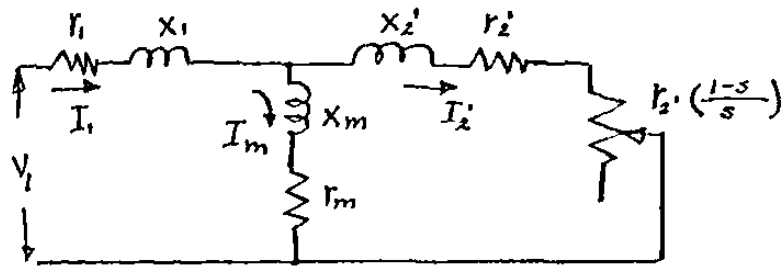
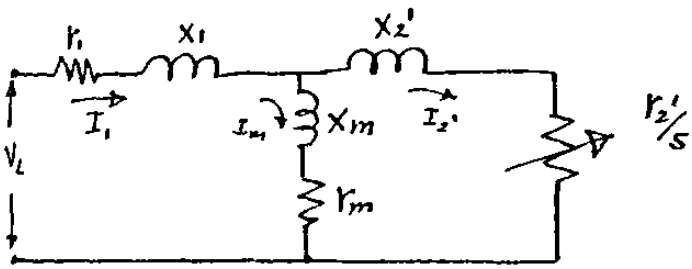
CAPITULO 7

RELACIONES DE POTENCIA Y PAR MOTOR DEL MOTOR DE INDUCCIÓN



CIRCUITO EQUIVALENTE POR FASE



m = # DE FASES

$$\boxed{P_{c.gir} = m I_2'^2 \frac{r_2'}{s}} \quad (WATTS)$$ POTENCIA DEL CAMPO GIRATORIO

$$\boxed{P_e = m I_2'^2 r_2'} = m I_2^2 r_2$$ PERDIDAS ELECTRICAS EN EL ROTOR

$$P_{mec.des.} = P_{c.gir} - P_e$$

$$\boxed{P_{m.des} = m I_2'^2 r_2' \left(\frac{1-s}{s}\right)}$$ POTENCIA MECANICA DESARROLLADA POR EL ROTOR.

$$\boxed{P_{m.des} = P_{c.gir.}(1-s)} \qquad \boxed{P_e = P_{c.gir} \times S}$$

$$P = T\omega \qquad \omega = \frac{2\pi n}{60}$$

$$T_{des.} = \frac{60}{2\pi n_s} P_{c.gir} \qquad T_{des.} = \frac{60}{2\pi N_R} P_{m.des.}$$

$T \rightarrow$ NT-M, $P \rightarrow$ WATTS, $N \rightarrow$ RPM

$$T = \frac{9.55}{N} P$$

$$T = \frac{7.04}{N} P$$

$$T = \frac{7.04}{N_s} P_{c.g.} \qquad T = \frac{7.04}{N_R} P_{m.des}$$

$T \rightarrow$ LB-FT, $P \rightarrow$ WATTS, $N \rightarrow$ RPM.

$$\boxed{T_{des} = \frac{7.04}{N_s}\, m\, I_2'^{\,2}\, \frac{r_2'}{s}}\ (lb\text{-}ft)$$ PAR ENTREGADO POR EL CAMPO GIRATORIO A EL ROTOR (PAR EN EL ROTOR)

$$T = \frac{60}{2\pi n_s} P_{cg} \cdot nt \cdot m \left(\frac{kgf}{9.8N}\right)\left(\frac{2.2lb}{kgf}\right)\left(\frac{ft}{0.3048m}\right) = \frac{7.04}{N_s} P_{cg}.$$

$$T = \frac{7.04}{N_s} P_{cg}. \qquad P = \frac{TN}{7.04}\, \cancel{lb}\left(\frac{HP}{746\, \cancel{lb}}\right) = \frac{TN}{5252}\ (HP)$$

$HP = 746\,W.$

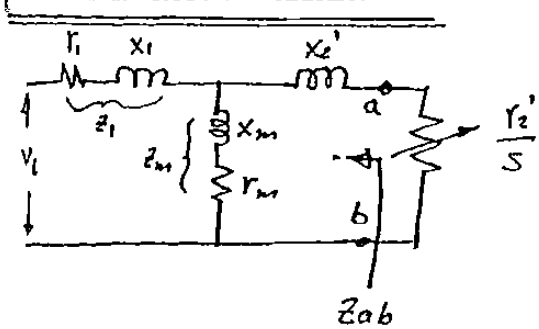
$$\boxed{HP = \frac{TN}{5252}} \left\{ \begin{array}{l} T \to lb\text{-}ft \\ N \to RPM \end{array} \right.$$

$$HP = \frac{TN}{7123.8} \left\{ \begin{array}{l} T \to NT\text{-}M \\ N - RPM. \end{array} \right.$$

$$T = \frac{974}{N_s} P_{cg} \left\{ \begin{array}{l} P \to kW \\ T \to kgf\text{-}M \\ N \to RPM. \end{array} \right.$$

EL PAR MOTOR DESARROLLADO DEL MOTOR POLIFASICO DE INDUCCION ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA POTENCIA DEL CAMPO GIRATORIO.

PAR MOTOR MAXIMO



$$\boxed{Z_{ab} = \frac{Z_1 Z_m}{Z_1 + Z_m} + X_2'}$$

$$T = \frac{7.04}{N_s} P_{cg}. \qquad \underline{N_s = cte}\ ,\ \underline{7.04 = cte}$$

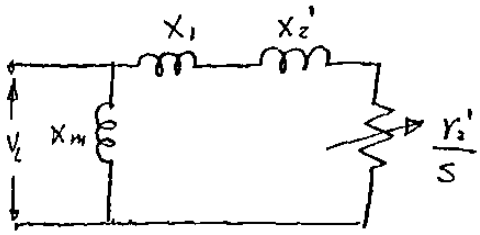
$$\boxed{T \propto P_{cg}} \qquad P_{cg} = m I_2'^{\,2} \frac{r_2'}{s}.$$

PARA MAXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA:

$$Z_{ab} = \frac{r_2'}{S_{T_{max}}} \qquad \text{si } P_{cg} = max \to T = T_{MAX}$$

$$\boxed{S_{TMAX} = \frac{r_2'}{Z_{ab}}}$$

EN MOTORES MUY GRANDES $r_1 \approx 0 \quad r_m \approx 0$



$$\frac{r_2'}{s} = x_1 + x_2'$$

$$S_{T\,max} = \frac{r_2'}{x_1 + x_2'}$$

· SUSTITUYENDO Stmax EN ECUACIONES DE PAR OBTENDRIAMOS Tmax.

· CLASIFICACION " NEMA " DE MOTORES DE INDUCCION

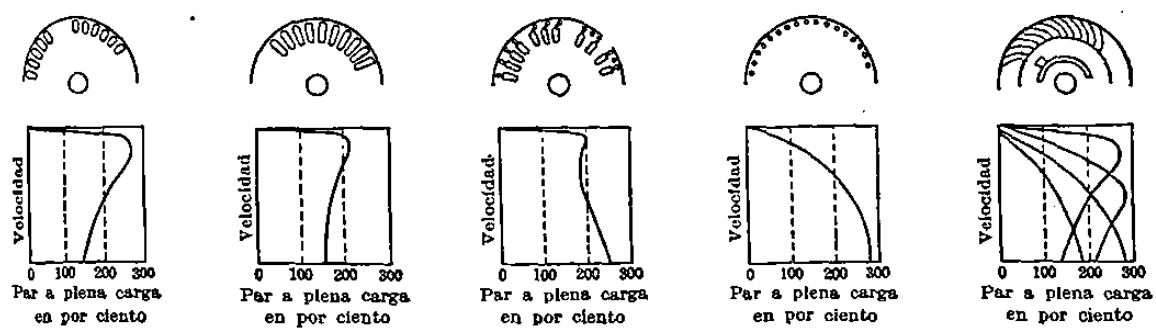
Diseño A.
Servicios generales.
Corriente normal de arranque, 6 a 7 veces la nominal; por encima de los 6 ½ C. V., tensión de arranque reducida; par de arranque 150 veces el nominal; letras *F* a *R* del Código.[1]

Diseño B
Reactancia elevada.
Corriente de arranque pequeña, de 4 ½ a 5 veces la nominal; tensión total en el arranque; par de arranque normal 150 veces el nominal; letras *B* a *E* del Código.[2]

Diseño C
Doble jaula de ardilla.
Corriente de arranque pequeña, de 4 ½ a 5 veces la nominal; tensión total en el arranque; par de arranque elevado, del 225 % del nominal; letras *B* a *E*.[2]

Diseño D
Gran resistencia.
Corriente de arranque reducida; tensión total en el arranque; par de arranque elevado, del 275 % del nominal.

Rotor bobinado.
Corriente de arranque reducida; resistencia en el circuito del rotor; gran par de arranque.



Aplicaciones

Máquinas herramientas, bombas centrífugas, grupos electrógenos, ventiladores, inyectores, instalaciones en general que requieran un par de arranque reducido.

Como los motores para servicios generales de (*a*).

Bombas alternativas, mezcladoras, compresores neumáticos, transportadores con arranque bajo carga, grandes frigoríficas, instalaciones en general que requieran gran par de arranque.

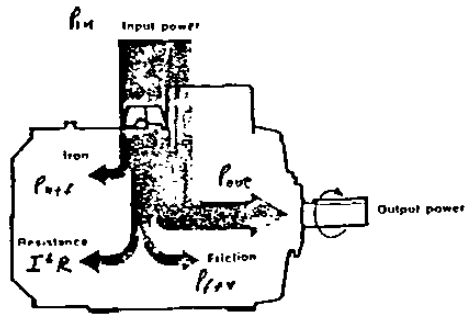
Punzonadoras, cizalladoras, bulldozers, pequeños montacargas, máquinas de volante, hileras, embaladoras, hidroextractores de azucareras.

Ascensores, grúas, montacargas, laminadores, excavadoras eléctricas, carga de carbón y mineral, grupos electrógenos con volante.

[1] Letras *F* a *R*: 5 a 14 veces la corriente nominal.
[2] Letras *B* a *E*: 3,1 a 5 veces la corriente nominal.

Designación de los motores de inducción de jaula de ardilla por la National Electrical Manufacturers Association.

BALANCE DE POTENCIAS, EFICIENCIA (η) DEL M. I.



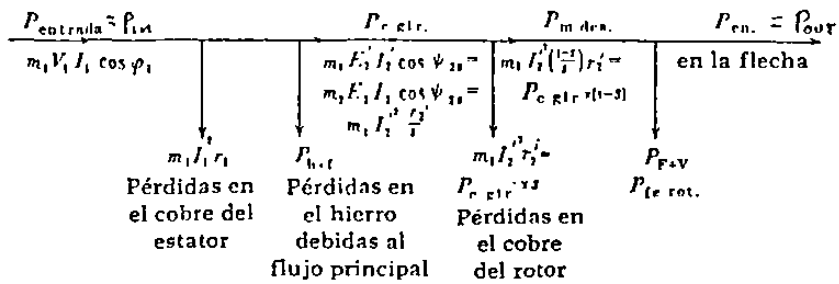


FIG. Equilibrio de potencia en un motor de inducción polifásico

$$P_{in} = \sqrt{3}\, V_L I_L \cos\phi = 3 V_f I_f \cos\phi = m V_f I_f \cos\phi$$

