INFORME TÉCNICO

Beneficios de accionamientos de velocidad variable en la producción de azúcar

Índice

1. **Introducción: desafíos que enfrentan los productores de azúcar**
2. **¿Cuál es la ayuda que pueden proporcionar los sistemas VSD?**
3. **Una solución para casi todas las aplicaciones**
   - **3.1 Central eléctrica**
   - **3.2 Procesos de producción**
     - **3.2.1 Preparación de la caña de azúcar**
     - **3.2.2 Preparación de remolacha azucarera**
     - **3.2.3 Bombas**
     - **3.2.4 Centrífugas**
4. **Selección del mejor proveedor para accionamientos y motores**
5. **Conclusión**
6. **Estudios de caso**
   - **Estudio de caso 1**
   - **Estudio de caso 2**
   - **Estudio de caso 3**

Imagen 1: El tren de la energía, donde se describe la conversión de la energía química en energía eléctrica.

Imagen 2: Procesamiento de la caña de azúcar: principales generadores de costos y consumo de energía relativo de los pasos del proceso individual.

Imagen 3: Ciclo de trabajo de la centrífuga de azúcar que usa el accionamiento regenerativo para la recuperación de energía.

Introducción: desafíos que enfrentan los productores de azúcar

El azúcar es una industria ya establecida, y las plantas de azúcar de rápido envejecimiento enfrentan numerosos desafíos. El aumento en los costos y los mercados altamente competitivos fuerzan a las plantas a encontrar nuevas formas de mejorar su rentabilidad. El problema es que las maquinarias de producción existentes de muchas plantas son menos eficientes y confiables que sus equivalentes modernos.

Las interrupciones no planificadas en el proceso tienen un costo monetario muy elevado. Por lo general, las plantas operan sobre una base altamente cíclica, comúnmente trabajan 24 horas, 7 días de la semana durante la época de cosecha seguido por períodos tranquilos cuando se realiza mantenimiento del equipo y se lo prepara para la siguiente cosecha. Estos intensos ciclos de operación aceleran el envejecimiento de las maquinarias en comparación con otras industrias. No obstante, las maquinarias deben proporcionar excelente confiabilidad dado que se debe evitar el tiempo de inactividad durante los períodos de producción.

Además, las condiciones ambientales en las regiones tropicales y subtropicales donde crece la caña de azúcar pueden ser complejas, tanto para los equipos mecánicos como eléctricos. El polvo es otro desafío en algunas etapas de producción.

Asimismo, prácticamente todas las plantas deben ser autosuficientes y generar la energía necesaria en sus propias plantas de energía. Esto se debe a la cercana ubicación de las plantas de azúcar respecto de las zonas de cultivo, con frecuencia situadas en regiones remotas donde la red de electricidad es débil. Sin embargo, actualizar a un nuevo equipo podría mejorar la confiabilidad y eficiencia del sistema.

Al mismo tiempo, no es posible acceder con facilidad a los datos del proceso cuando se usan las maquinarias de producción más antiguas, lo que dificulta obtener información sobre el funcionamiento de los procesos. Obtener datos de sistemas existentes implica instalar sensores o tomar medidas, a veces incluso de manera manual.

Para seguir siendo competitivas, las plantas de azúcar simplemente deben mantenerse al día con la nueva tecnología. El objetivo de este informe técnico es explicar la ayuda que pueden proporcionar los sistemas de variadores de velocidad (VSD) para sobrellevar o, como mínimo, mitigar algunos de los desafíos que enfrentan los productores de azúcar. Además, explica cómo las plantas de azúcar pueden mejorar la productividad y obtener un mayor retorno de su inversión (ROI) si eligen el proveedor adecuado para VSD y motores.

2. ¿Cuál es la ayuda que pueden proporcionar los sistemas VSD?

Nota acerca de la terminología: este informe técnico usa el término "variador de velocidad (VSD)". Los VSD son conocidos con frecuencia como variadores de frecuencia (VFD), accionamientos de velocidad ajustable (ASD) y accionamientos de frecuencia ajustable (AFD). En el contexto del control de motor de CA, todos estos términos se pueden usar indistintamente.

