

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

SELECCIÓN DEL CONTROL DE MOTORES DE INDUCCIÓN DE CORRIENTE ALTERNA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

BEATRIZ DE LOURDES VALENCIA CACERES

DIRECTOR: ING. MILTON TOAPANTA

Quito, Febrero 2002

DECLARACIÓN

Yo Beatriz de Lourdes Valencia Cáceres, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Beatriz Valencia Cáceres

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Beatriz de Lourdes Valencia Cáceres, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Toapanta', written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Ing. Milton Toapanta
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Politécnica Nacional y a mis Profesores por brindarme los conocimientos que me han permitido desarrollarme como buena profesional.

Al Ing. Milton Toapanta por el apoyo y las facilidades prestadas en la elaboración y culminación de este documento.

A mis amigos y compañeros por su apoyo incondicional para la culminación de este trabajo.

Beatriz

DEDICATORIA

A mis hijos Daniel y Pablo

A la memoria de mi padre, hombre luchador y soñador que me guió por el camino del amor y la justicia

A mi madre, fuente de fortaleza y de amor por la vida

Beatriz

CONTENIDO

CONTENIDO.....	1
INTRODUCCIÓN.....	5
OBJETIVO.....	5
ALCANCE.....	6

CAPITULO 1

EL MOTOR DE INDUCCIÓN DE CORRIENTE ALTERNA.....	7
1.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	7
1.2 CIRCUITO EQUIVALENTE.....	9
1.3 CARACTERISTICAS DE OPERACIÓN.....	13
1.4 COMPONENTES DE LOS MOTORES.....	20
1.5 ESTANDARES BÁSICOS.....	22
1.6 DATOS DE PLACA DE FABRICA.....	25
• VOLTAJE NOMINAL Y CORRIENTE A PLENA CARGA.....	25
• FRECUENCIA NOMINAL.....	25
• NÚMERO DE FASES.....	26
• VELOCIDAD NOMINAL A PLENA CARGA.....	26
• CLASE DE AISLAMIENTO Y TEMPERATURA AMBIENTE NOMINAL.....	27
• CLASE DE SERVICIO.....	28
• POTENCIA NOMINAL.....	28
• POTENCIA Y TORQUE.....	29
• LETRA-CODIGO DE ROTOR BLOQUEADO.....	30
• DATOS ADICIONALES DEL MOTOR.....	32
• FACTOR DE SERVICIO.....	32
• EFICIENCIA.....	33
• TAMAÑO DE LA CARCASA.....	34

CAPITULO 2

ARRANQUE DE MOTORES DE INDUCCIÓN.....	36
2.1 GENERALIDADES.....	36
2.2 ARRANQUE DIRECTO.....	39
• CURVAS CARACTERÍSTICAS.....	40
• VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	40
• APLICACIONES.....	40
• DIAGRAMA Y DIMENSIONAMIENTO.....	41
2.3 ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO.....	42
• CURVAS CARACTERÍSTICAS.....	44
• CONEXIÓN Y PROCESO DE CONMUTACIÓN.....	44
• VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	46
• APLICACIONES.....	46
• DIAGRAMA Y DIMENSIONAMIENTO.....	46
2.4 ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR.....	48
• CURVAS CARACTERÍSTICAS.....	49
• VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	49
• APLICACIONES.....	50
• DIAGRAMA Y DIMENSIONAMIENTO.....	50
2.5 ARRANQUE POR REACTANCIAS.....	52
• CURVAS CARACTERÍSTICAS.....	53
• DIAGRAMA Y DIMENSIONAMIENTO.....	54
• VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	55
• APLICACIONES.....	55
2.6 ARRANQUE POR RESISTENCIAS.....	55
• CARACTERÍSTICAS DE ARRANQUE.....	56
• VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	57
2.7 ARRANQUE DE ESTADO SÓLIDO.....	58
• RAMPA DE VOLTAJE.....	59

• RAMPA DE CORRIENTE.....	60
• APLICACIONES.....	61
• VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	62

CAPITULO 3

CONTROL DE VELOCIDAD Y FRENADO DE MOTORES DE

INDUCCIÓN.....	63
3.1 METODOS DE CONTROL DE VELOCIDAD.....	63
3.1.1 CONTROL DE LA VELOCIDAD POR EL CAMBIO DEL NÚMERO DE POLOS.....	64
- METODO DE POLOS CONSECUTIVOS.....	64
- ESTATOR CON DEVANADOS MÚLTIPLES.....	67
3.1.2 CONTROL DE LA VELOCIDAD POR EL CAMBIO DE LA FRECUENCIA APLICADA AL ESTATOR.....	67
3.1.3 VARIACION DEL DESLIZAMIENTO.....	69
- CONTROL DEL VOLTAJE DEL ESTATOR.....	69
- CONTROL DEL VOLTAJE DEL ROTOR.....	70
3.1.4 CONTROL DE VOLTAJE Y FRECUENCIA.....	72
3.1.5 CONTROL DE CORRIENTE.....	74
3.1.6 CONTROL DE VOLTAJE , CORRIENTE Y FRECUENCIA.....	76
3.2 METODOS DE FRENADO.....	79
3.2.1 FRENADO POR CONTRACORRIENTE.....	80
3.2.2 FRENADO POR INYECCIÓN DE CORRIENTE CONTÍNUA.....	82
3.2.3 FRENADO COMO GENERADOR ASÍNCRONO.....	84

CAPITULO 4

APLICACIÓN, SELECCIÓN Y EJEMPLO.....	86
4.1 APLICACIÓN.....	86

4.1.1	REQUERIMIENTOS RELACIONADES CON LA LOCALIZACIÓN Y EL MEDIO AMBIENTE.....	87
-	CONSIDERACIONES RELATIVAS AL LUGAR DE TRABAJO.....	87
-	CONSIDERACIONES RELATIVAS AL MEDIO AMBIENTE.....	92
4.1.2	REQUERIMIENTOS RELACIONADOS CON EL FUNCIONAMIENTO, ARRANQUE, CONTROL DE VELOCIDAD Y FRENADO.....	95
-	CONSIDERACIONES RELATIVAS AL TIPO DE CARGA.....	96
-	CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA POSICIÓN DE MONTAJE Y ACOPLAMIENTO DE LA CARGA.....	98
-	CONSIDERACIONES RELATIVAS AL TIPO DE SERVICIO.....	100
4.2	SELECCIÓN.....	107
4.2.1	SELECCIÓN DEL MOTOR	107
4.2.2	SELECCIÓN DEL TIPO DE ARRANQUE Y CONTROL PARA MOTORES DE INDUCCIÓN.....	109
4.3	EJEMPLO DE APLICACIÓN.....	114

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	CONCLUSIONES.....	119
5.2	RECOMENDACIONES.....	121
	BIBLIOGRAFÍA	122
	ANEXOS.....	124

INTRODUCCION

Es difícil imaginar un mundo sin motores eléctricos, las aplicaciones son muy diversas, su utilización ha solucionado muchos problemas.

El empleo de motores de corriente alterna, es indispensable en todo proceso industrial, en muchos procesos artesanales y aún en uso doméstico. Toda acción que implique movimiento es ejecutada por un motor y en casi la generalidad el motor es de tipo de inducción de corriente alterna.

El uso común, de los motores de inducción obligan a los técnicos y usuarios a optimizar la aplicación de los mismos. Siendo de especial interés minimizar en lo posible los problemas derivados del arranque, variación de velocidad y frenado de los motores.

Existen varias alternativas de control de los parámetros antes citados, debiendo para cada caso de utilización elegirse el equipo más adecuado, pues una incorrecta elección del mismo implicaría el mal funcionamiento de los motores, el daño o pérdida de los mismos o el gasto innecesario de recursos económicos en la instalación en la cual se usarán los motores.

Actualmente la automatización de los procesos productivos exige velocidad variable en sus aplicaciones y su uso se ha generalizado en todos los sectores de la industria y es la solución que permite el control de un proceso con el gasto mínimo de energía.

OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es:

- Conocer las características de funcionamiento de los motores de inducción de corriente alterna tanto en régimen normal, como durante los procesos de arranque, variación de velocidad y frenado.

- Conocer las características técnicas y campo de aplicación de los diferentes métodos de arranque tanto electromecánicos como electrónicos de los motores de inducción de corriente alterna.
- Conocer los métodos de variación de velocidad y frenado de los motores de inducción.
- Adicionalmente proponer una metodología práctica para realizar la selección del control de un motor de inducción de corriente alterna, de manera que para una aplicación específica se elija el equipo ideal.

ALCANCE

En este trabajo se realizará un análisis de los métodos electromecánicos de arranque, control de velocidad y frenado de los motores de inducción de corriente alterna, así como también de los métodos utilizando equipo electrónico. Y realizar una comparación de los mismos

Desarrollar una metodología para la selección del control para los motores de inducción de corriente alterna.

CAPITULO 1

EL MOTOR DE INDUCCIÓN DE CORRIENTE ALTERNA.

1.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Un motor es un dispositivo electromecánico que convierte energía eléctrica en energía mecánica. También se lo conoce como un dispositivo productor de torque, definiéndose el torque como una fuerza de giro o torcedura suministrada a la carga.

Se conoce como motor de inducción a aquel en el cual el rotor no está conectado eléctricamente a la fuente de suministro de energía eléctrica, las corrientes que circulan en los conductores del rotor no se producen por el voltaje aplicado en el rotor, ellas son el resultado del voltaje "inducido" en el rotor por el estator. Es decir se suministra corriente alterna directamente al estator y por acción transformador, esto es por inducción, al rotor.

Puede decirse que un motor de inducción funciona como un transformador generalizado, en el cual se transforma la energía eléctrica entre el rotor y el estator.

El devanado del estator produce un campo magnético giratorio, de magnitud constante cuya velocidad de giro o de sincronismo es:

$$n = 120 f / P \quad (1.1)$$

Donde f es la frecuencia y P es el número de polos.

En el motor de inducción los flujos creados por el rotor y el estator giran en sincronismo entre si.

El flujo del estator, adelanta al flujo del rotor y produce un torque electromagnético, a esto se le denomina deslizamiento, entonces el deslizamiento del rotor a través del flujo sincrónico del estator es lo que da lugar a la inducción de corrientes en el rotor y por lo tanto al torque.

El rotor gira en el mismo sentido que el campo magnético giratorio, pero no a la misma velocidad, por lo tanto hay una diferencia, entre la velocidad de sincronismo del campo magnético giratorio y la velocidad a la que gira el rotor; esta diferencia de velocidad da como resultado el torque producido por la interacción entre su campo y el campo magnético giratorio. La diferencia entre la velocidad de sincronismo y la velocidad del rotor se denomina deslizamiento s .

$$s = n - n_r \quad (1.2)$$

Donde n es la velocidad de sincronismo y n_r es la velocidad del rotor.

Este deslizamiento se expresa como porcentaje de la velocidad de sincronismo.

$$\begin{aligned} s &= 1 - n_r / n \\ n_r &= n (1 - s) \\ n_r &= \frac{120 f}{P} (1 - s) \end{aligned} \quad (1.3)$$

La figura 1.1 muestra la curva característica torque motor - velocidad para un motor de inducción.

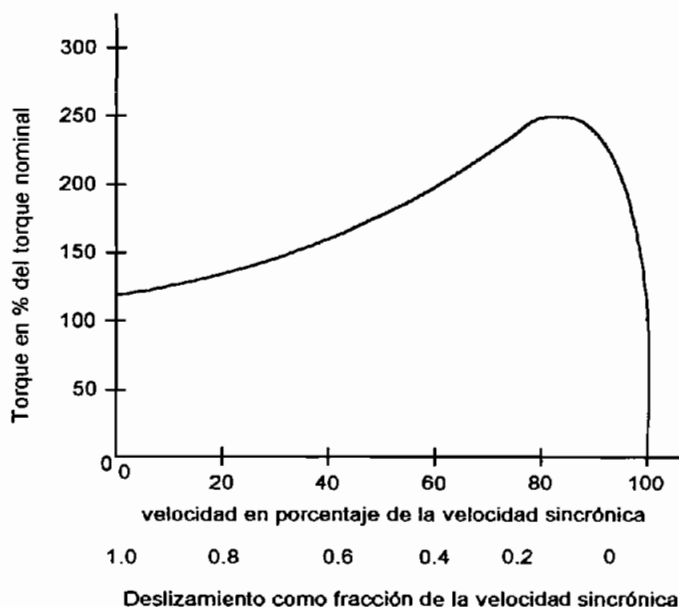


FIGURA 1.1 Curva característica torque motor - velocidad

1.2 CIRCUITO EQUIVALENTE

Para obtener el circuito equivalente de estado estable para el motor de inducción se analizará por separado el estator y luego el rotor referido al estator.

El voltaje entre los terminales del estator, difiere de la fuerza contraelectromotriz debido a la caída de voltaje en la impedancia de dispersión del estator, por lo tanto la relación fasorial para una fase será:

$$V_s = E_s + I_s (R_s + jX_s) \quad (1.4)$$

Donde:

V_s = voltaje a los terminales del estator

E_s = Fuerza contraelectromotriz generada por el flujo resultante en el entrehierro

I_s = Corriente del estator

R_s = Resistencia efectiva del estator

X_s = Reactancia de dispersión del estator

En la figura 1.2 se muestra el circuito equivalente del estator de un motor de inducción.

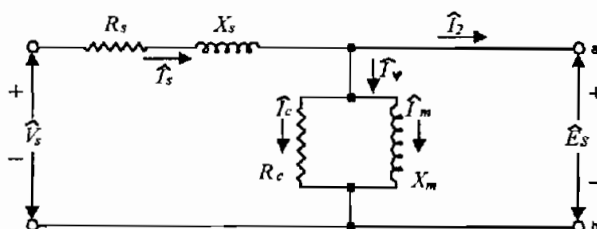


FIGURA 1.2 Circuito equivalente del estator.

En forma similar que en un transformador se puede dividir la corriente del estator en dos componentes, la corriente de excitación I_ϕ y la corriente de carga I_2 .

La corriente de carga I_2 produce una fuerza contraelectromotriz que compensa la corriente del rotor I_r . La corriente de excitación I_ϕ es la corriente que necesita el

estator para crear el flujo en el entrehierro, esta se descompone en la corriente de pérdidas en el núcleo I_c y una corriente de magnetización I_m .

Se debe incluir los efectos del rotor, para esto se considerarán los voltajes y corrientes del rotor referidos al estator. Esto es equivalente a referir el secundario de un transformador al primario, reflejado por la relación de vueltas de dicho transformador. Para el motor de inducción, además de referir la impedancia del rotor mediante el cuadrado de la relación de vueltas de estator a rotor se debe tomar en cuenta el hecho de que la corriente del rotor, está a la frecuencia de deslizamiento, por lo tanto la reactancia inductiva del rotor disminuye proporcionalmente.

La relación entre el voltaje inducido en el rotor real E_{rotor} y el rotor equivalente E_r es :

$$E_r = a E_{rotor}$$

Los rotores son equivalentes, entonces sus amperios-vuelta deben ser iguales, por lo tanto

$$I_r = I_{rotor} / a$$

Donde I_r es la corriente del rotor equivalente y I_{rotor} es la corriente real del rotor. Entonces, la relación entre la reactancia de dispersión del rotor equivalente Z_r y la impedancia del rotor real es:

$$Z_r = E_r / I_r = a E_{rotor} / I_{rotor} / a = a^2 Z_{rotor}.$$

Los voltajes, corrientes e impedancias en el rotor equivalente se definen como los valores referidos al estator, en forma similar que en transformadores se refiere las cantidades del secundario al primario.

En un motor de inducción, cuando el rotor está en cortocircuito, la relación entre la fuerza electromotriz y la corriente a frecuencia de deslizamiento es:

$$E_r / I_r = Z_r = R_r + j s X_r \quad (1.5)$$

Donde: Z_r , $s X_r$ son la impedancia y la reactancia de dispersión a la frecuencia de deslizamiento, R_r la resistencia efectiva referida.

La reactancia es proporcional a la frecuencia del rotor y por lo tanto al deslizamiento.

En la figura 1.3 se muestra el circuito equivalente del rotor a la frecuencia de deslizamiento.

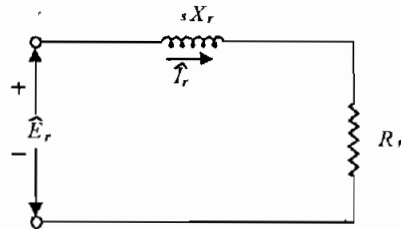


FIGURA 1.3 Circuito Equivalente del rotor.

Si no fuera por efecto de la velocidad, el voltaje referido del rotor sería igual al del estator, por que el devanado referido del rotor es idéntico al devanado del estator. La velocidad relativa de la onda de flujo con respecto al rotor es s veces su velocidad con respecto al estator. La relación de valores efectivos de las fuerzas electromotrices entre el estator y el rotor es:

$$E_r = sE_s$$

El devanado del estator y el del rotor referido al estator, deben tener el mismo número de vueltas

$$I_r = I_2$$

Al dividir esta ecuación con la anterior se obtiene:

$$E_r / I_r = sE_s / I_2 = R_r + j s X_r$$

Si dividimos esta ecuación para s tendremos:

$$E_s / I_r = R_r / s + j X_r \quad (1.6)$$

El estator ve las condiciones magnéticas en el entrehierro que ocasiona el voltaje inducido E_s y la corriente de carga I_r en el estator y de acuerdo a la

ecuación (1.6), estas condiciones son idénticas con lo que resulta de conectar una impedancia $R_r/s + jX_r$ al voltaje E_s .

Se puede incorporar el efecto del rotor en el circuito de la figura 1.2, mediante la impedancia conectada entre los terminales a y b, y así se obtiene el circuito de la figura 1.4.

La resistencia R_r/s que es función del deslizamiento y por lo tanto de la carga mecánica, muestra un efecto combinado de la carga en el eje y la resistencia del rotor.

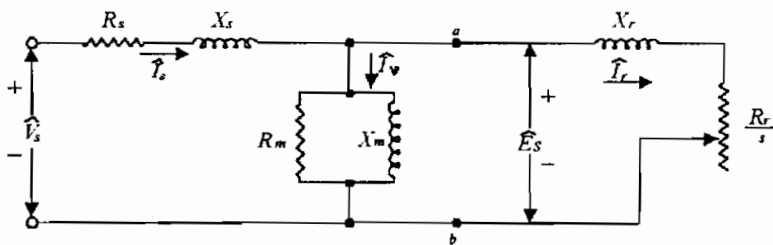


FIGURA 1.4 Circuito Equivalente de un motor de inducción

Este es el modelo del circuito equivalente completo con todos los parámetros del rotor referidos al estator, donde R_m es la resistencia por pérdidas en el núcleo o pérdidas de excitación y X_m es la reactancia de magnetización.

1.3 CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

Los parámetros de operación que deben tomarse en cuenta son: la potencia, el torque, la velocidad y las variaciones de corriente.

Todas estas características se pueden analizar a partir del circuito equivalente de la figura 1.4. de donde se deduce que:

Las pérdidas en el cobre del estator son:

$$P_{su} = 3 I_s^2 R_s \quad (1.7)$$

Las pérdidas en el cobre del rotor son:

$$P_{ru} = 3 I_r^2 R_r \quad (1.8)$$

Las pérdidas en el núcleo:

$$P_c = 3 V_m^2 / R_m = 3 V_s^2 / R_m \quad (1.9)$$

La potencia en el entrehierro (potencia que pasa del estator al rotor a través del entrehierro):

$$P_g = 3 I_r^2 (R_r / s) \quad (1.10)$$

Potencia mecánica interna desarrollada por el motor:

$$P_d = P_g - P_{ru} = 3 I_r^2 (R_r / s) (1 - s)$$

$$P_d = P_g (1 - s) \quad (1.11)$$

De acuerdo a esta última ecuación, de la potencia total entregada al rotor, la fracción $(1 - s)$ se convierte en potencia mecánica, y la fracción s se disipa como pérdidas en el circuito del rotor. Por lo tanto, un motor de inducción que funcione con alto deslizamiento es ineficiente.

Otra forma de mostrar el circuito equivalente es como aparece en la figura 1.5, de donde se deduce que la potencia mecánica interna (por fase) del estator es igual a la potencia absorbida por la resistencia $R_r (1 - s) / s$

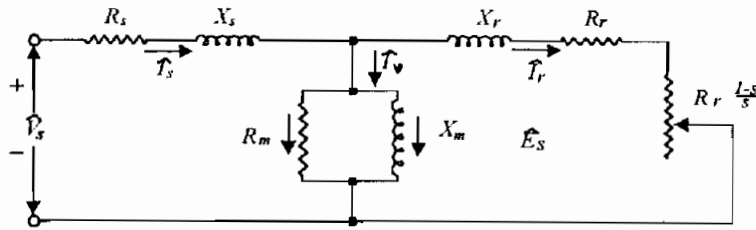


FIGURA 1.5 Otra forma de expresar el Circuito equivalente del motor de inducción

El torque motor desarrollado T_d que corresponde a la potencia desarrollada P_d se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$T_d = P_d / \omega_m \quad (1.12)$$

Donde ω_m es la velocidad angular mecánica en radianes por segundo. ω_s es la velocidad angular sincrónica y está dada por $4 \pi f / \text{polos}$

$$T_d = P_g (1 - s) / \omega_s (1 - s) = P_g / \omega_s \quad (1.13)$$

La potencia de entrada es:

$$P_i = 3 V_s I_s \cos \theta_m$$

Donde θ_m es el ángulo entre I_s y V_s

$$P_i = P_c + P_{su} + P_g$$

La potencia de salida es:

$$P_o = P_d - P_{\text{sin carga}}$$

donde $P_{\text{sin carga}}$ son las pérdidas por fricción y deslizamiento que ocurren cuando la máquina gira.

Por lo tanto la eficiencia es

$$\eta = P_o / P_i = (P_d - P_{\text{sin carga}}) / (P_c + P_{su} + P_g)$$

Si P_g es mucho mayor que $(P_c + P_{su})$ y P_d es mucho mayor que $P_{sin\ carga}$ la eficiencia sería aproximadamente:

$$\eta = P_d / P_g = P_g (1 - s) / P_g = (1 - s) \quad (1.14)$$

Normalmente el valor de X_m es grande lo que ocasiona una corriente de magnetización relativamente grande, que está alrededor del 30 al 50% de la corriente a plena carga. Por esta razón no se puede eliminar del circuito equivalente. Por el contrario, R_m es mucho más grande y puede eliminarse del modelo de circuito equivalente, adicionalmente se debe restar el efecto de la pérdidas del núcleo $(P_c + P_{su})$ y también se restan los efectos de fricción mecánica y ventilación $(P_{sin\ carga})$.

El error que se introduce al hacer estas consideraciones es despreciable, por lo que el circuito equivalente se transforma en el circuito de la figura 1.6 a) y b)

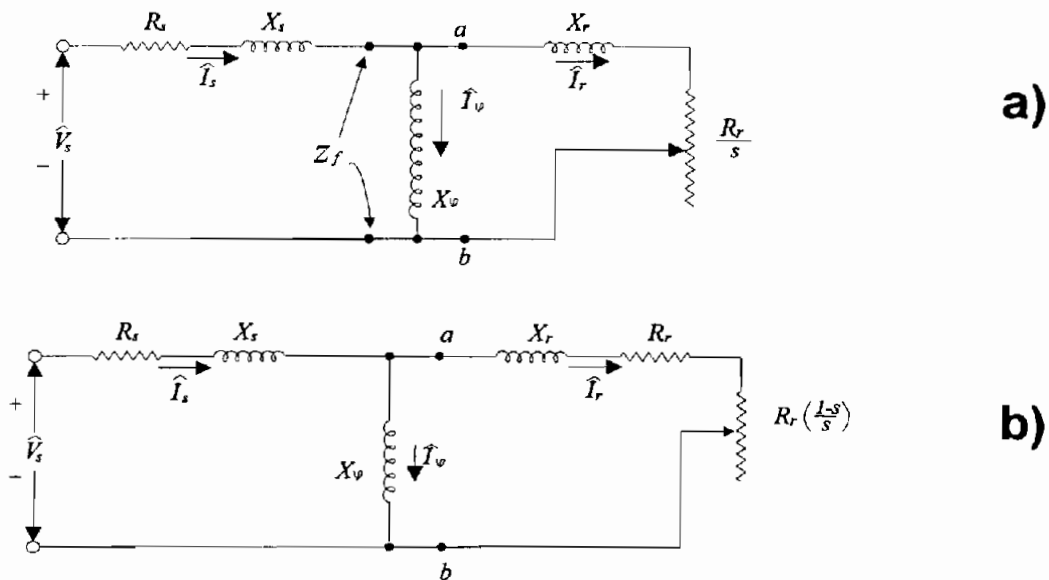


FIGURA 1.6 Circuitos Equivalentes

Para analizar las relaciones de torque y potencia, el circuito equivalente del motor de inducción se puede simplificar aún más si se aplica el teorema de Thevenin a los terminales a y b en la cual se tiene una fuente única de voltaje V_s equivalente, en serie con una impedancia única Z equivalente.

V_s es el que aparece entre las terminales a y b de la red original cuando estos terminales están a circuito abierto; la impedancia Z es la que se ve desde los mismos terminales cuando se pone en cortocircuito todas las fuentes de voltaje dentro de la red.

Entonces el circuito equivalente asume las formas que aparecen en la figura 1.7 en donde se tiene la fuente equivalente de voltaje V_{1a} en serie con una impedancia equivalente $R_{e1} + jX_{e1}$.

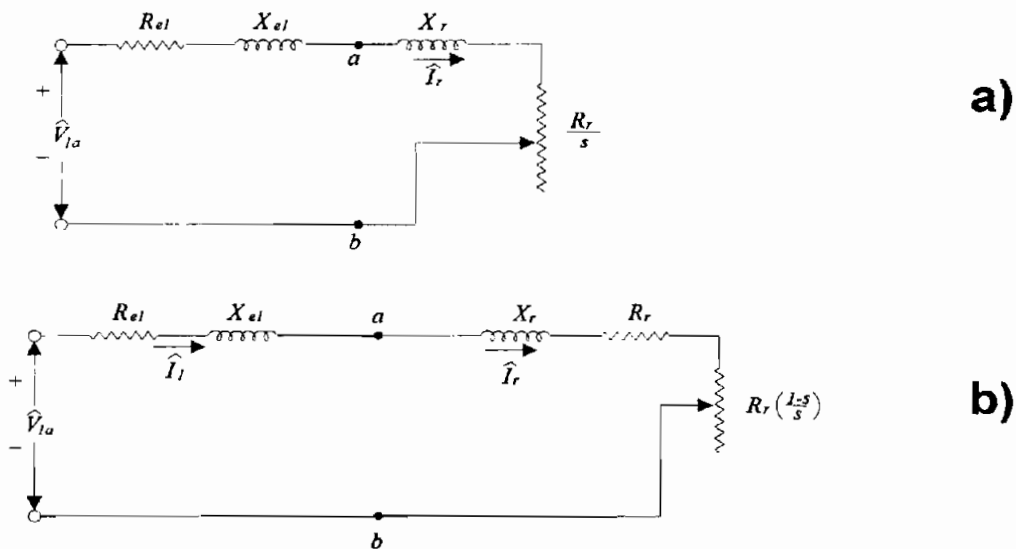


FIGURA 1.7 Circuito equivalente simplificado

La fuente equivalente de voltaje V_{1a} es el voltaje que aparecería entre los terminales a y b de la figura 1.6 cuando están abiertos los circuitos del rotor, y es

$$V_{1a} = V_s - I_0 (R_s + jX_s) = V_s (jX_\phi) / (R_s + jX_{11}) \quad (1.15)$$

Donde I_0 es la corriente de excitación sin carga y $X_{11} = X_s + X_\phi$ y es la reactancia propia del estator por fase, que casi es igual a la componente reactiva de la impedancia del motor o cero carga. Si se omite la resistencia del estator en

la ecuación (1.15) para la mayor parte de los motores de inducción, se obtiene un error muy pequeño. La impedancia equivalente de Thevenin del estator $R_{e1} + jX_{e1}$ es la que hay entre las terminales a y b, con el voltaje de la fuente en cortocircuito, es:

$$R_{e1} + jX_{e1} = (R_s + jX_s) \text{ en paralelo con } jX_\phi$$

Con esto y con la ecuación del torque se tiene que:

$$T = \frac{1}{\omega_s} \frac{3 V_{1a}^2 (R_r / s)}{[(R_{e1} + R_r / s)^2 + (X_{e1} + X_r)^2]} \quad (1.16)$$

Si el motor está alimentado a partir de un voltaje fijo y a una frecuencia constante, el torque desarrollado es función del deslizamiento y sus características pueden determinarse a partir de la ecuación anterior.

En la figura 1.8 se muestra la forma general de la curva torque-velocidad o torque-deslizamiento estando conectado el motor a una fuente de voltaje y frecuencia constantes.

Existen tres regiones de operación:

1.- Al funcionar como motor.- en el funcionamiento normal del motor, el rotor gira en la dirección de la rotación del campo magnético que producen las corrientes del estator, la velocidad queda entre cero y la velocidad sincrónica, y el deslizamiento correspondiente queda entre 1 y 0. Para el arranque del motor el deslizamiento es uno ($s = 1$).

2.- Región de frenado.- Esto es posible si el deslizamiento es mayor que uno. Para conseguir esto, el motor se debe impulsar hacia atrás, contra la dirección de rotación de su campo magnético, mediante una fuente de potencia mecánica capaz de contrarrestar el torque interno T . La utilidad práctica principal de esta región es la de detener rápidamente a los motores con un método que se llama

inversión de secuencia. Intercambiando dos terminales del estator en un motor trifásico, se cambia súbitamente la secuencia de fases y por lo tanto la dirección de rotación del campo magnético; el motor se detiene por la influencia del torque T y se desconecta de la línea antes de que comience a girar en sentido contrario. Dado que s es mayor que 1, las corrientes en el motor son altas pero el torque motor desarrollado es pequeño. La energía debido al frenado debe disiparse dentro del motor, lo que provoca un calentamiento excesivo, por lo que este método de frenado no es recomendable.

3.- Región de Generador.- En esta región la velocidad del motor es mayor que la velocidad sincrónica y el deslizamiento es negativo. Esto se consigue impulsando al motor a una velocidad mayor que la sincrónica mediante una máquina conectada al motor. La fuente determina la velocidad sincrónica y suministra el consumo de potencia reactiva necesaria para excitar al campo magnético del entrehierro. El motor devuelve la potencia al sistema de alimentación. En esta región la característica de torque motor – velocidad es similar a la región de motor, pero con un valor negativo para el torque motor.

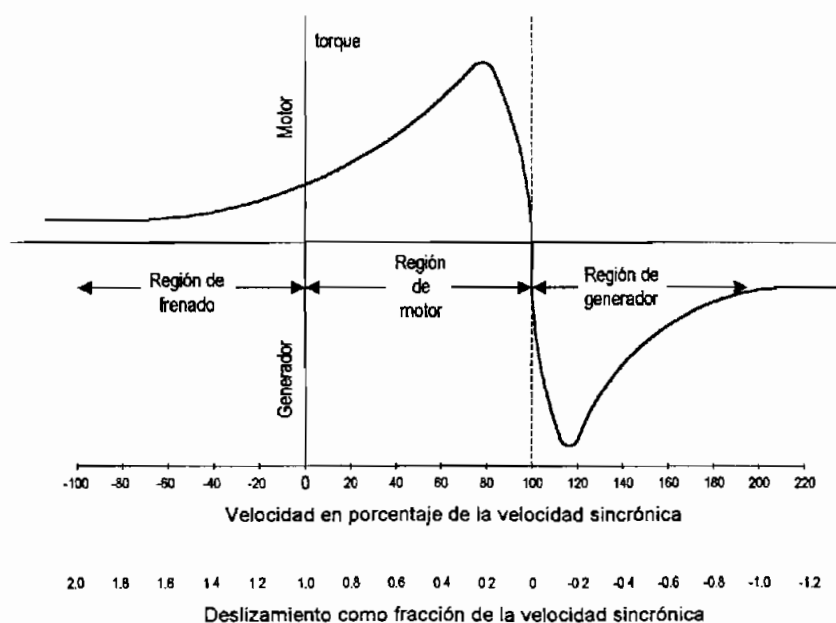


FIGURA 1.8 Curva torque – deslizamiento, que muestra las regiones de frenado, motor y generador.

El torque máximo T_{\max} , se tiene cuando R_r/s de la figura 1.7 es máxima, o en un valor de deslizamiento para el cual el torque es máximo ($s_{\max T}$)

$$\frac{R_r}{s_{\max T}} = \sqrt{R_{e1}^2 + (X_{e1} + X_r)^2}$$

Por lo tanto, el deslizamiento $s_{\max T}$ para el torque máximo es:

$$s_{\max T} = \frac{R_r}{\sqrt{R_{e1}^2 + (X_{e1} + X_r)^2}} \quad (1.17)$$

El deslizamiento a torque máximo es directamente proporcional a la resistencia R_r del rotor.

El torque máximo se obtiene de (1.16)

$$T_{\max} = \frac{1}{2 \omega_s} \frac{3 V_{1a}^2}{\left[R_{e1} + \sqrt{R_{e1}^2 + (X_{e1} + X_r)^2} \right]} \quad (1.18)$$

Este torque máximo no depende de la resistencia del rotor R_r y depende del cuadrado del voltaje aplicado al estator.

1.4 COMPONENTES DE LOS MOTORES DE INDUCCION

Los principales componentes de un motor de inducción de corriente alterna se muestran en el siguiente gráfico:

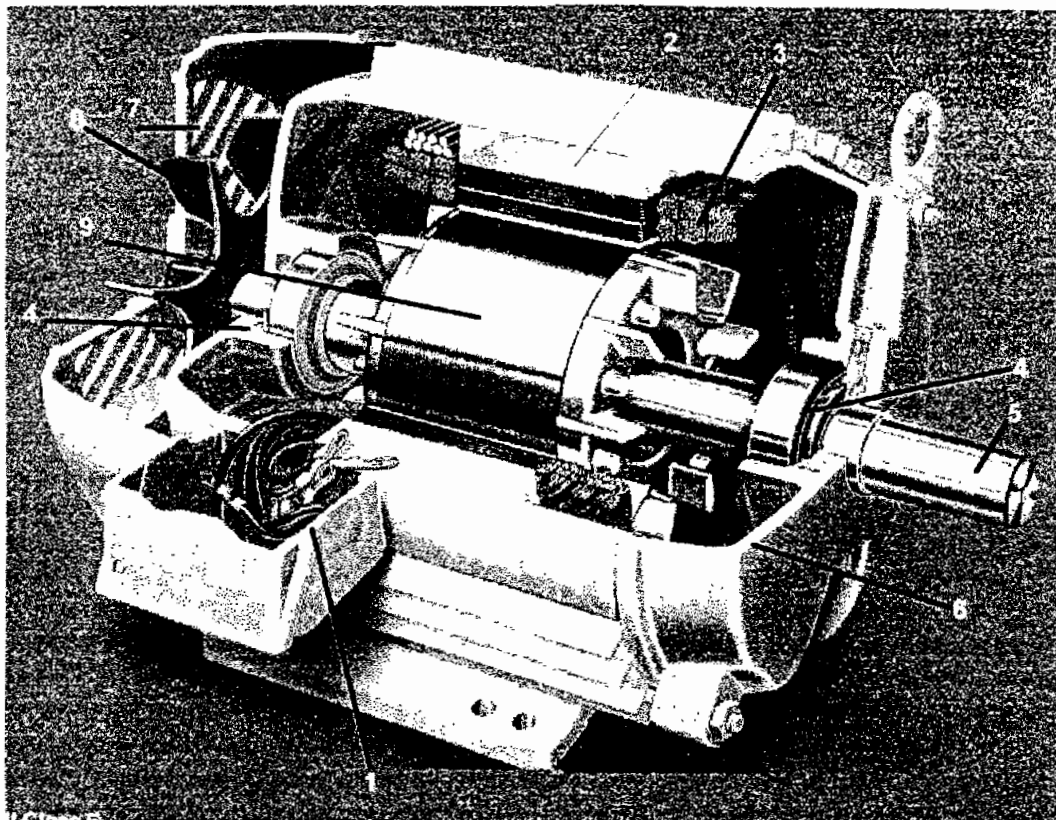


Fig.1.9.- Componentes de un motor

1.- CAJA DE BORNES: construida en el mismo material de la carcasa, permite una fácil conexión del motor.

2. - ESTATOR: Está formado por chapas de acero magnético, aisladas y tratadas térmicamente en el cual se insertan bobinas.

3.- BOBINAS DEL ESTATOR.- están formadas por muchos hilos de alambre de cobre electrolítico, esmaltado con un barniz a base de poliéster, aisladas de las ranuras del estator y aisladas entre fases con materiales de alta rigidez dieléctrica

y alta resistencia mecánica. Este conjunto se presiona o se ensambla al interior de una estructura cilíndrica., dentro de la carcasa.

4.- RODAMIENTOS: dependiendo del tamaño del motor estos pueden ser:

- rodamientos de bolas
- engrasados de por vida a los que se conocen como tipo ZZ
- tipo semiprotegido o abierto
- tipo abierto reengrasables

5.- EJE: es de acero tratado térmicamente, con el objeto de soportar tensiones internas y aumentar la resistencia para tolerar esfuerzos externos.

6.- CARCASA: Está construida de hierro fundido o de aleación de aluminio.

7.- TAPAS: Las tapas de cualquier motor cumplen varios y muy importantes requerimientos físicos. Además de proteger el ventilador deben ser lo suficientemente fuertes como para soportar los rodamientos del eje del motor bajo las condiciones de carga más severas y deben ser rígidos, a fin de mantener la alineación de los orificios de rodamiento a lo largo de la vida del motor.

8.- VENTILADOR: comúnmente está construido en aleación de aluminio y produce un gran volumen de aire para el enfriamiento del motor

Los pesos montados sobre el eje o colgando del mismo, tales como una cadena o rueda dentada o impulsores de correa deben ser sostenidos por la tapa del eje de salida. Este tipo de carga radial usualmente determina el tamaño de los rodamientos del eje y la forma de las tapas. Otra función de gran importancia de las tapas es la de centrar el rotor de forma segura al interior del estator a fin de mantener una brecha de aire constante entre los núcleos estacionarios (estator) y móvil (rotor).

9.- ROTOR: al igual que el estator también está construido por chapa magnética y barras de aluminio, posee un conjunto de ranuras inclinadas y está equilibrado dinámicamente.

1.5 ESTANDARES BASICOS

El desarrollo motriz comenzó en el siglo XIX con la investigación de Oersted y Faraday sobre el magnetismo, así como con el desarrollo del electroimán por Sturgeon en 1825, Davenport recibió la primera patente sobre un motor eléctrico en 1837.

Para 1890, iniciaron operaciones las estaciones generadoras en corriente alterna (AC), pero muchas y muy diversas rutas se tomaban para esa fecha: Edison se encontraba trabajando en su estación Pear Street en corriente continua (DC), al igual que la ciudad de Manhattan. Niagara Falls estaba generando a 25 ciclos, California a 50 ciclos y Philadelphia estaba utilizando un sistema de dos fases.

Debido a esto se establecieron algunas organizaciones a fin de estandarizar la fabricación de motores. Muchos de los estándares de motores existentes en la actualidad han sido establecidos a través de organizaciones tales como la National Electrical Manufacturers' Association (NEMA). IEEE es otra institución técnica que ha establecido estándares de prueba para la fabricación de motores. Existen igualmente otros estándares internacionales, como organizaciones tales como la International Electrotechnical Commission (IEC) y la Canadian Standard Association, (CSA), la Japanese Standards (JEC) y la British Standards (BS). Underwriters' Laboratories (UL) es una organización de prueba independiente la cual fija estándares para motores y otros equipos eléctricos. La National Fire Protection Association, la cual patrocina a la National Electrical Code (NEC) es utilizada por inspectores de seguros y por la mayoría de los organismos gubernamentales reguladores de los códigos de construcción y afines.

Estas agencias reguladoras asisten en la apropiada selección y aplicación de motores. Los estándares incluyen definiciones, clasificaciones, dimensiones, pruebas y rendimiento, datos de aplicación y seguridad, como se muestra a continuación:

TABLA N° 1.1- LISTA DE NORMAS

Referencia	Normas Internacionales
IEC 34-1	Máquinas eléctricas rotativas: características asignadas y características de funcionamiento.
IEC 34-5	Máquinas eléctricas rotativas: clasificación de grados de protección por las envueltas de las máquinas rotativas
IEC 34-6	Máquinas eléctricas rotativas (salvo tracción) modos de refrigeración.
CEI 34.7	Máquinas eléctricas rotativas: (salvo tracción) símbolo para las formas de construcción y las posiciones de montaje
IEC 34.8	Máquinas eléctricas rotativas marcas de extremidades y sentido de giro.
IEC 34-9	Máquinas eléctricas rotativas: límites de ruido
IEC 34-14	Máquinas eléctricas rotativas: Vibraciones mecánicas de ciertas máquinas de altura de eje superior o igual a 56 mm. Medida, evaluación y límites de intensidad vibratoria.
IEC 38 –1	Tensiones nomales de la IEC
IEC 72-1	Dimensiones y series de potencias de máquinas eléctricas rotativas; designación de las carcasas entre 56 y 400 y de las bridas entre 55 y 1080.
IEC 85	Evaluación y clasificación del aislamiento eléctrico
IEC 892	Efectos de un sistema de tensiones desequilibrado, sobre las características de los motores asíncronos Trifásico de jaula de ardilla.
IEC 1000 2-1 e 2	Compatibilidad electromagnética (CEM) medio ambiente
IEC Guía 106	Guía para la especificación de las condiciones de medio ambiente para la fijación de características de funcionamiento de los materiales.
ISO 281	Rodamientos. Cargas de base y duración nominal
ISO 1680-1& 2	Acústica – Código de ensayo para medir el ruido aéreo emitido por las máquinas eléctricas rotativas, método de peritaje para las condiciones de campo libre por encima de un plano reflectante.
ISO 8821	Vibraciones mecánicas. Equilibrado. Convenios relativos a las chavetas de los ejes y a los elementos agregados.
IEC 721-2-1	Clasificación de las condiciones de medio ambiente en la naturaleza. Temperatura y humedad.

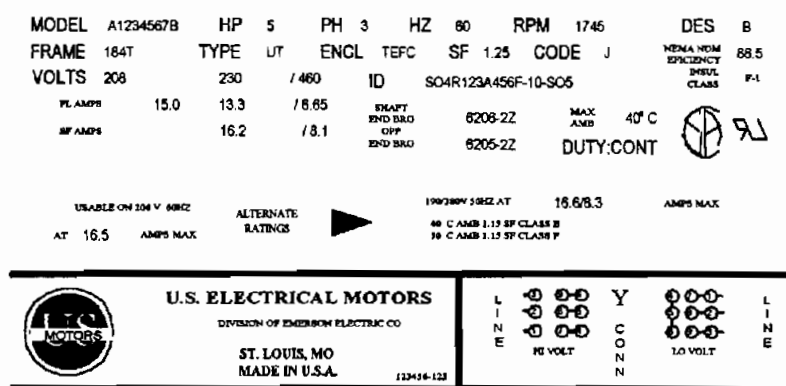
1.6 DATOS DE LA PLACA DE FABRICA.

Según los requerimientos básicos de la National Electrical Code (NEC), la placa de fábrica del motor de inducción debe mostrar ocho puntos específicos, los cuales incluyen:

- a.- nombre del fabricante;
- b.- voltaje nominal y corriente a plena carga,
- c.- frecuencia nominal y número de fases,
- d.- velocidad nominal a plena carga,
- e.- clase de aislamiento y temperatura ambiente nominal
- f.- clase de servicio,
- g.- potencia nominal HP
- h.- letra de código de rotor bloqueado.

Normalmente aparece también información adicional en la mayoría de las placas de fábrica. Esta información podría incluir el factor de servicio del motor, el tipo de cerramiento, tamaño de la Carcaza, diagramas de conexión etc., La mejor manera de lograr una comprensión básica de lo que significa la estandarización para los motores de inducción es examinar detenidamente la información de la placa de fábrica contenida en un motor cualquiera.

Un modelo de placa de fábrica se muestra en la figura 1.10



WARNING:

IMPROPER INSTALLATION OF THIS MOTOR MAY RESULT IN FIRE, EXPLOSION, ELECTRIC SHOCK OR OTHER PERSONAL INJURIES
 * READ OPERATING INSTRUCTIONS * MOTOR MUST BE GROUNDED PER LOCAL AND NATIONAL CODES
 * DISCONNECT ALL POWER SOURCES BEFORE MAINTENANCE * DO NOT PLACE FINGERS OR OBJECTS NEAR OPENINGS * DO NOT USE EYEBOLTS OR LIFTING HOOKS TO LIFT ANYTHING EXCEPT THE PRODUCT

Figura 1.10 placa de fábrica de un motor

Voltaje nominal y corriente a plena carga:

Cada motor de corriente alterna, está diseñado para un óptimo rendimiento con un voltaje de línea específico aplicado. Con este voltaje se tiene un determinado valor de corriente a plena carga, como se puede ver en la figura 1.10 si se aplica un voltaje de 208 V., se tiene una corriente de 15 Amperios y con un voltaje de 230 V se tendrá una corriente de 13.3 Amperios.

Dado que el voltaje de línea varía en el tiempo, debido a las condiciones de carga del sistema de potencia, el motor debe estar diseñado para enfrentar estas variaciones de voltaje.

Los motores de inducción estándar están diseñados para tolerar variaciones de voltaje de más - menos un 10%. En consecuencia, un motor trifásico con un voltaje nominal de 220 voltios en la placa de fábrica puede esperarse que produzca un rendimiento satisfactorio, aún cuando no necesariamente ideal, cuando se le suministre un voltaje que varíe desde un valor bajo de 198 voltios a un extremo alto de 242 voltios. De la misma forma para motores monofásicos si el voltaje nominal es 115 Voltios, el motor funcionará satisfactoriamente con voltajes que varíen entre 103 Y 126 Voltios.

Frecuencia Nominal

Indica la frecuencia para la cual el motor está diseñado en hertz (ciclos por segundo). En nuestro país se utiliza una frecuencia de 60 herz, así como en algunos otros países donde se ha tenido una fuerte influencia estadounidense. Los motores se diseñan a fin de tolerar una variación de frecuencia de más o menos 5% y un motor debe estar en capacidad de manejar, a un mismo tiempo, variaciones de voltaje y de frecuencia.

Número de Fases

En la mayoría de las instalaciones industriales y comerciales, los sistemas de potencia son trifásicos, en las instalaciones residenciales y rurales los sistemas de potencia son monofásicos, en consecuencia, los motores a utilizarse en los diferentes lugares y para diferentes aplicaciones, serán monofásicos o trifásicos. La eficiencia y los costos del motor de inducción de tres fases lo convierte en la selección natural para todos los requerimientos donde la red trifásica se encuentra disponible.

Los motores monofásicos pueden utilizarse donde se requieren motores fraccionarios (menos de un caballo de fuerza "HP") y en aplicaciones tales como las instalaciones agrícolas, domésticas y en lugares aislados donde la energía trifásica no se encuentra disponible. Generalmente, se usan motores monofásicos hasta una capacidad máxima de 10 HP.

Velocidad Nominal A Plena Carga:

La velocidad nominal a plena carga o rpm de un motor es la velocidad a la cual el motor operará bajo condiciones de pleno torque cuando el voltaje aplicado y la frecuencia se mantienen constantes a valores dados. En los motores de inducción estándar, la velocidad a plena carga, o velocidad real (n_r), se ubicará normalmente entre 95 y 99% de velocidad sincrónica (n_s). La diferencia de estas velocidades se conoce como deslizamiento (s).

$$s = (n_s - n_r) / n_s$$

La velocidad sincrónica es la velocidad teórica de un motor basada en el campo magnético giratorio y es fijada por dos parámetros:

- la frecuencia f (en Hertz) y
- el número de polos P

$$n_s = 120 \times f / P$$

Si la frecuencia, es un valor fijo en este caso 60 Hz., el valor de la velocidad de sincronismo para distintos polos se muestra en la tabla N° 2:

TABLA N° 1.2- VELOCIDAD DE SINCRONISMO PARA DISTINTOS POLOS

VELOCIDAD REAL	VELOCIDAD SINCRONICA	NUMERO DE POLOS
3450	3600	2
1725	1800	4
1140	1200	6
850	900	8
690	720	10
566	600	12

Clase de Aislamiento y Temperatura Ambiente Nominal:

Uno de los puntos más críticos en relación con la vida de cualquier tipo de equipo eléctrico (desde los televisores hasta los gigantescos generadores de potencia), es la temperatura máxima que tiene lugar en el punto más caliente dentro de la unidad, así como el lapso de tiempo en el cual esa alta temperatura es permitida. La temperatura de operación máxima permitida en condiciones de seguridad, la cual tiene lugar en el punto más caliente al interior de un motor se determina por:

1. La temperatura del aire que rodea al motor. Esta es la temperatura ambiente.
2. El calor creado dentro del motor debido a su operación en condiciones de plena carga. Esta es el aumento de temperatura.
3. La capacidad térmica de todos los materiales aislantes utilizados dentro del motor. Por simplicidad, estos materiales se han dividido en clases A, B, F y H.

Esta clase de temperatura se basa en la temperatura ambiente más el calor creado dentro del motor en funcionamiento. Para el ejemplo de la figura 1.10. la clase de aislamiento será F y está clasificada en 155°C. Los motores han sido diseñados para soportar este tipo de temperatura interna. Los materiales aislantes

previenen el contacto de un metal con otro o la variaciones de cortocircuitos fase a fase. Esto también se conoce como capacidad dieléctrica y limita los efectos de las variaciones de voltaje. Las clases del sistema de aislamiento son las siguientes:

TABLA N° 1.3.- CLASES DE AISLAMIENTO

CLASE	TEMPERATURA
A	105 grados centígrados
B	130 grados centígrados
F	155 grados centígrados
H	180 grados centígrados

Clase de Servicio:

Los motores para propósitos generales serán clasificados para servicio continuo. Cuando los motores van a ser utilizados para aplicaciones específicas y bien definidas, donde funcionarán por períodos cortos, es posible reducir su tamaño, peso y costo al cargarlos a torques mayores de lo que sería posible si dichos motores operasen continuamente. Por ejemplo, los recogedores de basura se clasifican normalmente para 15 minutos, debido a que ellos raramente operarían durante un período mayor.

Potencia Nominal:

Es la Potencia de salida nominal en caballos de fuerza (HP) cuando el motor esta desarrollando un torque a una velocidad dada. Las normas NEMA han establecido clasificaciones de HP estándar, que van desde unidades fraccionarias hasta miles de caballos de fuerza.

**TABLA N°1.4- Clasificación Estándar de Caballos de Fuerza
De 1 a 4.000 HP**

1	30	300	1250
1 1/2	40	350	1500
2	50	400	1750
3	60	450	2000
5	75	500	2250
7 1/2	100	600	2500
10	125	700	3000
15	150	800	3500
20	200	900	4000
25	250	1000	

En la tabla N°4 se muestra la clasificación de caballos de fuerza estándar, la cual comprende un rango de 1 a 4.000. Cuando los requerimientos de HP se sitúan entre dos valores estandarizados, usualmente se elige el mayor tamaño. Ello añade un margen de seguridad que reducirá el aumento de temperatura de funcionamiento del motor y extenderá la vida operativa del mismo.

Potencia y torque

Es importante señalar la relación entre potencia y torque. El torque se define como una fuerza de giro o torcedura suministrada a la carga por un impulso.

La potencia mecánica de salida P_o expresada en vatios es el producto del torque en Newton-metro y la velocidad al eje ω_r en rad/seg:

$$\text{Potencia} = \text{Torque} \times \text{Velocidad}$$

$$P_o = T \times \omega_r$$

El siguiente gráfico muestra la relación entre HP y torque. Solo con la velocidad como variable, Se puede notar que un motor de 600 rpm y un caballo de fuerza tendrá aproximadamente el mismo torque de salida que un motor de 1800 rpm y de tres caballos de fuerza.

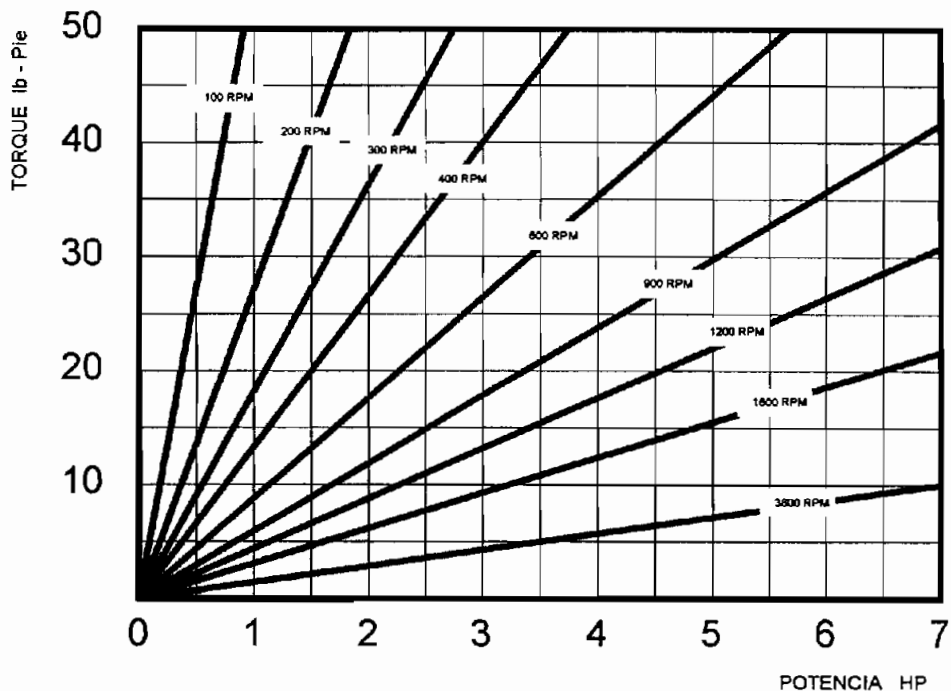


Figura 1.11.- Potencia Vs Torque

Letra de código de rotor bloqueado:

Cuando los motores de corriente alterna arrancan con pleno voltaje aplicado, estos motores consumen corrientes de línea sustancialmente mayores, esta corriente está en función de la potencia del motor y de las características de diseño del mismo.

Para definir las características de arranque, los motores se agrupan de acuerdo a una serie de letras "código" dependiendo del rango de arranque, esto es los kilovoltamperios requeridos para el arranque por cada HP del motor. Puede

utilizarse una sola letra para definir tanto los valores de arranque de alto voltaje como de bajo voltaje en motores de voltaje dual. La persona responsable de instalar un motor utiliza esta información a fin de dimensionar apropiadamente el arranque para el motor. A continuación se muestra un listado de las designaciones de letras código.

TABLA N° 1.5- KVA NECESARIO PARA EL ARRANQUE POR HP

CODIGO	KVA/HP	VALOR PROMEDIO
A	0.00-3.14	1.6
B	3.15-3.54	3.3
C	3.55-3.99	3.8
D	4.00-4.49	4.3
E	4.50-4.99	4.7
F	5.00-5.59	5.3
G	5.60-6.29	5.9
H	6.30-7.09	6.7
J	7.10-7.99	7.5
K	8.00-8.99	8.5
L	9.00-9.99	9.5
M	10.00-11.99	10.6
N	11.20-12.49	11.8
P	12.50-13.99	13.2
R	14.00-15.99	15.0

Generalmente, los motores estándar de 15 HP o mayores tendrán letras código G o menores, los motores de 10 HP y más pequeños tendrán letras código H o mayores.

DATOS ADICIONALES DEL MOTOR

Hasta ahora se ha cubierto la totalidad de los datos requeridos en la placa de fábrica. Sin embargo, generalmente se encuentra información de:

Factor de servicio del motor (FS):

La norma NEMA define al factor de servicio como un multiplicador, que se aplica a la potencia nominal el cual indica una sobrecarga permitida que debe tomarse en cuenta a un voltaje a una frecuencia nominal. Dicho factor de servicio puede utilizarse para lo siguiente:

1. Para acomodar la inexactitud al predecir las necesidades de potencia del sistema.
2. Para prolongar la vida del aislamiento al disminuir la temperatura del bobinado a una carga asignada.
3. Para manejar sobrecargas intermitentes u ocasionales.
4. Para permitir, en ocasiones, trabajar a temperaturas ambientes superiores a los 40 grados centígrados.
5. Para compensar suministros de voltaje bajos o desbalanceados.

En otras palabras, utilizando como ejemplo la placa de fábrica de la figura 1.10 con 208 voltios de entrada y un factor de servicio 1.25, este motor podría usarse con una carga de hasta 6.25 HP. La norma NEMA añade algunas advertencias al considerar el factor de servicio:

1. El funcionamiento a la carga del factor de servicio reducirá usualmente la velocidad del motor, así como su vida y eficiencia.

2. La NEMA sugiere no contar con la capacidad del factor de servicio para llevar la carga de modo continuo.
3. También aclara que el factor de servicio fue establecido para funcionamiento a voltaje, frecuencia y temperatura ambiente nominales así como en condiciones a nivel del mar.

Eficiencia:

La eficiencia se define como la relación de potencia de salida dividido entre la potencia de entrada, esta última es igual a la potencia de salida más las pérdidas. Las pérdidas de la máquina se manifiestan en forma de calor e incluyen las pérdidas en el bobinado del estator, pérdida de rotor, pérdida de núcleo (Histeresis y corrientes de Eddy), pérdidas por fricción y pérdida de carga dispersa.

El estándar de la NEMA MG1-12.54.2 proporciona instrucciones para el establecimiento del valor de eficiencia. El estándar establece que la eficiencia nominal mostrada en la placa de fábrica no deberá ser mayor que la eficiencia promedio de un gran número de motores de un mismo diseño. Además, la eficiencia a plena carga, al operar a un voltaje y una frecuencia nominales, no será menor que el valor mínimo asociado con el valor nominal.

Debe tenerse cuidado al comparar eficiencias de un fabricante de motores a otro. Resulta difícil comparar eficiencias de datos publicados, citados o de pruebas, debido a las siguientes razones:

1. No existe un método estándar utilizado por toda la industria. Los estándares más comunes a los que se hace referencia son IEEE 112 (Estadounidense), IEC (Internacional), JEC 27 (Japonés), BS-269 (Británico) y ANSI C50.20 (Estadounidense), IEEE 112. IEEE 112 es utilizado más que cualquier otro estándar en Estados Unidos. Sin embargo, incluso ese estándar permite la utilización de una variedad de

métodos de prueba. El procedimiento preferido es el método B, donde el motor se opera a plena carga y la potencia se mide directamente.

2. Existe mucha confusión a cerca de la interpretación apropiada de los datos de eficiencia ¿Son ellos datos típicos, promedio o garantizados?, ¿Qué tipo de pérdida se incluyen: pérdidas por carga dispersa, por fricción y viento?, es preferible asegurarse de que se están comparando cosas iguales, saber que método de prueba se está utilizando y que datos se están recibiendo por el fabricante del motor.
3. Pueden existir variaciones en eficiencia de un motor a otro, con idénticos diseños, debido a tolerancias de fabricación variaciones de materia prima y cambios en el proceso. La acumulación de estas tolerancias puede dar como resultado una variación significativa.
4. El equipo de prueba disponible varia con cada fabricante de motores así como varia la precisión de dicho equipo.

Tamaño de la carcasa (Frame):

Las dimensiones de la carcasa del motor han sido estandarizadas con un sistema uniforme de numeración del tamaño de la misma. Este sistema fue desarrollado por la NEMA y se han asignado tamaños de carcasas específicos a clasificaciones de motores estándar, basados en tipo de cerramiento, potencia y velocidad.

Las carcasas estandarizadas comunes para motores de inducción de potencia integral varían y se designan entre 143T y 445T. Estos estándares cubren a la mayoría de los motores en el rango de 1 a 200 HP. (Ver Anexo 1)

Los números utilizados para designar los tamaños de carcasas poseen significados específicos basados en el tamaño físico del motor. Los primeros dos

digitos se relacionan con el diámetro del motor y el dígito o dígitos restantes se relacionan con la longitud del motor.

Como método empírico se puede calcular en pulgadas la altura del eje en los motores horizontales, dividiendo los primeros dos dígitos de la carcaza en cuatro. (Esto funciona en todos los motores de carcaza NEMA de montaje con patas cuyas carcazas estén comprendidas entre 143T y 445T).

El tercer dígito del tamaño de la carcaza se relaciona con la longitud del motor pero no existe regla empírica que pueda ser fácilmente aplicable. Es importante notar que cuando los motores con patas estándar poseen tamaños de carcaza que difieren solo en el tercer dígito los diámetros del eje, las longitudes del eje, y la distancia desde el extremo del eje hasta los agujeros de los tornillos en los pies sobre el extremo del eje del motor serán los mismos.

Un sufijo adicional que debe utilizarse sobre los motores estándar en la carcaza 284T y de mayor tamaño es una <<S>> inserta después de la <<T>>. Esta <<S>> representa un eje corto. Estos motores están dispuestos para acoplarse directamente a las cargas, tales como a una bomba centrífuga.

Además de poseer un eje corto el motor tendrá un eje de pequeño diámetro (dimensión <<U>>) y el rodamiento en el eje trasmisor del motor de alguna manera será más pequeño que el motor del eje largo equivalente. Los motores del eje corto están destinados para ser usados solo sobre bombas centrífugas acopladas directamente, así como otras cargas acopladas directas donde no habrá tracción lateral (carga radial), ejercida sobre el eje.

CAPITULO 2

ARRANQUE DE MOTORES DE INDUCCION.

2.1 GENERALIDADES.

El arranque de los motores de inducción provoca un gran impulso de corriente sobre la red de alimentación y como consecuencia, una caída de tensión excesiva que produce perturbaciones en los equipos conectados a la red, así como: reducción del brillo de las lámparas, mal funcionamiento de otros motores y de equipos electrónicos sensibles a las variaciones del voltaje.

Para evitar perturbaciones a otros consumidores conectados a la red, las Empresas Eléctricas en algunos casos definen valores límites para la corriente de arranque de los motores respecto a su corriente nominal. Estos valores límites admisibles varían considerablemente de una red a otra, dependiendo su capacidad de carga.

El arranque de los motores de inducción se caracteriza por dos magnitudes esenciales, torque de arranque y corriente de arranque. Estos dos parámetros, junto con el torque de carga determinan el tiempo de arranque.

Debido a la elevada corriente de arranque, la caída de tensión y la correspondiente tensión reducida en la línea existe la posibilidad de que el motor que está arrancando no desarrolle el torque suficiente para acelerar la carga, como consecuencia se tienen corrientes excesivas tanto en el rotor como en el estator, que si se repite varias veces se produce deterioro del aislamiento, acortando la vida útil del motor, por esta razón es necesario tener un método de arranque a fin de limitar la corriente de arranque.

Una forma de reducir la corriente de arranque es reducir el voltaje aplicado al estator del motor, pero con ello se consigue reducir el torque de arranque en una proporción mayor, y en el caso que el motor tenga conectada una fuerte carga mecánica, el torque de arranque es menor que el torque de carga, lo que puede producir daños en el eje del motor y el motor arrancará con dificultad o no podrá arrancar. Por otro lado si el motor arranca sin carga, la reducción del torque puede no ser tan grave y la reducción de la corriente resulta ventajosa.