$$P_{c.g.} = P_{in} - (3 I_1^2 r_1 + P_{hif}) = 3 I_2'^2 \frac{r_2'}{s}$$

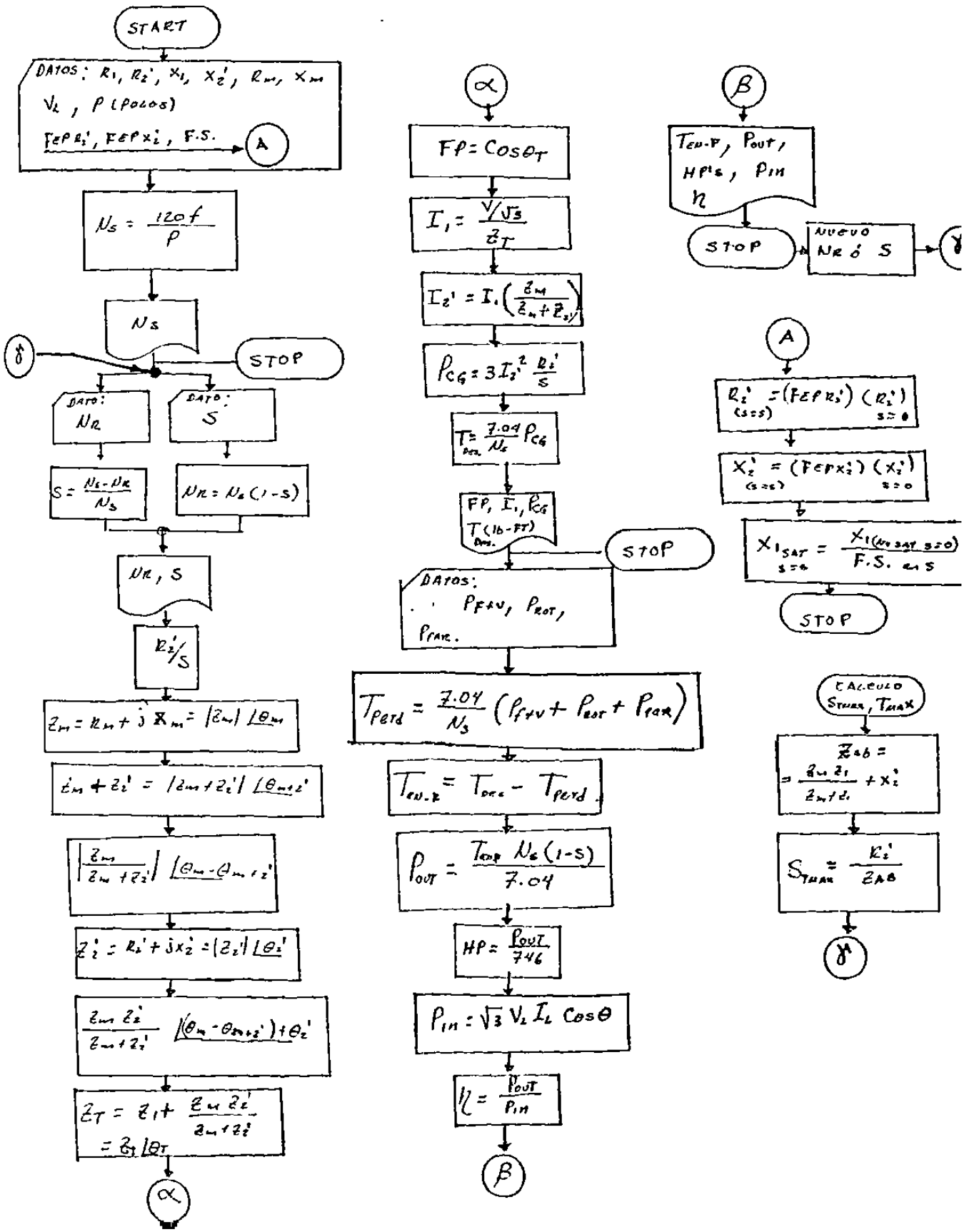
$$P_e = 3 I_2'^2 r_2' = 3 I_2^2 r_2 = s P_{cg}.$$

$$P_{\substack{mec.\\des.}} = P_{cg} - P_e = (1-s) P_{cg} = 3 I_2'^2 r_2' \left(\frac{1-s}{s}\right) = 3 I_2^2 r_2 \left(\frac{1-s}{s}\right)$$

$$P_{m.enf.} = P_{m\,des} - (P_{f+v} + P_{fe\,rot}) = P_{out}.$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = 1 - \frac{\Sigma P_{perd}}{P_{in}}$$

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA "ANALISIS DEL M. I. "
(SIMPLIFICADO)



Prob. Cap.

15 HP	Arranque	Marcha
220 volts (línea)	$r_1 = 0.138\,\Omega$	$r_1 = 0.138\,\Omega$
P = 4 polos	$r_2' = 0.121\,\Omega$	$r_2' = 0.104\,\Omega$
f = 60 Hz	$x_1 = x_2' = 0.233\,\Omega$	$X1 = 0.281\,\Omega$
Ns = 1800 rpm	$xm = 8.64\,\Omega$	$X_2' = 0.302\,\Omega$
	$rm = 0.130\,\Omega$	$Xm = 8.64\,\Omega$
		$rm = 0.130\,\Omega$

Todos los valores de parámetros en Ω/fases, perdidas (dadas como una fracción de la potencia de salida):

Fricciín y viento = 0.010

Hierro en vacío = 0.024

Parásitos en carga= 0.015

Asumir las pérdidas en el hierro debido a el flujo principal = 1/2 (de las pérdidas totales del hierro en vacío)

Determinar el funcionamiento en el arranque y marcha s = 0.025. y en

Condiciones de $T_{max.}$

Solución por Calculadora Programable.

En el Arranque S= 1

0.138	R1
0.121	R2'
0.233	X1
0.233	X2'
0.13	RM
8.64	XM
220.	VL
1800.	NS
0.	NR
1.	S
.4805039917	FP
241.4472086	I1
20053.41974	PCG
78.43115276	T

En Marcha S=0.025

0.138	R1
0.104	R2'
0.281	X1
0.302	X2'
0.13	RM
8.64	XM
220.	VL
1800.	NS
1755.	NR
0.025	S
.8521164672	FP
32.61221562	I1
10075.51317	PCG
39.40645151	T

En Marcha S=0.025 (1755 RPM)

0.138	R1
0.104	R2'
0.281	X1
0.302	X2'
0.13	RM
8.64	XM
220.	VL
1800.	NS
1755.	NR
0.025	S
.8521164672	FP
32.61221562	I1
10075.51317	PCG
39.40645151	T
111.9	PF+V
134.28	PROT
167.35	PPAR
37.78908974	T-EN
9420.433592	POUT
12.62792707	HP'S
10589.18587	P-IN
.8896277494	EFIC

Condiciones de Par Máximo (T_{max})

.1761489147	SMAX
1482.931953	NR
.1761489147	S
.7483837009	FP
138.4703419	I1
31509.01744	PCG
123.2352682	T
121.6179064	T-EN
25618.05108	POUT
34.34055104	HP'S
39487.93227	P-IN
.6487564581	EFIC

Nr= 1810 Arriba de Ns = 1800RPM
OPERACION COMO GENERADOR

1810.	NR
-.0055555556	S
-.3777211716	FP
15.78438089	I1
-2455.048021	PCG
-9.601965592	T
-11.21932737	T-EN
-2884.514565	POUT
-3.866641508	HP'S
-2271.863262	P-IN
1.269669092	EFIC

OPERACION COMO GENERADOR

Nr > Ns S < O

1900.	NR
-.05555555556	S
-.8568317266	FP
70.64572033	I1
-25216.12154	PCG
-98.62305313	T

-100.2404149	T-EN
-27053.52107	POUT
-36.26477355	HP'S
-23065.59727	P-IN
1.172894885	EFIC

2000.	NR
-.1111111111	S
-.7383676557	FP
128.9254659	I1
-43233.14037	PCG
-169.0896157	T

-170.7069774	T-EN
-48496.30041	POUT
-65.00844559	HP'S
-36273.93594	P-IN
1.336946189	EFIC

2200.	NR
-.2222222222	S
-.4470376622	FP
190.6095456	I1
-47565.57998	PCG
-186.0342684	T

-187.6516301	T-EN
-58641.13442	POUT
-78.60741879	HP'S
-32469.23583	P-IN
1.806052188	EFIC

GENERADOR

Nr > Ns S < O

1950.	NR
-.0833333333	S
-.8080292491	FP
101.9389745	I1
-35771.44239	PCG
-139.9060858	T

-141.5234476	T-EN
-39200.38675	POUT
-52.54743533	HP'S
-21387.06092	P-IN
1.248934612	EFIC

2100.	NR
-.1666666667	S
-.5844080876	FP
167.8864973	I1
-49121.3615	PCG
-192.1191027	T

-193.7364645	T-EN
-57790.70674	POUT
-77.46743531	HP'S
-37386.54167	P-IN
1.545762303	EFIC

2500.	NR
-.3888888889	S
-.1884625085	FP
214.8774397	I1
-34583.15365	PCG
-135.2585565	T

-136.8759183	T-EN
-48606.50507	POUT
-65.15617301	HP'S
-15431.17854	P-IN
3.149889357	EFIC

3000.	NR
-.6666666667	S
-.0130044661	FP
220.6919271	I1
-21284.8963	PCG
-83.2475944	T

OPERACION COMO FRENO S > 1

N (Negativa, opuesta a el Campo Giratorio.

3600.	NR
-1.	S
0713312827	FP
20.7086408	I1
4192.08025	PCG
5.50680274	T
7.12416452	T-EN
9211.22049	POUT
9.15713203	HP'S
999.052718	P-IN
.869305516	EFIC

GENERADOR

5000.	NR
.777777778	S
1441983461	FP
19.2711023	I1
878.954954	PCG
0.81546826	T
2.43283004	T-EN
3034.68043	POUT
30.8775877	HP'S
12048.2782	P-IN
.911864919	EFIC
6000.	NR
333333333	S
661157648	FP
18.5704702	I1
164.548962	PCG
4.32801372	T
4.9453755	T-EN
1260.26321	POUT
4.49901234	HP'S
935.20647	P-IN
536678419	EFIC

FRENO

-100.	NR
1.055555556	S
.3722544703	FP
205.4800382	I1
11646.23841	PCG
45.54973246	T
43.93237068	T-EN
-624.0393562	POUT
-.8365138823	HP'S
29146.93334	P-IN
-.0214101205	EFIC

FRENO

-200.	NR
1.111111111	S
.3658746361	FP
206.074704	I1
11128.36766	PCG
43.52428239	T
41.90692061	T-EN
-1190.537517	POUT
-1.595894795	HP'S
28730.30896	P-IN
-0.041438382	EFIC

FRENO

-500.	NR
1.277777778	S
.3498181042	FP
207.5136958	I1
9813.108789	PCG
38.38015882	T
36.76279704	T-EN
-2610.994108	POUT
-3.499992102	HP'S
27661.28525	P-IN
-.0943916411	EFIC

FRENO

-1000.	NR
1.555555556	S
.3302547906	FP
209.157663	I1
8189.599426	PCG
32.03043331	T
30.41307153	T-EN
-4320.03857	POUT
-5.790936421	HP'S
26321.2321	P-IN
-.1641275209	EFIC

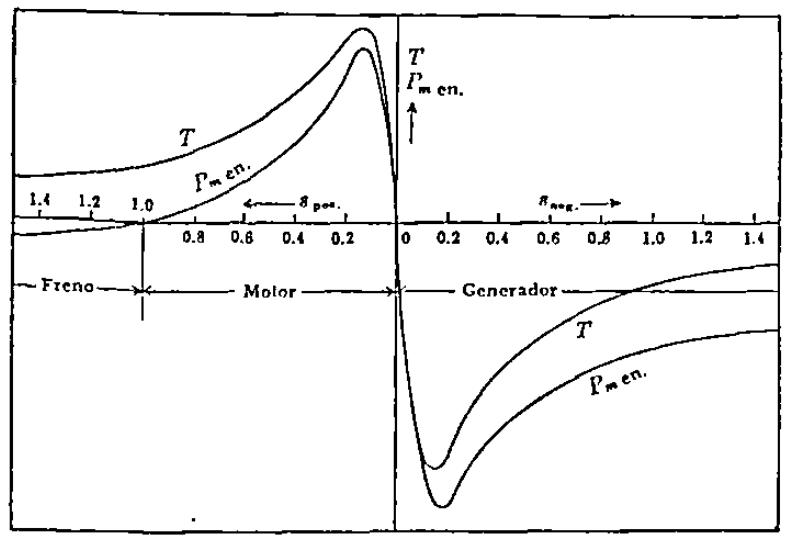
FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA DE INDUCCION COMO FRENO Y GENERADOR

La tabla siguiente muestra un resumen de las magnitudes de los deslizamientos y las formas correspondientes de funcionamiento de la máquina de inducción.

