



Soluciones de accionamientos para el sector minero mundial

metales

grúas

minería

pruebas

petróleo y gas

energía renovable

servicios públicos

cemento

Acerca de TMEIC

Una red mundial

TMEIC se ha edificado sobre la honrosa herencia de Toshiba y Mitsubishi-Electric en el negocio de los sistemas de automatización, control y accionamientos industriales. El negocio mundial de TMEIC emplea a más de 2200 empleados, tiene ventas que superan los 2,4 mil millones de dólares y se especializa en metales, petróleo y gas, manipulación de materiales, servicios públicos, minería y papel, entre otros mercados industriales.

TMEIC Corporation, con base en Roanoke, Virginia, diseña, desarrolla y fabrica sistemas avanzados de automatización y accionamientos de frecuencia variable.

La fábrica de las fábricas del mundo

TMEIC les suministra sistemas y productos avanzados de alta calidad a fábricas de todo el mundo y, al mismo tiempo, se desempeña como colaborador mundial de soluciones para contribuir al desarrollo de sus clientes.

Servicio al cliente

En TMEIC, centramos la atención en el cliente esforzándonos por ofrecer productos de calidad superior y un servicio excelente, y por garantizar el éxito de cada proyecto, siempre.

Variadores de frecuencia en el sector minero

A lo largo de todo el proceso, desde el momento de extracción hasta el producto final, se emplean variadores de frecuencia (VFD) para encender eficazmente motores de gran tamaño y ajustar continuamente la velocidad de acuerdo con las exigencias de la máquina o el proceso. Los motores de

inducción y síncronos que accionan excavadoras, bandas transportadoras, molinos, ventiladores y bombas dependen de VFD para el suministro de alta potencia y el control de velocidad, así como para reducir considerablemente los gastos de energía eléctrica y mantenimiento.



- Las dragas de cable y las palas de gran tamaño precisan que los variadores de frecuencia les suministren alta potencia a todos los motores que accionan la máquina con par y velocidad controlados.
- Las bandas transportadoras de gran extensión precisan de variadores de frecuencia para el arranque y el funcionamiento (concretamente, para que les proporcionen un par de arranque controlado que evite el deslizamiento de la banda), así como para la capacidad de ajustar la velocidad de acuerdo con las necesidades del proceso.

- La familia de variadores de frecuencia TMdrive®-10/30/50/70 y los motores TMEIC son además muy adecuados para aplicaciones de polipastos en el sector minero.
- Los variadores de frecuencia son muy útiles para encender suavemente motores de molino de gran tamaño. La eliminación de corrientes arranque prolonga la vida útil del motor. Además, las corrientes de baja intensidad en el arranque reducen las caídas de voltaje, lo cual favorece al sistema de distribución de energía eléctrica.

¿Por qué utilizar variadores de frecuencia eléctricos?

Estas son algunas de las razones por las que conviene utilizar VFD en el sector minero:



Mayor confiabilidad

Páginas 4, 5, 9

Para controlar el flujo, los sistemas de variadores de frecuencia para motores son más confiables que los equipos tradicionales, p. ej., válvulas de estrangulamiento, engranajes y turbinas. Por no tener piezas móviles, los variadores de frecuencia eléctricos resultan sumamente confiables.



Buen control sobre las máquinas para trabajos de movimiento de tierra

Páginas 4, 5, 6

Para lograr la respuesta de velocidad y el control de posición adecuados de máquinas grandes con funciones mecánicas como, por ejemplo, elevación, giro y arrastre, se precisan variadores de frecuencia muy potentes. Igualmente, las bandas transportadoras de gran extensión requieren el control exacto de par y velocidad que ofrecen los VFD.



Mucho menos mantenimiento

Páginas 8, 19

El equipo de minería exige un sistema que ofrezca una alta confiabilidad. Los variadores de frecuencia eléctricos no tienen piezas móviles y necesitan muy poco mantenimiento. En esto se diferencian radicalmente de otros dispositivos de control de velocidad como, por ejemplo, bombas, válvulas, engranajes y turbinas, que sí exigen mucho mantenimiento periódico y el correspondiente tiempo improductivo.



Arranque suave de uno o varios motores de molino y un mejor factor de potencia

Páginas 8, 9

Cuando se emplean variadores de frecuencia eléctricos para encender suavemente motores de gran tamaño, se suprimen las corrientes de arranque y el correspondiente esfuerzo mecánico y térmico. A su vez, así se eliminan las restricciones de velocidad de arranque del motor, se reduce el deterioro del aislamiento y se prolonga la vida útil del motor. Además, la lógica de sincronización permite al variador de frecuencia encender suavemente varios motores. Finalmente, los variadores de frecuencia grandes pueden mejorar el factor de potencia global del sistema.

Por qué tiene sentido utilizar los variadores de frecuencia TMEIC



Escoja a TMEIC, un proveedor a escala mundial

Página 18

TMEIC fabrica, comercializa y da mantenimiento a sistemas de accionamientos en el mundo entero, respaldados por centros de ingeniería y mantenimiento en Norteamérica, Suramérica, Europa, Asia, Japón y Australia.



¡Usted cuenta con nosotros! Una familia completa de accionamientos

Página 19

Nuestra familia de variadores de frecuencia de bajo y medio voltaje (LV y MV) satisface todas sus necesidades desde 450 hp hasta 12 000 hp (335 kW a 8950 kW) y más, y le ofrece una amplia gama de voltajes de hasta 11 kV y una línea de variadores de CC y controles de grupo motogenerador para llenar sus requerimientos.



Expertos en ingeniería

Página 11

Los ingenieros de aplicación de variadores de frecuencia y motores de TMEIC aportan a su aplicación una media de 25 años de experiencia en la industria. Tras analizar los requerimientos de su sistema, están en capacidad de recomendarle la solución que ofrezca la mejor relación costo-eficiencia y diseñarle todo el sistema de accionamientos.



Software de configuración

Páginas 19, 20

Todos los variadores de frecuencia de TMEIC emplean la mundialmente aclamada herramienta software de configuración. Sus diagramas de bloque en vivo y sus asistentes de puesta a punto simplifican las tareas de puesta en servicio y mantenimiento.

Aplicaciones de accionamientos en dragas de cable, palas, bandas transportadoras, molinos y bombas

Los variadores de CA y CC suelen emplearse para controlar la velocidad de dragas de cable, bandas transportadoras, molinos, polipastos y bombas en el sector minero. Las próximas páginas describen cuatro aplicaciones características y explican las razones por las que se escogieron accionamientos eléctricos.

Aplicación 1. Control avanzado de dragas de cable y palas de grupo motogenerador



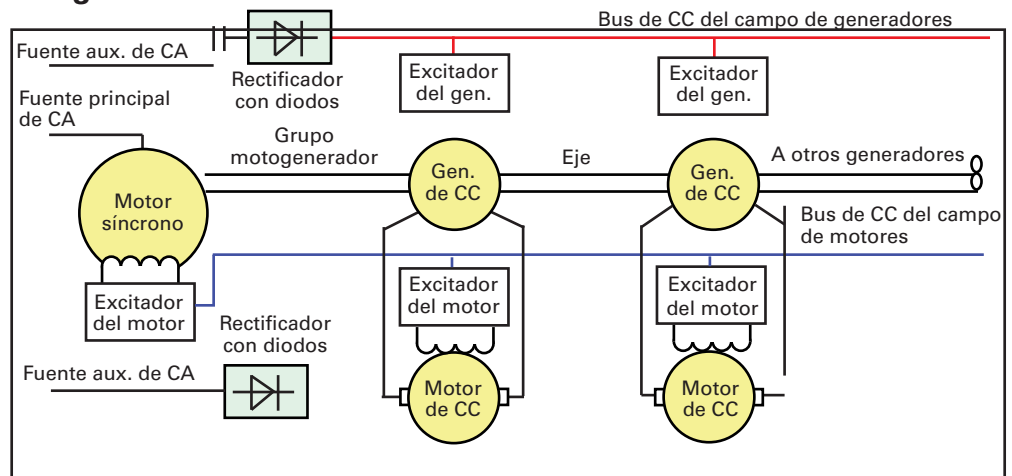
Control de grupo motogenerador DC-EXX

El DC-EXX es un grupo motogenerador de TMEIC para excavadoras mineras. Este control es un innovador sistema de hardware y software de alto rendimiento basado en una tecnología comprobada y más de 50 años de experiencia.

El sistema está diseñado para varios tipos de generadores y motores de CC que se emplean con máquinas de gran tamaño. Los rectificadores de CC de bus común alimentan los excitadores reguladores de campo con IGBT (tiristores dipolares de compuerta aislada), mientras un PLC sencillo de alta velocidad permite el control preciso y la alta productividad de la excavadora.

Sistema global de grupo motogenerador

- El transformador auxiliar y los motores síncronos del grupo motogenerador se alimentan de corriente alterna de medio voltaje mediante el cable de arrastre de la mina.
- Cada grupo motogenerador con motor síncrono alimenta varios generadores de CC a través de un eje común.
- Los convertidores CA-CC con diodos conectados a una potencia eléctrica auxiliar crean dos buses de CC comunes de 600 voltios para los campos de los generadores y los motores.



Características del DC-EXX

Última tecnología

- Un bus común permite compartir la potencia del campo
- Los convertidores con diodos producen menos distorsión armónica que los convertidores con tiristores
- Interruptores de alimentación con IGBT, en lugar de tiristores
- Reemplaza los contactores de CC de circuito de campo por tiristores.

Más características de control

- El PLC del variador de velocidad fija los límites y los modos de comunicación y funcionamiento
- El PLC maestro tiene dispositivos de protección antimovimiento y configuración del variador de velocidad
- Control total durante la parada de LE (excitación)

Un diseño superior

- Tecnología actual, pero comprobada
- Menor número de transformadores de excitación
- Controles internos más sencillos
- Ocupa una superficie reducida
- Menores costos totales del sistema

Beneficios

Rendimiento Mejorado

- Transformadores de alimentación eléctrica más pequeños y costos más bajos
- Menos calor e interferencia, transformador auxiliar más pequeño
- Respuesta más rápida, no se necesitan sensores de estado de las celdas, menor número de dispositivos
- Menos mantenimiento; protección y frenado en un mismo circuito de campo

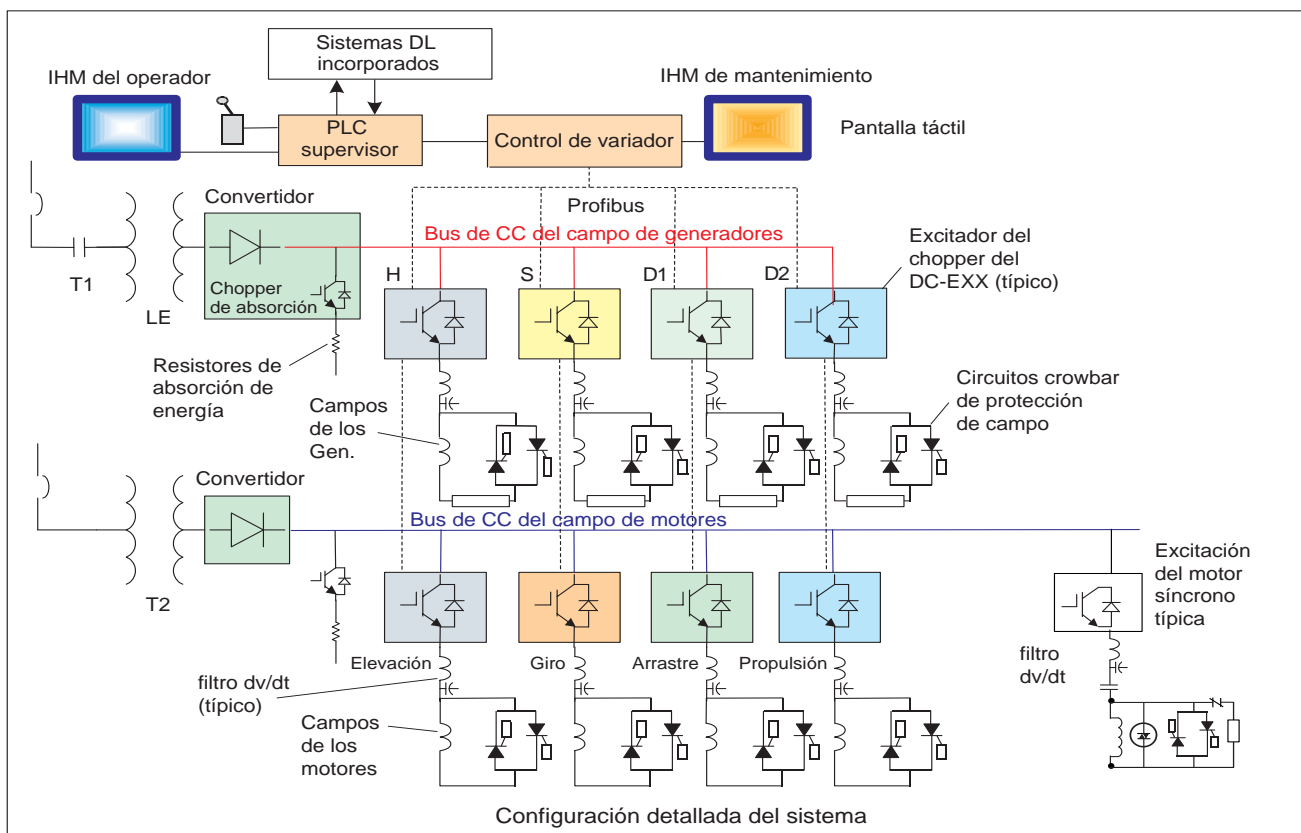
Control Mejorado

- Sistema de PLC supervisor simplificado y monitoreo en tiempo real
- Visibilidad del conjunto de funciones para facilitar el monitoreo y el mantenimiento
- Detiene más rápidamente el movimiento al mismo tiempo que protege los motores y los generadores

