Detección con receptor óptico (accesorio emisor para utilización en barrera).



Diferentes formas de detección fotoeléctrica

- Pero Osiconcept constituye también:
- Un mayor rendimiento:
La garantía de un alcance máximo y optimizado para cada aplicación.
- Una instalación y puesta en servicio simplificada:
Una instalación intuitiva y un mantenimiento reducido y sencillo.
- Costes reducidos:
El número de referencias se divide por 10, por lo tanto, la elección y el suministro se simplifican y los costes de stock se reducen en gran medida.

- Productividad máxima garantizada.
- Independientemente del modo de detección utilizado (proximidad, réflex, barrera...), las salidas pasan a ser indistintamente NA o NC (1).
- Osiconcept constituye una instalación inmediata e intuitiva al alcance de todos.

(1) El producto se suministra con configuración NA. La selección NA o NC se realiza simplemente pulsando el botón de aprendizaje.

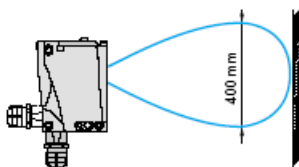
Alcance sin accesorio con borrado de plano posterior:

- Sin accesorio, la célula Osiconcept detecta hasta este alcance (2) permaneciendo insensible a los planos posteriores y al color de los objetos que se van a detectar.
- El entorno limpio es muy recomendable.

(2) Ver la siguiente tabla de alcances.

Dimensiones (An×Al×F) en mm		M18×64	12×34×20	18×50×50	30×92×77
Alcance máximo en m	Sin accesorio con borrado del plano posterior	0,12	0,10	0,3	1,3
	Sin accesorio	0,4	0,55	1,2	3
	Con reflector (polarizado)	4	4	5,7	15
	Con accesorio de barrera	20	18	35	60
Alimentación	 Salida estática	■	■	■	■
	 Salida relé	—	—	■	■
Conexión	Por cable	■	■	■	—
	Por conector	■	■	■	■
	Bornero con tornillos	—	—	—	■
Tipo de aparato		XUB 0	XUM 0	XUK 0	XUX 0

Tabla de alcances y características

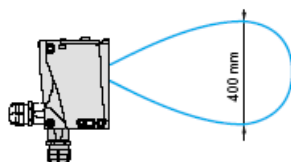


Alcance sin accesorio con borrado de plano posterior

Alcance sin accesorio:

- Sin accesorio, superado el alcance con borrado de plano posterior, la misma célula Osiconcept detecta los objetos pero puede verse afectada por los planos posteriores.

Debe tenerse en cuenta que el alcance se ve afectado por el color de los objetos que se van a detectar.

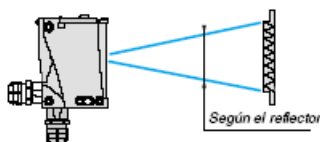


Alcance sin accesorio

Alcance con reflector (polarizado):

- Instalando el reflector alineado, la propia célula Osiconcept detecta los objetos independientemente de su brillo y su color.
- El diámetro del reflector debe ser más pequeño que el del objeto que se va a detectar.
- El alcance será tanto más largo cuanto más importante sea la superficie del reflector.

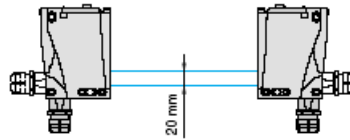
Ejemplo: con un reflector XUZ C50, el haz será de 50 x 50 mm.



Alcance con reflector

Alcance con accesorio emisor de barrera:

- Después de la alineación correspondiente y de la conexión eléctrica de un accesorio emisor para su utilización en barrera, la misma célula Osiconcept detecta los objetos independientemente de su brillo o color.
- La distancia de detección es máxima.
- Debe prestarse atención a la alineación entre la célula y el emisor de barrera.
- Gran resistencia a la suciedad y al polvo.



Alcance con accesorio emisor de barrera

Los detectores por ultrasonidos

Principio de la detección por ultrasonidos:

Presentación:

Los detectores ultrasonido permiten detectar sin contacto alguno cualquier objeto con independencia:

- Del material (metal, plástico, madera, cartón...).
- De la naturaleza (sólido, líquido, polvo...).
- Del color.
- Del grado de transparencia.

Se utilizan en las aplicaciones industriales para detectar por ejemplo:

- La posición de las piezas de la máquina.
- La presencia de parabrisas cuando se monta el automóvil.
- El paso de objetos en cintas transportadoras: Botellas de vidrio, embalajes de cartón, pasteles...
- El nivel:
 - De pintura de diferente color en botes.
 - De granulados plásticos en tolvas de máquinas de inyección...

Los detectores ultrasonido son fáciles de instalar debido a sus conectores de salida y sus accesorios de conexión y de fijación.

Principio de funcionamiento:

El principio de la detección ultrasonido se basa en la medida del tiempo transcurrido entre la emisión de una onda ultrasónica (onda de presión) y la recepción de su eco (retorno de la onda emitida).

Los detectores por ultrasonidos tienen normalmente forma cilíndrica y se componen de:

- 1 - Generador de alta tensión.
- 2 - Transductores piezoeléctricos (emisor y receptor).
- 3 - Etapa de tratamiento de la señal.

4 - Etapa de salida.

Activado por el generador de alta tensión 1, el transductor (emisor - receptor) 2 genera una onda ultrasónica pulsada (de 200 a 500 kHz según el producto) que se desplaza en el aire ambiente a la velocidad del sonido.

En el momento en el que la onda encuentra un objeto, una onda reflejada (eco) vuelve hacia el transductor. Un microcontrolador 3 analiza la señal recibida y mide el intervalo de tiempo entre la señal emitida y el eco.

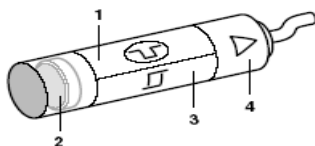
Mediante comparación con los tiempos predefinidos o adquiridos, determina y controla el estado de las salidas 4. La etapa de salida 4 controla un doble conmutador estático (transistor PNP y NPN) correspondiente a un contacto de cierre NA (detección de objeto).

Ventajas de la detección por ultrasonidos:

- Sin contacto físico con el objeto, por lo tanto, sin desgaste y posibilidad de detectar objetos frágiles, con pintura fresca.
- Detección de cualquier material, independientemente del color, al mismo alcance, sin ajuste ni factor de corrección.
- Muy buena resistencia a los entornos industriales (productos resistentes; normalmente completamente encapsulados en una resina).
- Aparatos estáticos: Sin piezas en movimiento dentro del detector, por lo tanto, duración de vida independiente del número de ciclos de maniobras.
- En los elementos de última generación (actualmente exclusiva de Schneider Electric):

Función de aprendizaje mediante simple pulsación en un botón para definir el campo de detección efectivo.

Aprendizaje del alcance mínimo y máximo (borrado de primer plano y segundo plano muy precisos ± 6 mm).



Constitución del detector por ultrasonidos

Terminología

Definiciones:

Las condiciones siguientes se definen en la norma CEI 60947-5-2:

- Alcance nominal (**S_n**):

Valor convencional para designar el alcance. No tiene en cuenta las tolerancias de fabricación ni las variaciones debidas a las condiciones externas, como la tensión y la temperatura.

- Campo de detección (**S_d**):

Campo en el que el detector es sensible a los objetos.

- Alcance mínimo:

Límite inferior del campo de detección especificado.

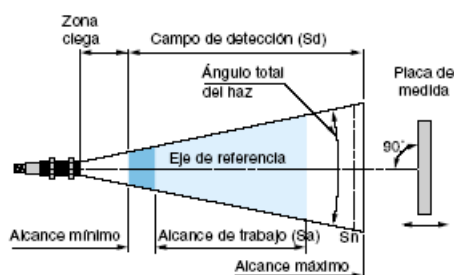
- Alcance máximo:

Límite superior del campo de detección especificado.

- Alcance de trabajo (**S_a**):

Corresponde al campo de funcionamiento del detector (activación de las salidas) y está incluido en el campo de detección. Sus límites se fijan:

- En fábrica para los detectores de alcance fijo.
- En la instalación de la aplicación para los detectores de aprendizaje.



Parámetros del detector por ultrasonidos

- Zona ciega:

Zona comprendida entre el lado sensible del detector y el alcance mínimo en el que ningún objeto puede detectarse de forma fiable.

Se debe evitar el paso de objetos en esta zona durante el funcionamiento del detector, ya que podría provocar un estado inestable de las salidas.

- Recorrido diferencial:

El recorrido diferencial (**H**) o histéresis es la distancia entre el punto de acción cuando la placa de medida se acerca al detector y el punto de desactivación cuando la placa se aleja del mismo.

- Reproducibilidad:

La reproducibilidad (**R**) es la precisión de reproducción entre dos medidas sucesivas del alcance efectuadas en condiciones idénticas.

- Ángulo total del haz:

Ángulo sólido alrededor del eje de referencia de un detector de proximidad ultrasonido.

- Placa de medida:

La norma CEI 60947-5-2 define el objetivo o placa de medida “normalizada” como una placa de metal cuadrada de 1 mm de espesor con acabado enrollado colocada perpendicularmente al eje de referencia.

Sus dimensiones dependen del campo de detección:

Campo de detección (mm)	Tamaño del objetivo (mm)
< 300	10 x 10
300 < d < 800	20 x 20
> 800	100 x 100

- Tensión residual (**U_d**):

La tensión residual (**U_d**) corresponde a la caída de tensión en las bornas del detector en estado pasante (valor medido para la corriente nominal del detector).

- Retardo a la disponibilidad:

Tiempo necesario para garantizar la utilización de la señal de salida de un detector en su puesta en tensión.

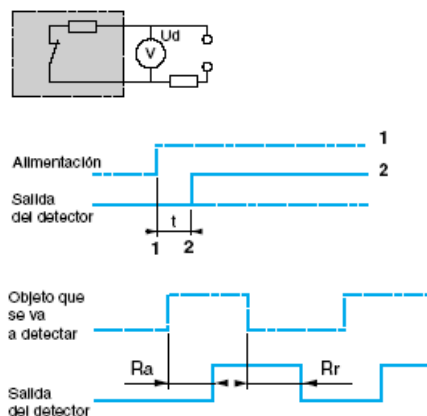
- Tiempo de respuesta:

- Retardo a la acción (**R_a**):

Tiempo que transcurre entre el instante en el que el objeto que se va a detectar entra en la zona activa y el cambio de estado de la señal de salida. Este tiempo limita la velocidad de paso del móvil en función de sus dimensiones.

- Retardo al desaccionamiento (R_r):

Tiempo que transcurre entre el instante en el que el objeto detectado sale de la zona activa de detección y el cambio de estado de la señal de salida.



Retardo a la disponibilidad y tiempo de respuesta de un detector por ultrasonidos

Alimentación:

Fuente de corriente continua:

Asegurarse de que los límites de tensión del detector y la tasa de ondulación admisible son compatibles con las características de la fuente.

Precauciones de instalación:

Montaje:

Distancia de montaje entre detectores por ultrasonidos:

Si 2 detectores estándares se montan demasiado cerca el uno del otro, la onda emitida por uno puede afectar al otro y provocar un estado de detección errónea.

Para evitar este fenómeno, es necesario dejar una distancia mínima entre los aparatos.

Par de apriete máximo:

Diámetro del detector (mm)	Todos los modelos
Ø 12	0,7 Nm
Ø 18	1,4 Nm
Ø 30	1,4 Nm

Cableado:

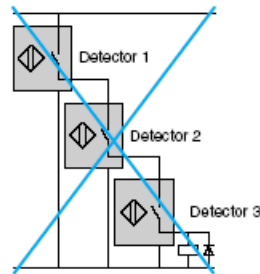
Conexión eléctrica:

- Realizar la conexión del detector sin tensión.
- Longitud de cable:
- Sin limitación de las características de los detectores hasta 200 m o hasta una capacidad de línea $< 0,1$ F.
- También es importante tener en cuenta las caídas de tensión en línea.
- Separación de los cables de control y potencia:
- Los detectores están inmunizados contra las perturbaciones eléctricas del entorno industrial.
- En las aplicaciones extremas en las que se pueden encontrar fuentes importantes de sobretensión (motores, máquinas de soldar, etc.), se recomienda tomar las precauciones habituales:
- Eliminar los parásitos en la fuente.
- Alejar los cables de potencia y los cables de los detectores.
- Filtrar la alimentación.
- Limitar la longitud del cable.

Asociación en serie:

No se recomienda emplear esta asociación

- No se puede garantizar el correcto funcionamiento, que se debe comprobar con un ensayo previo. Tener en cuenta los siguientes puntos:
- El detector 1 lleva la corriente de la carga, más las corrientes de consumo en vacío de los demás detectores en serie. Para determinados aparatos, la asociación sólo puede realizarse añadiendo una resistencia de limitación de corriente.
- Todos los detectores presentan en estado pasante una caída de tensión. La carga deberá por lo tanto elegirse en consecuencia.
- Al cerrarse el detector 1, el detector 2 sólo funciona transcurrido un tiempo T , correspondiente al tiempo de retardo en la disponibilidad y así sucesivamente.
- Se recomienda utilizar diodos anti-retorno cuando se emplee una carga inductiva.



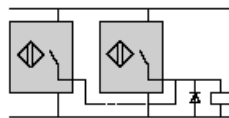
Asociación en serie de detectores por ultrasonidos

Detectores y aparatos en serie con un contacto mecánico exterior:

- Tener en cuenta los siguientes puntos:
- Cuando el contacto mecánico está abierto, el detector no está alimentado.
- Al cerrarse el contacto, el detector sólo funciona transcurrido un tiempo T, correspondiente al tiempo de retardo en la disponibilidad.

Asociación en paralelo:

- Sin restricciones particulares. Se recomienda montar diodos antirretorno cuando se emplee una carga inductiva (relé).

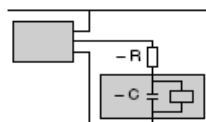


Asociación en paralelo de detectores por ultrasonidos

Carga de carácter capacitivo ($C > 0,1 \mu F$):

- En la puesta en tensión, es necesario limitar mediante una resistencia la llamada de corriente debida a la carga del condensador C.
- También se puede tener en cuenta la caída de tensión en el detector. En tal caso, se resta de la tensión de alimentación para calcular R.

$$R = \frac{U \text{ (alimentación)}}{I_{\max} \text{ (detector)}}$$



Carga de carácter capacitivo en un detector por ultrasonidos

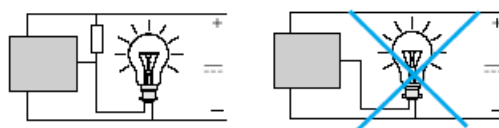
Carga compuesta por una lámpara de incandescencia:

- Si la carga está constituida por una lámpara de incandescencia, la resistencia en frío puede ser del orden de la décima parte de su resistencia en caliente, de ahí que se obtenga una corriente muy importante en la conmutación. Prever una resistencia de precalentamiento del filamento en paralelo en el detector.

$$R = \frac{U^2}{P} \times 10$$

U = Tensión de alimentación

P = Potencia de la lámpara.



Carga compuesta por una lámpara de incandescencia en un detector por ultrasonidos

Detección:

- Factores de influencia:

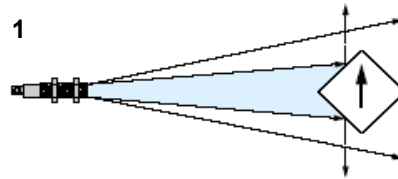
Los detectores ultrasonido están especialmente adaptados a la detección de objetos duros y con una superficie plana perpendicular al eje de detección.

No obstante, el funcionamiento del detector ultrasonido puede verse afectado por:

- Las corrientes de aire que pueden acelerar o desviar la onda acústica emitida por el producto (expulsión de piezas por chorro de aire).
- Los gradientes de temperatura importantes en el campo de detección: Un fuerte calor generado por un objeto puede crear zonas de temperatura diferentes que modifican el tiempo de propagación de la onda e impiden una detección fiable.
- Los aislantes de sonido: Materiales que absorben el sonido (algodón, tejidos, caucho...).
- El ángulo entre el lado del objeto que se va a detectar y el eje de referencia del detector: Cuando el ángulo difiere de 90°, la onda ya no se refleja en el eje del detector y el alcance de trabajo disminuye.

Este efecto se acentúa más cuanto más grande es la distancia entre el objeto y el detector. Superados los $\pm 10^\circ$, la detección es imposible.

- La forma del objeto que se va a detectar: Al igual que en el caso anterior, un objeto muy anguloso podrá ser difícil de detectar **1**.



Influencia de la forma en la detección por ultrasonidos: 1

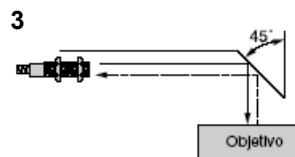
- Detección por corte de haz (modo réflex):

En los casos de detección de aislantes de sonido, de objetos angulosos o de presencia de un ángulo entre el lado del objeto que se va a detectar y el eje de referencia del detector, se recomienda elegir el detector de aprendizaje que permite detectar por corte de haz utilizando un reflector. Este reflector puede ser cualquier parte plana, dura y fija de la máquina **2**.



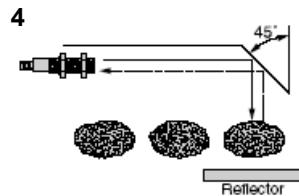
Influencia de los aislantes en la detección por ultrasonidos: 2

El detector de aprendizaje puede también utilizarse en espacios reducidos utilizando un reenvío de ángulo. Al igual que para el reflector, el reenvío de ángulo puede ser una parte plana de la máquina **3**.



Influencia del tamaño en la detección por ultrasonidos: 3

También se puede utilizar la detección por corte de haz (modo réflex) con el reenvío de ángulo 4.



Modo reflex en la detección por ultrasonidos: 4

Atención: En la configuración en modo réflex, la función de las salidas PNP y NPN equivale a un contacto NC, normalmente cerrado, que se abre al detectarse el objeto.

Productos de salida analógica:

Funcionamiento:

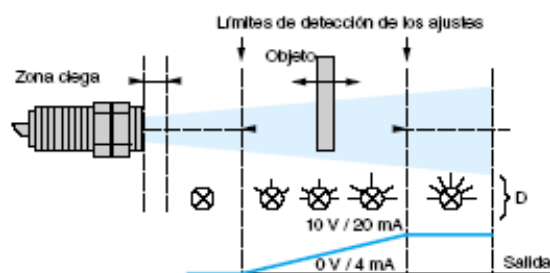
La particularidad de estos productos se encuentra en la salida, que emite una señal (de corriente o tensión) proporcional a la distancia del objeto detectado.

Este valor aumenta a medida que se aleja el objeto, dentro de los límites de detección que se pueden ajustar por autoaprendizaje.

Desde la detección de un objeto, un diodo de señalización LED (D) se enciende y su luminiscencia aumenta en función del valor de la señal de salida.

Ventajas:

- Disponibilidad de un dato físico que depende de la distancia del detector / objeto.
- Protección contra la inversión de polaridad.



Detector por ultrasonidos con salida analógica

- Protección contra las sobrecargas y los cortocircuitos.
- Sin corriente residual, baja tensión residual.

Alimentación:

Fuente de corriente continua:

Asegurarse de que los límites de tensión del detector y la tasa de ondulación admisible son compatibles con las características de la fuente.

Fuente de corriente alterna:

Con transformador, rectificador y filtro.

La tensión de alimentación debe estar comprendida entre los límites indicados para el aparato.

Si la alimentación se realiza a partir de una fuente alterna monofásica, la tensión debe rectificarse y filtrarse asegurándose de que:

- La tensión de cresta de alimentación es inferior al límite máximo que admite el detector.

$$\text{Tensión de cresta} = \text{tensión nominal} \times \sqrt{2}.$$

- La tensión mínima de alimentación es superior al límite mínimo garantizado para el producto sabiendo que:

$$\Delta V = (I \times t) / C$$

ΔV = Ondulación máx.: 10% (V).

I = Corriente suministrada prevista (mA).

t = Tiempo de un período (10 ms en doble alternancia rectificada para una frecuencia de 50 Hz).

C = capacidad (μ F).

Por regla general, utilizar un transformador con una tensión secundaria (Ue) más baja que la tensión continua deseada (U).

Ejemplo: 18 Vca para obtener 24 Vcc.

Precauciones de instalación:

Montaje:

Distancia de montaje entre detectores por ultrasonidos:

Si 2 detectores estándar se montan demasiado cerca el uno del otro, la onda emitida por uno puede afectar al otro y provocar un estado de detección errónea.

Para evitar este fenómeno, es necesario dejar una distancia mínima entre los aparatos.

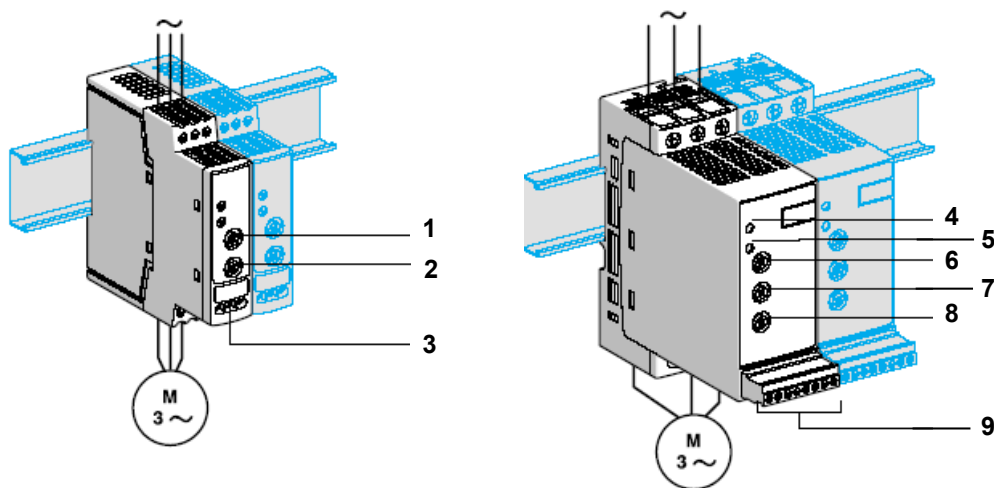
2.3.3. Los arrancadores electrónicos

Como ya se ha comentado en capítulos anteriores, con respecto a los sistemas de arranque electromecánicos, los arrancadores electrónicos, normalmente, permiten suavizar el arranque y, por lo tanto, minimizar la punta de corriente, la eliminación de los golpes mecánicos que causan el desgaste, un elevado mantenimiento y el paro prolongado de la producción.