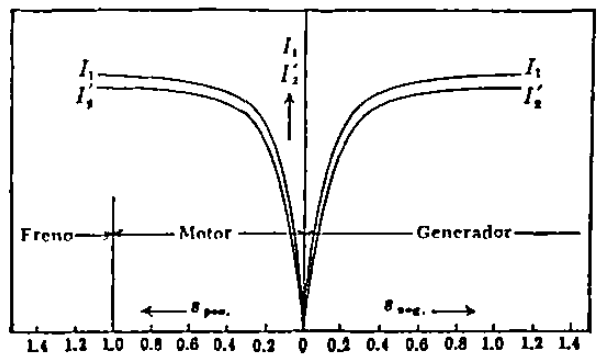
$$P_{m\,des} = m_1 I_2'^2 \frac{1-s}{s} r_2'$$

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}$$

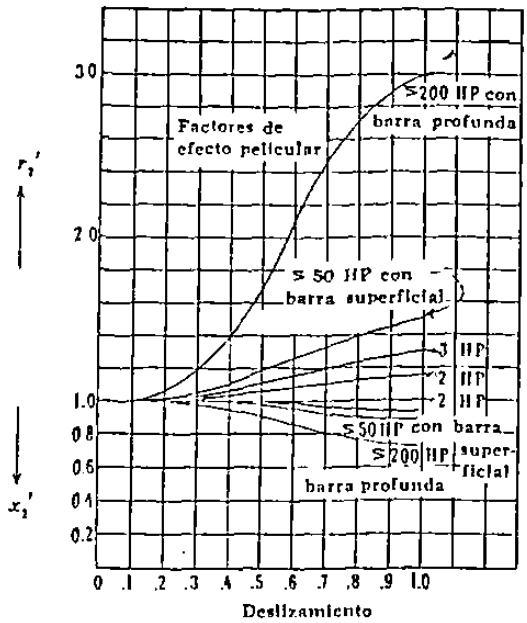
Deslizamiento y n	Forma de funcionamiento	Conversión de energía
$0 < s < 1$ $n_s > n > 0$	Motor	Eléctrica en mecánica
$s > 1$ $\infty > n > 0$ (pero opuesto al flujo giratorio)	Freno	Cinética en eléctrica
$s < 0$ $n > n_s$	Generador	Mecánica en eléctrica



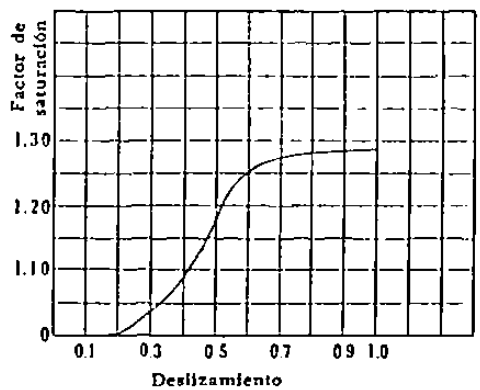
Par motor y potencia mecánica en la flecha como funciones del deslizamiento para el funcionamiento como motor, generador y freno



Corrientes del estator y del rotor como una función del deslizamiento para el funcionamiento como motor, generador y freno



Factores del efecto pelicular



Factores de saturación

CAPITULO 8

PROTECCIÓN, CIRCUITOS DE ARRANQUE Y CONTROL DE MOTORES DE CA DE INDUCCIÓN

Funcionamiento de los elementos que forman los circuitos de arranque, protección y control de Motores de C.A.

Existen gran variedad de elementos que componen los circuitos de-- control con relevadores, pero aquí solo se explicarán algunos de - los utilizados durante la práctica.

A). Pulsadores de Control (Botones).

FIG. #1

CONTACTO MOMENTANEO				CONTACTO MANTENIDO
UN SOLO CIRCUITO		CIRCUITO DOBLE		
N.A.	N.C.	2N.A.	N.C. y NA	

Funcionamiento: Al presionarse el botón los N_c se abren y los N_a se cierran. Los de contacto momentáneo al dejar de presionarse vuelven a su posición original.

B). Relevadores de tiempo (Timing Relays).

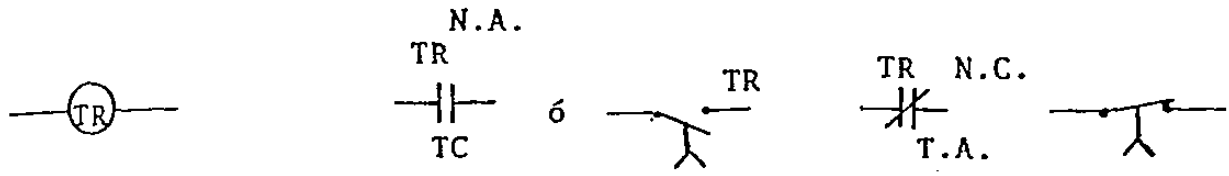
Una de las principales ventajas de los circuitos controlados automáticamente es que su secuencia de operaciones puede ser ajustada con gran precisión por medio de relevadores de tiempo.

Un relevador de tiempo puede ser ajustado para que de -- comienzo su acción de tiempo en una de las dos formas -- siguientes:

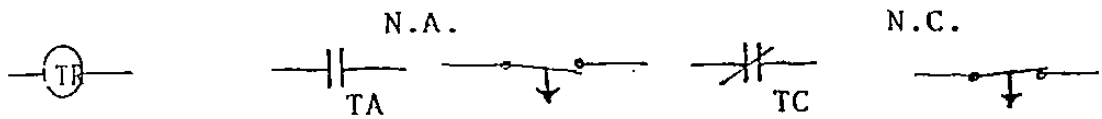
1). Al energizar (on delay): En el instante en que la - bobina es energizada empieza a contar el tiempo para el cual fué ajustado, al pasar este tiempo los - contactos NC se abren y los N.A. se cierran. (T_R -- siemens).

2). Retardo al "desenergizar" (off-delay): En el instante en que se energiza la bobina los NA se cierran y los NC se abren instantaneamente, al desenergizar la bobina pasa un tiempo (el tiempo que se ajustó en el relevador) y los contactos que se cerraron se abren y los que se abrieron se cierran (T_R-agestat).

SIMBOLOS



ON DELAY RELAY ACCION DE TIEMPO AL ENERGIZAR



OF DELAY RELAY ACCION DE TIEMPO AL DESENERGIZAR

FIG. #2

C). Relevadores Bimetálicos (de sobrecarga).-

Los relevadores bimetálicos con elementos térmicos de retardo sirven para la protección contra sobrecarga de motores. Se instalan en combinación con contactores; las fases del relevador bimetálico se encuentran en el circuito principal. El contacto auxiliar opera en el circuito de la bobina del contactor. Tienen un botón de ajuste para ajustar la máxima corriente de sobrecarga del motor, al alcanzar ó sobrepasar esta corriente los elementos bimetálicos operan sobre el contacto auxiliar y el contacto auxiliar sobre la bobina del contactor parando el motor (Ver figuras 6,7,8 y 9).

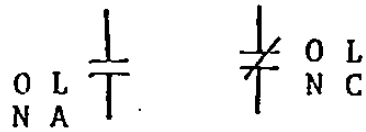
Con los relevadores bimetálicos "Sin auto-bloqueo", el contacto regresa de nuevo a su posición de reposo después del enfriamiento de los elementos bimetálicos. Los que-

tienen autobloqueo hay que restablecerlos manualmente.

SIMBOLO

FIGURA #3

CONTACTOS QUE GOBIERNA



O L Overload

D). Contactores.-

Los contactores son los que gobiernan los contactos que interrumpen ó restablecen la potencia eléctrica del motor en el circuito principal. Por ejemplo, en la figura 7, M es el contactor y T_R, OL son relays.

SIMBOLOS

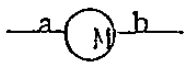


FIGURA #4

Bobina del Contactor ó ó Relevador.

CONTACTOS QUE GOBIERNA EL CONTACTOR (O RELEVADOR)

Los contactor en el circuito principal con línea gruesa, en el circuito de control con línea delgada.

FUNCIONAMIENTO: Al energizar la bobina se forman polos - opuestos en el entrehierro y los dos núcleos se atraen - el superior que es móvil baja y los contactos NC se abren y los NA se cierran. (Ver fig. 5).

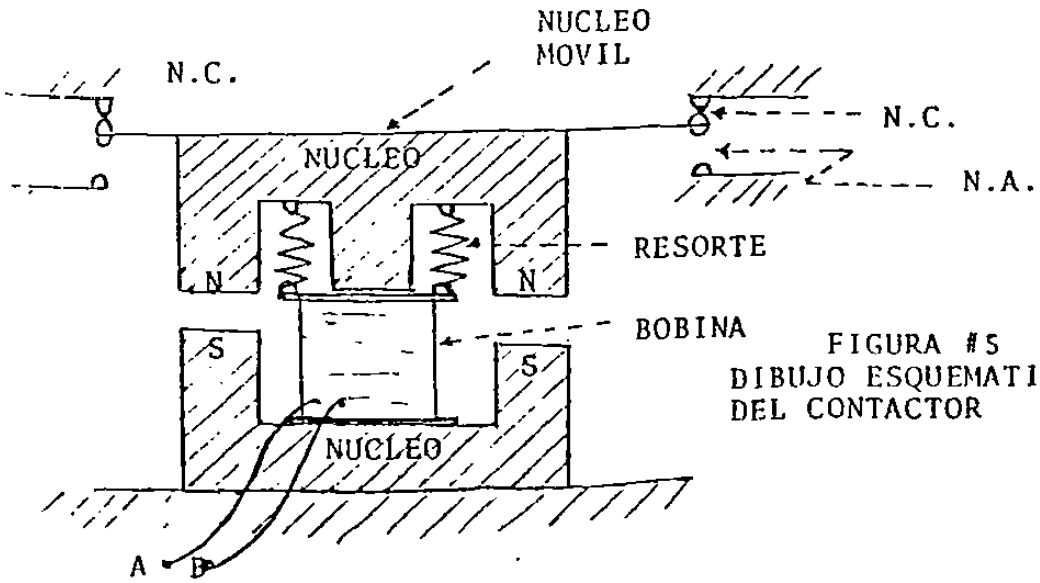


FIGURA #5
DIBUJO ESQUEMATICO
DEL CONTACTOR

a). Arrancador magnético no reversible. (Fig. 6).
Funcionamiento: Al presionar el botón de arranque se energiza la bobina y cierra los 3 contactos M del motor y --- también el que se encuentra enparalelo con el botón de -- arranque, arranca el motor y se puede dejar de estar,presionando el botón de arranque puesto que el circuito se - encuentra cerrado por el contacto que esta en paralelo. Con botón de Stop se abre el circuito de la bobina abriendo todos los contactos (también el que está en paralelo con el botón de arranque) parando el motor.

a). ARRANCADOR MAGNETICO NO REVERSIBLE.-

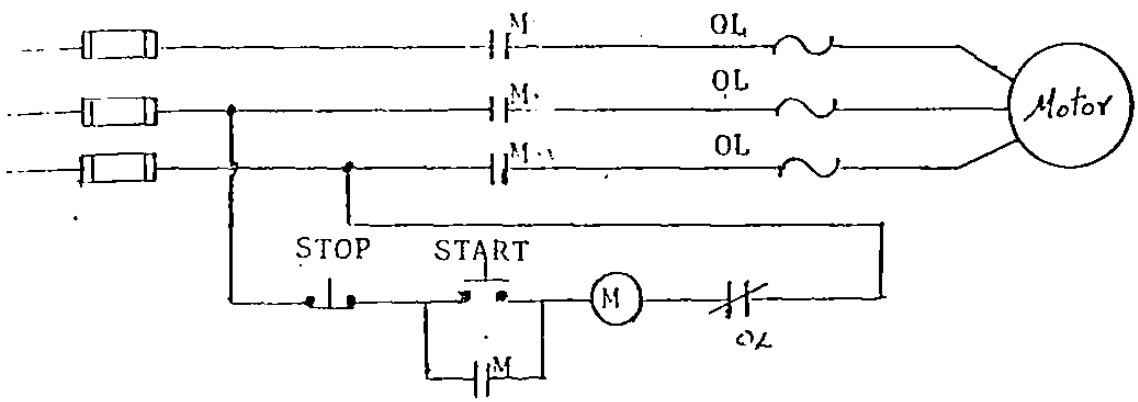


FIGURA #6

b). ARRANCADOR MAGNETICO NO REVERSIBLE CON PARO AUTOMATICO.-

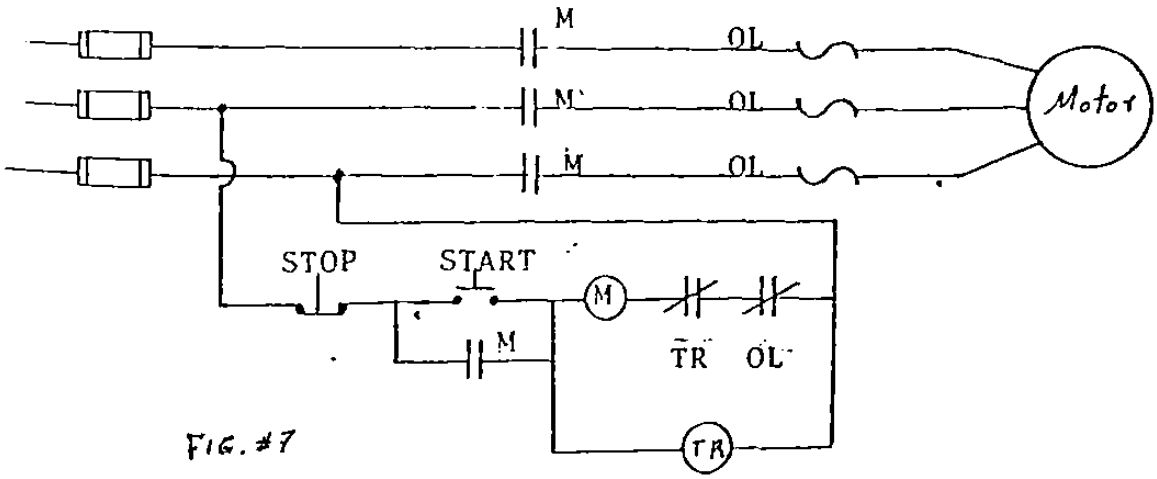


FIG. #7

FUNCIONAMIENTO:

Igual que el anterior, pero el T_R después de cierto tiempo (el tiempo marcado en relevador abre su contacto N.C. desenergizando la bobina M y parando el motor.