Valor Mejorado

- Larga vida útil del producto
- Alimentadores de CA y MCC más sencillos que ocupan menos espacio y son más económicos
- Procedimientos más sencillos para el diagnóstico de averías y la configuración
- Distribución y mantenimiento del panel más eficaces y reducidos
- Mayor valor

Aplicación 1 (continuación). La última tecnología en controles de conjunto motogenerador (ejemplo de draga de cable)



Componentes principales

- El transformador auxiliar y los motores síncronos del grupo motogenerador se alimentan de corriente alterna de medio tensión mediante el cable de arrastre de la mina.
- Cada grupo motogenerador con motor síncrono alimenta varios generadores de CC a través de un eje común.
- Los convertidores CA-CC con diodos conectados a una potencia eléctrica auxiliar crean dos buses de CC comunes de 600 voltios para los campos de los generadores y los motores.
- Los excitadores utilizan interruptores IGBT en una configuración de chopper de CC para suministrar corriente controlada y filtrada a los campos de CC.
- Un controlador de alta velocidad para protección óptima de la excavación y la máquina.
- El factor de potencia de entrada de CA de la draga de cable se mantiene por excitadores de motores síncronos alimentados a través del bus común de los motores de CC.
- El PLC supervisor de la máquina controla y protege las excavadoras y se comunica a través de pantallas de operador y mantenimiento.
- La línea Profibus que va a los variadores se utiliza para transmisión de comandos y monitoreo.
- Los interruptores estáticos de los campos de generadores y motores protegen los campos y permiten paradas de emergencia controladas.

Módulos DC-EXX reforzados



Convertidor de CC

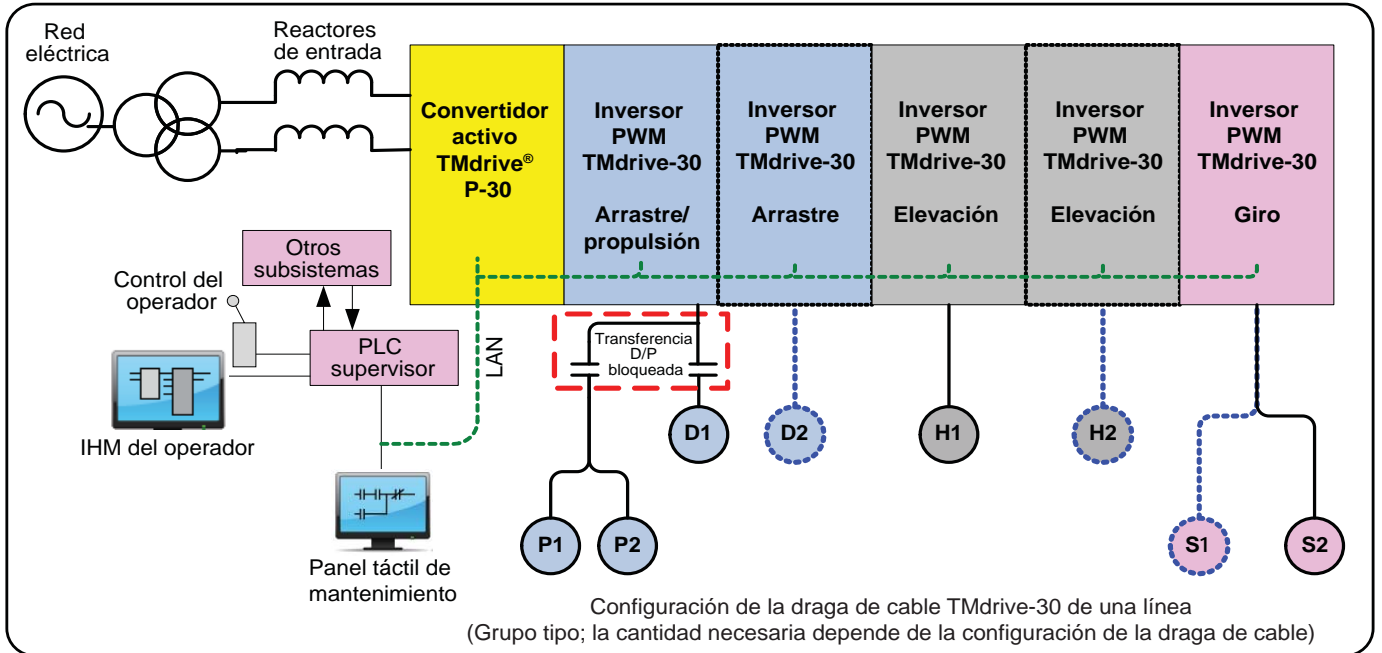
- Entrada trifásica de 220-440 V CA
- Salida de CC de 300-600 V
- Capacidad de salida de 350 ó 750 amperios

Excitador

- 300 ó 600 V CC de entrada, 150, 300 y 600 amperios de salida, voltaje de salida para satisfacer los requisitos de campo.
- Interruptores IGBT controlados por microprocesadores regulan la corriente y el voltaje de inducido.
- Capacitores internos de pelicular para una amplia tolerancia térmica.
- Recibe comandos operacionales del controlador del variador de velocidad a través de la entrada Profibus.

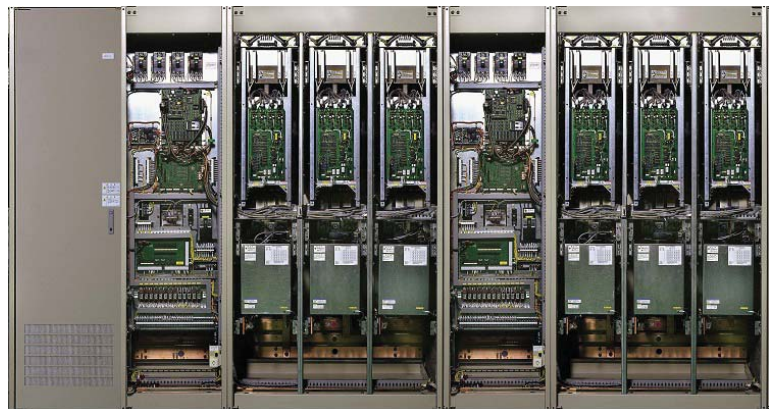


Aplicación 2. Accionamiento de CA para dragas de cable



Componentes principales

- Corriente de entrada proveniente de los alimentadores del sistema de distribución de la mina que el TM-30 convierte a través del transformador incorporado.
- En el caso de la salida de tres niveles, el convertidor TM-30 alimenta dos buses de CC de 900 V que están a disposición de todo el grupo de inversores. El convertidor PWM es completamente regenerativo y puede suministrar potencia reactiva adelantada para estabilizar el voltaje.
- Cada inversor de variador de velocidad se conecta a un motor para realizar un movimiento particular de la draga de cable.
- El variador de frecuencia de giro alimenta los dos motores del mecanismo de giro (dependiendo de la potencia del movimiento), mientras que el movimiento de propulsión se comparte con el variador de frecuencia de arrastre. Los motores del mecanismo de elevación se alimentan mediante variadores de frecuencia dedicados.
- El número de inversores por grupo de convertidores depende de los niveles de potencia pico y eficaz, así como de la potencia de draga de cable requerida y la característica de potencia necesaria para la estabilidad del voltaje de la mina.
- Un PLC supervisor de la máquina envía referencias al variador de velocidad y los controles, y protege la draga de cable mientras está en marcha.
- Se ofrecen dos pantallas de IHM sensibles al tacto para facilitar el mantenimiento, el diagnóstico y el monitoreo.
- La comunicación entre los variadores de frecuencia y el PLC puede efectuarse mediante protocolos de alta velocidad estándares del sector como, por ejemplo, Profibus-DPTM.



Grupo de armarios TMdrive-30

Puente modular de tres niveles por fase IGBT

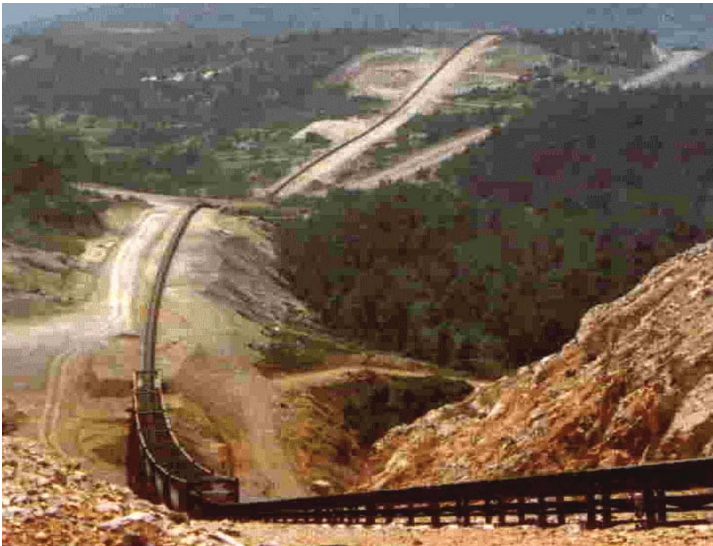
- Los inversores y las fuentes basadas en la tecnología IGBT tienen tres puentes modulares de tres niveles por fase. Cada puente de fase incluye:
- IGBT con diodos volantes
 - Montaje de tubo de calor
 - Tarjeta de circuito impreso controladora de compuerta IGBT
 - Las placas deslizantes reforzadas facilitan el acceso para tareas de mantenimiento
 - Fusibles de alta velocidad



Módulo desconectable

Aplicación 3. Transporte de mena mediante banda transportadora: Riguroso control de velocidad y par

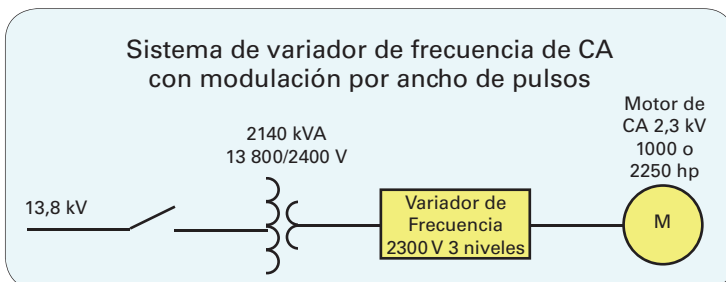
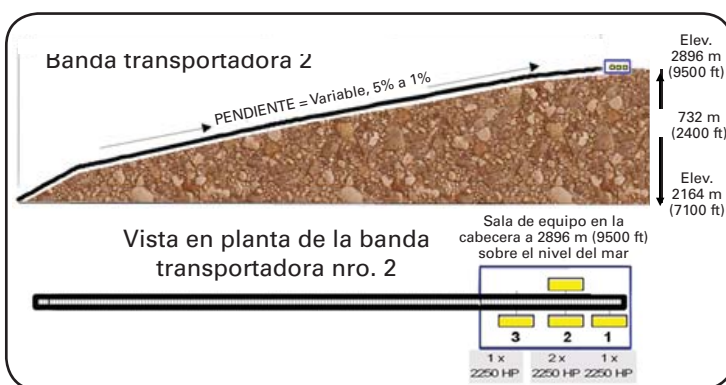
Transportar mena a una planta de procesamiento por medio de un tren se ha vuelto obsoleto y poco confiable. La solución de TMEIC fue reemplazar el tren por una banda transportadora, que se segmentó en tres partes: la banda transportadora nro. 1 sube la mena hasta la superficie; la banda transportadora nro. 2 la traslada varios kilómetros y la banda transportadora nro. 3 la lleva hasta la planta de procesamiento. A continuación se describe en detalle el segmento más largo, la banda transportadora nro. 2.



