

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

**“SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA A PRESION
CONSTANTE MEDIANTE LA APLICACION DE
VARIADORES DE VELOCIDAD”**

FREDDY HERNAN PADILLA NARVAEZ

**TESIS PREVIA LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA**

QUITO, ABRIL 2000

Certifico que el presente trabajo ha sido
elaborado en su totalidad por el señor
Freddy Hernán Padilla Naryáez



ING. JORGE MOLINA M.

Director de Tesis

DEDICATORIA

A Dios

A mis Padres y hermanos

A mi esposa Mirian

A mis hijas Nickole y Daniela

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi gratitud a las siguientes personas que me ayudaron con sus conocimientos y experiencia para la realización de esta tesis:

Ing. Jorge Molina, dirigente de tesis, por su dedicación y apoyo brindados para la elaboración del presente trabajo.

Ing. Luis Toscano, H. Consejo Provincial de Pichincha y al Ing. Juan Jauregui de Columbec Ecuador, cuyo importante auspicio me permitió culminar mi tesis de grado.

A todos y cada uno de ellos mi agradecimiento más sincero.

CONTENIDO

- i INTRODUCCION
- ii OBJETIVOS Y ALCANCE

CAPITULO I VARIADORES DE FRECUENCIA

- 1.1 Generalidades
- 1.2 Variadores de frecuencia
- 1.3 Características del variador de frecuencia Mitsubishi
 - 1.3.1 Entradas y salidas del variador Mitsubishi
 - 1.3.2 Parámetros de programación
 - 1.3.3 Características técnicas para la selección de un variador de frecuencia.

CAPITULO II CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES

- 2.1 Automatización industrial
- 2.2 Controlador lógico programable (PLC)
 - 2.2.1 Definición
 - 2.2.2 Características
 - 2.2.3 Componentes de un controlador lógico programable
 - 2.2.4 Lenguaje de programación
 - 2.2.4.1 Instrucciones básicas de programación para el PLC Mitsubishi FX
 - 2.2.5 Principio de funcionamiento de un controlador programable
 - 2.2.6 Especificaciones técnicas para la selección de un PLC
 - 2.2.7 Ventajas del uso de PLCs.

2.2.8 CAPITULO III SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA

- 3.1 Bombas de agua
- 3.2 Bombas centrífugas y parámetros hidráulicos
- 3.3 Control de presión en sistemas de distribución de agua
- 3.3.1 Sistema por tanque elevado (control por detectores de nivel)
- 3.3.2 Sistema por tanque hidroneumático (control por presostato)
- 3.3.3 Sistema de unidad motriz de velocidad ajustable
- 3.4 Selección del control del sistema de bombeo (sensores de presión o detectores de nivel)

CAPITULO IV EJEMPLO DE APLICACION DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA MEDIANTE VARIADOR DE VELOCIDAD Y PLC.

- 4.1 Descripción del sistema de bombeo de agua para las cooperativas del nor-occidente de Santo Domingo de los Colorados.
 - 4.1.1 Antecedentes
 - 4.1.2 Origen de las fuentes de suministro
- 4.2 Parámetros de diseño. Condiciones de operación.
- 4.3 Sistema de control y regulación.
 - 4.3.1 Funcionamiento del sistema
 - 4.3.2 Diseño del sistema
 - 4.3.3 Programación del variador de velocidad
 - 4.3.3.1 Funcionamiento del variador de velocidad
 - 4.3.3.2 Ajuste de rangos y parámetros de funcionamiento

- 4.3.4 Programación del P.L.C.
- 4.3.5 Calibración de sensores de presión y caudal.
- 4.4 Esquemas eléctricos de control y fuerza.
- 4.5 Análisis costo - beneficio.

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

INTRODUCCION

Cada día en la industria o en las aplicaciones más comunes, los sistemas tradicionales están siendo remplazados o sustituidos por los controladores lógicos programables, obteniéndose una optimización en el proceso y un mejor aprovechamiento de los recursos. Si a estos controladores se añaden variadores de frecuencia, se puede satisfacer una de las preocupaciones más comunes en el campo industrial; que es el control de la velocidad de los motores eléctricos, manteniendo características de torque requeridos.

El siguiente trabajo de tesis empleará las bondades de estos equipos y su combinación serán aprovechadas en un sistema de bombeo de agua potable. El control por velocidad variable proporciona los medios más eficientes y rentables para regular el caudal de agua, ahorrando energía y costos; reservando de esta forma, capital para realizar mejoras en el sistema.

Las ventajas del control de un motor por variadores de frecuencia aplicados a un sistema de bombeo son numerosas; entre las que se pueden mencionar:

- * Alto rendimiento de bombeo, las bombas funcionan únicamente a las necesidades del usuario y lógicamente a un consumo de potencia variable, lo que no sucede en bombas de velocidad constante.
- * Arranque suave, evitando picos de presión que forzan las tuberías de suministro de agua; reduciendo así el riesgo de rotura de las tuberías y cortes en el suministro. Una parada gradual mediante rampa de descenso controlada, en lugar de una detención abrupta, evita también golpes de ariete igualmente perjudiciales. Así mismo se reducen significativamente los desgastes en los rodamientos y cuerpos de las bombas.
- * Alto factor de potencia, que contribuye a reducir el costo de la energía eléctrica, disminuyendo las tarifas extras pagadas por consumo de electricidad con un factor de potencia bajo.
- * Eliminación de los picos de alta intensidad de arranque, lo que hace innecesarios los cables eléctricos sobredimensionados, reduce otros costos de instalación y evita perturbaciones en el suministro eléctrico que podrían perjudicar a otros consumidores.

* construcción modular, diseñada para un montaje fácil en un panel de mandos.

La tesis en su capítulo I y II, describe a los variadores de frecuencia y a los PLCs en forma general, pero deteniéndose principalmente en los parámetros más importantes que llevan al objetivo y alcance de este trabajo.

En el capítulo III se realiza una descripción de los sistemas de bombeo y sus alternativas de control y regulación, realizando un análisis en el remplazo de los sistemas por detectores de nivel, a un sistema por variadores de frecuencia; se describen además los sensores de presión y caudal más aconsejables a aplicarse.

En el capítulo IV se realiza el estudio de un proyecto realizado en el Municipio de Santo Domingo, que considera aspectos técnicos y un análisis de costo - beneficio; siendo este de gran interés para proyectos futuros en la toma de decisiones . Se realiza el diseño del sistema, la programación del variador de frecuencia y del PLC; y los esquemas eléctricos de control y fuerza.

OBJETIVOS Y ALCANCE

OBJETIVO: Analizar las diferentes alternativas de control y regulación para un sistema de bombeo de agua.

Diseñar un sistema conformado de bombas con regulación automática de la presión, mediante la utilización de variadores de velocidad y PLCs.

ALCANCE : Realizar un breve análisis de los tradicionales sistemas de control y regulación utilizados en sistemas de bombeo de agua.

Análisis técnico entre sistemas con detectores de nivel y por variadores de velocidad.

Diseñar el sistema de control y regulación automática mediante la utilización de variadores de velocidad y PLCs

Análisis de costo - beneficio.

Esquemas eléctricos del sistema de agua potable para
el Municipio de Santo Domingo en la ciudadela Che
Guevara.

CAPITULO I

VARIADORES DE FRECUENCIA

1. VARIADORES DE FRECUENCIA

1.1 GENERALIDADES.

En muchas aplicaciones industriales o de la vida cotidiana la variación de la velocidad en los motores es un factor importante en los resultados obtenidos. La velocidad de los motores puede ser controlada por la variación apropiada de las entradas eléctricas.

Para los fines de este trabajo nos interesa los motores AC y los inversores correspondientes que van a realizar la variación de la velocidad..

Los motores sincrónicos obtienen su nombre del hecho de que su velocidad angular es constante y se llama velocidad angular sincrónica. La velocidad angular de los motores asíncronos es variable y menor que la velocidad sincrónica.

Independientemente de su clasificación estos motores se encuentran estructuralmente constituidos del rotor y estator.

El estator esta hecho de láminas circulares con ranuras a lo largo de toda su periferia interior. Los lados de las bobinas se localizan en estas ranuras.

El rotor de un motor puede ser bobinado y tipo jaula de ardilla; siendo este último el más utilizado por sus características mecánicas.

El rotor de jaula de ardilla consiste de barras conductoras colocadas en ranuras y distribuidas a lo largo de la periferia del rotor; y cuyos extremos se cortocircuitan por medio de anillos metálicos terminales.

Los motores trifásicos de inducción asincrónicos de rotor de jaula de ardilla, son aquellos que interesan para este estudio, puesto que constituyen el mayor porcentaje del parque motorizado industrial y la mayor parte de inversores son trifásicos.

Formas de controlar la velocidad de un motor

Algunas de las formas que existen para controlar la velocidad de un motor de inducción con rotor de jaula de ardilla se mencionan a continuación:

A) Mecánicas.

- Motorreductores: variación de la velocidad por sistemas de engranajes.
- Sistemas de clutch: por medio de embrajes.
- Sistemas de poleas, etc

B) Eléctricas.

- Variación del número de polos
- Variación de la amplitud del voltaje de entrada.
- Inversores o variadores de frecuencia.

Y que responden a las siguientes relaciones:

$$S = (N_s - N_m) / N_s$$

$$N_m = (120f / P) * (1 - S)$$

Donde:

N_s = Velocidad del campo magnético giratorio.

N_m = Velocidad mecánica del rotor.

S = Deslizamiento.

P = número de polos

La variación de los polos requiere motores especiales, proyectados para cambiar los polos por medio de conexiones, en las que los devanados se conectan en serie o en paralelo. Se dispone de motores de inducción de 2 y 4 velocidades commutables, pero estas propiedades de cambio de velocidad están limitadas a los motores de inducción polifásicos mas pequeños.

Con el método de la reducción del voltaje aplicado, se debe tener en cuenta la siguiente ecuación: $T_{max} = KV_p^2 / 2(SbXlr)^2$

Donde:

T_{max} = par máximo

S_b = deslizamiento

V_p = voltaje aplicado

De acuerdo a esta ecuación se puede observar que la reducción del voltaje aplicado al estator, reduce el par máximo y el nominal en forma cuadrática. Aunque este método es aplicado a los motores de inducción monofásicos, no es aplicable a los motores polifásicos por dos razones:

- 1) El voltaje aplicado debe reducirse considerablemente a fin de producir una significativa reducción de la velocidad. Esto determina por un lado, una ostensible reducción del par; y por otro, que la regulación de velocidad del motor sea muy deficiente e incluso algo inestable con las variaciones de carga.
- 2) Las corrientes del rotor y el estator del motor en operación, aumentan al disminuir el voltaje, para efectos de mantener el par requerido por la carga.

Los inversores o variadores de frecuencia constituyen el método más útil y eficiente de variar la velocidad de un motor trifásico de inducción, ya que involucra la variación de la frecuencia y del voltaje aplicado al estator. La variación de estos parámetros en forma simultánea hace que este método sea aplicado en cualquier tipo de motor.

1.2 VARIADORES DE FRECUENCIA

Estructura

Un variador de frecuencia está constituido por dos bloques principales, un rectificador de diodos y un inversor; y al ser este último bloque el que realiza la variación de frecuencia, se suelen denominar inversores a los variadores de frecuencia.

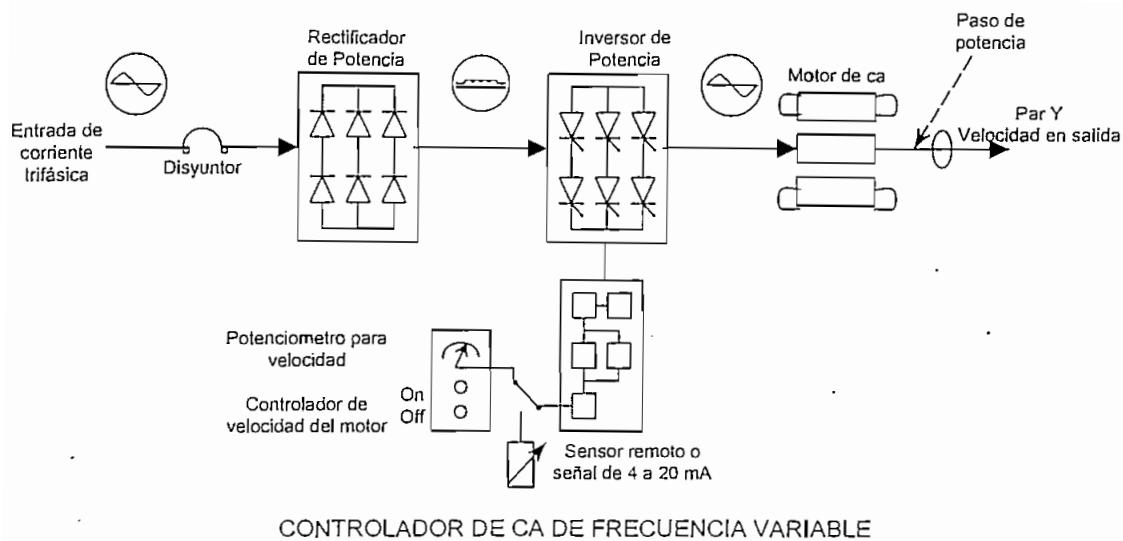
Un variador de frecuencia recibe a su entrada una señal de CA, la convierte a una señal de CC y la convierte de nuevo a una señal de CA. En principio, los variadores de frecuencia se construían únicamente en base a SCRs de alta potencia que eran disparados por circuitos transistorizados. En el caso de los inversores de tres fases existían tres pares de SCRs que se encargaban, por medio de circuitos resonantes LC, de proveer la señal alterna con el defasamiento correcto entre cada fase.

Con la utilización de los SCRs existía un inconveniente, la señal de salida del inversor tenía muy poco parecido respecto a la señal senoidal de entrada, siendo más bien una senoide formada en base a pulsos de ondas cuadradas. Esto provocaba en el motor gran cantidad de ruido y vibración; aunque con sistemas eficientes de filtrado era posible llegar a tener una señal que se aproximaba a una senoide.

En la actualidad los inversores utilizan el mismo principio, con la diferencia de que éstos no trabajan mediante SCRs, sino que a la salida tienen amplificadores de alta ganancia en corriente y baja impedancia de salida (Darlington) .

Los inversores actuales basan su funcionamiento en un sistema de modulación de ancho de pulso (PWM) , mediante el cual se consigue a la salida una senoide bastante definida, sin necesidad de ningún tipo extra de filtros ni circuitos de defasamiento. Esto redunda en disminución de costos y en aumento de eficiencia.

En la figura # 1 y mediante un diagrama de bloques, se muestra la estructura de un variador de frecuencia.



CONTROLADOR DE CA DE FRECUENCIA VARIABLE

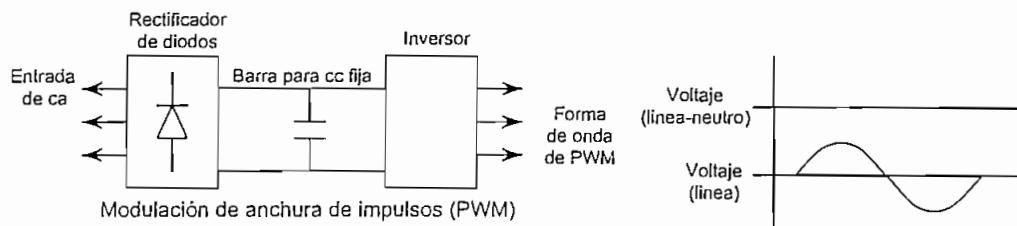


Figura 1. Diagrama de bloques de un variador de frecuencia

Principio de operación

Los componentes básicos del variador de frecuencia son: el conversor de corriente, el inversor de corriente, el regulador y la sección de referencia (Fig. 1). El conversor de corriente convierte la CA de la línea en CC. El inversor de corriente invierte la CC a CA de voltaje y frecuencia variables. El regulador controla las funciones y respuestas del conversor y el inversor. La sección de referencia es un

potenciómetro e interruptor que envían al variador señales para encender y apagar, y para indicar cual es la velocidad requerida.

Cuando la señal de entrada llega al variador se rectifica cada fase por medio de un puente individual. A continuación, se filtra por medio de capacitores de muy alto valor, con lo que se establece un BUS de corriente directa que va a servir para polarizar al amplificador de salida. Este amplificador es de alta eficiencia, la señal que este amplificador recibe es proveniente del microprocesador y se amplificará a un valor de corriente suficientemente grande de tal manera que pueda manejar al motor.

Cada una de las operaciones del variador de frecuencia es controlada por medio de un microprocesador. Por ejemplo, la corriente de salida se detecta y si ésta rebasa un valor establecido en el microprocesador, éste manda a cortar el suministro y activa simultáneamente una alarma. En el caso del voltaje, éste se monitorea constantemente y si el voltaje en el BUS rebasa un valor ya establecido, se activa el transistor de la unidad de frenado. Estas son unas de las múltiples características que se encontrarán detalladas más adelante.

1.3 CARACTERISTICAS DEL VARIADOR DE FRECUENCIA MITSUBISHI

Los variadores de frecuencia Mitsubishi tanto de la serie Z, A, FR-A tienen características de operación de muy alto nivel, con la ventaja adicional de su sencillez de operación y de su amplia gama de funciones.

Tienen la capacidad de monitorear la velocidad (Hertz, RPM, etc.), corriente y voltaje, que se entregan al motor. Esto se puede realizar por medio de la unidad de parámetros UP (ver anexo 1). Otra operación de importancia que se puede realizar con la UP es el despliegue de alarmas, la cual anuncia la falla y de qué tipo fue ésta.

El rango de frecuencia a la que los variadores operan está entre 0.01Hz a 400 Hz. Sin embargo, para operar un motor a muy altas o muy bajas velocidades, es necesario tomar en cuenta las características del mismo, ya que operar un motor en condiciones extremas pueden provocarle daños y en algunas ocasiones incluso destruirlo definitivamente.

El variador de frecuencia Mitsubishi puede operar por medio de la unidad de parámetros o bien por medio de señales de control externas.

Estas señales pueden provenir de alguna botonera externa, de un PLC , de una computadora, etc. Una de las operaciones externas de gran utilidad es el manejo de la velocidad por medio de un potenciómetro o por medio de señales analógicas provenientes de diferentes sensores.

Cuando se mueven cargas de alta inercia, ésta puede llegar a arrastrar al motor, en cuyo caso el motor se va a comportar como un generador ocasionando que el BUS de corriente directa del inversor incremente su valor. Este valor extra de voltaje se atenúa por medio de las resistencias de frenado dinámico.

1.3.1 Entradas y Salidas del variador Mitsubishi

La identificación de entradas y salidas es un punto básico para evitar graves daños en el inversor debido a una mala conexión. Entre los terminales de entrada y salida hay que distinguir dos tipos de circuitos, el circuito de potencia y el de control.

Círculo de Potencia

Este circuito es el encargado de manejar los grandes valores de potencia que el variador de frecuencia requiere. El bloque de terminales de

potencia se distinguen de los de control por ser más robustos y por poseer tres terminales de entrada y tres de salida. Se debe tener extremo cuidado en la conexión de la alimentación, ya que al conectarla por el lado de las salidas puede resultar extremadamente dañino.

Por lo general los terminales se encuentran distribuidos como se indica en el diagrama de la figura N° 2:

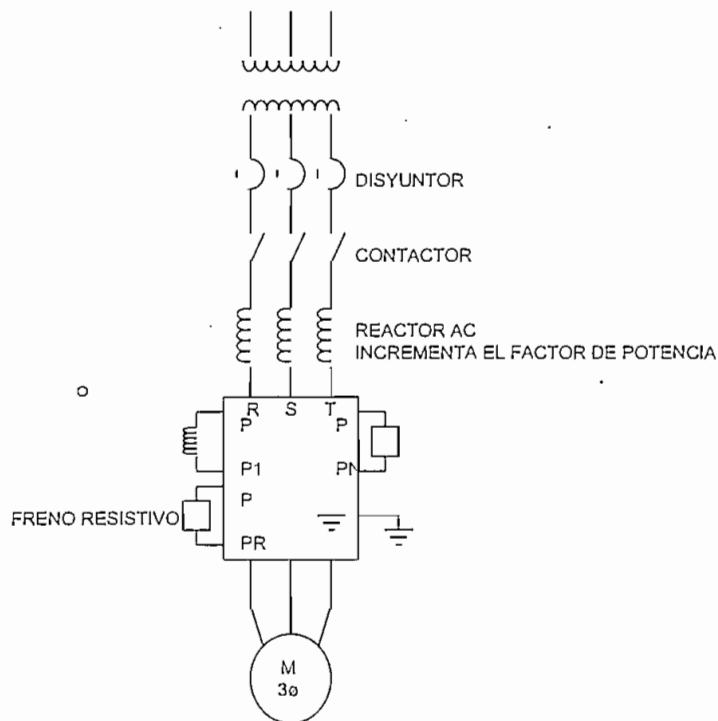


Figura 2 Circuito de potencia

R, S y T son los terminales de la fuente de alimentación, se encuentran generalmente en la parte izquierda del bloque de terminales.

R1 y S1 son terminales de entrada que se usan para alimentar en forma independiente el circuito de control, esto ayuda en el momento que se necesite respaldo para activar alguna alarma.

P y PR se utilizan para conectar la resistencia de frenado regenerativo con el inversor.

Esta nomenclatura ha sido tomada de los variadores de frecuencia Mitsubishi.

Circuito de Control

El circuito de control es la parte del variador que controla todas las funciones que este puede realizar, se encarga además de recibir y de enviar todas las señales de control que el variador puede manejar. Este circuito no es tan crítico en lo que errores a conexión se refiere, pero, si es fundamental para la operación correcta del variador

Los terminales más comunes del circuito de control se muestran a continuación:

(ver figura # 3)

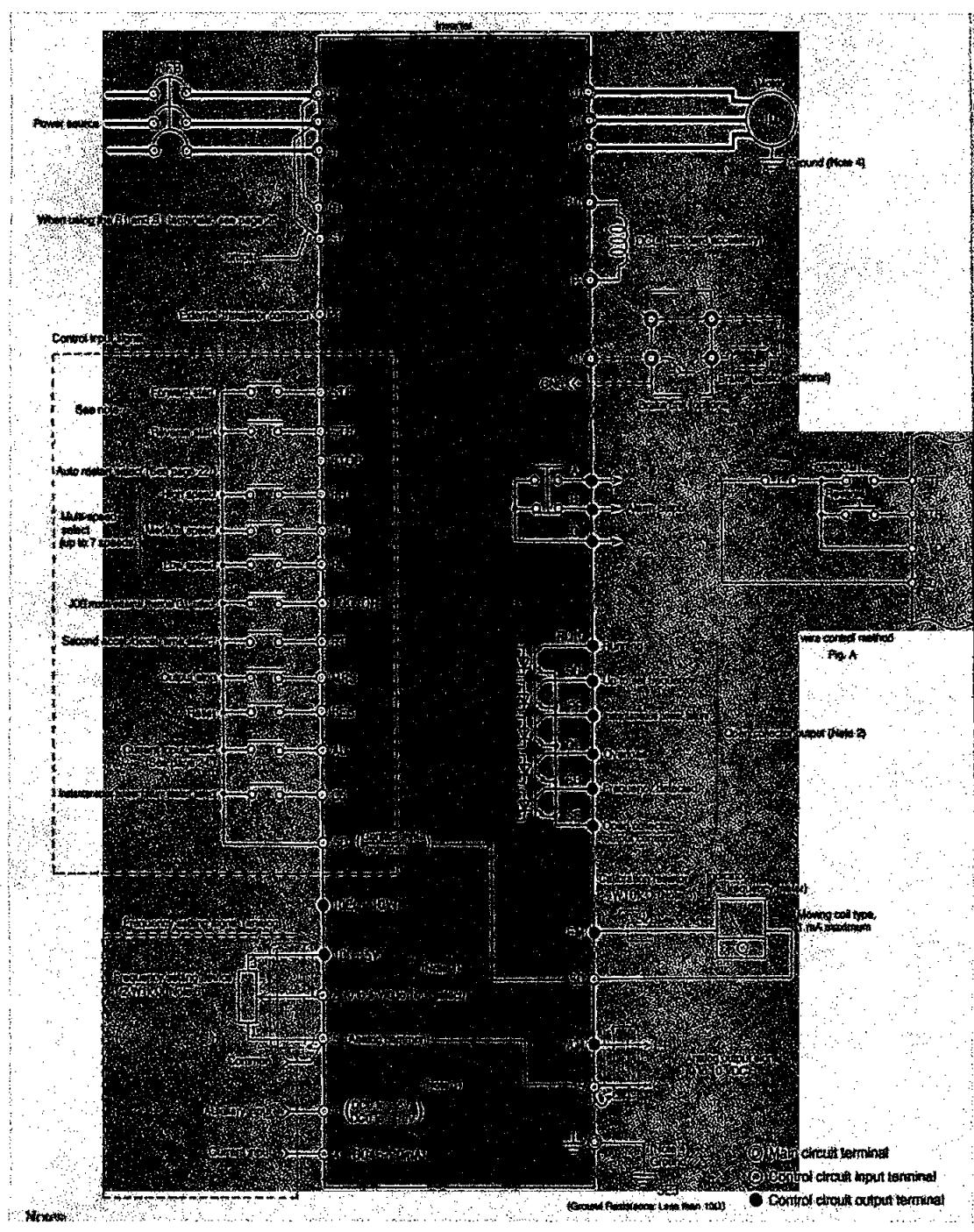


Figura 3. Diagrama de conexión

Los terminales de entrada son los encargados de recibir las señales de control provenientes de los dispositivos externos, como los que se nombraron anteriormente. Los terminales de salida se usan para manejar algún dispositivo de señalización o de control.

La función que cada terminal tiene se describe a continuación, aunque algunas de éstas se verán más claramente cuando se hable de las funciones y de los parámetros.

- STF: Manteniendo conectadas STF y SD el motor corre hacia adelante, para detenerlo hay que romper el contacto entre ambos terminales.
- STR: Conectando los terminales STR y SD se logra que el motor corra en reversa, para detenerlo hay que romper el contacto entre ambos terminales.
- STOP: Conectando un contacto N.C. (pulsador de parada) entre los terminales STOP y SD se puede tener un control por pulsadores de STF y STR.
- RH, RM, RL: Estos terminales se usan para seleccionar siete diferentes velocidades que son programadas desde la unidad de parámetros.

- JOG/OH: Con este terminal conectado con SD se puede realizar operaciones de arranque pausado con valores de frecuencia previamente colocados en la unidad de parámetros, es activado con STF y STR. Este terminal también puede ser usado para parar el inversor mediante la señal de entrada de un contacto de un relé térmico externo.
- RT: Manteniendo conectados este terminal y SD se puede conseguir un segundo tiempo de aceleración y desaceleración que ha sido previamente programado desde la unidad de parámetros.
- MRS: Mediante la conexión de los terminales MRS y SD se logra que el inversor corte la señal de salida del motor por medio de una señal proveniente de algún dispositivo externo, por ejemplo un freno magnético.
- RES: Conectando RES y SD se restablece el inversor. Por ejemplo después de activarse alguna alarma.
- SD: Terminal de conexión común.
- 10: El terminal 10 es terminal positivo de una fuente de 10VDC o de 5VDC, configurable mediante un conector interno, Se usa para controlar la velocidad por medio de un potenciómetro.

- 2 : En este terminal se conecta el voltaje de referencia para control de la velocidad, es decir se conecta el cursor del potenciómetro.
- 5 : Este terminal es el común de las señales de variación de frecuencia.
- 1K: Con este terminal se consigue un control de velocidad por medio de variación de un voltaje de entrada (0 a 10 o -10 VDC).
- 1E: Tiene similar función a la del terminal anterior, pero con diferente señal de referencia (0 a 5 o -5 VDC)
- 4 : Este terminal tiene la misma función que las dos anteriores, pero toma como referencia señales de corriente (4 a 20mA).
- A, B, C: Con estos terminales se puede activar algún tipo de dispositivo externo que alerte que la salida del inversor ha sido cortada.
- RUN: Con este terminal, al igual que el anterior, es posible controlar algún dispositivo de señalización. La salida es de colector abierto y cierra cuando el inversor opera a la frecuencia de arranque o arriba de ésta.
- SU: Mediante este terminal es posible indicar que el inversor se encuentra operando a la frecuencia máxima programada.

- OL: Usando este terminal como dispositivo de salida, es posible indicar cuando el motor sobrepasa el límite de corriente.
- IPF: Se activa cuando una falla de alimentación ocurre.
- FU: Este terminal se activa cuando la frecuencia de salida sobrepasa el límite fijado por el usuario. Salida de colector abierto.
- SE: Terminal común para salidas de colector abierto.
- FM: En este terminal es posible conectar un contador externo de pulsos o un frecuencímetro con el fin de tener un dispositivo de medición externo.

1.3.2 Parámetros de programación

De acuerdo a la aplicación varios son los parámetros necesarios que se deben fijar para su mejor funcionamiento. A continuación se hace una descripción de los parámetros más importantes que deben ser mencionados y ajustados para la correcta aplicación del variador de frecuencia. (Ver Anexo I Parámetros de programación de variador de frecuencia Mitsubishi FRA).

Ajuste del torque

Los variadores de frecuencia tienen su característica de variar la frecuencia y el voltaje de salida, obteniendo como resultado un torque constante al variar su velocidad. Además de esta característica, el voltaje de salida puede ser ajustado desde su arranque, originando varias curvas de torque de acuerdo a las diferentes aplicaciones.

Este parámetro es de gran importancia en el ahorro de energía, ya que su ajuste adecuado, que está directamente relacionado al nivel de voltaje requerido a los diferentes valores de frecuencia y velocidad, logre disminuir considerablemente el consumo de energía y consecuentemente el pago de tarifas eléctricas.

Adicionalmente el voltaje de salida del inversor puede ser ajustado, originando varias curvas de torque, de acuerdo a los requerimientos de la carga.

El voltaje de salida en la mayoría de inversores puede variar hasta un 30% del voltaje total de salida, esto es aprovechado en el rango de bajas frecuencias, ya que todas estas curvas convergen a la frecuencia base como se indica en la figura # 4

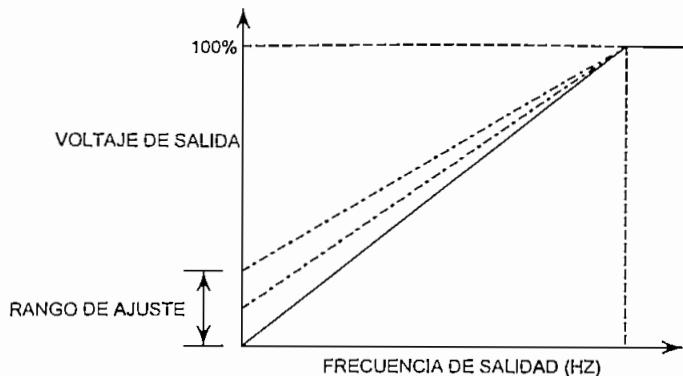


Figura 4 Ajuste de torque

Ajuste del límite de frecuencia mínima y máxima

Sin embargo de que la mayor parte de inversores permiten trabajar en frecuencias de hasta 400 Hz , la mayoría de motores utilizados a nivel industrial, trabajan entre frecuencias nominales de 50 y 60 Hz ; siendo necesario la fijación de frecuencias límites de utilización, para proteger de esta manera al motor y carga acoplada. En otros casos el ajuste de estos límites es muy importante cuando el proceso en el que va a ser utilizado no debe sobrepasar ciertos límites de velocidad , principalmente en aquellos que se reemplazan a motorreductores o que involucran partes mecánicas.

En la figura # 5 se puede observar como los límites de frecuencia son colocados, y pueden ser fijados mediante señales de voltaje y corriente.

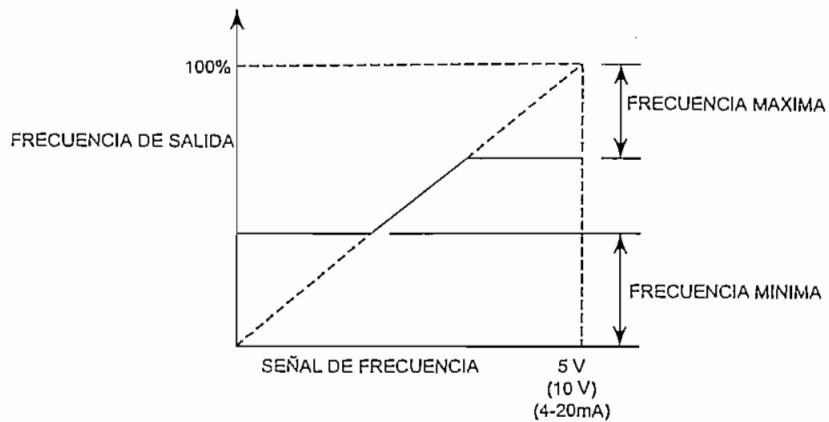


Figura 5. Ajuste de limite de frecuencia mínima y máxima

Este parámetro debe ser fijado antes de realizar cualquier aplicación .

Ajuste del voltaje y frecuencia bases

De acuerdo a la placa del motor se debe tomar los datos de frecuencia y voltaje. Con esto se formará la rampa de voltaje / frecuencia [Volts / Hz] para un correcto funcionamiento. Un incorrecto seteo de estos parámetros puede llevar a calentamientos excesivos y sobrevoltajes en el motor.

En la figura # 6 se puede ver como la fijación de estos parámetros influye en el funcionamiento del motor:

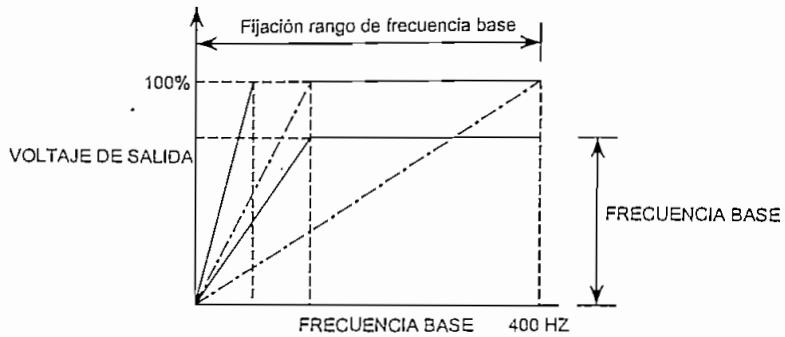


Figura 6 Ajuste de voltaje y frecuencia bases

Los datos de placa del motor se asumen como óptimos en el funcionamiento del mismo. En la curva anterior podemos fijarnos que si colocamos el valor de frecuencia base en un valor menor, podríamos provocar un sobre calentamiento del motor, ya que el motor funcionaría a revoluciones bajas con el índice de voltaje mayor en cada punto de funcionamiento sin una adecuada ventilación; para el caso contrario, si colocamos una frecuencia base demasiado grande, se obtendrá un torque demasiado pequeño lo que origina muchas complicaciones y confusiones en el momento de calibrar el inversor.

Ajuste de rampas de aceleración y desaceleración

El tiempo con el que un motor llega desde el reposo a su velocidad máxima previamente fijada, o viceversa, es de gran utilidad y de suma importancia en varias aplicaciones industriales.

Los tiempos de aceleración y desaceleración son independientes uno del otro, pero las diferentes curvas como es la tipo lineal, parabólica y S son similares , cada una de ellas son usadas de acuerdo a la aplicación o tipo de motor que se disponga. En las figuras # 7, 8 y 9 se puede observar las características de frecuencia vs tiempo para el arranque y el paro

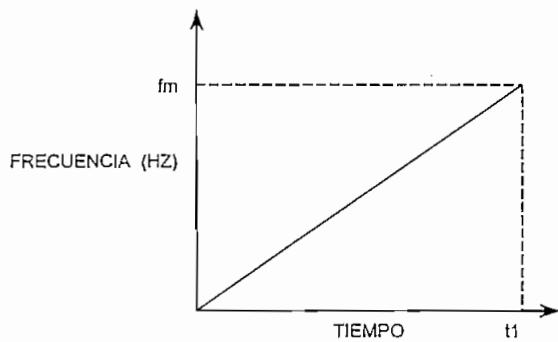


Figura # 7

Tipo: LINEAL (aceleración y desaceleración)

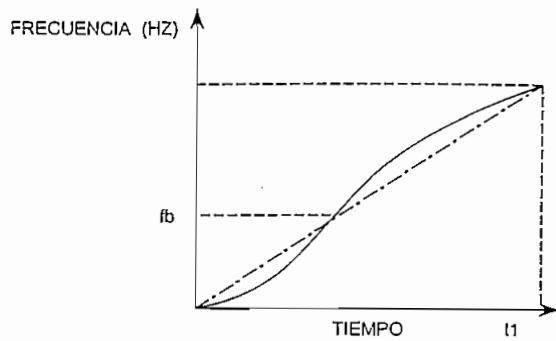


FIGURA # 8

Tipo: S - A (aceleración y desaceleración)

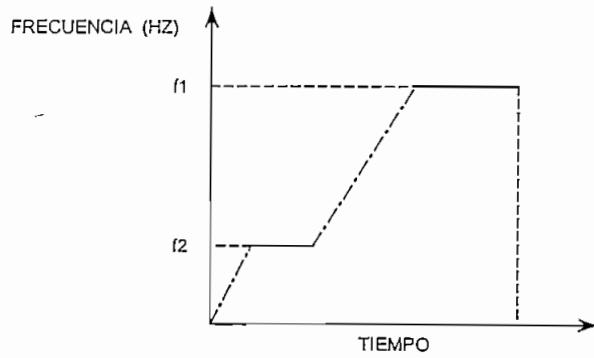


FIGURA # 9

Tipo: S - B (aceleración y desaceleración)

Los valores de tiempo de aceleración y desaceleración en la mayoría de inversores van desde 0.1 seg. hasta 3600 seg. Se debe tener mucho cuidado el momento que se ajuste estos valores, ya que un arranque o una parada demasiada brusca puede provocar daños irreversibles en el motor o en la carga debido a la inercia que involucra.

Ajuste del freno DC interno

El freno de corriente directa aplicado directamente al estator del motor, tiene tres parámetros que fijan su uso, la frecuencia, el tiempo de duración y el voltaje DC que se va aplicar.

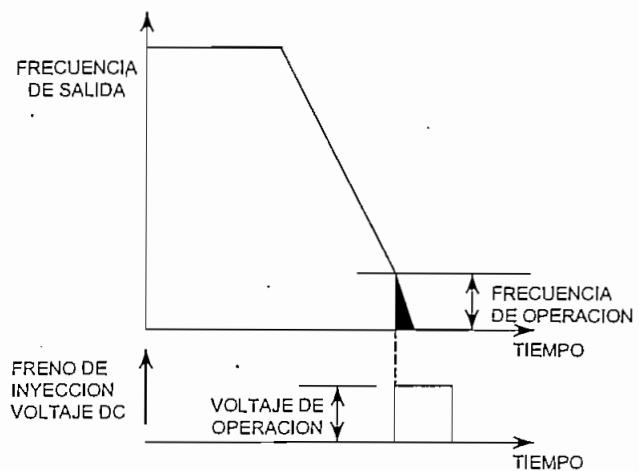


Figura # 10

El momento que se ordena la parada del motor, en el descenso de la curva va a llegar a la frecuencia fijada en la unidad de parámetros, este instante el voltaje DC es aplicado durante cierto tiempo (0.1 - 10 seg). El voltaje DC es directamente aplicado al estator del motor, el mismo que es un porcentaje del voltaje nominal de entrada (0 - 30 % Vn).

Ajuste del valor térmico electrónico

El valor de corriente fijado es usado como el valor de protección del motor a un sobrecalentamiento. Generalmente este parámetro es fijado a la corriente nominal del motor. Este parámetro puede también ser reducido cuando se utilice en bajas velocidades.

Selección del modo de operación

El modo de operación de un inversor puede ser realizado por señales externas o por la unidad de parámetros.

La determinación de los diferentes modos de operación son esenciales en la aplicación, estos pueden ser:

- Operación únicamente con la unidad de parámetros
- Operación únicamente con señales externas
- Fijación de la frecuencia: unidad de parámetros
Señal de arranque: entrada por señales externas.
- Operación de la frecuencia: señales externas
Señal de arranque: unidad de parámetros.

Ajuste de la señal de frecuencia “GAIN” y “BIAS”

Se puede fijar los niveles de salida de frecuencia con valores de entrada de voltaje o de corriente (0 a 5 VDC, o 0 a 10 VDC, o 4 a 20 mA)

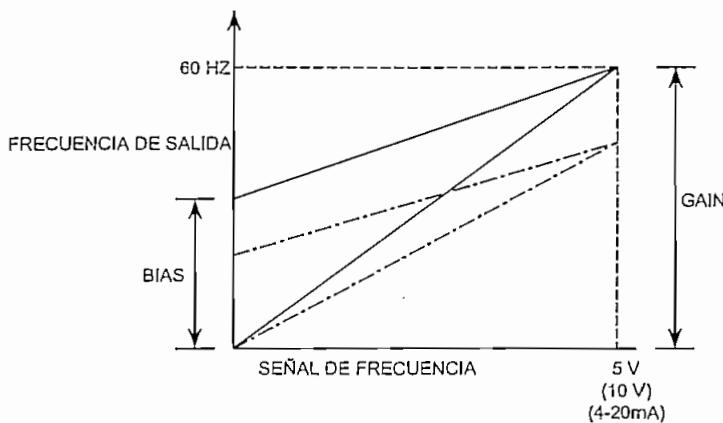


Figura 11. Señal de frecuencia GAIN y BIAS

1.3.3 CARACTERISTICAS TECNICAS PARA LA SELECCION DE UN VARIADOR DE FRECUENCIA.

En la selección de un variador de frecuencia se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipo de inversor:
 - Monofásico
 - Trifásico

Aunque la mayoría de las aplicaciones se realiza en motores trifásicos, también existen modelos de variadores de frecuencia para motores monofásicos, pero en potencias menores .

- Potencia del inversor :

De acuerdo al motor o motores que se encuentren conectados al variador de frecuencia, éste debe ser de la capacidad de los mismos. Un variador con menor capacidad que el motor que va a manejar, simplemente no arrancará y si arranca inmediatamente se activara su relé electrónico de sobrecorriente. La gran ventaja de los variadores es que vienen protegidos para cualquier percance de sobrecorriente o sobrecarga tanto para el inversor como para el motor. En variadores trifásicos las potencias van desde 1/2 HP hasta 400 HP.

- Entradas y salidas:

Las entradas y salidas de potencia son idénticas en todos los variadores, pero las E/S de control son las que establecen la diferencia. Un variador que disponga de E/S de alarmas, multivelocidades, fijación de frecuencia por entradas analógicas de voltaje o corriente, es un índice de funcionalidad de un inversor a ser utilizado.

- Parámetros de programación:

Muchos de los fabricantes prefieren realizar los variadores con parámetros básicos, como es la rampa de aceleración, desaceleración y no se preocupan por ejemplo de límites de frecuencia, diferentes tipos de arranque, variación de torque, etc.

A pesar que en la mayoría de las aplicaciones los parámetros utilizados en un variador de alta calidad no sobrepasa el 40% de ellos, ésto no implica que se encuentren sobredimensionados, porque en cualquier momento la aplicación varía o el variador es desplazado a otro uso. Esto permite que en cualquier momento los parámetros utilizados sean diferentes y de cambio imprevisto.

- Otras consideraciones importantes para la selección son:

- El tamaño
- El costo del variador de frecuencia
- Gastos de instalación
- Rapidez de programación de parámetros.

CAPITULO II

CONTROLADORES

LOGICOS PROGRAMABLES

2. CONTROLADORES LOGICOS

PROGRAMABLES.

2.1 AUTOMATIZACION INDUSTRIAL.

En el desarrollo tecnológico actual, existen dos conceptos fundamentales en base a los cuales gira toda la técnica de producción, estos son **CONFIABILIDAD Y EFICIENCIA**. En la medida en que un proceso de producción sea confiable y eficiente, se garantiza el éxito en cumplir las denominadas metas de producción rentable.

En un sistema la confiabilidad es evaluada básicamente en el periodo de tiempo que transcurre entre dos funcionamientos fuera del régimen normal del trabajo; y por la respuesta adecuada del sistema ante perturbaciones a su modo de funcionamiento normal, esto es, por su capacidad de autoadaptación para mantener los parámetros prefijados.

Un sistema que ocupe un mínimo de componentes y que su funcionamiento sea óptimo, se lo puede considerar eficiente.

La automatización industrial persigue conseguir sistemas de producción con alto grado de confiabilidad y elevados niveles de eficiencia, y para conseguir este fin se basa en los siguientes criterios:

- 1.- Cuando un sistema tenga más componentes interconectados, las posibilidades de falla son mayores.
- 2.- Cada uno de los componentes de un sistema tiene características propias, lo que significa que el comportamiento anormal de uno de ellos afecta significativamente al comportamiento dinámico de todo el sistema.
- 3.- La simplicidad y rápida readaptación de un sistema a perturbaciones presentadas, se refleja en la eficiencia de la producción.

Bajo la óptica de estos tres criterios fundamentales, nace la idea de la automatización industrial con el propósito de:

- Minimizar el numero de fallas de un sistema.
- Minimizar el número de componentes interconectados de un sistema.
- Minimizar el tiempo de operación del sistema para los mismos niveles de producción.
- Obtener la flexibilidad en el funcionamiento del sistema para los mismos niveles de producción.
- Incrementar los niveles de rentabilidad de un proceso.

Para poder conseguir estos objetivos la técnica ha evolucionado continuamente desde los sistemas electromecánicos de control hasta los sofisticados sistemas de control distribuido de procesos por computador, convirtiéndose este último en ingrediente fundamental en las modernas tecnologías de automatización industrial.

2.2 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (P.L.C.)

2.2.1 DEFINICION

Un sistema que pueda ser programado y reprogramado con facilidad, cuyo funcionamiento externo dependa básicamente de su información interna y sea independiente de su configuración periférica, se conoce como CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE.

Un controlador lógico programable de acuerdo a normas internacionales puede ser considerado de la siguiente manera, “un dispositivo electrónico con memoria interconstruida, para almacenar instrucciones programables para el control de una gran variedad de tipos de máquinas, considerando estas últimas como unidades de entrada y salidas”

2.2.2 CARACTERISTICAS

Dentro de las varias características que identifican un PLC se encuentran las siguientes:

- Poseen un tamaño menor a los que están siendo controlados por relevadores.
- Gran flexibilidad para efectuar modificaciones y actualizaciones.
- Es sumamente sencillo detectar y corregir fallas.
- Resulta más económico en sistemas mayores de 10 E/S.
- Capacidades adicionales
 - Comunicación
 - Control de servomotores
 - Variables analógicas
- Programación desde una computadora personal.

Los PLCs han sido ampliamente utilizados como dispositivos centrales en la automatización de procesos industriales. Son esenciales para el ahorro de trabajo, seguridad en su operación, avalamiento y alto rendimiento en los costos de producción y definitivamente un mejoramiento en la calidad del producto final. Los PLCs pueden ser usados en una amplia gama de configuraciones, desde el control

sistemático de una planta de producción, hasta incluso configuraciones aisladas de máquinas de control individual.

2.2.3 **COMPONENTES DE UN CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE**

2.2.4 Los componentes de un controlador programable se muestran en el siguiente esquema: (Figura 12)

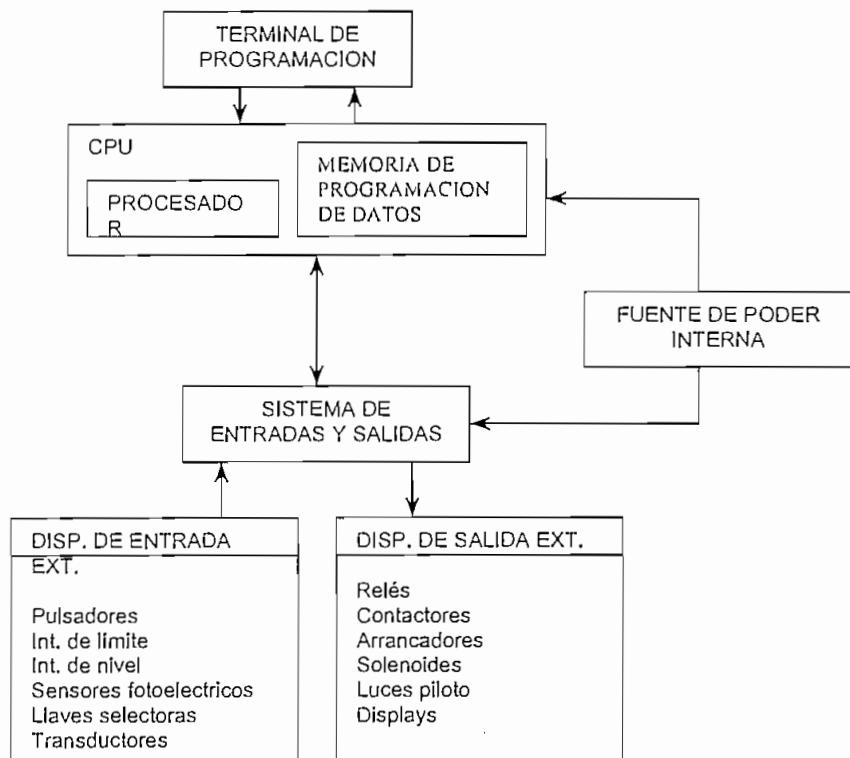


Figura 12. Componentes de un PLC

La unidad central de procesamiento (CPU)

El procesador o CPU (Central Processing Unit) de un PLC, es el centro lógico donde se realizan todas las operaciones e instrucciones programadas en el PLC, así mismo en la CPU se almacenan los datos intermedios y las variables del proceso, así como las señales de entrada y salida, se puede decir que es la CPU la que organiza el PLC.

Esta configuración básica consta de una unidad de control microprocesada que se comunica con una zona de memoria interna para manejar los datos de entrada y salida y también para ejecutar las instrucciones del sistema operativo.

El procesador

El procesador verifica el programa en forma secuencial y repite esta operación repetidamente, cada uno de estos ciclos se llama “PROCESSING CYCLE TIME or SCAN Time” o “TIEMPO DE RASTREO”, de acuerdo al tipo de procesador, tamaño de memoria y el número de entradas y salidas este ciclo varia entre 2.5 a 20 mS por KWords.

Basado en cada inspección, el procesador puede iniciar una o más acciones de control, dependiendo de las condiciones de las entradas y

salidas. Las inspecciones tienen por objeto establecer si las entradas y salidas han actuado. Estas acciones establecen un lazo de control entre las señales de entrada tales como: interruptores, finales de carrera, pulsantes, sensores, y las salidas: relés, transistores, triacs, etc.

Generalmente la exploración del proceso puede dividirse en dos partes:

- * Exploración de entradas y salidas
- * Exploración del programa en memoria

La exploración de entradas y salidas implica la lectura de todas las entradas y la actualización de todas las salidas. La exploración del programa en memoria implica la ejecución, paso a paso, de todas las instrucciones dadas en el programa del usuario y en el orden que éstas han sido ingresadas.

Memoria

El sistema de memoria de un PLC es básicamente un arreglo de bits accesibles aleatoriamente, cada uno de los cuales es identificado por una única dirección. El módulo de memoria contiene el programa del usuario y la tabla de datos de cada una de las instrucciones ingresadas en dicho programa.

Cada palabra de memoria usada en el programa de control debe contener la dirección y el código de operación.

La cantidad de memoria requerida para una aplicación es una función de la longitud del programa y del número de entradas y salidas involucradas. En forma aproximada, la cantidad de memoria requerida se obtiene, multiplicando el numero de instrucciones por el numero de palabras usadas por cada instrucción.

Una palabra puede tener diferente significado para diferentes procesadores. Los PLCs. antiguos usaban palabras de 8 bits, en cambio las maquinas nuevas usan 16 bits y algunas 24 o 32 bits. Los bits son usados para determinar el tamaño de la memoria. Para referencia se aplican los siguientes términos:

- 8 bits = 1 byte
- 16 bits = 1 Word (2 bytes)

El tamaño de la memoria es usualmente especificado en bytes o Words; y puede variar en tamaño desde 256 bytes hasta 148 K Words.

Las memorias son dispositivos que almacenan información en forma binaria, que es utilizada en la ejecución del programa. Los tipos de memoria que se encuentran en los PLCs pueden ser:

- Memorias ROM : Acrónimo de read-only memory [memoria de sólo lectura]. Sistema de memoria basado en un semiconductor, el cual almacena permanentemente la información, reteniendo su contenido aún después de que la corriente se desconecta. Las memorias de sólo lectura [read-only memory (ROMs)] se utilizan en el firmware tal como el BIOS (Basic Input/Output System) de las computadoras personales. En algunas computadoras portátiles, los programas de aplicación, incluso el sistema operativo, se almacenan en una memoria de sólo lectura.
- Memorias RAM: Acrónimo de random access memory [memoria de acceso aleatorio]. Memoria del sistema principal de la computadora, utilizada por el sistema operativo, los programas de aplicación y los datos. La obtención del dato o la puesta del mismo dentro de la memoria, es independiente de la localización del último dato obtenido o guardado. Este tipo de memorias pueden ser dinámicas o estáticas, Cuando son estáticas son hechas a base de flip-flops, mientras que las dinámicas o volátiles, necesitan de un flujo continuo de energía para mantener la información.

- Memoria PROM: Acrónimo de programmable read-only memory [memoria programable de sólo lectura]. Chip utilizado cuando se desarrolla el firmware. Una memoria programable de sólo lectura, que se puede programar y probar en el laboratorio; y cuando esté terminado el firmware, se puede transferir a una memoria de sólo lectura [read-only memory (ROM)] para su fabricación.
- Memoria EPROM : Acrónimo de Erasable Programmable Read-Only Memory [memoria de sólo lectura borrable y programable]. Chip de memoria que conserva su contenido aún en la ausencia de corriente eléctrica, y cuyo contenido puede ser borrado y reprogramado retirando una cubierta protectora y exponiendo el chip a la luz ultravioleta.
- Memoria EEPROM : Acrónimo de Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory [Memoria de sólo lectura borrable y programable eléctricamente]. Chip de memoria que conserva su contenido aún sin corriente eléctrica, y cuyo contenido puede ser borrado y reprogramado bien sea dentro de la computadora o desde una fuente externa. La memoria de sólo lectura borrable y

programable eléctricamente se usa donde la aplicación requiere de un medio de almacenamiento estable, sin que exista corriente, pero donde puede ocurrir que el chip tenga que ser reprogramado.

- FIRMWARE: Cualquier software almacenado como memoria de sólo lectura [read-only memory] ROM; EPROM, o EEPROM, la cual mantiene su contenido aun después de que la corriente le ha sido cortada. Los sistemas básicos de entrada/salida o BIOS [Basic Input/Output System]) utilizados en las computadoras compatibles con las fabricadas por IBM son un ejemplo de firmware.

Periféricos

Todos los circuitos que no pertenecen a los circuitos internos, como terminales de programación, displays, impresoras, etc. se denominan periféricos.

Un terminal de programación es un dispositivo conectado temporalmente al sistema PLC con el propósito de introducir el programa del usuario, transformando un hardware patrón en un sistema de control proyectado específicamente para una aplicación industrial. El terminal de programación se utiliza también para verificación de

programas ya introducidos, para efectuar modificaciones en programas o para permitir al personal de mantenimiento un monitoreo dinámico del sistema de control. Es posible pues, mediante este dispositivo, verificar una operación propia o impropia de cualquier parte del sistema de control, comprobando todos los pasos del programa, en el tiempo real (“on line”), forzando la ocurrencia de una acción específica; para este caso, el programador debe operar permanentemente conectado al controlador, lo que resultaría una aparente desventaja; entre tanto, una ventaja de una ligazón temporaria reside en el hecho de que un único terminal de programación puede servir a varios PLCs.

En la mayoría de los casos las opciones de programación son las siguientes:

- Hand-held Programmer, es un terminal de programación manual, con un panel que incluye un menú de estilo de selección de funciones, generalmente disponen de una pantalla LCD, armazón y teclas de goma, memoria de seguridad de datos y paquete de memoria incluido.
- Un software que puede ser instalado en una computadora personal, con una interface de conexión entre computadora y PLC tipo RS232Co RS485.

En la mayoría son totalmente gráficos, poseen comentarios, administración de proyectos, utilerías de transferencia de y hacia el PLC, documentación de cada programa, monitoreo en tiempo real, forzamiento de E/S del PLC.

- Un computador dedicado exclusivamente a la programación y monitoreo de PLCs, muy similar a un computador personal portátil con la diferencia en su grado de protección IP que es muy alto, su sistema operativo acepta incluso software compatibles y su diseño de hardware y software es exclusivo de cada fabricante. En la actualidad se encuentran descontinuados y su uso se emplea estrictamente en aplicaciones especiales o por la severidad del proceso en el que se encuentre.

Características sobresalientes:

- De uso en ambiente rudo industrial
- Capacidad de detección de errores
- Configuración de memoria
- Almacenamiento de programas en disketts de 3 1/2"

Sistema de entradas y salidas (E/S)

El sistema de entradas y salidas (E/S) es la parte que adapta las señales lógicas provenientes de la CPU en señales compatibles con el proceso y viceversa. Su función es filtrar las diferentes señales recibidas o enviadas desde o hacia los componentes externos del sistema de control.

Estos dispositivos externos podrían ser:

ENTRADAS: Pulsadores, interruptores finales de carrera, contactos de relés, sensores analógicos, llaves de selección, interruptores de presión, temperatura, etc.

SALIDAS: Bobinas de relés y contactores, selenoides, lámparas de señalización, displays de leds, electroválvulas, etc.

Una estructura modular para el sistema de entradas y salidas, facilita la configuración del sistema para cada aplicación.

Los módulos de entrada/salida pueden ser:

- A: DISCRETOS O DIGITALES
- B: ANALOGICOS
- C: ESPECIALES

Módulos de entradas y salidas discretas

Un circuito discreto o digital solo puede reconocer dos situaciones:

Presencia de señal = ON (1)

Ausencia de señal = OFF(0)

Estos dispositivos ON-OFF se encuentran como pulsantes, finales de carrera, switches de presión, temperatura, etc estos para el caso de entradas y para las salidas podemos encontrarles como electroválvulas, contactores, relés auxiliares, etc.

Las salidas en unidades base, bloques y unidades de extensión en sistemas discretos están constituidos por relés, transistores o triacs.

Los E/S son típicamente ofrecidas por los fabricantes de PLCs en módulos de 4, 8 o 16 circuitos (puntos).

En los módulos de entrada/salida cabe distinguir dos partes: una placa de circuito impreso, que contiene todo el circuito electrónico necesario para la interface entre la CPU y los dispositivos de campo y para proveer el aislamiento adecuado para cada caso; y un panel frontal, que contiene un conector de potencia, que permite la interconexión con los dispositivos de campo.

La alimentación para los dispositivos de aplicación debe ser abastecida externamente al PLC, toda vez que la fuente de alimentación interna del PLC está proyectada para operar solamente una parte interna de la

estructura de E/S y no para los dispositivos externos. Normalmente existe una gran variedad de módulos de E/S de acuerdo al nivel de tensión, capacidad de corriente y tipos. Debido al acoplamiento óptico existente en el sistema E/S, la alimentación de la parte de potencia de cada módulo es independiente, permitiendo la utilización de módulos de diferentes tipos de tensión para un mismo controlador programable.

Módulos de entradas y salidas analógicos

Estos módulos convierten las señales de corriente o voltaje provenientes de procesos continuos, en un valor numérico, para ser utilizados numéricamente por la CPU. Estos módulos se caracterizan por el número de canales de entrada o salida disponibles.

Las señales análogas de entrada generalmente son: 1-5, 0-5,0-10 Vdc. Este es el voltaje medido en los terminales de entrada analógica. Si el proceso transmite señales de corriente (típicamente de 4-20 ma), esta señal es convertida de 1-5 Vdc correspondientemente, usando resistencias escalonadas conectadas a través de los terminales de entrada del módulo analógico.

La señal análoga es convertida en la correspondiente señal digital mediante el uso de convertidores A/D. Los módulos de entrada analógicos son disponibles de 8 hasta 16 bits de resolución.

Módulos especiales

Muchos fabricantes de PLCs. ofrecen adicionalmente, ciertos módulos especiales para:

- Comunicaciones
- Transductores de posición
- Termo pares
- Visualizadores, etc.

Fuente de alimentación

La fuente de alimentación es la que provee la energía al CPU y al sistema de E/S. La selección y capacidad de la fuente está directamente relacionada con la configuración del sistema PLC y este a su vez con la aplicación. En los sistemas modulares que permiten racks de expansión, se requiere una fuente por cada rack.

2.2.4 LENGUAJE DE PROGRAMACION

En la mayoría de controladores programables, el lenguaje de programación para programas de usuario, está concebido en forma de lenguaje de relés o diagrama de contactos (“ladder diagram”), que consiste en la representación gráfica de las tareas de automatización, mediante símbolos de circuitos eléctricos.

Este tipo de programación es relativamente simple. Su funcionalidad le permite al usuario programar en forma de diagrama escalonado PLC directamente a partir de un diagrama escalonado de relés o de ecuaciones de Boole.

Un programa de escalera está constituido de escalones (Rungs) individuales, cada uno de los cuales contiene elementos de programación: Instrucciones y operandos.

Otros fabricantes sin embargo, ofrecen otras opciones para la programación: Lista de instrucciones, diagramas de funciones, etc.

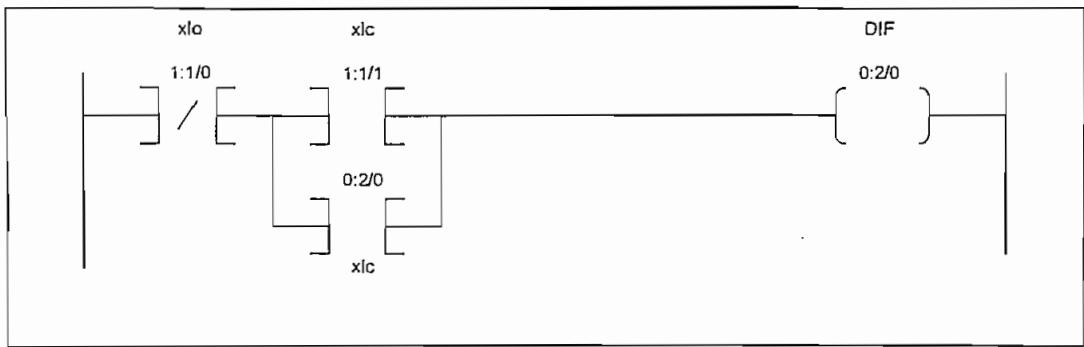


Figura # 13. Ejemplo de programa en escalera

El diagrama de escalera de este ejemplo, es muy similar a un diagrama escalonado de contactos (Norma NEMA), muestra en circuito de autoalimentación de un relé, formado por tres instrucciones de entrada (1 contacto NC y 2 contactos NA) y una instrucción de salida (bobina). Nótese que cada instrucción en el diagrama tiene un operando o tipo de archivo (I,O) y una dirección (1/0,1/1,2/0,2/0). Esta dirección identifica una localización de memoria en el archivo de datos del procesador, donde el estado (“1” o “0”) de cada instrucción es indicado. El formato de representación del operando y su dirección difiere de un fabricante a otro.

En este ejemplo la instrucción de entrada XIC podría representar un pulsador de marcha, la instrucción de entrada XIO un pulsador de paro,

la instrucción de salida OTE la bobina del relé y la rama paralela con la instrucción XIC el contacto abierto del relé para autoalimentación. Las siglas XIC, XIO y OTE son los nombres nemónicos de las instrucciones simbólicas mostradas.

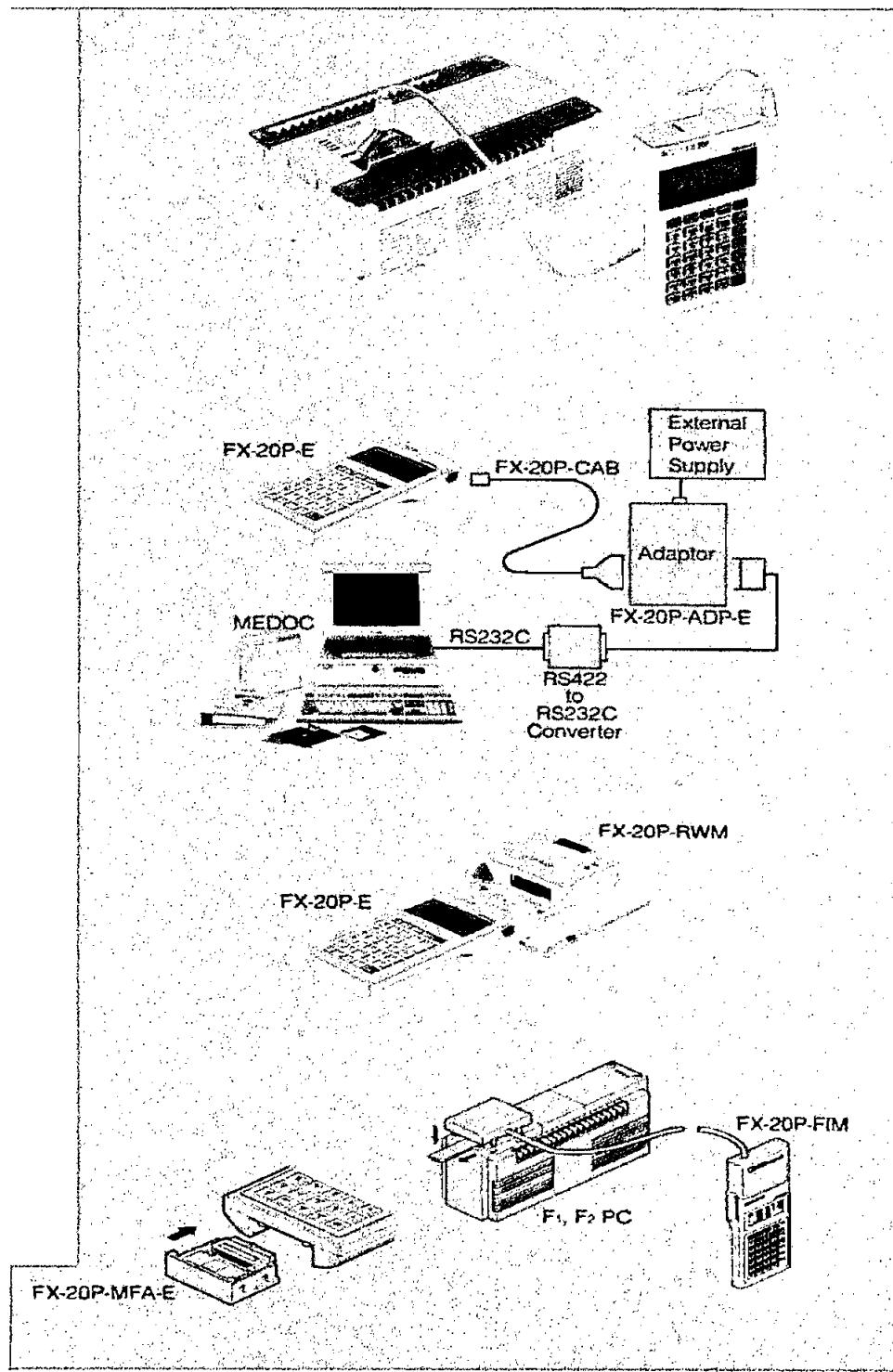


Figura 14. Interfaces

2.2.4.1 INSTRUCCIONES BASICAS DE PROGRAMACION PARA EL PLC MITSUBISHI FX

El PLC es una colección de relevadores, timers, contadores alambrados internamente, de modo que, estos podían ser conectados de acuerdo a las necesidades de cada uno de los procesos, colocados y fijados cada uno de sus parámetros por medio de un programador .

Algunas instrucciones están constituidas de varios elementos, algunas otras solo de una palabra. En consecuencia es importante familiarizarnos con las instrucciones para lograr una programación ESCALERA, STEP LADDER o DIAGRAM LADDER.

(Ver Cuadro 1 Set de instrucciones básicas en PLC Mitsubishi Fx)

2.2.5 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN CONTROLADOR PROGRAMABLE

Un Controlador Programable realiza continuamente un ciclo de barrido o exploración, que consiste en:

- Lectura de entradas
- Ejecución del programa, que consiste en calcular nuevas salidas en función de las entradas y de acuerdo a la secuencia de instrucciones.

Instruction	Ladder-Symbol	Function	Instruction	Ladder-Symbol	Function
LD LOAD		Normally-open start contact.	SET SET		Latched output drive ON.
LDI LOAD INVERSE		Normally-close start contact.	RST RESET		Latched output drive OFF.
AND AND		Normally-open contact in series.	PLS PULSE		Pulse output (OFF→ON trigger)
ANI AND INVERSE		Normally-close contact in series.	PLF PULSE (F)		Pulse output (ON→OFF trigger)
OR OR		Normally-open contact in parallel.	MC MASTER CONTROL		Beginning of master control.
ORI OR INVERSE		Normally-close contact in parallel.	MCR MC RESET		End of master control block.
ANB AND BLOCK		Serial connection of circuit blocks.	MPS RESULT STORE		
OBA OR BLOCK		Parallel connection of circuit blocks.	MRD RESULT READ		
OUT OUTPUT		Output coil	MPP RESULT CLEAR		Multicoil circuit connection instructions.
NOP NO-OP	Not displayed	No-operation	END		End of program.

