

SELECCIÓN DE VARIADOR DE FRECUENCIA DE MEDIA TENSION

Para el usuario industrial o municipal, seleccionar un variador de frecuencia de media tensión (VFD MT) puede ser un proceso difícil. Este documento resaltaré varios de los factores clave que se abordarán, y luego sugerirá los criterios importantes a ser considerados para una selección exitosa a largo plazo.

Una vez que el usuario ha decidido aprovechar los numerosos beneficios de usar un VFD MT (VFD), entonces su atención se centra en seleccionar el mejor equipo para su proceso. El sencillo gráfico a continuación ilustra los factores clave para hacer que la selección sea un éxito rotundo. Repasemos cada uno de estos y su importancia relativa:

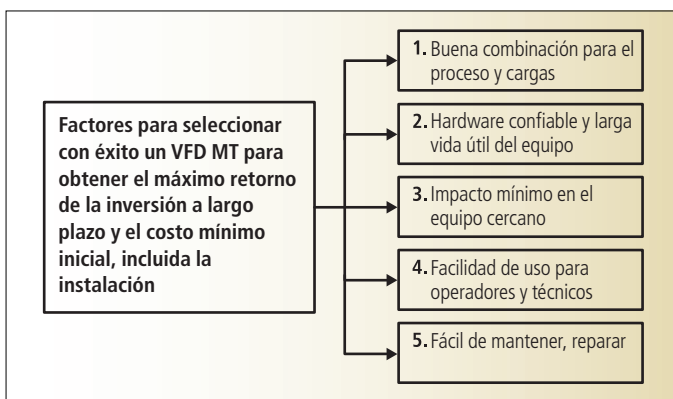


Figura 1. Factores de éxito de selección de VFD

1. Buena combinación para el proceso y las cargas.

Este factor es el más relacionado con el trabajo a realizar, y es el que requiere un buen conocimiento técnico.

2. Hardware confiable & larga vida útil del equipo.

El sistema general debería funcionar continuamente sin averías frecuentes. Para lograr esto, el diseño del equipo básico debe maximizar el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF siglas en inglés). El MTBF máximo está diseñado, no probado ni agregado por componentes redundantes.

3. Impacto Mínimo en el Equipo Cercano.

El VFD afectará los sistemas eléctricos y mecánicos en su entorno.

4. Facilidad de Uso para Operadores y Técnicos.

Este factor incluye varias áreas, y cuando se combinan, hacen productivo y satisfecho al personal operativo diario.

5. Fácil de Mantener.

Ningún sistema es perfecto, y todo el equipo requiere un poco de mantenimiento. La accesibilidad del componente frontal, los componentes de rack, etc. contribuyen a un mantenimiento y una reparación rápidos.

Tenga en cuenta que la recuperación máxima a largo plazo y el costo mínimo inicial, incluida la instalación, son el resultado exitoso de priorizar todos los demás factores de selección.

