

# Nuevos arrancadores suaves para motores eléctricos

El problema de los arranques bruscos y violentos ha acompañado a los motores eléctricos a lo largo de toda su historia. Aunque se han intentado diversas soluciones, ninguna de ellas ha conseguido resolver las dificultades sin provocar la aparición de nuevos problemas, intrínsecos a la solución. Solo con la introducción de los arrancadores suaves se pudo disponer por fin de un dispositivo sin ninguno de los inconvenientes de dichos 'primeros intentos'. Ahora el arranque suave ha dado un nuevo paso adelante. Combinando la moderna electrónica de potencia y los circuitos de alta eficiencia, ABB ha desarrollado una gama de nuevos arrancadores suaves que ofrece un mejor control electrónico de la intensidad y de la tensión durante el arranque del motor, además de otras nuevas características de diseño.

## Arranque suave

Sören Kling

Los esquiadores conocen muy bien el problema, la brusca sacudida que indica que se ha 'puesto en marcha' el remonte que sube a las pistas. El mismo problema, pero en otro campo, cuesta a la industria millones de dólares cada año: incontables máquinas de corriente alterna repartidas por las fábricas de todo el mundo –utilizadas para accionar ventiladores, trituradoras, agitadores, bombas, transportadores, etc.– son sometidas diariamente a

esfuerzos innecesarios por puntas de carga no deseadas.

Este arranque brusco y violento de los motores de corriente alterna equivale a un peaje que hay que pagar de diversas formas. Entre ellas mencionemos las siguientes:

- Problemas eléctricos debidos a las tensiones y corrientes transitorias producidas en los arrancadores en línea directos o estrella/triángulo. Estos fenómenos transitorios pueden sobrecargar la red de alimentación local y pro-

ducir variaciones inaceptables de la tensión, con interferencias en otros equipos eléctricos conectados a la misma red.

- Problemas mecánicos que someten a grandes esfuerzos a toda la cadena de accionamiento, desde el motor hasta el equipo accionado.
- Problemas operativos, tales como elevación brusca de la presión en las tuberías, daños en los productos transportados por las cintas y marcha poco confortable de las escaleras mecánicas.

Las consecuencias económicas son considerables: cada problema técnico o avería tiene un coste en forma de reparaciones y pérdida de producción. Este último factor es el que predomina en la industria.

### Un problema con una larga historia

Dado que el problema existe desde hace mucho tiempo ya se han presentado e intentado varias soluciones para el mismo.

### Arrancador estrella/triángulo

Una de las primeras soluciones para este problema fue el arrancador estrella/triángulo. Durante el arranque, este sistema conecta los devanados del estator del motor en una configuración en estrella entre la fase y el neutro de la red de alimentación, reduciendo así la tensión del motor –y por tanto la intensidad en el mismo 1– según el factor  $1/\sqrt{3}$ . En cuanto se supera el momento principal de inercia, los devanados del motor se conectan en una configuración de triángulo entre fases de la red con el fin de que el motor alcance su tensión y

potencia máximas. Sin embargo, este arrancador no elimina los fenómenos transitorios mecánicos y eléctricos no deseados, ya que solo los reduce ligeramente y los distribuye entre puntos a lo largo del tiempo: la conmutación original y el cambio subsiguiente entre estrella y triángulo.

Lo dicho es válido en condiciones normales, pero en otras circunstancias el cambio de estrella a triángulo puede tener, desafortunadamente, peores efectos que el arranque directo en línea.

En definitiva, el arrancador estrella/triángulo es para este problema una solución sencilla, pero también bastante limitada.

### Motor de anillos rozantes

Otra de las primeras soluciones fue el motor de anillos rozantes. Este motor se pone en marcha mediante un reostato de arranque conectado al circuito del rotor por medio de un dispositivo de anillos rozantes. De esta forma puede reducirse la intensidad de arranque aunque el par del motor permanece en el nivel necesario para poner en marcha la carga.

Durante el progreso de la puesta en marcha, y a medida que el motor va ganando velocidad, la resistencia del rotor se reduce gradualmente. Cuando el reostato se desconecta totalmente del circuito el motor puede girar a máxima velocidad. En ese momento se cortocircuitan los devanados del motor, de forma que el motor empieza a funcionar como un motor normal de jaula de ardilla.