Cuadro # 1. Set de instrucciones PLC Mitsubishi FX

- Actualización de las salidas

La figura N° muestra un ciclo básico de barrido que se ejecuta en un PLC. El ciclo de operación consta de dos partes. Existe el “Scan” del programa y un “Scan” de las entradas y salidas (I/O scan). En el I/O scan, los datos asociados con salidas externas son transferidos del archivo de datos de salida (estos datos fueron actualizados en el scan del programa precedente). Adicionalmente, los terminales de entrada son examinados; y el estado de los bits asociados en el archivo de datos de entrada son cambiados concordantemente.

El I/O scan y el scan del programa son separados y funcionan independientemente. Entonces , cualquier cambio de estado que ocurra en los dispositivos de entrada externos durante el scan del programa, no son considerados sino hasta la próxima ejecución. Similarmente, el cambio de datos asociados con las salidas externas no son transferidos a las salidas sino hasta el próximo I/O scan; existiendo desde luego, excepciones para ciertas instrucciones. La figura N° muestra el principio de ejecución de un programa en el PLC.

2.2.5 CARACTERISTICAS TECNICAS PARA LA SELECCION DE UN PLC

Para la selección de un PLC se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Memoria principal para programas y datos (RAM/EPROM/EEPROM)
- Tiempo de procesamiento para instrucciones binarias.
- Temporizadores/contadores (cantidad, margen de tiempos y contaje)
- Funciones aritméticas.
- Entradas y salidas digitales (capacidad de voltaje e intensidad)
- Entradas y salidas analógicas (rango de voltaje e intensidad)
- Módulos de expansión de entradas y salidas
- Tipo de alimentación .
- Grado de protección IP (temp. ambiente, choque, resistencia, humedad, vibraciones, altitud)

Ver anexo Nº 2, características técnicas para PLCs MITSUBISHI.

2.2.7 VENTAJAS DEL USO DE PLCs

A continuación se mencionan algunas consideraciones a favor de la utilización de PLCs en vez de contactores y relés para mandos de pequeño de volúmen.

- Gastos de cableado menores: La lógica de la tarea se programa una vez y no esta hecha mediante un cableado.
- Flexibilidad mayor: Cualquier modificación de la lógica del mando puede hacerse con una simple reprogramación en vez de obligar a variaciones en el cableado o cambio de componentes, las cuales exigen mucho tiempo.
- Necesidades de espacio más reducidas.
- Volumen de funciones más extenso: Incluso los PLCs mas pequeños pueden hacer mas que un mando; por ejemplo procesamiento de alarmas y de valores analógicos temporizaciones, y como ampliación a todo ello, regulación, posicionamiento y comunicaciones.
- Velocidad superior: Son capaces de procesar mas de 1000 instrucciones binarias en 2 ms.
- Consumo insignificante: Tienen un promedio de consumo de 100 mA en el tipo de miniautómatas o PLCs compactos.
- Sencillo de Montar: La mayoría de PLCs compactos se enganchan en perfil soporte normalizado de 35 mm (RIEL DIN) aunque además pueden ser enganchados con tornillos a la pared.
- Configuración modular: Todos los PLCs crecen de acuerdo a la tarea y pueden ampliarse modularmente.

- Un precio muy atractivo: El salto a la automatización (lógica programada) ha dejado de suponer grandes inversiones.

CAPITULO III

SISTEMAS DE BOMBEO DE

AGUA

3. SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA

3.1 BOMBAS DE AGUA

De acuerdo a la aplicación específica en la que se va a utilizar una bomba, se debe realizar su selección. La selección de la bomba adecuada para cualquier aplicación entre la diversidad de estilos, tipos y tamaños puede ser difícil para el usuario o para el contratista de construcción. Por esta razón recalcaremos que la aplicación específica de este trabajo es la distribución de agua en zonas urbanas, cuyo control de presión se realizará mediante la variación de la velocidad del sistema motriz.

Para una mejor selección del tipo de bomba se explicará a continuación los tipos y clases más comunes encontradas en el mercado; explicación que se dirigirá en su mayor parte al caso específico de este trabajo.

Clases y tipos

De acuerdo a las características del movimiento las bombas pueden clasificarse de la siguiente manera:

	Voluta	
	Difusor	
	Turbina regenerativas	Un solo paso
Centrífuga	Turbina vertical	Pasos múltiples
	Flujo mixto	
	Flujo axial (impulsor)	
	Engrane	
	Alabe	
	Leva y pistón	
Rotatoria	Tornillo	
	Lóbulo	
	Bloque de vaivén	
	Acción directa	Simple
Reciprocante	Potencia (incluyendo manivela y volante)	Dúplex
	Diafragma	Triplex
	Rotatoria -pistón	Quadruplex
		Quintuplex
		Etc.

	Centrifuga		Rotatoria		Reciprocante	
voluta y Difusor	Flujo axial	Tornillo y engrane	Vapor de ac- ción directa	Doble acción	Triplex	
Tipo de descarga máxima elevación de succión mts	continuo 4.5	continuo 4.5	continuo 6.6	pulsante 6.6	pulsante 6.6	pulsante 6.6
líquidos que maneja	limpio, claro, sucio, abrasivo, líquidos con alto contenido de	limpio, claro,sucio, abrasivo, líquido con	viscoso no abrasivo	limpio y claro	limpio y claro	limpio y claro
Variación de la presión de descarga	Baja a alta	baja a alta	Media	Pequeña a la máxima que se produce	pequeña a la máxima que se produce	pequeña a la máxima que se produce
Región de capacidad habitual	Pequeña a la mayor obtenible	pequeña a la mayor obtenible	pequeña a media	relativamente pequeña	relativamente pequeña	relativamen- te pequeña
Como una columna aumentada ζ capacidad	Disminuye	Disminuye	Nada	Disminuye	Nada	Nada
Potencia de entrada	Depende de la velocidad específica	Depende de la velocidad específica	Aumenta velocidad específica	Aumenta	Aumenta	Aumenta
Como afecta una columna disminuida						
Capacidad	Aumenta	Aumenta	Nada	Pequeño aumento	Nada	Nada
Demandas de la Potencia	Depende de la velocidad específica	Depende de la velocidad específica	Disminuye	Disminuye	Disminuye	Disminuye

REF. "BOMBAS" TYLER G. HICKS TABLA 1.1 P.P 22

Hay que recordar que la columna de succión no debe exceder el límite máximo recomendado. La capacidad en litros por minuto (lpm), determina el tamaño de la bomba y afecta la elección de la clase de

unidad. La naturaleza del fluido es también importante en la construcción de la bomba.

En la tabla anterior se encuentra un dato muy importante y de mucha utilidad para nuestra aplicación; y es el referente a la potencia de entrada, que para el caso de una bomba centrífuga, depende de la velocidad específica de la misma. Este dato nos conduce a seleccionar una bomba en este tipo, pero sin dejar a un lado un análisis previo que justifique esta decisión.

Curvas características altura H vs caudal Q, con velocidad variable.-

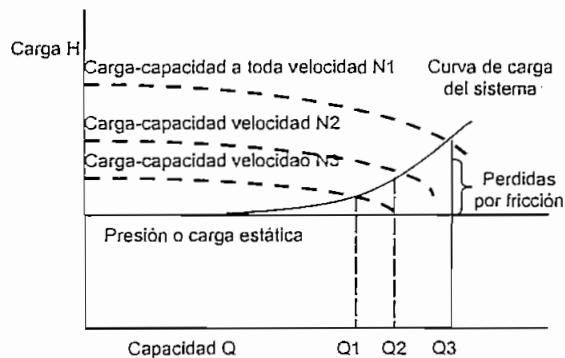


Figura 19

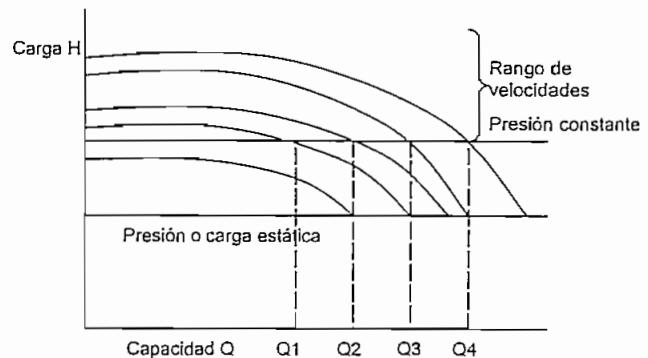


Figura 20

Curvas características H vs Q, bomba centrífuga

Si se realiza un cambio de la velocidad V_n y a la vez se desea mantener una presión o columna constante H , la bomba que satisface este tipo de

requisitos es la centrífuga; el rango de velocidades no es muy amplio pero permite realizar este control con una muy buena eficiencia. En las bombas rotatorias y reciprocanes la relación H vs Q a diferentes velocidades se mantiene relativamente constante, como se ve en la Fig. 19 y 20, lo que no permite que se realice un control de presión. La convergencia de las curvas con la constante de presión proporcionan un rango prácticamente nulo, lo que obliga a descartar estas dos clases de bombas y dirigir nuestro estudio prácticamente a la bomba centrífuga.

3.2 BOMBAS CENTRIFUGAS Y PARAMETROS HIDRAULICOS

La producción mundial de bombas centrífugas se encuentra alrededor del 80% respecto a los otras clases, por ser la más idónea para diferentes trabajos de conducción de líquidos o transferencia de un valor de presión o de energía estática a otro. Por esta razón es importante conocer los parámetros hidráulicos del sistema para entender mejor su funcionamiento y realizar una mejor aplicación.

Carga y curvas de carga del sistema

La aplicación básica de las bombas es la conducción de líquidos de un punto a otro, que implica una velocidad, distancia y altura recorrida. En el mundo físico éstos son parámetros de energía cinética y potencial. El trabajo que realiza las bombas al conducir líquidos por tuberías y/o subirlo a más altura, es producto de la combinación de estas dos energías.

Una bomba centrífuga transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio en la energía cinética y potencial requeridas. La fuerza centrífuga depende de la velocidad que se encuentra en la punta de los alabes y de la densidad del líquido, en cambio la cantidad de energía que se aplica por libra de líquido es independiente de su densidad. Por tanto, una bomba que funcione a cierta velocidad y que maneje un volumen definido de líquido, la energía que se aplica y transfiere a éste, es la misma para cualquier líquido sin importar su densidad; de ahí, la carga o energía de la bomba en ft-lb/lb se debe expresar en pies (ft).

Una columna de agua fría de 2.31 ft de altura producirá una presión de 1 psi en su base. Para el caso del agua a temperatura ambiente, cualquier presión calculada en libras por pulgada cuadrada (psi) se puede convertir a una carga equivalente en pies de agua al multiplicarla por

2.31. Para líquidos diferentes del agua fría, la columna de líquido equivalente a una presión de 1 psi se puede calcular al dividir 2.31 entre la densidad relativa del líquido.(ver Figura 21)

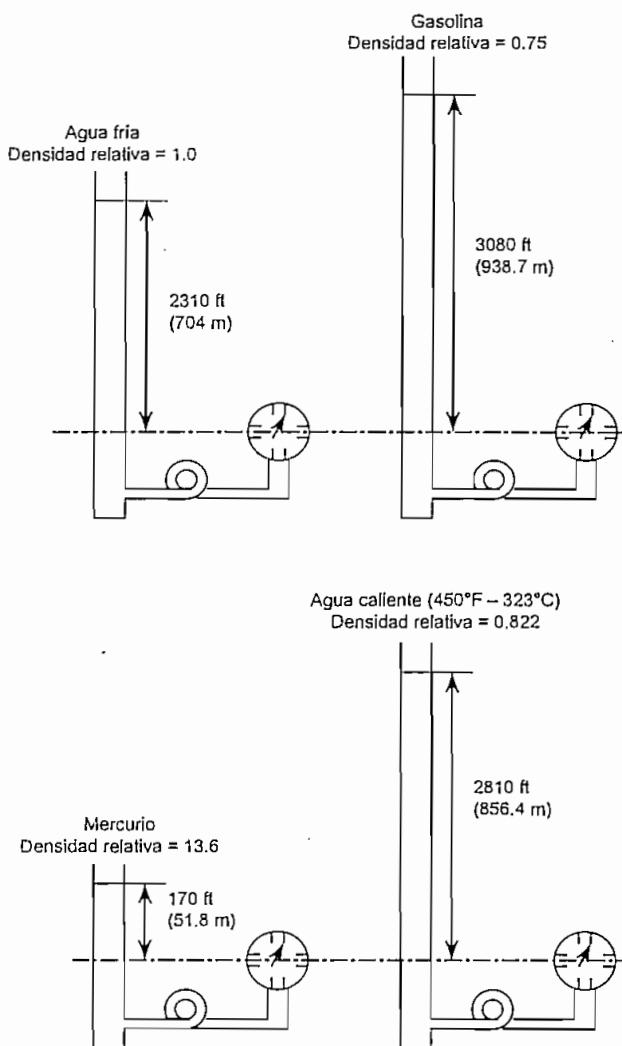


Figura 21. Ejemplo de presiones de líquidos

Carga del sistema

Una bomba para funcionar en un sistema debe aplicar al líquido una energía formada por los siguientes componentes:

- Carga estática
- Diferencia de presiones entre las superficies de los líquidos
- Carga de fricción
- Perdida en la entrada y la salida.

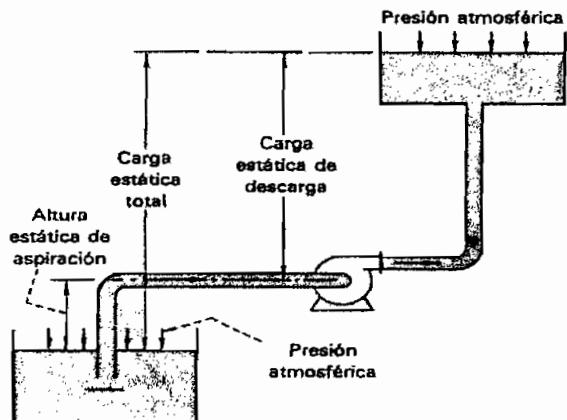
Carga estática

La diferencia entre niveles es lo que determina la carga estática.

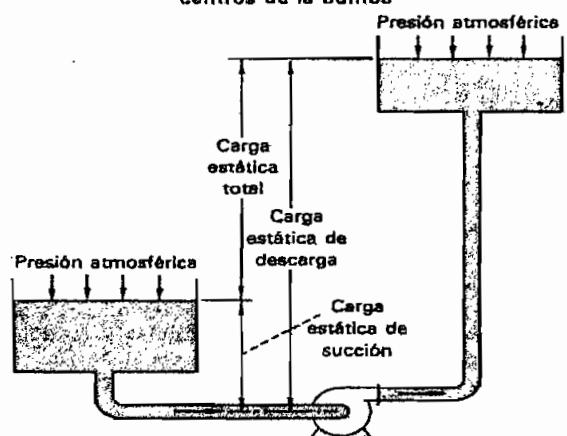
Referente a las bombas, el nivel de descarga y el de succión fijan la carga estática total aplicada.

La carga estática de descarga es la diferencia entre el nivel del líquido y la línea de centros de la bomba. Si la carga estática de succión posee un valor negativo, es debido a que el nivel de agua de succión se encuentra por debajo de la línea de centro de la bomba.

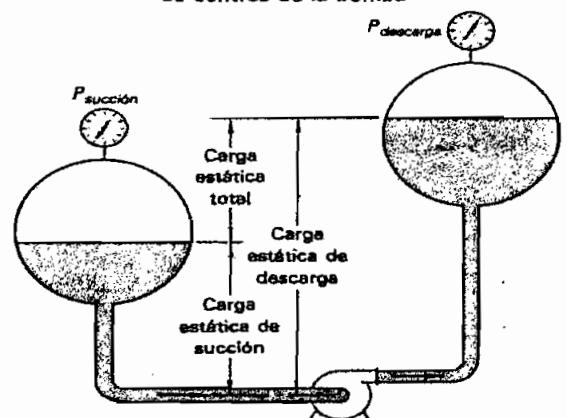
Si el nivel de líquido de succión o de descarga , está sometido a una presión que no sea la atmosférica, esta se puede considerar como parte de la carga estática o como una adición por separado a la carga estática, como se puede ver en la figura 22.



a. Nivel de succión debajo de la línea de centros de la bomba



b. Nivel de succión encima de la línea de centros de la bomba



c. Niveles de succión y descarga bajo presión

Fig. 3 La carga estática total en un sistema con bomba centrífuga depende de las condiciones de succión y descarga

Figura 22. Carga estática

Carga de fricción

La fricción ocasionada por la tubería, válvulas y otros accesorios en el flujo del líquido obliga a que se realice un bombeo extra de no existir éste. La carga de fricción se expresa en pies del líquido que se bombea y esta pérdida varía proporcionalmente al cuadrado del flujo en el sistema.

Al calcular las pérdidas por fricción se debe tener en cuenta que éstas aumentan conforme la tubería se deteriora con el tiempo. Un promedio de vida de las tuberías en uso es de 10 a 15 años.

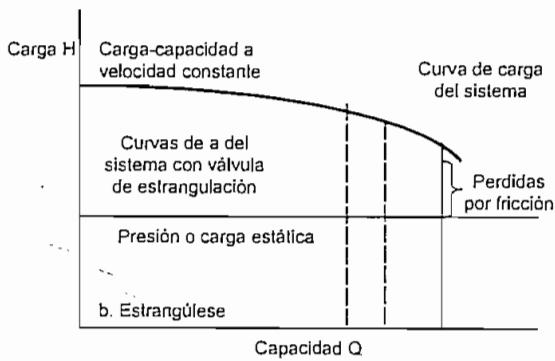
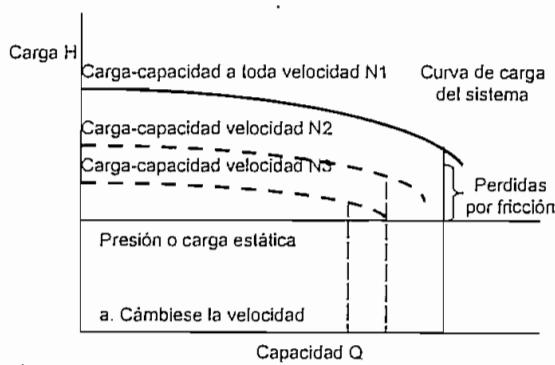


Figura 23 Carga de fricción

Pérdidas en la entrada y en la salida

La magnitud de las pérdidas depende del diseño de la entrada al tubo.

Una boca acampanada bien diseñada y construida produce la mínima pérdida; esto es en el punto de succión. En el lado de descarga, cuando el tubo termina en algún cuerpo de líquido, se pierde por completo la carga de velocidad del líquido y se debe considerar como parte de las pérdidas totales por fricción en el sistema.

Velocidad específica

La velocidad específica es un indicador útil para tener una idea general del tipo de bomba que se debe seleccionar. El principio de la similitud dinámica, cuando se aplica a una bomba centrífuga, indica que dos bombas de configuración similar tendrán características semejantes de funcionamiento.

La relación entre las características de rendimiento, capacidad, carga y velocidad de rotación determinan lo que se denomina “velocidad específica”, y se define como sigue:

$$N_s = (N - Q)/H^{(3/4)}$$

en donde N es la velocidad en rpm, Q es la capacidad o caudal (gpm) y H es la carga (ft). (ver figura 24)

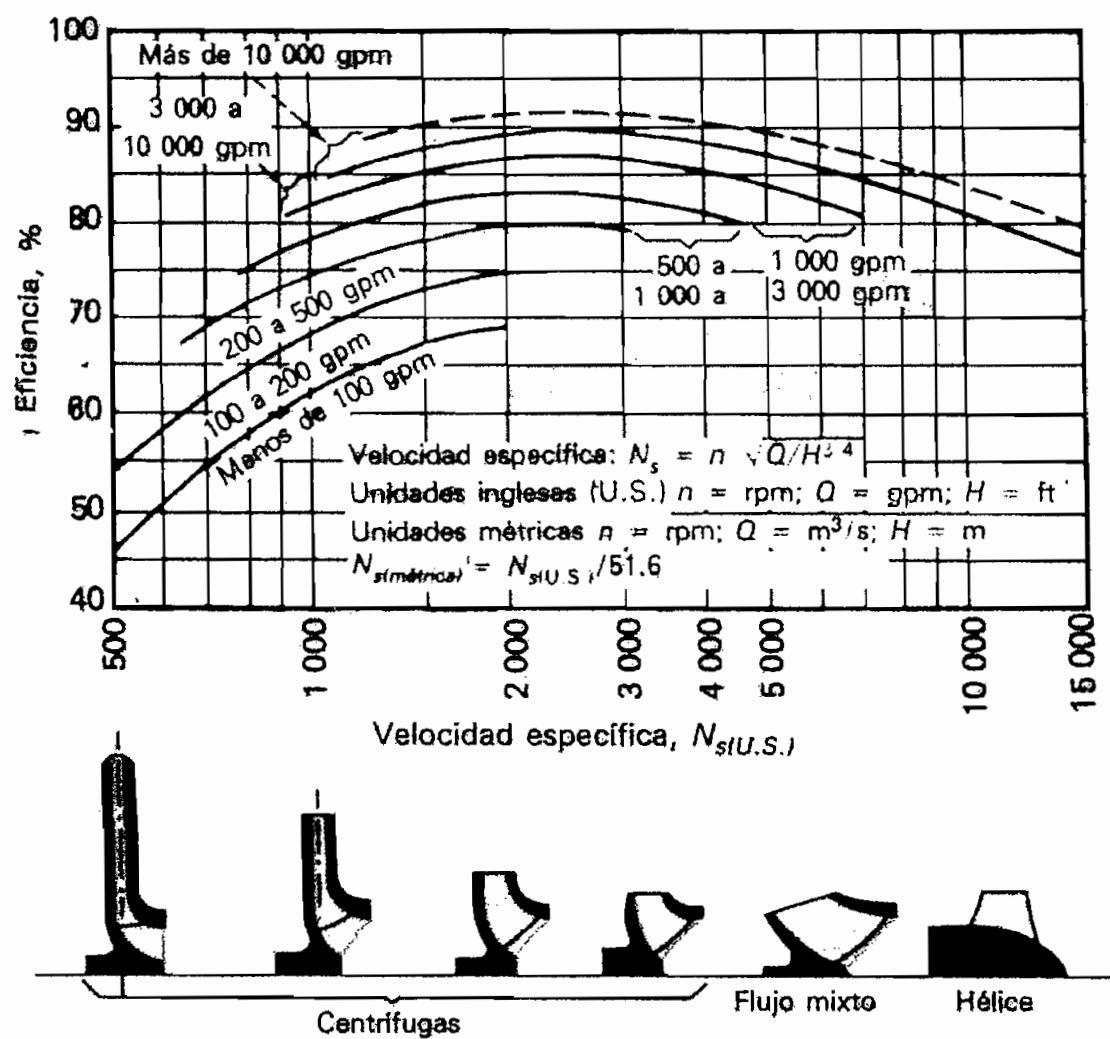
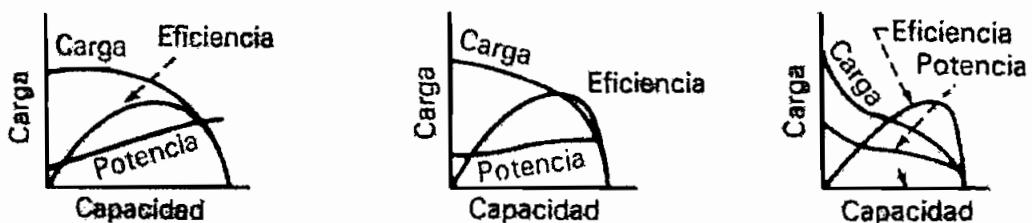


Figura 24. Velocidad específica

Carga neta positiva de succión

Todas las bombas requieren determinada carga neta positiva de succión NPSH, para permitir que el líquido fluya a la carcaza de la bomba. Este valor lo determina el diseñador de bombas y se basa en la velocidad de rotación, la superficie de admisión o del ojo del impulsor en una bomba centrífuga, el tipo y número de álabes en el impulsor, etc.

La carga neta positiva de succión se clasifica en disponible y requerida y éstas varían con la capacidad, como se indica en la siguiente figura:

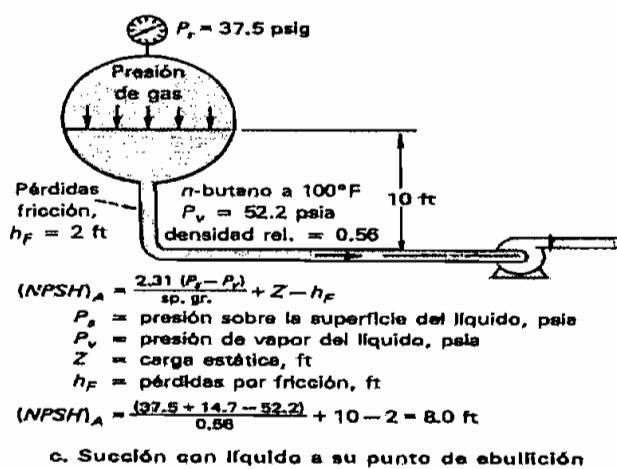
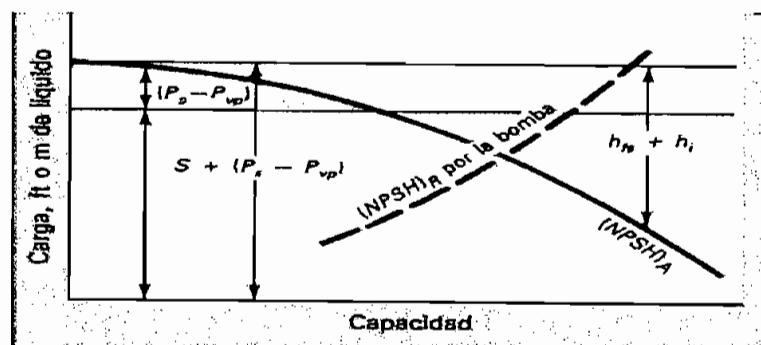


Figura 25 Carga neta positiva de succión NPSH

La NPSH requerida representa la diferencia entre la carga absoluta de succión existente y la presión de vapor a la temperatura prevaleciente. La NPSH requerida es en función del diseño de la bomba, y representa el margen mínimo requerido entre la carga de succión y la presión de vapor.

Cuando se bombea líquidos, nunca se debe permitir que la presión en cualquier punto dentro de la bomba caiga a menos de la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo. Siempre se debe tener suficiente energía disponible en la succión de la bomba para hacer que el líquido llegue al impulsor y contrarreste las perdidas entre la boquilla de succión y la entrada al impulsor de la bomba.

Cavitación

La cavitación ocurre cuando la presión absoluta dentro de un impulsor cae por abajo de la presión de vapor del líquido y se forman burbujas de vapor. Estas se contraen mas adelante en los álabes del impulsor cuando llegan a una región de presión más alta.

La coordinación con la NPSH requerida mínima, la cual se define como la diferencia entre la carga absoluta de succión y la presión de vapor del líquido bombeado a la temperatura de bombeo, evitan la cavitación.

La cavitación se nota cuando hay una o más de las siguientes señales: ruido, vibración, caída en las curvas de capacidad de carga y eficiencia.

3.3 CONTROL DE PRESION EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

La calidad en el servicio es el objetivo primordial en un sistema de distribución de agua. El hombre a lo largo de los años se ha ingeniado la forma de satisfacer esta necesidad implementando los más diversos sistemas para llevar el flujo a todos los consumidores y en condiciones muy similares. Como se mencionó anteriormente dependerá mucho de la aplicación a la que va a ser expuesto.

Para el caso particular de un sistema de distribución de agua potable en zonas urbanas, objeto de este trabajo, los tipos de control más utilizados son:

- Sistema por tanque elevado (control por detectores de nivel)
- Sistema por tanque neumático (control por presostatos, rango de presión)
- Sistema mixto (tanque neumático y elevado, control por presostato y detector de nivel)
- Sistema de unidad motriz de velocidad ajustable

3.3.1 Sistema por tanque elevado (control por detectores de nivel)

El sistema por tanque elevado como su nombre lo dice, consiste en llevar el agua a un tanque de almacenamiento ubicado a una altura superior que la del consumidor más alto desde el punto de referencia; y desde aquí, se envía el agua al sistema de distribución por gravedad.

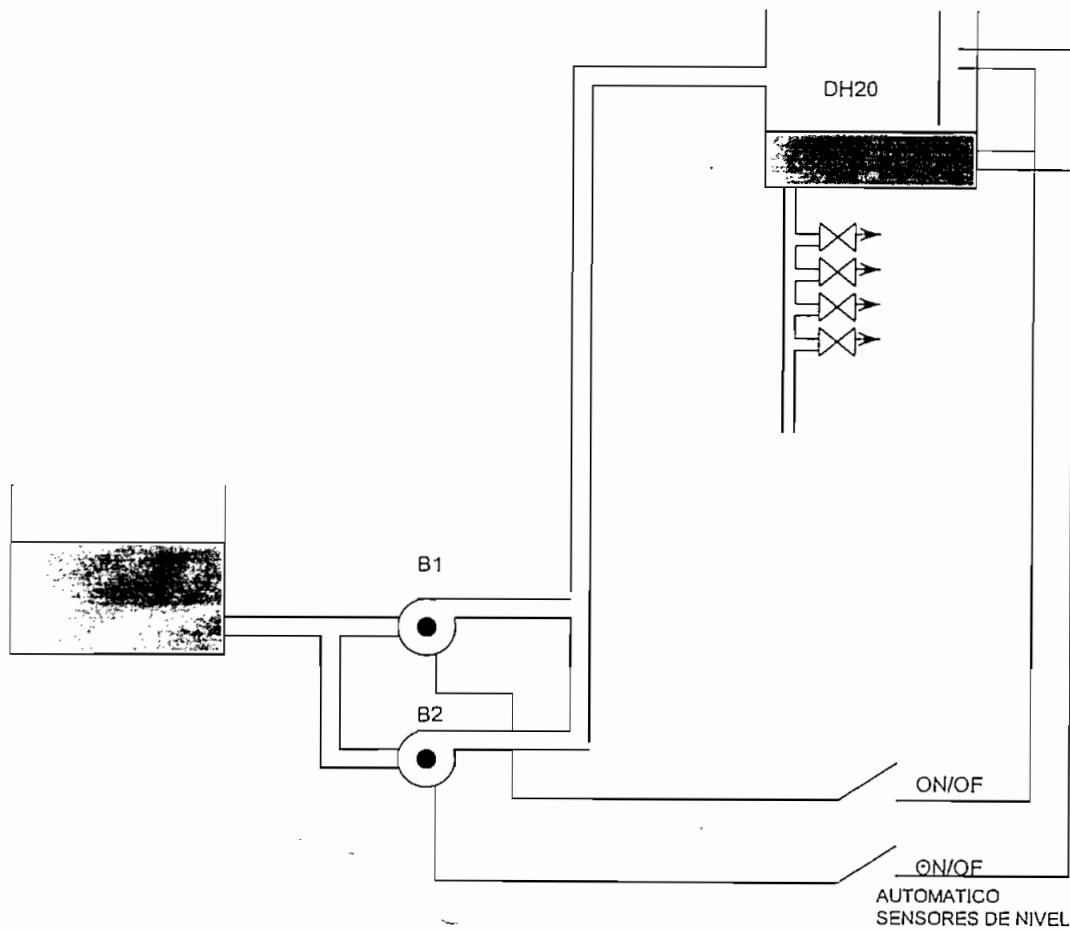


Figura 26. Tanque elevado

Este sistema es muy utilizado en edificios y ciudades. En edificios, el tanque siempre se encuentra en la terraza , en la toma de agua se encuentra una cisterna desde la cual la bomba envía el fluido hacia el tanque elevado. El llenado de este es controlado por detectores de nivel mínimo y máximo, que produce una columna variable de agua durante el consumo; y consecuentemente, una variación de la presión en cada uno de los consumidores. Normalmente esto se traduce en molestia para los usuarios, como es el no llenado en cisternas de baño, corte continuo en duchas, falta de presión en lavado, entre otros.

Detectores de nivel

El control de una bomba en un tanque elevado se encuentra gobernado de acuerdo al nivel de agua que se encuentre en éste, si el nivel se encuentra en un mínimo ajustado, se da la orden de encendido de la bomba hasta llegar a un nivel prefijado como máximo, donde se detiene la bomba.

Este sistema consiste en tres electrodos (E_s =superior, E_i =inferior, E_r =referencia) que controlan el nivel de agua. El electrodo de referencia “ E_r ” debe estar instalado bajo el nivel mínimo o colado en la carcaza del

reservorio si éste fuese de metal o estuviere aterrado. Jamás debe utilizarse el mismo electrodo para el control de dos aparatos o más.

Aplicando tensión entre “Er” y “Ei” cuando existe un liquido entre ellos, circula una corriente de acuerdo a la conductividad del liquido, ésta activa el control para que exista un bombeo de liquido y cuando el nivel de liquido llega al nivel “Es” circula una corriente entre “Er” y “Es” eliminando el control de bombeo.

Los electrodos mas comunes son los tipos asta y péndulo:

Electrodo tipo asta

Poseen una rosca de fijación (3/4” BSP) y se encuentra aislado con teflon, revestido en acero inoxidable 303/304 , se encuentra alrededor de 300mm, su montaje se lo realiza en la parte inferior y superior del tanque.

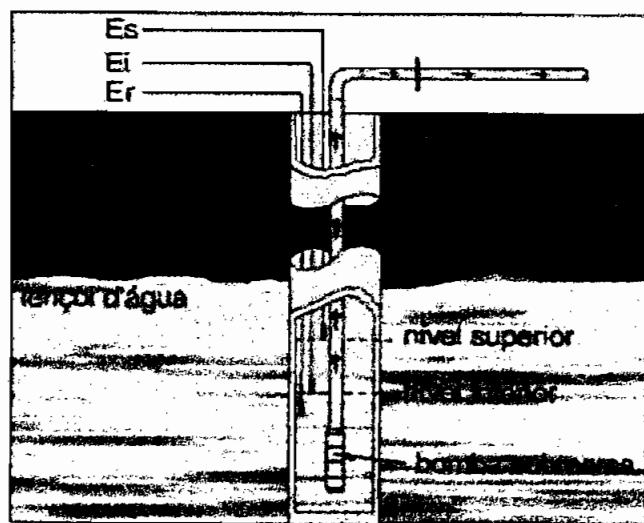
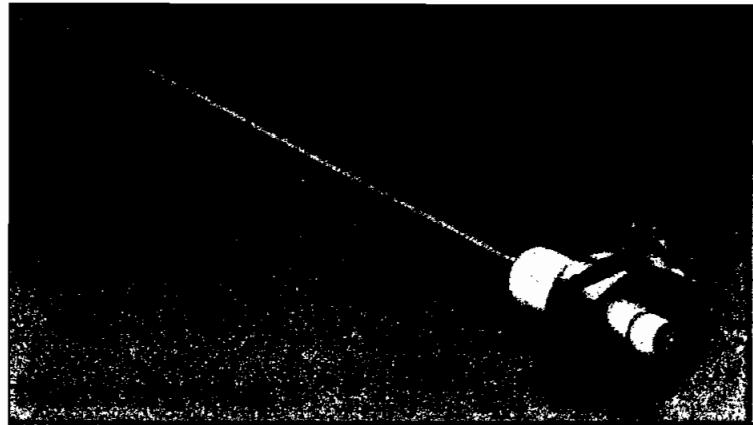


Figura 27. Electródo tipo asta

Electrodo tipo péndulo

Este electrodo se encuentra constituido de un bastajo metálico revestido de acero inoxidable 303/304 al igual que una carcasa de ABS que permite el aislamiento eléctrico. El electrodo permanece pendulado dentro del reservorio. Se recomienda colocarlo dentro de un tubo e PVC para evitar perturbaciones del líquido o turbulencia.

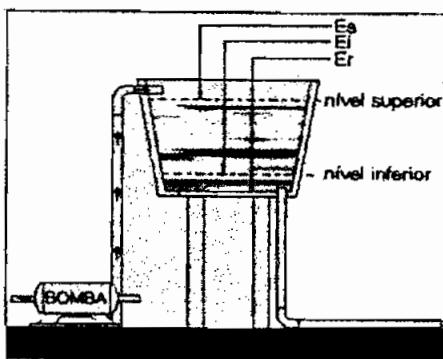


Figura 28. Electrodo tipo péndulo

3.3.2 Sistema por tanque hidroneumático (control por presostatos)

El tanque hidroneumático recepta el líquido a presión dentro de su cámara, que lo mantiene dentro del mismo y lo desaloja de acuerdo al consumo. En forma similar que el sistema anterior por detectores de nivel, este sistema basa su control entre 2 puntos, mínimo y máximo, que en este caso es de presión de llenado del tanque hidroneumático. En este caso la bomba de agua obedece a la señal de mínima presión que envía el presostato y es desactivada el momento que llega a la presión máxima prefijada.

La aplicación de los tanques hidroneumáticos se encuentra restringido a zonas de abastecimiento relativamente pequeñas como son en casas y edificios medianos .

Presostatos

Son dispositivos accionados mecánicamente por muelles (resortes) calibrados a diferentes presiones de entrada, presión mínima y presión máxima y adicionalmente poseen un bloque de contactos auxiliares que responden a dicha señal de presión enviada por los muelles. (ver fig. 29)

Descripción

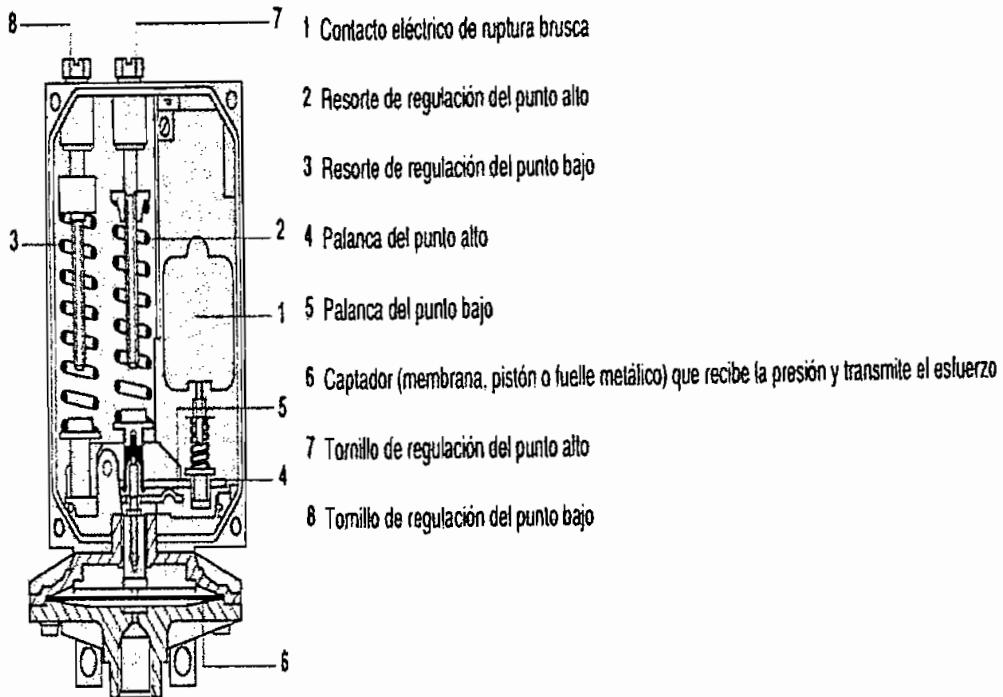


Figura 29. Presostato

3.3.3 Sistema de unidad motriz de velocidad ajustable

Las bombas convencionales de una velocidad y los sistemas de válvula de estrangulación, cuando operan a menos de su capacidad de diseño desperdician energía. Las pérdidas por caída de presión se pueden evitar si la unidad motriz es de velocidad variable.

En el pasado, en las plantas de proceso el flujo de líquido se regulaba por lo general con la estrangulación, en donde se hacía funcionar la bomba a plena velocidad y se restringía el flujo con una válvula de control para variarlo; pero esto daba lugar a un gran desperdicio de

energía. Este tipo de control se puede comparar como la conducción de un automóvil con el pedal del acelerador a fondo, y luego ir aplicando el freno y oprimiendo el embrague a medias para regular la velocidad.

Tipos básicos de unidades motrices de velocidad ajustable.- El uso de unidades motrices de velocidad ajustable en los procesos industriales son muy amplias. Muchos tipos de bombas (centrifugas, de desplazamiento positivo, de tornillo, etc.) y ventiladores (enfriamiento de aire, torres de enfriamiento, calefacción y ventilación, etc) así como mezcladoras, transportadoras, secadoras, calandrias, trituradores y ciertos tipos de compresores, sopladores y agitadores, se impulsan mediante unidades motrices de velocidad ajustable.

Por lo general, las unidades motrices de velocidad variable utilizadas en la industria de procesos son menores de 500 hp, y se distinguen entre los principales cinco grupos:

- c.a. de estado sólido
- c.c. de estado sólido
- mecánicas
- electromecánicas
- fluidas.

Cada uno de estos tipos posee sus características propias de control; sin embargo, si el objetivo primordial es el ahorro de energía, el control de la unidad motriz se debe realizar con el sistema de ca ó cc de estado sólido.

Las unidades motrices mecánicas poseen bandas sencillas y poco costosas, su funcionamiento es suave y pueden absorber cargas de choque considerables, además el mantenimiento es sencillo.

En aplicaciones en donde en donde se requieren cambios precisos y rápidos en la velocidad, son adecuados los embragues electromecánicos. Al variar el deslizamiento, las unidades motrices electromecánicas producen control indirecto de algunas variables como son velocidad, posición y potencia.

El motor eléctrico de rotor devanado es similar al de inducción tipo jaula de ardilla, excepto que el rotor tiene sus devanados conectados a tres anillos colectores (deslizantes o rozantes). El control externo de las resistencias en los circuitos de rotor y anillos colectores permite que el motor funcione como unidad motriz de velocidad variable. Cuando se aumenta esa resistencia se reduce la velocidad del motor, la corriente

enviada a través de los resistores se convierte en calor, que se disipa como pérdida por deslizamiento.

Las unidades motrices hidroviscosas son ideales para aplicaciones de funcionamiento continuo y de alto caballaje. Pueden funcionar en lugares con grandes variaciones de temperatura y en donde hay partículas abrasivas. Otra ventaja de dichas unidades hidroviscosas y de todas las fluídas es su seguridad inherente. Debido a que el par se transmite por el líquido no hay piezas deslizantes que produzcan chispas y su funcionamiento es muy suave.

Unidad motriz controlada con variador de frecuencia de corriente alterna

A pesar que los controladores de frecuencia variable son complejos, los motores de corriente alterna jaula de ardilla no lo son; y precisamente esta sencillez hizo que los diseñadores pudieran mejorar el rendimiento de esos sistemas de control.

El motor de inducción jaula de ardilla es más ligero, pequeño, fuerte y menos costoso que sus similares de corriente continua. No tiene

escobillas ni conmutador que se gasten y produzcan chispas. Además, las mejoras en la eficiencia de los últimos años han hecho más deseables a este tipo de motores deca. Los pequeños funcionan con 90% o más de eficiencia y los grandes con más del 96%.

Desde hace unos seis o siete años atrás, los controladores de corriente alterna se han perfeccionado, con la introducción de una nueva generación basada en transistores de potencias grandes en lugar de los SCRs, que presentaban ciertos problemas en la conmutación.

Dimensionamiento de los variadores de frecuencia de CA

El factor más importante que se debe tener en cuenta es la corriente de servicio continuo y de corta duración. Los elevados pares de arranque requieren corrientes muy altas que pueden exceder la capacidad del variador, pero éstos al ser relativamente de corta duración son posibles de soportar. El aspecto clave que se debe conocer para determinar el tamaño de un variador es la corriente a plena carga a velocidad base, o sea la corriente necesaria para que el motor del tamaño correcto funcione en las condiciones previstas de carga.

La variación de la frecuencia y del voltaje en los variadores de velocidad de estado sólido es una de las características primordiales de estos equipos. El voltaje se varía junto con la frecuencia de modo que la densidad de flujo en el entrehierro y por tanto, el par producido por el motor se pueda controlar.

$$\text{Par} \propto \phi \text{ entrehierro}$$

$$\phi \text{ entrehierro} \propto \text{Volts/Hertz}$$

En los últimos tres años se ha perfeccionado el control del vector de flujo magnético obteniéndose mejores resultados en cuanto al establecimiento del torque a diferentes velocidades. Por ejemplo, en el variador de frecuencia de la MITSUBISHI modelo FR-A se pueden obtener las siguientes ventajas con el control del vector de flujo magnético:

- Torque constante durante la aceleración y desaceleración en un rango de frecuencias de 1Hz a 60Hz . Los tiempos de aceleración y desaceleración también pueden ser reducidos.

- El torque del motor es incrementado durante la operación de baja velocidad. Torque de 150% en el motor pueden ser obtenidas a frecuencias de 1Hz y evitan el problema de tener un bajo torque a velocidades muy pequeñas.

- Es posible obtener un monitoreo del torque y velocidad actual.

En la fig. 30 se pueden observar y hacer una comparación entre estos dos tipos de controles.

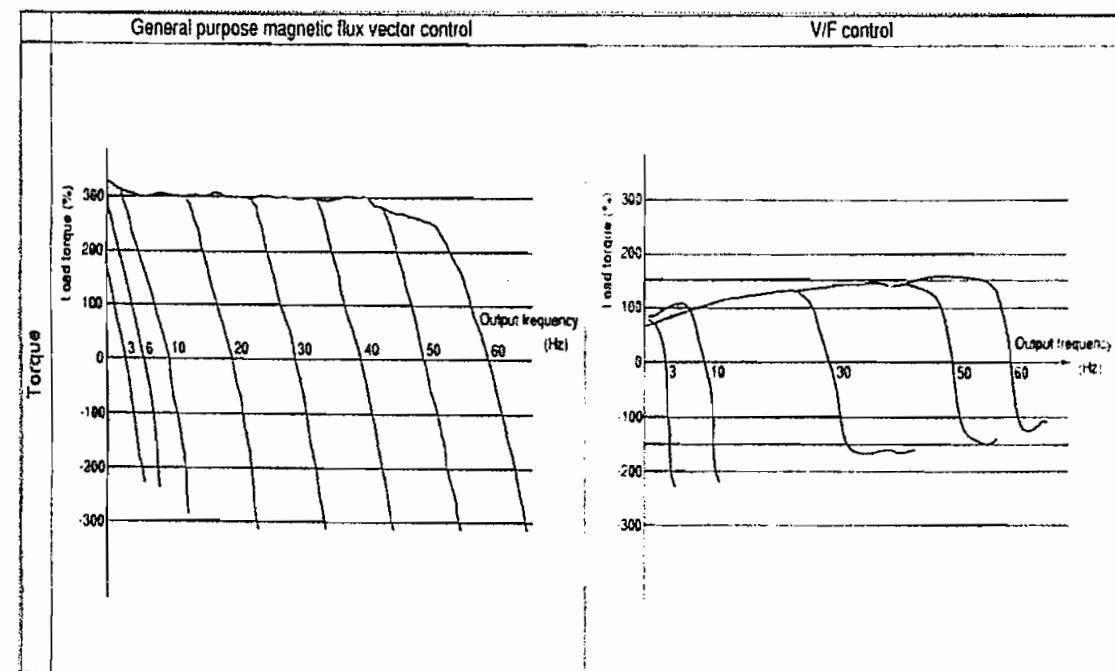


Figura 30. control de flujo magnético y V/F

La capacidad de mantener el torque constante y mejorar las características de aceleración y desaceleración influye considerablemente en los sistemas de bombeo.

Una aceleración y desaceleración suave, efectiva y continua conlleva a mantener los materiales durante más tiempo, las tuberías son expuestas a menor presión debido a la eliminación del golpe de ariete por paradas o arranques bruscos inherentes a los controles on-off.

El ahorro de energía obtenido con variadores de frecuencia al no encender bruscamente a carga nominal, sino entregando la energía necesaria de acuerdo al consumo, es un factor económico importante en la decisión final de utilizar uno u otro sistema.

3.4 SELECCION DEL CONTROL DEL SISTEMA DE BOMBEO (SENSORES DE PRESION O DETECTORES DE NIVEL).

La selección o remplazo de un sistema de control de bombeo a otro, lleva a realizar un análisis técnico - económico de ventajas y desventajas que éstos involucran. Para concretarnos en un ejemplo específico analizaremos los sistemas de bombeo controlados por variadores de frecuencia regulados por sensores de presión y los sistemas de bombeo

de tanque elevado regulados por detectores de nivel. Los sistemas de bombeo convencionales ocupan motores de una velocidad y cuando éstos operan a menos de su capacidad de diseño, desperdician energía. Las pérdidas por caída de presión se pueden evitar si la unidad motriz es de velocidad variable.

Imaginemos una estación de bombeo de red municipal de aguas, como indica la figura 31

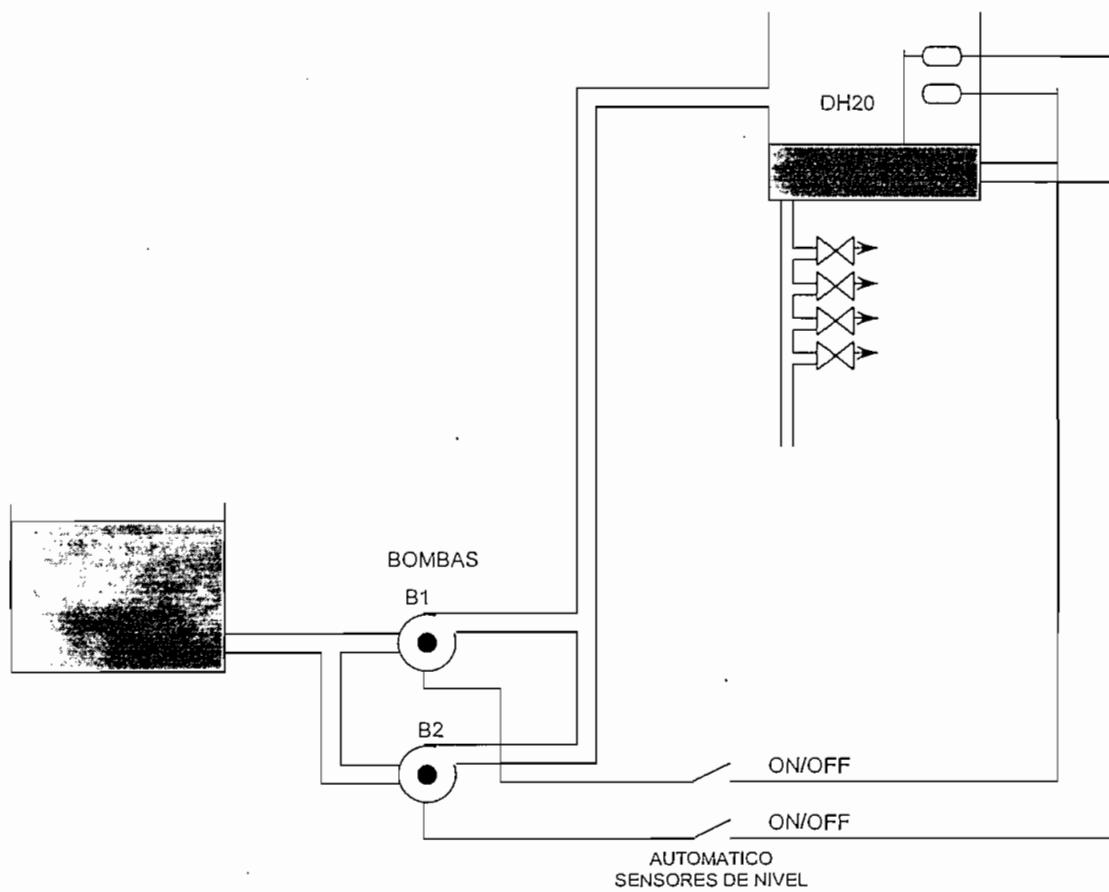


Figura 31 Sistema con detectores de nivel

Supongamos que la distribución es óptima cuando la altura de agua en el tanque de almacenamiento es de 20 metros, y que disponemos de 2 bombas como es en la mayoría de casos de la vida real.

Un par de sensores de nivel (on-off) por cada una de las bombas controla el bombeo en la marcha o paro de los motores eléctricos, la presión es determinada por la diferencia de altura entre los niveles. Si la altura de presión óptima es de 20 metros, en el tanque se ajusta un delta en la altura de +/- 4 metros, donde se colocan los detectores de nivel. Esta variación de alturas provocaría una evidente diferencia de presiones en el consumidor final, que se traduce en un mal servicio de entrega.

El cálculo del rango de presiones en este tipo de sistemas es muy sencillo:

Presión máxima: altura de columna de agua máxima

24 metros = 2.4 Kg/cm²

Presión media : altura de columna de agua media

20 metros = 2.0 Kg/cm²

Presión minina : altura de columna de agua mínima

$$16 \text{ metros} = 1.6 \text{ Kg/cm}^2$$

Al variar la demanda por consiguiente cambia la presión en el tanque.

La rapidez de respuesta depende de la capacidad de las bombas para llenar el tanque a su nivel óptimo, o a su vez para llegar del nivel mínimo al máximo determinados por los detectores de nivel.

Los detectores de nivel al poner en marcha y paro los motores de las bombas originan grandes golpes de ariete, malgastando grandes cantidades de energía. Al tener los detectores de nivel un control on-off, las bombas entran a funcionar a su máxima capacidad al igual que a detenerse con una parada brusca, esto provoca esfuerzos en la tubería y en la bomba.

Para mantener la altura constante y prevenir el excesivo consumo de los motores de las bombas, se puede utilizar la regulación por variadores de frecuencia.

En la figura 32, se puede observar como reemplazaría el sistema por variadores de frecuencia controlado por sensores de presión, al sistema por detectores de nivel representado en la figura anterior.

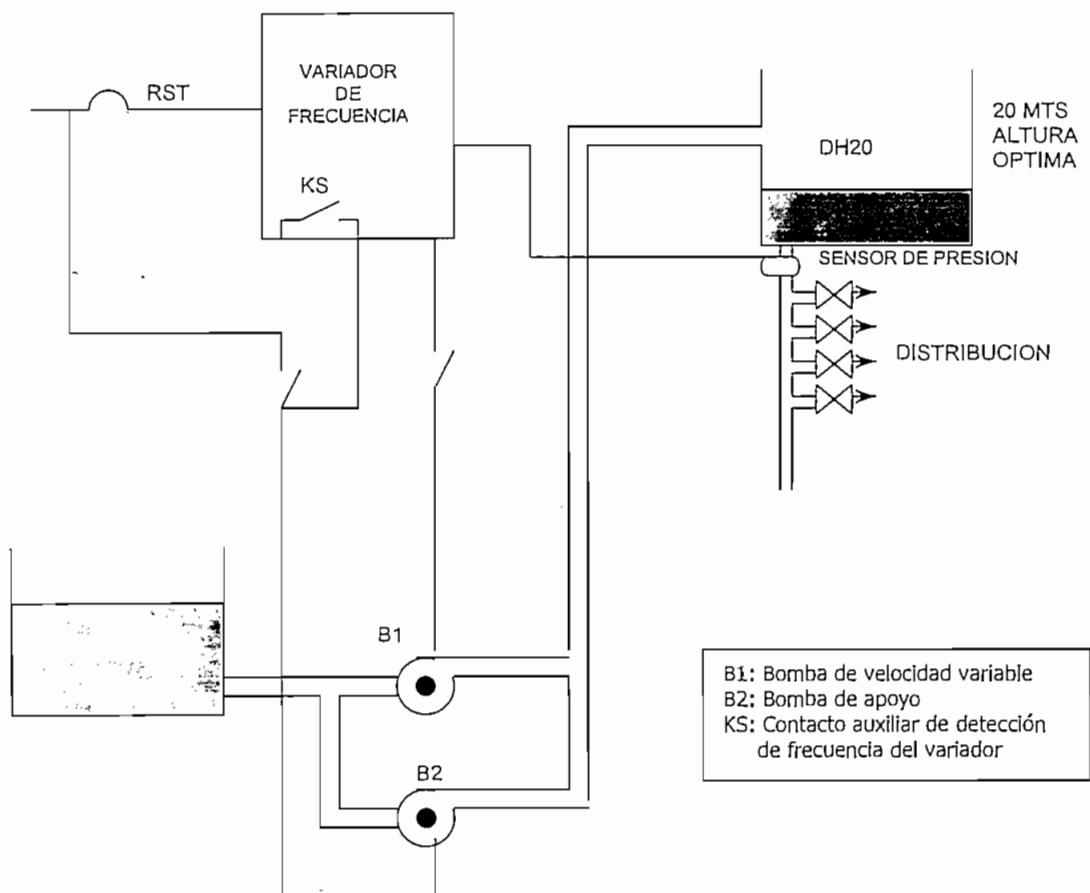


Figura 32. Sistema de variador con dos bombas.

El variador de frecuencia de acuerdo a la presión requerida y previamente fijada, ajusta la velocidad del motor de una de las bombas y conecta y desconecta automáticamente la otra bomba.

Las bombas mantienen la altura constante sin importar cuanto varíe el consumo. El accionamiento con un variador de frecuencia nos da un control completo y preciso del proceso.

Ventajas de la regulación con variador de frecuencia

1. **La presión en la tubería se mantiene constante.-** En el sistema con detectores de nivel y para el caso del ejemplo anterior, entre el nivel máximo y mínimo existe una variación de 0.8 Kg/cm²; en cambio con el sistema de variadores de frecuencia la variación entre el nivel máximo y mínimo que toma la columna de líquido, solo depende de la velocidad de respuesta del sistema, es decir, de la aceleración o desaceleración de la unidad motriz; valores que pueden ser ajustados en el variador gracias a su gran flexibilidad. En el sistema de variadores, la presión de la columna de salida varía alrededor de un +/-5% del valor óptimo fijado para distribución, porcentaje que depende del tiempo fijado en la aceleración y desaceleración del sistema.

Respecto a las tuberías de llenado del tanque, en un sistema por detectores de nivel, al arrancar las bombas bruscamente y al encontrarse el líquido en el nivel mínimo el caudal entregado por la bomba y consecuentemente la carga del motor será la nominal; mientras que al utilizar el variador de frecuencia primeramente se obtendría un arranque suave con el tiempo de aceleración fijado, las cargas entregadas al sistema serán menos drásticas que al entrar a funcionar con una velocidad fija, como se indica en la figura 33.

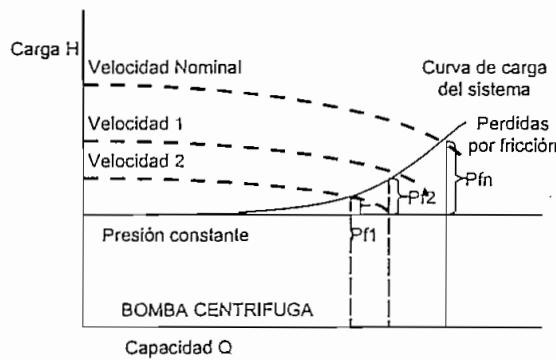


Figura 33

Al obtener un arranque suave y llegar a la capacidad nominal solo si es necesario, las perdidas por fricción disminuyen y las tuberías no son expuestas continuamente a la carga y presión total del sistema.

2. El mayor rendimiento de la energía empleada disminuye el costo de operación.-

Los diferentes caudales que se pueden obtener de una bomba y los diferentes sistemas de fricción se pueden resumir en la siguiente tabla:

flujo nominal %	100% F	75% F	50% F	25% F
100	21	16	9	3
87.5	38	31	20	12
75	57	47	35	20
50	81	69	55	41

Fuente: Hidrocarbo Proc. Septiembre 1.979

Con la tabla anterior se puede calcular fácilmente los ahorros de energía, se puede evaluar la rentabilidad de una inversión más elevada en un sistema de velocidad variable al comparar el costo adicional de ese equipo con la reducción en los gastos de operación.

Ilustraremos la utilización de esta tabla con un ejemplo:

Una bomba centrifuga de 40 HP de motor a una sola velocidad en un sistema de fricción de 75% con un carga de 37HP con el caudal de diseño y un costo de electricidad de 3.5 centavos de dolar por KWh y un ciclo de trabajo del 100% al 100% del caudal de diseño con horas de

operación del 77 % respecto al sistema de variación de velocidad. En cambio al funcionar con variador de frecuencia presenta un ciclo de trabajo de la siguiente manera, 25 % al 100% del caudal de diseño, 16.66% al 87.5% , 25% al 75% y el 33.33 % al 50% del caudal de diseño .

Si hp_d son los hp de diseño, op como las horas de funcionamiento, c el costo de energía y E la eficiencia de la bomba .

Sistema de velocidad fija:

$$hp_d = 37 \text{ hp}$$

$op = 8760 * 0.77 \text{ h/año}$ para sistema de bomba de una sola velocidad

8760 h/año para sistema de velocidad variable

$c = 35$ centavos de dolar

$$E = 37/40 = 0.925$$

Entonces el costo de operación del sistema de velocidad fija es :

$$\$ = (0.746 * hp_d / E) * op * c$$

$$\$ = (0.746 * 37 / 0.925) * 6745.2 * 0.035$$

$$\$ = 7044.6868 \text{ dólares al año}$$

Sistema de velocidad variable:

$$\$ = (0.746 * hp_d / E) * op * c * (\%t1*f1 + \%t2*f2 + + \%tn*fn)$$

donde %tn es el porcentaje de tiempo de funcionamiento promedio en un flujo nominal fn (ver tabla)

$$\begin{aligned} \$ = & (0.746*37/0.925) * 8760*0.035 - (0.746*37/0.925) * 8760* \\ & 0.035*(0.25*0.16 + 0.1666*0.31 + 0.25*0.47 + \\ & 0.3333*0.69) \end{aligned}$$

$$\$ = 9148.944 - 9148.944 * (0.04+0.05164+0.1175+0.229977)$$

$$\$ = 5131.48 \text{ dólares al año}$$

Si realizamos la diferencia entre los dos sistemas obtenemos un ahorro de :

$$\text{dif. } \$ = \$1-\$2 = 7044.6868 - 5131.48$$

$$\text{dif. } \$ = 1913.2 \text{ dólares de ahorro al año}$$

Esto nos da un % de ahorro de energía al año de : 27.16 %

3.- Fácil ajuste de la velocidad del motor para compensar variaciones en la demanda.-

La facilidad de obtener acceso al variador de frecuencia por una señal analógica, hace que este sistema responda de acuerdo a la variación de la

carga en forma continua e inmediata.

El tiempo de respuesta solo depende de la inercia del sistema al que está conectado el variador de frecuencia, en sistemas con alta inercia el sistema debe responder más lentamente por seguridad del sistema mecánico.

Mediante un transductor de presión de salida de 0 a 5 Vdc, o 0 a 10 Vdc, o 4 - 20 mA colocado a la salida de la tubería de distribución, se controla el flujo de líquido de acuerdo a la demanda solicitada por los usuarios.

4.- Disminuye el costo al ser menor la potencia controlada.- En las siguientes dos figuras se puede describir como la velocidad variable puede ahorrar energía al ser el caballaje consumido menor en varias circunstancias de operación.

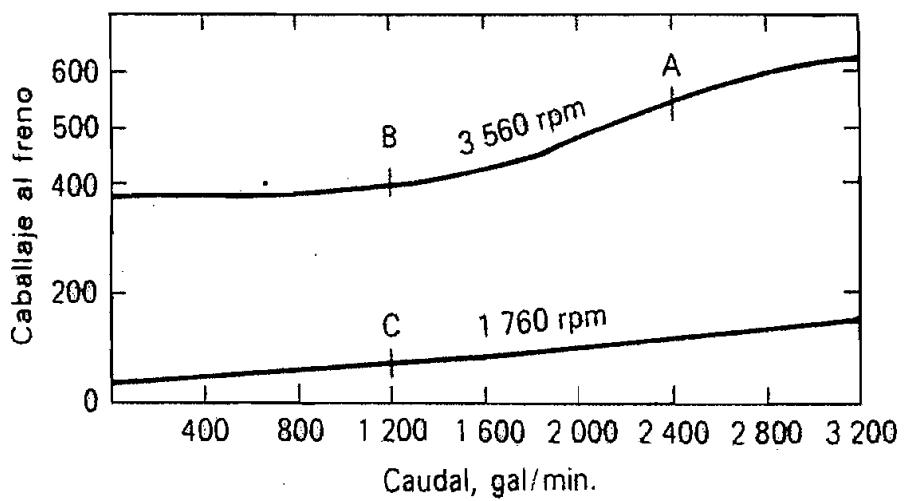
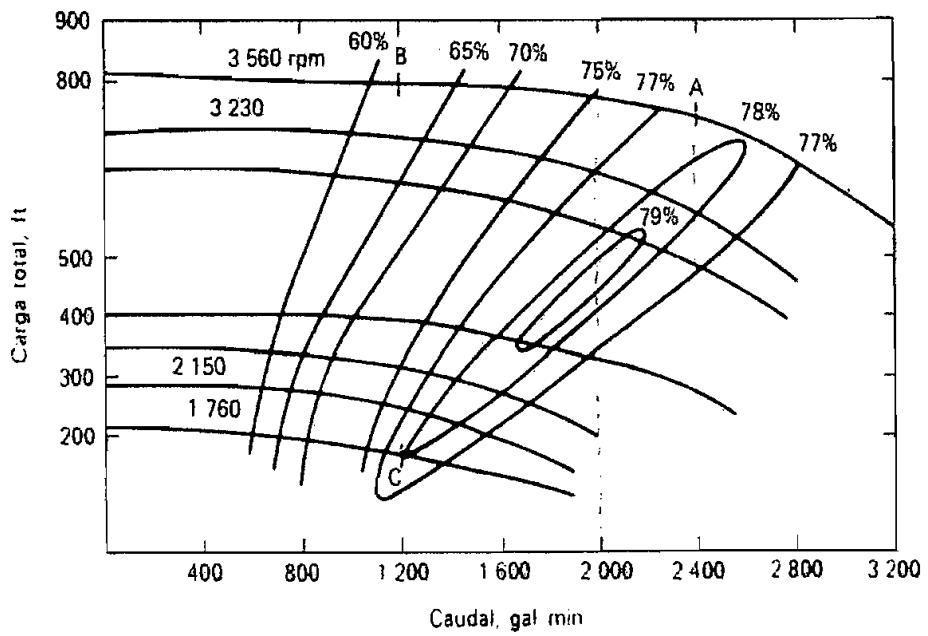


Figura 34. Curvas de ahorro de energía en el caballaje

En el punto de funcionamiento de diseño de 2400 gal/min a 3560 RPM (punto A de la figura 1) la eficiencia de la bomba es de 77.5 % y el caballaje al freno requerido es de 550 hp (punto A fig. 2) al cambiar el caudal a 1200 gal/min sin cambiar la velocidad de la bomba se requerirían 400 hp (punto B fig. 2) y una eficiencia del 63% (punto fig.1).

Sin embargo si se altera la velocidad de la bomba para obtener esa reducción en el caudal solo se necesitan 70 hp (punto C fig 2) y la eficiencia es del 70% (punto C de la fig. 34) . Por tanto la unidad motriz de velocidad variable permite un ahorro de 330 HP sin perdida de eficiencia de la bomba.

5.- Distribución directa .- En sistemas de distribución de agua con control por detectores de nivel es necesario construir un reservorio de agua a cierta altura para obtener la presión necesaria, a partir del cual se distribuirá agua a los usuarios con la diferencia de presión obtenida entre los dos niveles de los detectores. Los sistemas de variación de velocidad, esta presión puede ser controlada directamente a la salida de las bombas de distribución, lo cual evita construir un reservorio elevado de distribución.

CAPITULO IV

EJEMPLO DE APLICACION

DE UN SISTEMA DE

BOMBEO DE AGUA

MEDIANTE VARIADOR DE

FRECUENCIA Y PLC.

4.1 Descripción del sistema de bombeo de agua para las cooperativas del nor-occidente de Santo Domingo de los Colorados.

4.1.1 ANTECEDENTES

El H. Consejo Provincial de Pichincha, en concordancia con las acciones formuladas en el Programa de Desarrollo Regional de Santo Domingo de los Colorados, ha emprendido en la ejecución de obras de saneamiento básico orientados a dotar de sistemas de agua potable a las poblaciones tanto del área urbana como rural de esta gran zona productiva.

La planificación de estas obras y su ejecución permite que la zona occidental de la provincia de Pichincha en general y el cantón Santo Domingo de los Colorados en particular, se incorpore al desarrollo del occidente de la provincia, que es una zona promisoria de grandes recursos agrícolas y ganaderos.

En concordancia con lo expuesto, el H. Consejo Provincial de Pichincha contrató la ejecución de los diseños de la red de distribución de agua potable para las siguientes cooperativas asentadas al nor-occidente de la ciudad: Che Guevara, Eulogio Pazmiño, Las Acacias, 24 de Septiembre,

2 de Mayo, Gran Colombia, El Colorado UCOM, Ciudadela Central, Brisas del Colorado I, Brisas del Colorado II y Trabajadores del HCPP.
(ver Anexo # 3)

4.1.2 ORIGEN DE LAS FUENTES DE SUMINISTRO

Como parte adicional a los estudios de la red de distribución, el H. Consejo Provincial de Pichincha contrató la perforación de dos pozos profundos.