Un sistema de variadores de velocidad comprende un motor, un accionamiento y, a veces, también un transformador. Al mencionar los accionamientos, este informe técnico hace referencia al sistema en su totalidad. Los VSD controlan la velocidad o el par de apriete de los motores de CA al ajustar la frecuencia y el voltaje del suministro del motor. Con un accionamiento, la velocidad del motor puede regularse para que coincida con las necesidades exactas del proceso. Como consecuencia, el motor solo consumirá la electricidad necesaria para llevar a cabo el proceso a la velocidad deseada, y nada más. Esto puede generar grandes ahorros de energía en comparación con la alternativa de poner en funcionamiento el motor a máxima velocidad y controlar la salida del proceso por medios mecánicos como válvulas, cajas de velocidades o amortiguadores. Al reducir la necesidad de estos tipos de componentes mecánicos, los accionamientos también mejoran la confiabilidad general del proceso, reducen los requisitos de mantenimiento y contribuyen a la reducción del tiempo de inactividad.

Además, los VSD eliminan o reducen muchos de los problemas que enfrentan las plantas de azúcar al operar turbinas de vapor, tales como el control delicado de velocidad, calor y ruidos extremos, las prolongadas puestas en marcha (una a dos horas) y la necesidad frecuente de costosas piezas de repuesto.

En general, los accionamientos ofrecen un control preciso del proceso. El proceso puede acelerarse y desacelerarse sin inconvenientes, lo que evita impactos repentinos en el motor y otras maquinarias. Esto reduce el desgaste de los componentes mecánicos.

Los VSD pueden proporcionar una amplia gama de datos operacionales del proceso. Pueden relacionarse, o integrarse, con otros sistemas de control. La vinculación de los controles eléctricos con sistemas de nivel superior y la implementación de modernas tecnologías digitales permite que las plantas puedan llevar a cabo el mantenimiento predictivo y la optimización del proceso para mejorar su confiabilidad y eficiencia.

3. Una solución para casi todas las aplicaciones

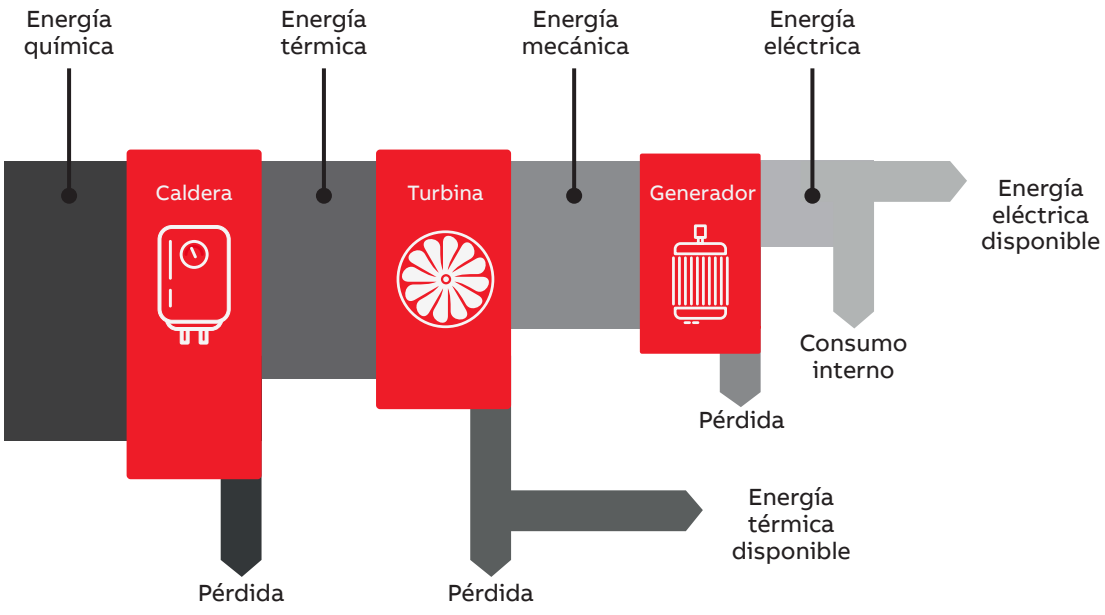
Los accionamientos pueden implementarse en prácticamente todas las partes del proceso de producción de azúcar. Como ejemplo, hay una planta de remolacha azucarera en Finlandia que tiene instalados 144 accionamientos. La planta de energía tiene 36 accionamientos con una energía total de aproximadamente 1 MW, y hay 108 accionamientos con una energía total de aproximadamente 6 MW en el proceso de producción. Aproximadamente el 60 % de los accionamientos opera bombas, el 25 % controla prensas, mezcladoras y centrífugas, y el 15 % ejecuta otras aplicaciones.