C. Arrancador magnético reversible.

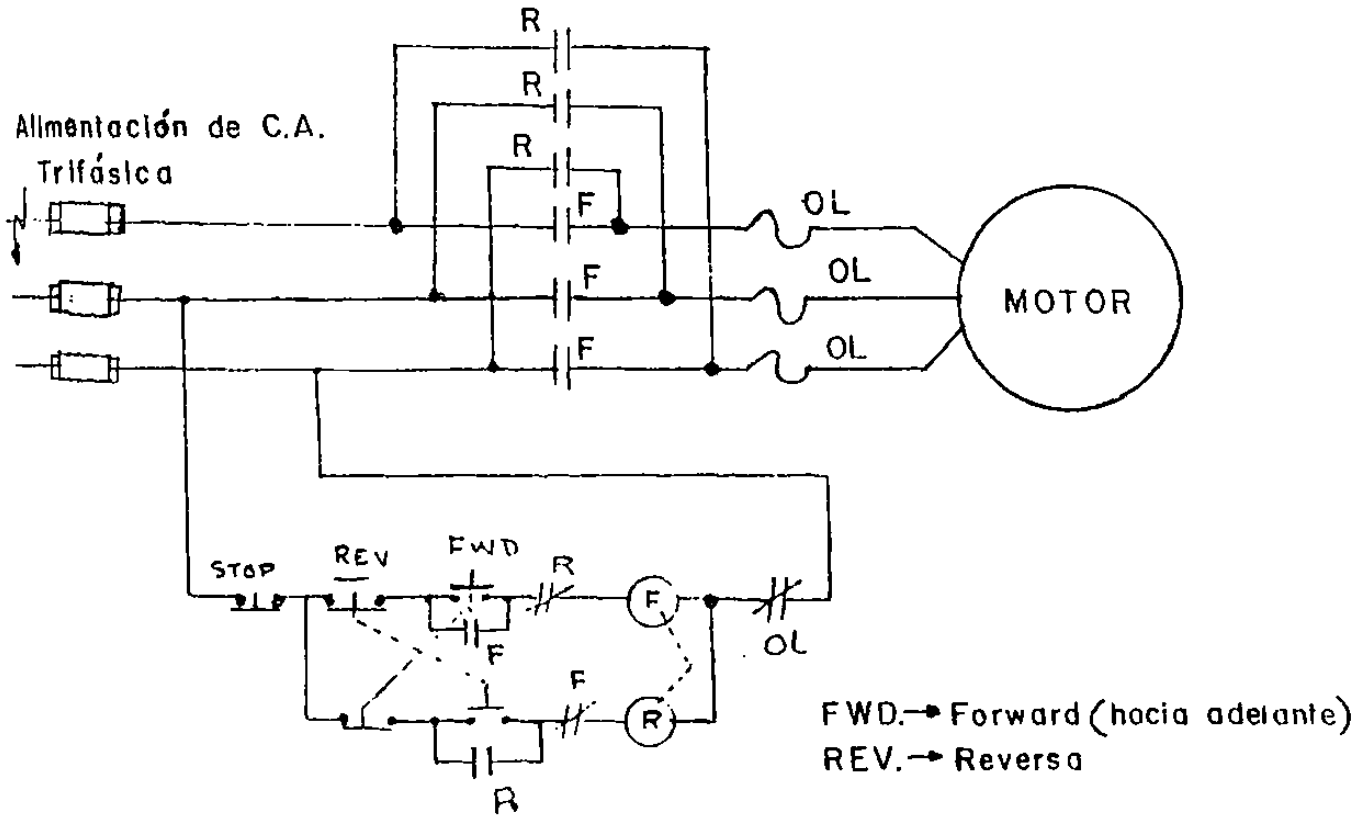
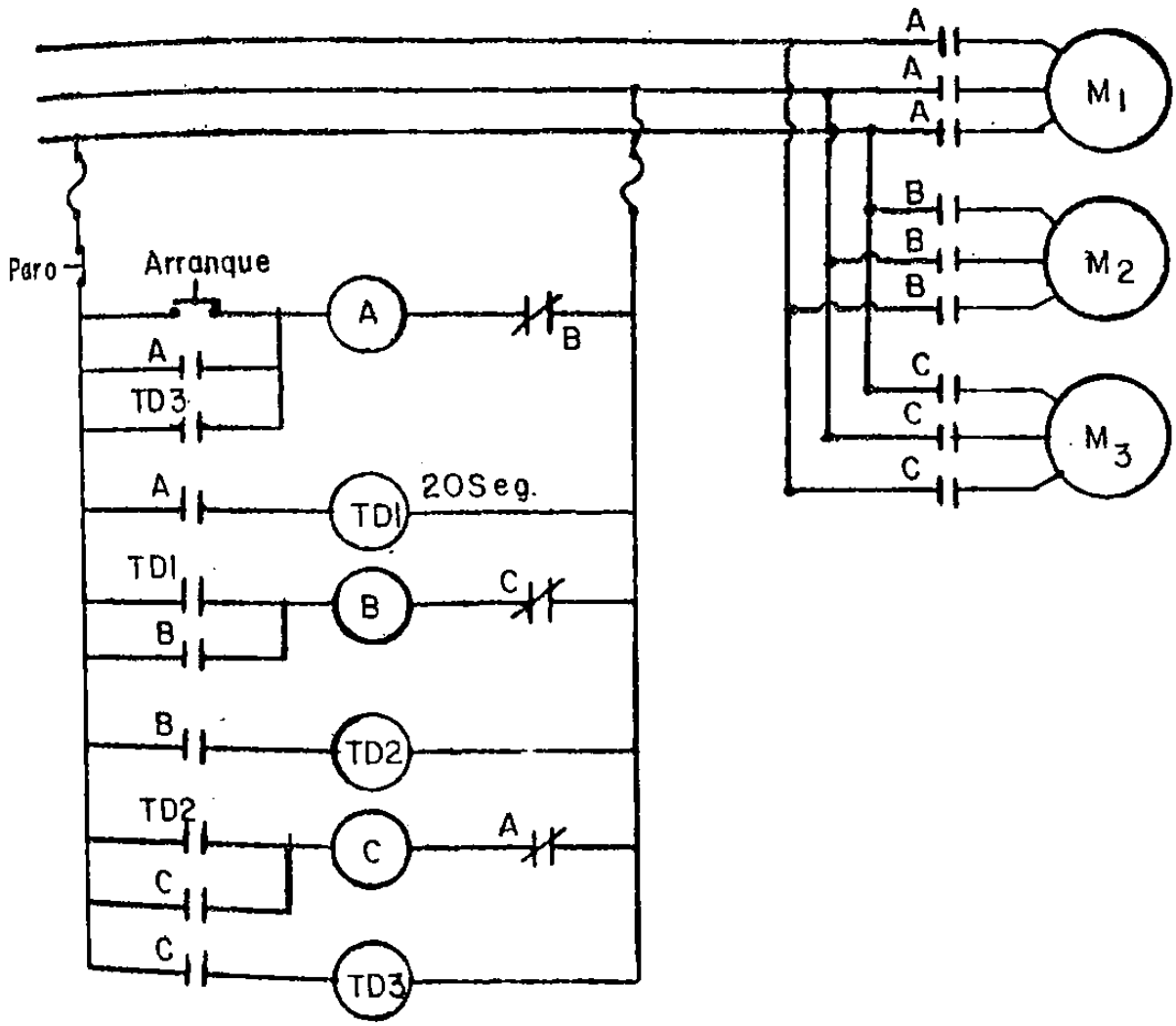


FIG. 8

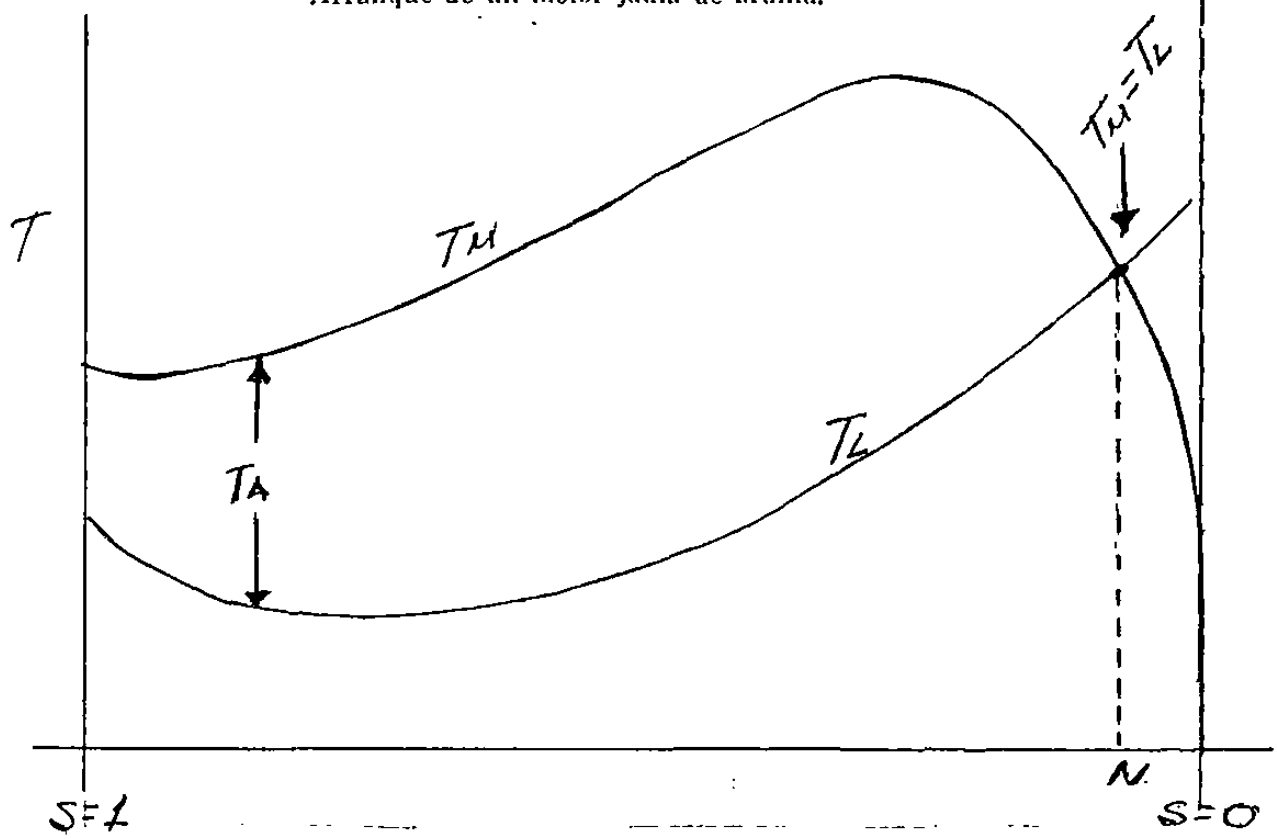
D) CIRCUITO DE SECUENCIA:

Control automático de la secuencia de operación de 3 motores de inducción.