De las investigaciones hidrogeológicas efectuadas en la zona del proyecto y luego de las pruebas respectivas de bombeo se determinó que cada pozo producirá 20 l / s (litros por segundo).

De conformidad con los análisis físico-químicos, estas aguas presentan un contenido de Fe que requiere la incorporación de unidades de tratamiento que eliminen el mencionado elemento, cuya concentración supera los límites máximos establecidos en las normas.

4.2 Parámetros de diseño. Condiciones de operación.

Las cooperativas en estudio están ubicadas en una zona de clima subtropical húmedo, bajo esta consideración y en concordancia con las normas, se aplicará en el diseño los siguientes parámetros:

Los parámetros a adoptarse en el diseño del sistema son los siguientes:

- Población de saturación 37766 habitantes
- Horizonte de diseño estimado 20 años.
- Dotación 120 l / hab dia
- Factor de caudal máximo diario 1.3
- Factor de caudal maximo horario 2.0
- Caudal de incendios 10 l / s .
- Caudal de diseño de la conducción, Qmáx diario +5%
- Caudal de diseño de la red, Qmáx. diario
- reserva de regulación, 25% Qmed. diario.
- Volumen incendio, $100*(p)^{0,5}$

$$p = \text{POBLACIÓN EN MILES} .$$

- volumen de emergencia, 25% del volumen de regulación
- Caudal medio diario requerido al final del periodo de diseño 52.45

$$l / s$$

- Caudal máximo diario requerido al final del periodo de diseño 68.19 l / s.
- Caudal máximo horario requerido al final del periodo de diseño 105.00 l / s.
- Población a servirse en primera etapa 26.585,00hab.

Todos estos parámetros son suministrados por el HCPP, los parámetros mecánicos y eléctricos dependen de estos.

4.3 Sistema de control y regulación.

Hay varias formas de controlar y regular el almacenamiento y distribución de agua potable, como se vio en el capítulo III.

En sistemas pequeños son prácticamente factibles todos, pero en sistemas grandes la topología, la factibilidad de construcción y costos, son factores importantes que determinan que sistema de regulación y control es aconsejable aplicar.

En el caso de las zonas pobladas al noroccidente de la ciudad de Santo Domingo de los Colorados, con un número superior a 26.585 habitantes, lo lleva a ser considerado y tratado como un sistema grande.

Tres son los sistemas a considerar; por tanque elevado, por tanque hidroneumático y por unidad motriz variable.

El problema común es mantener un nivel de presión considerable en el sistema de distribución. Las dificultades de cada sistema son los siguientes:

- **Sistema por tanque elevado:** La mayor dificultad es encontrar un lugar elevado a la construcción de una o varias torres de altura superior a la de distribución. En la zona del noroccidente de Santo Domingo un lugar natural se encuentra a 3.5 Km. en línea recta a la zona donde se encuentra el pozo, éste es el monte Bamboli. Esto implica la construcción del tendido de aproximadamente 9 Km. de tubería tanto de acometida como la de distribución, además un tanque de 50m³ de concreto reforzado. La presión en el sistema va a depender de la diferencia de altura entre los detectores de nivel.
- **Sistema por tanque hidroneumático:** La construcción de un tanque hidroneumático de 50 m³ para abastecer la zona del noroccidente de Santo Domingo de los Colorados lo hace un sistema demasiado costoso y de operación no adecuada.

- **Sistema por unidad motriz variable:** Este sistema mayor dificultad no posee ya que el bombeo se realiza de forma directa desde la cisterna de tratamiento hacia el usuario o para mantener un mejor nivel de presión se envía a un tanque elevado primero y luego se realiza la distribución . La calibración de sensores y la coordinación en el encendido y apagado de las bombas de acuerdo a las señales recibidas podría significar el mayor problema. El sistema tiene una respuesta relativamente rápida para mantener un nivel constante de presión. Por esta razón el sistema por unidad motriz variable es el más aconsejable en sistemas de bombeo en pequeña y gran escala.

4.3.1 Funcionamiento del Sistema

El suministro de agua proviene de un pozo de 85 metros de profundidad y una bomba sumergible lleva el líquido hacia una cisterna pasando primero por unas terrazas de tratamiento de agua. Una vez en la cisterna el agua es distribuida directamente mediante un sistema de bombeo por variador de frecuencia (unidad motriz variable).

La bomba sumergible es controlada por sensores de nivel (on-off) tanto en el pozo como en la cisterna, mientras que el sistema de variador de frecuencia es controlado de la siguiente manera:

Un sistema de 2 bombas centrífugas, donde la una es controlada por un variador de velocidad, de acuerdo a la presión registrada por un sensor a la salida común de las 2 bombas y la otra bomba será de apoyo a la primera. Un sensor de caudal proporcionará la señal de encender o no la bomba de apoyo, de acuerdo a la demanda. Ver figura # 36.

El sistema es el siguiente:

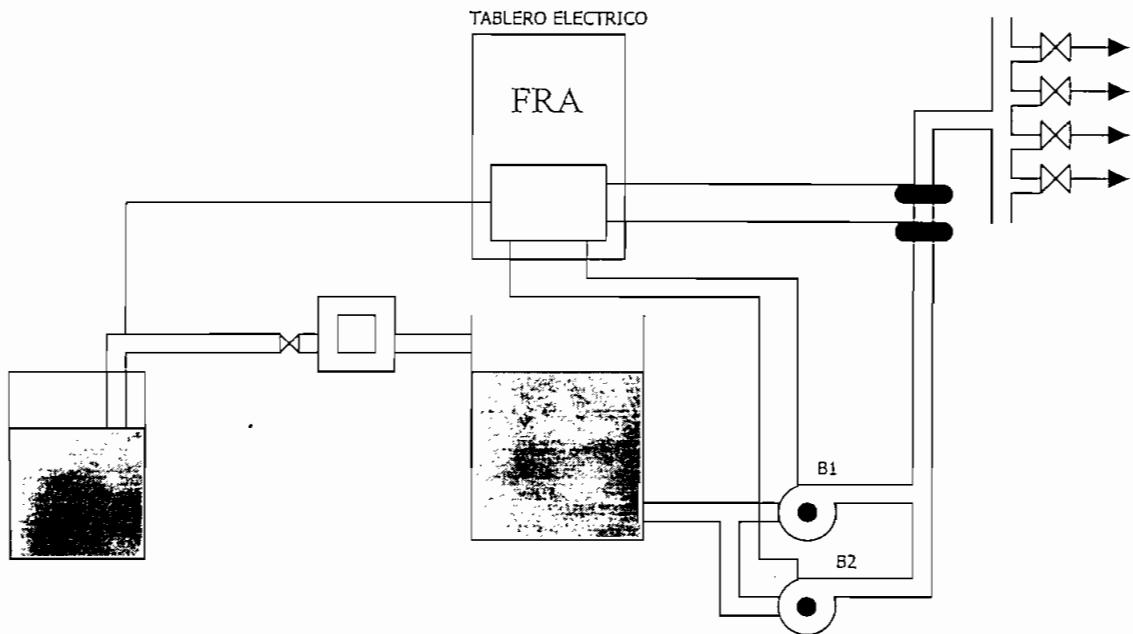


Figura 36

4.3.2 Diseño del sistema

De acuerdo a los parámetros de diseño podemos obtener la capacidad de las bombas requeridas y dimensionar los equipos tanto eléctricos como mecánicos.

Número de habitantes a dotar de agua = 37.766 habitantes max.

Capacidad promedio 120 ltrs. por habitante al día

Por lo tanto el caudal medio máximo diario es el siguiente.

$$\text{Qmed max /día} = \frac{37.766 \text{ hab.} \times 120 \text{ l}}{\text{día}} \times \frac{1\text{día}}{24 \text{ h}} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{seg}} = 52.45 \text{ l/s}$$

De acuerdo a los parámetros proporcionados por el HCPP el factor de caudal máximo diario es de 1.3 y el factor de caudal máximo horario es de 2.0. Entonces el caudal max diario es:

$$\begin{aligned}\text{Qmax/diario} &= \text{Qmed max/día} \times 1.3 \\ &= 52.45 \text{ P/s} \times 1.3 \\ &= 68.18 \text{ P/s}\end{aligned}$$

$$\text{Qmax/horario} = \text{Qmed max/día} \times 2.0$$

$$= 52.45 \text{ P/s} \times 2.0$$

$$= 104.9 \text{ P/s}$$

Estos datos coinciden con los datos proporcionados por el HCPP

Con el dato de caudal promedio máximo diario podemos realizar los cálculos de las bombas requeridas al final del periodo de diseño.

Por la extensión de la zona y considerando que el bombeo por unidad motriz variable es directo se construyen 2 estaciones, cada una con 2 bombas, una controlada por variador de frecuencia y otra de apoyo a la misma.

Por lo tanto el dato de caudal promedio max diario será dividida para 4, de lo cual obtenemos el siguiente dato:

$$Q_{\text{med max/diario}} = 52.45 \text{ P/s}$$

Por bomba $Q_{\text{med max/diario}} = 13.11 \text{ P/s}$

Este es el dato que debemos buscar en las curvas características a velocidad nominal (VER ANEXO 4)

En el anexo # 4 encontramos las curvas características de bombas centrífugas con un rango de 0 a 240 gpm ó de 0 a 15.13 l/s y una altura dinámica de 50 a 140 metros y un caudal de 0 a 60 m³/h.

Los parámetros de diseño por bomba van a ser las siguientes:

Capacidad l/s = 13.11 P/s

Caudal m³/h = 13.11 P x 36005 x 1m = 47.2 m³/h

$$\frac{\text{S}}{\text{S}} \quad \frac{1\text{h}}{1000\text{P}}$$

Velocidad nominal al eje = 3550 RPM

De acuerdo al anexo # 4, encontramos las curvas debidas con los datos anteriores, (ver fig. 37) y obtenemos la potencia del motor.

Potencia = 33 HP

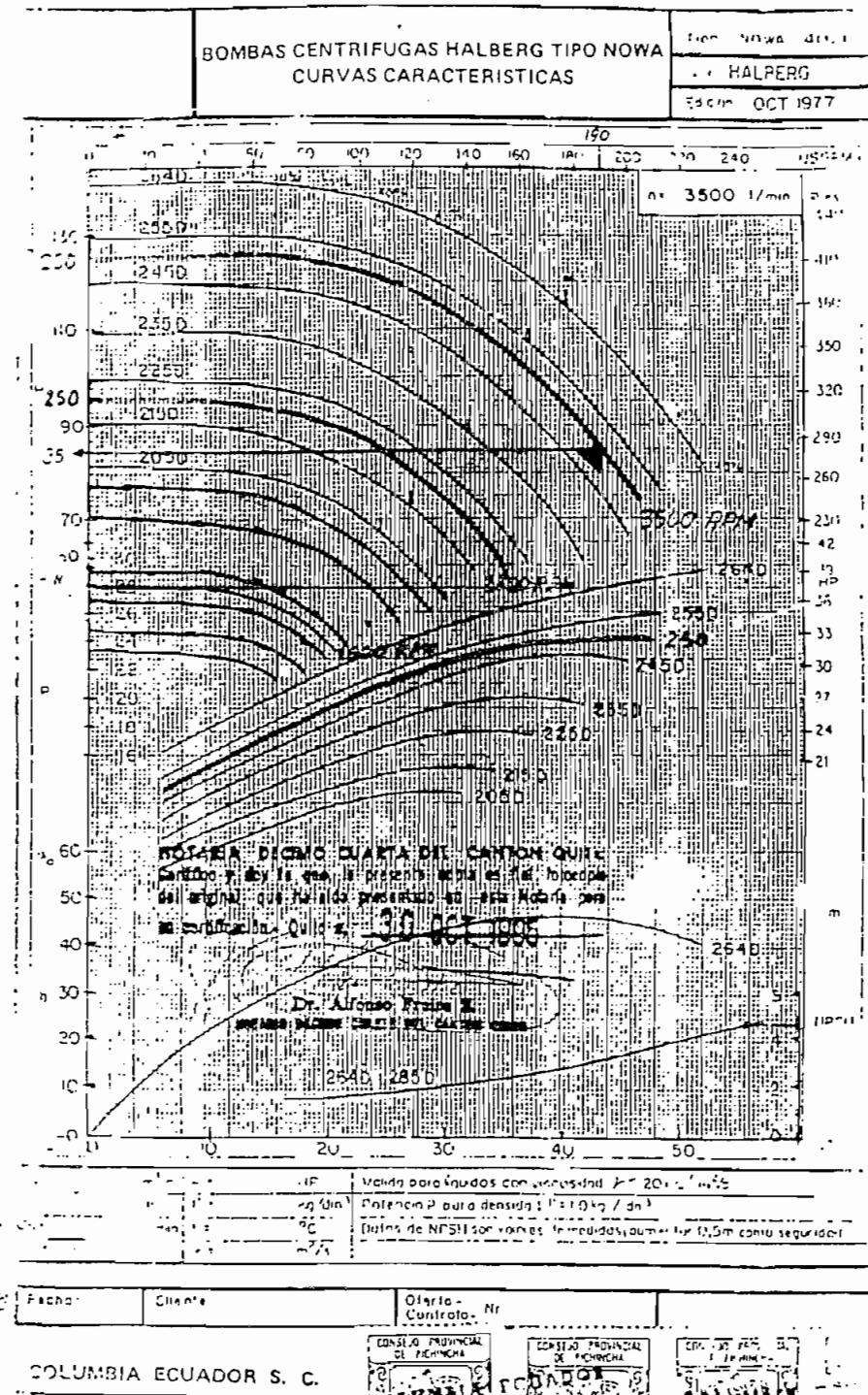


Figura 37 Curvas características de bombas centrifugas Halberg

Además obtenemos el rango de variación de velocidad manteniendo una carga estática de 55 metros (75 psi).

Rango de variación de velocidad de 1700 RPM a 3550 RPM para mantener una presión constante, por lo tanto, en frecuencia el rango de variación es el siguiente:

Rango de variación de frecuencia de 27 Hz mim a 60 Hz frecuencia nominal.

Con este rango de variación podemos obtener un funcionamiento a presión constante dentro de las características eléctricas y mecánicas proporcionadas por el fabricante. Aunque en realidad el variador puede proporcionar frecuencias de 400 Hz un motor normal no lo resistiría. Pero si soporta sobrevelocidades de hasta un 100% y el sistema mecánico de acople hasta un 70 % encima de lo normal . En el sistema de bombeo, la variación de velocidad tiene otro factor limitante que es la carga neta positiva de succión tanto disponible como requerida para evitar cavitación en la bomba, $NSPHA - NSPHR > 0$ para que la bomba funcione con seguridad y exenta de vaporización instantánea de líquido .

$$NSPHA = nb - pf$$

nb = columna de agua desde la toma de las bombas hasta el nivel superior de líquido

pf = presión de pérdidas por fricción en la tubería de entrada.

NSPHA = 4.5 mt - 0.15 mt

NSPHA = 4.35 mt

Considerando que NSPHA se mantiene constante y que es igual a NSPHR

entonces NSPHR = 4.35 mt.

De acuerdo a curvas características de la bomba (anexo # 4), la carga neta positiva de succión requerida varia de acuerdo al cuadrado del caudal, obteniendo a 4.35 mt un caudal de 55.5 m³/h a una frecuencia de 76 Hz .

Por lo tanto el rango de frecuencias es el siguiente:

27 Hz mínimo para mantener una presión de 75 psi en la tubería y 76 Hz máximo para que no exista cavitación.

La bomba sumergible debe tener la capacidad de suministro de 2 bombas de distribución menos un 25% , esto es por la reserva que se encuentra en el tanque cisterna, entonces:

Capacidad de bomba sumergible = $0.75 \times 2 \times$ capacidad bomba distribución

Esto corresponde según las curvas de bombas SIHI a una bomba de las siguientes características.

Potencia motor : 40 HP 220V.

Caudal: 320 G.P.M (20L/S)

Altura : 85 mts

Equipo eléctrico

Arranques :

Bomba de agua sumergible :

Potencia = 40 HP Contatores: In = 65 Amp. AC3

Vn : 220 V. Relé térmico : 60 - 90 Amp.

In : 78 Amp. Disyuntor : 100 Amp. 220 v.

In : 78 Amp. Disyuntor : 100 Amp. 220 v.

Bombas de distribución:

BOMBA #2 : motor : 34 HP, 220 Vn

Controlada por variador de frecuencia

Variador de frecuencia I corriente nominal = 80 Amp.

Variador Mitsubishi : modelo FRA - 220 E - 22 K

proporciona corriente

I (a torque variable) = 104 Amp.

Disyuntor 100 Amp. 220 V.

BOMBA # 3 : Arranque estrella - triángulo

Potencia : 34 HP Contactores: In = 50 Amp. AC3

Vn : 220 V Relé térmico : 60 - 90 Amp.

In : 66.5 Amp. Disyuntor : 100 Amp. 220 V

SENSORES:

Control de bomba sumergible : Control de nivel mínimo en pozo y control de nivel máximo en la cisterna, sensor tipo péndulo, control on-off.

Control de bombas de distribución :

* Control de nivel mínimo de succión en cisterna. Sensor tipo péndulo, control on - off

* Control de presión: Sensor analógico, señal de salida 4 - 20 mA.

Señal destinada a variar la velocidad de la bomba # 2. Escala 0 - 150 PSI

* Sensor de caudal tipo lengueta. control on - off , activa o desactiva las bombas de distribución el momento que hay exigencia o no de líquido.

Sensor de voltaje : Mínimo y máximo voltaje, secuencia y falla de fases.

Controlador lógico programable : 12 entradas y 8 salidas. 220 VAC

4.3.3 Programación del variador de velocidad

La programación del variador depende de la aplicación y de las características del motor .

Aplicación: Sistema de bombeo de agua potable a presión constante.

Variador de frecuencia: MARCA: Mitsubishi

MODELO: FRA-2220E-22K

Vn : 220 V.

I (a torque variable) : 104 Amp.

Motor : POTENCIA : 34 HP

RPM : 3500

In : 66.6 Amp.

Bomba : MARCA : HALBERG

TIPO : NOWA

CAUDAL : 190 GPM (12 Lt/SEG)

ALTURA : DINAMICA : 85 mts.

NPSH REQUERIDO : 4.5 mts.

CURVAS CARACTERISTICAS (ANEXO # 2)

4.3.3.1 FUNCIONAMIENTO DEL VARIADOR DE VELOCIDAD

El variador de velocidad funcionará de acuerdo a la señal enviada por el sensor de presión, de tal forma que se pueda obtener un rango de presión deseada a la salida. De acuerdo a las características de la bomba indicadas en el Anexo # 4, el rango de velocidad para mantener constante la presión a 55 metros (75 PSI) es el siguiente:

1700 RPM (velocidad mínima) y 4478 RPM (velocidad máxima de la bomba). Esto equivale al siguiente rango de frecuencias en el variador de velocidad, 1700 RPM ---> 27 Hz , 4478 RPM ----> 76 Hz. . (ver figura 37)

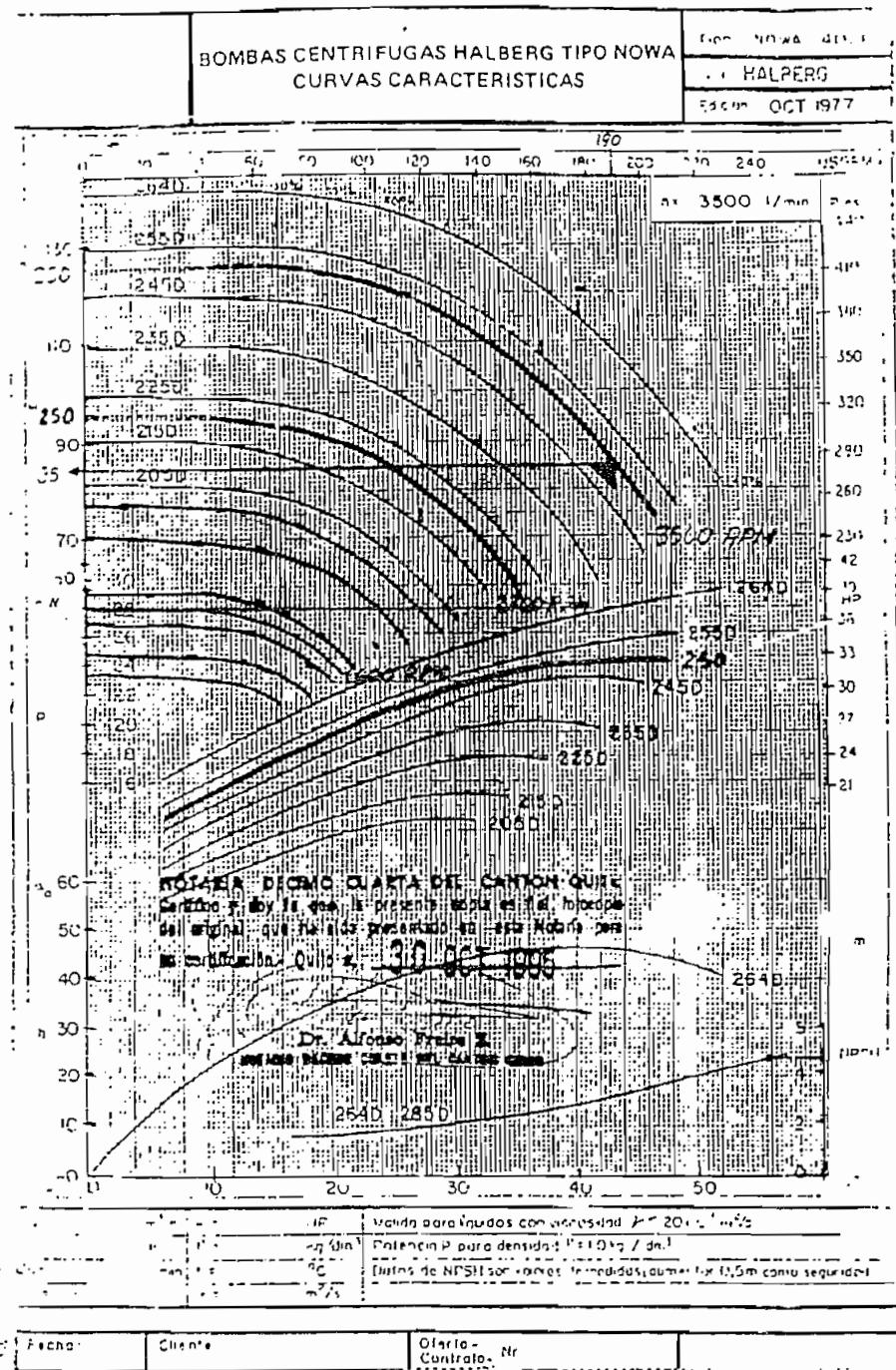


Figura # 37

El sensor de presión envía al variador una señal de 4 a 20 mA, la cual se traduce en señal de salida de frecuencia al motor, de 76 a 0 Hz respectivamente.

A baja presión 4 mA ----> 4478 RPM , Alta presión 20 mA ----> 0 RPM

Como el sensor de presión tiene una escala de 0 a 150 psi, la curva de presión vs frecuencia debe mantenerse en su promedio de 75 psi y con una frecuencia de conexión de 60 Hz ; lo que permite una mayor estabilidad en el sistema el momento que entra la bomba de apoyo, lo que no sucedería si la curva presión vs frecuencia se la realiza con las frecuencias nominales de funcionamiento de los motores de las bombas.

Como se puede observar en la figura # 37 la frecuencia de conexión de la bomba de apoyo a estas condiciones sería a 26 Hz, llevaría al sistema a una presión doble de la requerida e inmediatamente se apagaría, ya que el sensor de presión daría la señal de bajar la frecuencia en la bomba 1 y de apagar a la bomba 2 (apoyo); y así el sistema empezaría a oscilar hasta que la presión sea superior a la requerida. Este tiempo de oscilación se reduce haciendo conectar a la bomba de apoyo a una frecuencia cercana a su nominal, tal como se indica en la figura # 38.

El momento que arranca el sistema, la presión es mínima 4 mA (0 PSI) por lo que el sistema se acelera a su velocidad máxima 4478 RPM como la presión va ha ser muy baja hasta llenarse las tuberías inmediatamente se encenderá la bomba de apoyo. Una vez que empiezan a llenarse las tuberías la presión empieza a subir. El momento que llega a 75 psi con las dos bombas activadas, se desconecta la bomba de apoyo e inmediatamente toma carga la bomba de velocidad variable hasta que la demanda aumente y nuevamente entre en funcionamiento la bomba de apoyo y estabiliza la presión deseada.

4.3.3.2 Ajuste de rangos y parámetros de funcionamiento.

Parámetro # 0

Fijación de torque (manual)

Este parámetro se encuentra seteado en el mismo valor de fábrica ya que con el parámetro 38 y 39 se obtiene un ajuste automático.

set: 3%

Parámetro # 1

Límite de frecuencia máxima: El sistema girará a velocidad nominal 60 Hz- 3550RPM en baja presión $f_{max} = 60$ Hz. Aunque el sistema lo requiere se puede aumentar hasta un 30 % más, sin correr riesgo el sistema mecánico f_{max} futuro = 78 Hz.de acuerdo a características de la bomba y modificaciones a realizar en infraestructura de cisterna (mayor altura de nivel de líquido)

set = 60 Hz (frecuencia max de cavitación)

Parámetro # 2

Límite de frecuencia mínima. 0Hz. Esta frecuencia se podrá hacer coincidir con la frecuencia mínima que se obtenga con el sensor de presión.

set = 0 Hz

Parámetro # 3

Frecuencia base: Se fija en la frecuencia de trabajo del sistema interconectado ecuatoriano. $f_{base} = 60 \text{ Hz}$.

Parámetro # 4, 5 y 6

Frecuencias Prefijadas alta, media y baja: Se encuentran con el seteo de fábrica. 60, 30 y 10 Hz respectivamente. Aplicable con funciones externas

Parámetro # 7

Tiempo de Aceleración: $ta = 7 \text{ seg}$
tiempo en ir de t_{mim} a t_{max} prefijado
 t_{max} prefijado en parámetro # 20

Parámetro # 8

Tiempo de desaceleración . $td = 10 \text{ seg.}$
tiempo en trabajar la velocidad t_{max} p a t_{mim}
 t_{max} p = fijado en parámetro # 20

Parámetro # 9

Relé térmico electrónico.

Ith = 100 Amp. Ithmax variador = 104 Amp. a torque variable

Parámetro # 10, 11 y 12

Ajuste de freno DC

Pr # 10= frecuencia de operación del freno DC. se encuentra seteado al valor de fábrica ya que al no ser necesario. por no tener una inercia prolongada el sistema y no necesita que se detenga a cierta frecuencia.

Pr # 11= tiempo de operación del freno, seteo de fábrica 0,5 seg.

Pr # 12= inyección de voltaje al freno: Porcentaje del voltaje de entrada 1 %

Parámetro # 13

Fijación de la frecuencia de arranque: Para obtener un arranque suave la frecuencia debe ser iniciada desde 0 Hz o coincidiendo con valor de frecuencia mínima de sensor de presión, 20 mA ---> 10 Hz (ver parámetro #904 y 905)

Parámetro # 14

Selección de la carga aplicada - característica V/F cuando el PR 80 Y 81

es activado el control de vector de flujo, Pr # 14 es ignorado

En el variador Mitsubishi el set del valor se coloca en 1, curva de carga

tipo parabólica (arranque suave para bombas y ventiladores)

recomendado por el fabricante.

Parámetro # 15 y 16

operación JOG: es una operación por impulsos

El PR # 15 determina la frecuencia a la que va a llegar el impulso y el

Pr # 16 determina el tiempo de aceleración y desaceleración una vez

dado el impulso. En nuestro caso no es necesario, pero se encuentra

seteado en los valores de fábrica. Terminales de conexión STF y STR

para control en forma manual.

Parámetro # 17

Selección de relé térmico externo.

Existen dos puntos de seteo 0 (off) , 1 (on)

Se encuentra seteado en 0 ya que no es necesario colocar un relé térmico

externo.

Un relé térmico externo se coloca cuando hay más de un motor conectado al variador.

Parámetro # 18

Seteo de límite de frecuencia a altas velocidades

Este parámetro es usado para operación a 120 Hz o más, cuando este parámetro es seteado el valor del Pr # 1 es automáticamente cambiado a este valor.

Actualmente se encuentra seteado al mismo valor de Pr # 1.

Parámetro # 19

Seteo de voltaje base, este voltaje es automáticamente seteado por el modelo del variador en este caso 200 a 230 V

Parámetro # 20 y 21

Seteo de frecuencia e incremento de tiempo en aceleración y desaceleración

Este parámetro determina la frecuencia máxima de operación coincidiendo con parámetro 904 y 905. 4 mA ----> 60 Hz . El parámetro # 21 nos da el incremento de tiempo en aceleración y desaceleración.

Parámetro # 22, 23 y 66

Seteo del nivel de operación

Pr # 22 : nivel de límite de corriente, seteo de fábrica 150 % de la In. puede setearse hasta 200 % de la In. considerando que esta corriente podrá ser soportada por el variador en tiempos cortos

Pr # 23 : Límite de corriente a 400 Hz.

Cuando este Pr. no es seteado se setea automáticamente a
Pr # 22.

Pr # 66 : Frecuencia que empieza la reducción en el límite de corriente las características de aceleración del motor para operación mayor a 60 hZ, el límite de corriente en la banda de altas frecuencias puede reducirse.

NOTA: Con el parámetro de control del vector de flujo seteado en Pr # 80 y 81 se ignoran los Pr # 23 y 66.

Parámetro # 24, 25, 26, 27 y 28

Seteo de frecuencia de multivelocidades, esto al no ser utilizado se encuentra con los valores de fábrica.

Parámetro # 29

Seteo de curvas de aceleración y desaceleración, para obtener una aceleración y desaceleración suave se setea el valor en 1 de acuerdo al siguiente gráfico, es una curva tipo S-A (ver cap. III).

Parámetro # 30 y 70

Seteo de freno regenerativo

Con Pr # 30 : se selecciona la unidad externa de freno regenerativo como no es necesario se encuentra seteado en valor de fábrica = 0

Con Pr # 70 : se setea el valor de máximo freno regenerativo cuando el Pr # 30 = 0 Pr # 70 = no es indicado.

Parámetro # 31, 32, 33, 34, 35, 36

Seteo de frecuencias de salto. Esta propiedad no es necesaria y se encuentra seteada a valor de fábrica

Parámetros # 37

Seteo de la unidad de indicación de velocidad : se puede elegir la unidad por sistemas rotatorios o por distancias recorridas en sistemas lineales de rotación. En este caso al ser un sistema directamente acoplado se

setea al valor del número de polos y se obtiene la velocidad directamente en el display (3600 RPM)

Parámetro # 38 y 39

Seteo de torque automático: Pr# 38 nos indica si este sistema se encuentra activado, actualmente se encuentra apagado set=0, Pr# 39 nivel de corriente de torque automático al no estar activado el sistema este valor es ignorado set=0 amp.

Parametro # 40

Terminales de salida :

Se encuentra seteado con valor de fábrica set = 1234

Terminales activados SU, IPF/UVT, OL, FU1

Parámetros # 41

Ajuste de la sensibilidad de frecuencia alta

set = 10 % , pero no es utilizado este terminal ya que se tienen frecuencia variables con una señal analógica de 4 a 20 mA.

Parámetro # 42 y 43

Detección de la frecuencia de salida

Este valor es muy importante ya que con este valor se envia la señal de encendido y apagado de la bomba de apoyo.

Pr# 42 set= 43.0Hz

$f_p = 43.0 \text{ Hz}$, si $f > f_p$ entonces bomba de apoyo encendido

si $f < f_p$ entonces bomba de apoyo apagado

Pr# 43 set= 9999 (no activado)

Parámetro # 44, 45, 46 y 47

Seteo de funciones de control secundario

Activado los terminales RT y SD entra en funcionamiento los tiempos secundarios de aceleración y desaceleración.

Se encuentran seteados con los valores de fábrica.(no activados)

Parámetro # 48 y 49

Si Pr# 49 no es activado Pr # 48 es ignorado.

Se encuentra seteado con valores de fábrica (no activado)

Parámetro # 50

Detección secundaria de la frecuencia alta de salida

Seteo de fabrica 30 Hz (no activado con parámetro # 40)

Parámetro # 51, 52.53. 54 y 158

Selección de la señal de salida en el monitor y en la unidad de parámetros PU, además se puede seleccionar la activación de envío de señales AM y FM para aparatos de medida externa.

Parámetro # 55 y 56

Señales externas para sistemas de medición de magnitudes del variador (no activado)

Parámetro # 57 y 58

Operación de reinicio luego de una falla de poder o del disyuntor principal.

Pr # 57 no activado ya que si hay una falla de poder debe ser verificado por el operador de la planta por seguridad del equipo .

Pr # 58 se encuentra seteado en 1 seg. por tratarse de un carga sin mucha inercia.

Parámetro # 59

Seteo de función remota (no activado)

Parámetros # 60

Modo de selección inteligente

set = 4 modo de ahorro de energía recomendado por el fabricante para sistemas de bombeo

Parámetro # 67, 68 y 69

Funciones de retardo para desactivar alarmas luego de ocurridas.

No se encuentran activadas actualmente.

Parámetro # 71

Solo aplicable cuando las características del torque son constantes

Parámetro # 72

Selección de la frecuencia portadora PWM

Se encuentra seteado de acuerdo a los rangos de fabrica en 14.5 KHz pero puede ser cambiada la frecuencia portadora PWM desde 2 a 14.5 KHz dependiendo de la frecuencia de resonancia del sistema mecánico o del motor.

Parámetro # 73

Selección del rango de voltaje para comandar la frecuencia

Como nuestra señal de comando es de corriente, esta señal se encuentra inhabilitada set = 1 de fábrica

Parámetro # 74

Constante de tiempo de filtro de entrada de las señales de voltaje y corriente, evitando ruido en las señales de mando externos.

Se encuentra seteado en el valor de fábrica set = 1 , set min = 0 y set max = 8

Parámetro # 75

Detección de la desconexión de la unidad de parámetros.

Se encuentra seteado en valor cero, en este set el sistema continua trabajando a pesar de haber desconectado la unidad de parámetros PU

Parámetro # 76

Selección del código de salida de alarma.

Se encuentra seteado con el valor de fabrica, set= 0 con lo cual se obtiene el mismo seteo de terminales de salida seteados en el parámetro # 40.

Parametros # 78

Prevención al funcionamiento reversa.

Se pueden seleccionar tres valores 0, 1, 2

0 = se puede rotar en ambos sentidos

1 = Rotación reversa desactivada

2 = Rotación delantera desactivada

Se encuentra seteado en : 1

Parámetros # 79

Selección del modo de operación.

Se pueden seleccionar cinco valores 0,1,2,3,4

El inversor puede funcionar con señales externas o con la unidad de parámetros.

0 = puede operar con la unidad de parámetros y con señal externa

1 = Solo puede funcionar con la unidad de parámetros PU

2 = Solo puede funcionar con señales externas

3 = La señal de frecuencia puede ser cambiada solo con la unidad de parámetros y la señal de rotación solo puede ser dada por señal externa.

4 = La señal de frecuencia puede ser cambiada solo por señal externa y la señal de rotación puede ser cambiada solo por la unidad de parámetros PU.

Se encuentra seteado en 0.

Parámetro # 80 y 81

Selección del control de flujo magnético.

Es recomendable aplicar cuando el torque es del tipo variable, aquí se debe fijar la capacidad del motor y el número de polos.

Se encuentra seteado en 40 Hp y 2 P.

Parámetro # 900

Calibración del terminal de salida FM.

Podemos tener una salida de corriente (max 1mA) o una señal de pulso (1440 Hz) con esto calibramos equipo de medición.

Parámetro # 901

Calibración del terminal de salida AM.

Es una salida analógica de 0 a 10 VDC para controlar equipo de medición.

Parámetro # 902, 903, 904, 905.

Pr. # 902 : Bias para señal de voltaje teniendo la frecuencia como referencia.

Pr. # 903 : Gain para señal de voltaje teniendo la frecuencia como referencia.

Pr. # 904 : Bias para señal de corriente teniendo la frecuencia como referencia.

Pr. # 905 : Gain para señal de corriente teniendo la frecuencia como referencia.

La señal de control es de 4-20 mA de tal forma que ocuparemos los parámetros 904 y 905 de Gain y Bias de corriente.

Se fija una señal que a mayor frecuencia menor la señal de corriente y viceversa.

La señal de corriente proviene del sensor de presión, como es una curva lineal y proporcional tratamos de acoplarnos al sistema tanto de los

equipos mecánicos y eléctricos, obteniendo la frecuencia de switcheo a la presión deseada.

Como la presión deseada es 75 psi, esta es la escala media del sensor por lo tanto el sensor de presión debe ser de escala de 0 -150 psi, debemos acoplar la curva presión - frecuencia a este rango .

Para mantener la presión promedio a 75 psi deberíamos tener una frecuencia mínima de trabajo de 27 Hz si es que el consumo fuera continuo, esto es por que de acuerdo al anexo # 2 la bomba no puede proporcionar dicha presión a velocidades mas bajas, pero esto no es factor limitante ya que el momento que se llenen las tuberías la presión dentro de ellas se mantiene y el sistema debería bajar su presión de bombeo hasta el momento que despresuría y subir nuevamente su velocidad , la frecuencia de switcheo se debe localizar en rangos cercanos a la frecuencia nominal de trabajo de la bomba de apoyo, para evitar así la oscilación en el sistema por subidas y bajadas de presión, para evitar oscilaciones con frecuencias de switcheo altas introducimos tiempos de retardo al encendido y al apagado de la bomba de apoyo, el momento que se detecte en el variador una frecuencia mayor a la seteada en el parámetro # 42 entra en funcionamiento la bomba de apoyo luego de un tiempo $ta = 1 \text{ min}$, la frecuencia del variador baja

inmediatamente por la subida de presión, enviando la señal de desconexión de la bomba de apoyo, para evitar esta desconexión repentina se toma otro tiempo $td = 10$ min. de retardo al apagado, manteniéndose el sistema con regulación en frecuencias bajas, logrando estabilizar el sistema a la presión deseada .

Considerando que la frecuencia max para evitar cavitación es de 76 Hz , que la frecuencia de switcheo debería encontrarse en límites cercanos a la capacidad de la bomba de apoyo , que la frecuencia mínima para que no exista recalentamiento en la bomba es de 7 Hz (recomendado por fabricantes) por falta de ventilación y como el sistema no depende de el caudal sino de la presión encontrada en las tuberías, la frecuencia mínima podría ser entre 7 y 27 Hz . Entonces tenemos un solo parámetro que limita la frecuencia de switcheo, este es la frecuencia mínima. Si la frecuencia mínima la colocamos para mayor seguridad de ventilación en 10 Hz, la frecuencia de switcheo (fig #39 punto A) se encuentra en 43.0 Hz y si colocamos la frecuencia mínima en 27 Hz (fig #39 punto B) se encuentra en 51.5 Hz, pero si colocamos en 27 Hz no tendríamos un bombeo a presión constante al contrario la presión subiría sin dar a lugar a una bajada ya que la presión de bombeo en la bomba de frecuencia

variable se mantendría de acuerdo al anexo # 2, lo que no nos ayudaría para la estabilización del sistema, pero si le hacemos bombeo durante esos 10 minutos a la bomba variable por debajo de el límite de frecuencia para mantener una presión de 75 psi , la bomba con el variador de frecuencia se acoplaría inmediatamente a los requerimientos de variación de presión, el momento que entre la bomba de apoyo no se tendrán sobrepresiones en la tubería. Entonces si nuestra frecuencia de switcheo es de 43.0 Hz para 75 psi, la frecuencia máxima de 76 Hz a 0 psi y la frecuencia mínima es de 10 Hz a 150 psi, con este rango de frecuencias obtenemos la curva lineal Gain y Bias de corriente a ser aplicada en el variador. ver figura # 39.

Rangos :

$$4 \text{ mA} = 76 \text{ Hz} = 0 \text{ psi}$$

$$20 \text{ mA} = 10 \text{ Hz} = 150 \text{ psi}$$

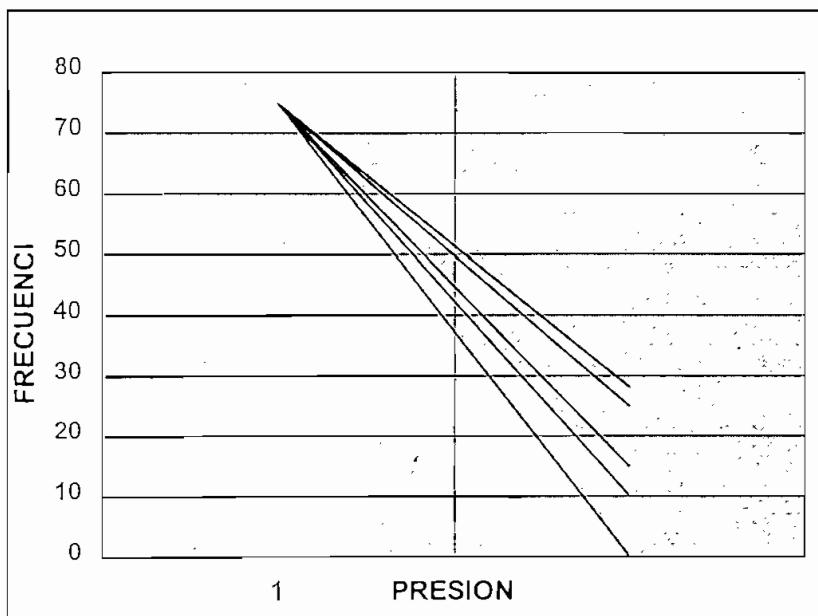


Figura de gain y bias

4.3.4 Programación del P.L.C.

El PLC controla los tiempos de funcionamiento de las bombas y las secuencias de arranque estrella- triángulo una vez recibidas las señales de los diferentes sensores y del variador. La programación del PLC obedece a la siguiente condición de funcionamiento de las bombas.

Bomba # 1

Bomba sumergible:

La señal de control on-off proviene de los sensores de nivel colocados en los tanques, on (encendido) tanque de almacenamiento nivel min , off

(apagado= tanque de almacenamiento nivel max S₂ Y S₃ en Pozo de succión nivel min.

Tipo de arranque: estrella triangulo y empieza su funcionamiento inmediatamente recibida la señal de los sensores de nivel

Modo de selección: manual- Automático.

Bomba # 2

Bomba controlada por variador de frecuencia (distribución).

Se activa y desactiva con el sensor de caudal y varia su frecuencia de acuerdo al sensor de presión.

Además responden al apagado del sensor de nivel mínimo en la cisterna

Bomba # 3

Bomba de apoyo (distribución)

El control on-off de esta bomba depende de la señal enviada por el variador de frecuencia, el momento que el variador sobrepasa el valor de $f_p = 43.0$ Hz, se envia una señal de relé al PLC, una vez recibida la señal, el PLC ordena el encendido del arranque estrella triángulo luego de un tiempo $t_a = 1$ mim. como la presión sube inmediatamente que arranca la bomba el variador, empezaría a bajar su velocidad, esto trae

como consecuencia que la señal de relé del variador de detección de frecuencia alta se apaga y por lo tanto la bomba de apoyo también, para evitar esta oscilación tan repentina y lograr que el sistema se estabilice en una presión constante, se retarda la señal de apagado de la bomba de apoyo con un tiempo $td = 10$ min, logrando tener de esta forma por lo menos un tiempo mínimo de 10 minutos de regulación en revoluciones bajas (10 - 43 Hz), esto ocurre siempre y cuando el sistema no haya sobrepasado el caudal necesario para tener una presión mas baja de 75 psi conectadas las dos bombas, en caso contrario la regulación se realiza a revoluciones altas (43 - 76 Hz) . ver figura # 40

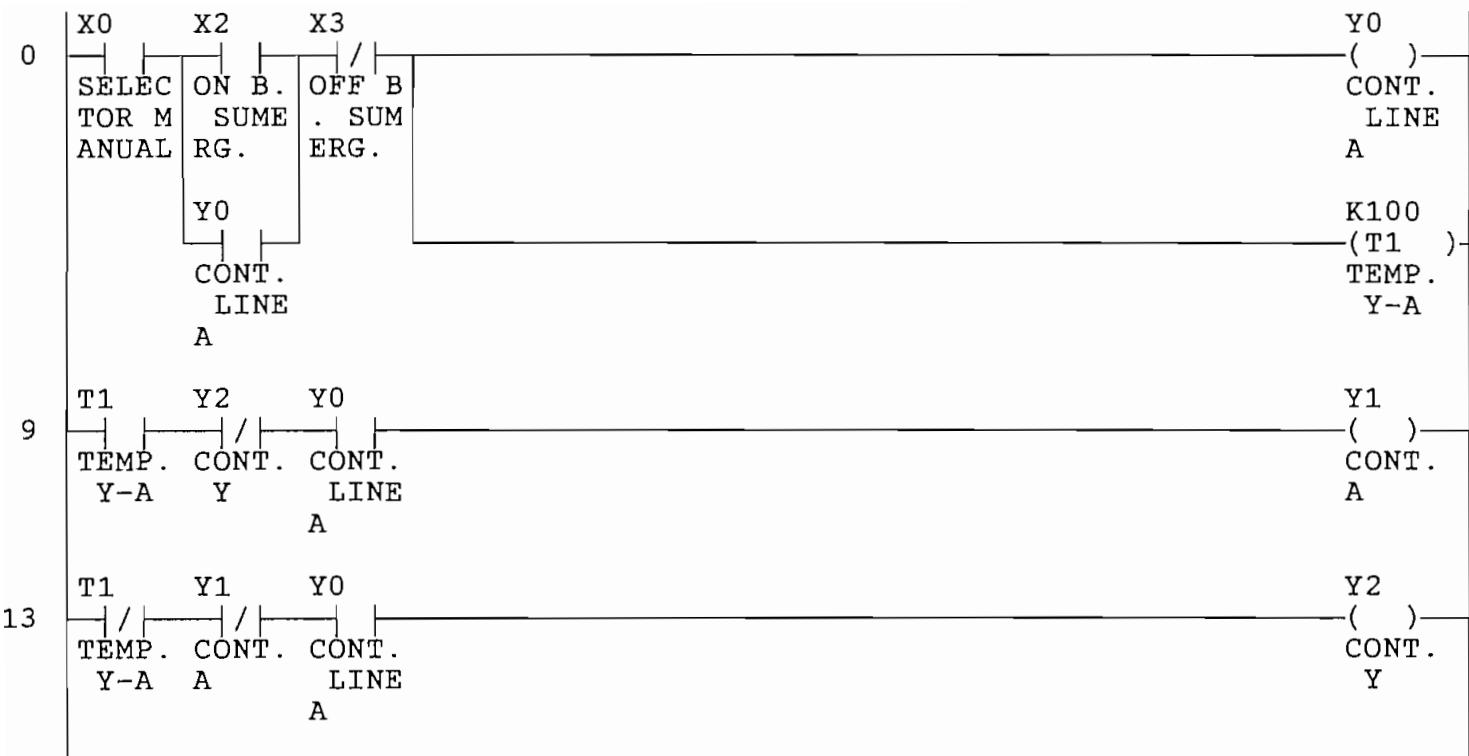
Modo de Selección Manual-Automático

I/O	Name	Comment	Remark
X0		SELECTOR MANUAL	
X2		ON B. SUMERG.	
X3		OFF B. SUMERG.	
X4		MANUAL B. APOYO	
X5		SEÑAL DE VARIAD	
X6		ON B. APOYO	
X7		OFF B. APOYO	
X0		CONT. LINEA	
X1		CONT.A	
X2		CONT. Y	
X3		CONT. LINEA B.A	
X4		CONT. A B. APOY	
X5		CONT. Y B. APOY	
X1		TEMP. Y-A	
X2		TEMP. Y-A B. AP	
X3		TEMP. RETARDO A	
X4		TEMP. OFF RETAR	

ACROSEL INGENIERIA ELECTRIC	SISTEMA DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE BARRIOS NOROCCIDENTE, STO. DOMINGO DE LOS COLORADOS	FECHA:15-01-99	Proj:BOMBAS2
		Rev.dat: OK	Syst:FX0
		Rev.no: OK	Type:Name
	DIBUJO N°: 0101	APROBADO	Page: 1

Step	Instr	I/O	Name	Comment	Remark
0	LD	X0		SELECTOR MANUAL	
1	LD	X2		ON B. SUMERG.	
2	OR	Y0		CONT. LINEA	
3	ANB				
4	ANI	X3		OFF B. SUMERG.	
5	OUT	Y0		CONT. LINEA	
6	OUT	T1		TEMP. Y-A	
		K100			
9	LD	T1		TEMP. Y-A	
10	ANI	Y2		CONT. Y	
11	AND	Y0		CONT. LINEA	
12	OUT	Y1		CONT.A	
13	LDI	T1		TEMP. Y-A	
14	ANI	Y1		CONT.A	
15	AND	Y0		CONT. LINEA	
16	OUT	Y2		CONT. Y	
17	LD	X4		MANUAL B. APOYO	
18	LD	X6		ON B. APOYO	
19	OR	Y3		CONT. LINEA B.A	
20	ANB				
21	ANI	X7		OFF B. APOYO	
22	LDI	T4		TEMP. OFF RETAR	
23	LD	T3		TEMP. RETARDO A	
24	OR	Y3		CONT. LINEA B.A	
25	ANB				
26	ORB				
27	OUT	Y3		CONT. LINEA B.A	
28	OUT	T2		TEMP. Y-A B. AP	
		K100			
31	LD	T2		TEMP. Y-A B. AP	
32	ANI	Y5		CONT. Y B. APOY	
33	AND	Y3		CONT. LINEA B.A	
34	OUT	Y4		CONT. A B. APOY	
35	LDI	T2		TEMP. Y-A B. AP	
36	AND	Y4		CONT. A B. APOY	
37	AND	Y3		CONT. LINEA B.A	
38	OUT	Y5		CONT. Y B. APOY	
39	LD	X5		SEÑAL DE VARIAD	
40	OUT	T3		TEMP. RETARDO A	
		K600			
43	LDI	T3		TEMP. RETARDO A	
44	OUT	T4		TEMP. OFF RETAR	
		K6000			
47	END				

ACROSEL INGENIERIA ELECTRIC	SISTEMA DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE BARRIOS NOROCCIDENTE, STO. DOMINGO DE LOS COLORADOS	FECHA: 15-01-99	Proj: BOMBAS2
		Rev.dat: OK	Syst: FX0
		Rev.no: OK	Type: Instr
	DIBUJO N°: 0101	APROBADO	Page: 1



ACROSEL
INGENIERIA ELECTRIC

SISTEMA DE BOMBEO
A PRESION CONSTANTE
BARRIOS NOROCCIDENTE,
STO. DOMINGO DE
LOS COLORADOS

FECHA: 15-01-99

Proj: BOMBAS2

Rev.dat: OK

Syst: FX0

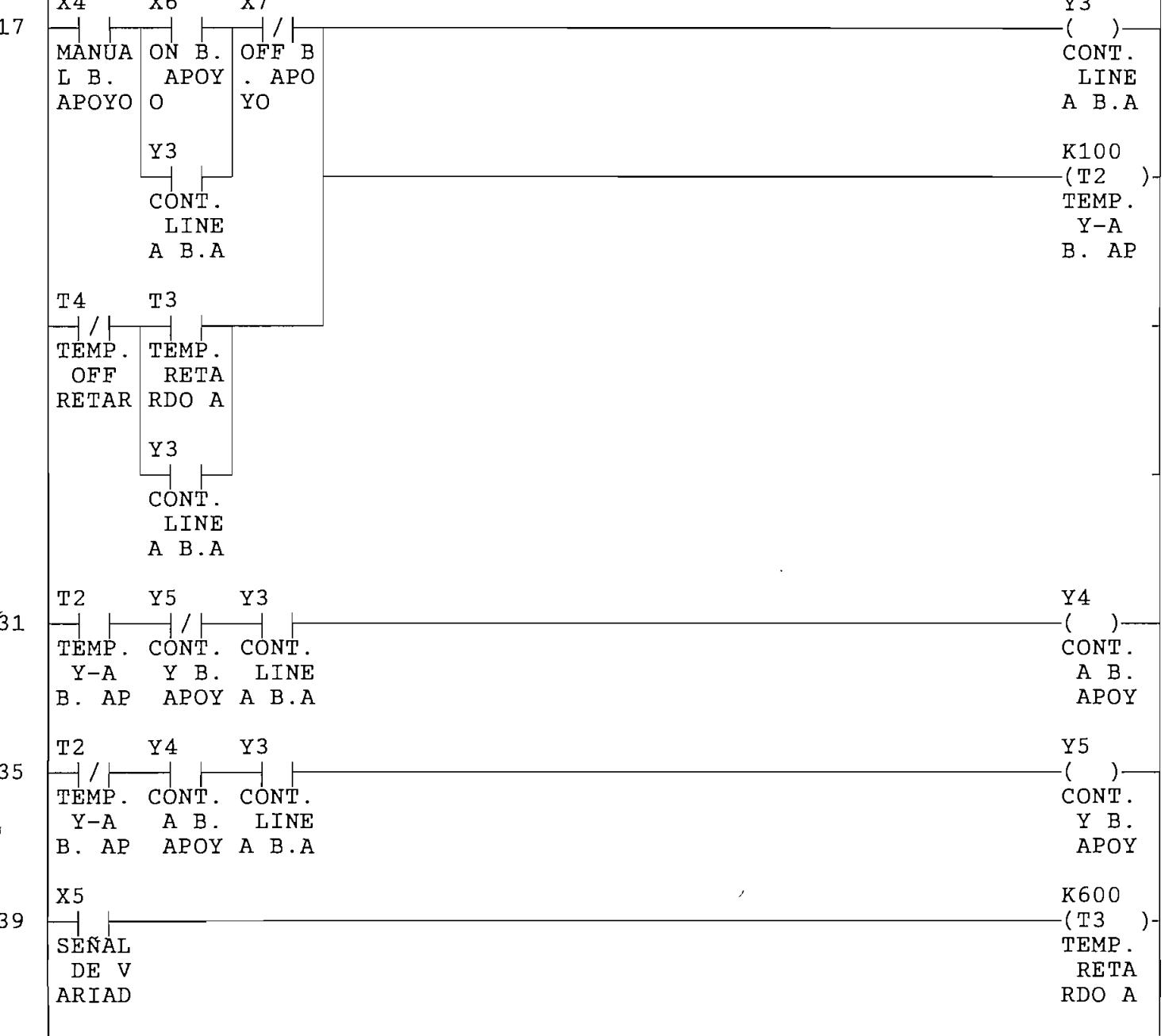
Rev.no: OK

Type: Ladder

DIBUJO N°: 0101

APROBADO

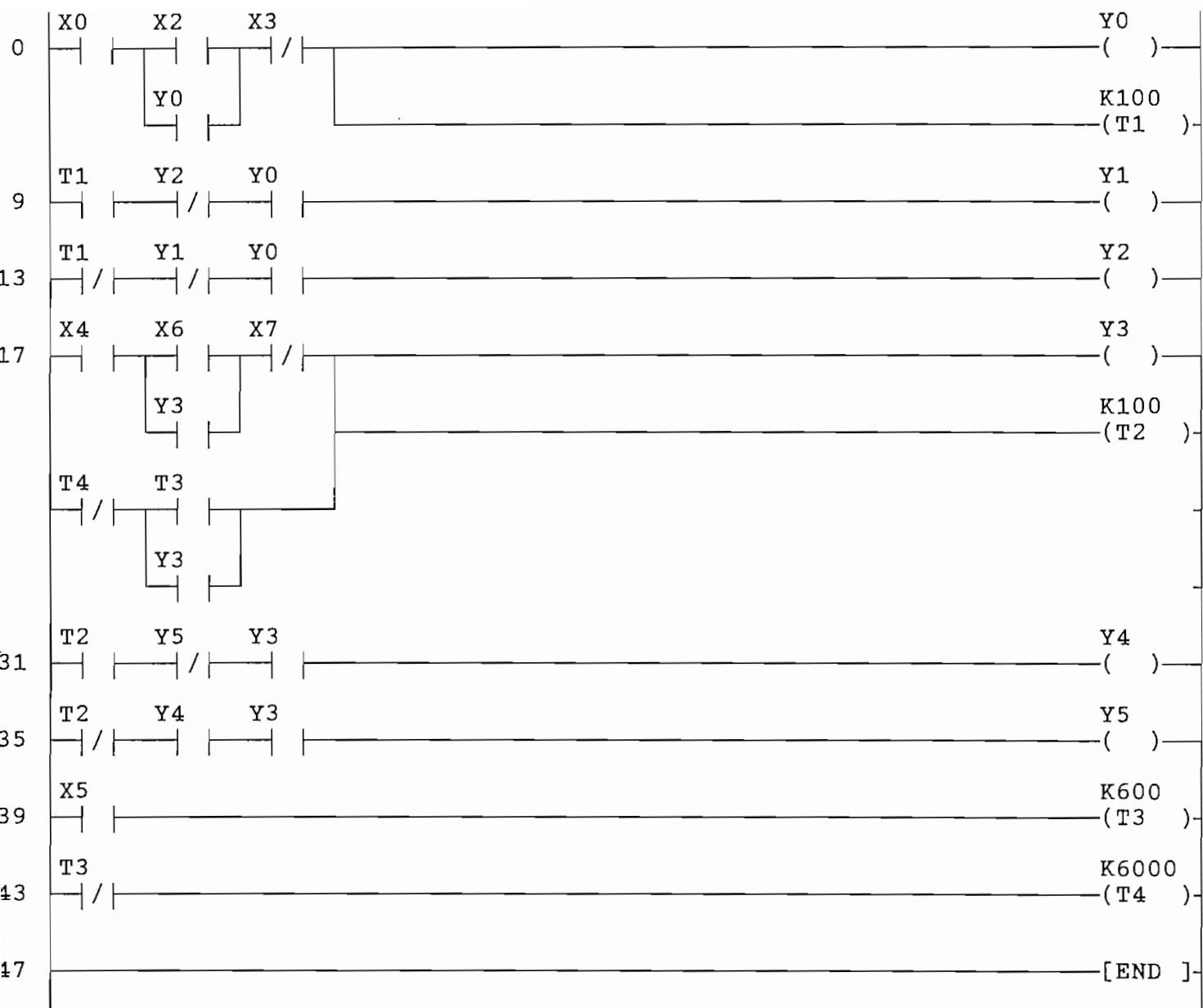
Page: 1



ACROSEL INGENIERIA ELECTRIC	SISTEMA DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE BARRIOS NOROCCIDENTE, STO. DOMINGO DE LOS COLORADOS	FECHA: 15-01-99	Proj: BOMBAS2
	Rev.dat: OK	Syst: FX0	
	Rev.no: OK	Type: Ladder	
	DIBUJO N°: 0101	APROBADO	Page: 2

43 T3 / | K6000
 TEMP. (T4)
 RETA OFF
 RDO A RETAR
 47 [END]

ACROSEL INGENIERIA ELECTRIC	SISTEMA DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE BARRIOS NOROCCIDENTE, STO. DOMINGO DE LOS COLORADOS	FECHA:15-01-99	Proj:BOMBAS2
	Rev.dat: OK	Syst:FX0	
	Rev.no: OK	Type:Ladder	
	DIBUJO NQ: 0101	APROBADO	Page: 3



ACROSEL INGENIERIA ELECTRIC	SISTEMA DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE BARRIOS NOROCCIDENTE, STO. DOMINGO DE LOS COLORADOS	FECHA: 15-01-99	Proj: BOMBAS2
		Rev.dat: OK	Syst: FX0
		Rev.no: OK	Type: Rawladd
	DIBUJO N°: 0101	APROBADO	Page: 1

Input

	I I()	I I()	I I()	I I()	
X0	* -	X1	- -	X2	* -
X4	* -	X5	* -	X6	* -
X10	- -	X11	- -	X12	- -
X14	- -	X15	- -	X16	- -
				X17	- -

Output

	I I()	I I()	I I()	I I()	
Y0	* *	Y1	* *	Y2	* *
Y4	* *	Y5	* *	Y6	- -
Y10	- -	Y11	- -	Y12	- -
Y14	- -	Y15	- -	Y13	- -

Mem/Latch

	I I()	I I()	I I()	I I()	
M0	- -	M1	- -	M2	- -
M4	- -	M5	- -	M6	- -
M8	- -	M9	- -	M10	- -
M12	- -	M13	- -	M14	- -
M16	- -	M17	- -	M18	- -
M20	- -	M21	- -	M22	- -
M24	- -	M25	- -	M26	- -
M28	- -	M29	- -	M30	- -
M32	- -	M33	- -	M34	- -
M36	- -	M37	- -	M38	- -
M40	- -	M41	- -	M42	- -
M44	- -	M45	- -	M46	- -
M48	- -	M49	- -	M50	- -
M52	- -	M53	- -	M54	- -
M56	- -	M57	- -	M58	- -
M60	- -	M61	- -	M62	- -
M64	- -	M65	- -	M66	- -
M68	- -	M69	- -	M70	- -
M72	- -	M73	- -	M74	- -
M76	- -	M77	- -	M78	- -
M80	- -	M81	- -	M82	- -
M84	- -	M85	- -	M86	- -
M88	- -	M89	- -	M90	- -
M92	- -	M93	- -	M94	- -
M96	- -	M97	- -	M98	- -
				M99	- -

= Used E0 = Dual coil E1 = No coil E2 = No contact E3 = SET/RST no match

ACROSEL INGENIERIA ELECTRIC	SISTEMA DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE BARRIOS NOROCCIDENTE, STO. DOMINGO DE LOS COLORADOS	FECHA:15-01-99	Proj:BOMBAS2
		Rev.dat: OK	Syst:FX0
		Rev.no: OK	Type:I/O-use
	DIBUJO N°: 0101	APROBADO	Page: 1

I I()	I I()	I I()	I I()
M100	- -	M101	- -
M104	- -	M105	- -
M108	- -	M109	- -
M112	- -	M113	- -
M116	- -	M117	- -
M120	- -	M121	- -
M124	- -	M125	- -
M128	- -	M129	- -
M132	- -	M133	- -
M136	- -	M137	- -
M140	- -	M141	- -
M144	- -	M145	- -
M148	- -	M149	- -
M152	- -	M153	- -
M156	- -	M157	- -
M160	- -	M161	- -
M164	- -	M165	- -
M168	- -	M169	- -
M172	- -	M173	- -
M176	- -	M177	- -
M180	- -	M181	- -
M184	- -	M185	- -
M188	- -	M189	- -
M192	- -	M193	- -
M196	- -	M197	- -
M200	- -	M201	- -
M204	- -	M205	- -
M208	- -	M209	- -
M212	- -	M213	- -
M216	- -	M217	- -
M220	- -	M221	- -
M224	- -	M225	- -
M228	- -	M229	- -
M232	- -	M233	- -
M236	- -	M237	- -
M240	- -	M241	- -
M244	- -	M245	- -
M248	- -	M249	- -
M252	- -	M253	- -
M256	- -	M257	- -
M260	- -	M261	- -
		M262	- -
		M263	- -

= Used E0 = Dual coil E1 = No coil E2 = No contact E3 = SET/RST no match

ACROSEL INGENIERIA ELECTRIC	SISTEMA DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE BARRIOS NOROCCIDENTE, STO. DOMINGO DE LOS COLORADOS	FECHA:15-01-99	Proj:BOMBAS2
	Rev.dat: OK	Syst:FX0	
	Rev.no: OK	Type:I/O-use	
	DIBUJO N°: 0101	APROBADO	Page: 2

I	I()						
M264	- -	M265	- -	M266	- -	M267	- -
M268	- -	M269	- -	M270	- -	M271	- -
M272	- -	M273	- -	M274	- -	M275	- -
M276	- -	M277	- -	M278	- -	M279	- -
M280	- -	M281	- -	M282	- -	M283	- -
M284	- -	M285	- -	M286	- -	M287	- -
M288	- -	M289	- -	M290	- -	M291	- -
M292	- -	M293	- -	M294	- -	M295	- -
M296	- -	M297	- -	M298	- -	M299	- -
M300	- -	M301	- -	M302	- -	M303	- -
M304	- -	M305	- -	M306	- -	M307	- -
M308	- -	M309	- -	M310	- -	M311	- -
M312	- -	M313	- -	M314	- -	M315	- -
M316	- -	M317	- -	M318	- -	M319	- -
M320	- -	M321	- -	M322	- -	M323	- -
M324	- -	M325	- -	M326	- -	M327	- -
M328	- -	M329	- -	M330	- -	M331	- -
M332	- -	M333	- -	M334	- -	M335	- -
M336	- -	M337	- -	M338	- -	M339	- -
M340	- -	M341	- -	M342	- -	M343	- -
M344	- -	M345	- -	M346	- -	M347	- -
M348	- -	M349	- -	M350	- -	M351	- -
M352	- -	M353	- -	M354	- -	M355	- -
M356	- -	M357	- -	M358	- -	M359	- -
M360	- -	M361	- -	M362	- -	M363	- -
M364	- -	M365	- -	M366	- -	M367	- -
M368	- -	M369	- -	M370	- -	M371	- -
M372	- -	M373	- -	M374	- -	M375	- -
M376	- -	M377	- -	M378	- -	M379	- -
M380	- -	M381	- -	M382	- -	M383	- -
M384	- -	M385	- -	M386	- -	M387	- -
M388	- -	M389	- -	M390	- -	M391	- -
M392	- -	M393	- -	M394	- -	M395	- -
M396	- -	M397	- -	M398	- -	M399	- -
M400	- -	M401	- -	M402	- -	M403	- -
M404	- -	M405	- -	M406	- -	M407	- -
M408	- -	M409	- -	M410	- -	M411	- -
M412	- -	M413	- -	M414	- -	M415	- -
M416	- -	M417	- -	M418	- -	M419	- -
M420	- -	M421	- -	M422	- -	M423	- -
M424	- -	M425	- -	M426	- -	M427	- -

= Used E0 = Dual coil E1 = No coil E2 = No contact E3 = SET/RST no match

ACROSEL INGENIERIA ELECTRIC	SISTEMA DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE BARRIOS NOROCCIDENTE, STO. DOMINGO DE LOS COLORADOS	FECHA: 15-01-99	Proj: BOMBAS2
		Rev.dat: OK	Syst: FX0
	DIBUJO N°: 0101	Rev.no: OK	Type: I/O-use
		APROBADO	Page: 3

Mem/Latch

I I()	I I()	I I()	I I()
M428	--	M429	--
M432	--	M433	--
M436	--	M437	--
M440	--	M441	--
M444	--	M445	--
M448	--	M449	--
M452	--	M453	--
M456	--	M457	--
M460	--	M461	--
M464	--	M465	--
M468	--	M469	--
M472	--	M473	--
M476	--	M477	--
M480	--	M481	--
M484	--	M485	--
M488	--	M489	--
M492	--	M493	--
M496	--	M497	--
M500	--	M501	--
M504	--	M505	--
M508	--	M509	--
M8000	--	M8001	--
M8004	--	M8011	--
M8014	--	M8020	--
M8028	--	M8029	--
M8033	--	M8034	--
M8037	--	M8039	--
M8042	--	M8043	--
M8046	--	M8047	--
M8052	--	M8053	--
M8058	--	M8059	--
M8065	--	M8066	--
M8235	--	M8236	--
M8241	--	M8242	--
M8247	--	M8249	--
M8254	--	M8251	--

Timer

T0	I I()	T1	I I()	T2	I I()	T3	I I()
*	*	*	*	*	*	*	*

= Used E0 = Dual coil E1 = No coil E2 = No contact E3 = SET/RST no match

ACROSEL INGENIERIA ELECTRIC	SISTEMA DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE BARRIOS NOROCCIDENTE, STO. DOMINGO DE LOS COLORADOS	FECHA: 15-01-99	Proj: BOMBAS2
		Rev.dat: OK	Syst: FX0
		Rev.no: OK	Type: I/O-use
	DIBUJO N°: 0101	APROBADO	Page: 4

Timer

	I I()						
T4	* *	T5	- -	T6	- -	T7	- -
T8	- -	T9	- -	T10	- -	T11	- -
T12	- -	T13	- -	T14	- -	T15	- -
T16	- -	T17	- -	T18	- -	T19	- -
T20	- -	T21	- -	T22	- -	T23	- -
T24	- -	T25	- -	T26	- -	T27	- -
T28	- -	T29	- -	T30	- -	T31	- -
T32	- -	T33	- -	T34	- -	T35	- -
T36	- -	T37	- -	T38	- -	T39	- -
T40	- -	T41	- -	T42	- -	T43	- -
T44	- -	T45	- -	T46	- -	T47	- -
T48	- -	T49	- -	T50	- -	T51	- -
T52	- -	T53	- -	T54	- -	T55	- -

Counter

	I I()						
C0	- -	C1	- -	C2	- -	C3	- -
C4	- -	C5	- -	C6	- -	C7	- -
C8	- -	C9	- -	C10	- -	C11	- -
C12	- -	C13	- -	C14	- -	C15	- -
C235	- -	C236	- -	C237	- -	C238	- -
C241	- -	C242	- -	C244	- -	C246	- -
C247	- -	C249	- -	C251	- -	C252	- -
C254	- -						

State

	I I()						
S0	- -	S1	- -	S2	- -	S3	- -
S4	- -	S5	- -	S6	- -	S7	- -
S8	- -	S9	- -	S10	- -	S11	- -
S12	- -	S13	- -	S14	- -	S15	- -
S16	- -	S17	- -	S18	- -	S19	- -
S20	- -	S21	- -	S22	- -	S23	- -
S24	- -	S25	- -	S26	- -	S27	- -
S28	- -	S29	- -	S30	- -	S31	- -
S32	- -	S33	- -	S34	- -	S35	- -
S36	- -	S37	- -	S38	- -	S39	- -
S40	- -	S41	- -	S42	- -	S43	- -
S44	- -	S45	- -	S46	- -	S47	- -

= Used E0 = Dual coil E1 = No coil E2 = No contact E3 = SET/RST no match

ACROSEL INGENIERIA ELECTRIC	SISTEMA DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE BARRIOS NOROCCIDENTE, STO. DOMINGO DE LOS COLORADOS	FECHA:15-01-99	Proj:BOMBAS2
		Rev.dat: OK	Syst:FX0
		Rev.no: OK	Type:I/O-use
	DIBUJO N°: 0101	APROBADO	Page: 5

State

I I()	I I()	I I()	I I()
S48 - -	S49 - -	S50 - -	S51 - -
S52 - -	S53 - -	S54 - -	S55 - -
S56 - -	S57 - -	S58 - -	S59 - -
S60 - -	S61 - -	S62 - -	S63 - -

DataReg

I I()	I I()	I I()	I I()
D0 - -	D1 - -	D2 - -	D3 - -
D4 - -	D5 - -	D6 - -	D7 - -
D8 - -	D9 - -	D10 - -	D11 - -
D12 - -	D13 - -	D14 - -	D15 - -
D16 - -	D17 - -	D18 - -	D19 - -
D20 - -	D21 - -	D22 - -	D23 - -
D24 - -	D25 - -	D26 - -	D27 - -
D28 - -	D29 - -	D30 - -	D31 - -
D8000 - -	D8001 - -	D8004 - -	D8010 - -
D8011 - -	D8012 - -	D8013 - -	D8020 - -
D8021 - -	D8028 - -	D8029 - -	D8039 - -
D8040 - -	D8041 - -	D8042 - -	D8043 - -
D8044 - -	D8045 - -	D8046 - -	D8047 - -
D8061 - -	D8064 - -	D8065 - -	D8066 - -
D8067 - -	D8068 - -	D8069 - -	

Pointer

I I()	I I()	I I()	I I()
P0 - -	P1 - -	P2 - -	P3 - -
P4 - -	P5 - -	P6 - -	P7 - -
P8 - -	P9 - -	P10 - -	P11 - -
P12 - -	P13 - -	P14 - -	P15 - -
P16 - -	P17 - -	P18 - -	P19 - -
P20 - -	P21 - -	P22 - -	P23 - -
P24 - -	P25 - -	P26 - -	P27 - -
P28 - -	P29 - -	P30 - -	P31 - -
P32 - -	P33 - -	P34 - -	P35 - -
P36 - -	P37 - -	P38 - -	P39 - -
P40 - -	P41 - -	P42 - -	P43 - -
P44 - -	P45 - -	P46 - -	P47 - -
P48 - -	P49 - -	P50 - -	P51 - -
P52 - -	P53 - -	P54 - -	P55 - -

= Used E0 = Dual coil E1 = No coil E2 = No contact E3 = SET/RST no match

ACROSEL INGENIERIA ELECTRIC	SISTEMA DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE BARRIOS NOROCCIDENTE, STO. DOMINGO DE LOS COLORADOS	FECHA:15-01-99	Proj:BOMBAS2
		Rev.dat: OK	Syst:FX0
		Rev.no: OK	Type:I/O-use
	DIBUJO N°: 0101	APROBADO	Page: 6

Pointer

P56	I I() - -	P57	I I() - -	P58	I I() - -	P59	I I() - -
P60	- -	P61	- -	P62	- -	P63	- -

Interrupt

I0	I I() - -	I1	I I() - -	I2	I I() - -	I3	I I() - -
----	---------------	----	---------------	----	---------------	----	---------------

= Used E0 = Dual coil E1 = No coil E2 = No contact E3 = SET/RST no match

ACROSEL INGENIERIA ELECTRIC	SISTEMA DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE BARRIOS NOROCCIDENTE, STO. DOMINGO DE LOS COLORADOS	FECHA:15-01-99	Proj:BOMBAS2
	Rev.dat: OK	Syst:FX0	
	Rev.no: OK	Type:I/O-use	
	DIBUJO NQ: 0101	APROBADO	Page: 7

Input

X0	SELECTOR MANUAL
0	-I I-
X2	ON B. SUMERG.
1	-I I-
X3	OFF B. SUMERG.
4	-I/I-
X4	MANUAL B. APOYO
17	-I I-
X5	SEÑAL DE VARIAD
39	-I I-
X6	ON B. APOYO
18	-I I-
X7	OFF B. APOYO
21	-I/I-

Output

Y0	CONT. LINEA					
2	-I I- 5	- () -	11	-I I-	15	-I I-
Y1	CONT. A					
12	- () - 14	-I/I-				
Y2	CONT. Y					
10	-I/I- 16	- () -				
Y3	CONT. LINEA B.A					
19	-I I- 24	-I I-	27	- () -	33	-I I-
37	-I I-					
Y4	CONT. A B. APOY					
34	- () - 36	-I I-				
Y5	CONT. Y B. APOY					
32	-I/I- 38	- () -				

Timer

T1	TEMP. Y-A			
6	- () - 9	-I I-	13	-I/I-
T2	TEMP. Y-A B. AP			
28	- () - 31	-I I-	35	-I/I-
T3	TEMP. RETARDO A			
23	-I I- 40	- () -	43	-I/I-

ACROSEL INGENIERIA ELECTRIC	SISTEMA DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE BARRIOS NOROCCIDENTE, STO. DOMINGO DE LOS COLORADOS	FECHA: 15-01-99	Proj: BOMBAS2
		Rev.dat: OK	Syst: FX0
		Rev.no: OK	Type: Crossrf
	DIBUJO NQ: 0101	APROBADO	Page: 1

Timer

T4 TEMP. OFF RETAR

22 -I/I- 44 -()-

ACROSEL INGENIERIA ELECTRIC	SISTEMA DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE BARRIOS NOROCCIDENTE, STO. DOMINGO DE LOS COLORADOS	FECHA: 15-01-99	Proj: BOMBAS2
	Rev.dat: OK		Syst: FX0
	Rev.no: OK		Type: Crossrf
	DIBUJO N°: 0101	APROBADO	Page: 2

4.4

Esquemas eléctricos de control y fuerza.