El tiempo de amortización de una inversión en accionamientos y motores depende de muchos factores diferentes, y debe calcularse para cada proyecto de manera individual. Sin embargo, en muchos casos, los ahorros de energía por sí mismos darán lugar a un tiempo de amortización de un año aproximadamente, o incluso menos.

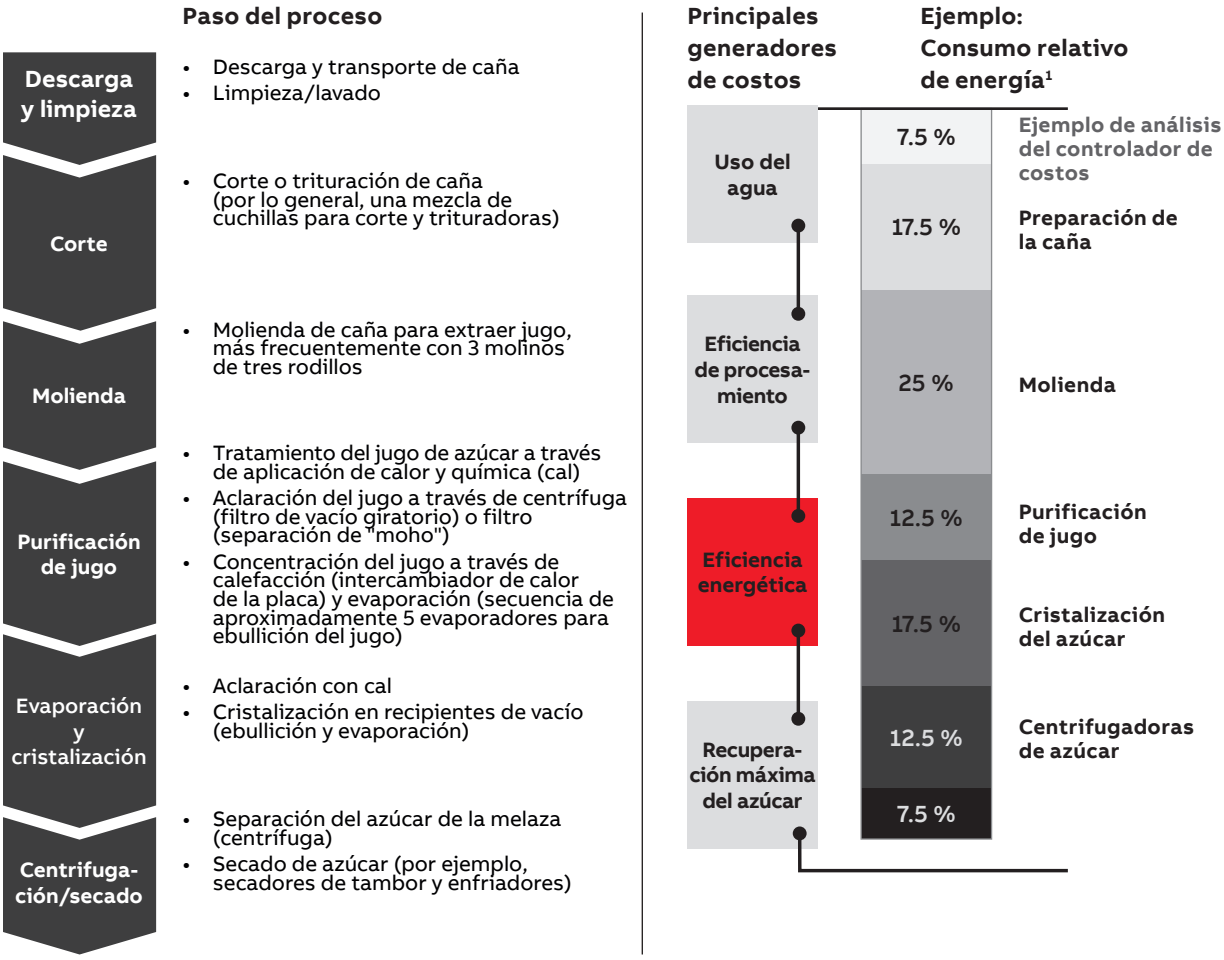
3.1 Central eléctrica

La producción de azúcar es un proceso que requiere una gran cantidad de energía y una planta de azúcar común necesita entre 8 y 10 MW de energía, de los cuales 1 MW se necesita dentro de la planta de energía en sí misma. Por lo general, las plantas de energía operan sobre una base de generación conjunta, y producen tanto vapor como electricidad. La energía excedente que no se requiere para el proceso de producción puede venderse a la red. Cuando se instalan los accionamientos y la eficiencia aumenta, las plantas de azúcar con frecuencia pueden vender más electricidad a la red. Algunas plantas de azúcar han instalado accionamientos y motores para reemplazar las anteriores turbinas de vapor que ponen en funcionamiento algunos equipos del proceso. Al instalar también calderas de alta presión eficientes, han incrementado la generación de energía y mejorado las ventas de electricidad. Tal como lo exhibe el estudio de caso 1, esto puede generar un importante flujo de ingresos adicional, especialmente en áreas en las que la electricidad es relativamente costosa.

01 El tren de la energía, donde se describe la conversión de la energía química en energía eléctrica