Por estas razones la elección del tipo de arranque y a veces también del tipo de construcción del motor, esta en función del torque de carga y de la potencia de la red. En todo momento, el torque del motor debe ser mayor que el torque de carga ya que de la diferencia resulta el torque de aceleración necesario para la operación del motor.

El arranque directo constituye el tipo de arranque más simple y económico para un motor de inducción. El motor desarrolla un torque de arranque elevado y el tiempo de arranque, en condiciones normales, suele ser muy corto. Estas ventajas suponen por el contrario, una corriente de arranque elevada.

En algunas plantas industriales, la red suele tener suficiente potencia por lo que se emplea preferentemente el arranque directo. Incluso si existen varios motores grandes, éstos pueden arrancar de forma directa, siempre que el circuito de mando impida el arranque simultáneo de los mismos.

Un motor de inducción durante el arranque absorbe aproximadamente de seis a ocho veces su corriente nominal. La corriente del rotor y por lo tanto la corriente del estator está determinada por su impedancia a rotor bloqueado, por lo tanto si el voltaje aplicado al estator se redujese a la mitad, la corriente de arranque también se reducirá en la misma proporción, por otra parte, el torque se reduce a la cuarta parte, pues como se vió en el capítulo anterior el torque varía en función del cuadrado del voltaje aplicado. De esta manera se consigue la reducción de la corriente, pero a expensas de una reducción del torque de arranque.

En los demás tipos de arranque de motores de inducción, se reduce la tensión durante el arranque, con ello la corriente de arranque y el torque de arranque.

En la figura 2.1. se muestran diferentes curvas de torque de arranque y corriente de arranque cuando se aplican el 50% ,70%, 100% de la tensión nominal respectivamente.

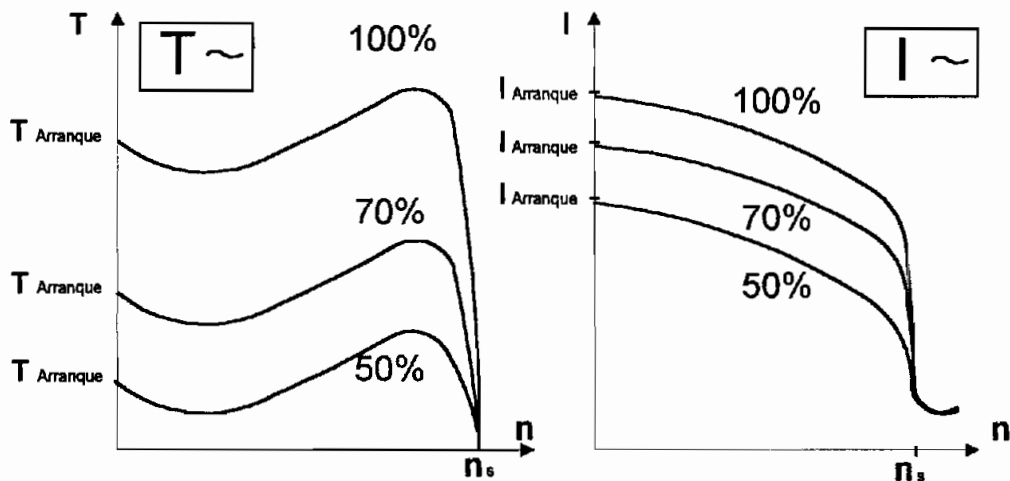


Figura 2.1 variación del torque y corriente de arranque de acuerdo al nivel de tensión aplicada al motor

En cualquier caso, un arranque con tensión y corriente reducidas, requiere un mayor tiempo de arranque del motor.

Puede presentarse un arranque difícil de un motor, debido a que hay que acelerar un gran torque de carga o grandes masas de inercia, en este caso el tiempo de arranque es largo y es necesario un fuerte soporte térmico tanto del motor como del arrancador. Los motores modernos son diseñados para dar un rendimiento elevado, ellos tienen, por regla general, una corriente de arranque elevada y sólo un poco de reserva térmica, por esta razón, es necesario elegir un motor de tamaño superior para tiempos de arranque superiores a 10 segundos.

Con el propósito de minimizar los problemas asociados con el arranque de motores de inducción, existen varias formas de arrancar este tipo de motores, cada método de arranque tiene sus propias características y su aplicación, los mismos que se describen a continuación.

2.2 ARRANQUE DIRECTO DE MOTORES DE INDUCCIÓN

Si se arranca en directo un motor de inducción trifásico, al momento del arranque se puede registrar una corriente de arranque entre 6 y 8 veces la corriente nominal del motor, esto trae como consecuencia un torque de arranque elevado.

$$I_{\text{arranque}} = I_{\text{max}} = (6-8) I_{\text{nominal}}$$

$$T_{\text{arranque}} = T_{\text{máximo}} = (2 - 2.5) T_{\text{nominal}}$$

Esto hace, que cada vez que se arranca un motor se consume innecesariamente el aislamiento debido a los picos de corriente y la consiguiente sobreelevación de la temperatura, que como se sabe es el factor predominante en el deterioro del aislamiento del motor, que a su vez es el índice que determina la vida útil del motor. Del mismo modo se ocasionan desgastes innecesarios en la parte mecánica, disminuyendo los intervalos de mantenimiento de los accionamientos.

Estos picos de corriente ocasionan importantes caídas de tensión del sistema eléctrico, lo que imposibilita el trabajo normal de otras cargas (TV, luces, etc.), Una práctica común en algunas industrias es desconectar las cargas antes de arrancar un motor de inducción de potencia considerable

Curvas características

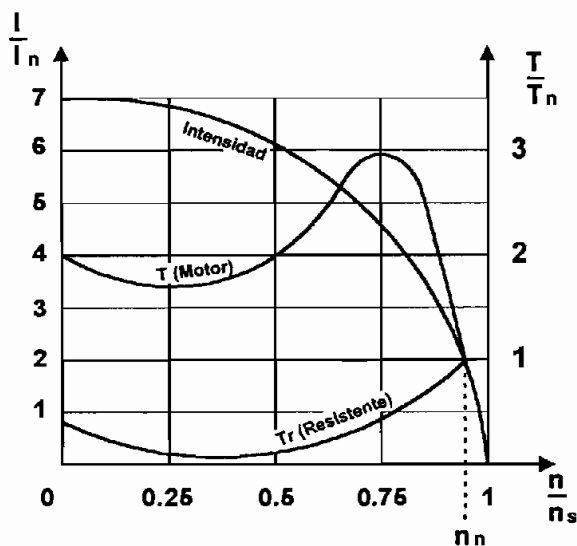


Fig. 2.2.- curvas de corriente y torque para arranque directo en función de la velocidad

Ventajas y desventajas

Entre las ventajas se tienen que es un arrancador muy sencillo y económico, el torque de arranque elevado, el tiempo de arranque corto.

La desventaja es que tiene una corriente de cresta elevada que provoca una caída de tensión dañina para la red y el arrancador.

Aplicaciones

Este tipo de arranque se puede aplicar en motores de potencias relativamente pequeñas, limitándose su aplicación a motores cuyas potencias sean compatibles con la red y de acuerdo con las regulaciones emitidas por la Empresa Distribuidora de Energía Eléctrica y en máquinas que no necesiten una aceleración gradual.

Diagrama y Dimensionamiento

En la figura 2.3 se muestra el diagrama de un arrancador directo que está constituido por un contactor C1, un relé térmico R1 y la protección F1.

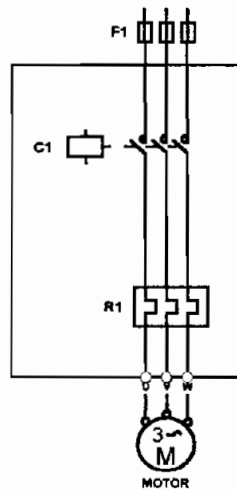


fig. 2.3 diagrama del arrancador directo

Para dimensionar los elementos que constituyen el arrancador directo lo fundamental es conocer la potencia nominal del motor y el voltaje al cual funcionará este.

El contactor C1 se elige según la corriente nominal del motor y debe ser capaz de maniobrar el motor incluso con una intensidad nominal más elevada. El sistema de protección (fusible F1 y relé térmico R1) tienen que soportar la corriente pico de arranque.

En el caso de arranque directo los polos del contactor y los circuitos principales del relé térmico de protección se encuentran conectados directamente a los conductores de alimentación, como se puede ver en la Fig.2.3 y son recorridos por la corriente nominal del motor. El relé de protección debe ajustarse, por ello, a dicha corriente.

El contactor se elige según la corriente nominal de empleo (I_n) para la categoría de empleo correspondiente, en este caso, en categoría de empleo AC-3 que de acuerdo a la norma CEI 17-3 o IEC 158-1 corresponde al arranque y frenado motores jaula de ardilla. La interrupción de la corriente se efectúa con el motor en funcionamiento, por lo que se debe tener en consideración la tensión inducida en las conexiones de potencia del contactor, la que puede llegar a ser un 15 a 30% de la tensión nominal. Se debe notar que en la fase de arranque, el contactor debe soportar una corriente de aprox. 6 a 8 veces la corriente nominal.

2.3 ARRANQUE ESTRELLA-TRIÁNGULO.

Otro de los métodos de arranque a tensión reducida es el arranque estrella-triángulo, que es el método más simple para reducir la corriente de arranque del motor. Este procedimiento puede emplearse en todos los motores de inducción que, en régimen normal, deban estar conectados en triángulo.

Los arrancadores estrella – triángulo pueden arrancar motores trifásicos que tengan 6 terminales y que estén previstos para conexión en triángulo a la tensión de la red, este tipo de arranque se obtiene conectando el motor en estrella en el arranque y conectando a triángulo al final de la aceleración.

El arranque estrella – triángulo debe ser empleado para arrancar motores de preferencia en vacío o máquinas con un torque resistente bajo y constante, o ligeramente creciente, puesto que el torque de arranque es bajo.

El cambio de estrella a triángulo debe realizarse cuando la velocidad del motor se ha estabilizado a un valor próximo a la velocidad nominal. Como se puede ver en la figura 2.4 la transición de estrella a triángulo se hace cuando n/n_s es aproximadamente 0.9 la corriente de arranque será algo más de tres veces la corriente nominal y el torque será 2.5 veces el torque nominal.

Un torque de carga (como en el caso de máquinas con características centrífugas) provoca muy rápidamente una estabilización a una velocidad muy

baja y consecuentemente una corriente de cambio muy alta, anulando los efectos de este tipo de arranque.

El torque de arranque y la corriente de arranque se reducen en un 33% con respecto a los valores de un arrancador a plena tensión (arrancador directo)

$$I_{\text{arranque}} = I_{\text{máxima}} / 3$$

$$T_{\text{arranque}} = T_{\text{máximo}} / 3$$

Curvas características

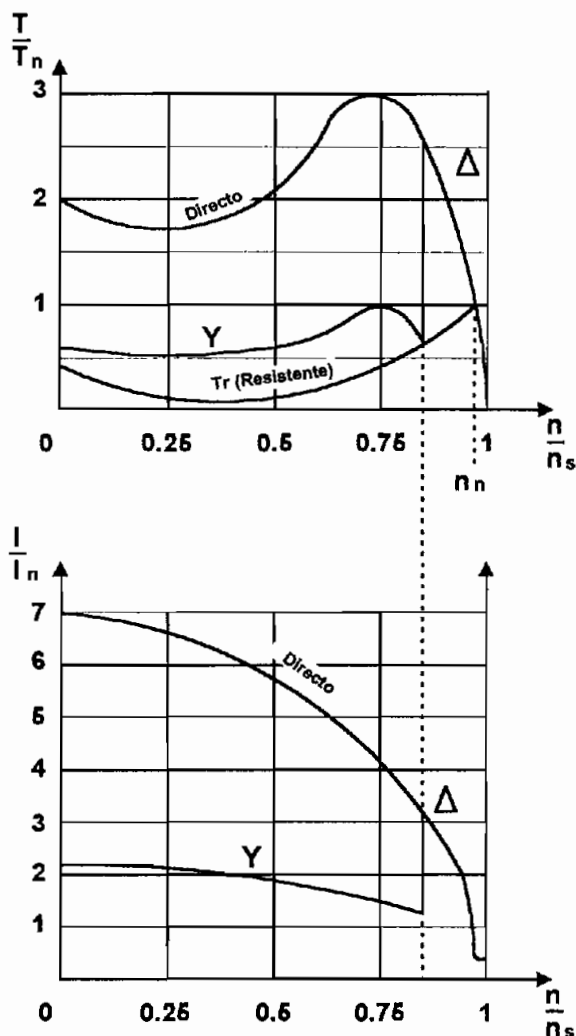


Fig. 2.4.- Curvas de Corriente y torque para el arranque estrella triángulo

CONEXIÓN Y PROCESO DE CONMUTACIÓN

Al inicio del arranque, en los arrollamientos del motor conectados en estrella, se aplica la tensión de red. El torque y la corriente de arranque alcanzan con esta conexión aproximadamente el 30% de los valores correspondientes a la conexión en triángulo. Tan pronto como el motor, conectado en estrella, ha alcanzado casi su velocidad nominal, sus arrollamientos se conmutan a triángulo.

Para arranque estrella-triángulo son recomendables los motores con torque de arranque elevado, ya que éste debe ser suficientemente mayor que el torque resistente de la carga, para alcanzar la velocidad nominal durante la fase de estrella.

En el instante de la conmutación de estrella a triángulo se produce un impulso de corriente cuya magnitud depende básicamente del tiempo en que se hace la conmutación y de la velocidad que ha alcanzado.

En la figura 2.4 se puede ver al final de la curva de corriente marcado como Y que el motor alcanza en la primera fase casi su velocidad nominal. El impulso de la corriente de conmutación se muestra con la curva marcado como Delta.

Esta conmutación se hace de forma automática (raras veces a mano) mediante un relé temporizado ajustado al tiempo de maniobra necesario para que el motor pueda desarrollar la velocidad y torque de arranque de acuerdo al torque resistente.

Entre la apertura del contactor estrella y el cierre del contactor triángulo debe existir una pausa suficiente para que se extingan de forma segura los arcos de desconexión del contactor estrella antes de que conecte el contactor triángulo. En caso de una conmutación demasiado rápida se produce un cortocircuito a través de los arcos de desconexión en este caso el fusible se funde y desconecta la instalación

Por el contrario, en caso de una pausa de conmutación demasiado larga, la velocidad del motor, puede disminuir demasiado, según sea el torque resistente con lo que el impulso de la corriente de conexión en triángulo sería inadmisiblemente grande y resultaría sin objeto el arranque estrella-triángulo, puesto que resultaría un arranque directo en conexión triángulo.

Una pausa de conmutación suficientemente larga entre la apertura del contactor estrella y el cierre del contactor triángulo se puede realizar de distintas formas:

1. Mediante el uso de un relé temporizado neumático o electrónico con un tiempo de retardo en la conmutación de alrededor de 50 ms.
2. Con contactores auxiliares, si el contactor triángulo se conecta a través de un contactor auxiliar (p.e. en caso de tensiones de mando muy bajas). no es necesario prever en el relé temporizado ningún retardo en la conmutación. Una pausa de conmutación suficientemente larga se obtiene por la suma de los tiempos de conexión de los contactores auxiliares y triángulo.

Para evitar los errores en los tiempos de conmutación se puede emplear también la conexión estrella-triángulo sin interrupción.

Ventajas y desventajas

Como ventaja se tiene que la corriente de arranque se reduce a un tercio del valor del arranque directo. Pero hay que anotar que su torque de arranque también es bajo.

Además, se debe tomar en cuenta que se producen corrientes transitorias elevadas en el momento de la conmutación estrella –triángulo que tienen las mismas características negativas que un arranque directo.

Aplicaciones

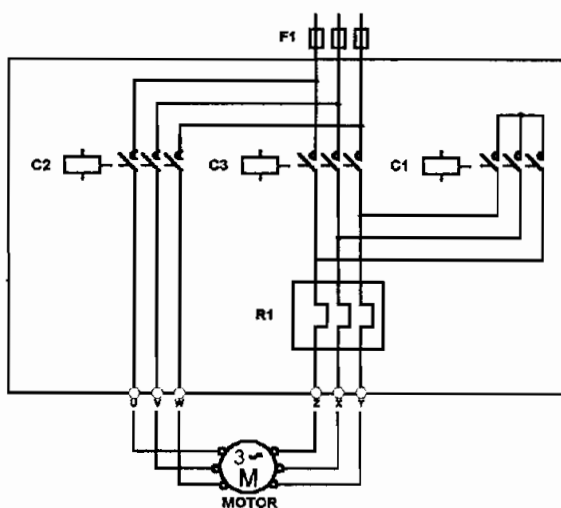
Este tipo de arranque se usa en máquinas donde el torque de la carga durante la aceleración es muy baja y en general en herramientas, compresores con arranque en vacío, grupos convertidores, máquinas para madera y para todas las máquinas que arrancan en vacío.

Diagrama y Dimensionamiento

Como se puede ver en la figura 2.6, los arrancadores estrella triángulo están contruidos por 3 contactores C1, C2 y C3, un relé térmico R1 un temporizador y un fusible de protección F1. Tanto los contactores C2 Y C3 como el relé térmico

R1 están colocados en una de las ramas de alimentación del motor y por ellos pasa una corriente igual al 58 % de la corriente nominal del motor . El contactor C1 sirve solamente para la transición y este se dimensionará con el 34% de la corriente nominal.

La protección F1 está conectado directamente a la red y soportará la corriente nominal; por lo que se debe dimensionar para el 100% de la corriente nominal del motor.



Figuras 2.6.- Diagrama Arranque Estrella-Triángulo

En el cambio de estrella a triángulo hay que evitar el corto circuito, para esto se debe insertar un corto retardo en el cierre del contactor considerando diferentes factores: tiempo de aceleración de la máquina, potencia de la máquina, tiempo de cerrado de los contactores utilizados, etc.

El dimensionamiento que se hizo anteriormente es válido para un tiempo de arranque máximo de 15 segundos y 12 arranques por hora. En caso de arranque difícil o mayor frecuencia de maniobras es necesario elegir contactores C2 , C3 y a veces también C1, de mayor tamaño.

Igualmente, es necesario verificar la endurancia eléctrica de los contactores, sobre todo del contactor estrella. Si, por ejemplo, la conmutación se realiza con una velocidad demasiado baja, el contactor estrella debe desconectar una intensidad múltiplo de la nominal. Con ello su endurancia eléctrica se reduciría fuertemente..

2.4 ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR

Un arrancador por autotransformador permite el arranque de motores de inducción con corriente de arranque reducida, ya que la tensión aplicada durante el arranque es también reducida

Al contrario que en el arranque estrella-triángulo, en este tipo de arranque solo se necesitan tres conductores de alimentación y tres bornes de conexión del motor.

Durante el arranque, el motor está conectado a los bornes del autotransformador. El motor arranca con la tensión reducida del transformador y con una corriente correspondiente más pequeña. De esta forma la corriente de línea se reduciría según el cuadrado de la relación de transformación del transformador; pero la reducción suele ser bastante mayor debido a las pérdidas relativamente elevadas del transformador. En cambio, el torque motor disminuye de forma cuadrática con la tensión en los arrollamientos. Los autotransformadores suelen tener tres tomas en cada fase con objeto de que se pueda adaptar la característica de arranque del motor a las condiciones de arranque.

$$I_{\text{arranque}} = I_{\text{máxima}} \left(V_{\text{arranque}} / V_{\text{nominal}} \right)^2$$

$$T_{\text{arranque}} = T_{\text{máximo}} \left(V_{\text{arranque}} / V_{\text{nominal}} \right)^2$$

Curvas Características

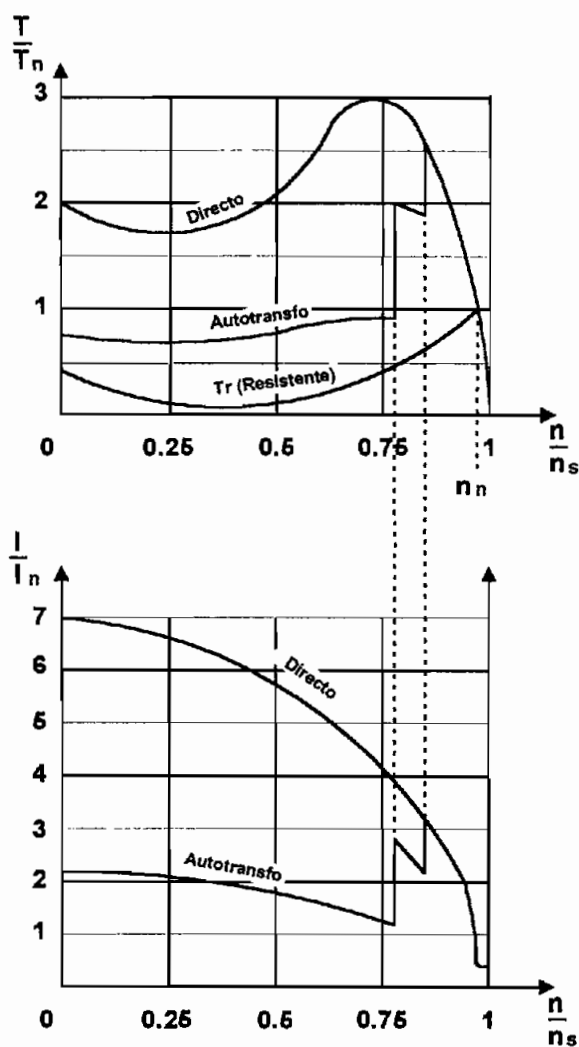


Fig.2.7 Curvas de torque y corriente para el arranque por auto transformador

Ventajas y desventajas

Entre las ventajas que presenta este tipo de arranque se tiene:

- Es posible establecer el torque de arranque y el número de cambios de aceleración. (el torque puede variar entre el 0.5 y el 0.7 del torque máximo y los cambios generalmente se hacen en dos tiempos.

- La corriente de arranque disminuye en la misma proporción que el torque de arranque.
 - El paso de una aceleración a otra se hace sin interrupción.
- Como desventaja se tiene que es un arrancador costoso para motores de potencias sobre los 50 HP.

Aplicaciones

Este tipo de arranque se aplica en compresores rotativos y a pistón, bombas, ventiladores, en todos los casos en que los cuales hay que limitar la corriente de arranque conservando el torque.

Diagramas y dimensionamiento

El autotransformador tiene que seleccionarse cuidadosamente en función del tiempo de arranque y del número de ciclos por hora.

En el momento del arranque, el motor está conectado al transformador AT1, como se puede ver en la figura 2.8,. El contactor del transformador C2 y el contactor estrella C1 están conectados al motor, por lo tanto el motor arranca con la tensión reducida que se aplica al transformador. Cuando el motor alcanza entre el 80 al 95% de su velocidad nominal, (este valor depende de la reducción que se dará al impulso de corriente durante la conmutación) se desconecta el contactor de estrella C1 y los arrollamientos del transformador actúan como reactancias.

El motor queda conectado a la tensión de red, reducida por las reactancias, y su velocidad no disminuye.

A través de un contacto auxiliar del contactor estrella conecta el contactor de línea C3 y el motor queda conectado a la plena tensión de red. El contactor de línea C3 desconecta a su vez el contactor de transformador C2. La totalidad del proceso tiene lugar sin interrupción de la corriente del motor.

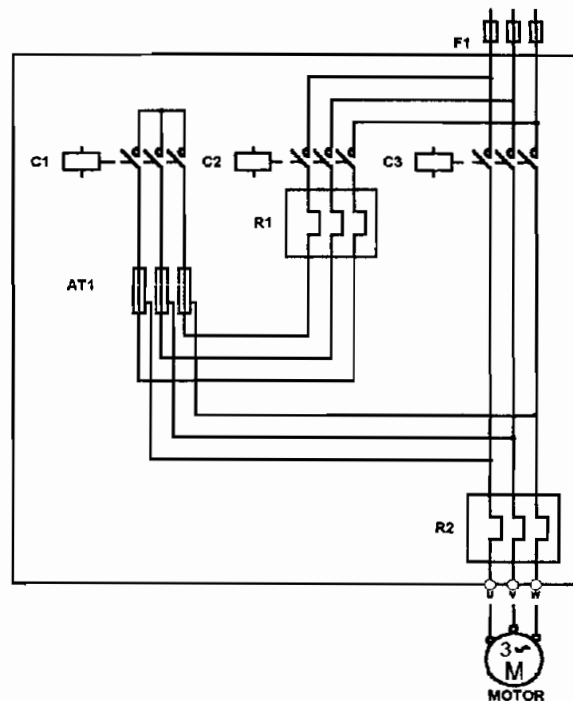


figura: 2.8.- Diagrama del Arranque por Autotransformador

El C3 es el contactor de trabajo o de línea, este se elige según la intensidad nominal de empleo del motor I_n .

El contactor del transformador C2 y el contactor estrella C1 solo están conectados durante el arranque. Sin embargo no pueden elegirse según la carga temporal admisible correspondiente ya que debe tener un poder de corte suficiente por si se produce una desconexión accidental durante el arranque y por otra parte, porque el contactor estrella se desconecta en cada arranque durante la conmutación.

Se tienen también 2 relés térmicos de protección, el R1 para el autotransformador y el R2 para el motor.

El arrancador debe permitir dos arranques a partir del estado frío con un intervalo del doble del tiempo que dura el arranque t_A . Esto es valido también para el dimensionado del auto transformador.

En la tabla 2.1 se indican los factores que se usan para el dimensionado de los contactores según los valores en categoría de empleo AC-3 .

TABLA 2.1 DIMENSIONADO DE LOS CONTACTORES PARA UN ARRANQUE POR AUTOTRANFORMADOR

Contactor	Dimensionado según			
	$t_A =$	10 S	10 S	25 S
Para arranque	$I/I_n =$	6	8	8
Contactor de línea C3		I_n	I_n	I_n
Contactor de Transformador C2				
Escalón 80%		$0,65 I_n$	$0,8 I_n$	$1,2 I_n$
Escalón 65%		$0,45 I_n$	$0,55 I_n$	$0,8 I_n$
Escalón 50%		$0,30 I_n$	$0,37 I_n$	$0,55 I_n$
Contactor estrella C1		$0,45 I_n$	$0,55 I_n$	$0,55 I_n$
Relé Térmico R1		I_n	I_n	I_n
Frecuencia de maniobras man/h		30	30	12

I_n Intensidad nominal de empleo del motor

t_A Tiempo de arranque del motor

2.5 ARRANQUE POR REACTANCIAS

A través de reactancias conectadas en serie se reduce la tensión en bornes del motor y con ello, la intensidad de arranque.

La resistencia del motor en reposo es pequeña. En el arranque por reactancias una gran parte de la tensión de red queda aplicada en las reactancias conectadas en serie, con lo que el torque de arranque del motor se reduce

considerablemente. A medida que aumenta la velocidad sube la tensión en bornes del motor y aumenta también el torque del motor. Cuando el motor está acelerado las reactancias son cortocircuitadas por el contactor de línea C2 y desconecta el contactor de arranque C1 de la figura 2.10.

$$I_{\text{arranque}} = I_{\text{máxima}} \left(\frac{V_{\text{arranque}}}{V_{\text{nominal}}} \right)$$

$$T_{\text{arranque}} = T_{\text{máximo}} \left(\frac{V_{\text{arranque}}}{V_{\text{nominal}}} \right)^2$$

Curvas Características

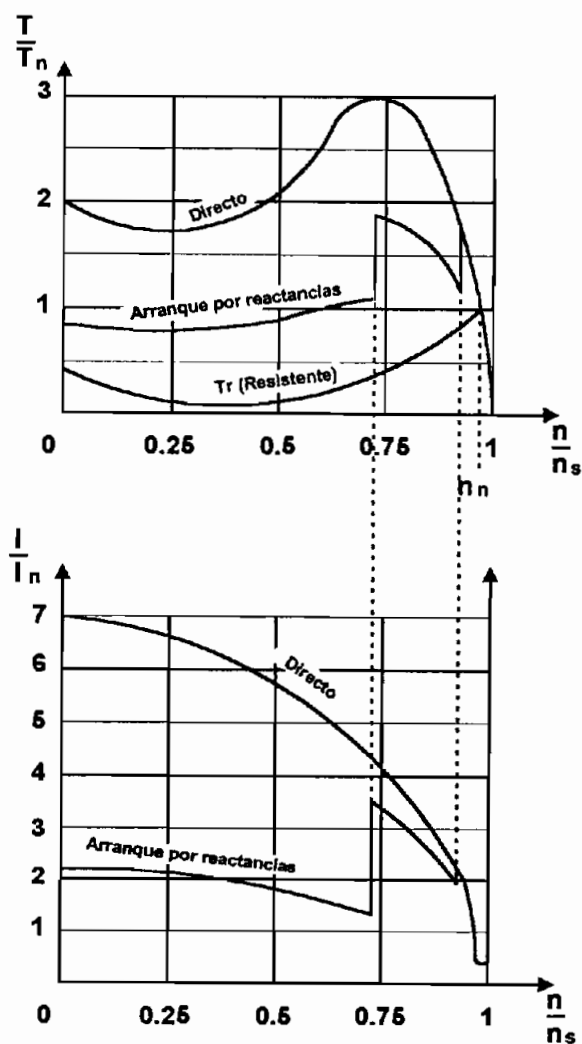


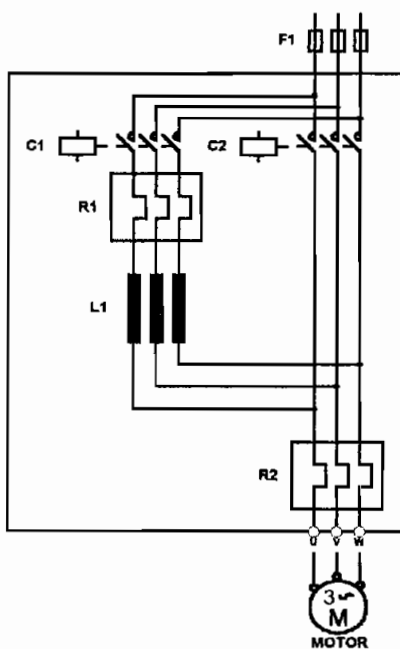
Fig. 2.9 .- Curvas de Torque y Corriente para arranque por reactancias

Diagrama y dimensionamiento

La inductancia necesaria de las reactancias depende del par de arranque o de la intensidad de arranque admisible y se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$L_1 = \frac{V_n}{2 \pi f \sqrt{3}} \left[\frac{1}{I_{A1}} - \frac{1}{I_A} \right]$$

Donde: L_1 es la inductancia de la reactancia, I_{A1} Corriente de arranque admisible, I_A es la corriente de arranque en directo, v_n es el voltaje nominal



Figura; 2.10.- Diagrama del arranque por reactancias

Las reactancias están cargadas solo durante el tiempo de arranque (servicio temporal) esto deberá tomarse en cuenta para su dimensionamiento.

Este tipo de arranque, según se muestra en la figura 2.10 está compuesto por dos contactores C1 que es el contactor de arranque y que se dimensiona para $0.6 I_n$, C2 es el contactor de línea y se debe dimensionar para la corriente nominal del motor.

El contactor de arranque C1, debe conectar la intensidad de arranque, conducir durante el tiempo de arranque (servicio temporal), y poder desconectar en caso de una interrupción eventual durante el arranque.

También se tienen dos relés térmicos, R2 para protección del motor y debe dimensionarse para la corriente nominal del motor y R1 para protección de la reactancia L1.

Ventajas y desventajas

Es posible establecer el torque de arranque que varia desde 0.3 hasta 0.5 el torque máximo.

Se puede establecer el número de cambios de aceleración que normalmente será en dos tiempos.

Pasa de un valor a otro de aceleración sin interrupción.

La corriente de arranque es elevada, comparando con el torque de arranque.

Existe un consumo de energía durante el arranque.

Aplicaciones

Compresores Centrífugos , bombas, y cargas que tengan un bajo creciente con la aceleración.

2.6 ARRANQUE POR RESISTENCIAS

El arranque de un motor se puede también realizar conectando una resistencia exterior al rotor, este método se aplica a motores de rotor bobinado, puesto que en un motor de jaula de ardilla no existe la posibilidad de variar la resistencia del rotor.

Con este método se puede regular el torque de arranque del motor, el mismo que puede llegar hasta el torque máximo.

Al conectar la resistencia en serie con la resistencia del rotor se limita la corriente en el rotor y se consigue un torque más elevado durante el arranque y la corriente de línea se reduce considerablemente.

Características de Arranque

En el momento de arranque el deslizamiento es igual a uno, el torque desarrollado por el motor se determina de acuerdo a la ecuación (1.16) en función del voltaje aplicado y a la resistencia y reactancia del rotor. Suponiendo que el voltaje aplicado al estator es constante, el torque es función de la resistencia y reactancia del rotor en reposo.

Durante el arranque, cuando se inserta una resistencia variable conectada al rotor, aumentará la resistencia, por lo tanto aumentará la impedancia total y se reducirá la corriente de arranque y aumentará el torque de arranque.

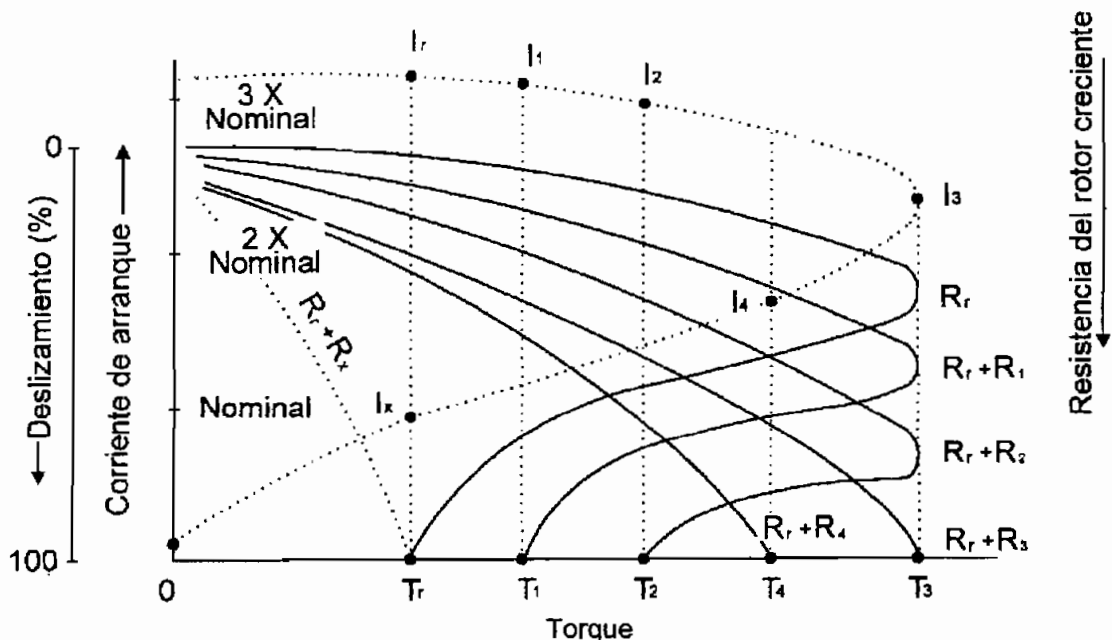


Figura 2.11 Curvas de torque- deslizamiento, con variación de la resistencia del rotor

En la figura 2.11 se muestra una familia de curvas de torque – deslizamiento para diversos valores de resistencia del rotor donde R_r es la resistencia propia del rotor y R_1, R_2, R_3, \dots son las resistencias exteriores.

En la figura 2.12 se puede ver que a medida que se aumenta la resistencia del rotor, el deslizamiento aumenta, con el fin de mantener el mismo torque.

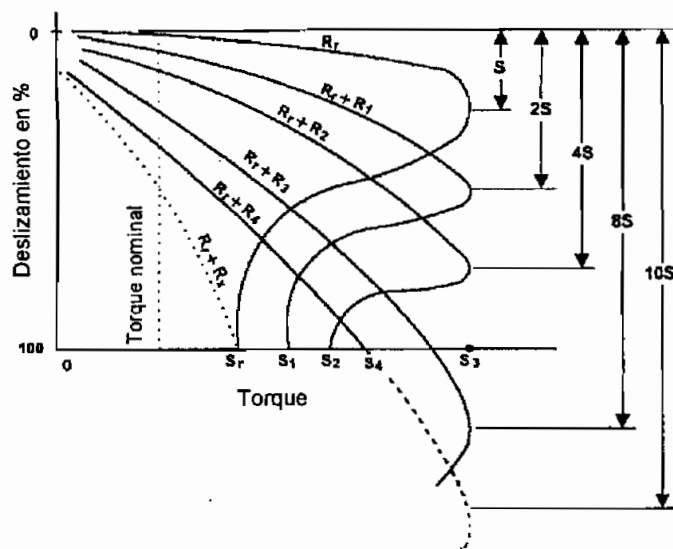


FIGURA 2.12 Curva de deslizamiento en función del torque

Ventajas y Desventajas

Con este método de arranque es posible aumentar el torque de arranque, hasta el torque máximo y simultáneamente se reduce la corriente. Adicionalmente, este método se puede usar como método de variación de velocidad, para velocidades por debajo de la velocidad de sincronismo.

2.7 ARRANQUE DE ESTADO SÓLIDO – ARRANQUE SUAVE

En los tipos de arranque analizados anteriormente se presentan inconvenientes, como picos de corriente, consumo notable de energía durante el arranque y desgastes mecánicos; para optimizar los valores de corriente y torque de arranque, existe la posibilidad de utilizar los arrancadores de estado sólido que se denominan también arrancadores suaves.

Este tipo de arrancador comanda motores de inducción de corriente alterna variando el voltaje aplicado al estator del motor, este voltaje aumenta progresivamente con el fin de disminuir la corriente de arranque y tener control del torque de arranque.

El voltaje que alimenta al motor se gradúa a través de un circuito construido por 6 tiristores armados en antiparalelo de acuerdo al momento y al ángulo de inserción de los tiristores que permite el paso de un voltaje que aumenta progresivamente hasta el valor nominal en un tiempo programado.

Este tipo de arranque permite tener control sobre el voltaje, y también se aplica para arrancar y frenar motores trifásicos de inducción de corriente alterna. Además se puede programar la rampa de aceleración y desaceleración.

Durante el arranque permite arrancar en forma gradual sin interrupciones, se reduce la caída del voltaje en la red y la corriente de arranque también disminuye. En el paro, permite tener un paro gradual.

Entre las principales características del arrancador suave se tiene:

Aceleración con corriente de arranque reducida.

Arranque y paradas suaves sin tensión mecánica ni desgaste, y a través de una señal externa .

Los tiempos de aceleración y desaceleración son ajustables según parámetros de tiempo fijados.

El circuito de potencia esta comandado por un microprocesador.

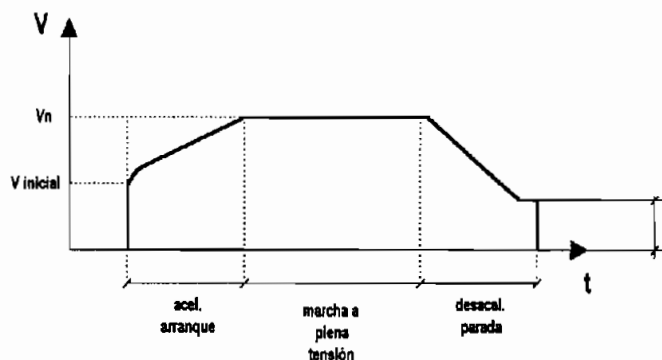
Arranque con corriente limitada a un cierto valor ajustable (control de corriente)
 Reducción de voltaje antes de una parada suave.

Funcionamiento

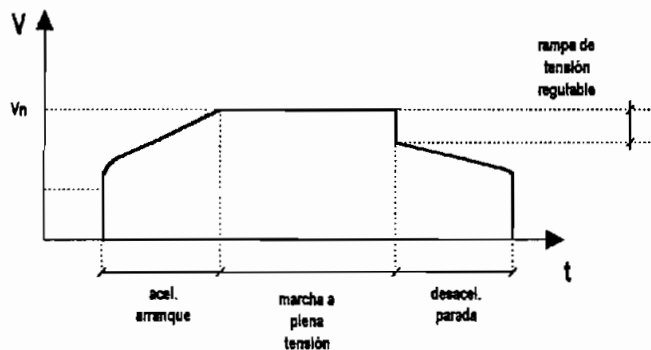
A continuación se describen las funciones de este tipo de arrancador.

Rampa de Voltaje

- Arranque a rampa de voltaje: En el arranque, el voltaje inicial aplicado al motor crece según una rampa de duración preestablecida, a partir de un valor inicial regulable.
- Paro progresivo a rampa de voltaje: el voltaje de salida disminuye según una rampa preestablecida hasta un valor mínimo, alcanzado el valor al cual el arrancador se apaga, esto se muestra en la figura 2.13 a.
- La rampa de parada puede estar precedida por una reducción de la tensión similar a una rampa regulable como se muestra en la figura 2.13 b



a)



b)

fig.2.13 arranque suave con rampa de voltaje

Rampa De Corriente

También es posible predisponer el arrancador suave para el funcionamiento con límite de corriente, esto significa que durante la fase de aceleración el voltaje de salida se incrementa controlando que la corriente se mantenga dentro de un valor preestablecido. Para esto la corriente sube desde un valor programado en forma lineal hasta el valor máximo programado.

La corriente se mantiene en el valor fijado y al final del arranque toma su valor nominal, esto se muestra en la figura 2.14

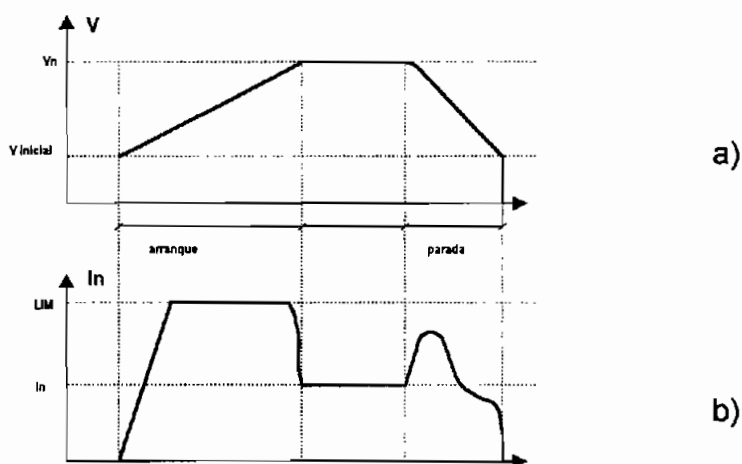


Fig. 2.14.- Curvas de funcionamiento de un arrancador suave con límite de corriente

Otra versión de un arrancador digital de tipo suave es el que además de tener control de voltaje tiene también monitoreo de corriente que es necesario para el arranque de máquinas para un alto torque de arranque en el cual se requiere una inyección temporal de corriente para superar el punto crítico, esto se muestra en al figura 2.15

El arrancador suave puede suministrar un pico de voltaje ajustable por un determinado tiempo con el fin de poder vencer las condiciones adversas en el arranque.

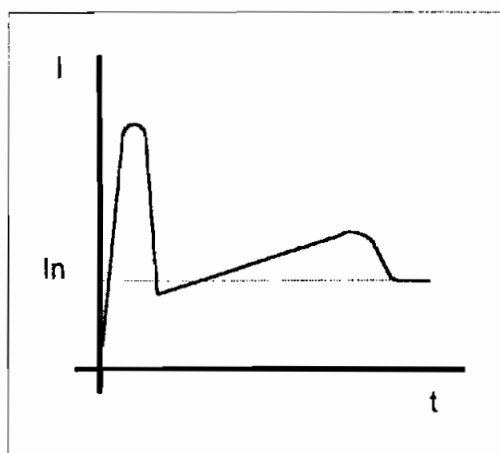


Figura 2.15 Curva de funcionamiento de un arrancador suave con monitoreo de corriente

Aplicaciones

Este tipo de arrancador tiene aplicaciones muy diversas como: en ventiladores, bombas centrífugas y a presión, compresores, máquinas textiles, sistema de correas transportadoras, molinos, picadoras, batidoras, elevadores, máquinas de corte, tornos, prensas.

Entre las aplicaciones mas específicas se pueden anotar:

- Máquina con arranques largos o alto nivel de inercia, permite limitar la corriente o incrementarla de acuerdo a un cierto diseño de rampa
- Máquinas para las cuales es necesario evitar sacudidas durante la aceleración o desaceleración. Este arrancador se utiliza para no dañar la producción o para reducir el desgaste de las piezas mecánicas, por ej. máquinas textiles, líneas de transferencia, etc.
- Máquinas para las cuales es necesario limitar la corriente de arranque y se requiere una desaceleración suave. Por ej. sistemas de bombeo con problemas de golpe de ariete.
- Máquinas con operaciones frecuente

Ventajas y Desventajas

Entre las múltiples ventajas de este tipo de arrancador se pueden anotar: reducción en el flujo repentino de la corriente de entrada, reducción en la caída del voltaje de línea, arranques y paradas suaves sin discontinuidad, reducción en la tensión mecánica, además incluye protección completa del motor y flexibilidad en el control, permite tener un diagnóstico e indicación de parámetros.

Adicionalmente, este tipo de arrancador tiene incluidas muchas protecciones programables, entre ellas tenemos:

Protecciones de sobrecarga del motor (tiempo inverso, memoria térmica), desbalance de corriente, falla de fase, carga mínima recalentamiento.

Protección para los arranques suaves contra anomalías en la línea, sobrecorriente instantánea, recalentamiento de los componentes de potencia.

Bloqueo de la unidad en caso de falla del breaker de protección.

La desventaja es que, debido a su diseño y construcción, contamina la red introduciendo armónicos que pueden afectar al funcionamiento de otros equipos conectados a la red.

CAPITULO 3

CONTROL DE VELOCIDAD Y FRENADO DE MOTORES DE INDUCCIÓN

3.1 METODOS DE CONTROL DE VELOCIDAD

La mayoría de las aplicaciones industriales necesitan motores de inducción de velocidad fija, siendo los más comunes los motores de 1800 rpm y 3600 rpm.

En el campo de la velocidad fija, se pueden encontrar otros tipos de aplicaciones para velocidades entre 600 rpm y 1800 rpm. Estas necesidades pueden ser cubiertas con motores de inducción de un mayor número de polos .

La optimización de los procesos productivos requieren de velocidades variables , para esto es necesario utilizar conjuntos de poleas, engranajes o cajas reductoras.

Como se analizó en el capítulo 1 ecuación (1.3) la velocidad de un motor es función directa del número de polos, de la frecuencia aplicada y del deslizamiento, por lo tanto las formas de cambiar la velocidad del motor de inducción son:

- Cambiando el número de polos tanto del estator como del rotor
- Cambiando la frecuencia aplicada al estator.
- Variando el deslizamiento, esto se consigue variando el voltaje de alimentación del motor o variando la resistencia del rotor.

También se puede variar la velocidad de un motor de inducción teniendo control sobre la frecuencia, el voltaje y la corriente, esto es:

- Controlando el voltaje y la frecuencia
- Controlando la corriente
- Controlando el voltaje, corriente y frecuencia

3.1.1 CONTROL DE LA VELOCIDAD POR EL CAMBIO DE NÚMERO DE POLOS.

Existen varias formas de cambiar el número de polos de un motor de inducción entre ellas se tienen:

- El método de los polos consecuentes.
- Estatores con devanados múltiples.

METODO DE POLOS CONSECUENTES.

Este método se basa en el hecho de que el número de polos del devanado del estator se puede cambiar en una relación de 2:1 mediante modificaciones en las conexiones de las bobinas.

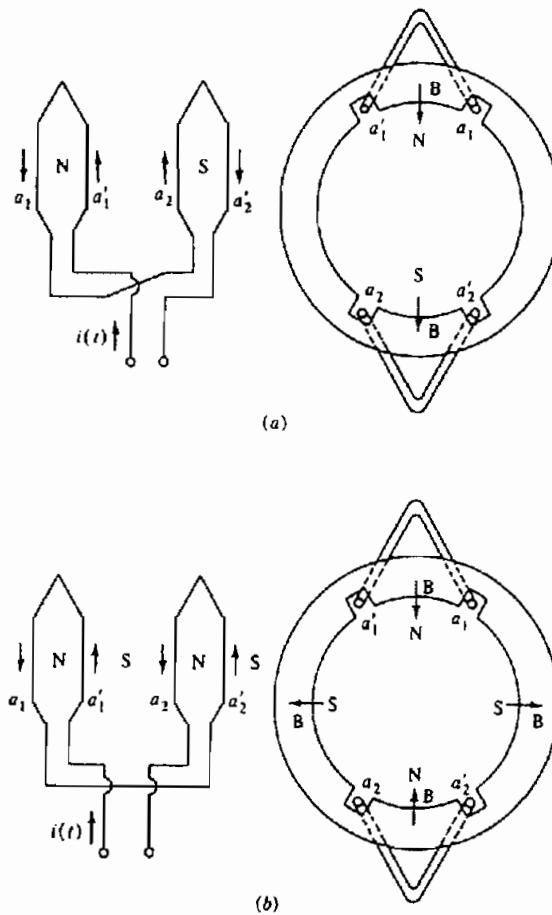


FIGURA 3.1 Motor con devanado para cambio del número de polos

En la figura 3.1 (a) se muestra la corriente en una fase del devanado del estator en operación normal y en un instante de tiempo.

El campo magnético B sale del polo norte (parte superior) y entra en el polo sur (parte inferior) por lo tanto este devanado produce dos polos magnéticos en el estator.

Si se invierte la dirección de la corriente en el devanado de la parte inferior de la figura 3.1 (b), el campo magnético cambia de dirección y ambos devanados quedan como polo norte y el flujo magnético retorna al estator por los puntos intermedios entre las dos bobinas, produciendo un par de polos consecuentes de tipo sur, obteniendo de esta manera un estator de cuatro polos magnéticos, es decir el doble de los que tenía antes.

El rotor de este motor debe ser de jaula de ardilla ya que por inducción se crean en él tantos polos como los que tenga el estator y se puede adaptar cuando se cambie el número de polos del estator.

En la figura 3.2 (a), (b) y (c) se muestran las posibles conexiones de las bobinas del estator de un motor con cambio del número de polos, en la tabla que se encuentra debajo de cada diagrama se explica claramente como se deben agrupar los terminales de bobina tanto para velocidad baja como para velocidad alta.

En la figura 3.2 (d) se tiene la curva característica torque – velocidad para velocidad alta y dependiendo de la conexión que se haga, (a), (b) o (c), se tienen tres casos cuando el motor se reconecta para que pase de dos a cuatro polos, esto es de velocidad alta a velocidad baja:

- 1) El torque resultante puede ser el mismo si se trata de una conexión de torque constante, esto se puede ver en la curva característica torque – velocidad (a)

- 2) El torque puede ser el doble del valor que tenía antes si se trata de una conexión de potencia de salida constante, curva característica torque – velocidad (b)
- 3) El torque puede ser la mitad del valor que tenía antes si se trata de una conexión de torque variable, curva característica torque – velocidad (c)

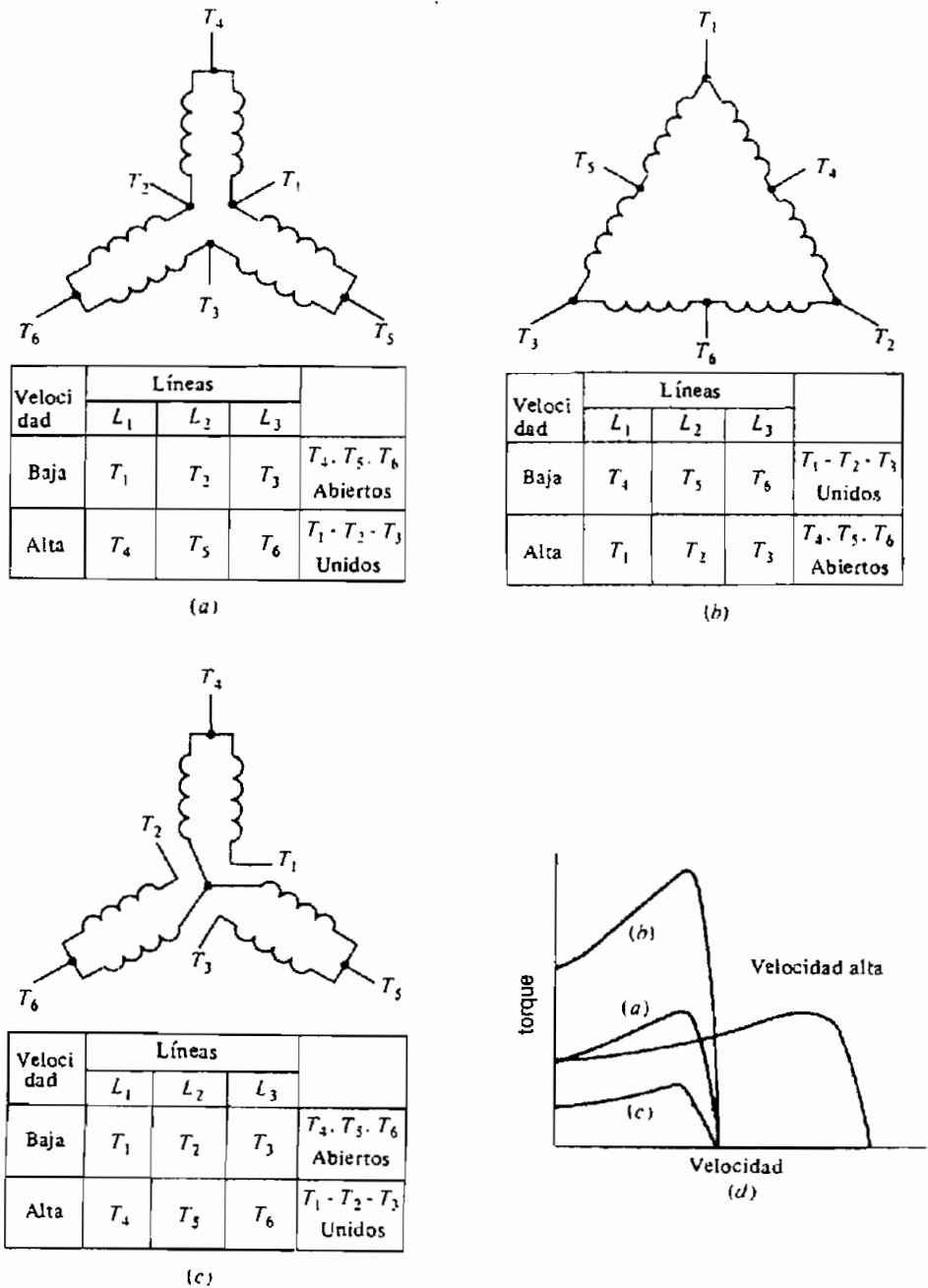


FIGURA 3.2.-Conexiones de las bobinas del estator con cambio del número de polos

La desventaja de controlar la velocidad por este método es que la velocidad debe estar en relación 2:1 . Para superar esta limitación se utilizan los devanados múltiples en el estator.

ESTATOR CON DEVANADOS MULTIPLES.

Son motores de construcción especial que tienen el estator devanado y están diseñados con diferentes números de polos en donde se energizan solo uno de ellos a la vez. Por ejemplo un motor puede devanarse con dos arrollamientos, el uno para cuatro polos y el otro para seis polos, así cuando se energiza el motor su velocidad puede cambiar de 1800 rpm a 1200 rpm solamente aplicando tensión a uno u otro conjunto de bobinas.

Es posible combinar los dos métodos, el de polos consecuentes y devanados múltiples con esto es posible obtener 4 velocidades independientes. Para cuatro y seis polos, en un motor alimentado con 60Hz, pueden tener velocidades de 600, 900, 1200, y 1800 rpm.

Estos motores por ser de construcción especial son costosos y adicionalmente esta técnica se aplica a motores de pequeñas potencias.

3.1.2 CONTROL DE LA VELOCIDAD POR EL CAMBIO DE LA FRECUENCIA APLICADA AL ESTATOR

Para motores de velocidad, superior a 3600 rpm, esta velocidad se obtiene con alimentaciones de frecuencia fija diferente a 60 Hz, por ejemplo 100, 200 o 400 Hz, en estos casos los motores marcharán a la velocidad n dada por la fórmula (1.1).

Este tipo de motores son de construcción especial y hay que tener en cuenta que se pueden presentar problemas debidos a: la forma de la onda de alimentación a alta frecuencia (tasa y rango de los armónicos), al aumento de las pérdidas

magnéticas en función de la frecuencia, al comportamiento mecánico de los rotores, al comportamiento de los rodamientos, lubricación, duración de vida, calentamiento, intensidad de arranque, torque de carga, inercia de la carga.

La aplicación a altas velocidades generalmente está limitada a motores relativamente pequeños.

Los motores de baja velocidad inferior a 600 rpm se obtienen con una alimentación de frecuencia fija inferior a 60 Hz, estos motores necesitan también un estudio específico que tenga en cuenta los problemas relacionados generalmente con la aplicación: en lo que se refiere al torque de carga, la inercia accionada, y con la construcción: relacionados especialmente con la ventilación del motor.

La velocidad y el torque motor de los motores pueden variar modificando la frecuencia de alimentación.

Al cambiar la frecuencia en el estator, cambia la velocidad de rotación del campo magnético y la curva torque – velocidad del motor se desplazará. Para que la corriente de magnetización no varíe, el voltaje aplicado debe reducirse en la misma proporción en que se reduzca la frecuencia, en caso contrario, la corriente de magnetización sería excesiva. Si el voltaje se cambia linealmente con la frecuencia aplicada al estator, la característica torque – velocidad cambiaría como se muestra en la figura 3.3

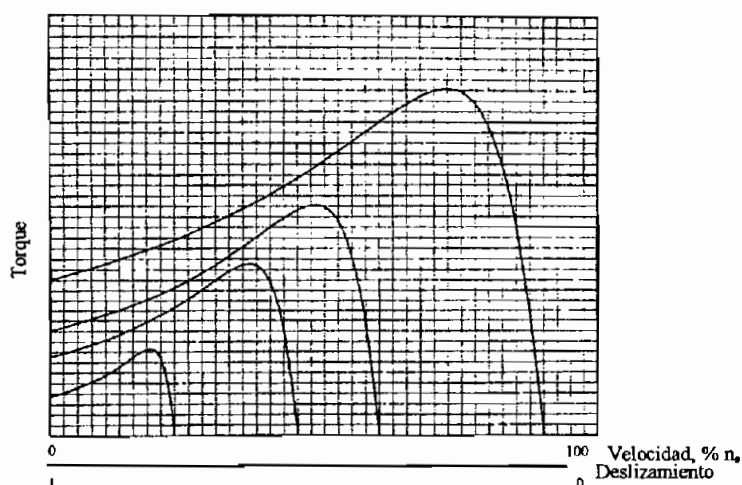


FIGURA 3.3 Característica torque – velocidad con control de velocidad, por cambio de la frecuencia en la línea

Si el voltaje se mantiene fijo en un valor especificado y se reduce la frecuencia por debajo de su valor el flujo aumenta, esto causa saturación del flujo en el entrehierro. A bajas frecuencias las reactancias se reducen y la corriente del motor puede resultar demasiado alta, es por esto que este tipo de control no se utiliza.

3.1.3 VARIACIÓN DEL DESLIZAMIENTO

En un motor de construcción dada, se puede obtener un deslizamiento diferente del deslizamiento nominal aplicado, controlando el voltaje aplicado al estator, y también variando la resistencia del rotor.

CONTROL DEL VOLTAJE DEL ESTATOR

La ecuación (1.16) indica que el torque motor es proporcional al cuadrado del voltaje de alimentación del estator y una reducción de este voltaje producirá una reducción en la velocidad.

Si el voltaje aplicado se disminuye, esto es $b \leq 1$ la ecuación de torque será:

$$T = \frac{3R_r}{s\omega_s} \frac{(bV_{1a})^2}{(R_{e1} + R_r/s)^2 + (X_{e1} + X_r)^2}$$

Donde b es un factor multiplicador que permite variar el voltaje.

En la figura 3.4 se muestra la característica torque –velocidad para varios valores de b .

Los puntos de intersección con las línea de carga definen los puntos de operación estable.

El rango de control de velocidad depende del deslizamiento correspondiente al torque motor máximo s_m . Para un motor de bajo deslizamiento el rango de variación de velocidad es muy pequeño, alrededor del 20%.

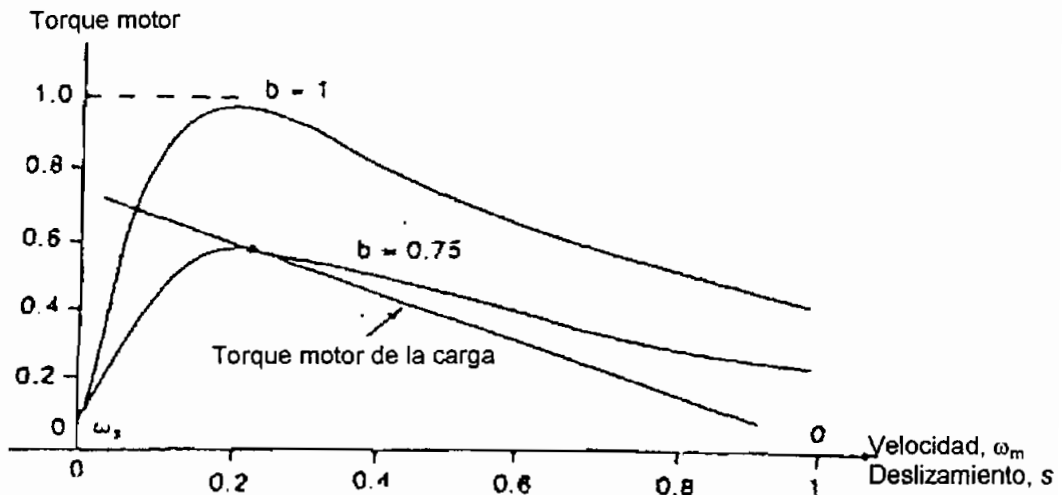


Figura 3.4 Característica torque –velocidad variando el voltaje de alimentación del estator

Es necesario reducir considerablemente el voltaje aplicado con el fin de reducir la velocidad, por esta razón la regulación de velocidad mediante este método es muy deficiente y también inestable con las variaciones de carga. Por otro lado, las corrientes del rotor y del estator aumentan al disminuir el voltaje.

Para obtener el control de voltaje del estator se utilizan controles trifásicos de voltaje en corriente alterna, estos son sencillos, pero tienen un alto contenido de armónicos y factor de potencia bajo, por esta razón se utilizan principalmente en aplicaciones de baja potencia como ventiladores y bombas centrífugas en las que el torque de arranque requerido es bajo.

CONTROL DEL VOLTAJE DEL ROTOR

El control del voltaje del rotor se consigue variando la resistencia del rotor en motores de rotor bobinado. En un motor de construcción dada, se puede conectar una resistencia externa R_x trifásica (como se muestra en la figura 3.5). Si se varía esta resistencia, puede variarse el torque motor desarrollado.