ARRANQUE Y CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTOR POLIFASICO DE INDUCCION

Arranque de un motor jaula de ardilla.



Características par motor-velocidad de un motor jaula de ardilla y su carga

$N_R = 0$ $N_R = N_S$

Mientras el T_M sea mayor que T_L la máquina se acelera más pronto $(T_M - T_L)\uparrow$; periodo de aceleración $\downarrow$ (menor)

El punto en el cual trabaja el motor con carga sería aquel el cual el $T_M = T_L$

La corriente en el arranque de un motor de inducción es igual a la corriente de cortocircuito del motor (corriente de rotor frenado) la cual es de 4 a 6 veces la Inom.

La variacion de la corriente y el par motor durante el período de arranque depende unicamente de los parametros del motor y son indendientes del par de oposicion dela carga.

Cuando el par de arranque es bajo tal como en ventiladores y bombas centrifugas puede reducirse la corriente de arranque - del motor con lo cual decrese el par motor de arranque.

Esto puede llevarse a cabo por los medios siguientes.

a) Resistencia en serie

b) Reactancia en serie

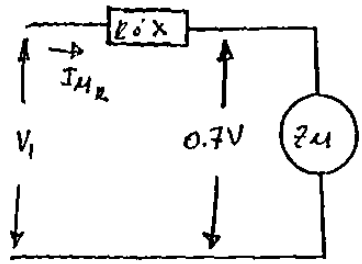
c) Autotransformador

d) Conexión Y - Δ

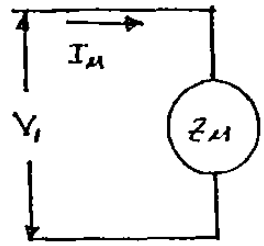
e) Arranque con una sección del arrollamiento (devanado)

Potencias nominales normalizadas por la NEMA, en caballos vapor, para aparatos de arranque magnéticos conectados a una línea trifásica

Tamaño del arrancador	Condiciones medias de servicio, trabajo sin frenado a contracorriente o sin avance gradual			Trabajo con frenado a contracorriente, inversión o avance gradual			Motores de potencia constante y varias velocidades, trabajo con frenado a contracorriente o avance gradual			Corriente continua, amperes
	110 V	220 V	440-450 V	110 V	220 V	440-550 V	110 V	220 V	330-550 V	
00	3/4	1	1	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	....	9
0	2	3	5	3/4	1	1	3/4	1	1	18
1	3	7 1/2	10	2	3	5	1 1/2	3	5	27
2	7 1/2	15	25	5	10	15	5	10	15	45
3	15	30	50	10	20	30	10	20	30	90
4	25	50	100	15	30	60	15	30	60	135
5	....	100	200	....	75	150	....	75	150	270
6	....	200	400	....	150	300	....	150	300	540
7	....	300	600	....	....	....	....	....	....	810
8	....	450	900	....	....	....	....	....	....	1215
9	....	800	1600	....	....	....	....	....	....	2250



A TENSION REDUCIDA



A TENSION PLENA

$$I_{M_R} = \frac{0.7V}{Z_M}$$

$$I_M = \frac{V_1}{Z_M}$$

$$T_R = k\,(0.7V)^2$$

$$T_A = k\,V^2$$

$$T_R = k\,(0.49)\,V^2$$

$$\frac{T_R}{T_A} = \frac{k\,(0.49)\,V^2}{k\,V^2}$$

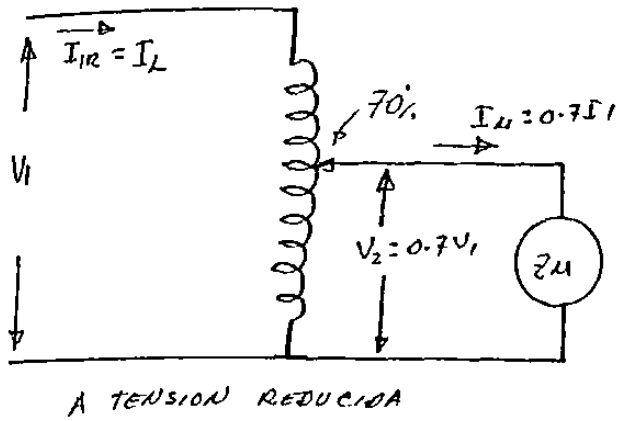
$$\boxed{I_{MR} = 0.7\,I_M}$$

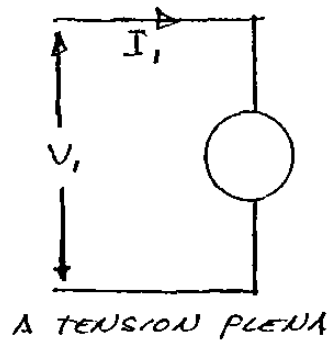
$$\boxed{T_R = 0.49\,T_A}$$

Se deduce de las Ec's que el par motor T_M varía con el cuadrado del voltaje aplicado a este y la corriente varia directamente con el voltaje.

La corriente en el motor y la linea es la misma por ejemplo: si la resistencia o reactancia produce una caida de voltaje del -- 30%, el voltaje aplicado sera el 70% y la corriente que toma el motor sera 70% y el par sera el 49% de lo que tendria a pleno - voltaje.

Arranque por autoransformador;





$$I_M = \frac{V_2}{Zm} \qquad I_1 = \frac{V\,1}{Zm}$$

$$V_2 = \frac{0.7\ V1}{Zm}$$

unicamente en el arranque cuando Z no -- cambia

$$\begin{cases} T_1 = K\ V_1^2 \\ T_1 \propto V_1^2 \\ T_1 = k\ V_1^2 \end{cases}$$

$$I_M = .7 I_1$$

$$T_2 = K\ V_2^2$$

$$T_2 = K\ (.7V1)^2$$

$$T_2 = K(0.49)\ V_1^2$$

$$T_2 = (0.49)\ KV_1^2$$

$$\boxed{T_2 = 0.49\ T_1}$$

$$V_1\ I_{1R} = V_2 I_M$$

$$I_{1\,R} = \frac{V2}{V_1}\ IM$$

$$I_1^R = 0.7\ IM$$

$$I_1^R = (0.7)(0.7 I_1)$$

$$\boxed{I_{1R} = 0.49\ I_1}$$

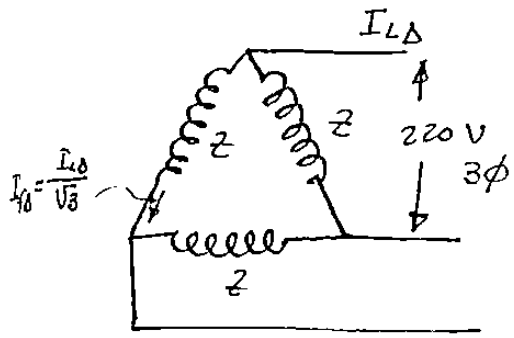
En el arranque por autotransformador si el voltaje disminuye a el 70% tenemos:

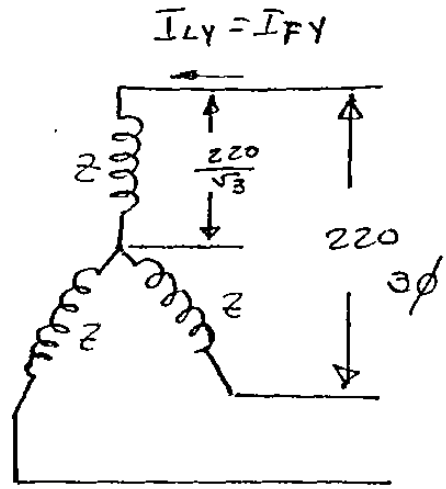
la corriente del motor (IM) disminuye a el 70% de I_1 (a pleno V)

la corriente de la linea (I_L) disminuye a el 49% de I_1

T el par a voltaje reducido disminuye a el 49% de T_1 (a pleno V)

CONEXION Y - Δ





Conexión normal

$$I_{f\Delta} = \frac{220}{Z}$$

$$I_{L\Delta} = \sqrt{3}\ I_{f\Delta} = \frac{\sqrt{3}(220)}{Z}$$

$$\boxed{I_{L\Delta} = \frac{\sqrt{3}(220)}{Z}}$$

Conexión en arranque

$$I_{LY} = \frac{\frac{220}{\sqrt{3}}}{Z} = \frac{V_f}{Z}$$

$$\boxed{I_{LY} = \frac{220}{\sqrt{3}\ Z}}$$

$$\frac{I_{L\Delta}}{I_{LY}} = \frac{\frac{\sqrt{3}(220)}{Z}}{\frac{220}{\sqrt{3}\ Z}}$$

$$\boxed{I_{L\Delta} = 3\ I_{LY}}$$

$$\boxed{I_{LY} = \frac{I_{L\Delta}}{3}}$$

En una conexión Y - Δ, la corriente de linea al arrancarlo en Y es 1/3 de la corriente de linea al arrancarlo en Δ

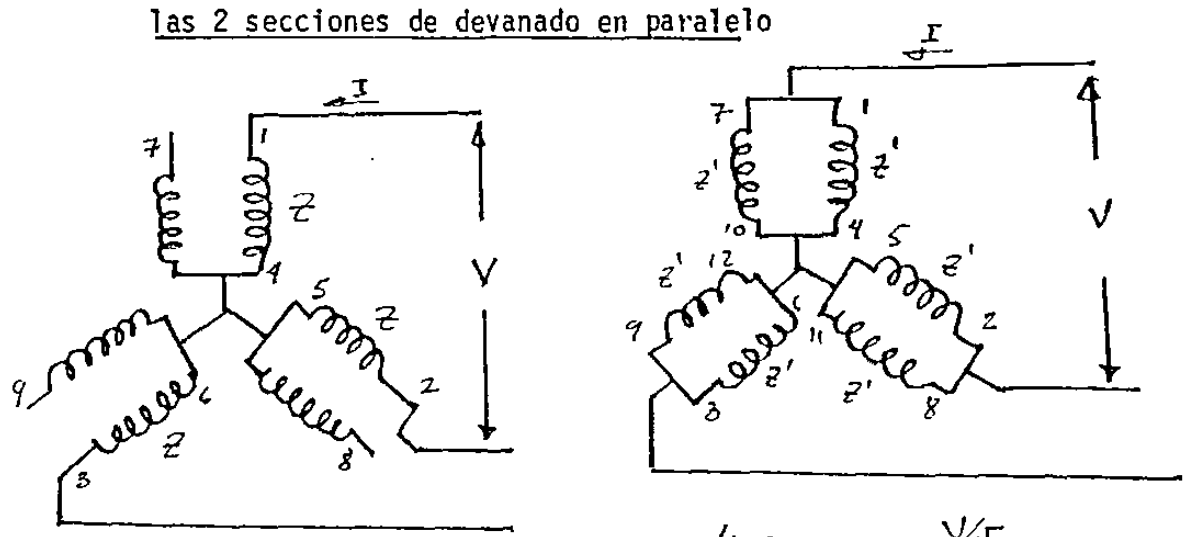
El $T_Y = \frac{T_\Delta}{3}$ el par al arrancarlo en conexión Y es 1/3 del par que tendría al arrancarlo en

$T = K I_1^2$ ← en arranque

Arranque con una sección del devanado

Cuando tiene un motor con 2 circuitos (ó más) en paralelo - - (tal con 2 Y en paralelo) como en los motores de 220/440. Se incrementar la impedancia del devanado del estator conectando en el arranque un solo circuito y una vez que alcanzo cierta velocidad se conecta la otra sección en paralelo.

Con este arreglo el motor toma de la linea el 60 al 75% de la corriente de arranque que tendria con los 2 devanados en paralelo y desarrolla del 50 al 60% del par motor de arranque con las 2 secciones de devanado en paralelo



$$I = \frac{V/\sqrt{3}}{Z} \qquad I = \frac{V/\sqrt{3}}{\frac{Z \cdot Z'}{Z' + Z'}} \approx \frac{V/\sqrt{3}}{Z/2}$$

Z y Z' son diferentes por que en la conexión de la izquierda solo se alimenta un devanado pero el otro continua conectado en el mismo nucleo.

Además este unico devanado tiene que producir el par de arranque. Mientras que en la conexión de la derecha es producido por la acción conjunta de los dos.