02 Procesamiento de la caña de azúcar: principales generadores de costos y consumo de energía relacionado de los pasos del proceso individual



1. Consumo de energía calculado para toda la planta 2. La filtración de membranas puede ser una opción, si los costos y el rendimiento de la capacidad son razonables.
Fuente: Pathak (1999), Mbohwa (2013), Clarke (1999), BCG analysis

3.2 Procesos de producción

De la producción total de azúcar en el mundo, aproximadamente el 80 % del volumen proviene de la caña de azúcar y 20 % de la remolacha azucarera. En ambos procesos, el de la caña de azúcar y el de la remolacha azucarera, la preparación de materia prima, el bombeo y las centrífugas consumen la mayor parte de la energía.

La imagen 1 muestra la conversión de la energía química en energía eléctrica, y la imagen 2 presenta los generadores de costos principales y el consumo de energía relativo de las diferentes etapas del proceso.

Las secciones a continuación describen el beneficio que podrían recibir los procesos de caña de azúcar y remolacha azucarera que consumen más energía a partir del uso de variadores de velocidad. Los procesos para preparar la caña de azúcar y la remolacha azucarera presentan diferentes patrones de consumo de energía, y los VSD funcionan de diferentes maneras en los dos procesos.

3.2.1 Preparación de la caña de azúcar

La preparación y molienda de la caña de azúcar son procesos que requieren una gran cantidad de energía, comúnmente consumen aproximadamente el 40 % de toda la energía usada en la planta. Por lo tanto, estos procesos son objetivos lógicos para medidas de mejora de la eficiencia.