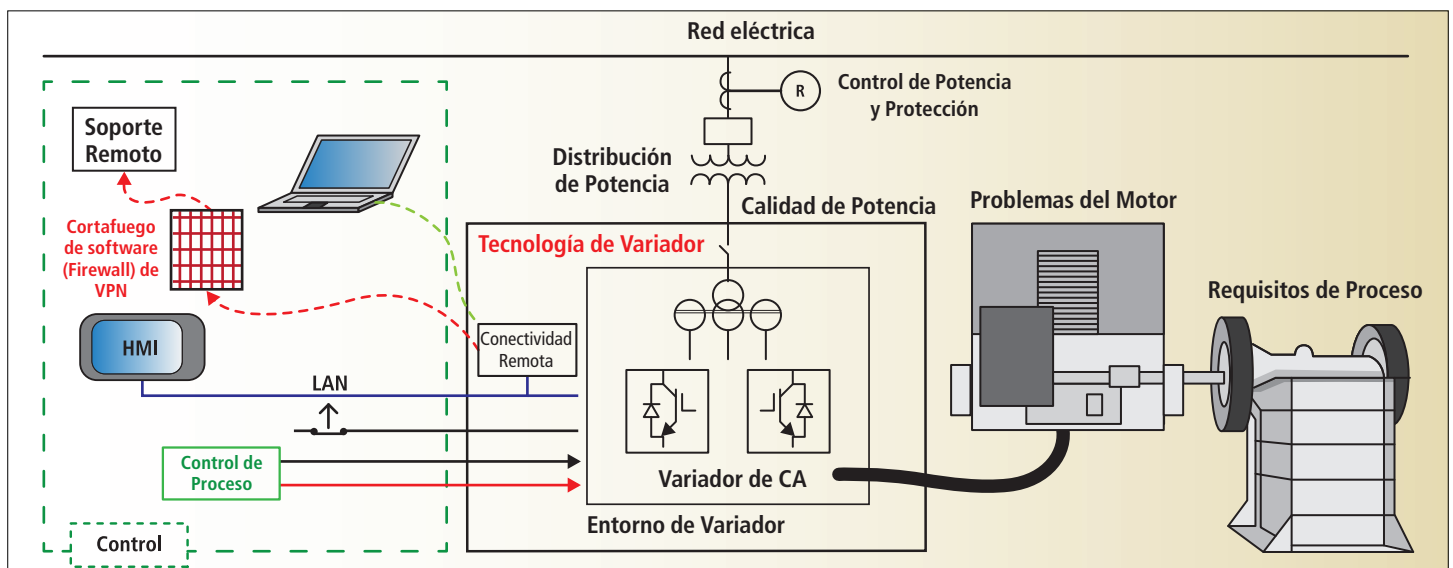


Figura 2. Diagrama de Sistema de VFD

A menudo, el costo mínimo y la amortización son impulsados por el departamento de compras y se convierten en factores primarios de selección. Por defecto, entonces, a los otros factores de selección primarios críticos no se les da la prioridad adecuada. El resultado puede ser que no se pueda lograr un costo total mínimo ni una buena amortización.

Además, todas las áreas de selección anteriores están relacionadas con los factores de aplicación del VFD mismo y se pueden dividir en dos grupos principales: Factores eléctricos y Factores de diseño de instalación. En la práctica, estos factores están de alguna manera interrelacionados, pero es útil mirarlos por separado. Definamos esto y luego resaltemos las áreas más importantes a considerar, refiriéndonos al diagrama de la Figura 2 (Página 1).

Factores Eléctricos

Los factores eléctricos requieren respuestas a estas cuatro preguntas:

- 1. Cargas de Proceso**
¿Tiene el VFD la capacidad máxima y continua para soportar las cargas de proceso requeridas?
- 2. Sistema del Variador**
¿Es el VFD compatible con el sistema eléctrico y el equipo disponible y sus requisitos?
- 3. Sistema de Potencia**
¿El VFD produce un factor de potencia de entrada alto y cumple con los estándares de armónicos IEEE?
- 4. Confiabilidad del Equipo**
¿El VFD ofrece 'Tiempo de carga' alto necesario para aplicaciones industriales?

Factor de Carga 1: Tipo de Carga

Las cargas de proceso se dividen en dos tipos generales: par variable (VT siglas en inglés) y par constante (CT siglas en inglés). Estos se refieren a cómo el motor requerido y el par de accionamiento se relacionan con las RPM del motor. Los dos gráficos simples en la Figura 3 a continuación ilustran una carga típica de VT a la izquierda y una carga de CT a la derecha. Una carga VT es típica de una bomba o ventilador. Las cargas de par constante son de muchas variedades e incluyen transportadores, molinos, trituradoras, bombas de pistón y otras. Normalmente, los proveedores de VFD proporcionarán una capacidad de sobrecarga adicional del 10% por encima del par máximo y la capacidad de amperaje para las cargas de VT, y una capacidad adicional del 50% para las cargas de CT, limitadas a un tiempo de 60 segundos.

