

UNIDAD **IV**

Instalación y Mantenimiento

Índice

Unidad IV : “Instalación y Mantenimiento”

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	OBJETIVOS.....	1
3.	CONTENIDO DE LA UNIDAD IV	1
3.1.	INSTALACIÓN	1
3.1.1.	CRITERIOS DE INSTALACIÓN.....	1
3.1.2.	INSTALACIÓN DE UN VARIADOR DC.....	9
3.1.3.	INSTALACIÓN DE UN VARIADOR AC	16
3.2.	MANTENIMIENTO.....	19
3.2.1.	CRITERIOS DE MANTENIMIENTO	19
4.	EJEMPLOS	21
5.	RESUMEN	23
6.	PREGUNTAS DE AUTOCOMPROBACIÓN.....	23
6.1.	¿QUÉ PROBLEMAS CAUSAN LOS IGBTs EN LOS MOTORES QUE ALIMENTAN?.....	23
6.2.	¿PORQUÉ LOS VARIADORES PARA MOTOR DC NO CAUSAN PROBLEMAS COMO LOS IGBTs?.....	23
6.3.	¿POR QUÉ SE DESGASTAN LOS CARBONES DEL MOTOR DC?	23
6.4.	¿EL TORQUE DE UN MOTOR AC SE MANTIENE CONSTANTE A VELOCIDADES MAYORES QUE SU NOMINAL?.....	23
6.5.	¿PORQUÉ TIENEN UNA DISTANCIA LIMITADA EL VARIADOR Y SU MOTOR?.....	23
7.	RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE AUTOCOMPROBACIÓN	24

UNIDAD IV

“Instalación y Mantenimiento”

1. INTRODUCCIÓN

El personal encargado de la instalación y mantenimiento de todo tipo de equipos electrónicos, en especial los de potencia, deben estar capacitados para desempeñar su labor en forma eficiente y con pleno conocimiento del funcionamiento de los equipos que están manipulando. Por lo tanto, es muy importante que comprendan, por ejemplo, los tipos de dispositivos electrónicos de potencia que conforman cada uno de los variadores, la velocidad a la cual trabajan, las formas de onda de salida que están enviando a los motores, la variación del factor de potencia que ocasionan en la planta, la generación de armónico, los ruidos RFI, acoples magnéticos, etc., con la finalidad de que al momento de efectuar la instalación no causen problemas a otros equipos electrónicos montados alrededor.

2. OBJETIVOS

El objetivo de esta unidad es diferenciar los problemas inherentes que tienen cada uno de los variadores estudiados, identificar el tipo de falla que presentan u ocasionan a su medio ambiente y aplicar técnicas de solución para superar los problemas que encuentren al frente.

3. CONTENIDO DE LA UNIDAD IV

3.1. INSTALACIÓN

Primero estudiaremos algunos conceptos que los fabricantes de variadores utilizan para poder efectuar la instalación de sus equipos sin inconvenientes. Luego analizaremos el modo de instalar cada tipo de variador DC y AC, para lo cual recurriremos a las propias fuentes de los principales fabricantes.

3.1.1. CRITERIOS DE INSTALACIÓN

Los fabricantes de equipos variadores de Velocidad y motores AC son los más indicados para dar las pautas sobre los métodos de instalación a usar con sus equipos. Es por esto que tiene una importancia fundamental el usar los manuales de instalación y mantenimiento proporcionados por dichos proveedores.

1. Impedancia de Línea

Los fabricantes de los equipos variadores de velocidad son muy exigentes en cuanto a la calidad de energía de alimentación que recibirán sus equipos.

La impedancia de línea es uno de los parámetros que proporciona información sobre la calidad de toda fuente de alimentación.

La impedancia de entrada de las líneas de energía eléctrica puede determinarse de dos maneras:

- a) Mida el voltaje entre fases (línea a línea) en el motor sin carga (en vacío) y con plena carga nominal. Utilice estos valores medidos para calcular la impedancia como sigue:

$$\% \text{ Impedancia} = \frac{(\text{Volts}_{\text{SIN CARGA}} - \text{Volts}_{\text{PLENA CARGA}})}{\text{Volts}_{\text{SIN CARGA}}} \times 100$$

(4-1)

- b) Calcule la capacidad de corriente de cortocircuito de la línea de energía eléctrica. Si tal capacidad excede los valores publicados de corriente de cortocircuito máxima para el control, deberá instalarse un reactor de línea. A continuación se proporcionan dos métodos para calcular la capacidad de corriente de cortocircuito:

Método 1

Calcula la corriente de corto circuito:

$$I_{SC} = \frac{(KVA_{XFMR} \times 1000 \times 100)}{(\% Z_{XFMR} \times V_{L-L} \times \sqrt{3})}$$

(4-2)

Ejemplo: Transformador de 50KVA con 2,75% impedancia @ 460VCA

$$I_{SC} = \frac{(50 \times 1000 \times 100)}{(2,75 \times 460 \times \sqrt{3})} = 2282 \text{ Amps}$$

Método 2

Paso 1: Calcular KVA de corto-circuito:

$$KVA_{SC} = \left(\frac{KVA_{XFMR}}{\left(\frac{\% Z_{XFMR}}{100} \right)} \right) = \left(\frac{50}{0,0275} \right) = 1818,2 \text{ KVA}$$

(4-3)

Paso 2: Calcular corto-circuito de corriente:

$$I_{SC} = \left(\frac{KVA_{SC} \times 1000}{V_{L-L} \times \sqrt{3}} \right) = \frac{1818,2 \times 1000}{460 \times \sqrt{3}}$$

(4-4)

donde:

KVA_{XFMR} = KVA del transformador

I_{SC} = corriente de cortocircuito

Z_{XFMR} = impedancia del transformador

V_{L-L} = Voltios de entrada medidos entre fases (línea a línea)

2. Selección del Motor

El rendimiento del motor se ve afectada por el variador que va a ser usado como su fuente de alimentación. Por lo tanto, es importante seleccionar juntos el variador y motor. El rendimiento del motor se basa en la capacidad del variador a ser usado y la capacidad del variador se basa en la corriente que consume el motor.

Analice el perfil de la máquina y el proceso. Determine dónde ocurren los mayores requerimientos de torque. La magnitud de dicho torque, será usado para definir el mínimo tamaño de motor requerido. Ver figura 4-1, donde se muestra la relación que existe entre la potencia y torque de un conjunto de motores AC vs. la frecuencia de la onda de control.

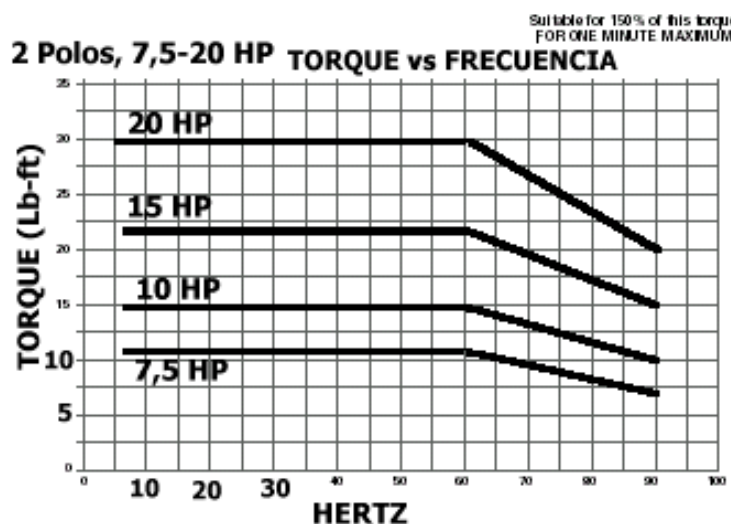


Figura 4-1

Se observa que para frecuencia mayores a 60 Hz, los motores pierden torque. También para frecuencias menores a 7 Hz el fabricante del motor no ha especificado si el torque se mantiene, siendo más probable que su valor tenga un decaimiento.