Las trituradoras de caña de azúcar operadas por turbinas de vapor pueden renovarse con VSD y motores de inducción, tal como se describe en el estudio de caso 1. Además de una mejor eficiencia energética, otros beneficios incluyen mejor tiempo de actividad, menor mantenimiento y operación más silenciosa, dado que el ruido de las máquinas eléctricas es prácticamente insignificante en comparación con las turbinas de vapor. Las turbinas de vapor accionadas por reguladores mecánicos pueden provocar enormes problemas de mantenimiento y control, y las lecturas directas de las variables controladas no están disponibles. El estudio de caso 2 describe el modo en que la eficiencia aumentó un 40 % en una planta en Pakistán, después de que el equipo con accionamiento de vapor se reemplazó por nuevas maquinarias eléctricas.

Otro beneficio de usar VSD es un rendimiento de red sin tensión durante los arranques. Las trituradoras y los molinos usados para preparar la caña de azúcar estaban tradicionalmente accionadas por vapor o motores de anillos. En estas aplicaciones, se necesita un alto par de apriete de velocidad cero cuando se enciende la máquina. El problema es que el alto par de apriete provoca corrientes de encendido elevadas, y esto puede provocar una caída de voltaje en una red debilitada. Por lo tanto, las altas corrientes de arranque pueden causar activaciones e interrupciones de producción en las plantas de azúcar que tienen su propia planta de energía relativamente pequeña o que están en una red debilitada. Por el contrario, con un sistema de VSD, el arranque es tranquilo y confiable, y no provoca trastornos en la red de suministro.

3.2.2 Preparación de remolacha azucarera

El proceso para preparar la remolacha azucarera usa más energía que el de la caña de azúcar. La primera etapa en la preparación de la remolacha azucarera es rebanar la remolacha, que se realiza a través de máquinas de rebanado que consumen una enorme cantidad de energía. Este es un proceso que requiere una alta confiabilidad para evitar costosas interrupciones en el sistema, y el rendimiento por kilovatio debe mantenerse lo más alto posible. Las máquinas requieren un buen control de velocidad para garantizar que las rebanadas se produzcan en las cantidades correctas y que el proceso fluya de la mejor manera posible. Los VSD facilitan el control de la velocidad de las máquinas de rebanado, y proporcionan un control preciso de su salida para optimizar el flujo del proceso.

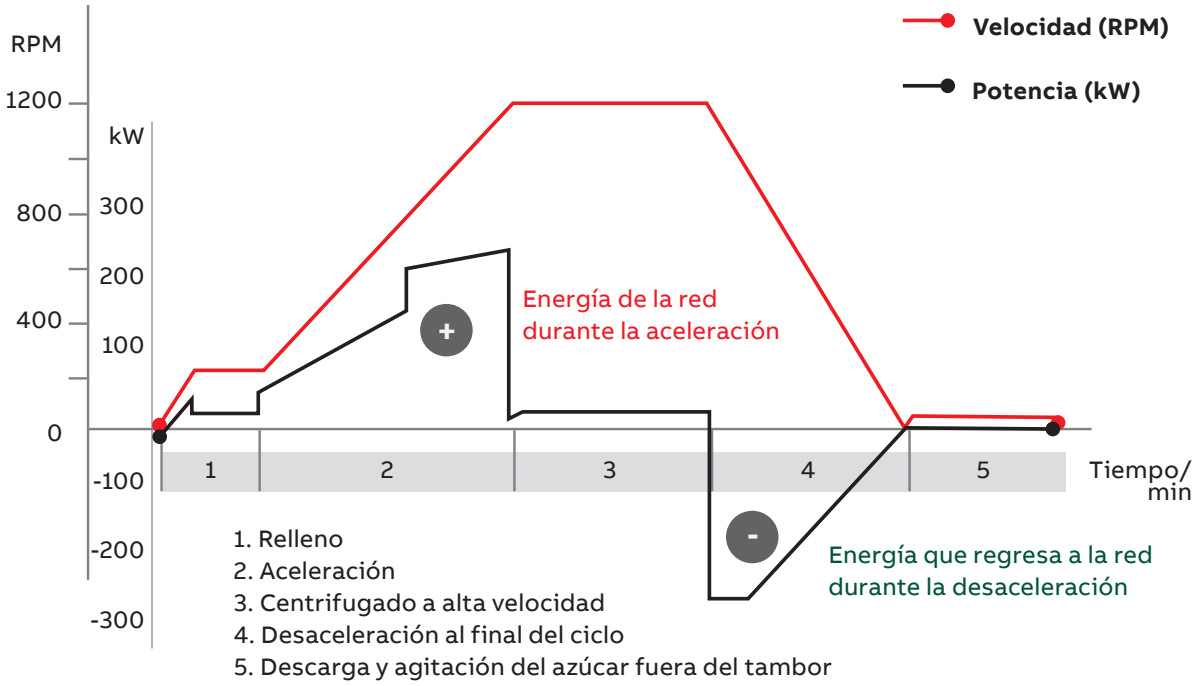
Más adelante en el proceso de la remolacha azucarera, los VSD con funcionalidad de seguimiento maestro integrada son una buena opción para controlar prensas y mezcladoras. Cada prensa o mezcladora está accionada por numerosos motores, donde cada motor está operado por su propio VSD. Se configura un VSD como el maestro en cada máquina accionada, y los demás son los seguidores. Un vínculo de comunicación entre los VSD garantiza que los seguidores mantengan la misma velocidad y el mismo par de apriete que el maestro.