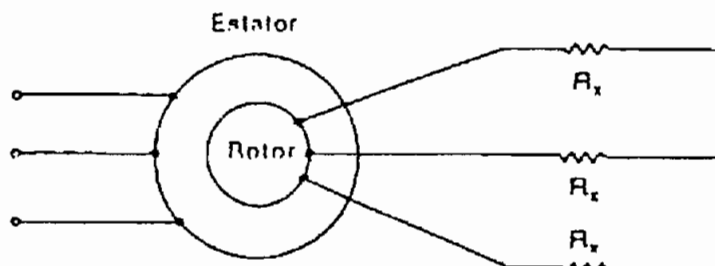


Figura 3.5 .- incremento de la resistencia del rotor

La característica torque motor – velocidad para esta conexión se muestra en la figura 3.6 e indica la influencia que produce el aumentar la resistencia del rotor y se puede ver que al cambiar la resistencia del rotor, cambiará la velocidad de operación del motor, se incrementa el torque de arranque y también limita la corriente de arranque, sin embargo al insertar resistencias en el circuito del rotor de un motor de inducción se reduce el rendimiento de la máquina, por esto se trata de un método ineficiente y si las resistencias en el rotor no son exactamente iguales, existirán desequilibrios en los voltajes y las corrientes.

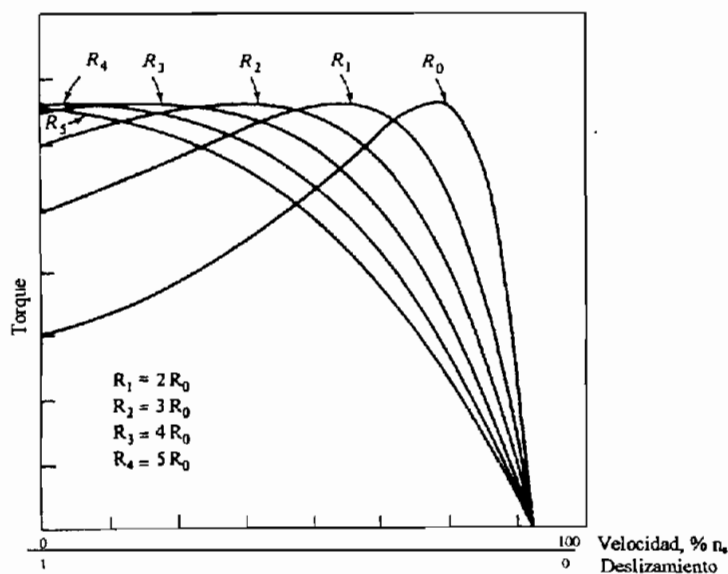


Figura 3.6 .- Característica torque – velocidad con variación de la resistencia del rotor

Un motor de inducción está diseñado para tener una baja resistencia en el rotor, de tal manera que en operación la eficiencia sea alta. Como se puede ver en la

figura 3.6, el incremento en la resistencia del rotor, no afecta al valor del torque máximo, pero aumenta el deslizamiento al cual se produce el torque máximo.

El aumento del deslizamiento se traduce en un aumento de las pérdidas Joule del rotor, por lo tanto se deben utilizar rotores especiales y utilizar estos motores en aplicaciones específicas que requieren arranques y frenados frecuentes con altos torques de arranque.

3.1.4 CONTROL DE VOLTAJE Y DE FRECUENCIA.

A esto tipo de control se lo conoce también como control Volts / Hertz.

Si se mantiene constante la relación entre voltaje y frecuencia, el flujo se conserva constante de acuerdo a la ecuación:

$\phi = V_{1a} / K_m \omega$, donde K_m es constante y depende del número de vueltas del bobinado del estator, $V_{1a} = b V_s$ y es el voltaje aplicado, el mismo que se variará de acuerdo a b .

Por otro lado, si la velocidad sincrónica correspondiente a una frecuencia especificada se conoce como velocidad base ω_b y se varía la frecuencia, la velocidad sincrónica a cualquier otra frecuencia será $\omega_s = \beta \omega_b$ donde β es un factor multiplicador que nos permite variar la frecuencia.

En la ecuación (1.18) de torque máximo se considera que la resistencia R_{e1} es pequeña en relación con otras impedancias, y de la ecuación de torque obtenemos que el torque máximo a cualquier otra frecuencia viene dado por:

$$T_m = \frac{3}{2 \omega_b (X_{e1} + X_r)} \left(\frac{V_{1a}}{\beta} \right)^2$$

Esta ecuación indica que el torque máximo es independiente de la frecuencia y se puede mantener aproximadamente constante. Sin embargo a una baja frecuencia el flujo en el entrehierro se reduce debido a la reducción de la impedancia del estator y por lo tanto se debe incrementar el voltaje para poder mantener el nivel de torque.

El deslizamiento para el torque motor máximo está dado por la ecuación:

$$S_{\max} = \frac{R_r}{\sqrt{R_{e1}^2 + \beta^2 (X_s + X_r)^2}}$$

Las características torque – velocidad con control de voltaje y frecuencia se muestra en la figura 3.7

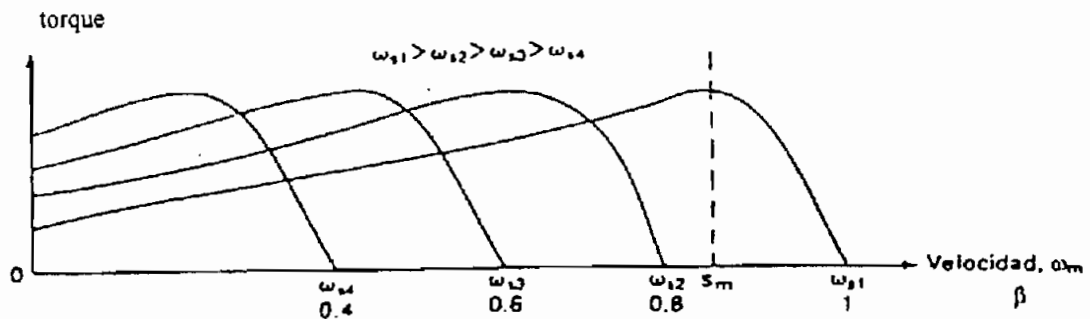


FIGURA 3.7.- Característica torque velocidad con control de voltaje y frecuencia

Si la frecuencia se reduce esto significa que β disminuye y el deslizamiento que corresponde al torque máximo aumenta

Por lo tanto, al variar tanto el voltaje como la frecuencia, es posible controlar el torque del motor y la velocidad.

Normalmente el torque del motor se mantiene constante, en tanto se varía la velocidad.

El voltaje y frecuencia variables se puede obtener mediante inversores trifásicos, es decir, cicloconvertidores.

Los cicloconvertidores se utilizan en aplicaciones de potencia muy grandes (por ejemplo, locomotoras y molinos de cemento) en las que el requisito de frecuencia es la mitad o una tercera parte de la frecuencia de línea.

Sin embargo, en velocidades bajas o altas es, conveniente añadir una ventilación forzada que mejora el enfriamiento de los motores y disminuye su nivel de ruido, respectivamente.

El uso de los motores asíncronos a velocidades elevadas (superior a 4000 rpm,) no está exento de riesgos: centrifugación del rotor, duración de vida de los rodamientos, vibraciones, saturación en alta frecuencia que implica pérdidas y calentamientos no deseados. En estos casos se debe realizar un análisis tanto mecánico como eléctrico previo del motor a utilizar.

Para un control exacto de un rango completo de velocidades, en la actualidad se cuenta con variadores de velocidad electrónicos, que además de un control preciso de la frecuencia permiten la operación en condiciones especiales de la carga como también la protección de la misma .

3.1.5 CONTROL DE CORRIENTE.

El torque motor de los motores de inducción puede controlarse variando la corriente del rotor. Se modifica la corriente de entrada, que es fácilmente accesible, en lugar de variar la corriente del rotor.

Para una corriente de entrada fija, la corriente del rotor depende de los valores de la impedancias magnetizantes y del circuito del rotor.

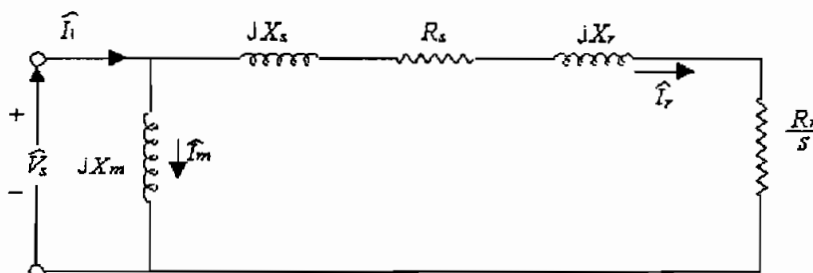


FIGURA 3.8.- Circuito equivalente aproximado

Del circuito equivalente aproximado de la figura 3.8 se tiene que la corriente del rotor es:

$$I_r = \frac{jX_m I_i}{R_s + R_r/s + j(X_m + X_s + X_r)}$$

Además se tiene que la potencia del entrehierro es:

$$P_g = 3 I_r^2 R_r / s$$

Y el torque motor desarrollado:

$$T_d = P_g / \omega_s$$

Entonces el torque desarrollado es:

$$T_d = \frac{3 R_r (X_m I_i)^2}{S \omega_s [(R_s + R_r/s)^2 + (X_m + X_s + X_r)^2]}$$

El deslizamiento correspondiente al torque máximo es:

$$S_{\max} = \frac{R_r}{\sqrt{R_s^2 + (X_m + X_s + X_r)^2}}$$

Por lo general X_m es mucho mayor que X_s y que R_s por lo que se puede despreciar estos valores y se tiene:

$$S_{\max} = \frac{R_r}{X_m + X_r}$$

Y el torque máximo será:

$$T_m = \frac{3 X_m^2}{2 \omega_s (X_m + X_r)} I_i^2$$

de esta ecuación se puede ver que el torque máximo depende del cuadrado de la corriente y que es aproximadamente independiente de la frecuencia.

La característica típica se muestra en la figura 3.9

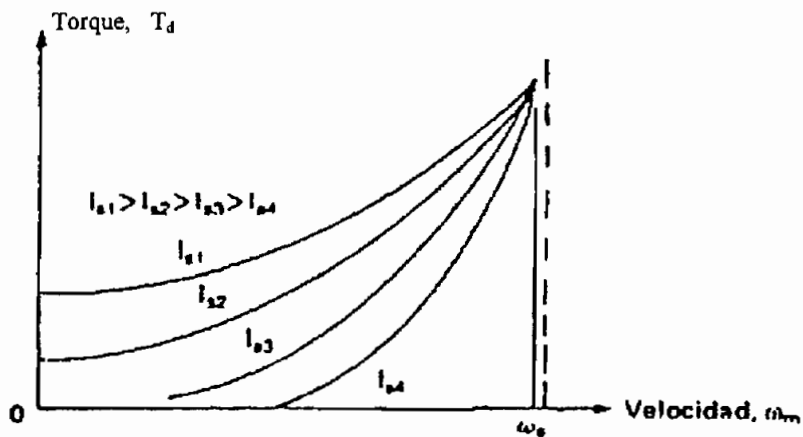


FIGURA 3.9 .- Características torque – velocidad mediante control de corriente

Se puede ver que el torque arranque es bajo debido a que X_m es grande en comparación con X_s y X_r .

Si se aumenta la velocidad o se reduce el deslizamiento, el voltaje en el estator se eleva y el torque aumenta.

La corriente de arranque es baja debido a los bajos valores de flujo y de la corriente del rotor comparados con sus valores especificados.

El torque aumenta con la velocidad debido al incremento del flujo.

Se puede controlar el torque mediante el control de la corriente y el deslizamiento en el estator.

La corriente constante puede suministrarse por inversores de fuente de corriente trifásicos. El inversor alimentado por corriente tiene ventajas del control de corriente de falla y la corriente es menos sensible a las variaciones de los parámetros del motor.

3.1.6 CONTROL DE VOLTAJE, CORRIENTE Y FRECUENCIA.

Las características torque motor – velocidad del motor de inducción dependen del tipo de control. Puede ser necesario variar el voltaje, la frecuencia y la corriente

con el fin de cumplir con los requisitos de torque motor-velocidad que la carga nos exige. A continuación se muestra la figura 3.10 donde aparecen tres regiones con las variables de control en función de la variación de la frecuencia.

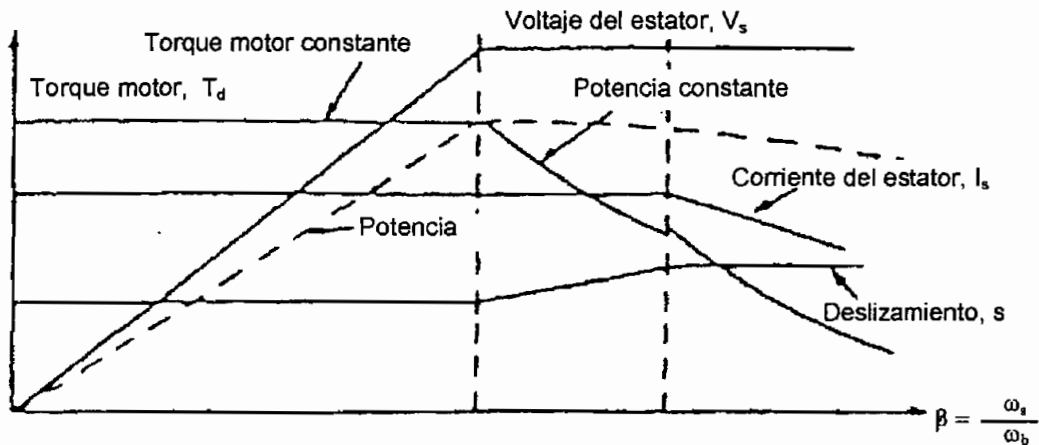


FIGURA 3.10- Variables de control en función de la frecuencia

En la primera región la velocidad puede variarse mediante el control del voltaje (o de la corriente) a un torque motor constante. En la segunda región, el motor opera a una corriente constante y lo que varía es el deslizamiento. En la tercera región la velocidad queda controlada por la frecuencia a un valor reducido de la corriente del estator.

Las variaciones del torque y la potencia para un valor de corriente del estator y de la frecuencia menor de la frecuencia especificada aparecen con líneas punteadas en la figura 3.11 que es la característica de torque motor – velocidad para un control de frecuencia variable.

Para $\beta < 1$ el motor opera a un flujo constante. Para $\beta > 1$ el motor opera bajo el control de frecuencia a un voltaje constante.

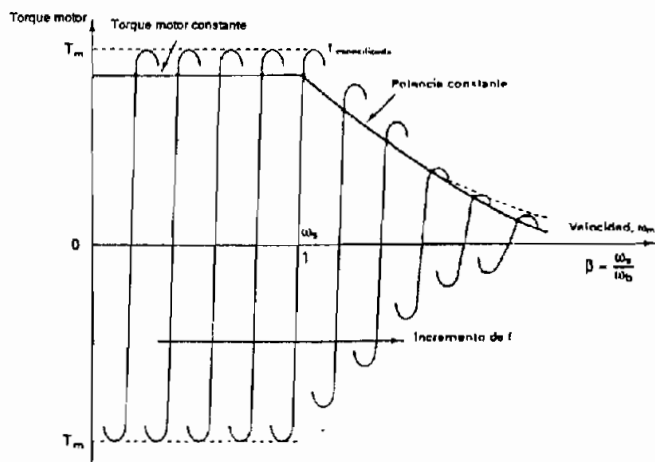


FIGURA 3.11.- Características de torque – velocidad con control de frecuencia variable

En el funcionamiento como motor una disminución de la velocidad reduce la frecuencia de alimentación. Esto convierte la operación en frenado regenerativo. El propulsor desacelera bajo la influencia del torque – motor del frenado y del torque – motor de la carga.

Para velocidades por debajo del valor especificado ω_b el voltaje y la frecuencia se reduce junto con la velocidad, a fin de mantener la relación deseada de V/f o de flujo constante y la operación de las curvas velocidad – torque motor con una pendiente negativa mediante la limitación de la velocidad de deslizamiento.

Para velocidades por arriba de ω_b solo se reduce la frecuencia con la velocidad para mantener la operación de la porción de las curvas de velocidad – torque motor dentro de la pendiente negativa.

En el funcionamiento como motor el incremento de la velocidad hace que aumente la frecuencia de la alimentación. El torque motor de la máquina excede el torque – motor de la carga y el motor desacelera. La operación se mantiene en la porción de las curvas velocidad – torque motor con una pendiente negativa y limitando las velocidades de deslizamiento.

Con el fin de satisfacer las especificaciones de régimen permanente y de rendimiento transitorio de los propulsores de corriente alterna es necesario un control de lazo cerrado

3.2 METODOS DE FRENADO

GENERALIDADES

Muchas aplicaciones industriales como el caso de ascensores, montacargas, puentes grúa, tecles, bandas transportadoras inclinadas, etc., requieren mantener una carga en estado estable por períodos variables de tiempo en estos casos se requieren implementar un sistema de frenado en los motores de inducción.

Otro caso en el que se requiere utilizar algún método de frenado para los motores son aquellas aplicaciones que necesitan de movimientos de alta velocidad con tiempos cortos de parada y adicionalmente requieren que el motor pare en una posición precisa, por ejemplo máquinas empacadoras, taladros, bandas transportadoras, etc., En igual caso se encuentran ciertas aplicaciones que precisan de paradas de emergencia y dispositivos de seguridad como son el caso de sierras, prensas. También requieren para su correcto funcionamiento de un sistema de frenado aquellas aplicaciones en las que se exige un deslizamiento lento y parar el motor con una carga de alta inercia este es el caso de: puentes grúa, equipos para manejo mecánico de carga, tornos rotatorios.

El torque de frenado es igual al torque desarrollado por el motor más el torque resistente de la máquina accionada

$$T_f = T_m + T_r \quad (3.1)$$

Donde:

T_f = torque de frenado

T_m = torque motor

T_r = torque resistente

El tiempo de frenado, o tiempo necesario del motor de inducción para pasar de una velocidad n dada a cero, viene dado por:

$$t_f = \frac{\pi J \cdot n}{30 T_f} \quad (3.2)$$

Donde:

t_f es el tiempo de frenado en seg.

J es el momento de inercia en $\text{Kg} \cdot \text{m}^2$

n es la velocidad de rotación en rpm

T_f es el torque de frenado medio en $\text{N} \cdot \text{m}$

Algunas veces es aceptable solamente desconectar la fuente de energía para frenar el motor. Permitiendo que este se deslice hasta que la energía rotacional almacenada se desgaste en vencer la fricción y en las pérdidas eléctricas.

Hay aplicaciones en las cuales se requiere una rápida desaceleración y se debería utilizar alguna forma de frenado.

Se tienen dos tipos de frenado, el frenado regenerativo, es aquel que devuelve la energía rotacional almacenada a la fuente. En este caso el motor funciona temporalmente como generador, convirtiendo la energía mecánica almacenada en energía eléctrica.

Otro de los métodos de frenado es el conocido como frenado dinámico, en el cual el motor temporalmente produce torque de desaceleración por la acción generador, en este tipo de frenado, la energía eléctrica convertida desde la energía mecánica almacenada no es devuelta al sistema sino que es disipada como calor en resistencias externas de frenado. Este tipo de frenado, algunas veces necesita una fuente de corriente alterna o de corriente continua.

3.2.1 FRENADO POR CONTRACORRIENTE.

Este modo de frenado se realiza invirtiendo dos fases de alimentación de forma que el campo giratorio pase, súbitamente a girar en sentido contrario que el rotor.

Durante este período el motor actúa como freno. Absorbe energía cinética de la carga disminuyendo su velocidad.

La potencia mecánica cedida al rotor se disipa totalmente en el rotor en forma de calor. El rotor sigue recibiendo potencia del estator, la que también se disipa en calor.

Este frenado origina pérdidas I^2R en el rotor que pueden superar las pérdidas con rotor bloqueado.

No se debe emplear este sistema de frenado con mucha frecuencia porque la elevación de la temperatura es excesiva.

El frenado a contracorriente, puede traer problemas si el tiempo de frenado es muy largo puesto que producen fuertes sobrecalentamientos especialmente en el rotor que puede llegar a fundir sus barras y sobrecalentar el devanado del estator.

El calor disipado en el rotor durante el frenado a contracorriente desde la velocidad nominal hasta cero es igual a tres veces la energía cinética original de todas las partes rotativas. Este comportamiento se da independientemente de la tensión en el estator y de la curva torque – velocidad del motor.

Cuando hay que frenar cargas de gran inercia es recomendable usar motores de rotor bobinado puesto que la mayor parte de la energía térmica absorbida en el circuito rotórico lo hacen las resistencias externas.

Hay que tomar en cuenta que cuando se hace una inversión del sentido de giro de un motor, este se compone de un frenado por contracorriente y de un arranque, térmicamente, esta inversión de giro es equivalente a 4 arranques.

La estabilidad de funcionamiento en frenado por contracorriente puede tener problemas, el frenado por inyección de corriente continua no presenta dicho inconveniente y se aplica tanto a los motores de jaula de ardilla como a los motores de anillos.

3.2.2 FRENADO POR INYECCIÓN DE CORRIENTE CONTINUA:

En este modo de frenado, el motor asíncrono que está acoplado a la red y se frena cortando la tensión alterna y haciendo circular una corriente continua por el devanado del estator. Para esto se conectan dos bornes cualesquiera a una fuente de corriente continua. De esta manera un motor de inducción junto con su carga pueden detenerse rápidamente.

La corriente continua aplicada crea en el estator polos Norte (N) y Sur (S) estacionarios, siendo su número igual al número de polos normales del motor. Es decir que un motor de inducción trifásico de cuatro polos tendrá también cuatro polos al alimentarlo con corriente continua, cualquiera que sea la forma en que se conecta la corriente continua a los bornes.

Cuando el rotor se desliza por el campo estacionario, se induce una tensión alterna que da origen a una corriente y a las correspondientes pérdidas I^2R que se disipan a expensas de la energía cinética de las partes móviles. El motor queda totalmente parado cuando toda la energía cinética se ha disipado en forma de calor.

El frenado con corriente continua produce menos calor que el sistema de contracorriente puesto que la energía disipada en el motor es igual a la energía cinética almacenada originalmente en las masa rotativas y no al triple de tal energía.

La energía disipada en el motor es independiente del valor de la intensidad en continua. Pero una débil intensidad incrementa el tiempo de frenado con lo que el aumento de temperatura del motor se reduce algo. La intensidad en continua puede ser del orden de dos o tres veces la nominal, pero se puede emplear intensidades mayores siempre que el estator no sufra un calentamiento excesivo.

Si el frenado es muy brusco, puede producirse algún desperfecto en el mecanismo de la carga conectado, más todavía si esta carga es de gran inercia por esto se debe tener en cuenta que al aplicar corriente continua al estator durante el frenado, se debe utilizar la mínima potencia que permita obtener los resultados deseados; con esto se conseguirá un funcionamiento más refrigerado del estator y del rotor, y menor esfuerzo sobre los componentes del acoplamiento.

La tensión continua aplicada al estator es por lo general suministrada por un puente rectificador conectado a la red. A continuación se muestran las formas de conexión de los bobinados para inyección de corriente continua.

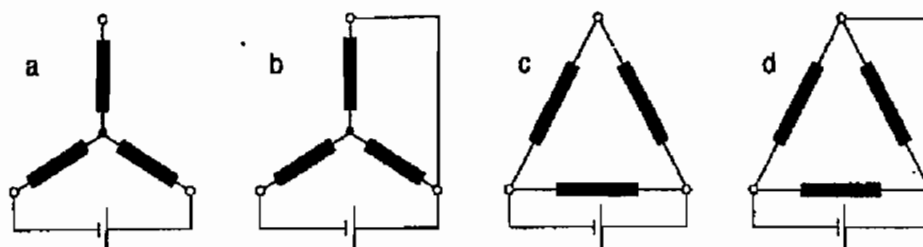


Fig 3.12.- Conexiones de los bobinados del motor para inyección de corriente continua.

La corriente de frenado se obtiene de la fórmula:

$$I_f = k_1 \cdot I_d \sqrt{\frac{T_f - T_{fe}}{K_2 \cdot T_d}}$$

Donde I_f es la corriente continua de frenado en (A)

k_1 es una constante y tiene un valor para cada una de las cuatro formas de conexión de la figura 3.12 y son: $k_{1a} = 1.225$; $k_{1b} = 1.41$; $k_{1c} = 2.12$; $k_{1d} = 2.45$

I_d es la intensidad de arranque en la fase A.

T_f es el torque frenado medio en N·m

T_{fe} es el torque de frenado exterior en N·m

T_d es el torque de arranque en N·m

K_2 es una constante que toma en cuenta el torque de frenado medio y tiene un valor de 1.7.

La tensión continua de frenado V_f que se debe aplicar a los bobinados viene dada por:

$$V_f = k_3 \cdot k_4 \cdot I_f R_1$$

Donde los valores de k_3 para los cuatro esquemas de conexión son: $k_{3a} = 2$;
 $k_{3b} = 1.5$; $k_{3c} = 0.66$; $k_{3d} = 0.5$

R_1 es la resistencia estática por fase en Ω .

R_4 es una constante numérica que toma en cuenta el calentamiento del motor y es igual a 1.3.

3.2.3 FRENADO COMO GENERADOR ASINCRONO

Este es un tipo de frenado regenerativo, es decir que la energía de frenado se devuelve a la línea, de forma que no existe ningún gasto de potencia. El frenado regenerativo sirve para limitar la excesiva velocidad del motor sin la necesidad del desgaste que ocasiona el frenado dinámico.

En la curva característica de torque – deslizamiento de la figura 1.8 se puede ver en la “región de generador” que si el motor funciona a una velocidad mayor que la velocidad sincrónica, es decir con un deslizamiento negativo, el torque sería negativo, y esto significa que el motor recibe potencia mecánica en lugar de suministrarla y se produce el funcionamiento como generador. El efecto de generador de inducción sirve automáticamente como método de frenado. La transición entre el funcionamiento como motor y el funcionamiento como generador es función del deslizamiento.

La potencia de salida del generador de inducción depende de la magnitud del deslizamiento negativo o en que valor supera la velocidad del rotor a la del sincronismo girando en el mismo sentido que el que tenía cuando funcionaba como motor de inducción.

Para conseguir que un motor de inducción gire a una velocidad mayor que la velocidad sincrónica, es necesario un motor exterior, en la medida que éste motor

aumente el torque aplicado al eje, aumentará la potencia producida por el generador de inducción.

Este generador presenta limitaciones. Como no tiene un circuito independiente para su excitación no puede producir potencia reactiva y para mantener el campo magnético de su estator necesita estar conectado permanentemente a una fuente exterior de potencia reactiva, esta fuente también controla el voltaje en los terminales del generador. Un generador de inducción sin corriente de campo no puede controlar su voltaje de salida.

La gran ventaja del generador de inducción es su simplicidad de funcionamiento. Siempre que su velocidad sea ligeramente mayor que la velocidad sincrónica funcionará como generador. Y en la medida que el torque aplicado a su eje sea mayor, mayor será la potencia de salida resultante.

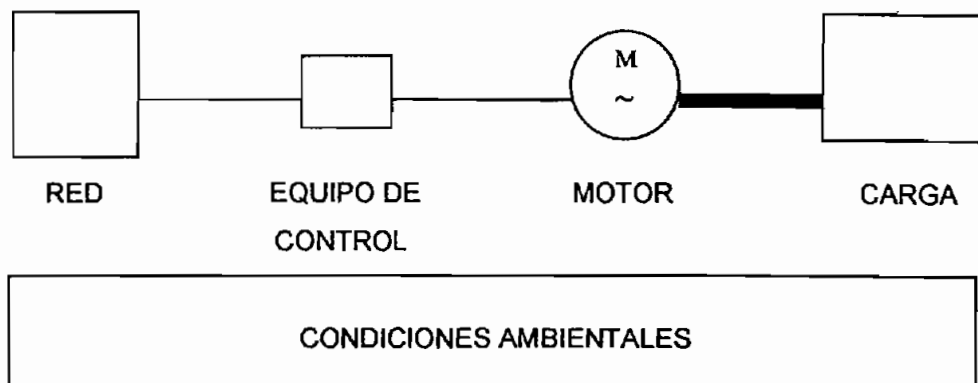
Esto puede realizarse de manera voluntaria, en el caso de centrales eléctricas hidráulicas y eólicas, o de manera involuntaria, relacionada con la aplicación como puede ser el movimiento de descenso de del gancho de una grúa o polipasto, una cinta transportadora inclinada, etc. En este caso, la energía reactiva es suministrada por la red de alimentación y el generador envía a la red energía activa, procedente de la energía mecánica en el eje y transformada en energía eléctrica.

CAPITULO 4

APLICACIÓN , SELECCIÓN Y EJEMPLO

4.1 APLICACIÓN

La figura que se muestra a continuación, indica los componentes básicos de una aplicación típica de un motor de inducción asociado a la carga, a su equipo de control y a la fuente de energía



El motor, llamado también actuador entrega torque a la carga y controla su velocidad a través del equipo de control.

El equipo de control, controla todos los parámetros del motor y entrega la potencia necesaria al motor, la misma que la adquiere de la red.

El propósito del motor y del equipo de control es manejar la carga de tal manera que este sea capaz de cumplir con el trabajo asignado. De ahí que la mayoría de las especificaciones de estos elementos se definen por los requerimientos de la carga.

Los requerimientos de la carga pueden ser divididos en las siguientes categorías:

- 1.- Requerimientos relacionados con la localización y medio ambiente.
- 2.- Requerimientos relacionados con el arranque, control de velocidad, frenado y funcionamiento normal

Otras especificaciones son definidas por la fuente de alimentación. Algunas de estas son su capacidad, y las normas que gobiernan su uso relacionadas con la corriente pico, potencia reactiva, factor de potencia, armónicos, habilidad para aceptar potencia generada, etc.

4.1.1 REQUERIMIENTOS RELACIONADOS CON LA LOCALIZACIÓN Y MEDIO AMBIENTE.

Se debe tomar en cuenta el lugar donde van a funcionar los equipos, si es un ambiente limpio o de polvo, gases inflamables, etc. Si va a estar el motor expuesto al agua o a otro líquido?

CONSIDERACIONES RELATIVAS AL LUGAR DE TRABAJO.

El cerramiento de un motor debe proteger los bobinados, rodamientos y otras partes mecánicas contra la humedad, contra los productos químicos que pueden existir en determinados ambientes de trabajo, contra daños mecánicos y la abrasión por polvo. Los estándares de la NEMA MG1-1,25, 1-1,26 y 1-1,27 definen más de 20 tipos de cerramientos bajo las categorías de máquinas abiertas, máquinas totalmente cerradas y máquinas con bobinados encapsulados o sellados. A continuación se mencionarán solo los tipos más comunes.

Abierto, a prueba de goteo:

El motor a prueba de goteo (ODP), posee un libre intercambio de aire con el ambiente. La caída de partículas líquidas o sólidas no interfiere con el funcionamiento en ningún caso, desde 0 hasta 15° hacia abajo a partir de la posición vertical. Las aberturas son de admisión y escape, a fin de adaptarse al intercambio de aire, como se puede apreciar en la figura 4.1

El motor abierto a prueba de goteo está diseñado para uso interior, donde el aire es bastante limpio y donde existe poco riesgo de salpicadura del líquido.

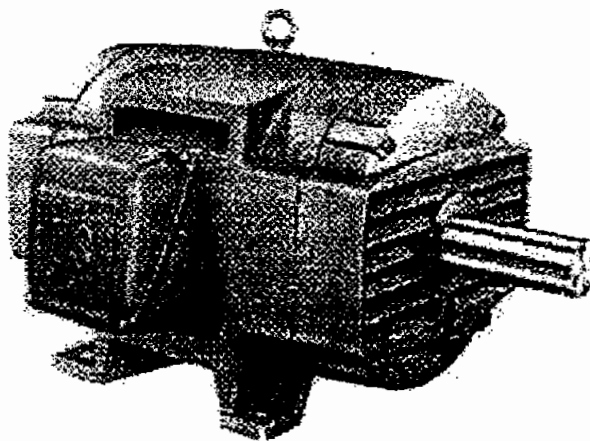


Figura 4.1.- Motor Abierto a Prueba de Goteo

Totalmente cerrado

Este tipo de cerramiento previene el libre intercambio de aire entre el interior y el exterior de la carcasa, aunque no lo hace completamente hermético. Éstos motores son enfriados por un ventilador (TEFC Total Enclose, Fan coled). Se sujeta un ventilador al eje y el mismo empuja aire sobre la carcasa durante su funcionamiento, a fin de ayudar en el proceso de enfriamiento. La carcasa acanalada está diseñada para aumentar el área de superficie para fines de enfriamiento, ver figura 4.2. También existe un diseño totalmente cerrado no ventilado (TENV), el cual no utiliza ventilador pero se utiliza en situaciones en las cuales el aire está siendo soplado sobre el casco del motor para su enfriamiento, tal como ocurre en una aplicación de ventilación de hélice.

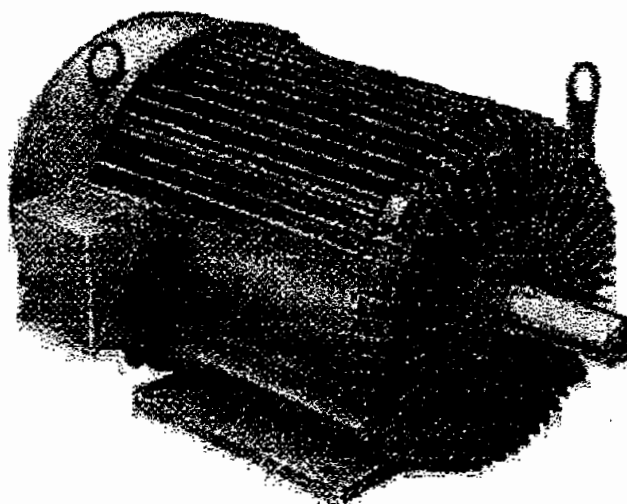


Figura 4.2.- Motor Cerrado TEFC

Motor a prueba de explosión:

El motor a prueba de explosión es una máquina totalmente cerrada, diseñada para soportar una explosión de un gas o vapor específico dentro de la carga del motor y prevenir la ignición fuera del motor por chispas, chisporroteo o explosión, figura 4.3. Estos motores están diseñados para propósitos arriesgados específicos, tales como atmósferas que contienen gases o polvos peligrosos.

Para un funcionamiento seguro la temperatura máxima de operación del motor debe estar por debajo de la temperatura de ignición de los gases o vapores circundante.

Los motores a prueba de explosión son diseñados, fabricados y probados de acuerdo con los rígidos requerimientos de Underwriters Laboratories.

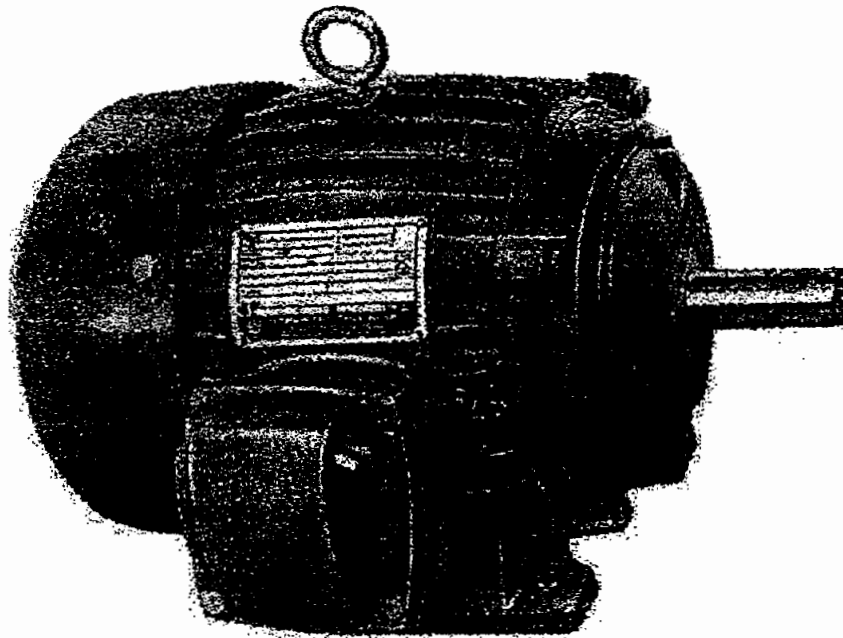


Figura 4.3.- Motor a Prueba de Explosión

Las aplicaciones de motores de ubicación arriesgada se clasifican de acuerdo con el tipo de ambiente arriesgado presente, las características del material específico que origina el riesgo, la probabilidad de explosión al ambiente y el

máximo nivel de temperatura que se considera seguro para la sustancia que origina el riesgo. El formato utilizado para definir esta información es una estructura de clase, grupo, división y código de temperatura.

El término <<clase>> se emplea para definir la forma de riesgo que se encuentra presente. El término <<grupo>> define las características reales de la sustancia que resulta arriesgada y el término <<división>> se utiliza para definir el tipo de exposición esperada. El término <<código de temperatura>> se utiliza para definir el nivel máximo de temperatura al cual se verá expuesta la sustancia riesgosa durante una operación del motor normal o anormal. A continuación se presentan las definiciones para clase, grupo, división y códigos de temperatura.

Clase I (Gas o Vapor)

Grupo :

A – Acetileno

B – Hidrógeno y gases manufacturados

C – Etil-eter, Etileno y Ciclopropano

D – Gasolina, Hexano, Nafta, Bencina, Butano, Propano,
Alcohol, Vapores solventes de laca y Gas Natural.

División I. El riesgo de fuego o explosión se encuentra normalmente presente.

División II. El riesgo de fuego o explosión se halla presente solo como resultado de un accidente..

Clase II (Polvos)

Grupo :

E – Polvo de metal (sellos especiales)

F – Negro de humo, carbón o polvo de coque

G – Harina, Almidón o polvo de granos

División I.: El riesgo está siempre presente debido a las condiciones normales (polvo suspendido en la atmósfera).

División II.: Los motores deben ser TEFC o ventilados externamente:

- a. Donde los depósitos de polvo sobre el equipo eléctrico impiden una segura disipación del aire.
- b. Donde el depósito o el polvo puede ser incendiado por arcos o material en llamas.

Clase III.(Fibras). Fibras que son fácilmente inflamables pero no aptas para ser suspendidas en el aire para producir mezclas inflamables. Ejemplos son: el rayón, el nylon, el algodón, el polvo de sierras y las astillas de madera.

División I.: Ubicación en la cual se manejan, fabrican o utilizan fibras fácilmente inflamables o material que produce ignición de combustible.

División II.: Ubicación en la cual se almacenan o manejan fibras fácilmente inflamables.

Además de la identificación de clase, grupo y división, también es necesario obtener el código de temperatura para el motor a prueba de explosiones. Este código indica la temperatura de superficie máxima para todas las condiciones, incluyendo fundido, sobre carga, rotor bloqueado. Este código <<T>> debe identificarse en la placa de fábrica.

A continuación se muestra una tabla la cual indica el código de temperatura <<T>> y la máxima temperatura que puede soportar.

**CODIGO DE TEMPERATURA vs
TEMPERATURA MAXIMA**

"T" CODIGO	MAXIMA	TEMPERATURA
T1	450°C	842°F
T2	300°C	572°F
T2A	280°C	536°F
T2B	260°C	500°F
T2C	230°C	446°F
T2D	215°C	419°F
T3	200°C	392°F
T3A	180°C	356°F
T3B	165°C	329°F
T3C	160°C	320°F
T4	135°C	275°F
T4A	120°C	245°F
T5	100°C	212°F
T6	85°C	185°F

CONSIDERACIONES RELATIVAS AL MEDIO AMBIENTE

Los motores que son seleccionados y utilizados apropiadamente deberían proporcionar muchos años de servicio satisfactorio. La vida del motor se prolonga manteniéndolo frío, seco, limpio y lubricado. La escogencia del motor más apropiado para la aplicación y el entorno asegurará esa larga vida.

Debido a que son muchísimas las condiciones que contribuyen a reducir la vida útil de un motor, no es práctico mencionar todas las posibilidades. Sin embargo, se mencionarán las más importante

Recalentamiento:

El calor es uno de los agentes más destructivos, que causan las fallas prematuras del motor. El recalentamiento tiene lugar debido a la sobrecarga del motor, al bajo voltaje de los terminales del motor, a una temperatura ambiente excesiva o a un enfriamiento insuficiente causado por el sucio o por la falta de ventilación.

Si el calor no se disipa, una falla de aislamiento y posiblemente una falla de rodamiento, pueden arruinar al motor.

Humedad:

Debe evitarse que la humedad entre al motor. El agua proveniente de salpicaduras o de la condensación degrada seriamente al sistema de aislamiento. El agua es, en si misma, conductora. Los contaminantes no conductores se convierten rápidamente en buenos conductores de corriente de filtración. En tal sentido, deberá escogerse el tipo de motor apropiado para ser utilizado en un ambiente húmedo. La mayoría de los motores pueden ser equipados con drenajes o respiraderos, a fin de permitir drenar la humedad proveniente del motor.

También se disponen de calentadores a fin de prevenir la condensación de la humedad en el motor durante el tiempo en el cual el mismo no está en funcionamiento.

Contaminación:

Los contaminantes no conductores tales como el polvo de fábricas o la arena, gradualmente generan exceso de temperatura al restringir la circulación del aire de enfriamiento. Además de ello, pueden erosionar el aislamiento y el barniz, reduciendo gradualmente su efectividad.

Altitud:

Las clasificaciones de los motores estándar se basan en un funcionamiento a cualquier altitud hasta los 1.000 metros. Para una altitud superior a los 1.000 metros se requiere una corrección de esta, debido a la menor densidad del aire.

Temperatura ambiente:

La temperatura ambiente estándar es de 40° C. Es un valor el cual difícilmente se excede durante un período considerablemente largo de funcionamiento.

Los motores standard, por lo general, están diseñados para condiciones normales de utilización que según las normas CEI 34-1 esto es:

- Temperatura ambiente entre -16 y +40 C,
- Altitud inferior a 1000 m.
- Presión atmosférica 1050 hPa (mbar)

Para condiciones de utilización diferentes, se aplicará un factor de corrección de la potencia de acuerdo a la figura que se muestra a continuación.

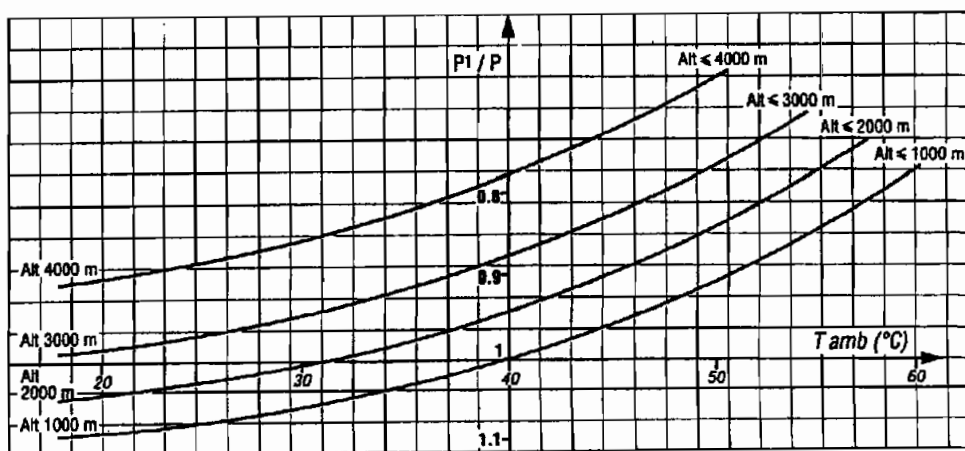


Figura 4.4.- Coeficientes de Corrección en Función de la Altitud y Temperatura Ambiente

Los motores al ser usados en lugares anormalmente cálidos son diseñados a fin de adaptarse a mayores temperaturas, por medio de una menor elevación de temperatura de bobinado y, por lo general, son diseñados con un tamaño de estructura mayor. El funcionamiento de motores en ambientes muy fríos pueden dar como resultado un rendimiento intenso sobre las partes componentes del motor. Existen también motores que se denominan rendimiento ártico, los cuales están clasificados para operaciones a una temperatura hasta de menos 60° centígrados.

Existen también una variedad de modificaciones y accesorios para uso en motores, a fin de protegerlos del entorno. Se puede tener un motor, con protección especial en la carcasa (anti-corrosión) el cual resiste los efectos del agua salada, de solventes, de ácidos diversos y de químicos.

4.1.2 REQUERIMIENTOS RELACIONADOS CON EL FUNCIONAMIENTO, ARRANQUE, CONTROL DE VELOCIDAD Y FRENADO.

Se debe tomar en cuenta, el tipo de carga, el torque y la potencia. Cómo varía el torque de carga con la velocidad, cuáles son los valores máximos y mínimos del torque y potencia. El tipo de servicio es decir si la carga es continua o intermitente.

Se requiere funcionamiento a una velocidad o a varios pasos discretos de velocidad, cual es el rango deseado de velocidad.

La maquinaria arranca, frena o invierte de giro en vacío, o con carga. Qué tiempo es permitido para las operaciones de arranque y frenado. Es necesario una aceleración y desaceleración suave. Es necesario una parada exacta.

Todos estos aspectos se deben analizar para poder cumplir bien con los requerimientos de la carga, debido a la complejidad, para este trabajo se analizarán solamente unos de ellos, los mismos que se describen a continuación:

CONSIDERACIONES RELATIVAS AL TIPO DE CARGA

Existen tres tipos básicos de carga, los cuales se clasifican de acuerdo con la potencia. Las aplicaciones de torque constante son aquellas que presentan el mismo torque en todas las velocidades operativas y la potencia varía directamente con la velocidad.

Aproximadamente 90% de las aplicaciones distintas a las bombas son cargas de torque constante. Ejemplos de este tipo incluyen transportadores, montacargas, bombas de desplazamiento positivo y compresores de pistones y tornillos.

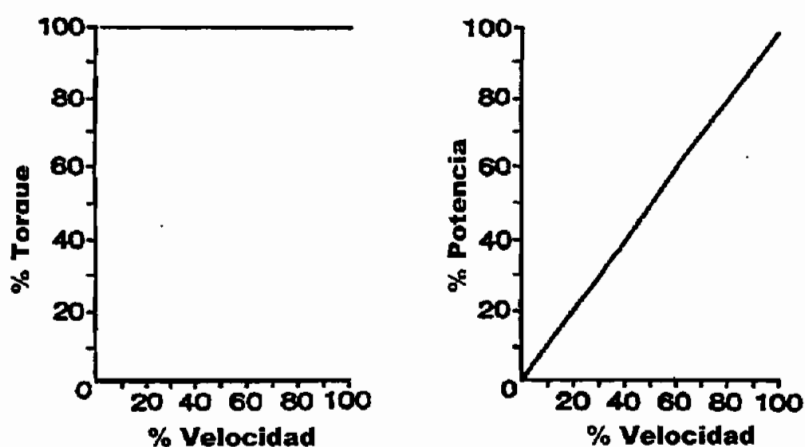


Figura 4.5.- Torque Constante

Las aplicaciones de potencia constante poseen valores mayores de torque a velocidades menores y valores menores de torque a velocidades mayores. Los ejemplos incluyen tornos, máquinas fresadoras, prensas taladradoras, y embobinadores centrales.

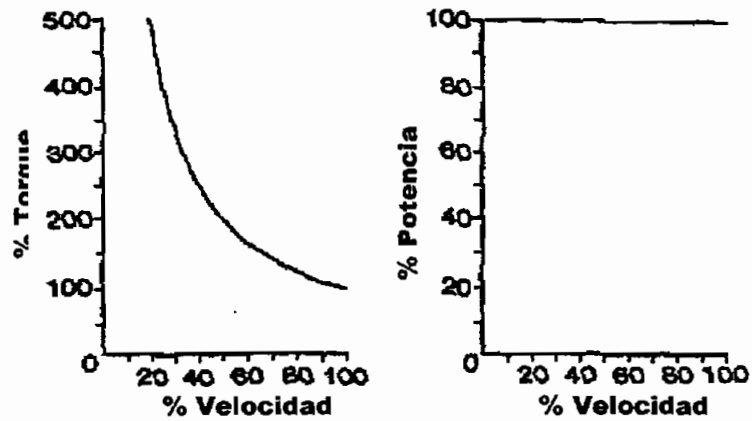


Figura 4.6.- Potencia Constante

El último tipo de carga básica es el Torque Variable. El torque requerido varía al cuadrado de su velocidad y los requerimientos de potencia aumentan al cubo de su velocidad. Ejemplos de este tipo incluyen bombas centrífugas, bombas de turbina, ventiladores centrífugos, ventiladores y compresores centrífugos.

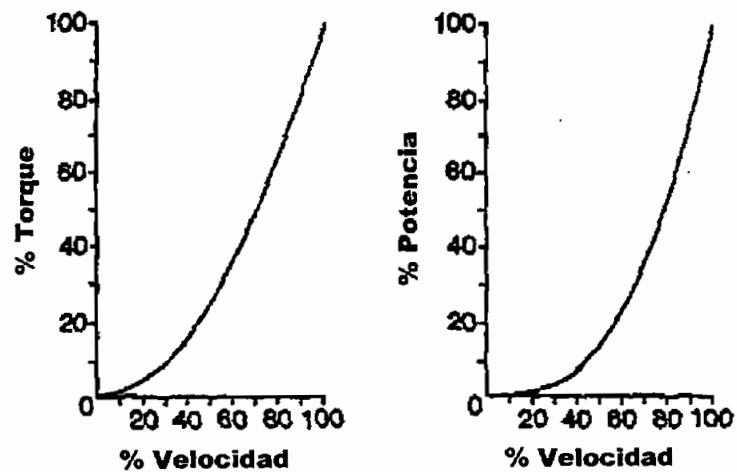


Figura 4.7.- Torque Variable

CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA POSICION DE MONTAJE Y ACOPLAMIENTO DE LA CARGA

Obviamente, la información relativa a potencia, velocidad, voltaje, frecuencia es muy importante en la determinación del motor adecuado para las necesidades. Sin embargo también es importante la posición de montaje del motor, las más utilizadas son las que se muestran en la figura que sigue:

El tipo de montaje más utilizado es el horizontal de patas rígido, el motor puede descansar sobre una base sólida, sobre bases ajustables o sobre rieles deslizantes, como se ve en la figura posición F_1 y F_2

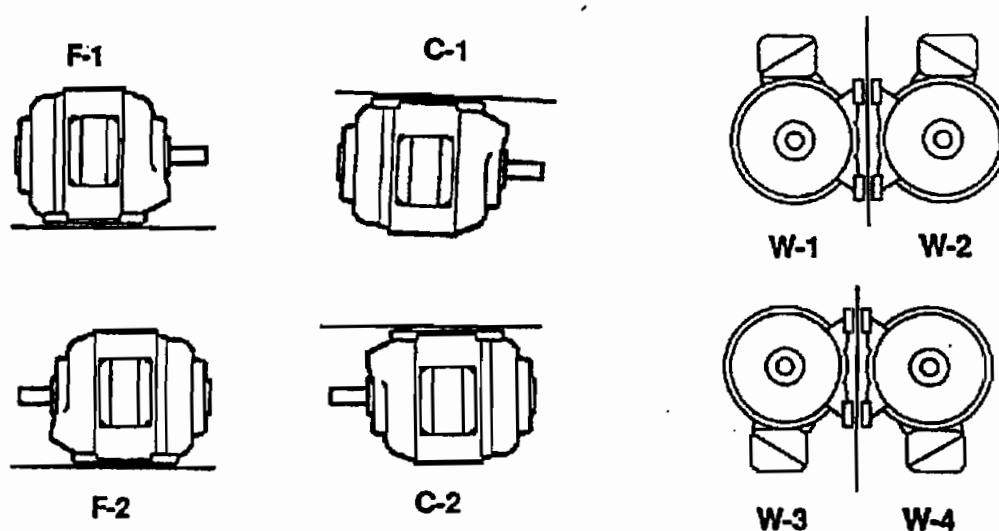


Figura.4.8.- Posiciones de Montaje

Acerca de la conexión a la carga, la misma podría conectarse directamente por medio de un acople, o un embrague. En este caso, es importante una buena alineación y este tipo de conexión impone una pequeña carga sobre los rodamientos.

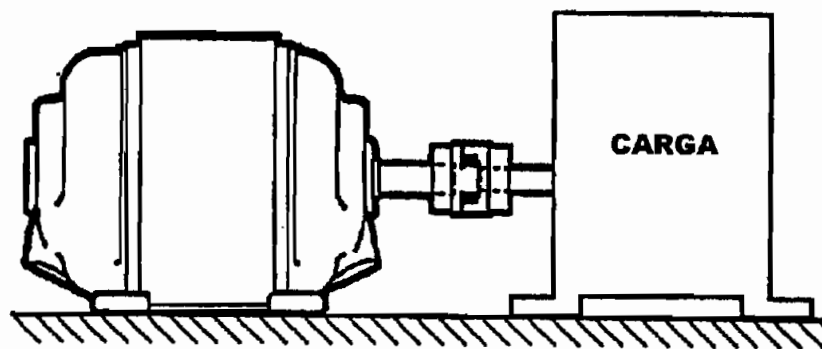


Figura 4.9.-Conexión directa a la carga

Podría conectarse una correa, cadena o reductor de engranaje a la carga. Esta configuración impone una carga radial sobre los rodamientos del motor. En este caso, son importantes una buena alineación y una tensión apropiada en la correa o cadena.

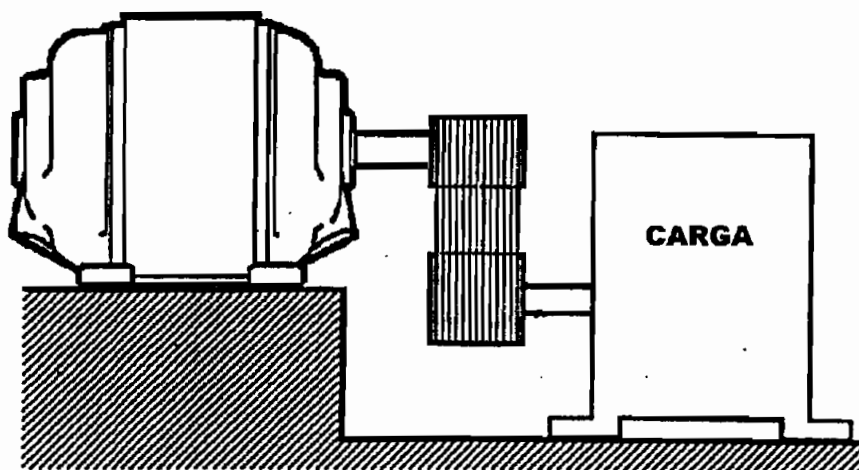


Figura 4.10.- Acople a la carga a través de correa

También se puede conectar la carga por medio de una brida. El eje del motor macho se alinea con el eje hembra de la carga, tal como un reductor de engranaje o una bomba. El Eje del motor podría incluso cargar un piñón, un impulsor de bomba o un ventilador.

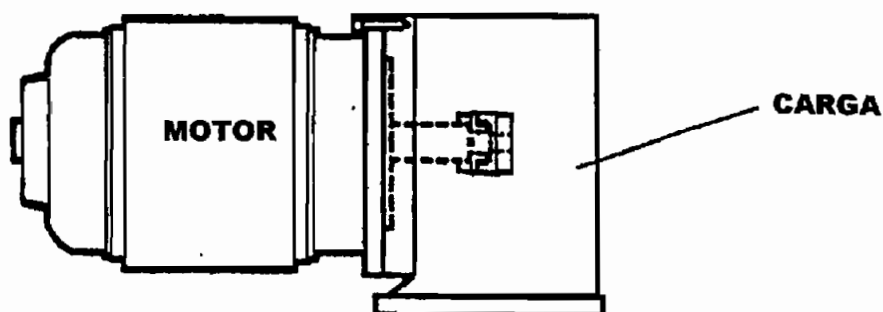


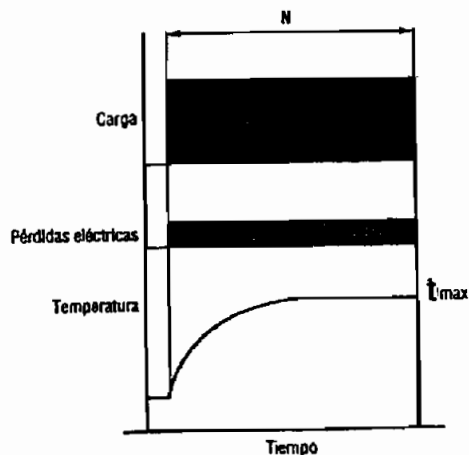
Figura 4.11.- Acople a través de brida

CONSIDERACIONES RELATIVAS AL TIPO DE SERVICIO:

Según las normas CEI 34-1, que se refiere a "Máquinas Eléctricas Rotativas: Características asignadas y características de funcionamiento" los tipos de servicio más frecuentes son los siguientes:

1.- Servicio continuo - Servicio Tipo S1

Funcionamiento con carga constante de una duración suficiente para que el equilibrio térmico sea alcanzado



N = funcionamiento con carga constante

t_{max} = temperatura máxima alcanzada

Figura 4.12 Servicio continuo

Servicio Temporal – Servicio Tipo S2

Funcionamiento con carga constante durante un tiempo determinado, menor que el requerido para alcanzar el equilibrio térmico seguido de un reposo de duración suficiente para restablecer la igualdad de temperatura entre el motor y el fluido de enfriamiento.

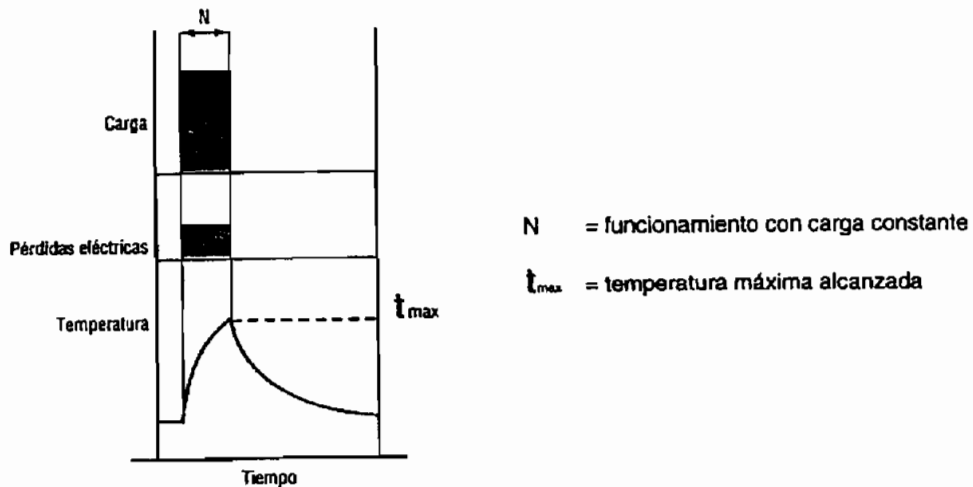


Figura 4.13.- Servicio temporal

Servicio Intermitente Periódico – Servicio Tipo S3

Este tipo de servicio se caracteriza por tener una serie de ciclos idénticos que incluyen un período de funcionamiento con carga constante y período de reposo. En este tipo de servicio, la intensidad de arranque no afecta de forma significativa al calentamiento del motor.

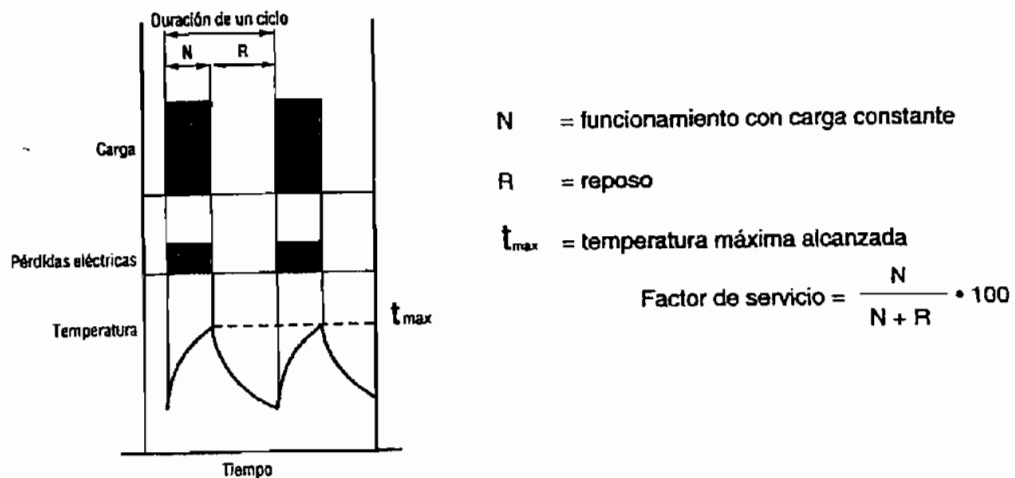


Figura 4.14.- Servicio Intermitente periódico

Servicio Intermitente Periódico con Arranques - Servicio Tipo S4

Serie de ciclos idénticos que incluyen un período apreciable de arranque, un período de funcionamiento con carga constante y un período de reposo.

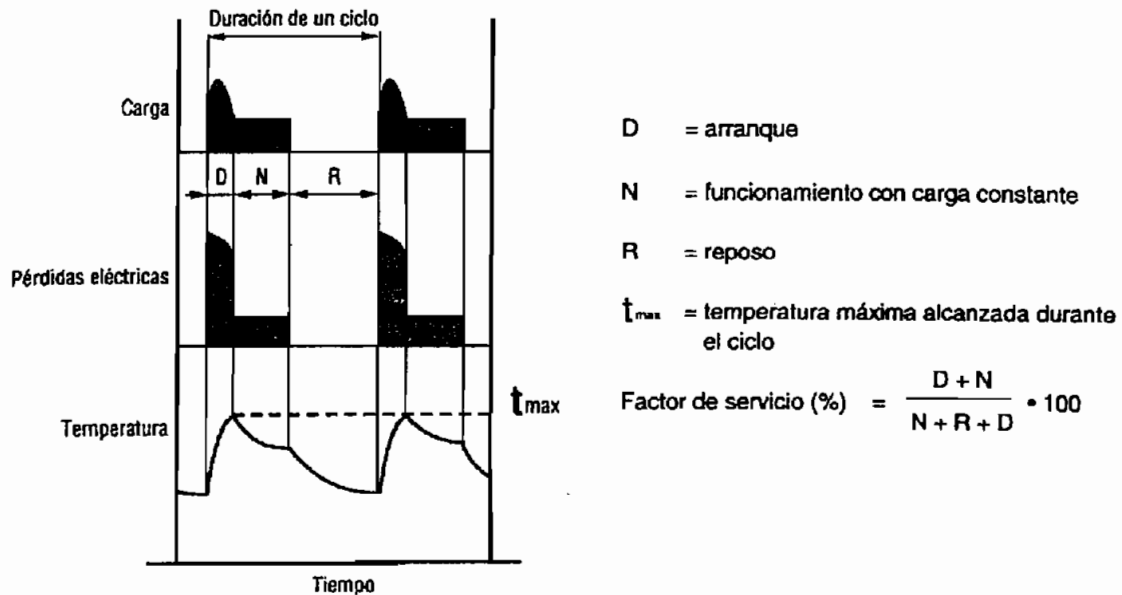


Figura 4.15 Servicio Intermitente con Arranques

Servicio Intermitente Periódico con Frenado Eléctrico – Servicio Tipo S5.