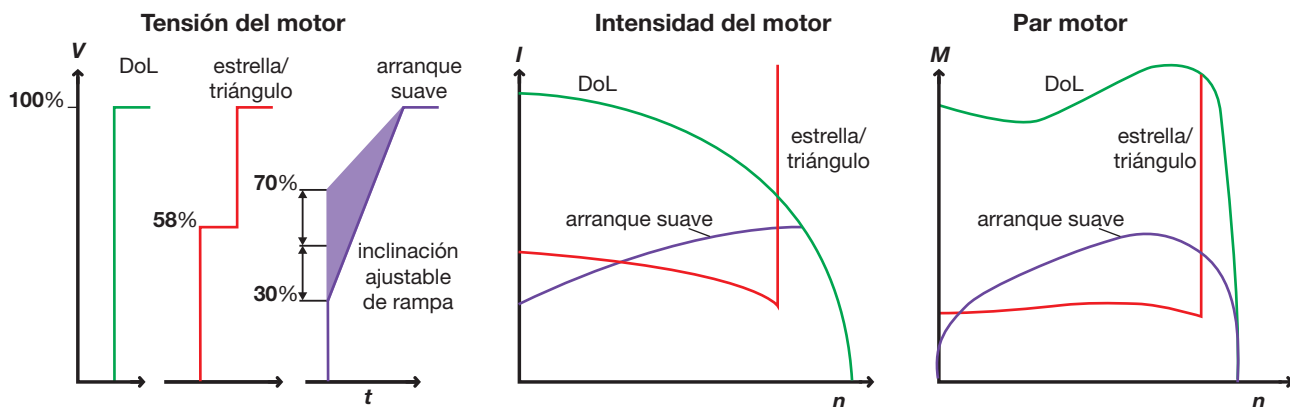
La ventaja del motor de anillos rozantes es que puede obtenerse un par elevado con una corriente de arranque limitada. Esta solución es especialmente apropiada para las aplicaciones que tienen una gran carga desde el principio como es el caso, por ejemplo, de las trituradoras y molinos. Su desventaja es la mayor complejidad electromecánica –escobillas, anillos rozantes, resistencias y contactores–, que incrementa los costes (inclusive los de mantenimiento) y reduce la fiabilidad.

### Convertidor de frecuencia

El convertidor de frecuencia es técnicamente superior a las dos soluciones anteriores, ya que permite controlar con precisión todas las

1 Gráficas que muestran las diferencias básicas entre el arranque en línea directo (DoL), el arranque en estrella/triángulo y el arranque suave en función de la tensión (V) e intensidad del motor (I) y del par motor (M) del mismo.

n Velocidad del motor  
t Tiempo



variables pertinentes, es decir, la velocidad, el par y la potencia, durante todas las fases del ciclo de funcionamiento del motor, desde la puesta en marcha hasta la parada, pasando por el funcionamiento normal. Otra importante ventaja es que el equipo de control es estático, es decir, no tiene partes móviles. La fiabilidad es por lo tanto alta y las necesidades de mantenimiento son pequeñas.

Sin embargo, el convertidor de frecuencia tiene la desventaja de que necesita una gran inversión inicial, lo cual lo descarta para muchas aplicaciones, especialmente para aque-

llas en que no es estrictamente necesario el control regulador durante el funcionamiento normal.

Pero a pesar de ello, los convertidores de frecuencia han ganado terreno, ya que se ha perfeccionado la tecnología y han bajado los precios. En la actualidad han sustituido prácticamente al motor de anillos rozantes.