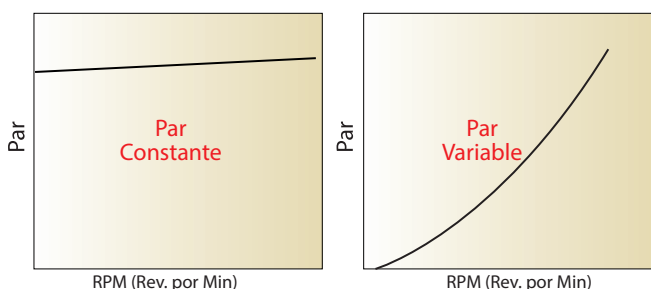


Figura 3. VT (Izq) & Perfiles de Carga CT

Factor de Carga 2: Perfil de Carga

Una carga en caballos de fuerza mecánicos (o kW) es el producto de RPM (rotaciones por minuto) y par de carga. Para cada diseño de motor, esto se traduce en voltaje del motor, frecuencia y amperios. Ver la Figura 4:

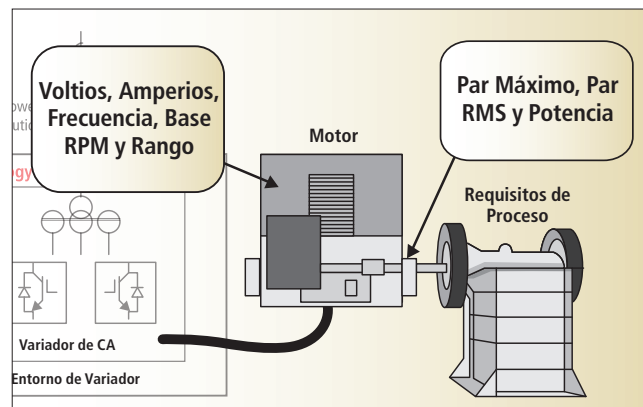


Figura 4. Factores de Motor y Carga de Proceso

El término relacionado "ciclo de trabajo" se refiere al tiempo de valores variables de par y RPM, y sus correspondientes tensiones y corrientes de motor. El proceso de accionamiento determina este ciclo de trabajo, que permite determinar la carga pico y RMS (continua) de VFD. ¡Estos son absolutamente críticos al seleccionar un VFD confiable para su aplicación! Como ejemplo, consulte el ciclo de trabajo de la aplicación del mezclador que se muestra en la Figura 5 a continuación. Esta aplicación requiere que tanto el motor como el variador proporcionen un par motor 200% normal durante partes del ciclo de trabajo.

Esto requiere una sección de inversor de salida VFD sobredimensionada y un motor con al menos un 250% de par máximo.