Descripción:

- Los arrancadores progresivos comprendidos entre las potencias de 0,37 kW y 11 kW , y 0,75 kW y 75 kW suelen estar equipados:
- Con un potenciómetro de ajuste (1) del tiempo de arranque.
- Con un potenciómetro (2) para ajustar el umbral de la tensión de arranque en función de la carga del motor.
- Con 2 entradas (3):
- 1 entrada 24 Vcc/ca o 1 entrada a 110...240 Vcc para la alimentación del control que permite controlar el motor.
- Con un potenciómetro de ajuste (6) del tiempo de arranque.
- Con un potenciómetro de ajuste (8) del tiempo de ralentización.
- Con un potenciómetro (7) para ajustar el umbral de la tensión de arranque en función de la carga del motor.
- 1 LED verde (4) de señalización: Producto en tensión.
- 1 LED amarillo (5) de señalización: Motor alimentado con tensión nominal.
- Con un conector (9):
 - 2 entradas lógicas para las órdenes de Marcha / Parada.
 - 1 entrada lógica para la función BOOST.
 - 1 salida lógica para señalar el final del arranque.
 - 1 salida de relé para señalar un fallo de alimentación del arrancador o la parada del motor al final de la ralentización.

Los arrancadores ralentizadores electrónicos para intensidades comprendidas entre 17 y 1.200 A. constan de 6 tiristores que realizan el arranque y la parada progresivos en par de los motores asíncronos trifásicos de jaula.



Tipos de arrancadores electrónicos

Integra las funciones de:

- Arranque y parada ralentizada con suavidad.
- Protección de las máquinas y los motores.
- Las funciones de comunicación con los automatismos.

Estas funciones responden a las aplicaciones más corrientes de máquinas centrífugas, bombas, ventiladores, compresores y cintas transportadoras, que se encuentran principalmente en los sectores de la edificación, el agroalimentario y el químico.

El rendimiento de los algoritmos de los arrancadores electrónicos se ha puesto al servicio de la robustez, la seguridad y la facilidad de instalación.

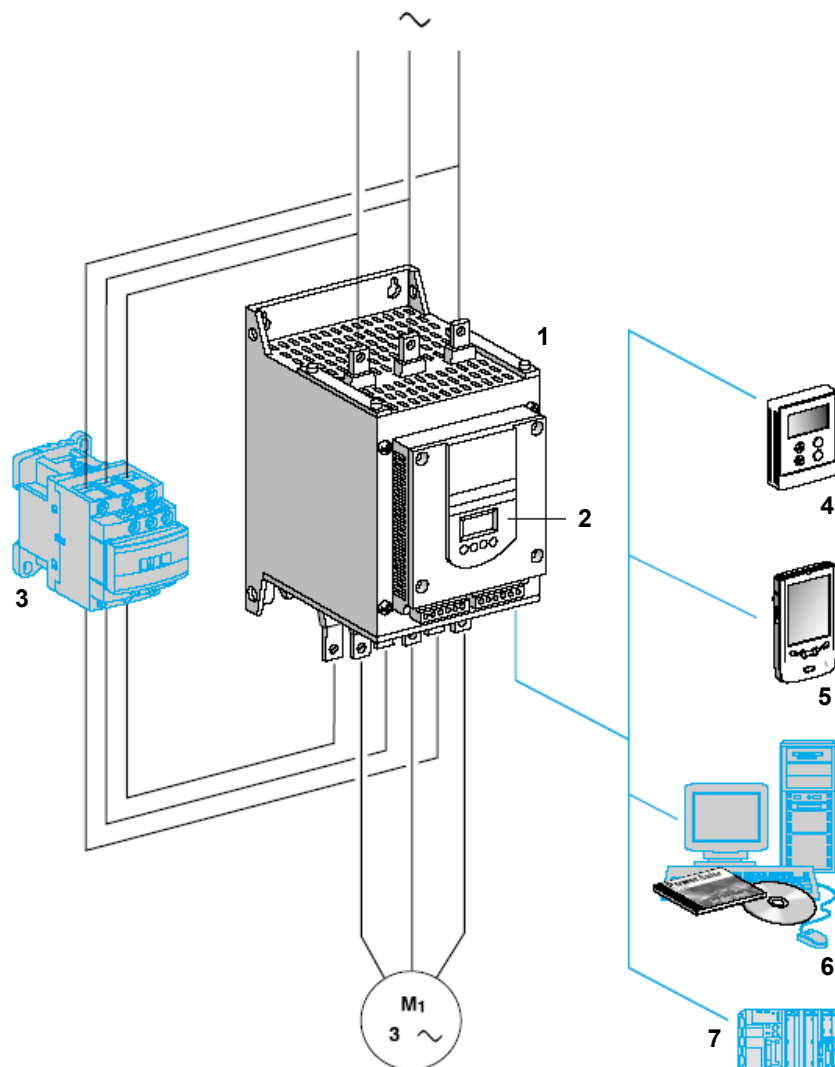
Los arrancadores son una solución económica que permite:

- Reducir los costes de explotación de las máquinas disminuyendo los problemas mecánicos y mejorando sus prestaciones.
- Reducir las incidencias en la distribución eléctrica, disminuyendo las puntas de corriente y las caídas de tensión en línea relativas a los arranques de los motores.

La oferta de arrancadores se compone, normalmente, de 2 gamas:

- Tensiones trifásicas de 230 a 400 V, 50 / 60 Hz.
- Tensiones trifásicas de 208 a 690 V, 50 / 60 Hz.

Para cada rango de tensiones, los arrancadores están dimensionados en función de las aplicaciones estándar y severas.



Arrancador – ralentizador electrónico

Funciones:

Los arrancadores ralentizadores (1) se suministran, habitualmente listos para su uso para aplicaciones estándar con protección de motor de clase 10.

Cuentan con un terminal integrado (2), que permite modificar las funciones de programación, de ajuste o de supervisión para adaptar y personalizar la aplicación según las necesidades del cliente.

Disponen de un terminal remoto (4) que se puede instalar en la puerta de un cofre o de un armario.

Tienen opciones avanzadas de diálogo (PowerSuite en el caso de Schneider Electric) :

- El paquete del asistente universal PowerSuite con terminal de tipo PPC (5).
- El software de programación PowerSuite (6).

Una oferta de accesorios de cableado que facilitan la conexión del arrancador con los autómatas mediante conexión al bus Modbus (7).

Opciones de comunicación para bus y redes Ethernet, Fipio, DeviceNet, Profibus DP.

Funciones de prestaciones del accionamiento con:

- En el caso de arrancadores “**Altistart**”, control de par. Exclusivo de dichos modelos (patente Schneider Electric).
- Control del par suministrado al motor durante todo el período de aceleración y deceleración (reducción significativa de los golpes de ariete).
- Facilidad de ajuste de la rampa y del par de arranque.
- Posibilidad de By-pass del arrancador con un contactor (3) al final del arranque con mantenimiento de las protecciones electrónicas (función By-pass).
- Amplia tolerancia de frecuencia para las alimentaciones por grupo electrógeno.
- Posibilidad de conectar el arrancador en el acoplamiento en triángulo del motor, en serie con cada bobinado.

Funciones de protección del motor y de la máquina con:

- Integración de una protección térmica del motor.
- Tratamiento de la información de las sondas térmicas PTC.
- Supervisión del tiempo de arranque.
- Función de precalentamiento del motor.
- Protección contra las sub-cargas y las sobreintensidades en régimen permanente.

Funciones de facilidad de integración en los automatismos con:

- 4 entradas lógicas, 2 salidas lógicas, 3 salidas de relé y 1 salida analógica.
- Borneros de control desenchufables.
- Función de configuración de un segundo motor y fácil adaptación de los ajustes.

- Visualización de las magnitudes eléctricas, del estado de carga y del tiempo de funcionamiento.
- Enlace serie RS 485 para la conexión al bus Modbus.

Criterios de elección de un arrancador – ralentizador progresivo:

El arrancador debe elegirse en función de 3 criterios principales:

- La tensión de alimentación de la red eléctrica, que se debe elegir entre 2 rangos:
 - Tensión alterna trifásica: 230 – 400V.
 - Tensión alterna trifásica: 208 – 690V.
- La potencia y la corriente nominal de la placa de bornas del motor.
- El tipo de aplicación y el ciclo de funcionamiento:

Para facilitar la elección, las aplicaciones se clasifican en 2 tipos:

- Aplicaciones estándar.
- Aplicaciones severas.

Las aplicaciones estándar o severas definen los valores límite de la corriente y el ciclo para los servicios de motor S1 y S4.

Aplicación estándar:

En aplicación estándar, el arrancador se dimensiona para responder a:

- Un arranque a 4 In durante 23 segundos o a 3 In durante 46 segundos, partiendo del estado frío (corresponde a un servicio de motor S1).
- Un arranque a 3 In durante 23 segundos o a 4 In durante 12 segundos, un factor de marcha del 50% y 10 arranques por hora o un ciclo térmicamente equivalente (corresponde a un servicio de motor S4).

La protección térmica del motor debe ajustarse en la clase 10.

Ejemplo: Bomba centrífuga.

Aplicación severa:

En aplicación severa, el arrancador se dimensiona para responder a:

- Un arranque a 4 In durante 48 segundos o a 3 In durante 90 segundos, partiendo del estado frío (corresponde a un servicio de motor S1).
- Un arranque a 4 In durante 25 segundos, con un factor de marcha del 50% y 5 arranques por hora, o un ciclo térmicamente equivalente (corresponde a un servicio de motor S4).

La protección térmica del motor debe ajustarse en la clase 20.

Ejemplo: Machacadora.

Servicios de motor:

Un servicio de motor **S1** corresponde a un arranque seguido de un funcionamiento con carga constante que permite alcanzar el equilibrio térmico.

Un servicio de motor **S4** corresponde a un ciclo que incluye un arranque, un funcionamiento con carga constante y un tiempo de reposo.

Este ciclo se caracteriza por un factor de marcha del 50%.

Esquemas más habituales de aplicación de arrancadores:

Los esquemas propuestos a continuación, se referenciarán con productos de Schneider Electric, con el fin de facilitar la posibilidad de aplicarlos prácticamente.

Generalidades:

Arrancadores progresivos ATS 01N1***

Características fundamentales:

- Control de una fase de alimentación del motor (monofásico o trifásico) para la limitación de par en el arranque.
- Relé de by pass interno.
- Las potencias del motor están comprendidas entre 0,37 kW y 11 kW.
- Las tensiones de alimentación del motor están comprendidas entre 110 V y 480 V, 50 / 60 Hz.
- Se necesita una alimentación externa para controlar el arrancador.
- Es siempre necesario colocar un contactor para la desconexión del motor.

Arrancadores progresivos ralentizadores ATS 01N2***

Características fundamentales:

- Control de dos fases de alimentación del motor para la limitación de corriente en el arranque y para la ralentización.
- Relé de by pass interno.
- Las potencias del motor están comprendidas entre 0,75 kW y 75 kW.

- Las tensiones de alimentación del motor son las siguientes: 230 V, 400 V, 480 V y 690 V, 50 / 60 Hz.
- En las máquinas en las que no se necesita el aislamiento galvánico, no es preciso utilizar un contactor de línea.

Arrancadores ralentizadores progresivos ATSU 01N2***

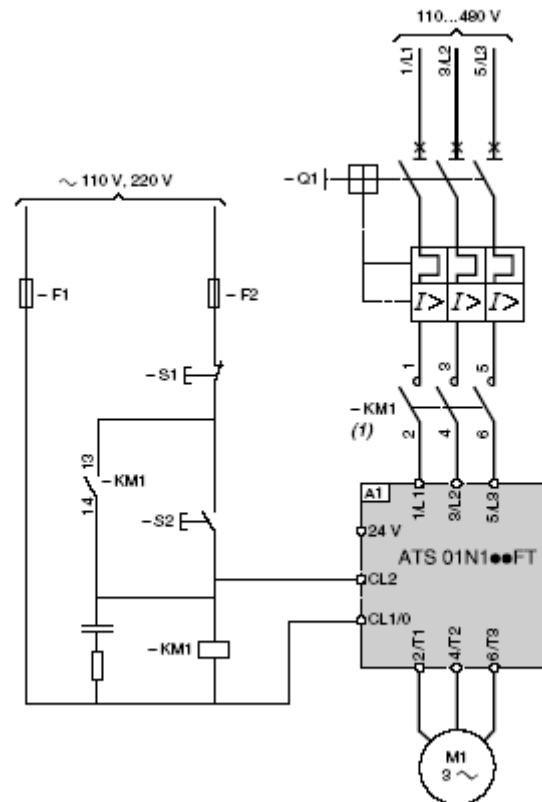
Características fundamentales:

- Con un potenciómetro de ajuste del tiempo de arranque.
- Con un potenciómetro de ajuste del tiempo de ralentización.
- Con un potenciómetro para ajustar el umbral de la tensión de arranque en función de la carga del motor.
- 1 LED verde de señalización: Producto en tensión.
- 1 LED amarillo de señalización: Motor alimentado con tensión nominal.
- Con un conector:
 - 2 entradas lógicas para las órdenes de Marcha / Parada.
 - 1 entrada lógica para la función BOOST.
 - 1 salida lógica para señalar el final del arranque.
 - 1 salida de relé para señalar un fallo de alimentación del arrancador o la parada del motor al final de la ralentización.

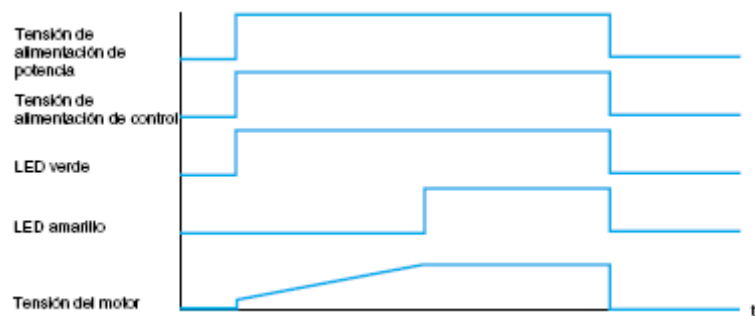
Arrancador con 1 sentido de marcha y parada libre:

- Alimentación monofásica o trifásica.
- Para motores monofásicos, utilizar el ATS 01N1ppFT sin conectar la 2ª fase 3 / L2, 4 / T2.
- Esperar 5 segundos desde la desconexión y la conexión del arrancador progresivo.
- Contactor de línea (1) obligatorio en la secuencia.
- Componentes para asociar:
 - A1 Arrancador progresivo.
 - Q1 Disyuntor GV2 ME.
 - KM1 LC1 *** + LA4 DA2U Contactor.
 - F1, F2 Fusibles de protección de control.
 - S1, S2 Pulsadores XB4 B o XB5 B.

Esquema:



Arrancador con 1 sentido de marcha y parada libre



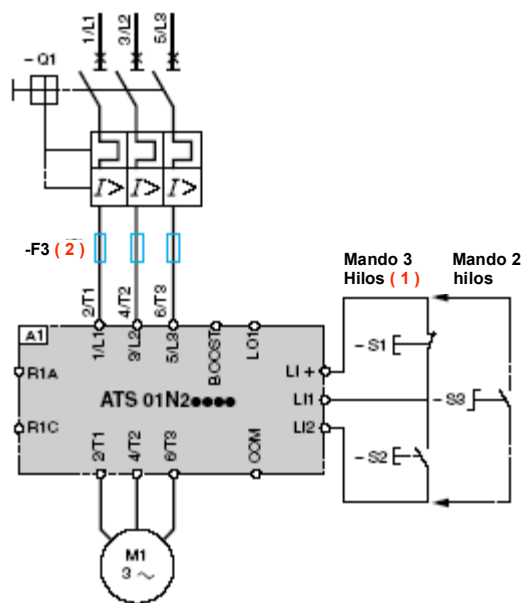
Arrancador con 1 sentido de marcha y parada libre - Diagrama funcional

Arrancador con control automático, con o sin ralentización y sin o con contactor:

• Componentes a asociar:

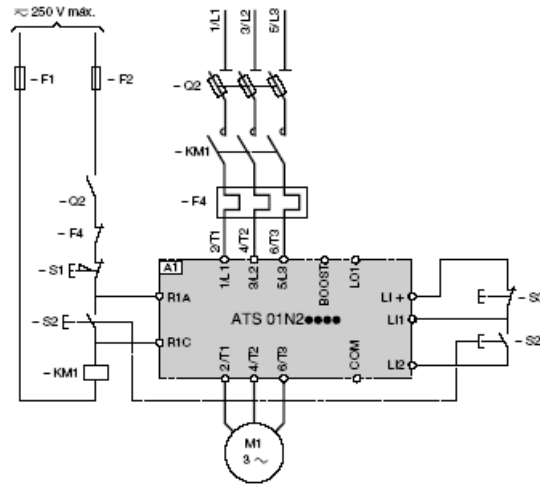
A1	Arrancador ralentizador progresivo.
Q1	Disyuntor GV2 ME.
Q2	Interruptores fusibles.
F4	Relé térmico.
KM1 LC1 *** + LA4 DA2U	Contactor.
F1, F2	Fusibles de protección de control.
F3 3	Fusibles UR.
S1, S2, S3	Pulsadores XB4 B o XB5 B.

Esquemas:

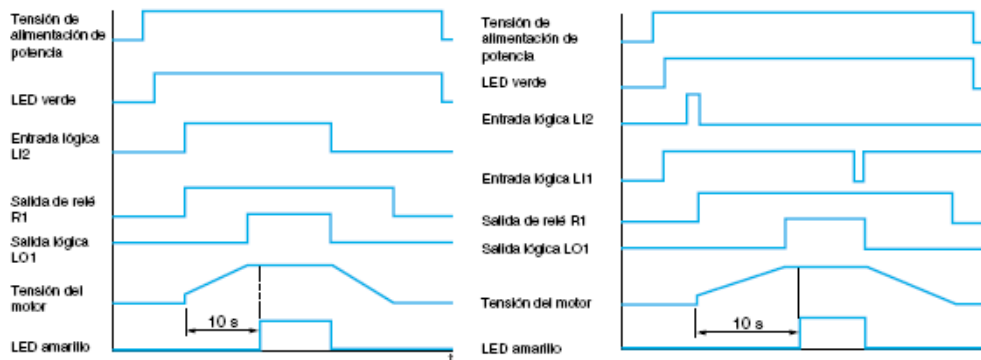


Arrancador con control automático sin contactor

- (1) Para más de 1 m, utilizar cables blindados.
(2) Para coordinación de tipo 2.



Arrancador con control automático con contactor



Mando 2 hilos con ralentización

Mando 3 hilos con ralentización

Diagramas funcionales

Arrancador conectado en el acoplamiento triángulo del motor:

Además de los montajes más comunes (arrancador instalado en la línea de alimentación del motor y motor acoplado en estrella o en triángulo) el Altistart 48 ATS48...Q se puede conectar en el acoplamiento de triángulo del motor en serie con cada bobinado (ver el esquema siguiente).

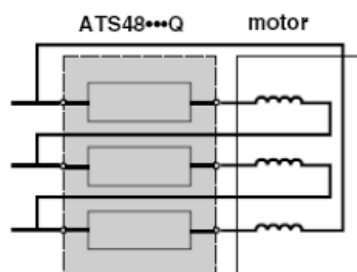
La corriente del arrancador es inferior de 3 a la corriente de línea absorbida por el motor.

Este montaje permite utilizar un arrancador de calibre más pequeño.

Ejemplo: Para un motor 400 V de 110 kW, con una corriente de línea de 195 A (corriente de la placa para el acoplamiento de triángulo), la corriente en cada bobinado es igual a $195 / 3$, es decir, 114 A.

Elegir el calibre del arrancador que posea la corriente nominal máxima permanente justo por encima de dicha corriente, es decir, el calibre 140 A (ATS48C14Q para una aplicación estándar).

Este montaje sólo permite la parada de tipo rueda libre; el montaje no es compatible con las funciones de cascada y precalentamiento.



**Arrancador cableado en serie
con los bobinados del motor**

Observación: Los ajustes de la corriente nominal y de la corriente de limitación, así como la corriente visualizada en funcionamiento, son los valores en línea (evita que el usuario tenga que calcularlos).

(1) Para la coordinación de tipo 2 (según IEC 60947-4-2), añadir fusibles ultrarrápidos para garantizar la protección del arrancador en caso de producirse un cortocircuito.

(2) Asignar el relé R1 a “relé de aislamiento”. Debe prestarse atención a los límites de empleo de los contactos; aplicar un relé para los contactores de gran calibre.

(3) Insertar un transformador si la tensión de la red es diferente de la tensión de alimentación definida para el control (ver la página 4).

Tipo de coordinación:

La norma define ensayos a distintos niveles de intensidad, que tienen por objeto colocar el equipo en condiciones extremas.

Según el estado de los componentes después de un ensayo de cortocircuito, la norma define 2 tipos de coordinación.

- Coordinación de tipo 1: Se admite el deterioro del contactor y el arrancador con 2 condiciones:
- Ningún riesgo para el operador,
- Los elementos distintos del contactor y el arrancador no deben estar dañados.

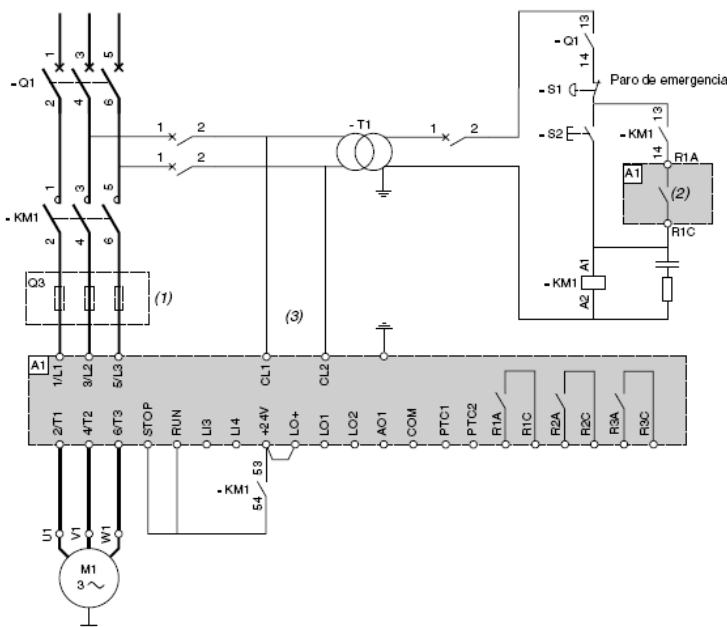
El mantenimiento es obligatorio después del cortocircuito.

- Coordinación de tipo 2: Sólo se admite una ligera soldadura de los contactos del contactor, si se pueden separar fácilmente, sin destrucción del arrancador.

Después de los ensayos de coordinación de tipo 2, las funciones de los equipos de protección y de control están operativas. Tras la sustitución de los fusibles, comprobar el contactor.

Nota: el arrancador protege el motor y los cables contra las sobrecargas. Si se elimina esta protección, es necesario prever una protección térmica externa.

Esquema:



Arrancador conectado en el acoplamiento triángulo del motor

Arrancador con 1 sentido de marcha, con contactores de línea y de By-pass, en coordinación tipo 1 y 2:

El arrancador puede ser cortocircuitado por un contactor al final del arranque (limitación de la disipación térmica emitida por el arrancador).

El arrancador controla el contactor de By-pass y las medidas de corriente y las protecciones siguen activas cuando el arrancador se By-pasea.