Al final de la presente unidad en la sección ejemplos, se tiene una aplicación práctica para determinar el tamaño del variador y motor en una aplicación sobre faja transportadora (conveyor).

3. Consideraciones Térmicas

Tanto las máquinas eléctricas como los variadores de velocidad son equipos que controlan gran cantidad de energía y por lo tanto deben estar lo suficientemente protegidos contra excesos de temperatura. Por ejemplo, se da por descontado el uso de sistemas de ventilación forzada tanto para el motor como para el variador, así también la ubicación de la instalación debe estar en un lugar fresco y seco.

Como medida de seguridad se recomienda instalar un mecanismo que impida el funcionamiento del variador si es que el sistema de ventilación forzada ha detenido su trabajo.

En la actualidad los motores que trabajan con variadores tienen una protección térmica entre sus bobinados, el cual es un termostato con sus contactos normalmente cerrados.

Los cables del **termostato** reciben el nombre de **P1** y **P2**. Normalmente dichos cables se instalan en la bornera de control que corresponde al "Reset" del variador. Cuando existe una condición de sobrecarga o sobre-temperatura, el termostato abre sus contactos, lo que obligará al variador a detener su funcionamiento.

De igual forma los variadores tienen un termostato ubicado en contacto con su disipador de calor, el cual cuando detecta sobre-temperatura inhibirá su funcionamiento.

4. Consideraciones sobre el cableado

El control CC está auto-protégido contra los transitorios y los impulsos de sobre-tensión normales de la línea de CA. Quizás se requiera protección externa adicional si hay transitorios de alta energía presentes en la fuente de alimentación de potencia entrante. Estos transitorios pueden ser causados por compartir una fuente de alimentación con equipos de soldadura por arco, por el arranque directo (a través de la línea) de motores grandes o por otros equipos industriales que requieran sobre-corrientes transitorias elevadas.

Para evitar los daños ocasionados por perturbaciones en la fuente de potencia, deberá considerarse lo siguiente:

- a) Conecte el control a una línea alimentadora separada de las que abastecen grandes cargas inductivas.
- b) Alimente potencia al control a través de un transformador de aislamiento dimensionado correctamente. Al usar un transformador de aislamiento para alimentar el control, **deberá siempre desconectarse y conectarse** (conmutar en "off" y "on") **la potencia entre el secundario del transformador y la entrada del control para evitar que se produzcan impulsos (puntas) en el control al quitarse la potencia del lado primario.**

Todo el cableado de señales externo al control CC deberá instalarse en un conducto separado del resto del cableado. Se recomienda usar **cables blindados (apantallados)** de pares retorcidos (**trenzados**) para todo el cableado de señales. La pantalla del cableado del control deberá conectarse únicamente a tierra analógica del control CC. El otro extremo de la pantalla deberá asegurarse con cinta adhesiva a la chaqueta del cable para evitar que se produzcan cortocircuitos eléctricos.

Los cables del campo e inducido del motor pueden instalarse juntos en mismo un conducto, cumpliendo con NEC y con los códigos y procedimientos eléctricos locales.

5. Efecto de los transistores IGBT

La introducción de los IGBTs en los variadores de frecuencia a incrementado la preocupación del impacto de dichos semiconductores en la vida del motor, sobre todo en lo concerniente a su aislamiento.

Cualesquiera dos cables tienen algo de capacitancia e inductancia. Cuando la corriente fluye a través del cable, se produce un campo magnético cerca a los conductores y cuando la corriente cambia, el cambio en el campo magnético produce una fuerza contra electromotriz de retorno en el cable.

La capacitancia e inductancia son proporcionales a la longitud del cable.

Siendo Z la impedancia característica de la línea ($Z = \sqrt{L/C}$), y siendo R la resistencia de la carga, a menos que R y Z sean iguales, habrá una onda reflejada en la línea y algo de la potencia incidente en R será reflejada de retorno hacia la fuente. La magnitud resultante de la onda reflejada puede ser dos veces la amplitud del voltaje pico. En un variador de frecuencia, la magnitud del voltaje pico es igual al voltaje del bus DC.

La velocidad de la onda reflejada, es también dependiente de la impedancia del cable. La velocidad de cambio dv/dt de la fuente de voltaje, es usada para determinar a que distancia de la fuente la onda reflejada será completamente desarrollada. Ver figura 4-2.

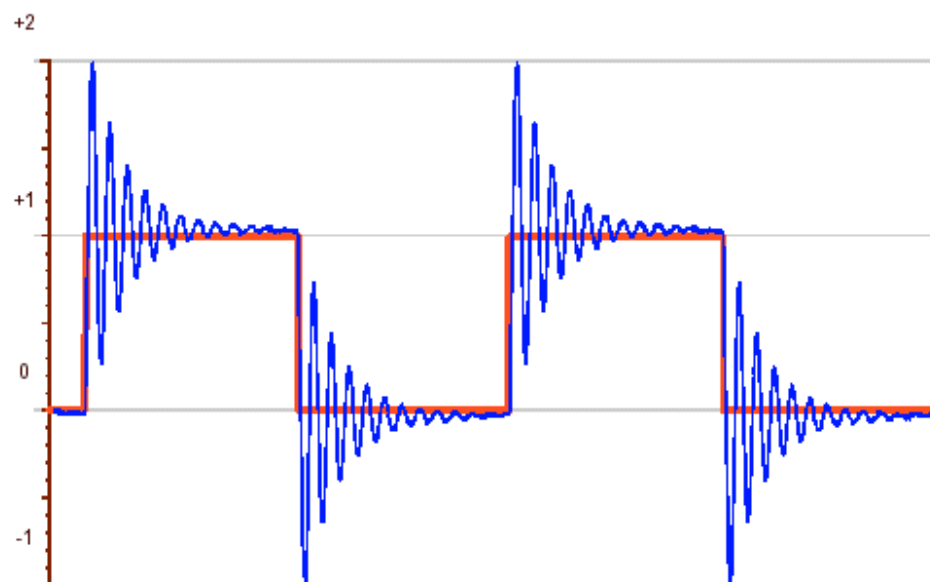


Figura 4-2

Las inquietudes que algunos expresan sobre el uso de inversores con IGBTs son:

- a) El IGBT tiene características de conmutación dv/dt (menor tiempo de encendido), mayores que los dispositivos bipolares estándar, incrementando la velocidad de la onda reflejada.
- b) La mayor velocidad de conmutación permite mayores frecuencias de portadora el cual incrementa la capacitancia del cable.
- c) Ambos implican una menor distancia al cual la onda reflejada tiene su máxima amplitud y, por lo tanto, una menor longitud de cable para inversores basados en IGBTs. El resultado es que un voltaje doble al bus DC puede ser aplicado a través de los bobinados del motor, causando falla prematura.
- d) Asumiendo que, en una instalación típica, las impedancias del motor y el cable no son iguales, entonces ocurrirá un voltaje reflejado. Luego, siempre habrá voltaje reflejado así se usen inversores con IGBT, BJT o GTO.