#### Arrancador suave

El arrancador suave, que llegó al mercado entre finales de los setenta y principios de los ochenta, tiene en común con el convertidor

de frecuencia el ser un dispositivo electrónico basado en tiristores. Puede decirse que en cuanto a funcionalidad y precio ocupa el espacio que existe entre los arrancadores estrella/triángulo y los convertidores de frecuencia. Con los arrancadores suaves se puede controlar la tensión del motor de forma que esta aumente gradualmente durante la puesta en marcha, lo que naturalmente limita la intensidad de arranque **1**. Esto significa que el motor se pone en marcha suavemente y que los esfuerzos mecánicos y eléctricos se reducen al mínimo. El dispositivo

## ”Menos problemas de funcionamiento”



Andreas Allerbo, ingeniero eléctrico y de instrumentación de la empresa Kemira Kemi AB, Helsingborg (Suecia)

Los arrancadores suaves de ABB han venido siendo utilizados desde hace años en las bombas, agitadores y ventiladores de 160 kW de Kemira Kemi AB, empresa de Helsingborg (Suecia) especializada en la fabricación de productos químicos para la agricultura y la industria. Los arrancadores se instalaron para reducir las fuerzas que aparecen en los acoplamientos entre motores y equipos accionados, así como para eliminar las bruscas subidas de presión en las tuberías, etc. Andreas Allerbo, ingeniero eléctrico y de instrumentación de la empresa, perteneciente al grupo finlandés Kemira Oy, hizo la siguiente observación:

”Hemos tenido una buena experiencia con los arrancadores suaves. Realizan bien sus funciones y raras veces provocan problemas de tipo técnico. Las perturbaciones operativas se han hecho menos frecuentes, lo que nos ha permitido reducir costes. Siempre que utilizamos arrancadores suaves empleamos la función by-pass para que los tiristores no trabajen y se reduzca la disipación de calor en los dispositivos. Si en el futuro encontramos otras aplicaciones de los arrancadores suaves no dudaremos en instalarlos”.



Una de las dos bombas recientemente instaladas en Kemira Kemi AB fueron equipadas con arrancadores suaves PS S de ABB, principalmente para eliminar las elevaciones bruscas de la presión en las tuberías de salida de las bombas.

**2** Los transportadores y elevadores son dos aplicaciones típicas que se benefician de los nuevos arrancadores suaves de ABB.



puede ser utilizado también para obtener una parada suave.

Dado que los circuitos del arrancador son electrónicos, es relativamente fácil complementar su función básica con diversas indicaciones de seguridad y fallo con el fin de mejorar la protección del motor y facilitar la localización de averías. Ejemplos de ello son la protección contra los fallos de fase, sobrecargas y sobrecalentamiento, así como las indicaciones de funcionamiento normal, tensión máxima del motor y de determinados fallos.

Todos los ajustes, por ejemplo de la pendiente de rampa y de la tensión inicial, pueden ser efectuados fácilmente desde la parte frontal de la unidad.

Como consecuencia de todo lo mencionado, el arrancador suave satisface sobradamente el requisito principal, que es conseguir un arranque suave de los motores eléctricos, y ofrece además ventajas adicionales, tales como su alta fiabilidad, su menor necesidad de mantenimiento y su facilidad de ajuste.

Sin embargo, una limitación del arrancador suave es que no siempre es posible utilizarlo para aplicaciones de accionamiento que

requieren desde el principio un par elevado del motor. Esta limitación procede de que el dispositivo realiza su trabajo elevando la tensión del motor hasta su valor máximo (y durante la parada, reduciéndolo hasta el nivel de interrupción prefijado). Dado que el par es proporcional al cuadrado de la tensión, el motor conectado no podrá alcanzar el par máximo desde el principio. Por eso el arrancador suave es más apropiado para motores que se arrancan de forma fácil y ligera, por ejemplo, los motores de bombas, ventiladores, transportadores y ascensores **2**.

### **Nueva gama de arrancadores suaves de ABB**

ABB ha venido fabricando arrancadores suaves desde principios de los años ochenta y la valiosa experiencia adquirida desde entonces ha dado lugar al diseño de su gama actual de productos. La última serie, denominada PS S, ha sido mejorada significativamente en muchos aspectos **3**. La serie abarca intensidades de motor de 3 a 515 A y tensiones de alimentación de 208 a 690 V.

La nueva gama de productos presenta varias características que merece la pena resaltar:

**3** La última serie de arrancadores suaves de estado sólido de ABB, denominados PS S, está destinada a motores de 3 a 515 A con tensiones de alimentación de 208 a 690 V.