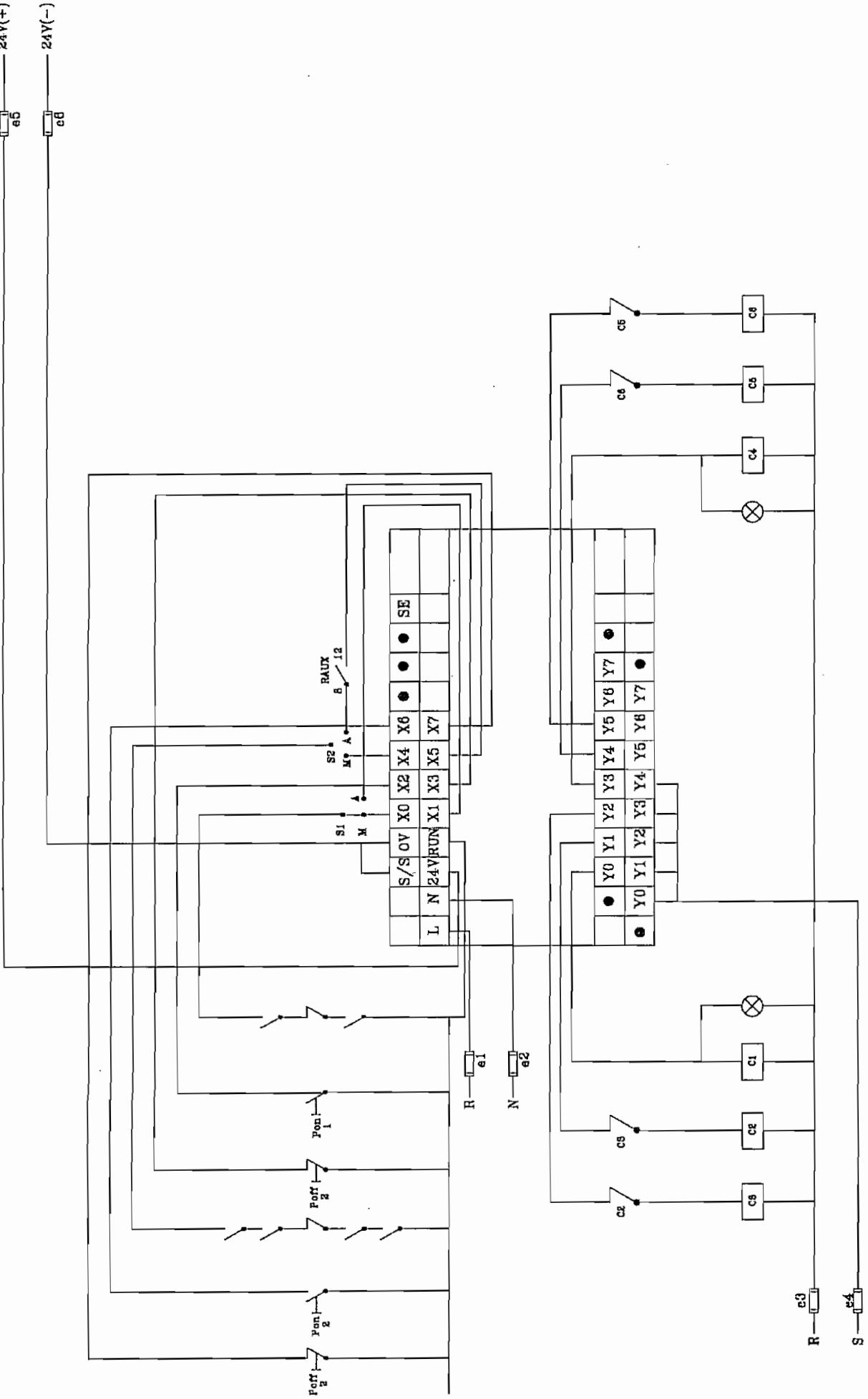
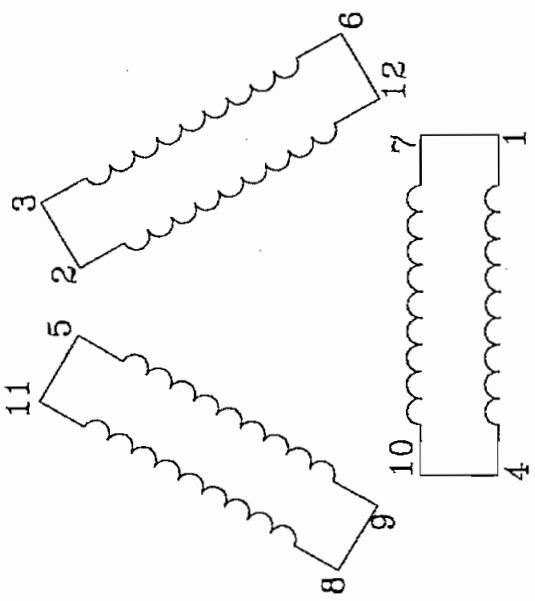
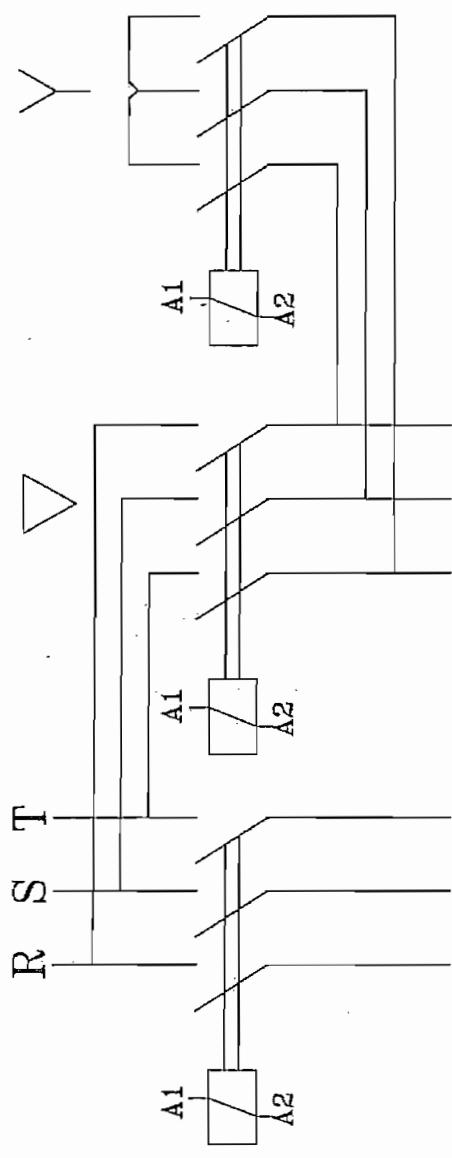


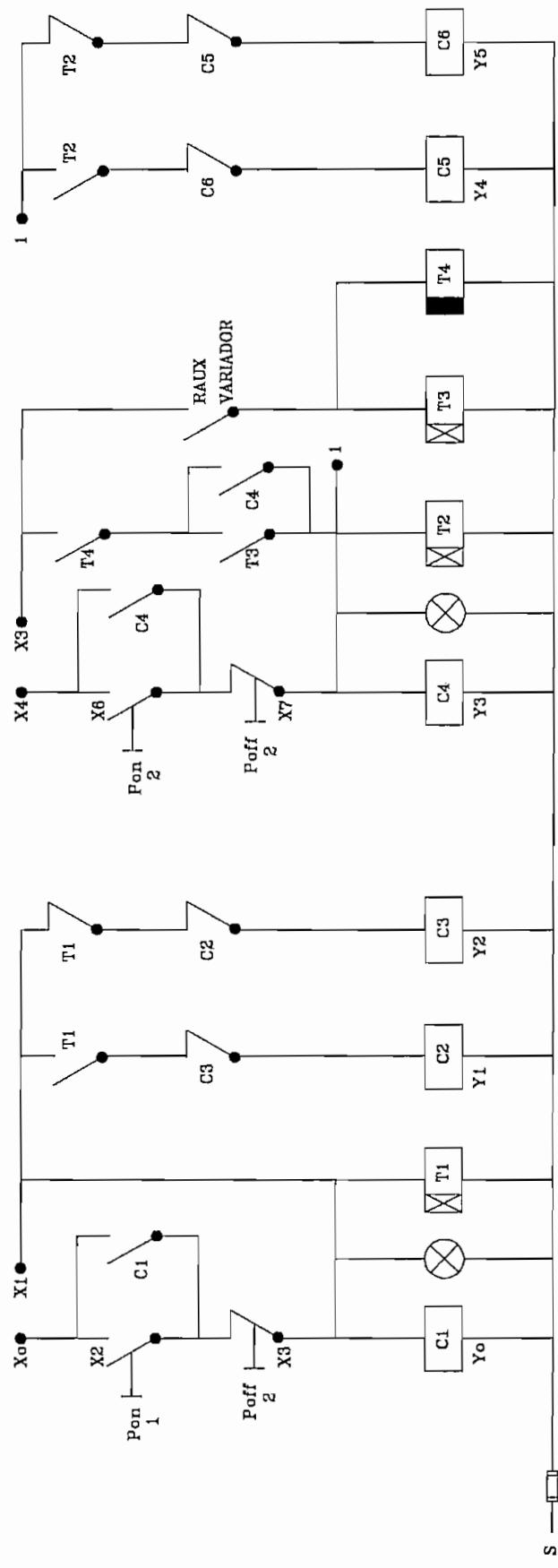
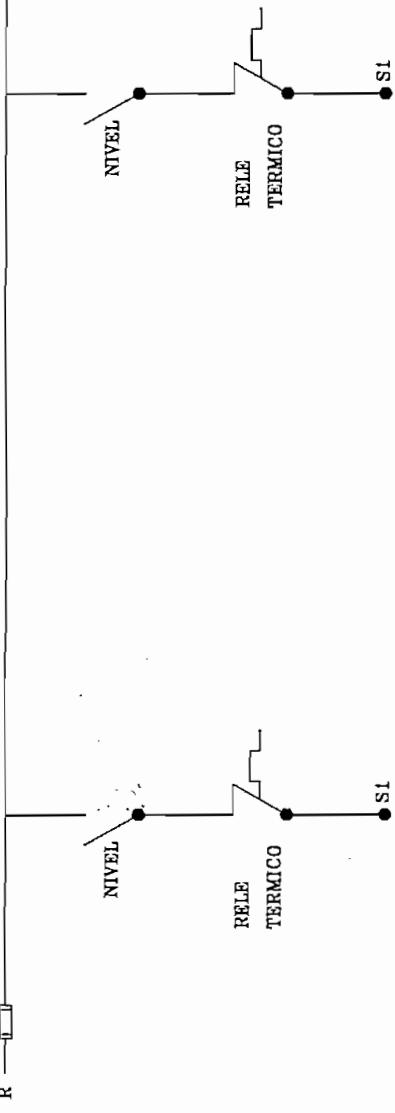
DIAGRAMA DE CONEXION PLC

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FREDDY PADILLA N.
LAMINA No.-
CONTROL INDUSTRIAL

SISTEMA DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE
CON VARIADOR DE FRECUENCIA Y PLC
FECHA: DICIEMBRE DE 1999



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	SISTEMA DE BOMBEO A PRESIÓN CONSTANTE
FREDDY PADILLA N.	CON VARIADOR DE FRECUENCIA Y PLC
LAMINA No.-	
CONTROL INDUSTRIAL	FECHA: DICIEMBRE DE 1999



NOTA: PUNTOS Xn CONEXION A PLC

FECHA: DICIEMBRE DE 1998

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FREDDY PADILLA N.
LAMINA N°.-

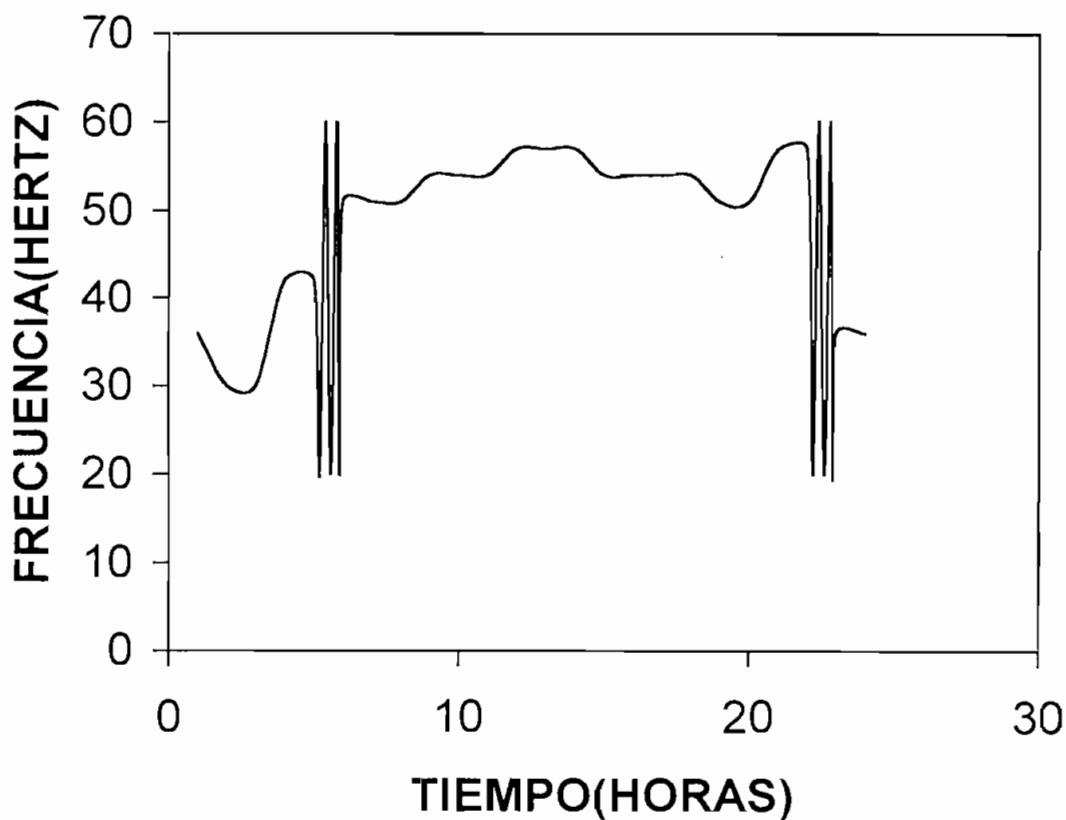
SISTEMA DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE
CON VARIADOR DE FRECUENCIA Y PLC

CONTROL INDUSTRIAL

DIAGRAMA DE CONSUMO

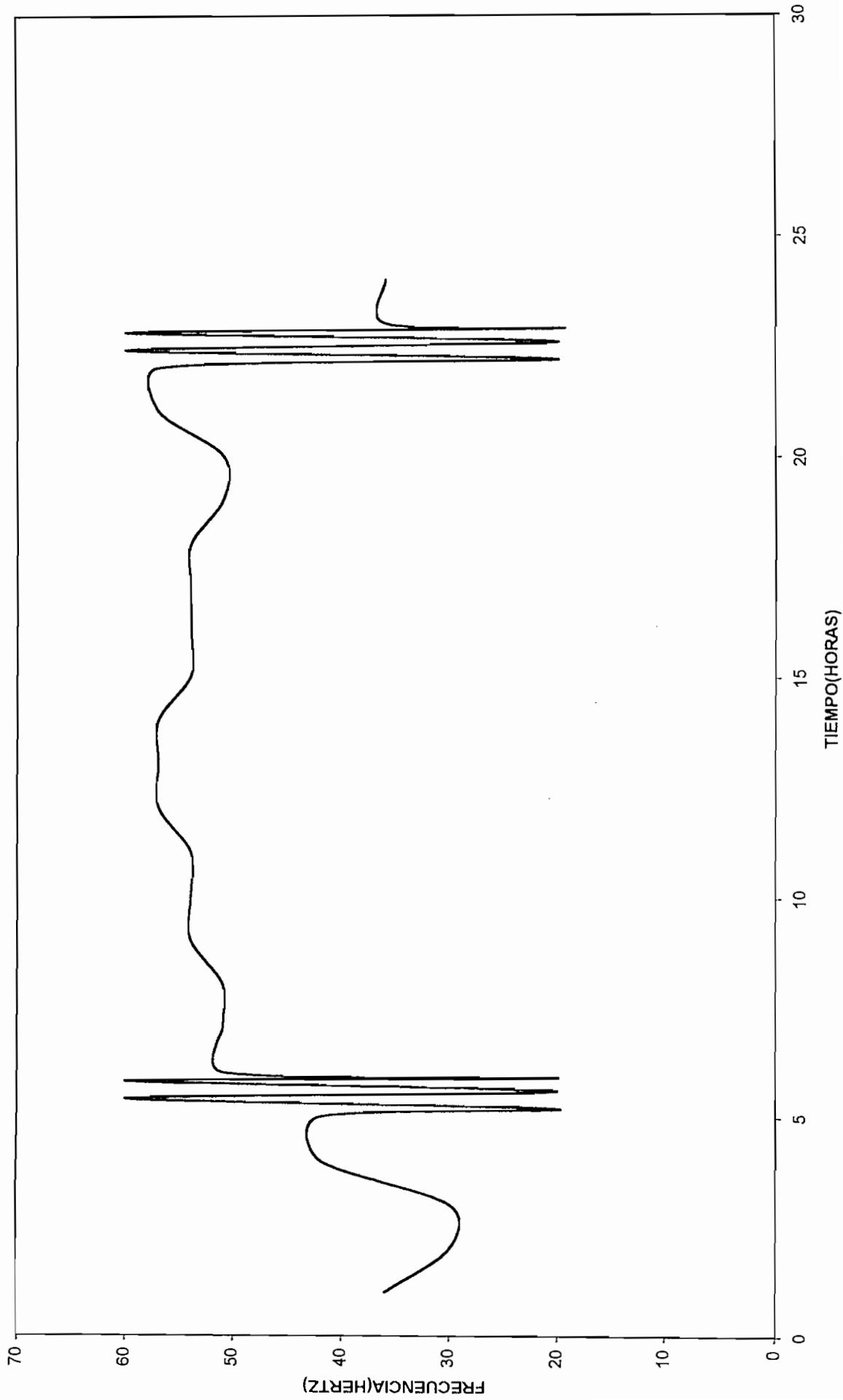
TIEMPO VS FRECUENCIA

FRECUENCIA DEL VARIADOR EN EL TRANSCURSO DEL TIEMPO



L7

FRECUENCIA DEL VARIADOR EN EL TRANSCURSO DEL TIEMPO



Teniendo que el caudal de la bomba de velocidad constante es de 49 m³/h se obtienen los siguientes valores de acuerdo al diagrama anterior:

TABLA II

% tiempo al dia	frecuencia	% carga	caudal m ³ /h
3.47	20	33.33	10+49 2 bombas
8.33	30	50.00	14 1 bomba
4.16	36	60.00	18 1 bomba
3.47	39	65.00	24 1 bomba
12.5	42	70.00	32 1 bomba
8.33	48	80.00	38+49 2 bombas
8.33	51	85.00	42+49 2 bombas
12.5	54	90.00	44+49 2 bombas
25.0	57	95.00	47+49 2 bombas
12.50	60	100.00	49+49 2 bombas

Al tratarse de un sistema en constante variación debemos fijar condiciones promedios para realizar un análisis de costo - beneficio entre los sistemas de velocidad constante y de velocidad variable.

De acuerdo a la tabla anterior, el caudal promedio bombeado durante el día es el siguiente:

Caudal promedio consumido al dia en m³/dia = 1715.947

Costo de la electricidad por KW/h = 4.0 centavos de dólar

Fricción promedio del sistema = 75 %

Horas de funcionamiento del sistema de velocidad variable = 100 %

Horas de funcionamiento del sistema de velocidad constante = 73%

De acuerdo a la Tabla II podemos obtener las horas de funcionamiento del sistema con una sola bomba y con las 2 bombas.

Horas de funcionamiento con una bomba : 6.83 h

Horas de funcionamiento con dos bombas : 17.17 h

Potencia de 1 bomba : 37 HP

Eficiencia de la bomba: 92.5 %

Con estas condiciones promedio obtenemos los costos de operación tanto para el sistema de velocidad constante como para el sistema de velocidad variable.

Costo de operación del sistema de velocidad constante :

Con la siguiente relación obtenemos directamente el costo de operación de un sistema de velocidad constante:

$$\$/dia = (0.746 * hpd / E) * op * c$$

donde:

hp_d = HP de diseño (HP)

op = horas de funcionamiento al año (h)

E = eficiencia de la bomba (%)

c = costo de la energía (dólar)

obtenemos:

4,986 de horas al día de operación con una bomba = 1.819,89 horas al

año

12,534 de horas al día de operación con dos bombas = 4.574,91 horas al

año

$$\$ = (0.746 * \text{hp}_d / E) * \text{op} * c$$

$$\$ = (0.746 * \text{hp}_d \text{ 1 bomba} / E) * \text{op1 bomba} * c + (0.746 * \text{hp}_d \text{ 2 bombas} / E) * \text{op2 bombas} * c$$

$$\$ = (0.746 * 37 / 0.925) * 1819.89 * 0.035c +$$

$$(0.746 * 74 / 0.925) * 4574.91 * 0.035c$$

$$\$ = 1.900,69 + 9.556,07 \text{ dólares}$$

$$\$ = 11.456,76 \text{ dólares al año}$$

Costo de operación sistema de velocidad variable:

De acuerdo a Tabla II las horas de funcionamiento al dia de las bombas es el siguiente:

6.83 horas / día funcionaria el sistema de velocidad variable con una 1 bomba y

17.17 horas/ día funcionaría con las 2 bombas

Al año las horas de funcionamiento son:

1 bomba 2492.95 horas / año

2 bombas 6267.05 horas / año

El momento que funcione con una sola bomba el ciclo de trabajo es el siguiente:

3.47 % al 20 % del caudal

8.33 % al 28.5 % del caudal

4.16 % al 36.73 % del caudal

3.47 % al 49% del caudal

12.5 % al 65 % del caudal

Cuando funciona con dos bombas el ciclo de trabajo es el siguiente:

8.33 % al 88.7 % del caudal

8.33 % al 92.85 % del caudal

12.5 % al 94.89 % del caudal

25 % al 94.89 % del caudal

12.5 % al 100 % del caudal

De acuerdo a la Tabla I de Hidrocarbon Proc., septiembre de 1979. Para nuestro caso obtenemos una proyección de esta curva con los datos del sistema de fricción del 75 %.

Con la proyección anterior se completan los datos para obtener los costos de operación del sistema de velocidad variable, de acuerdo a la siguiente relación:

$$\$ fv = \$vc - \$a$$

$\$ fv$ = costos de operación de sistema de frecuencia variable

$\$ vc$ = costo de operación de sistema de velocidad constante

$$\$ vc = (0.746 * hpd/E) \text{ opc}$$

$\$ a$ = ahorro en costos de operación entre los dos sistemas

$$\$ a = (0.746 * hpd/E) * op * c * (\% tl + \dots + \% tn * fn)$$

A velocidad constante las horas de funcionamiento son las siguientes:

1 bomba 1.819,89 horas al año

2 bombas 4.574,91 horas al año

A velocidad variable las horas de funcionamiento son las siguientes:

1 bomba: 2.492,95 horas al año

2 bombas: 6.267,05 horas al año

$$\begin{aligned} \$ = & (0.746 \times 37) / 0.925 \times 2492.95 \times 0.035 \times (0.0347 \times 1.2 + 0.0833 \times 1.01 + \\ & 0.0416 \times 0.93 + 0.0347 \times 0.81 + 0.125 \times 0.65) + ((0.746 \times 74) / 0.925) \times \\ & 6267.05 \times 0.035 \times (0.0833 \times 0.4 + 0.0833 \times 0.35 + 0.125 \times 0.3 + 0.25 \times 0.2 \times \\ & 0.2 + 0.125 \times 0.16) 712.9227 + 1112.5383. \\ \$ 11.456,7 - 712,9227 - 1.112,5383. \end{aligned}$$

$\$ Fv = 9.631,299$ Dólares

$\$ 2.908,06$ dólares de ahorro al año

Ahorro en costo de operación de valor constante y valor variable.

Costos de operación velocidad constante = 11.456,76 dólares

Costo de operación velocidad variable4 = 9.631,299 dólares

$$\$a = \$vc - \$fv$$

Ahorro: $\$ 1.825,461$ al año, que representa un 19% de ahorro.

Este ahorro promedio tendrá gran importancia en los consumidores, ya que su inversión será recuperada a largo plazo; los costos de consumo bajarán de igual manera, llevándolo a ser un sistema económico y eficiente.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Los inversores o variadores de frecuencia constituyen el método más útil y eficiente de variar la velocidad de un motor trifásico de inducción. Este método involucra la variación simultánea de voltaje y frecuencia aplicada al estator, permitiendo obtener velocidades variables con torque constante.
- Cuando se mueven cargas de alta inercia pueden provocar que el motor se comporte como generador. Este valor extra de voltaje se atenúa por medio de las resistencias de frenado dinámico. En el caso de sistemas de agua potable, con rampas de aceleración y desaceleración se atenúa el efecto de inercia de la carga, por lo que se utiliza solamente el parámetro de inyección de voltaje de DC al estator.
- La utilización del PLC, ofrece mayor eficiencia y confiabilidad teniendo en cuenta que cuando mayor es el número de equipos instalados, mayor es la posibilidad de fallo. En sistemas de productos de consumo vital como es el agua potable y considerando que dichas estaciones ase encuentran alejadas de centros de servicio especializado, el grado de confiabilidad debe ser muy alto, esto se

obtiene utilizando equipos electrónicos como PLCs y variadores de frecuencia.

- Para el caso de la aplicación descrita, la utilización de variadores de frecuencia con sensores de presión permiten mantener constante la presión en la tubería de distribución en una altura dinámica de 60 mt.
- Al utilizar variadores de frecuencia obtenemos un mayor rendimiento de la energía empleada, reflejándose en la disminución del costo de operación. Para el caso descrito se obtuvo un ahorro promedio anual del 19% respecto al sistema de bombas de velocidad constante.
- Con las rampas de aceleración y desaceleración se evita sobrepresiones en la tubería y golpes de ariete, incrementando la vida útil de motores, bombas, tubería, etc.
- La carga de un sistema de bombeo de agua depende del tipo de consumidor. Generando curvas promedio de consumo, se logra calibrar los parámetros de aceleración y desaceleración y llegar de esta forma a evitar los golpes de ariete y fatiga en la tubería.

Recomendaciones

- En motores estándares se recomienda como rangos de frecuencias: $f_{\text{min.}} = 12\text{Hz}$ a $f_{\text{max}} = 120\text{Hz}$.

- Se recomienda colocar un ventilador externo en caso de bajas frecuencias o de reforzar las estructuras en caso de frecuencias altas.
- Se recomienda colocar resistencias de frenado dinámico cuando las cargas que se mueven son de alta inercia.
- Se recomienda no realizar el encendido mediante un contactor a la salida de un variador, ya que por su lenta respuesta respecto al sistema electrónico pueden provocarse sobrecorrientes en el variador.
- Se recomienda usar PLCs cuando el número de entradas y salidas sobrepase las 8I/6O.
- Se recomienda utilizar bombas centrífugas cuando se realiza control de presión por variadores de frecuencia, ya que la curva característica de altura versus caudal es la apropiada para esta aplicación.
- Para realizar un control más preciso de la presión y considerando las características del caudal de la bomba, es

aconsejable realizar una coordinación con un sensor de caudal y uno de presión

BIBLIOGRAFIA:

- RICHARD W. GREENE, Compresores. Selección, uso y mantenimiento, Mc Graw-Hill, Interamericana de México S.A., 1995.
- DIVISIÓN DE INGENIERÍA CRANE(Clemente Reza García), Flujo de Fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, Mc Graw-Hill, Interamericana de México S.A. , 1995
- KLEIBER KARSTEN ALT, Tratado de Física, Ed. Gustavo Gili S.A., Barcelona.
- J. A. GUALDA, S. MARTINEZ, P. M. MARTINEZ, Electrónica Industrial: Técnicas de Potencia, Ed. Marcombo Boixareu Editores, Barcelona-México, 1982.
- ALLEN-BRADLEY COMPANY, Descripción y Aplicación de los microcontroladores programables, 1995.
- ING. JORGE MOLINA, Automatismos Industriales Controladores Lógicos Programables, CEC. Centro de Educación Continua. EPN.
- CUTTER HAMMER, DSO. Programmable Controller, Hardware Manual, Eaton.
- TELEMECANIQUE GROUPESCHNEIDER, Detección(Todos los automatismos y su solución) Catálogo 1994.
- MITSUBISHI, Programmable Controllers Melsec-F, Hardware Manual FX. Series Programmable Controllers.
- MITSUBISHI, Variable Frequency Drivers FR-A Series, Advanced Intelligent Control, Description of Parameters.
- DIVISION DE INGENIERIA, D. H. HICKS, Bombas, , Mc Graw-Hill, Interamericana de México S.A. , 1995
- MITSUBISHI, Variable Frequency Drives FR-A Series, Advanced Intelligent Control.
- MITSUBISHI, Programmable Controllers, Melsec FX, Simple Yet Sophisticated.
- MITSUBISHI, Variable Frequency Drives, Meltrac-A, High Performance, Full Digital, AC Inverters.
- MITSUBISHI, Exciting Ultra, Compact Design, FR-U Series V.

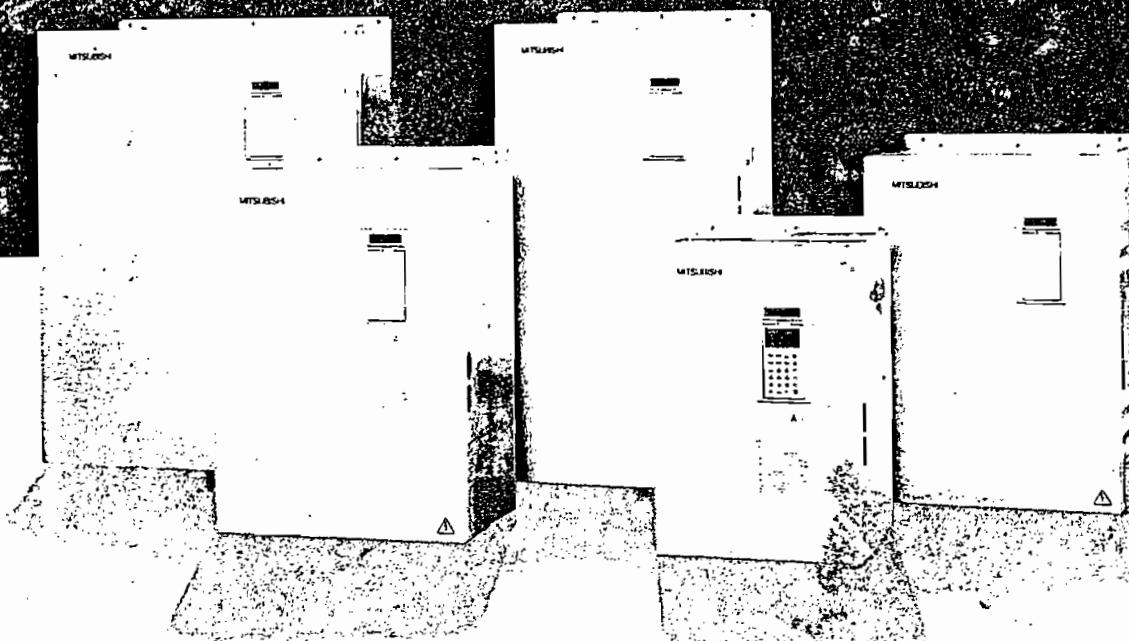
- MITSUBISHI, General Purpose Inverters, Instruction Manual, FREQROL-A, A 024/A 044, FR-A 024 – 0.1K ~ 3.7 K(P) – (UL),
FR-A 044 – 0.4K ~ 3.7 K(P) – (UL).

Freddy Padilla

VARIABLE FREQUENCY DRIVES

MELTRAC-A

HIGH POWER
HIGH PERFORMANCE
FULLY DIGITAL
AC INVERTERS



MITSUBISHI

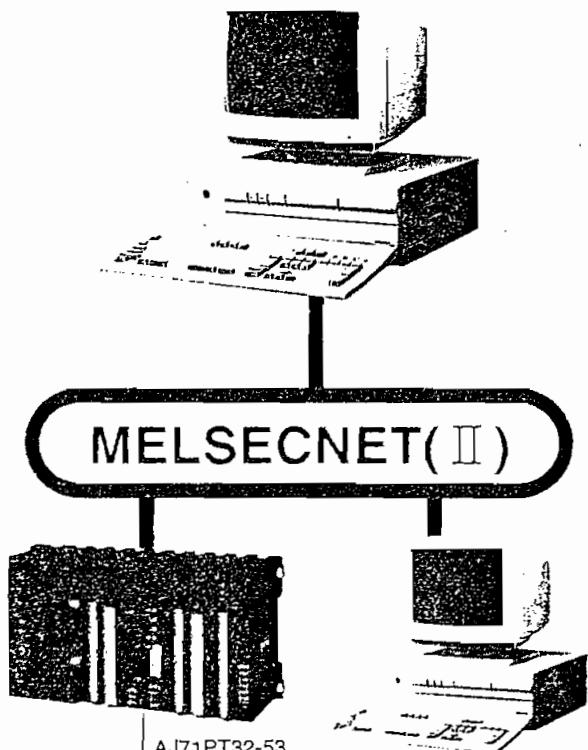
SYSTEM OVERVIEW

MT-A – building a new generation of drive system

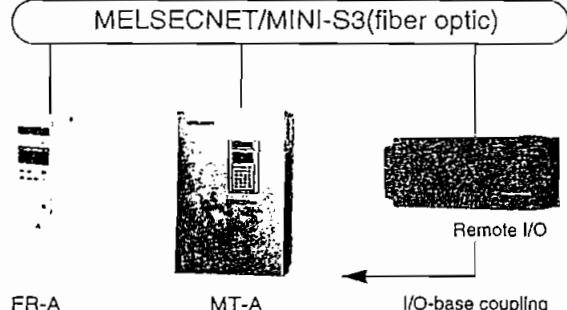
MT-A can connect to host computers or Mitsubishi MELSEC A Series PLC's through the data link option unit to facilitate easy monitoring or supervision of remote operation and normal operation status.

The MT-A is designed for the latest Factory Automation systems by providing simple yet broad control and monitoring capabilities.

The MT-A can easily be used with the FR-A general-purpose inverters and A Series PLC systems.

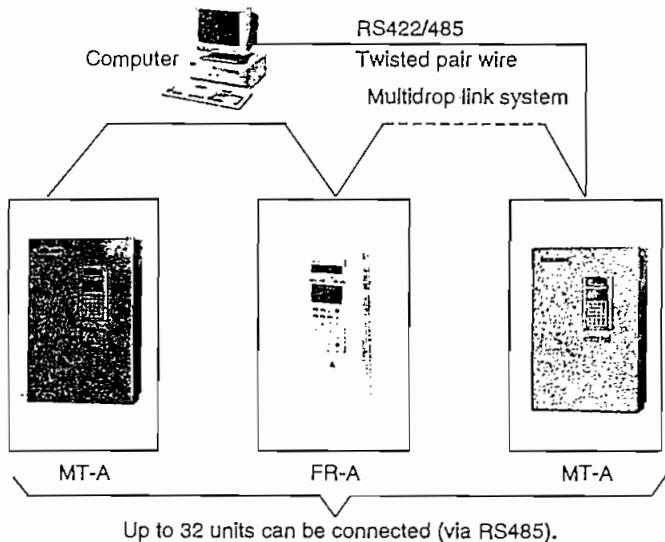


1. The MT-A can directly connect to the A Series programmable logic controllers via optical cable utilizing MELSEC-NET/MINI-S3.

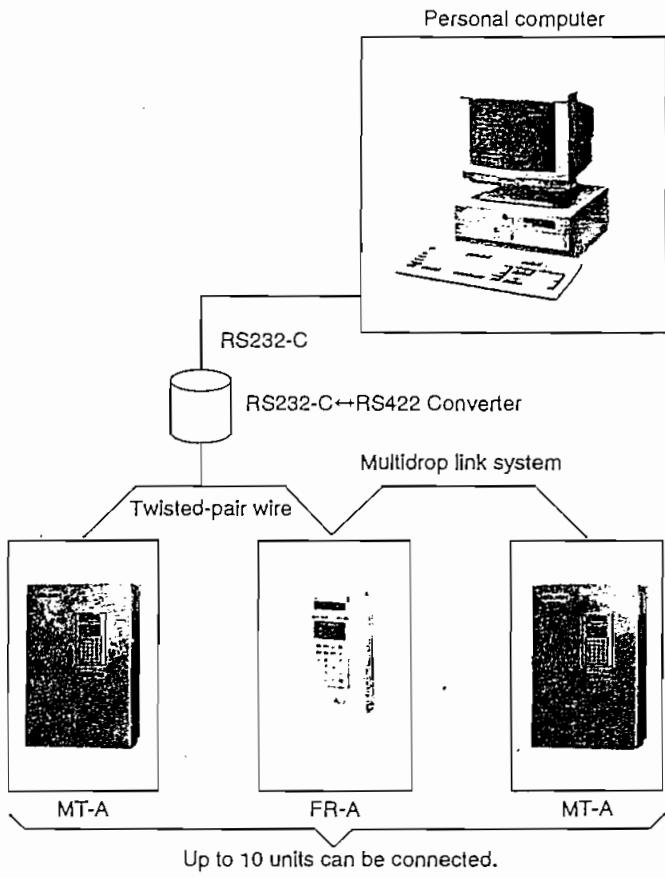


MT-A can be combined with a PLC to extend system capabilities

MT-A can easily connect and communicate with host computers.



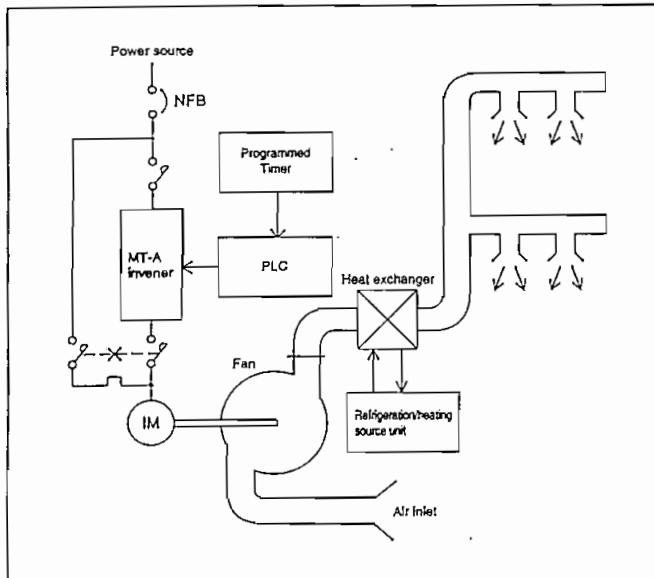
MT-A can easily connect to PC's in a local control system.



APPLICATIONS

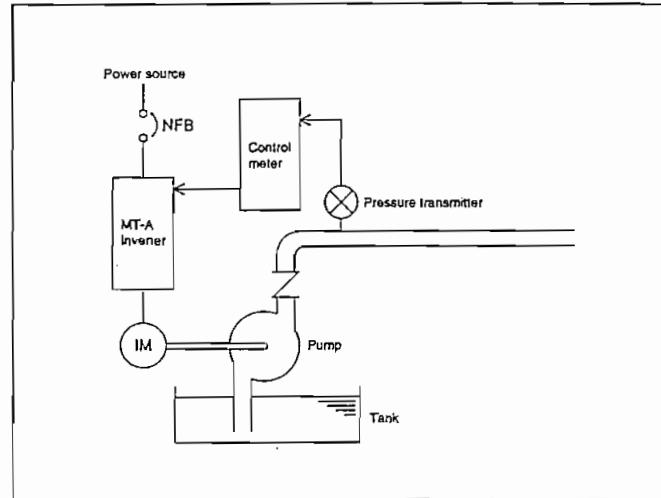
Using internal parameters offers new types of energy savings.

Air-conditioning fans



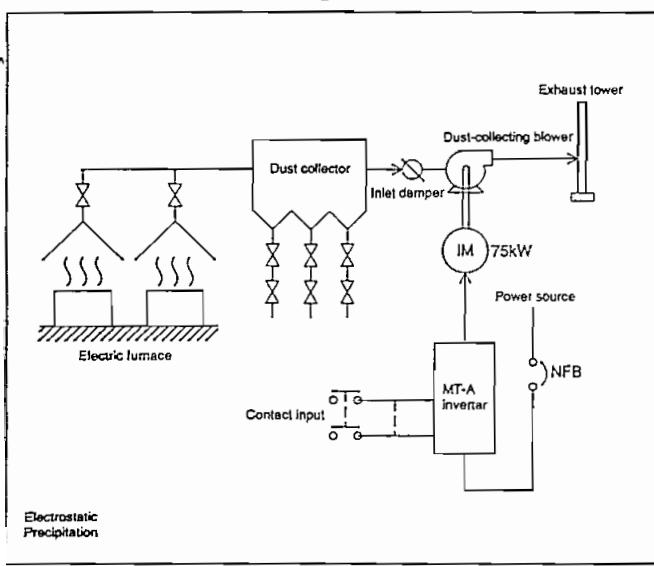
- The system records changes in the building heating load through the one-week programmed timer and processes the changes through the PLC into data that the inverter receives as a multistage speed command. (Pr. 4, 5, and 6).
- Commercial by-pass operation can be utilized (Pr. 57 and 58).

Water-feed pumps



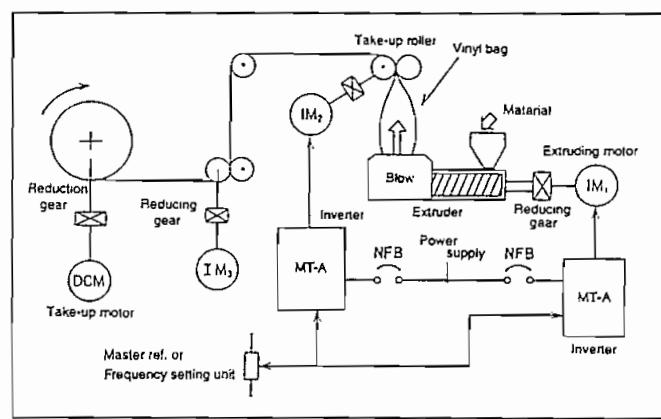
- The water-feed pressure is detected by the pressure transmitter; monitored and controlled by the control meter; then a 4-20 mA signal is sent to the inverter.
- The relationship between the 4 to 20 mA signal and the frequency can be set using Pr. 902 to 905.
- Since the pressure is constantly controlled to its optimum level, there is no water leakage nor power wasted.
- A system of multiple pumps can be incorporated into the general monitoring and control system.

Dust-collecting blowers



- The inverter receives a contact signal based on the operating state of any device that generates dust (ON when dust is generated).
- Up to seven different speeds can be set to correspond to contact status (Pr. 4, 5, and 6). In addition, up to ten speeds can be set by combining the upper frequency limit (Pr.1), lower frequency limit (Pr.2), and JOG selection.
- A simple circuit configuration further reduces energy consumption.
- Saves energy by selecting speeds according to the volume of dust emitted.

Extruders



- One frequency setting unit can set the speed of two inverters (one for extruding and one for take-up). The bias and gain (Pr.902 and 903) can be used to adjust the ratios.

APPLICABLE MOTOR CAPACITY

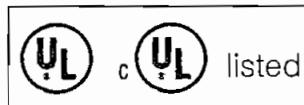
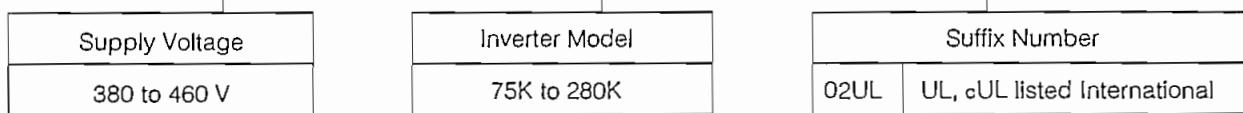
Software has been incorporated in the Meltrac-A for controlling either variable or constant torque loads. The following table shows two motor KW (HP) ratings for each drive; a rating for

variable torque applications with 120% overload for 1 minute, and a rating for constant torque applications with 150% overload for 1 minute.

Applicable motor capacity(kW)	Supply voltage 380 to 460 V class	
Variable Torque Application / Constant Torque Application	Rated output current (A) Variable Torque / Constant Torque	Inverter Model
75kW(100HP) / 55kW(75HP)	144A / 106A	MT-A140-75K
110kW(150HP) / 75kW(100HP)	216A / 144A	MT-A140-110K
150kW(200HP) / 110kW(150HP)	288A / 216A	MT-A140-150K
220kW(300HP) / 150kW(200HP)	432A / 288A	MT-A140-220K
280kW(400HP) / 220kW(300HP)	547A / 432A	MT-A140-280K

Note 1: Motor HP rating is based on typical NEMA B, 4 pole, 460V designs. Check motor nameplate amps to be certain it is within the inverter's capacity.

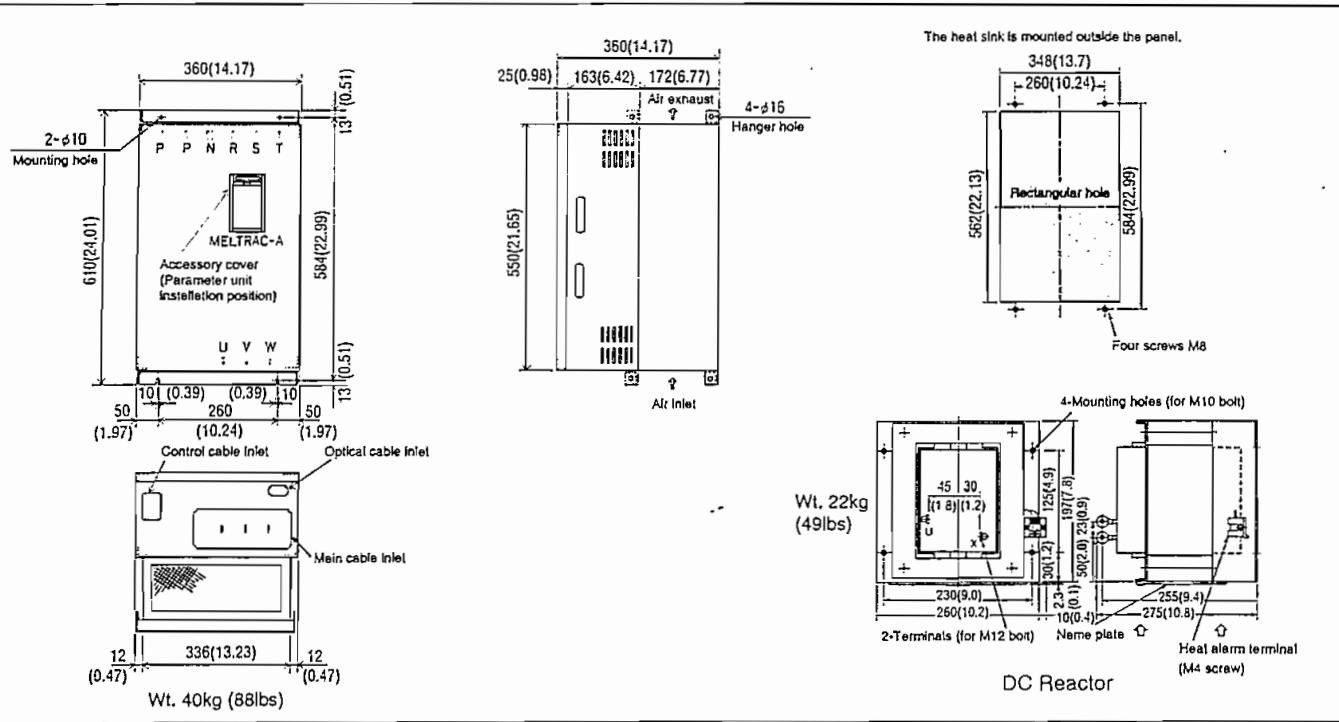
MT - **A₁₄₀** - **75K** - **02UL**



OUTLINE DIMENSIONS

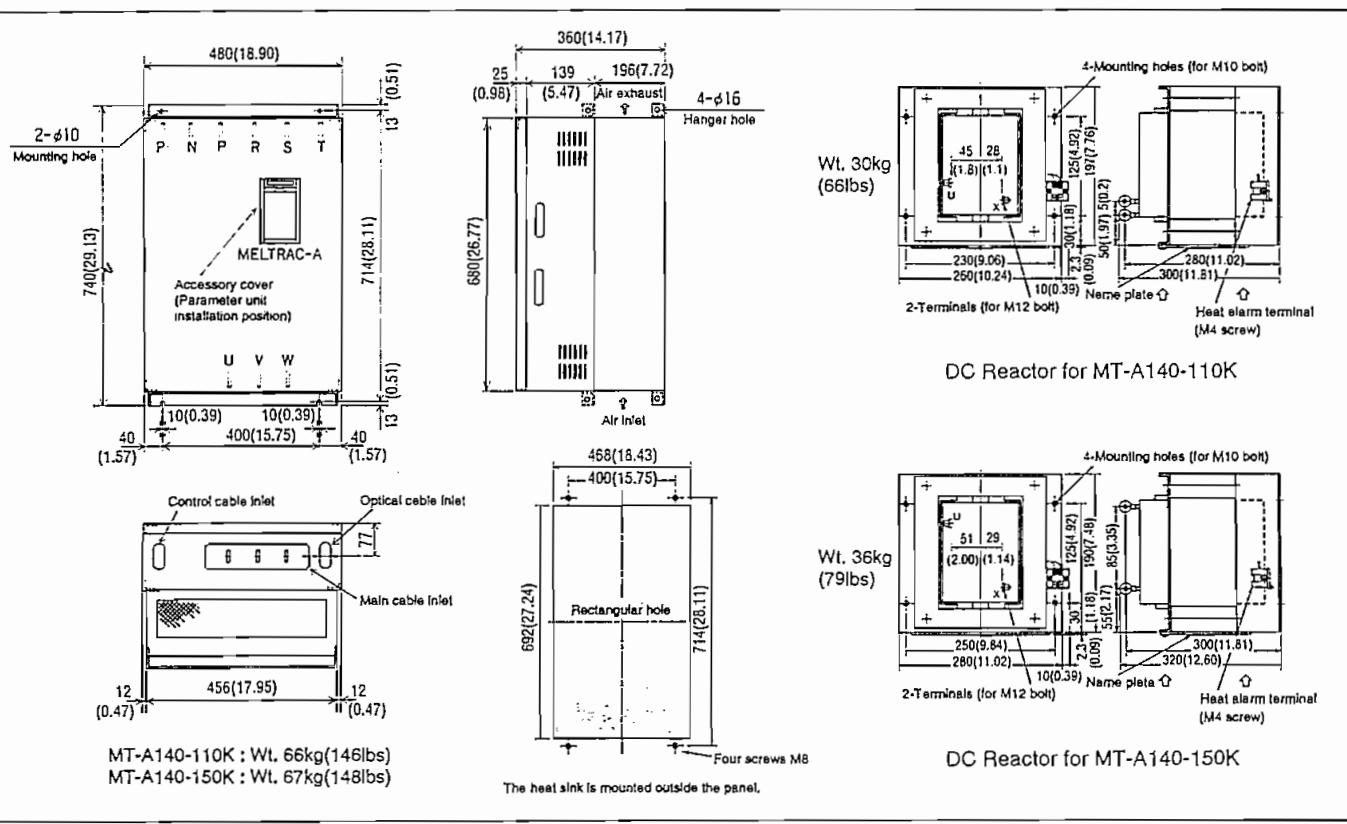
■ MT-A140-75K

Unit: mm (inches)



■ MT-A140-110K · MT-A140-150K

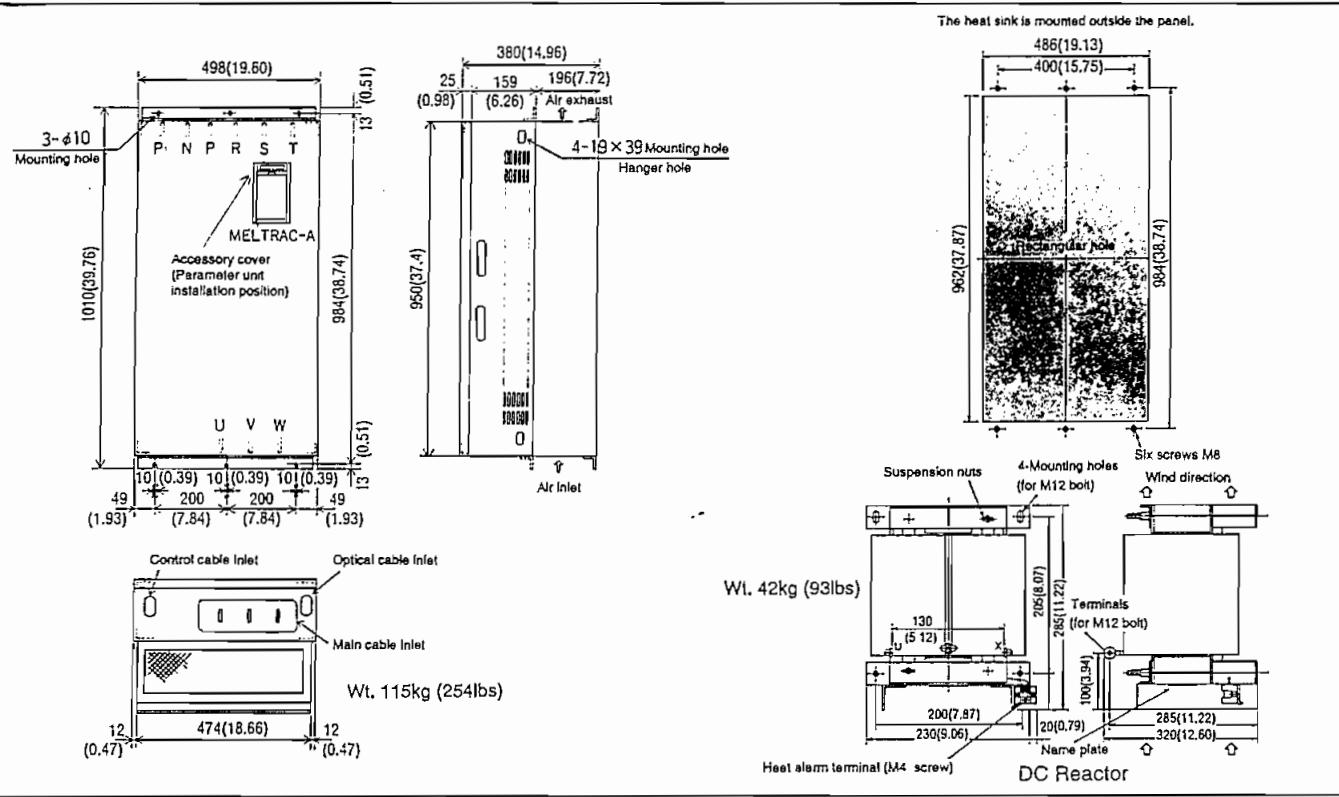
Unit: mm (inches)



- Power input terminals R, S, and T (L1, L2 and L3) and the DC reactor terminals are located at the top of the chassis; U, V, and W (T1, T2, and T3) are located at the bottom.
- Less heat is generated internally with the heat sink extended outside the enclosure, permitting a substantial reduction in enclosure dimensions.
- All units include a DC reactor to improve system power factor (DCL).

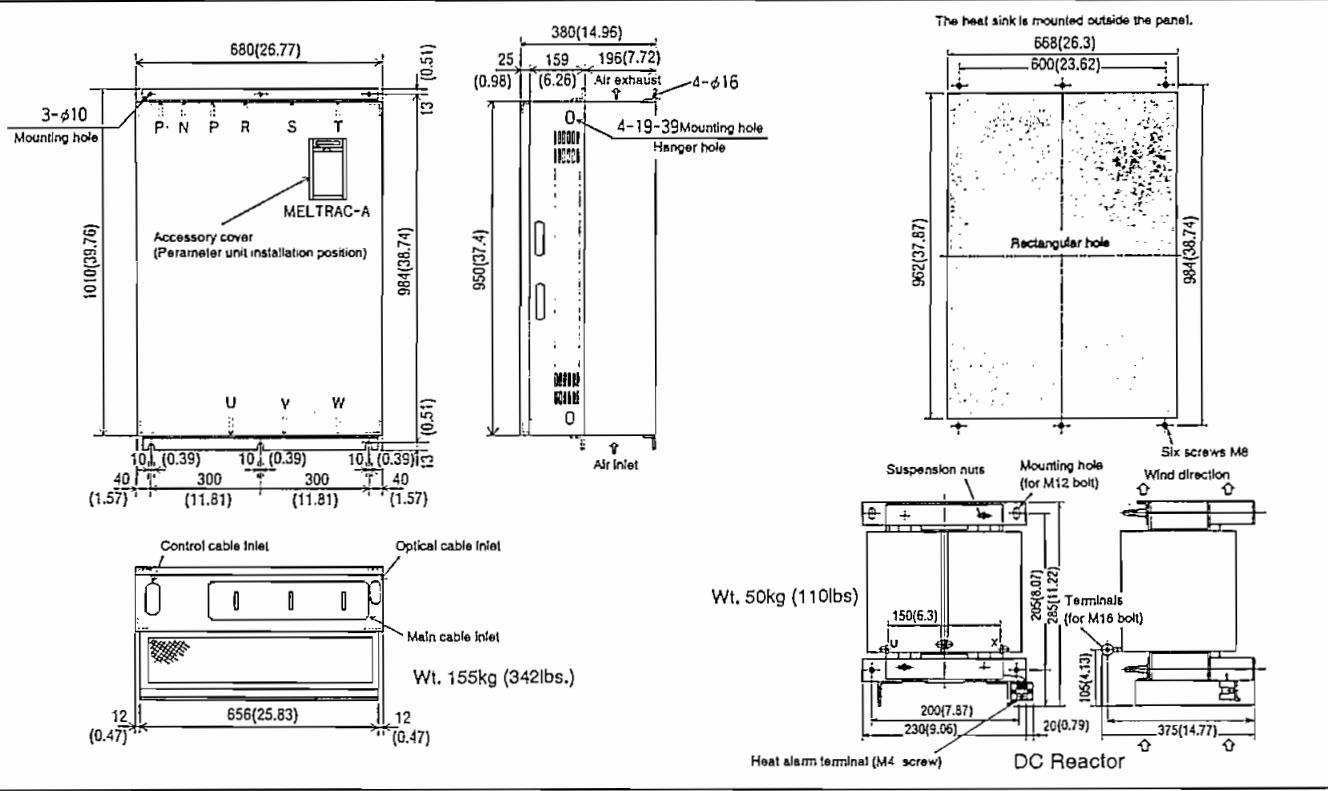
■ MT-A140-220K

Unit: mm (inches)



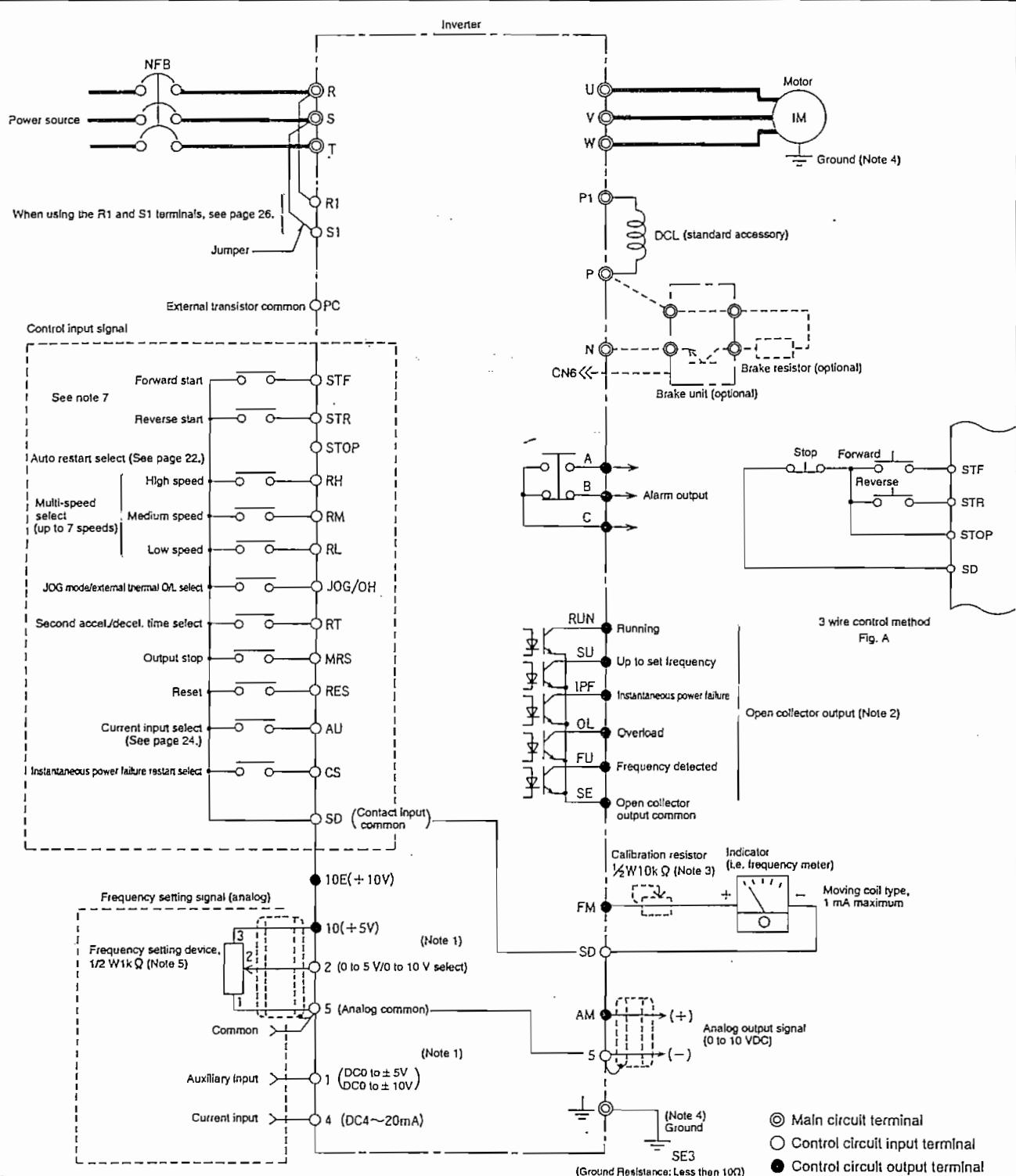
■ MT-A140-280K

Unit: mm (inches)



4. Cool the DCL with forced air cooling at a minimum air velocity of 5m/sec (16ft/sec).
5. DC reactor is equipped with temperature sensor N.O. contact rated 0.6A, 125V. Connect between inverter terminals JOG/OH and SD. Set Pr.17 to 1.