Banda transportadora terrestre típica

El segmento de banda transportadora más largo

Cuatro grandes variadores de frecuencia y motores de inducción que generan un total de 9000 hp accionan el segmento de banda transportadora más largo. La gran altitud hizo necesario reducir los valores especificados y prestar especial atención al sistema de enfriamiento. Como se indica a continuación, la pendiente varía entre 1% y 5%.



Banda transportadora nro. 2. Desafíos de diseño

Desafíos relacionados con los motores: El sistema requería:

- Potencia de motor de hasta 2250 hp y un par de arranque elevado
- Amplio intervalo de velocidad

Solución de motores: Motores de inducción de 2,3 kV con un sistema independiente de enfriamiento por aire que sería proporcionado por el usuario.

Desafíos relacionados con los variadores de frecuencia:

Los variadores de frecuencia deben:

- Prestar un servicio continuo confiable
- Hacer uso eficiente de la energía
- Precisar poco mantenimiento

Solución de variadores de frecuencia: Variadores de frecuencia de CATMEIC de 2300 voltios operacionales con inversores PWM de 3 niveles y rectificadores de 18 pulsos.

Desafíos relacionados con el control: El sistema requería:

- Un par preciso para controlar la tensión de la banda
- Coordinación de la tensión desde la cabecera hasta el pie
- Cualquiera de los motores debe poder funcionar a velocidad variable

Solución de control: Un controlador de la serie Innovation para un par programable.

Desafíos relacionados con la potencia: El sistema requería alimentadores de gran longitud y debía evitar la resonancia generada por capacitancia en presencia de armónicos de alto orden.

Solución de potencia: El sistema de alimentación emplea:

- Inversores de 3 niveles con convertidores de 18 pulsos que cumplen con la norma IEEE 519
- Filtros de alta frecuencia para eliminar la resonancia del cable en el armónico 19

Beneficios de un sistema de variadores de frecuencia de CA



Un sistema muy confiable. Reemplazar el tren por el sistema de variadores de frecuencia y banda transportadora tuvo como resultado:

- Alta confiabilidad
- Reducción del mantenimiento y el tiempo improductivo



La velocidad variable trae beneficios.

Controlar la velocidad de la banda transportadora produjo varios beneficios:

- Ahorro de energía eléctrica
- Menos fricción
- Menos desgaste de la banda



Se evitan riesgos técnicos. Un esmerado diseño evitó el riesgo de fallas como, por ejemplo, el deslizamiento y estiramiento de los varios kilómetros de banda accionados por 9000 hp en la cabecera (cuatro motores de 2250 hp cada uno).

Aplicación 4. Motores de molino triturador

Las instalaciones del cliente en esta planta emplean accionamientos de frecuencia variable para una cantidad de aplicaciones. Cuatro motores con capacidades que varían desde 250 hasta 2400 hp se accionan mediante variadores de frecuencia de medio voltaje TMEiC. Hay tres grandes molinos, cada uno de los cuales requiere un motor de medio voltaje de 4000 hp.



El cliente tenía varios requerimientos cuando escogía los tres grandes motores de molino y sus correspondientes variadores de frecuencia y controles, entre ellos:

- Capacidad de encender suavemente los motores mediante cualquiera de los variadores de frecuencia y reducir el efecto sobre el sistema de alimentación;
- Capacidad de sincronizar los motores con la red eléctrica y aprovecharla para hacer funcionar algunos o todos los motores a velocidad constante;
- Capacidad de hacer funcionar un motor a frecuencia variable para hacer posible la optimización del proceso de molienda;
- Utilizar motores síncronos, porque pueden suministrar potencia reactiva adelantada al sistema de suministro de energía eléctrica y así ayudar a reducir el bajo factor de potencia de la planta.

Tras revisar las alternativas, el cliente decidió instalar un inversor conmutado de carga (LCI) de medio voltaje para arrancar suavemente cada uno de los tres motores de molino.

Beneficios del variador de velocidad y los motores síncronos



Economía en los gastos. El análisis del cliente indicó que el uso de motores síncronos generaría excelentes ahorros, ya que corrigen el factor de potencia de toda la planta y son muy eficientes. En este lugar, la empresa eléctrica impone a sus abonados una multa por operar con un factor de potencia bajo.



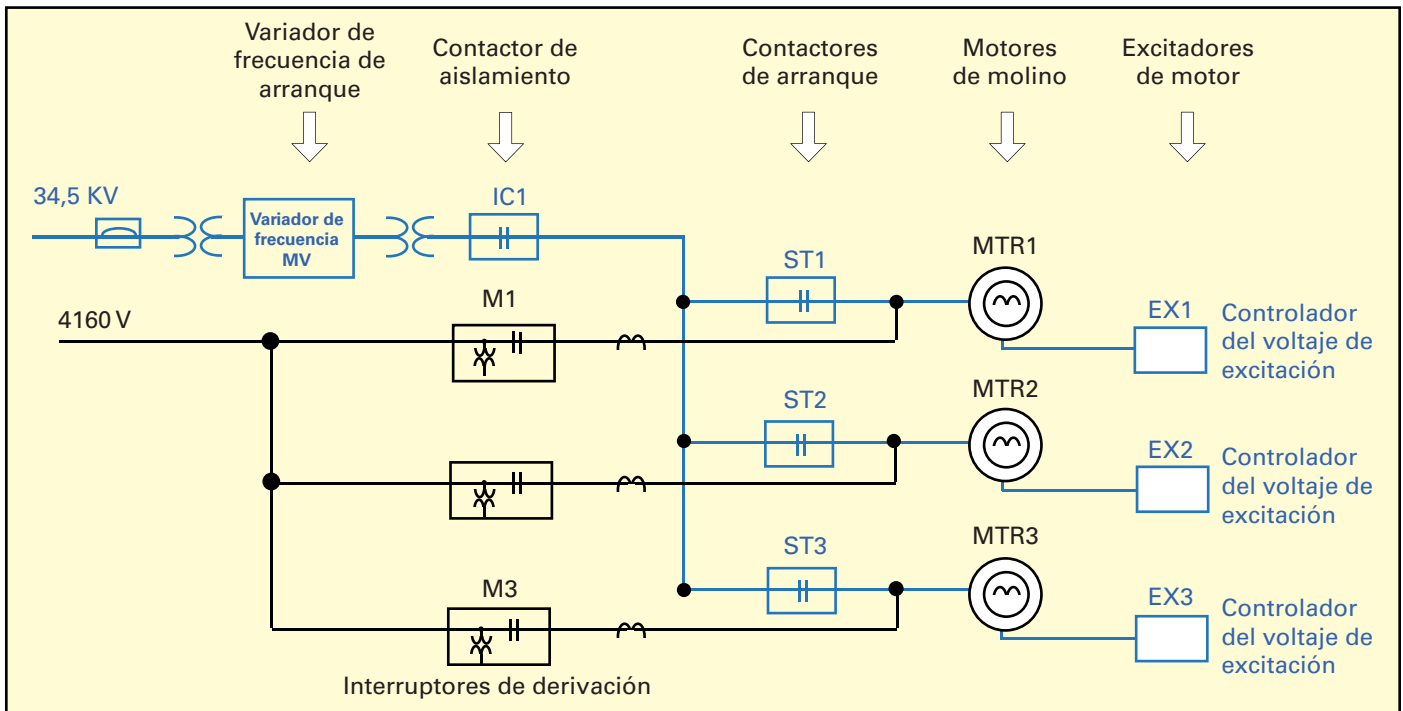
Alta confiabilidad. El LCI de medio voltaje tiene un historial de alta confiabilidad comprobada desde hace 20 años:

- La redundancia N + 1 de SCR permite el funcionamiento continuo, incluso si falla un SCR
- Módulos de potencia enfriados por agua
- Se pueden cambiar los SCR sin abrir el circuito de enfriamiento
- De acuerdo con la experiencia operacional de la planta, el MTBF supera los 15 años



Perfecto arranque del motor. El variador de velocidad controla el campo del rotor (mediante el excitador) y la corriente del estator para ofrecer un perfil de arranque perfecto sin sobrepasar los valores nominales de voltaje e intensidad, lo cual evita el recalentamiento del motor. También es importante controlar la corriente del motor cuando las redes del sistema de alimentación están débiles o la planta está al extremo de una línea de transmisión prolongada. Además de encender el motor, el variador de velocidad permite sincronizar perfectamente el motor con el suministro eléctrico.

Aplicación 4 (continuación). Multiplexar un variador de frecuencia para encender y controlar tres grandes motores de molino



Una línea para el arranque de varios motores mediante un VFD

El sistema compartido de arranque mediante variadores de frecuencia tiene una buena relación costo-beneficio

Los tres molinos trituradores se accionan mediante motores síncronos de la misma capacidad. Un variador de frecuencia puede encender cualquiera de los tres motores en cualquier orden, como lo indican las líneas azules de la figura anterior. Una vez encendido el motor síncrono, el variador de frecuencia sincroniza el motor con el suministro eléctrico para que funcione directamente a pleno voltaje.

Tan pronto como enciende el primer motor de molino y lo deriva a la línea, el variador de velocidad está libre para encender el segundo motor. El mismo proceso se repite para liberar el variador de velocidad para que encienda el tercer motor de molino.

Los tres motores de molino pueden funcionar directamente a pleno voltaje o puede dejarse uno conectado para que funcione alimentado por el variador de velocidad, si es necesario. Por el uso compartido del variador de frecuencia, este sistema minimiza el costo de capital del cliente.

Transferencia síncrona

El variador de velocidad tiene a su cargo la correspondencia de fase y voltaje necesaria para la transferencia final del motor a la red eléctrica. Esta transición se coordina con una diferencia de unos pocos milisegundos, lo cual elimina el riesgo de pares perjudiciales o pérdida de sincronización del motor.

Arranque suave

En todo momento, el variador de velocidad mantiene la corriente de arranque de los motores por debajo del valor a plena carga. Cuando se enciende el motor directamente a pleno voltaje sin el variador de velocidad, la corriente de irrupción de arranque es seis veces la corriente nominal. Mediante el variador de velocidad, se reduce considerablemente el esfuerzo del motor y se prolonga su vida útil.

Aplicación 5. Sistema de variadores de recuperación de potencia de deslizamiento de molinos trituradores

Esta planta de procesamiento de mena de Papúa Nueva Guinea puede procesar hasta 4,7 millones de toneladas al año. La aplicación de los variadores de frecuencia consiste en un molino SAG de doble piñón accionado por dos motores de inducción con rotor bobinado de 5000 kW (WRIM). Dos TMdrive-10SPR controlan la velocidad de los motores recuperando la corriente del rotor y devolviendo la potencia a la red eléctrica. En una configuración de motor doble, los motores comparten la carga en el molino de rodillos tándem.

La necesidad del cliente

La confiabilidad, la dependencia de energía eléctrica y la logística fueron un desafío en este proyecto. El acceso restringido a la distante ubicación de la mina exigía la recuperación de potencia y una confiabilidad excelente en su funcionamiento.