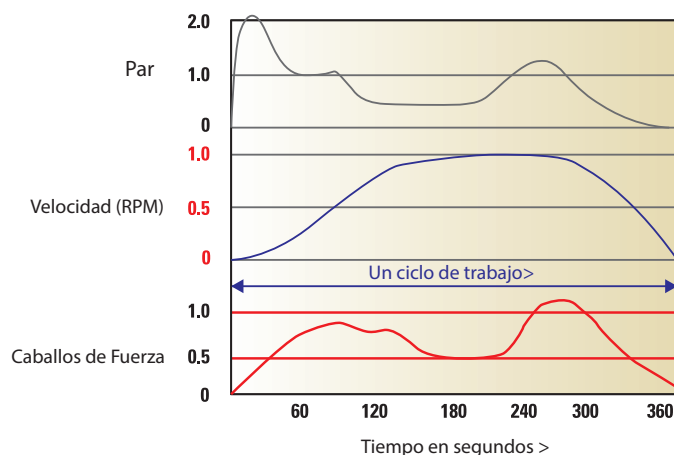


Figura 5. Ciclo de trabajo típico del mezclador de caucho

Factor de Carga 3: Carga RMS

Como regla general, la clasificación RMS (continua) de la carga accionada se refleja directamente en la clasificación del motor (kilovatios o caballos de fuerza) y en los transformadores internos y de alimentación del sistema. El ciclo de trabajo en la Figura 5 podría dar como resultado una calificación continua de 2000 hp para el motor y el accionamiento, con una capacidad de par máximo del 200% en cualquier momento durante el ciclo. La carga RMS continua también determina el tamaño de los componentes del sistema que llevan corriente. Estos incluyen equipos de distribución y distribución de sistemas de potencia, KVA de transformadores, la clasificación continua del inversor y del convertidor, y el tamaño de la entrada del variador y los cables del motor. Los números de referencia 1 a 4 en la Figura 6 muestran estas áreas.

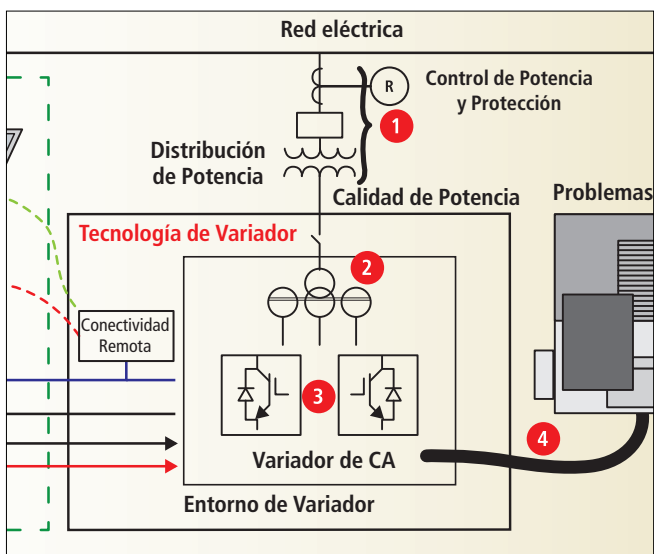


Figura 6. Las áreas de carga continua del sistema VFD

Factor de Carga 4: Regeneración

Algunas cargas del sistema requieren que se elimine la energía de la carga accionada para detenerla, retenerla o invertirla. Esta función de variador se llama regeneración. La energía de la carga se devuelve a la red eléctrica. Tales cargas incluyen elevadores, transportadores cuesta abajo, ventiladores o bombas que están siendo sobre impulsadas por su gas o fluido, y otros. Algunos VFD modernos ofrecen esta característica inherente a su diseño. Asegúrese de incluir esto en su selección si es necesario.

Resumen de carga de proceso:

Para una adecuada selección de VFD y sistema, determine y documente el tipo de carga, el perfil de carga y el ciclo de trabajo para el proceso que se va a alimentar, incluidos los requisitos de regeneración.

Factor de Sistema de Variador 1: Transformador de Aislamiento

Los diseños con transformadores de aislamiento deberían elegirse ante los diseños de menor costo que eliminan este valioso componente. Los diseños sin transformador pueden tener inicialmente un costo menor, pero son propensos a errores de funcionamiento y daños por relámpagos y sobretensión de línea. Las fallas a tierra de salida en las conexiones del motor de los VFD en la misma red de distribución pueden disparar unidades adyacentes. No son infrecuentes los informes de fallas múltiples debidas a sobretensiones, lo que hace que los transformadores de aislamiento sean una inversión excelente.

Factor de Sistema de Variador 2: VFD y Voltajes de Motor

El voltaje de entrada del variador debe coincidir con el voltaje del sistema disponible (núm.1 en la Figura 7 a continuación) y la tensión de la placa de identificación del motor seleccionado (núm. 2 en la Figura 7 a continuación). Si el motor es un motor existente, la salida del variador se selecciona para que coincida con eso. El variador menos costoso suele ser uno con entrada de sistema y voltajes de salida VFD iguales entre sí.