Los fabricantes de motores que tienen experiencia en la aplicación de inversores, tienen las siguientes consideraciones:

- 1. Las fallas en los motores o la disminución de la expectativa de vida en los motores son asociados con su uso en inversores.
- 2. Los requerimientos de aislamiento requeridos para los motores es **dos veces el voltaje nominal más 1 000 voltios**. Esto es para protegerlos contra las ondas reflejadas.
- 3. Los motores más pequeños y baratos, tienen menores factores de seguridad y por lo tanto son más factibles de daño.
- 4. Los criterios de diseño para que los motores tengan mayores expectativas de vida son:
 - A. Bobinado.
 - B. Aislamiento.

Conclusiones:

- 1. No existe indicadores que sostengan que la introducción de inversores con IGBT han incrementado las fallas en los motores.
- 2. Cualquier falla anticipada puede ocurrir con diversos diseños de inversor incluyendo BJT y GTO.
- 3. Se deben usar motores de calidad (los Inverter Duty Motors) para todas las aplicaciones y limitar la longitud del cable de alimentación cuando sea posible.
- 4. Siempre que sea posible, todos los conductores del motor, incluyendo el conductor de tierra, debe estar contenida en un conductor de metal.

6. Corriente de sobre-carga

Es el nivel (150% del valor nominal) al cual el control automáticamente reduce la velocidad del motor debido a una condición de sobre-carga reduciendo voltaje y frecuencia hasta que la condición sea levantada.

La relación entre sobre-carga y el tiempo es una función inversa. Si la sobre-carga es continua, el límite es 105% aproximadamente.

En aplicaciones múltiples donde uno o más de los motores arrancan a través de la línea, el controlador debe ser dimensionado para el peor caso: condición marcha +arranque, donde se tiene en cuenta la corriente de rotor bloqueado del motor a ser arrancado. El control debe ser dimensionado para que no indique falla por límite de corriente.

7. Líneas de baja impedancia

La figura 4-3 muestra un escenario que se puede dar ocasionalmente. Un equipo variador se encuentra instalado muy cerca del suministro principal de energía o un banco de corrección de factor de potencia.

Debido a la proximidad, el variador podría experimentar fallas en sus puentes de diodos pues esta siendo vinculado a la línea de baja impedancia. Los semiconductores de potencia pueden fallar por el excesivo di/dt de la corriente.

La característica de trabajo de los variadores les permiten operar en condiciones normales de alimentación y a cierta distancia de la barra principal de alimentación y así suministrarse suficiente impedancia para su operación segura.

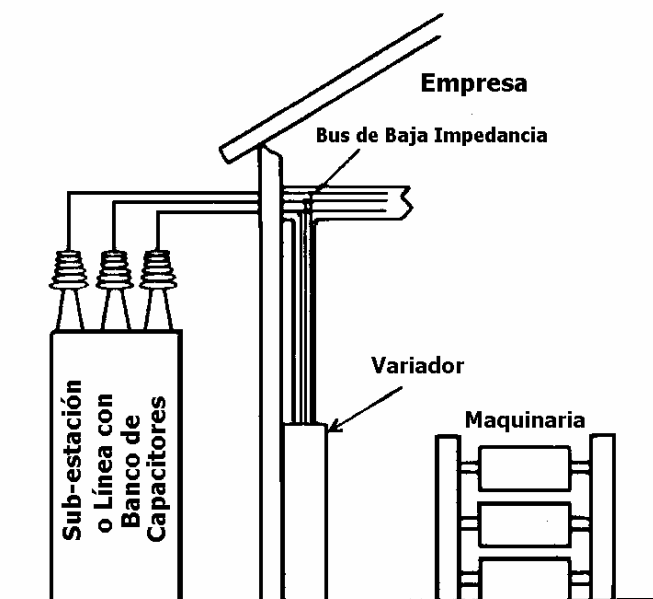


Figura 4-3

Una forma de solución para el problema mostrado en la figura 4-3, es aumentar la impedancia de línea hacia el variador.

Dicho objetivo se cumple con adicionar un transformador de aislamiento, tal como se muestra en la figura 4-4.

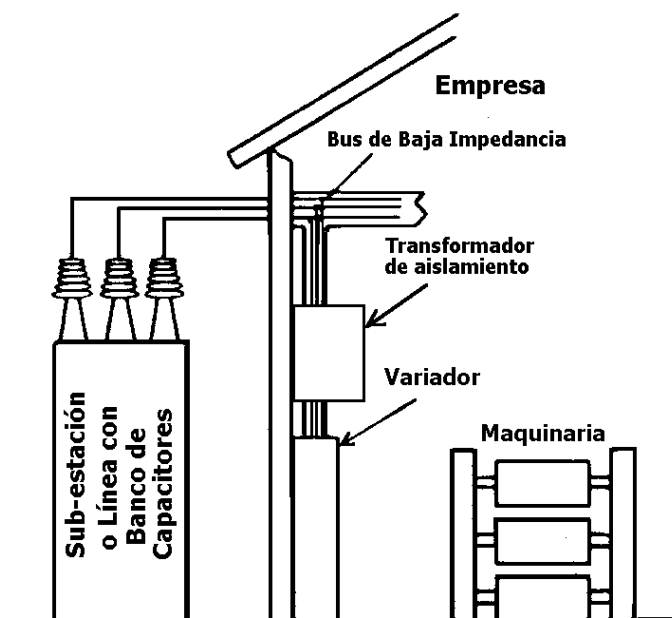


Figura 4-4

8. Líneas de alta impedancia

La figura 4-5 presenta un caso contrario al anterior. Aquí la fuente de alimentación se encuentra alejada o con falsos contactos en sus empalmes que, al momento de trabajar el equipo se tienen caídas de voltaje que no sostienen el funcionamiento del variador.

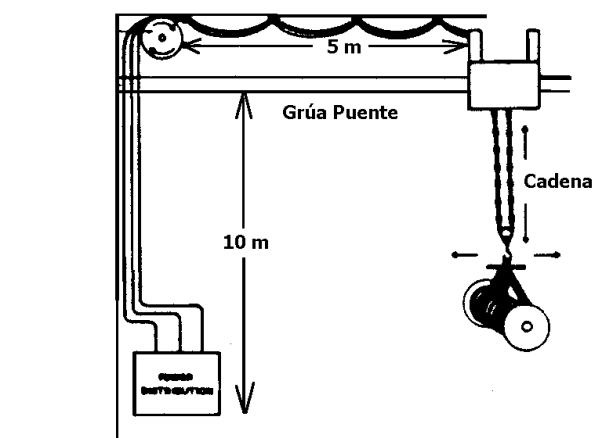


Figura 4-5

9. Distancia entre variador y motor AC

Los fabricantes especifican la distancia máxima que deben tener el variador y el motor AC. A veces debido a la aplicación, no es posible respetar dicha distancia y nos vemos en la necesidad de trabajar a distancias mayores. ¿Existe solución para el problema en cuestión?. La respuesta es sí. Los mismos fabricantes nos suministran los dispositivos necesarios para lograr mayores distancias. Una de las soluciones se presentan en la figura 4-6.