Desafíos de diseño del molino triturador

Motores: Dos motores de inducción con rotor bobinado de 5000 kW

- Aplicación de motor doble
- Un motor permite controlar la velocidad y el otro permite controlar el par
- Los motores comparten la carga en el molino de rodillos tándem

Desafíos relacionados con los variadores de frecuencia:

Los variadores deben:

- Prestar un servicio continuo confiable
 - Hacer uso eficiente de la energía y precisar poco mantenimiento
- Solución de variadores:** Un variador TMdrive-10SPR por cada motor
- Dos grupos de TMdrive-10SPR de 690 V CA con convertidores e inversores de armazón 1800
 - El nivel de potencia de los variadores es tan solo de 750 kW

Desafíos relacionados con el control:

- El sistema requería:
- Un intervalo de velocidad de 85% a 110% de la velocidad nominal
 - Ambos motores deben poder funcionar a velocidad variable

Solución de control: Controladores PLC de la serie V de Toshiba de armazón 1800

Desafíos relacionados con la potencia:

- Solución de potencia:** Recuperación de potencia de deslizamiento.
- Variadores de recuperación de potencia de deslizamiento TMdrive-10SPR
 - Recupera de forma continua 770 kW aproximadamente



Molino SAG y motor

Beneficios de los variadores de recuperación de potencia de deslizamiento



Un sistema muy confiable. El equipo estándar de un variador de velocidad de bajo voltaje, con una trayectoria comprobada de rendimiento y confiabilidad.

- Su alta confiabilidad es muy conveniente, dada la distante ubicación de la mina
- Reducción del mantenimiento y el tiempo improductivo
- Tolerancia inherente a las fallas: una falla del variador SPR no impide el funcionamiento del motor



Hace uso eficiente de la energía

- El variador SPR permite que el sistema en general alcance una alta eficiencia, lo cual ahorra energía y reduce los costos de operación
- Puede compensar aún más la potencia reactiva valiéndose de la capacidad adicional de los convertidores



Variadores de última tecnología

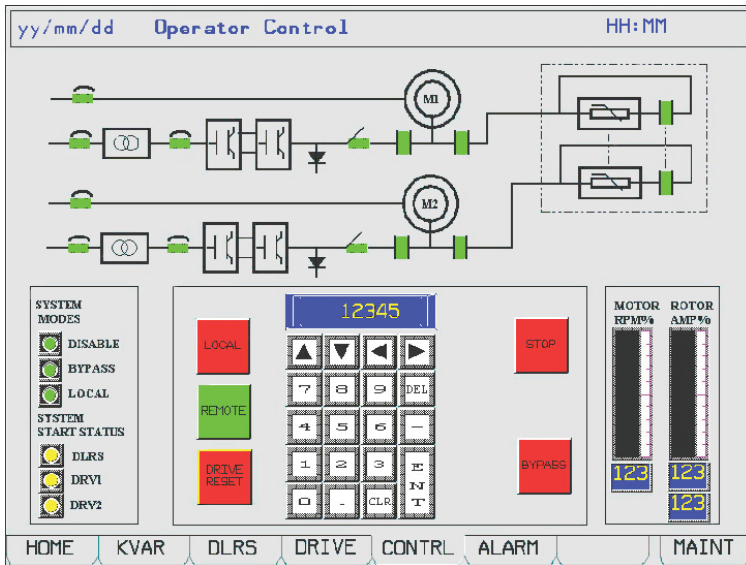
- El control mediante variadores modernos ofrece lo último en comunicación, funcionamiento, exactitud y diagnóstico en materia de variadores de frecuencia
- El equipo estándar del variador de bajo voltaje se aplica para accionar motores con rotor bobinado
- No es necesario modificar el equipo del variador TMdrive-10 para emplearlo en la recuperación de potencia de deslizamiento



Control preciso de motores con rotor bobinado y conservación de la energía

- Enciende suavemente los motores de molino
- Los variadores controlan el par (la corriente del rotor) directamente; no es necesario que los motores aumenten el deslizamiento (desaceleración) para aumentar el par, lo que permite una respuesta de control más rápida que el control mediante reóstatos líquidos
- La potencia de deslizamiento se recupera y devuelve al sistema de alimentación, lo cual ahorra energía

Aplicación 5 (continuación). Sistema de variadores para la recuperación de potencia de deslizamiento de molinos trituradores



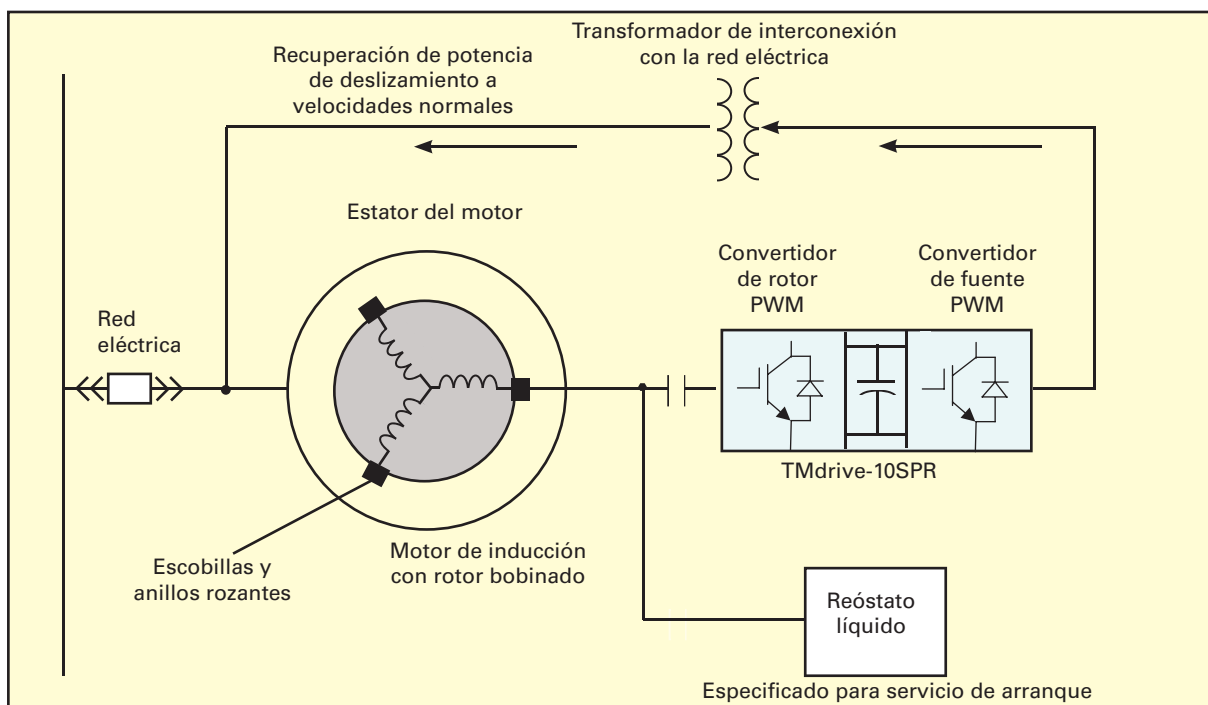
Pantalla del operador del molino SAG (IHM)

La pantalla de control del operador del molino SAG que se muestra representa los dos motores con rotores bobinados M1 y M2. Los arrancadores de reóstato líquido se conectan antes del arranque y se apagan cuando el motor alcanza la velocidad de regulación del SPR.

La potencia de deslizamiento recuperada del rotor circula hacia la izquierda a través de los variadores de recuperación de potencia de deslizamiento y pasan al suministro eléctrico a través de los transformadores.

Es posible hacer que el motor alcance hasta un 110% de la velocidad síncrona si se respetan las restricciones de par y potencia del motor.

El ahorro de energía eléctrica que se logra utilizando la recuperación de potencia de deslizamiento es considerable. En la página siguiente se muestra un ejemplo de cálculo.



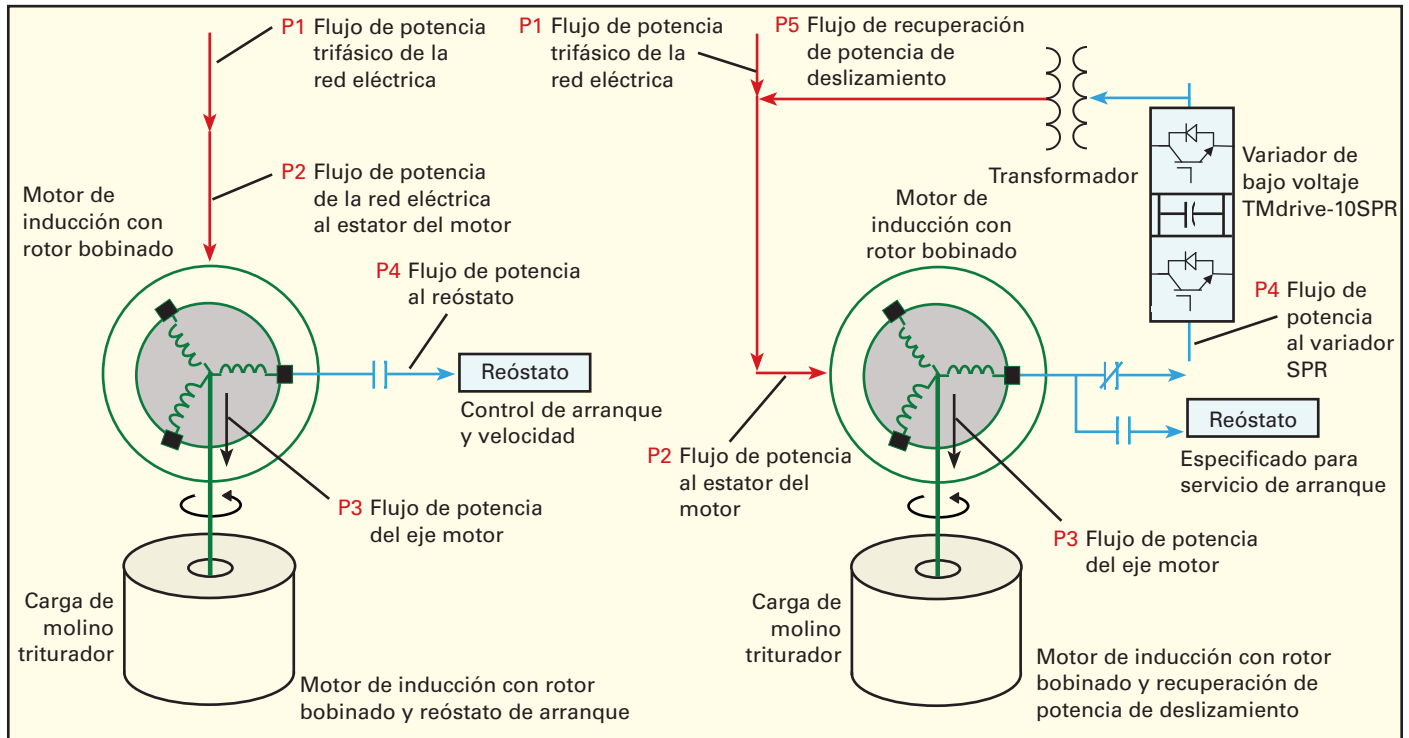
Una línea de funcionamiento de SPR

Funcionamiento de SPR

El TMdrive-10SPR toma potencia del rotor para reducir la velocidad del motor. A velocidades reducidas, la potencia fluye del rotor hacia el transformador a través del SPR y regresa a la fuente eléctrica, en lugar de disiparse en el reóstato.

El SPR ofrece la configuración de VFD de mayor eficiencia, ya que sólo una fracción de la potencia del motor pasa por el variador, en este caso, sólo 750 kW del total de 5000 kW. Durante el arranque, el reóstato se conecta al rotor y el SPR se desconecta. Una vez alcanzada la velocidad mínima, el variador de frecuencia SPR se conecta y el reóstato se desconecta. Entonces, la velocidad del motor se controla mediante el SPR.

Cálculo de los ahorros por recuperación de potencia



Comparación de sistemas de control de motores de inducción con rotor bobinado

A continuación se muestra el cálculo de los ahorros de energía que se obtienen con el variador SPR. Observe que la potencia de deslizamiento varía con la velocidad de deslizamiento (velocidad síncrona menos la velocidad real del motor).