■ **Compacidad:** Poca necesidad de espacio, que permite instalar un número mayor de arrancadores en una superficie de montaje dada.

■ **Facilidad de instalación:** El dispositivo puede ser fijado mediante tornillos a una placa de montaje (solo son necesarios cuatro agujeros) o, alternativamente, sobre un carril de montaje; en ambos casos los cables se conectan fácilmente. En la parte delantera se incluyen instrucciones claras.

■ **Fácil de ajustar:** Con solo tres ajustes –pendiente de la rampa de arranque, pendiente de la rampa de parada y tensión inicial– se puede ajustar el arrancador suave para una amplia gama de aplicaciones. Dichos ajustes se reali-

zan fácilmente por medio de los mandos rotativos, claramente identificados, situados en la parte delantera de la unidad.

■ **Circuito eléctrico de estado sólido:** Garantiza máxima fiabilidad y reduce el mantenimiento al mínimo, incluso en aplicaciones con arranques y paradas frecuentes.

### Conexión 'triángulo-interior'

Las mayores unidades de la serie pueden ser conectadas en el interior de un circuito triángulo del motor de la misma forma que un arrancador estrella/triángulo **4**. Esto significa que la carga de corriente del arrancador suave se reduce según el factor  $1/\sqrt{3}$ , aumentando así el intervalo de funcionamiento hasta 515 A.

La conexión en triángulo-interior permite satisfacer los requisitos de cualquier aplicación con un dispositivo de menor tamaño que el que sería necesario para otra configuración, de modo que el cliente ahorra espacio y dinero.

### Diseño seguro y robusto

Estas unidades disponen de envolturas resistentes y todas sus partes bajo tensión están bien aisladas. Por lo tanto pueden soportar un manejo poco cuidadoso sin que el personal corra peligro alguno. Y el circuito eléctrico es en gran medida a prueba de fallos; si se produce un fallo interno, por otra parte improbable la unidad se autodesconecta para proteger los equipos conectados.

## Arrancadores suaves e Industrial<sup>IT</sup>

La integración de informaciones procedentes de una gran variedad de aplicaciones ha sido identificada desde hace tiempo como un problema de la ciencia de la computación. Hace mucho tiempo que se vio claramente la necesidad de disponer de una arquitectura sencilla e integrada que oculte al usuario las diferencias que existen entre las diversas aplicaciones.

Durante los últimos años, ABB ha venido ocupándose de este difícil problema. En tanto que proveedor líder del mundo en las tecnologías de automatización, nosotros ayudamos a las industrias más importantes del mundo a conseguir soluciones integradas, en tiempo real, para la automatización e información entre sus empresas por medio de la iniciativa Industrial<sup>IT</sup>. En pocas palabras, Industrial<sup>IT</sup> es una arquitectura de la información para el enlace, sin solución de continuidad y en tiempo real, de numerosas aplicaciones y sistemas.

A partir de ahora, todos los nuevos productos de ABB, independientemente de que sean de software o de hardware, llevarán el símbolo 'ABB Industrial<sup>IT</sup> enabled', que dice al comprador que el producto que ha adquirido puede ser combinado con otros productos Industrial<sup>IT</sup> en modo 'Conectar y Producir'.

Pero antes de poder llevar este símbolo, todos los productos nuevos de ABB han de superar una evaluación (y los productos existentes una revisión). La certificación se realiza en cuatro niveles:

**Nivel 0:** Información

**Nivel 1:** Conectividad

**Nivel 2:** Integración

**Nivel 3:** Optimización

Los productos con un bajo grado de integrabilidad (por ejemplo aquellos que no intercambian información con otros productos), como los arrancadores suaves descritos en este artículo, pertenecen al Nivel 0: 'Information enabled'.