CONNECTION DIAGRAM



Notes:

1. Input signals can be switched through parameter unit.
2. All output terminals other than RUN, can be used to transmit alarm codes. Up to ten functions can be individually assigned to the terminals. (See pages 21 and 26.)
3. This resistor is not needed when parameter unit is used for calibration.
4. The drive and motor must be securely grounded before use.
5. Use $2 \text{W} 1\text{k}\Omega$ resistor if frequency setting is often changed.
6. To connect the CN6, refer to the brake unit (optional) instruction manual.
7. Two wire control is shown, for three wire control see inset FIG.A.

● Main circuit terminal
 ○ Control circuit input terminal
 ● Control circuit output terminal

TERMINAL DESCRIPTIONS

Type	Terminal Symbol	Terminal Name	Description	Ref. Page
Main circuit	R, S,T	AC power input	Connect to commercial power supply	p.29
	U, V, W	Inverter output	3-phase squirrel-cage motor output	p.29
	R1, S1	Power supply for control circuit	Connected to the AC power supply terminals R and S. To retain the alarm display and alarm output, remove the jumper from terminal block and apply external power to these terminals.	p.26
	P, N	Brake unit connection	Connect the optional MT-BU brake unit or power regenerative converter (MT-RC).	
	P, P1	Power factor improving DC reactor connection	Disconnect the link from terminals P-P1 and connect the power factor improving reactor.	p.29
	+	Ground	For grounding the inverter chassis. Must be earthed. (less than 10 Ω earthing resistance)	-
Control circuit (input signal)	STF	Forward rotation start	Turn on the signal across STF-SD for forward rotation and turn off to stop.	When whe signals across terminals STF-SD and STR-SD are turned on simultaneously, the stop command is given.
	STR	Reverse start	Turn on the signal across STR-SD for reverse rotation and turn off to stop.	
	STOP	Seal In circuit	Connect N.C. contact (stop button) between terminals STOP and SD for 3 wire control when momentary start commands are connected at terminals STF and STR.	p.23
	RH, RM, RL	Multi-speed select	Turn on the signal across RH/RM/RL-SD as appropriate to select up to 7 speeds. Act as group 1,2 and 3 select signals in the programmed operation mode.	Pr.4, 5, 6
	JOG/OH	JOG mode selection or external thermal relay input	Turn on the signal across terminals JOG-SD to select job operation (factory setting). Jog operation can be performed with the start signal (STF or STR). Can also be used as the thermal relay contact Input terminal to stop the inverter by the operation of the external thermal relay.	Pr.16, 17
	RT	Second acceleration/deceleration time selection	Turn on the signal across terminals RT-SD to select the second acceleration/deceleration time. When the second torque boost and second V/F (base frequency) functions have been set, these functions can also be selected by turning on the signal across terminals RT-SD.	Pr.44 to 47
	MRS	Output stop	Turn on the signal across terminals MRS-SD (20ms or longer) to stop the inverter output. Used to shut off the inverter output to bring the motor to a stop by the magnetic brake.	Pr.17
	RES	Reset	Used to reset the protective circuit activated. Turn on the signal across terminals RES-SD for more than 0.1 sec, then turn it off.	Pr.75
	AU	Current Input selection	Only when the signal across terminals AU-SD is turned on, the inverter can be operated with the 4-20mA frequency setting signal.	p.24
	CS	Automatic restart after instantaneous power failure selection	When the signal across terminals CS-SD has been turned on, restart can be made automatically when the power is restored after instantaneous power failure. Note that this operation requires restart parameters to be set. When the inverter is shipped from the factory, it is set to disallow restart.	Pr.57, 58
	SD	Contact Input common	Common to the contact input terminals and terminal FM. Isolated from the common terminal of the control circuit.	-
	PC	External transistor common	When transistor output (open collector output), such as a programmable logic controller (PLC), is connected, connect the external power supply for transistor output to this terminal to prevent fault caused by sneak current.	p.24
Analog (frequency setting)	10E	Frequency setting power supply	10 VDC, permissible load current 10mA	When the frequency setting potentiometer is connected in the factory-set state, connect it to terminal 10. When it is connected to terminal 10E, change the input specifications of terminal 2.
	10		5 VDC, permissible load current 10mA	
	2	Frequency setting (voltage)	By entering 0 to 5VDC (0 to 10VDC), the maximum output frequency is reached at 5V (or 10V) and I/O are proportional. Switch between Input 0 to 5VDC (factory setting) and 0 to 10VDC from the parameter unit. Input resistance 10kΩ. Max. permissible voltage 20V.	Pr.73
	4	Frequency setting (current)	By entering 4 to 20mA, the maximum output frequency is reached at 20mA and I/O are proportional. This input signal is valid only when the signal across terminals AU-SD is on. Input resistance 250Ω. Max. permissible current 30mA.	-
	1	Auxiliary frequency setting	By entering 0 to ±5VDC or 0 to ±10VDC, this signal is added to the frequency setting signal of terminal 2 or 4. Switch between Input 0 to ±5VDC and 0 to ±10VDC (factory setting) from the parameter unit. Input resistance 10kΩ. Permissible voltage ±20V.	Pr.73
	5	Frequency setting input common	Common to the frequency setting signals (terminals 2, 1 or 4) and analog output terminal AM. Not isolated from the common circuit of the control circuit. Do not ground.	-
Control circuit (output signal)	Contact	A, B, C	Change-over contact output indicating that the output has been stopped by the inverter protective function activated. 200VAC 0.3A, 30VDC 0.3A. Alarm: discontinuity across B-C (continuity across A-C), normal: continuity across B-C (discontinuity across A-C).	-
		RUN	Switched low when the inverter output frequency is equal to or higher than the starting frequency (factory set to 0.5Hz, variable). Switched high during stop or DC dynamic brake operation (**). Permissible load 24VDC 0.1A.	Pr.10 to 12
	Open collector	SU	Switched low when the output frequency has reached within 10% of the set frequency (factory setting, variable). Switched high during stop or accel / decel operation. Permissible load 24VDC 0.1A.	Pr.40
		OL	Switched low when the current limit function has caused stall prevention to be activated. Switched high when stall prevention is reset (**). Permissible load 24VDC 0.1A.	Pr.22, 23
	Pulse	IPF	Switched low when instantaneous power failure or undervoltage protection is activated (**). Permissible load 24VDC 0.1A.	p.25
		FU	Switched low when the output frequency has reached or exceeded the detection frequency set optionally. Switched high when below the detection frequency (**). Permissible load 24 VDC 0.1A.	Pr.40
	Analog	SE	Common to the RUN, SU, OL, IPF and FU terminals, isolated from the common circuit of the control circuit	-
		FM	For meter	Factory-set output item: frequency Permissible load current:1 mA. 1440 Hz. at 60 Hz.
		AM	Analog signal output	
			One selected from 14 monitoring items such as output frequency, is output. The output signal is proportional to the magnitude of each monitoring item. Terminals FM and AM cannot be used at the same time.	Factory-set output item: frequency Output signal: 0 ~ 10 VDC. Permissible load current : 1 mA. (Max. voltage 10VDC)
				Pr.51 to 54

** Low indicates that the open collector outputting transistor is on (conducts). High indicates that the transistor is off (does not conduct).

*** The output of these terminals can be reassigned by Pr.40.

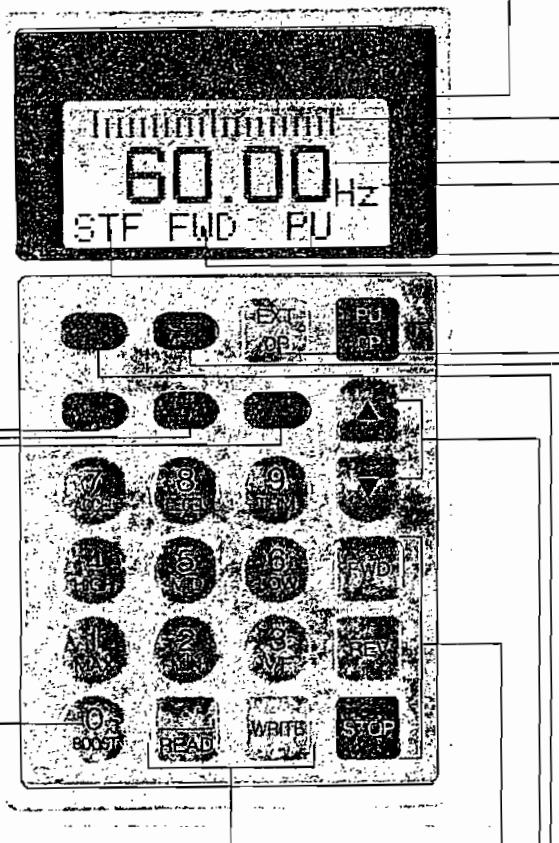
PARAMETER UNIT

User friendly and interactive

The optional parameter unit FR-PU02E is needed to set parameters for this inverter. Parameters must be set before you can start operations. Obtain a parameter unit.

The parameter unit is the same as that used for the FR-A Series of general purpose inverters.

MITSUBISHI



Read and Write keys

- Read and write parameters.

Function and number keys

- To select parameter functions and input set numbers.
- Press **READ** key for decimal point.

Clear key

- To clear display of an error or set number.

Shift key

- To shift display or shift set parameter number.

Help mode select key

- Provides helpful instruction on operation and assistance in choice selections.

LED display on inverter

- All MT-A inverters are equipped with a bright easy-to-read 4-digit LED display.
- 14 different values can be monitored.

Liquid crystal display (LCD)

- Large display (4 line x 13 characters)
- Interactive parameter settings
- HELP function and troubleshooting guide
- 20 monitored items (including Frequency, Current, and Power)

Level meter
(values shown as %)

13 monitored values can be displayed in %.

Main Monitor

16 monitored items (including frequency, motor current, and power).

Indication unit

Operation mode indication

PU : PU operation
EXT : External operation
Puj : PU jog operation
EXTj : External jog operation
NET : Computer or PLC link operation
PU + E : PU and EXT mode operation
PRG : Program operation

Operation status indication

FWD : During forward operation
REV : During reverse operation
STOP : Stopped.
JOGf : During forward jog operation
JOGr : During reverse jog operation

Operation command indication

STF : Forward
STR : Reverse
..... : No command or switch or both STF and STR

Operation mode select key

EXT OP Switches mode to external operation.

PU OP Switches mode to PU (Parameter Unit) operation.

Setting mode select key

- Switches display to Parameter Setting mode.

Monitor mode select key

- Switches display to Monitor mode.

Frequency keys (also used to move cursor on display)

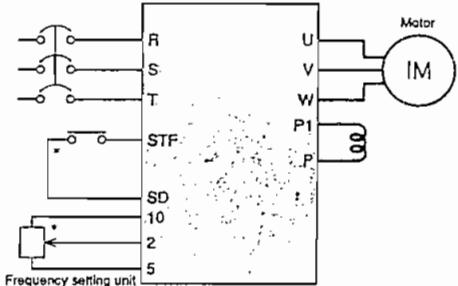
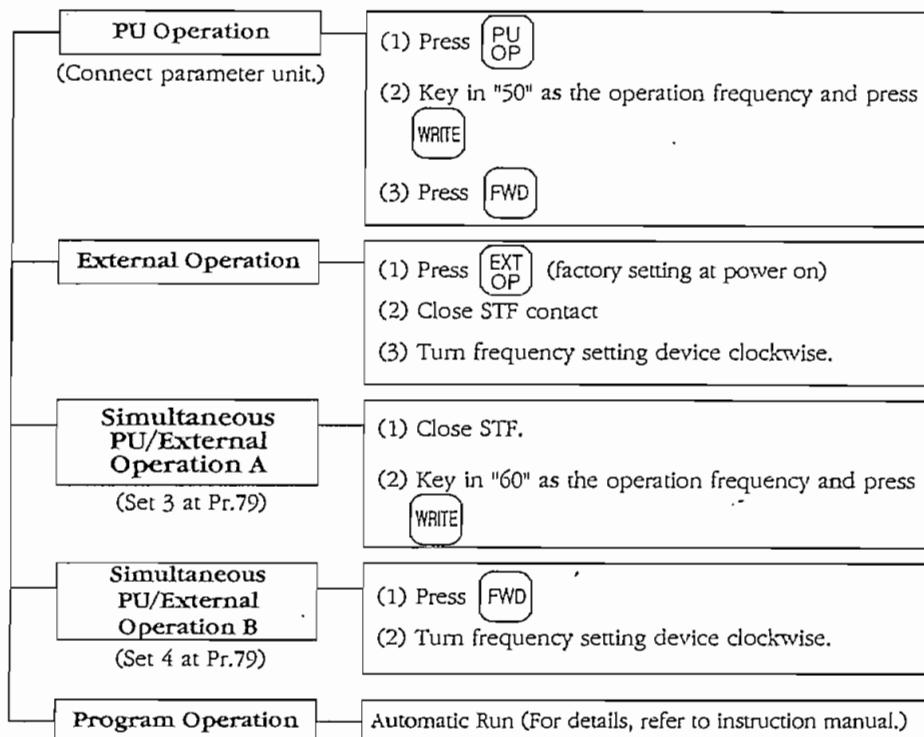
- Continuously changes the set frequency.
- Moves cursor in Setting mode and Help mode.

Operation command key

- Issues the forward, reverse, and stop commands.

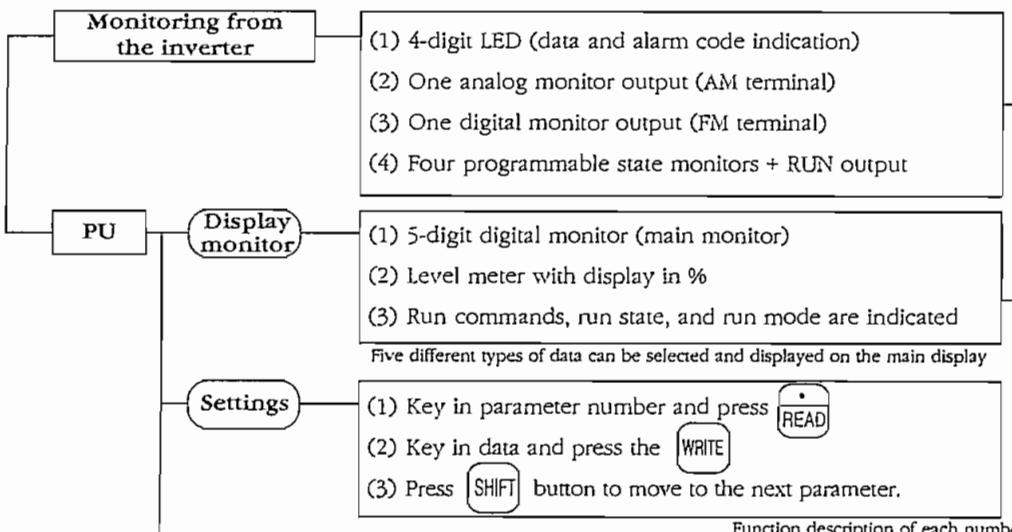
Simple variable speed drive operation

One of five modes can be selected. (For details, see Pr.79.)

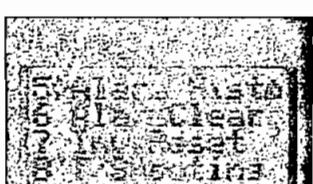


3) * For PU operation only, connections marked with an * are not necessary.

Extensive monitoring capabilities providing reliable supervision



The data indicated at each monitoring location can be changed using Pr. 51 - 54.



This function can be very helpful in operating.

Function description of each number

No.	Description
1.	List of monitored values.
2.	Operation description for PU operation.
3.	List of parameters.
4.	Operational description of Parameter All Clear.
5.	Alarm history.
6.	Method for clearing alarm history.
7.	Method for resetting inverter.
8.	Moves to Troubleshooting guide mode.

LIST OF PARAMETERS

Function	Parameter Number	Name	Screen Display	Setting Range	Minimum setting increment	Factory-setting	Refer Page	
Basic functions	0	Torque boost (manual)	Trq. Bst1	0 to 30%	0.1%	1%	13	
	1	Maximum frequency limit	Max. F1	0 to 60Hz		60Hz		
	2	Minimum frequency limit	Min. F1	0 to 120Hz		0Hz		
	3	Base frequency	VF base F1	0 to 400Hz	0.01Hz	60Hz		
	4	Multi-speed setting (high speed)	Preset F1	0 to 400Hz		60Hz		
	5	Multi-speed setting (middle speed)	Preset F2	0 to 400Hz		30Hz		
	6	Multi-speed setting (low speed)	Preset F3	0 to 400Hz		10Hz		
	7	Acceleration time	Acc. T1	0 to 3600/0 to 360 sec.	0.1/0.01 sec.	15 sec.		
	8	Deceleration time	Dec. T1	0 to 3600/0 to 360 sec.	0.1/0.01 sec.	15 sec.		
Standard operating functions	9	Electronic thermal O/L relay	Set THM	0 to 3600A	0.1A	Rated output current	14	
	10	DC injection brake operation frequency	DC Br. F	0 to 120Hz	0.01Hz	0Hz		
	11	DC injection brake operation time	DC Br. T	0 to 10 sec.	0.1 sec.	0.5 sec.		
	12	DC injection brake voltage	DC Br. V	0 to 30%	0.1%	1%		
	13	Starting frequency	Start F	0 to 60Hz	0.01Hz	0.5Hz		
	14	Applied load selection	Load VF	0, 1, 2, 3	1	0		
	15	Jog frequency	JOG F	0 to 400Hz	0.01Hz	5Hz		
	16	Jog acceleration/deceleration time	JOG T	0 to 3600/0 to 360 sec.	0.1/0.01 sec.	15 sec.		
	17	External thermal O/L relay input	JOG/OH	0, 1, 2, 3	1	0		
	18	High-speed maximum frequency limit	Max. F2	0 to 400Hz	0.01Hz	60Hz		
	19	Base frequency voltage	VFbase V	0 to 1000V, 9999	0.1V	9999		
	20	Acceleration/deceleration reference frequency	Acc/DecF	0 to 400Hz	0.01Hz	60Hz		
	21	Acceleration/deceleration time increments	Incr. T	0, 1	1	0		
	22	Stall prevention operation level	Stll Pv1	0 to 120%	0.1%	120%	15	
	23	High speed stall prevention operation level	Stll Pv2	0 to 120%, 9999	0.1%	9999		
	24	Multi-speed setting (Speed 4)	Preset F4	0 to 400Hz, 9999	0.01Hz	9999		
	25	Multi-speed setting (Speed 5)	Preset F5					
	26	Multi-speed setting (Speed 6)	Preset F6					
	27	Multi-speed setting (Speed 7)	Preset F7					
Alternate functions	28	Multi-speed input compensation	Pre. Comp	0, 1	1	0	16	
	29	Acceleration/deceleration pattern	Acc/Dec P	0, 1, 2, 3	1	0		
	30	External brake resistor selection	Br. Set	0, 1	1	0		
	31	Frequency jump 1A	F jump 1A	0 to 400Hz, 9999	0.01Hz	9999		
	32	Frequency jump 1B	F jump 1B					
	33	Frequency jump 2A	F jump 2A					
	34	Frequency jump 2B	F jump 2B					
	35	Frequency jump 3A	F jump 3A					
	36	Frequency jump 3B	F jump 3B					
	37	Speed display	Dispunit	2 to 10, 11 to 9998	1	4		
	38	Automatic torque boost	A. TrqBst	0 to 200%	0.1%	0	17	
	39	Automatic torque boost operation starting current	No Load I	0 to 3600A	0.1A	0		
	40	Output terminal assignment	Selectop	0 to 9999	1	1234		
	41	Up-to-frequency sensitivity	SU Range	0 to 100%	0.1%	10%		
Multi-function output terminal functions	42	Output frequency detection	Set FU FW	0 to 400Hz	0.01Hz	6Hz	17	
	43	Output frequency detection at reverse rotation	Set FU RV	0 to 400Hz, 9999	0.01Hz	9999		
	44	Alternate acceleration/deceleration time	Acc/Dec T2	0 to 3600 /0 to 360 sec.	0.1/0.01 sec.	15 sec.		
	45	Alternate deceleration time	Dec T2	0 to 3600 /0 to 360 sec., 9999				
Alternate functions	46	Alternate torque boost	Trq. Bst2	0 to 30%, 9999		9999	18	
	47	Alternate V/F (base frequency)	VF base F2	0 to 400Hz, 9999	0.01Hz			

Note 1: In the Screen Display section, f indicates a frequency, V a voltage, and I a current.

Function	Parameter Number	Name	Screen Display	Setting Range	Minimum Setting Increment	Factory-Setting Increment	Refer Page
Alternate functions	48	Alternate stall prevention operation level (current)	Stall 2 I	0 to 120%	0.1%	120%	18
	49	Alternate stall prevention operation level (frequency)	Stall 2 F	0 to 400Hz	0.01Hz	0	
	50	Alternate output frequency detection	Set FU 2	0 to 400Hz	0.01Hz	30Hz	
Display functions	51	Inverter LED display data selection	Set LED	1 to 14, 17, 18	1	1	18
	52	PU main display data selection	Set Main	0, 17 to 20	1	0	
	53	PU level display data selection	Set Lvl.	0 to 3, 5 to 14, 17, 18	1	1	
	54	FM terminal function selection	Set FM	1 to 3, 5 to 14, 17, 18, 21, 101 to 103, 105 to 114, 117, 118, 121	1	1	
	55	Frequency monitoring reference	Calb FM F	0 to 400Hz	0.01Hz	60Hz	
	56	Current monitoring reference	Calb FM I	0 to 3600A	0.1A	Rated output current	
Automatic restart functions	57	Restart coasting time	Restart1	0 to 30 sec., 9999	0.1sec.	9999	19
	58	Restart cushion time	Restrt T2	0 to 5 sec.	0.1sec.	0.5seconds	
Additional functions	59	Remote setting function selection	Rmt Set	0, 1, 2	1	0	
Operation selection functions	60	Intelligent mode selection	Int. Mode	0, 1, 3 to 5	1	0	20
	66	Frequency at which stall prevention level begins to be reduced	Stll coF	-0 to 400Hz	0.01Hz	60Hz	
	67	Number of retries at alarm occurrence	Retry No	0 to 10	1	0	
	68	Retry waiting time	Retry t	0 to 10sec., 9999	0.1sec.	9999	
	69	Retry count display erase	Retry N	0	-	0	
	70	Regenerative brake duty	Br. Duty	0% to 100% (Note 2)	0.1%	0%	
	71	Applied motor	Set Motor	0, 1, 2, 20, 21, 22	1	0	
	72	PWM mode selection	PWM Mode	0, 1, 2	1	0	
	73	0 to 5V, 0 to 10V selection	Extf/10V	0 to 5, 10 to 15	1	1	
	74	Response time for analog signal	IP filter	0 to 8	1	1	
	75	Reset selection	RES Mode	0, 1, 2, 3	1	0	
	76	Alarm code output selection	Alarm OP	0, 1, 2, 3 (Note 4)	1	0	
	77	Parameter write disable selection	Enable Wr	0, 1, 2	1	0	
	78	Reverse rotation prevention selection	Enable FR	0, 1, 2	1	0	
	79	Operation mode selection	Cont Mode	0 to 5	1	0	21
	80	Motor capacity	Motor KW	75 to 1000kW, 9999	0.1kW	9999	
	81	Number of motor poles	Mpole No	2, 4, 6, 9999	2	9999	
Auxiliary function	81 to 84 107 to 116 136 to 142	Parameters for setting auxiliary function. For details, refer to instruction manual.					-
	82 to 99 117 143 to 159	Parameters set at factory. Do not reset or adjust.					
	100 to 106 116 to 127 134 to 137	Parameters for built-in options. For details, refer to instruction manual.					
	200 to 231	Parameters to set Program Run. For details, refer to instruction manual.					
Calibration functions	900	FM terminal calibration	FM Tune	-	-	-	22
	901	AM terminal calibration	AM Tune	-	-	-	
	902	Frequency setting voltage bias	Ext Vbias	0 to 10V	0 to 60Hz	0V	
	903	Frequency setting voltage gain	Ext Vgain	0 to 10V	1 to 400Hz	5V	
	904	Frequency setting current bias	Ext I bias	0 to 20mA	0 to 60Hz	4mA	
	905	Frequency setting current gain	Ext I gain	0 to 20mA	1 to 400Hz	20mA	

Note 2: Enter the acceptable duty cycle (%ED) that is specified for the optional braking transistor module.

Note 3: Shaded parameters can be changed at any time; other parameters can be changed only when drive run command is off and in PU OP mode. This is the factory setting. Pr.77 controls this feature, see page 21 for other choices.

Note 4: A two digit number must be set in Pr.76 when option T-OPT20 is installed. Refer to T-OPT20 manual.

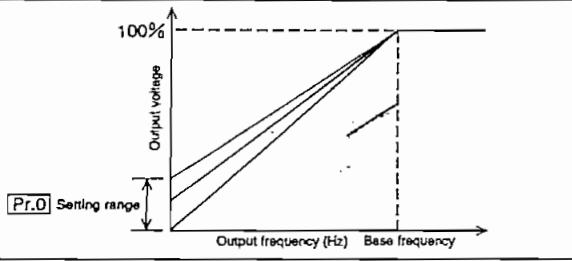
DESCRIPTION OF PARAMETERS

Pr.0 - Pr.8

Note: Parameter is abbreviated as Pr.

Pr.0 Setting torque boost (manual)

Voltage at 0 Hz can be adjusted (biased) as necessary to provide additional starting torque at low frequencies.



Note 1: 1% of factory-setting (manual torque boost)

Note 2: When Pr.80 and Pr.81 have been set to select Primary Magnetic Flux Control mode, there is no need to set this parameter

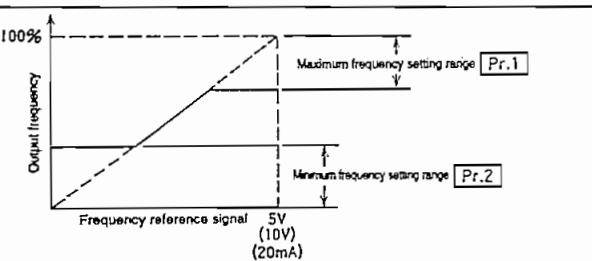
Pr.1

Pr.2

Setting Maximum and Minimum frequency limit

Pr.1 Maximum frequency limit Pr.2 Minimum frequency limit

Maximum and minimum frequency output limit can be ramped



Note: To set a frequency of 60 Hz or more, use Pr.18.

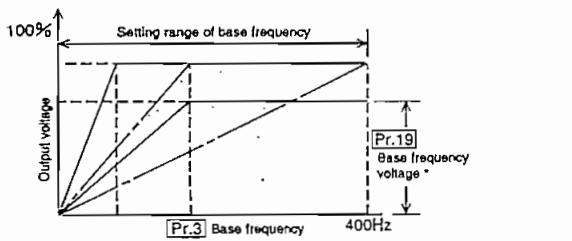
Pr.3 Setting base frequency

Pr.3 Base frequency Pr.19 Base frequency voltage

Check motor nameplate for base frequency and voltage data. Enter frequency in Pr.3, and voltage in Pr.19. This will establish the correct Volts/Hz ramp. Example: Pr.3 = 60(Hz), Pr.19 = 460(volts).

Pr.19 can be set to any motor nameplate voltage provided it is not higher than the voltage supplied to the inverter. Example: a typical high speed spindle motor nameplated 330V, at 300Hz; set Pr.3 = 300(Hz) and Pr.19 = 330(volts).

An incorrect setting of either Pr.3 or Pr.19 will apply the wrong V/Hz ramp to the motor resulting in motor heating, and overvoltage trips on overhauling loads.



In general, it is important to set Pr.3 and Pr.19 to rated motor values. When Pr.19 is set to 9999 (factory set value), the maximum output voltage is as the same as the inverter input supply voltage.

Pr.4

Pr.5

Pr.6

Setting multi-speed settings

Pr.4 1st Multi-speed setting (high)

Pr.24 4th Multi-speed setting

Pr.5 2nd Multi-speed setting (medium)

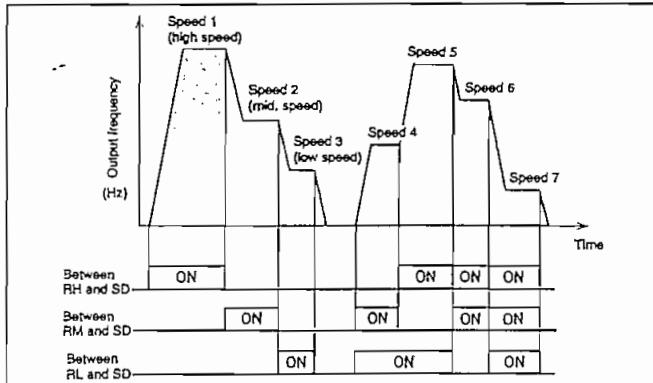
Pr.25 5th Multi-speed setting

Pr.6 3rd Multi-speed setting (low)

Pr.26 6th Multi-speed setting

Pr.27 7th Multi-speed setting

- Input terminals RH, RM, and RL alone or in combination are used to select each speed.
- Each preset speed can be set to any value between 0 - 400 Hz during operation of the inverter. The speed can also be set by using the "▲ ▼" keys.
- Up to 10 speeds can be set by combining these parameters with JOG frequency (Pr.15), upper limit frequency (Pr.1), or lower limit frequency (Pr.2).



Notes:

1. When Pr.24 - Pr.27 are set to 9999 (factory-set value), Speeds 4-7 cannot be selected.
2. Multi-speed selections take priority over the main speed (between terminals 2/5 or 4/5).
3. Multi-speeds can also be set during PU operation and external operation.

Pr.7

Pr.8

Setting acceleration/deceleration time

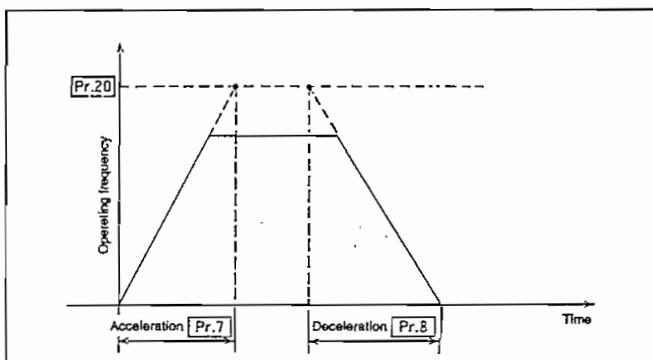
Pr.7 Acceleration time

Pr.20 Acceleration/deceleration base frequency

Pr.8 Deceleration time

Pr.21 Acceleration/deceleration time unit

- Set Pr.7 to the time needed to reach the set value for the Pr.20. Set Pr.8 to the time needed to reach the set value for Pr.21.
- For Pr.21 acceleration / deceleration time unit, the setting range and the minimum setting unit can be set as follows:
Set value 0: 0 - 3600 seconds (The minimum setting unit is 0.1 seconds.)
Set value 1: 0 - 360 seconds (The minimum setting unit is 0.01 seconds.)



Note: For a S-shaped acceleration/deceleration pattern A (see Pr.29) only, the value must be the time needed to reach the base frequency (Pr.3). The output wavelength for the wavelength setting signal (analog) is set by the gain (Pr.903 or Pr.905).

Pr.9 - Pr.16

Pr.9 Setting value for electronic thermal O/L

- The current value (A) can be directly used as the set value to protect the motor from overheating. Generally, this Pr. is set to the motor rated current. This Pr. allows for the reduction in motor cooling capability during low-speed operation.
- When this parameter is set to "0A", the motor protection function does not operate.
- To use an inverter duty constant torque motor, set Pr.71 (Applicable Motor) to "21" to select the 100% continuous torque characteristic in the low-speed range. Then set the rated current of the motor for Pr.9 (Electronic thermal O/L).
- The current value is factory set to the rated output current of the inverter. Change rated motor current setting.

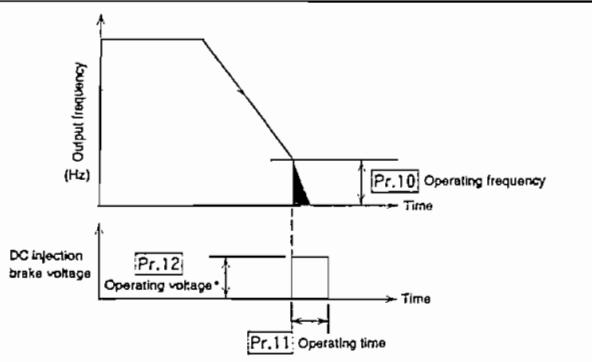
Pr.10 Pr.11 Pr.12

Adjusting the DC brake

Pr.10 DC injection brake operation frequency

Pr.11 DC injection brake operation time Pr.12 DC injection brake voltage

- Setting DC injection brake torque (* voltage), time, and starting frequency allows the user to adjust the stopping accuracy according to the load.

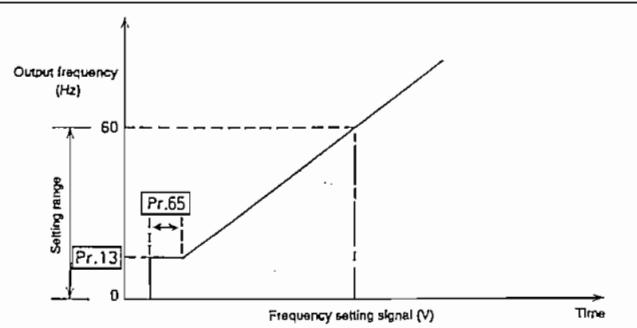


Factory-set value (for DC injection brake voltage): 1%

Pr.13 Pr.65 Setting starting frequency

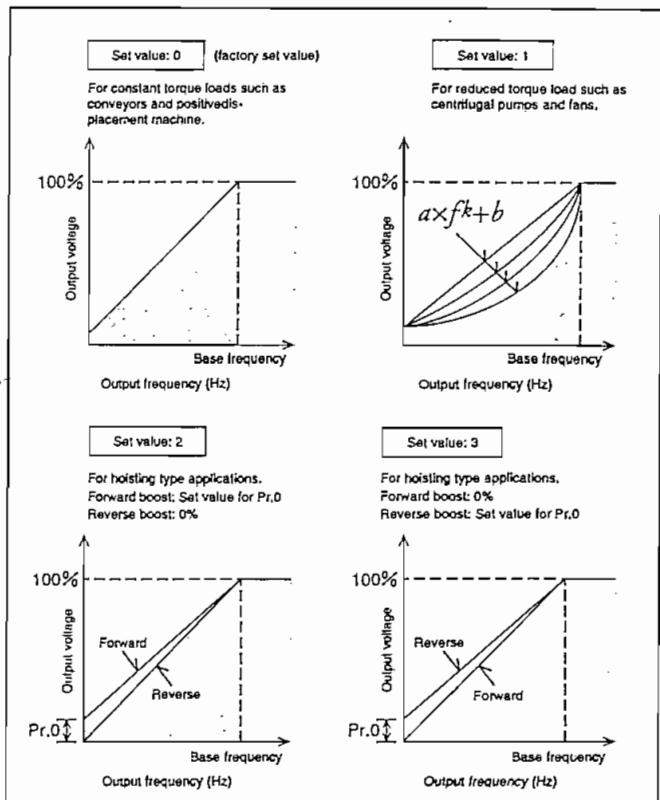
Pr.13 Starting frequency Pr.65 Hold time at starting freq.

- The starting frequency can be set to any value between 0 to 60 Hz.
- At the start time, the start frequency can be held for a certain time. Therefore, overcurrent can be prevented when a large inertia (GD^2) load such as the blower is started.
- Pr.65 has a setting range of 0 to 10.0 seconds. It was set at 0 second at shipment from the factory.



Pr.14 Pr.140 Selecting applied load

- The user can select the optimum output characteristics (V / F characteristics) for specific applications or the load characteristic.
- The reduction ratio for reduction torque loads can be set by Pr. 140. k=1 to 2 setting possible. (As standard setting, it should be set to be 1.75)

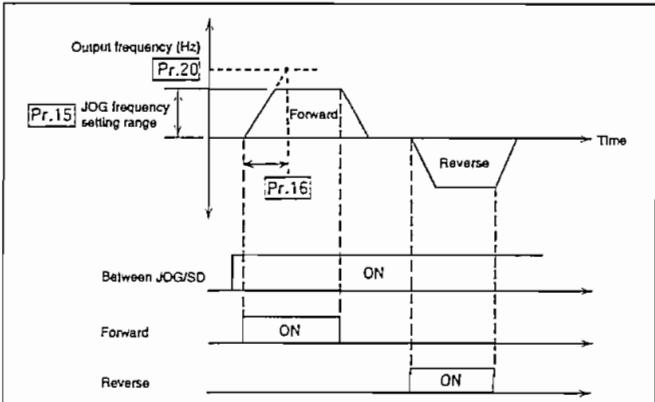


Note: When Pr.80 and Pr.81 have been set to select Primary Magnetic Flux Control mode, setting for this parameter is ignored.

Pr.15 Pr.16 Setting JOG operation

Pr.15 JOG frequency Pr.16 JOG acceleration/deceleration time

- For JOG operation, select JOG mode (short between the terminals JOG and SD). JOG operation is started and stopped by a start signal (input at the STF and STR terminals).
- JOG operation can also be performed by using the parameter unit. (Refer to the Instruction Manual.)

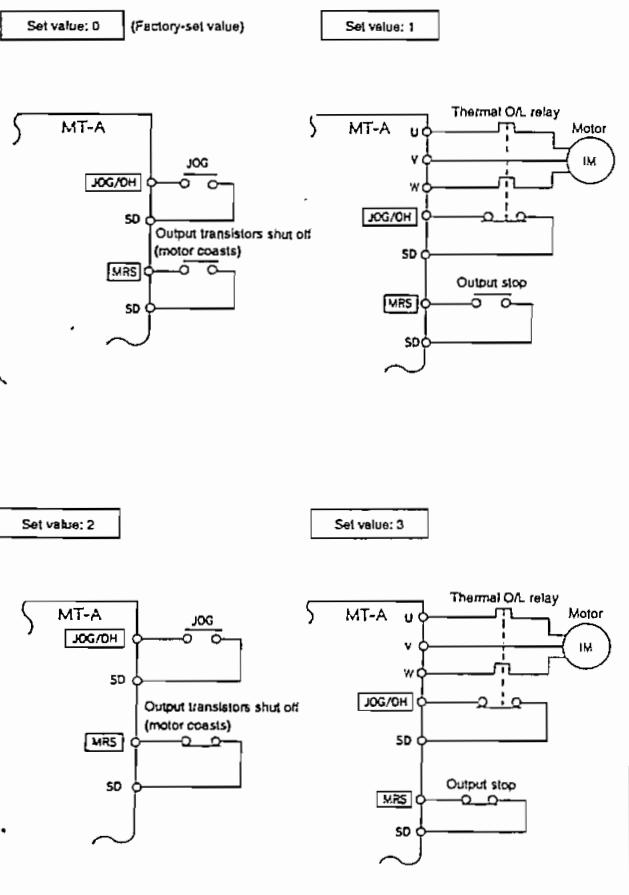


r.17 - Pr.28

Pr.17 Selecting external thermal O/L relay input

The set values 0 and 1 switch the functions of the input terminal JOG / OH. The JOG function inputs the signal contact of the JOG operation select signal. When a thermal O/L relay is installed between the motor and the inverter, or a motor containing a temperature sensor is used, select the OH function which will allow an input from the relay or sensor. The set values 2 and 3 switch the function of the MRS terminal to the b-contact input specification (normally closed input).

Pr.17 set value	Terminals JOG/OH functions		Terminal MRS function	
	JOG mode	OH (External Thermal O/L Relay input)	Normally open input	Normally closed input
0	✓		✓	
1		✓	✓	
2	✓			✓
3		✓		✓



Pr.18

Setting high-speed maximum frequency limit

Use this parameter for operation at 60 Hz or more.

When this parameter is set, the maximum frequency parameter, Pr.1, is automatically changed to this set value.

Before setting this parameter, confirm that the motor and machine can withstand high-speed operations.

Pr.19 See description of Pr.3.

Pr.20 Pr.21 See description of Pr.7.

Pr.22 Pr.23 Pr.66

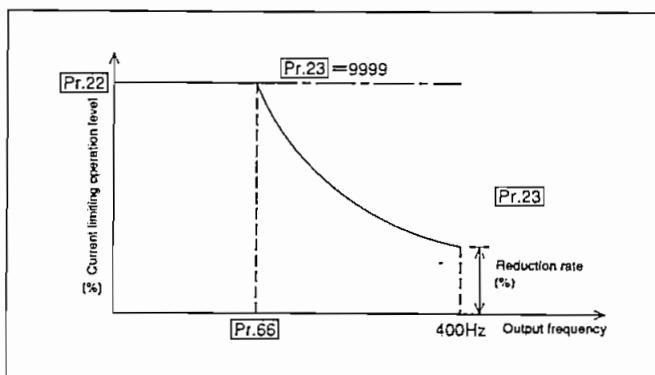
Setting stall prevention operation level

Pr.22 Stall prevention operation level (current limiting operation level)

Pr.23 High speed stall prevention operation level (current limiting level reduction rate at 400 Hz)

Pr.66 Frequency at which stall prevention level reduction begins

- Set Pr.22 for the stall prevention operation level (current limiting level). Normally, set this parameter to 120% (equal to the factory-set value).
- To improve the acceleration characteristic of the motor for high speed operation at 60 Hz or more, the current limiting level in the high frequency band can be reduced. Pr.66 sets the frequency at which reduction begins, and Pr.23 sets the reduction rate.
- When Pr.23 is set to 9999 (factory-set value), the current limit of the set value for Pr.22 remains constant at 400 Hz.



Pr.24 Pr.25 Pr.26 Pr.27

See description of Pr.4.

Pr.28 Selecting multi-speed input compensator

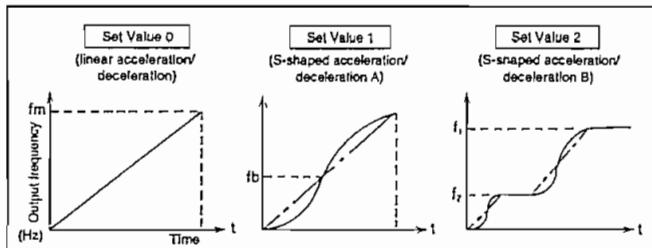
A compensator signal input at terminal "1" enables speed (frequency) compensator to be made to multi-speed settings.

Set value	Compensator by auxiliary input
0	Not compensated (factory-set value)
1	Can be compensated

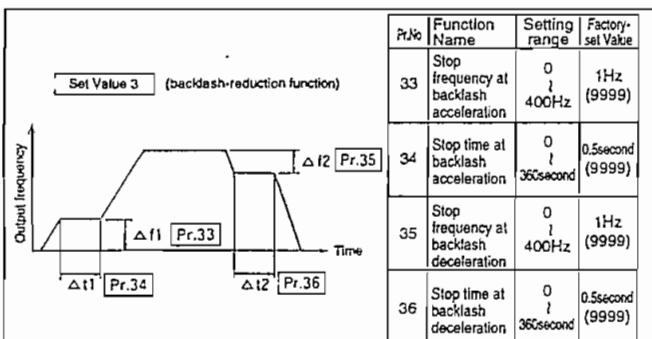
Pr.29 Selecting acceleration/deceleration patterns

Different acceleration/deceleration patterns are provided. The selection will depend on the application.

- Set value "0" (linear acceleration/deceleration) is effective for most applications.
- Set value "1" (S-shaped acceleration/deceleration A) is used to accelerate or decelerate to high-speeds, 60 Hz or more, in a short time. This set value selects an acceleration/deceleration pattern with the turning point of the S-shaped curve at f_b (base frequency). This pattern is suited for use with machine tools applications.
- Set value "2" (S-shaped acceleration/deceleration B) is used to set constant, S-shaped acceleration or deceleration at a frequency between f_2 (current frequency) and f_1 (target frequency). This function can reduce shocks arising at acceleration or deceleration.



- Set value "3" activates the backlash-reduction function for use when the motor is connected to a high backlash load. This function temporarily changes the output frequency at acceleration/deceleration to reduce shocks (or backlash). Use Pr.33 to Pr.36 to set the parameters for backlash reduction.



Using Pr.31 and Pr.32 ensures that the frequency jump function will remain valid.

Pr.30 Pr.70 Setting regenerative brake

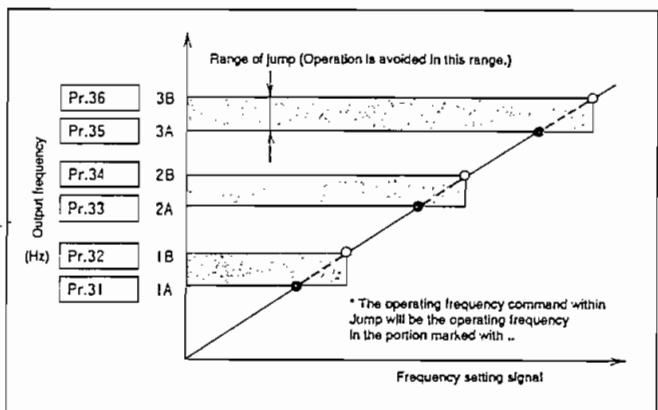
Pr.30 External brake resistor selection Pr.70 Maximum regenerative brake duty

- To use optional brake unit and brake resistor, set Pr.30 to 1 and Pr.70 for %ED. For standard brake unit and brake resistor, %ED is 5% (30 sec/10 min).
- Pr.70 setting must match the allowable brake usage factor of the transistor in the brake unit.
- When Pr.30 is set to be 0, Pr.70 is not displayed.

Pr.31 Pr.32 Pr.33 Pr.34 Pr.35 Pr.36

Frequency jump

- To avoid resonance during operation due to natural vibration of mechanical system, the resonant frequency can be jumped. Three jump points can be set, and the jump frequency can be set above or below each jump point.
- A frequency reference command within the frequency jump range will result in operation at 1A, 2A, or 3A (below the jump frequency range).



- Notes:
- When the value "9999" is set (factory-set value), frequency jump is not executed.
 - When Pr.29 is set to "3", Pr.33 - Pr.36 are switched to the backlash correction setting function. (Pr.31 and Pr.32 remain valid as the frequency jump function.)
 - The operating frequency within the setting range is applied to Jump during acceleration/deceleration.

Pr.37 Setting speed indication unit

- The operating speed of a machine can be displayed on the panel as the machine is operating. The speed can be displayed on the LED's of the inverter as well as the main monitor of the parameter unit (PU).
- Set the speed indication unit according to the number motor poles or any linear process variable. For a linear process variable, the value set will be the value displayed at 60 Hz output.
- This setting is valid only when the Inverter LED Display or PU Main Display has been selected for operation speed indication (see Pr.51 and Pr.52).

Pr.37 set value	Operation speed indication
2 ~ 10	<ul style="list-style-type: none"> The set value is the number of poles of the motor. The rotation speed of the motor is displayed. Example: For the set value of "2", "3600" rpm is displayed at 60 Hz output.
11 ~ 9998	<ul style="list-style-type: none"> The set value is the machine speed for 60Hz operation. Example : For the set value of "950" (meters / min), "950" (without the indication unit) is displayed at 60 Hz output.

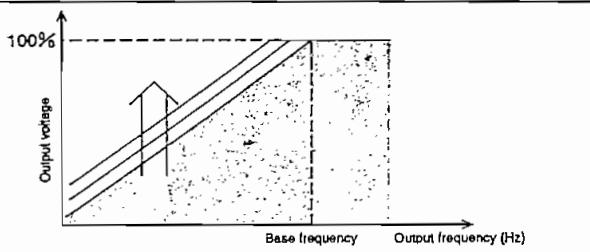
- Notes:
- Only this Pr. can be set in linear process variable units. Use the frequency unit (Hz) to set other frequency related parameters.
 - In V/F Control mode, the motor rotation speed is output frequency and does not indicate the real rotation speed. When Pr.80 and Pr.81 have been set to select Primary Magnetic Flux Control mode, the rotation speed is calculated based on an estimate of the motor slip value.
 - The factory-set value is "4". (1800 r/min is indicated at the 60 Hz operation)

r.38 - Pr.43

Pr.38 Pr.39 Setting automatic torque boost

r.38 Automatic torque boost Pr.39 Automatic torque boost activation level
This function detects load current and automatically adjusts the output voltage of the inverter in order to increase the motor's torque output.

Function No.	Set value
38	Boost compensation value (%) 0: automatic torque boost disable (factory setting) Normally set 100% to operate the automatic torque boost.
39	Current level at which the automatic torque boost is activated (A) (Normally, set 0A for this parameter.)



Pr.40

Setting multi-function output terminal assignment

This function individually changes and assigns the function of each of the output terminals SU, IPF, OL, and FU to ten different functions. Set values are assigned to Pr.40 as a four-digit integer. Each digit indicates the function of each terminal.

Pr.40: 1st digit, 2nd digit, 3rd digit, and 4th digit (Factory-set values: 1 2 3 4)

Example: The set value of Pr.40 is 3249.

Terminal SU: OL (overload alarm) signal

Terminal IPF: IPF/UVT (instantaneous power failure/under voltage alarm) signal

Terminal OL: FU1 (frequency detection) signal

Terminal FU: PU (in PU operation) signal

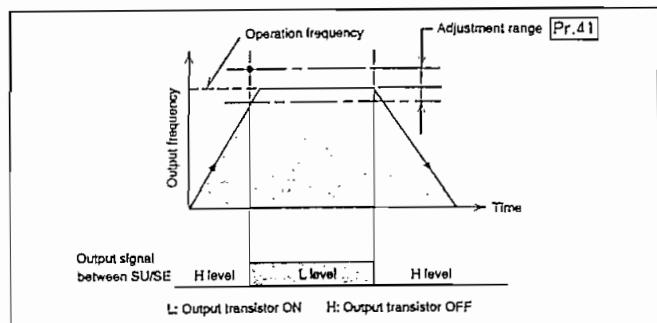
Set value	Function abbreviation	Function name	Description of operation	Related Pr
0	RUN	Under Inverter Operation	Output when the inverter is operating at a frequency higher than the start frequency.	-
1	SU	Up-to-set frequency	Output when output frequency reaches the set frequency.	Pr.41
2	IPF/UVT	Instantaneous power failure or under voltage	Output when an instantaneous power failure or under voltage occurs.	-
3	OL	Overload alarm	Output when the current limiting function is activated.	Pr.22, 23
4	FU1	Frequency detection	Output when frequency is higher than the specified detection frequency.	Pr.42, 43
5	FU2	Alternate frequency detection	Output when frequency is higher than the specified detection frequency.	Pr.50
5	RBP	Regenerative brake pre-alarm	Output for pre-alarm when regenerative brake utilization reaches 85% of the utilization rate set for Pr.70.13.	Pr.70
7	THP	Electronic thermal O/L alarm	Output when the electronic thermal O/L value reaches 85% of the set level.	Pr.9
3	PRG	In Program mode operation	Output when the inverter is operating in Program mode.	Pr.79
9	PU	PU operation mode	Output when PU Operation mode is selected.	-

The function of the RUN terminal (output during invert operation) is fixed and cannot be changed by Pr.40.

"Output" means that the internal transistor for open collector output is turned on (the circuit is connected).

Pr.41 Adjusting up-to-frequency sensitivity

- The sensitivity can be adjusted within 0 to $\pm 100\%$ of the operation frequency.

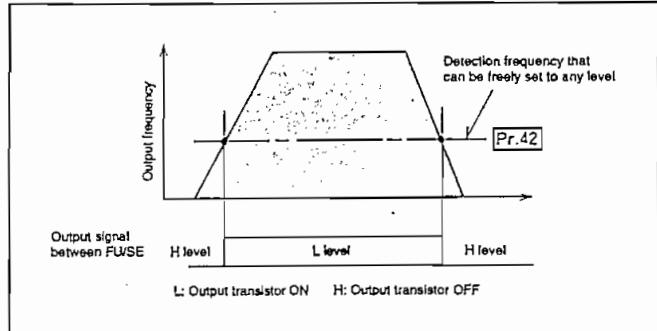


Pr.42 Pr.43 Setting output frequency detection

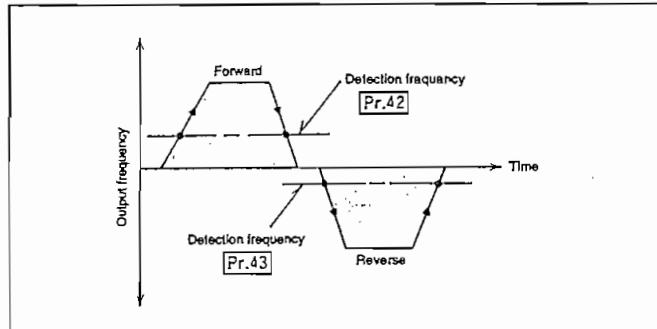
Pr.42 Output frequency detection

Pr.43 Output frequency detection for reverse operations

- The signal level is L when output frequency reaches or exceeds any set detection frequency (the value set for Pr.42 output frequency detection.) The signal is H when output frequency is lower than this detection frequency. This function is useful for the operation or the open signal of an electromagnetic brake.



- Setting Pr.43 enables activation of frequency detection specifically for reverse operation. (In this case, the set value of Pr.42 is valid only for forward operation.) This function is effective, for example, in changing the timing of electromagnetic brake operation between forward (lifting) and reverse (lowering) vertical movement. The factory-set value is "9999", which will be the set value for Pr.42 for both forward and reverse.



Pr.44 - Pr.54

Pr.44 Pr.45 Pr.46 Pr.47

Setting secondary control functions

Pr.44 Alternate acceleration/deceleration time	Pr.46 Alternate torque boost (manual)
Pr.45 Alternate deceleration time	Pr.47 Alternate V/F (base frequency)

- The acceleration/deceleration time and the boost setting can be changed at the same time through the external contact signal (input between the terminals RT and SD).
- This function is effective in switching two motors that have different parameters, such as lifting and traverse.

Setting function	Signal between RT and SD terminals		
	Parameter No.	OFF	ON
Acceleration time	Pr.7	✓	
	Pr.44		✓
Deceleration time	Pr.8	✓	
	Pr.45		✓
Torque boost (manual)	Pr.0	✓	
	Pr.46		✓
Base frequency	Pr.3	✓	
	Pr.47		✓

Note: When "9999" (factory-set value) is set for Pr.45, the set value of Pr.44 is used for both alternate acceleration and deceleration times.

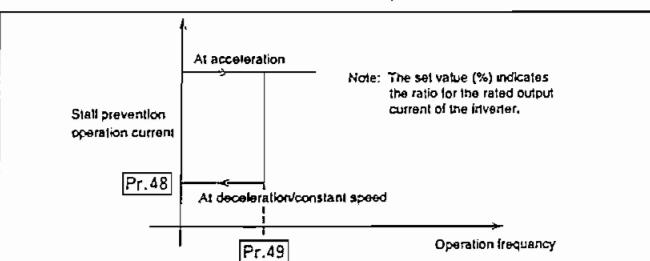
Pr.48 Pr.49

Setting the alternate stall prevention operation function

Pr.48 Alternate stall prevention (current limiting) operating current

Pr.49 Alternate stall prevention (current limiting) operating frequency

- This function can change the stall prevention (current limiting) operation level within a range between 0 Hz to the frequency set for Pr.49. This function is effective when applying low torque and speed against a stationary object (holding a load in position).
- This function does not operate at acceleration, and is valid only at deceleration or at a constant speed.
- When Pr.49 is set to "0" (the factory-set value), the Alternate stall prevention function does not operate.



Pr.50

Setting alternate output frequency detection

- In addition to the output frequency detection set for Pr.42 and Pr.43, output frequency detection can be set for Pr.50.
- This function can be output at any of the SU, IPF, OL, and FU terminals by setting "5" (FU2) for any of the four digits (from the 1st to 4th digits) of Pr.40. The output signal is turned on at a frequencies higher than or equal to the set frequency (See the description of Pr.42 and Pr.43.).

Pr.51 Pr.52 Pr.53 Pr.54

Selecting monitor and output signal

Pr.51 Inverter LED display data selection	Pr.53 PU level display data selection
Pr.52 PU main display data selection	Pr.54 FM/AM terminal function selection

- Set the monitor and output signal to the appropriate number selecting from the 21 signal types listed below.
- There are two types of output signals: the FM terminal which is a pulse train output and the AM terminal which is an analog output. Select either of the two in accordance with the set value of Pr.54.
- Factory-set values Pr.51:1 (The Alarm code is automatically displayed when a failure has occurred.), Pr.52:0, Pr.53:1, Pr.54:1

Signal type	Indi- cation unit	Parameter set value				Full-scale value of FM, AM, and level meter
		Pr.51	Pr.52	Pr.53	Pr.54	
No indication	—	N	N	0	N	N
Output frequency	Hz	1	0	1	1	101 Pr.55
Output current	A	2	0	2	2	102 Pr.56
Output voltage	V	3	0	3	3	103 400 V or 800 V
Defect	—	4	0	N	N	—
Frequency set value	Hz	5	*	5	5	105 Pr.55
Operation speed	(r/min)	6	*	6	6	106 Value of Pr.55 converted by the value of Pr.37
Motor torque**	%	7	X*	7	7	107 Rated torque of applied motor x 2
Converter output voltage	V	8	*	8	8	108 400 V or 800 V
Regenerative brake utilization rate	%	9	*	9	9	109 Pr.70
Electronic thermal O/L load ratio	%	10	*	10	10	110 Thermal operation level
Output current peak value	A	11	*	11	11	111 Pr.56
Converter output voltage peak value	V	12	*	12	12	112 400 V or 800
Input power***	kW	13	*	13	13	113 Rated power of applied motor x 2
Output power***	kW	14	*	14	14	114 Rated power of applied motor x 2
Input terminal status	—	N	*	N	N	N
Output terminal status	—	N	N	N	N	N
Load meter	%	17	17	17	17	117 Pr.56
Motor exciting current	A	18	18	18	18	118 Pr.56
Aggregate operation time	hr	N	20	N	N	N
Reference voltage output	—	N	N	N	21	121 1440 Hz is output to the FM terminal. The full-scale voltage is output to the AM terminal.

Note: A monitoring function marked "N" cannot be selected.

Note: After setting "0" for Pr.52 (PU main monitor), the monitor signals can be selected. To display sequentially, use the SHIFT key. ("0" is the factory-set value.)

Note: The load meter value is indicated in %, with the current value set for Pr.56 representing 100%.

* Select signals from the frequency set value to the output terminal status of the PU main monitor by selecting "other monitor" of PU Operation.

** Motor torque display is valid only when in the primary magnetic flux control mode.

*** Full-scale value indication is based on variable torque inverter rating.

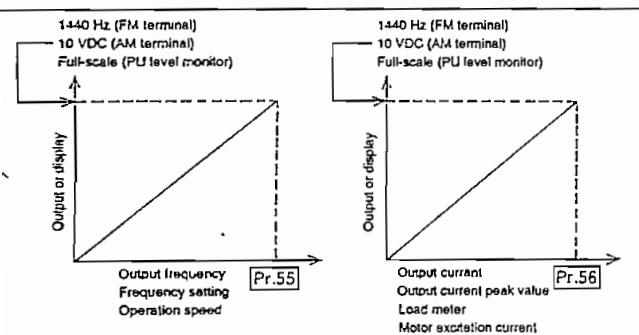
Pr.55 - Pr.59

Pr.55 Pr.56 Setting monitor reference

Pr.55 Frequency monitor reference Pr.56 Current monitor reference

- Set the frequency or current value to be used as a reference to indicate when frequency or current is selected to indicate the FM terminal, AM terminal, and PU level meter.

Monitor reference set parameter	Monitor contents selection. Setting unit in (). (set value of Pr.53)	PU level display selection (set value of Pr.54)	FM/AM terminal function selection (set value of Pr.54)
Pr. 55 Frequency monitor reference	Output frequency (Hz)	1	1
	Frequency set value (Hz)	5	5
	Operation speed (Pr. 37)	6	6
Pr. 56 Current monitor reference	Output current (A)	2	2
	Output current peak value(Hz)	11	11
	Load meter (A)	17	17
	Motor excitation current (A)	18	18
	Method of setting by Pr.55 and Pr.56	Set the value such that the indication on the PU level meter is 100%. 1440 Hz (FM terminal) 10 VDC (AM terminal) Full-scale (PU level monitor)	Set the value so that output pulse train output at the FM terminal is 1440 Hz. Set the value so that output voltage at the AM terminal is 10 V. Output frequency Frequency setting Operation speed



Notes: 1 The maximum pulse train output at the FM terminal is 2400 Hz.
2 The maximum voltage at the AM terminal is 10 VDC.

Pr.59 Selecting remote setting function

Setting "1" or "2" for Pr.59 enables changing of the RH and RM terminal functions to the remotely set input functions.

The functions equivalent to those of the remote setting box FR-FK of the FR series setting box (optional) can only be obtained by setting the parameters.

Pr.59 set value	Operation	
	Remote setting function	Frequency set value storage function (*)
0	X	-
1	O	O
2	O	X

X: Not available O: Available

If the circuit between the RH and SD terminals or between the RM and SD terminals has been opened for one minute or more, the set value of operation frequency at that time is stored in memory. After the power is turned off and then turned on again, operation is resumed at this set value.

Pr.57 Pr.58

Restart operation after instantaneous power failure or commercial switching

Pr.57 Restart coasting time after an instantaneous power failure or switching across the line operation.

Pr.58 Rise cushion time for automatic restart.

- This function allows the inverter to start into a spinning motor.
- Pr.57 (free running time)

Set value	Instantaneous power failure restart enabled/disabled	Restart operation enabled/disabled
9999 (factory-setting)	disabled	enabled (5 seconds free run time)
0, 0.1 to 30*	enabled	enabled

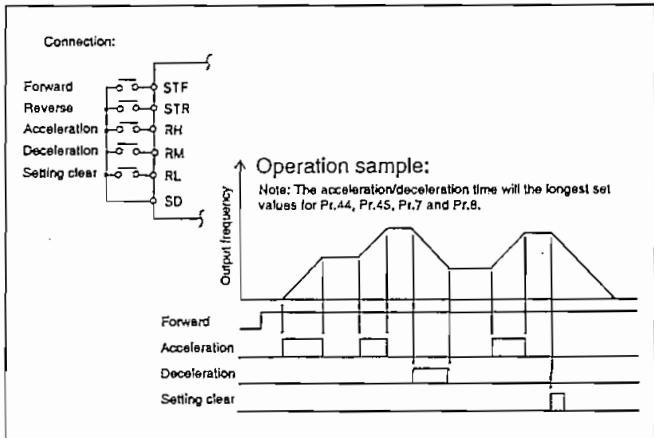
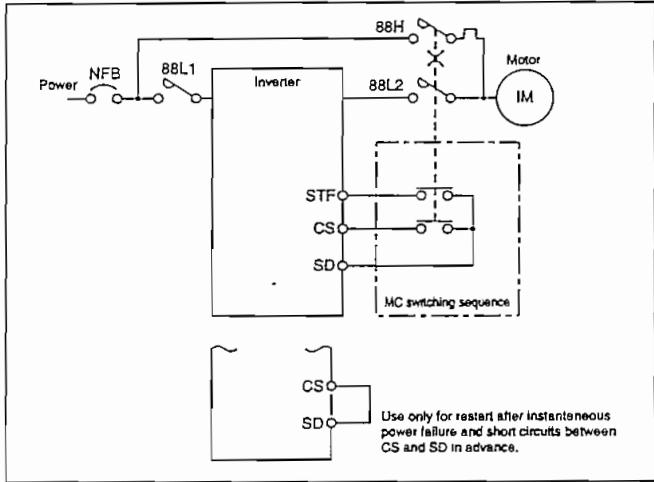
Free run time meaning time taken until the control restarts after reset.

When Pr.57 is set to "0", the free running time is set to 5 seconds. This setting is appropriate for general operation. However, the time can be adjusted within a range of 0.1 to 30 seconds according to the inertia of the load ($GD^2(WK^2)$) and the magnitude of torque. (The system stops at this time if the load quickly decelerates to 2 Hz within the time set with Pr.57.)

If this setting is applied to a load with a high rate of deceleration, overcurrent may occur. The unit must then be restarted after it has stopped.

Pr.58 Setting of output voltage (rise time)

In general, setting this parameter to 0.5 seconds (the factory-set value) is enough for operation. However, the output voltage rise time at restart control can be adjusted in the range of 0.1 to 5 seconds according to the value of the load requirements/specifications (inertia or torque).



Pr.60 Intelligent mode selection

(Available in the near future)

- Automatic parameter adjustments are available in either the V/Hz or primary magnetic flux control modes. This operation mode is effective when an installation requires immediate implementation, without time for lengthy parameter adjustments. Valid selections depend on data entered in Pr.71.

Pr.50 set value	Set function	Operation	Automatically set parameter
0 (factory setting)	Ordinary operation mode	—	—
1	Shortest acceleration/deceleration mode	Set when it is desired to accelerate/decelerate the motor in the shortest time. The Inverter makes acceleration/deceleration in the shortest time using its full capabilities. During deceleration, an insufficient braking capability may cause the overvoltage alarm (E OV3).	Pr.7 Pr.8
3	Optimum acceleration/deceleration mode	Self-learning system automatically sets the boost value, acceleration and deceleration times so that the current during acceleration/deceleration is lower than the rated current of the inverter. Optimum operation can be carried out by fully utilizing the inverter capabilities in the rated continuous range. Appropriate for application where the load will not vary largely. (Note 2)	Pr.0 Pr.7 Pr.8
4	Energy-saving mode	Tunes the Inverter output voltage on line so that the inverter output voltage is minimized during constant-speed operation. Appropriate for energy-saving application such as fan and pump.	Output voltage
5	Lift mode	Automatically controls the inverter output voltage so that the maximum torque can be delivered in the driving and regenerative modes. Also automatically selects the acceleration/deceleration pattern in which shock is minimized. Suitable for the lift with counterweight.	Pr.0 Pr.13 Pr.19

Notes: 1. Valid Pr.60 selections depend on the setting in parameter 71.

Pr.71 settings	Pr.60, valid selections
0, 1, 2	0, 3, 4
20, 21, 22	1, 3, 4, 5

- Automatic parameter adjustments are made during the first operation after entering a value in Pr.60. Therefore, the first time operation will not be optimized; subsequent operations will be performed according to the first time adjustments.
- Automatically adjusted parameters may be trimmed manually if desired.
Example: If an over voltage (OV3) trip occurs during operation in the optimum acceleration/deceleration mode, reset Pr.8 (deceleration time) to a slightly larger value.
- Using a motor larger than the inverter rating may cause an over current alarm.
- Setting values 1, 3, 4, and 5 activate settings in parameters 61-64, which should not be changed. Setting 0 in Pr.60 returns settings in Pr.61 - Pr.64 to 9999.

Pr.65 See description of Pr.13.

Pr.66 See description of Pr.22.

Pr.67 Pr.68 Pr.69 Retry function

Pr.67 No. of retries after alarm occurrence

Pr.68 Retry execution wait time

Pr.69 Erase display of no. of retry executions

- Retry is a function that makes the inverter automatically reset the inverter alarm, restart and continue operations.
- You can set Pr.67 to the number of retries to be made after an alarm has occurred.

Pr.67 set value	No. of retries
0 (Factory-set value)	Retry is not made.
1 to 10	1 to 10 retries

- You can set Pr.68 to the wait time needed after the inverter alarm is issued and before restart is executed. When "9999" (the factory-set value) is used as the set value, the inverter will not execute a retry function.
- You can see the accumulated number of restarts made by retry by reading Pr.69. The set value of "0" erases this aggregate number.

Notes: 1 The inverter automatically starts operation when the retry wait time set for Pr.68 has elapsed. When this function is active, the operator should be aware that the motor may start unexpectedly!

2 When the reset function is activated before restart, accumulated data, such as data of the electronic thermal and the utilization rate of regenerative brake, is not reset (in the different manner as by power-on reset).

Pr.70 See description of Pr.30.

Pr.71 Selecting applicable motor

- To use an inverter in a constant torque application, set Pr.71 to 20, 21, or 22. This sets the electronic thermal overload to the thermal characteristic of a constant torque motor. Set 0, 1, or 2 for a variable torque thermal characteristic.

Pr.71 setting		Electronic thermal overload characteristic
V.T.	C.T.	general purpose motor
0	20	inverter duty, TENV or blower cooled motor
1	21	5 point characteristic for general purpose motor
2	22	

VT: Variable Torque Application, CT: Constant Torque Application

Pr.72 Changing of PWM mode

- The MT-A series PWM mode can be changed by using Pr.72 when trying to reduce the audible sound from motor.