Cálculo de los ahorros que se obtienen con el variador de recuperación de potencia de deslizamiento

Eficiencia energética	Ecuaciones básicas		
<p>La eficiencia energética de los componentes se calcula aproximadamente como sigue:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia del variador de velocidad SPR = 0,97 • Eficiencia del transformador = 0,99 • Eficiencia del motor = 0,95 • Potencia de deslizamiento del rotor (aprox.), P4: Carga máxima x % de deslizamiento = 373 kW 	<p>En el caso de recuperación de potencia de deslizamiento anterior, las ecuaciones del flujo de energía básico son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $P1 = \text{Potencia del motor} - \text{Potencia recuperada} = P2 - P5$, donde • $P2 = P3 + \text{Pérdidas del motor} + \text{Potencia del rotor} = P3 / (\text{Eficiencia del motor}) + P4$ • $P5 = P4 \times \text{Eficiencia del variador de velocidad} \times \text{Eficiencia del transformador}$ 		
Condiciones de funcionamiento	Flujo de potencia	Motor de inducción con rotor bobinado (WRM) y reóstato	WRM con variador de recuperación de potencia de deslizamiento
Carga del molino a velocidad nominal, kW del eje	-	3730 kW (5000 hp)	3730 kW (5000 hp)
Carga del molino al 90% de la velocidad, kW del eje	P3	3357 kW (suponer linealidad)	3357 kW
Flujo de potencia de los anillos rozantes (aprox.)	P4	373 kW (al reóstato)	373 kW (al variador SPR)
Flujo de potencia al motor (eficiencia del 95%)	P2	3906 kW	3906 kW
Recuperación de potencia de deslizamiento después del transformador	P5	0 kW	358 kW
Flujo de potencia de la red eléctrica	P1	3906 kW	3548 kW
Diferencia en la potencia de red eléctrica utilizada $P1(\text{WRM}) - P1(\text{SPR})$		358 kW	

Ahorros anuales que se obtienen con el sistema SPR a una tarifa eléctrica de 7 ¢ \$200 480 al año (8000 horas)

Ingeniería de proyectos



Un equipo de profesionales para la industrial general

Un equipo de ingeniería experto en accionamientos

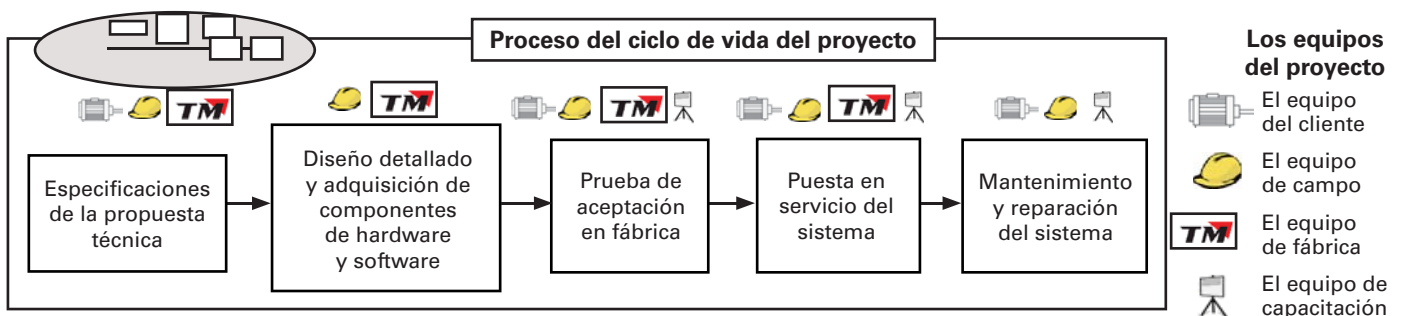
El equipo de ingeniería de accionamientos ha adquirido su experiencia a través de años de trabajo en las minas con técnicos y proveedores de servicios mecánicos. Esta formación en ingeniería, conjuntamente con una tecnología de punta, le permite a TMEiC cumplir constantemente con los exigentes requisitos de la industria.

Ingenieros expertos en accionamientos definen la estrategia de equipamiento y control junto con sus ingenieros y el fabricante original del equipo. Seguidamente, hacen un diseño minucioso del sistema, la lógica de control y la configuración de los variadores.

El equipo de puesta en servicio local garantiza un servicio experto permanente

Nuestra organización mundial de servicio en campo cuenta con una amplia experiencia en el sector y tiene una marcada presencia, que pone a su disposición para trabajos de mantenimiento durante el arranque y toda la vida útil del producto.

El proceso del ciclo de vida del proyecto minimiza los riesgos



Somos conscientes de que los retrasos en la puesta en servicio de su equipo resultan muy costosos, por lo cual tomamos medidas para cumplir con nuestro cronograma de arranque. Nuestra ingeniería de proyecto se basa en el proceso de ciclo de vida del proyecto que se representa a continuación y se describe en las próximas páginas.

- La gestión de proyectos le ofrece un único punto de contacto desde el pedido inicial hasta la puesta en servicio final.

- Una completa prueba en fábrica que conlleva la aplicación de energía a los puentes de los variadores de frecuencia y la puesta en marcha del sistema de control mediante simuladores de motores y carga.
- Los ingenieros de puesta en servicio locales forman parte del equipo del proyecto, lo que permite una transición perfecta de la fábrica a su mina.

El sistema de VFD de medio voltaje

Los ingenieros de aplicación de TMEIC tienen en cuenta el sistema desde los interruptores de medio voltaje hasta el variador de velocidad ajustable y el motor, por lo cual dimensionan y eligen el equipo necesario para ofrecer la solución de accionamiento óptima. A continuación se muestra un sistema de VFD MV típico.



Se escoge el **conjunto de instrumentos** para la medición, monitoreo, protección y control del equipo, entre ellos:

- El transductor de amperaje y el amperímetro
- Los transductores de vatios y de vatios-hora
- Los transformadores de corriente de fase y el relé de sobrecorriente de fase
- El relé y el transformador de corriente del sensor de tierra
- Un monitor de calidad de energía



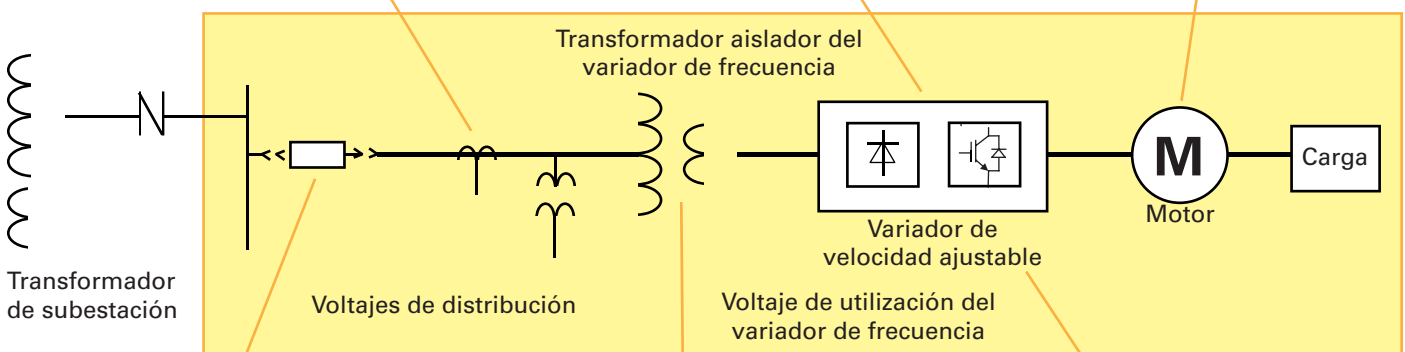
Selección del equipo opcional relacionado con el variador de velocidad

- Termostáticos si son necesarios
- Una sala de equipos con aire acondicionado si es necesario
- Interruptores si el motor debe sincronizarse con la línea
- Un PLC para el control de lógica
- Un reactor que se usará con un LCI



Selección del motor

- Motor de inducción, síncrono, con rotor bobinado o de CC
- Especificaciones del motor, entre ellas, potencia, par, voltaje, corriente y velocidad
- Selección del excitador para el motor síncrono
- Dispositivos de protección necesarios para el motor
- Tacómetro opcional
- Análisis torsional opcional.



Interruptor



Para la selección de los **interruptores MV**, se toma en cuenta:

- El tipo, p. ej., de vacío o SF6
- La magnitud de la corriente y el voltaje
- Los transformadores de corriente, los transformadores de potencial y los relés de protección necesarios para accionar el interruptor
- El armario para exteriores e interiores
- El ambiente, p. ej., la temperatura y la humedad



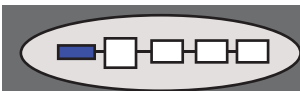
Para escoger los **transformadores de aislamiento de entrada y de salida del variador de velocidad** para la aplicación, se toma en cuenta:

- El tipo, p. ej., seco o sumergido en dieléctrico líquido
- La magnitud de kVA y voltaje
- El enfriamiento, si es necesario
- El armario para exteriores e interiores
- El ambiente, p. ej., la temperatura y la humedad

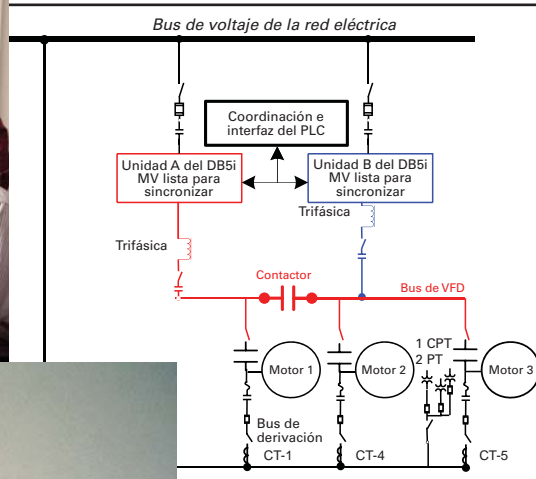
Selección del variador de velocidad ajustable más idóneo para la aplicación:

- Requerimientos de potencia y de par continuos y de sobrecarga
- Tipo de carga, que puede ser regenerativa o de par constante o variable
- Voltaje del variador de velocidad y el motor
- Compatibilidad con el sistema de alimentación
- Eficiencia global de la combinación de ASD y motor
- Análisis de armónicos



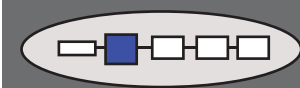


Planificación y especificación de proyectos



En todas las fases de la planificación de su proyecto, TMEIC colabora proporcionándole información, capacitación, especificaciones del formulario guía y asesoramiento general. Ingenieros expertos en la aplicación de accionamiento elaboran una propuesta técnica que abarca:

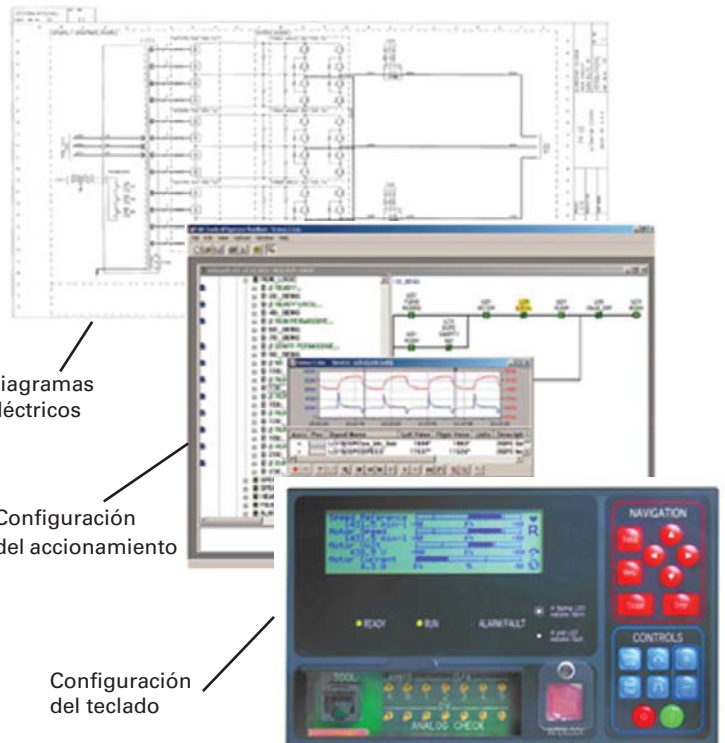
- Una arquitectura de sistema adaptada a su proyecto.
- Especificaciones detalladas de los variadores de frecuencia, motores, excitadores, transformadores, interruptores y alojamientos.
- Descripción minuciosa del PLC y demás funciones de control.
- Documentación formal de la propuesta de licitación.