Para pertenecer a la categoría Industrial<sup>IT</sup> Nivel 0: 'Information enabled', un producto tiene que satisfacer las condiciones siguientes:

**Identificación de producto:** identificación unívoca con los elementos siguientes.

1. Número de identidad ABB
2. Código EAN de numeración de artículo

**Industrial<sup>IT</sup>**  
**enabled**  
Nivel 0: Information

### PS S 03...25

#### Unidades compactas para motores de 3 a 25 A

Los arrancadores suaves de esta serie han sido diseñados para motores pequeños, con intensidades nominales de 3 a 25 A y tensiones de red de 230, 400, 500 y 600 V. Se instalan en posición contigua sobre perfiles DIN. Las unidades están equipadas con contactos de by-pass en el circuito principal, lo que hace que los tiristores no tengan que operar durante el funcionamiento normal y se reduzca la generación de calor. Esta característica, añadida al hecho de estar montado sobre perfil DIN, permite configurar los arrancadores de forma muy compacta.

Cada una de las unidades puede ser conectada a tensiones de control de 24–110 V CA/CC o de 110–480 V CA, lo que simplifica su integración en los sistemas de control existentes y reduce el número de versiones necesarias del dispositivo.

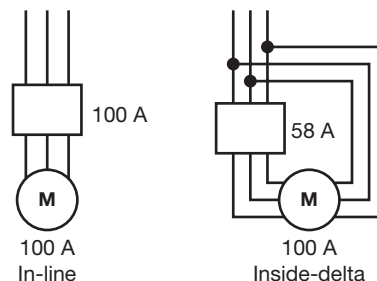
### PS S 18/30...300/515

#### Unidades flexibles para motores de 18 a 515 A

Las unidades de esta serie, destinadas a los motores de mayor tamaño, ofrecen más flexibilidad en cuanto a su instalación y uso. La serie ha sido diseñada para motores con intensidades nominales comprendidas entre 18 y 300 A, pero tienen también capacidad

#### 4 Los miembros mayores de la serie

PS S pueden también ser conectados a un circuito en triángulo del motor, lo mismo que un arrancador estrella/triángulo. Esto permite utilizar un arrancador más pequeño y económico y por tanto reducir los costes.



para trabajar con intensidades de hasta 515 A, ya que las unidades pueden estar conectadas al circuito en triángulo del motor de igual forma que el arrancador estrella/triángulo 4, 5. Esta capacidad hace más fácil que

3. Nombre de producto
4. Designación del tipo de producto

**Documentación de producto:** La documentación de producto debe estar en un formato que no permita la edición, es decir, la información puede consultarse con Adobe Acrobat Reader (\*.pdf). Se deberá entregar la siguiente documentación:

1. Hoja de datos del producto o manual técnico de referencia
2. Manual de instalación y puesta en funcionamiento
3. Manual de la aplicación
4. Manual de operación
5. Manual de mantenimiento y servicio
6. Declaración de conformidad CE
7. Declaración medioambiental sobre el producto
8. Información medioambiental

**Datos CAD:** Se entregarán modelos CAD para una fácil integración de los productos en los sistemas CAD eléctricos y/o mecánicos. Se trata de los siguientes datos:

1. Datos de diseño eléctrico
2. Datos CAD mecánicos

**Datos técnicos y clasificación del producto:** Una 'clase de productos' contiene diversos productos con un conjunto común de atributos. Se trata de aquellos atributos que distinguen una clase de productos de las demás.

Otros puntos que es necesario tomar en consideración para certificar un producto en el Nivel 0:

1. El producto debe encajar de forma natural en la arquitectura ABB Industrial<sup>®</sup>.
2. El producto ha de estar desarrollado y fabricado con el control de calidad adecuado.
3. El producto ha de disponer del soporte adecuado.

En función de la certificación requerida, los productos pensados para un mayor grado de integración e interoperabilidad con otros productos han de superar la evaluación que los habilite para los niveles 1, 2 ó 3 en uno de los centros de evaluación ABB Industrial<sup>®</sup> de Västerås (Suecia), Minden (Alemania) o Wickliffe (USA).

## ”Los arrancadores suaves han eliminado varios problemas operativos complicados.”



Sven-Åke Mårtensson en la Fábrica de Azúcar de Köpingsbro, en el sur de Suecia, ante el arrancador suave de una de las centrifugadoras de azúcar.