Serie de ciclos de servicio periódicos cada uno incluyendo un período de arranque, un período de funcionamiento con carga constante, un período de frenado eléctrico rápido y un período de reposo.

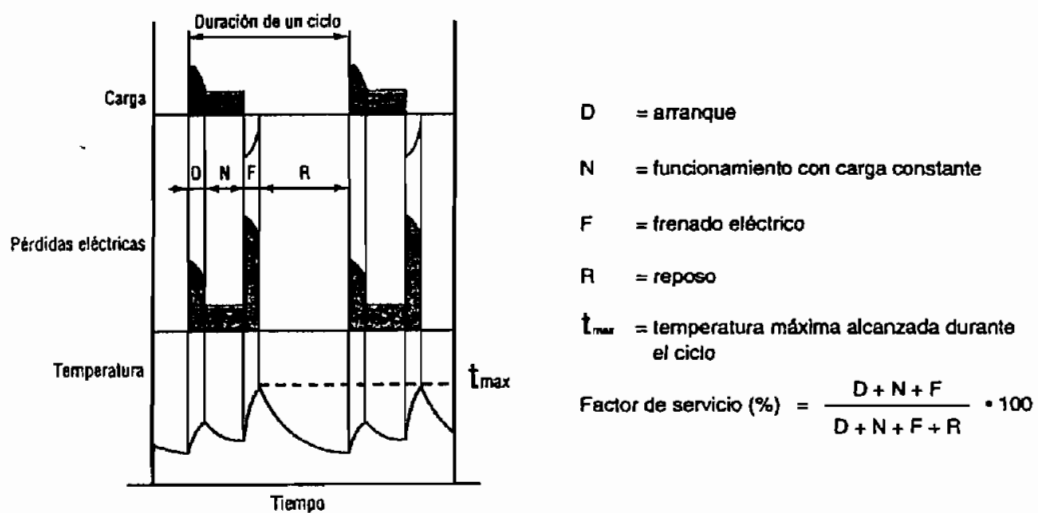


Figura 4.16.- Servicio Intermitente Periódico con frenado eléctrico

Servicio Ininterrumpido Periódico con Carga Intermitente - Servicio S6.

Serie de ciclos idénticos que incluyen un período de funcionamiento con carga constante y un período de funcionamiento en vacío. No existe ningún período de reposo

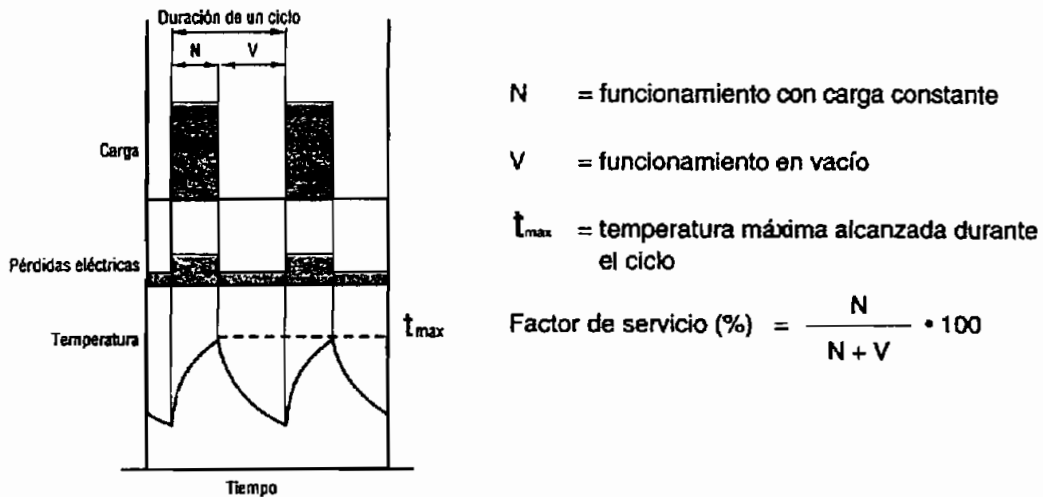


Figura 4.17.- Servicio Ininterrumpido Periódico con Carga Intermitente

Servicio Ininterrumpido Periódico con Frenado Eléctrico -Servicio Tipo S7

Serie de ciclos de servicio idénticos cada uno incluyendo un período de arranque, un período de funcionamiento con carga constante y un período de frenado eléctrico. No existe ningún período de reposo

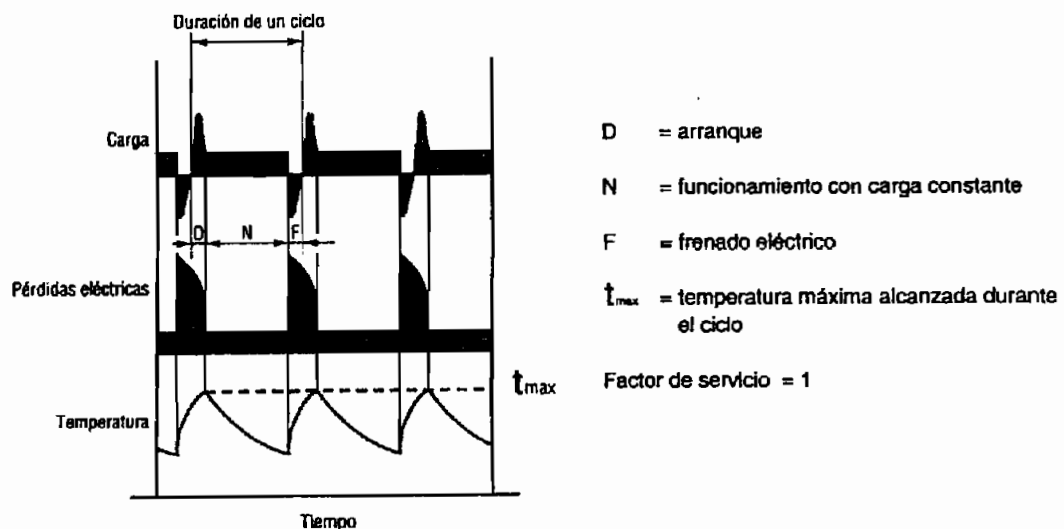
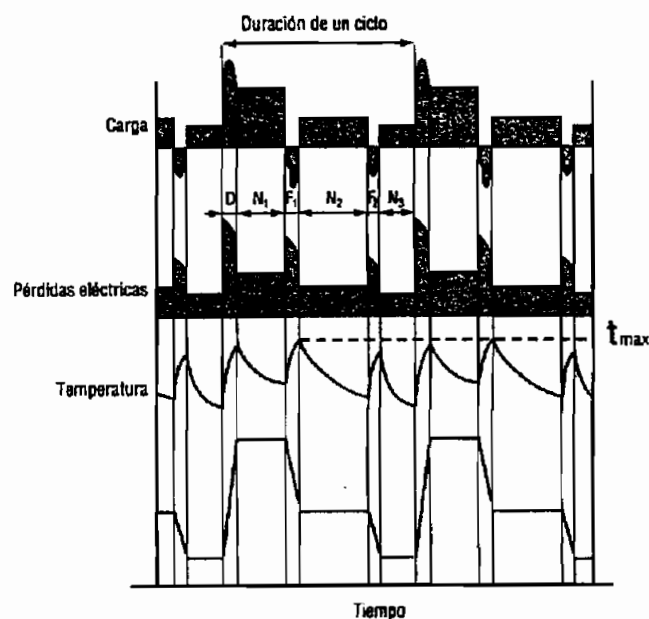


Figura 4.18.- Servicio Ininterrumpido Periódico con Frenado Eléctrico

Servicio Ininterrumpido Periódico con Cambios de Carga y Velocidad – Servicio Tipo S8.

Serie de ciclos de servicio idénticos que incluyen un período de funcionamiento con carga constante que corresponde a una velocidad de rotación predeterminada, seguida de uno o varios períodos de funcionamiento con otras cargas constantes que corresponden a diferentes velocidades de rotación (realizadas por ejemplo por cambios del número de polos en el caso de motores de inducción). No existe ningún período de reposo.



F_1F_2 = frenado eléctrico

D = arranque

$N_1N_2N_3$ = funcionamiento con cargas constantes

t_{max} = temperatura máxima alcanzada durante el ciclo

$$\text{Factor de servicio} = \frac{D + N_1}{D + N_1 + F_1 + N_2 + F_2 + N_3} \cdot 100\%$$

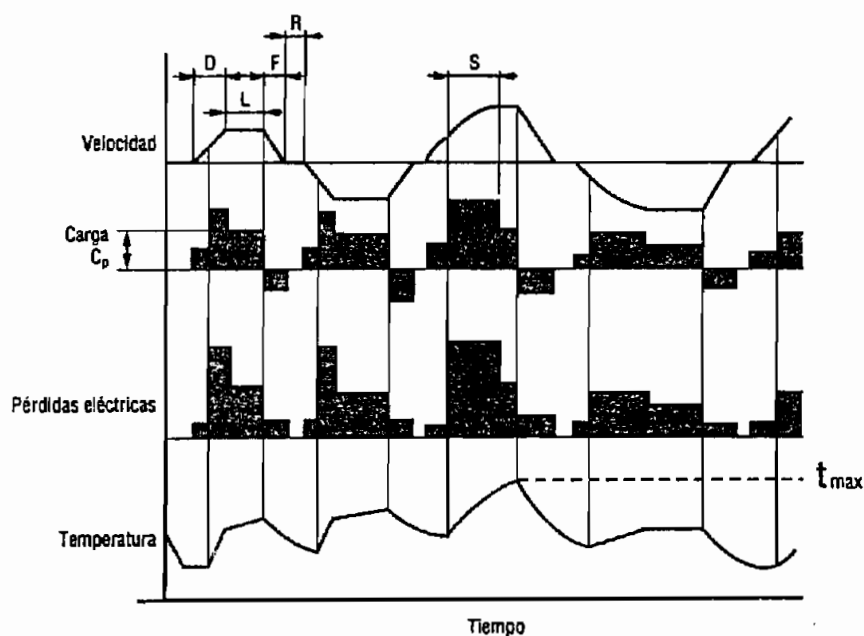
$$\frac{F_1 + N_2}{D + N_1 + F_1 + N_2 + F_2 + N_3} \cdot 100\%$$

$$\frac{F_2 + N_3}{D + N_1 + F_1 + N_2 + F_2 + N_3} \cdot 100\%$$

Figura 4.19.- Servicio Ininterrumpido Periódico con cambios de Carga y Velocidad

Servicio con Variaciones no Periódicas de Carga y de Velocidad - Servicio Tipo S9

Servicio en el cual generalmente la carga y la velocidad tienen una variación no periódica en el margen de funcionamiento admisible. Este servicio incluye la aplicación frecuente de sobrecargas que pueden ser ampliamente superiores a la carga nominal (o a las cargas nominales). Para este servicio se considerará la carga nominal como referencia del concepto de sobrecarga.

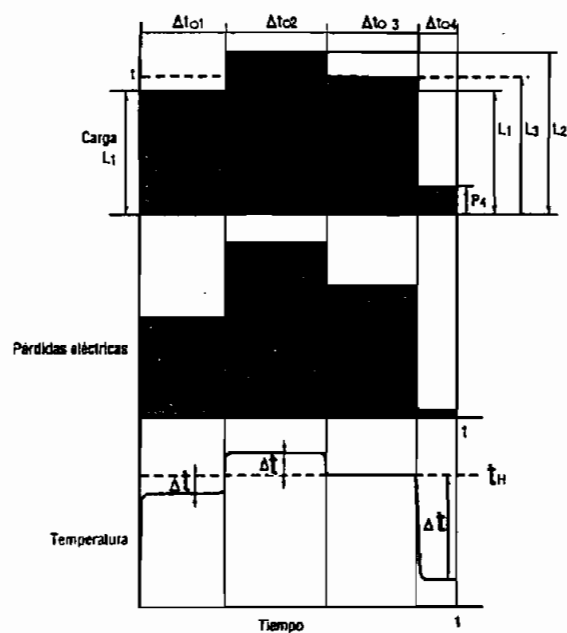


- D = arranque
- L = funcionamiento con cargas variables
- F = frenado eléctrico
- R = reposo
- S = funcionamiento sobrecarga
- C_p = carga nominal
- t_{max} = temperatura máxima alcanzada

Figura 4.20 .- Servicio con variaciones Periódicas de carga y velocidad

Servicio con Distintos Regímenes Constantes - Servicio Tipo S10

Servicio que incluye un máximo de cuatro valores distintos de cargas (o cargas equivalentes); cada carga es aplicada durante un tiempo suficiente para que el motor alcance el equilibrio térmico. La carga mínima durante un ciclo de carga puede ser nula (funcionamiento en vacío o tiempo de reposo)



L = carga

N = potencia nominal para el servicio tipo S1

$p = p / \frac{L}{N}$ = carga reducida

t_0 = tiempo

t_{c_p} = duración de un ciclo de regímenes

t_{c_i} = duración de un régimen en el interior de un ciclo

$\Delta t_{0i} = t_{0i} / t_{0p}$ = duración relativa (p.u.) de un régimen en un ciclo

P_u = pérdidas eléctricas

H_N = temperatura con potencia nominal para un servicio tipo S1

ΔH_i = aumento o disminución del calentamiento durante el enésimo régimen del ciclo

Figura 4.21.-Servicio con Distintos Regímenes Constantes

4.2 SELECCIÓN

No existe un método único de selección del equipo apropiado debido a su amplio rango de aplicación, sin embargo se deben considerar varios factores que cumplan con la mayoría de requerimientos generales de la carga.

4.2.1 SELECCIÓN DEL MOTOR

Para hacer una correcta selección del motor se deben tomar en cuenta los factores que se mencionan a continuación.

Eficiencia del Motor

La eficiencia de un motor es la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada. Una baja eficiencia tiene dos serias desventajas:

- La energía desgastada tiene que ser pagada al mismo costo de la energía útil.
- La energía desgastada puede causar excesivo calentamiento de los componentes del accionamiento, especialmente el motor.

Una limitación en el uso de un motor eléctrico es la elevación de la temperatura. Una temperatura excesiva necesita la instalación de enfriamientos forzados que son costosos o el sobredimensionamiento del motor para evitar sobrecalentamiento de los bobinados y por tanto la destrucción del aislamiento.

La eficiencia de los motores eléctricos a la velocidad nominal es alrededor del 70% para máquinas pequeñas de algunos HP y se incrementa al 90% para motores de cientos de HP. Por esta razón es mejor usar motores de alta eficiencia. La operación de un motor a valores bajo su velocidad nominal es usualmente ineficiente y una operación continua a baja velocidad, a menudo causa problemas con el incremento de la temperatura.

Cerramiento del Motor

El motor debe ser seleccionado tomando en cuenta el lugar de trabajo, un motor a prueba de goteo (ODP) es suficiente para una ambiente industrial o comercial limpio. Para lugares donde existe mucho polvo o el motor va a estar expuesto a chorros de agua se debe elegir un motor cerrado TEFC. Si el motor va a estar instalado en una industria química o petrolera donde estará en contacto con líquidos o gases inflamables, se debe elegir un motor a prueba de explosión.

Consideraciones de Torque

El motor debe ser elegido de acuerdo al requerimiento del torque de la carga, tanto en el arranque como el torque de aceleración.

Para facilitar la selección a continuación se presenta una tabla que servirá de guía para las aplicaciones más utilizadas.

TABLA 4.1.- GUÍA DE SELECCIÓN DE MOTORES

	APLICACIONES	TORQUE DE CARGA DEL MOTOR EN % DEL TORQUE DEL MOTOR A PLENA CARGA			TAMAÑO DEL CONTROL EN % DE LOS HP MOTOR
		Arranque	Aceleración	Operación	
Agitadores	Seco	150-200	125	100	150
	Líquido	100	100	100	100
Blowers	Centrifugo	30	100	100	100
	Desplazamiento Positivo (1)	100	100	100	100
	Desplazamiento Positivo (2) *	200	150	100	200
Centrifuga	Química (1)	40	80	100	100
	Lavadero (2)	150	100	100	150
Compresores	Aspa Axial	40	70	100	100
	Tipo Pistón (1)	100	50	150	150
	Tipo Pistón (2)	200	150	100	200
	Centrifugo	40	70	100	100
Transportadores	De Banda, Cargado	150	125	100	100-150
	Vibrador	150	150	100	150
Ventiladores	Flujo Axial	40	70	100	100
	Centrifugo	40	70	100	100
	Hélice	70	110	100	100
Alimentadores	De Banda (1)	100	100	100	100
	De Banda (2)	150	100	100	150
	De Hélice (1) y (2)	150	100	100	150
Rectificadoras	Avance (1)	70	100	100	100
	Avance (2)	200	150	100	200
Mescladoras	Química	150	100	100	150
	Pastas	100-200	140	100	200
	Granos	150	100	100	150
	Sólidos	200	150	100	200
Tornillo	Vibrador	100-150	70	100	150
Separadores	Aire	100	100	100	100
Tensor	Constante	100	100	100	100
Textil	Cardas	150	100	150	150
	Hiladora	100	100	100	100

(1) Arranca Descargado

(2) Arranca Cargado

4.2.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE ARRANQUE Y CONTROL PARA MOTORES DE INDUCCIÓN

El método más sencillo y seguro de arranque de un motor normal trifásico de inducción es el directo, que debe emplearse siempre que sea posible. Cuando no es aceptable, se debe estudiar la posibilidad de otro tipo de arranque. Solamente debe emplearse el arranque a tensión reducida cuando no se pueda obtener las características de arranque requeridas. La otra forma de arranque que es muy usada en nuestro medio es el arranque estrella - triángulo, para los motores desde 10 HP hasta 100 HP. Para los motores de 150 HP en adelante se recomienda el arranque con autotransformador.

Finalmente si no se pueden conseguir las características de arranque requeridas mediante el motor de inducción y el mecanismo de regulación elegido, se debe emplear un motor con rotor devanado .

Actualmente, y para casos concretos, se conectan los llamados arrancadores suaves a base de componentes de estado sólido que permiten limitar la corriente a un valor que se puede ajustar a voluntad, al mismo tiempo se consigue una aceleración y desaceleración progresiva.

Adicionalmente se tienen los convertidores de frecuencia que también permiten un arranque suave, si bien su principal objeto es la regulación de la velocidad. Un inconveniente de estos sistemas, aparte de su precio, es la posible polución de la línea por la introducción de armónicos que ocasiona.

Para Poder elegir el equipo de control se deben tomar en cuenta factores como los que se describen a continuación

Disponibilidad de la Red

Para hacer la selección del equipo, es necesario tener en cuenta que tipo de voltaje y frecuencia se tiene disponible y por tanto definir los tipos de accionamiento se pueden utilizar.

Algunas fuentes de alimentación tienen una variación de voltaje de $\pm 5\%$ y una variación de la frecuencia del 1%. En accionamientos de propósitos generales, las variaciones de voltaje y frecuencia dentro de estos límites son inconvenientes pero no ocasionan daños, hay accionamientos donde los cambios de voltaje y frecuencia de la fuente pueden causar un mal funcionamiento o daño, en estos casos es necesario intercalar estabilizadores de la fuente de alimentación.

Excepto para el caso de accionamientos muy grandes, la red de energía eléctrica es una barra infinita o una fuente de voltaje y frecuencia fija y forma de onda sinusoidal. Cuando los accionamientos son bastante grandes es necesario tener una línea dedicada para evitar caídas de voltaje en la red especialmente en el arranque.

La presencia de un rectificador y/o un inversor generalmente reducen el factor de potencia. El bajo factor de potencia de un motor de inducción conectado directamente a la red de alimentación puede ser compensado conectando capacitores a los terminales de la red.

Confiabilidad y Controlabilidad

El motor de inducción de jaula de ardilla es probablemente el más confiable y requiere menos mantenimiento que cualquier otro tipo de motor, la confiabilidad de los accionamientos controlados por tiristores o transistores, implica considerar la confiabilidad de los elementos de estado sólido y los controles asociados.

Una importante consideración en la selección de un accionamiento es la facilidad para operarlo y la velocidad de respuesta del sistema a cambios de la señal de control o cambios de la carga.

Rango y Regulación de Velocidad

Un equipo con un amplio rango de velocidad es más difícil de conseguir que uno con rangos restringidos de velocidad. Esto implica consideraciones en la

eficiencia del motor, factor de potencia y regulación de velocidad. Los accionamientos de velocidad variable de un amplio rango de velocidad, requieren tiristores o transistores de alto rango para que soporten las altas corrientes asociadas con la operación a baja velocidad. Para estos casos la elección de un variador de frecuencia sería lo acertado.

La elección de un variador de frecuencia en sí no sólo depende de sus características sino que involucra como hemos revisado un sinnúmero de parámetros a tener en cuenta para su selección.

Su selección se la debe realizar tomando en cuenta parámetros tales como velocidad, torque, corriente, voltaje, el uso que se le va a dar, pues este tipo de equipos involucra un costo, en la mayoría de los casos, superior al motor que se le varía la velocidad, por lo que resulta imprescindible un correcto análisis para un buen escogitamiento. Por ejemplo, en el caso que el uso sea únicamente para arrancar una máquina, pues esta es una de las características propias del variador, sería una subutilización del equipo pues sería preferible optar por un arrancador electrónico e incluso un arrancador electromecánico de acuerdo a las condiciones que se tenga que dar a la aplicación, pues resultaría una alternativa muchísimo más económica y óptima.

Simplemente en el caso de que se requiera optar de opciones más complejas como el control, la variación de la velocidad, y otras prestaciones que tiene el variador sería útil su uso, además es necesario volver a recalcar que se debe realizar un análisis de los requerimientos de la carga.

Costo

Este factor es muy importante al momento de hacer la selección puesto que el costo puede variar ampliamente debido al tipo del equipo de control y al motor que se va a utilizar. Adicionalmente se debe tomar en cuenta los costos de funcionamiento que están relacionados directamente con el tamaño, eficiencia y

factor de potencia. Los costos de mantenimiento también deben ser incluidos, para esto se debe conocer el tipo de mantenimiento que se debe dar, antes de hacer la selección.

A continuación se muestra una tabla en la que se resumen las características principales de los métodos de arranque de motor, la misma que ayudará como guía para hacer una selección rápida.

TABLA 4.2 .- TABLA COMPARATIVA DE LOS MÉTODOS DE ARRANQUE DE MOTORES

Métodos de Arranque	Aplicaciones	Corriente de Arranque	Torque de Arranque	Características Básicas	
				Ventajas	Desventajas
DIRECTO	<ul style="list-style-type: none"> - Motores de potencias pequeñas - Máquinas que no necesitan aceleración gradual 	$I_a = I_{max}$ $I_a = (6-8) I_n$	$T_a = (2-2.5) T_n$	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo costo - Elevado torque de arranque - Amplia aplicación - Mantenimiento mínimo 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta corriente de Arranque.
ESTRELLA TRIÁNGULO	<ul style="list-style-type: none"> - Máquinas que arranquen en vacío - Compresores - Sierras 	$I_a = \frac{I_{max}}{3}$	$T_a = \frac{T_{max}}{3}$	<ul style="list-style-type: none"> - Medio costo - Baja corriente de arranque - Grande número de maniobras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo torque de arranque - Necesita de 6 terminales. - Debe alcanzar aprox. 85% de la rotación nominal en la conexión estrella.
AUTO-TRANSFORMADOR	<ul style="list-style-type: none"> - Máquinas que deben limitar la corriente de arranque conservando el torque. 	$I_a = I_{max} \left(\frac{V_a}{V_n}\right)^2$	$T_a = T_{max} \left(\frac{V_a}{V_n}\right)^2$	<ul style="list-style-type: none"> - Arranque con carga - Regulable el torque de arranque - Amplia aplicación - Baja exigencia del motor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo - Frecuencia de maniobras.
IMPEDANCIAS	<ul style="list-style-type: none"> - Compresores - Bombas 	$I_a = I_{max} \left(\frac{V_a}{V_n}\right)$	$T_a = T_{max} \left(\frac{V_a}{V_n}\right)^2$	<ul style="list-style-type: none"> - Torque de arranque (0.3-0.5) T_{max} - Cambio sin interrupción. 	<ul style="list-style-type: none"> - Corriente de cresta elevada - Consumo de energía en el arranque

ARRANCADORES SUAVES	En todas las máquinas	Regulable	Regulable	<ul style="list-style-type: none"> - Corriente de arranque ajustable. - Aceleración progresiva hasta lograr torque nominal. - Eliminación de golpe de ariete. - Varios tipos de protecciones controladas por micro controladores 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo - Introducción de armónicos a la red.
VARIADOR DE FRECUENCIA	En todas las máquinas	Regulable	Regulable	<ul style="list-style-type: none"> - Corriente de arranque ajustable. - Aceleración progresiva hasta lograr torque nominal. - Eliminación de golpe de ariete. - Vario tipo de protecciones controladas por micro controladores - Posibilidad de control en lazo abierto y cerrado - Ajuste a requerimiento de carga - Variación en un rango amplio de velocidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo - Introducción de armónicos a la red.

4.3 EJEMPLO DE APLICACIÓN

Como ejemplo de aplicación se presenta el caso de una banda transportadora en una fábrica de asfalto. El motor que accionaba esta banda se quemó y requiere ser reemplazado.

En primer lugar se describirá como estaba conformado el equipo y las condiciones de operación inicial, luego se analizarán las posibles causas para la falla del equipo y por último se realizará la selección del motor y control a ser instalados para tener una operación satisfactoria.

Equipo y condiciones de operación inicial.

El equipo estaba compuesto de:

1 motor estándar de 20 HP, trifásico, 4 polos, 60 hz., Voltaje 460 V, 26 A., TEFC, factor de servicio 1.

1 Arrancador estrella triángulo.

1 un sistema de poleas y bandas para reducir la velocidad.

La velocidad de operación es de alrededor de 350 RPM. Esta velocidad se debe ajustar cuando los equipos se encuentren instalados y operando.

La banda transportadora es cargada cada 5 segundos.

El ambiente de trabajo es muy contaminado y la temperatura ambiente es superior a los 50°C.

Este sistema ha operado durante un año, sin ningún problema hasta que se quemó el motor

Posibles causas para la falla del equipo.

El motor tiene quemadas las bobinas del estator posiblemente debido a un sobrecalentamiento del motor y a una sobrecarga, tiene muestras de suciedad, está maltratado y su eje deformado.

El arrancador está lleno de polvo pero sus componentes están operando .

El sistema de poleas para la reducción de la velocidad está deteriorado, no está bien alineado con el eje del motor.

Las condiciones ambientales para el funcionamiento de los equipos no son las ideales.

Adicionalmente ninguna de las protecciones del motor operó lo que implica que el relé térmico de sobrecarga y el breaker de protección no están bien dimensionados.

Selección del motor y control a ser instalados.

Para hacer la selección del equipo se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

1.- Se determina la naturaleza de la carga.

Se trata de una banda transportadora que arranca cargada, la cual requiere de un torque constante, cuya curva se puede ver en la figura 4.5 ; de acuerdo a la tabla 4.1 para este tipo de aplicación se tienen las siguientes características de torque:

Torque de arranque 150%

Torque de aceleración 125%

Torque máximo de funcionamiento 100%

Tamaño del Control 100-150% de la capacidad nominal del motor.

2.- Determinar el rango de velocidad.

El proceso requiere una velocidad de alrededor de 350 RPM la misma que se debe ajustar cuando los equipos se encuentren funcionando. El motor es de 4 polos esto es 1750 RPM. La relación de velocidad es $1750 / 350 = 5$, es decir, tiene una relación de velocidad de 5:1, y una relación con la frecuencia de:

$$1750 / 60 = 29.17 \text{ RPM / Hz.}$$

Entonces $350 / 29.17 = 11.99 \text{ Hz.}$

3.- Definir los parámetros de la red.

Se trata de un sistema trifásico de 460 V. $\pm 10\%$, 60 Hz. $\pm 5\%$ La caída de voltaje y frecuencia está dentro, de los límites permisibles.

4.- Definir el medio ambiente.

Los equipos se instalarán a 2800 msnm y a una temperatura ambiente exterior de 20° C. Pero la temperatura interna, donde funcionarán los equipos es mayor de 50°C (para este caso se tomará como referencia 55°C), por esta razón se debería tomar en cuenta el factor de derrateo para el motor de 0.7, conforme a la figura 4.4, para que este factor de derrateo no sea tan bajo y asegurar la eficiencia del motor y el buen funcionamiento del equipo de control, se recomienda colocar un sistema de ventilación forzada con el que tendremos una temperatura promedio de 30°C. Para esta temperatura el factor de derrateo será de 0.95 obtenido de la figura 4.4.

Tomando en cuenta todos los factores anotados anteriormente se seleccionarán los equipos :

Para poder seleccionar el motor se debe definir el ciclo completo de operación. De acuerdo a la información obtenida, se trata de un tipo de servicio S1 que corresponde al funcionamiento con carga constante, pero hay que tomar en cuenta que cada cinco segundos se alimenta la banda, lo que produce un pequeño impacto de carga por lo que se recomienda usar un motor con factor de servicio de 1.15, con el que se tendrá la posibilidad de absorber los impactos de carga, el motor será de alta eficiencia y se tendrá un ahorro de energía.

Por el ambiente de trabajo, que hay mucho polvo, se recomienda usar equipos totalmente cerrados en el caso del motor un tipo TEFC HOSTILE DUTY, se trata de un motor que se aplica en condiciones ambientales severas, es un motor de alta eficiencia (93.6%), 1800 RPM, factor de servicio 1.15, 60 Hz., voltaje 230/460 V. De acuerdo al anexo 2.

Si se considera que el sistema funcionó durante un año sin problemas, se concluye que el motor está bien dimensionado y que se quemó debido a las condiciones de trabajo, esto es, la temperatura ambiente,

sistema de reducción de velocidad deteriorado y al mal dimensionamiento de las protecciones.

Tomando en cuenta el factor de derrateo (0.95), que se debe aplicar por las nuevas condiciones ambientales y el factor de servicio del motor (1.15). Se ha seleccionado un motor de 20 HP.

La posición de montaje será la estándar, esto es la F-1 de acuerdo a la figura 4.8 y acoplada directamente a la carga, según la figura 4.9, para evitar pérdidas debido a un acoplamiento inadecuado, con esto se eliminan las poleas y bandas y se evita que el motor haga un sobreesfuerzo por el mal estado del sistema de reducción de velocidad.

Para poder cumplir con los requisitos de variación de velocidad, y corriente de arranque reducida se necesitará usar un variador de frecuencia cuyo rango de frecuencia variará (al menos) desde 11.99 Hz. hasta 60 Hz. ; 11.99 Hz. para el límite bajo de velocidad y 60 Hz para el límite más alto de velocidad.

Con el uso del variador de frecuencia, se puede ajustar la velocidad en cualquier punto, adicionalmente puede actuar como arrancador, limitando la corriente de arranque y controlando el torque.

Con la ayuda del anexo 3 se seleccionó el inversor marca LEROY SOMER tipo FMV 2305 Modelo 27T para 460 V. de 30.3 KVA de capacidad nominal, 60 Hz. que permite la aplicación en motores que manejan una carga cuyo torque es constante, con una corriente nominal permanente de 38A.

El voltaje de entrada del variador puede variar entre 380 a 480 V. $\pm 10\%$ y la frecuencia de 60 Hz. $\pm 3.3\%$, estos parámetros se ajustan a la red, con una capacidad de sobrecarga de 150% la corriente nominal durante 1 minuto. Todas las características técnicas se encuentran en el anexo 3.

Este variador de velocidad presenta ventajas sustanciales con respecto al arrancador estrella triángulo, permite programar la rampa de aceleración y desaceleración, tiene protecciones contra sobre y bajo voltaje, falla a tierra, sobrecalentamiento tanto del motor como del variador. Todo esto hace que la operación del sistema sea segura y que se tenga control sobre parámetros que antes no se tomaban en cuenta, como por ejemplo la regulación de velocidad y la temperatura.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Un motor puede consumir hasta veinte veces su costo inicial cada año. Cuando un motor está operando por debajo del 100% de su carga nominal, se está desperdiciando gran cantidad de energía, si se toma en cuenta que en aplicaciones típicas, en nuestro medio, los niveles de utilización de los motores son de aproximadamente el 50%, se puede notar que una fuente común de ineficiencias en la aplicación de motores y su control es la falta de ajuste del motor con las necesidades de la carga.

Del trato con los ingenieros he detectado una tendencia a sobredimensionar los requerimientos de la carga para asegurar que el sistema tenga un funcionamiento garantizado.

Por todo lo anotado anteriormente se concluye que el éxito en una buena selección de los equipos está en definir exactamente los requerimientos y el funcionamiento de la carga

- Debido al incremento progresivo en el costo de la energía eléctrica, es necesario optimizar el consumo, esto se consigue instalando motores de alta eficiencia, puesto que los ahorros que se pueden obtener son interesantes, y la forma de cálculo se basa en la fórmula que se muestra a continuación:

$$S = 0.746 \times HP \times C \times N (100/E_A - 100/E_B)$$

Donde.

S es el ahorro en dólares por año

HP Capacidad del motor en HP

C	Costo de la energía, en dólares por Kwh
N	tiempo de funcionamiento en horas por año
E _A	Eficiencia en % de un motor estándar
E _B	Eficiencia en % de un motor de alta eficiencia.

Para el caso del motor de 20 HP tenemos un ahorro de USD \$ 246.45 por año, tomando en cuenta que la eficiencia estándar es de 85.5% y que el motor trabajará 8 horas por día, 240 días al año, con un costo de energía de 8.5 centavos de dólar por Kwh.

- El control de los motores a través de controles electrónicos, de hecho constituye el método mas útil y eficiente para el control del arranque, control de velocidad y frenado de motores de inducción de corriente alterna, puesto que con el uso de un variador de velocidad se puede hacer el control de todos los parámetros antes mencionados con un solo equipo, por el contrario si se usaran controles electromecánicos se necesitarían varios controles para realizar el mismo trabajo.

Adicionalmente estos controles se adaptan a todas las necesidades de la carga y a través de ellos se puede administrar la energía que se envía al motor de acuerdo a las exigencias de la carga. De esta forma se reduce el desgaste y deterioro de las piezas mecánicas, ocasionados en el conjunto motor-carga debido a los picos de arranque, efectuando un control de la energía que llega al motor, produciendo una aceleración o desaceleración suave, sin brusquedades.

Además este tipo de control ha aportado a los procesos industriales grandes ventajas aumentando su eficiencia, sus posibilidades de control y facilitando su automatización, reduciendo el consumo de energía y su mantenimiento que se traduce en una reducción de costos.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para optimizar el uso de los equipos, se recomienda usar motores de alta eficiencia con controles de estado sólido ajustados perfectamente a las necesidades de la carga de esta manera también se optimiza el uso de la energía.

- Ante una necesidad determinada, el usuario escoge generalmente la solución de mínimo costo inicial. Se recomienda, antes de comprar un equipo de eficiencia estándar, hacer un análisis comparativo de las ventajas y desventajas y un cálculo del ahorro en el consumo de energía si el equipo sería de alta eficiencia, el incremento en el costo inicial del motor de alta eficiencia se puede compensar mediante el ahorro de energía.

- Se recomienda realizar un análisis profundo de la aplicación de los diferentes tipos de motores y controles donde además del aspecto técnico se tome en cuenta el aspecto económico para poder hacer una selección óptima.

- Se recomienda también realizar un estudio detenido con respecto a las desventajas que puede tener el uso de controles electrónicos, en lo que se refiere a la contaminación de la red debido a la inyección de armónicos.

BIBLIOGRAFÍA

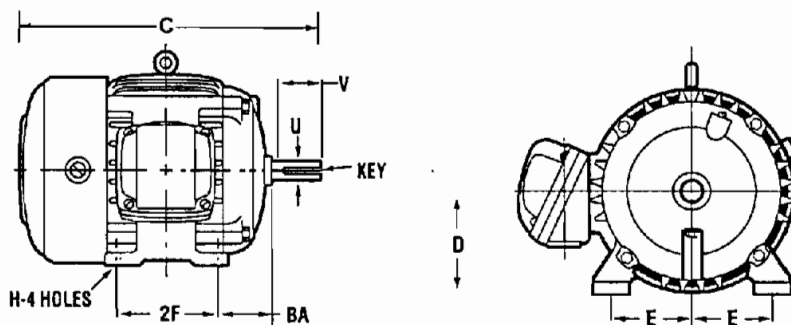
1. CHAPMAN Stephen J , Maquinas Eléctricas , primera edición , editorial Nomos, Bogotá - Colombia, 1990.
2. SHEPHERD W. y HULLEY L.N. , Power electronics and motor control, primera edición, editorial Universidad de Cambridge, Gran Bretaña , 1987.
3. KOSOW Irving, Maquinas eléctricas y transformadores, primera edición , editorial Practice-Hall , New Jersey- Estados Unidos, 1978.
4. CHAUPRADE Robert y MILSANT Francis , Control electrónico de los motores de corriente alterna, primera edición , editorial Gustavo Gili S.A. , Barcelona - España, 1983.
5. WILDI Theodore , Tecnología de los sistemas electrónicos de potencia , primera edición, editorial Hispano Europea S.A. , Barcelona - España , 1983.
6. LOVATO , Catalogo general, 1996.
7. LOVATO , Catalogo general , 1999.
8. LOVATO , Catalogo general , 1999 – 2000 , Impreso en Chile .
9. LOVATO, Catalogo General 2001, Componentes eléctricos para automatización industrial.
10. LEROY SOMER, Motores asíncronos trifásicos cerrados , Catalogo técnico.

11. KOSOW Irving , Control de maquinas eléctricas , Prentice may , 1973 ,
capitulo 7 .
12. FITZGERALD , A.E., Kingsley , Jr.C. y Kusko,A. Maquinaria eléctrica ,
tercera edición , Nueva York : McGraw Hill Book Company, 1971.
13. LEESON , Stock catalog, catalogo 1050 , 1999.
14. WEG, Manual de motores eléctricos, catalogo 511.05.0582 , Brasil.
15. US MOTORS, Application Guide, Adjustable Frequency Drives and AC
Motors , impreso en USA .
16. US MOTORS, Horizontal Motors , impreso en USA .

ANEXOS

ANEXO 1
DIMENSIONES DE MOTORES

T & U FRAME NEMA DIMENSIONS



Frame	D	E	2F	H	U	BA	V min.	KEY WIDTH	KEY THICKNESS	KEY LENGTH	C
48	3.00	2.13	2.75	0.34	0.50	2.50	-	-	0.05	-	-
56	3.50	2.44	3.00	0.34	0.63	2.75	-	0.19	0.19	1.38	-
143T	3.50	2.75	4.00	0.34	0.88	2.25	2.00	0.19	0.19	1.38	-
145T	3.50	2.75	5.00	0.34	0.88	2.25	2.00	0.19	0.19	1.38	-
182	4.50	3.75	4.50	0.41	0.88	2.75	2.00	0.19	0.19	1.38	14.09
182T	4.50	3.75	4.50	0.41	1.13	2.75	2.50	0.25	0.25	1.75	-
184	4.50	3.75	5.50	0.41	0.88	2.75	2.00	0.19	0.19	1.38	15.00
184T	4.50	3.75	5.50	0.41	1.13	2.75	2.50	0.25	0.25	1.75	-
213	5.25	4.25	5.50	0.41	1.13	3.50	2.75	0.25	0.25	2.00	18.44
213T	5.25	4.25	5.50	0.41	1.38	3.50	3.13	0.31	0.31	2.38	-
215	5.25	4.25	7.00	0.41	1.13	3.50	2.75	0.25	0.25	2.00	19.94
215T	5.25	4.25	7.00	0.41	1.38	3.50	3.13	0.31	0.31	2.38	-
254U	6.25	5.00	8.25	0.53	1.38	4.25	3.50	0.31	0.31	2.75	23.50
254T	6.25	5.00	8.25	0.53	1.63	4.25	3.75	0.38	0.38	2.88	-
256U	6.25	5.00	10.00	0.53	1.38	4.25	3.50	0.31	0.31	2.75	25.25
256T	6.25	5.00	10.00	0.53	1.63	4.25	3.75	0.38	0.38	2.88	-
284U	7.00	5.50	9.50	0.53	1.63	4.75	4.63	0.38	0.38	3.75	26.38
284T	7.00	5.50	9.50	0.53	1.88	4.75	4.38	0.50	0.50	3.25	-
284TS	7.00	5.50	9.50	0.53	1.63	4.75	3.00	0.38	0.38	1.88	-
286U	7.00	5.50	11.00	0.53	1.63	4.75	4.63	0.38	0.38	3.75	27.88
286T	7.00	5.50	11.00	0.53	1.88	4.75	4.38	0.50	0.50	3.25	-
286TS	7.00	5.50	11.00	0.53	1.63	4.75	3.00	0.38	0.38	1.88	-
324U	8.00	6.25	10.50	0.66	1.88	5.25	5.38	0.50	0.50	4.25	30.06
324T	8.00	6.25	10.50	0.66	2.13	5.25	5.00	0.50	0.50	3.88	-
324TS	8.00	6.25	10.50	0.66	1.88	5.25	3.50	0.50	0.50	2.00	-
326U	8.00	6.25	12.00	0.66	1.88	5.25	5.38	0.50	0.50	4.25	31.56
326T	8.00	6.25	12.00	0.66	2.13	5.25	5.00	0.50	0.50	3.88	-
326TS	8.00	6.25	12.00	0.66	1.88	5.25	3.50	0.50	0.50	2.00	-
364U	9.00	7.00	11.25	0.66	2.13	5.88	6.13	0.50	0.50	5.00	32.63
364US	9.00	7.00	11.25	0.66	1.88	5.88	3.50	0.50	0.50	2.00	-
364T	9.00	7.00	11.25	0.66	2.38	5.88	5.63	0.63	0.63	4.25	-
364TS	9.00	7.00	11.25	0.66	1.88	5.88	3.50	0.50	0.50	2.00	-
365U	9.00	7.00	12.25	0.66	2.13	5.88	6.13	0.50	0.50	5.00	33.63
365US	9.00	7.00	12.25	0.66	1.88	5.88	3.50	0.50	0.50	2.00	-
365T	9.00	7.00	12.25	0.66	2.38	5.88	5.63	0.63	0.63	4.25	-
365TS	9.00	7.00	12.25	0.66	1.88	5.88	3.50	0.50	0.50	2.00	-
404U	10.00	8.00	12.25	0.81	2.38	6.63	6.88	0.63	0.63	5.50	36.38
404US	10.00	8.00	12.25	0.81	2.13	6.63	4.00	0.50	0.50	2.75	-
404T	10.00	8.00	12.25	0.81	2.88	6.63	7.00	0.75	0.75	5.63	-
404TS	10.00	8.00	12.25	0.81	2.13	6.63	4.00	0.50	0.50	2.75	-

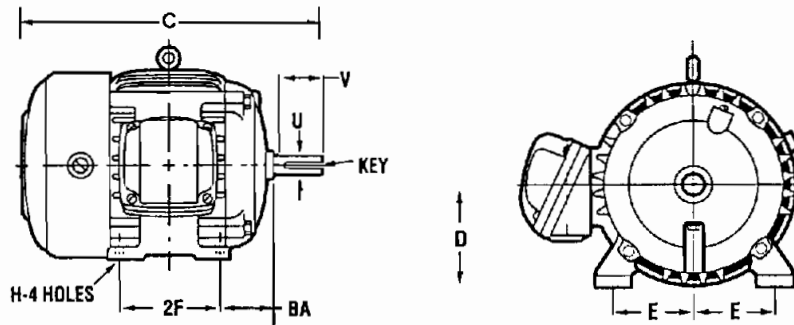
Dimensions



U. S. ELECTRICAL MOTORS
DIVISION OF EMERSON ELECTRIC CO.



J FRAME A DIMENSIONS



Model	D	E	2F	H	U	BA	V min.	KEY WIDTH	KEY THICKNESS	KEY LENGTH	C
J	10.00	8.00	13.75	0.81	2.38	6.63	6.88	0.63	0.63	5.50	37.88
JS	10.00	8.00	13.75	0.81	2.13	6.63	4.00	0.50	0.50	2.75	-
T	10.00	8.00	13.75	0.81	2.88	6.63	7.00	0.75	0.75	5.63	-
TS	10.00	8.00	13.75	0.81	2.13	6.63	4.00	0.50	0.50	2.75	-
J	11.00	9.00	14.50	0.81	2.88	7.50	8.38	0.75	0.75	7.00	44.00
JS	11.00	9.00	14.50	0.81	2.13	7.50	4.00	0.50	0.50	2.75	-
T	11.00	9.00	14.50	0.81	3.38	7.50	8.25	0.88	0.88	6.88	-
TS	11.00	9.00	14.50	0.81	2.38	7.50	4.50	0.63	0.63	3.00	-
U	11.00	9.00	16.50	0.81	2.88	7.50	8.38	0.75	0.75	7.00	46.00
JS	11.00	9.00	16.50	0.81	2.13	7.50	4.00	0.50	0.50	2.75	-
T	11.00	9.00	16.50	0.81	3.38	7.50	8.25	0.88	0.88	6.88	-
TS	11.00	9.00	16.50	0.81	2.38	7.50	4.25	0.63	0.63	3.00	-
U	11.00	9.00	20.00	0.81	2.88	-	-	-	-	-	49.50
T	11.00	9.00	20.00	0.81	3.38	-	-	0.88	0.88	-	-
TS	11.00	9.00	20.00	0.81	2.38	-	-	0.63	0.63	-	-
T	11.00	9.00	25.00	0.81	3.38	-	-	0.88	0.88	-	-
TS	11.00	9.00	25.00	0.81	2.38	-	-	0.63	0.63	-	-



U. S. ELECTRICAL MOTORS
DIVISION OF EMERSON ELECTRIC CO.

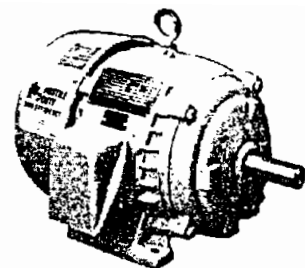


ANEXO 2
MOTORES DE ALTA EFICIENCIA

STAINLESS STEEL BODY
THREE PHASE
PREMIUM EFFICIENCY
TYPES CTE, JE
- 450 HP

Exceeds 1997 Federal Efficiency Levels

143T thru 449T Frame



for mill and chemical plants; severe environments.

- FEATURES:**
- Cast iron frame (steel frame on 143T and 145T)
 - Bi-lingual nameplate - English and French
 - Regreasable bearings on 254T frame and up
 - Stainless steel nameplate and plastic breather drain
 - External neoprene shaft slinger on pulley end

HP	RPM	FRAME	MODEL NO.	LIST PRICE	DISC. SCHED.	TYPE	SERVICE FACTOR	NEMA NOM. EFF.	VOLTS (60 HZ)	APPROX. SHPG. WT. (LB)	† ANNUAL ENERGY SAVINGS
1	1800	143T	H302	\$300	3XE	CTE	1.15	86.5	230/460	65	\$12.54
	1800	143T	H365	\$300	3XE	CTE	1.15	86.5	575	65	\$12.54
	1200	145T	H305	\$374	3XE	CTE	1.15	82.5	230/460	70	\$19.38
	1200	145T	H368 *	\$374	3XE	CTE	1.15	82.5	575	70	\$19.38
	900	182T	*	\$585	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	100	NA
	900	182T	*	\$585	3ME	CTE	1.15	NA	575	100	NA
	720	213T	*	\$806	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	160	NA
	720	213T	*	\$806	3ME	CTE	1.15	NA	575	160	NA
1-1/2	3600	143T	H300	\$308	3XE	CTE	1.15	84.0	230/460	65	\$19.98
	3600	143T	H661	\$308	3XE	CTE	1.15	84.0	575	65	\$19.98
	1800	145T	H303	\$331	3XE	CTE	1.15	86.4	230/460	70	\$23.81
	1800	145T	H366	\$331	3XE	CTE	1.15	86.4	575	70	\$23.81
	1200	182T	H310	\$399	3XE	CTE	1.15	86.5	230/460	100	\$47.88
	1200	182T	H371 *	\$399	3XE	CTE	1.15	86.5	575	100	\$47.88
	900	184T	*	\$707	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	110	NA
	900	184T	*	\$707	3ME	CTE	1.15	NA	575	110	NA
	720	213T	*	\$1082	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	160	NA
	720	213T	*	\$1082	3ME	CTE	1.15	NA	575	160	NA
2	3600	145T	H301	\$358	3XE	CTE	1.15	86.5	230/460	70	\$15.40
	3600	145T	H662	\$358	3XE	CTE	1.15	86.5	575	70	\$15.40
	1800	145T	H304	\$359	3XE	CTE	1.15	86.5	230/460	70	\$6.05
	1800	145T	H367	\$359	3XE	CTE	1.15	86.5	575	70	\$6.05
	1200	184T	H311	\$441	3XE	CTE	1.15	87.5	230/460	110	\$58.65
	1200	184T	H372 *	\$441	3XE	CTE	1.15	87.5	575	110	\$58.65
	900	213T	*	\$833	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	160	NA
	900	213T	*	\$833	3ME	CTE	1.15	NA	575	160	NA
	720	215T	*	\$1415	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	175	NA
	720	215T	*	\$1415	3ME	CTE	1.15	NA	575	175	NA
3	3600	182T	H306	\$420	3XE	CTE	1.15	88.5	230/460	100	\$65.16
	3600	182T	H663	\$420	3XE	CTE	1.15	88.5	575	100	\$65.16
	1800	182T	H308	\$413	3XE	CTE	1.15	89.5	230/460	100	\$49.12
	1800	182T	H369	\$413	3XE	CTE	1.15	89.5	575	100	\$49.12
	1200	213T	H316	\$587	3XE	CTE	1.15	89.5	230/460	160	\$49.12
	1200	213T	H375 *	\$587	3XE	CTE	1.15	89.5	575	160	\$49.12
	900	215T	*	\$1231	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	175	NA
	900	215T	*	\$1231	3ME	CTE	1.15	NA	575	175	NA
	720	254T	*	\$1818	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	300	NA
	720	254T	*	\$1818	3ME	CTE	1.15	NA	575	300	NA

† Energy savings calculated based on motor operating 4000 hours per year (2 shifts) with electricity cost of \$.05 per kilowatt hour - our premium efficient motor versus a standard efficient motor.

* Product listed may not be available from stock

See Operating Characteristics, page 180
 See Dimension Print, page 208



U. S. ELECTRICAL MOTORS

DIVISION OF EMERSON ELECTRIC CO.

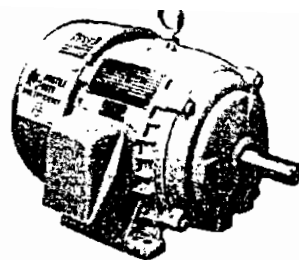


EMERSON

IRON CAST
THREE PHASE
PREMIUM EFFICIENCY
DESIGNS CTE, JE
1450 HP

**Exceeds 1997 Federal
Efficiency Levels**

143T thru 449T Frame



mill and chemical plants; severe environments.


HP	RPM	FRAME	MODEL NO.	LIST PRICE	DISC. SCHED.	TYPE	SERVICE FACTOR	NEMA NOM. EFF.	VOLTS (60 HZ)	APPROX. SHPG WT. (LB)	ANNUAL ENERGY SAVINGS
75	3600	184T	H307	\$520	3XE	CTE	1.15	89.5	230/460	110	\$43.36
	3600	184T	H664	\$520	3XE	CTE	1.15	89.5	575	110	\$43.36
	1800	184T	H309	\$470	3XE	CTE	1.15	90.2	230/460	110	\$53.07
	1800	184T	H370	\$470	3XE	CTE	1.15	90.2	575	110	\$53.07
	1200	215T	H317	\$863	3XE	CTE	1.15	90.2	230/460	175	\$53.07
	1200	215T	H376	\$863	3XE	CTE	1.15	90.2	575	175	\$53.07
	900	254T	*	\$1700	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	300	NA
	900	254T	*	\$1700	3ME	CTE	1.15	NA	575	300	NA
	720	256T	*	\$2494	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	340	NA
	720	256T	*	\$2494	3ME	CTE	1.15	NA	575	340	NA
	100	3600	213T	H312■	\$679	3XE	CTE	1.15	91.7	230/460	160
3600		213T	H665■	\$679	3XE	CTE	1.15	91.7	575	160	\$66.18
1800		213T	H314	\$679	3XE	CTE	1.15	91.7	230/460	160	\$110.04
1800		213T	H373	\$679	3XE	CTE	1.15	91.7	575	160	\$110.04
1200		254T	H322■	\$1166	3XE	CTE	1.15	91.7	230/460	300	\$87.86
1200		254T	H380■	\$1166	3XE	CTE	1.15	91.7	575	300	\$87.86
900		256T	*	\$2164	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	340	NA
900		256T	*	\$2164	3ME	CTE	1.15	NA	575	340	NA
720		284T	*	\$2856	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	380	NA
720		284T	*	\$2856	3ME	CTE	1.15	NA	575	380	NA
150		3600	215T	H313	\$801	3XE	CTE	1.15	91.7	230/460	175
	3600	215T	H666	\$801	3XE	CTE	1.15	91.7	575	175	\$59.99
	1800	215T	H315	\$819	3XE	CTE	1.15	91.7	230/460	175	\$117.15
	1800	215T	H374	\$819	3XE	CTE	1.15	91.7	575	175	\$117.15
	1200	256T	H323■	\$1369	3XE	CTE	1.15	91.7	230/460	340	\$117.15
	1200	256T	H381■	\$1369	3XE	CTE	1.15	91.7	575	340	\$117.15
	900	284T	*	\$2464	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	380	NA
	900	284T	*	\$2464	3ME	CTE	1.15	NA	575	380	NA
	720	324T	*	\$3376	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	600	NA
	720	324T	*	\$3376	3ME	CTE	1.15	NA	575	600	NA
	200	3600	254T	H318■	\$1099	3XE	CTE	1.15	91.7	230/460	300
3600		254T	H377■	\$1099	3XE	CTE	1.15	91.7	575	300	\$175.72
1800		254T	H320	\$1147	3XE	CTE	1.15	93.0	230/460	300	\$183.54
1800		254T	H378	\$1147	3XE	CTE	1.15	93.0	575	300	\$183.54
1200		284T	H328■	\$1817	3XE	CTE	1.15	92.4	230/460	380	\$132.37
1200		284T	H385■	\$1817	3XE	CTE	1.15	92.4	575	380	\$132.37
900		286T	*	\$3270	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	410	NA
900		286T	*	\$3270	3ME	CTE	1.15	NA	575	410	NA
720		326T	*	\$4479	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	625	NA
720		326T	*	\$4479	3ME	CTE	1.15	NA	575	625	NA
250		3600	256T	H319■	\$1325	3XE	CTE	1.15	92.4	230/460	350
	3600	256T	H667■	\$1325	3XE	CTE	1.15	92.4	575	350	\$156.96
	1800	256T	H321	\$1331	3XE	CTE	1.15	93.6	230/460	360	\$180.25
	1800	256T	H379	\$1331	3XE	CTE	1.15	93.6	575	360	\$180.25
	1200	286T	H329■	\$2210	3XE	CTE	1.15	92.4	230/460	410	\$138.95
	1200	286T	H386■	\$2210	3XE	CTE	1.15	92.4	575	410	\$138.95
	900	324T	*	\$3978	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	600	NA
	900	324T	*	\$3978	3ME	CTE	1.15	NA	575	600	NA
	720	364T	*	\$5450	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	800	NA
	720	364T	*	\$5450	3ME	CTE	1.15	NA	575	800	NA

Product listed may not be available from stock
NEMA Design A

See Operating Characteristics, page 180
See Dimension Print, page 208



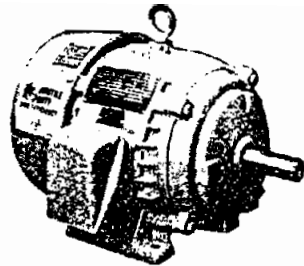
U. S. ELECTRICAL MOTORS

DIVISION OF EMERSON ELECTRIC CO.  EMERSON

**THREE PHASE
PREMIUM EFFICIENCY
TYPES CTE, JE
1 - 450 HP**

**Exceeds 1997 Federal
Efficiency Levels**

143T thru 449T Frame



For mill and chemical plants; severe environments.

HP	RPM	FRAME	MODEL NO.	LIST PRICE	DISC. SCHED.	TYPE	SERVICE FACTOR	NEMA NOM. EFF.	VOLTS (60 HZ)	APPROX. SHPG WT. (LB)	ANNUAL ENERGY SAVINGS	
25	3600	284TS	H324 ■	\$1653	3XE	CTE	1.15	92.4	230/460	350	\$173.68	
	3600	284TS	H382 ■	\$1653	3XE	CTE	1.15	92.4	575	350	\$173.68	
	3600	284T	H238 ■	\$1653	3XE	CTE	1.15	92.4	230/460	350	\$173.68	
	1800	284T	H326	\$1619	3XE	CTE	1.15	93.6	230/460	390	\$170.79	
	1800	284T	H383	\$1619	3XE	CTE	1.15	93.6	575	390	\$170.79	
	1200	324T	H334	\$2683	3E	CTE	1.15	93.0	230/460	600	\$186.75	
	1200	324T	H390	\$2683	3E	CTE	1.15	93.0	575	600	\$186.75	
	900	326T	*	\$4829	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	625	NA	
	900	326T	*	\$4829	3ME	CTE	1.15	NA	575	625	NA	
	720	365T	*	\$6615	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	910	NA	
	720	365T	*	\$6615	3ME	CTE	1.15	NA	575	910	NA	
	30	3600	286TS	H325	\$1954	3XE	CTE	1.15	92.4	230/460	400	\$179.97
3600		286TS	H668	\$1954	3XE	CTE	1.15	92.4	575	400	\$179.97	
1800		286T	H327	\$1915	3XE	CTE	1.15	94.1	230/460	440	\$243.06	
1800		286T	H384	\$1915	3XE	CTE	1.15	94.1	575	440	\$243.06	
1200		326T	H335	\$3074	3E	CTE	1.15	93.6	230/460	675	\$270.38	
1200		326T	H391	\$3074	3E	CTE	1.15	93.6	575	675	\$270.38	
900		364T	*	\$5534	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	740	NA	
900		364T	*	\$5534	3ME	CTE	1.15	NA	575	740	NA	
720		405T	*	\$7581	3ME	CTE	1.15	NA	230/460	1180	NA	
720		405T	*	\$7581	3ME	CTE	1.15	NA	575	1180	NA	
40		3600	324TS	H330 ■	\$2533	3E	CTE	1.15	93.6	230/460	560	\$162.34
		3600	324TS	H387 ■	\$2533	3E	CTE	1.15	93.6	575	560	\$162.34
	1800	324T	H332	\$2457	3E	CTE	1.15	94.1	230/460	600	\$198.17	
	1800	324T	H388	\$2457	3E	CTE	1.15	94.1	575	600	\$198.17	
	1200	364T	H340	\$4363	3E	CTE	1.15	94.5	230/460	875	\$364.35	
	1200	364T	H395	\$4363	3E	CTE	1.15	94.5	575	875	\$364.35	
	900	365T	*	\$6149	3ME	CTE	1.15	NA	460	910	NA	
	900	365T	*	\$6149	3ME	CTE	1.15	NA	575	910	NA	
	720	405T	*	\$8424	3ME	CTE	1.15	NA	460	1125	NA	
	720	405T	*	\$8424	3ME	CTE	1.15	NA	575	1180	NA	
	50	3600	326TS	H331	\$3261	3E	CTE	1.15	93.0	230/460	600	\$264.45
		3600	326TS	H669	\$3261	3E	CTE	1.15	93.0	575	600	\$264.45
1800		326T	H333	\$3025	3E	CTE	1.15	94.1	230/460	610	\$218.78	
1800		326T	H389	\$3025	3E	CTE	1.15	94.1	575	610	\$218.78	
1200		365T	H341	\$5090	3E	CTE	1.15	94.5	230/460	900	\$455.43	
1200		365T	H396	\$5090	3E	CTE	1.15	94.5	575	900	\$455.43	
900		404T	*	\$7178	3ME	CTE	1.15	NA	460	1160	NA	
900		404T	*	\$7178	3ME	CTE	1.15	NA	575	1160	NA	
720		445T	*	\$8783	3ME	CTE	1.15	NA	460	1700	NA	
720		445T	*	\$8783	3ME	CTE	1.15	NA	575	1700	NA	

Motors marked 208-230/460 volts may not meet all NEMA (MG-1) performance standards when operated at 208 volts.

* Product listed may not be available from stock

■ NEMA Design A

† Energy savings calculated based on motor operating 4000 hours per year (2 shifts) with electricity cost of \$.05 per kilowatt hour - our premium efficient motor versus a standard efficient motor.

See Operating Characteristics, page 18
See Dimension Print, page 208



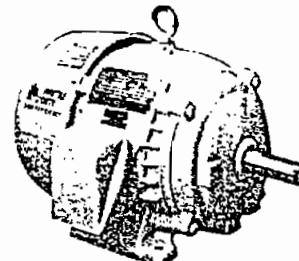
U. S. ELECTRICAL MOTORS
DIVISION OF EMERSON ELECTRIC CO.



**TEFC HOSTILE DUTY
THREE PHASE
PREMIUM EFFICIENCY
TYPES CTE, JE
1 - 450 HP**

**Exceeds 1997 Federal
Efficiency Levels**

143T thru 449T Frame



For mill and chemical plants; severe environments.