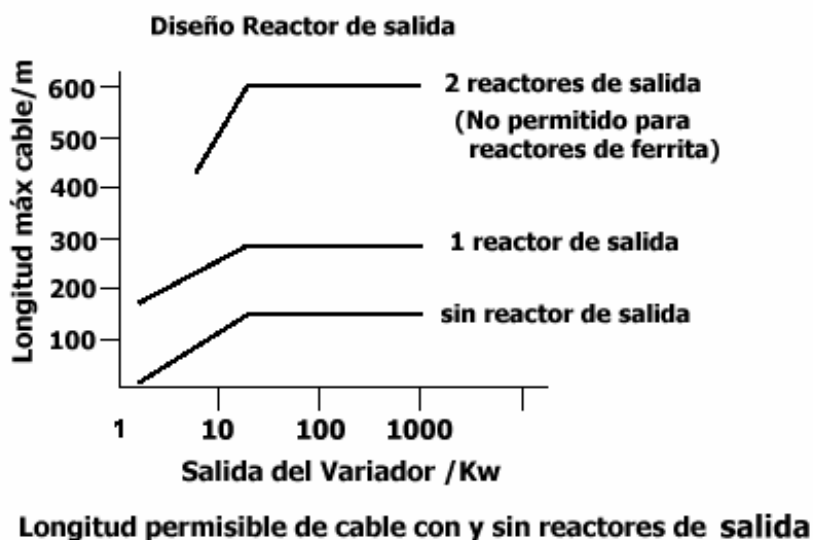


Figura 4-6

3.1.2. INSTALACIÓN DE UN VARIADOR DC

A continuación presentamos algunas informaciones de fabricantes de equipos variadores para motor DC.

VARIADOR DIGITAL DE VELOCIDAD DE MOTOR DC

La presente información es un resumen del manual de instalación y operación del variador de velocidad de motor DC, marca: Allen Bradley, modelo: 1395.

CARACTERÍSTICAS NOMINALES:

Las características del equipo que tenemos en el laboratorio 710 (voltaje de entrada de 460 VAC estándar) son las siguientes:

CAT: 1395-B67-C1-P10-P51-X1, lo cual se detalla;

- **1395** nos indica el número de Boletín Técnico redactado por el fabricante.
- **B67** nos dice que es un variador del tipo regenerativo de 10HP.
- **C1** nos informa que el contactor es estándar y soporta hasta 30HP.
- **P10** nos dice que incluye una tarjeta adaptadora discreta de 115VAC en el puerto A.

- **P51** nos dice que tiene una tarjeta adaptadora de multi-comunicación en el puerto B.
- **X1** indica que disponemos de contactos auxiliares (1 NA y 1 NC).

DESCRIPCION DEL HARDWARE:

La figura 4-7 nos presenta una visión del hardware asociado al equipo.

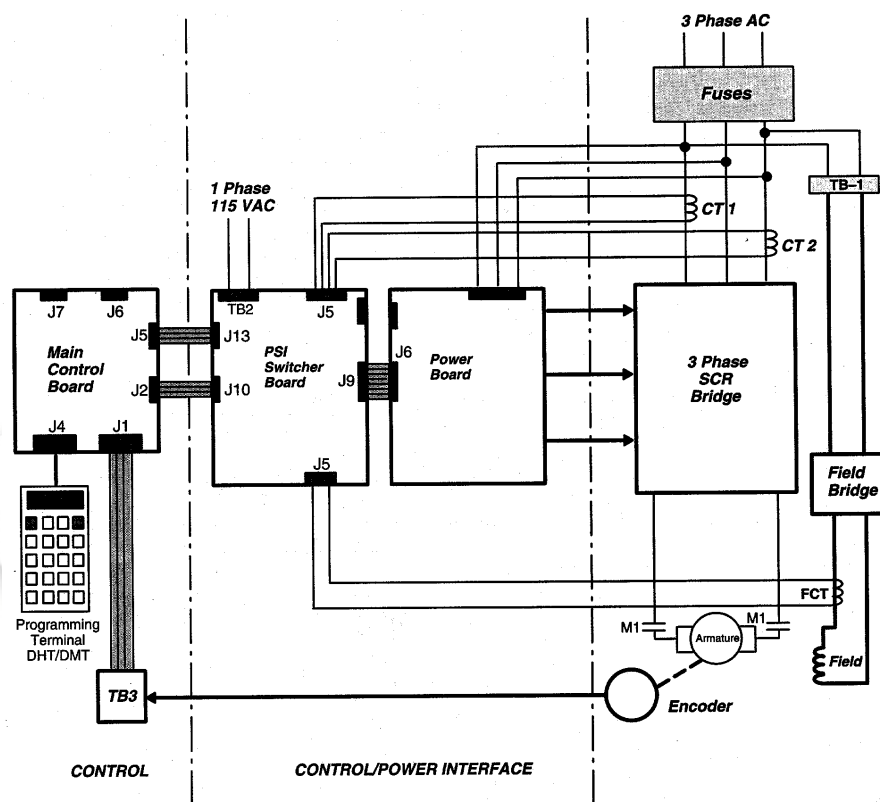


Figure 2-1. Hardware Overview

Figura 4-7

Componentes del puente de armadura:

En las figuras 4-8 y 4-9 se observan los componentes usados, los cuales describimos a continuación.

Reactor de línea AC.- Es usado para proteger el puente de potencia contra cambios bruscos de corriente (di/dt). Si se usa un transformador de aislamiento de relación unitaria, no se requiere el uso de dicho reactor. Se tienen fusibles de acción rápida F1, F2 y F3 para proteger a los semiconductores de potencia.

Sincronización.- La línea trifásica alimenta directamente a la tarjeta de potencia, la cual es escalada y usada para sincronizar el trabajo de los semiconductores de potencia.

Realimentación de corriente AC.- Los transformadores de corriente ACT1 y ACT2 se usan para suministrar información de corriente de realimentación a la tarjeta PSI/Switcher. Dicha tarjeta rectifica y escala a un voltaje DC que representa a la corriente de realimentación. Luego esta señal es enviada a la tarjeta principal de control.

Supresores de pico.- Los supresores de pico MOV1 a MOV4 en la tarjeta de potencia protegen al puente de armadura contra picos de voltaje de la línea.

Encapsulado SCR.- Consiste en dos SCR por módulo.

Transformadores de pulsos.- Instalados en la tarjeta de potencia suministran los pulsos de disparo aislados al gate de cada SCR.

Protección contra voltajes transitorios.- Las redes RC instalados en la tarjeta de potencia protegen a los SCR contra transitorios de voltaje (dv/dt).

Sensor de corriente DC.- Un sensor de sobre-corriente DC es suministrado usando el transductor TD1.

Contactor DC.- La salida del puente de armadura se conecta al motor por medio del contactor principal M1. La bobina es de 115VAC y se controla por el relay piloto K3 (en la tarjeta PSI/Switcher) por medio de la bornera TB2-2 y TB2-3.

Conexiones de salida del puente.- Nombrados A1 y A2 se conectan a la armadura del motor. Si se usa frenado dinámico, se conecta un banco de resistencias de frenado en los terminales DB1 y DB2.