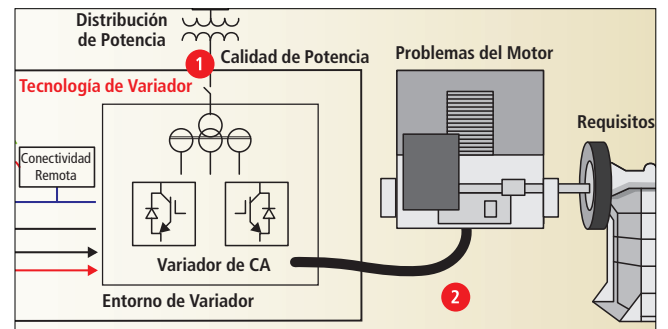


Figura 7. VFD y combinación con el motor

Factor de Sistema de Variador 3: Sistemas con Motores Nuevos

Si la aplicación requiere un motor nuevo, generalmente es mejor permitir que el proveedor de VFD proporcione un motor correspondiente. Las clasificaciones de voltaje y amperaje del motor determinan la calificación de VFD requerida, por lo que su diseño conjunto permite una selección óptima del equipo. Esto es particularmente cierto cuando el motor siempre se operará en el variador y nunca se conectará directamente a la red. Los VFD están disponibles en diseños probados con una salida de hasta 11,000 voltios, lo que permite que el motor coincida con el variador óptimo. Esto puede ser una ventaja. De lo contrario, una clasificación de voltaje del motor a menudo se define por voltajes de distribución estándar como 4160 V.

Factor de Sistema de Variador 4: Formas de onda de salida

Finalmente, la forma de onda de salida del voltaje VFD debe ser tolerada por el motor conectado. Elegir un VFD con un voltaje de salida uniforme como el ejemplo en la Figura 7 asegurará virtualmente la compatibilidad con motores nuevos o existentes.

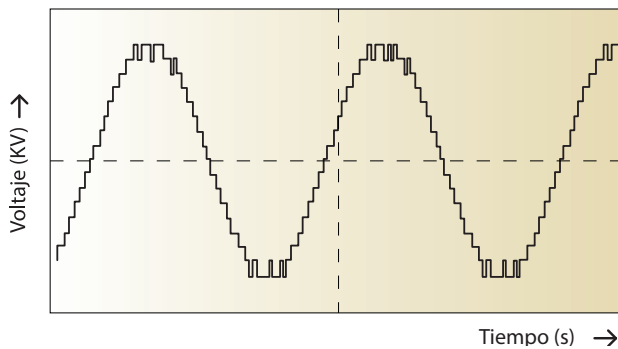


Figura 8. Salida de voltaje del motor VFD de alta calidad

Resumen del Sistema de Variador:

En las consultas, defina el voltaje del sistema y la tensión del motor, y la forma de onda VFD. Indique si el motor que se va a alimentar es nuevo o existe. Permita que el proveedor de VFD sugiera lo que parece ser un voltaje de motor no estándar si el VFD y el sistema del motor se pueden seleccionar de manera óptima. ¡Finalmente, insista en un transformador de aislamiento!

Factor de Sistema de Potencia 1: Calidad

El tema de la "calidad de potencia" tiene dos caras. Como consumidor de energía, el VFD debe ser capaz de operar de manera confiable en su entorno de potencia. Como un "vecino" tanto para los usuarios de la planta como para otros usuarios de servicios públicos, el VFD seleccionado no debe causar que otros equipos funcionen mal o estén sobrecargados.

Factor de Sistema de Potencia 2: Armónicos

Cuando los VFD extraen energía de la red pública, crean tensiones y corrientes distorsionadas, llamadas armónicos. Los armónicos no están a frecuencias iguales a la potencia de la red pública de 60 Hz. Estos armónicos pueden potencialmente causar un funcionamiento incorrecto y un calentamiento adicional de otros equipos conectados al mismo sistema de alimentación, incluidos los transformadores y las celdas.