Pr. 72 set value	PWM mode
0	No acoustic noise tuning
1	Acoustic noise tuning
2 (Note 1)	Sine-wave filter application

Note 1: When the optional sine-wave filter is used, set 2 at Pr.72. Here, operation is impossible at 60Hz or more when 2 is set at Pr.72.

Note 2: With the optional sine-wave filter, next largest inverter for the motor rating should be selected.

Pr.79 - Pr.905

Pr.79 Operation mode selection

- The inverter operation mode may be operated by external signal or by the parameter unit. You may limit the operation mode to one of these two modes, or you may use both modes.

Set value 0	Operation is enabled by switching between the parameter unit and the external operation source (the factory-set value).
Set value 1	Operation is enabled only by the parameter unit.
Set value 2	Operation is enabled only by the external operation source.
Set value 3 (*1)	Operation frequency: Set by the parameter unit Start signal: External signal is input.
Set value 4 (*1)	Operation frequency: External signal is input. Start signal: Input by the parameter unit
Set value 5	Program operation Operation start: STF; Timer reset: STR Group selection: RH, RM, RL

- The program operation function can set operation events determining start time, rotation direction, and operation frequency for each of the three selected groups. This function enables automatic operation in accordance with the preset schedule and pattern.

Pr.80 Pr.81

Selecting Primary Magnetic Flux Control

Pr.80 Motor KW rating
HP x .746 = KW

Pr.81 No. of motor poles

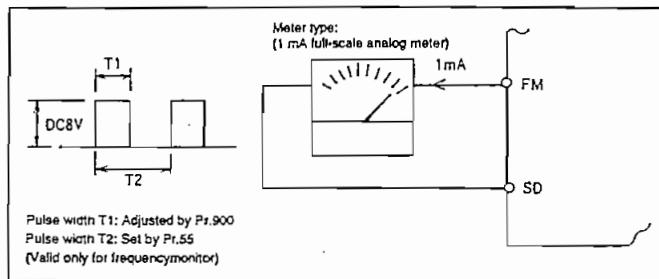
$$\text{Poles} = \frac{120 \times F}{\text{rpm}}$$

F = motor nameplate frequency
rpm = motor nameplate base speed

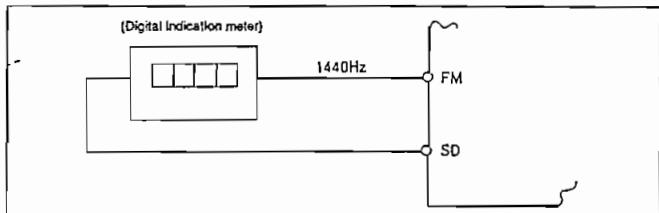
- Select magnetic flux control mode operation by entering the motor KW rating in parameter 80. Enter number of motor poles in parameter 81. (factory settings of 9999 in Pr.80 and 81 selects V/Hz mode).
- Pr.71 must be set to either 20, 21, 22.
- The following conditions are required for satisfactory operation under magnetic flux control:
 - motor KW rating equal to or one size smaller than inverter constant torque KW rating.
 - number of poles equal to 2, 4, or 6.
 - one motor per inverter (will not work with multiple motors)
 - wire length between inverter and motor not to exceed 100 Ft. (30m).
 - load characteristic requires high torque with some tolerance for deviations from set frequency.

Pr.900 Terminal FM output calibration

- The parameter unit can be used to calibrate the meter connected to the FM terminal. This calibration function is common to all monitors selected for Pr.54.
- Terminal FM has a pulse output as illustrated below. When Pr.900 is set, the parameter unit can be used to calibrate the scale of the meter connected to the inverter, eliminating the use of a calibration resistor. (For details of the calibration method, refer to the instruction manual.)
Meter type: (1 mA full-scale analog meter)



- Monitor by using the digital indicator
Pulse train output at the FM terminal can be used for digital display by the digital counter. The full-scale value described at Pr.54 provides 1440 Hz output. When you select the operation frequency from monitor items, the rate of output frequency at this FM terminal can be set for Pr.55. (Digital indicator)



Note: The factory-set value provides the full-scale value and 1440 Hz of FM output frequency at 60 Hz and 1 mA.

Pr.901 Terminal AM output calibration

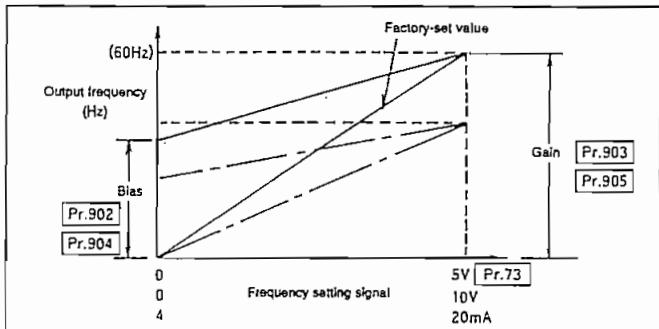
- This function is used for calibration when Pr.54 has been set to 101 – 118 to select analog output to AM terminal. As described at Pr.54, the value has been factory-set so that 10 VDC output is obtained with each monitor item in the full-scale state. With this parameter, you can adjust the output voltage rate (gain) to gradations of the meter. Note that the maximum output voltage is 10 VDC. (For details on the calibration method, refer to the instruction manual.)

Pr.902 Pr.903 Pr.904 Pr.905

Adjusting frequency setting signal gain and bias

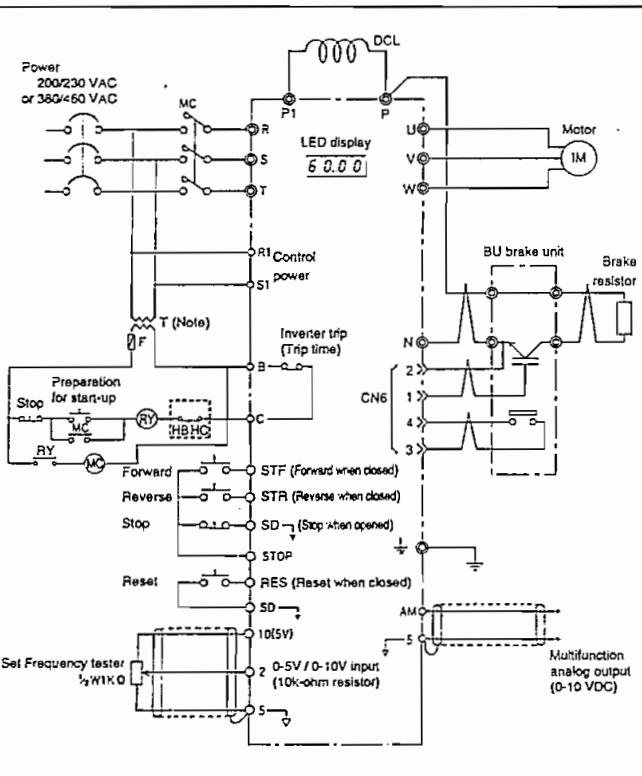
Pr.902	Bias for frequency reference voltage signal
Pr.903	Gain for frequency reference voltage signal
Pr.904	Bias for frequency reference current signal
Pr.905	Gain for frequency reference current signal

- You can set any value for the level of output frequency to the frequency setting signal (0 to 5 VDC, or 0 to 10 VDC, or 4 to 20 mA).

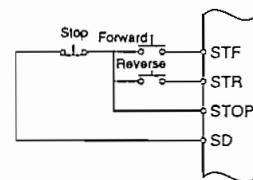


CONNECTION EXAMPLES

■ Connection Diagram (When input contactor is used)

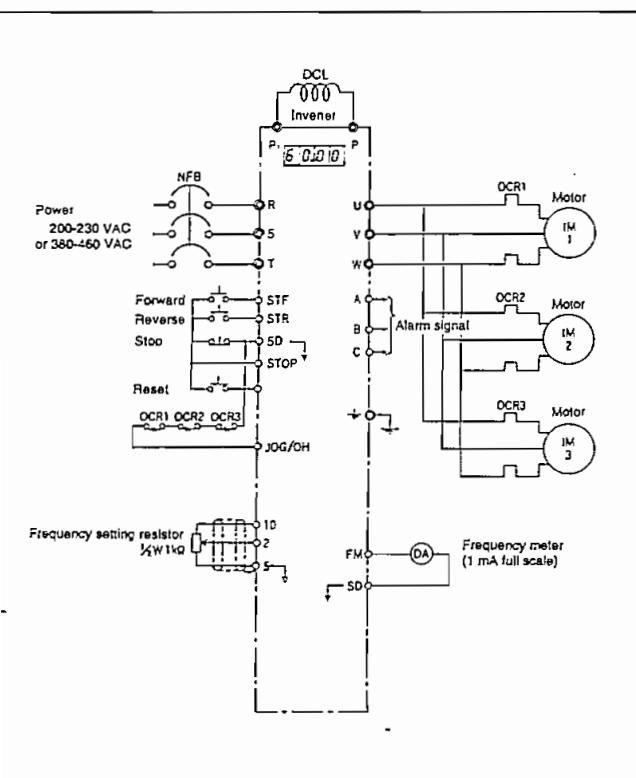


- Illustrates how a contactor can be used in conjunction with the inverter trip relay to control input power. Note: an interposing relay is used to control the contactor.
- Using R1 and S1 terminals for control circuitry, both the parameter unit and control circuit still operate continuously when a unit alarm stop signal is generated. This is useful for holding an alarm output signal, reading fault contents, or troubleshooting.
- Use the MT-BU brake unit (option) to stop high inertial loads (GD_i) or to make rapid stops. Connect between P-N terminals.
- Connect the brake unit control signal to connector (CN6) located on inverter control PCB.
- Signals such as frequency, motor current, and inverter input power can be output between FM-SD terminals, and AM-5 terminals. (See Pr.54)
- Operator can select function that receives a reset signal during an inverter alarm stop. (See Pr.75)
- Use the following circuit when three wire control is required.



Note: Use step down transformer with secondary voltage of 230V (or less). Fault relay contact at B and C is rated 230V, 0.3A max.

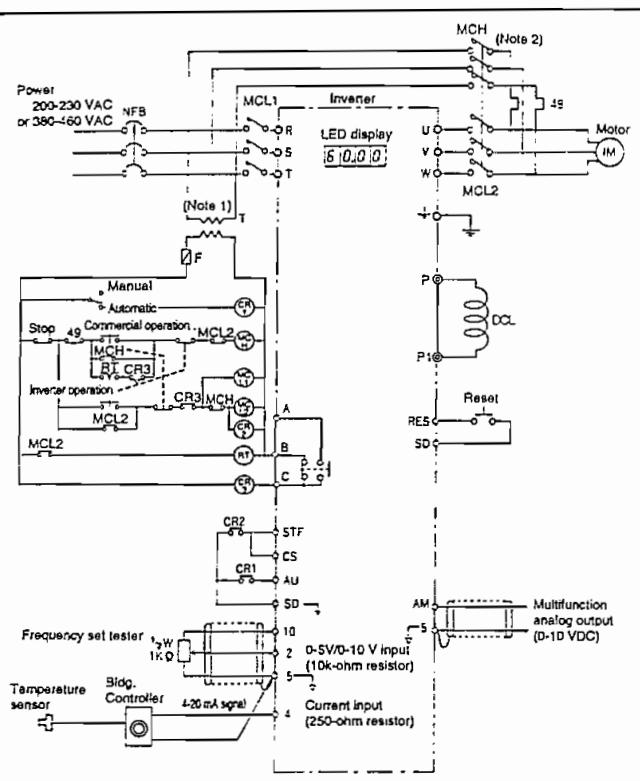
■ Parallel Operation (One inverter controlling multiple motors.)



- This is a connection diagram showing multiple motors operated by one inverter. A three wire control circuit is used for start and stop operations. Protect each motor with thermal O/L relays. Connect relay contact signals to the JOG/OH terminal. To input this signal, set Pr.17 to "1".
- The number of motors connectable to one inverter is determined by the sum total of each motors rated current times 1.1. This cannot exceed the inverters rated current value.
- Magnetic flux vector control mode is not suitable for multiple motor applications.

☞ Related parameter
External selection Pr.17

■ Automatic Operation using 4-20 mA DC current signal (Application: building air flow control system)



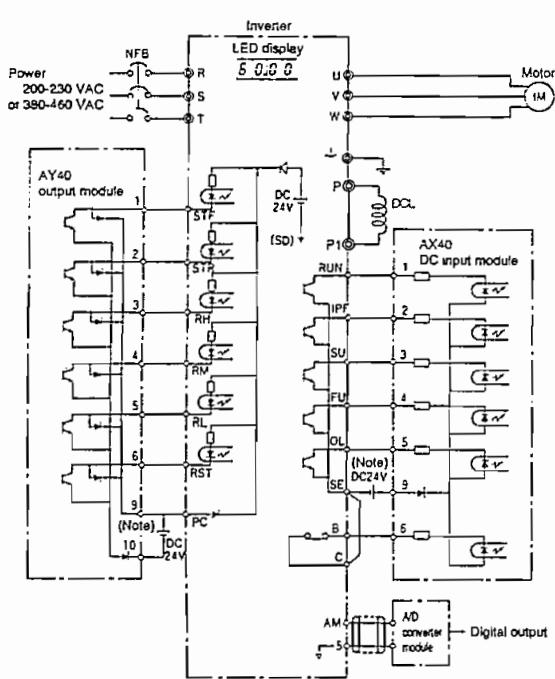
- This example shows how the temperature of an air flow control of the boiler facility can be automatically controlled through combined use of an inverter and building controller system.
- The circuit shows an inverter and line bypass configuration. Terminal CS function is used for automatic speed search to pick up a spinning motor when switching from bypass to inverter.
- Automatic transfer to line bypass on inverter fault is shown using fault relay terminals B and C to initiate transfer.
- The 4-20 mA signal (from bldg.controller) or manual voltage signal (from speed set resistor) can be selected using AU terminal.
- Use Pr.75 to change alarm reset operation. When set, reset input signal is received only during inverter alarm stop.

☞ Related parameters
Restart function Pr.57,58
Reset selection Pr.75

Note 1: Use step down transformer with secondary voltage of 230V (or less). Fault relay contact at B and C is rated 230V, 0.3A max.

Note 2: Contactors MC1 and MC2 should be the type that is mechanically interlocked.

■ Multispeed Operation (Example: Combined with a PLC)



- This example shows how multispeed operation is performed through the combined use of a Mitsubishi PLC (using AY40 transistor output module).
- To prevent a bypass, common terminal 9 of the AY40 module is always connected to PC terminal of MT-A.
- Transistor output signals (RUN and IPF) of the MT-A can select various functions using Pr.40 (output terminal assignment). This output signal is received by an AX40 DC input module.
- Monitoring of various items (selected by Pr.54) is possible using a multifunction analog signal (at AM terminal). Therefore, combined with a PLC A/D converter module enables wider applications.
- Multispeed setting allows a maximum of 7 speeds to be set. Up to 10 speeds can be set by; using jumper between terminals 10-2 and adjusting the upper-limit frequency setting (Pr.1), and jumper between terminals 2-5 and adjust the lower-limit frequency setting (Pr.2); or by selecting the JOG terminal.

Note: AY40 and AX40 modules require external 24VDC.

☞ Related parameters
Multispeed setting Pr.4, Pr.5, Pr.6, Pr.24, Pr.25, Pr.26, and Pr.27
Maximum/minimum frequency limit setting Pr.1 and Pr.2
Jog frequency/accel/decel time setting Pr.15 and Pr.16

PROTECTION FUNCTIONS

Protection functions shown below are designed to protect the inverter, not the motor. Motor protective functions can be activated should inverter malfunction.

Function		Description		Display		
				(Parameter unit)	(Chassis LED on the inverter)	
Overcurrent shut-off		Protection circuit is activated to stop inverter output when output current exceeds approx. 135% of its rated current. This is active during acceleration/deceleration and constant-speed operation.	Acceleration	Oc During Acc	(OC1)	
			Constant speed	Stedy Spd Oc	(OC2)	
			Deceleration	Oc During Dec	(OC3)	
DC fuse blown		Indicates DC fuse has blown. Inverter output has stopped.		Either OC1, OC2, and OC3 will be displayed depending on whether "under acceleration", "under constant speed", or "under deceleration."	E.FUT+E.OC1/2/3	
P-N transistor short-circuited		Indicates a short circuit between P and N internal transistors. Inverter output has stopped.			E.ATT+E.OC1/2/3	
Regenerative overvoltage shut-off		Protection circuit is activated to stop inverter output when the main circuit DC voltage exceeds the specified value. This may occur from regenerative energy in motor braking during accel, constant-speed operation or from power line surge voltages.	Acceleration	Ov During Acc	(OV1)	
			Constant speed	Stedy Spd Ov	(OV2)	
			Deceleration	Ov During Dec	(OV3)	
Overload shut-off (Electronic thermal O/L)	Motor	Internal elect.thermal O/L detects motor overheating and senses cooling capacity decrease during low-speed operation. A protection circuit is then activated to stop Inverter output. When either special motors (i.e., multi pole) or multiple motors are used, this function will not provide adequate protection. In this case, protect each motor with terminal O/L relays outside the Inverter.	Motor Overload		(THM)	
	Inverter		Inv. Overload		(THT)	
Instantaneous power failure protection		Is activated to prevent control circuit malfunction when a power failure between 15 and 100 msec. in duration occurs. Inverter output then stops. An alarm output contact is opened (between term.B an C) and closed (between term. A and C). There is no alarm output when a power failure continues for more than 100 msec. Unit will restart when start signal goes on during power recovery. (The control circuit will continue to operate if the power failure is less than 15 msec. in duration.	Inst. Pwt. Loss		(IPF)	
Undervoltage protection		Control circuit cannot operate properly when supply voltage decreases. Reduced motor torque and increased heating will also occur. Inverter output stops when the supply voltage drops below 150V (for 230V units) and 300V (for 460V units).	Under Voltage		(UVT)	
Brake transistor fault detection		Output stops when a fault (i.e., brake transistor damage) occurs in the brake circuit. If this occurs, immediately cut off all power to the inverter.	Br. Cct. Fault		(BE)	
Load-side ground fault protection		Output stops when a ground or ground fault occurs on the load side of Inverter.	Ground Fault		(GF)	
External thermal O/L operation*		Operation stops if a contact input is received from an external thermal O/L relay or from a built-in motor temperature relay. The inverter must be RESET for operation to restart.	OH Fault		(OHT)	
Built-in option error		Output stops if a set error or connection fault occurs when any built-in option is used.	Option Fault		(OPT)	
Parameter Error		Parameter Error Stored parameters are abnormal (for example, E2ROM is defective)	Parameter Error		(PE)	
PU disconnection error		Generated when an abnormality occurs in parameter memory. (Example: E2ROM fault)	Corrupt Memory		(PUE)	
Retry count over		Output stops when operation cannot restart within the set number of retries.	Retry No Over		(RET)	
CPU error		Output is stopped if timing calculation for internal CPU is in error.	CPU Fault		(CPU)	
Current limit/Stall prevention	Accel.	When current flow to the motor exceeds 120% ** of inverter rated current, increase in frequency is stopped (to prevent FA-A from overcurrent trip) until the load current decreases. Frequency increase continuously once current flow is under 120%.	OL symbol displayed on main monitor.		No display	
	Constant-speed	When current flow to the motor exceeds 120% ** of inverter rated current, frequency decreases to prevent overcurrent trip until load current decreases. Set frequency continuous once current flow is under 120%.	OL is shown (during motor rotation)		(OLT)	
	Decel.	Decrease in frequency is stopped to prevent overvoltage trip when motor regenerative energy exceeds braking capacity. Decel. continues after decrease in regenerative energy. When current flow to the motor exceeds 120% ** of inverter rated current, decrease in frequency is stopped to prevent overcurrent trip until the load current decreases. Frequency decrease continues once current flow is under 120%.	OL symbol shown on main display		No display	
Heat sink overheat protection		If a cooling fan is defective and stopped or if overheating has occurred due to a clogged fin, this function protects transistors and halts inverter output.	Heat sink (Fin) overheating		(FIN)	
Cooling fan stop		This function indicates that a cooling fan is defective and has stopped. This function halts inverter output.	Fan Stop		(FAN)	
Overfrequency shutoff		This function is activated if the CPU is defective and the output frequency is 5% beyond the set point. This function halts inverter output.	CPU Error		(OFT)	

External thermal O/L : operation is active only when external thermal O/L input select function is set. (Refer to page 15)

* Indicates factory-set value when current level for stall prevention operation is set at 120%. When changed, stall prevention function operates at the new set value.

■ Alarm Code Output

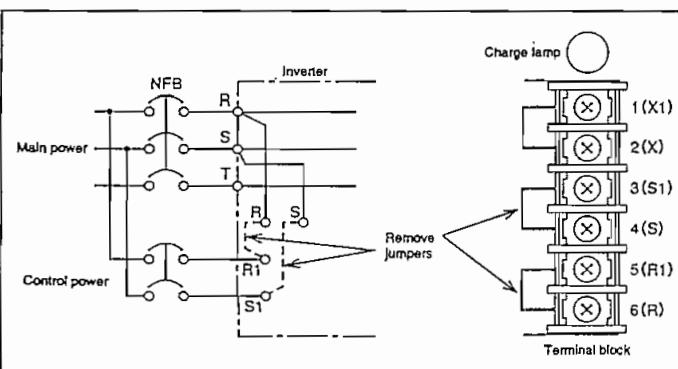
With Pr.76 (alarm code output selection), fault contents can be output as a four-bit digital signal. This signal is output from the inverter using the open collector output terminals provided as standard. Fault contents and corresponding alarm code are shown in the table below.

Fault Content (Protection function)	LED display on unit	Output terminal operation *				(Alarm code)
		SU	IPF	OL	FU	
Normal operation	-	0	0	0	0	0
Overcurrent shut-off	Acceleration	E. OC1	0	0	0	1
	Constant speed	E. OC2	0	0	1	0
	Deceleration	E. OC3	0	0	1	3
Regenerative overvoltage shut-off	E. OV1 to OV3	0	1	0	0	4
Electronic thermal O/L	Motor protection	E. THM	0	1	0	5
	Inverter protection	E. THT	0	1	1	6
Instantaneous power failure	E. IPF	0	1	1	1	7
Undervoltage	E. UVT	1	0	0	0	8
Heat sink overheating	E. FIN	1	0	0	1	9
DC fuse blown	E. FUT/E.OC1~3	1	0	0	1	9
P-N Transistor short-circuited	E. ATT/E.OC1~3	1	0	0	1	9
Cooling fan stop	E. FAN	1	0	0	1	9
Brake transistor fault	E. BE	1	0	1	0	A
Load-side ground fault	E. GF	1	0	1	1	B
External thermal O/L operation	E. OHT	1	1	0	0	C
Stop due to stall operation	E. OLT	1	1	0	1	D
Built-in option error	E. OPT	1	1	1	0	E
Parameter memory fault	E. PE	1	1	1	1	F
Parameter unit disconnection	E. PUE	1	1	1	1	F
Retry count over	E. RET	1	1	1	1	F
CPU error	E. CPU	1	1	1	1	F
Overfrequency shut off	E. OFT	1	1	1	1	F

*0: Output transistor OFF 1: Output transistor ON (Common terminal SE)

Notes: 1. Display : When a protection circuit is activated, LED display of main unit automatically selects display shown on page 24. With the parameter unit, detailed fault contents are displayed on the liquid crystal display (LCD).

2. Holding alarm output signal : Inverter control power is lost if the line side A/C contactor is turned off when a protective function is activated. Then, the alarm output signal and display are not maintained. If necessary, use an external control sequence with a separate power source to hold in the last state. The fault contents are stored even if power is lost. The parameter unit may be used later for confirmation.



Notes: 1. Phase sequence of control power (R1 and S1) does not need to coincide with main power sources (R, S, and T).
2. No alarm signal is output if main power is turned off.
3. Turning main power off then on can also reset the inverter.
4. Do not turn OFF control power while the main power is ON.

● Connecting a separate power supply to the control circuit
Remove link and connect the control power supply to R1 and S1.

Note: Do not connect to R and S. Doing so may damage inverter.
(For details, refer to instruction manual.)

3. Reset : Inverter output stops and remains stopped when a protective function is activated. For operation to restart, inverter must be reset. To reset, either turn off and on power or jumper the reset terminals (RES and SD) for longer than 0.1 second. If jumper is maintained continuously, the parameter unit displays that operation is being reset. The control power supply may be turned off and then on to reset the system. When doing so, first turn the main circuit power supply OFF.

STANDARD SPECIFICATIONS AND RATINGS

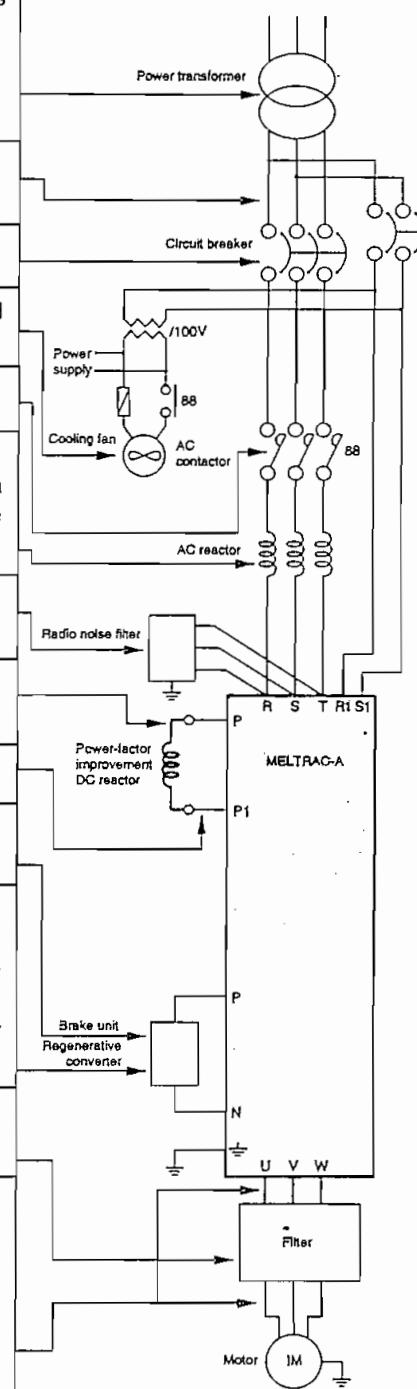
Model	MT-[]-[]	MT-A140-75K	MT-A140-110K	MT-A140-150K	MT-A140-220K	MT-A140-280K				
Rated capacity (kVA) ¹	Variable Torque	110	165	220	330	420				
	Constant Torque	80	110	165	220	330				
Rated current	Variable Torque	144	216	288	432	547				
	Constant Torque	106	144	216	288	432				
Voltage		3 Phase, 380 V - 460 V (max.), 50 Hz/ 60 Hz								
Applicable Motor kW(HP at 460V)	Variable Torque	75(100)	110 (150)	150 (200)	220 (300)	280 (400)				
	Constant Torque	55 (75)	75 (100)	110 (150)	150 (200)	220 (300)				
Overload current rating ³		120% of variable torque rating for 60 seconds								
Output voltage ⁴		3-phase, 380V to 460V 50/60Hz								
Voltage/frequency		3-phase, 380V to 460V 50/60Hz								
Allowable voltage fluctuation ⁵		323 to 506V 50/60Hz								
Allowable frequency fluctuation		±5%								
Power supply capacity		Same as output capacity								
Control system		PWM control (V/F control or Primary Magnetic Flux Control can be selected)								
Frequency control range		0.5 to 400Hz								
Frequency setting resolution	Analog input	0.06Hz/60Hz (when optional T-OPT20 is mounted)	(Input terminal No.2 : 10bit/0 to 10V, 9bit/0 to 5V, Input terminal No.1 : 10bit/-10 to +10V, 9bit/-5V to +5V)							
	Digital input	0.015Hz/60Hz (when optional T-OPT20 is mounted)	(Input terminal No.2 : 12bit/0 to 10V, 11bit/0 to 5V, Input terminal No.1 : 12bit/-10 to +10V, 11bit/-5V to +5V)							
Digital input		0.01Hz/60Hz (when parameter unit is used)								
Frequency accuracy		Within ±0.2% of the maximum output frequency (at 25°C±10°C)/at analog input Within 0.01% of the set output frequency/at digital input								
Voltage/frequency characteristic		Base frequency can be set between 0 to 400 Hz. Constant torque or Variable torque pattern can be selected.								
Torque boost		Manual and automatic torque boost								
Acceleration/deceleration time setting		0 to 3600 sec. (acceleration and deceleration can be set individually) Linear or S-shaped acceleration/deceleration mode can be selected.								
DC braking		Operating frequency (0 to 120 Hz), time (0 to 10 sec.), and voltage (0 to 30%) are adjustable								
Stall prevention operation level		Operating current can be set (0 to 120%), presence or absence can be selected								
Current limit control		Current limit can be set (0 to 120%) presence or absence can be selected								
Protection structure, cooling system		Open type (IP00), forced air cooling								
Approximate weight kg (lb.)		40(88)	66(146)	67(148)	115(254)	155(342)				
Frequency setting signal	Analog	DC0 to 5V, 0 to 10V, 0 to ±5V, 0 to ±10V, 4 to 20mA								
	Digital	Use of parameter units. 4-Digit+BCD or 16-bit binary (when the optional T-OPT20 is used)								
Input signal	Start signal	3-wire input for forward and reverse rotation can be selected								
	Multi-speed selection	Up to 7 speeds can be selected (each speed can be set between 0 to 400 Hz, Run speed can be changed during operation from the parameter unit).								
	Alternate acceleration/ deceleration time select	0 to 3600 seconds (acceleration and deceleration can be set individually.)								
	Jogging operation select	A (JOG) mode select terminal is provided. *6								
	Current input selection	Input of 4 to 20 mA DC frequency setting signal (terminal No.4) is selected.								
	Output stop	Instantaneous shut-off of Inverter output (frequency and voltage)								
	Alarm reset	Alarm retained at the activation of protective function is reset.								

Output rating Output signals	Operation functions		Maximum/minimum frequency settings, frequency jump operation, external thermal O/L relay input selection, Polarity reverse operation, auto-resstart after instantaneous power failure, commercial power - inverter switch-over operation, forward/reverse rotation prevention, slip compensation, and time/day/speed operation profiles may be selected.
	Operating status		Up to four can be selected among: inverter running, up to frequency, instantaneous power failure (undervoltage), frequency detection, second frequency detection, program mode operation, during PU operation, overload alarm, regeneration brake pre-alarm, and electronic thermal O/L pre-alarm. Open collector output
	Alarm (inverter trip)		Contact output ... 1C contact (230VAC, 0.3A, 30VDC, 0.3A) Open collector ... Alarm code output (4 bits)
	For indicating meter		Select one from: output frequency, motor current (steady or peak value), output voltage, frequency set value, running speed, motor torque, converter output voltage (steady or peak value), regenerative brake usage rate, electronic thermal O/L load factor, input power, output power, load meter, motor excitation current. Pulse train output (1440 Hz/full scale) or analog output (0~10 VDC).
Display	On parameter unit or inverter LED	Operating status	Select from: output frequency, motor current (steady or peak value), output voltage, frequency set value, running speed, motor torque, overload, converter output voltage (steady or peak value), electronic thermal O/L load factor, input power, output power, load meter, motor excitation current, integration operating time, and regenerative brake use rate.
		Alarm definition	Alarm definition is displayed when protective function is activated. 8 alarm definitions are stored.
Additional display to parameter unit only	Operating status	Presence or absence of input terminal signals, and output terminal signals	
	Alarm definition	Output voltage, current, frequency, I/O terminal state immediately before protective function is activated	
	Interactive guidance	Operation guide, troubleshooting, graphic display and HELP function	
Protective/ alarm functions		Overcurrent shutoff (during acceleration, deceleration, and constant speed), regenerative overvoltage shutoff, undervoltage, instantaneous power failure, overload shutoff (electronic thermal O/L), heat sink temp., ground-fault overcurrent, output short circuit, stall prevention, overload alarm, brake transistor protection (with MT-BU), fuse off, overfrequency, and cooling fan stopped	
Standard accessory *7		DC reactor to improve power factor (installed separately)	
Environment	Ambient temperature	-10°C to +50°C (14 to 122°F), -10°C to +40°C (14 to 104°F) when the totally enclosed structure is used.	
	Ambient humidity	90% RH or less (Noncondensing)	
	Storage temperature *8	-20°C to +65°C (-4 to 149°F)	
	Atmosphere	For indoor use; no corrosive gases, inflammable gas, oil mist, dust or dirt present.	
	Altitude,vibration	Below 1000m, 5.9 m/S ² (0.6G) or less	

- Notes:
- *1. Indicated for rated capacity of 440V.
 - *2. Indicates maximum capacity when four-pole standard squirrel cage motor is used.
 - *3. % value indicates ratio of inverter variable torque rated output current. For repeated use, allow inverter and motor temperature value to cool to less than that at 4. 100% load.
 - *5. Maximum output voltage can be set to any value below input supply voltage.
400V series inverter, if the supply voltage changes by +10% or -15% of 380 - 440V, 50/60Hz, keep the short-bar attached between terminals X and XI on the
 - *6. control card (T-CNT20). If the change is +10% or -15% of 440 - 460V, 50/60Hz, remove that short-bar. Refer to the instruction manual for details.
 - *7. Jog operation can also be performed using parameter unit.
 - *8. This reactor is supplied together with the inverter. Attach the reactor whenever the inverter is operated.
Indicates temperatures that can be applied for short periods during transportation, etc.

SELECTION OF OPTIONS AND PERIPHERAL EQUIPMENT

■ Selection Guide

Name (model)	Description	Installation
Power supply capacity	Capacity must exceed kVA described in Rated capacity (KVA) as shown in standard specifications, page 27.	
Line-side main circuit cable	Select proper cable size	
Circuit Breaker	Select proper input circuit breaker	
Cooling Fan	Install cooling fan to discharge heat (generated by inverter and DC reactor) outside of enclosure.	
AC contactor	Select appropriate size AC contactor	
AC reactor for power coordination	Install to prevent inverter malfunction if surge voltage is generated on power line from a thyristor converter or vacuum contactor on the same power system. Also install when the supply voltage imbalance is greater than 3%.	
Radio noise filter (FR-BIF)	Use to reduce noise in the AM radio frequency band which may be generated by the inverter. For use on inverter input side only.	
DC reactor for power factor improvement	Install the DC reactor specially designed for the MELTRAC-A. Power factor will be approximately 95%.	
Reactor connecting cable	Select proper cable size	
Brake unit (MT-BU) and discharge resistor (MT-BR)	This brake unit improves inverter braking capability. Use the brake unit in combination with a discharge resistor.	
Power regenerative converter (available soon)	Use when continuous or high braking capacity is required and when operating and stopping high inertial loads (GD^2) frequently. This unit is a high-performance brake unit that saves energy by regenerating power back to the power source. Unit advantages include no need for discharge resistors and significantly cooler operation.	
Sine-wave filter	This filter reduces motor noise. The next largest inverter for the motor rating should be selected	
Load-side main circuit cable	Select proper cable size	

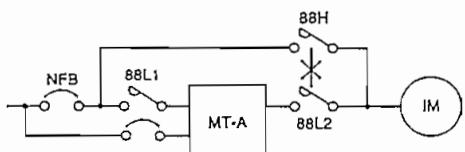
■ List of peripherals

This table is based on motors using Mitsubishi's standard design. (Note 1)

Voltage	Variable torque motor rating (Note 6)	Applicable inverter type	DC reactor (accessory)	Fuseless breaker (Note 2)	Electromagnetic contactor (Note 3)	Wire (mm ²) (Note 4)			Exhaust fan (reference) (Note 5)
						R,S,T	U,V,W	P,P1	
400V to 460V	75kW(100HP)	MT-A140-75K	T75MH 175A	NF225 225A (NF225 225A)	S-K100 (S-K150)	(130A) 60	(140A) 60	(160A) 60	PF-25ASD 1ø 100/110V 50/60Hz 12m ³ /min 3mmAg
	90kW(125HP)	MT-A140-110K	T50MH 270A	NF225 225A (NF400 300A)	S-K150 (S-K180)	(157A) 60	(174A) 60	(192A) 80	
	110kW(150HP)	MT-A140-110K	T50MH 270A	NF225 225A (NF400 350A)	S-K180 (S-K220)	(190A) 80	(205A) 80	(233A) 100	
	132kW	MT-A140-150K	T36MH 350A	NF400 400A (NF400 400A)	S-K180 (S-K220)	(230A) 100	(235A) 100	(282A) 100	
	150kW(200HP)	MT-A140-150K	T36MH 350A	NF400 400A (NF400 400A)	S-K300 (S-K300)	(260A) 125	(285A) 125	(318A) 150	PF-30BSD 1ø 100/110V 50/60Hz 20m ³ /min 4mmAg
	160kW	MT-A140-220K	T25MH 530A	NF400 400A (NF600 500A)	S-K300 (S-K400)	(278A) 125	(305A) 150	(340A) 2×100	
	185kW(250HP)	MT-A140-220K	T25MH 530A	NF400 400A (NF600 500A)	S-K300 (S-K400)	(322A) 150	(350A) 150	(395A) 2×100	
	200kW	MT-A140-220K	T25MH 530A	NF400 400A (NF600 600A)	S-K400 (S-K400)	(348A) 2×100	(375A) 2×100	(426A) 2×100	
	220kW(300HP)	MT-A140-220K	T25MH 530A	NF600 500A (NF600 600A)	S-K400 (S-K600)	(383A) 2×100	(410A) 2×100	(470A) 2×100	
	250kW(350HP)	MT-A140-280K	T16MH 672A	NF600 600A (NF600 600A)	S-K600 (S-K600)	(435A) 2×100	(460A) 2×100	(533A) 2×125	
	280kW(400HP)	MT-A140-280K	T16MH 672A	NF600 600A (NF800 800A)	S-K600 (S-K600)	(487A) 2×125	(515A) 2×125	(596A) 2×150	

Notes: 1. Motors of 75 kW or more are basically custom-made. Their characteristics depend on the number of poles, the protection form, and the manufacturer. Check the specifications of the motor actually used.

2. Types in parentheses are applied when devices are run on commercial power. Select an interruption capacity that is suitable for the short-circuit capacity of the power source. To use a leakage breaker, select one that accommodates harmonic surges and has a sensitivity current of 100 to 500 mA.



3. The model in parentheses is the contactor to be used on the motor side when run on commercial power.

4. For cables outside the panel (R, S, T, U, V, and W), a larger size may be selected than listed in this table depending on the cabling conditions and the cabling distance.

5. An exhaust fan is needed to discharge heat generated in the panel. Select a fan that can provide an adequate exhaust air flow taking into account the pressure loss caused by the filter at the inlet port.

6. HP rating is only at 460V.

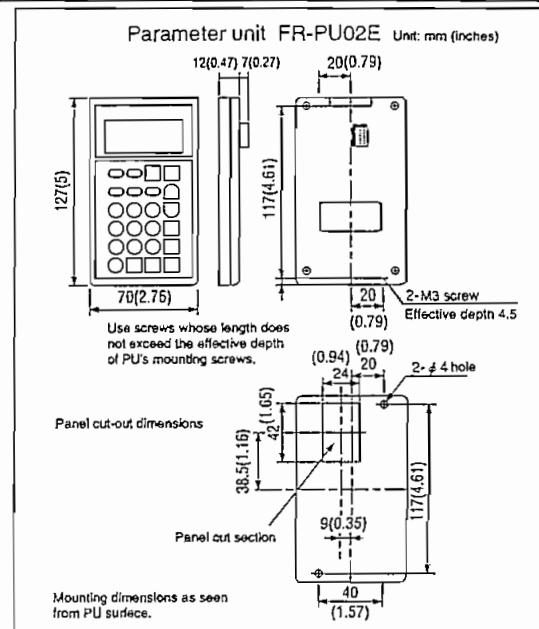
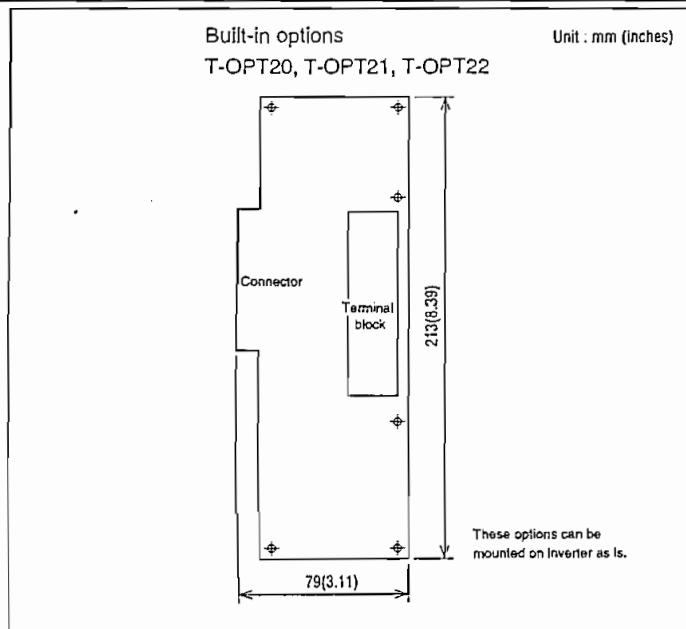
OPTIONS

Name		Model	Description	Applicable inverter
Internal options	I/O Function	T-OPT20	<ul style="list-style-type: none"> ● 16-bit digital input ● Relay output (four) ● Extended analog output (one) ● PLG feedback control ● Frequency command 12-bit A/D converter built-in 	Common in all models
	Computer link	T-OPT21	<ul style="list-style-type: none"> ● RS422 and RS485 serial communication interface ● PLG feedback control 	
	PLC link	T-OPT22	<ul style="list-style-type: none"> ● A Series MELSECNET/MINI-S3 (fiber optic) ● PLG feedback control 	
External	Parameter unit	FR-PU02E	English parameter unit.	
Separate type	AC reactor for proper power coordination		<ul style="list-style-type: none"> ● This reactor is needed when the ratio of power supply capacity to inverter capacity is ten or more, and if any of the following applies: ○ When the same power supply contains a thyristor converter load ○ When the power factor capacitor is turned on/off on the power supply side ○ When the supply voltage fluctuates by more than 3% 	Depends on inverter capacity
	Radio noise filter	FR-BIF	Used to reduce radio noise	
Line noise filter		FR-BLF	Reduce radio noise	Common to all models
Parameter unit connection cable		FR-CBL	Cable used for external use of parameter unit with inverter	
Brake unit		MT-BU	Used to improve the braking capacity of the inverter.	
Resistor unit		MT-BR	The brake unit is used in combination with the resistor unit.	Depends on inverter capacity
Power regenerative converter		MT-RC (available in the near future)	A high-performance brake unit that saves energy by regenerating power generated by the motor during braking.	

Built-in options

One option card can be mounted inside the MT-A. Each card has multiple functions as shown below.

Option name	Function						
	PLG feedback control	16-bit digital input	12-bit A/D converter	Relay output (four)	Extended analog output (one)	Computer link (serial communication)	MELSECNET/MINI-S3 interface(PLC Link)
T-OPT20 (I/O function)	✓	✓	✓	✓	✓		
T-OPT21 (Computer link)	✓					✓	
T-OPT22 (PLC link)	✓						✓



EXTERNAL OPTIONS

Unit: mm (Inches)

Name (model)	Outer dimensions	Connection											
Radio noise filter FR-BIF: 200 V class FR-BIF-H: 400 V class	<p>Leakage current: 4 mA</p>	<p>Inverter</p> <p>NFB</p> <p>Power</p> <p>FR-BIF</p> <p>Notes: 1 Cannot be connected to load side of inverter 2 Use shortest wire possible and connect to Inverter terminal block</p>											
Line noise filter (FR-BLF)		<p>Inverter</p> <p>NFB</p> <p>Power</p> <p>FR-BLF</p> <p>Notes: 1 Wind wire 4 or more times with each phase in the same direction.</p>											
Parameter unit cable (FR-CBL □)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Model</th> <th>Length ℓ Unit: m (ft)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FR-CBL01</td> <td>FA-CBL-L1</td> <td>1 (3.2)</td> </tr> <tr> <td>FR-CBL03</td> <td>FA-CBL-L3</td> <td>3 (9.6)</td> </tr> <tr> <td>FR-CBL05</td> <td>FA-CBL-L5</td> <td>5 (16)</td> </tr> </tbody> </table> <p>The connector on the parameter unit side of an L-type cable can also be secured by means of the screws provided</p>	Model	Length ℓ Unit: m (ft)	FR-CBL01	FA-CBL-L1	1 (3.2)	FR-CBL03	FA-CBL-L3	3 (9.6)	FR-CBL05	FA-CBL-L5	5 (16)	
Model	Length ℓ Unit: m (ft)												
FR-CBL01	FA-CBL-L1	1 (3.2)											
FR-CBL03	FA-CBL-L3	3 (9.6)											
FR-CBL05	FA-CBL-L5	5 (16)											

PRECAUTIONS FOR USE AND SELECTION

Precautions

Operation

- When a contactor is installed between the inverter output and the motor, be certain the inverter is at 0 frequency before the contactor is opened, or the voltage spike from the collapsing motor field could damage the inverter.
- A protective function activates to stop inverter output when a fault occurs. However, the motor does not suddenly stop. If an emergency stop is needed, a external mechanical stop must be provided.
- Discharging of capacitor takes some time even if the power is off. Make sure the charge lamp on the control board is off before inspection. Use meter to check whether voltage has dropped.
- Inverter operation generates more motor noise than across-the-line operation.

Wiring

- Inverter is severely damaged if power is applied to its output terminals (U, V, and W). Carefully recheck wiring prior to turning power on.
- P, P1, and N terminals are ONLY used to connect dedicated options. Also, do not jumper power terminal 10 for frequency setting and common terminal 5.
- Connect DC reactor (DCL) between P and P1.
- Allow sufficient space between main and control circuits. (Important!) It is essential the inverter be grounded.

Installation

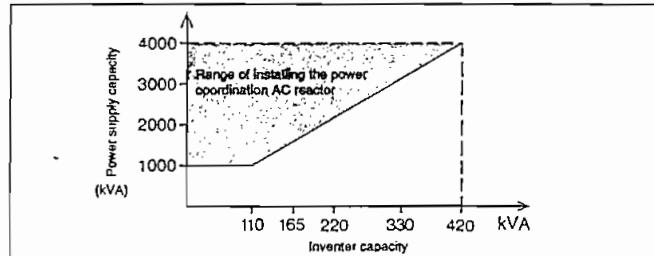
- Do not install where exposure to oil mist, dust, or dirt is likely. When placing in control panel, determine cooling system and panel dimensions so that the ambient temperature of inverter does not exceed allowable limits (see page 27 for specified value). Mounting the heat sinks externally will allow for much smaller enclosures(see page 5).
- Some parts of unit may reach high temperature. Do not install near any flammable materials (i.e., wood). Install in an upright position.
- Mount inverter only in the vertical position.

Settings

- The parameter unit enables settings for high-speed operation at 400 Hz (maximum). If settings are erroneous, operations may be dangerous. Set the upper limit using an upper-limit frequency set function.
(The maximum frequency during operation from an external input signal is factory set to 60Hz. The PU operation is set to 120 Hz.)
Brake duty (Pr.70) of regenerative brake used is set only when an optional brake resistor is used. This function is used to protect the resistor from overheating. Make sure that the duty cycle of the brake resistor used does not exceed the allowable value.
DC injection braking time and voltage are adjustable. Increasing these values above the factory standard settings may cause excessive motor heating.
Set base frequency (Pr.3) and base frequency voltage (Pr.19) to motor's corresponding ratings.

Power requirements

- An excessive peak current can flow through the power input circuit if connection is made just under a high capacity power transformer. This may damage the inverter. In this case, install optional AC reactor for power coordination.



- When a voltage surge or spike is generated in the power system, the energy flows to the inverter. The unit will display E.OV1, E.OV2 or E.OV3 and possibly stop. In this case, also install optional AC reactor.

Selection Precautions

Inverter capacity selection

- Choose the appropriate inverter such that the total of the motor or motors rated current does not exceed the inverter rated output current.
- Even for light loads, do not select an inverter whose capacity is less than connected motor rating.

Motor starting torque

- The starting and accelerating characteristics of an inverter driven motor are limited by the inverter overload current rating. The torque is lower than when using across the line commercial power. If the torque boost adjustment is insufficient for the required higher starting torque, select an inverter that is one level higher in capacity.

Acceleration/deceleration time

- The acceleration/deceleration time of a motor is determined by its torque characteristics, load torque that it generates, and the load moment of inertia (GD^2).
- Acceleration/deceleration time may increase when the current limit or stall preventive function is activated. Adjust the acceleration/deceleration accordingly.
- To make the acceleration/deceleration time shorter, increase the torque boost value or improve the capacity of inverter and motor (an excessively high boost value activates the current limit function during start up and may lengthen the acceleration time). To make the deceleration time shorter, add a BU brake unit with resistor, or the FR-RC power regenerative converter.

NOTES IN SELECTING PERIPHERALS

■ Selecting and installing circuit breakers

To protect wiring on the primary side of the inverter, install a fuseless breaker (NFB) on the power-receiving side. The NFB you use depends on the power factor of the inverter's power supply which, in turn, varies with the supply voltage, output frequency, and load. To select the NFB, see page 30. In particular, the operating characteristics of the fully electromagnetic NFB are affected by harmonic currents. To avoid this problem, you must choose an NFB with a larger capacity.

■ Handling the primary electromagnetic contactor

The inverter does not require an input contactor for operation, however, a contactor may be used if desired. Refer to page 23 for wiring information. The diagram shows the contactor connected as an enable/disable device in dynamic braking. Note the run command is initiated at terminal STF, and not by picking up the input contactor. Some applications, mainly HVAC and pumps, may require an input contactor be used in conjunction with the run command as shown on page 34 in a bypass application. This is justifiable because this application does not require frequent start stop commands, only once a day or once a week. Avoid using an input contactor to execute start, wherever possible, because it is an unnecessary exercise of the soft start circuit which takes place whenever input power is applied.

■ Handling the secondary electromagnetic contactor

You should generally not install an electromagnetic contactor between the inverter and the motor and turn the inverter on & off during operation. If the inverter is turned on during operation, a large rush current flows in the inverter, and the inverter may stop running due to the overcurrent. If an MC is used to switch to the commercial power, the MC must be switched from ON to OFF (inverter circuit) or from OFF to ON (commercial power circuit) only after the inverter and the motor have stopped. (If the commercial power switch function (Pr. 57 and 58) is used, the MC can be switched from OFF to ON when the motor is in free run.)

■ Installing the thermal relay

To protect the motor from overheating, the inverter has a protective function that uses a built-in electronic thermal relay. If one inverter is used to operate more than one motor or a multipolar motor, install a thermal-driven thermal relay (OCR) between the inverter and the motor or motors. In this case, set the electronic thermal relay in the inverter to 0 A and the thermal-driven thermal relay to 1.1 times as large as the current value on the motor's rating nameplate.

■ Eliminating the capacitor for enhancing the power factor (phase-advance capacitor)

The power factor-enhancing capacitor and surge breaker on the inverter output side may be overheated and damaged by the harmonic component of inverter output. In addition, an overcurrent may flow in the inverter and set off the inverter's overcurrent protection device. Therefore, do not install any capacitor or surge breaker in the inverter. Since the inverter comes standard with a power-factor-enhancing DC reactor, the power factor of the power supply is approximately 95%. This eliminates the need to install a phase-advance capacitor.

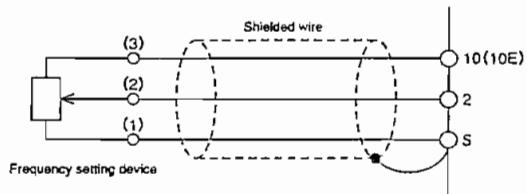
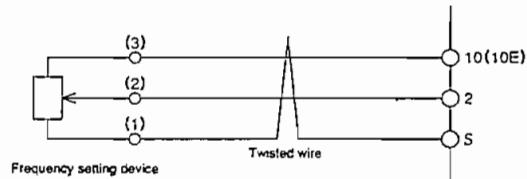
■ Radio interference

The input and output of the inverter main circuit contain higher harmonic components that may interfere with communication equipment (such as AM radios) and sensors that are being used close to the inverter. You can reduce interference by attaching a radio noise filter FR-BIF (special for the input side) and a line noise filter FR-BLF to the inverter.

■ Wire thickness and length

When the wiring distance between the inverter and the motor is long, the voltage across the main circuit cable drops, especially for low-frequency output, and causes the motor torque to drop. Use thicker wires between the inverter and the motor so that the voltage drop is 2% or less.

To connect the inverter to a parameter unit that is separated from the inverter, use a special connecting cable (optional). For remote operation through analog signals, the control line between the operation box or operation signal and the inverter must be 30 m or less. Locate wires away from the strong electrical circuits (the main circuit and the relay sequence circuit) to prevent induction from other equipment. To set frequency not with the parameter unit but with an external volume, use shielded or twisted wire, as shown below, and connect the shield to Terminal 5, not to the ground.

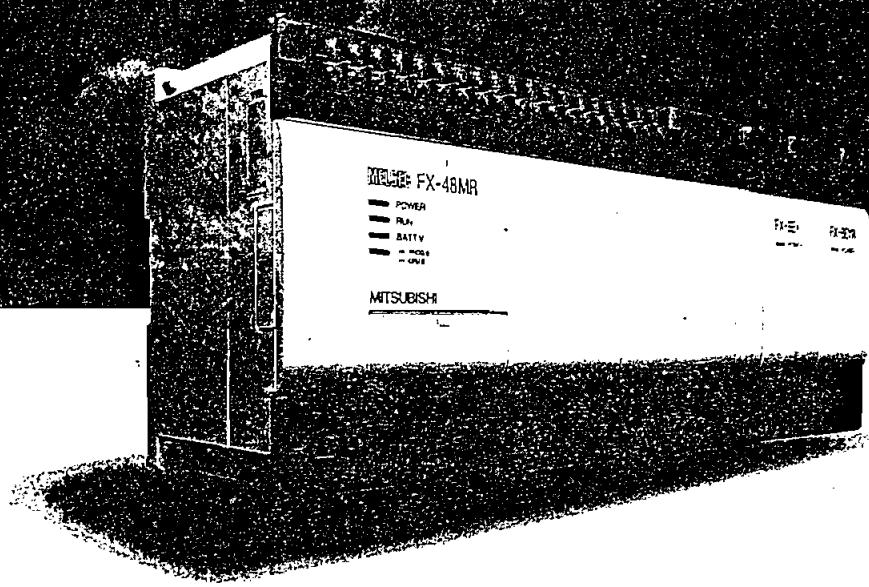


■ Grounding

High-speed switching of the inverter increases leakage currents more than during commercial power operation. Be sure to ground inverters and motors. Use the ground terminal of the inverter to ground the inverter (do not use the inverter case or chassis).

PROGRAMMABLE CONTROLLERS
MELSEC FX

SIMPLE YET
SOPHISTICATED



MITSUBISHI

The 256 I/O Micro- Programmable Controller, from the Pioneers of Industrial Automation

Combining the simplicity of the unit type with the flexibility of the modular type, the FX offers superb versatility, with up to 256 I/O's, and is ideally suited for installation in continuous one- or two-line configurations.

Thanks to its large capacity memory, exceptional timer and register specifications, and lightning fast processing speed, the FX delivers the sort of performance normally expected of much larger, costlier systems.

Worldwide accepted relay logic has been chosen as the programming method for the FX. Its simplicity and easy-to-understand instructions greatly facilitate the task of reflecting real life wiring in software programming. Performance and ease of operation are further improved by simple stepladder instructions which permit even relative novices to use highly sophisticated programming techniques.

The programming peripherals for the FX boast advanced functions and are designed with expandability in mind. Changeable system cassettes and an additional port allow the unit to be used for present and future products.

MELSEC FX-48MR

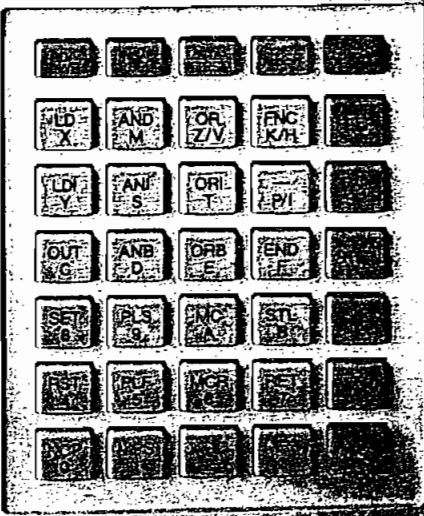
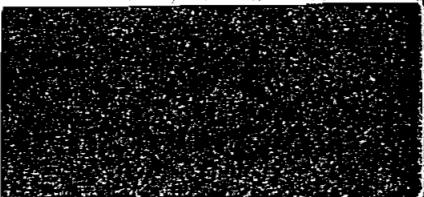
- POWER
- RUN
- BATT V
- PROG
- CPU

MITSUBISHI

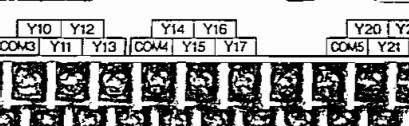
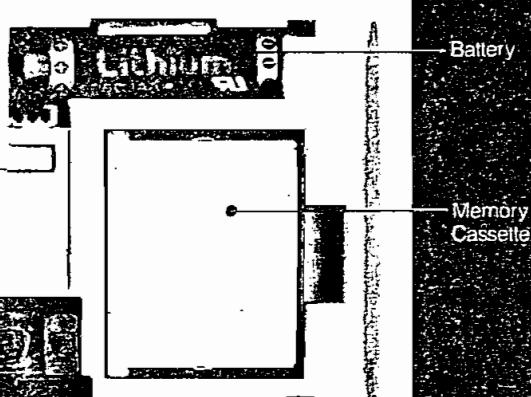
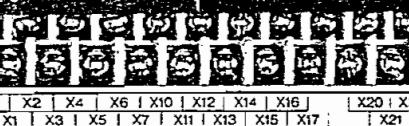
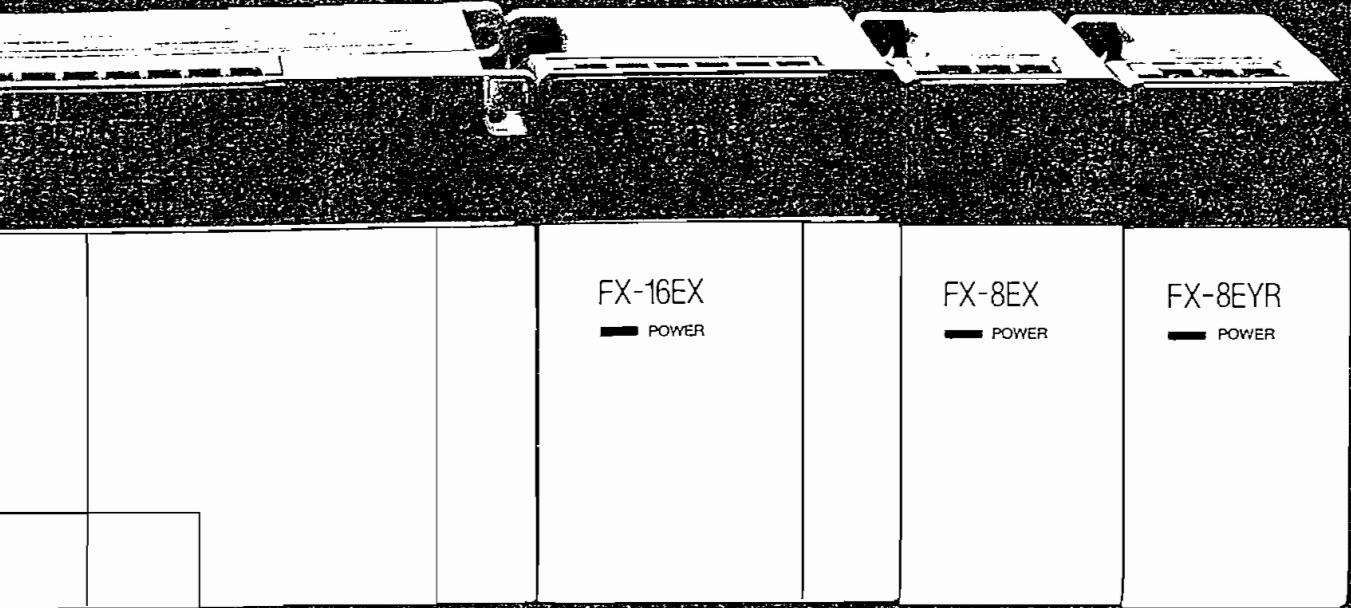


MELSEC FX-20P

MITSUBISHI



All products listed by
UNDERWRITERS LABORATORIES INC.
have UL added to their
product names.



- DIN rail mounting for easy removal.
- Very compact, so no waste of panel space.
- The use of ribbon connectors for connecting blocks eliminates the need for mounting racks or base plates.

- All base and extension units are powered by a 100V-240VAC power supply.
- Extension blocks derive their power from the base unit, so there is no need for an extra power supply.
- A built-in 24VDC supply provides power for inputs and input devices.

- The base unit contains 2K steps of battery-backed RAM as standard.
- Options: 4K EEPROM 8K EEPROM
8K RAM 8K EPROM

- Removable terminal blocks on base and extension units
- Memory backup capacitor option for use with EPROM/EEPROM cassettes gives maintenance-free operation
- Self-diagnostic functions and user annunciator relays

Unit-type Simplicity with Modular Flexibility

■ Maximum 256 I/Os

Unit type programmable controllers (PCs) are popular because of their simple, all-in-one construction, but suffer from some limitations on I/O expansion. Modular types, on the other hand, allow flexibility but are cumbersome to handle and usually involve a lengthy and tiresome selection process.

The FX eliminates these problems by combining the simplicity of the unit type with the expandability of the modular type.

■ Construction

Base Units

The base units contain the processor, inputs, outputs, memory, and the power supply for the sensors and the extension blocks.

Extension Blocks

Modular I/O extension blocks are used to increase the number of I/Os or alter the I/O type. They save the cost of an extra power supply since current is drawn from the base unit or an extension unit.

Extension blocks come complete with connection cables.

Extension Units

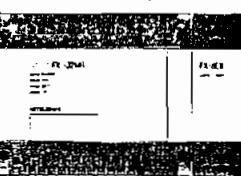
Used for expanding the number of I/Os, these units come with a built-in power supply that can provide power to extension blocks for further expansion.

A 650 mm (25.59") and a 55 mm (2.17") extension cable are included with the extension units.

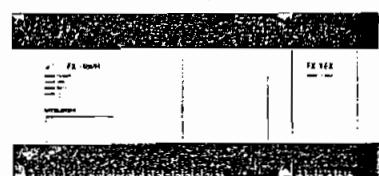
Note: Although all base units are supplied with an installation manual, the FX-HANDY-A comprehensive manual is necessary for programming.

■ EXAMPLE

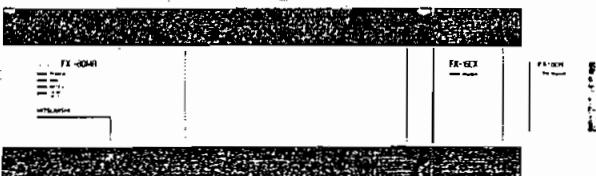
40 I/O SYSTEM (24in, 16 out)



64 I/O SYSTEM (40in, 24 out)



104 I/O SYSTEM (60in, 44 out)



■ AC POWERED BASE UNITS (100 to 240V AC)

Models		Inputs (24V DC)	Outputs	Max. Ext. Block I/O
Relay Outputs	Transistor Outputs			
FX-16MR-ES/UL	FX-16MT-ESS	8	8	16
FX-24MR-ES/UL	FX-24MT-ESS	12	12	16
FX-32MR-ES/UL	FX-32MT-ESS	16	16	16
FX-48MR-ES/UL	FX-48MT-ESS	24	24	32
FX-64MR-ES/UL	FX-64MT-ESS	32	32	32
FX-80MR-ES/UL	FX-80MT-ESS	40	40	32

■ AC POWERED EXTENSION UNITS (100 to 240V AC)

Model	Inputs	Outputs	Max. Ext. Block I/O
FX-32ER-ES/UL	16 (24V DC)	16 relay	16
FX-48ER-ES/UL	24 (24V DC)	24 relay	32
FX-48ET-ESS	24 (24V DC)	24 trans.	32

■ EXTENSION BLOCKS

Models	Inputs (24V DC)	Outputs	Comment
FX-8EX-ES/UL	8	—	Inputs only
FX-16EX-ES/UL	16	—	Inputs only
FX-8EYR-ES/UL	—	8 relay	Outputs only
FX-8EYT-ESS	—	8 trans.	Outputs only
FX-8EYS-ES/UL	—	8 triac	Outputs only
FX-16EYR-ES/UL	—	16 relay	Outputs only
FX-16EYT-ESS	—	16 trans.	Outputs only
FX-16EYS-ES/UL	—	16 triac	Outputs only
FX-8ER-ES/UL	4	4 relay	Inputs & Outputs

■ Main Product Line-up

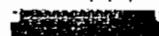
BASE UNITS

FX-16M (R, T)



INPUT: 8 pts.
OUTPUT: 8 pts.

FX-24M (R, T)



INPUT: 12 pts.
OUTPUT: 12 pts.

FX-32M (R, T)



INPUT: 16 pts.
OUTPUT: 16 pts.

FX-48M (R, T)



INPUT: 24 pts.
OUTPUT: 24 pts.

FX-64M (R, T)



INPUT: 32 pts.
OUTPUT: 32 pts.

FX-80M (R, T)



INPUT: 40 pts.
OUTPUT: 40 pts.

■ Other Models

120V AC Input Units

Models		Inputs (120V AC)	Outputs (relay)	Max. Ext. Block I/O
Base Units	FX-24MR-UA1/UL	12	12	16
	FX-48MR-UA1/UL	24	24	32
	FX-64MR-UA1/UL	32	32	32
Ext. Block	FX-8EX-UA1/UL	8	—	—
Ext. Unit	FX-48ER-UA1/UL	24	24	32

EXTENSION BLOCKS These draw power from the base units.

FX-8EX



INPUT: 8 pts.
OUTPUT: 0 pts.

FX-8EY (R, S, T)



INPUT: 0 pts.
OUTPUT: 8 pts.

FX-8ER



INPUT: 4 pts.
OUTPUT: 4 pts.

FX-16EX



INPUT: 16 pts.
OUTPUT: 0 pts.

FX-16EY (R, S, T)



INPUT: 0 pts.
OUTPUT: 16 pts.

EXTENSION UNITS

FX-32ER



INPUT: 32 pts.
OUTPUT: 32 pts.

FX-48E (R, T)



INPUT: 24 pts.
OUTPUT: 24 pts.

24V DC Powered Units

Models		Inputs (24V DC)	Outputs (relay)	Max. Ext. Block I/O
Base Units	FX-24MR-DS	12	12	16
	FX-48MR-DS	24	24	32
	FX-64MR-DS	32	32	32
	FX-80MR-DS	40	40	32
Ext. Unit	FX-48ER-DS	24	24	32

Programming Peripherals

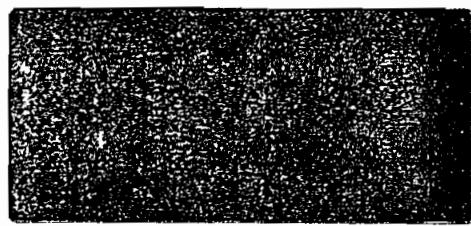
FX-20P-E Programming Panel

This simple hand-held panel with menu-style function selection is perfect for the beginner, yet greatly boosts the efficiency of the professional. With its built-in memory, it can not only monitor and test equipment on the shopfloor, but can also serve as a program transporter.

An FX system cassette and a 1.5m (4.92 ft) transfer cable are provided as standard.

MELSEC FX-20P

MITSUBISHI



Features

- A clear, bright backlit LCD screen.
- Tough, durable rubber stroke keys.
- Memory backup capacitor safeguards data for up to 3 days.
- Off-line programming capability with optional power adaptor.
- Enables programs to be transferred to other peripherals.
- Special attachments for writing to EPROMs and to F1/F2 programmable controllers.

Instruct	Ladder Symbol	Function
LD LOAD	— XYMSTC —	Normally-open start contact.
LDI LOAD INVERSE	— XYMSTC —	Normally-closed start contact.
AND AND	— XYMSTC —	Normally-open contact in series.
ANI AND INVERSE	— XYMSTC —	Normally-closed contact in series.
OR OR	— XYMSTC —	Normally-open contact in parallel.
ORI OR INVERSE	— XYMSTC —	Normally-closed contact in parallel.
ANB AND BLOCK	— — —	Serial connection of circuit blocks.
ORB OR BLOCK	— —	Parallel connection of circuit blocks.
OUT OUTPUT	— YMSTC —	Output coil
NOP NO-OP	Not displayed	No-operation.
SET SET	— SET YMSTC —	Latched output drive ON.
RST RESET	— RST YMSTCD —	Latched output drive OFF.
PLS PULSE	— PLS YM —	Pulse output (OFF→ON trigger)
PLF PULSE (F)	— PLF YM —	Pulse output (ON→OFF trigger)
MC MASTER CONTROL	— MC N YM —	Beginning of master control.
MCR MC RESET	— MCR N —	End of master control block.
MPS RESULT STORE	— — MPS — —	Multi-coil circuit connection instructions.
MRD RESULT READ	— — MRD — —	
MPP RESULT CLEAR	— — MPP — —	
END END.	— END —	End of program.