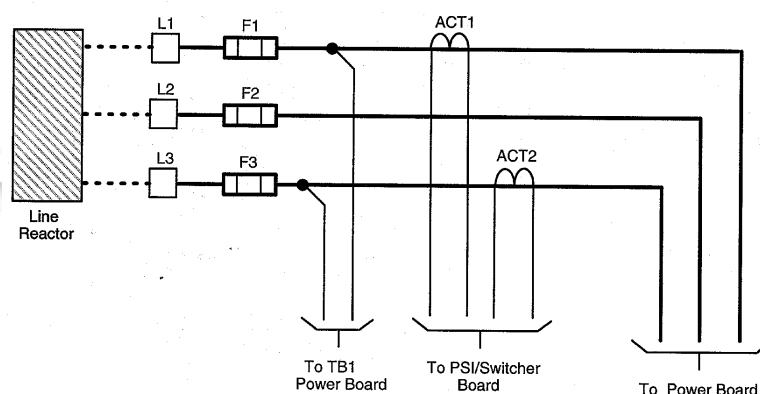


Figure 2-2. Armature Bridge Components (INPUT)

Figura 4-8

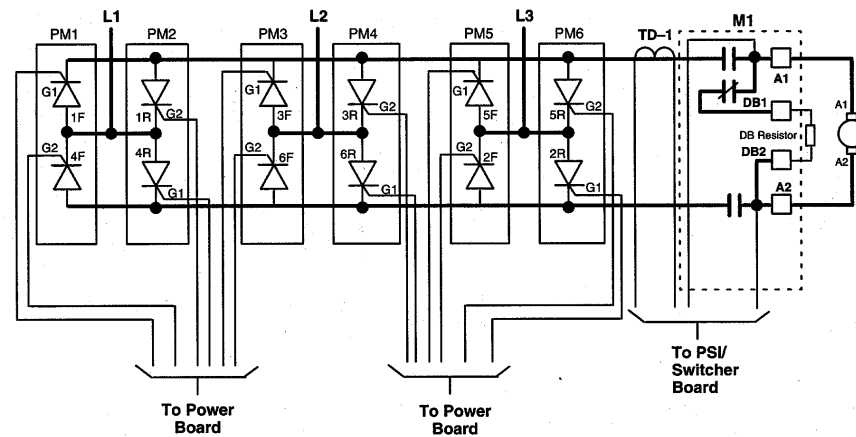


Figure 2-3. Armature Bridge Components (OUTPUT)

figura 4-9

Vista del funcionamiento.-

La figura 4-10 nos muestra una presentación de la mayoría de bloques asociados con las funciones de control. Las funciones de control en el 1395 pueden ser ejecutadas a través del uso de parámetros los cuales son cambiados con el Terminal de Programación. A continuación tenemos una breve descripción de cada bloque.

Figure 5-1.
Functional Overview

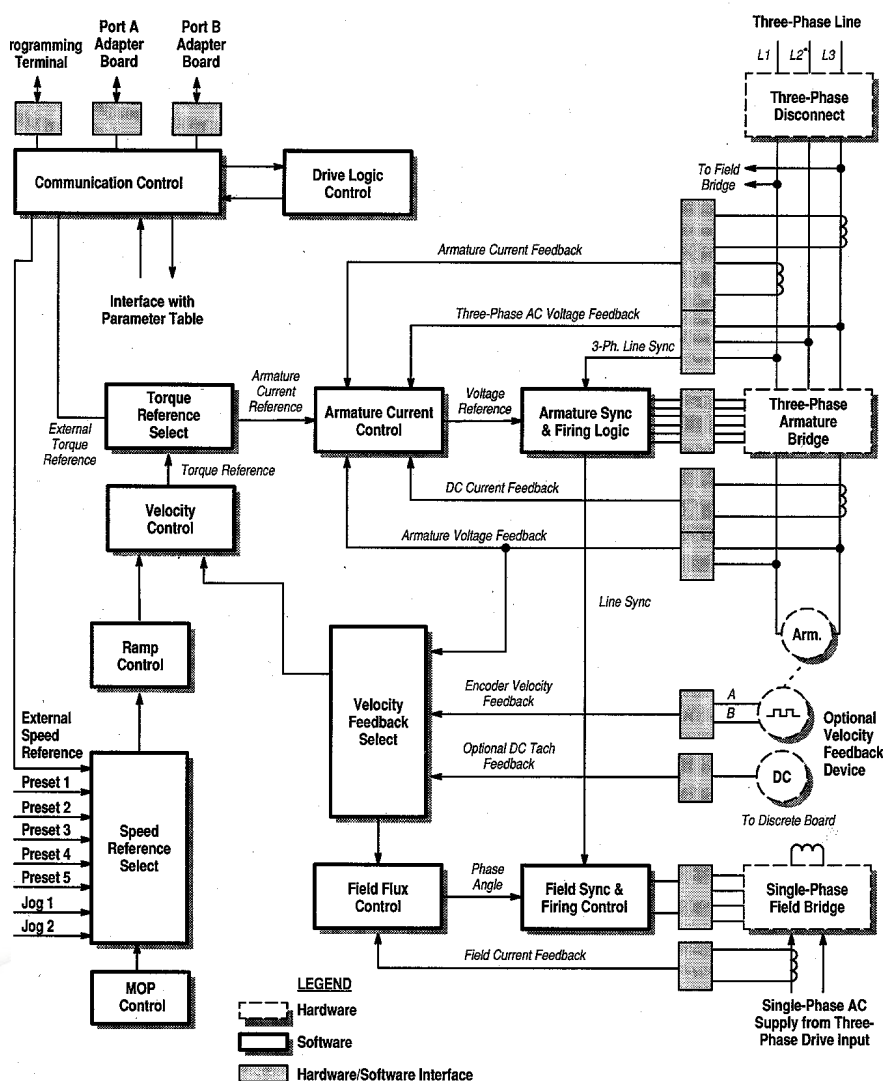


Figura 4-10

Control de comunicación.- Controla todas las transferencias de datos. El terminal de programación se comunica con el variador por medio de un enlace de comunicación serial RS-422. Dos puertos de comunicación A y B están disponibles.

Control lógico del variador.- Controla el estado de operación del variador en respuesta a la lógica de comando de entrada. La selección de varios parámetros de referencia (por ejemplo: referencia de velocidad) y modos de control (por ejm. Droop), son ejecutados en este bloque. También observa las condiciones de operación presente y suministra dicha información como realimentación hacia dispositivos externos de control.

Selección de referencia de velocidad.- Se tienen 05 velocidades pre-definidas de referencia almacenadas en los parámetros del variador. Adicionalmente, una referencia externa de velocidad y uno de dos entradas Jog pueden ser seleccionadas como la referencia de velocidad. El bloque de selección de referencia de velocidad usa información proveniente de la lógica de control del variador para determinar cual de las referencias serán usadas como la entrada hacia el control de velocidad. La referencia seleccionada ingresa a una rampa antes de ser enviada como entrada de referencia de velocidad al *Control de Velocidad*.

Selección de realimentación de velocidad.- Se pueden usar uno de tres medios de realimentación de velocidad. El voltaje de armadura es observado constantemente por el variador y puede ser usado como realimentación. El Hardware para comunicar la información de velocidad con un encoder digital es suministrado como estándar. Si se usa un tacogenerador DC como realimentación de velocidad, el variador debe ser equipado con la tarjeta adaptadora discreta conectada al puerto A.

Control de velocidad.- Compara la velocidad de referencia con la velocidad de realimentación para determinar el error de velocidad.

Selección de referencia de torque.- El variador 1395 puede operar como regulador de velocidad o regulador de torque y por lo tanto tiene la capacidad de aceptar una velocidad de referencia o torque de referencia. El bloque selección de torque de referencia permite operar como variador de torque regulado y aún tener operativo el control de velocidad. En este caso, el variador puede recibir al mismo tiempo las referencias de velocidad y torque.

Control de corriente de armadura.- La referencia de corriente de armadura es comparada con la realimentación de corriente de armadura proveniente de transformadores de corriente. El bloque control de corriente de armadura produce una referencia de voltaje el cual es aplicado al bloque sincronismo de armadura y lógica de disparo.