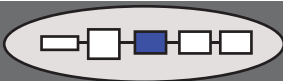


Diseño detallado y adquisición de hardware y software

En función de las especificaciones de la propuesta, el equipo de ingeniería de proyectos procede a realizar cuatro tareas principales:

- **Diseño de software de control.** Los ingenieros de control configuran los variadores de velocidad y la lógica del controlador PLC, si acaso la aplicación exige el uso de un PLC. La gráfica muestra un típico diagrama de funciones lógicas de la aplicación Toolbox en formato de diagrama de contactos de relés. La herramienta software se utiliza para configurar, poner a punto, secuenciar y diagnosticar los variadores de velocidad.
- **Diseño de pantallas de IHM.** Las pantallas de interfaz que se utilizan para mantenimiento y para control de los accionamiento pueden configurarse. Por ejemplo, el teclado configurable que se muestra proporciona información del variador de velocidad en tiempo real y le permite interactuar al operador.
- **Diseño de hardware.** Se especifican todos los equipos de manera de satisfacer los requerimientos del proyecto y se elabora un conjunto completo de diagramas fundamentales, esquemas y planos generales.
- **Adquisición de componentes.** Cooperamos con nuestra empresa matriz y nuestros proveedores colaboradores para adquirir los componentes de sistema que le ofrezcan a su aplicación la mejor relación costo-eficiencia.





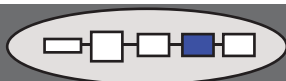
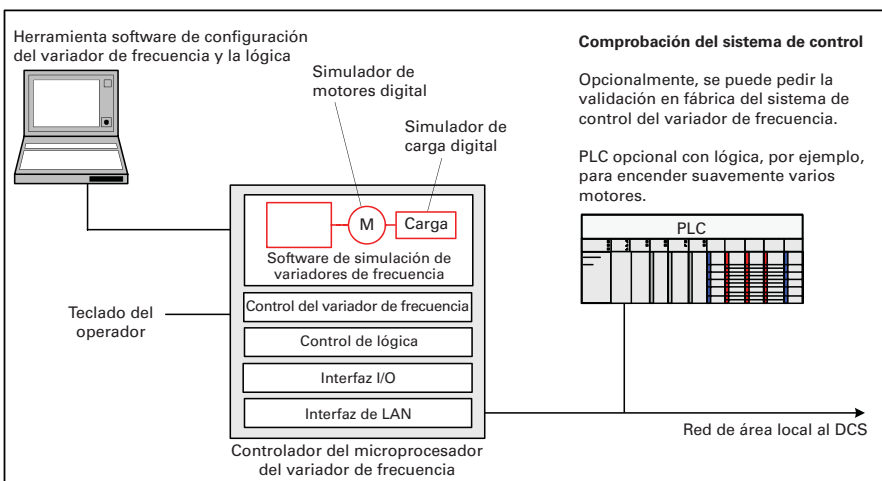
Comprobación del variador de frecuencia y el sistema

Consciente de la importancia de una comprobación minuciosa del variador de frecuencia y el sistema, el equipo de ingeniería de TMEiC realiza pruebas en fábrica antes de despachar el producto. Típicamente, las pruebas que se le hacen en fábrica al variador de frecuencia son:

- Verificación completa del voltaje y la corriente de las celdas de energía, el aislamiento y los circuitos de control.
- Prueba de aceleración y ejecución con el motor sin carga.
- Prueba completa de corriente de entrada del reactor (variadores de frecuencia de CA).
- Validación de todas las interfaces I/O.
- Validación de los modos de prueba del variador de velocidad y cualquier lógica especial o PLC opcional mediante el simulador de motores y carga.



Comprobación del variador de frecuencia Dura-Bilt5i MV



Puesta en servicio del sistema

En la fase de puesta en servicio, el equipo de TMEiC incluye a los ingenieros de campo que usted conoce y en quienes confía, así como al ingeniero que ha diseñado y comprobado el sistema. Esta superposición del equipo de diseño técnico y el equipo del lugar de instalación garantiza un arranque exento de problemas y conforme al cronograma.

El ingeniero de mantenimiento de TMEiC, que está a cargo del arranque, la puesta en servicio y todo trabajo de mantenimiento que sea necesario realizar en el lugar de instalación en el futuro, forma parte del equipo del proyecto y participa en la comprobación del sistema en fábrica para familiarizarse con el sistema. La puesta en servicio tiene el respaldo de los ingenieros de diseño y mantenimiento de TMEiC.

Documentación completa y detallada del sistema

Junto con el hardware y el software, TMEiC entrega la documentación completa del sistema:

- Un manual de instrucciones electrónico con todos los diagramas en CD y un índice de hiperenlaces
- Procedimientos de cableado y conexión a tierra recomendados
- Lista de piezas de renovación
- Documentación estándar del proveedor externo
- Validación de los modos de prueba del variador de velocidad y toda lógica especial o PLC opcional mediante el simulador de motores y carga





Servicio y capacitación

Red mundial de servicio al cliente

Nuestra organización de servicio al cliente presta una completa gama de servicios técnicos, cuenta con los ingenieros de mantenimiento de TMEIC y tiene oficinas y almacenes de repuestos en todo el mundo.

En Norteamérica y Suramérica

Los clientes tienen el apoyo del personal de mantenimiento, los ingenieros de diseño y el almacén de repuestos en Virginia de TMEIC Corporation, así como de la fábrica de TMEIC en Japón.

En Europa

Los ingenieros de mantenimiento de TMEIC dan servicio a todos los sistemas de variadores de frecuencia de Europa, con el apoyo del almacén de repuestos de TMEIC en Europa.

En Asia y los países de la Cuenca del Pacífico

TMEIC da servicio a los sistemas de variadores de frecuencia en toda China, India y los países de la Cuenca del Pacífico, con el apoyo de varios ingenieros de campo, almacenes de repuestos y la fábrica de TMEIC en Japón.

Diagnóstico del variador de frecuencia a distancia

TMEIC Corporation presta asistencia a los clientes con variadores de frecuencia a través de **Remote Connectivity Module (Módulo de Conectividad a Distancia, RCM)**, un enlace de diagnóstico a distancia con los ingenieros de diseño y mantenimiento de TMEIC en Roanoke, Virginia. El RCM permite la perfecta integración de sus variadores de frecuencia y nuestros ingenieros.

Diagnóstico del sistema a distancia

La herramienta de diagnóstico de sistemas a distancia de TMEIC, incluida en el software de nivel 1, constituye un medio rápido de resolver problemas. Identifica automáticamente las fallas del sistema y ofrece una visión integrada de la información de los productos, de los procesos y del sistema. Los ingenieros de diseño y mantenimiento de TMEIC en Roanoke, Virginia, pueden analizar los datos e indicarle el procedimiento de resolución correspondiente.



Para solicitar servicio
o repuestos, llame al
1-877-280-1835

Desde fuera de EE.UU.:
+1-540-283-2010
24 horas al día,
7 días a la semana

Capacitación sobre variadores de frecuencia en nuestro centro de capacitación o en sus instalaciones



Los ingenieros y el personal de mantenimiento y operaciones del cliente se capacitan en cuanto a los variadores de frecuencia y el sistema de control en el Centro de Capacitación de TMEIC en Virginia. Este centro de primera categoría cuenta con aulas espaciales y laboratorios de capacitación totalmente equipados.

El tiempo de la capacitación teórico-práctica transcurre por igual entre el aula y el laboratorio. Los temas de que trata son:

- Resumen del sistema de variador de frecuencia
- Funcionamiento de los conjuntos principales
- Detalles técnicos de los componentes
- Herramientas del variador de velocidad y el sistema de control
- Diagnóstico y reparación del sistema

Como alternativa a la capacitación en fábrica estándar que tiene lugar en Virginia, TMEIC puede dictar en su propia planta un curso diseñado específicamente para su proyecto. En ese caso, un ingeniero de proyecto capacitaría a sus operadores, técnicos de mantenimiento e ingenieros en sus instalaciones.

Una familia de accionamientos de hasta 11 kV



TMdrive-DC



TMdrive-10e2



TMdrive-10SPR



TMdrive-30



TMdrive-70



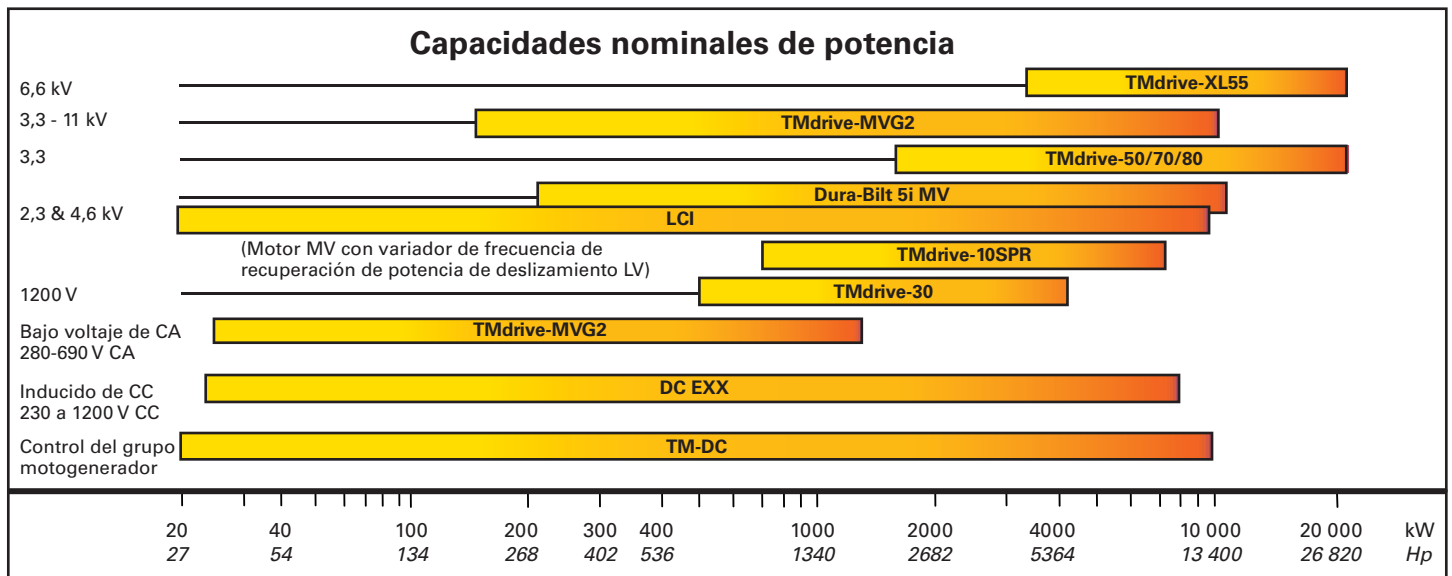
Dura-Bilt5i MV



TMdrive-XL55



TMdrive-MVG



Familia de CA y CC de TMEiC

Más de 50 años de experiencia en accionamientos. Empezamos por los variadores de corriente continua, pero después introdujimos los de corriente alterna como, por ejemplo, los variadores de frecuencia de las nuevas tecnologías Tosvert, Dura-Bilt 5i MV y TMdrive. Desde 1979, hemos instalado y están en pleno funcionamiento más de 2 millones de caballos de fuerza de variadores de frecuencia de CATMEiC, lo cual constituye la mayor base de variadores de frecuencia MV que haya instalado fabricante alguno.

Variadores de frecuencia de CA de hasta 11 kV. La familia de variadores de frecuencia de CA ofrece voltajes que van desde 380 V, con el TMdrive-10, hasta 11 kV, con el TMdrive-MVG. La familia de variadores CC abarca desde 230 hasta 1200 V CC.

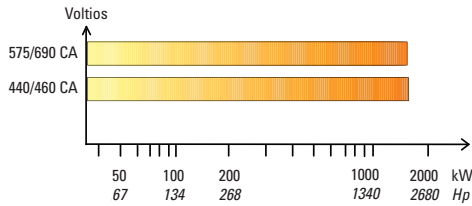
Una inversión considerable en tecnología de variadores de frecuencia. Los productos Dura-Bilt y TMdrive de TMEiC representan una gran inversión en tecnología de variadores de frecuencia LV y MV, que incluye el desarrollo de semiconductores como, por ejemplo, los IEGT y GCT.