HP	RPM	FRAME	MODEL NO.	LIST PRICE	DISC. SCHED.	TYPE	SERVICE FACTOR	NEMA NOM. EFF.	VOLTS (60 HZ)	APPROX. SHPG WT. (LB)	† ANNUAL ENERGY SAVINGS
60	3600	364TS	H336■	\$4438	3E	CTE	1.15	93.6	230/460	790	\$204.69
	3600	364TS	★ H670■	\$4438	3E	CTE	1.15	93.6	575	790	\$204.69
	1800	364T	H338■	\$4498	3E	CTE	1.15	95.0	230/460	825	\$229.19
	1800	364T	H393■	\$4498	3E	CTE	1.15	95.0	575	825	\$229.19
	1800	364TS	H359■	\$4498	3E	CTE	1.15	95.0	230/460	825	\$229.19
	1200	404T	H344	\$6026	3E	CTE	1.15	94.5	230/460	1160	\$433.88
	1200	404T	H398	\$6026	3E	CTE	1.15	94.5	575	1160	\$433.88
	900	405T	★	\$8497	3ME	CTE	1.15	NA	460	1180	NA
	900	405T	★	\$8497	3ME	CTE	1.15	NA	575	1180	NA
	720	445T	★	\$11640	3ME	CTE	1.15	NA	460	1700	NA
	720	445T	★	\$11640	3ME	CTE	1.15	NA	575	1700	NA
75	3600	365TS	H337■	\$5590	3E	CTE	1.15	94.1	230/460	830	\$210.98
	3600	365TS	★ H392■	\$5590	3E	CTE	1.15	94.1	575	830	\$210.98
	1800	365T	H339	\$5796	3E	CTE	1.15	95.4	230/460	910	\$338.35
	1800	365T	H394	\$5796	3E	CTE	1.15	95.4	575	910	\$338.35
	1800	365TS	H360	\$5796	3E	CTE	1.15	95.4	230/460	910	\$338.35
	1200	405T	H345	\$7206	3E	CTE	1.15	95.0	230/460	1300	\$497.16
	1200	405T	H399	\$7206	3E	CTE	1.15	95.0	575	1300	\$497.16
	900	444T	★	\$10161	3ME	CTE	1.15	NA	460	1660	NA
	900	444T	★	\$10161	3ME	CTE	1.15	NA	575	1660	NA
	720	447T	★	\$13920	3ME	CTE	1.15	NA	460	2025	NA
	720	447T	★	\$13920	3ME	CTE	1.15	NA	575	2025	NA
100	3600	405TS	H342■	\$7471	3E	CTE	1.15	94.1	230/460	1200	\$281.31
	3600	405TS	★ H671■	\$7471	3E	CTE	1.15	94.1	575	1200	\$281.31
	1800	405T	H343	\$7114	3E	CTE	1.15	95.4	230/460	1250	\$605.40
	1800	405T	H397	\$7114	3E	CTE	1.15	95.4	575	1250	\$605.40
	1800	405TS	H361	\$7114	3E	CTE	1.15	95.4	230/460	1250	\$605.40
	1200	444T	H352	\$10087	3E	CTE	1.15	95.4	230/460	1660	\$451.14
	1200	444T	H298	\$10087	3E	CTE	1.15	95.4	575	1660	\$451.14
	900	445T	★	\$14223	3ME	CTE	1.15	NA	460	1700	NA
	900	445T	★	\$14223	3ME	CTE	1.15	NA	575	1700	NA
	125	3600	444TS	H346	\$10776	3E	CTE	1.15	94.5	460	1550
3600		444TS	H672★	\$10776	3E	CTE	1.15	94.5	575	1550	\$284.65
1800		444T	H349	\$10008	3E	CTE	1.15	95.4	460	1675	\$756.75
1800		444T	H295	\$10008	3E	CTE	1.15	95.4	575	1675	\$756.75
1800		444TS	H362	\$10008	3E	CTE	1.15	95.4	460	1675	\$756.75
1200		445T	H353	\$11609	3E	CTE	1.15	95.8	460	1750	\$401.71
1200		445T	H299	\$11609	3E	CTE	1.15	95.8	575	1750	\$401.71
900		447T	★	\$16368	3ME	CTE	1.15	NA	460	2025	NA
900		447T	★	\$16368	3ME	CTE	1.15	NA	575	2025	NA

Motors marked 208-230/460 volts may not meet all NEMA (MG-1) performance standards when operated at 208 volts.

★ Product listed may not be available from stock

■ NEMA Design A

† Energy savings calculated based on motor operating 4000 hours per year (2 shifts) with electricity cost of \$.05 per kilowatt hour - our premium efficient motor versus a standard efficient motor.

See Operating Characteristics, page 180
See Dimension Print, page 208



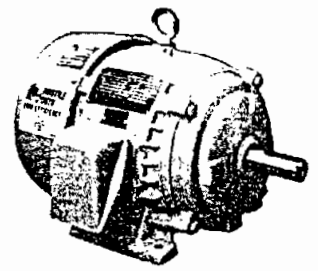
U. S. ELECTRICAL MOTORS
DIVISION OF EMERSON ELECTRIC CO.



**TEFC HIGH DUTY
THREE PHASE
PREMIUM EFFICIENCY
TYPES CTE, JE
- 450 HP**

**Exceeds 1997 Federal
Efficiency Levels**

143T thru 449T Frame



For use in mill and chemical plants; severe environments.

HP	RPM	FRAME	MODEL NO.	LIST PRICE	DISC. SCHED.	TYPE	SERVICE FACTOR	NEMA NOM. EFF.	VOLTS (60 HZ)	APPROX. SHPG. WT. (LB)	ANNUAL ENERGY SAVINGS
150	3600	445TS	H347	\$12945	3E	CTE	1.15	94.5	460	1650	\$341.58
	3600	445TS	H673 *	\$12945	3E	CTE	1.15	94.5	575	1650	\$341.58
	1800	445T	H350	\$11679	3E	CTE	1.15	95.4	460	1780	\$823.63
	1800	445T	H296	\$11679	3E	CTE	1.15	95.4	575	1780	\$823.63
	1800	445TS	H363	\$11679	3E	CTE	1.15	95.4	460	1780	\$823.63
	1200	447T	H354	\$13554	3E	CTE	1.15	96.2	460	2100	\$440.79
	1200	447T	H239	\$13554	3E	CTE	1.15	96.2	575	2100	\$440.79
	900	449T	*	\$33333	6	JE	1.15	95.2	460	2500	NA
	900	449T	*	\$33333	6	JE	1.15	95.2	575	2500	NA
200	3600	447TS	H348	\$16376	3E	CTE	1.15	95.0	460	2040	NA
	3600	447TS	H674 *	\$16376	3E	CTE	1.15	95.0	575	2040	NA
	1800	447T	H351	\$14037	3E	CTE	1.15	96.2	460	2120	\$837.01
	1800	447T	H297	\$14037	3E	CTE	1.15	96.2	575	2120	\$837.01
	1200	449T	*	\$30107	6	JE	1.15	96.0	460	2450	\$590.19
	1200	449T	*	\$30107	6	JE	1.15	96.0	575	2450	\$590.19
	900	449T	*	\$36129	6	JE	1.15	95.3	460	2500	\$198.38
	900	449T	*	\$36129	6	JE	1.15	95.3	575	2500	\$198.38
	250	3600	449TS	*	\$35957	6	JE	1.15	95.6	460	2350
3600		449TS	*	\$35957	6	JE	1.15	95.6	575	2350	\$932.92
1800		449T	*	\$31766	6	JE	1.15	96.2	460	2400	\$1171.84
1800		449T	*	\$31766	6	JE	1.15	96.2	575	2400	\$1171.84
1200		449T	*	\$32634	6	JE	1.15	96.1	460	2450	\$550.40
1200		449T	*	\$32634	6	JE	1.15	96.1	575	2450	\$550.40
● 900		449T	*	\$39130	6	JE	1.15	95.3	460	2500	\$185.40
● 900		449T	*	\$39130	6	JE	1.15	95.3	575	2500	\$185.40
300		3600	449TS	*	\$38849	6	JE	1.15	95.6	460	2350
	3600	449TS	*	\$38849	6	JE	1.15	95.6	575	2350	\$817.49
	1800	449T	*	\$32420	6	JE	1.15	96.4	460	2400	\$1100.85
	1800	449T	*	\$32420	6	JE	1.15	96.4	575	2400	\$1100.85
	1200	449T	*	\$38658	6	JE	1.15	95.8	460	2450	\$366.93
	1200	449T	*	\$38658	6	JE	1.15	95.8	575	2450	\$366.93
	350	3600	449TS	*	\$44497	6	JE	1.15	95.8	460	2350
3600		449TS	*	\$44497	6	JE	1.15	95.8	575	2350	\$1124.80
1800		449T	*	\$35780	6	JE	1.15	96.2	460	2400	\$855.30
1800		449T	*	\$35780	6	JE	1.15	96.2	575	2400	\$855.30
● 1200		449T	*	\$42497	6	JE	1.15	95.8	460	2450	\$85.26
● 1200		449T	*	\$42497	6	JE	1.15	95.8	575	2450	\$85.26
400		● 3600	449TS	*	\$47954	6	JE	1.15	95.8	460	2350
	● 3600	449TS	*	\$47954	6	JE	1.15	95.8	575	2350	\$391.80
	1800	449T	*	\$36556	6	JE	1.15	95.8	460	2400	NA
	1800	449T	*	\$36556	6	JE	1.15	95.8	575	2400	NA

● Class F rise

* Product listed may not be available from stock

† Energy savings calculated based on motor operating 6000 hours per year (2 shifts) with electricity cost of \$.05 per kilowatt hour - our premium efficient motor versus a standard efficient motor.

□ Shaded ratings are Titan frame motors. If modifications are required for these products, please refer to the Titan Motor Catalog, PB210 for pricing and availability.

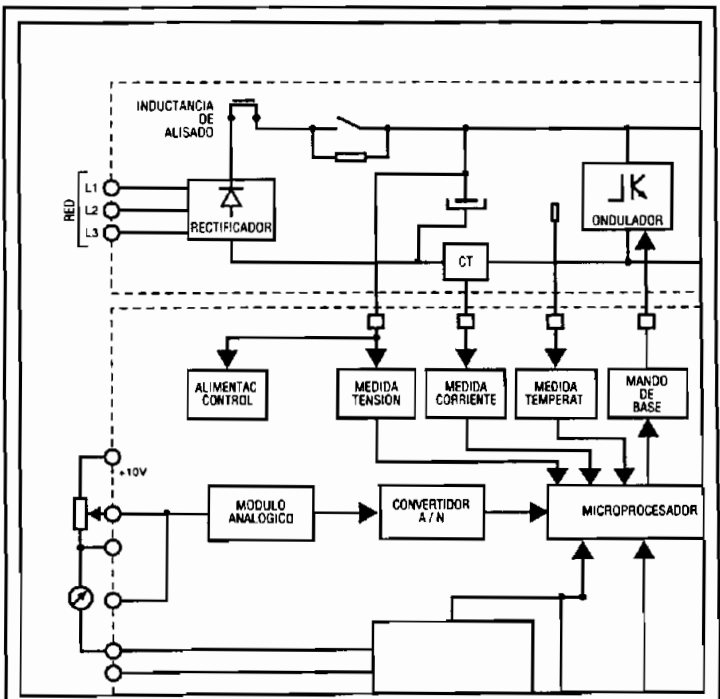
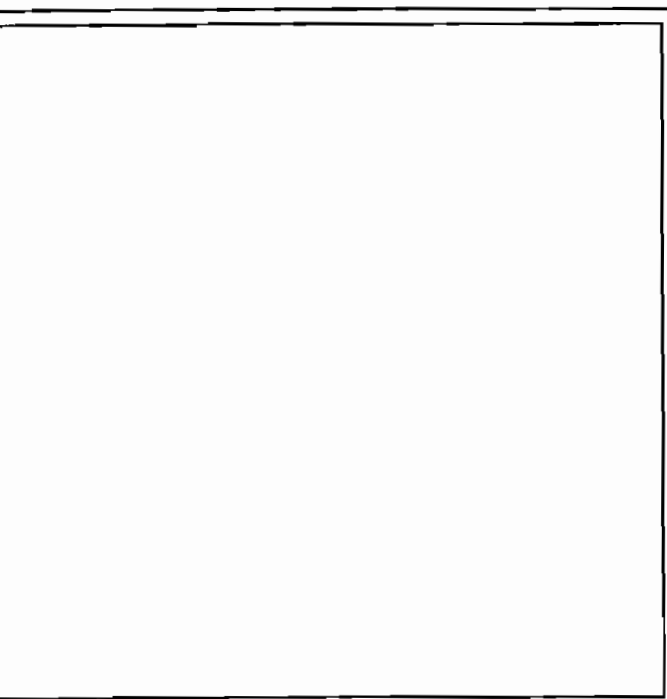
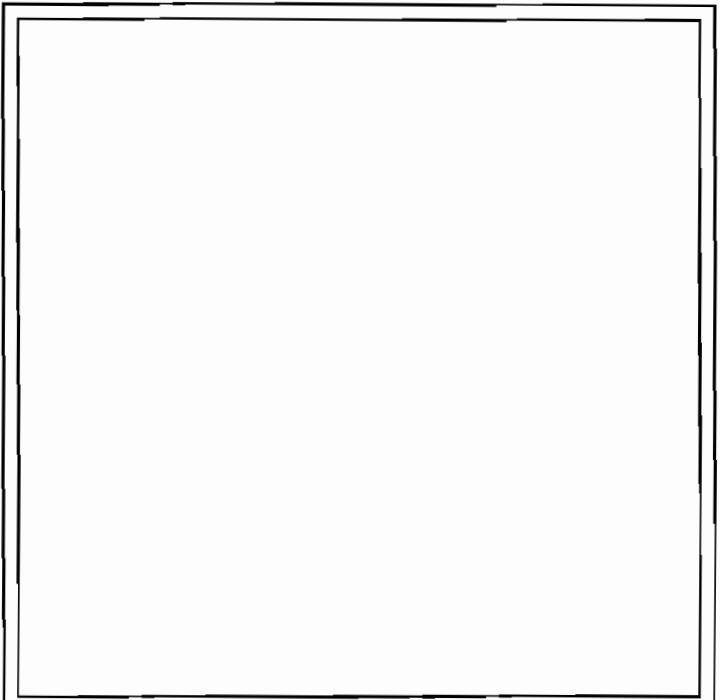
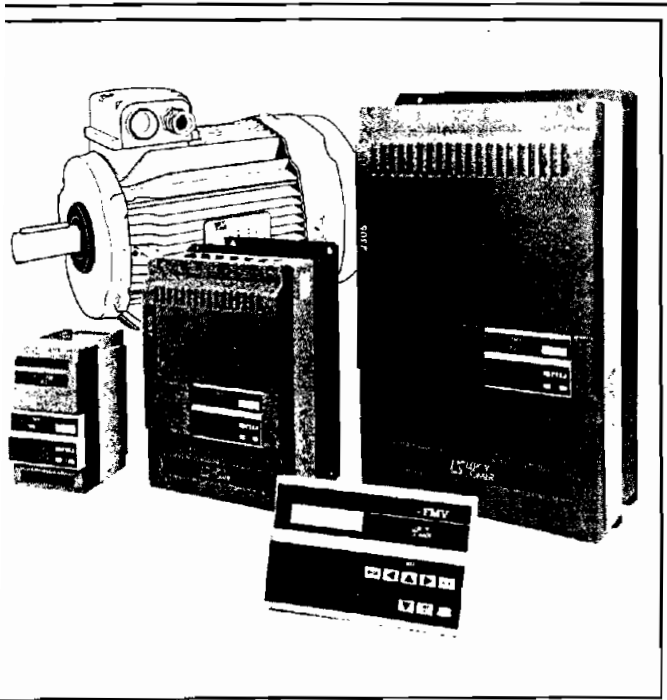
See Operating Characteristics, page 180
See Dimension Print, page 208



U. S. ELECTRICAL MOTORS
DIVISION OF EMERSON ELECTRIC CO.



ANEXO 3
VARIADOR DE VELOCIDAD



FMV 2305/2305A

**Modulador de frecuencia numérico
para motor asíncrono**

NOTA

LEROY-SOMER se reserva el derecho de modificar las características de sus productos en cualquier momento para aportar los últimos avances tecnológicos. Las informaciones indicadas en este documento son por consiguiente susceptibles de cambios sin previo aviso.

LEROY-SOMER no da ningún tipo de garantía contractual respecto a las informaciones publicadas en este documento y no responde de los errores que pueda contener ; tampoco de los daños que puedan generar al utilizarlo.

CUIDADO

- Para la seguridad del usuario, este modulador de frecuencia ha de ser conectado a la tierra reglamentaria (borna $\frac{+}{-}$).
- El modulador de frecuencia incluye dispositivos de seguridad que pueden en caso de errores provocar la parada del modulador de frecuencia y también la parada del motor. Este motor también puede sufrir una parada por bloqueo mecánico. Por fin, las variaciones de tensión, interrupciones de alimentación particularmente, también pueden ser el origen de los paros.
- La desaparición de las causas de parada pueden provocar un nuevo arranque ocasionando un peligro para ciertas máquinas o instalaciones, particularmente para aquellas que deben conformarse con los decretos del 15 de Julio de 1980 relativos a la seguridad.

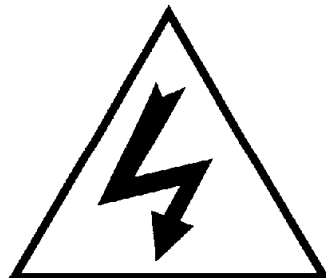
Es importante que, en estos casos, el usuario tenga en cuenta las consecuencias de la posibilidad de un nuevo arranque en caso de parada no programada del motor.

Aunque este material responda a las normas de construcción vigentes, es susceptible de crear interferencias. El usuario deberá pues encargarse de los medios necesarios para suprimirlos.

- El modulador de frecuencia está designado para alimentar un motor mas allá de la velocidad nominal (hasta 19 veces para ciertas programaciones).

Si el motor no está previsto mecánicamente para soportar dichas velocidades, el usuario puede exponerse a daños graves como consecuencia de la deterioración mecánica del motor.

Es importante que el usuario se asegure, antes de programar una velocidad elevada, que el motor pueda soportarla.



PELIGRO

IMPORTANTE

- Antes de cualquier intervención, tanto en la parte eléctrica como en la parte mecánica de la instalación o de la máquina :
- comprobar que la alimentación del modulador fue correctamente cortada (seccionador con fusibles o disyuntor) y bloqueada manualmente (llave).
 - esperar 7 minutos antes de intervenir en el modulador.

Motovariadores electrónicos

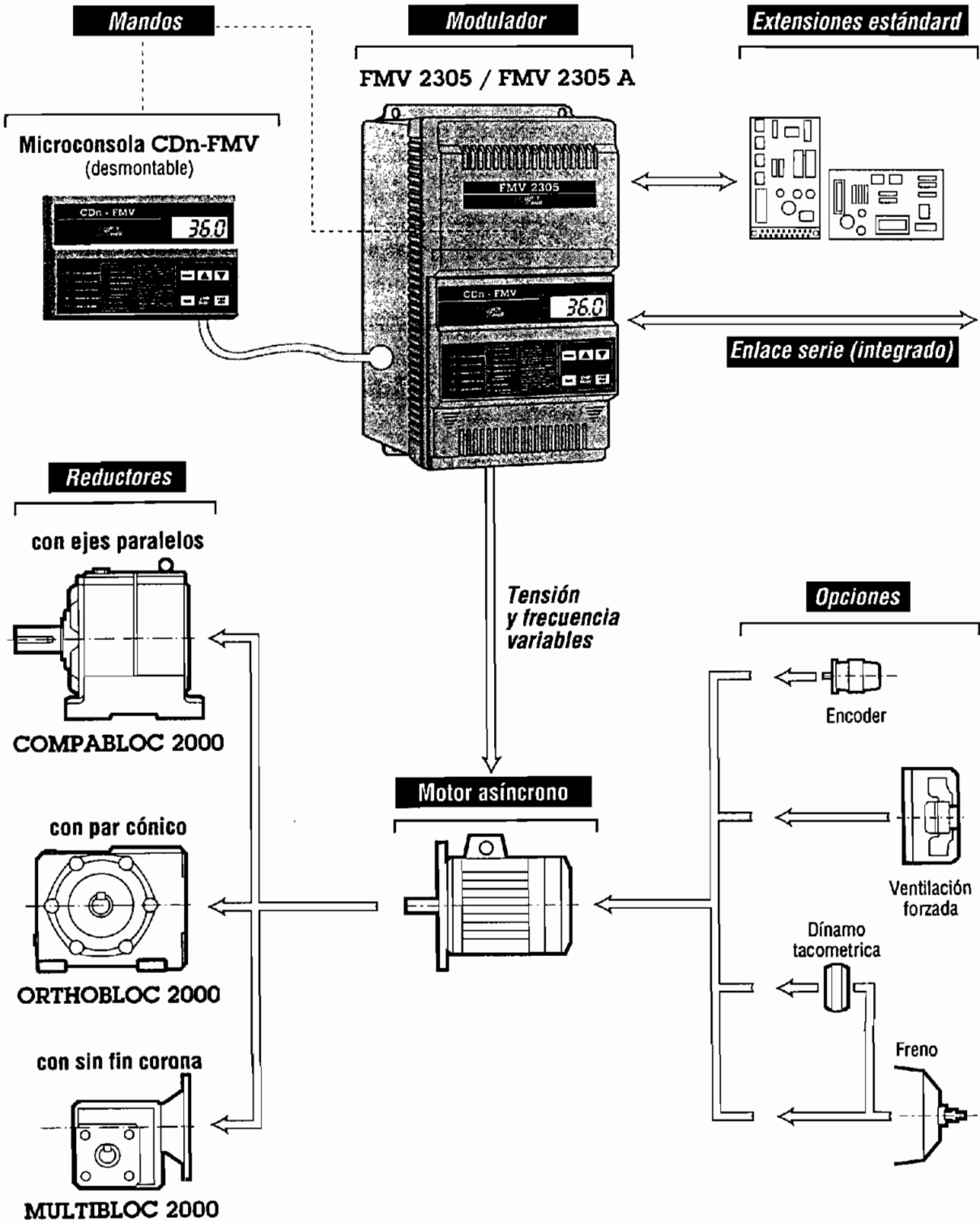
LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

PROLOGO

Este folleto presenta la puesta en servicio del modulador de frecuencia FMV 2305 y FMV 2305A de tecnología americana. Describe detalladamente las distintas fases de manejo del modulador y presenta las posibilidades de extensiones.

FMV 2305 corresponde al modulador de frecuencia diseñado para las aplicaciones con par constante.
 FMV 2305 A corresponde al modulador de frecuencia diseñado para las aplicaciones con par centrífugo.
 La diferencia principal entre ambas gamas es la capacidad de sobrecarga : - 150 % de I_n durante 60 s para FMV 2305
 - 120 % de I_n durante 60 s para FMV 2305A



SUMARIO

	Pages
1 - INFORMACIONES GENERALES	
1.1 - Principio general de funcionamiento	6
1.2 - Definición del producto	7
1.3 - Características principales	7 a 12
1.4 - Características ambientales	13
1.5 - Dimensiones y masa	14
1.6 - Instalaciones	14 a 16
2 - CONEXIONES	
2.1 - Bornas de potencia	17
2.2 - Bornas de control	18 a 21
2.3 - Conexiones particulares	22 a 23
2.4 - Conexión del enlace serie	23
2.5 - Definición de cables y protecciones	23 a 25
2.6 - Lista de esquemas	26 a 31
3 - PUESTA EN SERVICIO	
3.1 - Procedimiento de uso de la microconsola CDn-FMV	32 a 36
3.2 - Puesta en servicio del motovariador	37
3.3 - Lista de parámetros	38 a 51
3.4 - Guía de regulaciones	52 a 54
4 - EXTENSIONES DE FUNCIONAMIENTO	55
5 - DEFECTOS - DIAGNOSTICO	
5.1 - Señalización por LEDs	56
5.2 - Señalización por visualizador - mensajes de error	56 a 57
5.3 - Señalización por visualizador del estado del modulador	58
5.4 - Señalización por salidas lógicas	58
5.5 - Diagramas de localización de no funcionamiento	58 a 59
6 - MANTENIMIENTO	
6.1 - Introducción y aviso	60
6.2 - Mantenimiento	60
6.3 - Como medir la tensión y la corriente del motor	60 a 61
6.4 - Test de los niveles de potencia del modulador	61 a 62
6.5 - Test de aislamiento y de mantenimiento en tensión del modulador	62

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

- INFORMACIONES GENERALES

1.1 - Principio general de funcionamiento

La velocidad de sincronismo (min^{-1}) de un motor asíncrono de jaula depende del número de polos (P) y de la frecuencia (F) de su alimentación. Dichas magnitudes se relacionan por la expresión :

$$N = \frac{120 \times F}{P}$$

Por lo cual, cambiar la frecuencia (F) significa cambiar la velocidad (N) de sincronismo de un motor dado.

Sin embargo, cambiar la frecuencia sin modificar la tensión de alimentación modifica la densidad del flujo magnético en el motor. Por eso, los **moduladores FMV 2305 / FMV 2305 A** hacen variar simultáneamente **TENSION** y **FRECUENCIA** de salida. Lo cual permite optimizar la curva de par del motor y evitar su calentamiento.

Los **moduladores FMV 2305 / FMV 2305 A** alimentan el motor por una tensión generada a partir de una tensión alterna continua y fija. La modulación de la tensión se produce por el principio de modulación de la duración de los impulsos.

El modulador suministra al motor una corriente próxima a una senoide, con pocos armónicos.

Los motores **LS FMV** están diseñados de manera tal que funcionan de forma óptima cuando están alimentados por un modulador de frecuencia. Sus circuitos magnéticos y sus bobinados han sido adaptados al uso de los **moduladores FMV 2305 / FMV 2305 A**. Por lo tanto, el conjunto motovariador asegura unas prestaciones de par garantizadas en cualquier condición de funcionamiento.

1.1 - Descripción funcional del modulador

El modulador se compone de :

UN RECTIFICADOR de la tensión de la red, junto con un **CONDENSADOR DE FILTRADO** que procura una tensión continua fija, la cual depende de la tensión de la red.

UN ONDULADOR : esta tensión continua alimenta el ondulador de 6 transistores (IGBT). El ondulador convierte la tensión continua en una tensión alterna modulada en tensión y en frecuencia.

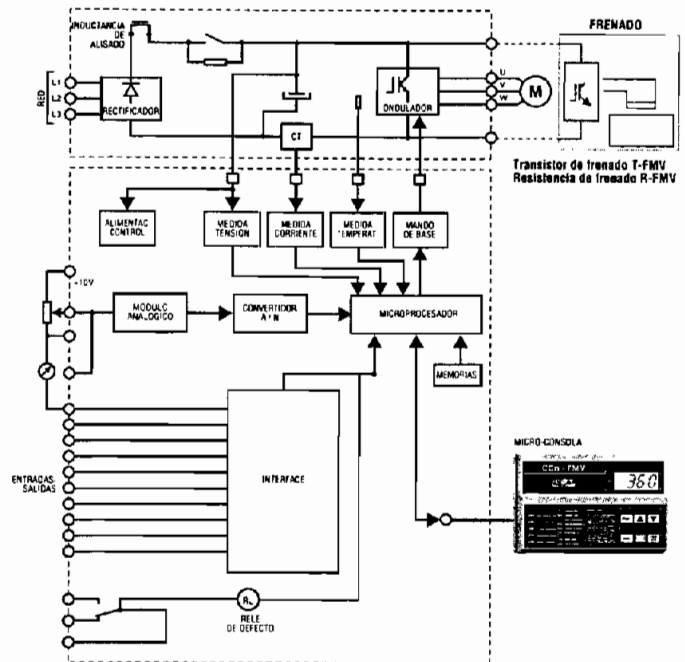
UNA MEDIDA INTERNA DE INTENSIDAD.

UNA TARJETA ELECTRONICA DE CONTROL abarcando : el microprocesador, el circuito ASIC generador del MLI (PWM) y los circuitos de amplificación de las señales de mando de potencia.

1.1.2 - Esquemas de funcionamiento

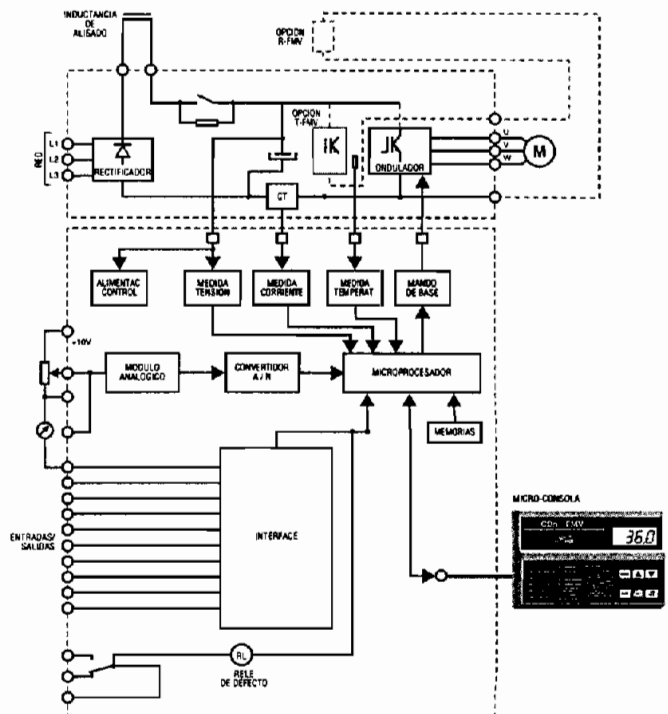
- FMV 2305 : 1.5 T a 11 T

- FMV 2305 A : 1.5 T a 11 T



- FMV 2305 16 T a 100 T

- FMV 2305 A : 16 T a 120 T



Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

1.2 - Definición del producto

Ejemplos : FMV 2305 - 1.5 T y FMV 2305 A - 120T



FMV 2305 : modulador diseñado para las aplicaciones de par constante.



FMV 2305 A : modulador diseñado para las aplicaciones de par cuadrático.

1.5 = Calibre en kVA bajo 380 V.

T = Alimentación trifásica.

Esta denominación se reproduce en la placa de características.

ENTREE / INPUT		FMV 2305 - 1.5 T		SORTIE / OUTPUT	
VOLTS	380 - 440V	380 - 480V	Volts Max	380 - 480V	
FREQ	50 Hz	60 Hz	Capacity Max	0,75 kW	
PHASE	3	3	Amps	2.1 A	
DATE			MFG NO		
MOTEURS LEROY-SOMER / FRANCE					
 ATTENTION Après mise hors tension, attendez 5 minutes pour toute intervention dans le variateur			 CAUTION After switching off the inverter, wait for 5 minutes before performing maintenance or inspection		

ENTREE / INPUT		FMV 2305 A - 120 T		SORTIE / OUTPUT	
VOLTS	380 - 440V	380 - 460V	Volts Max	380 - 460V	
FREQ	50 Hz	60 Hz	Capacity Max	90 kW	
PHASE	3	3	Amps	180 A	
DATE			MFG NO		
MOTEURS LEROY-SOMER / FRANCE					
 ATTENTION Après mise hors tension, attendez 5 minutes pour toute intervention dans le variateur			 CAUTION After switching off the inverter, wait for 5 minutes before performing maintenance or inspection		

1.3 - Características principales

Para ambas gamas de modulador FMV 2305 Y FMV 2305 A, las funciones efectuadas y las características son idénticas ; en particular para los calibres :

- FMV 2305 1.5 T A 11 T y FMV 2305 A 1.5 T a 11 T,
- FMV 2305 16 T A 40 T y FMV 2305 A 16 T a 50 T,
- FMV 2305 50 T A 100 T y FMV 2305 A 60 T a 120 T,

FMV 2305 1.5 T A 11 T define los calibres : 0.75 - 1.1 - 1.5 - 2.2 - 4 - 5.5 - 7.5 kW bajo 380 V,

FMV 2305 A 1.5 T A 11 T define los calibres : 0.75 - 1.1 - 1.5 - 2.2 - 4 - 5.5 - 7.5 kW bajo 380 V,

FMV 2305 16 T a 40 T define los calibres : 11 - 15 - 18.5 - 22 - 30 kW bajo 380 V,

FMV 2305 A 16 T a 50 T define los calibres : 11 - 15 - 18.5 - 22 - 30 - 37 kW bajo 380 V,

FMV 2305 50 T a 100 T define los calibres : 37 - 45 - 75 kW bajo 380 V,

FMV 2305 60 T a 120 T define los calibres : 45 - 55 - 75 kW bajo 380 V.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

3.1 - Características eléctricas

FMV 2305

FMV 2305	CAPACIDAD MODULADOR (salida)		* POTENCIA MAXIMA UTIL MOTOR (4 POLOS)		INTENSIDAD NOMINAL PERMANENTE MODULADOR (salida) (A)
	kVA	kVA	kW	kW	
	380 V 50 / 60 Hz	460 V 50 / 60 Hz	380 V 50 / 60 Hz	460 V 50 / 60 Hz	
1.5 T	1,4	1,7	0,75	0,9	2.1
2 T	1,8	2,2	1,1	1,3	2.8
2.5 T	2,5	3,0	1,5	1,8	3.8
3.5 T	3,7	4,5	2,2	2,7	5.6
5.5 T	6,2	7,6	4	4,8	9.5
8 T	7,9	9,6	5,5	6,7	12.0
11 T	10,5	12,7	7,5	9,1	16.0
16 T	16,5	19,9	11	13,3	25
22 T	20,4	24,7	15	18,2	31
27 T	25,0	30,3	18,5	22,4	38
33 T	30,2	36,6	22	26,6	46
40 T	38,8	47,0	30	36,3	59
50 T	50,0	60,5	37	44,8	76
60 T	59,9	72,5	45	54,5	91
75 T	72,4	87,6	55	66,6	110
100 T	98,7	119,5	75	90,8	150

FMV 2305 A

FMV 2305A	CAPACIDAD MODULADOR (salida)		* POTENCIA MAXIMA UTIL MOTOR (4 POLOS)		INTENSIDAD NOMINAL PERMANENTE MODULADOR (salida) (A)
	kVA	kVA	kW	kW	
	380 V 50 / 60 Hz	460 V 50 / 60 Hz	380 V 50 / 60 Hz	460 V 50 / 60 Hz	
1.5 T	1,4	1,7	0,75	0,9	2.1
2 T	1,8	2,2	1,1	1,3	2.8
2.5 T	2,5	3,0	1,5	1,8	3.8
3.5 T	3,7	4,5	2,2	2,7	5.6
5.5 T	6,2	7,6	4	4,8	9.5
8 T	7,9	9,6	5,5	6,7	12.0
11 T	10,5	12,7	7,5	9,1	16.0
16 T	16,5	19,9	11	13,3	25
22 T	21,0	25,5	15	18,2	32
27 T	25,0	30,3	18,5	22,4	38
33 T	30,2	36,6	22	26,6	46
40 T	40,8	49,4	30	36,3	62
50 T	46,0	55,8	37	44,8	70
60 T	59,9	72,5	45	54,5	91
75 T	72,4	87,6	55	66,6	110
100 T	94,8	114,7	75	90,8	144
120 T	118,5	143,4	90	108,9	180

Comprobar siempre que la intensidad nominal del motor sea inferior a la intensidad nominal permanente del modulador.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

1.3.2 - Características y funciones

MODELO	FMV 2305 1.5 T a 11 T FMV 2305A 1.5 T a 11 T	FMV 2305 16 T a 40 T FMV 2305A 16 T a 50 T	FMV 2305 50 T a 100 T FMV 2305A 60 T a 120 T
CARACTERISTICAS			
TENSION RED (Trifásica)	380 a 440V $\pm 10\%$ - 50 Hz ± 2 Hz 380 a 480V $\pm 10\%$ - 60 Hz ± 2 Hz	380 a 460V $\pm 10\%$ - 50/60 Hz ± 2 Hz	
MODO DE REGULACION	Ley Tensión/Frecuencia		
REGULACION	Referencia Frecuencia. Referencia " Par " : regulación de la intensidad en el motor. Regulación de la velocidad si se utiliza un retorno encoder en el motor.		
LEY Tensión (U) / Frecuencia (f)	Relación U/f regulable por la frecuencia básica. Curva U/f fija : par constante, o dinámico : par variable.		
FRECUENCIA DE CORTE (Regulación)/ FRECUENCIA DE SALIDA (Gama máxima)	Regulación / Gama máxima 2.9 kHz / 0 a 240 Hz 5.9 kHz / 0 a 480 Hz 8.8 kHz / 0 a 480 Hz 11.7 kHz / 0 a 960 Hz	Regulación / Gama máxima 2.9 kHz / 0 a 240 Hz 5.9 kHz / 0 a 480 Hz	Regulación / Gama máxima 2.9 kHz / 0 a 240 Hz
	Se puede reducir el margen de frecuencia, arriba indicado para una frecuencia de corte dada : Ej. : 0 a 120 Hz para f corte = 11.7 kHz.		
PRECISION EN FRECUENCIA	$\pm 0.01\%$ del margen máximo regulado para una referencia numérica : enlace serie o micro consola CDn.FMV.		
RESOLUCION DE LA FRECUENCIA	± 0.1 Hz, F _{salida} = 0 a 120 Hz ± 0.2 Hz, F _{salida} = 0 a 240 Hz ± 0.4 Hz, F _{salida} = 0 a 480 Hz ± 0.8 Hz, F _{salida} = 0 a 960 Hz	± 0.1 Hz, F _{salida} = 0 a 120 Hz ± 0.2 Hz, F _{salida} = 0 a 240 Hz ± 0.4 Hz, F _{salida} = 0 a 480 Hz	± 0.1 Hz, F _{salida} = 0 a 120 Hz ± 0.2 Hz, F _{salida} = 0 a 240 Hz
COMPENSACION DE DESLIZAMIENTO (Bucle abierto)	Regulación : 0 a 5 Hz, F _{salida} \leq 120 Hz 0 a 10 Hz, F _{salida} \leq 240 Hz 0 a 20 Hz, F _{salida} \leq 480 Hz 0 a 25 Hz, F _{salida} \leq 960 Hz	Regulación : 0 a 5 Hz, F _{salida} \leq 120 Hz 0 a 10 Hz, F _{salida} \leq 240 Hz 0 a 20 Hz, F _{salida} \leq 480 Hz	Regulación : 0 a 5 Hz, F _{salida} \leq 120 Hz 0 a 10 Hz, F _{salida} \leq 240 Hz
CAPACIDAD DE SOBRECARGA	FMV 2305 : 150% I _N durante 60 s. FMV 2305A : 120% I _N durante 180 s. FMV 2305A : 120% I _N durante 60 s.		
FRENADO	Frenado hipsincrónico. Frenado por inyección de corriente continua. Frenado con resistencias (opción).		
PAR A BAJA VELOCIDAD (Boost)	Regulación manual o automática de la tensión de salida.		

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

MODELO	FMV 2305 1.5 T a 11 T FMV 2305A 1.5 T a 11 T	FMV 2305 16 T a 40 T FMV 2305A 16 T a 50 T	FMV 2305 50 T a 100 T FMV 2305A 60 T a 120 T
MANDO	Por la microconsola CDn-FMV (desmontable).		
MANDO MODULADOR	Por las bornas. Por el enlace serie.		
REFERENCIA FRECUENCIA	Consigna analógica : - 0 a 10 Vcc (impedancia de entrada 110 kΩ) : fuente de tensión o potenciómetro 10kΩ, - -10 a +10 Vcc (impedancia de entrada 110 kΩ) : fuente de tensión, - 4 a 20 mA - 20 a 4 mA - 0 a 20 mA } Impedancia de entrada 100 Ω. Consigna numérica : - programable por la micro-consola CDn-FMV, - programable por el enlace serie.		
REFERENCIA PAR	Consigna analógica : 0 a +10 Vcc (impedancia de entrada 27 kΩ) : fuente de tensión o potenciómetro 10 kΩ. Consigna numérica : programable por el enlace serie.	Consigna analógica : 0 a +10 Vcc (impedancia de entrada 110 kΩ) : fuente de tensión o potenciómetro 10 kΩ. Consigna numérica : programable por el enlace serie.	
RETORNO ENCODER	Regulación de la velocidad real en bucle cerrado por encoder : 15 impulsos por polo motor por revolución.		
MARCHA ADELANTE/ATRAS	Por la microconsola CDn-FMV (desmontable). Por las bornas. Por el enlace serie.		
FUNCIONAMIENTO			
RAMPAS ACELERACION/DECELERACION	Regulaciones separadas de 0.2 a 600 s : curva lineal.		
VELOCIDADES PREAJUSTADAS	Sea : 4 velocidades programables + función de marcha por impulsos. Sea : 8 velocidades programables.		
RAMPAS ACELERACION/DECELERACION CON LAS VELOCIDADES PREAJUSTADAS	Cada velocidad preajustada lleva sus propias rampas de aceleración y deceleración.		
LIMITACION DE LA FRECUENCIA Mínima / Máxima	$0 \text{ Hz} \leq F_{\text{min}} \leq F_{\text{max}} \leq F$ gama máxima de regulación.		
SALTO DE FRECUENCIA	3 saltos de frecuencia con amplitud de salto regulable, para evitar los fenómenos de resonancia mecánica.		
FUNCIONAMIENTO MARCHA POR IMPULSOS (JOGGING)	Velocidad regulable : 0 a 15 Hz. Rampas de aceleración y deceleración : 0.2 a 600 s.		
MODO DE PARADA	Parada en rueda libre : parada instantánea de la alimentación del motor. Frenado en rampa. Frenado por inyección de corriente continua.		
FRENADO POR INYECCION DE CORRIENTE CONTINUA	Par de frenado : - FMV 2305 : 40 a 150 % I _n . - FMV 2305 A : 40 a 120 % I _n . Frenado hasta parada del motor y mantenimiento del par durante 1 segundo.		
REARRANQUE AUTOMATICO	Puesta bajo tensión : arranque tras 120 ms. Corte de la alimentación : arranque tras 120 ms. Después de un error : - esperar 1 segundo para borrar (RESET), - re arranque automático después del RESET. Después de una orden de " STOP " : re arranque tras orden de marcha.		
REARRANQUE AUTOMATICO CON MOTOR EN MARCHA	Posibilidad de arrancar el modulador cuando el motor funciona.		

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

MODELO	FMV 2305 1.5 T a 11 T FMV 2305A 1.5 T a 11 T	FMV 2305 16 T a 40 T FMV 2305A 16 T a 50 T	FMV 2305 50 T a 100 T FMV 2305A 60 T a 120 T
ERRORES			
PERDIDA DE REFERENCIA DE INTENSIDAD (4-20 / 20-4 mA)	Valor de la consigna < 3,5 mA.		
ERROR UNIDAD CENTRAL	Error interno del modulador al ponerlo bajo tensión.		
ERROR EXTERNO	Error forzado mediante las bornas o mediante el enlace serie.		
SOBRECARGA (I x t)	Relé térmico electrónico.		
TEMPERATURA AMBIENTE FUERA DEL MARGEN	-	-10 °C > Tambiente +50°C < Tambiente	
SOBRECALENTAMIENTO MODULADOR	-		Protección del modulador por sondas térmicas en el radiador.
SOBRECALENTAMIENTO MOTOR (CTP)	Resistencia CTP > 3 kΩ (motor demasiado caliente). Resistencia CTP < 100 Ω (protección corto circuito CTP).		
SOBREINTENSIDAD	185 % de la corriente nominal.		
CORTO-CIRCUITO FASE - FASE FASE - TIERRA	Protecciones contra los cortocircuitos entre fases y puestas a tierra.		
ERROR FALTA DE FASE / DESEQUILIBRIO DE FASE	Tensión en una fase por lo menos inferior a 380V - 15 % o desequilibrio de fase.		
AVISO CAIDA DE TENSION	Alimentación < 380V -15 % : frenado en la rampa. Puesta en error (falta de fase) si la tensión no supera de nuevo los 380V -15 % antes de que el motovariador alcance la velocidad cero.		
ERROR DE SUBTENSION	Tensión bus continuo por debajo de la zona de funcionamiento.		
ERROR DE SOBRETENSION	Para un tiempo de deceleración inadecuado o para una red de alimentación demasiado alta		
ERROR DE ALIMENTACION INTERNA	Controlar las alimentaciones internas del modulador.		
BORRADO DE LOS ERRORES	Borrar los errores : tecla " STOP / RESET " de la microconsola o borna 13 en las bornas.		

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

MODELO	FMV 2305 1.5 T a 11 T FMV 2305A 1.5 T a 11 T	FMV 2305 16 T a 40 T FMV 2305A 16 T a 50 T	FMV 2305 50 T a 100 T FMV 2305A 60 T a 120 T
SEÑALIZACIONES			
VISUALIZACION	En la microconsola CDn-FMV : - frecuencia de salida en Hz, o - intensidad de salida en % de la intensidad nominal I _n .		
RELE AFECTABLE	Relé 240 VAC - 7A (carga resistiva).		
	Se activa cuando : - el modulador no está en error, o cuando - la velocidad ha sido alcanzada.	Se activa cuando : - el modulador está funcionando, o cuando - la velocidad ha sido alcanzada.	
RELE VELOCIDAD MINIMA	-	240 VAC - 7A (carga resistiva). Se activa cuando la velocidad supera la velocidad mínima.	
RELE DE ESTADO MODULADOR	Relé afectable.	240 VAC - 7A (carga resistiva). Se activa cuando no hay error.	
SALIDA LOGICA AFECTABLE	Colector abierto : - 30 mA, fuente interna 24V, - 250 mA, fuente externa mediante el 0V.		
	Se activa cuando : - el modulador está funcionando, o cuando - la velocidad está al mínimo.	Se activa cuando : - aparece la alarma de sobrecarga, o cuando - el modulador no está en error.	
IMAGEN DE LA FRECUENCIA : SEÑAL NUMERICA	-	Colector abierto + 24 / 0 V ±10 mA Señal cuadrada de frecuencia, (la de la salida modulador).	
IMAGEN DE LA FRECUENCIA : SEÑAL ANALOGICA	0 a +10V, 5 mA, precisión ± 2 %, 0V = la frecuencia mínima regulada, 10V = la frecuencia máxima regulada.		
IMAGEN DE LA INTENSIDAD MOTOR SEÑAL ANALOGICA	0 a ± 10 V, 5 mA, precisión ± 10 % para velocidades superiores a 15 Hz. 0 V : en vacío. +10 V : FMV 2305 150 % I _n (carga accionada), FMV 2305A 120 % I _n (carga accionada). -10 V : FMV 2305 150 % I _n (motor accionado), FMV 2305A 120 % I _n (motor accionado).		
DIAGNOSTICO	Los 10 últimos errores se memorizan.		
ENLACE SERIE	Comunicación : autómatas, PC, etc... RS 485, RS 422, RS 232. Protocolo ANSI x 3.28 - 2.5 - A4.		
OPCIONES			
FILTRO RFI FLT - FMV	Reducción de las perturbaciones altas de frecuencia emitidas en la rad. Este filtro queda integrado dentro del modulador.	Consultar LEROY-SOMER	Consultar LEROY-SOMER
FRENADO SOBRE RESISTENCIAS	Transistor fuera del modulador : T - FMV 30. Caja de resistencias fuera del modulador : R - FMV 320, R - FMV 640, R - FMV 1000.	Transistor fuera del modulador : T - FMV 25, T - FMV 50, T - FMV 75. Caja de resistencias fuera del modulador : R - FMV 320, R - FMV 640, R - FMV 1000, R - FMV 2000.	Transistor fuera del modulador : T - FMV 150. Caja de resistencias fuera del modulador : R - FMV 1000, R - FMV 2000, R - FMV 3000, R - FMV 4000.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

1.4 - Características del entorno

1.4.1

	FMV 2305 1.5 T a 11 T FMV 2305 A 1.5 T a 11 T	FMV 2305 16 T a 100 T FMV 2305 A 16 T a 120 T
Protección caja	IP 10	IP 00
Temperatura de almacenamiento	- 40°C a + 50°C.	
Temperatura de funcionamiento	- 10°C a + 50°C.	
Altitud	<ul style="list-style-type: none"> • ≤ 1000 m. • Desclasificación : 1 % de I_N por cada 100 m por encima de 1000m. 	
Humedad	Sin condensación.	95 % de humedad relativa a 40°C sin condensación.
Vibración	1g (5 a 150 Hz)	0,5 g (5 a 150 Hz)

1.4.2 - Instalación en armario

Requiere tomar precauciones particulares en cuanto a las dimensiones del armario. Es conveniente comprobar que la disipación de calor es suficiente.

a - Tablas de pérdidas en vatios (W)

- FMV 2305

Frecuencia de corte	Calibre															
	1.5 T	2 T	2.5 T	3.5 T	5.5 T	8 T	11 T	16 T	22 T	27 T	33 T	40 T	50 T	60 T	75 T	100 T
2.9 kHz	72	72	117	117	170	286	286	358	404	490	572	698	934	1106	1322	1897
5.9 kHz	82	82	132	132	195	346	346	440	498	615	724	886	-	-	-	-
8.8 kHz	92	92	147	147	220	401	401	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.7 kHz	102	102	162	162	250	456	456	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- FMV 2305 A

Frecuencia de corte	Calibre																
	1.5 T	2 T	2.5 T	3.5 T	5.5 T	8 T	11 T	16 T	22 T	27 T	33 T	40 T	50 T	60 T	75 T	100 T	120 T
2.9 kHz	72	72	117	117	170	286	286	368	442	491	593	761	834	1124	1357	1774	2323
5.9 kHz	82	82	132	132	195	346	346	455	544	606	742	961	1068	-	-	-	-
8.8 kHz	92	92	147	147	220	401	401	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.7 kHz	102	102	162	162	250	456	456	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

b - Instalación en armario sin ventilar

La superficie mínima de intercambio de calor que se requiere se calcula según la fórmula : $S = \frac{P_i}{k (T_j - T_{amb})}$

donde : P_i = pérdida de todos los elementos que producen calor (W).

T_j = temperatura ambiente máxima de funcionamiento (°C).

T_{amb} = temperatura ambiente externa máxima (°C).

k = coeficiente de transmisión térmica.

S = superficie de intercambio (m²).

Tabla de coeficientes k

Materiales	Coeficiente k
Chapa de acero 2 mm	5,5

Ejemplo : instalación en armario, no ventilado, IP 54 de un FMV 2305 16T (el armario está arremado a la pared).

P_i = 440W.

T_j = 50°C (FMV 2305 y FMV 2305 A).

T_{amb} = 25 °C por ejemplo.

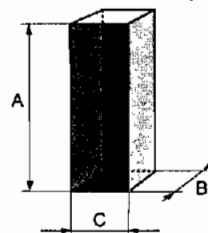
k = 5,5.

La superficie de intercambio calculada es S = 3,2 m² y S = 2 (AB) + AC + BC.

Tomando los siguientes valores para A y B :

A = 1,8 m (altura) - B = 0,5 m (profundidad),

se calcula C = 0,61 m como mínimo.



c - Instalación en armario ventilado

Si se puede utilizar una ventilación forzada (VF), se puede reducir el tamaño del armario. Se dejará un espacio libre de un mínimo de unos 100 mm alrededor del modulador.

El flujo de la VF en m³/h se calcula según la fórmula $V = \frac{3.1 P_i}{T_j - T_{amb}} = 55 \text{ m}^3/\text{h}$ para el ejemplo anterior (armario no IP 54).

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

5 - Dimensiones y masa

5.1 - Masa

FMV 2305	Peso (kg)	FMV 2305 A	Peso (kg)
1.5 T	4.4	1.5 T	4.4
2 T	4.4	2 T	4.4
2.5 T	5.65	2.5 T	5.65
3.5 T	5.65	3.5 T	5.65
5.5 T	5.65	5.5 T	5.65
8 T	6.4	8 T	6.4
11 T	6.4	11 T	6.4
16 T	22.3	16 T	22.3
22 T	22.3	22 T	22.3
27 T	22.3	27 T	22.3
33 T	24.0	33 T	24.0
40 T	24.0	40 T	24.0
50 T	54.0	50 T	24.0
60 T	56.0	60 T	56.0
75 T	56.0	75 T	56.0
100 T	56.0	100 T	56.0
		120 T	58.0

5.2 - Dimensiones

son idénticas para los moduladores :

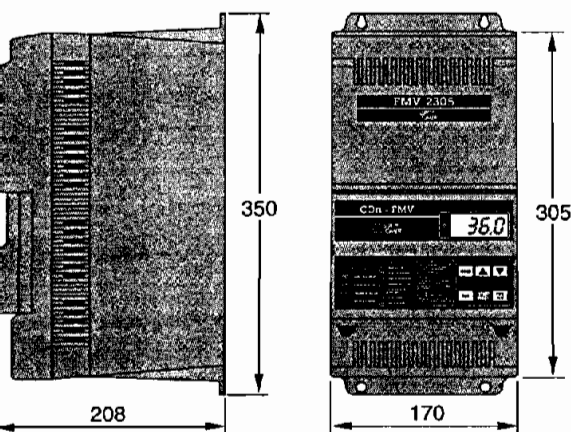
FMV 2305 1.5 T a 11 T y FMV 2305 A 1.5 T a 11 T

FMV 2305 16 T a 40 T y FMV 2305 A 16 T a 50 T

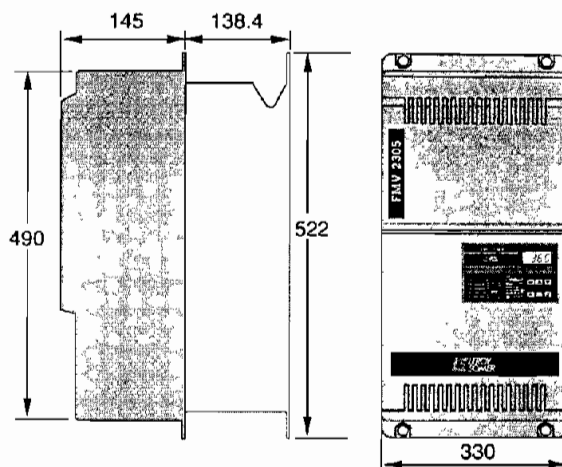
FMV 2305 50 T a 100 T y FMV 2305 A 60 T a 120 T

FMV 2305 1.5 T a 11 T

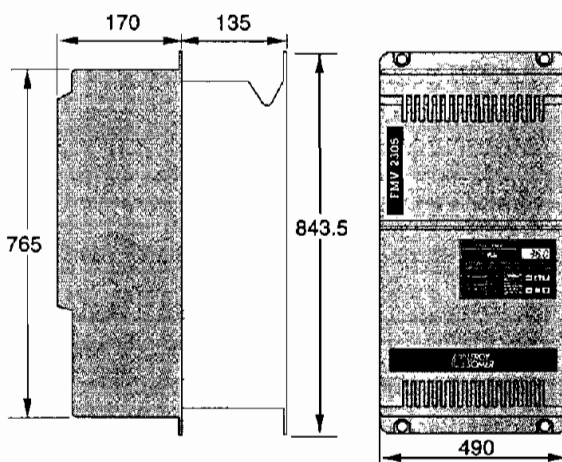
FMV 2305A 1.5 T a 11 T



FMV 2305 16 T a 40 T
FMV 2305A 16 T a 50 T



FMV 2305 50 T a 100 T
FMV 2305A 60 T a 120 T



1.6 - Instalaciones

1.6.1 - Verificaciones

Antes de instalar el modulador, asegúrense de que :

- el modulador no ha sido deteriorado durante el transporte.
- la placa de características corresponde a la red de alimentación y al motor.

1.6.2 - Instrucciones de montaje

Se debe instalar los moduladores **FMV 2305** y **FMV 2305 A** en una atmósfera sana, protegidos de los polvos conductores, de gases corrosivos y de caídas de agua. Al no ser el caso, conviene prever su instalación en una caja o en un armario. (Véase el § 1.4.1 para las dimensiones de los armarios).

Instalar el modulador verticalmente y prever un espacio libre de 100 mm alrededor.

Para evitar problemas térmicos, fijar los moduladores al lado el uno del otro y no el uno encima del otro.

No se debe nunca obstruir las aberturas de ventilación del modulador.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

1.6.3 - Planos de montaje con relación a la parte trasera del modulador

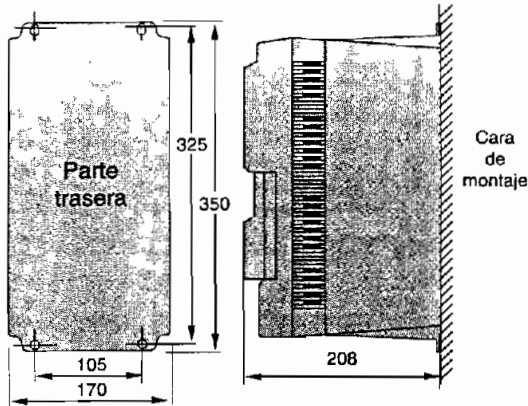
Son idénticos para los moduladores :

- FMV 2305 1.5 T a 11 T y FMV 2305 A 1.5 T a 11 T
- FMV 2305 16 T a 40 T y FMV 2305 A 16 T a 50 T
- FMV 2305 50 T a 100 T y FMV 2305 A 60 T a 120 T

FMV 2305 1.5 T a 11 T

FMV 2305 A 1.5 T a 11 T

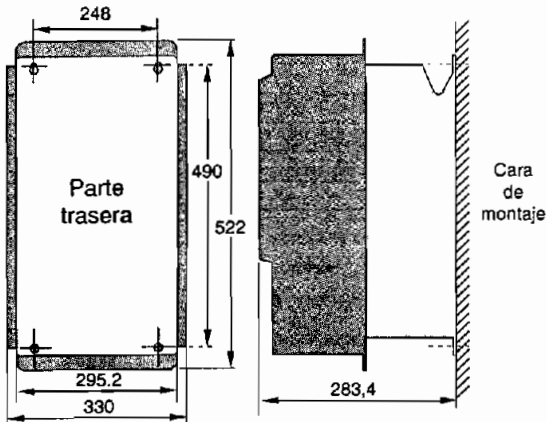
Fijación por 4 agujeros \varnothing 6.5 mm en la parte trasera.



FMV 2305 16 T a 40 T

FMV 2305 A 16 T a 50 T

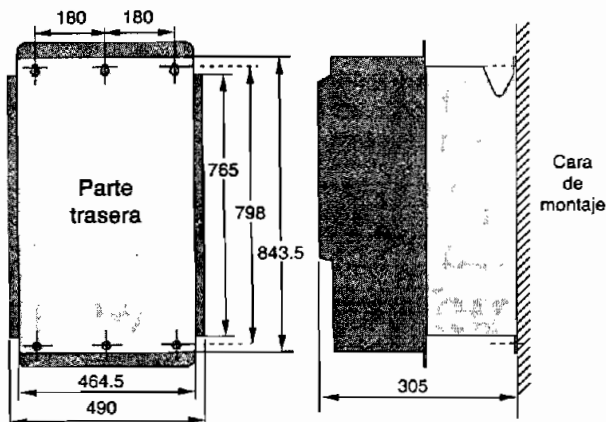
Fijación por 4 agujeros \varnothing 6 mm (M6) en la parte trasera.



FMV 2305 50 T a 100 T

FMV 2305 A 60 T a 120 T

Fijación por 6 agujeros \varnothing 8 mm (M8) en la parte trasera.



1.6.4 - Planos de montaje radiador externo para instalación en armario IP 54

Son idénticos para los moduladores :

- FMV 2305 1.5 T a 11 T y FMV 2305 A 1.5 T a 11 T
- FMV 2305 16 T a 40 T y FMV 2305 A 16 T a 50 T
- FMV 2305 50 T a 100 T y FMV 2305 A 60 T a 120 T

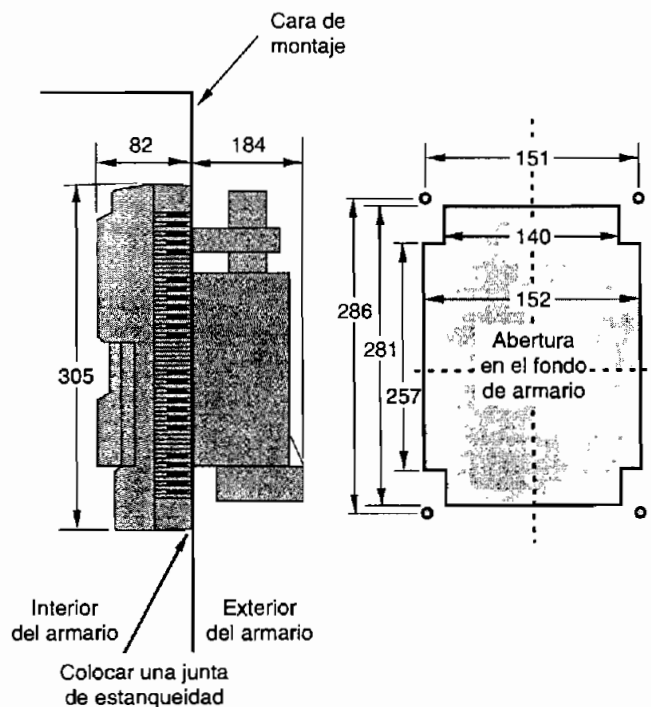
FMV 2305 1.5 T a 11 T

FMV 2305 A 1.5 T a 11 T

Sacar la parte plástica moldeada trasera :

- 1 - sacar la tapa de las bornas,
- 2 - sacar los 2 tornillos M4 x 10 de cada lado de las bornas de potencia,
- 3 - levantar la cara delantera 30° por el lado de las bornas del modulador,
- 4 - desenganchar la cara delantera del lado opuesto a las bornas (lado superior),
- 5 - la cara delantera queda ahora libre así como la tarjeta de control IN50 que se puede quitar,
- 6 - sacar los 4 tornillos M4 x 10 de cada esquina que fijan la parte potencia con la parte moldeada trasera,
- 7 - la parte moldeada trasera queda libre, no es de utilidad,
- 8 - repetir las operaciones de 5 a 1 en el sentido contrario para montar de nuevo la tarjeta de control IN 50 en la parte delantera, y la cara delantera sobre la parte potencia.

Fijación por 4 agujeros \varnothing 6,5 mm.



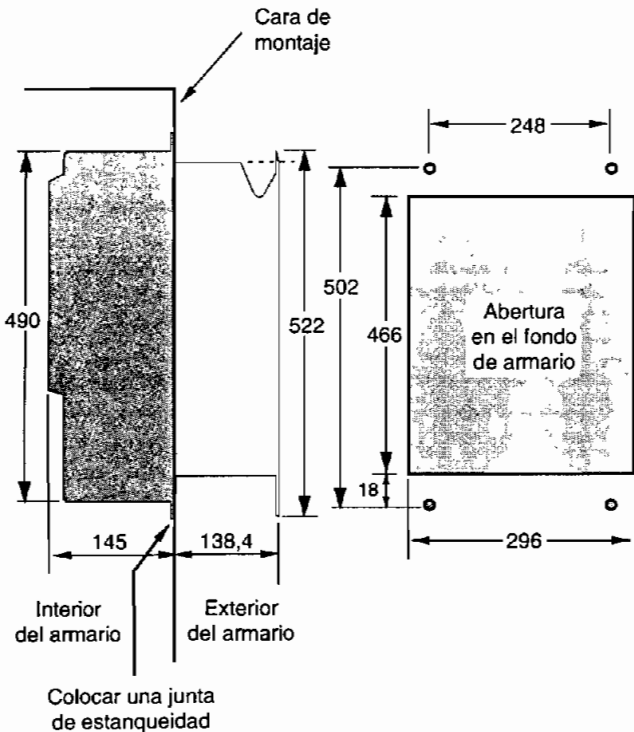
Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

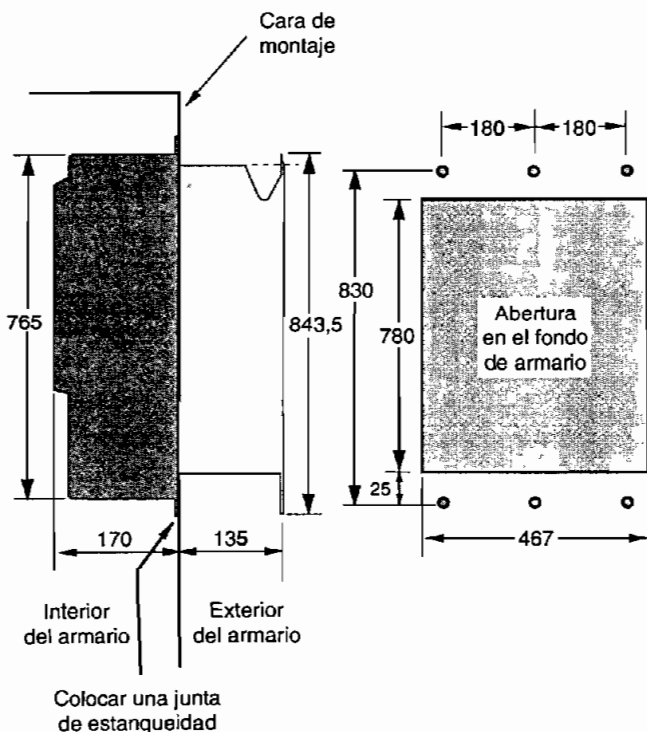
MV 2305 16 T a 40 T MV 2305 A 16 T a 50 T

Fijación por 4 taladros Ø 6 mm (M6) en la cara de montaje del radiador al bloque cara delantera.