Sincronismo de armadura y lógica de disparo.- La salida de referencia de voltaje del bloque anterior es convertida a referencia de ángulo de fase y luego a referencia de tiempo para ser enviada como control de los SCRs del puente de armadura.

Control de flujo de campo.- Utiliza la referencia de flujo de campo desde el control de velocidad para desarrollar una referencia de corriente de campo. Dicha referencia es luego comparada con la realimentación de corriente de campo proveniente de los transformadores de corriente de la línea AC del campo. El error entre la referencia de la corriente de campo y la realimentación produce un ángulo de disparo el cual es enviado a la lógica de disparo y sincronismo de campo.

Sincronismo del campo y lógica de disparo.- La salida del ángulo de fase desde el control de corriente de campo es convertida a una referencia de tiempo el cual es sincronizado a la señal de sincronismo de línea desde el sincronismo de armadura y la lógica de disparo para producir los pulsos de disparo de compuerta hacia los SCRs.

A continuación tenemos algunas sugerencias a tener en cuenta en el momento de instalar un variador de velocidad de motor DC:

Aviso de Seguridad

¡Este equipo maneja tensiones que pueden llegar a los 600 voltios! El choque eléctrico puede causar lesiones serias o mortales. Únicamente el personal calificado deberá realizar los procedimientos de arranque o el diagnóstico de fallas en este equipo.

Este equipo puede estar conectado a otras máquinas que tienen partes (piezas) rotativas (giratorias) o partes que están impulsadas por el equipo mismo. El uso indebido puede ocasionar lesiones serias o mortales.

Únicamente el personal calificado deberá realizar los procedimientos de arranque o el diagnóstico de fallas en este equipo.

ADVERTENCIA: No toque ninguna tarjeta (placa) de circuito, dispositivo de potencia o conexión eléctrica sin antes asegurarse que la alimentación haya sido desconectada y que no hayan altos voltajes presentes en este equipo o en otros equipos al que esté conectado. El choque eléctrico puede ocasionar lesiones serias o mortales. Únicamente el personal calificado deberá realizar los procedimientos de arranque o el diagnóstico de fallas en este equipo.

ADVERTENCIA: Esta unidad tiene una característica de reiniciación automática que arranca el motor toda vez que se alimenta potencia de entrada y se emite un mando de RUN (FWD o REV). Si una reiniciación automática del motor pudiera resultar en lesiones a personas, deberá inhabilitarse la característica de reiniciación automática cambiando a Manual el parámetro Restart Auto/Man del bloque de Misceláneos, Nivel 2.

ADVERTENCIA: Asegúrese de familiarizarse completamente con la operación segura de este equipo. Este equipo puede estar conectado a otras máquinas que tienen partes rotativas o partes que están controladas por el mismo equipo. El uso indebido puede ocasionar lesiones serias o mortales. Únicamente el personal calificado deberá realizar los procedimientos de arranque o el diagnóstico de fallas en este equipo.

ADVERTENCIA: Asegúrese que el sistema está debidamente puesto a tierra antes de aplicarle potencia. No debe alimentarse potencia CA sin antes confirmar que se han cumplido todas las instrucciones sobre puesta a tierra. El choque eléctrico puede ocasionar lesiones serias o mortales.

ADVERTENCIA: No quite la tapa antes de que haya transcurrido un mínimo de cinco (5) minutos tras desconectar la alimentación de CA, para permitir que se descarguen los capacitores. Hay presencia de voltajes peligrosos en el interior del equipo. El choque eléctrico puede ocasionar lesiones serias o mortales.

ADVERTENCIA: La operación incorrecta del control puede ocasionar un movimiento violento del eje (flecha) del motor y del equipo impulsado. Asegúrese que un movimiento inesperado del eje del motor no vaya a provocar lesiones a personas ni daños al equipo.

Algunos modos de falla del control pueden producir pares de pico (punta) que son varias veces mayores que el par nominal del motor.

ADVERTENCIA: En el circuito del motor puede haber alto voltaje presente toda vez que se aplique potencia CA, aún si el motor no se encuentra rotando. El choque eléctrico puede ocasionar lesiones serias o mortales.

3.1.3. INSTALACIÓN DE UN VARIADOR AC

Tenemos a continuación información técnica correspondiente al variador de Velocidad de motor AC marca: MICROMASTER VECTOR del fabricante SIEMENS.

MICROMASTER Vector 6SE32 / MIDMASTER Vector 6SE32

Control de velocidad V/F de bucle abierto para uno o varios motores asíncronos, síncronos o de reluctancia

Frecuencia de salida entre 0 – 650 Hz (400 Hz para 6SE92) con resolución de hasta 0,01 Hz.

Sobrecarga de par de hasta el 50% como porcentaje de la intensidad de salida nominal durante 60s.

Controlador PID integrado, para p. ej., control de presión o temperatura.

Interface serie RS485.

Control para freno externo.

Rearranque volante para el control de motores girando.

Rearranque automático para el arranque tras desconexión accidental o fallo.

Ajuste flexible de la consigna de frecuencia mediante frecuencias fijas, entrada analógica, potenciómetro motorizado o interface serie.

Control flexible de las maniobras a través del panel frontal, entradas digitales o interface serie.

Freno de corriente continua configurable.

Frenado compuesto para el control dinámico de la frenada sin necesidad de elementos externos.

Consignas de velocidad aditivas por entrada análoga y consignas de velocidad digitales /de frecuencia fija y control desde distintos orígenes.

Generador rampa programable (0 – 650s) con capacidad de suavización de curvas.

8 frecuencias fijas configurables (7 para 6SE92).

4 bandas de frecuencia inhibidas para la supresión de resonancias.

Filtro EMC estándar incorporado para el cumplimiento de la normativa

EN55011 Clase A en unidades monofásicas.

Funciones adicionales en la serie 6SE32

Sensorless Vector Control para la mejora de las características dinámicas de los motores asíncronos normalizados.

100% de sobrecarga como porcentaje de la intensidad nominal durante 3 segundos.

Módulo de frenado integrado con ciclos de frenado configurables (MICROMASTER Vector).

Opciones

Filtro contra radiointerferencias tipo "footprint" para 208 – 240V / 380 - 500V, EN 55011 que cumple con clase A o B (MICROMASTER y MICROMASTER Vector).

Filtro contra radiointerferencias externo para 208 – 240 V/380 – 500 V - EN 55011 que cumple con clase A o B (MIDIMASTER Vector).

Bobinas de conmutación.

Resistencias de frenado (MICROMASTER Vector, MIDIMASTER Vector).

Unidades de frenado (MIDIMASTER Vector).

Filtros de salida dV/dt . Bobinas de salida.

Software de programación SIMOVIS para la programación y puesta en marcha en entornos WINDOWS 95 o WINDOWS NT.

Módulo PROFIBUS CB15.

Módulo CAN Bus, que soporta el protocolo CAN OPEN.

Sensorless Vector Control

La mayoría de las aplicaciones no necesitan ni pueden justificar el costo adicional de un encoder para que un convertidor simule la función del encoder, un algoritmo por software, necesita calcular rápidamente la posición del rotor y verificar, utilizando un modelo matemático, las características fundamentales del motor.

Para hacer esto el convertidor debe:

- Monitorizar la tensión y la intensidad de salida muy rápidamente.
- Calcular los parámetros del motor (resistencia de estator y rotor, inductancia de aislamiento, etc.).
- Calcular muy rápidamente las características del modelo térmico del motor.
- Introducir los parámetros del motor en las condiciones nominales de trabajo.
- Tener una capacidad de cálculo matemático muy rápido. Esto se hace gracias a un circuito integrado diseñado a medida para esta aplicación (ASIC);
- El Procesador en punto flotante. (F^2P^2).