La elección del arrancador se realiza en función de los 3 criterios principales y de uno de los criterios siguientes:

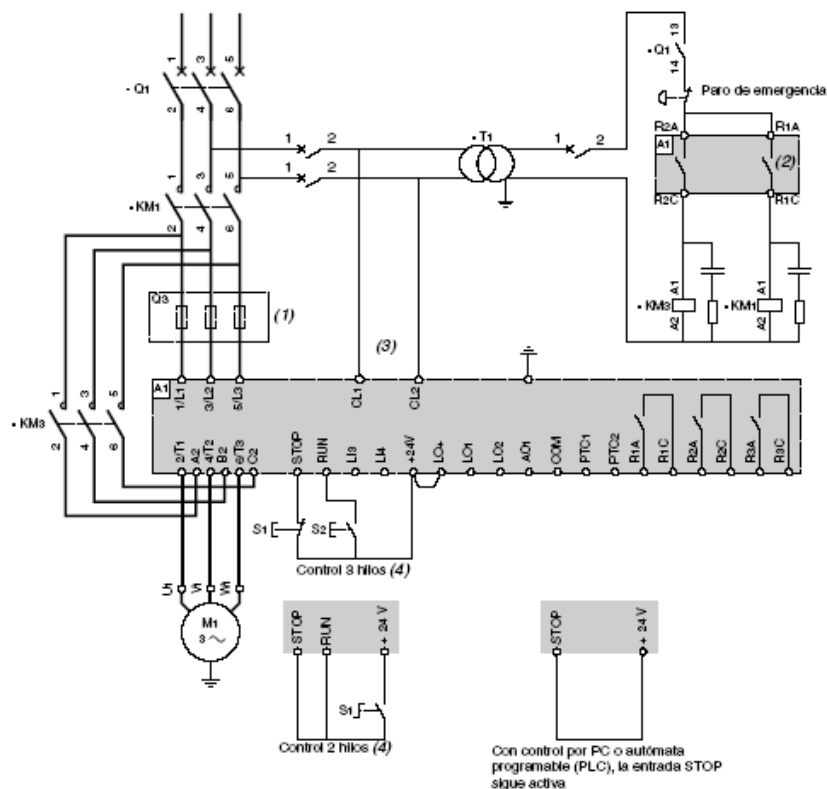
- Si el arrancador está By-paseado al final del arranque, el arranque del motor se efectúa siempre en frío. Es posible sobreclasificar el arrancador de un calibre.
- Si el arrancador debe poder funcionar sin el contactor de By-pass al final del arranque, no hay que desclasificar el arrancador.

- 1 - Para la coordinación de tipo 2 (según IEC 60947-4-2), añadir fusibles ultrarrápidos para garantizar la protección del arrancador en caso de producirse un cortocircuito.
- 2 - Asignar el relé R1 a “relé de aislamiento”. Debe prestarse atención a los límites de empleo de los contactos; aplicar un relé para los contactores de gran calibre.
- 3 - Insertar un transformador si la tensión de la red es diferente de la tensión de alimentación definida para el control.

Componentes que se van a asociar en función de los tipos de coordinación y de las tensiones:

M1	Motor.
A1	Arrancador (aplicaciones estándar y aplicaciones severas).
Q1	Disyuntor o interruptor / Fusibles.
Q3	3 fusibles UR.
KM1, KM3	Contactor.
S1, S2	Control (elementos separados XB2 o XB2 M).

Esquema:



Arrancador con 1 sentido de marcha, con contactores de línea y de By – pass, en coordinación tipo 1 y 2

Arrancador con arranque en cascada de varios motores y parada libre:

El presente esquema de conexionado nos permite controlar un número n de motores, en dos posibles grupos de características de rampa de aceleración y ralentizado.

(1) Para la coordinación de tipo 2 (según IEC 60947-4-2), añadir fusibles ultrarrápidos para garantizar la protección del arrancador en caso de producirse un cortocircuito

(2) Insertar un transformador si la tensión de la red es diferente de la tensión de alimentación definida para el control (ver la página 4).

Importante:

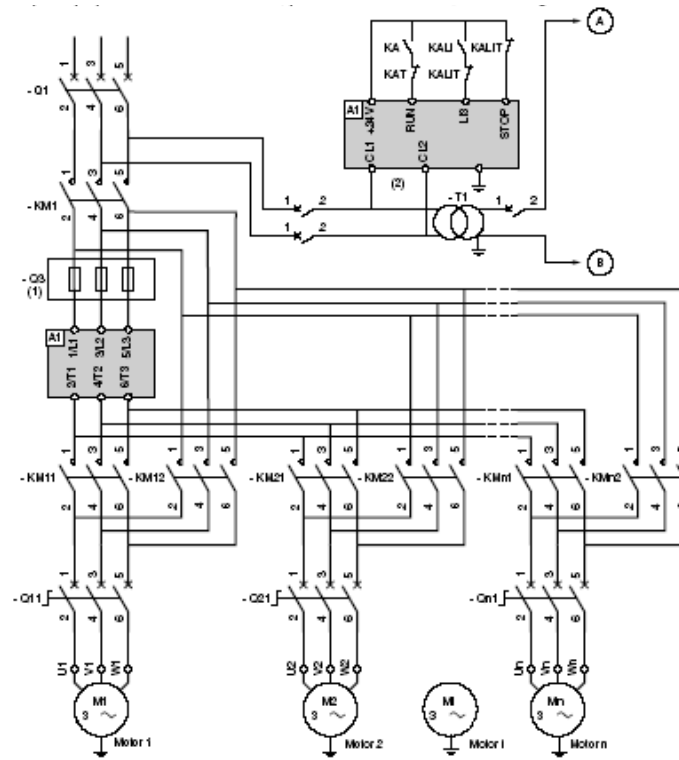
- Es preciso configurar una entrada lógica del Altistart 48 en función de cascada.
- En caso de producirse un fallo, no es posible decelerar ni frenar los motores que se encuentren en servicio.
- Ajustar la protección térmica de cada disyuntor Q_{n1} con la corriente nominal de motor correspondiente.

Componentes que se van a asociar en función de los tipos de coordinación y de las tensiones:

M1, M2, Mi, Mn	Motor.
A1	Arrancador (aplicaciones estándar y aplicaciones severas).
KM1, KM2,..., KMi, KMn	Contactador.
Q1	Disyuntor o interruptor / Fusibles.
Q3	3 fusibles UR.
Q11, Q21,..., Qn1	Disyuntores magnetotérmicos.
KA, KAT, KALI, KALIT	Control (elementos separados XB2 o XB2 M).

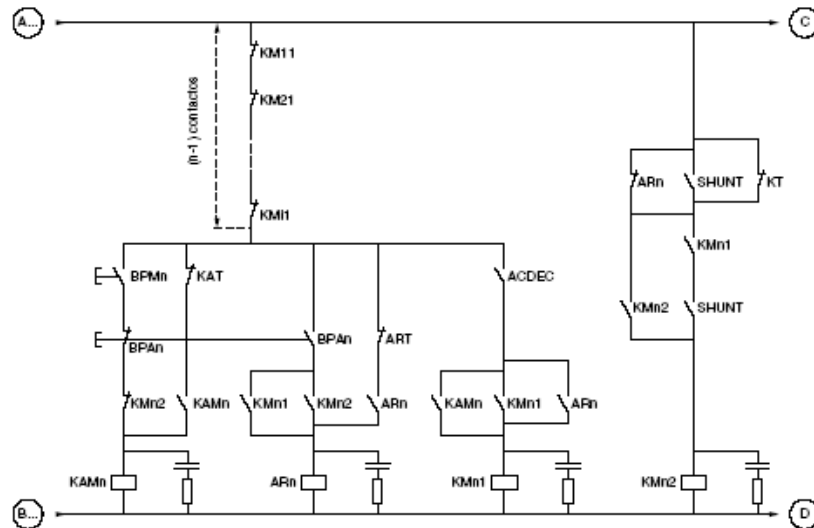
Esquemas:

Circuito de potencia:

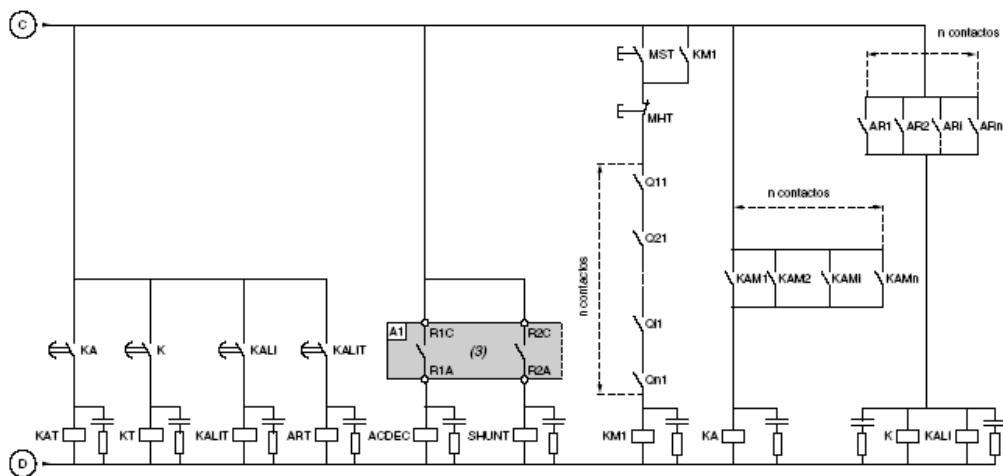


**Arrancador con arranque en cascada de varios motores y parada libre.
Circuito de potencia**

Circuitos de control:



Arrancador con arranque en cascada de varios motores y parada libre.
Circuito de control, motor n



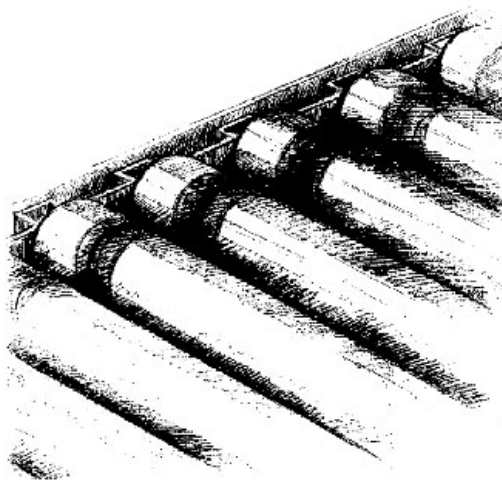
Arrancador con arranque en cascada de varios motores y parada libre.
Circuito de control en cascada

(3) Asignar el relé R1 a “relé de aislamiento”. Debe prestarse atención a los límites de empleo de los contactos; aplicar un relé para los contactores de gran calibre.

BPM_n:	Botón “ Marcha “ Motor n .
BPA_n:	Botón “ Parada “ Motor n .
MST:	Botón “ Marcha “ general.
MHT:	Botón “ Parada “ general.

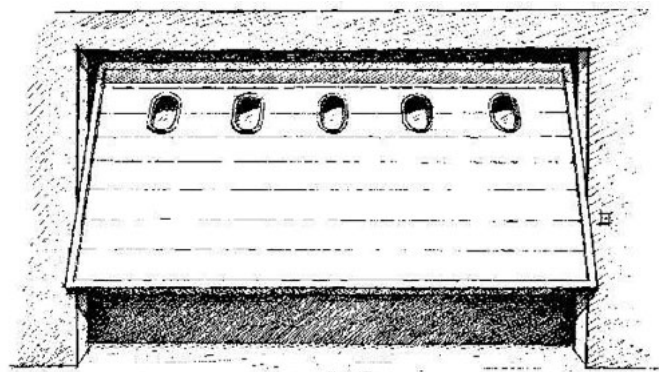
2.3.3.2. Aplicaciones.

- Todos los sistemas de transporte:
- Transportadores de cinta.
- Transportadores de cadena.
- Transportadores de rodillos.
- Etc.



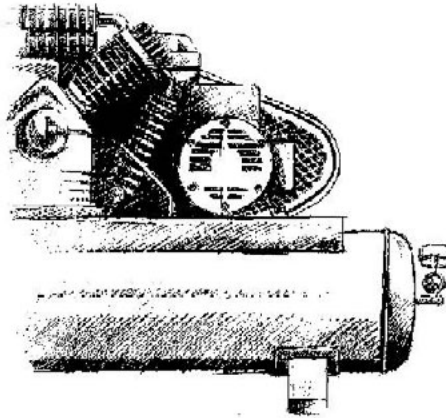
Transportador de rodillos

- Puertas de garaje.



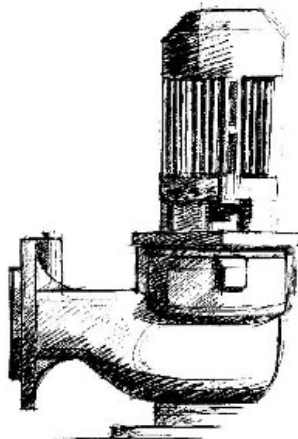
Puerta de garaje

- Compresores de frío o de aire comprimido.



Compresor

- Bombas, ventiladores, soplantes.



Bomba

- Agitadores, mezcladores.
- Etc.

2.3.4. Los variadores de velocidad

Como ya se ha comentado en capítulos anteriores, con respecto a los sistemas de arranque electromecánicos o a los arrancadores electrónicos, la variación de velocidad permite:

- Un par inicial de arranque: Regulable.
- Una corriente inicial de arranque: Regulable.
- Una duración media del arranque: Regulable.

Lo que nos permite:

- Un arranque y parada suaves.
- Una velocidad variable y ajustable.
- Un ahorro de energía.
- Un control de frenado.
- Etc.

Generalidades:

La gama más común de variadores de velocidad cubre las potencias de motor comprendidas entre 0,37 kW y 500 kW con tres tipos de alimentación:

- 200...240 V monofásica, de 0,37 kW a 5,5 kW.
- 200...240 V trifásica, de 0,37 kW a 75 kW.
- 380...480 V trifásica, de 0,75 kW a 500 kW.

Los variadores Altivar 71 de Schneider Electric integran de forma estándar los protocolos Modbus y CANopen así como numerosas funciones.

Estas funciones pueden ampliarse por medio de tarjetas opcionales de comunicación, entradas / salidas e interfaces de codificador.

Toda la gama de los actuales variadores suelen cumplir con las normas internacionales IEC-EN 61800-5-1, IEC-EN 61800-2, IEC-EN 61800-3, y suelen estar certificados conforme a CE, UL, CSA, DNV, C-Tick, NOM 117, GOST y se han desarrollado para responder a las directivas sobre la protección del entorno (RoHS, WEEE, etc.).

Los variadores deben insertarse en la cadena de seguridad de las instalaciones e integrar la función de seguridad “Power Renoval” que prohíbe el arranque intempestivo del motor.

Esta función cumple con la norma sobre máquinas EN 954-1 categoría 3, con la norma sobre instalaciones eléctricas IEC-EN 61508 SIL2 y con el proyecto de norma de accionamiento de potencia IEC-EN 61800-5-2.

Compatibilidad electromagnética CEM:

La incorporación de filtros CEM en los variadores y la consideración de CEM facilitan la instalación y la conformidad de los equipos para el marcado CE, de forma muy económica.

Existen variadores sin filtros CEM, pero suelen poder instalar filtros opcionales para reducir el nivel de emisiones.

Otras opciones externas como resistencias de frenado, filtros y módulos regenerativos completan la oferta de los actuales variadores.

Instalación:

Los variadores se han desarrollado para optimizar el dimensionado de las envolventes (armarios, cofres, etc.):

- La parte de potencia, con grado de protección IP54, puede montarse fácilmente en el exterior de las envolventes con la ayuda de los kits para montaje empotrado con envolvente estanco.

Este montaje permite limitar la emisión de calor en la envolvente o reducir su tamaño.

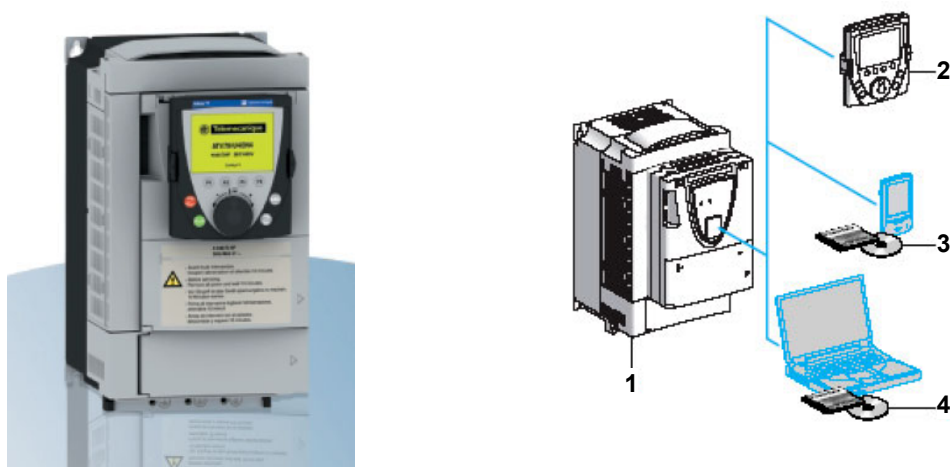
- Temperatura ambiente habitual en la envolvente:
- 50°C sin desclasificación.
- Hasta 60°C utilizando kit de ventilación y eventualmente desclasificando la corriente de salida.
- Montaje yuxtapuesto.
- También puede instalarse en la pared respetando la conformidad con NEMA tipo 1.

Herramientas de diálogo:

A modo de ejemplo diremos que el variador Altivar 71 de Schneider Electric (1) se suministra con un terminal gráfico extraíble (2):

- El “joystick” de navegación permite un acceso rápido y sencillo a los menús desplegables.
- La pantalla gráfica muestra de forma clara los textos en 8 líneas de 24 caracteres.
- Las funciones avanzadas de la visualización permiten acceder fácilmente a las funciones más complejas.
- Las pantallas de visualización, los menús y los parámetros pueden personalizarse para el cliente o la máquina.
- Ofrece pantallas de ayuda en línea.

- Se pueden memorizar y descargar configuraciones y son memorizables cuatro ficheros de configuración.
- Puede conectarse en enlace multipunto a diversos variadores.
- Puede instalarse a la puerta de armario con un montaje de grado de protección IP54 o IP65.
- Se suministra con 6 idiomas instalados de base (español, alemán, inglés, chino, francés e italiano). Se pueden cargar otros idiomas mediante flasheado.
- Hasta 15 kW, el variador Altivar 71 puede pedirse con un terminal de 7 segmentos integrado.
- El software de programación PowerSuite (3) permite la configuración, el ajuste y la puesta a punto del variador Altivar 71, así como del conjunto de los demás variadores de velocidad y arrancadores de Telemecanique.
- Puede utilizarse en conexión directa, a través de Ethernet, por medio de un módem o con una conexión inalámbrica Bluetooth®.



Variador ATV 71

Programación rápida:

Macroconfiguración:

El variador Altivar 71 ofrece una programación rápida y sencilla por macroconfiguración que corresponde a aplicaciones o usuarios diferentes: Marcha / paro, mantenimiento, elevación, uso general, conexión a redes de comunicación, regulador PID, maestro/esclavo. Cada una de las configuraciones sigue siendo totalmente modificable.

Menú “Arranque rápido”:

El menú “Arranque rápido” permite asegurar en pocos pasos el funcionamiento de la aplicación, optimizar el funcionamiento y asegurar su protección.

La arquitectura, la jerarquización de los parámetros y las funciones de acceso directo ofrecen una programación simplificada y rápida, incluso para funciones complejas.

Servicios:

El variador Altivar 71 integra numerosas funciones de mantenimiento, de supervisión y de diagnóstico:

- Funciones de test de variadores integradas con pantalla de diagnóstico en el terminal gráfico extraíble.
- Imagen de las entradas/salidas.
- Imagen de la comunicación en los diversos puertos.
- Función de osciloscopio visualizable con el software de programación Power - Suite.
- Gestión del parque del variador gracias a los microprocesadores flasheables.
- Uso de estas funciones a distancia mediante la conexión del variador a un módem a través de la toma Modbus.
- Identificación de los elementos que constituyen el variador así como de las versiones de software.
- Históricos de los fallos con el valor de 16 variables cuando aparece el fallo.
- Flasheado de los idiomas del terminal.
- Se puede memorizar un mensaje de 5 líneas de 24 caracteres en el variador.

Opciones:

El variador Altivar 71 puede integrar hasta tres tarjetas opcionales simultáneamente:

- 2 entre las tarjetas siguientes:
 - Tarjetas de extensión de entradas/salidas.
 - Tarjetas de comunicación (Ethernet TCP/IP, Modbus/UniTelway, Fipio, Modbus Plus, Profibus DP, DeviceNet, INTERBUS...).
 - Tarjeta programable “Controller Incide”: Permite adaptar el variador a las aplicaciones específicas de forma rápida y evolutiva,

mediante la descentralización de las funciones de automatismo (programación en lenguajes conforme a la norma IEC 61131-3).

- 1 entre las tarjetas de interface de codificador (con salidas diferenciales compatibles RS 422, colector abierto o salidas push-pull).

Pueden asociarse opciones externas al variador Altivar 71:

- Módulos y resistencias de frenado (estándar o dedicados a la elevación).
- Unidades de frenado a la red.
- Inductancias de línea, inductancias CC y filtros pasivos, para la reducción de las corrientes armónicas.
- Inductancias de motor y filtros senoidales para las grandes longitudes de cables o para suprimir los blindajes.
- Filtros CEM adicionales de entrada.

Integración en los automatismos:

El variador Altivar 71 integra una toma combinada Modbus o CANopen para el control rápido y preciso de los movimientos, la configuración, el ajuste y la supervisión.

Una segunda toma permite la conexión de un terminal de tipo Magelis para el diálogo con la máquina.

Se puede conectar a otras redes de comunicación mediante el uso de las tarjetas de comunicación.

La posibilidad de alimentar por separado el control permite mantener la comunicación (control, diagnóstico) incluso si no existe alimentación de potencia.

La tarjeta programable “Controller Incide” transforma el variador en una unidad de automatización:

- La tarjeta integra sus propias entradas/salidas; también puede gestionar las del variador y las de una tarjeta de extensión de entradas / salidas.
- Incorpora programas de aplicación concebidos según los lenguajes conforme a la norma IEC 61131-3 que reducen el tiempo de respuesta del automatismo.
- Permite, gracias a su puerto CANopen maestro, controlar otros variadores y dialogar con módulos de entradas/salidas y captadores.

El variador Altivar 71 sólo puede recibir una tarjeta opcional de la misma referencia.

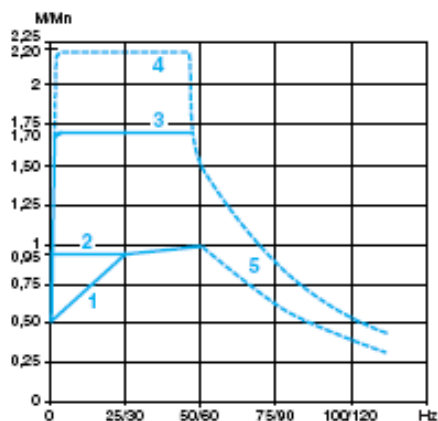
Características de par (curvas típicas):

Las curvas siguientes definen el par permanente y el sobrepar transitorio disponibles, bien con un motor autoventilado, bien con un motor motoventilado.