Un beneficio importante de esta configuración es que la carga se puede controlar de manera más sencilla cuando está accionada por numerosos motores en lugar de solo uno. Además, el uso de múltiples VSD y motores proporciona redundancia: en el caso de falla de un accionamiento o motor, el proceso continuará funcionando de todas formas, lo cual sirve para reducir el tiempo de inactividad.

3.2.3 Bombas

En las plantas de caña de azúcar y de remolacha azucarera, las bombas se usan en todo el proceso para transferir agua y jugo. Las bombas representan aproximadamente el 25 % del consumo total de energía de la planta y, por lo tanto, ofrecen gran potencial de ahorro a través de la eficiencia energética. Los sistemas convencionales usan válvulas para controlar el flujo: el motor de la bomba funciona a velocidad máxima y se restringe el flujo al nivel requerido mediante el ajuste de las válvulas. Esto resulta altamente ineficiente; de hecho, se ha comparado con propulsar un automóvil con un pie de manera permanente en el acelerador mientras el otro pie acciona el freno para controlar la velocidad. Renovar estos tipos de sistema de bombas con VSD no solo significará ahorros de energía, sino que también proporcionará un control sencillo de la velocidad de la bomba y una operación tranquila del proceso. Además, reducirá la cantidad de componentes mecánicos potencialmente no confiables.

03 Ciclo de trabajo de la centrífuga de azúcar que usa el accionamiento regenerativo para la recuperación de energía



3.2.4 Centrífugas

Las centrífugas de azúcar aceleran rápido, giran a velocidad nominal y luego desaceleran rápido. El tiempo del ciclo depende del tamaño y de la masa de la centrífuga, y puede variar entre 3 y 5 minutos, que implica 10 a 20 ciclos por hora. Comúnmente, las plantas tienen aproximadamente diez centrífugas.

Los VSD con función regenerativa son la solución ideal para controlar las centrífugas, dado que posibilitan la recuperación de energía durante la fase de aceleración. La operación de las centrífugas de la planta puede equilibrarse para disminuir la demanda de energía. Cuando una centrífuga desacelera, la energía recuperada por el accionamiento regenerativo puede volver a utilizarse al acelerar la centrífuga. La imagen 3 muestra un ciclo de trabajo típico de la centrífuga de azúcar, con curvas de consumo de energía y recuperación. El estudio de caso 3 describe el modo en que una planta de azúcar en los Estados Unidos utilizó un VSD regenerativo para reciclar la energía y acortar el tiempo del ciclo de su centrífuga un 20 %.