En la Fábrica de Azúcar de Köpingsbro<sup>1)</sup>, situada en el sur de Suecia, el director del departamento eléctrico, Sven-Åke Mårtensson, recuerda toda una serie de problemas resueltos por los arrancadores suaves:

”A principios de la década de los noventa instalamos arrancadores suaves para nuestras centrifugadoras, elevadores y cintas transportadoras de azúcar. Anteriormente habíamos estado utilizando arrancadores en línea directos o en estrella/triángulo.

El problema que existía en las centrifugadoras de azúcar, y que han resuelto los arrancadores suaves, provenía de su gran momento de inercia. Los arrancadores estrella/triángulo tienen tendencia a dispararse cuando pasan del modo estrella al modo triángulo. Esto a su vez hace que, debido a los sistemas de interbloqueo, se dispare toda la cadena de transporte. Necesitábamos mucho tiempo para reanudar la producción y en ese intervalo la solución de azúcar caliente se había enfriado tanto que ya no era posible centrifugarla. En pocas palabras, cada puesta en marcha fallida de las centrifugadoras provocaba problemas importantes. ¡Y para resolverlos bastaba con solucionar el problema del disparo!

Dado el papel fundamental de las centrifugadoras en el conjunto del proceso hemos dado un paso más con nuestras grandes unidades y las hemos equipado con convertidores de frecuencia. Estos dispositivos nos permiten controlar las variables importantes mejor que con los arrancadores suaves, aunque a un mayor precio. Sin embargo, en las centrifugadoras de menor tamaño los arrancadores suaves han demostrado ser muy valiosos en todos los aspectos. Nuestros problemas de arranque de las centrifugadoras han desapa-

recido, en gran medida gracias a los arrancadores suaves.

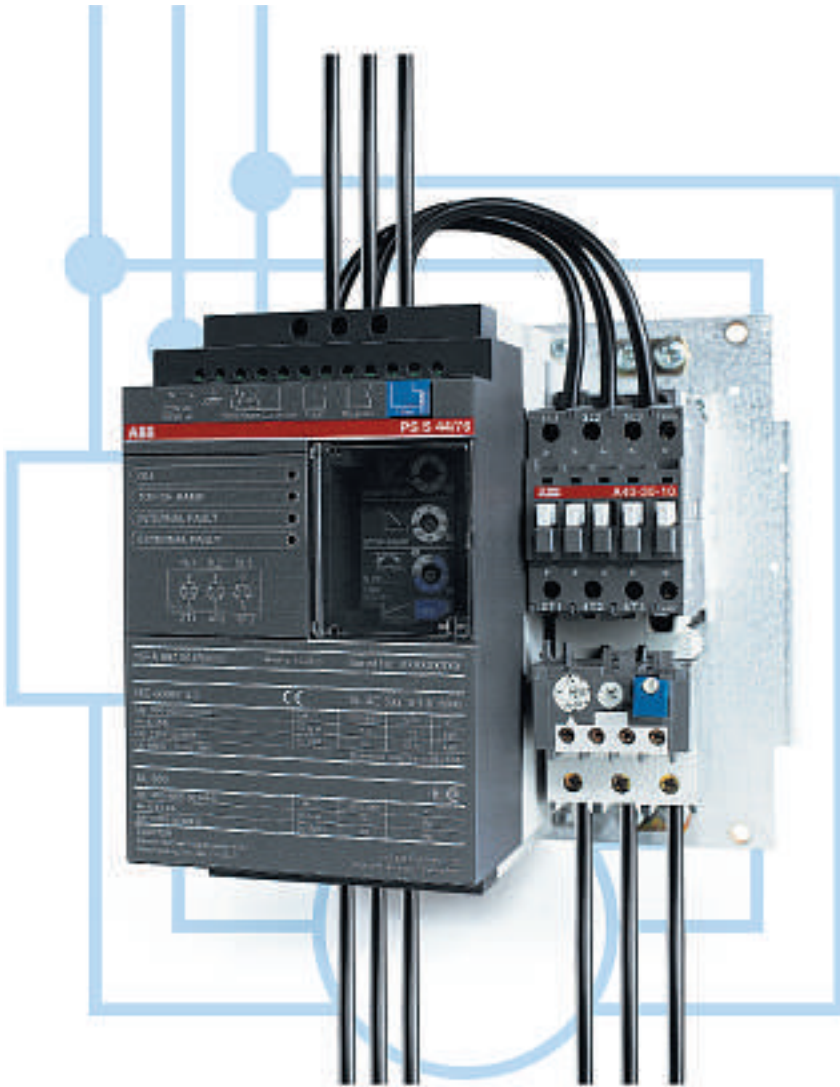
También teníamos otro problema con los elevadores de azúcar: debido a un problema en la cadena de transporte entre las centrifugadoras de azúcar y los silos –ya que los interbloques hacen que se produzcan disparos en la cadena– algunos elevadores se paraban ocasionalmente cuando estaban totalmente cargados. Ponerlos de nuevo en marcha no era fácil, ya que el gran par motor producido por el arranque en línea directo hacía deslizar la polea de accionamiento del elevador. Cuanto más deslizaba más aumentaba la temperatura, lo que agravaba el problema. Al final, normalmente no había más remedio que vaciar manualmente el elevador y volver a ponerlo en marcha en estado vacío, lo que suponía horas de costoso tiempo de fabricación.