La diferencia reside únicamente en la capacidad del motor para suministrar un par permanente importante inferior a la mitad de la velocidad nominal.

Aplicaciones en lazo abierto:

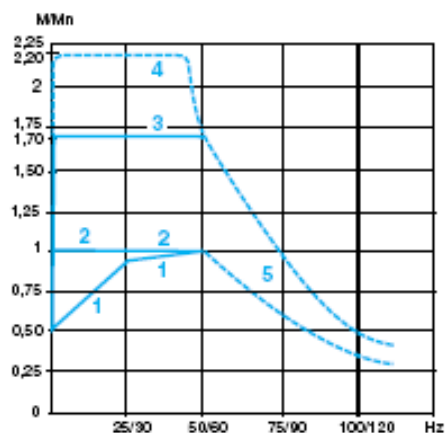
- 1 - Motor autoventilado: Par útil permanente (1).
- 2 - Motor motoventilado: Par útil permanente.
- 3 - Sobrepar durante 60 s como máximo.
- 4 - Sobrepar transitorio durante 2 s como máximo.
- 5 - Par en sobrevelocidad, potencia constante (2).



Aplicación en lazo abierto

Aplicaciones en bucle cerrado:

- 1 - Motor autoventilado: Par útil permanente (1).
- 2 - Motor motoventilado: Par útil permanente.
- 3 - Sobrepar durante 60 s como máximo.
- 4 - Sobrepar transitorio durante 2 s como máximo.
- 5 - Par en sobrevelocidad, potencia constante (2).



Aplicaciones en bucle cerrado

El variador Altivar 71 puede suministrar el par nominal de forma permanente con velocidad cero.

(1) En potencias < 250 W, la desclasificación es del 20% en vez de un 50% en frecuencia muy baja.

(2) La frecuencia nominal del motor y la frecuencia máxima de salida pueden ajustarse de 10 a 500 Hz o 1.000 Hz según el calibre.

Consultar con el fabricante las posibilidades mecánicas de sobrevelocidad que ofrece el motor elegido.

Protección térmica del motor:

El variador Altivar 71 realiza la protección térmica especialmente estudiada para el funcionamiento del motor de velocidad variable autoventilado o motoventilado.

El variador calcula el estado térmico del motor incluso cuando está sin tensión.

Esta protección térmica del motor está prevista para una temperatura ambiente máxima de 40°C en las proximidades del motor.

Si la temperatura alrededor del motor supera los 40°C, es necesario añadir una protección térmica directa por sondas de termistancias integradas en el motor (PTC).

Las sondas se tratan directamente por el variador.

Funciones particulares:

Asociación del variador Altivar 71 con motores síncronos:

El variador Altivar 71 también está adaptado para la alimentación de motores síncronos (con fuerza electromotriz sinusoidal) en lazo abierto y permite alcanzar un nivel de rendimiento comparable al obtenido con un motor asíncrono en control vectorial de flujo sin captador.

Esta asociación permite obtener una precisión de velocidad extraordinaria y el par máximo incluso con velocidad cero.

Debido a su diseño, los motores síncronos ofrecen unas dimensiones reducidas, una densidad de potencia y una dinámica de velocidad elevada.

El control del variador para los motores síncronos no genera deslizamiento.

Utilización de motores especiales de alta velocidad:

Estos motores están diseñados para aplicaciones de par constante con rangos de frecuencias elevadas.

El variador Altivar 71 permite frecuencias de funcionamiento de hasta 1.000 Hz.

Debido a su diseño, este tipo de motores es más sensible que un motor estándar a las sobretensiones.

Existen diferentes soluciones:

- Función de limitación de sobretensiones.
- Filtros de salida.

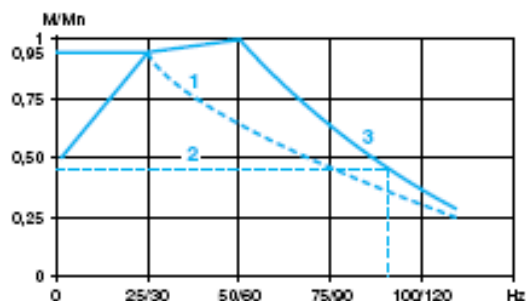
Su ley de control tensión / frecuencia en 5 puntos está especialmente adaptada, ya que evita las resonancias.

Utilización de motores en sobrevelocidad:

La frecuencia máxima de salida del variador se puede ajustar de 10 a 1.000 Hz para los variadores de potencia inferior o igual a 37 kW, y de 10 a 500 Hz para las potencias superiores.

Para la utilización de un motor asíncrono normalizado en sobrevelocidad, asegurarse con el fabricante acerca de las posibilidades mecánicas de sobrevelocidad del motor elegido.

Al rebasar su velocidad nominal, correspondiente a una frecuencia de 50/60 Hz, el motor funciona con flujo decreciente y el par se reduce significativamente.



Utilización de motores en sobrevelocidad.

La aplicación debe permitir el funcionamiento con par reducido a gran velocidad.

- 1 - Par de la máquina (par decreciente).
- 2 - Par de la máquina (par del motor reducido).
- 3 - Par permanente del motor.

Aplicaciones típicas:

Máquinas para madera, brocas, elevación de alta velocidad...

Potencia del motor inferior a la potencia del variador:

El variador Altivar 71 puede alimentar todo tipo de motores cuya potencia sea inferior a la establecida para el variador utilizado.

Esta asociación resulta idónea para las aplicaciones que requieran un elevado sobrepas intermitente.

Aplicaciones típicas:

Máquinas con par de arranque muy importante, machacadoras, trituradoras ...

Nota: En estos casos, se recomienda que el calibre del variador corresponda a la potencia normalizada inmediatamente superior a la del motor utilizado.

Ejemplo: Utilizar un motor de 11 kW con un variador de 15 kW.

Potencia de un motor autoventilado superior a la potencia del variador:

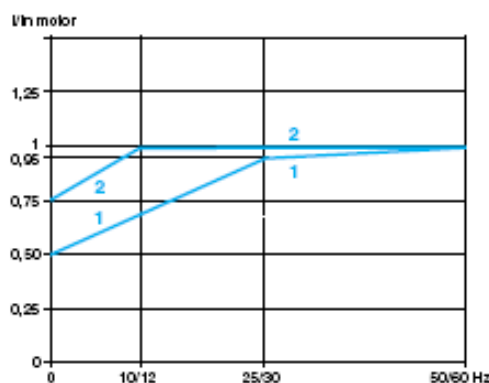
Esta asociación permite utilizar un motor autoventilado con un rango de velocidades mayor en régimen permanente.

Se puede utilizar un motor con potencia superior a la del variador a condición de que el motor absorba una cantidad de corriente inferior o igual a la corriente nominal del variador.

Nota: Limitar la potencia del motor a la potencia normalizada inmediatamente superior a la del variador.

Ejemplo: En una misma máquina, la asociación de un variador de 2,2 kW con un motor de 3 kW permite trabajar a la potencia nominal de la máquina (2,2 kW) a baja velocidad.

- 1 - Potencia del motor = potencia del variador = 2,2 kW.
- 2 - Variador de 2,2 kW asociado a un motor de 3 kW: rango de velocidad mayor a 2,2 kW.



Potencia de un motor autoventilado superior a la potencia del variador

Asociación de motores en paralelo:

La corriente nominal del variador debe ser superior o igual a la suma de las corrientes de los motores que se van a controlar.

En este caso, es preciso prever para cada motor una protección térmica externa por sondas o relés térmicos.

A partir de una determinada longitud de cable, teniendo en cuenta todas las derivaciones, se recomienda instalar un filtro de salida entre el variador y los motores o utilizar la función de limitación de sobretensión.

Cuando se utiliza en paralelo con varios motores, son posibles 2 casos:

- Los motores son de potencia equivalente; en este caso, los rendimientos de par siguen siendo óptimos tras ajustar el variador.

- Los motores son de potencias diferentes; en este caso, los rendimientos de par no serán óptimos para el conjunto de los motores.

Utilización de un motor de par constante hasta 87 / 104 Hz:

Un motor de 400 V, 50 Hz acoplado en estrella se puede utilizar con par constante hasta 87 Hz si está acoplado en triángulo.

En este caso particular, la potencia inicial del motor, así como la potencia del primer variador asociado, se multiplican por 3 (por lo que debe entonces elegirse un variador de potencia adaptada).

Ejemplo: Un motor 2,2 kW, 50 Hz acoplado en estrella suministra una potencia de 3,8 kW a 87 Hz con un acoplamiento en triángulo.

Nota: Asegurarse de estas posibilidades de funcionamiento del motor en sobrevelocidad.

Esquemas

Los esquemas propuestos a continuación, se referenciarán con productos de Schneider Electric, con el fin de facilitar la posibilidad de aplicarlos prácticamente.

Esquemas de conexión y aplicaciones:

NOTAS PREVIAS:

Conforme a la categoría 1 de la norma EN 954-1 y nivel SIL1 según la norma IEC-EN 61508:

- En la utilización de los esquemas de conexión presentados a continuación que utilizan un contactor de línea o un interruptor-seccionador Vario entre el variador y el motor, la función de seguridad “Power Renoval” no se utiliza y el motor se para según la categoría 0 de la norma IEC-EN 60204-1.

Conforme a la categoría 3 de la norma EN 954-1 y nivel SIL2 según la norma IEC-EN 61508:

- Los esquemas de conexión utilizan la función de seguridad “Power Renoval” del variador Altivar 71 asociado a un módulo de seguridad Preventa que permite supervisar circuitos de parada de emergencia.

Máquinas de bajo tiempo de parada en rueda libre (baja inercia o fuerte par resistente):

- Cuando se da la orden de activación en la entrada PWR con el motor controlado, la alimentación del motor se corta inmediatamente y se para según la categoría 0 de la norma IEC-EN 60204-1.
- Cuando se da la orden de activación después de la parada completa del motor, su re arranque no está permitido (“STO”). Esta parada segura se mantiene mientras que la entrada PWR permanece activada.
- Este esquema debe también utilizarse para las aplicaciones de elevación.
- Con una orden “Power Renoval”, el variador requiere el cierre del freno, pero un contacto del módulo de seguridad Preventa debe introducirse en serie en el circuito de control del freno para cerrarlo de forma segura en una solicitud de activación de la función de seguridad “Power Renoval”.

Máquinas de tiempo de parada largo en rueda libre (fuerte inercia o bajo par resistente):

- Cuando se da la orden de activación, se solicita la deceleración del motor controlado por el variador, tras una temporización controlada por un relé de seguridad (tipo Preventa) correspondiente al tiempo de deceleración, la función de seguridad “Power Renoval” se activa por la entrada PWR. El motor se para según la categoría 1 de la norma IEC-EN 60204-1 (“SS1”).

Prueba periódica:

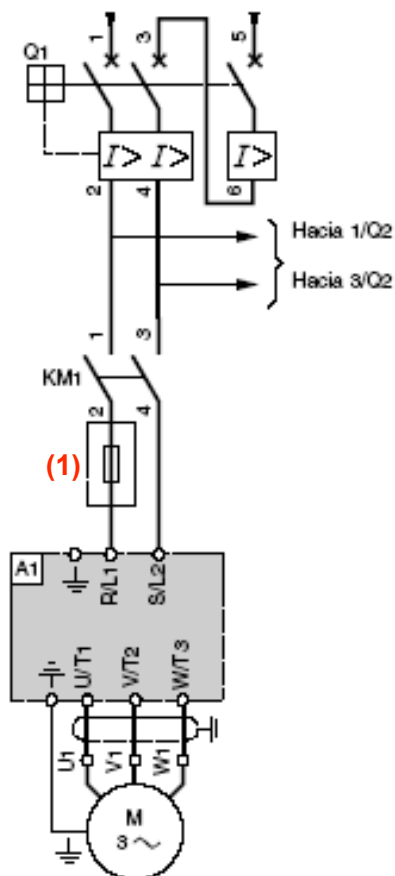
Para el mantenimiento preventivo, la entrada de seguridad “Power Renoval” debe activarse como mínimo una vez al año. Este mantenimiento preventivo debe ir precedido de un corte de la alimentación y seguido de una puesta en tensión del variador.

Si, durante la prueba, el corte de la alimentación de potencia del motor no se realiza, la integridad de seguridad ya no estará garantizada por la función de seguridad “Power Renoval”. En tal caso es obligatorio proceder a la sustitución del variador con el fin de garantizar la seguridad funcional de la máquina o del proceso del sistema.

Alimentación trifásica de corte aguas arriba por contactor:



Parte de potencia para alimentación monofásica:

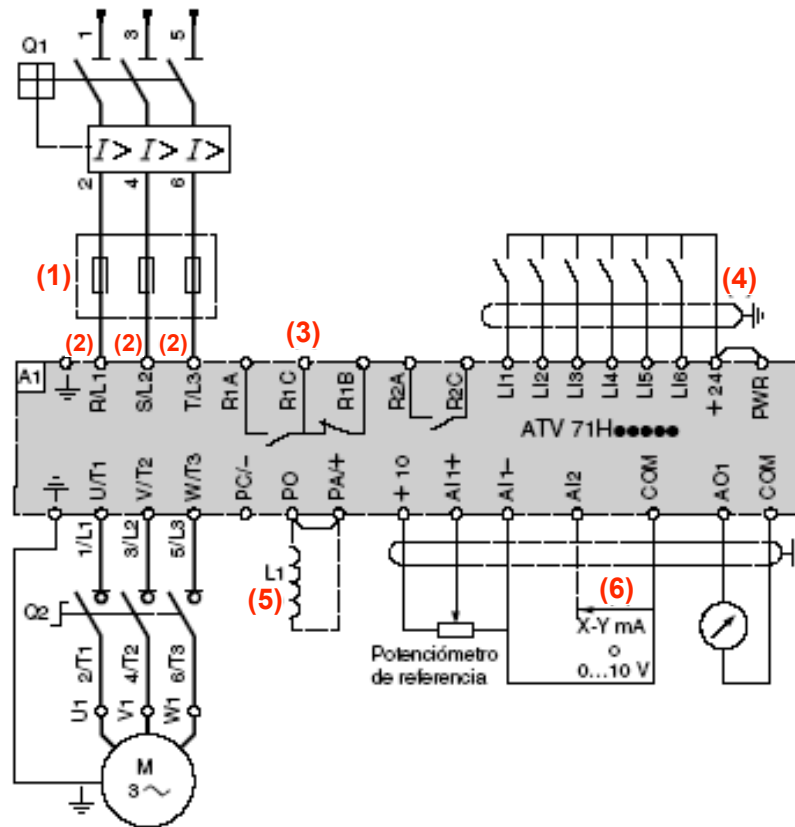


Parte de potencia para alimentación monofásica

Componentes para asociar (de los dos esquemas anteriores):

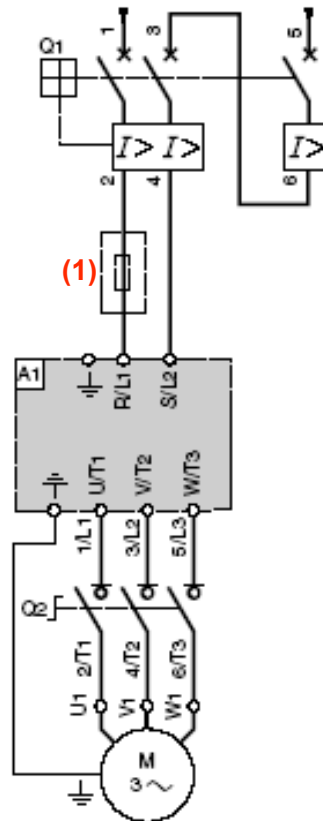
A1	Variador ATV 71.
KM1	Contactor.
L1	Inductancia DC.
Q1	Disyuntor.
Q2	GV2-L calibrado a 2 veces la corriente nominal primaria de T1.
Q3	GB2 CB05.
S1, S2	Pulsadores XB4 B o XB5 A.
T1	Transformador 100 VA secundario 220 V.

Alimentación trifásica de corte aguas abajo por interruptor- seccionador:



Alimentación trifásica de corte aguas abajo por interruptor - seccionador

Parte de potencia para alimentación monofásica:



Parte de potencia para alimentación monofásica

Componentes para asociar (de los dos esquemas anteriores):

- A1** Variador ATV 71.
- L1** Inductancia DC.
- Q1** Disyuntor.
- Q2** Interruptores - seccionadores (Vario).

Notas: En los esquemas anteriores todas las bornas están situadas en la parte inferior del variador.

Equipar con antiparasitarios todos los circuitos inductivos próximos al variador o acoplados al mismo circuito, como relés, contactores, electroválvulas, iluminación fluorescente, etc.

(1) Inductancia de línea (una o tres fases).

(2) Para los variadores ATV 71HC40N4 asociados a un motor de 400 kW y ATV 71HC50N4, consultar catálogo de fabricante.

(3) Contactos del relé de fallo. Permite indicar a distancia el estado del variador.

(4) La conexión del común de las entradas lógicas depende de la posición del conmutador SW1.

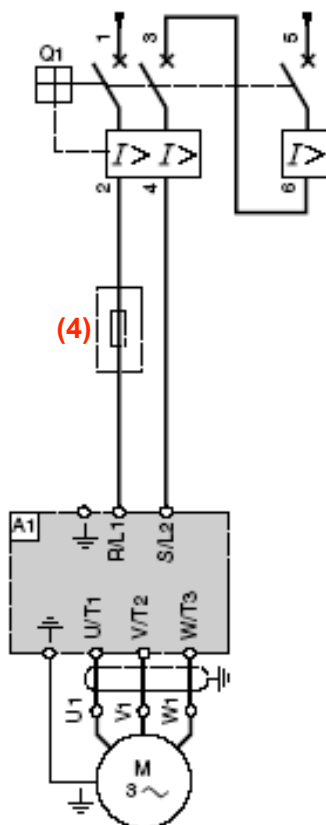
(5) Inductancia DC opcional para ATV 71HpppM3, ATV 71HD11M3X...HD45M3X, ATV 71H075N4...HD75N4. Se conecta en lugar del puente entre las bornas PO y PA/+. Para los ATV 71HD55M3X, HD75M3X, ATV 71HD90N4...HC50N4, la inductancia se suministra con el variador; su conexión corre a cargo del cliente.

(6) Entrada analógica configurable mediante software en corriente (0...20 mA) o tensión (0...10 V).

Alimentación trifásica, máquina de baja inercia, movimiento vertical:



Parte de potencia para alimentación monofásica:



Parte de potencia para alimentación monofásica

Notas: Todas las bornas están situadas en la parte inferior del variador.

Equipar con antiparasitarios todos los circuitos inductivos próximos al variador o acoplados al mismo circuito, como relés, contactores, electroválvulas, iluminación fluorescente, etc.

(1) Alimentación: CC o CA de 0 a 24 V, a 48 V, a 115 V, a 230 V.

(2) S2: Rearme del módulo XPS AC en la puesta en tensión o tras un paro de emergencia. ESC se puede utilizar para introducir condiciones de arranque externas.

(3) Solicita la parada en rueda libre del movimiento y activa la función de seguridad "Power Removal".

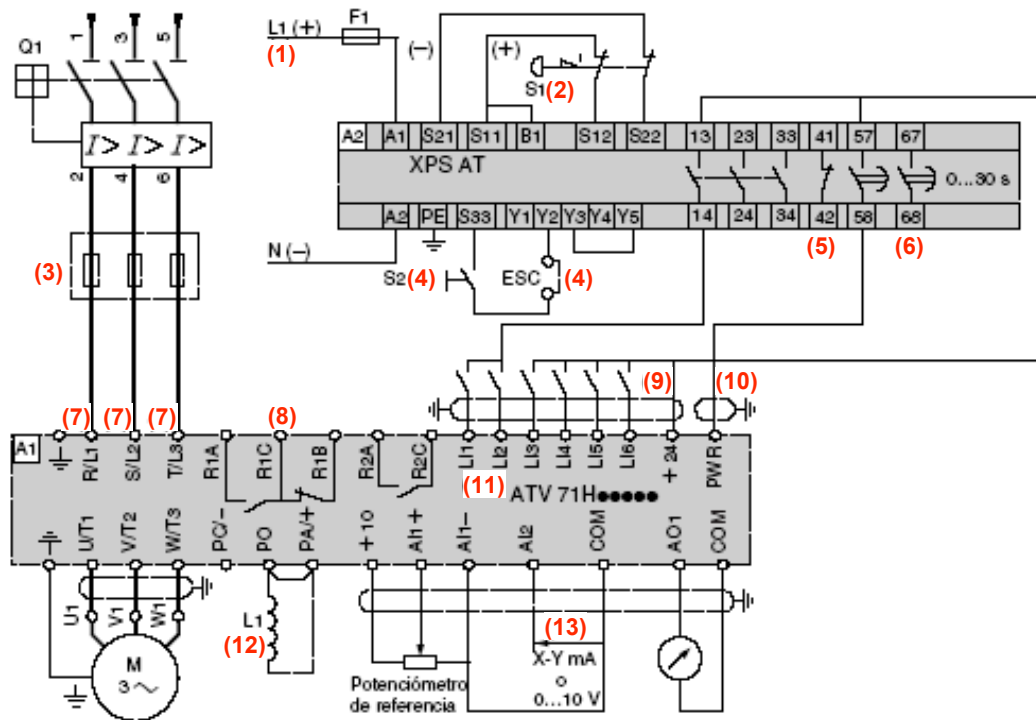
(4) Inductancia de línea (una o tres fases).

- (5) La salida lógica se puede utilizar para indicar que la máquina se encuentra en un estado de parada segura.
- (6) Para los variadores ATV 71HC40N4 asociados a un motor de 400 kW y ATV 71HC50N4.
- (7) Contactos del relé de fallo. Permite indicar a distancia el estado del variador.
- (8) La conexión del común de las entradas lógicas depende de la posición del conmutador SW1.
- (9) Cable coaxial normalizado de tipo RG174/U según MIL-C17 o KX3B según NF C 93-550, diámetro externo de 2,54 mm, longitud máxima de 2 m. Conectar obligatoriamente el blindaje del cable a tierra.
- (10) Inductancia DC opcional para ATV 71HppppM3, ATV 71HD11M3X...HD45M3X, ATV 71H075N4...HD75N4. Se conecta en lugar del puente entre las bornas PO y PA / +. Para los ATV 71HD55M3X, HD75M3X, ATV 71HD90N4...HC50N4, la inductancia se suministra con el variador; su conexión corre a cargo del cliente.
- (11) Entrada analógica configurable mediante software en corriente (0...20 mA) o tensión (0...10 V).