Los VSD pueden producir importantes ahorros de energía cuando se usen para controlar las centrífugas. Esta es una de las aplicaciones más exigentes en las plantas de azúcar, dado que dimensionar los componentes de manera correcta es una tarea compleja a partir de la operación cíclica de las centrífugas. Por lo tanto, los proveedores deben tener conocimientos prácticos profundos sobre la aplicación y el accionamiento.

4. Selección del mejor proveedor para accionamientos y motores

Dado que la naturaleza de la industria de azúcar presenta exigencias especiales para los equipos de producción, resulta sensato trabajar con un proveedor de accionamientos y motores que comprenda el proceso, o incluso mejor, que tenga experiencia en el suministro de accionamientos y motores para aplicaciones de azúcar.

Además, es importante seleccionar un proveedor que comprenda el panorama general de la red eléctrica de la planta. Al seleccionar los componentes correctos, es fundamental que el sistema de VSD no provoque trastornos en el resto del sistema; por ejemplo, la activación espontánea de disyuntores, que puede provocar una interrupción de la producción. Factores tales como el contenido armónico de la red, el factor energético y las fluctuaciones de voltaje deben tenerse en cuenta al diseñar las operaciones renovadas de la planta. De lo contrario, estos factores pueden provocar efectos no deseados en la red para la planta de azúcar.

La operación altamente cíclica de las plantas de azúcar implica que el tiempo de inactividad debe minimizarse durante las cosechas. Por lo tanto, los equipos deben ser confiables y fáciles de mantener, y las piezas de repuesto, el servicio y el soporte deben estar disponibles a corto plazo.

Las condiciones ambientales hostiles, con calor, humedad y polvo, subrayan la importancia de tercerizar accionamientos y motores comprobados y robustos que ofrezcan buen rendimiento en circunstancias difíciles. En el caso de los motores, se debe prestar especial atención al sistema de protección de alto ingreso (clase IP) y de aislamiento.

En proyectos renovados, resulta ventajoso elegir un proveedor que pueda proporcionar no solo accionamientos y motores, sino también otros equipos, tales como paneles de control, tableros de distribución y conexiones de red, y que incluso pueda llevar a cabo las tareas de planificación y diseño del proyecto. En cualquier proyecto, elegir un paquete de accionamientos y motores combinados ofrecerá claros beneficios en relación con una mayor eficiencia, confiabilidad y vida útil más prolongada.

Para aprovechar las más recientes tecnologías digitales, es fundamental seleccionar un proveedor que pueda conectar accionamientos a otros sistemas de control y permitir que la planta use servicios de digitalización, tal como el monitoreo de condición remota. Si se cuenta con los sistemas adecuados, se pueden recopilar y analizar datos de operación para brindar información útil del proceso y permitir el mantenimiento predictivo y la optimización del proceso.

5. Conclusión

Los productores de azúcar con intenciones de aumentar su ventaja competitiva por lo general se centran en la optimización de la eficiencia energética, el rendimiento y la confiabilidad de su planta. Los VSD, combinados con motores eléctricos confiables y con eficiencia energética, servirán a sus esfuerzos en estas tres áreas. La eficiencia energética mejora mediante el uso de accionamientos que permitan ahorrar energía en los molinos, trituradoras, mezcladoras, bombas, centrífugas y otros equipos. Los VSD mejoran el rendimiento gracias al aumento del grado general de automatización, lo que flexibiliza más los procesos. También otorgan un control tranquilo y preciso del proceso, lo que ayuda a garantizar un rendimiento constante y una buena consistencia del producto, además de una alta proporción de recuperación del azúcar. Los VSD mejoran la confiabilidad, dado que disminuyen el desgaste de los motores y las maquinarias accionadas, y también a partir de la reducción de la necesidad de componentes mecánicos.

Renovar los equipos de producción de azúcar requiere inversión. No obstante, el tiempo de amortización de la inversión en sistemas de VSD puede ser relativamente breve dada la mayor eficiencia energética, la mayor productividad y los ingresos adicionales provenientes de la venta de energía eléctrica excedente. En algunos casos, las plantas de azúcar han alcanzado tiempos de amortización de menos de un año.