Capabilities of the Hand-Held Programmer

■ On-line Functions

Programming

- Instructions can be written and changed directly on-line, eliminating tiresome program transfers.
- Helpful editing and search functions are provided.
- Programs can be stored to EEPROM cassettes from the controller's RAM memory.

Monitoring

- ON/OFF status of contacts and coils and timer/counter data monitoring.
- Dynamic step-ladder monitor tracks the sequence flow and displays the active state number.

Testing

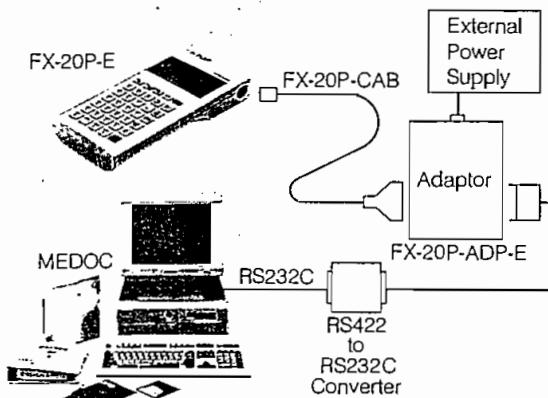
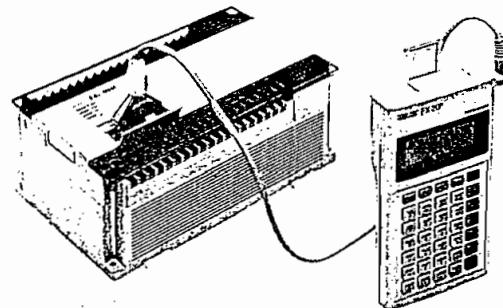
- Outputs and other devices can be forced ON/OFF during STOP and RUN mode operations.
- New data can be written to the timer, counter and other word devices.

■ Off-line Program Creation

The FX-20P-E can perform Off-line programming, drawing power either from the FX or from the mains supply using the optional power adaptor.

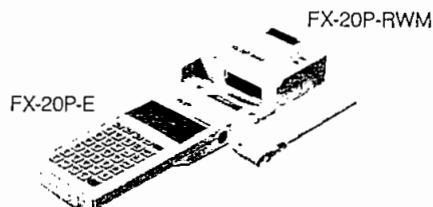
FX-20P-ADP-E Power Adaptor Kit

This kit contains a cable which allows the FX-20P-E to be connected to an external power supply. This kit also contains an adaptor which allows the FX-20P-E to be connected to a personal computer for program transfer. An external power supply (FX-20P-ADP-PWR) is required to power the adaptor and FX-20P-E.



■ ROM Writer

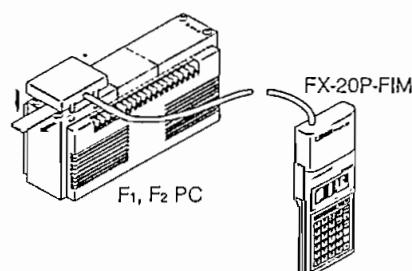
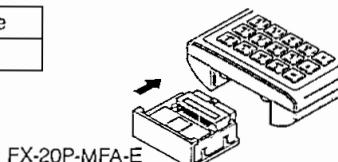
EPROM cassettes are often preferred for reliable, maintenance-free operations. When attached to the FX-20P-E, the optional FX-20P-RWM module allows the transfer of programs to and from EPROM cassettes. EEPROM memory cassettes can also be used. Both EPROM and EEPROM cassettes are optional accessories.



■ Programming for the F1, F2 Series

The FX-20P-E can also be transformed into a programmer for Mitsubishi F1 and F2 series programmable controllers by means of the FX-20P-E-FKIT, which consists of a plug-in interface module and an alternative system memory cassette. Simple F1 and F2 programs can also be converted for use with the FX.

FX-20P-E-FKIT	FX-20P-FIM	F1, F2 interface module
	FX-20P-MFA-E	F1, F2 ROM cassette



Programming Documentation Software MELSEC

The Professional's Package

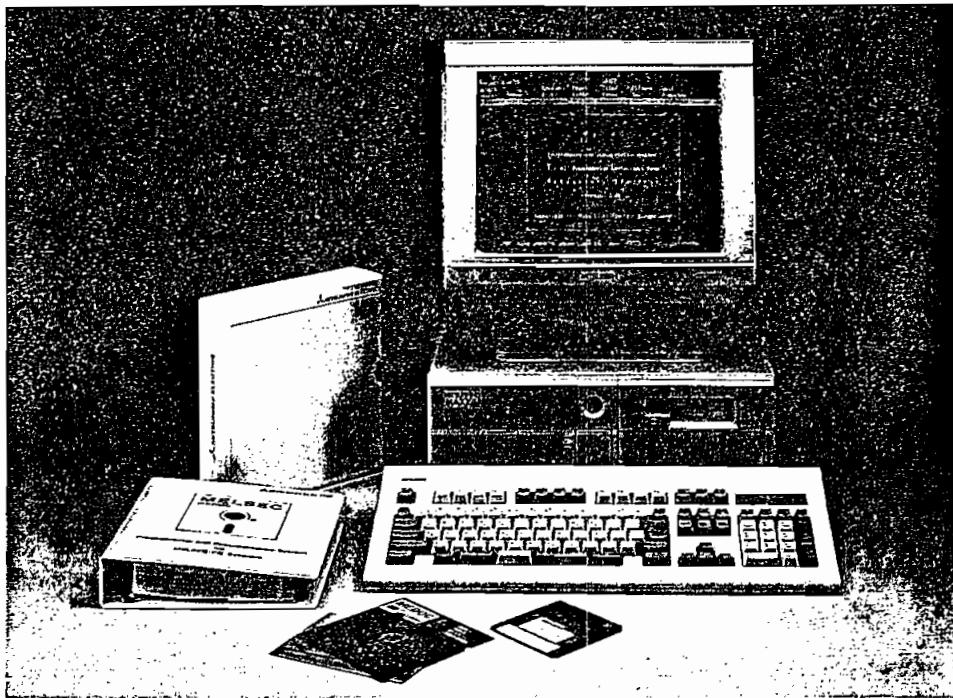
MEDOC is an IBM-based software package for developing and documenting neat programs for use with the FX and other Mitsubishi programmable controllers.

Tidy, well documented programs can eliminate many unnecessary errors in the initial development stage. The software also enables changes to be made more easily and quickly when adapting a pre-written program to new applications.

Personal Computer Requirements:

- (1) IBM AT or 100% compatible.
- (2) MS-DOS operating system, version 3.2 or higher.
- (3) 640 kbyte RAM, minimum 10 Mbyte hard disk capacity.

IBM AT is a registered trademark of the International Business Machines Corporation.
MS-DOS is a registered trademark of Microsoft Corporation.



Comment Registration

The FX is capable of storing device names and explanatory comments when the program is transferred from the personal computer. Without this information, the task of debugging would be extremely difficult, even for the program's designer.

Other Features

User-friendly menu-driven functions.

Full-time help facility provides an explanation at any stage of any process.

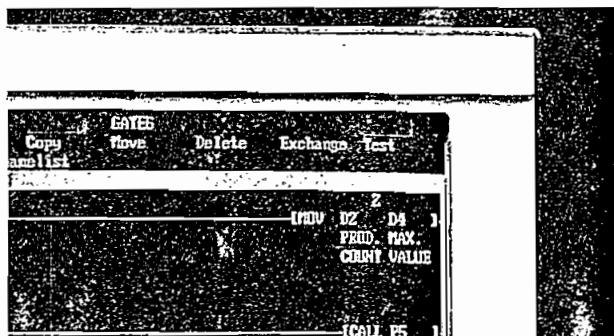
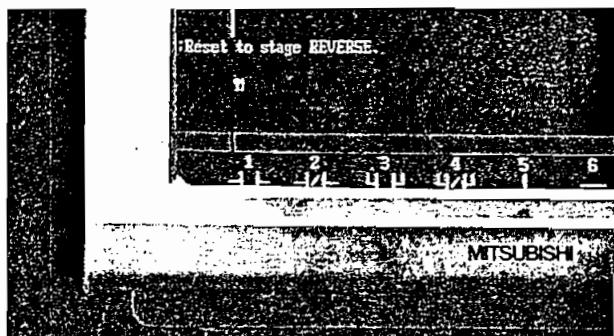
Simple graphical ladder and direct instruction list programming and monitoring capability.

Programming during RUN allows changes to be made to the program without having to stop the machine.

Powerful moving and copying utilities and time-saving editing functions.

Extensive professional printing capabilities provide printouts of ladders, lists, device names, comments and program explanations as required.

Easy printer setup routines to help the beginner.



■ Graphical Ladder and Instruction List

Programming, monitoring and on-line testing can be done in graphical ladder or instruction list form:

Programming

Irrespective of whether they are created in the form of instructions or graphical ladders, programs can be viewed in both forms. All comments can be displayed with the programs.

Programming During Run

A section of the program can be edited while the FX is in the RUN mode.

Monitoring

All the FX's devices, including inputs, outputs, timers and data registers, can be monitored. The use of color makes the ON/OFF states easy to distinguish.

Testing

Forced ON/OFFs of individual I/Os and data changes are possible while the system is running. Adjustments of timer constants and counter settings, etc., can also be performed while the system is running.

■ Well-Documented Printouts Save Development Time

To eliminate unnecessary errors and save a great deal of debugging time, it is advisable to structure your programs and document them with comments. When a program is easy to understand, there is less likelihood of silly mistakes.

Device names that appear next to the contact or coils in the ladder can be included, along with block text between ladders that explain each of the functions of each routine.

■ Extensive Help Menus

Context-sensitive help menus are available at any time. The help screens are not just cold definitions but give advice and tips on how best to use each function and what steps to take next. In particular, they are designed to guide even the first time user smoothly through the software without going through the laborious task of studying lengthy manuals beforehand.

Once the basic functions have been mastered, you will want to be able to access various functions quickly without having to change screens and go back and forth from menu to menu. The hot-keys shown in the sub-menu are designed for just this purpose.

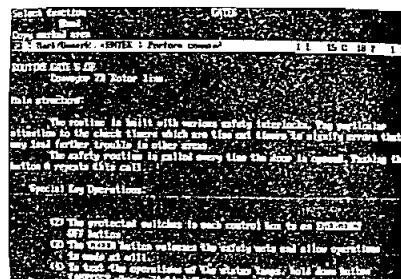
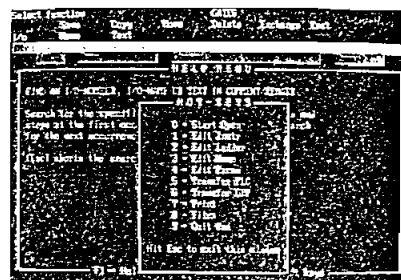
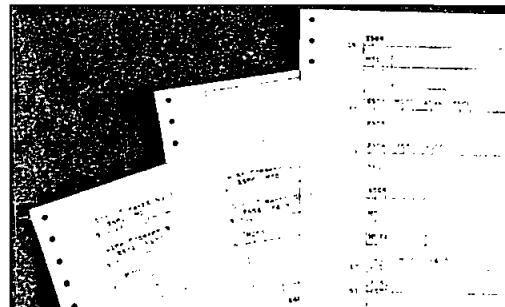
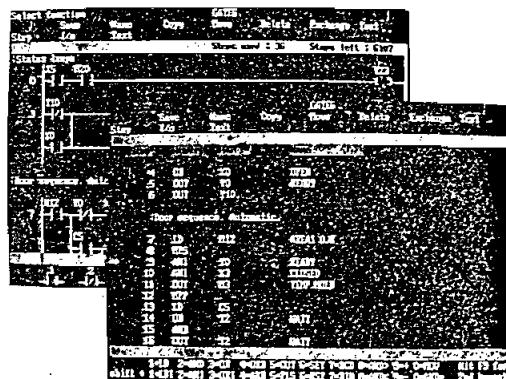
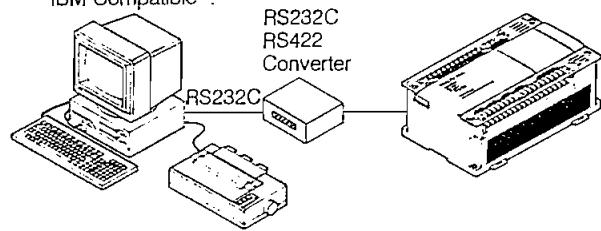
■ Text Editor

In addition to providing a title page and text comments, MEDOC comes with a text editor which allows easy input of job specifications, background introduction, improvement details and other notations which greatly facilitate the task of updating the program at a future date.

Functions

Essential functions such as wordwrapping, text copying, search and replace are available to speed up the programming process and give the project that professional finish.

IBM or
IBM Compatible



Simplicity...The Key to Versatility

■ Employs the Widely-Accepted Relay Logic Ladder Diagram

All over the world, engineers are using relay ladder diagrams to program their machines because they prefer their easy-to-understand graphical representations of real life contacts and coils. Since the FX employs the popular relay logic method for programming, its appeal is broad and it is finding applications in various machines in the factory environment.

■ Easy to Learn

Thanks to its easy-to-understand ladder programming and simple wiring, the FX can be used by anyone with minimal experience of relay logic in the field of mechanical relays.

Internal devices such as input relays, output relays and timers are clearly separated by the letters X for inputs (X000), Y for outputs (Y001) and T for timers (T001).

The FX is a self-contained unit with a built-in power unit and input/output modules. There is no worry over the cost of base plates or external power units because power to the inputs can be sourced from the FX itself.

Just connect your input switches and output loads and you're ready to test your system. You don't need to be a programmable controller engineer to use the FX. Its simplicity is what makes it so versatile and accounts for its popularity even among mechanical engineers and engineers of other fields.

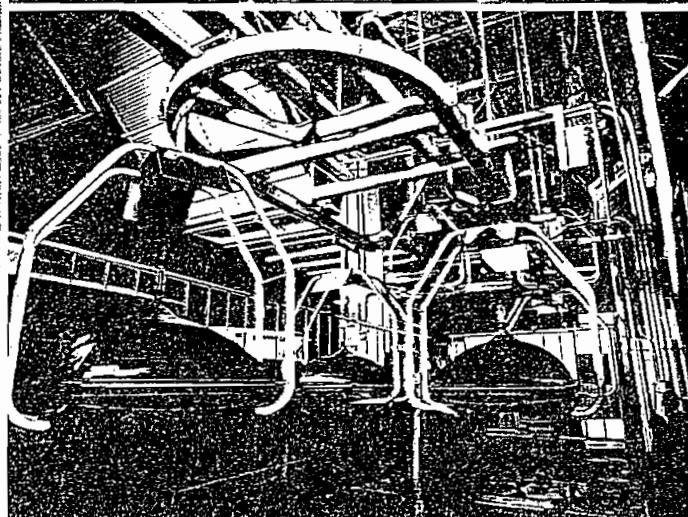
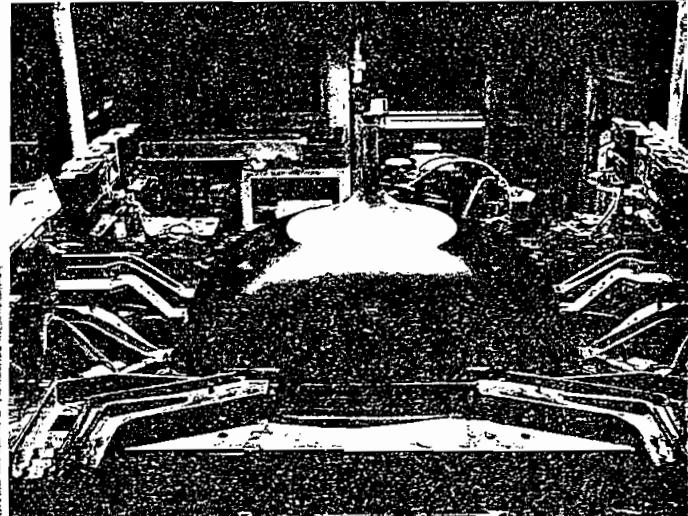
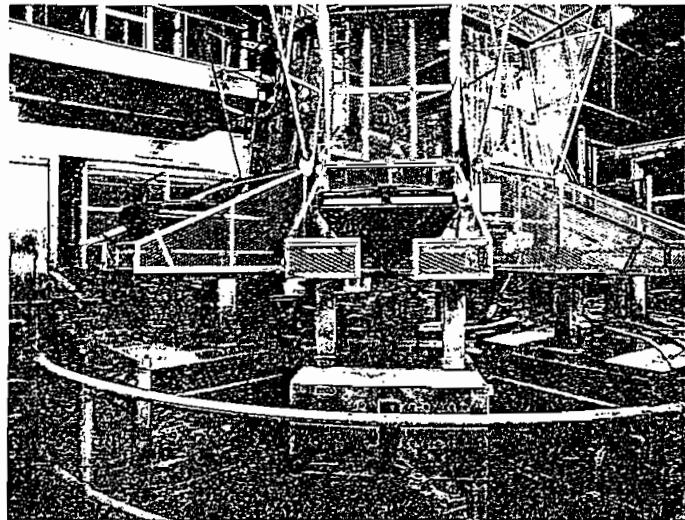
■ Instruction List

Although the control of each output is defined by its contacts and connections in the relay ladder, the programmable controller does not store these contacts as a graphic component. Instead, in a more efficient way, the MEDOC software translates these graphic components and their connections into instructions which the FX in turn executes.

Alternatively, instructions can be input directly into the FX via the simple hand-held FX 20P-E programmer. Since these machine-oriented instructions can be immediately executed by the FX, the result is high performance and fast response.

■ Other Elements

- States: For sequence control by step-ladder.
- Announciators: For alarm flags and self-checking circuits.
- Subroutines: Blocks of ladder to be called under certain conditions. This allows good structured programming.
- Jumps: Uses labels for jump destinations in the program.



Basic Elements

■ Timers: 256 POINTS

These are divided up to provide different timing units as follows:
100ms: 206 points 0.1s to 3276.7s
10ms: 46 points 0.01s to 327.67s
1ms: 4 points 0.001s to 32.767s

■ Retentive Timers: 10 POINTS

Retentive timers are available to measure the sum of the ON periods of an input. This is particularly useful in applications where energy conservation is required.

■ Counters: 256 POINTS

16/32 Bit:

The standard 16-bit counters allow counts of up to 32,767, while the 32-bit counters are more than capable of handling 9-digit values.

Memory Retain:

Some of these counters are battery-backed so that they do not lose their values when there is a power break—a very important factor in data recording and auto-recovery systems.

■ Data Registers: 512 POINTS

Data registers store numeric inputs, recorded measurements, arithmetic, parameter tables and other numerical data. The manipulation and arithmetic functions can handle 9-digit numbers comfortably.

■ File Registers: 2000 POINTS

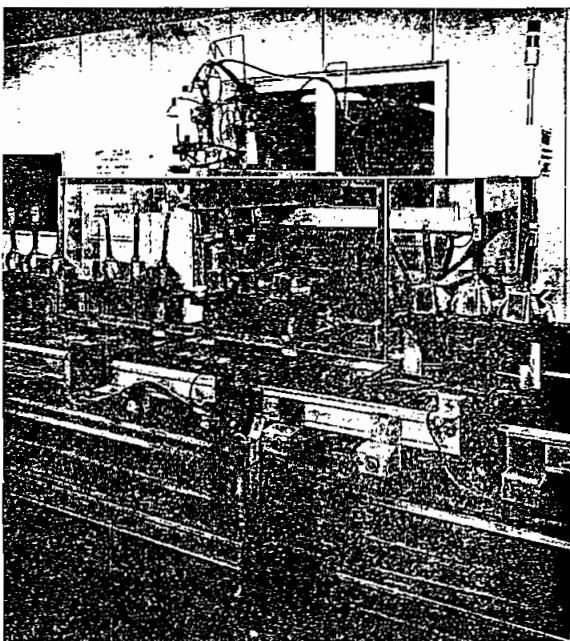
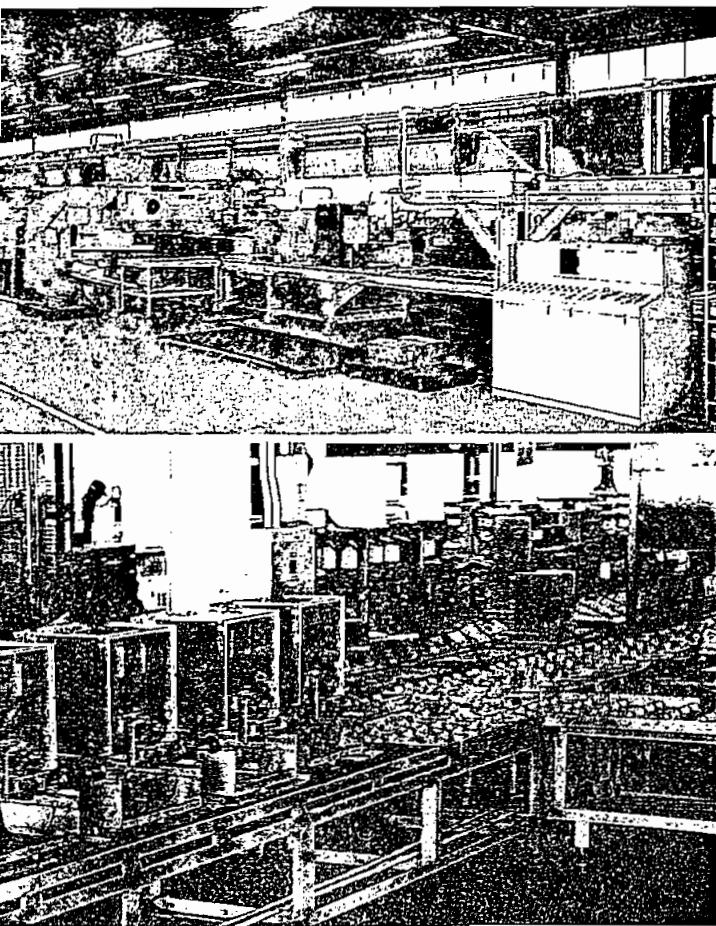
These serve as backup or additional storage for the data registers in applications where a large amount of data must be stored. Possible applications include the storage of position data and parameter timer values for injection molding machines.

■ Auxiliary Relays: 1024 POINTS

These are general purpose internal relays for intermediate control between ladder blocks. 524 of these are battery-backed type relays.

■ Special Relays

These relays provide various predetermined functions such as clock signals, flags and status information.



The Logical Step to Sequential Control

■ Sequence Control by SFC

The IEC standardized SFC (sequential function chart) is a sequence design method for applications where outputs are controlled according to a sequence of events or inputs. This sequence may be a simple line of lights turning ON one after another or it may be a complex multi-loop system. Typical examples are traffic light systems or conveyor operations.

Graphic Chart

The SFC is superior to the simple ladder in that it allows each event to be easily followed from the graphic chart. The interconnections and conditions between these events are also clearly visible so that machine operations can be observed from an overall systems viewpoint.

Advantage

This system offers an advantage in that when you start considering the lower level controls of outputs from each event, you can look at each event in isolation from the other events in the program. There is no need to worry about double coil outputs or the order in which instructions are written because the only ladders operating are the ladders within the event that is currently occurring.

And since this is the only area you need to consider at any one time, you can break down any complicated system into a series of short, simple single-event ladder programs that can be understood by even a beginner.

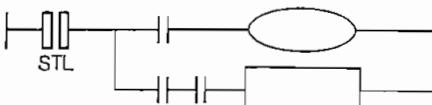
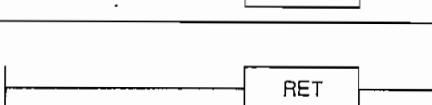
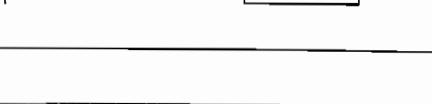
■ SFC via Stepladder

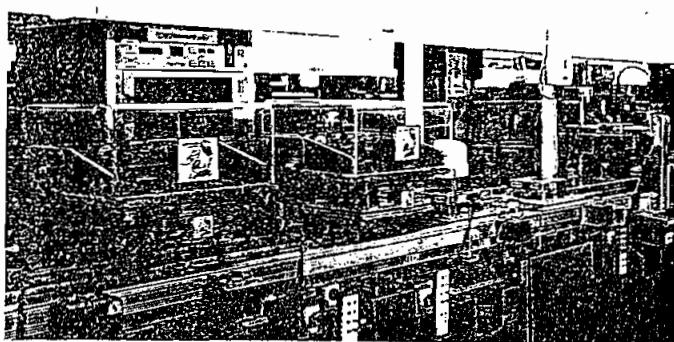
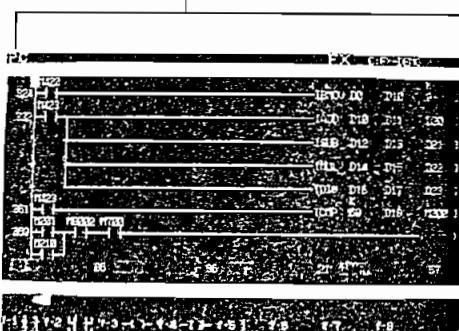
The amazing thing with this wonderful method of programming is that it is really just a graphical interpretation of our very own original stepladder designed nearly eight years ago and incorporated in our F1/F2 series.

With just the addition of the two stepladder instructions, simple standard relay ladders can be turned into complex sequences with multi-loop capabilities. And since each event can consist of nothing more than a simple ladder, programming by SFC via stepladder can be easily mastered by any beginner.

■ Dynamic Monitor

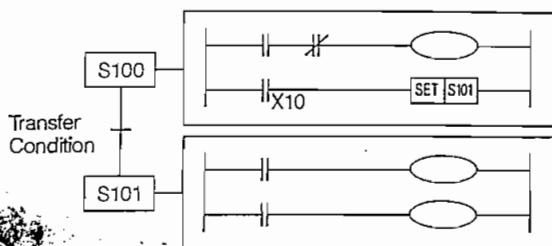
While the system is under monitor, the FX provides a facility which tracks down the current event and stores it in a standard data register. The merit of this is that if a machine stops abruptly within a sequence, the dynamic monitor facility displays the current operation, thus effectively indicating where the trouble was occurred.

STL	
Stepladder	
Step Contact	
RET	
Return from stepladder to relay ladder	



How It Works

■ Basic Idea



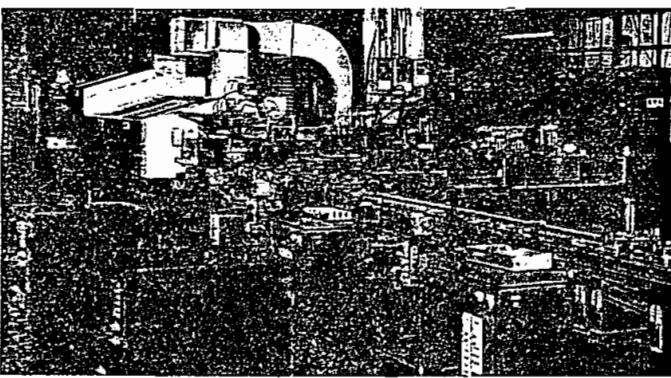
Each STL instruction acts as a graphic box in an SFC drawing representing an event such as "open door," "motor forward" or even a pause routine. The element in the programmable controller which represents this event is a state and it can be either ON or OFF only. When the state is ON, the event is on and ladder circuits within this event are executed. When it is OFF, this portion of the program is disabled and can be ignored.

Switching Events ON/OFF

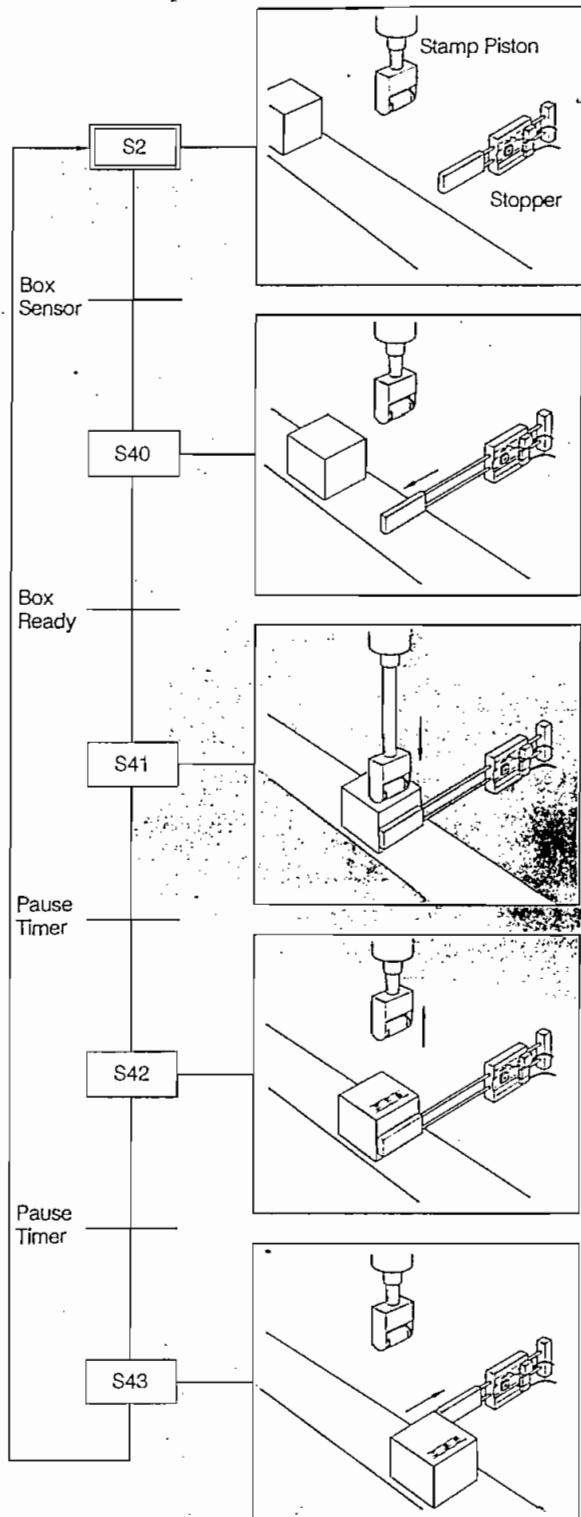
Events are switched ON/OFF by the basic ladder instructions SET and RST (reset). When one state switches another state ON, it automatically switches itself OFF. This effectively creates the flow between two states in an SFC chart. The transfer condition is the contact that leads to the setting of the next state. In the above example, therefore, the transfer condition from event S100 is X10. When X10 is ON, the next event S101 is activated and event S100 is turned OFF.

Events as Frames of Motion

This problem-oriented approach makes programs very easy to design. In the case of the above example of a stamping machine in a conveyor system, the application is pictured as frames of motion. Each frame is considered to be an event and the SFC method is used to connect them. This allows the outputs of each frame to be programmed one by one, a simple, logical approach that is nevertheless powerful enough for all kinds of sequence control.



A Sequence for a Box Stamper



High-Speed Processing

The Elements of High Speed Processing

Dedicated Logic Processor

In addition to the 16-bit processor, the FX uses a specially designed dedicated logic processor which allows a basic instruction to be executed in the rapid time of $0.74\mu s$.

Independent Routines

The double processor design enables individual high speed routines to be processed independently of each other while maintaining a short cycle time.

Multi-channel Signal Structure

Total response delay is further shortened by the use of a multi-channel signal structure for inputs and outputs. Each high speed routine, including high speed counter and interrupt input routines, has an individual channel of input signals which are independent in timing from each other.

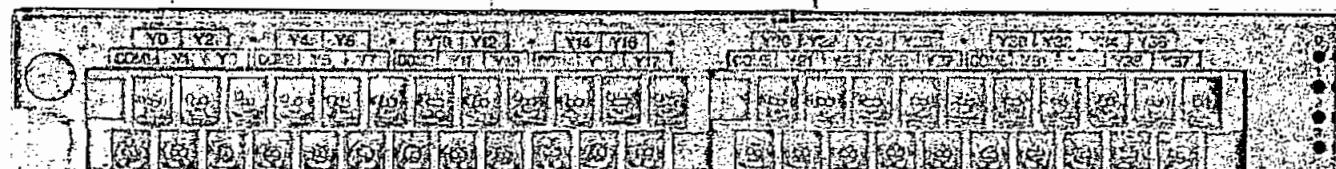
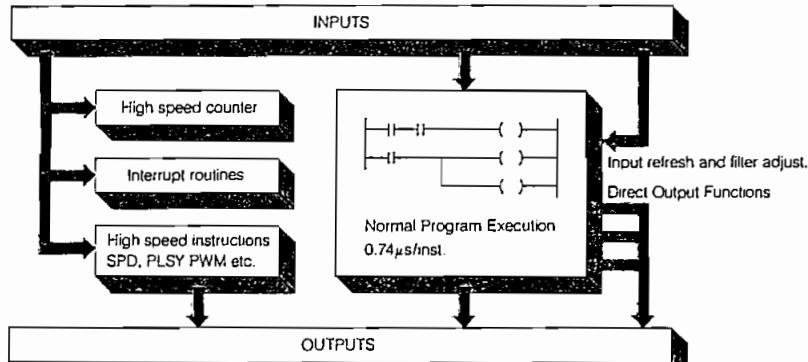
Outputs are also handled through independent channels by routines such as direct output functions and PWM, PLSY applied instructions and any output refresh instructions written to the program by the user.

Effectively, signals are fed in and sent out at crucial timings related to each high speed routine, thus ensuring impressive speeds with tight tolerance results.

Mitsubishi FX

- POWER
- RUN
- BATT
- IN
- OUT

MITSUBISHI

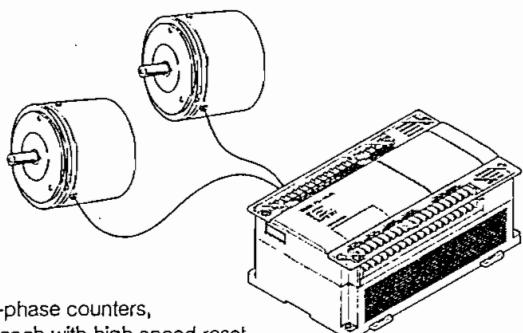


Built-in Multi-Point High Speed Counters

The 32-bit high speed counters of the FX-series can be configured to count 6 input pulse trains simultaneously at no extra cost because they are all built-in as standard.

The general inputs X0~X7 can be used in various combinations to form single or 2-phase counters, or a mixture of the two.

Example 1

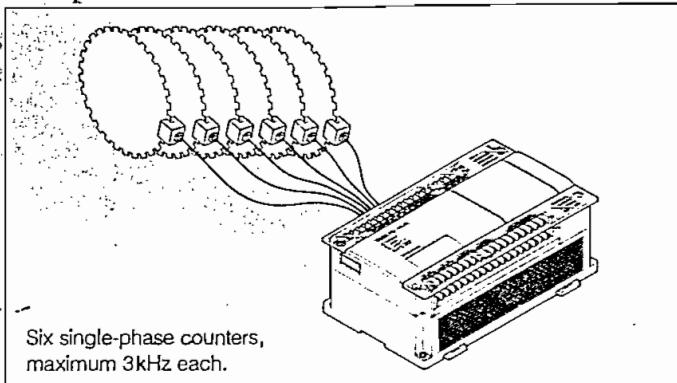


Maximum Speed:

	Sum of all frequencies	Number of counters
1-phase	20kHz max.	6 points max.
2-phase	4kHz max.	2 points max.

The maximum speed of one 1-phase counter is 10kHz. There are exceptions to the above under some combinations, particularly those combining the use of the unique direct output functions.

Example 2

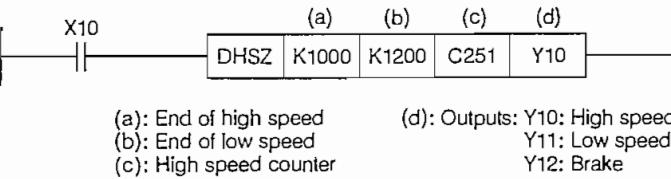


Direct Output Function

Even if the input is of a very high speed response, the programmable controller cannot handle positioning control correctly if the outputs are delayed by cycle time. The FX is equipped with functions that perform comparisons with the high speed counter and control the outputs at high speed independently of the execution cycle.

The example given here shows how a rapid response can deliver the speed and accuracy required in simple positioning control.

Example:

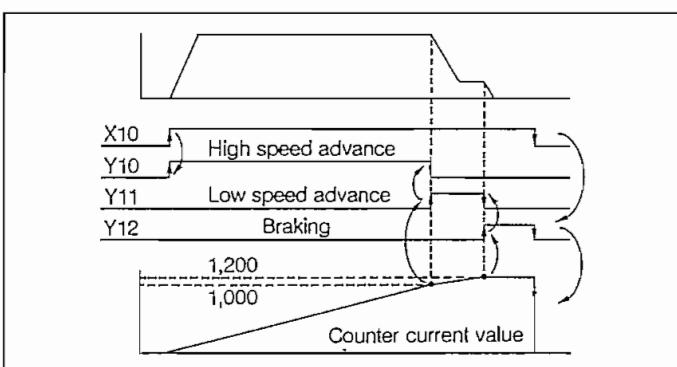
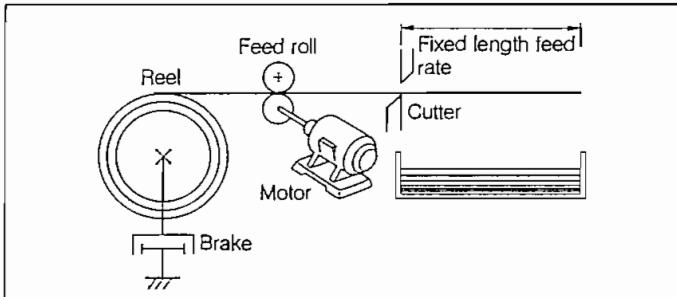


This high speed zone compare function directly controls the outputs according to the value of a high speed counter.

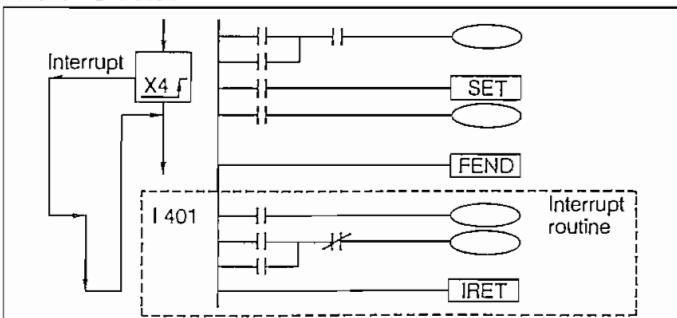
With the counter value as zero at the reset position, this function effectively controls 3 outputs—high speed, low speed and brake—to perform the essentials of simple positioning.

In the application example, the movements of the roller are sensed by an encoder and counted at high speed by the FX. The motor is then controlled by the above direct output function to provide the correct length of feed for the cut.

Sheet Cutter



Execution Flow



Interrupt Inputs

It is vitally important that reaction to any high-priority or emergency input be as rapid as possible.

The interrupt inputs (max. 6 points) of the FX halt normal program execution as soon as the appropriate signal is received. The interruption takes the form of a user-programmed interrupt routine which is executed with priority over normal program execution. Different interrupts initiate different interrupt routines, thereby providing the rapid response necessary to prevent problems before they occur.

From Basic Arithmetic to Application Functions

Advanced Applied Functions

The relay ladder is a basic, easy-to-understand sequence description that has its origins in conventional mechanical relay control. Obviously, the FX offers a much greater degree of power and flexibility than mechanical relays, and its advanced computer-oriented functions are managed by Applied Functions.

High-Level Format

Applied functions come in the sort of uniform format normally used only in larger, more expensive high-level systems. Each function can be represented either as a function number or as a mnemonic. Each operand is flexible and tolerant to settings for any different devices, such as inputs and timers.

Functions can be generally seen to take data from a source, perform some processing and output a result to a destination. The format of the applied functions is based on this common characteristic so that the operands of any function can be easily understood and remembered.

Flexible Operand

You can freely choose the appropriate device for each of the operands in the function to suit your application.

32-bit Operation [D] ADD

The prefix [D] alters the function to operate in 32 bits instead of the normal 16 bits. This doubling of capacity allows numbers in the range of $\pm 2,147,483,647$ to be handled.

Pulse Operation ADD [P]

The suffix [P] alters the function to operate only once even if the condition contact is kept on continuously; otherwise, the instruction is repeated on every cycle.

Over 80 Different Functions to Simplify Your Problem

Over 80 different applied functions are available for a wide range of uses, extending from general operations which require only the basic arithmetics to advanced applications such as CAM switch drum sequencing and rotary system controls.

Fast Search Help Menu

Having a great many functions can be confusing unless they are organized in an understandable manner. That's why the functions are grouped according to the nature of the process involved and given appropriate function numbers.

With the addition of help menus in the FX-20P-E programmer, finding the right function becomes an effortless process.

Other Features

16-bit or 32-bit data arithmetic (9 digits).

Index register capability.

High speed control abilities.

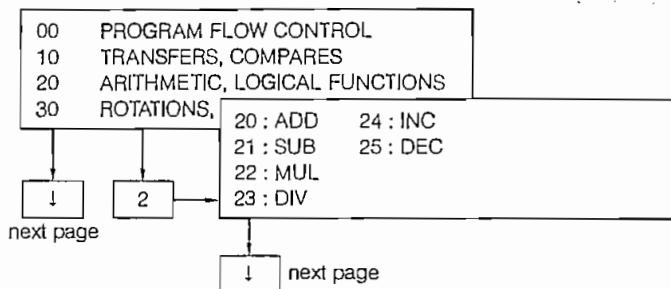
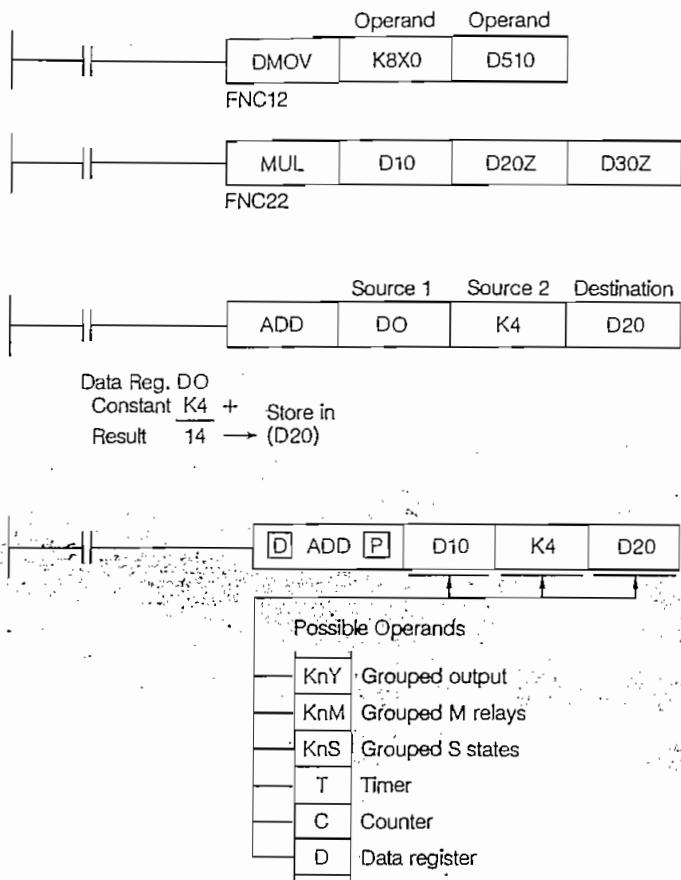
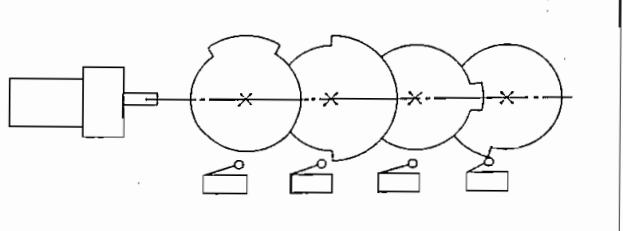
Speed detect, averaging and other helpful routines.

Pulse train and width modulation output.

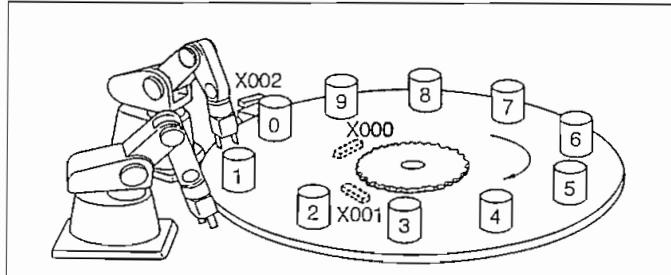
Bit and word device shift registers.

Application instructions such as CAM switch and rotary table control.

CAM Switch Control



Rotary Table Control



Simple, Convenient Instructions

Many of the applied functions are very simple and convenient, particularly the I/O saving input device handling functions. One simple applied function employing time-sharing techniques can save software creation time and money.

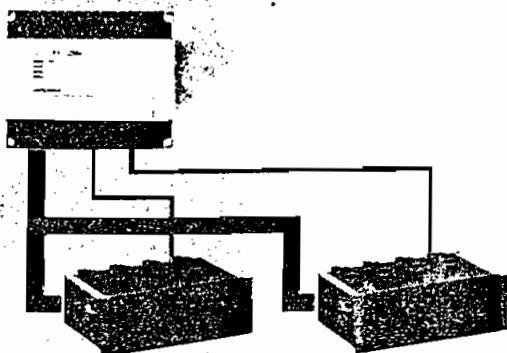
■ 7-Segment Digital Display Output



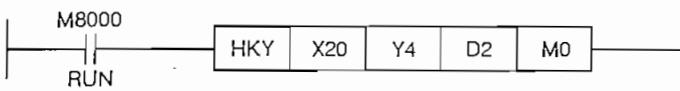
Direct connection of 7-segment displays takes up many I/Os and a great deal of time.

When display units with the latch function are used, the above instruction is all the programming you need.

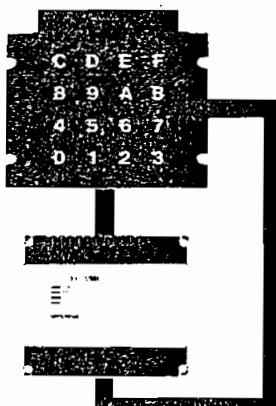
Wire connections are reduced since the data lines are time-shared by all the digits. This instruction also makes provisions to allow for positive and negative logic switching for the data and the latch lines.



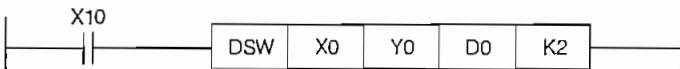
■ 16-key Hex Key-pad Data Input



With just 4 inputs and 4 outputs, a 16-key operation key-pad can be used. As shown, the programming takes only one line and the digits are input into a data register in a very similar manner to that used for entering data into a pocket calculator.

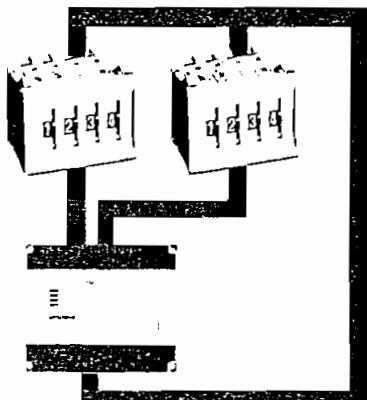


■ Thumb Wheel BCD Digit Input



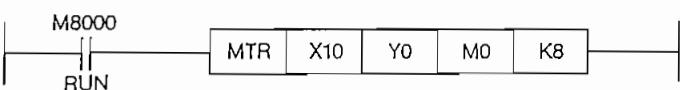
Normal direct connection of binary coded decimal (BCD) requires 4 inputs per digit, resulting in a costly 32 input point requirement for 8 digits of thumb wheel switches.

This function performs the equivalent process using only 8 inputs and 4 outputs.



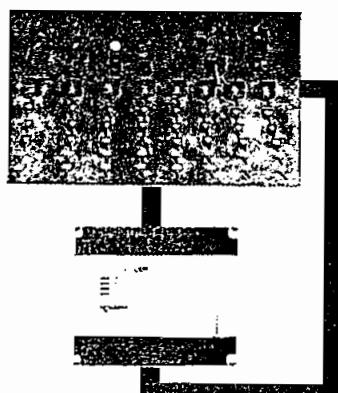
Note: When using this DSW and the MTR instructions below, isolation diodes are required on the input devices.

■ Matrix Input Switchboard



By combining 8 inputs with 8 outputs, this function permits the high-speed reading of a total of 64 general input devices. The slowest reading cycle time is 160ms.

The high cost difference between a 64 input point system and a 16 I/O point system makes this function an economical proposition for systems with large input switchboards.



Special Function Adaptors

The series connector on the left of the FX programmable controller is designed for connecting special function adaptors such as those shown below. Every function adaptor comes complete with a cable for connecting it to the base unit.

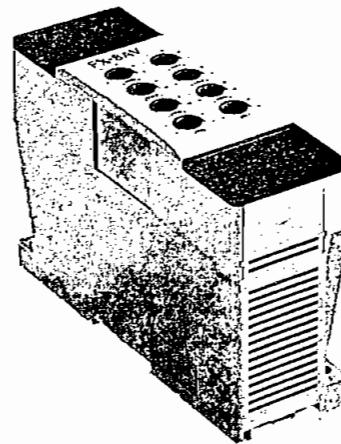
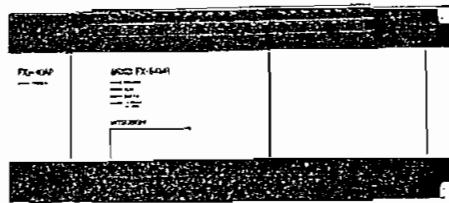
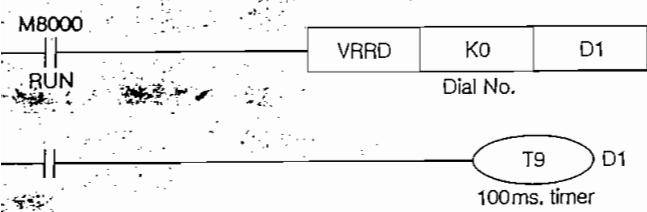
Variable Setting Adaptor FX-8AV

In some applications, a simple analog variable dial may be preferable to the key-sequences of a programmer.

The 8 variable dials on the FX-8AV allow simple and quick periodic adjustments using a small screwdriver. The dial settings are read by VRRD applied functions to data registers as values in the range of 0 to 255.

Application Example

The setting of dial 0 is read to D1 which is used as the setting for timer T9. The setting of T9 is in units of 100ms, so that if the dial were set to the maximum, 25.5s would become the setting for timer T9.



Parallel Link Adaptor FX2-40AP/AW

With one adaptor on each base unit of the FX, two 128 I/O FX items can be linked to operate in parallel. Up to 100/100 I/O/OFF and 10/10 16-bit data send/receive points are possible. The two adaptors are neatly connected by a pair of fiber optic cables or a twisted pair cable, thus saving a great deal of time-consuming wiring when an area of control is located some way from the machine.

Application Example

Combining the Control of Two Existing Machines: This is a simple and inexpensive way of combining the control of two existing machines. It eliminates the time-consuming task of analyzing drawings and tracing wires. The simple attachment of two adaptors and the two instructions on the right enable the two machines to be programmed to read each other's inputs and control each other's outputs.

The attachment of the parallel link adaptor offers a number of other useful possibilities, such as allowing the two units to utilize each other's data registers, or check each other's control status as a safety measure.

WIRE LINK ADAPTOR FX2-40AW

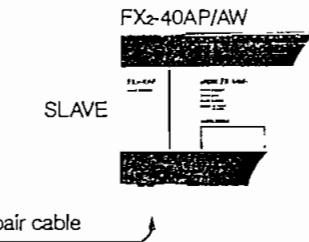
Send/receive points: 100/100 (on/off)
10/10 (16-bit data)

Transmission distance: under 10m
Cable: Twisted pair (shielded)

OPTICAL LINK ADAPTOR FX2-40AP

Send/receive points: 100/100 (on/off)
10/10 (16-bit data)

Transmission distance: under 50m
Cable: Fiber optic cable (1 pair)



PROGRAM ON MASTER SIDE



PROGRAM ON SLAVE SIDE



Fiber optic cables
F-OFC-M10: 10m (30ft)
F-OFC-M30: 30m (90ft)
F-OFC-M50: 50m (150ft)

Cables are supplied separately from the FX2-40AW and the FX2-40AP.

Analog Control

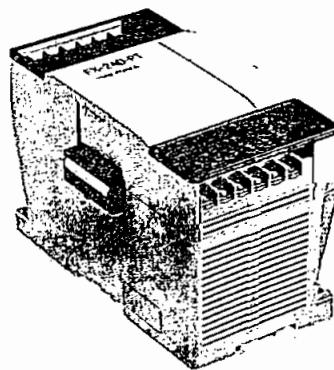
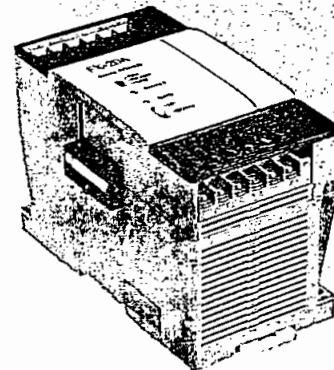
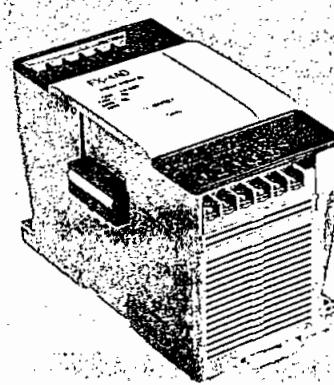
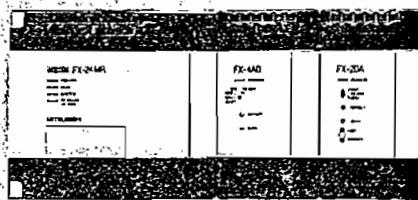
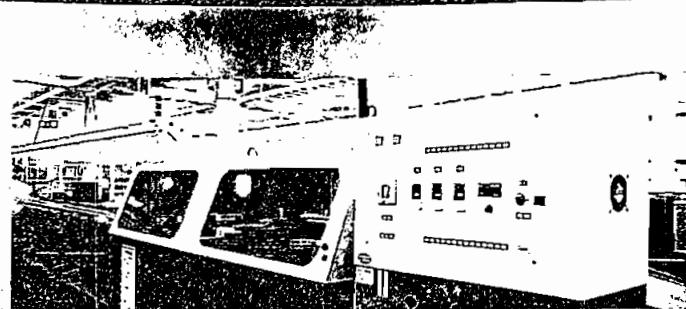
The temperature of an oven, the pressure of a plastic mold and the flow speed of a gas or fluid are just a few of the analog signals that abound in the real world. Simple on/off switching control in these environments may be a tolerable compromise, but substantial savings in production time and energy costs can be achieved through the employment of proportional analog control.

Analog control can be realized with the FX by connecting the following analog blocks to the right side of the base unit.

Power for the circuitry is supplied by the base unit or an extension unit, while the 24VDC input voltage can be drawn from these units or from an external supply.

For easier troubleshooting, separate indicators are provided for the I/O bus circuitry and the 24V input power supply.

Each analog block comes complete with a cable for connection to the base unit.



■ FX-4AD Analog Input Block

- Simple terminal connections permit selection of voltage/current for each input.
- Accepts inputs in the commonly used range of:
-10 to +10V
4 to 20mA
- Easy adjustments of offset and gain can be made to compensate for any tolerance errors arising from input devices.
- Key specifications:
 - Max. input range: $\pm 10V$
 $\pm 32mA$
 - Resolution: 5mV, 20 μ A

■ FX-2DA Analog Output Block

- Data can be output as analog signals through the FX's 2 channels.
- Simple terminal connections permit individual selection of voltage/current for each output.
- Positive and negative voltage outputs.
- Easy adjustments of offset and gain for each output permit accurate control.
- Key specifications:
 - Output range: -10 to +10V
4 to 20mA
 - Resolution: 5mV, 20 μ A

■ FX-2AD-PT Temperature Sensor Input Block

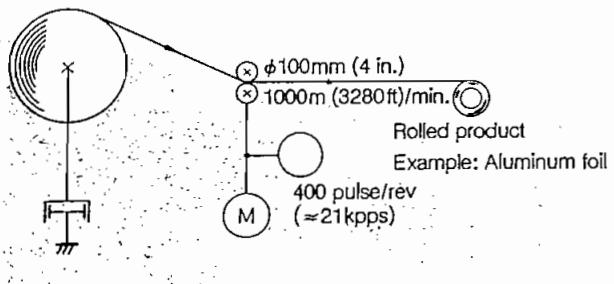
- User selectable reading of temperature values in °C or °F from PT100 (100Ω) sensors.
- Simple, direct connection using the 3-wire PT100 method to eliminate long wire resistance errors.
- 2-input channels with compensation to correct the non-linear characteristics of the sensors.
- Intelligent circuitry with averaging incorporated for smooth response.
- Wide compensated input range:
-50°C to +300°C
-58°F to +572°F
- Key specifications:
 - Max. input range: -100°C to +600°C
-148°F to +1112°F
 - Linearity of compensated range: $\pm 1\% FS$
 - Resolution: 0.2°C, 0.36°F

50kHz Special Counter Block

The FX-1HC special block connects to the right side of the base unit and counts pulse signals at very high speeds. Its high speed performance and independent output control open up the possibility of shorter production times in manufacturing applications.

Example Applications

High Speed Application with Precise Control



Features:

- 1 channel with 2 phases.
- Accepts 5V, 12V or 24V input signals.
- Maximum counting speed of 50kHz.
- Selectable up/down 16- or 32-bit count modes.
- Built-in comparator for independent control of 2 outputs.
- 2 output points each allow sink or source connections.

Input

In addition to the A and B phase inputs and direct outputs, a hard preset and a count disable are available to maintain the high speed bidirectional counter control process throughout the complete control cycle. All inputs accept 5V, 12V and 24V sink or source input devices such as rotary and linear encoders.

Output

Two sink or source transistor outputs that are controlled independently from program cycle time are available.

Settings:

Load voltage: DC 12-24V
Max. current: 0.5A

Compare and Count Modes

Four selectable modes:
16- or 32-bit counting.
Ring or preset counting.
 $>$, $=$ and $<$ compare result flags.
Set or reset for each output.
Resolution selection of 1-, 2-, or 4-edge counting.

Various count modes are available to suit all types of applications. Each mode is user-selectable via the TO/FROM instructions in the base unit.

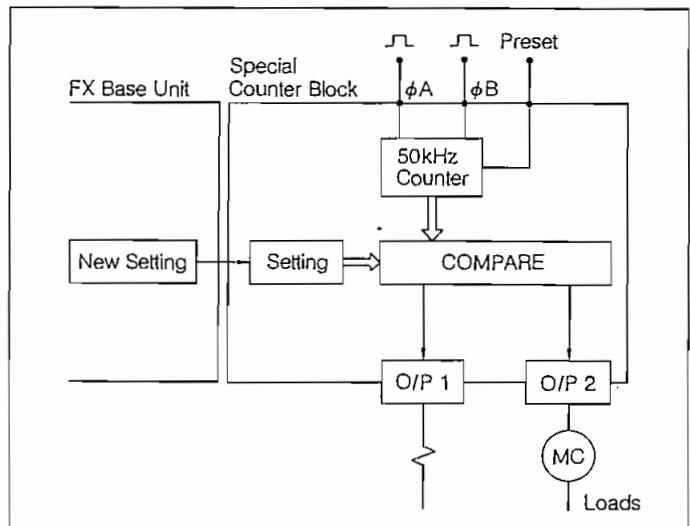
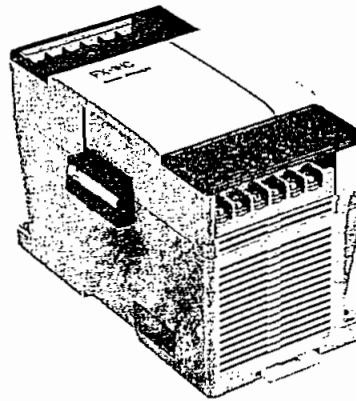
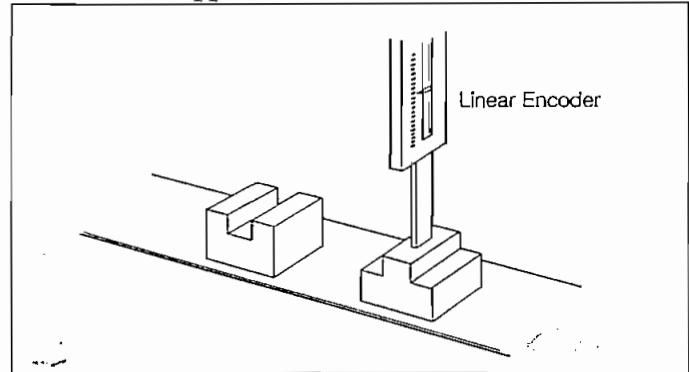
Resolution Selection

One 1-, 2-, and 4-edge counting modes determine the number of units to be made in each cycle of AB phase counting. The rising and falling edges of both A and B phase inputs can be counted in 4-edge counting mode to give the best resolution result from any class of encoder.

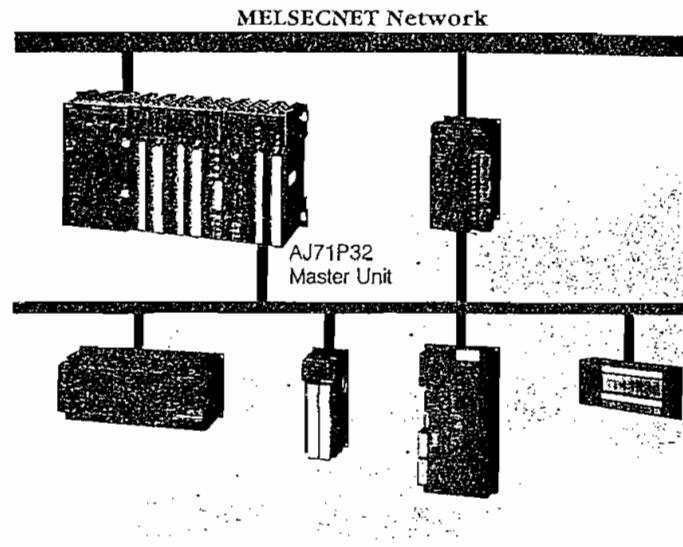
and accurate measurement in quality control applications.

The FX-1HC comes complete with a cable for connection to the base unit.

Measurement Applications



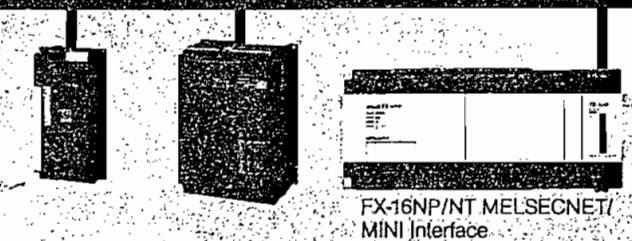
Interface for Interaction



Specifications of MELSECNET/MINI

- Maximum link of 64 stations.
- Can accommodate up to 512 remote I/Os.
- I/O refresh time of 3.5-18ms.
- Transmission rate of 1.5M BPS.
- Maximum distance between stations: 50m (optical fiber), 50-100m (wire)

MELSECNET/MINI Network



FX-16NP/NT MELSECNET/MINI Interface

This interface connects to the FX in the position of an I/O extension block. It allows the FX to be connected to the MELSECNET/MINI network of Mitsubishi's A series range of programmable controllers. Through the AJ71P32 master unit, the FX can then send and receive 8 input and 8 output data to and from the rest of Mitsubishi's family of factory automation equipment.

Interact with FX-20DU-E Data Access Unit

This panel enables the machine operator to monitor or adjust devices such as timers, counters and data registers in the FX.

- Specially designed for effortless panel mounting.
- Can monitor and adjust: timers, counters, data resistors, file registers and real-time clock data.
- Can also monitor: PC status, states and annunciators.
- Bright 11-digit 7-segment data display with buzzer acknowledgement keys.
- Additional clock data display for FX units connected with real-time clock cassettes.
- Utilizes the FX's entry code to create three levels of protection against sabotage or misuse. New entry codes can also be assigned with this unit.

The FX-20DU-E is supplied with a connection cable and installation accessories.

Monitoring by Intelligent Terminals via FX-232AW

The FX-232AW uses the programming port and allows RS232C communications to an intelligent terminal which may be a personal computer or an operator interface. The user may design software to enable these units to interrogate the FX as monitoring and data setting terminals.

All connection cables are supplied separately.

Connection Cables

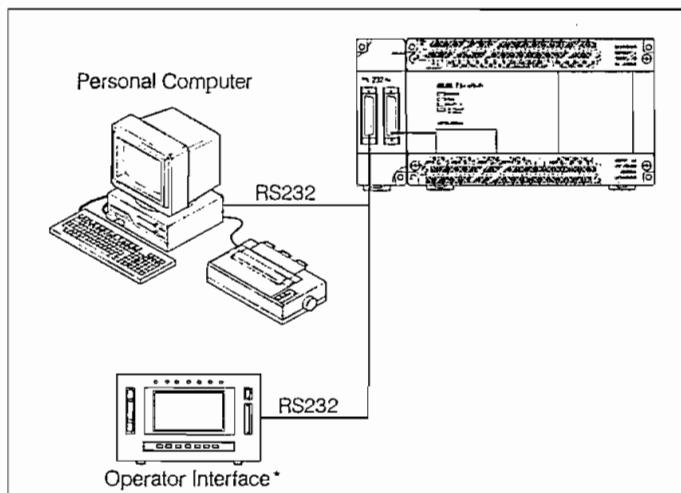
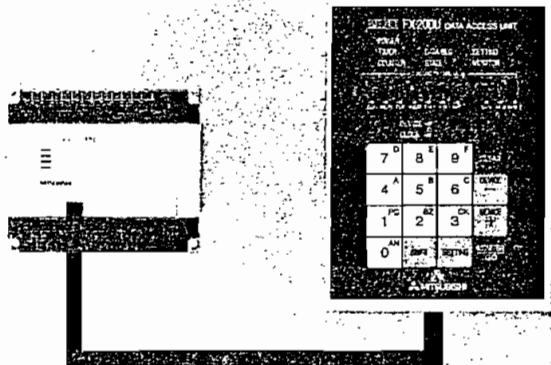
FX-422CAB: This connects the FX-232AW to the programming port of the FX.

RS232C cables: Standard RS232C cables are used for connections to intelligent units. Please refer to the individual intelligent units for details of the appropriate cables.

Two types of models are available:

MODEL	Link medium	CABLE
FX-16NP	Optical link	F-OFC M10/30/50
FX-16NT	Wire link	Twisted pair

Link cables are supplied separately from these units.



* Must be intelligent enough to interrogate the PC.

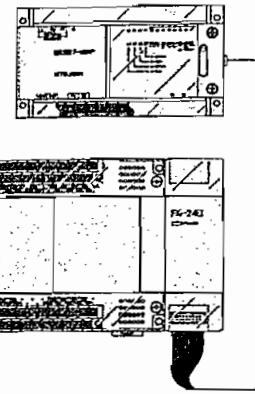
Combining with F2-Special Units

Special F2 Interface Block FX2-24EI

The FX2-24EI Interface Block allows the following current F2 series special function units to be connected to work with the FX series. The result is a very powerful general purpose programmable controller for applications in such special areas as positioning or analog housing controls.

This special interface block conveniently draws current from base or an extension unit.

The FX2-24EI comes complete with a cable for connecting it to the base unit. Extension cables for connecting this unit to the special F2 units are supplied with the individual F2 units.



Positioning Control Pulse Output Unit

F2-30GM-E

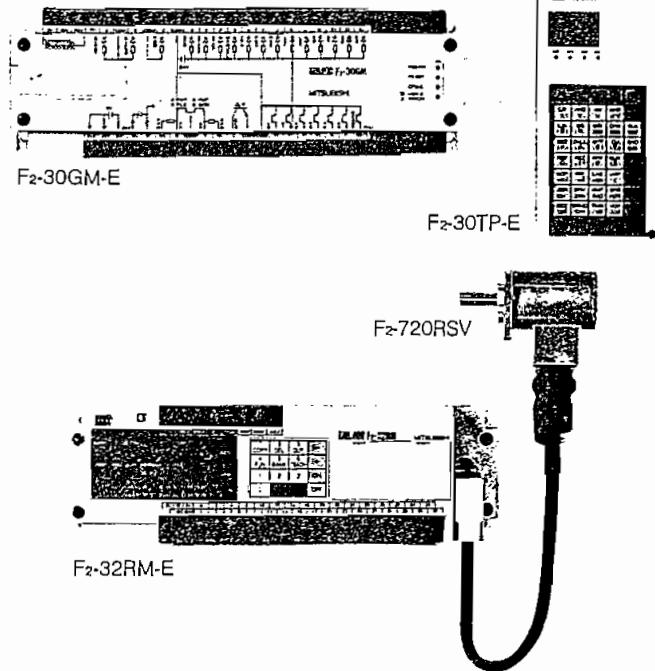
The F2-30GM-E pulse output unit is a position controller which sends pulse signals to a servo or stepping motor drive system. The positioning sequence in the F2-30GM-E is programmed and tested by the F2-30TP-E teaching panel.