Las recomendaciones para los límites de los niveles de armónicos permitidos se encuentran en la norma IEEE 519-2014. El valor límite más restrictivo para las corrientes armónicas es el 5% o menos de la corriente fundamental, y el 5% o menos de la distorsión en los voltajes producidos por esta corriente. Para evitar problemas armónicos, los compradores de VFD deben exigir que estos límites se cumplan en el VFD sin filtrado adicional.

En la práctica, dichos límites pueden cumplirse con equipos VFD con convertidores de diodos de 24 impulsos (o más) (que normalmente presentan una distorsión de corriente del 3% o menos) o convertidores rectificadores activos diseñados correctamente, que pueden limitar la distorsión actual al 2% o menos. Incluir la definición de proveedor de datos de armónicos en las especificaciones de requisitos de VFD.

Factor de Sistema de Potencia 3: Factor de Potencia

Una definición del factor de potencia del sistema de potencia es la "eficiencia de la corriente": el porcentaje de potencia de línea que realmente produce una salida de trabajo útil. Los inversores de fuente de

tensión modernos realmente reducen el impacto del factor de potencia de un motor de inducción conectado (¡no necesariamente con los inversores de fuente de corriente!). Por ejemplo, un motor con conexión directa puede tener un factor de potencia de 0.85, mientras que un variador que acciona un motor de inducción puede presentar un factor de potencia de 0.98 o incluso 1.0. ¡Esto es una mejora significativa!

Los diseños de VFD recientes con convertidores rectificadores activos pueden configurarse para mantener el factor de potencia 1,0 (unidad) o incluso configurarse para exportar potencia reactiva para corregir el factor de potencia deficiente de otras cargas cercanas, como los motores de inducción. Al seleccionar un VFD, haga una revisión cuidadosa de tales ventajas de tales diseños modernos.

Resumen del sistema de alimentación:

Revise cuidadosamente el factor de potencia de los proveedores de VFD y el impacto de armónicos en su sistema de potencia. Aproveche la moderna capacidad de corrección del factor de potencia proporcionada por los últimos diseños de VFD.

Confiability del Equipo

Para obtener todas las ventajas que ofrecen los equipos VFD, deben ser extremadamente confiables. En este punto, es importante distinguir entre la confiabilidad del equipo y la disponibilidad del equipo.

Factor de Confiabilidad 1: Confiabilidad

Confiabilidad significa operación continua sin interrupción debido a fallas por mal funcionamiento o mal funcionamiento del equipo. La confiabilidad está integrada en el diseño del equipo al minimizar el recuento de componentes y el uso de todos los componentes muy por debajo de sus calificaciones publicadas. La mejor medida de la confiabilidad del VFD proviene de las estadísticas reales de la flota, de VFD no de los números teóricos calculados. Los datos de flota solo están disponibles si un fabricante está tan comprometido con la calidad que hace el trabajo duro de mantener registros precisos.

Los datos deben incluir tanto el número de horas de funcionamiento de la flota del modelo de VFD como las fallas de VFD informadas, lo que resulta en tiempo de inactividad del equipo. Entonces el MTBF es una relación simple de horas de funcionamiento y fallas durante ese mismo tiempo. (TMEIC mantiene dichos registros, y el MTBF más bajo de cualquiera de sus modelos es de 13 años según los datos de la flota).

Factor de Confiabilidad 1: Disponibilidad

La disponibilidad significa que el equipo estará disponible para operar en algún nivel (no necesariamente a pleno rendimiento) cuando sea necesario. Esto podría significar agregar partes adicionales (lo que disminuye la confiabilidad básica) para lograr la disponibilidad esperada.

Resumen de confiabilidad del equipo:

Insista en realizar comparaciones cuantificables de la confiabilidad del equipo VFD, según los cálculos

de la flota.