SIEMENS, pionera en esta tecnología, ha introducido dentro de un producto estándar, casi toda la funcionalidad del control vectorial a lazo cerrado sin la necesidad de encoder.

Esto ha sido conseguido a través del uso del Procesador en punto flotante, que realiza los millones de cálculos por segundo necesarios para las exigentes condiciones de funcionalidad.

Como resultado, el par se incrementa como mínimo hasta el 150% a 0,5 Hz y hasta el 200% a 2,5 Hz, manteniendo el nivel de prestación sobre todo el rango de temperatura gracias al modelo térmico matemático adaptativo del motor.

La serie completa MICRO/MIDIMASTER Vector ofrece una capacidad de sobrecarga de hasta el 200% durante 3 segundos, haciéndolos particularmente adecuados para las duras aplicaciones en grúas o elevadores.

El cálculo de las constantes del motor no es necesario ya que esto se hace automáticamente, dejando al usuario un único parámetro de ganancia para el ajuste fino de determinadas aplicaciones de inercia y que, en la mayoría de los casos, se puede dejar en el ajuste de fábrica.

Procesador en punto flotante

El Sensorless Vector Control es un proceso de control en tiempo real de una gran complejidad que se puede implementar gracias a la utilización de procesadores DSP, procesadores RISC o múltiples microprocesadores. La solución de SIEMENS ajusta el consumo de tiempo del microprocesador e incluye procesadores matemáticos en punto flotante hechos a medida para la aplicación (ASIC). La capacidad de punto flotante significa que las ecuaciones del control son implementadas sin pasos intermedios de reescalado. Con este sistema se evitan desbordamientos aritméticos, con la misma velocidad de cálculo. El resultado final es un producto sencillo con excelentes prestaciones. El procesador en punto flotante es implementado usando enteramente lógica combinatoria, pero es más, el término "Flash Floating Point Processor" significa niveles de prestación hasta los 3 Mflops.

Los algoritmos utilizados en los MICRO/MIDIMASTER Vector son idénticos a los utilizados en nuestros reconocidos equipos MASTERDRIVE.

Beneficios del Sensorless Vector Control

- Excelente control de la velocidad con ajuste automático del deslizamiento.
- Alto par a baja velocidad sin necesidad de aplicar excesiva componente de continua (boost).
- Bajas pérdidas, alto rendimiento.
- Características dinámicas mejoradas - mejor respuesta ante los cambios de carga.
- Operaciones estables con grandes motores.
- Mejores características en la limitación de intensidad con mejoras del control del deslizamiento.

3.2. MANTENIMIENTO

3.2.1. CRITERIOS DE MANTENIMIENTO

En la presente parte vamos a proporcionar información sobre algunas buenas costumbres que deben tener el personal de mantenimiento para lograr a satisfacción su labor.

¿Porqué se gastan las escobillas en un motor DC?

El uso de las escobillas de carbón es el resultado de la fricción mecánica y la erosión eléctrica. La fricción produce polvo de carbón; el resultado de la erosión eléctrica es la vaporización del carbón con un pequeño residuo físico.

La fricción: El carbón y la barra de cobre tiene un alto coeficiente de fricción. Para que el coeficiente de fricción sea pequeño, el conmutador debe tener una buena película.

La erosión: Puede ser el resultado de impropia película en el conmutador.

¿Qué es una buena película de conmutador?

Cuando la corriente eléctrica pasa por el carbón y la barra de cobre en presencia de vapor de agua, se forma una capa microscópica o película alrededor del conmutador. Una buena película es color marrón oscuro, bronce quemado o marrón chocolate. Consulte con un cartilla de colores de conmutador para saber la condición de su conmutador.

¿Qué hacer si deseo instalar un variador de motor AC luego de...

a) almacenado por un periodo menor a 1 año?

No necesita ninguna modificación o prueba especial.

b) almacenado por un periodo entre 1 a 2 años?

Aplicar potencia al variador una hora antes de dar el comando de arranque (tiempo de carga 1 hora).

c) almacenado por un periodo entre 2 a 3 años?

Usar una fuente de alimentación AC. Aplicar el 25% de la tensión de entrada durante 30 minutos. Incrementar la tensión al 50% durante 30 minutos más. Incrementar tensión hasta el 75% durante 30 minutos más.

Incrementar la tensión hasta el 100% durante 30 minutos más. El convertidor estará listo para funcionar (tiempo de carga 2 horas).

d) almacenado por un periodo entre 3 a más años?

Proceder como el caso anterior pero los periodos deben ser de 2 horas (tiempo de carga 8 horas).

Ubicación física del variador

La ubicación del control 19H es muy importante. Deberá instalarse en un lugar protegido contra la exposición directa a la luz solar, las sustancias corrosivas, los gases o líquidos nocivos, el polvo, las partículas metálicas y la vibración. La exposición a estos elementos puede reducir la vida útil y degradar el rendimiento del control.

Hay varios otros factores que deberán evaluarse cuidadosamente al seleccionar el lugar de instalación:

1. Para lograr eficacia en el enfriamiento (disipación térmica) y el mantenimiento, el control deberá montarse verticalmente en una superficie vertical plana, lisa y no inflamable. Cuando el control está montado en un gabinete, use la información sobre pérdida de watts provista en la Tabla 2-1 de manera de proporcionar el enfriamiento y la ventilación adecuada (4 watts por amperio de salida continua).
2. Para que haya una adecuada circulación de aire, se deberá dejar un espacio libre de 5 cm (dos pulgadas) como mínimo alrededor del control.
3. Deberá contarse con acceso frontal para poder abrir la tapa del control o sacarla para efectuar servicio y para permitir ver el display (visualizador) del teclado. (El teclado puede, como opción, montarse en forma remota a una distancia de hasta 30 metros [100 pies] del control).
Los controles que se instalen en un gabinete montado sobre el suelo deberán ubicarse dejando espacio libre para poder abrir la puerta del gabinete. Este espacio permitirá también contar con suficiente circulación de aire para enfriamiento.
4. **Reducción de capacidad por altitud.** Hasta 1 000 metros (3 300 pies) no se requiere hacer reducción. A más de 1 000 metros, reduzca la corriente continua y pico de salida en un 2% por cada 305 m (1 000 pies).
5. **Temperature derating.** Reducción de capacidad por temperatura. Hasta 40°C no se requiere hacer reducción. A más de 40°C, reduzca la corriente continua y pico de salida en un 2% por cada °C. La máxima temperatura ambiente es de 55 °C.

4. EJEMPLOS

La aplicación es una faja transportadora que arranca totalmente cargada en una planta de procesadora de alimentos. Grandes container de productos son dejados caer sobre la faja cada 5 segundos. El motor usado es de 5 HP, trifásico, 4 polos, de 7 amperios a plena carga, diseño NEMA B operando con voltaje de alimentación de 460 VAC. El motor consume 5 A rms durante la operación y tiene 10 A rms pico. El usuario esta contento con la operación de la faja transportadora, pero desea reducir la velocidad debido a que el proceso siguiente no puede ser mantenido. La corriente durante el ciclo de arranque es 7 A rms. El rango de velocidad esperado es de 5 a 1.

PASO 1. Determine el perfil de carga de la máquina.

Respuesta: La aplicación es una faja transportadora el cual es una carga tipo fricción. Esta cae dentro del tipo de carga de torque constante.