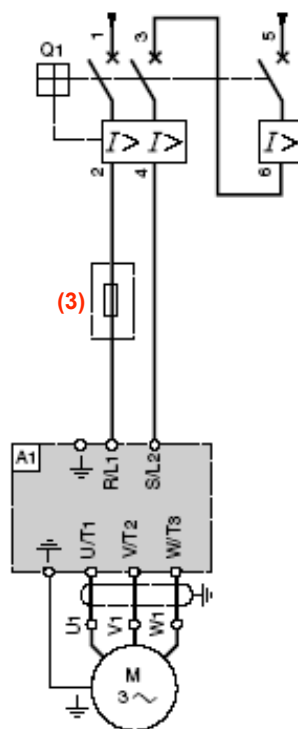
Componentes para asociar (de los dos esquemas anteriores):

- | | |
|-----------|--|
| A1 | Variador ATV 71. |
| A2 | Módulo de seguridad Preventa XPS AC para control de paro de emergencia e interruptores. Un módulo de seguridad puede gestionar la función "Power Renoval" de varios variadores de una misma máquina. |
| F1 | Fusible. |
| L1 | Inductancia DC. |
| Q1 | Disyuntor. |
| S1 | Botón de Paro de emergencia con 2 contactos. |
| S2 | Pulsador XB4 B o XB5 A. |

Alimentación trifásica, máquina de fuerte inercia:



Parte de potencia para alimentación monofásica:



Parte de potencia para alimentación monofásica

Notas: Todas las bornas están situadas en la parte inferior del variador. Equipar con antiparasitarios todos los circuitos inductivos próximos al variador o acoplados al mismo circuito, como relés, contactores, electroválvulas, iluminación fluorescente, etc.

- (1) Alimentación: CC o CA de 0 a 24 V, a 115 V, a 230 V.
- (2) Solicita la parada controlada del movimiento y activa la función de seguridad “Power Removal”.
- (3) Inductancia de línea (una o tres fases).
- (4) S2: Rearme del módulo XPS AT en la puesta en tensión o tras una parada de emergencia. ESC se puede utilizar para introducir condiciones de arranque externas.
- (5) El contacto “NC” se puede utilizar para indicar que la máquina se encuentra en un estado de parada segura.

- (6) Para los tiempos de parada que necesiten más de 30 segundos en la categoría 1, utilizar un módulo de seguridad Preventa XPS AV que permita una temporización máxima de 300 segundos.
- (7) Para los variadores ATV 71HC40N4 asociados a un motor de 400 kW y ATV 71HC50N4.
- (8) Contactos del relé de fallo. Permite indicar a distancia el estado del variador.
- (9) La conexión del común de las entradas lógicas depende de la posición del conmutador SW1.
- (10) Cable coaxial normalizado de tipo RG174/U según MIL-C17 o KX3B según NF C 93-550, diámetro externo de 2,54 mm, longitud máxima de 2 m. Conectar obligatoriamente el blindaje del cable a tierra.
- (11) Las entradas lógicas LI1 y LI2 deben asignarse al sentido de rotación: LI1, marcha adelante y LI2, marcha atrás.
- (12) Inductancia DC opcional para ATV 71HppppM3, ATV 71HD11M3X...HD45M3X, ATV 71H075N4...HD75N4. Se conecta en lugar del puente entre las bornas PO y PA / +. Para los ATV 71HD55M3X, HD75M3X, ATV 71HD90N4...HC50N4, la inductancia se suministra con el variador; su conexión corre a cargo del cliente.
- (13) Entrada analógica configurable mediante software en corriente (0...20 mA) o tensión (0...10 V).

Componentes para asociar (de los dos esquemas anteriores):

- | | |
|-----------|---|
| A1 | Variador ATV 71. |
| A2 | (6) Módulo de seguridad Preventa XPS AT para control de paro de emergencia e interruptores. Un módulo de seguridad puede gestionar la función de seguridad “Power Renoval” de varios variadores de una misma máquina, pero la temporización debe ajustarse en el variador que controla el motor que necesita el tiempo de parada más largo. |
| F1 | Fusible. |
| L1 | Inductancia DC. |
| Q1 | Disyuntor. |
| S1 | Botón de Paro de emergencia con 2 contactos. |
| S2 | Pulsador XB4 B o XB5 A. |

Aplicaciones

La gama de variadores de velocidad actuales permite satisfacer las mayores exigencias gracias a los diferentes tipos de control motor y las numerosas funcionalidades integradas.

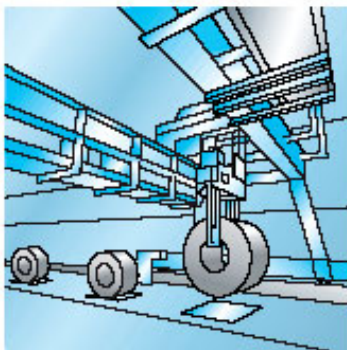
Está adaptada a los accionamientos más exigentes:

- Par y precisión de velocidad a velocidad muy baja, dinámica elevada con control vectorial de flujo con o sin captador.
- Gama de frecuencia ampliada para los motores de alta velocidad.
- Puesta en paralelo de motores y accionamientos especiales gracias a la ley de tensión / frecuencia.
- Precisión de velocidad estática y ahorro energético para los motores síncronos de lazo abierto.
- Flexibilidad sin sacudidas para las máquinas excéntricas con el ENA System (Energy Adaptation System).

Las funciones de los actuales variadores de velocidad aumentan el rendimiento y la flexibilidad de uso de las máquinas para múltiples aplicaciones.

Elevación:

- Control de freno adaptado a los movimientos de translación, de elevación y de giro.
- Medida de la carga por sensor externo.
- Elevación a gran velocidad.
- Gestión de retorno de freno.
- Gestión de interruptores de final de carrera.



Elevación

Manutención:

- Tiempo de reacción muy corto con una orden de control: 2 ms ($\pm$ 0,5 ms).
- Consigna por tren de impulsos o por entrada analógica diferencial.
- Control por las principales redes de comunicación.
- Posicionamiento por interruptores de final de carrera con optimización del tiempo a baja velocidad.
- Multiparametrage por conmutación de juegos de parámetros.

Embalaje:

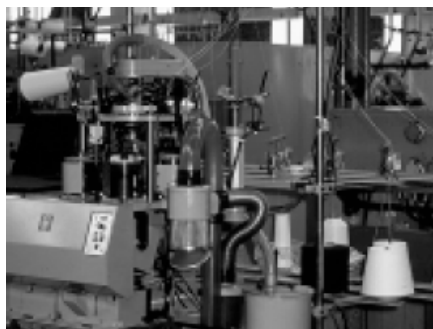
- Hasta 50 Hz de ancho de banda.
- Tiempo de reacción muy corto con un cambio de control: 2 ms ($\pm$ 0,5 ms).
- Control por bus CANopen integrado.
- Posicionamiento en interruptores de fin de recorridos.



Embalaje

Máquinas textiles:

- Alta resolución de la consigna numérica de velocidad (1 / 32.000).
- Precisión de velocidad sea cual sea la carga por uso del motor síncrono.
- Ancho de banda elevado.
- Función de guiado de hilo.
- Conexión al bus de continua común.



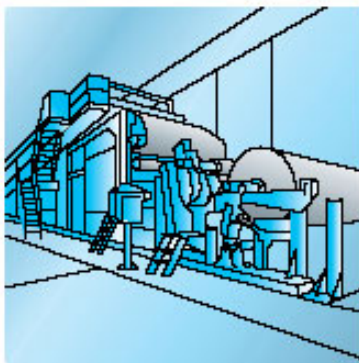
Maquinas textiles

Máquinas para madera:

- Funcionamiento hasta 1.000 Hz.
- Parada controlada tras corte de red lo más rápido posible.
- Control por bus CANopen integrado.
- Protección del motor contra las sobretensiones.

Máquinas de proceso:

- Regulador PID.
- Alta resolución de la consigna.
- Control de velocidad o de par.
- Conexión a las principales redes de comunicación.
- Alimentación separada del control.
- Unidad de frenado por reinyección en la red.
- Conexión al bus de continua común.



Proceso

Ascensores:

- Control de freno adaptado para la comodidad en la cabina.
- Tratamiento de la medida de la carga por sensor externo.
- Conformidad de los relés con la norma de seguridad del ascensor EN 81-13-2-2-3.
- Conexión con el bus CANopen.
- Mando con control de integridad del contactor de salida.
- Función de liberación de la cabina.



Ascensores

Los variadores de velocidad ofrecen además un gran número de opciones muy completas que permiten adaptarlo a las máquinas más complejas y modernas:

- Mezcladoras.
- Dosificadoras.
- Precintadoras.
- Paletizadoras.



Paletización

- Amasadoras.
- Ensacadoras.
- Etiquetadoras.

2.4. Elementos de frenado

Existen diferentes sistemas de frenado, que podemos englobar en los siguientes grupos:

Frenos mecánicos.

Frenos hidráulicos.

Frenos eléctricos.

Frenos electrónicos.

2.4.1. El freno mecánico y el hidráulico

Son sistemas de frenado utilizados esencialmente a máquina parada, con el fin de conseguir una segura inmovilidad, dado que con respecto al frenado eléctrico o electrónico, el mecánico o hidráulico, tienen el inconveniente de las piezas de fricción con la desventaja de los desgastes de las dichas piezas (ferodos).

2.4.2. Los frenos eléctricos y electrónicos

Frenado eléctrico de los motores asíncronos trifásicos:

En numerosas aplicaciones, la parada del motor se lleva a cabo por simple deceleración natural. En estos casos, el tiempo de deceleración depende exclusivamente de la inercia de la máquina accionada.

Sin embargo, en muchas ocasiones es necesario reducir este tiempo, y el frenado eléctrico constituye una solución eficaz y simple. Con respecto al frenado mecánico o hidráulico, ofrece la ventaja de la regularidad y el no utilizar ninguna pieza de desgaste.

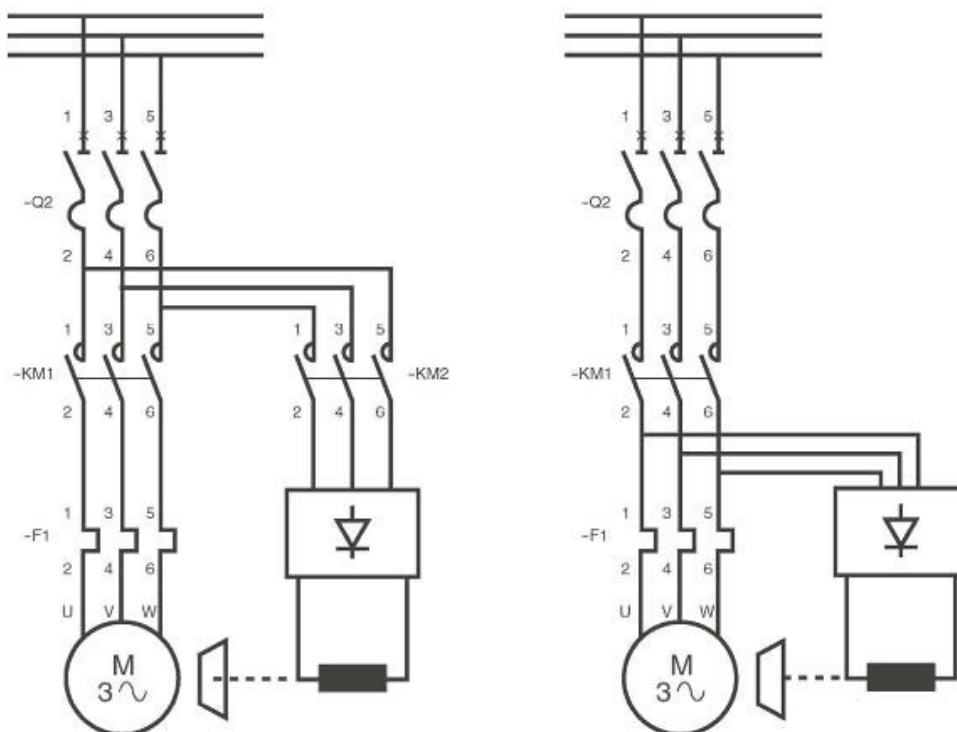
Existen diferentes formas de frenado eléctrico:

Frenado por contracorrente:

Este método consiste en reconectar el motor a la red en sentido inverso después de haberlo aislado y mientras sigue girando.

Es un método de frenado muy eficaz, pero debe detenerse con antelación suficiente para evitar que el motor comience a girar en sentido contrario.

Se utilizan varios dispositivos automáticos para controlar la parada en el momento en que la velocidad se aproxima a cero:



Diferentes formas de conexión del freno electromecánico

- Detectores de parada de fricción.
- Detectores de parada centrífugos.
- Dispositivos cronométricos.
- Etc.

Frenado por contracorriente en el motor de jaula:

Antes de adoptar este sistema, es imprescindible comprobar que el motor sea capaz de soportar frenados por contracorriente.

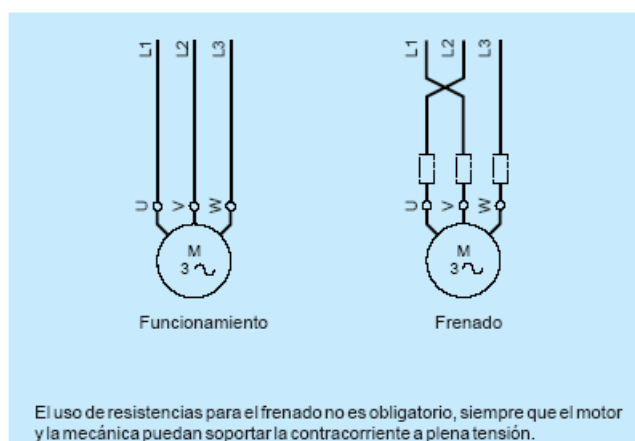
Además de las restricciones mecánicas, este procedimiento impone ciertas limitaciones térmicas importantes al rotor, ya que la energía correspondiente a cada frenado (energía de deslizamiento tomada de la red y energía cinética) se disipa en la jaula.

En el momento del frenado, las puntas de corriente y de par son claramente superiores a las que se producen durante el arranque.

Para obtener un frenado sin brusquedad, suele insertarse una resistencia en serie con cada fase del estator durante el acoplamiento en contracorriente.

A continuación, el par y la corriente se reducen como en el caso del arranque estático.

Los inconvenientes del frenado por contracorriente de los motores de jaula son tan importantes que este método sólo se utiliza en ciertas aplicaciones con motores de escasa potencia.



Frenado por contracorriente de un motor de jaula

Frenado por contracorriente en el motor de anillos:

Para limitar la punta de corriente y de par, antes de acoplar el estator del motor a contracorriente, es obligatorio volver a insertar las resistencias rotóricas utilizadas durante el arranque.

También suele ser necesario añadir una sección adicional denominada de frenado.

El par de frenado puede regularse fácilmente mediante la elección de una resistencia rotórica adecuada.

La tensión rotórica en el momento de la inversión es casi doble a la del momento de la parada, lo que puede obligar a tomar precauciones especiales de aislamiento.

Al igual que sucede con los motores de jaula, el circuito rotórico produce una gran cantidad de energía que, en gran medida, se disipa en las resistencias.

Es posible controlar automáticamente la parada al alcanzar la velocidad nula por medio de uno de los dispositivos mencionados anteriormente o mediante la acción de un relé de tensión o de frecuencia insertado en el circuito rotórico.

Este sistema permite retener una carga arrastrante a velocidad moderada.

La característica es muy inestable (fuertes variaciones de velocidad por débiles variaciones de par).

Frenado por inyección de corriente rectificada:

Este modo de frenado se utiliza en motores de anillos y de jaula.

Comparado con el sistema de contracorriente, el coste de la fuente de corriente rectificada se ve compensado por el menor volumen de las resistencias.

Con los variadores y arrancadores electrónicos, esta posibilidad de frenado se ofrece sin suplemento de precio.

El proceso consiste en enviar corriente rectificada al estator previamente separado de la red.

Dicha corriente crea un flujo fijo en el espacio. Para que el valor del flujo corresponda a un frenado adecuado, la corriente debe ser aproximadamente 1,3 veces la corriente nominal.

Generalmente, el excedente de pérdidas térmicas causado por esta ligera sobreintensidad se compensa por el tiempo de parada que sigue al frenado.

Dado que el valor de la corriente queda establecido por la única resistencia de los devanados del estator, la tensión de la fuente de corriente rectificada es débil.

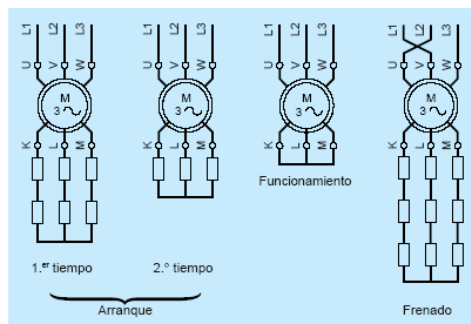
Dicha fuente suele constar de rectificadores o proceder de los variadores. Estos elementos deben poder soportar las sobretensiones transitorias producidas por los devanados recién desconectados de la red alterna (por ejemplo, a 380 voltios eficaces).

El movimiento del rotor representa un deslizamiento con respecto a un campo fijo del espacio (mientras que, en el sistema de contracorriente, el campo gira en sentido inverso).

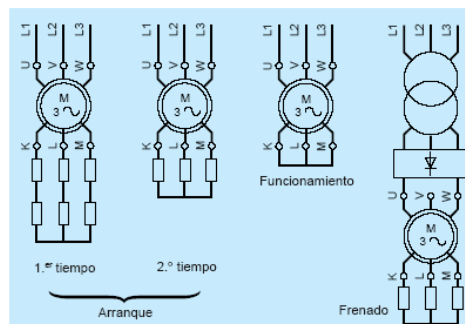
El motor actúa como un generador síncrono que suministra corriente al rotor.

Las características que se obtienen con un sistema de frenado por inyección de corriente rectificada son muy diferentes a las que resultan de un sistema de contracorriente:

- La energía disipada en las resistencias rotóricas o en la jaula es menor. Se trata únicamente del equivalente a la energía mecánica comunicada por las masas en movimiento. La única energía que procede de la red es la excitación del estator.
- Si la carga no es arrastrante, el motor no vuelve a arrancar en sentido contrario.



**Frenado por contracorrente
de un motor de anillos**



**Frenado por inyección de cc
de un motor de anillos**

- Si la carga es arrastrante, el sistema proporciona un frenado permanente que retiene la carga a baja velocidad. La característica es mucho más estable que en contracorrente.

En el caso de los motores de anillos, las características de par-velocidad dependen de la elección de las resistencias.

En el caso de los motores de jaula, este sistema permite regular fácilmente el par de frenado actuando sobre la corriente continua de excitación.

Para evitar recalentamientos inútiles, es preciso prever un dispositivo que corte la corriente del estator una vez concluido el frenado.

Frenado por funcionamiento en hipersíncrono:

En este caso, el motor es accionado por su carga superando la velocidad de sincronismo, se comporta como un generador asíncrono y desarrolla un par de frenado.

La red recupera prácticamente toda la pérdida de energía.

En el caso de los motores de elevación, este tipo de funcionamiento provoca la bajada de la carga a la velocidad nominal.

El par de frenado equilibra con precisión el par generado por la carga y proporciona una marcha a velocidad constante (no una deceleración).

En el caso de los motores de anillos, es fundamental cortocircuitar la totalidad o parte de las resistencias rotóricas para evitar que el motor se accione a una velocidad muy superior a la nominal, con los riesgos mecánicos que ello implicaría.

Este método ofrece todas las propiedades idóneas de un sistema de retención de carga arrastrante:

- La velocidad es estable y prácticamente independiente del par arrastrante.
- La energía se recupera y se envía de nuevo a la red.

Sin embargo, sólo corresponde a una velocidad: Aproximadamente a la velocidad nominal.

Los motores de varias velocidades también emplean el frenado hipersíncrono durante el paso de alta a baja velocidad.

Otros sistemas de frenado:

Todavía puede encontrarse el **frenado monofásico**, que consiste en alimentar el motor por las dos fases de la red. En vacío, la velocidad es nula. Este funcionamiento va acompañado de desequilibrios y pérdidas importantes.

Cabe mencionar igualmente el **frenado por ralentizador de corrientes de Foucault**. La energía mecánica se disipa en calor dentro del ralentizador. La regulación del frenado se realiza con facilidad mediante un devanado de excitación. Sin embargo, el fuerte aumento de inercia es un inconveniente.

Frenos electrónicos:

Generalidades:

Funciones:

Los frenos electrónicos permiten frenar de forma eficaz y ajustada cualquier motor asíncrono de jaula.

Pueden integrarse en los arrancadores clásicos siempre que sea necesario detener rápidamente una máquina (cadencia, seguridad, vibraciones).

Campos de aplicación:

La diferencia entre los sistemas de frenado mecánicos y eléctricos, cuya utilización sigue estando muy difundida, y los frenos electrónicos consiste en la posibilidad de ajustar en estos últimos, de forma precisa, fácil y estable:

- El par de frenado.
- De eliminar el desgaste y por tanto el mantenimiento.
- De reducir el tiempo de interrupción de la producción y de permitir cadencias elevadas en los equipos que así lo permitan.

Estos frenos resultan especialmente adecuados para:

- Máquinas de elevada inercia:
- Ventiladores.

- Máquinas centrífugas.
- Etc.
- Máquinas sometidas a fuertes vibraciones durante el periodo de deceleración:
 - Machacadoras.
 - Trituradoras.
 - Compresores de pistón.
 - Etc.
- Máquinas peligrosas:
 - Máquinas–herramienta.
 - Máquinas para la madera.
 - Máquinas para carnicería.

Para estas últimas aplicaciones, es necesario acompañar el freno electrónico con un freno mecánico que bloquee la máquina durante la parada y pueda utilizarse en caso de fallo de la red de alimentación.

El freno mecánico puede estar infradimensionado y su desgaste será mínimo.

Principio de funcionamiento:

Después del corte de alimentación del motor, el freno electrónico inyecta una corriente rectificada en los devanados del motor.

El usuario puede controlar el par de frenado mediante el ajuste de un potenciómetro de intensidad de frenado.

Cuanta más corriente se inyecte, más eficaz será el frenado. Este valor no debe ser excesivo para no destruir el motor y/o el freno.

Un segundo potenciómetro permite ajustar el tiempo de inyección de corriente continua, o sea, el tiempo de frenado.

Para un cálculo simplificado del tiempo de frenado, puede aplicarse la fórmula siguiente:

$$T_f = 0,1 \times \frac{(I \text{ de arranque directo})^2}{(I \text{ de frenado})^2} \times \frac{J_n}{\text{Par de calado}}$$

Tf: Tiempo de frenado en segundos.