FACTORES DE DISEÑO E INSTALACIÓN

Los factores de diseño e instalación requieren respuestas a estas preguntas:

1. ¿Qué entorno físico se requiere para un VFD en particular en términos de salas de control de potencia, refrigeración, etc.?
2. ¿Se requiere algún equipo auxiliar para realizar la aplicación?
3. ¿Cómo se mantendrá el equipo y qué herramientas de solución de problemas están disponibles?
4. ¿Cómo se conectará el VFD al sistema de proceso de la planta y a los controles del operador?
5. ¿Cuáles son las restricciones y requisitos para las conexiones hacia y desde el VFD y su motor?

Veremos estos elementos, uno a la vez.

1. Entorno Físico

La mayoría de los equipos VFD están diseñados para funcionar en un ambiente limpio, libre de polvo y gases corrosivos. Las temperaturas en la sala de control de potencia VFD deben mantenerse en un rango entre 0 y 40 ° C, o a veces 50 ° con reducción de potencia. Los VFD generalmente están clasificados a 1000 m de altitud. Incluya la temperatura ambiente y la altitud del sitio en las especificaciones de selección de VFD.

Los VFD refrigerados por aire con transformadores integrales consume aproximadamente 10.000 BTU en su sala de control de potencia por cada 100 CV (75 kW) de la carga conectada. Esto requiere aproximadamente 0,85 toneladas de aire acondicionado por cada 100 CV de carga.

Por encima de 4000 hp, puede ser ventajoso cambiar a refrigeración por agua para VFD. La cantidad de calor que queda en la sala de equipos después de que el calor se elimina por el agua refrigerante es aproximadamente el 15% de una unidad refrigerada por aire. Si el sitio del usuario tiene agua de refrigeración disponible, esto se vuelve aún más ventajoso.

La falta de atención a la eliminación de polvo del medio ambiente puede tener graves consecuencias. Con el tiempo, este polvo se acumula en las piezas de media tensión, los componentes electrónicos y los disipadores de calor, y puede dar lugar a falta de confiabilidad e incluso daños en el equipo.

Resumen del entorno físico:

Durante la decisión de compra e instalación, considere cuidadosamente las condiciones ambientales para la unidad seleccionada. Discuta las posibles alternativas

con el proveedor.

2. Equipo Auxiliar

Para algunas aplicaciones, se debe incluir equipo adicional para realizar las funciones de VFD y motor requeridas. Los ejemplos incluyen tacómetros montados en el motor que se necesitan cuando la aplicación requiere pares de torsión muy altos (más del 150% del nominal). Un segundo ejemplo puede requerir CT y PT de retroalimentación para que un sistema de arranque sincronizado VFD funcione correctamente.

Resumen del equipo auxiliar:

Revise con el proveedor de VFD todo el equipo adicional necesario.

3. Mantenimiento y Solución de Problemas

Las herramientas informáticas para el mantenimiento del variador y la resolución de problemas han progresado mucho. Las mejores herramientas incluyen características avanzadas tales como tendencias incorporadas con selección de variable de "arrastrar y soltar", búferes de captura activados de alta velocidad, notificaciones por correo electrónico al personal de mantenimiento cuando surgen problemas, registro de fallas robusto, ayuda para solucionar problemas incorporados y más. Vea la Figura 9 a continuación.

También busque proveedores que brinden soporte de llamadas en vivo las 24 horas del día, los 7 días de la semana y centros de diagnóstico remoto. Ningún sistema es perfecto, y el soporte fuera del sitio, además de las ayudas de la herramienta de manejo, puede reducir enormemente el tiempo de inactividad