MV 2305 50 T a 100 T MV 2305 A 60 T a 120 T

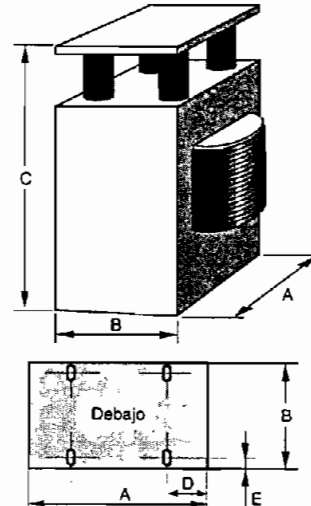
Fijación por 6 taladros Ø 8 mm (M8) en la cara de montaje del radiador.



1.6.5 - Instalar la inductancia de alisado FMV 2305 16T a 100T - FMV 2305 A 16T a 120T

Esta inductancia de alisado se monta fuera del modulador (véase § 2.5.4 para su cableado).

Dimensiones y fijación



FMV 2305 FMV 2305 A	A	B	C	D	E	Tornillo de fijación Ø
16 T	118	70	155	27	7	M8
22 T	118	82	155	27	7	M8
27 T	137	84	175	24	10	M8
33 T	118	95	155	27	7	M8
40 T	137	116	175	24	10	M8
50 T	167	132	200	39	8	M8
60 T	167	119	197	39	8	M8
75 T	195	138	230	46	11	M10
100 T	215	166	254	51	13	M10
120 T	215	177	254	51	13	M10

Nota :

- Las dimensiones figuran en mm.
- El ancho total es superior a la medida B a causa de la bobina.

1.6.6 - Instalación de la microconsola CDn-FMV a distancia

La microconsola se monta :

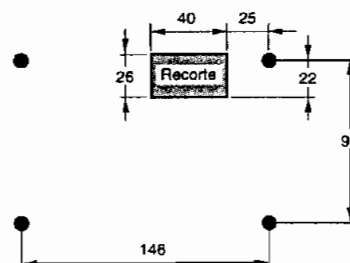
- bien directamente sobre la cara delantera del modulador,
- bien a distancia sobre la cara delantera del armario. La distancia será entonces inferior a 100 metros.

La conexión se hace por una toma SUB-D, 9 conexiones, situada por detrás de la microconsola.

Montaje en la cara delantera del armario

Fijación por 4 agujeros Ø 4.0 mm.

Plan del corte y del taladrado :



Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

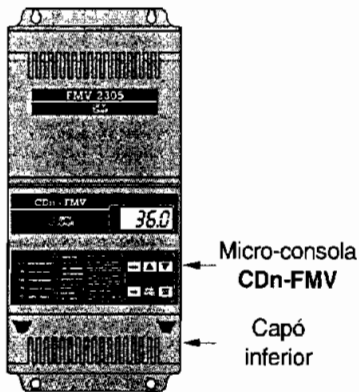
LS FMV 2305 A

2 - CONEXIONES

La conexión es idéntica para los moduladores :
 - FMV 2305 1.5T a 11T y FMV 2305 A 1.5T a 11T.
 - FMV 2305 16T a 100T y FMV 2305 A 16T a 120T.

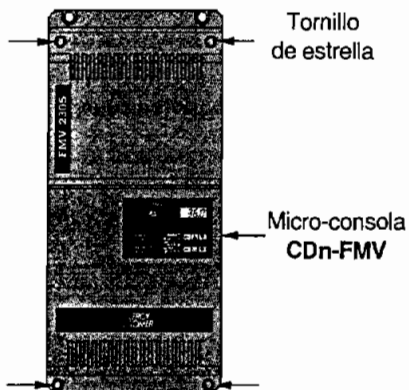
• FMV 2305 1.5T a 11T y FMV 2305 A 1.5T a 11T.
 Para tener acceso a las bornas de control y de potencia, sacar el capó inferior haciéndolo deslizar hacia abajo, véase la figura a continuación :

Cara delantera del modulador



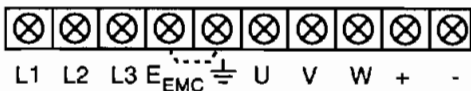
• FMV 2305 16T a 100T y FMV 2305 A 16T a 120T.
 Para tener acceso a las bornas de control y de potencia, quitar la parte delantera sujeta por 4 tornillos imperdibles de estrella, situados en las cuatro esquinas, véase la figura a continuación :

Cara delantera del modulador



2.1 - Terminal de potencia

2.1.1 - FMV 2305 1.5T a 11T y FMV 2305 A 1.5T a 11T
 Situado debajo del modulador, el terminal está compuesto de 10 bornas con tornillos de estrella.

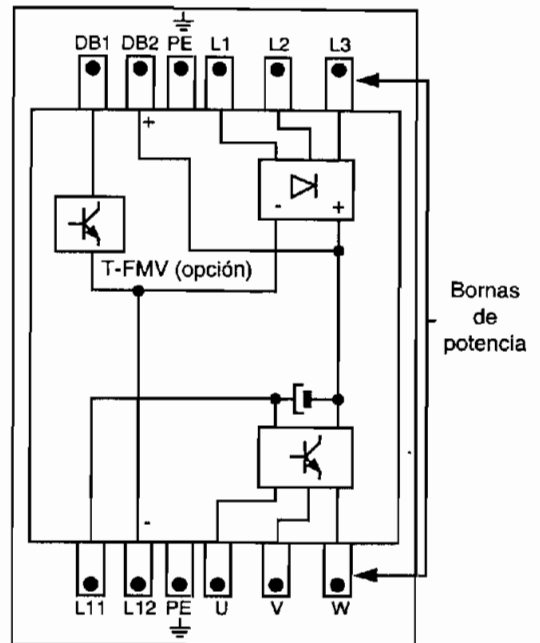


Identificación	Función
L1 - L2 - L3	Alimentación trifásica del modulador.
U - V - W	Alimentación motor.
+, -	Conexión de la unidad de frenado.
⊥	Conexiones de la tierra hacia la red y el motor.
E _{EMC}	Conexión de la tierra (⊥) del filtro interno RFI : FLT-FMV (opción).

Atención :

- no conectar nunca un circuito como una batería de condensadores entre la salida del modulador y el motor,
- no conectar nunca la red de alterna a los terminales U.V.W. del modulador.

2.1.2 - FMV 2305 16T a 100T y FMV 2305 A 16T a 120T
 Situados abajo y arriba del modulador, el conector está compuesto de 12 bornas con fijación por tuercas M8 (par de apriete = 8.5 Nm).



Identificación	Función
L1 - L2 - L3	Alimentación trifásica del modulador.
U - V - W	Alimentación motor.
L11 - L12	Conexión de la inductancia de alisado (suministrado por el modulador).
DB1 - DB2	Conexión de las resistencias de frenado R-FMV.
PE ⊥	Conexión de la tierra (red y motor).

Nota : Se puede acceder al bus continuo del modulador entre las bornas L12 (-) y DB2 (+).

Atención :

- no conectar nunca un circuito como una batería de condensadores entre la salida del modulador y el motor,
- no conectar nunca la red de alterna con los terminales U.V.W. del modulador.

Motovariadores electrónicos

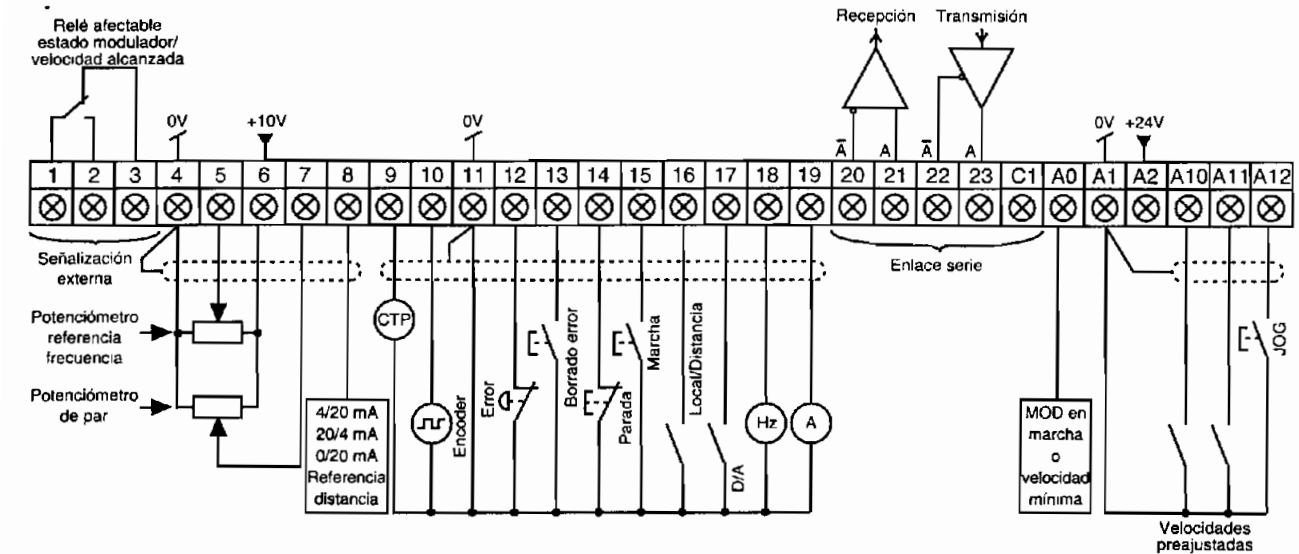
LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

2 - Terminal de control

2.1 - FMV 2305 1.5T a 11T y FMV 2305 A 1.5T a 11T

tuado por encima de las bornas de potencia, sobre la tarjeta de control (IN 50) está compuesto de 30 bornas.



Borna	Función	Característica eléctrica
1	Relé programable : estado modulador / velocidad alcanzada	240VAC, 7A, carga resistiva.
2	1 - punto común,	Contacto 1 - 2 cerrado cuando :
3	2 - contacto normalmente abierto,	- el modulador está en tensión y no está en error (b50 = 0),
	3 - contacto normalmente cerrado.	o
4	0V común a las bornas 4 y A1.	- la velocidad se ha alcanzado (b50 = 1).
5	Referencia frecuencia local.	0V flotante.
6	Alimentación de los potenciómetros referencia frecuencia o par.	Impedancia de entrada = 110 kΩ :
7	Referencia par (b0 = 0) o limitación de par (b0 = 1).	- 0 a 10VDC : fuente de tensión o potenciómetro 10 kΩ,
8	Referencia frecuencia a distancia.	- ±10VDC : fuente de tensión externa.
9	Entrada sonda motor (tipo C.T.P.).	Impedancia de entrada = 27 kΩ :
10	Entrada retorno encoder.	0 a 10VDC : fuente de tensión o potenciómetro 10 kΩ.
11	0V común a las bornas 4 y A1.	Impedancia de entrada = 100 Ω.
12	Error externo.	Señal intensidad :
13	Borrado error.	- 4 a 20 mA,
14	Parada.	- 20 a 4 mA,
15	Marcha.	- 0 a 20 mA.
16	Selección de la referencia frecuencia local o a distancia.	U salida < 2,5V (posibilidad de 1 a 6 CTP, 250 Ω en serie).
17	Selección del sentido de rotación : Adelante / Atrás.	Nivel de disparo : 3 kΩ, ± 15 %.
18	Imagen de la frecuencia de salida.	Nivel de desaparición del error : 1,8 kΩ, ± 15 %.
		Protección corto circuito : resistencia ≤ 100 Ω. (1)
		Señal encoder :
		- 0/+ 5 V, 16 mA, colector abierto (tensión máxima = 24V),
		- tiempo de subida / bajada ≤ 50 μs,
		- 15 impulsos por polo motor por revolución.
		0V flotante.
		Rotura de 0V* = error externo. (2)
		Impulso de 0V* = borrado error. (2)
		Rotura de 0V* = orden de parada. (2)
		Impulso de 0V* = orden de marcha. (2)
		Conexión con 0V = referencia a distancia (en intensidad).
		No conectado = referencia local (en tensión). (2)
		Conexión con 0V = marcha atras.
		No conectado = marcha adelante. (2)
		0 a + 10VDC, 5 mA, precisión ± 2 %,
		0V = frecuencia mínima (Pr 0),
		10VDC = frecuencia máxima (Pr 1).

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

Borna	Función	Característica eléctrica
19	Imagen de la intensidad de salida.	0 a +10VDC, 5 mA, precisión $\pm 10\%$ (frecuencia > 15 Hz), 0V = en vacío, +10V = 150 % I _n (funcionamiento en motor), -10V = 150 % I _n (funcionamiento en generatriz).
20	Enlace serie, recepción \bar{A} o B	Dos cables para una recepción diferencial. (Véase § 2.4) Entrada diferencial : - impedancia de entrada = 3,5 k Ω , - 0 a 5VDC, - U (A - \bar{A}) > + 0,2V = nivel lógico alto, - U (A - \bar{A}) < - 0,2V = nivel lógico bajo.
21	Enlace serie, recepción A	
22	Enlace serie, emisión \bar{A} o B	Dos cables para una emisión diferencial. (Véase § 2.4) Salida diferencial : - 0 a 5VDC, - flujo ± 60 mA, - nivel lógico alto A = 5V, \bar{A} = 0V, - nivel lógico bajo A = 0V, \bar{A} = 5V.
23	Enlace serie, emisión A	
C1	Enlace serie, 0V.	0V aislado de las bornas 4, 11 y A1.
A0	Salida lógica programable : modulador en marcha / velocidad nula. ** ** inferior a la frecuencia mínima Pr0.	Salida a 0V (2) cuando : - el modulador está funcionando (b53 = 0), o - la velocidad está en el mínimo (b53 = 1). Colector abierto : 0 / + 24VDC. 30 mA, fuente interna. 250 mA, fuente externa.
A1	0V común a las bornas 4 y 11.	0V flotante.
A2	Alimentación general (encoder, relé externo...).	+ 24 VDC, $\pm 10\%$, 100 mA.
A10 A11	Entradas lógicas para seleccionar las velocidades preajustadas.	Selección por combinación binaria de 3 velocidades preajustadas más la consigna. (2)
A12	Entrada lógica : marcha por impulsos (JOG) o extensión de las velocidades preajustadas.	Entrada utilizada para : - el mando de marcha por impulsos (JOG), (b20 = 0). o - seleccionar por combinación binaria con A10 y A11 de 7 velocidades preajustadas más la consigna, (b20 = 1). (2)

* Contacto no mantenido ≥ 16 ms.

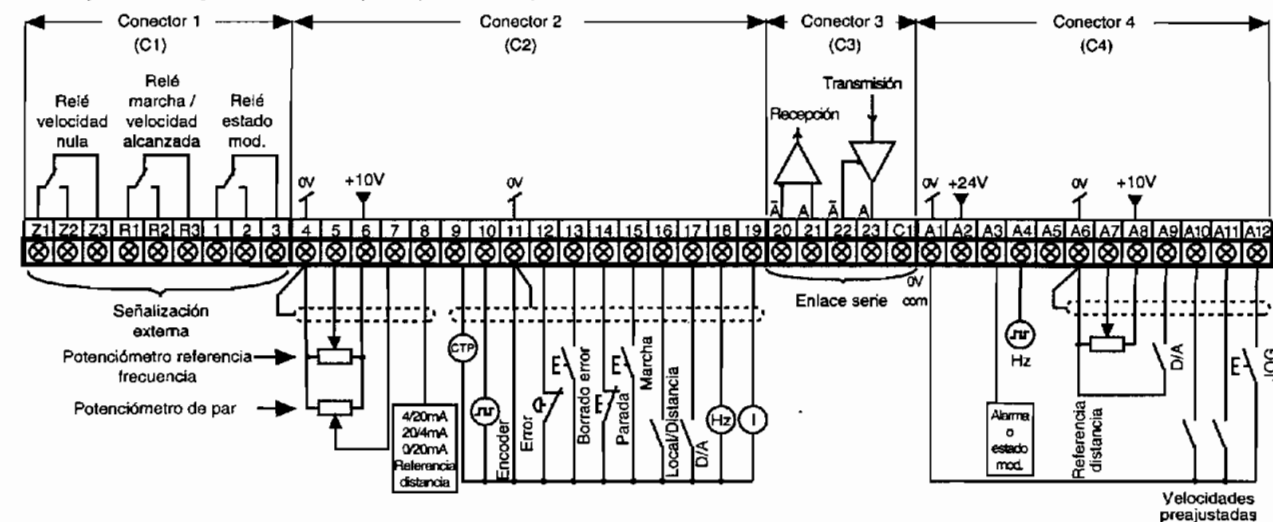
(1) Si no se utiliza la sonda CTP, colocar el puente PL6 sobre la tarjeta IN50, entre 1 y 2.

(2) Es posible tener una lógica de mando positiva de las bornas 12, 13, 14, 15, 16, 17, A10, A11 y A12 colocando el puente PL5 entre 2 y 3.

Nota : Pueden haber parásitos que perjudiquen las conexiones de las señales de mando (evitar cruzarlos con los cables de potencia). Recomendamos que se utilicen cables blindados cuya extremidad del blindaje sea conectada al 0V lado modulador.

2.2.2 - FMV 2305 16T a 100T - FMV 2305 A 16T a 120T

Situado abajo de la tarjeta de control (IN 40), está compuesto de 42 bornas con tornillos colocados en 4 conectores desmontables.



Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

Borna	Función	Característica eléctrica
Z1 Z2 Z3	Relé : velocidad mínima. Z1 : punto común, Z2 : contacto normalmente abierto, Z3 : contacto normalmente cerrado.	• 240VAC, 7A, carga resistiva. Contacto 1 - 2 cerrado cuando : la velocidad está en el mínimo.
R1 R2 R3	Relé programable : modulador en marcha / velocidad alcanzada. R1 : punto común, R2 : contacto normalmente abierto, R3 : contacto normalmente cerrado.	• 240VAC, 7A, carga resistiva. Contacto 1 - 2 cerrado cuando : - el modulador está funcionando (b50 = 0), o - la velocidad ha sido alcanzada (b50 = 1).
1 2 3	Relé : estado modulador. 1 : punto común, 2 : contacto normalmente abierto, 3 : contacto normalmente cerrado.	• 240VAC, 7A, carga resistiva. Contacto 1 - 2 cerrado cuando : el modulador está en tensión y no está en error.
4	0V común a las bornas 11, A1 y A6.	0V flotante.
5	Referencia frecuencia local.	Impedancia de entrada = 110 k Ω : - de 0 a 10VDC : fuente de tensión o potenciómetro 10 k Ω , - \pm 10VDC : fuente de tensión externa.
6	Alimentación de los potenciómetros de referencia frecuencia y par.	+10VDC, \pm 2 %, 10 mA máximo. (Borna 6 conectada con la borna A8).
7	Referencia par (b0 = 0) o limitación del par (b0 = 1).	Impedancia de entrada = 110 k Ω : de 0 a 10VDC : fuente de tensión o potenciómetro 10 k Ω .
8	Referencia frecuencia a distancia.	Impedancia de entrada = 100 Ω . Señal intensidad : - de 4 a 20 mA, - de 20 a 4 mA, - de 0 a 20 mA.
9	Entrada sonda motor (C.T.P.).	U salida < 2,5V (posibilidad de 1 a 6 CTP, 250 Ω en serie). - Nivel de disparo : 3 k Ω , \pm 15 %. - Nivel de desaparición del defecto : 1,8 k Ω , \pm 15 %. Protección cortocircuito : resistencia \leq 100 Ω . (1)
10	Entrada retorno encoder.	Señal encoder : - 0 / +5V, 16 mA colector abierto (tensión máxima = 24V), - tiempo de subida/baja a \leq 50 μ s, - 15 impulsos por polo motor y por revolución.
11	0V común a las bornas 4, A1 y A6.	0V flotante.
12	Error externo.	Ruptura de 0V* = error externo. (2)
13	Borrado de error.	Impulso de 0V* = borrado del defecto. (2)
14	Parada.	Ruptura de 0V* = mando de parada. (2)
15	Marcha.	Impulso de 0V* = mando de marcha. (2)
16	Selección de la referencia de frecuencia : local o a distancia.	Conexión con 0V = referencia a distancia (en intensidad). No conectado = referencia local (en tensión). (2)
17	Selección local del sentido de rotación : Adelante/Atrás.	Conexión con 0V = hacia atrás. No conectado = hacia adelante. (2)
18	Imagen de la frecuencia de salida.	de 0 a \pm 10VDC, 5 mA, precisión \pm 2 %, 0V = frecuencia mínima (Pr 0), 10VDC = frecuencia máxima (Pr 1).
19	Imagen de la intensidad de salida.	de 0 a + 10 VDC, 5 mA, precisión \pm 10 % (frecuencia > 15 Hz). 0V = en vacío, + 10V = 150 % I _N (funcionamiento en motor), - 10V = 150 % I _N (funcionamiento en generatriz).

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

Borna	Función	Característica eléctrica	
C3	20	Enlace serie, recepción \bar{A} o B	
	21	Enlace serie, recepción A	
	22	Enlace serie, emisión \bar{A} o B	
	23	Enlace serie, emisión A	
	C1	Enlace serie, 0V.	0V aislado de las bornas 4, 11, A1 y A6.
	A1	0V común a las bornas 4, 11 y A6.	0V flotante.
	A2	Alimentación general (encoder, relé externo...).	+ 24VDC, $\pm 10\%$, 100 mA.
	A3	Salida lógica programable : alarma de sobrecarga o estado del modulador.	Salida en 0V (2) cuando : - modulador en sobrecarga (b53 = 0), o - el modulador no está en error (b53 = 1). Colector abierto : 0 / + 24VDC. 30 mA : fuente interna. 250 mA : fuente externa.
	A4	Salida imagen frecuencia.	Colector abierto + 24/0V ± 10 mA. Señal cuadrado de frecuencia la frecuencia de salida del modulador.
	A5	Salida imagen frecuencia x 30.	Colector abierto + 24/0V ± 10 mA. Señal cuadrado de frecuencia la frecuencia de salida del modulador x 30.
C4	A6	0V común a las bornas 4, 11 y A1.	0V flotante.
	A7	Referencia frecuencia (a distancia).	Impedancia de entrada : 110 k Ω : - de 0 a 10VDC : fuente de tensión o potenciómetro 10 k Ω , - ± 10 VDC : fuente externa.
	A8	Alimentación del potenciómetro referencia velocidad (a distancia).	+ 10VDC, $\pm 2\%$, 10 mA como máximo. (Borna A8 conectada con la borna 6).
	A9	Sentido de rotación : Adelante / Atrás (a distancia).	Conexión con 0V = atrás (se invierte el sentido de marcha). No conectada = adelante. (2)
	A10 - A11	Entradas lógicas para seleccionar las velocidades preajustadas.	Selección por combinación binaria de 3 velocidades preajustadas, más la consigna. (2)
	A12	Entrada lógica programable : marcha por impulsos o extensión velocidades preajustadas.	Entrada utilizada para : - el mando de marcha por impulsos (JOG) (b20 = 0), o - la selección por combinación binaria (de A10, A11 y A12) de 7 velocidades preajustadas más la consigna (b20 = 1). (2)

* No se mantiene el contacto ≥ 16 ms

(1) Si se utiliza la sonda CTP del motor, cortar la resistencia R462 (1.5 KW) montada en varillas, en la tarjeta IN40.

Si no se utiliza la sonda CTP, no conectar nada con la borna 9.

(2) Es posible tener una lógica de mando positiva de las bornas 12, 13, 14, 15, 16, 17, A10, A11 y A12 desplazando el puente de LK1 a LK2.

(3) Véase § 2.4 para las conexiones específicas del enlace serie..

Nota : Puede suceder que las conexiones de las señales de mando queden afectadas por parásitos (evitar cruzarlas con los cables de potencia). Se recomienda utilizar cables blindados cuya extremidad de blindaje se conecta con el 0V del lado del modulador.

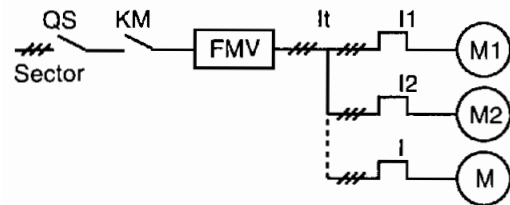
Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

3 - Conexiones particulares

3.1 - Asociación de motores en paralelo

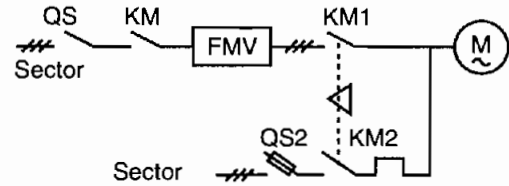


Es posible alimentar varios motores de potencias diferentes mediante un solo modulador de frecuencia. Cada motor debe ser protegido por un relé térmico.

Determinación del calibre del modulador :

$$I_N \text{ Modulador} > I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

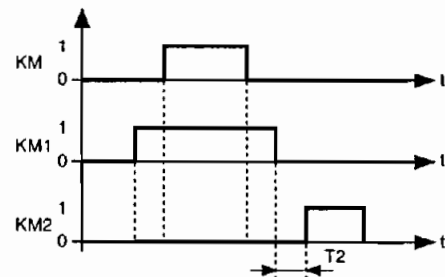
2.3.2 - Acoplamiento del motor en directo sobre la red (by-pass)



Se tiene que respetar la secuencia siguiente:

- Se debe accionar KM1 antes que KM,
- Bloqueo mecánico entre KM1 y KM2.

El tiempo $T_2 = 1.5s$ se tiene que respetar imperativamente. Corresponde a la desmagnetización del motor.



3.3 - Puesta en paralelo de moduladores por medio del bus continuo

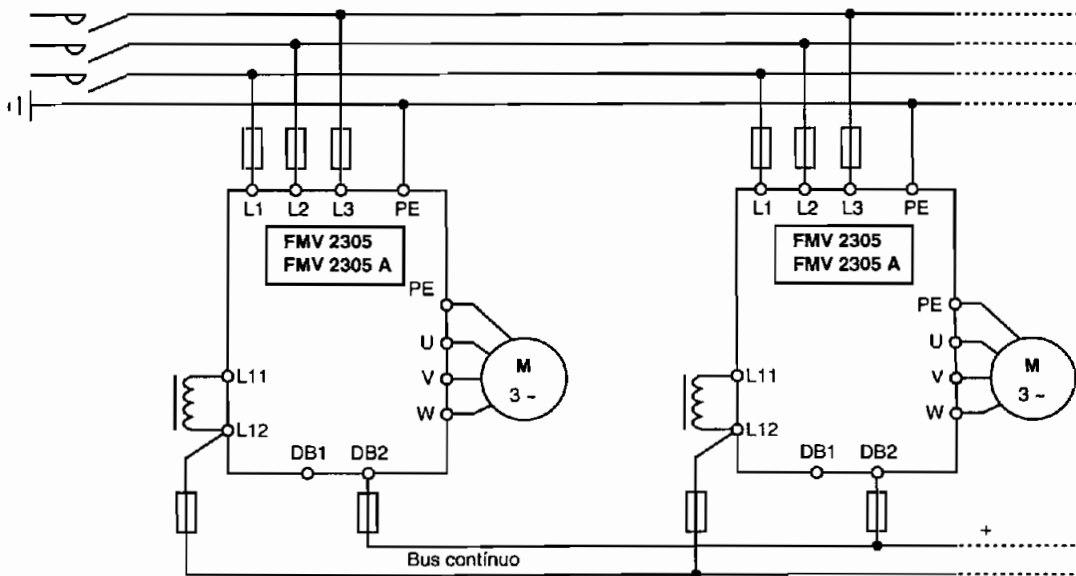
Generalidades

Esta conexión sólo se puede efectuar para los moduladores **FMV 2305 16T a 100T** y los **FMV 2305 A 16 T a 120 T**.

Los moduladores en paralelo deberán ser del **mismo calibre** y su puesta en tensión se hará simultáneamente. El bus continuo de cada modulator será equipado con fusibles.

Este montaje se utiliza para aplicaciones en las cuales los moduladores frenan los unos tras los otros. Permite no utilizar unidades de frenado opcionales.

Esquema de conexión



Intensidad y protección del bus continuo

El valor de la intensidad dada es el de la potencia nominal.

Los fusibles que se utilizan en el bus continuo serán de tipo gl.

Calibre FMV	16T	22T	27T	33T	40T	50T	60T	75T	100T	120T *
I_N bus (A)	22	30	37	44	60	74	90	110	150	180
Fusible gl (A)	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250

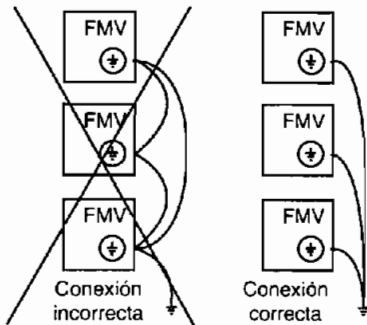
FMV 2305 A únicamente

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

2.3.4 - Conexión de tierras de varios moduladores

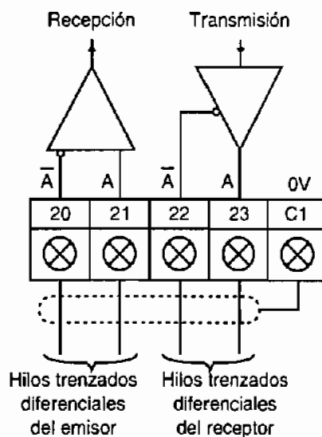


2.4 - Conexión del enlace serie

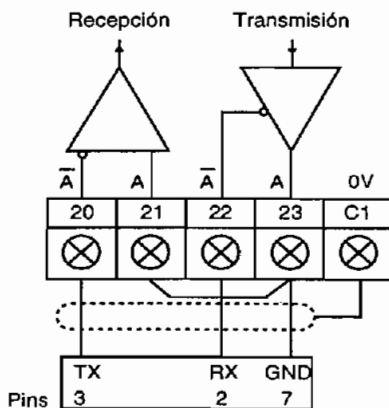
Esta conexión serie se puede efectuar según 2 standards :

- el standard, RS 485/RS 422 que permite la transmisión y la recepción diferenciales de datos mediante 4 hilos,
- el standard RS 232 en el cual la transmisión y la recepción de datos se efectúan con relación a la masa mediante 2 hilos.

Standard RS 485/RS 422 :



Standard RS 232 :

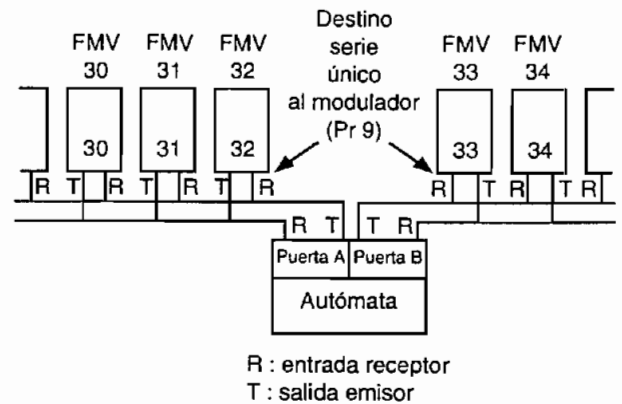


- RS 485 : 2 pares de hilos blindados trenzados.
- Impedancia característica = 120 Ω ,
- resistencia de adaptación de impedancia = 120 Ω ,
- largo máximo de cable = 1200 m.
- RS 422 : 2 pares de hilos blindados trenzados.
- Impedancia característica = 100 Ω ,
- resistencia de adaptación de impedancia = 100 Ω ,
- largo máximo de cable = 1200 m.

- RS 232 : cable blindado con tres conductores,
- ninguna resistencia de adaptación de impedancia,
- largo máximo de cable = 15m.

Nota : Con el standard RS 485, es posible comunicar con un máximo de 32 moduladores conectados con la misma línea por medio de un solo automático (o PC). Cada modulador tiene una dirección serie única

Enlace serie RS 485 con 32 moduladores por puerta



2.5 - Definición de cables y protecciones

2.5.1 - Generalidades

La intensidad que consume el modulador no es sinusoidal. Incluye un fundamental a 50 o 60 Hz y armónicos. El fundamental I_1 determina la potencia activa.

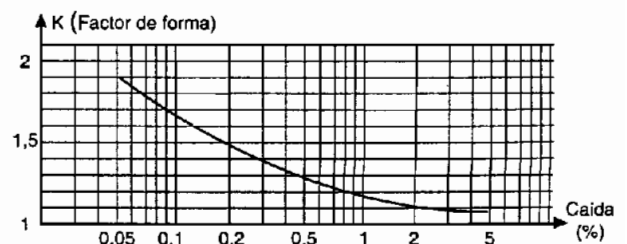
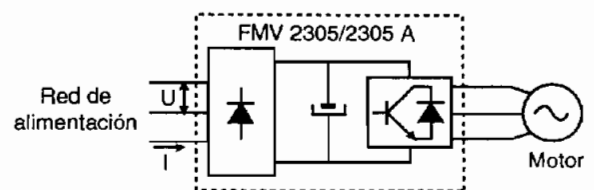
$$Pact = I_1 \times U \times \sqrt{3}$$

La suma del fundamental y de armónicas da el valor eficaz (I) de la intensidad y determina la potencia aparente.

$$PS = I \times U \times \sqrt{3}$$

2.5.2 - El factor de forma K = I / I1

Es la determinación del coeficiente de sobredimensionado de la red de alimentación y de las protecciones. Todas estas magnitudes dependen esencialmente de la impedancia de la red de alimentación, y de la caída inductiva de la red traducida a la potencia del modulador.



Caída inductiva de la fuente traducida a la potencia del modulador expresado en %.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

5.3 - Determinación del valor de la intensidad I

$$I = \frac{P(\text{mot}) \times K}{\sqrt{3} \times U \times \eta(\text{mod}) \times \eta(\text{mot})}$$

I = intensidad eficaz (red).

U = tensión eficaz (red).

K = factor de forma (leído en la curva superior).

P(mot) = potencia del motor.

$\eta(\text{mod})$ = rendimiento del modulador (del orden de 95 % carga nominal).

$\eta(\text{mot})$ = rendimiento del motor.

Observación : en el caso en que no se conociera la potencia de la instalación, y por consiguiente, la caída inductiva, considerar la intensidad del motor (véase cuadro a continuación) y aplicar un coeficiente multiplicador de 1,5.

Nota : Este cálculo permite determinar la sección mínima de un cable para un funcionamiento en régimen permanente. Luego habrá que tener en cuenta la caída de tensión que genera dicho cable.

5.4 - Precauciones de cableado

Cables de control

serán cobre y deberán ser del tipo blindado, su sección mínima será de 0,5 mm².

Cables de potencia

serán de cobre de tipo multihilo y su aislamiento será de 500 V para las tensiones alternas y de 1000V para las tensiones continuas.

5.5 - Protección de los moduladores

Advertencia :

En ningún caso, los cuadros a continuación sustituyen a las normas y textos vigentes.

Self trifásico de red.

Estos selfs no son obligatorios, considerando que el modulador dispone de una inductancia de alisado en bus continuo. Sin embargo, si quieren aislar el modulador de la red de alimentación, se escogerán preferentemente los valores indicados en los cuadros siguientes.

Cables motor de gran longitud.

Se recomienda reducir la frecuencia de corte (b14) a 2,9 kHz debido a efectos capacitivos inducidos en los cables.

Hasta los 100 metros, no se tiene que tomar ninguna precaución antes de instalarlos, sin embargo para distancias de 50 a 100 metros, puede ser que se necesite instalar unas selfs trifásicas motor.

Más allá de los 100 metros, se recomienda instalar selfs trifásicas lo más cerca posible del modulador, entre el modulador y el motor, se seleccionarán preferentemente los valores que indicamos en las tablas a continuación.

3) Cuando se utilicen selfs trifásicas motor, se tiene que reducir la frecuencia de corte para limitar las pérdidas joules en estas selfs.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

Protección de moduladores FMV 2305 1.5T a 100T

Calibre FMV 2305	Potencia motor (Kw)	Intensidad motor (A)	Intensidad en línea (A)	Fusibles red tipo gl (A)	Sección de cables de potencia (mm2)	Self red Self motor (mH)
1.5T	0,75	2,1	5,4	6,0	1,5	5
2T	1,1	2,8	5,9	6,0	1,5	5
2.5T	1,5	3,8	5,3	6,0	1,5	5
3.5T	2,2	5,6	7,1	10	1,5	2,5
5.5T	4	9,5	9,5	12	2,5	2,5
8T	5,5	12	13,7	16	2,5	1,5
11T	7,5	16	16,3	20	4	1,5
16T	11	25	26,5	32	6	1
22T	15	31	29,5	40	6	0,65
27T	18,5	38	36,4	40	6	0,65
33T	22	46	49,1	63	10	0,4
40T	30	59	57,9	63	10	0,4
50T	37	76	72,7	80	25	0,28
60T	45	91	90	100	35	0,28
75T	55	110	106	125	50	0,19
100T	75	150	144	160	70	0,14

Protección de moduladores FMV 2305 A 1,5T a 120T

Calibre FMV 2305 A	Potencia motor (Kw)	Intensidad motor (A)	Intensidad en línea (A)	Fusibles red tipo gl (A)	Sección de cables de potencia (mm2)	Self red Self motor (mH)
1.5T	0,75	2,1	5,4	6,0	1,5	5
2T	1,1	2,8	5,9	6,0	1,5	5
2.5T	1,5	3,8	5,3	6,0	1,5	5
3.5T	2,2	5,6	7,1	10	1,5	2,5
5.5T	4	9,5	9,5	12	2,5	2,5
8T	5,5	12	13,7	16	2,5	1,5
11T	7,5	16	16,3	20	4	1,5
16T	11	25	25,6	32	6	1
22T	15	32	31,8	40	6	0,65
27T	18,5	38	35	40	6	0,65
33T	22	46	49,1	63	10	0,4
40T	30	62	61	80	25	0,4
50T	37	70	67	80	25	0,28
60T	45	91	90	100	35	0,28
75T	55	110	106	125	50	0,19
100T	75	144	139	160	70	0,14
120T	90	180	173	200	95	0,14

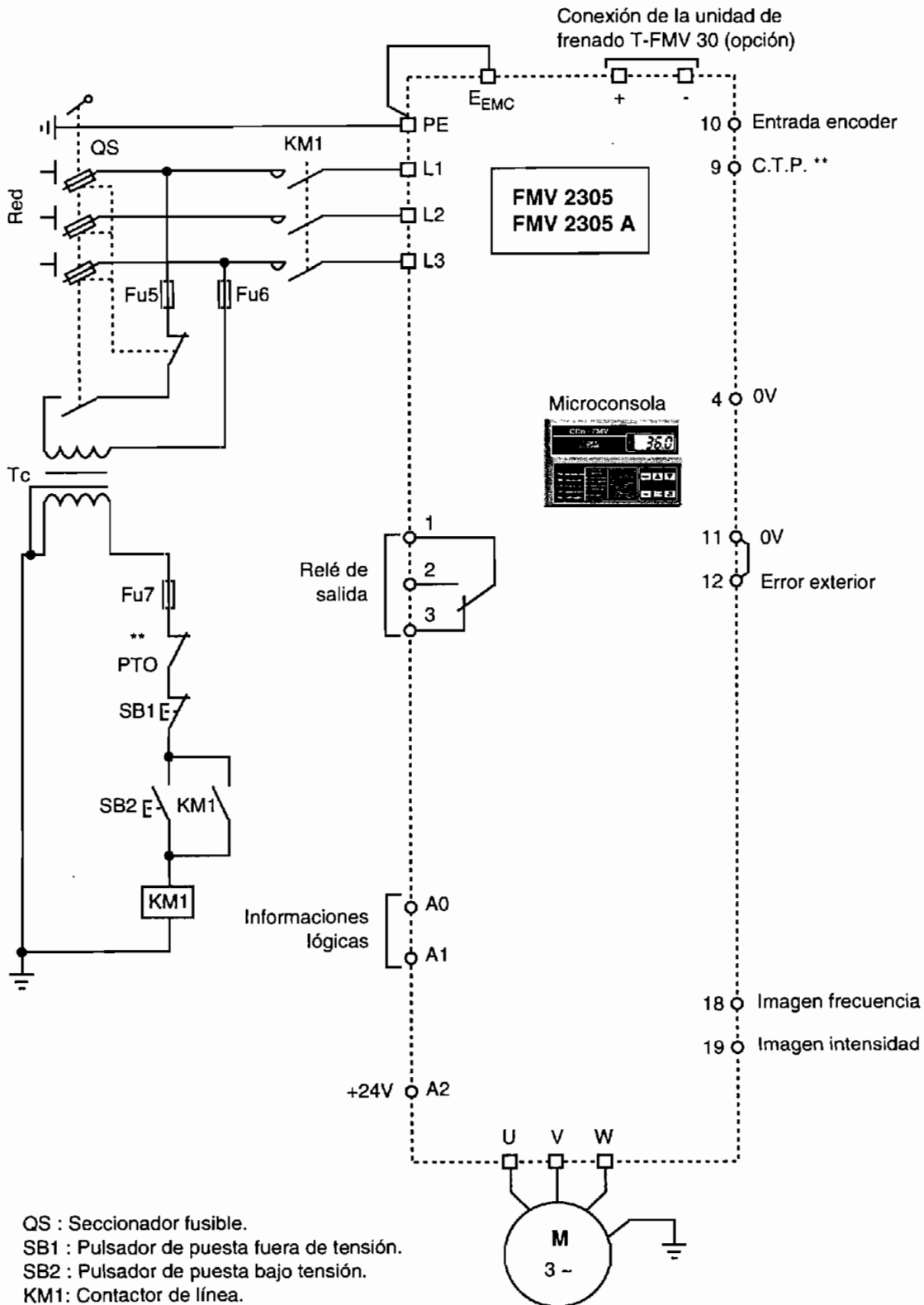
Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

6 - Lista de esquemas

6.1 - FMV 2305 1,5T a 11T y FMV 2305 A 1,5T a 11T
 ando por medio de la microconsola CDn-FMV.



QS : Seccionador fusible.

SB1 : Pulsador de puesta fuera de tensión.

SB2 : Pulsador de puesta bajo tensión.

KM1: Contactor de línea.

Tc : Transformador de telemando.

** : Según el motor que se utilice.

Nota : La bobina del contactor será equipada de un RC.

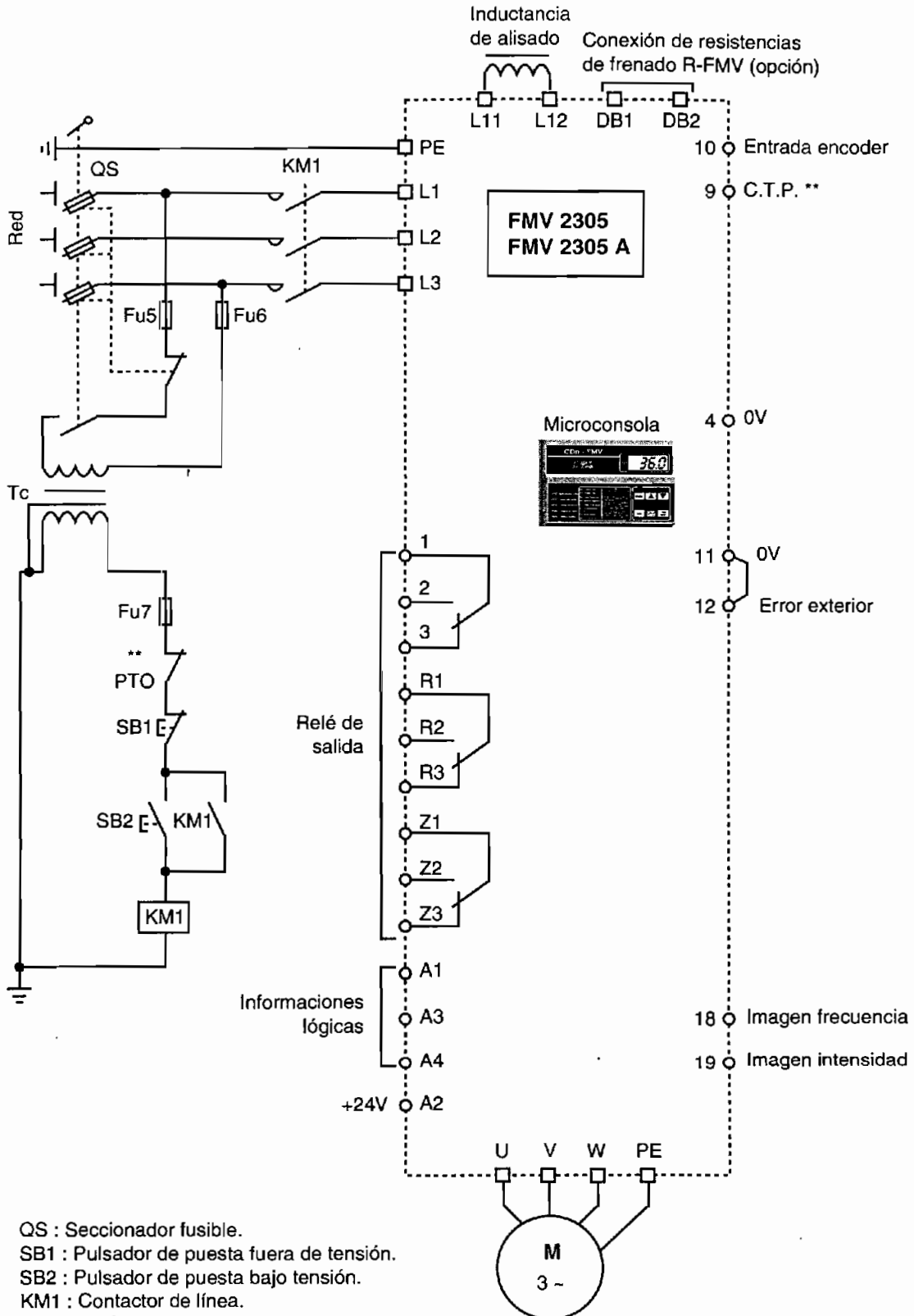
Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

2.6.2 - FMV 2305 16T a 100T y FMV 2305 A 16T a 120T

Mando a partir de la microconsola CDn-FMV.

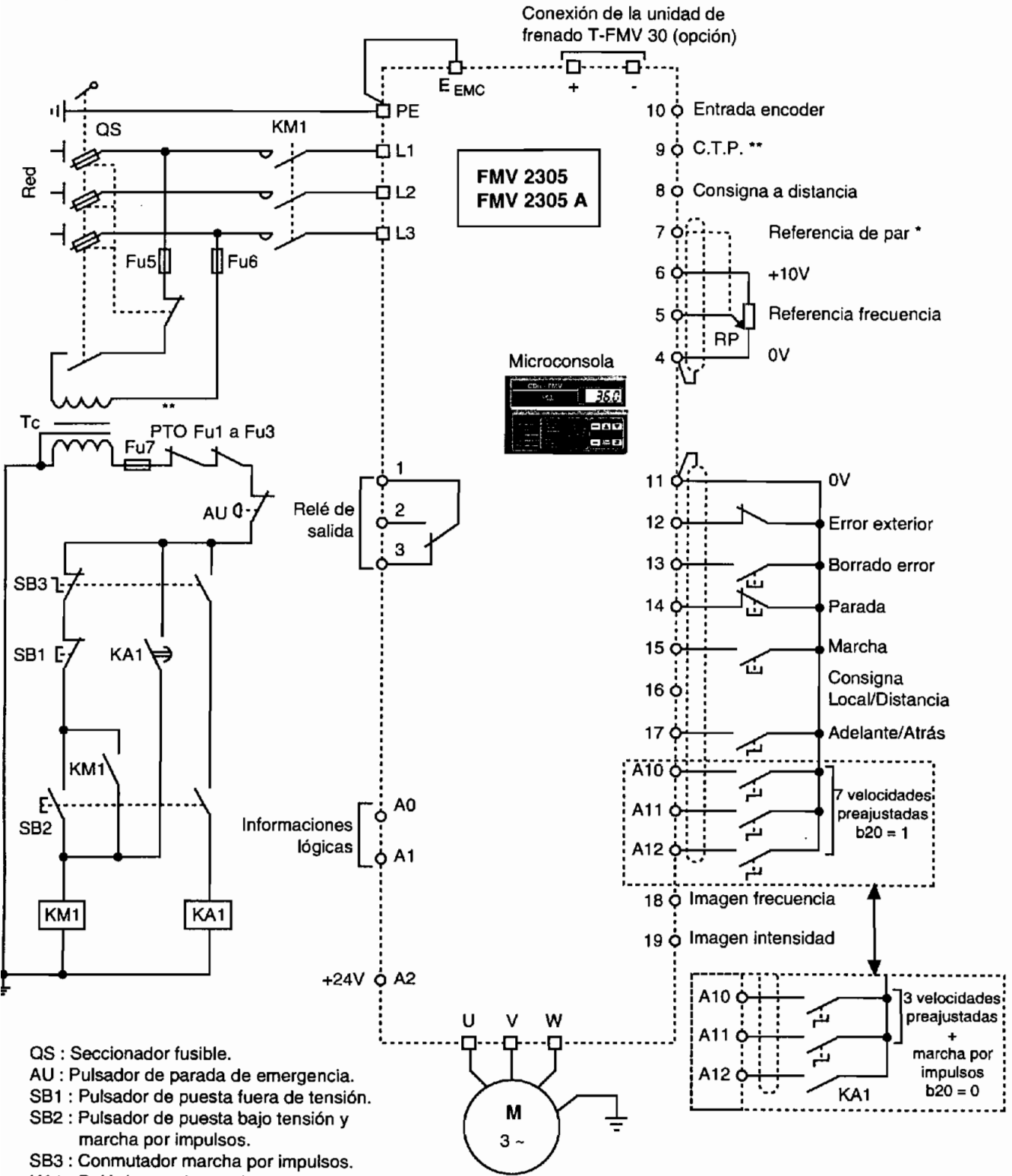


- QS : Seccionador fusible.
 SB1 : Pulsador de puesta fuera de tensión.
 SB2 : Pulsador de puesta bajo tensión.
 KM1 : Contactor de línea.
 Tc : Transformador de telemando.
 ** : Según el motor que se utilice.

Nota : La bobina del contactor será equipada de un RC.

Motovariadores electrónicos LS FMV 2305 LS FMV 2305 A

6.3 - FMV 2305 1,5T a 11T y FMV 2305 A 1,5T a 11T
 ando a partir de las bornas.



- QS : Seccionador fusible.
- AU : Pulsador de parada de emergencia.
- SB1 : Pulsador de puesta fuera de tensión.
- SB2 : Pulsador de puesta bajo tensión y marcha por impulsos.
- SB3 : Conmutador marcha por impulsos.
- KA1 : Relé de marcha por impulsos.
- KM1 : Contactor de línea.
- RP : Potentiomètre 10 kΩ.
- Tc : Transformador de telemando.
- * : Limitación de par si mando por frecuencia.
- ** : Según el motor utilizado.

Nota : • La bobina del contactor y del relé será equipada de un RC.

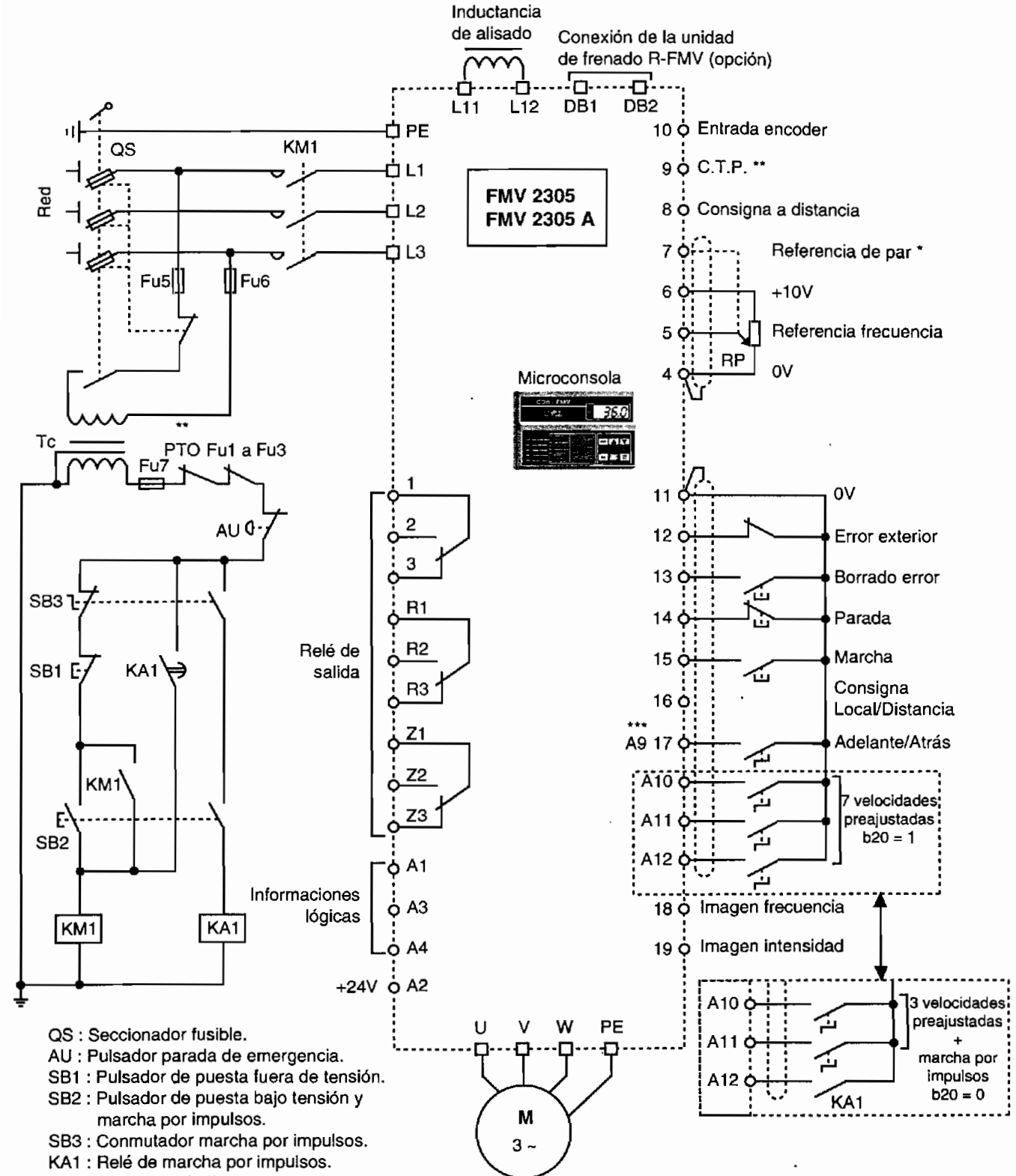
Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

2.6.4 - FMV 2305 16T a 100T y FMV 2305 A 16T a 120T

Mando a partir de las bornas.



- QS : Seccionador fusible.
- AU : Pulsador parada de emergencia.
- SB1 : Pulsador de puesta fuera de tensión.
- SB2 : Pulsador de puesta bajo tensión y marcha por impulsos.
- SB3 : Conmutador marcha por impulsos.
- KA1 : Relé de marcha por impulsos.
- KM1 : Contactor de línea.
- RP : Potenciómetro 10 kΩ.
- Tc : Transformador de telemando.
- * : Limitación de par si mando por frecuencia.
- ** : Según el motor utilizado.
- *** : Si borna 16 a 0V (distancia).

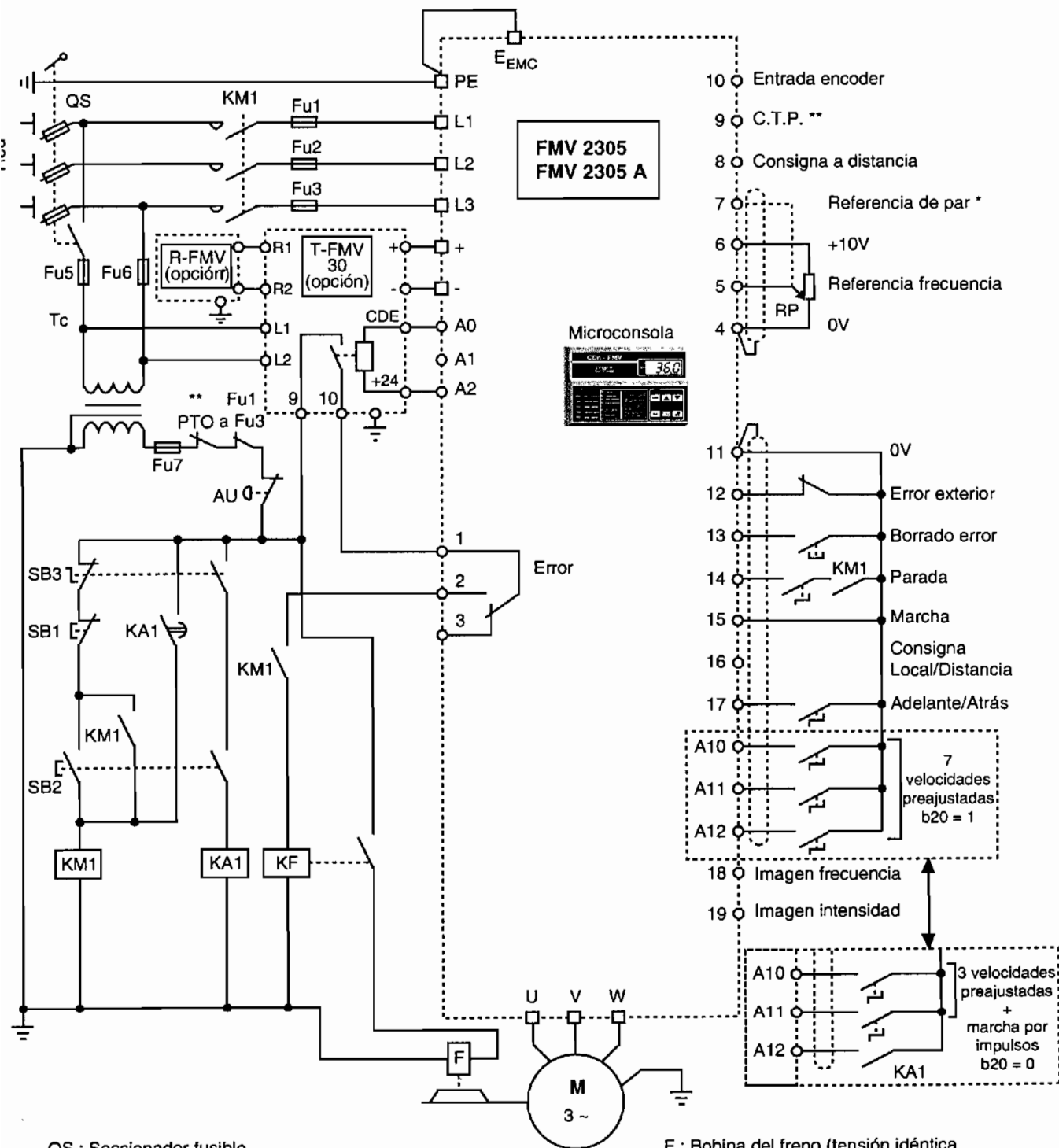
Nota : * La bobina del contactor y del relé será equipada de un RC.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

6.5 - FMV 2305 1,5T a 11T y FMV 2305 A 1,5T a 11T
 ando a partir de las bornas y frenado electromecánico.



QS : Seccionador fusible.
 AU : Pulsador parada de emergencia.
 SB1 : Pulsador de puesta fuera de tensión.
 SB2 : Pulsador de puesta bajo tensión y marcha por impulsos.
 SB3 : Conmutador marcha por impulsos.
 RP1 : Potenciómetro 10 kΩ.
 Tc : Transformador de telemando.
 KA1 : Relé de marcha por impulsos.
 KM1 : Contactor de línea.
 KF : Contactor de frenado.

F : Bobina del freno (tensión idéntica a los contactores).
 * : Limitación de par si mando por frecuencia.
 ** : Según el motor utilizado.

Nota :

- PR0 será programado a 0.
- b53 será programado a 1.
- b1 será programado a 1.
- Las bobinas de contactores y relés serán equipadas de RC.

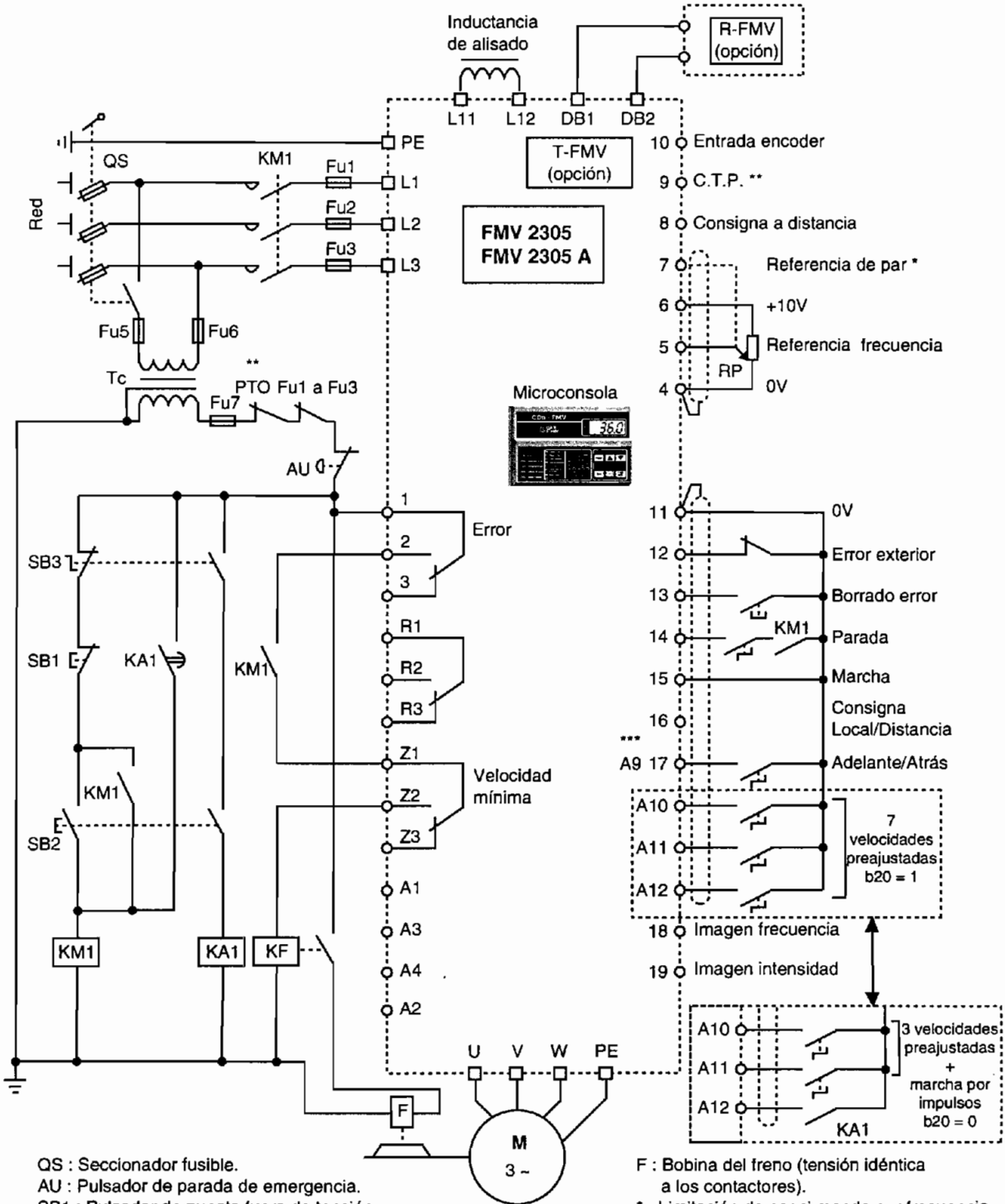
Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

2.6.6 - FMV 2305 16T a 100T y FMV 2305 A 16T a 120T

Mando por medio de las bornas y frenado electromecánico.