La más alta confiabilidad. Los variadores de frecuencia TMEiC ofrecen la más alta confiabilidad, según lo indican la experiencia en campo y las encuestas de satisfacción del cliente.

Software de configuración. Todos los variadores de frecuencia de TMEiC emplean el mundialmente aclamado software de configuración TMdrive Navigator. Sus diagramas de bloque en vivo y sus asistentes de puesta a punto simplifican las tareas de puesta en servicio y mantenimiento.

Existencias de repuestos. Los almacenes de repuestos de TMEiC mantienen en existencias la línea de repuestos de variadores de velocidad LV y MV para ofrecer un despacho rápido a cualquier parte del mundo donde se encuentre su planta.

Sistemas de variadores de frecuencia de bajo voltaje TMdrive®-10



El sistema de la familia de variadores el sistema de CA de bajo voltaje TMdrive-10 tiene una estructura de bus de CC incorporada con una amplia variedad de inversores (CC a CA) y convertidores (CA a CC) para satisfacer diferentes requerimientos. Hay cuatro niveles de voltaje: 440, 460, 575 y 690 V CA.

Los intervalos de nivel de potencia de los convertidores son:

- No regenerativo, 150 kW – 3600 kW
- Regenerativo, 100 kW – 1417 kW

Los intervalos de nivel de potencia de los inversores son:

- Con desconectores de CC, 3,1 kW – 1182 kW
- Sin desconectores de CC, 141 kW – 1454 kW

Las bandejas de inversores extraíbles alojan ocho en un armario de 81 cm (32 in) de ancho. Los intervalos de nivel de potencia son:

- Bandejas altas sencillas, 3,1 kW – 63 kW
- Bandejas altas dobles, 101 kW – 106 kW

Los puentes de potencia de los inversores llevan tiristores bipolares de compuerta aislada (IGBT). El tipo de modulación es voltaje de dos niveles que utiliza modulación por ancho de pulsos (PWM).

Recuperación de potencia de deslizamiento mediante el TMdrive®-10SPR para motores con rotor bobinado

La versión de recuperación de potencia de deslizamiento (SPR) del TMdrive-10 permite controlar la velocidad de un motor con rotor bobinado y recuperar eficientemente la potencia de deslizamiento del rotor. El tema se trata en la Aplicación 4, página 10. Las características del SPR son:

- Un ahorro considerable de energía y bajos costos de propiedad
- El variador de velocidad ajustable de mayor eficiencia
- Convertidor modulado por ancho de pulsos
- Confiabilidad
- Funciona con un alto factor de potencia
- Motor MV grande: para motores con rotor bobinado, a partir de un convertidor modulado por ancho de pulsos 1000 – 10 000 hp

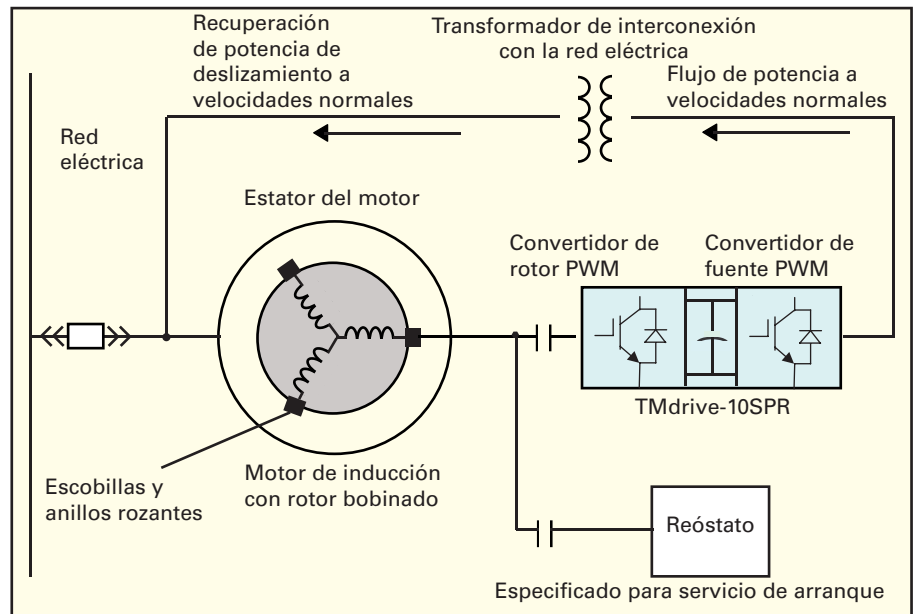
Intervalo de velocidad: depende del voltaje del rotor; está disponible la opción de velocidad supersíncrona.

I/O, interfaz de red local y dimensiones del armario: iguales a los del TMdrive-10.

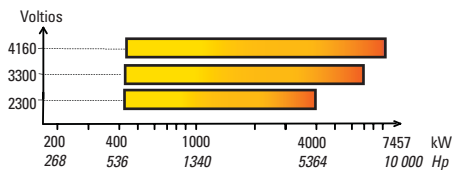
Funcionamiento de SPR

El TMdrive-10SPR toma potencia del rotor para reducir la velocidad del motor. A velocidades reducidas, la potencia fluye del rotor hacia el transformador a través del SPR y regresa a la fuente eléctrica, en lugar de disiparse en el reóstato.

El SPR ofrece el VFD de mayor eficiencia, ya que sólo una fracción de la potencia del motor pasa a través del variador de velocidad. Durante el arranque, el reóstato se conecta al rotor y el SPR se desconecta. Una vez alcanzada la velocidad mínima, el variador de velocidad SPR se conecta y el reóstato se desconecta. Entonces, la velocidad del motor se controla mediante el SPR.



Sistema de variadores de frecuencia de medio voltaje Dura-Bilt5i MV™



El Dura-Bilt5i MV ofrece un funcionamiento sencillo en un diseño sólido y compacto, por lo que constituye una solución de buena relación costo-eficiencia para una amplia gama de aplicaciones de medio voltaje.

El Dura-Bilt5i MV aporta valor mediante la reducción de los costos de propiedad y la maximización de la confiabilidad. Es posible diseñar configuraciones de variador de velocidad doble; los niveles de potencia disponibles son:

- **Serie 2000** – 2300 voltios de salida, 200 a 3000 hp
- **Serie 3000** – 3300 voltios de salida, 300 a 4000 hp
- **Serie 4000** – 4160 voltios de salida, 400 a 10 000 hp
- **Serie 4000 MTX** - 4160 voltios de salida, armario para exteriores NEMA 3R para temperaturas ambiente entre 0 y 50 °C

Sus características de diseño resistente y alta confiabilidad son:

- Enfriamiento del inversor mediante tubos de calor para permitir mayores dimensiones
- Conversor-rectificador con diodos y circuito de 24 pulsos para una reducida distorsión de la corriente de entrada
- Inversor modulado por ancho de pulsos con enclavamiento al punto neutro que utiliza tiristores IGBT de medio voltaje

Dimensiones del armario: El variador de frecuencia de 900 hp tiene 1880 mm (74 in) de longitud
El variador de velocidad de 6000 hp tiene 5639 mm (222 in) de longitud
La altura del armario es 2642 mm (104 in)

Transformador incorporado: Transformador con devanado de cobre y pantalla electrostática, especificado para aumentos de temperatura de 115 °C.

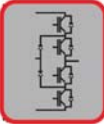
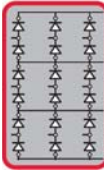


Capacitores del bus de CC: Los capacitores de bus están inmersos en aceite para mayor duración.

Sincronización: Control de transferencia y sincronización de circuito cerrado.

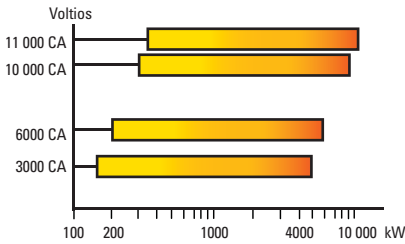
Acceso: Puentes modulares de fase de inversor extraíbles.

Teclado del operador: El teclado proporciona información del variador de velocidad en tiempo real y permite controlarlo manualmente.

Motores: El variador de velocidad funciona con un motor de inducción o un motor síncrono.

Características	Beneficios
 <p>IGBT de medio voltaje Cada inversor emplea tiristores dipolares de compuerta aislada (IGBT) de 3300 voltios.</p>	<p>Confiabilidad a toda prueba Los IGBT de alta potencia permiten diseñar un inversor más sencillo y confiable con menos interruptores de alimentación.</p>
 <p>Convertidor de 24 pulsos Cada puente de fase del convertidor incluye un rectificador con diodos de 24 pulsos.</p>	<p>Compatible con el sistema de alimentación El convertidor produce menos distorsión armónica total (TDH) de lo que dicta la norma IEEE 519 (1992), sin necesidad de filtros.</p>
 <p>Tecnología de enfriamiento con tubo de calor Cada uno de los tres puentes de fase de inversor utiliza enfriamiento con tubo de calor para los IGBT.</p>	<p>Pequeño y silencioso El sistema de enfriamiento con tubo de calor mantiene una buena temperatura de funcionamiento para los semiconductores, reduce el ruido de los ventiladores y ahorra una valiosa superficie cubierta de su planta.</p>
 <p>Herramienta de configuración y mantenimiento para Windows</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagramas de bloque animados • Asistentes de puesta a punto del variador de frecuencia • Ventana de tendencias integrada 	<p>Puesta en servicio y mantenimientos más rápidos Esta herramienta de primera categoría mejora la productividad de la puesta en servicio y el mantenimiento, y puede utilizarse con todos los variadores de frecuencia de TMEIC.</p>

TMdrive®-MVG hasta 11 kV



El TMdrive-MVG es un variador de frecuencia de medio voltaje alimentado por CA diseñado para funcionar de un modo muy eficiente y conveniente para el motor en una amplia gama de aplicaciones industriales.

El diseño del variador de velocidad MV incorpora un funcionamiento altamente confiable con baja distorsión armónica y alto factor de potencia. Los inversores de celdas modulares extraíbles minimizan el tiempo necesario para realizar cualquier tarea de mantenimiento.

El TMdrive-MVG está disponible en estas clases de voltaje:

Clase de voltaje de 3,3 kV: 3000 – 3300 V CA

Clase de voltaje de 6,6 kV: 6000 – 6600 V CA

Clase de voltaje de 10 kV: 10 000 V CA

Clase de voltaje de 11 kV: 11 000 V CA

Cinco tamaños de armario disponibles por cada clase, por ejemplo:

3,3 kV: 200 - 400 kVA, 211 cm (83 in) de ancho, 269 cm (106 in) de altura y 91 cm (36 in) de profundidad

2400 - 3000 kVA, 462 cm (182 in) de ancho, 290 cm (114 in) de altura y 132 cm (52 in) de profundidad

6,6 kV: 400 - 800 kVA, 320 cm (126) de ancho, 269 cm (106 in) de altura y 91 cm (36 in) de profundidad

4800 - 6000 kVA, 630 cm (248 in) de ancho, 290 cm (114 in) de altura y 142 cm (56 in) de profundidad

Características

Convertidor con una onda de entrada pura

Valiéndose del transformador de entrada de varios devanados, el TMdrive-MVG tiene rectificadores multipulso, entre otras características que cumplen con los requisitos de la norma IEEE 519 (1992). Esto reduce la distorsión de voltaje armónico en la fuente de alimentación eléctrica y protege los demás equipos de la planta.