6. Estudios de caso

Estudio de caso 1
Trituradora de caña renovada con VSD y motores
Caldera reemplazada por unidad de alta presión eficiente

Cliente: Planta de caña de azúcar en Honduras
Capacidad: 10 200 toneladas de caña de azúcar por día
Operación: 155 días al año

Una trituradora de caña en la planta estaba accionada anteriormente por cinco turbinas de vapor de 750 kW para un consumo total de energía de 3750 kW. Las turbinas de vapor se reemplazaron por VSD ACS1000 de ABB y motores de inducción. Al mismo tiempo, las calderas de la planta de energía se renovaron con unidades de alta presión.

El vapor anteriormente utilizado para accionar turbinas ahora puede generar electricidad. Al permitir el consumo de energía de los VSD y motores, la planta produce un excedente de energía de aproximadamente 6550 kW que puede vender a la red. Esto genera ingresos adicionales de aproximadamente $1 millón por año.

Otros beneficios incluyen mejor tiempo de actividad y menos mantenimiento, velocidad de la trituradora optimizada por la carga, protección contra sobrecarga, arranque más rápido de la trituradora, mayor vida útil del equipo gracias a una aceleración suave, y menos ruido.

Estudio de caso 2
Cliente: Mirpurkhas Sugar Mills, Pakistán
Capacidad: 7500 toneladas de caña de azúcar por día

Se reemplazó una turbina de vapor que operaba un molino de la trituradora por un accionamiento ACS800 y un motor enfriado por nervaduras NXR de ABB. Si bien se requirieron entre 650 y 700 kW de energía para accionar el molino de la trituradora con el sistema anterior, la nueva solución eléctrica solamente necesita entre 350 y 400 kW. La energía requerida para accionar la trituradora de la caña se redujo entonces un 40 %.

Uno de los aspectos más ventajosos de la renovación es el par de apriete de arranque muy alto producido por el motor. Otras ventajas incluyen una disminución significativa del ruido y del tiempo de inactividad. La red de soporte de ventas global, la calidad comprobada, la experiencia técnica y los vastos conocimientos de aplicación de ABB, que garantizan un paquete de motor-accionamiento personalizado, fueron todos factores tenidos en cuenta en la decisión del molino de trabajar con ABB.

Estudio de caso 3
La unidad regenerativa corta el tiempo del ciclo de centrifugado y recupera la energía.

Compañía: Planta de caña de azúcar en los EE. UU.
Capacidad: 24 000 toneladas de caña de azúcar por día

En esta planta de azúcar de los Estados Unidos, una de las centrífugas más grandes estaba controlada por un accionamiento existente que demostró ser poco confiable e ineficiente. El accionamiento se reemplazó por un accionamiento regenerativo industrial de CA de ABB que ofrece control de velocidad y par de apriete.

En comparación con el accionamiento anterior, el tiempo del ciclo se redujo un 20 % gracias a una respuesta precisa y rápida de la velocidad del motor sobre la base de variaciones de la carga de la centrífuga. Durante la fase de desaceleración, el motor se convierte en un generador y recupera la energía que se transfiere a través del accionamiento a una centrífuga contigua. La capacidad de alimentación del accionamiento significa que puede mantener energía máxima durante reducciones de voltaje a corto plazo.

Para obtener más información y detalles de contacto:

ABB Accionamientos para alimentos y bebidas
ABB Motores para alimentos y bebidas

Nos reservamos el derecho a realizar cambios técnicos o modificar el contenido de este documento sin previo aviso. Con respecto a órdenes de compra, tendrán prioridad los detalles acordados. ABB AG no se hace responsable de posibles errores o de falta de información en este documento.

Nos reservamos todos los derechos sobre este documento y el tema tratado, así como las ilustraciones contenidas en él. Se prohíben la reproducción, entrega a terceros o utilización de su contenido, ya sea en todo o en parte, sin la autorización previa por escrito de ABB AG. Copyright© 2017 ABB Todos los derechos reservados

3AUA0000225044 REV A ES 10.4.2017 *20149