Este problema también fue resuelto por los arrancadores suaves. Ahora nuestros elevadores arrancan suavemente sin que se produzca deslizamiento de las correas.

Podemos decir que el arranque suave ha eliminado algunos de nuestros difíciles y onerosos problemas. Tras esta buena experiencia decidimos equipar dos ventiladores de humos de combustión de 75 kW y 100 kW con arrancadores suaves antes de la próxima cosecha de remolacha. Con ello buscamos reducir los esfuerzos en los acoplamientos entre motores y ventiladores, reduciendo así las puntas de carga en nuestra red eléctrica local”.

<sup>1)</sup> La Fábrica de Azúcar de Köpingsbro pertenece a Danisco Sugar, que forma parte del grupo Danisco.

**5** Una configuración típica de triángulo interior que sustituye al arrancador estrella/triángulo



nunca sustituir los arrancadores estrella/triángulo para que el arranque (y la parada) sean más suaves.

El diseño del circuito de estado sólido (en el circuito principal no existen contactos electromecánicos) hace que estos arrancadores sean especialmente adecuados para los motores que se han de poner en marcha y parar con gran frecuencia.

Las unidades incluidas en esta serie pueden ser equipadas también con un circuito

individual limitador de corriente, que permite establecer una intensidad máxima de arranque válida para cualquier tiempo de rampa. Esta función hace más sencillo el ajuste, especialmente de los montajes con grandes momentos de inercia, que frecuentemente necesitan mucho tiempo para ponerse en marcha.

Los dispositivos están equipados con indicadores LED que indican los estados 'Activado', 'A tensión máxima', 'Fallo externo' y

'Fallo general', así como un relé maestro incorporado, indicador de fallos. Estas funciones de diagnóstico simplifican la supervisión y la identificación de fallos.

Las unidades incluidas en esta serie han sido diseñadas para factores de utilización de entre 110 y 115 %, lo que significa que pueden soportar las sobrecargas correspondientes de los motores conectados.

El relé de señales de by-pass incorporado puede utilizarse para accionar un contactor externo que deja sin operar los tiristores durante el funcionamiento continuo o cuando varios motores se arrancan de forma secuencial por medio de un arrancador suave.

### Solución al problema

Las ventajas del arranque suave pueden percibirse fácilmente en toda la industria. Apenas si existe un sector de fabricación que no dependa en mayor o menor grado de los motores y que por tanto no pueda beneficiarse de los arrancadores suaves de ABB. Así lo corroboran los comentarios de los responsables de numerosas instalaciones industriales (ver recuadros en las páginas 58 y 62). Sus características de diseño y su funcionalidad sitúan a los arrancadores suaves entre los dispositivos esenciales 'necesarios' para una amplia gama de aplicaciones en las modernas plantas industriales.

#### Autor

##### Sören Kling

ABB Control AB  
Saltängsvägen 26  
SE-721 61 Västerås  
Suecia  
Fax: +46 21 320545  
soren.kling@se.abb.com