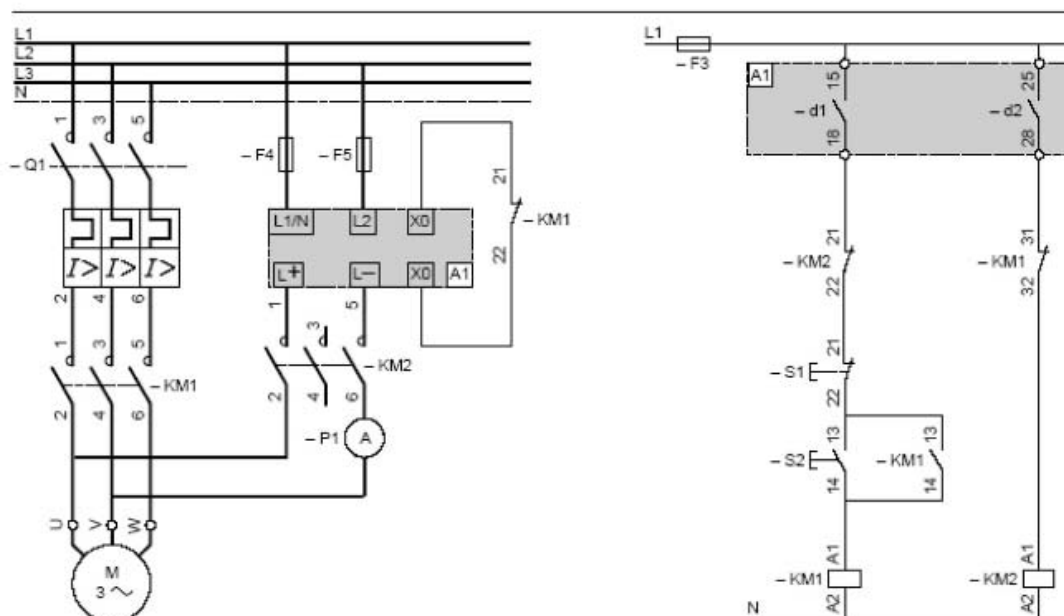
I de arranque directo: Corriente del motor (en amperios), rotor bloqueado.

I de frenado:	Corriente ajustada (en amperios) durante el frenado. Esta corriente normalmente está comprendida entre 1 y 2 veces la corriente nominal del motor.
J:	Inercias totales comunicadas al motor (en kgm^2), incluida la inercia del motor.
n:	Velocidad de rotación del motor en revoluciones por minuto.
Par de calado:	Par del motor con rotor bloqueado (N.m)

Opcionalmente, es posible utilizar módulos específicos que permiten detectar automáticamente la parada del motor y reducir así su calentamiento al mínimo (1).

(1) - Ejem.: LA1-ATP03 de Schneider Electric.

Pueden utilizarse otros dos módulos, uno (LA1-ATP01) que garantiza la compatibilidad con los autómatas y permite un diálogo directo sin interface, y otro (LA1-ATP04) que ofrece información para pilotar un contactor que permita desmagnetizar rápidamente el motor (disminución del tiempo de parada).



En este cuadro de asociación, los componentes responden a los siguientes criterios:

- disyuntor-motor Q1 (1) y contactor KM1 elegidos independientemente del módulo de frenado utilizado,
- el contactor de desmagnetización con 3 polos en paralelo,
- KM1 elegido en función de la corriente en AC-3 para 1,5 millones de ciclos de maniobras,
- KM2 elegido en función de la corriente máxima de frenado suministrada por el módulo en régimen severo ($\theta \leq 55^\circ\text{C}$),
- KM3 elegido en función de la corriente I_n del motor durante un instante, conservando el poder de cierre necesario.

Esquema recomendado para módulos de frenado

2.4.3. El variador de velocidad

El elemento que nos permite mayores y mejores opciones de frenado, es el variador de velocidad; ventaja sumada al resto de sus propiedades: Regulación del arranque, control y variación de la velocidad, control y variación de las aceleraciones, etc.

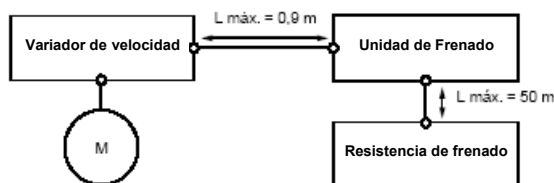
Existen diferentes sistemas de frenado aplicables al variador de velocidad, la mayoría de ellos definidos y comentados en capítulos anteriores, por lo que vamos a ampliar detalles en el sistema mas completo empleado: La utilización de resistencias de frenado.

Presentación:

Las unidades y las resistencias de frenado suelen ser módulos externos.

Permiten hacer funcionar los variadores, en frenado para parada o en marcha como “generador”, disipando la energía del frenado en la resistencia.

Las resistencias están pensadas para montarse en el exterior del armario; la ventilación natural no debe verse afectada y las entradas y salidas de aire no deben estar obstruidas, ni siquiera parcialmente. El aire no debe tener polvo, gases corrosivos ni condensación.



Esquema de principio

Determinación de la unidad y la resistencia de frenado:

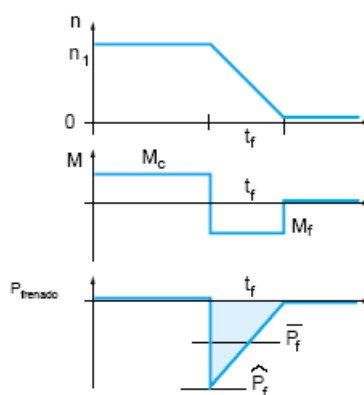
El cálculo de las diferentes potencias de frenado permite determinar la unidad y la resistencia de frenado.

Presentación de los dos tipos de funcionamiento principales: A y B.

A: La potencia de frenado durante la deceleración se caracteriza por una potencia de pico (**A**) obtenida al principio de la deceleración, que decrece hasta 0 proporcionalmente a la velocidad.

(A): $\hat{P}_f$

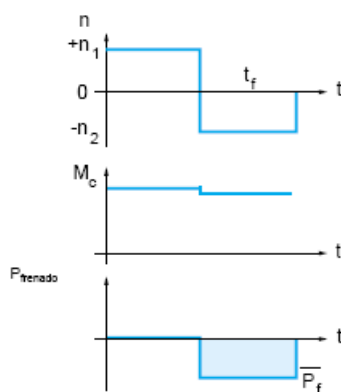
Ejemplo: Parada de centrifugadoras, translación, inversión del sentido, etc.



Curvas de frenado tipo A

B: La potencia de frenado de velocidad constante n_2

Ejemplo: Movimiento vertical en la bajada, banco de pruebas motor/generador, cintas transportadoras inclinadas, etc.



Curvas de frenado tipo B

Observación: Estos dos tipos de funcionamiento, A y B se pueden combinar.

En los dos gráficos anteriores:

n_1 : Velocidad del motor [rpm]

n_2 : Velocidad del motor durante la deceleración [rpm]

M_c : Par de la carga [Nm]

M_f : Par de frenado [Nm]

t_f : Tiempo de frenado [s]

$\hat{P}_f$: Potencia máxima de frenado [W]

$\bar{P}_f$: Potencia media de frenado durante t_f [W]

Tipo de funcionamiento A:

Cálculo del tiempo de frenado a partir de la inercia:

$$t_f = \frac{J \cdot \omega}{M_f + M_r} \quad \omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} \quad M_f = \frac{\Sigma J \cdot (n_1 - n_2)}{9,55 \cdot t_f}$$

$$\hat{P}_f = \frac{M_f \cdot n_1}{9,55} \quad \bar{P}_f = \frac{\hat{P}_f}{2}$$

En donde:

M_t : Par de frenado del motor (Nm).

ΣJ : Total de las inercias transmitidas al motor (Kgm²).

n_1 : Velocidad del motor antes del reductor (rpm).

n_2 : Velocidad del motor después del reductor (rpm).

t_r : Tiempo de frenado (s).

$\hat{P}_f$: Potencia de pico de frenado (W).

$\bar{P}_f$: Potencia media de frenado durante el tiempo t_f (W).

Tipo de funcionamiento B:

1: Potencia de frenado de una carga en movimiento horizontal con una *deceleración* constante. (Ej.: Carro).

$$W = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad \bar{P}_f = \frac{W}{t_f}$$

$$\hat{P}_f = \bar{P}_f \cdot 2$$

2: Potencia de frenado de una carga activa (Ej.: Banco de ensayos).

$$P_f = \frac{M_f \cdot n}{9,55}$$

3: Potencia de frenado de un movimiento vertical en la bajada.

$$\bar{P}_f = m \cdot g \cdot v \quad \widehat{P}_f = m \cdot (g + a) \cdot v + \frac{J \cdot \omega^2}{t_f} \quad \omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

Todos los cálculos de la potencia de frenado son ciertos únicamente si se considera que no existen pérdidas ($\eta = 1$) y que no hay par resistente.

Para ser aún más precisos, es necesario considerar:

- Las pérdidas y el par resistente del sistema, que disminuyen la potencia de frenado necesaria.
- El par arrastrado, que aumenta la potencia de frenado (el viento, por ejemplo).

En donde:

W:	Energía cinética (Julios).
m	Peso (kg).
v:	Velocidad (m/s).
t_f:	Tiempo de frenado (s).
M_f:	Par de frenado (Nm).
n:	Velocidad del motor (rpm).
g:	Aceleración (9,81 m/s ²).
a:	Deceleración (m/s ²).
v:	Velocidad lineal en la bajada (m/s).
J:	Momento de inercia (kgms ²).
ω:	Velocidad angular (rad /s).
t_f:	Tiempo de parada en la bajada (s).
$\widehat{P}_f$	Potencia de pico de frenado (W).
$\bar{P}_f$	Potencia media de frenado durante el tiempo t _f (W).

2.5. Elementos de protección

Existen en la industria diversidad de fenómenos que se pueden producir en nuestras instalaciones, frente a los cuales deberemos protegerlas.

Las protecciones básicas son:

- Cortocircuitos.
- Sobrecargas.

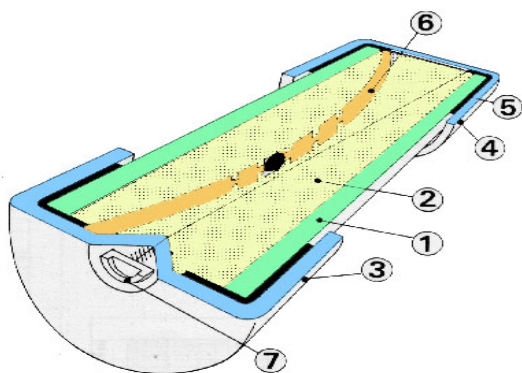
Entre las protecciones especiales las más significativas son:

- Asimetría de fases.
- Ausencia de fase.
- Fugas a tierra.
- Subcarga.
- Rotor de motor bloqueado
- Arranque de motor largo.
- Etc.

Veamos a continuación los distintos elementos empleados en dichas protecciones y su funcionamiento.

2.5.1. Los fusibles

Los fusibles son, entre otros, los elementos destinados a proteger nuestras instalaciones frente a los cortocircuitos.



Constitución de un fusible

1: Cuerpo cerámico.

2: Arena.

3: Contacto con indicador.

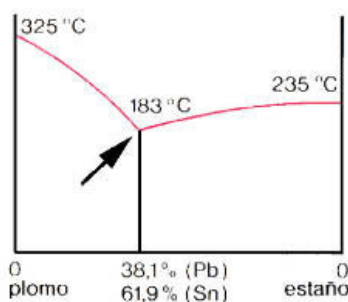
4: Contacto inferior.

5: Anillo de contacto.

6: Elemento de fusión.

7: Indicador de fusión.

Se basan en la capacidad de fusión de los materiales en determinadas condiciones, en nuestro caso, básicamente por el efecto de calor producido por una circulación de corriente, lo que produce una determinada temperatura, característica de la aleación empleada: Punto eutéctico.



Punto eutéctico de una aleación estaño / plomo

Un cortocircuito es el contacto directo de dos puntos con potenciales eléctricos distintos:

- En corriente alterna:
 - Contacto entre fases, entre fase y neutro o entre fases y masa conductora.
- En corriente continua:
 - Contacto entre los dos polos o entre la masa y el polo aislado.

Las causas pueden ser varias:

- Cables rotos, flojos o pelados.
- Presencia de cuerpos metálicos extraños.
- Depósitos conductores (polvo, humedad, etc.).
- Filtraciones de agua o de otros líquidos conductores.
- Deterioro del receptor o error de cableado durante la puesta en marcha o durante una manipulación.

El cortocircuito desencadena un brutal aumento de corriente que en milésimas de segundo puede alcanzar un valor cien veces superior al valor de la corriente de empleo.

Dicha corriente genera efectos electrodinámicos y térmicos que pueden dañar gravemente el equipo, los cables y los juegos de barras situados aguas arriba del punto de cortocircuito.

Por lo tanto, es preciso que los dispositivos de protección detecten el fallo e interrumpan el circuito rápidamente, a ser posible antes de que la corriente alcance su valor máximo.

Dichos dispositivos pueden ser:

- Fusibles, que interrumpen el circuito al fundirse, por lo que deben ser sustituidos.
- Disyuntores, que interrumpen el circuito abriendo los polos y que con un simple rearme se pueden volver a poner en servicio.

La protección contra los cortocircuitos puede estar integrada en aparatos de funciones múltiples, como los disyuntores motores y los contactores disyuntores.

Los fusibles proporcionan una protección fase a fase, con un poder de corte muy elevado y un volumen reducido.

Se pueden montar de dos maneras:

- En unos soportes específicos llamados portafusibles.
- En los seccionadores, en lugar de los casquillos o las barretas.

Se dividen en dos categorías:

- Fusibles “distribución” tipo **gG (1)**.

Protegen a la vez contra los cortocircuitos y contra las sobrecargas a los circuitos con picos de corriente poco elevados (ejemplo: circuitos resistivos).

Normalmente deben tener un calibre inmediatamente superior a la corriente del circuito protegido a plena carga.

(1) La norma IEC 269-2 ha cambiado la denominación “tipo g” por “tipo **gG**”.

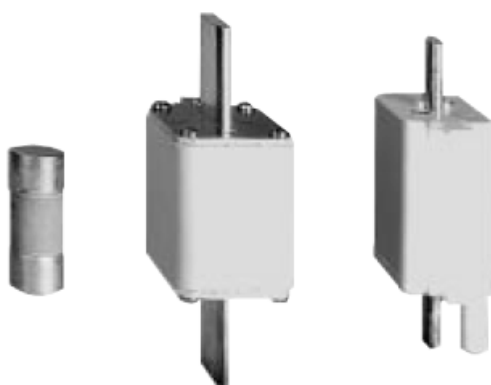
- Fusibles “motor” tipo **aM**.

Protegen contra los cortocircuitos a los circuitos sometidos a picos de corriente elevados (picos magnetizantes en la puesta bajo tensión de los primarios de transformadores o electroimanes, picos de arranque de motores asíncronos, etc.).

Las características de fusión de los fusibles **aM** “dejan pasar” las sobreintensidades, pero no ofrecen ninguna protección contra las sobrecargas.

En caso de que también sea necesario este tipo de protección, debe emplearse otro dispositivo (por ejemplo, un relé térmico).

Normalmente deben tener un calibre inmediatamente superior a la corriente del circuito protegido a plena carga.



Ejemplos de cortocircuitos - fusibles

Dispositivo de protección contra funcionamiento monofásico (dpfm):

Se puede instalar en un portafusibles multipolar o en un seccionador portafusibles.

Requiere fusibles con percutor (o indicadores de fusión).

Se trata de un dispositivo mecánico que se acciona mediante el percutor liberado cuando se funde un fusible.

Controla la apertura de un contacto conectado en serie con la bobina del contactor.

De este modo, queda garantizada la caída del mismo, es decir, la desconexión del receptor, incluso si sólo se funde un fusible.

También suele disponer de un contacto de cierre suplementario para señalar el fallo a distancia.

Corriente de cortocircuito presumible I_{cc} :

Es el valor eficaz de la corriente simétrica permanente que se establecería en el punto considerado del circuito si se cambiara el dispositivo de protección por un conductor de impedancia despreciable.

Este valor depende únicamente de la tensión de alimentación y de la impedancia por fase **Z₀** (transformador + línea).

Se demuestra que el cálculo de la corriente de cortocircuito trifásica equivale al de la corriente de cortocircuito monofásica establecida entre una fase y el neutro. Es igual al cociente de la tensión simple **E_o** (tensión entre fase y neutro) por la impedancia de línea **Z_o** por fase.

Dicha impedancia de línea incluye las resistencias **R** y las inductancias **L** de todos los elementos situados aguas arriba del cortocircuito.

$$\text{Impedancia de línea } Z_o = \sqrt{(\Sigma R^2) + (\Sigma L\omega^2)}$$

$$\text{Corriente de cortocircuito } I_{cc} = \frac{E_o}{Z_o}$$

Corriente de cortocircuito de un transformador:

Es la corriente que suministraría el secundario de un transformador en cortocircuito (cortocircuito atornillado), con una alimentación normal del primario.

En caso de cortocircuito en una instalación, este valor de corriente sólo se alcanza si el fallo se produce en las bornas del transformador.

En los demás casos, queda limitada a un valor inferior debido a la impedancia de línea.

La siguiente tabla muestra las magnitudes de corriente de cortocircuito para transformadores de fabricación normal con una tensión secundaria de 400 V.

S (kVA)	I_n (A)	I_{cc} (kA)
80	115	3
230	160	6
450	315	12
1.150	800	25
3.600	2.500	50

Efectos electrodinámicos:

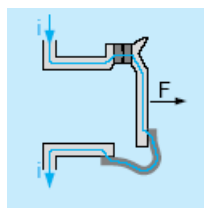
Entre dos conductores paralelos por los que circulan una corriente **i₁** e **i₂** aparece una fuerza que puede ser de atracción si las corrientes tienen el mismo sentido, y de repulsión si tienen sentidos opuestos.

Por norma general, ambos conductores forman parte de un mismo circuito con igual corriente y sentidos opuestos. En tal caso, la fuerza es de repulsión y proporcional al cuadrado de la corriente.

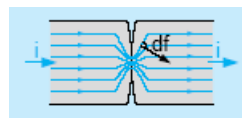
En un juego de barras, la fuerza que aparece entre 2 barras de 1 m de longitud, separadas por 5 cm y atravesadas por una corriente de cresta de 50 kA, alcanza un valor de 1.000 daN ó 1 tonelada.

En un polo del contactor, los contactos fijo y móvil se separan sin recibir la orden de apertura en cuanto la fuerza de repulsión supera el valor de la fuerza que ejerce el resorte de compresión. Esta fuerza de repulsión de contacto se debe:

- Al efecto de bucle: Un polo se presenta como un bucle más o menos perfecto en función de la forma de las piezas que lo conforman y del modelo de contactor; cada pieza del polo está sometida a una fuerza electrodinámica dirigida hacia el exterior del bucle.
- A la estricción de las líneas de corriente en la zona de contacto.



Efecto de bucle



Estricción de las líneas de corriente

Los esfuerzos electrodinámicos provocan en los componentes los siguientes efectos:

- Rotura o deformación de las piezas y de los juegos de barras.
- Repulsión de los contactos.
- Propagación de los arcos eléctricos.

Efectos térmicos:

Si se toma un conductor con una resistencia de 1 mW por el que circula una corriente eficaz de 50 kA durante 10 ms, la energía disipada de 2.500 julios equivale a una potencia de 250 kW.

En un contactor tripolar cuyos contactos se abren por repulsión generando arcos eléctricos, se puede estimar que la energía disipada es varias veces superior.

Los efectos térmicos de un cortocircuito provocan en los componentes los siguientes efectos:

- Fusión de los contactos, de los bobinados de las biláminas y de las conexiones.
- Calcinación de los materiales aislantes.

2.5.2. La protección magnética

La función de protección magnética permite cortar automáticamente la alimentación de un circuito o receptor cuando se produce un defecto por cortocircuito.

Es necesaria para proteger al operario y a la instalación.

Dada la naturaleza del cortocircuito:

- Fenómeno casi instantáneo.
- Aumento muy brusco de la corriente.
- Gran desprendimiento de energía (calor).

Deberemos poder garantizar mediante la protección magnética:

- El detectar la corriente rápidamente (di/dt).
- Abrir los contactos rápidamente.
- Limitar la corriente de cortocircuito.

Lo que obliga a que dichos dispositivos sean de respuesta muy rápida.

Como elementos de protección contra los cortocircuitos, contaremos con:

- Fusibles.
- Elementos magnéticos electromecánicos.
- Elementos magnéticos electrónicos.

Los disyuntores magnéticos:

Protegen los circuitos contra los cortocircuitos, dentro de los límites de su poder de corte a través de disparadores magnéticos (un disparador por fase).

También protegen contra los contactos indirectos, siguiendo las normas sobre regímenes de neutro (1), para los esquemas **TN** o **IT**.

(1) Regímenes de neutro:

En los regímenes de neutro intervienen básicamente:

El neutro:

Son los puntos neutros de los transformadores HT / MT y MT / BT, así como los conductores neutros por los que, en régimen equilibrado, no pasa ninguna corriente.

Las masas:

Son las partes conductoras accesibles de un material eléctrico que pueden ponerse en tensión en caso de defecto.

La tierra:

La tierra puede considerarse como un cuerpo conductor con un potencial que convencionalmente se fija en cero.

Regímenes baja tensión:

Existen tres regímenes del neutro en baja tensión definidos por esquemas y referenciados por dos letras.

Se trata de los regímenes **TN** (**C** o **S**), **TT** e **IT**.

La primera letra corresponde a la posición del neutro con respecto a la tierra, y la segunda a la situación de las masas.

El significado de cada letra es el siguiente:

T = Tierra

N = Neutro

I = Impedancia

C = Combinado

S = Separado

Esquema TNC:

Consiste en un neutro conectado a tierra y las masas al neutro. El conductor neutro y el de protección están combinados.

Esquema TNS:

Consiste en un neutro conectado a tierra y las masas al neutro, pero en este caso el conductor neutro está separado del de protección.

Esquema TT:

El neutro está directamente conectado a tierra, al igual que las masas, y esto mediante dos tomas de tierra separadas.

Esquema IT:

El neutro está conectado a tierra mediante una impedancia o aislado. Las masas están directamente conectadas a tierra.

Estos distintos regímenes permiten adaptar la protección a los locales y a los usos, respetando el tiempo de corte, basado en la duración de la resistencia de un individuo a los efectos de una corriente eléctrica, en función de la tensión de la misma (normalmente 50 V durante 5 segundos y 100 V durante 0,2 segundos).

Las redes de distribución de baja tensión de los abonados pueden asimilarse al esquema **TT**, excepto cuando éstos interponen un transformador de separación que les deja total libertad de elección.

El esquema **TT** es fácil de aplicar, pero queda restringido a instalaciones de extensión y complejidad limitadas. Se dispara al primer defecto y ofrece total seguridad.

El esquema **IT** tiene la particularidad de no dispararse hasta el segundo defecto. Así pues, está especialmente indicado en aquellos casos en los que sea necesaria la continuidad del servicio, lo que requiere un mantenimiento estricto para detectar el primer defecto e intervenir antes de que se produzca el segundo.

No obstante, el hecho de garantizar la continuidad de la alimentación sigue sin parecer suficiente a los informáticos, que prefieren el esquema **TNS**, incrementando las precauciones y los equipos específicos.

El esquema **TN** representa, con respecto al anterior, un importante ahorro de instalación. Este régimen es imprescindible con corrientes de fuga importantes.

Los esquemas **TT** pueden necesitar una protección diferencial residual (ver los esquemas de los regímenes de neutro).

Dependiendo del tipo de circuito que se desea proteger (distribución, motor, etc.), el umbral de disparo magnético se situará entre 3 y 15 veces de la corriente térmica **I_{th}**.

Dependiendo del tipo de disyuntor, dicho umbral de disparo puede ser fijo o ajustable por el usuario.