This accurate, high speed positioning system greatly facilitates handling and program design.

The F2-30TP-E is supplied with a transfer cable and a CMT cable.

Special Units

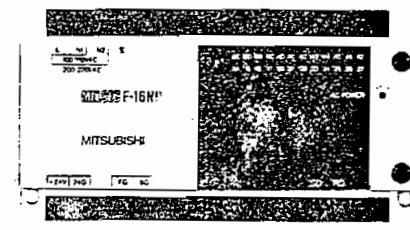
- F2-30GM-E
- F2-32RM-E
- F2-6A-E
- F-16NP/NT-E



Programmable Cam Switch F2-32RM-E-SET

The F2-32RM-E will replace most mechanical CAM switch mechanisms because it does not inherit the problems of wear and long setup and readjustment times. Frictionless absolute resolvers have a greater noise immunity than pulse encoders and the simple built-in programmer makes this set easy and economical to use.

The F2-32RM-E-SET includes the F2-32RM-E, the F2-720SV resolver, and a 3 m resolver cable.



MINET/MINI Interface F-16NP/NT-E

Although the micro-programmable controller has always been the most cost-effective solution for low-level local control, this small control configuration can be regarded as a small component function of a large network system.

The F-16NP-E optical link interface and F-16NT-E wire link interface permit connection to the large Mitsubishi A-series ELSPECNET/MINI control network.

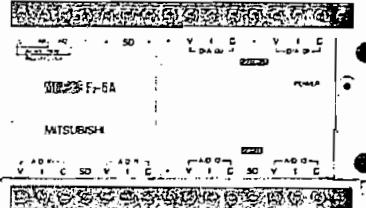
Link cables are supplied separately from these units.

Fiber-optic Cables (1 pair required)

F-OFC-M10	10m (30ft)
F-OFC-M30	30m (90ft)
F-OFC-M50	50m (150ft)

Analog Input/Output F2-6A-E

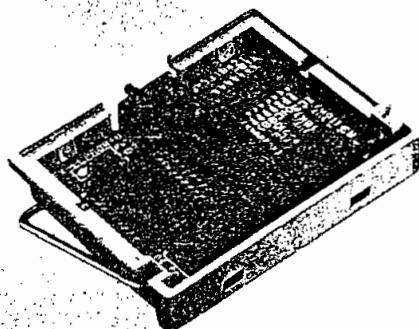
The F2-6A-E is an ideal interface for the input of analog signals from sensors on temperature, speed or flow. Equipped with 4 inputs and 2 outputs, and ranges that are easy to select and adjust (-5V, 0-10V, 4-20mA), this 8-bit converter will allow you to make a quick start on simple analog applications.



Accessories

Memory Cassettes

	Memory Type	Capacity	Comments
FX-RAM-8	RAM	8K	Read/write OK. Requires battery for retention.
FX-EEPROM-4	EEPROM	4K	Read OK. Has limited write life. Data retained without battery.
FX-Eeprom-8	EEPROM	8K	Read only. Writing by special writer. Reliable data retention without battery.
FX-EPROM-8	EPROM	8K	Read only. Writing by special writer. Reliable data retention without battery.



Real-Time Clock Cassettes

With the addition of a real-time clock cassette, the FX can be used to automate light and heat switching operations according to the time of day and the season. Savings in energy costs can be made with one of the following real-time clock cassettes:

	Memory Type	Capacity	Comments
FX-RTC	—	—	Real-time calendar clock.
FX-RAM-8C	RAM	8K	RAM program memory + real-time clock.
FX-EEPROM-4C	EEPROM	4K	EEPROM program memory + real time clock.

Clock Cassette Features

- Convenient compact cassette design. Plugs into memory cassette connector for easy attachment to FX.
- Provides second, minute, hour, days of the week, month, and year calendar clock data to the FX's data registers with leap year compensation to the year 2079.
- The inclusion of simple compare instructions in any FX ladder program permits the control of outputs according to the cassette's real-time clock.
- Clock data can be set by means of programming units or the FX-20DU-E Data Access Unit.

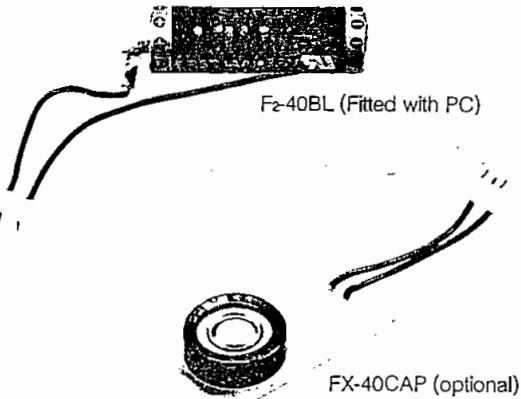
Battery and Memory Backup Capacitor

F2-40BL Battery

An F2-40BL lithium battery is required for the retention of RAM program memory, device data and latch relays during power off. Replacement is recommended every 3 years in the case of 8K memory. (The manufacturer's guarantee is one year.)

FX-40CAP Memory Backup Capacitor

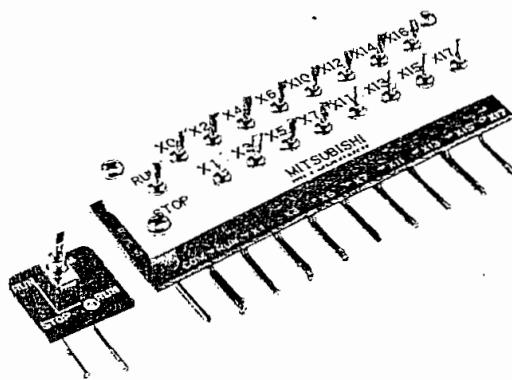
When maintenance-free operation is preferred or battery replacements are not practical, the FX-40CAP memory backup capacitor may be used with an EPROM or EEPROM cassette. The FX-40CAP can retain device data information for at least 3 days.



Simulation Switches

These input switches can be connected directly to the input terminals of the FX-series for the purpose of program testing or internal training. Different types of switches are available for different models of the FX.

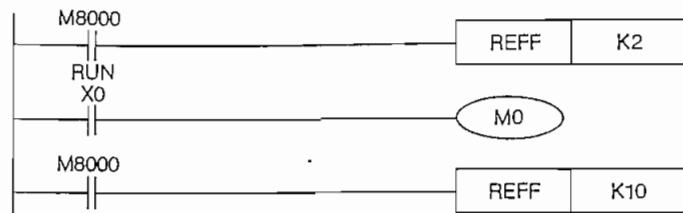
	Suitable for:
FX-24SW-E	FX-16M or FX-24M
FX-32SW-E	FX-32M or FX-32E
FX-48SW-E	FX-48M or FX-48E
FX-64SW-E	FX-64M
FX-80SW-E	FX-80M
FX-RUN-SW-E	All models



A Wide Variety of Useful Features

Filter Adjust

With any general programmable controller, filters against noise and switch bounce cause delays to the input signal of around 0ms. No matter how rapidly the controller can execute an instruction, the resulting response time will be limited by this delay. The FX however, has not only a fast execution speed of $0.74\mu s$ per instruction but also the ability to shorten the input delay by programming.



Entry Code Security

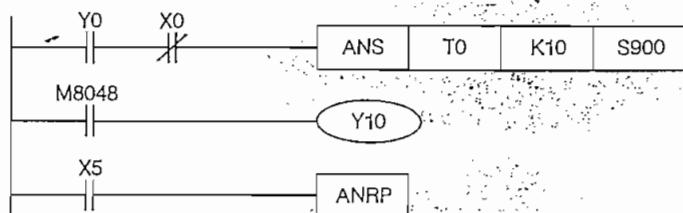
Three Levels of Security

For different applications, different levels of security may be required. In most cases, security is used to prevent accidental changes in the program, but there are occasions where it is necessary to completely lock-out any unauthorized operation. The X entry code system satisfies all these situations.

- A : All Prohibit. No read, write, monitor or test.
- B : Copy Protect. No program reading but monitor and test are possible.
- C : Mistake Prevention. All operations are possible except data change.

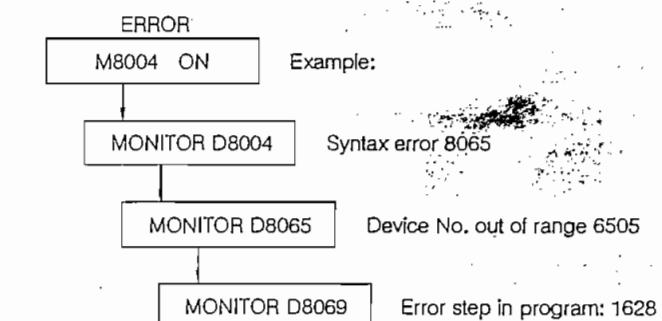
Annunciators

Annunciators are user-programmable alarm states. In the example, alarm state S900 is set when X0 does not activate within 1s after Y0 has been turned on. The merit of this function is that when any of the alarm states is on, special relay M8048 automatically turns on, too. The ANRP function allows acknowledgement and reset.



IPC Diagnostics

Although most programmable controllers have some level of error checking, relatively few have the intelligence to help the user locate the error. The FX PC comes with a monitor system which diagnoses the problem and displays the error group, error element and the error step.



Versatile Power Supply

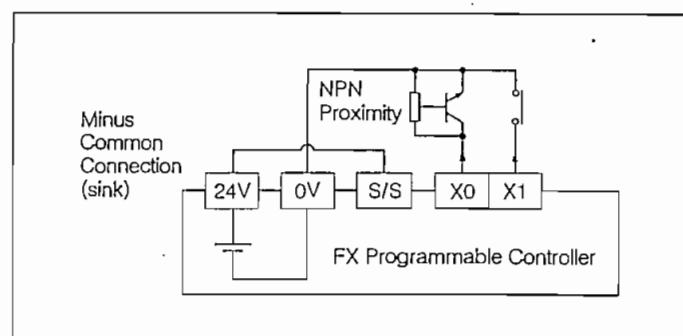
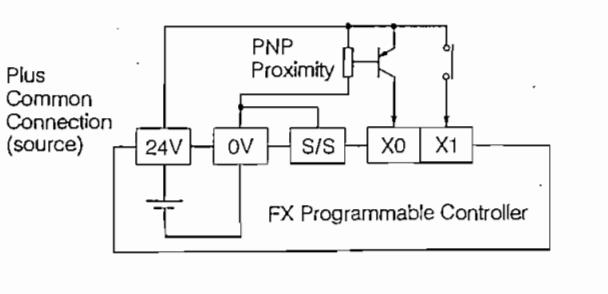
International companies that employ programmable controller-based machines may soon find a need to use them in countries other than their own. One of the main concerns, of course, is power supply, so the FX is designed to accept a wide range of supply voltages to avoid unnecessary extra costs and redesign work.

FX	Supply voltage tolerance
	AC100V to 240V +10%, -15%

Sink/Source Configurable

The input connection method has also been made as flexible as possible. The user may wire for plus common (source) connections for PNP-type proximity switches, or minus common (sink)

connections for NPN-type proximity switches.
The combination of hardware flexibility and software capabilities make the FX a truly international product.

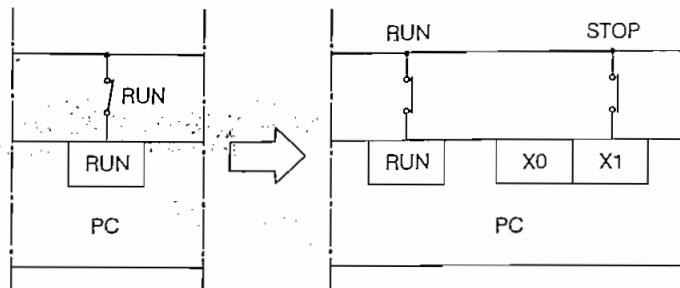
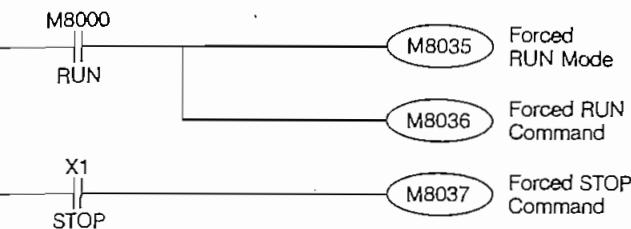


■ Run/Stop Switch Configuration

Some users prefer the use of momentary RUN and STOP switches for controlling the execution mode of the programmable controller.

The advantage of momentary switches is that the machine is considered much safer if it is automatically released from the execution mode whenever a power failure occurs.

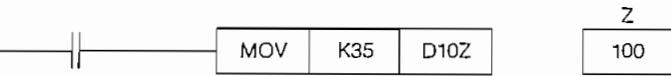
By driving appropriate special relays M8035, M8036 and M8037, such RUN/STOP configuration is possible with the FX.



■ Index Registers V, Z

The FX has two index registers which can be used to change the device number of an operand in an applied function.

Application Example:



Device D10 is changed by the addition of the value in Z.

$$\begin{aligned} D(10 + (Z)) &= D(10 + 100) \\ &= D110 \end{aligned}$$

Therefore K35 → (D110)

V and Z can also be combined to perform in 32-bit operations.

Application Example:

Multi-Counter Setting

To make a counter setting, select a counter number and its setting and press the SET button. Without index registers, a MOV instruction for each counter would be necessary, but since so many counters are involved, this would entail a great deal of programming. The example shows how simple things can be when the index registers are cleverly used.

■ Speed Detect

The SPD instruction counts the number of input pulses within a time specified by the user. Dividing the pulse count by the specified time yields the value of the speed.

This value can be converted into revolutions per minute (rpm) as follows:

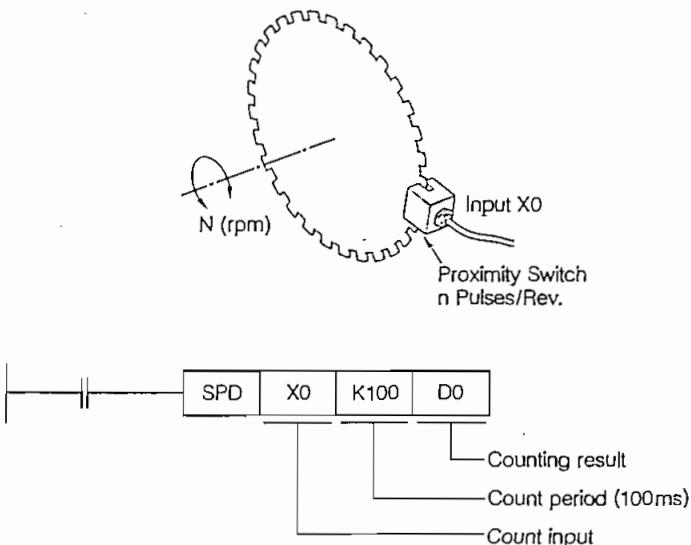
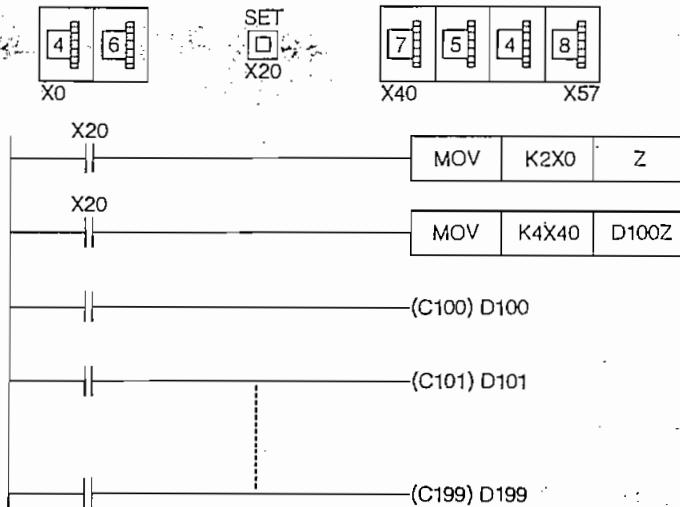
$$\text{Speed } N = \frac{D0}{t} \times \frac{60}{n} \times 10^3 \text{ (rpm)}$$

where:

D0: result from SPD function

t: count period in SPD function

n: no. of pulses per revolution of input encoder or sensor switch.



Applied Functions

GROUP	FNC. No.	MNEMONIC	32 bit-Operation	Pulse Operation	FUNCTION DETAILS
PROGRAM FLOW	00	CJ	—	YES	CONDITIONAL JUMP
	01	CALL	—	YES	SUB-ROUTINE CALL
	02	SRET	—	—	SUB-ROUTINE RETURN
	03	IRET	—	—	INTERRUPT RETURN
	04	EI	—	—	INTERRUPT ENABLE
	05	DI	—	—	INTERRUPT DISABLE
	06	FEND	—	—	FIRST END
	07	WDT	—	YES	WATCHDOG TIMER
	08	FOR	—	—	FOR
	09	NEXT	—	—	NEXT
TRANSFERS AND COMPARES	10	CMP	YES	YES	COMPARE
	11	ZCP	YES	YES	ZONE COMPARE
	12	MOV	YES	YES	MOVE
	13	SMOV	—	YES	SHIFT MOVE
	14	CML	YES	YES	COMPLEMENT
	15	BMOV	—	YES	BLOCK MOVE
	16	FMOV	—	YES	FILL MOVE
	17	XCH	YES	YES	EXCHANGE
	18	BCD	YES	YES	BINARY CODED TO DECIMAL
	19	BIN	YES	YES	BINARY
DATA OPERATION	20	ADD	YES	YES	ADDITION
	21	SUB	YES	YES	SUBTRACTION
	22	MUL	YES	YES	MULTIPLICATION
	23	DIV	YES	YES	DIVISION
	24	INC	YES	YES	INCREMENT
	25	DEC	YES	YES	DECREMENT
	26	WAND	YES	YES	WORD AND
	27	WOR	YES	YES	WORD OR
	28	WXOR	YES	YES	WORD EXCLUSIVE OR
	29	NEG	YES	YES	NEGATION
	30	ROR	YES	YES	ROTATION RIGHT
	31	ROL	YES	YES	ROTATION LEFT
	32	RCR	YES	YES	ROTATION RIGHT WITH CARRY
	33	RCL	YES	YES	ROTATION LEFT WITH CARRY
	34	SFTR	—	YES	SHIFT RIGHT
	35	SFTL	—	YES	SHIFT LEFT
	36	WSFR	—	YES	WORD SHIFT RIGHT
	37	WSFL	—	YES	WORD SHIFT LEFT
	38	SFWR	—	YES	SHIFT REGISTER WRITE
	39	SFRD	—	YES	SHIFT REGISTER READ
	40	ZRST	—	YES	ZONE RESET
	41	DECO	—	YES	DECODE
	42	ENCO	—	YES	ENCODE
	43	SUM	YES	YES	SUM
	44	BON	YES	YES	BIT ON CHECK
	45	MEAN	—	YES	MEAN
	46	ANS	—	—	ANNUNCIATOR SET
	47	ANR	—	YES	ANNUNCIATOR RESET
	48				
	49				

GROUP	FNC. No.	MNEMONIC	32 bit-Operation	Pulse Operation	FUNCTION DETAILS	
HIGH SPEED PROCESSING	50	REF	—	YES	REFRESH	Refresh of input/outputs
	51	REFF	—	YES	REFRESH AND FILTER ADJUST	Adjust of input filter
	52	MTR	—	—	MATRIX	Reading of many switches with limited I/O
	53	HSCS	YES	—	SET BY HIGH SPEED COUNTER	High speed compare and set
	54	HSCR	YES	—	RESET BY HIGH SPEED COUNTER	High speed compare and reset
	55	HSZ	YES	—	ZONE COMPARE FOR H.S.C	High speed zone compare
	56	SPD	—	—	SPEED DETECT	Detection by measuring pulse train
	57	PLSY	YES	—	PULSE Y	High speed pulse output
	58	PWM	—	—	PULSE WIDTH MODULATION	Output for pulse width control
	59					
HANDY INSTRUCTIONS	60	IST	—	—	INITIAL STATE	Additional function to stepladder
	61					
	62	ABSD	—	—	ABSOLUTE DRUM SEQUENCE	CAM switch control (absolute settings)
	63	INCD	—	—	INCREMENTAL DRUM SEQUENCE	CAM switch control (relative settings)
	64	TIMR	—	—	TEACHING TIMER	Timer constant set by teach method
	65	STMR	—	—	SPECIAL TIMER	Various useful timer functions
	66	ALT	—	YES	ALTERNATE	Alternate output state upon I/P pulse
	67	RAMP	—	—	RAMP	Data increments—decrements to desired value
	68	ROTC	—	—	ROTARY TABLE CONTROL	
	69					
EXTERNAL I/O DEVICE ROUTINES	70	TKY	YES	—	TEN KEY	Coding of inputs with numerical values
	71	HKY	YES	—	HEXADECIMAL KEY	Coding of HEX keypad
	72	DSW	—	—	DIGITAL SWITCH	Time-shared digital switch input
	73	SEGD	—	YES	SEVEN SEGMENT DECODER	HEX to 7-segment decoder
	74	SEGL	—	—	SEVEN SEGMENT WITH LATCH	Multiplexed 7-segment output
	75	ARWS	—	—	ARROW SWITCH	Special display/setting control
	76	ASC	—	—	ASCII CODE	ASCII coding
	77	PR	—	—	PRINT	8-bit data/send (strobed)
	78	FROM	YES	YES	FROM	Reading from special blocks
	79	TO	YES	YES	TO	Writing to special blocks
EXTERNAL FUNCTION BLOCK CONTROL	80					
	81	PRUN	YES	YES	PARALLEL RUNNING	FX-40AW/AP
	82					
	83					
	84					
	85	VRRD	—	YES	VARIABLE READ	FX-8AV
	86	VRSC	—	YES	VARIABLE SCALE	FX-8AV
	87					
EXTERNAL F ₂ FUNCTION UNIT CONTROL	88					
	89					
	90	MNET	—	YES	MELSEC NET/MINI	F-16NP/NT-E
	91	ANRD	—	YES	ANALOG READ	F-2-6A-E
	92	ANWR	—	YES	ANALOG WRITE	F-2-6A-E
	93	RMST	—	—	RM-START	F-32RM-E CAM SW unit
	94	RMWR	YES	YES	RM-WRITE	F-32RM-E
	95	RMRD	YES	YES	RM-READ	F-32RM-E
	96	RMMN	—	YES	RM-MONITOR	F-32RM-E
	97	BLK	—	YES	BLOCK	F-30GM-E Positioning pulse unit
	98	MCDE	—	YES	MACHINE CODE	F-30GM-E
	99					

System Status Relays

Special Relays and Registers

Special relays M8000 to M8255 are basically used by the internal processes within the programmable controller. However, in the case of the FX programmable controller, many of these relays can be used by the user to obtain a greater level of control.

Relays provide information on, for example, the status of the

controller in terms of errors or power breaks, and many helpful signals such as pulsing clock relays and RUN/STOP control by special internal relays. Control of constant scan time for program execution is also possible. The examples given below are just a small representative sample of what is available in the whole set.

PC STATUS

RELAY	DETAILS
M8000	RUN relay (normally-open)
M8001	RUN relay (normally-close)
M8002	Initial pulse (normally-open)
M8003	Initial pulse (normally-close)
M8004	Error flag
M8005	Battery low
M8006	Battery low latch
M8007	Power cut detect pulse
M8008	Power break detect
M8009	24V DC power down

REGISTER	DETAILS
D8000	Watchdog timer constant
D8001	PC type & version
D8002	Memory size
D8003	Memory type
D8004	Error M code
D8005	Battery level
D8006	Battery low compare constant
D8007	Power cut count
D8008	Power break detect time constant
D8009	Lowest power down input number

CLOCK

RELAY	DETAILS
M8010	
M8011	10ms clock
M8012	100ms clock
M8013	1s clock
M8014	1 min. clock
M8015	Time setting
M8016	Register data hold
M8017	Minute rounding
M8018	Clock available
M8019	Setting error

REGISTER	DETAILS
D8010	Current scan time
D8011	MIN. scan time
D8012	MAX. scan time
D8013	Seconds
D8014	Minutes
D8015	Hours
D8016	Day
D8017	Month
D8018	Year
D8019	Day of the week

PC MODE

RELAY	DETAILS
M8030	Battery low LED force
M8031	Non-battery backed element
M8002	Battery-backed element
M8033	Image memory keep
M8034	Reset all outputs
M8035	RUN/STOP mode force
M8036	Forced entry to RUN memory
M8037	Forced exit to STOP memory
M8038	
M8039	Constant scan

ERROR DETECT

RELAY	DETAILS
M8060	I/O combination error
M8061	PC hardware error
M8062	PC/PP communication error
M8063	Parallel link error
M8064	Parameter error
M8065	Syntax error
M8066	Ladder error
M8067	Program flow error
M8068	Program flow error latch
M8069	I/O bus check

REGISTER	DETAILS
D8060	Head No. of error I/O group
D8061	Hardware error code
D8062	PC/PP communication error code
D8063	Parallel link error code
D8064	Parameter error code
D8065	Syntax error code
D8066	Ladder error code
D8067	Program flow error code
D8068	Program flow error step
D8069	Error step of errors M8065-7

Specifications

Performance Specifications

Item	Specification		Remark
Operation control method	Cyclic operation by stored program		Performed by dedicated logic control LSI
I/O refresh method	Batch processing method (when END instruction is executed)		Direct I/O instructions and input filter adjust instructions are available
Operation processing time	Basic instruction: $0.74 \mu\text{sec}$.		Applied instruction: several $100 \mu\text{sec}$.
Programming language	Relay symbolic language + Step ladder		SFC expression possible
Program capacity and memory type	2K step RAM incorporated (standard) 4K step EEPROM cassette (optional) 8K step RAM, EEPROM, EPROM cassette (optional)		Comment registration is possible (program memory used) Alphanumerics (15 characters/comment) 10 steps/comment; program memory is reserved in units of 50 comments
Number of instructions	Sequence instruction: 20, Stepladder instruction: 2, Applied instruction: 85		
Input relay	DC input	24V DC, 7mA, isolated by photocoupler	X0 to X177 (octal)
	—	—	
Output relay	Relay	250V AC, 30V DC, 2A/point (resistive load)	Y0 to Y177 (octal) I/O Relay 256 points in total
	SSR	242V AC, 0.3A/point, 0.8A/4 points	
	Transistor	30V DC, 0.5A/point, 0.8A/4 points	
Auxiliary relay	General use	—	Areas can be changed by changing parameter setting
	Latch	Backed up by battery	
	Special purpose	—	M8000 to M8255 (256 points)
State	Initial use	Can be used for initial state	S0 to S9 (10 points)
	General use	—	S10 to S499 (490 points)
	Latch	Backed up by battery	S500 to S899 (400 points)
	Annunciator	Backed up by battery	S900 to S999 (100 points)
Timer	100 msec.	0.1 to 3,276.7 sec.	T0 to T199 (200 points)
	10 msec.	0.01 to 32.767 sec.	T200 to T245 (46 points)
	1 msec. (retentive)	0.001 to 32.767 sec.	T246 to T249 (4 points)
	100 msec. (retentive)	0.1 to 3,276.7 sec.	T250 to T255 (6 points)
Counter	Up counter	16 bits 1 to 32,767 counts	General use C0 to C99 (100 points) Backed up by battery C100 to C199 (100 points)
	Up/down counter	32 bits -2,147,483,648 to 2,147,483,647	General use C200 to C219 (20 points) Backed up by battery C220 to C234 (15 points)
	High-speed counter	32 bits up/down	Backed up by battery 6 points in C235 to C255 (If 1-phase count)
Register	General-purpose data register	16 bits Pair for 32-bit data	General use D0 to D199 (200 points) Backed up by battery D200 to D511 (312 points)
	Special register	16 bits	D8000 to D8255 (256 points)
	Index	16 bits	V, Z (2 points)
	File	16 bits (in program memory)	Backed up by battery D1000 to D2999, Max. 2000 points, set by parameter
Pointer	For JUMP/CALL	—	P0 to P63 (64 points)
	Interrupt	Input interrupt using X0 to X5, and timer interrupt	I0□□ to I8□□ (9 points)
Nestling	For master control	—	N0 to N7 (8 points)
Constant	Decimal (K)	16 bits: -32,768 to 32,767.	32 bits: -2,147,483,648 to 2,147,483,647
	Hexadecimal (H)	16 bits: 0 to FFFFH.	32 bits: 0 to FFFFFFFFH

General Specifications

Operating Ambient Temperature	0 to 55°C
Operating Ambient Humidity	35 to 85% RH, no condensation.
Vibration Resistance	Conforms to JIS 0911. 10 to 55Hz 0.5mm (0.02 in) (Max. 2G) 2 hours in each of 3 axis directions.
Shock Resistance	Conforms to JIS 0912 (10G 3 times in 3 directions (0.5G on DIN rail)).
Noise Durability	By noise simulator of 1000 Vpp noise voltage, 1μs noise width at 30 to 100Hz.
Dielectric Withstand Voltage	1500V AC for 1 minute.
Insulation Resistance	500V DC, at least 5MΩ when measured with a megger.
Ground	Between all terminals and ground.
Operating Ambience	To be free from corrosive gases. Dust should be minimal.

Input Specifications

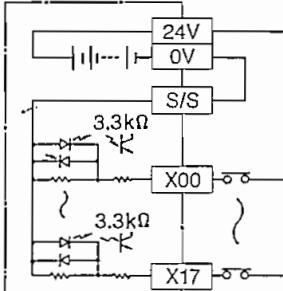
Input Voltage	24V DC
Input Current	7mA
Isolation	Photocoupler
Response Time	Approx. 10ms*

*Inputs X0 to X7 can be adjusted to give a 0-60ms response by program instruction.

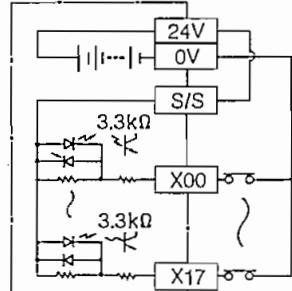
AC Input Specifications

Input Voltage	AC 100—120V +10%, -15% 50/60Hz
Input Impedance	Approx. 18kΩ/60Hz, 21kΩ/50Hz
Input Current	6.2mA/AC 110V 60Hz, 4.7mA/AC 100V 50Hz
Response Time	Approx. 25ms

Source Connection



Sink Connection



Output Specifications

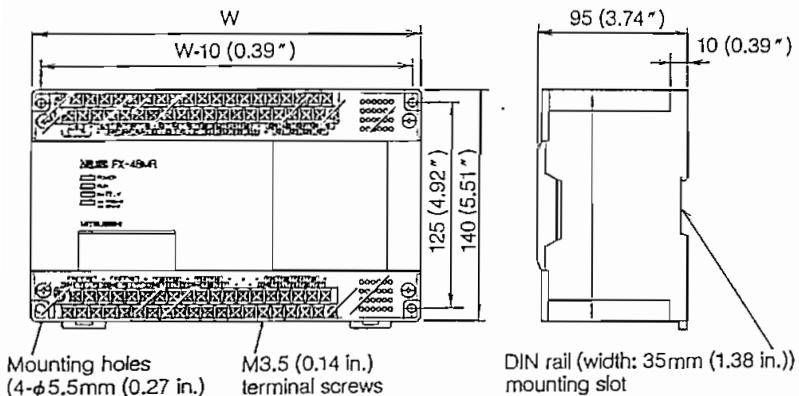
	RELAY OUTPUT	SSR (TRIAC) OUTPUT	TRANSISTOR OUTPUT
Resistive Load	2A/pl. 8A/4 pts.	0.3A/pl. 0.8A/4 pts.	0.5A/pl. 0.8A/4 pts.
Load Voltage	250V AC 30V DC (surge diode req.)	85V to 242V AC	5V to 30V DC
Other Loads	80VA (inductive) 100W (lamp)	15VA/100V AC 36VA/240V AC	12W/24V AC 1.5W (lamp)
Leakage Current	—	1mA/100V AC 2.4mA/240V AC	0.1mA or less
Response Time	Approx. 10ms	ON: 1ms OFF: 10ms	0.2ms or less
Isolation	Mechanical	Photocoupler	Photocoupler
Circuit	<p>The diagram shows a PC connection to a common COM1 terminal. Four parallel branches connect COM1 to ground through relays labeled Y00, Y01, Y02, and Y03 respectively. The outputs are connected in parallel to provide four output terminals labeled Y00, Y01, Y02, and Y03.</p>	<p>The diagram shows a PC connection to a common COM1 terminal. Four parallel branches connect COM1 to ground through optoisolators and triacs. The outputs are connected in parallel to provide four output terminals labeled Y00, Y01, Y02, and Y03.</p>	<p>The diagram shows a PC connection to a common +V0 terminal. Four parallel branches connect +V0 to ground through transistors and optoisolators. The outputs are connected in parallel to provide four output terminals labeled Y00, Y01, Y02, and Y03.</p>

Power Specifications

	FX-16M	FX-24M	FX-32M, FX-32E	FX-48M, FX-48E	FX-64M	FX-80M
Supply Voltage	100V to 240V +10%, -15% AC50/60Hz 10ms power break reset.					
Supply Voltage (DC Powered Units)	24V DC ±8V 5ms power break reset.					
Power Consumption	30VA	35VA	40VA	50VA	60VA	70VA
Power Consumption (DC Powered Units)	—	30W	—	—	50W	—
Built-in 24V DC (Without Extension Blocks)	250mA			460mA		

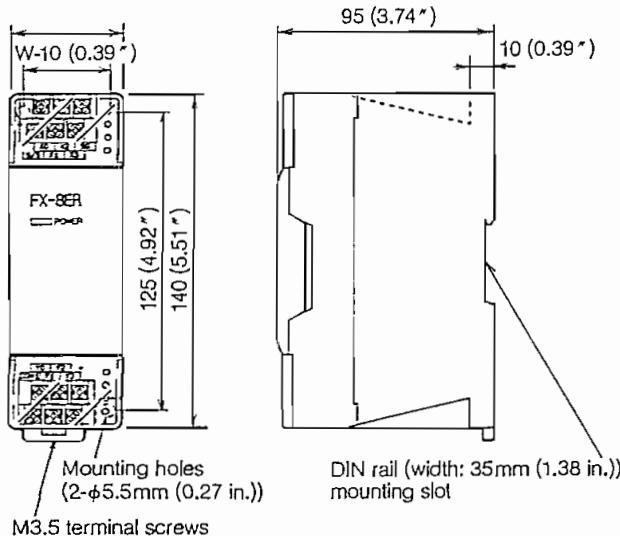
Dimensions

■ BASE AND EXTENSION UNITS



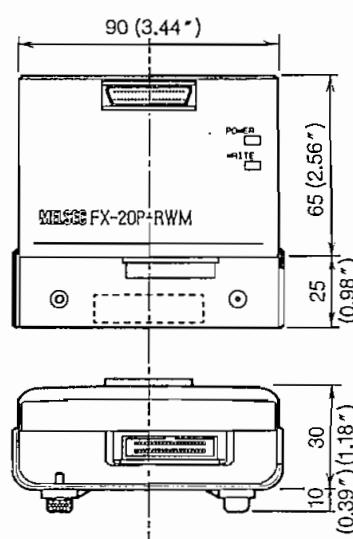
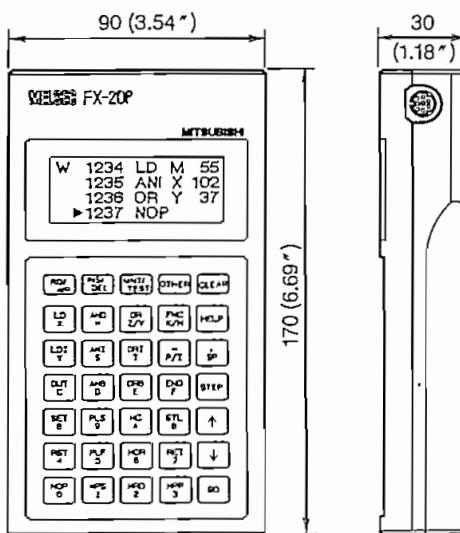
Model	W (mm (in.))	Weight (kg (lb.))
FX-16M	150 (5.91)	1.0 (2.2)
FX-24M		1.3 (2.86)
FX-32M	160 (6.30)	
FX-32E		1.5 (3.3)
FX-48M	230 (9.06)	
FX-48E		2.0 (4.4)
FX-64M	270 (10.63)	
FX-80M	330 (12.99)	
FX-80M		2.5 (5.5)
FX-80M		3.0 (6.6)

■ EXTENSION BLOCKS



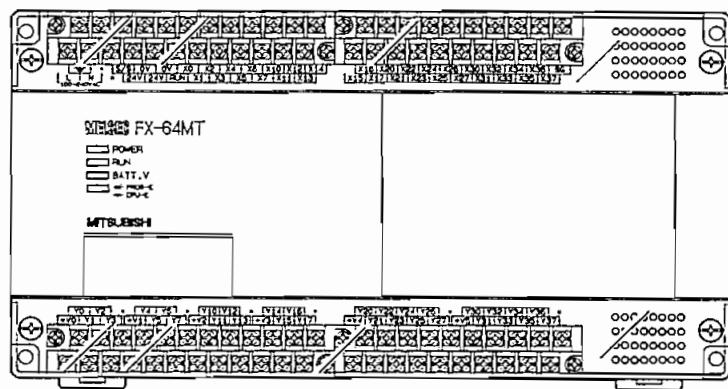
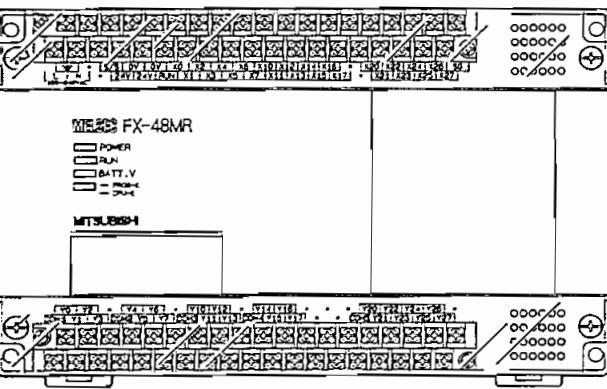
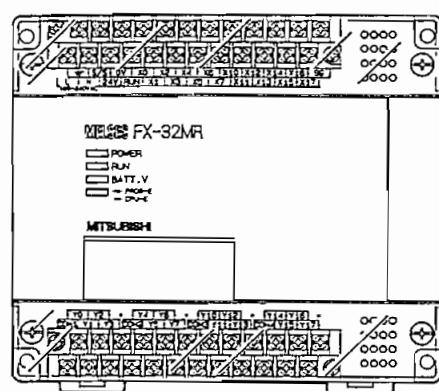
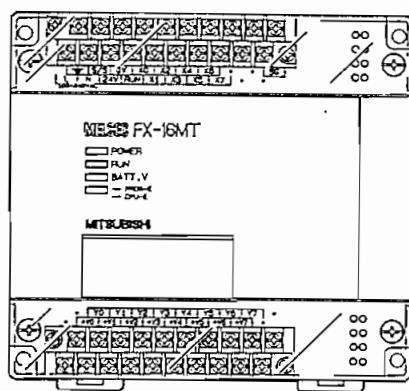
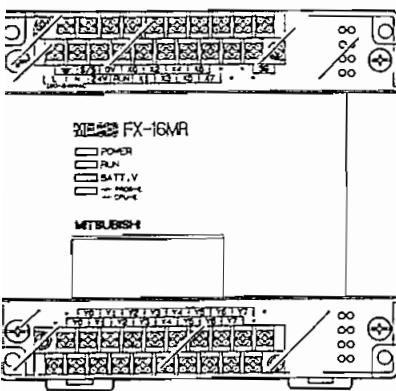
Model	W (mm (in.))	Weight (kg (lb.))
FX-8E, FX-8EX, FX-8EY	45 (1.77)	0.3 (0.66)
FX-16EX, FX-16EY	73 (2.87)	0.5 (1.1)
FX-24EI	45 (1.77)	0.3 (0.66)
FX-232AW	45 (1.77)	0.3 (0.66)
FX-40AP, FX-40AW	45 (1.77)	0.3 (0.66)
FX-8AV	45 (1.77)	0.3 (0.66)

■ HANDY PROGRAMMING PANEL FX-20P-E

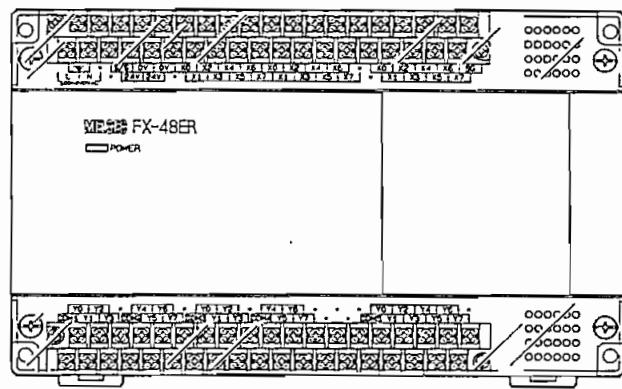
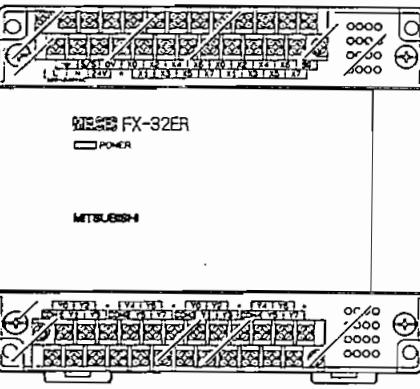


Terminal Layouts

■ BASE UNITS

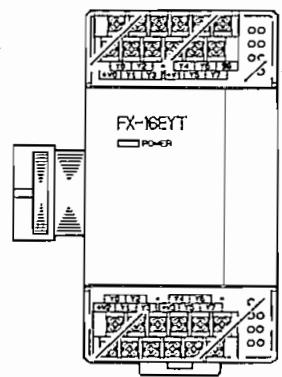
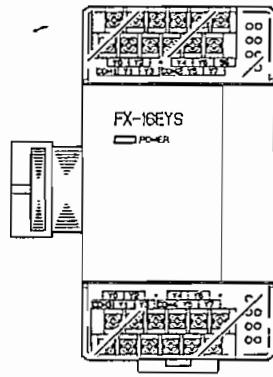
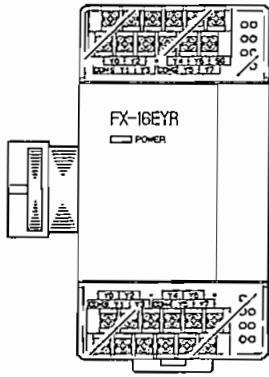
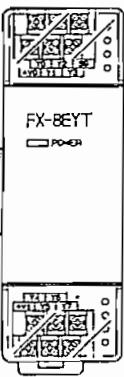
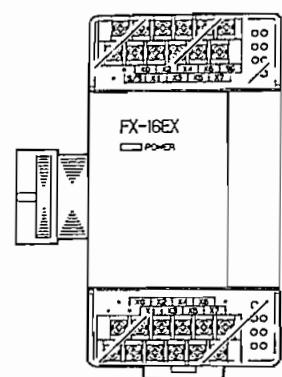
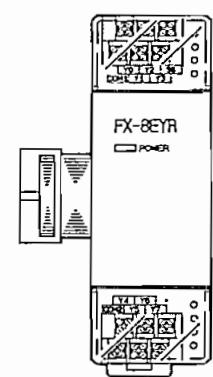
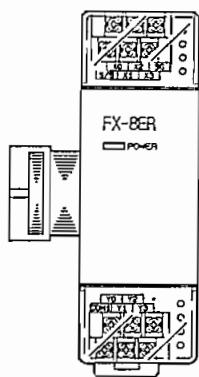
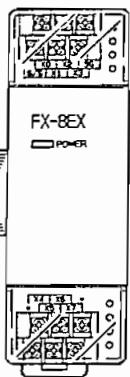


■ EXTENSION UNITS

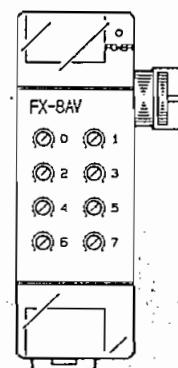
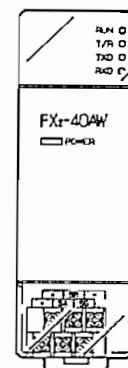
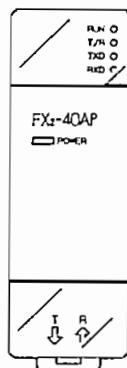
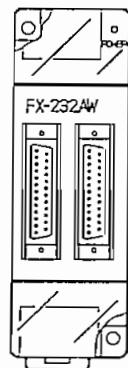
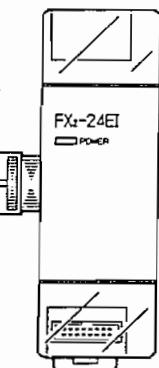


AC Input Models: The 0V, 24V and S/S terminals are not present on these models. Instead COM terminals are provided for input connections.

■ EXTENSION BLOCKS



■ SPECIAL BLOCKS AND ADAPTORS



Glossary

Certain specialized terms in this catalog have been used without much explanation. The following brief explanations are designed to provide a general idea of what is involved.

Please note that although many of these terms may be in common use, their meaning and usage are only explained in the manner used by Mitsubishi Electric.

Basic Instruction

This is an instruction within the most simple set of instructions used to describe the basic ladder diagram. Examples are LD, AND and OUT. The FX has two other sets: Stepladder and Applied Instructions.

Battery-Backed

Data on internal devices such as internal relays, timers and data registers are stored in the programmable controller's RAM. When power is lost, their status and other data are lost unless they are designated as battery-backed.

In the FX many devices are already in the battery-backed status and will allow the creation of auto-recovery routines on the restoration of power. There is also a special parameter feature which allows the user to select the range of devices that are to be battery-backed.

Binary Coded Decimal (BCD)

A method whereby decimal digits are converted into binary so that they can be input to and output from the binary-oriented modern microprocessor programmable controller.

Each decimal digit is represented individually by 4 binary bits. This means BCD input thumbwheel switches require 4 inputs per digit. The same holds for digital display units, which require 4 outputs to drive each decimal digit.

Cycle Time/Scan Time

This is the time required by the programmable controller to complete one cycle of program execution. Since most controllers read the inputs and update the outputs only at the beginning and end of each cycle, this time provides an indication of the response time.

The time depends on the size of the program and the type of instruction used. The FX has a cycle time of approximately $740\mu s$ for 1K (1000) steps of basic instructions.

Digital Filters

Digital filters are created by software to replace the hardware filter of the input circuit. They are required to remove any undesirable switching noises produced by mechanical switches; they also reduce the response time.

Unlike hardware filters, the digital filters of the FX are adjustable by programming, thus allowing an efficient balance to be obtained.

EEPROM

Electrically Erasable Programmable Read Only Memory (EEPROM) can be directly read/written to by the FX controller without the need for any additional equipment.

EEPROM retains its content without a power supply, but suffers from the disadvantage that its service life limits the number of times it can be written to. For this reason, even though it is readily readable and writable, programs are normally written to EEPROM in batches after they have been created in RAM.

EPROM

Erasable Programmable Read Only Memory (EPROM) retains its contents without a power supply. As its name suggests, it is basically read only memory, but its contents can be erased using an ultra-violet light eraser, then rewritten by a ROM writer.

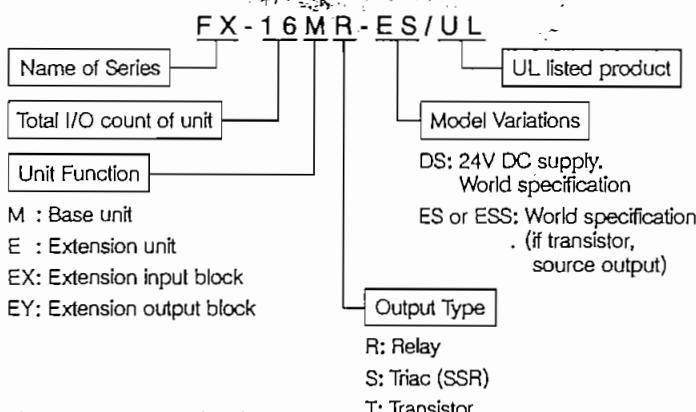
The FX-20P-RWM ROM writer can be used to write data to the FX's EPROM cassettes once the old contents have been erased by an ultra-violet eraser.

EPROMs are designed to provide safe non-volatile program memory to hold programs, comments and file register data. Most programmers use RAM for programming because it offers easier reading and writing. On completion, the final version can be safely written to the FX's EPROM cassette and used to run the controller with assurance.

Model Name

The product name indicates the various specifications that the FX programmable controller may have. Once understood, it can eliminate many unnecessary errors:

General Format



Note: Exceptions to the above exist.

The world specification indicates the controller allows sink or source connections to its inputs. Unless otherwise specified, the unit accepts worldwide AC power voltages of 100 to 240V +10%, -15%.

On-line/Off-line (programming)

With off-line programming, programs and other data are created by the programmer in isolation from the controller. These must then be transferred to the controller before they can be executed. The advantage is that programs can be prepared in advance in an office environment.

In the FX's on-line programming mode, any alterations to data are written directly to the FX, thereby removing the need for data transfers.

Both the FX-20P-E hand-held programmer and the MEDOC software package allow on-line and off-line programming.

1-Phase/2-Phase High Speed Counters

1-phase counters use one count input only and the count direction is determined by a secondary input or internally controlled by setting special relays in the controller.

2-phase counters use two count inputs, often called phase A and B, which are either $+90^\circ$ or -90° out of phase with each other. The direction of the count can be determined by the phase difference. The advantage is that since both of these signals are derived at high speed from the same encoder, forward and backward movements can be detected automatically.

Opto-isolation

Such isolation can be found at the inputs and outputs of the FX programmable controller. Isolation is effected by photocouplers which prevent electrical current from flowing from one side of a circuit to another, even in the event of a failure in the device. They therefore offer protection by ensuring that a short circuit error in an input does not damage other inputs or outputs.

Output Type (Relay, Transistor, Triac)

A programmable controller may require different types of outputs for different types of loads. Incorrect usage may lead to a shortening of the life of the output device or immediate damage to the output of the controller.

Relay Output

The relay is a general purpose output device which allows AC or DC loads to be used and can tolerate a wide range of voltages.

The problem is that the relay is essentially a mechanical device which suffers from response delays and chattering noises. It also has a limited life which degrades according to frequency of usage and the electrical rating of the load.

Transistor Output

The transistor is used to drive DC loads only. The maximum load voltage in the case of the FX is 30V. While the FX's transistors offer a more limited range of load ratings than the relay, they have the advantage of a very long life and a fast response.

Triac (SSR) Output

The triac is used to drive AC loads only. In the case of the FX, the maximum load voltage range is relatively wide, extending from 85V to 242V. The triac's current rating is slightly lower than that of the relay, but it has the advantage of a very long life.

Program Memory

The programmable controller controls its outputs according to its inputs in the manner described in its ladder circuit. The ladder circuit is the program and must be created or transferred to the controller. The program is stored in the program memory.

Normally, the program memory is inside the FX base unit with a capacity of 2K steps (2000). Optional cassettes can be mounted on the FX to give it more capacity or maintenance-free features.

RAM

Random Access Memory (RAM) can be directly read and written to by the processor of the controller. It is volatile in the sense that its contents are lost when power is removed, so a backup battery is normally used to preserve its contents when the external power supply is cut off.

In the FX, RAM is used to store programs, information on the status of devices like timers and relay contacts, and comments. In addition to the 2K steps of internal memory provided as standard, an 8K step RAM memory cassette is available as an option to expand the FX's memory capacity to 8K steps.

Refresh (of inputs and outputs)

A term used to describe the processes of the reading of inputs and the setting or resetting of outputs. Input refresh occurs at the beginning and output refresh occurs at the end of the program execution cycle.

These are automatic processes performed by the system of the controller. Additional refreshes within the program cycle to create a faster response are programmable by the user with the FX.

Routine/Subroutine

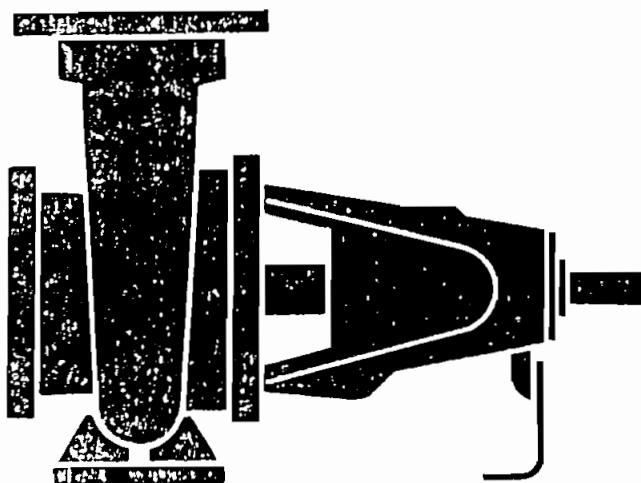
A section of a program which performs a definable job can be regarded as a routine. When such a job has to be executed many times in the program, the FX allows it to be programmed only once as a subroutine which can then be initiated whenever a CALL instruction is encountered.

Time Sharing

Time sharing is a technique in which the same lines are used to drive different devices over a time allocation. This technique is particularly effective in the input and output of numerical data using the binary coded decimal format. The FX has many applied instructions which simplify the application of this technique.

Since each digit uses 4 points of inputs or outputs, a huge number of inputs and outputs are unjustifiably devoted to the mere job of numerical input and output. With time sharing, only 4 common input or output points are used to pass data to thumb-wheel switches or digital display units. Additional select signals and latch circuitry are required, however, but they can sometimes offer the economical solution required.

Bombas Centrífugas
HALBERG NOWA



BOMBAS SIHI-HALBERG S.A.

COLUMBIA ECUADOR S. C.

A.DA. EL INCA No. 2764

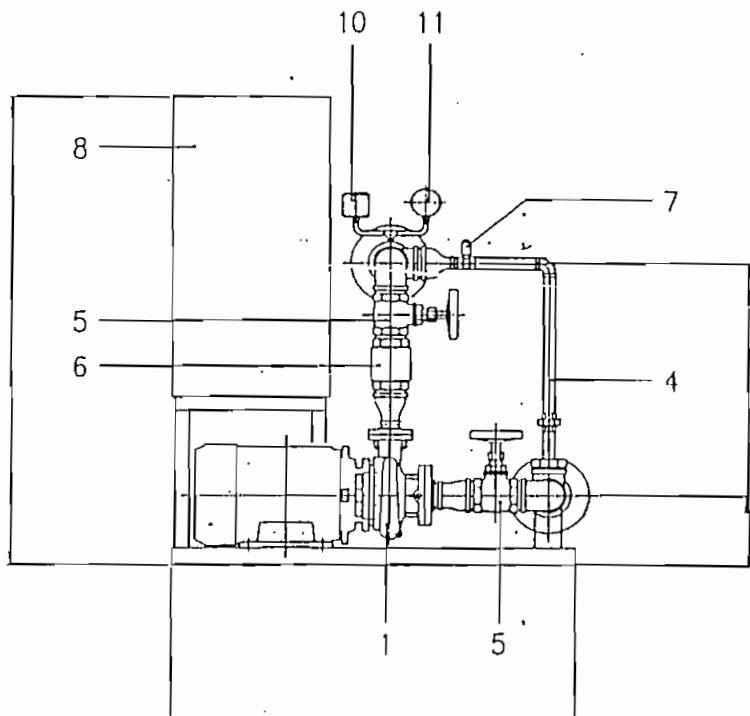
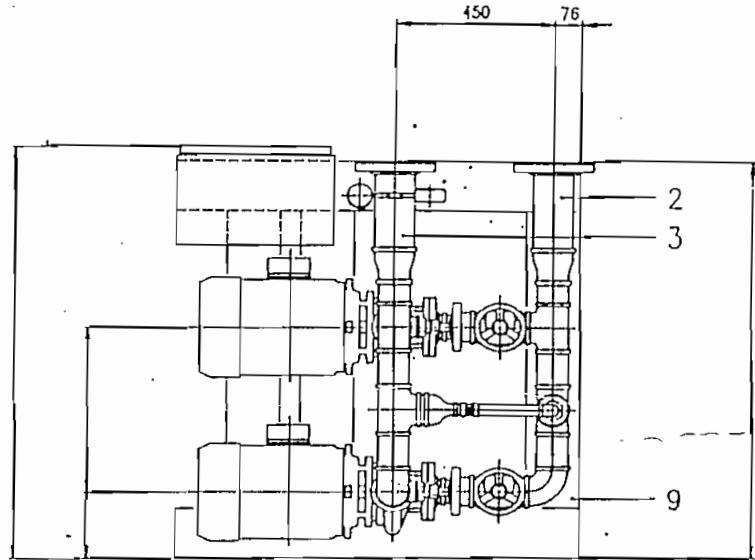
TELEFONOS: 447211 - 447105

FAX.: 5932 442917

442916

Santa Fe de Bogotá, D.C. - Colombia

COLUMBIA ECUADOR
REPRESENTANTES
A.DA. EL INCA N° 2763
TELEFS. : 447211 - 447105
442917
FAX 442916



Nota: las bombas ofertadas son tipo eje libre,
las indicadas en este diagrama son
tipo monoblock

Pos.	DESCRIPCION	CANT
11	Manómetro 0 - 150 psi	1
10	Sensor - Transductor de presión	1
9	Cáscara del equipo en acero estructural	1
8	Tablero de control (Variador electrónico de velocidad)	1
7	Válvula solenoide H.C. #1" - 150 psi	1
6	Válvula de cheque #3" - 150 psi	1
5	Válvula de corriente #3" - 150 psi	1
4	Línea de by-pass #1"	1
3	Línea de descarga #4"	1
2	Línea de succión #4"	1
1	Bomba HALBERG NOVA 4026 + 34 Hp - 3600 rpm	2

BOMBA HALBERG NOVA 4026 + 34 Hp - 3600 rpm	
EQUIPO DE PRESIÓN CONSTANTE	
2 = NOVA 4026 + 34 Hp 3600 rpm	

Vol. m³/h	Vol. gal/min
Pres. bar	Pres. psi
Altura m	Altura ft
Diam. mm	Diam. in.
Material	Material
Imp. Volum.	Imp. Volum.
%	%
20.000 (0.1)-9'	

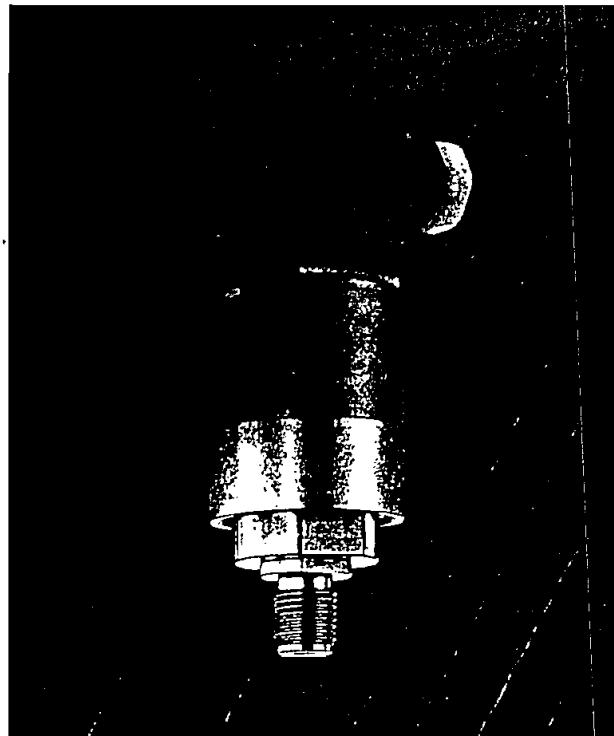
Pressure Sensors with Ceramic Element

- for relative pressure measurement -

SIKA®
founded 1901
Dr. Siebert & Kühn GmbH & Co. KG

Series DSK ...

- Reasonably priced
- Linearity $<\pm 0.5\%$ of full scale value
- 2-fold overpressure-safe
- High temperature resistance
- No mechanical ageing or creepage
- No filling liquid necessary



Functional description

The series DSK pressure sensors are precise, temperature-stable but not nonetheless reasonably priced units for measuring pressure in liquids and gases.

A new type of ceramic sensor forms the core of these units.

It consists of a thin aluminium oxide diaphragm, on the rear side of which thick-film resistors are fitted in a Wheatstone bridge circuit.

For stabilisation purpose, this diaphragm is connected to a thick aluminium oxide baseplate and is mounted in an appropriate casing with threaded connections.

If the diaphragm is subjected to pressure, it bends slightly, thereby changing the resistance of the thick-film resistors.

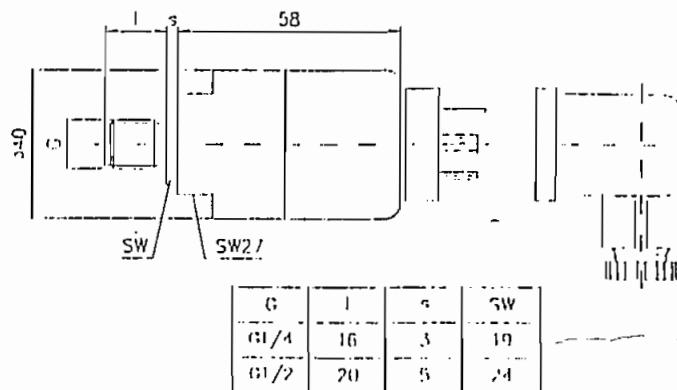
The downstream electronic converts the resistance into an analog signal.

Areas of application

- Refrigeration technology
- Mechanical engineering
- Process engineering
- Hydraulics

Technical Data:

Accuracy:	< 10.5% FS
Linearity:	< 10.5% FS
Hysteresis:	< 10.5% FS
Influence of temperature:	
Zero point:	< ± 0.04% FS/K
Sensitivity:	< ± 0.015% FS/K typ.
Response time:	< 5 msec
Allowable medium temperature:	-15°C ... +80°C
Allowable ambient temperature:	-15°C ... +80°C
Overpressure safety device:	2-fold full scale value
Filling position:	any
Connection:	G 1/4, G 1/2 male thread
Protection:	IP 65



Electrical Data:

Supply:	output 0-10 V : 18 - 33 V DC, 3-wire output 0-20 mA : 18-33 V DC, 3-wire output 4-20 mA : 11-33 V DC, 2-wire
Connection:	sparkplug DIN 43650
Output:	0-20 mA, 4-20 mA, 0-10 V
Load:	output 0-10 V : >10 kΩ output 0-20 mA : < 500 Ω output 4-20 mA : ≤ (Ub-11V)/0.02 A

Material:

Housing:	aluminum, anodised
Metering element:	ceramics
Packing:	Viton, EPDM or NBR
Connection:	stainless steel (mat.-no.: 1.4305)

Ordering code =

Type + Measuring range no.

Connection	Packing	Output	Type
G 1/4 male thread	Viton	0 - 20 mA	DSK 330 A1H
		4 - 20 mA	DSK 331 A1H
		0 - 10 V	DSK 332 A1H
	EPDM	0 - 20 mA	DSK 530 A1H
		4 - 20 mA	DSK 531 A1H
		0 - 10 V	DSK 532 A1H
G 1/2 male thread	NBR	0 - 20 mA	DSK 430 A1H
		4 - 20 mA	DSK 431 A1H
		0 - 10 V	DSK 432 A1H
	Viton	0 - 20 mA	DSK 330 A3H
		4 - 20 mA	DSK 331 A3H
		0 - 10 V	DSK 332 A3H
	EPDM	0 - 20 mA	DSK 530 A3H
		4 - 20 mA	DSK 531 A3H
		0 - 10 V	DSK 532 A3H
	NBR	0 - 20 mA	DSK 430 A3H
		4 - 20 mA	DSK 431 A3H
		0 - 10 V	DSK 432 A3H

Measuring range no.	Measuring range (bar)
315	-1...0
505	-1...+0.6
515	-1...+1.5
525	-1...+3
535	-1...+5
545	-1...+9
025	0...+1
035	0...+1.6
045	0...+2.5
055	0...+4
065	0...+6
075	0...+10
085	0...+16
095	0...+25
105	0...+40

Dr. Siebert & Kühn
GmbH & Co KG

...measurement...control

Tel.: national 05605/803-0
Internal, +49+ 5605/803-0
Fax: national 05605/80354/60
Internal, +49+ 5605/80354/60
Telex: 99717 sika d
Strullweg 7-9, 34260 Kaulungen

SIKA

P.O. Box 1113 34254 Kaulungen
Federal Republic of Germany

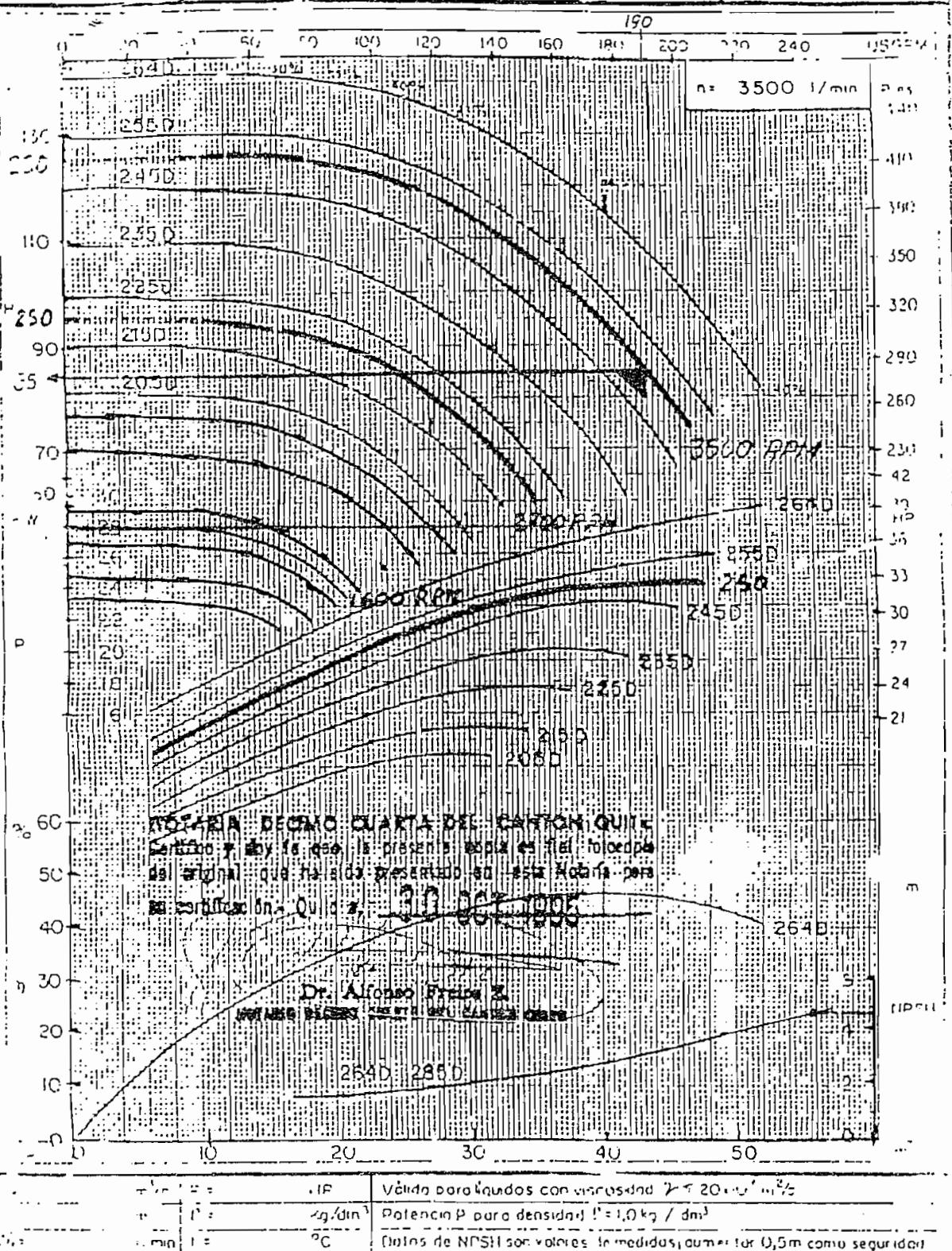
Subject to technical modification

BOMBAS CENTRIFUGAS HALBERG TIPO NOWA
CURVAS CARACTERISTICAS

Foto NOWA 4131

HALPERG

Edición OCT 1977



Fecha:	Cliente:	Oferio - Contrato:	Nº:
--------	----------	--------------------	-----