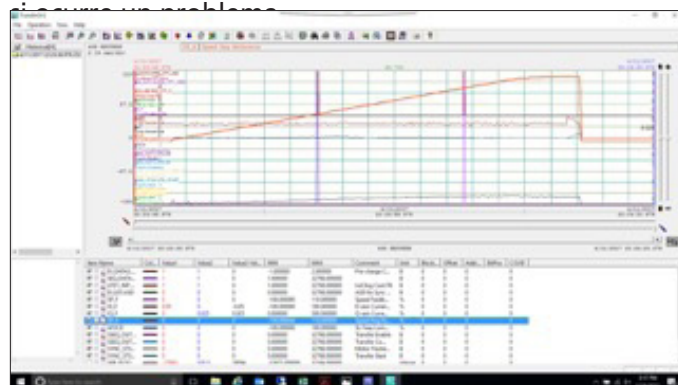


Figura 9. Ejemplo de Tendencia de la Herramienta Variador

Resumen de mantenimiento y solución de problemas: evalúe y compare cuidadosamente las opciones de solución de problemas y soporte.

4. Conexiones

Una variedad de protocolos diferentes está disponible para conectar el sistema de control de proceso de la planta al VFD. Estos se ilustran en la Figura 10. También se muestra la conexión al sistema de diagnóstico remoto descrito anteriormente.

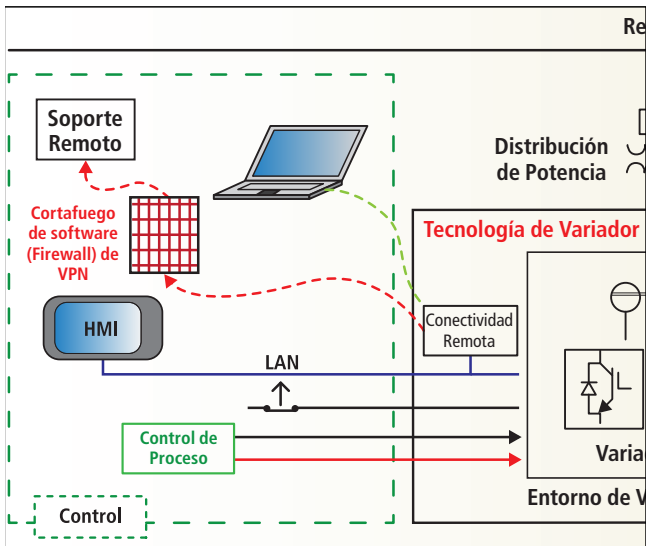


Figura 10. Conexiones de Control de Variador

Al seleccionar y especificar un VFD, defina cuidadosamente las interfaces requeridas.

5. Restricciones y Requisitos

(Consulte la Figura 11 a continuación) La mayoría de los VFD de media tensión son muy tolerantes a las conexiones y cables de entrada y salida. Siempre se recomienda el blindaje EMI en los cables de salida. La conexión a tierra adecuada según lo recomendado por el fabricante de VFD es esencial. Se deben considerar las recomendaciones de cableado cuando se comparan las ofertas de VFD de MT.

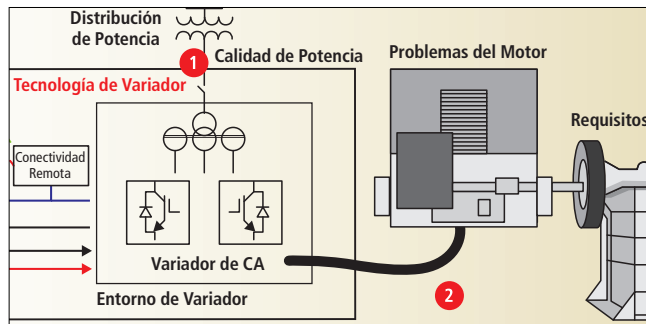


Figura 11. VFD y combinación con el motor

Resumen de restricciones y requisitos:
Revise cuidadosamente las conexiones de alimentación y control recomendadas en la planificación y selección de un VFD de MT.

Conclusión

Una revisión cuidadosa de los factores importantes sugeridos dará la seguridad de una decisión de selección de VFD de MT exitosa y económicamente sólida. Use una lista de verificación de la aplicación, a menudo disponible por parte de los proveedores.