Todos los disyuntores pueden realizar cortes omnipolares: La puesta en funcionamiento de un solo disparador magnético basta para abrir simultáneamente todos los polos.

Cuando la corriente de cortocircuito no es muy elevada, los disyuntores funcionan a mayor velocidad que los fusibles.

Características principales:

Poder de corte:

Es el valor máximo estimado de corriente de cortocircuito que puede interrumpir un disyuntor con una tensión y en unas condiciones determinadas.

Se expresa en kiloamperios eficaces simétricos.

La norma IEC 947-2 define dos valores para el poder de corte de los disyuntores:

- El poder asignado de corte último **Icu**. Es el valor eficaz máximo de corriente que permite realizar un corte correctamente y a continuación una operación de cierre-apertura. Es prácticamente igual al poder de corte **Icn** ciclo P1 de la norma IEC 157-1.
- El poder asignado de corte de servicio **Ics**. Es el valor eficaz máximo de corriente que permite realizar un corte correctamente y a continuación dos operaciones de cierre-apertura. Es prácticamente igual al poder de corte **Icn** ciclo P2 de la norma IEC 157-1.

Poder de cierre:

Es el valor máximo de corriente que puede establecer un disyuntor con su tensión nominal en condiciones determinadas.

En corriente alterna, se expresa con el valor de cresta de la corriente.

El poder de cierre es igual a **k** veces el poder de corte, según se indica en la siguiente tabla (IEC 947-2).

PdCo	Cos φ	PdCi
4,5 kA < PdCo < 6 kA	0,7	1,5 PdCo
6 kA < PdCo < 10 kA	0,5	1,7 PdCo
10 kA < PdCo < 20 kA	0,3	2,0 PdCo
20 kA < PdCo < 50 kA	0,25	2,1 PdCo
50 kA < PdCo	0,2	2,2 PdCo

Autoprotección:

Es la aptitud que posee un aparato para limitar la corriente de cortocircuito con un valor inferior a su propio poder de corte, gracias a su impedancia interna.

Poder de limitación:

Un disyuntor es además limitador cuando el valor de la corriente que realmente se interrumpe en caso de fallo es muy inferior al de la corriente de cortocircuito estimado.

La limitación de la corriente de cortocircuito depende de la velocidad de apertura del aparato y de su capacidad para generar una tensión de arco superior a la tensión de la red.

Permite atenuar los efectos térmicos y electrodinámicos, proporcionando así una mejor protección a los cables y al aparellaje.

2.5.3. La protección térmica

Protección contra las sobrecargas:

Los fallos más habituales en las máquinas son las sobrecargas, que se manifiestan a través de un aumento de la corriente absorbida por los motores y de ciertos efectos térmicos.

El calentamiento normal de un motor eléctrico con una temperatura ambiente de 40°C depende del tipo de aislamiento que utilice.

Cada vez que se sobrepasa la temperatura límite de funcionamiento, los aislantes se desgastan prematuramente, acortando su vida útil.

Por ejemplo, cuando la temperatura de funcionamiento de un motor en régimen permanente sobrepasa en 10°C la temperatura definida por el tipo de aislamiento, la vida útil del motor se reduce un 50%.

Conviene señalar, no obstante, que cuando se produce un calentamiento excesivo como consecuencia de una sobrecarga, los efectos negativos no son inmediatos, siempre que ésta tenga una duración limitada y no se repita muy a menudo.

Por lo tanto, no conlleva necesariamente la parada del motor; sin embargo, es importante recuperar rápidamente las condiciones de funcionamiento normales.

De todo lo expuesto se deduce que la correcta protección contra las sobrecargas resulta imprescindible para:

- Optimizar la durabilidad de los motores, impidiendo que funcionen en condiciones de calentamiento anómalas.
- Garantizar la continuidad de explotación de las máquinas o las instalaciones evitando paradas imprevistas.
- Volver a arrancar después de un disparo con la mayor rapidez y las mejores condiciones de seguridad posibles para los equipos y las personas.

El sistema de protección contra las sobrecargas debe elegirse en función del nivel de protección deseado:

- Relés térmicos de biláminas o bimetálicos.
- Relés de sondas para termistancias PTC.
- Relés de máxima corriente.
- Relés electrónicos con sistemas de protección complementarios.

Esta protección también puede estar integrada en aparatos de funciones múltiples, como los disyuntores motores o los contactores disyuntores.



Relé térmico electrónico

Los relés térmicos bimetálicos:

Los relés térmicos de biláminas o bimetálicos son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas.

Se pueden utilizar en corriente alterna o continua.

Sus características más habituales son:

- Tripolares.
- Compensados, es decir, insensibles a los cambios de la temperatura ambiente.
- Sensibles a una pérdida de fase (1), por lo que evitan el funcionamiento monofásico del motor.
- De rearme automático o manual.
- De graduación en “amperios motor”: Visualización directa en el relé de la corriente indicada en la placa de características del motor.

(1) La norma IEC 947-4 sustituye el concepto de “relé diferencial” por el de “relé sensible a una pérdida de fase”.



Relé térmico bimetalico

Principio de funcionamiento de los relés térmicos tripolares:

Los relés térmicos tripolares poseen tres biláminas compuestas cada una por dos metales con coeficientes de dilatación muy diferentes unidos mediante laminación y rodeadas de un bobinado de calentamiento.

Cada bobinado de calentamiento está conectado en serie a una fase del motor. La corriente absorbida por el motor calienta los bobinados, haciendo que las biláminas se deformen en mayor o menor grado según la intensidad de dicha corriente.

La deformación de las biláminas provoca a su vez el movimiento giratorio de una leva o de un árbol unido al dispositivo de disparo.

Si la corriente absorbida por el receptor supera el valor de reglaje del relé, las biláminas se deformarán lo bastante como para que la pieza a la que están unidas las partes móviles de los contactos se libere del tope de sujeción.

Este movimiento causa la apertura brusca del contacto del relé intercalado en el circuito de la bobina del contactor y el cierre del contacto de señalización. El rearme no será posible hasta que se enfríen las biláminas.

Compensación de la temperatura ambiente:

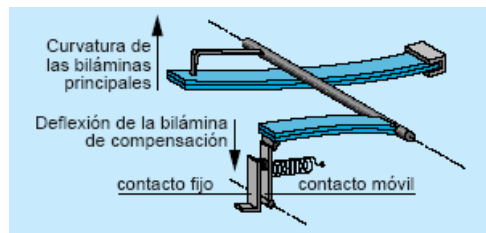
La curvatura que adoptan las biláminas no sólo se debe al calentamiento que provoca la corriente que circula en las fases, sino también a los cambios de la temperatura ambiente.

Este factor ambiental se corrige con una bilámina de compensación sensible únicamente a los cambios de la temperatura ambiente y que está montada en oposición a los bimetáles principales.

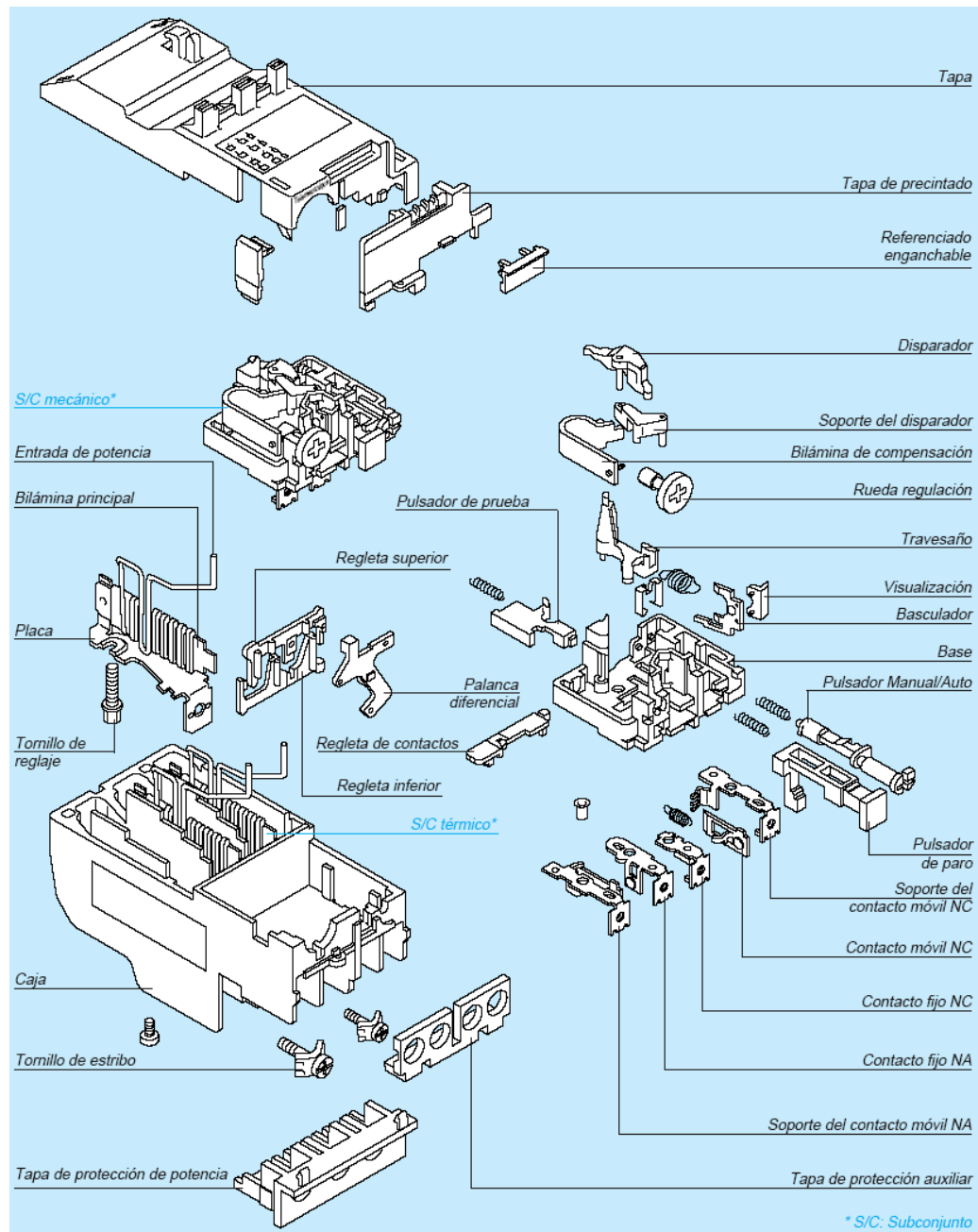
Cuando no hay corriente, la curvatura de las biláminas se debe a la temperatura ambiente.

Esta curvatura se corrige con la de la bilámina de compensación, de forma tal que los cambios de la temperatura ambiente no afecten a la

posición del tope de sujeción. Por lo tanto, la curvatura causada por la corriente es la única que puede mover el tope provocando el disparo. Los relés térmicos compensados son insensibles a los cambios de la temperatura ambiente, normalmente comprendidos entre -40°C y $+60^{\circ}\text{C}$.



Principio de compensación de la temperatura ambiente



Despiece de un relé térmico

Reglaje:

Los relés se regulan con un pulsador que modifica el recorrido angular que efectúa el extremo de la bilámina de compensación para liberarse del dispositivo de sujeción que mantiene el relé en posición armada.

La rueda graduada en amperios permite regular el relé con mucha precisión.

La corriente límite de disparo está comprendida entre 1,05 y 1,20 veces el valor indicado.

Detección de una pérdida de fase:

Este dispositivo provoca el disparo del relé en caso de ausencia de corriente en una fase (funcionamiento monofásico).

Lo componen dos regletas que se mueven solidariamente con las biláminas. La bilámina correspondiente a la fase no alimentada no se deforma y bloquea el movimiento de una de las dos regletas, provocando el disparo.

Los receptores alimentados en corriente monofásica o continua se pueden proteger instalando en serie dos biláminas que permiten utilizar relés sensibles a una pérdida de fase.

Para este tipo de aplicaciones, también existen relés no sensibles a una pérdida de fase.



Principio de detección de pérdida de fase

Clases de disparo:

Los relés térmicos se utilizan para proteger los motores de las sobrecargas, pero durante la fase de arranque deben permitir que pase la sobrecarga temporal que provoca el pico de corriente, y activarse únicamente si dicho pico, es decir la duración del arranque, resulta excesivamente larga.

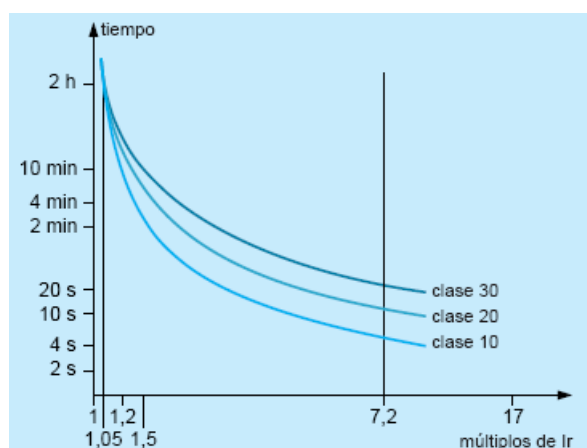
La duración del arranque normal del motor es distinta para cada aplicación; puede ser de tan sólo unos segundos (arranque en vacío, bajo par resistente de la máquina arrastrada, etc.) o de varias decenas de segundos (máquina arrastrada con mucha inercia), por lo que es necesario contar con relés adaptados a la duración de arranque.

La norma IEC 947-4-1-1 responde a esta necesidad definiendo tres tipos de disparo para los relés de protección térmica:

- Relés de clase 10: Válidos para todas las aplicaciones corrientes con una duración de arranque inferior a 10 segundos.
- Relés de clase 20: Admiten arranques de hasta 20 segundos de duración.
- Relés de clase 30: Para arranques con un máximo de 30 segundos de duración.

Observación importante: En las aplicaciones con un arranque prolongado, conviene comprobar que todos los elementos del arrancador (contactores, aparatos de protección contra los cortocircuitos, cables, etc.) están dimensionados para soportar la corriente de arranque sin calentarse demasiado.

	1,05 Ir	1,2 Ir	1,5 Ir	7,2 Ir
Clase	Tiempo de disparo en frío			
10 A	> 2 h	< 2 h	< 2 min	2 s < tp < 10 seg
10 A	> 2 h	< 2 h	< 4 min	2 s < tp < 10 seg
20 A	> 2 h	< 2 h	< 8 min	2 s < tp < 20 seg
30 A	> 2 h	< 2 h	< 12 min	2 s < tp < 30 seg



Curvas de disparo de los relés térmicos

Modos de rearme:

El relé de protección se puede adaptar fácilmente a las diversas condiciones de explotación eligiendo el modo de rearme Manual o Automático (dispositivo de selección situado normalmente en la parte frontal del relé), que permite tres procedimientos de rearmado:

- Las máquinas simples que pueden funcionar sin control especial y las consideradas no peligrosas (bombas, climatizadores, etc.) se pueden rearmar automáticamente cuando se enfrían las biláminas.
- En los automatismos complejos, el rearmado requiere la presencia de un operario por motivos de índole técnica y de seguridad.
- Por motivos de seguridad, las operaciones de rearme del relé en funcionamiento local y de arranque de la máquina debe realizarlas obligatoriamente el personal cualificado: Rearme Manual.

Control de los contactos auxiliares:

En los relés térmicos con basculador simple, la presión de los contactos disminuye a medida que las biláminas se deforman.

Este inconveniente se puede evitar, en algunos relés, gracias al dispositivo llamado “de doble percusión” (patentado por Telemecanique-Schneider Electric) utilizado en los relés térmicos con biláminas de clase 10 y 20 serie D de Telemecanique, que mantiene la presión de contacto hasta el umbral de basculamiento.

Dicho dispositivo elimina los riesgos de disparo accidental debido a vibraciones o choques indirectos al tiempo que garantiza el cambio de estado franco de los contactos.

Asociación con un contactor:

- Circuito de potencia: Cada bobinado de calentamiento debe intercalarse en una fase o polaridad del receptor protegido.
- Circuito de control: El contacto de apertura del relé debe conectarse en serie dentro del circuito de la bobina del contactor que controla la puesta bajo tensión del receptor.

Asociación con un dispositivo de protección contra los cortocircuitos:

Los relés térmicos no sólo no protegen contra los cortocircuitos sino que requieren una protección contra los mismos, por lo que es necesario asociarles un disyuntor o fusibles.

Los relés con sondas de termistancias PTC:

Este sistema de protección controla la temperatura real del elemento protegido.

Se compone de:

- Una o varias sondas de termistancias con coeficiente de temperatura positivo (**PTC**).

La resistencia de estos componentes estáticos aumenta bruscamente cuando la temperatura alcanza el umbral llamado **Temperatura Nominal de Funcionamiento (TNF)**.

- Un dispositivo electrónico, alimentado en corriente alterna o continua, que mide permanentemente la resistencia de las sondas asociadas.

Un circuito detecta el fuerte aumento del valor de la resistencia que se produce cuando se alcanza la **TNF** y ordena el cambio de estado de los contactos de salida.

En función del tipo de sondas, este modo de protección puede activar una alarma sin detener la máquina (**TNF** de las sondas inferior a la temperatura máxima especificada para el elemento protegido), o detener la máquina (la **TNF** coincide con la temperatura máxima especificada).

Existen dos tipos de relés de sondas:

- De rearme automático, cuando la temperatura de las sondas tiene un valor inferior a la **TNF**.
- De rearme manual local o a distancia, ya que el pulsador de rearme no resulta efectivo mientras la temperatura sea superior a la **TNF**.

El disparo se activa con los siguientes fallos:

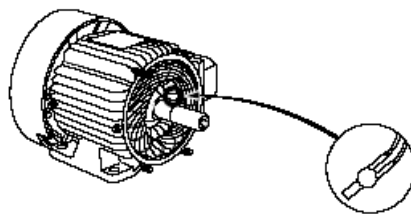
- Se ha superado la **TNF**.
- Corte de las sondas o de la línea sondas-relés.
- Cortocircuito de las sondas o de la línea sondas-relés.
- Ausencia de la tensión de alimentación del relé.

Las sondas miden la temperatura con absoluta precisión, ya que, debido a su reducido tamaño, tienen una inercia térmica muy pequeña que garantiza un tiempo de respuesta muy corto.

Aplicaciones:

Los relés de sondas controlan directamente la temperatura de los devanados estáticos, lo que les permite proteger los motores contra los calentamientos debidos a sobrecargas, aumento de la temperatura ambiente, fallos del circuito de ventilación, número de arranques elevado, funcionamiento por impulsos, arranque anormalmente prolongado, etc.

Sin embargo, para utilizar este modo de protección, es necesario que las sondas se hayan incorporado a los bobinados durante el proceso de fabricación del motor o al realizarse un rebobinado tras un accidente.



Ubicación de una sonda de termistancia PTC

Los relés de sondas también se utilizan para controlar el calentamiento de los elementos mecánicos de los motores o demás aparatos que admitan sondas: Cojinetes, circuitos de engrase, fluidos de refrigeración, resistencias de arranque, radiadores de semiconductores, etc.

El número máximo de sondas que se pueden asociar en serie en el mismo relé depende del tipo de relé y del tipo de sonda (100 ó 250 ohmios a 25°C).

Dichas sondas pueden tener una **TNF** diferente, lo que permite controlar con un solo relé todos los elementos con temperaturas de funcionamiento distintas.

Sin embargo, esta solución sólo se recomienda en los casos en los que no sea necesario localizar los fallos con gran precisión.

Los relés electromagnéticos de máxima corriente:

Los relés electromagnéticos de máxima corriente se utilizan para proteger las instalaciones sometidas a picos de corriente frecuentes (por ejemplo, arranque de motores de anillos en aparatos de elevación), contra las sobrecargas importantes en los casos en los que, a causa de arranques demasiado frecuentes, variaciones bruscas del par o riesgos de calado, resulte imposible utilizar relés térmicos de biláminas.

Principio de funcionamiento:

Los principales elementos de los relés son:

- Un circuito magnético, formado por una parte fija, una armadura móvil y una bobina.
- Un mecanismo de disparo accionado a través de la armadura móvil y que actúa sobre contactos auxiliares NC + NA.

La corriente que se desea controlar atraviesa la bobina, conectada en serie a una de las fases del receptor.

Cuando dicha corriente rebasa el valor de reglaje, el campo magnético que genera la bobina es suficiente para atraer la armadura móvil y cambiar el estado de los contactos.

El contacto de apertura se encuentra en el circuito de la bobina del contactor principal, por lo que éste se abre.

Dispositivo de reglaje:

El reglaje se realiza reduciendo o aumentando el ángulo de apertura de la armadura móvil, lo que modifica el entrehierro y por tanto, el número de amperios-vuelta necesarios para cerrar el circuito magnético.

El dispositivo de reglaje está graduado en amperios, por lo que basta con indicar el valor de la corriente de disparo.

Asociación con un contactor:

- Circuito de potencia:

Inclusión de un relé en cada una de las fases de alimentación del receptor protegido.

- Circuito de control:

El contacto de disparo de cada relé debe asociarse en serie en el circuito de la bobina del contactor que alimenta el receptor.

Este contacto puede ser de retención o fugaz:

- Contacto de retención:

Cuando se dispara el relé, los contactos se mantienen mecánicamente.

El relé debe rearmarse manualmente o con un dispositivo de rearme eléctrico a distancia.

Con los esquemas de control 2 hilos hay que utilizar obligatoriamente contactos de retención, para que el contactor no ratee.

- Contacto impulsional:

El contacto de disparo vuelve a la posición inicial después del funcionamiento del relé y la apertura del contactor, por lo que debe utilizarse obligatoriamente con un esquema 3 hilos.

En ambos casos, resulta imprescindible solucionar el fallo antes de rearmar el relé (contacto de retención) o de volver a activar el pulsador de marcha (contacto impulsional).

Protección de motores de arranque prolongado:

Para proteger los motores de arranque prolongado contra las sobrecargas es preferible utilizar relés de biláminas de clase 20 ó 30.

Pero en caso de que esta protección resulte imposible (por ejemplo, cuando la duración del arranque rebase los límites que determina la norma sobre clases de disparo) la protección deberá realizarse:

- Mediante un relé con sondas de termistancias.
- Mediante un relé térmico de clase 10 alimentado a través de los secundarios de tres transformadores de corriente con bajo índice de saturación.
- Cortocircuitando un relé térmico de clase 10 durante el arranque con ayuda de un contactor.

Al final del arranque, un contacto auxiliar temporizado controla la apertura del contactor de cortocircuitado, volviendo a asociar las biláminas del relé en el circuito del motor.

No obstante, conviene señalar que si durante el arranque se produce un corte de fase, el relé térmico no lo detectará hasta que se desactive el contactor de cortocircuitado.

2.5.4. Otros tipos de protecciones

Relés de control y de medida:

Aunque los arrancadores siempre incluyen una protección contra los cortocircuitos y las sobrecargas, puede que algunas aplicaciones requieran un sistema de protección adicional (control de la tensión, de la resistencia de aislamiento, etc.).

Los relés de control y de medida específicos constituyen una solución que se adapta exactamente a la necesidad concreta:

- Controlar la tensión de alimentación:

Para que todos los componentes de un equipo de automatismo funcionen correctamente, la tensión de alimentación de éste debe mantenerse dentro de un determinado rango, que varía según los aparatos.