ARRANCADORES PARA MOTORES DE ROTOR EMBOBINADO

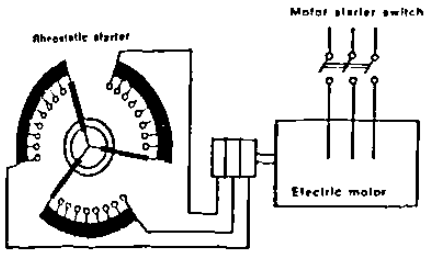


Fig.
Current and torque curve of a squirrel-cage motor.

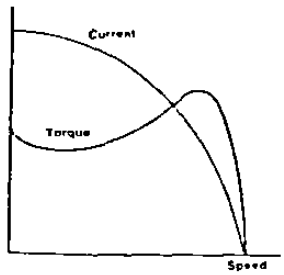


Fig.
Slip-ring motor with rheostatic starter connected for maximum starting torque

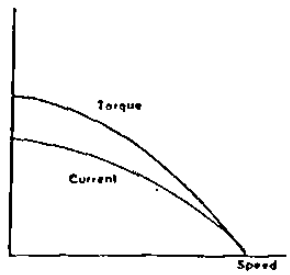
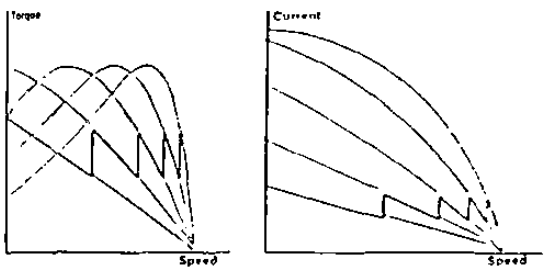


Fig.
Example of the starting sequence of a slip-ring motor with five steps in the rheostatic starter.



$$P_{cg} = m I_2'^2 \frac{r_2'}{s}$$

$$T = \frac{7.04}{N_s} P_{cg}. \qquad N_s = \frac{120 f}{P} = cte.$$

Si $T = cte$ $\quad P_{cg} = cte$

$$P_e = s\, P_{cg}.$$ (Pérdidas del Rotor)

$$\boxed{P_e = S \times cte}$$

$$r_t' = r_2' + r_{ext}'$$

Sí r_t' aumenta a el doble las Pe serán el doble entonces el deslizamiento "S" será el doble.

Para un Par Motor dado, el deslizamiento "S" es proporcional a la resistencia del Rotor .

Para Par nominal en el arranque:

$$\boxed{\frac{r_2' + r_{ext}'(s=1)}{1} = \frac{r_2'}{S_n}}, \quad r_{ext}'_{(s=1)} = r_2'\left(\frac{1-S_n}{S_n}\right)$$

Para Par Máximo en el Arranque:

$$\boxed{\frac{r_2' + r_{ext}'}{1} = \frac{r_2'}{S_{TMAX}}}, \quad r_{ext}' = r_2'\left(\frac{1-S_{TMAX}}{S_{TMAX}}\right)$$

CAPITULO 9

CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES DE INDUCCIÓN

De las siguientes ecuaciones se puede observar las diferentes maneras de controlar la velocidad.

1). $N_r = \frac{120\ f_1}{P}\ (1-S)$ $\qquad T = k\left(\frac{V}{f}\right)^2$

2). $S = \frac{N_s - N_r}{N_s} = \frac{f_2}{f_1} = \frac{N_1\ K_{dp1}\ E_2}{N_2\ K_{dp2}\ E_1}$ $\qquad E_2 = S\ \frac{N_2\ K_{dp2}}{N_1\ K_{dp1}} E_1$

3). $N_r = \frac{120(f_1 \pm f_2)}{P}$

4). $N_r = \frac{120\ f_1}{P}\left(1 - \frac{N_1\ K_{dp1}\ E_2}{N_2\ K_{dp2}\ E_1}\right)$

5). $P_e = S\ P_{e\ gir}$

6). $N_r = \frac{120\ f_1}{P}\left(1 - \frac{P_e}{P_{egir}}\right)$ (sustituyendo 5 en 1)

Si T_L = cte. ∴ P_e gir = cte.

7). $P_e = m I_{2'}^2\ (r_{2'} + r'_{ext})$

Basicamente la velocidad de los motores de inducción se pude controlar ajustando cualquiera de las siguientes variables del motor.

a). La frecuencia de alimentación (f_1)

b). El número de polos (ver devanados de 2 ó más velocidades)

c). El deslizamiento (S).

c1. La frecuencia del rotor (f_2)

c2. El voltaje del rotor (E_2)

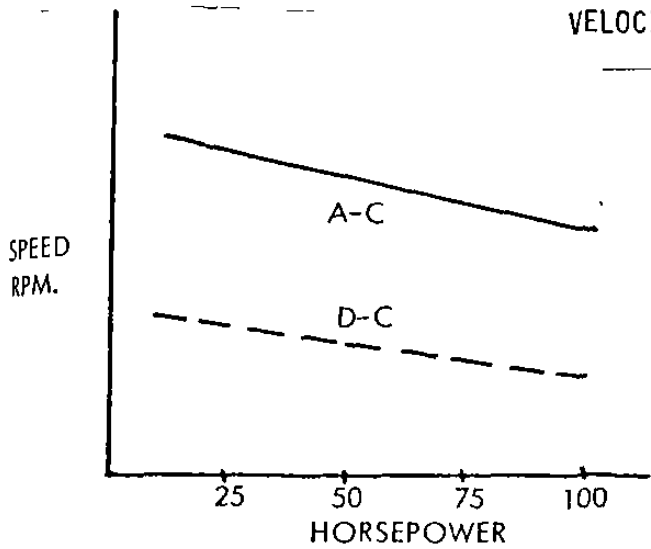
c3. El voltaje de alimentación (E_1 , V_1)

c4. Resistencias en el rotor (r_{ext})

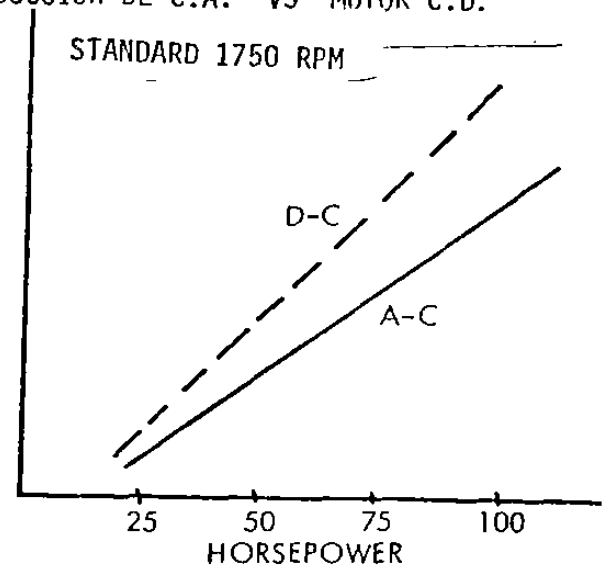
c5. Control del deslizamiento por medios auxiliares.

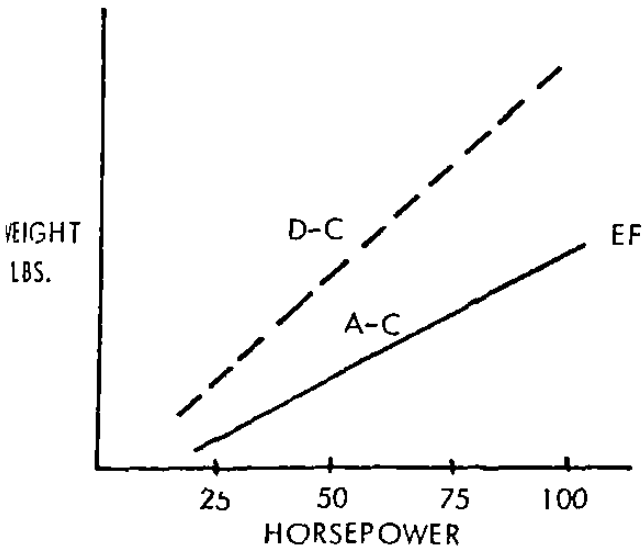
COMPARACION ENTRE MOTOR DE INDUCCION DE C.A. VS MOTOR C.D.

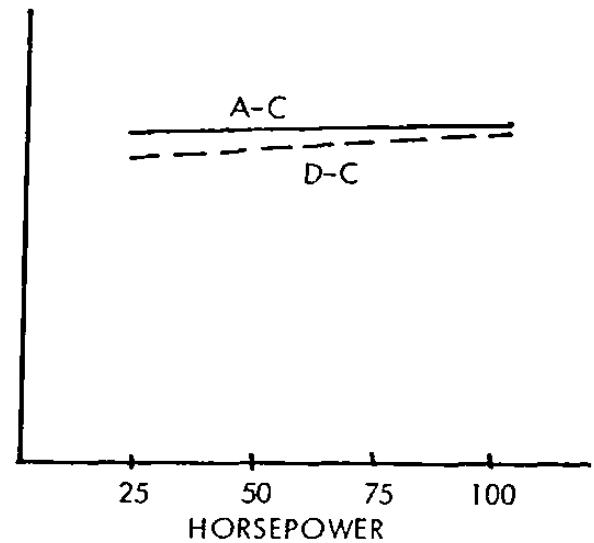
VELOCIDAD BASE

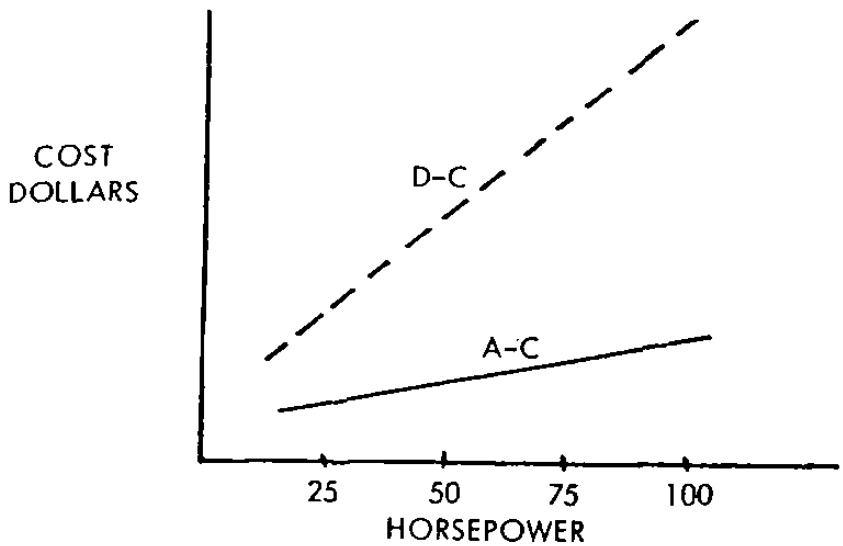


STANDARD 1750 RPM









SISTEMAS DE CONTROL DE C.A. VS C.D.

Los motores de C.D. han sido usados universalmente para el control de velocidad desde el tradicional sistema Word Leonard con grupo M.G hasta los nuevos sistemas totalmente estáticos regenerativos (sistemas word leonard estatico) con tiristores. Algunas operaciones fueron realizadas en el pasado con motores de inducción de rotor devanado por resistencias variables en el rotor. El motor de inducción de jaula de ardilla y el sincronico siempre han sido considerados como motores de velocidad constante y solo existian algunos sistemas de control por máquinas electricas en cascada de muy baja eficiencia y alto mantenimiento.

Sin embargo, los condiciones han cambiado en los ultimos años, gracias a la electrónica de potencia del estado solido con la ventaja actual de baratos dispositivos semiconductores de alta potencia, son capaces de controlar actualmente motores de más de 1000HP's sin dispositivos en paralelo. Actualmente la aplicación de estos dispositivos es casi universal en sistemas de control de motores de C.D., reemplazando casi totalmente los metodos de control mecanico debido a un mejoramiento en su funcionamiento a menor costo.