- QS : Seccionador fusible.
- AU : Pulsador de parada de emergencia.
- SB1 : Pulsador de puesta fuera de tensión.
- SB2 : Pulsador de puesta bajo tensión y marcha por impulsos.
- SB3 : Conmutador marcha por impulsos.
- RP : Potenciómetro 10 kΩ.
- Tc : Transformador de telemando.
- KA1 : Relé de marcha por impulsos.
- KM1 : Contactor de línea.
- KF : Contactor de frenado.

- F : Bobina del freno (tensión idéntica a los contactores).
- * : Limitación de par si mando por frecuencia.
- ** : Según el motor utilizado.
- *** : Si la borna es de 16 a 0V (distancia).
- Nota :**
 - b53 será programado a 1.
 - b1 será programado a 1.
 - Las bobinas de contactores y relés serán equipadas de RC.

- PUESTA EN SERVICIO

1 - Procedimiento de uso de la microconsola

CDn - FMV

1.1 - Presentación de la microconsola

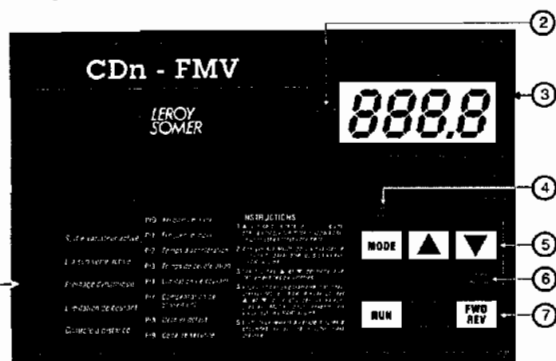
Es idéntica para todos los moduladores y permite el acceso a los parámetros de regulación y mando por el modificador.

Conexión

Es desmontable y puede conectarse a distancia. La conexión a distancia se hace mediante un cable blindado con conectores tipo Sub-D (9 pilas hembras del lado de la microconsola, 9 pilas machos del lado del modificador). Largo máximo del cable = 100 m.

La microconsola se puede retirar durante el funcionamiento (el modificador se parará si está mandado por la microconsola).

Descripción



- ① 5 LED's rojos de señalización de estado del modificador.
- ② 1 LED rojo para indicar los valores negativos.
- ③ 4 visualizadores 7 segmentos para visualizar : los parámetros, el estado del modificador o la medida frecuencia/intensidad de salida.
- ④ 1 LED verde " PAR " indica que la tecla " MODE " ha sido pulsada y que el visualizador indica el número de un parámetro (" Pr - - " o " b - - ") en alternancia con su contenido.
- ⑤ 2 teclas permiten desfilar los parámetros y modificar su valor.
- ⑥ 1 LED rojo " FWD " indica que el modificador funciona hacia adelante.
- ⑦ 3 teclas permiten los mandos de :
Marcha, Parada (" RESET " borrado de error) y sentido de rotación, cuando se manda por la microconsola.

• Visualización Inicial

Al ponerlo bajo tensión, los 4 visualizadores 7 segmentos indican la "visualización inicial" en función del estado del modificador.

Estado modificador	Visualización inicial	
	En mando CDn-FMV	En mando por BORNAS
Parada	"rdY" <--> "0" : señal modificador listo "rdY" visualizado en alternancia con el valor de frecuencia "0".	"rdY" : modificador listo.
Funcionando	- bien la frecuencia de salida (Hz), - bien la intensidad de salida (% In). *	Consigna de frecuencia
Error	"Código error" parpadea en alternancia con la consigna de la frecuencia.	Código error parpadea.

* Cualquiera sea el valor indicado, se puede leer el otro pulsando las dos teclas Δ ∇ simultáneamente.

• 5 indicadores (LED) de señalización

Las informaciones relativas al estado y al mando del modificador se suministran por 5 LEDs.

Indicador LED	Estado	Información transmitida
Salida modificador activa	Encendido	El modificador está en marcha (puede ser a velocidad cero). El LED "FWD" también está encendido si se da orden de marcha adelante.
Enlace serie activo	Encendido	El modificador recibe o envía los datos vía el enlace serie.
Frenado dinámico	Encendido	Indica que el umbral de tensión máxima del bus continuo ha sido sobrepasado (modificador en restitución).
Limite de intensidad	Encendido	El modificador está en limitación de la carga sobrepasa : - el valor de la intensidad de sobrecarga (Pr4), o - el límite de par regulado en la borna 7.
Control a distancia	Encendido	Indica que el modificador está mandado por : - bien una consigna en intensidad, - bien el enlace serie.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

3.1.2 - Los parámetros de regulación

La configuración del modulador para una aplicación dada se hace por la programación de los parámetros. Ello puede hacerse mediante la microconsola o mediante el enlace serie.

Existen dos tipos de parámetros :

- los parámetros numéricos ("Pr X X") que permiten regular la intensidad, la frecuencia.... Son accesibles mientras esté funcionando el modulador excepto el Prc.

- los parámetros lógicos o bit ("b Y Y") que permiten seleccionar o validar funciones. La salida del modulador debe estar inactivada para modificarlos.

a) Manipulación de los parámetros mediante la microconsola CDn-FMV

• Selección de los parámetros

Etapa	Acción en la microconsola	Visualización	Comentario
<p>PUESTA BAJO TENSION</p> <p>SELECCION DE UN PARAMETRO</p>	<p>Pulsar 1 vez la tecla MODE</p> <p>8 segundos ↓ sin acción.</p>	<p>r d Y</p> <p>P r 0 N° del parámetro</p> <p>↕</p> <p>0 0 0 Valor del parámetro</p> <p>r d Y</p>	<p>El modulador arranca si la función arranque automático está validada.</p> <p>El LED "PAR" se enciende.</p> <p>El número del parámetro se visualiza en alternancia con su valor. Pr 0 = frecuencia mínima de salida.</p> <p>Si ninguna tecla es pulsada tras 8 segundos, vuelve a la "visualización inicial". El LED "PAR" se apaga.</p>
<p>DESFILE DE PARAMETROS</p>	<p>Pulsar 1 vez la tecla MODE</p> <p>Pulsar 1 vez la tecla Δ.</p> <p>8 segundos ↓ sin acción.</p>	<p>P r 0</p> <p>↕</p> <p>0 0 0</p> <p>P r 1</p> <p>↕</p> <p>5 0 0</p> <p>r d Y</p>	<p>El LED "PAR" se enciende. El número del parámetro es visualizado en alternancia con su valor.</p> <p>El número del parámetro siguiente se visualiza en alternancia con su valor. Pr 1 = frecuencia máxima de salida.</p> <p>Todos los parámetros principales pueden ser seleccionados según dicho procedimiento.</p> <p>Si ninguna tecla es pulsada tras 8 segundos, vuelve a la "visualización inicial". El LED "PAR" se apaga</p>
<p>SELECCION DE UN PARAMETRO</p>	<p>Pulsar 1 vez la tecla MODE</p>	<p>P r 1</p> <p>↕</p> <p>5 0 0</p>	<p>El LED "PAR" se enciende. El número del parámetro se visualiza en alternancia con su valor.</p>

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

Modificación de los parámetros (ejemplo : programación del mando por microconsola).

Etapa	Acción en la microconsola	Visualización	Comentario			
PUESTA BAJA TENSION						
SELECCION DEL PARAMETRO b9	Pulsar 1 vez la tecla MODE		El LED "PAR" se enciende.			
	Pulsar varias veces la tecla o para seleccionar el parámetro b9.		b9 = selección del tipo de mando. b9 = 1 : mando por las bornas, b9 = 0 : mando por microconsola.			
MODIFICACION DE LA REGULACION	Pulsar 1 vez la tecla MODE		El LED "PAR" se apaga. El valor del parámetro b9 está fijado. Si el valor parpadea véase (*).			
	Pulsar la tecla o .		El valor del parámetro b9 está modificado a 0. El mando del modulador se hace por medio de la microconsola.			
	Pulsar 1 vez la tecla MODE		El LED "PAR" se enciende. El nuevo valor del parámetro está memorizado.			
	8 segundos sin acción.		<p>Nota : Las 3 teclas inferiores del teclado</p> <table border="1" data-bbox="994 1207 1336 1270"> <tr> <td>RUN</td> <td>STOP RESET</td> <td>FWD REV</td> </tr> </table> <p>son validadas y permiten efectuar los mandos de : Marcha, Parada/Borrado error, Adelante/Atrás.</p> <p>Si no se pulsa ninguna tecla a los 8 segundos, vuelve a la "visualización inicial". El LED "PAR" se apaga.</p>	RUN	STOP RESET	FWD REV
RUN	STOP RESET	FWD REV				

Nota :
Si durante todas las operaciones descritas arriba, no se ha pulsado ninguna tecla a los 8 segundos, el visualizador vuelve a la "visualización inicial".
Pulsando **MODE** el número del último parámetro seleccionado aparece en alternancia con su valor.
Antes de modificar los parámetros de regulación, comprobar el estado del modulador con el visualizador y los LEDs de señalización.
Los parámetros de tipo numérico **Pr** pueden ser modificados durante el funcionamiento salvo el parámetro **Prc** que corresponde a la regulación de la frecuencia de base (punto nominal).

(*) : Los parámetros lógicos **b** y **Prc** se pueden modificar sólo si la salida del modulador no está activada (véase el LED de señalización).
• En cuanto un parámetro es modificado, su nuevo valor se memoriza automáticamente (aún después de un corte de alimentación).
• La visualización puede parpadear en los siguientes casos :
- el modulador está en error y el código de error parpadea.
- un parámetro se ajusta hasta el límite de su margen.
- los puntos decimales (no utilizados) parpadearán para señalar que el modulador está sobrecargado (l x t).

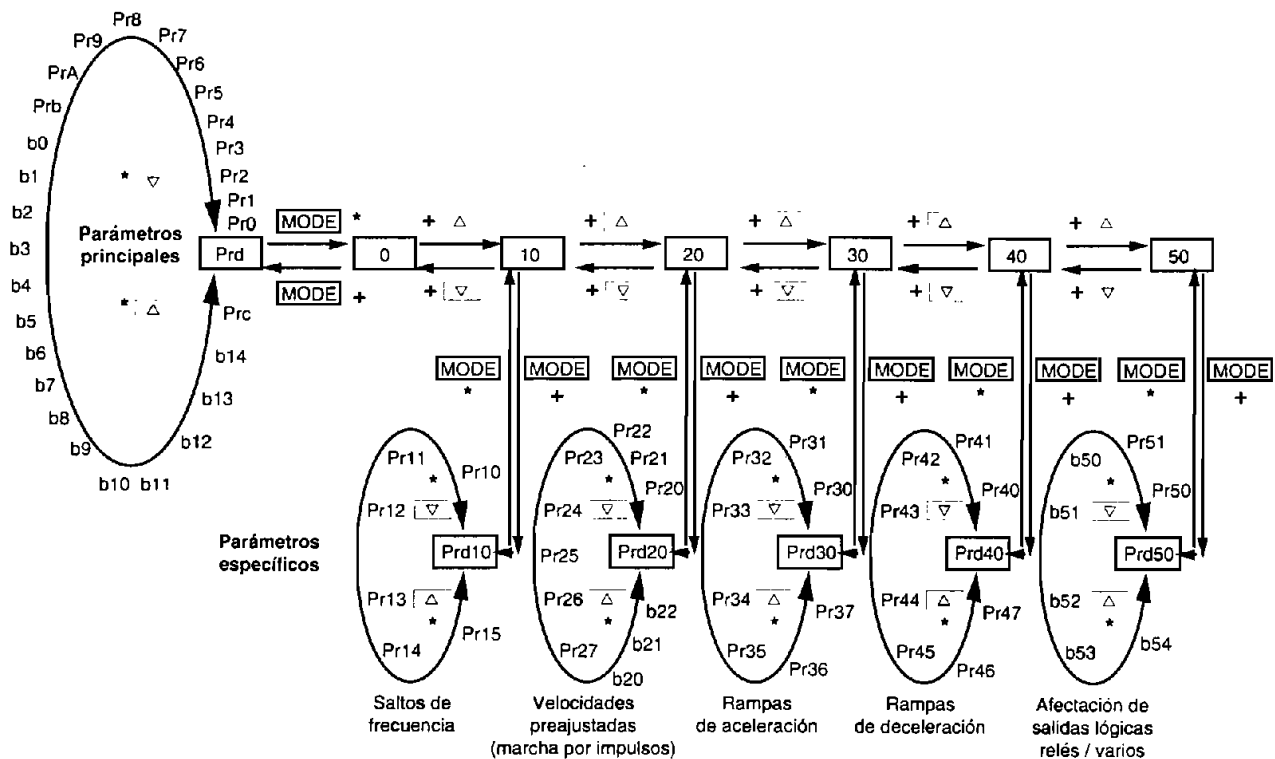
Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

b) Organización de los parámetros

El acceso a los parámetros principales se hace sencillamente con la ayuda de las teclas Δ y ∇ con el LED "PAR" encendido. Los parámetros específicos a las funciones : saltos de frecuencia, velocidades preajustadas y sus rampas de aceleración/deceleración asociadas, marcha por impulsos y afectación de salidas lógicas, se organiza en 5 grupos accesibles programando los valores 10, 20, 30, 40 y 50 en el parámetro Prd.



- * Δ : Pulsar la tecla Δ cuando el LED " PAR " está encendido.
- + Δ : Pulsar la tecla Δ cuando el LED " PAR " está apagado.
- * ∇ : Pulsar la tecla ∇ cuando el LED " PAR " está encendido.
- + ∇ : Pulsar la tecla ∇ cuando el LED " PAR " está apagado.

- MODE** * : Pulsar la tecla **MODE** cuando el LED " PAR " está encendido.
- MODE** + : Pulsar la tecla **MODE** cuando el LED " PAR " está apagado.

c) Vuelta a los reglajes de fábrica

Etapa	Acción en la microconsola	Visualización	Comentario
SELECCION DEL PARAMETRO	Pulsar 1 vez la tecla MODE y pulsar varias veces la tecla Δ o ∇ para seleccionar el parámetro b13.	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">r d Y</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">b 3</div> \updownarrow	El LED "PAR" se enciende.
MODIFICACION DEL PARAMETRO	Pulsar 1 vez la tecla MODE Pulsar la tecla Δ o ∇ .	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">0.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">1</div>	El LED "PAR" se apaga. El valor del parámetro b13 está fijado. Si el valor parpadea, asegurarse de que la salida del modulador no está activada o ver el § Código de seguridad.
	Pulsar 1 vez la tecla MODE	\updownarrow <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">b 3</div> \updownarrow <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">0</div>	El parámetro b13 vuelve a cero automáticamente. Todos los parámetros vuelven a tomar su valor de origen.

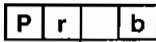
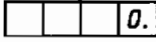
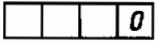
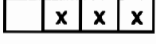
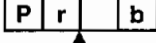
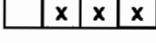
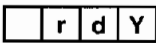
Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

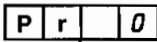
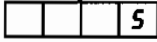
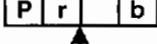
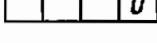
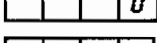
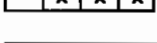
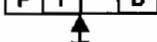
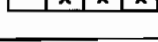
LS FMV 2305 A

3) Código de seguridad

El acceso al modulador puede ser limitado por la programación de un código personalizado.

Etapa	Acción en la microconsola	Visualización	Comentario
<p>INSTALACION DEL CODIGO POR LA MICROCONSOLA</p> <p>PUESTA FUERA DE TENSION</p> <p>PUESTA BAJO TENSION</p>	<p>Pulsar 1 vez la tecla MODE y pulsar varias veces la tecla Δ o ∇ para seleccionar el parámetro Prb.</p>	 	<p>El LED "PAR" se enciende.</p> <p>Prb = 0 : acceso libre a todos los parámetros, Prb = 100 a 255 : ningún parámetro puede ser modificado sin programar el código correcto. *</p>
	<p>Pulsar 1 vez la tecla MODE Pulsar (presión mantenida) en la tecla Δ o ∇ para seleccionar el código. Pulsar 1 vez la tecla MODE</p>	    	<p>El LED "PAR" se apaga.</p> <p>El LED "PAR" se enciende.</p> <p>No hay posibilidad de modificar los parámetros sin programar el código correcto.</p>

El código de seguridad puede ser programado por el enlace serie de un valor entre 0 y 255 incluidos.

<p>ACCESO A LOS PARAMETROS</p>	<p>Pulsar 1 vez la tecla MODE</p> <p>Pulsar varias veces la tecla Δ o ∇ para seleccionar el parámetro Prb.</p> <p>Pulsar 1 vez la tecla MODE Pulsar (presión mantenida) en la tecla Δ o ∇ para visualizar el código. Pulsar 1 vez la tecla MODE</p>	       	<p>El LED "PAR" se enciende.</p> <p>El código de seguridad ya no se puede leer.</p> <p>El LED "PAR" se apaga.</p> <p>Todos los parámetros pueden ser modificados.</p>
---------------------------------------	--	--	---

3.2 - Puesta en servicio del moto-modulador

3.2.1 - Mando por medio de la microconsola

• Cableado del motovariador

Referirse a los esquemas § 2.6.1 o 2.6.2.

• Conexión de una sonda C.T.P.

Colocar el puente PL6 (de la tarjeta IN 50) entre 2 y 3 para los FMV 2305 1,5 T a 11 T y los FMV 2305 A 1,5 T a 11 T o cortar la resistencia R 462 de la tarjeta IN 40 para los FMV 2305 16 T a 100 T y los FMV 2305 A 16 T a 120 T.

• Error exterior

No olvidar el enlace entre las bornas 11 y 12, si no el modulador indicará "Et" al ponerlo bajo tensión.

• Puesta bajo tensión del modulador

Cerrar el seccionador y pulsar marcha con SB2. El indicador indica "rdY" y el LED "FWD" se enciende.

• Programación

Programar sucesivamente los parámetros.

Parámetro	Comentario
b9 = 0	Mando a partir de la microconsola.
b14	Selección de la frecuencia de corte y del límite de frecuencia máxima en función de la frecuencia del motor deseada.
Prc	Selección de la frecuencia de base en función de b14 y del par pedido.
Pr1	Selección de la frecuencia máxima del motor.
Pr5	Regulación de la intensidad máxima permanente del motor (en % de I _N).
Pr4	Regulación de la intensidad máxima de sobrecarga del motor (en % de I _N).
Pr6	Regulación del par necesario para arrancar.
Pr2	Regulación de la rampa de aceleración.
Pr3	Regulación de la rampa de deceleración.
b2 y b7	Selección del modo de parada deseado.

• Orden de marcha

Pulsar la tecla , el LED "salida modulador activa" se enciende.

• Regulación de la frecuencia de salida

Pulsar la tecla , el indicador indica la frecuencia de salida del modulador.

Soñar la tecla , cuando se alcanza la frecuencia deseada.

• Compensación del deslizamiento

Cargar el motor y programar Pr7 para que se conserve su velocidad en carga.

• Parada del motor

Pulsar la tecla

El valor indicado por el visualizador disminuye hasta alcanzar el 0, luego indica "rdY" alternativamente con la frecuencia que se ha pedido anteriormente y el LED "salida modulador activa" se apaga.

• Puesta fuera de tensión del modulador

Parada pulsando SB1.

3.2.2 - Mando por medio de las bornas

• Cableado del moto-modulador

Referirse a los esquemas § 2.6.3 o 2.6.4.

• Conexión de una sonda C.T.P.

Colocar el puente PL6 (de la tarjeta IN 50) entre 2 y 3 para los FMV 2305 1,5 T a 11 T y los FMV 2305 A 1,5 T a 11 T o cortar la resistencia R 462 de la tarjeta IN 40 para los FMV 2305 16 T a 100 T y los FMV 2305 A 16 T a 120 T.

• Error exterior

No olvidar el enlace entre las bornas 11 y 12 si no, el modulador indicará "Et" al ponerlo bajo tensión.

• Puesta bajo tensión del modulador

Cerrar el seccionador y pulsar marcha con SB2. El indicador indica "rdY" y el LED "FWD" se enciende.

• Programación

Programar sucesivamente los parámetros.

Parámetro	Comentario
b14	Selección de la frecuencia de corte y de límite de frecuencia máxima en función de la frecuencia del motor deseada.
Prc	Selección de la frecuencia de base en función de b14 y del par pedido.
Pr1	Selección de la frecuencia máxima del motor.
Pr5	Regulación de la intensidad máxima permanente del motor (en % de I _N).
Pr4	Regulación de la intensidad máxima de sobrecarga del motor (en % de I _N).
Pr6	Regulación del par necesario para arrancar.
Pr2	Regulación de la rampa de aceleración.
Pr3	Regulación de la rampa de deceleración.
b2 y b7	Selección del modo de parada deseado.

• Orden de marcha

Dar un impulso de marcha en la borna 15, el LED "salida modulador activa" se enciende.

• Regulación de la frecuencia de salida

Dar una consigna de frecuencia en la borna 5, el indicador indica la frecuencia de salida del modulador.

• Compensación del deslizamiento

Cargar el motor y programar Pr7 para que se conserve su velocidad en carga.

• Parada del motor

Dar un impulso de parada en la borna 14.

El valor indicado por el visualizador disminuye hasta alcanzar 0, luego indica "rdY" y el LED "salida modulador activa" se apaga.

• Puesta fuera de tensión del modulador

Parada pulsando SB1.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

3 - Tabla de parámetros

Se indica a continuación la lista de los parámetros de los moduladores FMV 2305 y FMV 2305 A.

Una explicación de la función de cada parámetro sigue a las tablas.

Los parámetros numéricos son precedidos de "Pr".

Los parámetros lógicos son precedidos de "b".

3.1 - Tabla de los parámetros

Parámetros principales (Prd = 0)

Parámetro	Descripción	Margen de regulación	Unidad	Regulación en fábrica
Pr0	Frecuencia mínima de salida	0 a Pr1	Hz	0
Pr1	Frecuencia máxima de salida	Pr0 a LFm ^① (LFm = límite de la frecuencia máxima).	Hz	50
Pr2	Rampa de aceleración	0,2 a 600	s	- FMV 2305 1,5T a 40T : 5,0 - FMV 2305 50T a 100T : 10,0 - FMV 2305 A 1,5T a 120T : 100
Pr3	Rampa de deceleración	0,2 a 600	s	- FMV 2305 1,5T a 40T : 10,0 - FMV 2305 50T a 100T : 20,0 - FMV 2305 A 1,5T a 120T : 100
Pr4	Intensidad máxima de sobrecarga : - FMV 2305 - FMV 2305 A	Pr5 a 150 Pr5 a 120	% I _N (calibre modulador)	150 120
Pr5	Intensidad máxima permanente	10 a 105 (≤ Pr4)	% I _N	100
Pr6	Par a baja velocidad (BOOST)	0 a 25,5	% U _N (tensión red)	5,1
Pr7	Compensación de deslizamiento : - FMV 2305 1,5T a 11T FMV 2305 A 1,5T a 11T - FMV 2305 16T a 40T FMV 2305 A 16T a 50T - FMV 2305 50T a 100T FMV 2305 A 60T a 120T	0 a 5 (LFm = 120) 0 a 10 (LFm = 240) 0 a 20 (LFm = 480) 0 a 25 (LFm = 960) 0 a 5 (LFm = 120) 0 a 10 (LFm = 240) 0 a 20 (LFm = 480) 0 a 5 (LFm = 120) 0 a 10 (LFm = 240)	Hz	0
Pr8	Nivel de frenado por inyección de corriente continua : - FMV 2305 - FMV 2305 A	40 a 150 40 a 120	% I _N % I _N	150 120
Pr9	Dirección modulador - enlace serie	0 a 99	-	11
PrA	Memoriz. de los 10 últimos errores	0 a 9	-	-
Prb	Código de seguridad - por microconsola - por enlace serie	100 a 255 0 a 255	- -	0 0
b0	Selección : referencia "par" o frecuencia	b0 = 0 : par b0 = 1 : frecuencia	-	1
b1	Selección : arranque automático o mandado - FMV 2305 - FMV 2305 A	b1 = 0 : automático b1 = 1 : mandado	-	1 0

① LFm = límite de la frecuencia máxima. Es la frecuencia más elevada que puede suministrar el modulador. Se puede regular su valor, pero queda limitada por la frecuencia de corte seleccionada (véase b14).

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

3.3.1 - Continuación

Parámetro	Descripción	Margen de regulación	Unidad	Regul. en fábrica
b2 - b7	Selección : modo de parada	b2 = 0 ó 1	-	0
	b2 b7	b7 = 0 ó 1	-	0
	0 0 Parada en rampa o extensión de la rampa si se alcanza el límite de la tensión alta del bus continuo			
	0 1 Parada en rueda libre			
	1 0 Inyección de corriente continua			
1 1 Parada en rampa (con opción - módulo de frenado)				
b3	Selección : BOOST automático o manual.	b3 = 0 : automático b3 = 1 : manual	-	0
b4	Selección : polaridad de referencia.	b4 = 0 : ± 10V b4 = 1 : 0 a +10V	-	1
b5	Selección : retorno de velocidad.	b5 = 0 : con encoder b5 = 1 : sin retorno	-	1
b6	Selección : modo maestro o esclavo.	b6 = 0 : maestro mandado por la borna b6 = 1 : esclavo mandado por el enlace serie	-	0
b7	Véase parámetro b2.	b7 = 0 ó 1	-	0
b8	Selección : indicación - frecuencia de salida o intensidad.	b8 = 0 : frecuencia (Hz) b8 = 1 : intensidad (% In)	-	0
b9	Selección : mando por la microconsola o por las bornas.	b9 = 0 : microconsola b9 = 1 : bornas	-	1
b10	Selección : paridad (enlace en serie).	b10 = 0 : par b10 = 1 : impar	-	0
b11	Selección : referencia velocidad a distancia. - FMV 2305 1,5T a 11T FMV 2305 A 1,5T a 11T	b11 = 4.20 : 4 a 20 b11 = 20.4 : 20 a 4 b11 = 0.20 : 0 a 20	mA mA mA	4.20
	- FMV 2305 16T a 100T FMV 2305 A 16T a 120T	b11 = 4.20 : 4 a 20 b11 = 20.4 : 20 a 4 b11 = 0.20 : 0 a 20 b11 = Ur : 0 a 10 o ± 10	mA mA mA V	4.20
b12	Selección : velocidad de intercambio de datos por el enlace en serie.	b12 = 4.8 : 4800 b12 = 9.6 : 9600	baud baud	4.8
b13	Selección de parámetros de origen (regulaciones de fábrica).	b13 = 0 : inactivo b13 = 1 : regul. en fábrica	-	0
b14	Selección : Frecuencia de corte y LFm (límite de la frecuencia máxima de salida).	Fcorte/LFm		
	- FMV 2305 1,5T a 11T FMV 2305 A 1,5T a 11T	b14 = 2.9/120 ó 240 b14 = 5.9/120 ó 240 ó 480 b14 = 8.8/120 ó 240 ó 480 b14 = 11.7/120 ó 240 ó 480 ó 960	kHz/Hz kHz/Hz kHz/Hz kHz/Hz	2.9/120
	- FMV 2305 16T a 40T FMV 2305 A 16T a 50T	b14 = 2.9/120 ó 240 b14 = 5.9/120 ó 240 ó 480	kHz/Hz kHz/Hz	2.9/120
	- FMV 2305 50T a 100T FMV 2305 A 60T a 120T	b14 = 2.9/120 ó 240	kHz/Hz	2.9/120
Prc	Frecuencia de base, punto nominal : FB	LFm/16 a LFm	Hz	50
Prd	Acceso a los parámetros específicos	0 a 50	-	0

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

Parámetros específicos

rd = 10 : saltos de frecuencia.

Parámetro	Descripción	Margen de regulación	Unidad	Regulación en fábrica
Pr10	Salto de frecuencia - 1	Pr0 a Pr1	Hz	0
Pr11	Salto de frecuencia - 2			
Pr12	Salto de frecuencia - 3			
Pr13	Ancho del salto - 1	± 0,5 a ± 5,0	Hz	± 0,5
Pr14	Ancho del salto - 2			
Pr15	Ancho del salto - 3			

rd = 20 : velocidades preajustadas/marcha por impulsos (JOG).

Parámetro	Descripción	Margen de regulación	Unidad	Regulación en fábrica
Pr20	Velocidad preajustada - 1	Pr0 a ± Pr1	Hz	0
Pr21	Velocidad preajustada - 2			
Pr22	Velocidad preajustada - 3			
Pr23	Velocidad preajustada - 4			
Pr24	Velocidad preajustada - 5			
Pr25	Velocidad preajustada - 6			
Pr26	Velocidad preajustada - 7			
Pr27	Frecuencia - marcha por impulsos	0 a 15	Hz	1,5
b20	Selección : Marcha por impulsos + 3 velocidades preajustadas o 7 velocidades preajustadas.	b20 = 0 : 3 velocidades + JOG, b20 = 1 : 7 velocidades.	-	0
b21	Selección : Rampas de aceleración/deceleración standard o específicas a las velocidades preajustadas.	b21 = 0 : standard, b21 = 1 : específica (Pr30 y Pr40).	-	0
b22	Selección : Inversión de sentido por la borna 17 o por la señal de velocidades preajustadas.	b22 = 0 : borna 17, b22 = 1 : señal.	-	0

rd = 30 : rampas de aceleración (velocidades preajustadas).

Parámetro	Descripción	Margen de regulación	Unidad	Regulación en fábrica
Pr30	Aceler. velocidad preajustada - 1	0,2 a 600	s	FMV 2305 : 5,0 FMV 2305 A : 100
Pr31	Aceler. velocidad preajustada - 2			
Pr32	Aceler. velocidad preajustada - 3			
Pr33	Aceler. velocidad preajustada - 4			
Pr34	Aceler. velocidad preajustada - 5			
Pr35	Aceler. velocidad preajustada - 6			
Pr36	Aceler. velocidad preajustada - 7			
Pr37	Aceleración - marcha por impulsos	0,2 a 600	s	0,2

rd = 40 : rampas de deceleración (velocidades preajustadas).

Parámetro	Descripción	Margen de regulación	Unidad	Regulación en fábrica
Pr40	Deceler. velocidad preajustada - 1	0,2 a 600	s	FMV 2305 : 10,0 FMV 2305 A : 100
Pr41	Deceler. velocidad preajustada - 2			
Pr42	Deceler. velocidad preajustada - 3			
Pr43	Deceler. velocidad preajustada - 4			
Pr44	Deceler. velocidad preajustada - 5			
Pr45	Deceler. velocidad preajustada - 6			
Pr46	Deceler. velocidad preajustada - 7			
Pr47	Deceleración - marcha por impulsos	0,2 a 600	s	0,2

Prd = 50 : afectación de salidas lógicas / funciones diversas.

Parámetro	Descripción	Margen de regulación	Unidad	Regulación en fábrica
Pr50	Número de borrado de errores automáticos.	0 a 5	-	0
Pr51	Temporización de borrado de errores automáticos.	1 a 5	s	1
b50	Selección de la función del relé, bornas 1 - 2 - 3 : estado modulador o velocidad alcanzada. - FMV 2305 1,5T a 11T FMV 2305 A 1,5T a 11T	b50 = 0 : estado modulador, b50 = 1 : velocidad alcanzada.	-	0
	Selección de la función del relé, bornas R1 - R2 - R3 : modulador en marcha o velocidad alcanzada. - FMV 2305 16T a 100T FMV 2305A 16T a 120T	b50 = 0 : en marcha, b50 = 1 : velocidad alcanzada.	-	0
b51	Validación de la tecla "FWD/REV".	b51 = 0 : no validada, b52 = 1 : validada.	-	0
b52	Validación del re arranque del motor sin parada.	b52 = 0 : no validada, b52 = 1 : validada.	-	FMV 2305 : 0 FMV 2305 A : 1
b53	Selección de la salida lógica A0 : modulador en marcha o velocidad mínima. - FMV 2305 1,5T a 11T FMV 2305A 1,5T a 11T	b53 = 0 : en marcha, b53 = 1 : velocidad mínima.	-	0
	Selección de la salida lógica A3 : alarma sobrecarga o estado modulador. - FMV 2305 16T a 100T FMV 2305 A 16T a 120T	b53 = 0 : Alarma, b53 = 1 : sin error.	-	0
b54	Selección : curva U/f fija o dinámica.	b54 = 0 : fija, b54 = 1 : dinámica.	-	FMV 2305 : 0 FMV 2305 A : 1

3.3.2 - Explicación de los parámetros

Pr0 : Frecuencia mínima de salida.

Margen de regulación : 0 a (Pr1) Hz.

Regulación de fábrica : 0 Hz.

Por incrementos de 0,1 Hz a 0,8 Hz según b14.

Por incrementos de 1 Hz para Pr0 ≥ 100 Hz.

Es la frecuencia más baja de funcionamiento.

Con la consigna al mínimo, la frecuencia de salida es Pr0.

Pr1 : Frecuencia máxima de salida.

Margen de regulación : (Pr0) a (LFm) Hz.

Regulación de fábrica : 50 Hz.

Por incrementos de 0,1 Hz a 0,8 Hz según b14.

Por incrementos de 1 Hz para Pr1 > 100 Hz.

Es la frecuencia más elevada de funcionamiento.

Con la consigna al máximo, la frecuencia de salida es Pr1.

Nota : La consigna de frecuencia puede ser regulada, directamente por las teclas y por mando por teclado, cuando la visualización está en la "visualización inicial". El valor de la consigna estará comprendido entre Pr0 y Pr1.

Importante :

La frecuencia máxima (Pr1) puede ser regulada hasta 960 Hz (para algunos moduladores) correspondiente a más de 19 veces la velocidad de un motor standard. Asegurarse de que el motor utilizado soportará mecánicamente dicho valor, si no prever un motor con las características particulares (consultar a LEROY-SOMER).

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

Pr2 : Rampa de aceleración

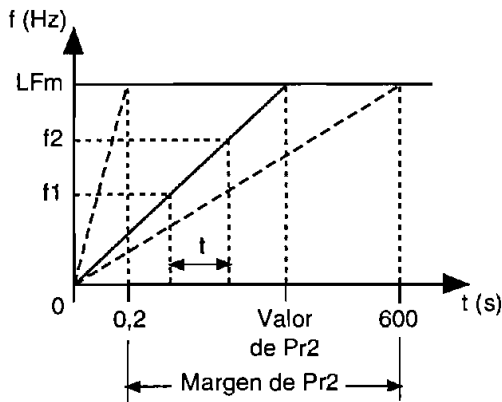
Margen de regulación : 0,2 a 600s.

Regulación en fábrica : 5,0 s - FMV 2305 1,5T a 40T,
10s - FMV 2305 50T a 100T,
100s - FMV 2305 A 1,5T a 120T.

Por incremento de 0,1 s.

Regulación del tiempo para acelerar de 0Hz al límite de frecuencia máxima (LFm) definida por b14.

Cálculo del tiempo para acelerar de la frecuencia f1 a la frecuencia f2 :



$$t = (f2 - f1) \times \frac{Pr2}{LFm}$$

Nota : El tiempo de rampa se respeta a condición que el modulador no esté en limitación de intensidad.

Pr3 : Rampa de deceleración

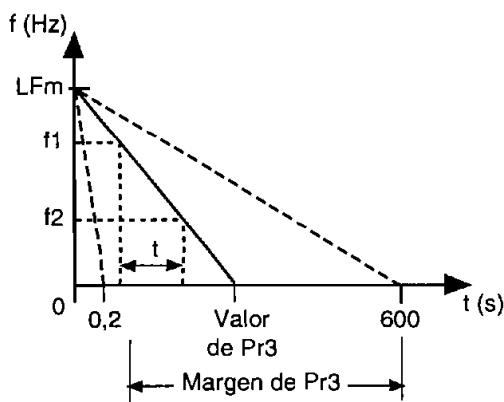
Margen de regulación : 0,2 a 600s.

Regulación en fábrica : 10s - FMV 2305 1,5T a 40T,
20s - FMV 2305 50T a 100T,
100s - FMV 2305 A 1,5T a 120T.

Por incrementos de 0,1s.

Regulación del tiempo para decelerar desde el límite de frecuencia máxima (LFm) definido por b14 hasta 0 Hz.

Cálculo del tiempo para decelerar desde la frecuencia f1 a la frecuencia f2 :



$$t = (f1 - f2) \times \frac{Pr3}{LFm}$$

Nota : El tiempo de rampa es respetado a condición de que la energía enviada por el motor pueda ser absorbida por el bus continuo, si no habrá que prever una unidad de frenado.

Pr4 : Intensidad máxima de sobrecarga

Margen de regulación : Pr5 a 150 % I_N - FMV 2305

Pr5 a 120 % I_N - FMV 2305A.

Regulación en fábrica : 150 % I_N - FMV 2305.

120 % I_N - FMV 2305 A.

Por incremento de 0,1 % para Pr 4 < 100 y de 1 % para Pr4 ≥ 100.

Es la intensidad de salida máxima admisible durante un tiempo definido por Pr4 y Pr5 (sobrecarga I x t).

Nota : El límite interno de intensidad se pone en escala con relación a la referencia "par" V_{REF} en la borna 7 :

$$\text{Límite interno de intensidad} = (Pr4 \times \frac{V_{REF}}{10V}) + 10\%$$

Pr5 : Intensidad máxima permanente

Margen de regulación : 10 a 105 % I_N (≤Pr4).

Regulación en fábrica : 100 % I_N.

Por incremento de 0,1 % para Pr5 < 100 y de 1 % para Pr5 ≥ 100.

Es la intensidad permanente autorizada para adaptar el modulador al motor :

$$Pr5 = \frac{\text{intensidad nominal motor}}{\text{intensidad nominal modulador}} \times 100$$

Pr5 regula el umbral a partir del cual la protección sobrecarga I x t comienza a integrar el exceso de intensidad. Los puntos decimales del visualizador parpadean cuando dicha protección está activa. Si esta condición es mantenida, el modulador se pondrá en error después de un tiempo (t) definido a continuación :

$$t = \frac{k \times Pr5}{(\text{intensidad de salida \%} - Pr5)}$$

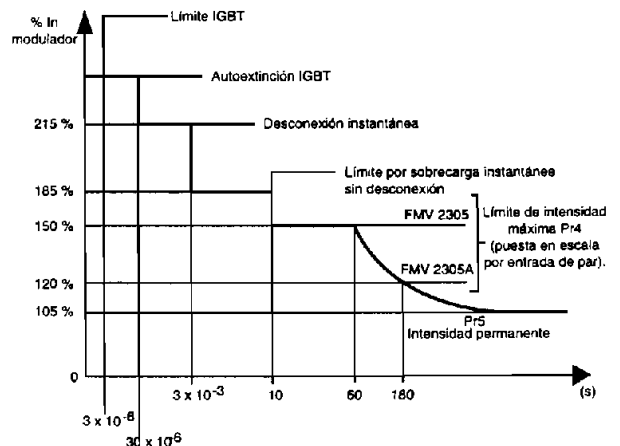
k = 25,7 - FMV 2305 1,5T a 100T,

FMV 2305 A 1,5T a 11T.

k = 8,57 - FMV 2305 A 16T a 120T.

Véanse las dos figuras a continuación para los diferentes niveles de protección y el límite de intensidad.

Niveles de sobreintensidad

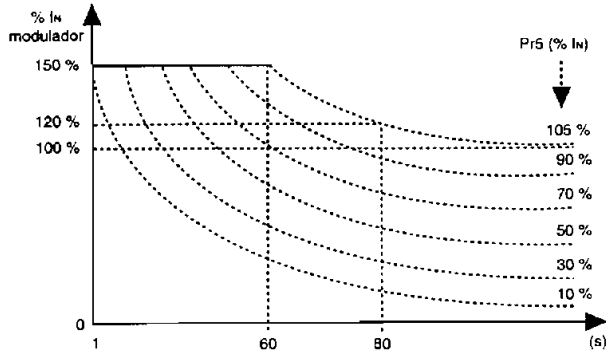


Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

Características I x t según el valor de Pr5



Pr6 : Par a baja velocidad (BOOST)

Margen de regulación : 0 a 25,5 % U_N (tensión red).

Regulación en fábrica : 5,1 % U_N.

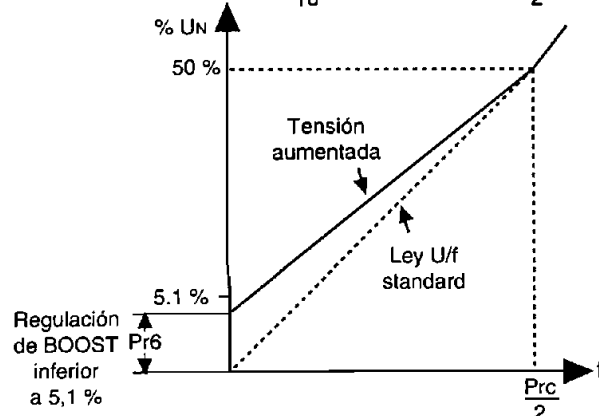
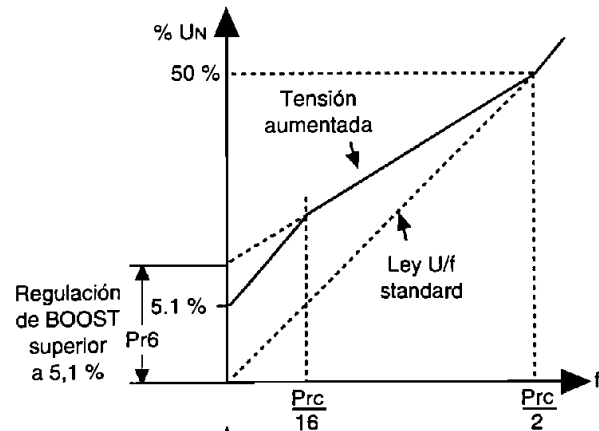
Por incrementos de 0,4 %

Pr6 aumenta la relación U/f entre 0 Hz y PrC/2 (frecuencia de base/2), dando más tensión y por ello más par en las velocidades bajas.

Un "BOOST automático" para cargas variables puede ser seleccionado (véase b3) tal como :

$$\text{BOOST aplicado} = \text{Pr6} \times \frac{\text{carga (\% I}_N)}{\text{Pr5}}$$

Nota : Es importante aumentar el valor del BOOST poco a poco para arrancar el motor sin golpes y sin tiempos muertos. Un valor demasiado elevado puede parar el motor. Ver figuras de abajo para el reparto de la tensión aditiva.



Pr7 : Compensación de deslizamiento

Margen de regulación : 0 a 5 Hz (LFm = 120 Hz) A
 0 a 10 Hz (LFm = 240 Hz) B
 0 a 20 Hz (LFm = 480 Hz) * C
 0 a 40 Hz (LFm = 960 Hz) * D

* LFm = 480 ó 960 Hz no está disponible sobre todos los moduladores (véase b 14).

Regulación en fábrica : 0 Hz.

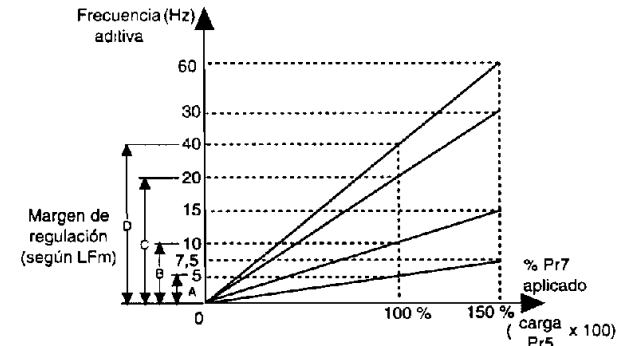
Por incrementos de 0,1 Hz a 0,8 Hz según b14.

Pr7 aumenta la frecuencia de salida del modulador más allá de la referencia, en función de la carga. Pr7 permite recuperar la diferencia de velocidad del motor entre motor vacío y motor cargado.

$$\text{Compensación (Hz)} = \text{Pr7} \times \frac{\text{intensidad de salida}}{\text{Pr5}} \%$$

A plena carga, la frecuencia añadida es el valor regulado en Pr 7.

Nota : Pr7 no es activo si el modulador está en modo retorno encoder (b5 = 0).



Pr8 : Nivel de frenado por inyección de corriente continua

Margen de regulación : 40 a 150 % I_N - FMV 2305.

40 a 120 % I_N - FMV 2305 A.

Regulación en fábrica : 150 % I_N - FMV 2305.

120 % I_N - FMV 2305 A.

Es la regulación del nivel máximo de intensidad de frenado por inyección de corriente continua.

El par de frenado es proporcional al valor de Pr8. El tiempo de inyección es calculado automáticamente por el modulador y un par de mantenimiento es aplicado al motor durante un segundo cuando el motor alcanza una velocidad cerca de cero. El nivel del par de mantenimiento es proporcional a Pr8.

Nota :

- Este frenado sólo es activado después de un mando de parada y si : b2 = 1 y b7 = 0. (Véase b2, b7).

- Si utiliza para aplicaciones con par constante, asegúrese de que Pr8 ≥ 1,15 Pr5.

Pr9 : Dirección modulador - enlace en serie

Margen de regulación : 0 a 99.

Regulación en fábrica : 11.

Por incrementos de 1.

Esta es la dirección única del modulador utilizada durante comunicaciones entre varios moduladores y un automática (ordenador) conectados en la misma línea.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

PrA : Historia de los errores

Los 10 últimos errores son registrados en el orden en que aparecieron. El acceso se hace como sigue :

Etapa	Acción en la microconsola	Visualización	Comentario
<p>PUESTA BAJO TENSION</p> <p>SELECCION DEL PrA</p>	<p>Pulsar una vez la tecla MODE</p> <p>y pulsar varias veces la tecla △ o ▽ para seleccionar PrA.</p>	<p>r d Y</p> <p>P r 0</p> <p>↕</p> <p>0.</p> <p>P r A</p> <p>↕</p> <p>0 x x x</p>	<p>El LED "PAR" se enciende.</p>
<p>SELECCION DEL ULTIMO ERROR</p>	<p>Pulsar 1 vez la tecla MODE</p>	<p>0 x x x</p>	<p>El LED "PAR" se apaga.</p> <p>"0" es la marca del último error.</p> <p>"x x x" es el código de error asociado.</p> <p>(Véase § 5.2 para la explicación de los códigos).</p>
<p>SELECCION DEL PENULTIMO ERROR</p>	<p>Pulsar una vez la tecla ▽.</p>	<p>- 1 Y Y Y</p>	<p>"1" es la marca del penúltimo error.</p> <p>"Y Y Y" es el código del error asociado.</p>
<p>DESFILE DE ERRORES EN ORDEN CRONOLOGICO</p>	<p>Pulsar la tecla ▽.</p>	<p>- 2 Z Z Z</p> <p>- 9 W W W</p>	<p>"2" es el décimo más antiguo error memorizado.</p>

Nota :
Los 10 últimos errores son conservados en memoria únicamente si el modulador está fuera de tensión.

- El error "UU" o "Ph" durante una puesta fuera de tensión (tensión bus continuo fuera del margen) no es registrado ya que la puesta en error interviene después de una puesta fuera de tensión.

Prb : Código de seguridad

Margen de regulación : 0, 100 a 255 (en mando por la microconsola),
0 a 255 (en mando por el enlace en serie).

b0 = 1 : el motor se pilota en frecuencia. La referencia frecuencia es regulada por :
- las teclas **△** y **▽** de la microconsola si b9 = 0,
- las bornas si b9 = 1,
- el enlace en serie (si el modulador está en mando a distancia y b6 = 1).
El par es limitado por su referencia borna 7.

Regulación en fábrica : 0.
Por incremento de 1.
La modificación de todos los parámetros puede prohibirse programando un valor diferente de 0.
El acceso a los parámetros es por lo tanto posible únicamente si el código personalizado se introduce en Prb.
Ver § 3.1.2.

Nota : Si la borna 7 no está conectada, la referencia "par" (b0 = 0), o el límite de par (b0 = 1) es suministrado automáticamente por Pr4.

b0 : Selección - referencia "par" o frecuencia

Margen de regulación : 0 ó 1.
Regulación en fábrica : 1.
b0 = 0 : el motor se pilota en "par" (la referencia de velocidad no está activa). La referencia par es suministrada por la borna 7 (o por el enlace de serie si el modulador está en mando a distancia y b6 = 1).
V = 10 % In.
- 10V = Pr4.
La velocidad está limitada al valor de Pr1.

b1 : Selección - arranque automático o bajo orden de arranque
Margen de regulación : 0 ó 1.
Regulación en fábrica : 1 - FMV 2305.
Regulación en fábrica : 0 - FMV 2305 A.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

b1 = 0 : arranque automático.

120 ms después de la puesta bajo tensión, el motor arranca, si ninguna orden de parada se ha dado y si ningún error ha sido tomado en cuenta. Después de un corte el motor arranca de nuevo cualquiera que sea su estado 120 ms después del regreso de la red.

b1 = 1 : arranque mandado. En cualquier caso hace falta una orden de arranque. Si el modulador está en error, hará falta hacer RESET y ordenar de nuevo el arranque.

b2 - b7 : Selección - modo de parada

Margen de regulación : 0 ó 1.

Regulación de fábrica : 0.

Cuatro modos de parada se pueden seleccionar por combinación binaria de b2 y b7 como se indica a continuación :

b2	b7	Modo	Visualización (durante la fase de parada)
0	0	Parada en rampa o extensión de la rampa si el límite de tensión alta del bus continuo es alcanzado.	Frecuencia o intensidad (según b8)
0	1	Parada rueda libre.	" Inh "
1	0	Inyección de corriente continua.	" dc ".
1	1	Parada en rampa (con opción - resistencia de frenado).	Frecuencia o intensidad (según b8).

Nota : Según el modo de parada seleccionado, los modos "Parada rueda libre" e "inyección de corriente continua" sólo son activos después de una orden de parada. Los dos modos de "Parada en rampa" son activos permanentemente.

Parada en rampa o extensión de la rampa : deceleración según la rampa (lineal) regulada por Pr3 (o Pr30 a 36 si las rampas de velocidades preajustadas son seleccionadas : b21 = 1).

Si la carga tiene una inercia importante tal que la energía enviada por el motor hacia el bus continuo del modulador sea demasiado elevada, el tiempo de rampa se alarga para que el modulador no pase en error por sobretensión.

Parada rueda libre : la salida modulador está desactivada tras un mando de parada. El motor se para en rueda libre. 1 segundo tras el mando de parada, "rdY" aparecerá en el visualizador y es posible arrancar de nuevo.

Inyección de corriente continua : el motor se para rápidamente por inyección de corriente continua hasta una velocidad baja, luego, durante un segundo, se aplica una intensidad de mantenimiento (el arranque es sólo posible después de este tiempo). Véase también Pr8.

Parada en rampa (con opción resistencia de frenado) : Deceleración lineal según la rampa. Un tiempo de frenado muy corto se obtiene gracias a las resistencias de frenado. Si la inercia del motor y de su carga es demasiado importante, el modulador se pone en error e indica "OU".

b3 : Selección - BOOST automático o manual

Margen de regulación : 0 ó 1.

Regulación en fábrica : 0.

b3 = 0 : BOOST automático , para cargas variables con par de arranque débil, el modulador aplica automáticamente una fracción de Pr6 según la petición de intensidad del motor (véase Pr6).

b3 = 1 : BOOST manual, para cargas fijas con par de arranque más importante. (Véase Pr6).

b4 : Selección - polaridad de la referencia

Margen de regulación : 0 ó 1.

Regulación en fábrica : 1.

b4 = 0 : referencia bidireccional - 10V a + 10 V.

- 10 V = consigna máxima en el sentido atrás
+ 10 V = consigna máxima en el sentido adelante
La borna 17 (mando AV/AR) no está activa.

b4 = 1 : referencia unidireccional 0 a + 10 V

El sentido de rotación lo indica por la borna 17.

Nota : Una consigna < 0V se considera como 0V.

b5 : Selección - retorno velocidad

Margen de regulación : 0 ó 1.

Regulación en fábrica : 1.

b5 = 0 : funcionamiento en bucle cerrado con retorno encoder.

La compensación de deslizamiento (Pr7) no está activada.

Si el retorno encoder está en error (ruptura de enlace...), el modulador funciona en bucle abierto con una compensación de deslizamiento fija definida como sigue :

LFm (Hz)	120	240	480 *	960 *
Frecuencia aditiva (Hz)	7,6	15,2	33	60,6

* No está disponible para todos los moduladores (Véase b14).

b5 = 1 : funcionamiento en bucle abierto. La compensación de deslizamiento Pr7 está activada.

b6 : Selección - modo maestro o esclavo en control a distancia : borna 16 conectada al 0V

Margen de regulación : 0 ó 1.

Regulación en fábrica : 0.

b6 = 0 : modo maestro, la velocidad y el par son mandados por la microconsola o por las bornas.

b6 = 1 y en mando a distancia: modo esclavo, la velocidad o el par se mandan por el enlace en serie.

Nota : La modificación de parámetros via el enlace en serie es sólo posible en este modo. En todos los otros modos, los parámetros pueden ser visualizados pero no modificados.

b7 : véase b2

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

b8 : Selección - visualización frecuencia de salida o de intensidad

Margen de regulación : 0 o 1.

Regulación en fábrica : 0.

b8 = 0 : visualización de la frecuencia suministrada al motor en mando por las bornas (b9 = 1).

b8 = 1 : visualización de la intensidad suministrada al motor en mando por las bornas (b9 = 1). Precisión $\pm 10\%$ por encima de 15 Hz.

Nota : Cualquiera que sea la programación de b8, la otra información puede ser visualizada pulsando ambas teclas Δ y ∇ .

b9 : Selección - mando por la microconsola o por las bornas

Margen de regulación : 0 ó 1.

Regulación en fábrica : 1.

b9 = 0 : el modulador se pilota por la microconsola :

Δ y ∇ para la referencia frecuencia,

regulación de Pr4 para el par,

RUN para el orden de marcha,

STOP
RESET para la orden de parada y borrado de error,

FWD
REV (b51 = 1) para la orden de adelante/atrás.

b9 = 1 : el modulador se pilota por las bornas o por el enlace en serie (véase b6).

b10 : Selección - control de paridad para el enlace en serie

Margen de regulación : 0 ó 1.

Regulación en fábrica : 0.

b10 = 0 : paridad par.

b10 = 1 : paridad impar.

b10 debe ser regulado correctamente según el enlace en serie del dispositivo de mando (PC, autómatas, etc.).

b11 : Selección - referencia de velocidad a distancia

Margen de regulación : - FMV 2305 1,5T a 11T,

FMV 2305 A 1,5T a 11T,

4.20 ó 20.4 ó 0.20 (Ur no está disponible).

- FMV 2305 16T a 100T,

FMV 2305 A 16T a 120T,

4.20 ó 20.4 ó Ur ó 0.20.

Regulación en fábrica : 4.20.

En control a distancia la referencia de velocidad es aplicada a la borna 8 (o borna A7*).

b11	Margen de referencia	Margen de velocid.
4.20	4 a 20 mA	Pr0 a Pr1
20.4	20 a 4 mA	Pr0 a Pr1
Ur*	0 a +10V o (véase b4) -10V a +10V	Pr0 a Pr1 -Pr1 a +Pr1
0.20	0 a 20 mA	Pr0 a Pr1

Únicamente para **FMV 2305 16T a 100T y**

FMV 2305 A 16T a 120T.

Nota : Las referencias a distancia sólo son activas si b6 = 0 y b9 = 1.

b12 : Selección - velocidad de intercambio de datos en el enlace en serie

Margen de regulación : 4.8 ó 9.6.

Regulación en fábrica : 4.8.

b12 = 4.8 : 4800 bauds.

b12 = 9.6 : 9600 bauds.

b12 debe ser correctamente ajustado con la velocidad de intercambio de datos vía el enlace en serie del dispositivo de mando (PC, autómatas, etc.).

b13 : Selección - parámetros de origen (regulación en fábrica)

Margen de regulación : 0 ó 1.

Regulación en fábrica : 0.

b13 = 0 : función inactiva.

b13 = 1 : todos los parámetros son remitidos a su valor de origen o regulación de fábrica. Véase § 3.1.2 para procedimiento.

b14 : Selección - frecuencia de corte y límite de frecuencia máxima LFm

1. Frecuencia de corte en kHz.

2. Límite de la frecuencia máxima de salida (LFm) en Hz.

- FMV 2305 - 1,5T a 11T,

FMV 2305 A - 1,5T a 11T.

	F de corte	LFm
Margen de regulación	2.9	120 - 240
	5.9	120 - 240 - 480
	8.8	120 - 240 - 480
	11.7	120 - 240 - 480 - 960
Regul. en fábrica	2.9	120

- FMV 2305 - 16T a 40T,

FMV 2305 A - 16T a 50T.

	F de corte	LFm
Margen de regulación	2.9	120 - 240
	5.9	120 - 240 - 480
Regul. en fábrica	2.9	120

- FMV 2305 - 40T a 100T,

FMV 2305 A - 60T a 120T.

	F de corte	LFm
Margen de regul.	2.9	120 - 240
Regul. en fábrica	2.9	120

Frecuencia de corte.

Para aplicaciones que necesitan un par elevado a baja velocidad (inercia importante, funcionamiento cíclico), es preferible escoger una frecuencia de corte baja.

Si se desea un funcionamiento con ruido acústico débil, se debe escoger una frecuencia elevada.

La frecuencia de corte seleccionada limita también la elección de la frecuencia máxima posible (LFm) y por ello eventualmente, el margen de funcionamiento.

Límite de la frecuencia máxima : LFm.

Es la frecuencia más elevada posible en salida modulador. La regulación de LFm debe tener en cuenta la frecuencia máxima de funcionamiento deseada (Pr1).

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

Nota :

- Un cambio del valor de LFm puede cambiar automáticamente otros parámetros (Pr0, Pr1, Pr7, Prc, Pr10, Pr12, Pr20 a 26).
- La resolución de frecuencia depende del valor de LFm seleccionado :
- LFm = 120 Hz - 0,1 Hz ,
- LFm = 240 Hz - 0,2 Hz ,
- LFm = 480 Hz* - 0,4 Hz ,
- LFm = 960 Hz* - 0,8 Hz .

Procedimiento de regulación de b14 :

Etapa	Acción en la microconsola	Visualización	Comentario										
PUESTA BAJO TENSION		<table border="1"><tr><td> </td><td>r</td><td>d</td><td>Y</td></tr></table>		r	d	Y							
	r	d	Y										
SELECCION DE b14	Pulsar 1 vez la tecla MODE	<table border="1"><tr><td>P</td><td>r</td><td> </td><td>0</td></tr></table>	P	r		0	El LED "PAR" se enciende.						
P	r		0										
	y pulsar varias veces la tecla <table border="1"><tr><td>▲</td></tr></table> o <table border="1"><tr><td>▼</td></tr></table> para seleccionar b14.	▲	▼	<table border="1"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td>0.</td></tr></table> <table border="1"><tr><td>b</td><td>1</td><td>4</td><td> </td></tr></table>				0.	b	1	4		b14 indicado alternativamente con el valor de :
▲													
▼													
			0.										
b	1	4											
		<table border="1"><tr><td> </td><td> </td><td>2.</td><td>9</td></tr></table>			2.	9	- la frecuencia de corte : parte 1, y						
		2.	9										
		<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>0</td><td> </td></tr></table>	1	2	0		- LFm : parte 2.						
1	2	0											
* MODIFICACION DE PARTE 1	Pulsar 1 vez la tecla MODE	<table border="1"><tr><td> </td><td> </td><td>2.</td><td>9</td></tr></table>			2.	9	El LED "PAR" se apaga.						
		2.	9										
	Pulsar la tecla <table border="1"><tr><td>▲</td></tr></table> y <table border="1"><tr><td>▼</td></tr></table> para cambiar su valor.	▲	▼	<table border="1"><tr><td> </td><td> </td><td>8.</td><td>8</td></tr></table>			8.	8	La frecuencia de corte se modifica de 2,9 kHz a 8,8 kHz.				
▲													
▼													
		8.	8										
	Pulsar 2 veces la tecla MODE	<table border="1"><tr><td>b</td><td>1</td><td>4</td><td> </td></tr></table>	b	1	4		El LED "PAR" se enciende.						
b	1	4											
		<table border="1"><tr><td> </td><td> </td><td>8.</td><td>8</td></tr></table>			8.	8							
		8.	8										
		<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>0</td><td> </td></tr></table>	1	2	0								
1	2	0											
* MODIFICACION DE PARTE 2	Pulsar 2 veces la tecla MODE	<table border="1"><tr><td> </td><td> </td><td>8.</td><td>8</td></tr></table>			8.	8	El LED "PAR" se apaga.						
		8.	8										
		Primer impulso <table border="1"><tr><td> </td><td>1</td><td>2</td><td>0</td></tr></table>		1	2	0							
	1	2	0										
		Segundo impulso <table border="1"><tr><td> </td><td>2</td><td>4</td><td>0</td></tr></table>		2	4	0	LFm se modifica de 120 Hz a 240 Hz.						
	2	4	0										
	Pulsar la tecla <table border="1"><tr><td>▲</td></tr></table> y <table border="1"><tr><td>▼</td></tr></table> para cambiar su valor.	▲	▼	<table border="1"><tr><td>b</td><td>1</td><td>4</td><td> </td></tr></table>	b	1	4		El LED "PAR" se enciende.				
▲													
▼													
b	1	4											
	Pulsar 1 vez la tecla MODE	<table border="1"><tr><td> </td><td> </td><td>8.</td><td>8</td></tr></table>			8.	8							
		8.	8										
		<table border="1"><tr><td> </td><td> </td><td>2</td><td>4</td><td>0</td></tr></table>			2	4	0						
		2	4	0									

* La modificación de b14 sólo se puede efectuar si la salida del modulador está inactiva.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

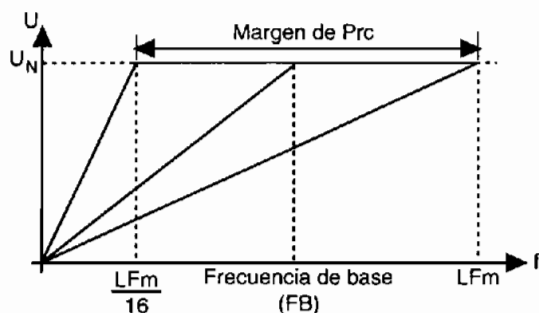
Pr0 : Frecuencia de base, punto nominal (FB)

Margen de regulación : $\frac{LFm}{16}$ a LFm (Hz)

Regulación en fábrica : 50 Hz.