En caso de cambio de tensión, y concretamente en caso de subtensión, aunque sea transitoria, los relés de mínima tensión permiten activar una alarma o interrumpir la alimentación de la instalación.

- Controlar la alimentación de las 3 fases:

Un corte de fase en el circuito de un receptor puede llegar a afectar a un sector o al conjunto de la instalación, provocando perturbaciones en algunos circuitos.

Por lo tanto, conviene detectar este tipo de cortes en cuanto aparecen.

- Controlar el orden de las fases:

La inversión de las fases puede provocar graves desperfectos mecánicos en la máquina arrastrada.

Los accidentes de este tipo se producen, por ejemplo, después de una intervención por motivos de mantenimiento o de reparación.

- Controlar la resistencia de aislamiento:

Los fallos de aislamiento pueden resultar peligrosos para el funcionamiento, el material y el personal.

- Controlar la evolución de una variable:

La ejecución de determinadas operaciones puede estar condicionada por la evolución de una tensión o una corriente.

Los relés permiten controlar los umbrales regulables.

- Controlar el nivel de los líquidos:

Este tipo de relés se puede utilizar, por ejemplo, para evitar el descebado de una bomba.



Relé de protecciones especiales

2.5.5. Las nuevas tecnologías

Las nuevas tecnologías en elementos de protección, se basan, fundamentalmente, en la integración en un solo dispositivo de diferentes elementos de protección, con la incorporación de sistemas de comunicación en diferentes lenguajes, bien directamente, bien con la incorporación de distintas pasarelas de comunicación.

Aunque el mercado actual nos proporciona distintas opciones, analicemos a modo de ejemplo, una de ellas.

El arrancador controlador Tesys U de Schneider Electric:

Presentación:

El arrancador controlador Tesys modelo U es una salida motor (1) que realiza las siguientes funciones:

(1) Utilizar sólo cargas resistivas e inductivas. Nunca utilizar cargas en corriente continua o cargas capacitivas.

Protección y control de motores monofásicos o trifásicos:

- Seccionamiento de potencia.
- Protección contra las sobreintensidades y los cortocircuitos.
- Protección contra las sobrecargas térmicas.
- Conmutación de potencia.
- Control de la aplicación:
 - Alarmas de las protecciones.
 - Supervisión de la aplicación (duración de utilización, número de disparos, valores de las corrientes de motores, etc.).
 - Históricos (registro de los 5 últimos disparos con el valor de los parámetros del motor).

Estas funciones se integran mediante simple fijación a una base de potencia en forma de unidad de control y de módulos de funciones.

Esta personalización puede realizarse en el último momento. Los accesorios de instalación simplifican e incluso eliminan el cableado entre los diferentes elementos.

Arrancador controlador básico:

Se compone de una base de potencia y de una unidad de control.

Base de potencia (1):

Es independiente de la tensión de control y de la potencia del motor.

Integra la función de disyuntor con un poder de corte de 50 kA a 400 V, coordinación total (continuidad de servicio) y la función de conmutación.

- 2 calibres 0...12 A y 0...32 A.
- 1 sentido de marcha (LUB) y 2 sentidos de marcha (LU2B).

Unidades de control (2):

Se deben elegir en función de la tensión de control, de la potencia del motor que se va a proteger y del tipo de protección deseado.

- Unidad de control estándar (LUCA):

Responde a las necesidades elementales de protección de salida de motor: Sobrecarga y cortocircuito.

- Unidad de control avanzada (LUCB, LUCC o LUCD):

Permite realizar funciones adicionales como alarma, diferenciación de fallos, etc.

- Unidad de control multifunción (LUCM):

Se adapta a las exigencias de control más estrictas.

Las unidades de control se pueden intercambiar sin retirar el cableado y sin herramientas. Tienen amplios rangos de ajuste (dinámica de ajuste 4) y una baja disipación térmica.

Opciones de control:

Los módulos de función amplían las funciones del arrancador controlador.

Módulos de función (3):

Se deben utilizar junto con las unidades de control avanzadas. 4 tipos:

- Alarma por sobrecarga térmica (LUF W10).
- Diferenciación de fallos y rearme manual (LUF DH20).
- Diferenciación de fallos y rearme automático o a distancia (LUF DA10).
- Indicación de la carga del motor (LUF V); se puede utilizar también en asociación con la unidad de control multifunción.

Es posible acceder a toda la información tratada por estos módulos con contactos “Todo o Nada”.

Módulos de comunicación (3):

La información tratada se intercambia:

- Mediante bus paralelo:
 - Módulo de conexión paralelo (LUF C00).
- Mediante bus serie:
 - Módulo AS-i (ASILUF C5).
 - Módulo Modbus (LUL C031).

Deben asociarse a una unidad de control de 24 Vcc.

La conexión con otros protocolos como FIPIO, Profibus-DP y DeviceNet se realiza gracias al empleo de pasarelas (LUFP).

Módulos de contactos auxiliares (LUFN) (3):

3 composiciones posibles 2 NA, 1 NA + 1 NC ó 2 NC.

Contactos de estado (4):

Proporcionan la siguiente información: Disponible, defecto y estado de los polos.

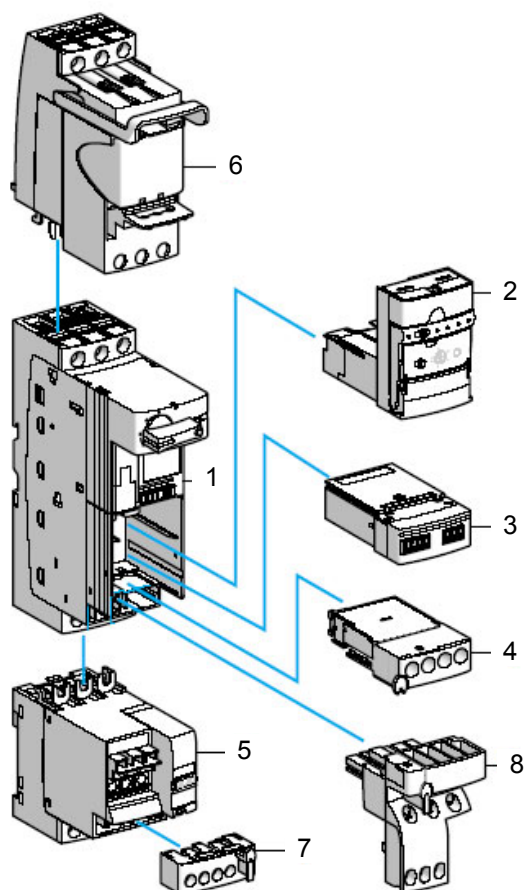
Opciones de potencia:

Bloque inversor (5):

Permite transformar una base de potencia de 1 sentido de marcha en una base de potencia de 2 sentidos de marcha.

El bloque inversor (LU2M) se monta directamente bajo la base de potencia sin modificar el ancho del producto (45 mm).

El bloque inversor (LU6M) se monta por separado de la base de potencia cuando la altura disponible sea limitada.



**Despiece del arrancador controlador Tesys U
de Schneider Electric**

Limitador seccionador LUA LB (6):

Se monta directamente sobre la base de potencia. Permite aumentar el poder de corte hasta 130 kA a 400 V.

Accesorios de instalación:

Borneros desenchufables (7):

Los borneros de control se pueden desenchufar, lo que permite preparar el cableado fuera del equipo o sustituir productos sin descablear.

Sistema de precableado de control (8):

Numerosos accesorios de precableado realizan, mediante simple fijación, conexiones tales como conexión de las bornas de control del inversor, etc.

Ejemplos de aplicaciones:

Aplicación:

- Arrancar y proteger una bomba de elevación.



Bomba de elevación

Condiciones de funcionamiento:

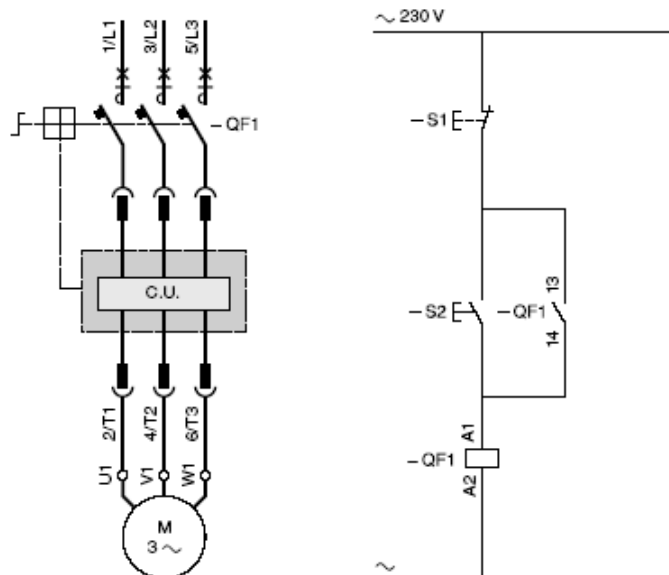
- Potencia: 4 kW a 400 V.
- In: 9 A.
- 10 arranques de clase 10 por hora como máximo.
- Servicio S3 (Servicio intermitente periódico).

- Mando 3 hilos:
 - Pulsador de Marcha (S2).
 - Pulsador de Parada (S1).
- Tensión de control: A 230 V.

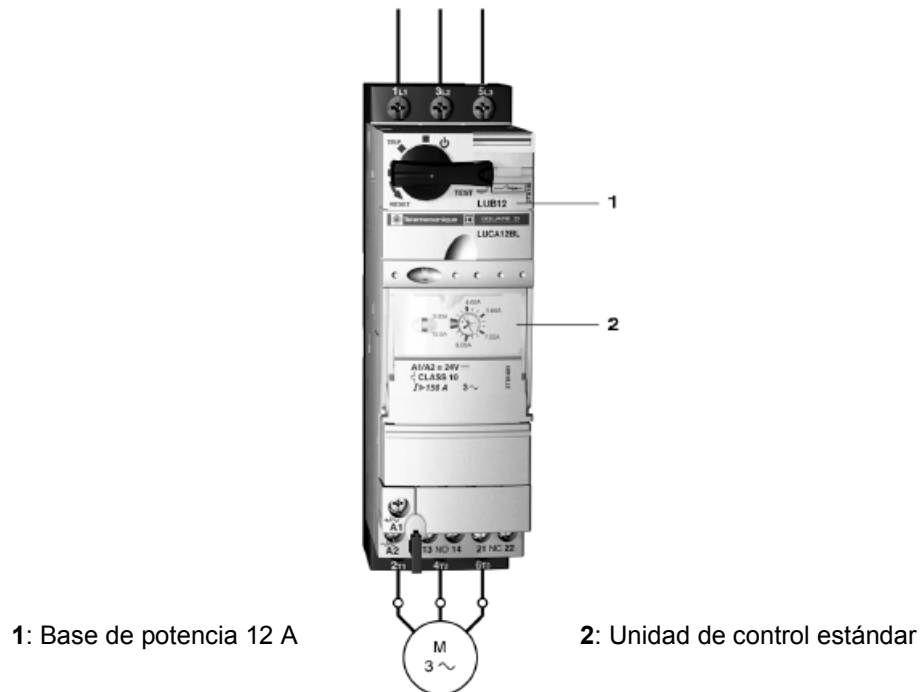
Funciones realizadas:

- Protección contra los cortocircuitos con nivel de protección 50 kA a 400 V.
- Coordinación total de las protecciones según EN 60947-6-2 (continuidad de servicio) en caso de cortocircuito.
- Protección electrónica contra las sobrecargas térmicas (3... 12 A).
- Conmutación de cargas (2 millones de ciclos de maniobras en AC - 43 a In).
- Señalización del estado del motor por contacto NC o NA.
- Regulación entre el control de la salida de motor y la posición del botón giratorio; en posición OFF no se puede realizar ninguna conmutación.

Esquema:



Arranque y protección de una bomba de elevación



**Arrancador controlador Tesys U
de Schneider Electric**

Aplicación:

- Supervisar el descebado de una bomba de superficie en una estación de tratamiento de aguas para evitar el funcionamiento en vacío que puede causar la destrucción de la bomba.



Estación de tratamiento de aguas

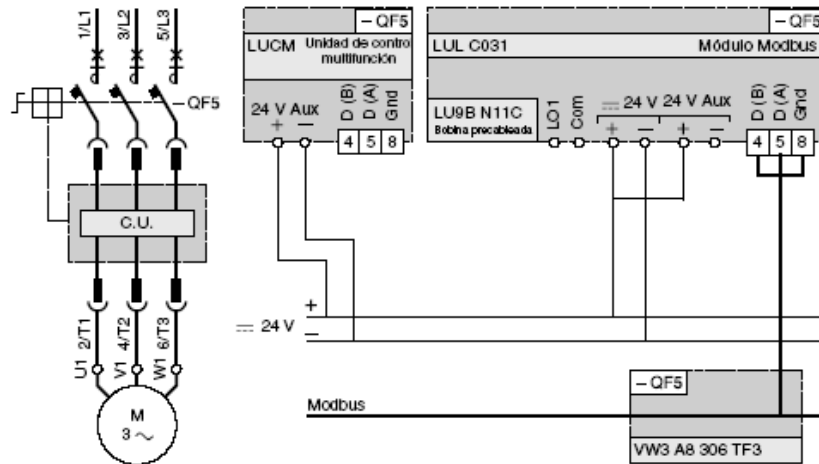
Condiciones de funcionamiento:

- Potencia: 15 kW a 400 V.
- In: 28,5 A.
- 10 arranques de clase 10 por hora como máximo.
- Servicio S1 (Servicio continuo).
- Tensión de control: A 24 Vcc.
- Control por autómatas y conexión según protocolo Modbus

Funciones realizadas:

- Protección contra los cortocircuitos con nivel de protección 50 kA a 400 V.
- Coordinación total de las protecciones según EN 60947-6-2 (continuidad de servicio) en caso de cortocircuito.
- Protección electrónica contra las sobrecargas térmicas (8... 32 A).
- Conmutación de cargas (1,5 millones de ciclos de maniobras en AC - 43 a In).
- Medida de la corriente de carga y detección de los funcionamientos en vacío por la unidad de control multifunción.
- Regulación entre el control de la salida de motor y la posición del botón giratorio; en posición OFF no se puede realizar ninguna conmutación.
- Funcionamiento en vacío o subcarga. Para utilizar esta función es necesario introducir los siguientes parámetros:
- Disparo: La respuesta sí/no activa o desactiva la función.
- Tiempo antes del disparo: Período durante el cual el valor de la corriente debe ser inferior al umbral de disparo para provocar éste (ajustable de 1 a 200 s).
- Umbral de disparo: Valor en % de la relación de la corriente de carga respecto a la corriente de ajuste. Si esta relación se mantiene por debajo del umbral durante el período especificado en el parámetro anterior, el producto dispara (ajustable del 30 al 100%).
- Visualización de los diferentes estados y corrientes de la salida de motor.

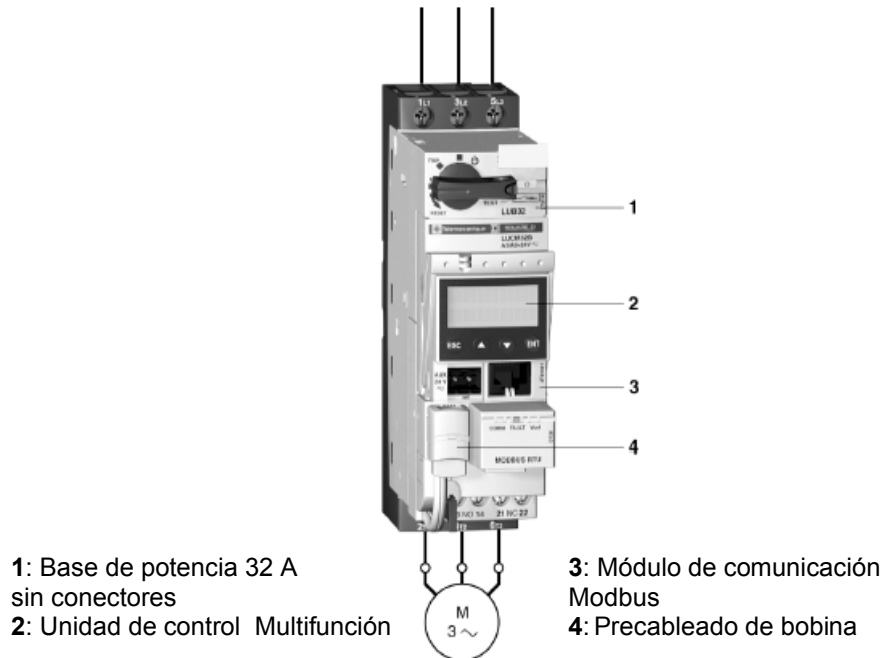
Esquema:



Supervisión del descebado de una bomba de superficie

Mandos (Registro 704)		Estados (Registro 455)
Sentido directo	Bit 0	Listo (disponible)
Sentido directo	Bit 1	Polos cerrados
Reservado	Bit 2	Defecto
Rearme	Bit 3	Alarmas
Test de disparo	Bit 4	Reservado
Reservado	Bit 5	Reservado
Reservado	Bit 6	Reservado
Reservado	Bit 7	Motor en funcionamiento
Reservado	Bit 8	Corriente motor % (Bit 0)
Reservado	Bit 9	Corriente motor % (Bit 1)
Reservado	Bit 10	Corriente motor % (Bit 2)
Reservado	Bit 11	Corriente motor % (Bit 3)
Reservado	Bit 12	Corriente motor % (Bit 4)
Reservado	Bit 13	Corriente motor % (Bit 5)
Reservado	Bit 14	Reservado
Reservado	Bit 15	Arranque motor

Perfil IEC 64915



***Arrancador controlador Tesys U
con pantalla multifunción
de Schneider Electric***

Aplicación:

- Arrancar y controlar una cinta transportadora de una máquina de embalaje.



Cinta transportadora

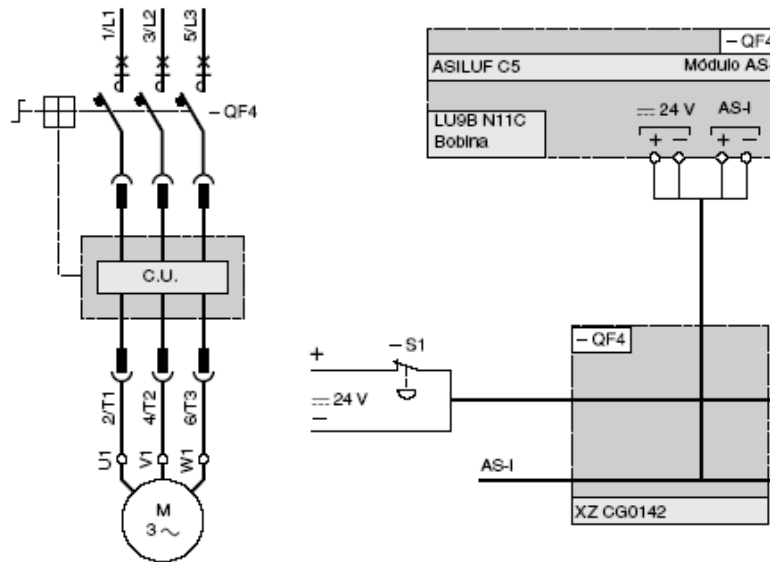
Condiciones de funcionamiento:

- Potencia: 0,37 kW a 400 V.
- In: 0,98 A.
- 10 arranques de clase 10 por hora como máximo.
- Servicio S1 (Servicio continuo).
- Tensión de control: A 24 Vcc.
- Control por el sistema de cableado AS - i

Funciones realizadas:

- Protección contra los cortocircuitos con nivel de protección 50 kA a 400 V.
- Coordinación total de las protecciones según EN 60947-6-2 (continuidad de servicio) en caso de cortocircuito.
- Protección electrónica contra las sobrecargas térmicas (0,35... 1,4 A).
- Conmutación de cargas (2 millones de ciclos de maniobras en AC - 43 a In).
- Señalización del estado del motor por contacto NC o NA.
- Regulación entre el control de la salida de motor y la posición del botón giratorio; en posición OFF no se puede realizar ninguna conmutación.
- Los mandos de Marcha/Parada y los estados Listo, En marcha y Parada se realizan a través del bus.
- Visualización del estado del módulo y de la comunicación mediante 2 LED en la parte frontal del módulo de comunicación.
- El direccionamiento del módulo se realiza empleando la consola de ajuste ASI Terv2 o la consola XZ MC11. La utilización del precableado de la bobina LU9B N11C evita que el usuario tenga que cablear el mando. No obstante, el acceso por la parte frontal del conector de control permite insertar en la línea cualquier esquema de control que desee el usuario (mandos locales, parada de emergencia, contacto de seguridad, etc.).

Esquema:



Cinta transportadora de una máquina de embalaje

RESUMEN

En el presente módulo, la pretensión ha sido introducir al alumno en el conocimiento de los distintos dispositivos que hacen posible el mando y regulación de las instalaciones eléctricas.

Para ello se han desarrollado, en los distintos apartados, los elementos más esenciales, imprescindibles en muchos casos, tanto por funcionalidad como por legislación, que deben intervenir en la conexión, control y regulación de un circuito:

- Seccionadores.
- Interruptores.
- Protecciones.
- Detección.
- Conmutación.
- Etc.

Se ha procurado poner especial interés en el desarrollo de aquellos temas, que bien por su importancia relativa (seguridad de personas, máquinas e instalaciones), bien por su especial trascendencia a la hora del correcto funcionamiento del sistema en que se aplican (facilidad de instalación, mantenimientos mas sencillos y económicos, limitación del número de fallos y como consecuencia de paradas intempestivas, etc.) recomendaba una mayor o menor dedicación específica a las cuestiones tratadas.

En determinados casos, y con el fin de facilitar su comprensión y su posible aplicación práctica, se ha recurrido a exponer ejemplos citando referencias específicas de fabricantes, lo que no excluye que en cualquiera de los modelos propuestos puedan ser utilizados productos de cualquier otra marca de las existentes en el mercado, debiendo, en este caso, informarse ampliamente de las características de los componentes escogidos, para adaptarlos a la aplicación decidida.

BIBLIOGRAFÍA

Fouillé, A.: *Electrotecnia para ingenieros. Máquinas eléctricas*, Aguilar S.A. Ediciones

Gaucheron, E.: *Cahier technique. N° 207. Les moteurs électriques. Pour mieux les piloter et les protéger*, Schneider Electric

Martín Romero, J.: *Electricidad*, Editorial Ramón Sopena, S.A.

Moeller & Werr: *Electrotecnia general y aplicada. Máquinas de cc y ca*, Editorial Labor, S.A.

Vidal Llenas, José: *Curso de Física (5ª Edición)*, Artes Gráficas Grijelmo S.A. Biblioteca Técnica, Schneider Electric

Enciclopedia Salvat de la Ciencia y de la Tecnología, Salvat Editores S.A.

Manual electrotécnico. Telesquemario. Telemecanique, Schneider Electric

Reference data for Radio Engineers, ITT