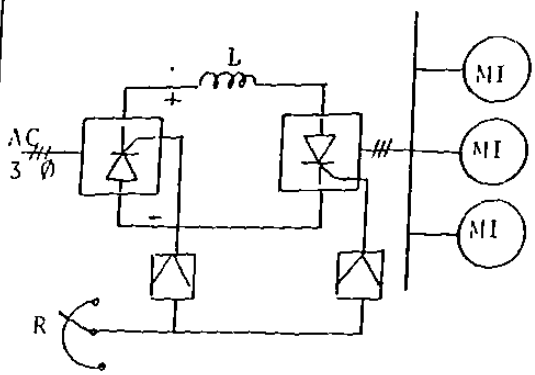
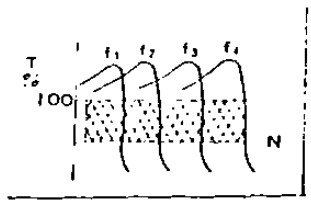
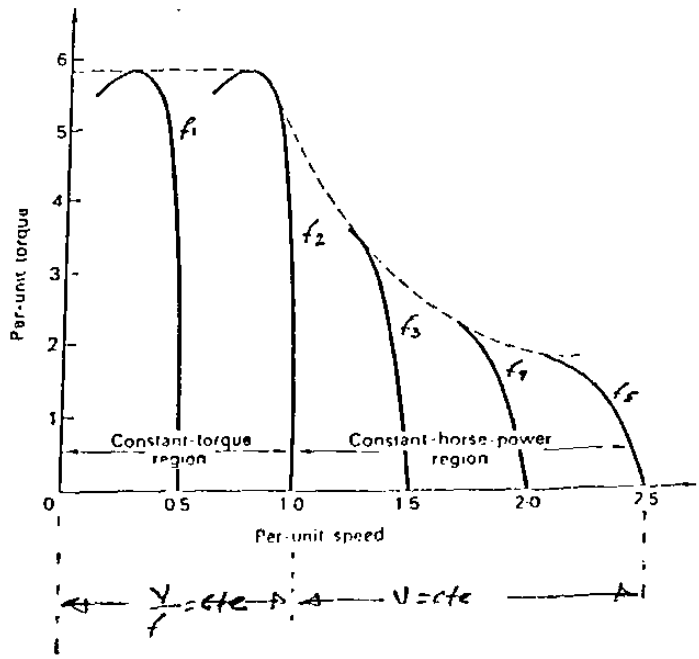
La aplicación de los sistemas de control de motores de C.A. ha sido relativamente lento debido a la necesidad para desarrollar una nueva tecnología en inversores y cicloconvertidores así como los metodos de control.

- Sistemas de Motores de Velocidad Ajustable
  - Motores de C.D.
    - Control por corriente de campo. ($HP = CTE$)
      - Sistemas con chopper.
      - Sistemas con amplificadores magnéticos rotator
      - Sistemas electrónicos con tiristores.
  - Motores de C.A.
    - Motor de Inducción Jaula de ardilla.
      - Control por Voltaje Primario
        - Control por reactor
        - Control por tiristore
      - Control por frecuencia primeria.
        - Inversor
        - Ciclo convertidor
      - Control por acoplamiento de corrientes de Eddy.
    - Motor de Inducción de Rotor Devanado
      - Control por resistencia en el secundario
      - Control por voltaje Primario
        - Control por reactor
        - Control por tiristores
      - Control por excitación Secundaria
        - Sistema Rectiflow
        - Scherbius estático
        - Scherbius estático-supersincrónico.
      - Control por Freno
        - Freno por corrientes de Eddy.
        - Freno mecánico.
    - Motor sincrónico ⟶
      - Control por frecuencia Primaria
        - Inversor.
        - Cicloconvertidor.
        - Motor de C.D., o C.A. sin conmutador.

Tabla 1.

Clasificación de los Sistemas de Velocidad Variable Ajustable.

CONTROL DE VELOCIDAD POR FRECUENCIA PRIMARIA POR MEDIO DE INVERSORES

SISTEMA	CONTROL POR FRECUENCIA P.
TIPO DE MOTOR	MOTOR DE INDUCCION EN JAULA DE A.
DIAGRAMA ESQUEMATICO	
METODO DE CONTROL	La velocidad de los motores es controlada ajustando la frecuencia y el voltaje de salida del inversor.
APLICACIONES	Industria Textil, proceso de rolado, máquinas herramientas petrotors, etc...
CARACTERISTICA DE OPERACION. $\frac{V}{f} = cte \therefore \phi = cte$ $\therefore T = cte$	
CARACTERISTICA DE OPERACION $\frac{V}{f} = cte \rightarrow T = cte$ $V = cte \rightarrow HP = cte$	

CONTROL DE VELOCIDAD POR FRECUENCIA PRIMARIA POR MEDIO DE INVERSORES

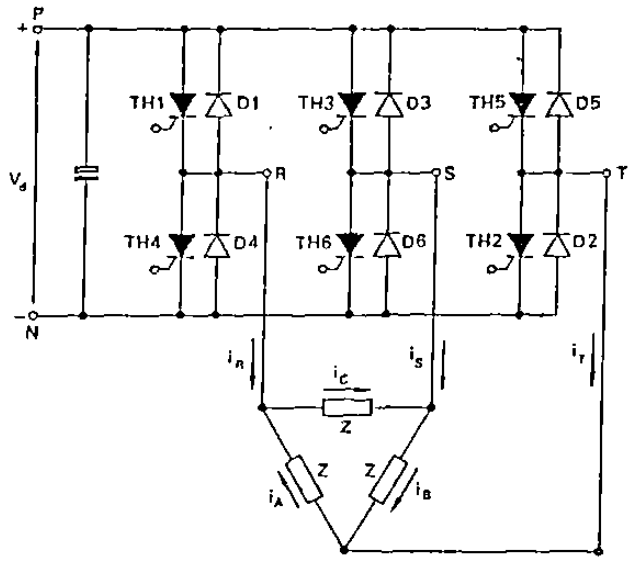
Clasificación de inversores

Tipos de Inversores (CD → CA)

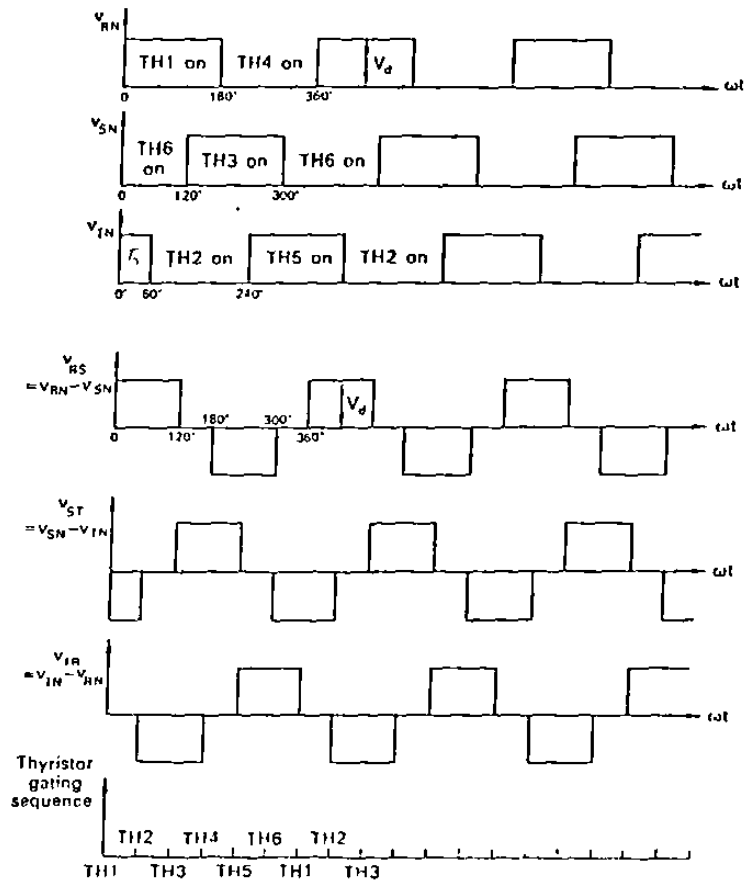
- Fuente de voltaje (VSI) (conducción de 180°)
  - SCR'S (cualquier capacidad)
  - Transistores (menos de 250 HP's 1980) pero la capacidad aumentará en el futuro
- Fuente de correinte (CSI) (conducción de 120°)
- Inversor de modulación de ancho del pulso (PWM) (Pulse - width Modulated inverter)

Inversores de fuente de voltaje (VSI-voltage source inverter)

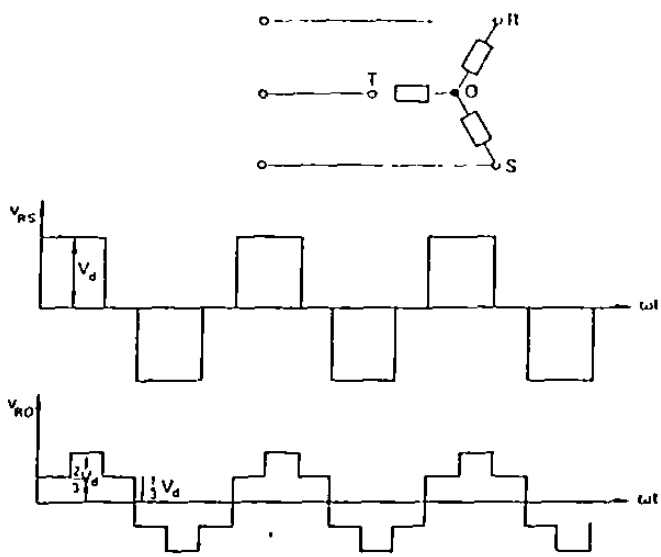
a) Con SCR'S



- Diagrama esquemático de inversor de tipo de voltaje (circuito básico)



Formas de onda de voltaje y secuencia de disparo para un inversor trifásico tipo de voltaje de seis pasos.



Voltajes de línea y de fase para un inversor con carga conectada en estrella.

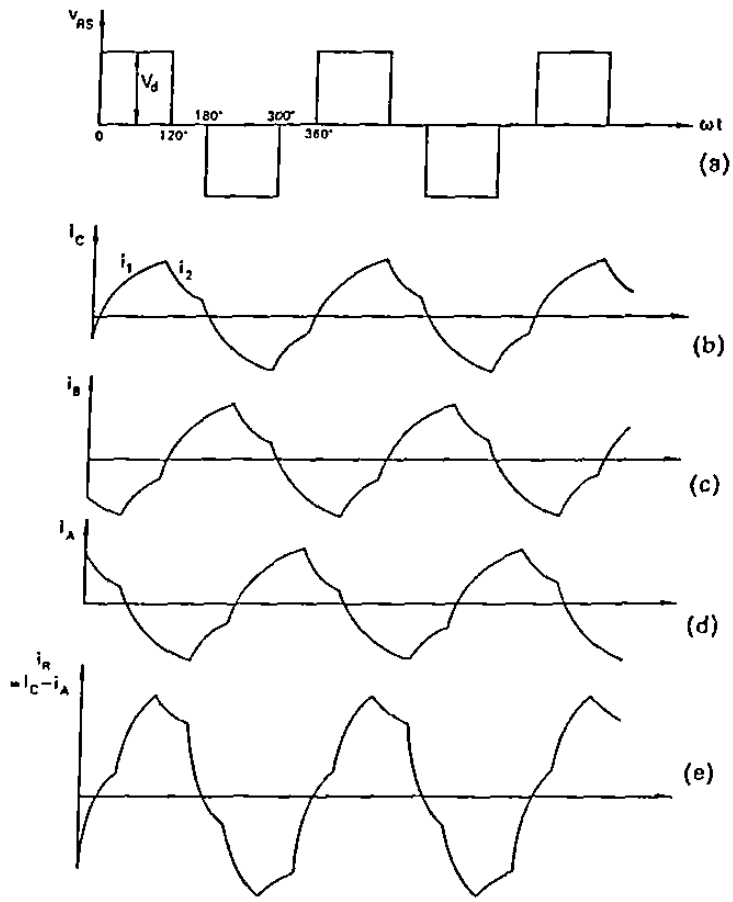
Serie de Fourier para loa voltajes de linea.

$$v_{RS} = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} V_d \left\{ \sin \omega t - \frac{1}{5} \sin 5\omega t - \frac{1}{7} \sin 7\omega t + \frac{1}{11} \sin 11\omega t + \cdots \right\}.$$

El valor RMS es $\sqrt{(2/3)}$ Vd o 0.816 Vd y la componente fundamental tiene un - valor RMS de $\sqrt{6}$ Vd/π o 0.78 Vd.