Por incremento de 0,1 a 0,8 Hz en función de b14 y 1 Hz para $Prc \geq 100$ Hz.

Se trata de la frecuencia para la cual la tensión de salida del modulador alcanza su valor máximo (U_N). Véase la figura a continuación.



De 0 a Prc , la tensión de salida es la que aumenta (funcionamiento a par constante) luego de Prc a LFm, es la frecuencia de salida la que aumenta (funcionamiento a potencia constante).

Nota : Prc puede modificarse automáticamente durante el funcionamiento si se selecciona la función U/f dinámica (véase b54).

Importante :

La modificación de la frecuencia de base (Prc) genera una variación importante de flujo en el motor que puede ser sobresaturado (consigna de Prc demasiado baja) o subsaturado (consigna de Prc demasiado alta).

Lo cual puede generar el uso de un motor con características particulares (consultar a LEROY-SOMER).

Prd : Acceso a parámetros específicos

Margen de regulación : 0 a 50.

Regulación en fábrica : 0.

Por incremento de 10.

Permite tener acceso a los grupos de parámetros específicos (véase el §3.1.2 - Organización de los parámetros).

Prd = 0 : parámetros principales.

Prd = 10 : saltos de frecuencia.

Prd = 20 : velocidades preajustadas y jogging.

Prd = 30 : rampas de aceleración (velocidades preajustadas y jogging).

Prd = 40 : rampas de deceleración (velocidades preajustadas y jogging).

Prd = 50 : afectación de salidas lógicas / funciones diferentes.

Pr10 a Pr12 : Saltos de frecuencia 1 a 3

Margen de regulación : $Pr0$ a $Pr1$ (Hz).

Regulación en fábrica : 0 Hz.

Por incremento de : véase $Pr0$ y $Pr1$.

Permite saltar 3 frecuencias que pueden perjudicar el funcionamiento (ruido, vibraciones, resonancia). Se regulan los puntos de salto (1 a 3) por medio de $Pr10$ a $Pr12$ respectivamente. Funcionan en la subida o en la bajada en frecuencia.

Nota :

- Si uno de los saltos regulado corresponde a $Pr0$ o $Pr1$, no se toma en cuenta.

- Se modifican los saltos de frecuencia, al modificar $Pr0$ y $Pr1$.

- No se toma en cuenta los saltos de frecuencia cuando la marcha sea por impulsos.

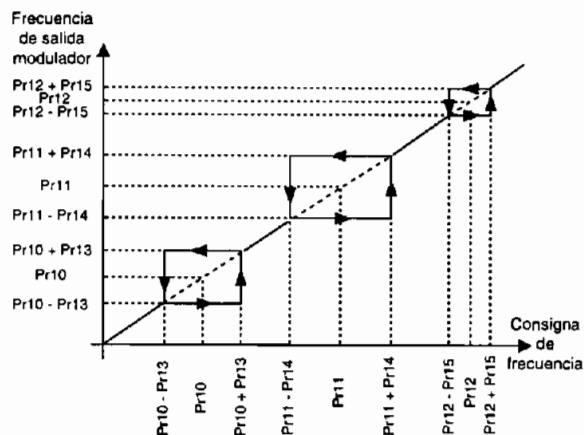
Pr13 a Pr15 : Amplitud de salto de 1 a 3

Margen de regulación : $\pm 0,5$ a 5,0 Hz.

Regulación en fábrica : $\pm 0,5$ Hz.

El incremento depende de $Pr0$ y $Pr1$.

A cada punto de salto, $Pr10$ a $Pr12$, le corresponde un ancho de salto el cual se regula por medio de $Pr13$ a $Pr15$ respectivamente. Se pueden evitar tres zonas de frecuencia regulables durante el funcionamiento (Véase figura más abajo).



Nota :

- Puede ser que dichas zonas de frecuencia se superpongan, dando una amplitud de salto más importante.

- La frecuencia de salida estará siempre comprendida entre los límites definidos por $Pr0$ y $Pr1$, independientemente de la zona de salto de frecuencia.

Pr20 a Pr26 : Velocidades preajustadas

Margen de regulación : $Pr0$ a $Pr1$ (Hz).

Regulación en fábrica : 0 Hz.

Incremento en función de $Pr0$ y $Pr1$

Permite seleccionar velocidades de utilización que quedan validadas por las bornas A10, A11 y A12 durante el funcionamiento (mando de marcha validado).

Los valores de velocidades preajustadas 1 a 7 se regulan por medio de $Pr20$ a $Pr26$ respectivamente.

Nota :

- si $b20 = 0$: 3 velocidades preajustadas quedan disponibles,

- si $b20 = 1$: 7 velocidades preajustadas quedan disponibles.

Pr27 : Frecuencia de marcha por impulsos

Margen de regulación : 0 a 15 Hz.

Regulación en fábrica : 1,5 Hz.

Incremento en función de $Pr0$ y $Pr1$.

Permite regular la velocidad en marcha por impulsos que será validada por la borna A12 (modulador en estado "rdY") si $b20 = 0$.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

b20 : Selección - marcha por impulsos (JOG) con 3 velocidades preajustadas o 7 velocidades preajustadas

Margen de regulación : 0 o 1.

Regulación en fábrica : 0.

b20 = 0 : las velocidades preajustadas 1 a 3 se pueden seleccionar (más la consigna de frecuencia) por combinación de bornas A10, A11, así como la función marcha por impulsos por la borna A12.

b20 = 1 : las velocidades preajustadas de 1 a 7 pueden ser seleccionadas (más la consigna de frecuencia) por combinación de bornas A10, A11, A12.

Nota : Con el modulador en estado listo "rdY", la función marcha por impulsos (JOG) queda validada cuando b20 = 0 y cuando la borna A12 está conectada a A1. El motor funciona a una velocidad regulada por Pr27 hasta que se abra el enlace A12-A1.

b20	A12	A11	A10	Función disponible	Parámetro asociado
0	0	0	0	Consigna de frecuencia	-
0	0	0	1	Velocidad preajustada 1	Pr20
0	0	1	0	Velocidad preajustada 2	Pr21
0	0	1	1	Velocidad preajustada 3	Pr22
0	1	0	0	Marcha por impulsos (JOG)	Pr27
1	1	0	0	Velocidad preajustada 4	Pr23
1	1	0	1	Velocidad preajustada 5	Pr24
1	1	1	0	Velocidad preajustada 6	Pr25
1	1	1	1	Velocidad preajustada 7	Pr26
1	0	0	0	Consigna de frecuencia	-

Nota :

- 0 = borna no conectada a A1 (0V),

1 = borna conectada a A1 (0V).

- Las bornas A12, A11 y A10 no están activadas si el modulador está en modo " esclavo " (borna 16 a 0V y b6 = 1, ver b6).

b21 : Selección - rampas de aceleración y de deceleración standard o específicas asociadas a las velocidades preajustadas

Margen de regulación : 0 o 1.

Regulación en fábrica : 0.

b21 = 0 : Las rampas de aceleración y deceleración de las distintas velocidades preajustadas se regulan por

medio de Pr2 y Pr3 (excepto para la marcha por impulsos. Ver Pr37 y Pr47).

b21 = 1 : Las rampas de aceleración y de deceleración de las diferentes velocidades preajustadas se ajustan por medio de Pr30 a 36 y Pr40 a 46.

b22 : Selección - inversión de sentido de giro por bornas o por polaridad de las velocidades preajustadas

Margen de regulación : 0 o 1.

Regulación en fábrica : 0.

b22 = 0 : por medio de la borna 17, se mandan el sentido de marcha de velocidades preajustadas y la marcha por impulsos.

b22 = 1 : Se determina el sentido de marcha de las velocidades preajustadas por la polaridad de las regulaciones Pr20 a Pr26.

• Ejemplo : ajuste de Pr22 = - 40.0 Hz.

Etapa	Acción en la microconsola	Visualización	Comentario
PUESTA BAJA TENSION			
SELECCION DE Prd	Pulsar 1 vez la tecla MODE		El LED "PAR" se enciende.
	y pulsar varias veces la tecla o para seleccionar Prd.		
ACCESO A LOS PARAMETROS ESPECIFICOS Prd = 20	Pulsar 1 vez la tecla MODE Pulsar 2 veces la tecla .		El LED "PAR" se apaga.
	Pulsar 1 vez la tecla MODE		El LED "PAR" se enciende. Acceso a los parámetros específicos velocidades preajustadas (Prd = 20).
SELECCION DE Pr 22	Pulsar varias veces la tecla o para seleccionar Pr22.		
MODIFICACION DE Pr 22	Pulsar 1 vez la tecla MODE Pulsar (mantener la presión) la tecla para ajustar el valor de Pr22.		El LED "PAR" se apaga.
			Pr22 = 40 Hz.
CAMBIO DE POLARIDAD DEL VALOR DE Pr 22	Pulsar 1 vez la tecla FWD REV		
	Pulsar 1 vez la tecla MODE		Pr22 = -40 Hz, el valor negativo se indica por el LED a la izquierda del visualizador.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

Pr30 a Pr36 : Rampas de aceleración de las velocidades preajustadas 1 a 7

Margen de regulación : 0,2 a 600s.
Regulación en fábrica : 5,0s - FMV 2305,
100s - FMV 2305 A.

Por incremento de 0,1s.

Con $b_{21}=1$, cada velocidad preajustada, Pr20 a Pr 26 tiene una rampa de aceleración asociada, regulada por medio de Pr30 a Pr36, respectivamente.

Pr30 : la rampa de aceleración para alcanzar la velocidad preajustada Pr22 se regula por medio de Pr 32.

Véase Fig. de Pr47.

Pr37 : Rampa de aceleración de la marcha por impulsos

Margen de regulación : 0,2s a 600s.
Regulación en fábrica : 0,2s.

Por incremento de : 0,1s.

La función marcha por impulsos siempre tiene una rampa de aceleración asociada, regulada por medio de Pr37.

Pr40 a Pr46 : Rampas de deceleración de velocidades preajustadas de 1 a 7

Margen de regulación : 0,2s a 600s.
Regulación en fábrica : 10s - FMV 2305,
100s - FMV 2305 A.

Por incremento de 0,1s.

Con $b_{21} = 1$, cada velocidad preajustada, Pr20 a Pr26, tiene una rampa de deceleración asociada, ajustada por Pr40 a Pr46 respectivamente.

Pr40 : la rampa de deceleración para alcanzar la velocidad preajustada Pr26 se regula por medio de Pr46.

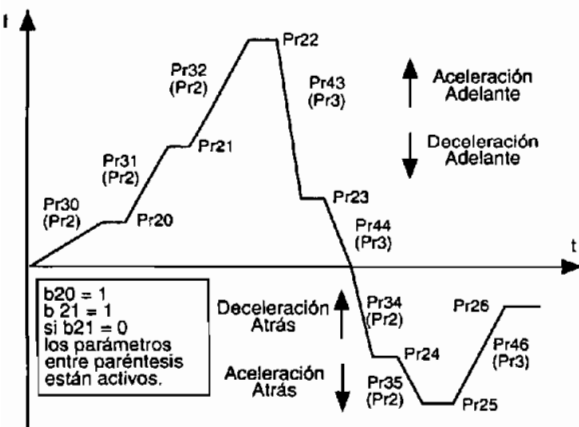
Véase la figura de Pr47.

Pr47 : Rampa de deceleración de la marcha por impulsos

Margen de regulación : 0,2s a 600s.
Regulación en fábrica : 0,2s.

Por incremento de 0,1s.

La función marcha por impulsos tiene siempre una rampa de deceleración asociada, regulada por medio de Pr47.



Pr43 : Cálculo de Pr43 para conseguir un tiempo t entre Pr22 y Pr23.

$$Pr43 = t \times \frac{LFm}{Pr22 - Pr23}$$

donde t en s y LFm, Pr22, Pr23, Pr43 en Hz.

Pr50 : Número de borrado de errores automático bajo error

Margen de regulación : 0 a 5.
Regulación en fábrica : 0.

Por incremento de 1.

El modulador efectúa un borrado de error "RESET" automáticamente tras un disparo de error. Si la función de arranque automático está activa ($b_1 = 0$), el modulador puede entonces arrancar de nuevo el motor automáticamente.

Si $b_1 = 1$: el modulador sigue estando "listo" (RdY) pendiente de una orden de marcha.

Pr50 regula el número de "RESET" que efectuará el modulador antes de bloquearse para un error persistente. Si $Pr50 = 0$, la función ya no está validada.

Cada vez que se efectúa un "RESET" automático ($Pr50 \neq 0$), el número de borrados de errores que quedan autorizados se indica junto con el código de error.

Nota :

- El contador del número de "RESET" que queda se pone de nuevo a cero :
 - si la causa del error desaparece antes de que todas las pruebas de "RESET" se hayan producido,
 - durante una puesta bajo tensión,
 - si el valor de Pr50 queda modificado
- El error queda memorizado sólo cuando todas las pruebas de "RESET" se han efectuado sin ningún éxito.
- El error forzado "Et" no se puede cancelar por dicha función.

Pr51 : Temporización de borrados de error automáticos

Margen de regulación : 1 a 5s.
Regulación en fábrica : 1s.

Por incremento de 0,1s.

Permite regular el tiempo entre el disparo del error y el borrado de error automático.

b50 : Selección - función de relé programable

PL = 0 o 1.

Ru = 0.

- FMV 2305 1,5T a 11T } relés 1, 2, 3
- FMV 2305 A 1,5T a 11T }

$b_{50} = 0$: el relé se activa cuando el modulador se encuentra bajo tensión y no está con error.

$b_{50} = 1$: el relé se activa cuando la velocidad de salida del modulador alcanza la consigna de velocidad.

Véase también el § 2.2.1 - bornas 1 - 2 - 3.

- FMV 2305 16T a 100T } relés R1, R2, R3
- FMV 2305 A 16T a 120T }

$b_{50} = 0$: el relé se activa cuando la salida del modulador está activa (LED "salida variador activa" encendida), el motor puede estar a velocidad cero.

$b_{50} = 1$: el relé se activa cuando la velocidad de salida del modulador alcanza la consigna de velocidad.

Véase también el § 2.2.2 - bornas R1 - R2 - R3.

b51 : Validación de la tecla

FWD
REV

Margen de regulación : 0 ó 1.

Regulación en fábrica : 0.

b51 = 0 : el sentido de rotación Adelante/Atrás no se puede mandar por medio de la tecla

FWD
REV

b51 = 1 : el sentido de rotación Adelante/Atrás puede ser mandado por la tecla

FWD
REV

b52 : Validación de re-arranque del motor en marcha

Margen de regulación : 0 ó 1.

Regulación en fábrica : 0 para los FMV 2305,

1 para los FMV 2305 A.

b52 = 0 : la función queda sin validar.

b52 = 1 : permite efectuar un mando de marcha del modulador cuando el eje del motor funciona.

El modulador busca la frecuencia del motor de Pr1 a 0 Hz en el último sentido de rotación y luego en el otro ("SCAN" aparece en el visualizador durante esta operación). Tras sincronización, el motor acelera hasta alcanzar la consigna. Según las condiciones dinámicas del sistema, esta operación puede necesitar hasta unos 5 segundos.

ATENCIÓN

- No abrir el contactor de línea durante esta operación.

- Los sistemas sin carga mecánica en estas condiciones pueden cambiar de velocidad o pueden funcionar despacito en ambos sentidos de rotación antes de arrancar durante esta operación.

b53 : Selección - salidas lógicas (A0) y (A3)

Margen de regulación : 0 ó 1.

Regulación en fábrica : 0.

- FMV 2305 1,5T a 11T
FMV 2305 A 1,5T a 11T] A0

b53 = 0 : la salida lógica se activa cuando la salida del modulador está activada (LED "salida de variador activa" encendida), el motor puede estar a velocidad nula.

b53 = 1 : la salida lógica se activa cuando la velocidad de salida del modulador está en el mínimo (Pr0).

Véase también § 2.2.1 - borna A0.

- FMV 2305 16T a 100T
FMV 2305 A 16T a 120T] A3

b53 = 0 : la salida se activa cuando la protección de sobrecarga I x t está activada (los puntos decimales del visualizador parpadean). La salida permanece activa al pasar en error el modulador I x t ("It").

b53 = 1 : la salida lógica se activa cuando el modulador no está en error.

Véase también § 2.2.2 - borna A3.

b54 : Selección - curva U/f fija o dinámica

Margen de regulación : 0 ó 1.

Regulación en fábrica : 0 - FMV 2305,

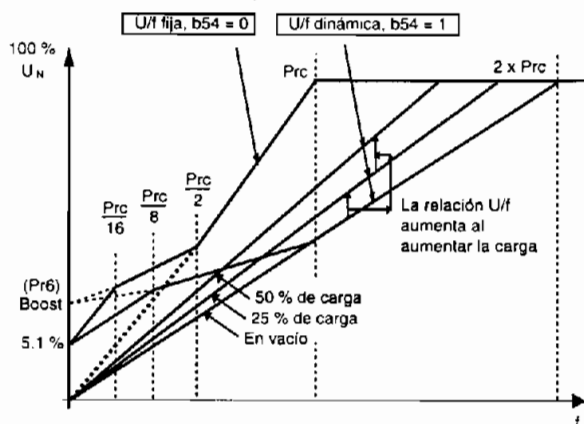
1 - FMV 2305 A.

b54 = 0 : la relación U/f se fija y se regula por medio del Prc.

b54 = 1 : la tensión que se aplica en el motor se reduce automáticamente en función de la carga del motor. Esto permite ahorrar energía y disminuir el ruido para cargas reducidas y variables (Ej. : bomba centrífuga).

Esta modificación automática de la curva U/f también modificará la frecuencia en la cual la frecuencia de base (FB) se alcanza y la acción del BOOST (Pr6).

Véase la figura más abajo :



Valor de PrC aplicado cuando b54 = 1 :

$$\left(2 - \frac{\% \text{ carga}}{\text{Pr5}}\right) \times \text{Prc}, \text{ para una carga } \leq \text{Pr}$$

Nota : Si el motor está en vacío, la frecuencia de base (FB) regulada por Prc se alcanzará mediante una frecuencia 2 veces más elevada.

Si la carga aumenta hasta un 150 %, la tensión aumenta hasta conseguir la relación U/f fija, FTm = Prc (regulada).

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

3.4 - Guía de regulaciones

Esta guía de regulaciones tiene por meta permitir el efectuar sencillamente las regulaciones de su modulador e indicarles las funciones que detallamos en el § 3.3.

REGULACIONES PRINCIPALES

Seleccionar los mandos del modulador

Marcha, inversión, parada del motor.	<ul style="list-style-type: none">• Por las bornas si b9 = 1.• Por la microconsola si b9 = 0.
Regulación de la velocidad.	<ul style="list-style-type: none">• Por las bornas si b9 = 1 :<ul style="list-style-type: none">- local : borna 16 no conectada con el 0V,- a distancia : borna 16 conectada con el 0V.
Regulación del par.	<ul style="list-style-type: none">• Por la borna si b9 = 1.
Parada motor bajo error.	<ul style="list-style-type: none">• Arranques automáticos : número en función de Pr50, temporización en función de Pr51.• Arranque después del borrado del error si Pr50 = 0.

Arrancar

Regulación del tiempo de aceleración.	<ul style="list-style-type: none">• Rampa de aceleración : por Pr2.
Regular el par de aceleración.	<ul style="list-style-type: none">• BOOST manual (optimización del par a baja velocidad) por Pr6.<ul style="list-style-type: none">- consigna fija si b3 = 1,- regulación automática si b3 = 0.

Trabajar : seleccionar las frecuencias de utilización

Seleccionar el margen de frecuencia del modulador.	<ul style="list-style-type: none">• Selección del margen de frecuencia máxima : b14.
Seleccionar las velocidades mínimas y máximas de utilización.	<ul style="list-style-type: none">• Selección de la frecuencia motor máxima : Pr1.• Selección de la frecuencia motor mínima : Pr0.
Mantener la frecuencia en carga.	<ul style="list-style-type: none">• Compensación del deslizamiento : por Pr7.

Trabajar : visualizar el funcionamiento del modulador

Aparecen la frecuencia o la carga modulador.	<ul style="list-style-type: none">• Frecuencia de salida si b8 = 0.• Carga del modulador (en %) si b8 = 1.
Visualizan el sentido de rotación.	<ul style="list-style-type: none">• LED rojo FWD encendido en marcha adelante.• LED rojo FWD apagado en parada o en marcha atrás.
Visualiza el estado del modulador.	<ul style="list-style-type: none">• Por los LEDs de la parte izquierda de la microconsola.
Visualizan los errores.	<ul style="list-style-type: none">• Quedan memorizados los 10 últimos errores en PrA.

Trabajar : optimizar la calidad del sistema de accionamiento

Protección del motor.	<ul style="list-style-type: none">• Intensidad máxima de sobrecarga : Pr4.• Intensidad máxima permanente : Pr5.• CTP motor conectado con la borna 9.
-----------------------	--

Parar del motor

Seleccionar el modo de parada.	<ul style="list-style-type: none">• 4 modos disponibles en función de b2 y b7.
Parada controlada.	<ul style="list-style-type: none">• Regulación de la rampa de deceleración : Pr3.
Parada en rueda libre.	<ul style="list-style-type: none">• Sobre error exterior "Et".• En el corte de la red.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

REGULACIONES PARTICULARES

Seleccionar los mandos del modulador

Marcha, inversión, parada del motor.	<ul style="list-style-type: none">• Por enlace serie RS 485, RS 422 o RS 232 : b6 = 1.• Por la borna : b6 = 0.• Posibilidad de prohibir la inversión de sentido de giro por la tecla <table border="1"><tr><td>FWD</td></tr><tr><td>REV</td></tr></table> de la microconsola por b51.	FWD	REV
FWD			
REV			
Regular la frecuencia.	<ul style="list-style-type: none">• Por enlace serie RS 482, RS 422 o RS 232 : b6 = 1.• Por la microconsola si b9 = 0.• Por la borna si b9 = 1.• Selección local o distancia por la borna 16 :<ul style="list-style-type: none">- local si la borna 16 no conectada con 0V, selección de la polaridad por b4,- distancia si la borna 16 se conecta con el 0V.		
Seleccionar el modo de regulación.	<ul style="list-style-type: none">• Regulación en par o en frecuencia por b0.• Funcionamiento en maestro o esclavo b6.		
Parada del motor por error.	<ul style="list-style-type: none">• Arranque automático por Pr50.• Temporización antes de arrancar de nuevo por Pr51.• Re-arranque del motor en marcha si b52 = 1.		
Bloqueo de la programación.	<ul style="list-style-type: none">• Por medio del código de seguridad Prb.• Desconectando la microconsola.		

Arrancar

Dar órdenes.	<ul style="list-style-type: none">• Por enlace serie RS 485, RS 422 o RS 232.• Por la borna : marcha, parada, inversión.• Por la microconsola : marcha, parada, inversión.
Regular el par de aceleración.	<ul style="list-style-type: none">• Manualmente por Pr6, si b3 = 1.• Automáticamente si b3 = 0.

Trabajar : seleccionar frecuencias de utilización

Seleccionar el margen de frecuencia de utilización.	<ul style="list-style-type: none">• Determinación de la frecuencia máxima por b14.
Utilizar las velocidades preajustadas.	<ul style="list-style-type: none">• Mando por las bornas :<ul style="list-style-type: none">- 3 velocidades más la referencia si b20 = 0,- 7 velocidades más la referencia si b20 = 1.• Regulación del nivel por Pr20 a Pr26.• Selección de rampas de aceleración y de deceleración :<ul style="list-style-type: none">- standard y común a todas las velocidades si b21 = 0,- específica a cada velocidad si b21 = 1.
Utilizar la marcha por impulsos (JOG).	<ul style="list-style-type: none">• Validación por b20 = 0.• Regulación del nivel por Pr27.• Regulación de rampas de aceleración y de deceleración por Pr37 y Pr47.

Trabajar : medir los parámetros de funcionamiento

Selección de la indicación del visualizador.	<ul style="list-style-type: none">• La frecuencia de salida (en Hz) si b8 = 0.• La intensidad de salida en % I_N si b8 = 1.
Indicaciones analógicas.	<ul style="list-style-type: none">• De la frecuencia de salida (en Hz) borna 18.• De la intensidad de salida (en % I_N) borna 19.
Señalización de frecuencia alcanzada.	<ul style="list-style-type: none">• Disponible en el terminal :<ul style="list-style-type: none">- bornas 1, 2, 3 para los FMV 2305 1,5T a 11T y FMV 2305 A 1,5T a 11T si b50 = 1,- bornas R1, R2, R3 para los FMV 2305 16T a 100T y FMV 2305 A 16T a 120T si b50 = 1.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

Trabajar : optimizar el sistema de accionamiento modulador - motor

Regular la frecuencia de corte.	<ul style="list-style-type: none">• Regulación de b14.• 3 saltos de frecuencia programados en Pr10 a Pr12.• Ancho de salto regulable por Pr13 a Pr15.• En bucle abierto cuando b5 = 1, Compensación manual por Pr7.• En bucle cerrado (retorno encoder) cuando b5 = 0, no es necesaria ninguna compensación.• Regulación de la intensidad máxima de sobrecarga por Pr4.• Regulación de la intensidad máxima permanente por Pr5.• La integración de sobrecarga $I \times t$ depende de Pr4 y Pr5.• Límite manual del par por la borna 7.• Variable en función de la carga por Pr7.
Vibraciones : prohibir las frecuencias críticas.	
Precisión de la velocidad en carga.	
Protección del motor y limitación del par.	
Compensación de deslizamiento.	

Parar del motor

Selección del modo de parada.	<ul style="list-style-type: none">• En rampa (con extensión según la inercia) : b2 = 0, b7 = 0.• En rueda libre : b2 = 0, b7 = 1.• Con inyección de corriente continua : b2 = 1, b7 = 0 : - nivel regulable por Pr8.• En rampa (con opción módulo de frenado) b2 = 1, b7 = 1.• Tiempo ajustado por Pr3.• Para los FMV 2305 1,5T a 11T y FMV 2305 A 1,5T a 11T por la salida lógica A0 con b53 = 1.• Para los FMV 2305 16T a 100T y FMV 2305 A 16T a 120T por el relé velocidad mínima (bornas Z1, Z2, Z3).
Regulación de la rampa.	
Mando de un freno electromecánico.	

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

4 - EXTENSIONES DE FUNCIONAMIENTO

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

- ERRORES - DIAGNOSTICO

Las informaciones relativas al estado del modulador son suministradas por 5 LEDs, y por el visualizador (véase a continuación).

Los errores se indican en forma mnemónica parpadeando en el visualizador.

Los diez últimos errores son conservados en memoria (aún después de un corte de la red) en el parámetro PrA.

- Las indicaciones del estado del modulador son también suministradas por el visualizador.
- Algunos estados del modulador son comunicados por las salidas lógicas (relés y transistores con colector abierto).

1.1 - Señalización por LEDs

Identificación LED	Estado	Información transmitida
Salida variador activa	Encendido	El modulador está en marcha (quizá a velocidad cero). El LED "FWD" está también encendido si se ha dado una orden de marcha.
Enlace serie activo	Encendido	El modulador recibe o envía los datos vía el enlace serie.
Frenado dinámico	Encendido	Indica que el umbral de tensión máxima del bus continuo ha sido sobrepasado durante una fase de deceleración del motor.
Límite de intensidad	Encendido	El modulador está en límite de intensidad ya que la carga ha superado : - la sobrecarga máxima del motor (parámetro - Pr4), - el límite del par regulado en la borna 7.
Control a distancia	Encendido	Indica que el modulador está controlado por : - una consigna de intensidad, o - el enlace serie.

Nota : El modulador pasará a error si el LED "Límite de intensidad" permanece encendido durante un tiempo que depende de las regulaciones de Pr4 y Pr5.

1.2 - Señalización por visualizador - mensajes de error

Mnemónica /visualizador	Origen del error	Puntos de control	Solución
cL	Pérdida de la referencia de la velocidad durante un control de intensidad.	Nivel de consigna de intensidad 4 - 20 mA o 20 - 4 mA. (1)	Comprobar que el nivel de la referencia de entrada > 3,5 mA.
Err	Error de "HARD" a la puesta bajo tensión.	Tarjeta de control : • IN 50 (FMV 2305 1,5T a 11T FMV 2305 A 1,5T a 11T), • IN 40 (FMV 2305 16T a 100T FMV 2305 A 16T a 120T).	RAZ no está activa. Poner el modulador fuera de tensión y seguidamente bajo tensión. Si el error persiste, consultar al proveedor.
Et	Error externo forzado.	• Borna 12. • Mando por enlace serie.	• Comprobar que la borna 12 está conectada al 0V. • Comprobar el mando por el enlace serie.
It	Error de sobrecarga l x t.	• Carga del motor. • Regulación del umbral l x t (parámetros Pr4, Pr5).	• Comprobar que el motor no esté sobrecargado. • Comprobar que la protección l x t este regulada correctamente.
OA (2)	Temperatura ambiente fuera del margen.	• Temperatura ambiente. • Orificios de ventilación. • Ventilador de refrigeración. (3)	• Controlar que la temperatura ambiente esté comprendida entre -10 y +50°C. • Comprobar que haya un espacio suficiente alrededor del modulador. • Comprobar que los orificios de refrigeración no estén tapados o que los ventiladores funcionan.
Oh	Sobrecalentamiento radiador. El contactor de precarga no se cerró durante la puesta bajo tensión. (4)	• Ventiladores de refrigeración (3). • Temperatura ambiente. • Contactor de precarga (interna).	• Comprobar que : - los ventiladores funcionan, - los orificios de refrigeración no estén obturados. • La temperatura ambiente sea inferior a 50°C, • Haya un espacio suficiente alrededor del modulador. • Poner el modulador fuera de tensión y seguidamente ponerlo bajo tensión.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

5.2 - Continuación

Mnemónica visualizador	Origen del error	Puntos de control	Solución
OI	Sobreintensidad instantánea.	<p>Bornas : U, V, W, PE.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cortocircuito entre las fases o tierra defectuosa. • Variación importante de la carga. • Rapidez de la deceleración. <p>• Potencia del motor superior a la del modulador.</p> <p>• Longitud de cable excesiva entre el motor y el modulador.</p> <p>• Módulo de potencia en cortocircuito.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar el cableado de salida. • Suprimir el cortocircuito. • Suprimir la variación. • Programar un tiempo superior en Pr3. • Verificar la regulación de b2 y b7. • Verificar las placas del motor y del modulador. • Utilizar selfs para motor. • Devolver el modulador para su reparación.
OU	Sobretensión bus continuo.	<ul style="list-style-type: none"> • Deceleración rápida (carga de inercia): funcionamiento por debajo de Prc. <p>• Bornas L1, L2, L3 : Sobretensión de la red de alimentación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Programar un tiempo de deceleración superior en Pr3. • Verificar el modo de parada por b2 y b7. • Prever una unidad de frenado (opción). • Verificar la red de alimentación.
Ph (5)	Desaparición de una o dos fases.	<p>Bornas : L1, L2, L3 :</p> <p>Tensión de una o dos fases de entrada < 380V - 15 %.</p>	Verificar las tres fases de la red de alimentación.
PS	Error de alimentación interna.	Bornas internas de alimentación.	Poner el modulador fuera de tensión seguidamente bajo tensión, si se mantiene el error, consultar al proveedor.
th	Desconexión de la sonda motor (CTP).	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura del motor demasiado elevada (resistencia CTP > 3 kΩ). <p>• Borna 9 : cortocircuito de la sonda CTP (resistencia < 100 Ω).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la carga del motor. • Disminuir el nivel de sobrecarga autorizado. • Verificar la ventilación del motor y la temperatura ambiente. • Verificar el cableado de la sonda.
UU (5)	Baja tensión del bus continuo.	<ul style="list-style-type: none"> • Bornas : L1, L2, L3 : baja tensión prolongada de la red de alimentación. (6) 	• Verificar la red de alimentación.
AcUU	Aviso de baja red (7).	<ul style="list-style-type: none"> • Bornas : L1, L2, L3 : baja tensión de la red de alimentación < 380V - 15 %. 	• Verificar la red de alimentación.

Nota : Se pueden borrar todos los errores con "RESET" excepto "PS" y "Err" (cortar la alimentación y ponerlo de nuevo bajo tensión). No se deben desconectar los dispositivos térmicos y ponerlos a cero varias veces seguidas.

(1) La protección "cL" no se activa si b11 = 0,20 (0 a 20 mA).

(2) La protección "OA" está sólo disponible en los moduladores : FMV 2305 16 T a 100 T y FMV 2305 A 16 T a 120 T.

(3) Los moduladores que disponen de un ventilador de refrigeración son : FMV 2305 3,5 T a 100 T y los FMV 2305 A 3,5 T a 120 T.

(4) Sólo para los moduladores FMV 2305 16 T a 100 T y FMV 2305 A 16T a 120 T.

(5) A la puesta bajo tensión, los errores "Ph" o "UU" que aparecen no se memorizan en el histórico de errores (PrA), si el modulador ya está en error.

(6) El error "UU" puede provocarse por una deficiencia de los componentes internos. Consulte a su suministrador.

(7) La visualización de "AcUU" no indica un error, avisa que hay una bajada de tensión de entrada.

- Si la red se restablece antes de la parada del motor, el modulador trata de alcanzar el nivel de consigna.

- Si el motor alcanza la velocidad cero, el modulador se pondrá en error "UU" o "Ph".

3 - Señalización por visualizador del estado del modulador

Visualiz.	Descripción
"rdY"	Motor parado, salida del modulador inactiva.
Valor numérico	Motor funcionando (véase § 3.1.1 - "visualización inicial". El valor numérico es : - la frecuencia de salida (Hz), o - la intensidad de salida (% I _N), o - la consigna de frecuencia (Hz) según la programación de b8 y b5.
"dc"	El frenado por inyección de corriente está activado. (Véase b2, b7).
"Inh"	El motor parará en rueda libre, la salida del modulador no está activada. (Véase b2, b7).
"SCAN"	El modulador busca la frecuencia del motor para efectuar una recuperación de balacín. (Véase b52).
Los puntos decimales parpadean	El modulador está en sobrecarga l x t. (Véase Pr4, Pr5).

Nota : Las señalizaciones siguientes no indican un estado de error, sino los estados de funcionamiento del modulador. Sin embargo, el parpadeo de los puntos decimales es un aviso. Si el modulador permanece en estado de sobrecarga l x t durante un tiempo definido por Pr4 y Pr5, se pondrá en error.

5.4 - Señalización por salidas lógicas

5.4.1 - FMV 2305 1,5T a 11T FMV 2305 A 1,5T a 11T

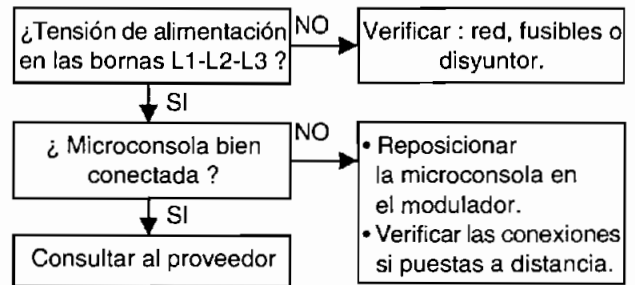
Borna	Tipo de salida	Información suministrada	Parámetro asociado
1	Relé (afectable)	El modulador no está en error o velocidad alcanzada.	b50
2			
3			
AO	Transistor con colector abierto (afectable)	Modulador en marcha o velocidad mínima alcanzada.	b53 Pr0

5.4.2 - FMV 2305 16T a 100T FMV 2305 A 16T a 120T

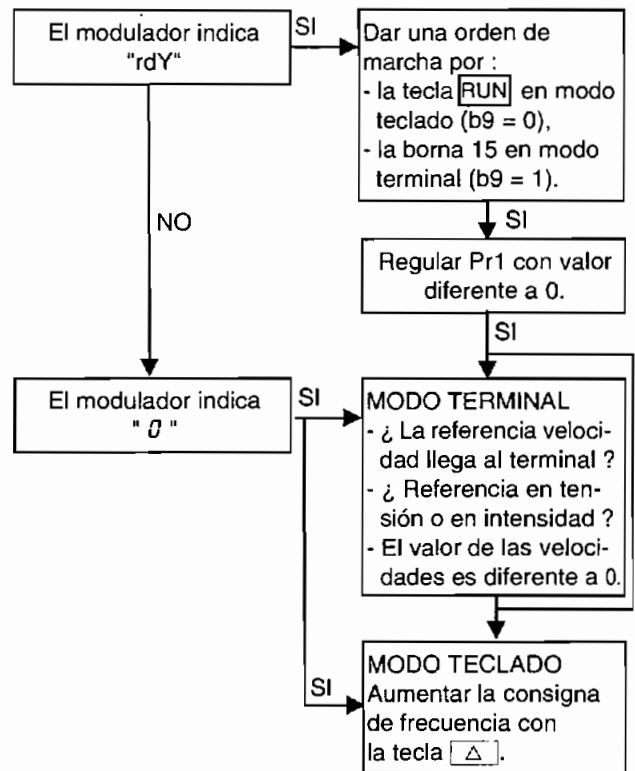
Borna	Tipo de salida	Información suministrada	Parámetro asociado
Z1 Z2 Z3	Relé	Velocidad mínima alcanzada.	Pr0
R1 R2 R3			
1 2 3			
A3	Transistor con colector abierto (afectable)	Sobrecarga l x t o modulador en error.	Pr4, Pr5 b53

5.5 - Diagramas de localización de no funcionamiento

• La visualización del modulador no se enciende

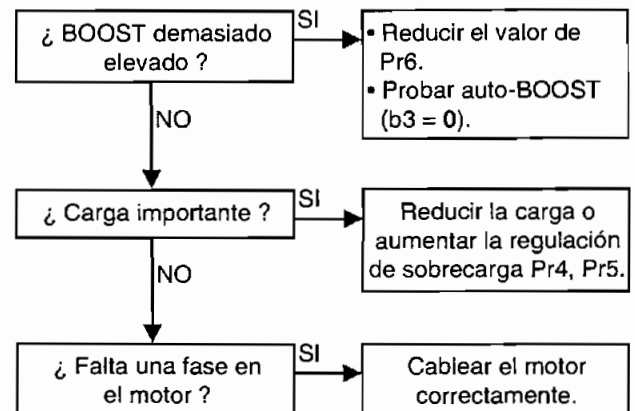


• El motor no arranca

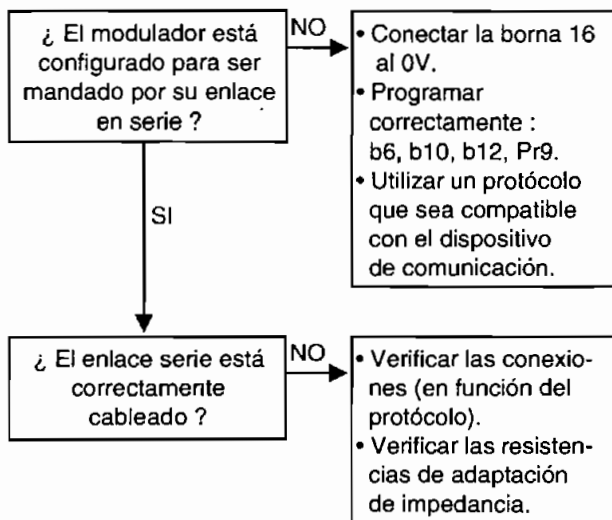


• Visualización de un código de error
Véase el § 5.2.

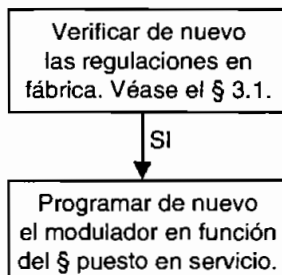
• El motor no acelera y hace ruido



- El modulador no reacciona a las programaciones por enlace en serie



- Parámetros del modulador mal regulados



Nota :

- El mal funcionamiento del modulador es debido frecuentemente a una regulación incorrecta. Les proporcionamos una guía de regulaciones en el § 3.2.2.
- Si una vez efectuadas todas las verificaciones arriba indicadas, el sistema no funciona, dirijase a su proveedor.

Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

6 - MANTENIMIENTO

6.1 - Introducción y aviso

Atención

El circuito impreso de potencia (circuito inferior) está conectado directamente con la red.

No procedan a ninguna intervención sobre el modulador sin abrir manualmente el circuito de alimentación de los niveles de potencia (seccionador de fusibles o disyuntor) o abrir el contactor de entrada KM y bloquear (con llave) el telemando de KM.

Por otro lado, el condensador de filtrado se puede someter a unas tensiones muy altas. No toquen las bornas del modulador sin haber efectuado o comprobado una de las cuatro operaciones a, b, c ó d. siguientes :

a) Después de cortar la alimentación del modulador, esperar unos 5 minutos para la descarga de los condensadores.

b) Comprobar con un controlador, que la tensión en las bornas del bus continuo sea inferior a 15 Voltios.

c) Caso de que no fuera posible proceder a una de las operaciones anteriores con relación al el tiempo disponible, colocar con cuidado (Tensión alta) durante 15 segundos por lo menos, una resistencia de descarga (30 W-500W) en las bornas del bus continuo.

d) Comprobar que los conectores estén conexionados correctamente.

Las operaciones de mantenimiento y de reparación de moduladores

FMV 2305 - FMV 2305 A que se tienen que efectuar son pocas. Encontrará a continuación las operaciones de mantenimiento habituales así como los métodos sencillos destinados a la comprobación del buen funcionamiento del modulador y así poder obtener un primer diagnóstico acerca del funcionamiento correcto de los niveles de potencia.

6.2 - Mantenimiento

Cerca del modulador, tengan en cuenta que cualquier aparato electrónico puede tener problemas al estar expuesto a una temperatura demasiado elevada, a la humedad, al aceite, al polvo, o a cualquier intrusión de materiales de origen externo.

Limpie periódicamente los orificios de ventilación del motor y seguir las instrucciones eventuales de engrase de los rodamientos indicados en la placa indicadora.

Los circuitos impresos y sus componentes no requieren generalmente ningún mantenimiento. Sírvase contactar con su proveedor o el servicio post-venta más cercano en caso de problema.

NO DESMONTAR LOS CIRCUITOS IMPRESOS DURANTE EL PERIODO DE GARANTIA. CADUCARIA INMEDIATAMENTE.

No toquen los circuitos integrados o el microprocesador con los dedos o materiales cargados o bajo tensión. Conéctense con la tierra, así como el banco o el hierro para soldar al intervenir sobre los circuitos.

No manipulen los circuitos integrados que se encuentran en el circuito impreso de control (riesgo de deterioro).

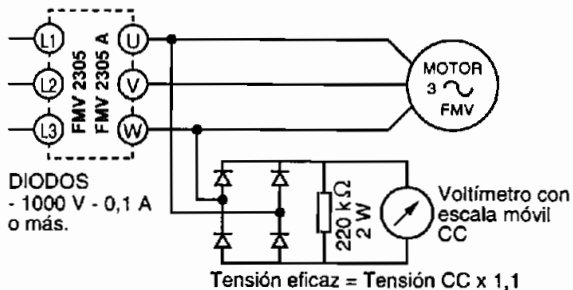
Se recomienda sustituir el condensador de filtrado y el ventilador de refrigeración cada cinco años (duración normal de vida de estas piezas). Saber que la duración de vida se reduce considerablemente si se aplican cargas importantes a una temperatura alta. Cuando reemplacen un condensador que haya sido almacenado durante más de tres años, procedan al envejecimiento antes de utilizarlo efectuando las etapas siguientes :

- 1 - Primero, aplicar un 80 % de la tensión nominal del condensador a temperatura normal durante una hora.
- 2 - Segundo, aplicar un 90 % de la tensión nominal del condensador a temperatura normal durante una hora.
- 3 - Tercero, aplicar la tensión nominal del condensador a temperatura normal durante cinco horas.

6.3 - Como medir la tensión y la intensidad del motor

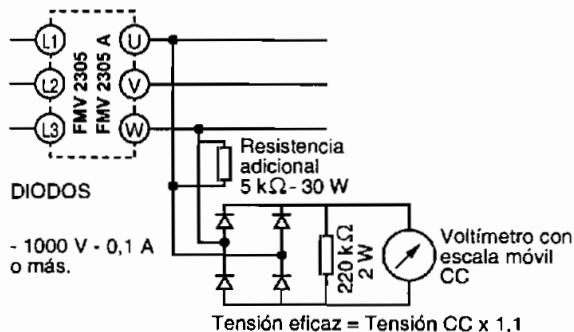
6.3.1 - Medida de la tensión en la salida del modulador, en carga

Los armónicos que proceden del modulador hacen que no sea posible hacer una medida correcta de la tensión en la entrada del motor con un voltímetro tradicional. Sin embargo se puede obtener un valor cercano del valor de la tensión eficaz de la onda fundamental (la que influye sobre el par) utilizando un voltímetro CC tradicional con marco móvil y el montaje descrito en la figura a continuación.



6.3.2 - Medida de la tensión a la salida del modulador, en vacío

El utilizar el montaje anterior puede resultar algo impreciso por tener un valor de intensidad de fuga muy bajo en los semiconductores de potencia (2mA). Utilicen el montaje que detallamos a continuación para medir la tensión en vacío de los moduladores.



6.3.3 - Medida de la intensidad motor

La intensidad que consume el motor y la intensidad de entrada del modulador se pueden medir de manera aproximada gracias a un amperímetro con escala móvil tradicional.

6.3.4 - Medida de la potencia de entrada y de salida del modulador

Las potencias de entrada y de salida del modulador pueden ser medidas utilizando un aparato electrodinámico.

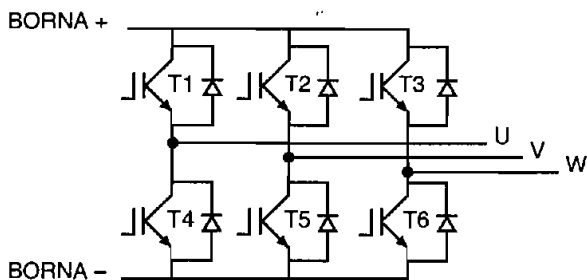
6.4 - Tests de niveles de potencia del modulador

Observaciones preliminares :

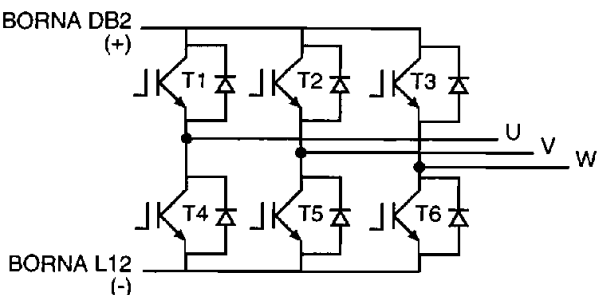
Los tests expuestos abajo sirven para efectuar un **test cualitativo** del estado de los niveles de potencia. Utilizar un óhmetro colocado en escala 1Ω y efectuar las medidas una vez puesto el modulador sin tensión y haber esperado la descarga completa del condensador del filtrado. Cada medida debe durar por lo menos unos 10 segundos para evitar falsas lecturas debidas a las cargas que pudieran presentarse en los circuitos del modulador. En caso de duda en los niveles de potencia, comprobar visualmente el estado de los módulos de mandos básicos que puedan haber sido deteriorados como consecuencia.

Las figuras a continuación indican el esquema de principio general del ondulator con transistores del modulador.

- FMV 2305 1,5T a 11T
FMV 2305 A 1,5T a 11T



- FMV 2305 16T a 100T
FMV 2305 A 16T a 120T



Es posible practicar dos niveles de tests :

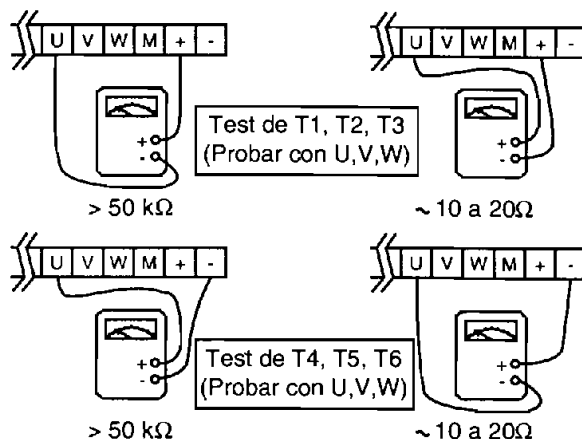
6.4.1 - Test mediante el terminal

Este test es bastante breve. Una respuesta positiva no significa necesariamente que los niveles de potencia sean correctos. Sin embargo una respuesta negativa significa por lo general que éstos están deteriorados.

- FMV 2305 1,5T a 11T

FMV 2305 A 1,5T a 11T

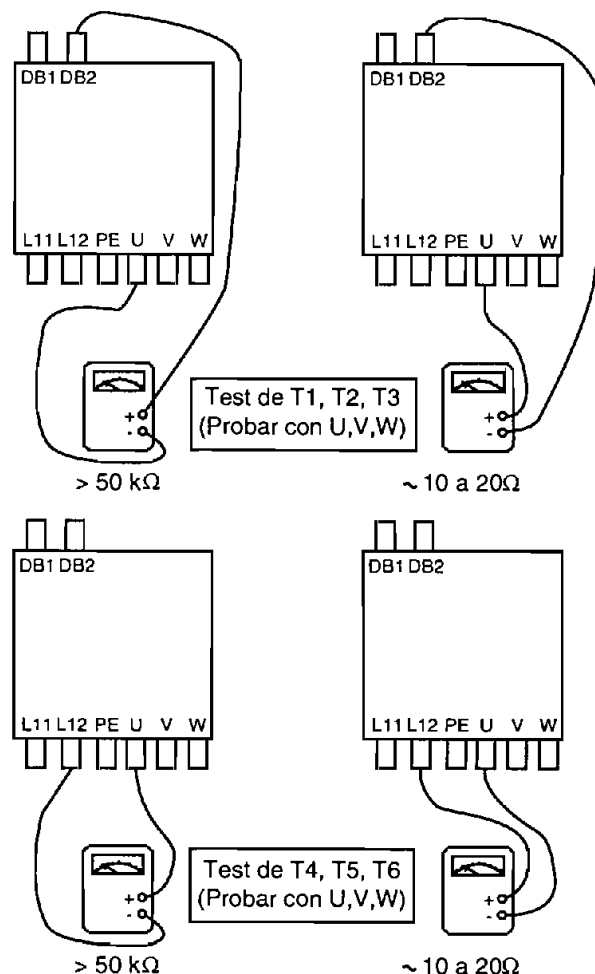
Utilizar las bornas U, V, W, +, - del terminal del circuito de potencia.



- FMV 2305 16T a 100T

FMV 2305 A 16T a 120T

Utilizar las bornas U, V, W, DB2, L12 del terminal del circuito de potencia.



Motovariadores electrónicos

LS FMV 2305

LS FMV 2305 A

6.4.2 - Test individual de módulos de potencia

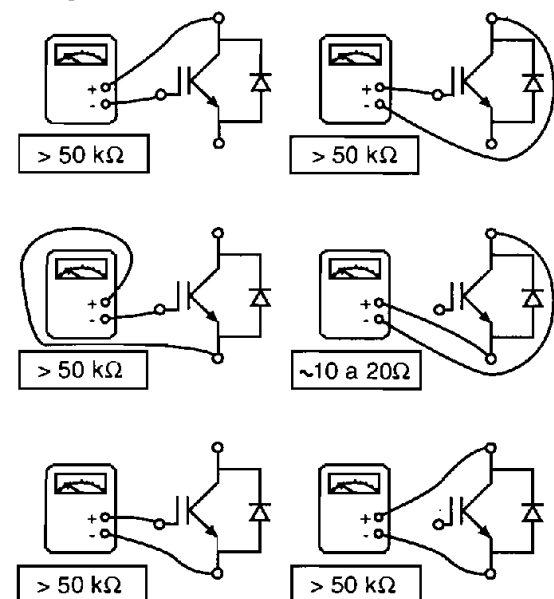
Este test es mucho más completo. Como el anterior, se trata de un test que permite detectar un error, pero sin poder dar la seguridad de que el material sea correcto.

ATENCIÓN :

Este test impone desmontar los circuitos impresos del modulador. No lo desmonte durante el período de garantía. Esta caducaría.

Para proceder al test, verifique cada uno de los seis módulos de potencia siguiendo las instrucciones de la figura siguiente.

Cuando reemplace un módulo de potencia, aplique grasa de silicona para la conducción térmica en la superficie de refrigeración del módulo.



6.5 - Test de aislamiento y de mantenimiento en tensión del modulador

6.5.1 - Introducción

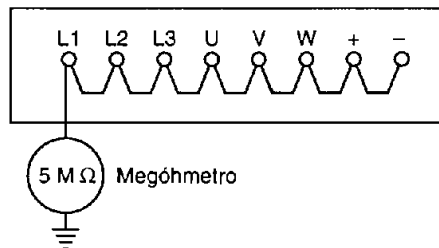
ATENCIÓN :

Los tests descritos seguidamente deben efectuarse con precaución. La destrucción de los niveles de potencia debidos a un error de manipulación o por no respetar las instrucciones conllevaría a la exclusión de la garantía.

6.5.2 - Test de aislamiento del modulador

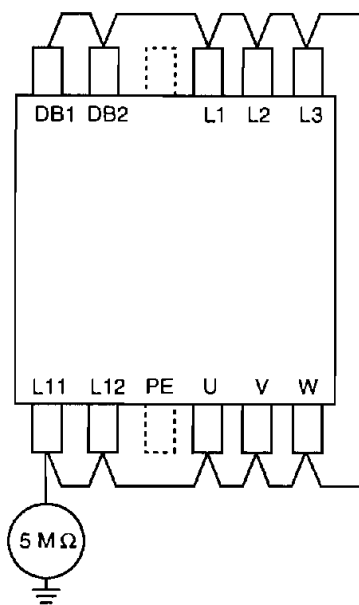
Cortocircuitar todos los bornas del terminal de potencia, excepto la borna PE (tierra), como indicado en las figuras siguientes. Utilizar un megóhmetro para medir la resistencia entre estas bornas y la tierra. Esta resistencia debe ser al menos de 5MΩ.

- FMV 2305 1,5T a 11T
FMV 2305 A 1,5T a 11T



NO PROCEDER AL TEST DE AISLAMIENTO O DE MANTENIMIENTO EN TENSION CON OTRAS BORNAS DIFERENTES A LAS INDICADAS ARRIBA.

- FMV 2305 16T a 100T
FMV 2305 A 16T a 120T



NO PROCEDER AL TEST DE AISLAMIENTO O DE MANTENIMIENTO EN TENSION CON OTRAS BORNAS DIFERENTES A LAS INDICADAS ARRIBA.

6.5.3 - Test de mantenimiento en tensión del modulador

Aplicar durante un minuto una tensión alternativa de 2000VAC entre la tierra y el terminal de potencia cortocircuitado tal como está descrito en las figuras de arriba. Verificar que nada anormal ocurre durante el test.

ATENCIÓN :

No efectuar nunca un test de mantenimiento de tensión en otras bornas diferentes de aquellas indicadas arriba. Tal maniobra deterioraría el modulador y suspendería la aplicación de la garantía.

Motovariadores electrónicos**LS FMV 2305****LS FMV 2305 A****Anexo**

Completar las últimas columna del cuadro con sus propios reglajes.

Parámetro		Reglaje fábrica	Reglaje particular	Reglaje particular
Pr0	Frecuencia mínima de salida	0		
Pr1	Frecuencia máxima de salida	50		
Pr2	Rampa de aceleración	- FMV 2305 1,5T a 40T : 5,0 - FMV 2305 50T a 100T : 10,0 - FMV 2305 A 1,5T a 120T : 100		
Pr3	Rampa de deceleración	- FMV 2305 1,5T a 40T : 10,0 - FMV 2305 50T a 100T : 20,0 - FMV 2305 A 1,5T a 120T : 100		
Pr4	Intensidad máxima de sobrecarga : - FMV 2305 - FMV 2305 A	150 120		
Pr5	Intensidad máxima permanente	100		
Pr6	Par a baja velocidad (BOOST)	5,1		
Pr7	Compensación del deslizamiento	0		
Pr8	Nivel de frenado por inyección de corriente continua : - FMV 2305 - FMV 2305 A	150 120		
Pr9	Dirección modulador - enlace serie	11		
PrA	Histórico 10 últimos errores	-		
Prb	Código de seguridad	0		
b0	Selección : referencia par o frecuencia	1 (frecuencia)		
b1	Selección : arranque automático o mandado - FMV 2305 - FMV 2305 A	1 (mandado) 0 (automático)		
b2 - b7	Selección : tipo de parada b2 b7	0 (Parada en rampa o alargamiento de rampa)		
b3	Selección : BOOST automático o manual.	0 (automático)		
b4	Selección : polaridad de la referencia	1 (0/10V)		
b5	Selección : retorno velocidad.	1 (sin retorno)		
b6	Selección : modo maestro o esclavo.	0 (maestro)		
b7	Ver parámetro b2.	0		
b8	Selección : visualización - frecuencia de salida o intensidad.	0 (frecuencia)		
b9	Selección : mando por la micro-consola o por el terminal.	1 (terminal)		
b10	Selección : paridad (enlace serie).	0 (par)		
b11	Selección : referencia de velocidad a distancia.	4.20 (4/20 mA)		
b12	Selección : velocidad de intercambio de datos por el enlace serie.	4.8		
b13	Selección de los parámetros de origen.	0 (inactivo)		
b14	Selección : frecuencia de corte y Lf _m (límite de la frecuencia máxima de salida).	2.9/120		
PrC	Frecuencia de base, punto nominal : FB	50		
Prd	Acceso a los parámetros específicos	0		

Parámetro		Reglaje fábrica	Reglaje particular	Reglaje particular
Pr10	Salto de frecuencia - 1	0		
Pr11	Salto de frecuencia - 2			
Pr12	Salto de frecuencia - 3			
Pr13	Ancho de salto - 1	± 0,5		
Pr14	Ancho de salto - 2			
Pr15	Ancho de salto - 3			
Pr20	Velocidad preajustada - 1	0		
Pr21	Velocidad preajustada - 2			
Pr22	Velocidad preajustada - 3			
Pr23	Velocidad preajustada - 4			
Pr24	Velocidad preajustada - 5			
Pr25	Velocidad preajustada - 6			
Pr26	Velocidad preajustada - 7			
Pr27	Frecuencia - marcha por impulsos	1,5		
b20	Selección : marcha por impulsos + 3 velocidades preajustadas ó 7 velocidades preajustadas.	0 (3 velocidades + JOG)		
b21	Selección : rampas de aceleración/ deceleración standards o específicas de las velocidades preajustadas.	0 (standard)		
b22	Selección : inversión del sentido de giro mediante la borna 17 o por el signo de las velocidades preajust.	0 (borna 17)		
Pr30	Aceleración velocidad preaj. - 1	FMV 2305 : 5,0 FMV 2305 A : 100		
Pr31	Aceleración velocidad preaj. - 2			
Pr32	Aceleración velocidad preaj. - 3			
Pr33	Aceleración velocidad preaj. - 4			
Pr34	Aceleración velocidad preaj. - 5			
Pr35	Aceleración velocidad preaj. - 6			
Pr36	Aceleración velocidad preaj. - 7			
Pr37	Aceleración - marcha por impulsos	0,2		
Pr40	Deceleración velocidad preaj. - 1	FMV 2305 : 10,0 FMV 2305 A : 100		
Pr41	Deceleración velocidad preaj. - 2			
Pr42	Deceleración velocidad preaj. - 3			
Pr43	Deceleración velocidad preaj. - 4			
Pr44	Deceleración velocidad preaj. - 5			
Pr45	Deceleración velocidad preaj. - 6			
Pr46	Deceleración velocidad preaj. - 7			
Pr47	Deceleración - marcha por impulsos	0,2		
Pr50	Número de borrados de error automáticos.	0		
Pr51	Temporización de borrado de errores automáticos.	1		

Motovariadores electrónicos**LS FMV 2305****LS FMV 2305 A**

Parámetro		Reglaje fábrica	Reglaje particular	Reglaje particular
b50	Selección de la función del relé, bornas 1 - 2 - 3 : estado modulador o velocidad alcanzada. - FMV 2305 1,5T a 11T FMV 2305 A 1,5T a 11T Selección de la función del relé, bornas R1 - R2 - R3 : modulador en funcionamiento o velocidad alcanzada. - FMV 2305 16T a 100T FMV 2305A 16T a 120T	0 (estado modulador) 0 (en marcha)		
b51	Validación de la tecla "FWD/REV".	0 (no validada)		
b52	Validación del re arranque motor en marcha.	FMV 2305 : 0 (no validada) FMV 2305 A : 1 (validada)		
b53	Selección de la salida lógica A0 : modulador en funcionamiento o velocidad mínima. - FMV 2305 1,5T a 11T FMV 2305A 1,5T a 11T Selección de la salida lógica A3 : alarma sobrecarga o estado modulador. - FMV 2305 16T a 100T FMV 2305 A 16T a 120T	0 (en marcha) 0 (sobrecarga)		
b54	Selección : curva U/f fija o dinámica.	FMV 2305 : 0 (U/f fija) FMV 2305 A : 1 (U/f dinámica)		

Notes



MOTEURS LEROY-SOMER 16015 ANGOULEME CEDEX-FRANCE

IRUN

Edificio Anaka
Poligono Industrial de Anaka
IRUN (Guipuzcoa)
Tel. : 943/61 62 93
Telex : 052/36 058 LISB E
Fax : 943/61 83 22

BARCELONA

C/Santa Eulalia N° 12
08902 L'HOSPITALET
de LLOBREGAT
Tel. : 93/422 26 22
o 93/422 23 43
Fax : 93/421 87 37

BILBAO

Barrio azur Leku 7-7
48004 BILBAO
Tel. : 94/412 02 22
o 94/412 05 54
Fax : 94/411 07 76

MADRID

C/Orense 16
28020 MADRID
Tel. : 91/555 18 31
o 91/555 17 48
Fax : 91/555 57 94

Distribuidor LEROY-SOMER :