PASO 2. Determine donde ocurre la máxima demanda de torque.

Respuesta: Típicamente, el torque máximo de la faja transportadora que arranca cargada es el punto "brek-away", pero viendo el ejemplo observamos que la corriente de arranque es menor que los picos momentáneos. Esto es indicativo de cargas tipo shock, que tienen que ser considerados para prevenir las sobrecargas en el variador y el recalentamiento en el motor.

PASO 3. Determine la amplitud aproximada, duración y frecuencia del máximo torque.

Respuesta: Cuando un variador es usado para alimentar a un motor AC trifásico, es aceptable decir que el torque del motor es aproximadamente igual a la corriente del motor. La corriente del motor durante la carga pico es 10 Amps rms. La corriente nominal de placa es 7 Amps rms, entonces se puede decir que la amplitud del torque es $10/7 \times 100\% = 143\%$ que el torque del motor a plena carga.

La duración del torque no es dato, pero podría ocurrir cada 5 segundos.

Resumiendo lo conseguido hasta el momento:

- Es una faja transportadora con perfil de carga de corriente constante.
- La demanda máxima de torque es 143% de plena carga, es decir aproximadamente $5 \times 3,0 \text{ lb-ft} \times 1,43 = 21,5 \text{ lb-ft}$ de torque. Este torque ocurre aproximadamente cada 5 segundos.

PASO 4. Asumiendo que el variador puede suministrar 150% de sobrecarga de corriente al motor, podemos calcular el máximo torque para un minuto y para torque continuo.

Respuesta: El torque de plena carga presente y disponible es de 15 lb-ft. El torque máximo por un minuto será aproximadamente 150% de 15 lb-ft, es decir 22,5 lb-ft.

PASO 5. Compare el torque máximo del motor cuando es operado por el variador (PASO 4) con el requerimiento de máximo torque en el PASO 3.

Respuesta: Para el torque estudiado observamos que el torque del motor excede los requerimientos de torque de la máquina. El tamaño mínimo de motor permitido es 5 HP.

PASO 6. Determine el rango de velocidad deseado.

Respuesta.- De la información aprovechable, se observa que el cliente desea un rango de velocidad de 5 a 1. La velocidad base es 1 800 RPM con un deslizamiento aproximado de 1 750 RPM a 60 Hz.

$$1750/5 = 350 \text{ RPM}$$

$$1750/60 = 29,17 \text{ RPM/Hz}$$

Por lo tanto

$$350/29,17 = 11,99 \text{ Hz}$$

Usando el motor existente se requiere una frecuencia de operación de 11,9 Hz para la velocidad mínima y 60 Hz para la velocidad máxima. El rango de velocidad para el motor será de 350 RPM a 1 750 RPM y el rango de frecuencia del variador será de 11,9 Hz a 60 Hz.

PASO 7. El ciclo de trabajo del sistema debe ser evaluado para determinar el tamaño del motor.

Respuesta: El ciclo de trabajo del motor no es estable. (El ciclo de trabajo se define como la relación del tiempo de trabajo al tiempo total para completar un ciclo). Debido al perfil de carga tipo shock en el proceso y las frecuentes ocurrencias, el fabricante del motor debería ser consultado.

PASO 8. Defina la fuente de alimentación.

Respuesta: Observando los datos, encontramos que el suministro es de 460VAC, 60 Hz. El tamaño de kVA y ruido de la línea no es suministrado.

PASO 9. El tamaño del motor se basa en el rango de velocidad requerido, el requerimiento de torque máximo y un factor de decaimiento dado por el fabricante del motor para las condiciones de alimentación desde el variador.

Respuesta: Debido al rango de velocidad solicitado y el perfil pulsante del proceso, un motor de 5 HP probablemente calentará. Según tabla de proveedores de motor se tiene que el inmediato superior en potencia es de 7,5 HP y puede suministrar aproximadamente 22,5 lb-ft de torque desde 10 a 60 Hz cuando es energizado por el variador apropiado.

PASO 10. Tamaño del variador.

Respuesta: Usando los amperios nominales del motor seleccionado y un factor por la forma de onda aplicada, generalmente 1,1 a 1,3; se calcula la corriente del motor a plena carga. Comparando el valor calculado con los valores estándar de variadores se encuentra la unidad deseada. El variador debe ser capaz de mantener constante V/f desde 10 Hz a 60 Hz con un mínimo de capacidad de sobrecarga de 110%. El variador debe ser alimentado con 469 VAC, 60Hz de entrada y tendrá una salida máxima de 460 VAC y 60 Hz.

5. RESUMEN

En la presente unidad presentamos información de los diversos criterios a tener en cuenta para efectuar una correcta instalación de los equipos variadores. En el caso de los variadores de velocidad de motor AC se concluye que la velocidad de conmutación de los transistores IGBT causan el fenómeno conocido como "Reflexión de Onda", el cual provoca que a los terminales del motor AC lleguen picos de voltaje igual al doble de su valor nominal, los que causan estragos en el aislamiento de aquellos motores no preparados para trabajar con variadores. Otro problema causado por el variador de velocidad de motor AC es provocar corrientes inducidas a los cables cercanos a ellos, esto debido a la alta frecuencia de trabajo de los transistores. Sobre los variadores de velocidad de motor DC, el principal problema que tienen es el cambio de factor de potencia en la línea provocado por el ángulo de disparo de los tiristores.

6. PREGUNTAS DE AUTOCOMPROBACIÓN

6.1. ¿QUÉ PROBLEMAS CAUSAN LOS IGBTS EN LOS MOTORES QUE ALIMENTAN?

- a) No causan ningún problema.
- b) Queman las bobinas de los motores por exceso de corriente.
- c) Queman las bobinas de los motores por exceso de voltaje.
- d) Provocan que el motor recaliente.
- e) N.A.

6.2. ¿PORQUÉ LOS VARIADORES PARA MOTOR DC NO CAUSAN PROBLEMAS COMO LOS IGBTS'.

- a) Porque trabajan a baja frecuencia.
- b) Porque sólo se usan diodos en su etapa de potencia.
- c) Porque tienen condensadores que filtran el ruido.
- d) Porque sólo trabajan con motores de poca potencia.
- e) N.A.

6.3. ¿POR QUÉ SE DESGASTAN LOS CARBONES DEL MOTOR DC?

- a) Por mal mantenimiento.
- b) Por erosión.
- c) Por fricción.
- d) Por erosión y fricción.
- e) N.A.

6.4. ¿EL TORQUE DE UN MOTOR AC SE MANTIENE CONSTANTE A VELOCIDADES MAYORES QUE SU NOMINAL?

- a) Sí.
- b) No, aumenta el torque cuando aumenta la velocidad.
- c) No, disminuye el torque cuando aumenta la velocidad.
- d) No se sabe; faltan más datos.
- e) N.A.

6.5. ¿PORQUÉ TIENEN UNA DISTANCIA LIMITADA EL VARIADOR Y SU MOTOR?

- a) Porque las ondas no llegarían al motor.
- b) Porque las ondas se reflejarían hacia el variador con voltajes peligrosos.
- c) Porque el motor vibraría demasiado.
- d) Porque el motor recibiría ondas reflejadas con voltajes elevados.
- e) N.A.

7. RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE AUTOCOMPROBACIÓN

Respuesta 6.1: (c)

Respuesta 6.2: (a)

Respuesta 6.3: (d)

Respuesta 6.4: (c)

Respuesta 6.5: (d)

FIN DE LA UNIDAD