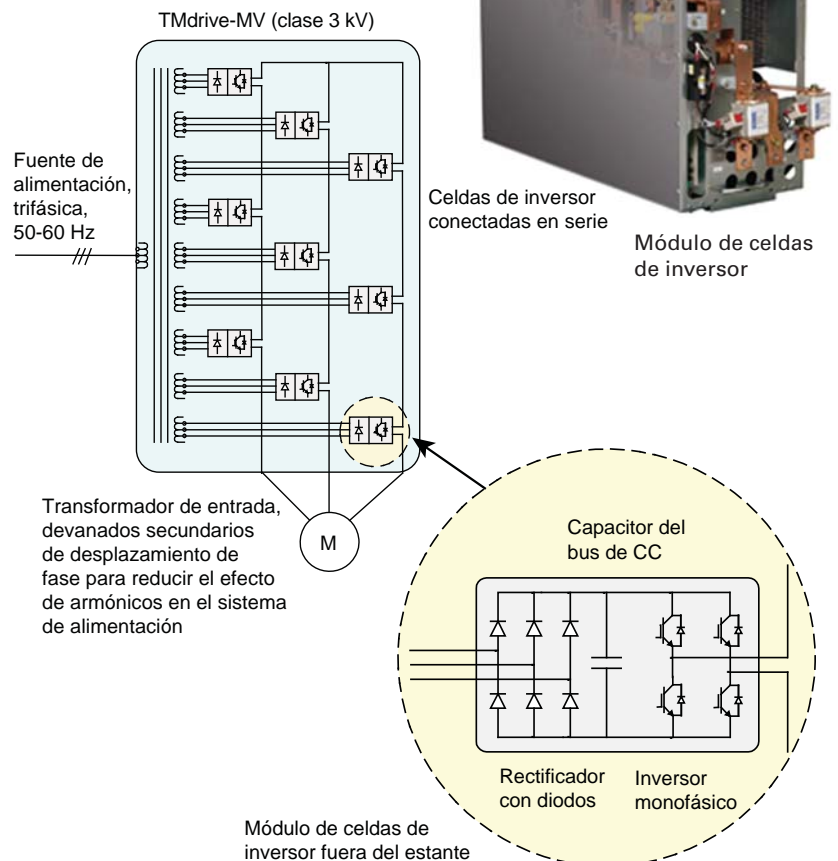
Una onda de salida pura

Como consecuencia del control PWM multinivel, la forma de onda de salida se asemeja a una onda sinusoidal, y la pérdida de calor producida por los armónicos es poco significativa. Además, las corrientes armónicas del motor se minimizan, por lo que hay muy poco rizado de par en el eje de salida y muy bajo riesgo de resonancia de carga torsional.

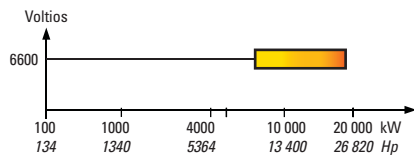
Mayor eficiencia que los variadores de frecuencia convencionales

Las pruebas de carga de fábrica indican que la eficiencia del variador de velocidad es del 97% aproximadamente (la eficiencia de diseño es aproximadamente el 97% del valor de diseño). Esta alta eficiencia se debe a:

- El menor número de semiconductores de conmutación gracias al uso de tiristores IGBT de 1700 V.
- Las frecuencias de conmutación reducidas mediante el control PWM multinivel reducen la pérdida por conmutación de cada IGBT.
- Conexión directa del motor de 6 kV sin un transformador de salida.



Variador de frecuencia de medio voltaje TMdrive®-XL55



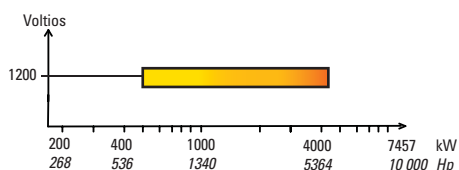
El TMdrive-XL55 está disponible en la clase de voltaje 6 - 6,6 kV.

El TMdrive-XL55 es un variador de frecuencia de CA de medio voltaje de uso general adecuado para capacidades nominales de potencia industrial de hasta 16 MVA. De diseño y fabricación japonesa de alta calidad, el variador de velocidad incorpora un funcionamiento altamente confiable con baja distorsión armónica y alto factor de potencia.

Los beneficios del TMdrive®-XL55 son:

- Funcionamiento muy fiable y un MTBF esperado de 87,000 horas (10 años), según lo indica la experiencia adquirida en campo con más de 700 variadores de frecuencia de medio voltaje instalados
- Importante ahorro de energía, especialmente en aplicaciones de control de flujo (eficiencia aproximada del 98,6%)
- El rectificador con diodos garantiza un factor de potencia superior al 95% en el intervalo de control de velocidad; no se necesitan capacitores para la corrección del factor de potencia
- La conveniente forma de onda de salida del variador de frecuencia de múltiples niveles es adecuada para motores estándar
- Opción de transferencia síncrona a la línea sin interrumpir la corriente del motor
 - Posibilidad de controlar varios motores con un solo variador de frecuencia
 - No se producen transitorios de corriente ni de par cuando el motor pasa a la línea de CA
- Transformador de aislamiento de entrada a distancia
 - Menor pérdida de energía en la sala de variadores de frecuencia
 - El espacio total necesario es menor
 - Simplifica el diseño y la instalación

Variadores de frecuencia de medio voltaje TMdrive®-30



El TMdrive-30 es un sistema alimentado por CC de medio voltaje para aplicaciones de alta potencia. El variador de frecuencia está disponible en dos niveles de voltaje: 1100 V y 1250 V CA.

Los beneficios del TMdrive-30 son:

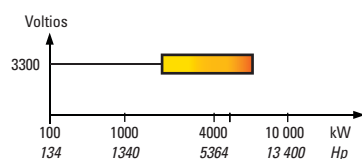
Los intervalos de nivel de potencia de los convertidores son:

- No regenerativo, 3300 kW
- Regenerativo (tiristor), 3300 - 6000 kW
- Regenerativo (IGBT), 1733 - 3465 kW

Intervalos de nivel de potencia de los inversores:

- IGBT, 2000 - 4000 kVA
- El bus CC común hace circular potencia motora y regenerativa por el bus de CC del variador de frecuencia para optimizar el uso del equipo de conversión y el control del factor de potencia.
- El reforzado diseño del TMdrive-30 permite su aplicación en entornos difíciles como las dragas de cable y es adecuado para cargas cíclicas.
- Los módulos de potencia extraíbles agilizan la inspección y el mantenimiento.

Variadores de frecuencia de medio voltaje TMdrive®-50



El TMdrive-50 está diseñado para aplicaciones de alta potencia

Los procesos de alta potencia y control preciso se adaptan perfectamente al TMdrive-50, por sus eficientes dispositivos de potencia IGBT de alta corriente y tarjetas de control comunes a esta familia de variadores de frecuencia. Su flexible disposición de convertidor, inversor y unidades de enfriamiento permiten maximizar la densidad de potencia que, a su vez, minimiza la utilización del espacio y los costos de instalación.

Armazón de 3000 - 6000:

3300 voltios de salida, potencia del motor 2000 - 6000 hp

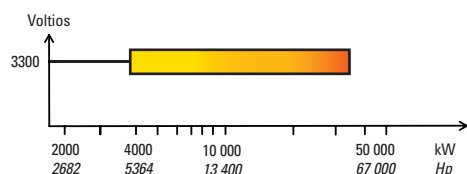
Dimensiones del armario:

2000 mm (79 in) de longitud, 2388 mm (94 in) de altura.

Características de diseño que ofrecen alta confiabilidad:

- La tecnología de enfriamiento por agua del puente de potencia reduce la superficie que ocupa;
- El tiristor dipolar de compuerta aislada (IGBT) de medio voltaje suministra potencia de factor unitario y baja distorsión armónica;
- El diseño modular de los puentes de potencia minimiza el tiempo de mantenimiento;
- La señal de control es el voltaje, no la corriente. Sólo se necesita una potencia muy baja para conmutar el IGBT;
- Alta velocidad de conmutación, menos de 2 microsegundos; pocas pérdidas por conmutación y un control preciso;
- Circuito de conmutación simple; el equipo de control de compuerta es compacto.

Variadores de frecuencia de medio voltaje TMdrive®-70



El TMdrive-70 está diseñado para aplicaciones de alta potencia

Por su gran confiabilidad, simplicidad de diseño y gran eficiencia, el TMdrive-70 es perfecto para aplicaciones de compresores, ventiladores y bombas. Ofrece un control de velocidad preciso y una gran eficiencia al tiempo que elimina la necesidad de dispositivos mecánicos de control de flujo de alto mantenimiento.

Características de diseño que ofrecen alta confiabilidad:

- Los puentes modulares de fase extraíbles y enfriados por agua con accesorios de desconexión rápida reducen la superficie que ocupan;
- El convertidor y el inversor utilizan semiconductores de potencia IEGT de medio voltaje con conmutación de alta velocidad para ofrecerle a la carga un factor de potencia casi unitario;
- Convertidor IEGT regenerativo disponible;
- La modulación por ancho de pulsos con control mediante secuencias de pulsos de ancho fijo reduce las pérdidas por conmutación;
- Diseño modular: los puentes de potencia son módulos extraíbles. Los desconectores rápidos minimizan el tiempo de mantenimiento;
- Conveniente para el motor y el sistema de alimentación: su conmutación de alta velocidad (500 Hz) conjuntamente con el diseño de puente de tres niveles les proporcionan una onda sinusoidal perfecta al motor y al sistema de alimentación.

Dimensiones del armazón	Voltios de salida	Potencia del motor (hp)
8000	3300	5000 - 10 000
10 000	3300	13 000
20 000	3300	26 000
40 000	3300	52 000

Dimensiones del armazón	Longitud del armario milímetros (in)	Altura del armario milímetros (in)
8000 - 10 000	3200 (126)	2388 (94)
20 000	5600 (220)	2388 (94)
40 000, más un segundo armario	6400 (252) 4800 (189)	2388 (94) 2388 (94)

Cursos sobre sistemas de variadores de frecuencia y motores de medio voltaje

TMEIC Corporation se complace en ofrecer a sus clientes sin costo adicional sus cursos sobre sistemas de variadores de frecuencia y motores MV. Estos cursos se ofrecen periódicamente en Roanoke, Virginia, y otras ciudades.



Temario de los cursos:

- Motores de inducción y síncronos de medio voltaje (MV);
- Nociones básicas de los variadores de frecuencia;
- Características de los variadores de frecuencia MV, recuperación de la inversión y especificaciones;
- Conceptos del diseño de sistemas de alimentación MV;
- Interruptores, arrancadores, transformadores, reactores y subestaciones MV;
- Protección de sistemas MV;
- Historias reales de aplicaciones industriales en los sectores de minería, cemento, petróleo y gas, petroquímica y tratamiento de agua y aguas residuales;
- Demostración de equipos.

Para conocer los detalles e inscribirse en nuestro próximo curso, visite nuestro sitio web en www.tmeic.com.

Ubicación de oficinas en el mundo:

TMEIC Corporation
Roanoke, Virginia, USA
Email: GI@tmeic.com
Web: www.tmeic.com

TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION (TMEIC)
Tokyo, Japan
Tel: +81-(0)3-3277-5511
Web: www.tmeic.co.jp

TMEIC – Sistemas Industriais da América do Sul Ltda.
São Paulo/SP, Brasil
Tel: +55-11-3266-6161

TMEIC Europe Limited
Uxbridge, Middlesex, United Kingdom
Email: info@tmeic.com/europe
Web: www.tmeic.eu

TMEIC Industrial Systems India Private Limited
Andhra Pradesh, India
Email: inquiry_india@tmeic.in
Web: www.tmeic.com/India

TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS (Beijing) CORPORATION
Beijing, China
Email: sales@tmeic-cn.com
Web: www.tmeic.com/china

TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS (Shanghai) CORPORATION
Shanghai, China
Email: sales@tmeic-cn.com
Web: www.tmeic.com/china

TMEIC Asia Company Ltd.
Kowloon Bay, Hong Kong
Web: www.tmeic.com

TMEIC Asia Company, Ltd. Rep. Office
Kaohsiung, Taiwan
Web: www.tmeic.com

Todas las especificaciones contenidas en este documento están sujetas a cambio sin previo aviso. Este folleto se proporciona de forma gratuita y sin compromisos para el lector ni para TMEIC Corporation. TMEIC Corporation no acepta ni sugiere la aceptación de responsabilidad alguna con respecto al uso de la información suministrada. TMEIC Corporation ofrece esta información tal cual, sin garantía de ninguna índole, explícita o implícita, incluidas de manera enunciativa y no taxativa garantías estatutarias implícitas de comerciabilidad o adecuación a determinados fines. La información se ofrece exclusivamente como referencia general a los beneficios potenciales que pueden atribuirse a la tecnología en cuestión. Los resultados particulares pueden variar. Es necesario someter cada aplicación a análisis y pruebas independientes para determinar los resultados y beneficios que pueden alcanzarse por la aplicación de la tecnología en cuestión.

TMdrive es una marca comercial registrada de Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corporation.

TMEIC es una marca comercial registrada de Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corporation.

TM es una marca comercial registrada de TMEIC Corporation.