La serie de Fourier para el voltaje de fase es:

$$v_{RO} = \frac{3}{\pi} V_d \left\{ \sin \omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \frac{1}{7} \sin 7\omega t + \frac{1}{11} \sin 11\omega t + \cdots \right\}.$$



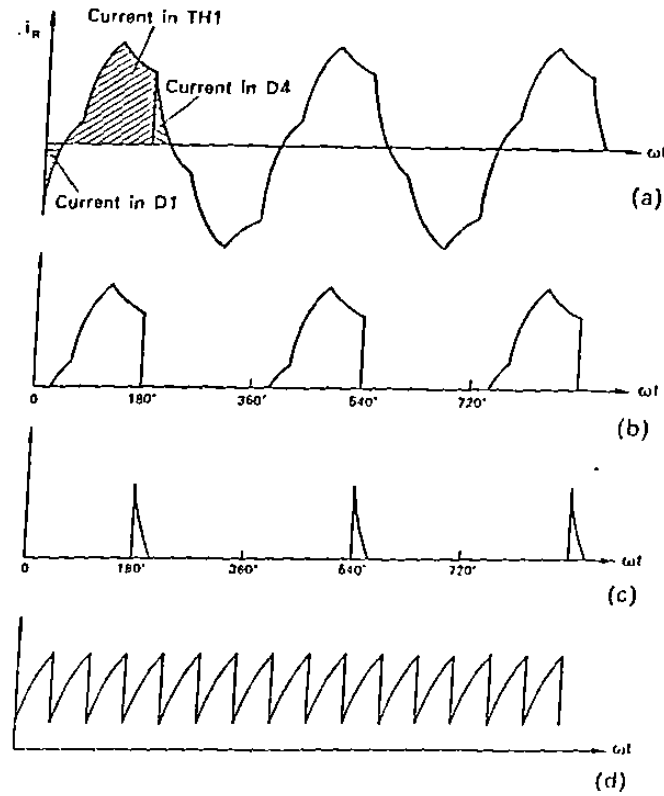
Formas de onda de voltaje y corriente en un inversor trifásico de seis pulsos -- con carga inductiva en delta (a) voltaje de linea; (b), (c), (d), corrientes de fase; (e) corriente de linea.

Corriente de linea CA.

Corriente en TH 1

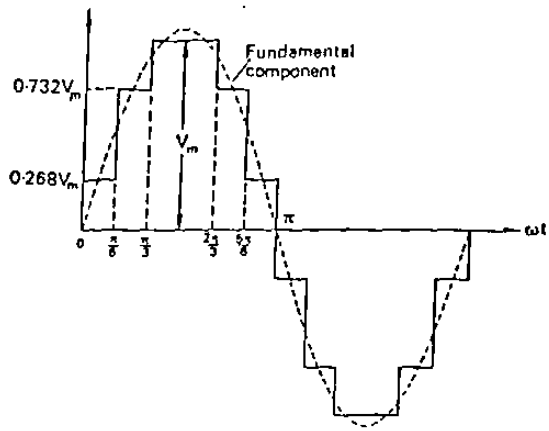
Corriente en diodo D4

Corriente de la fuente de C.D.

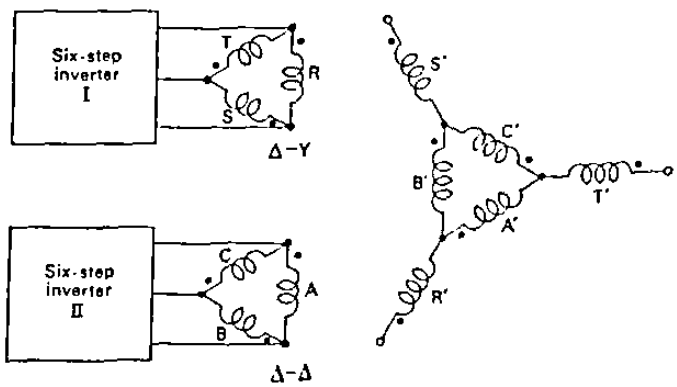


Formas de onda de corriente en un inversor de seis pasos trifásico.

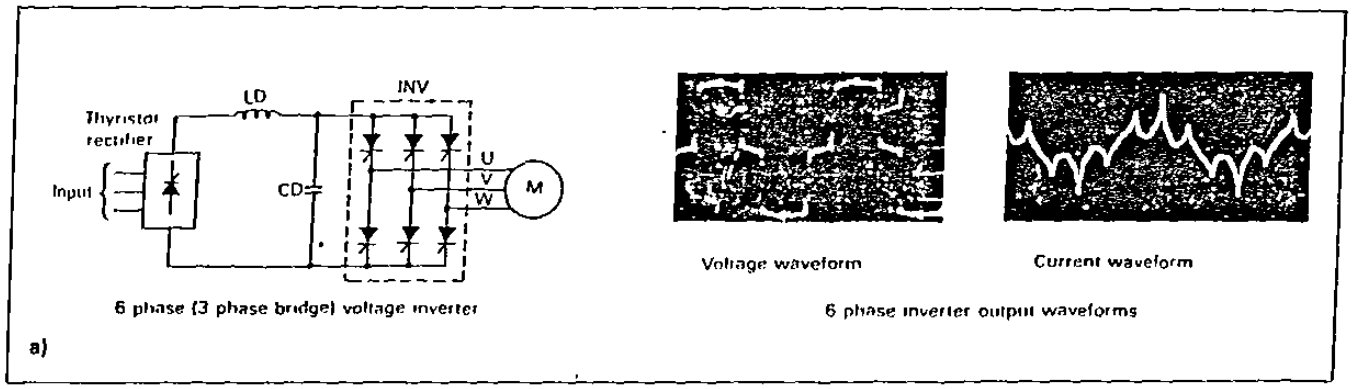
Inversor de 12 pasos

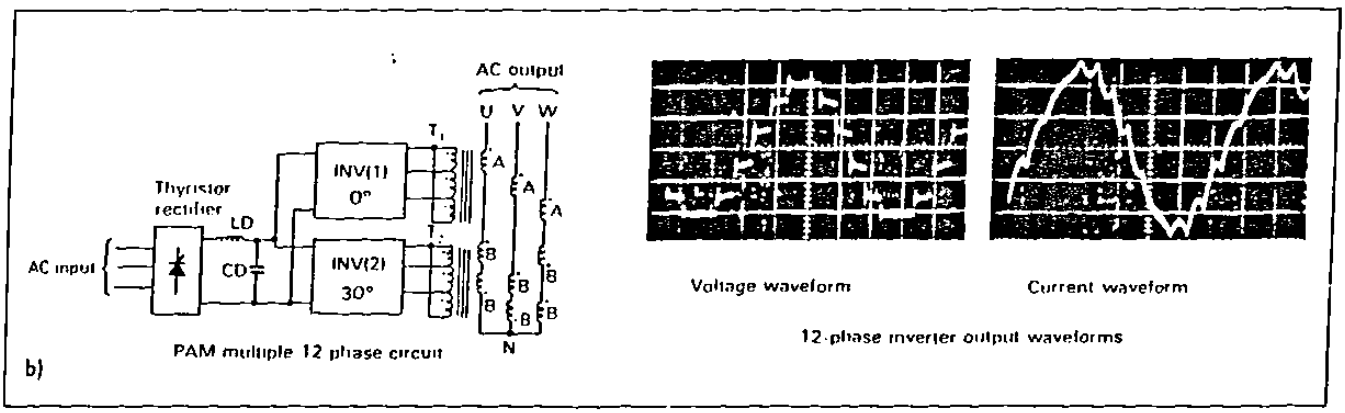


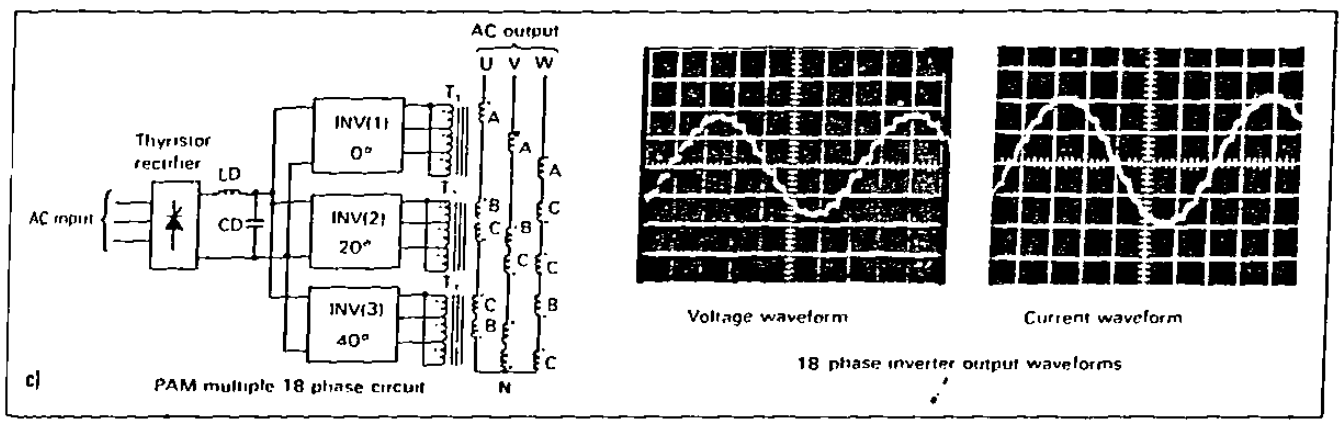
$$v = \frac{\pi}{3} V_m \left\{ \sin \omega t + \frac{1}{11} \sin 11\omega t + \frac{1}{13} \sin 13\omega t + \frac{1}{23} \sin 23\omega t + \frac{1}{25} \sin 25\omega t + \cdots \right\}.$$



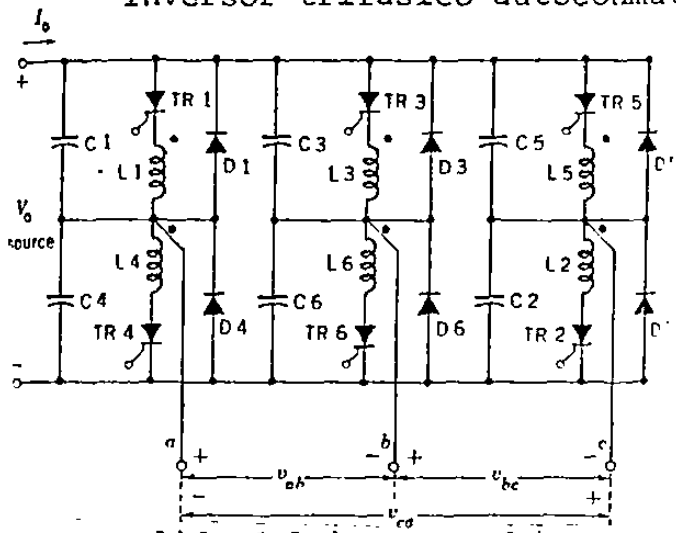
Circuitos inversores de pasos multiples (tipo fuente de voltaje)



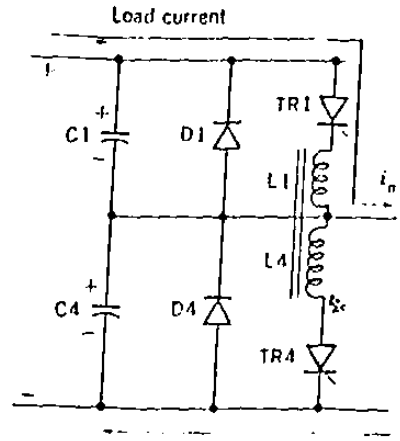




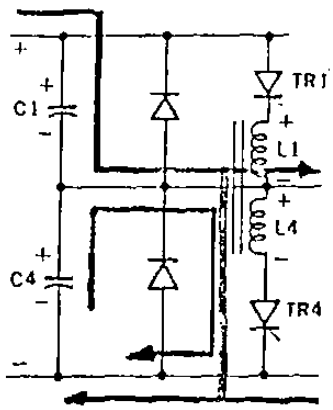
Inversor trifásico autoconmutado.



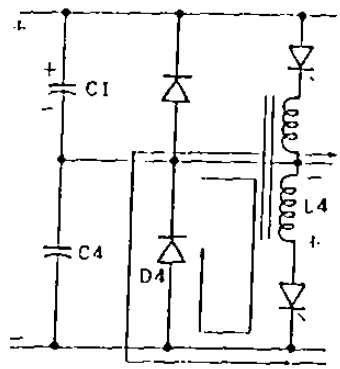
Salida del inversor 3ø



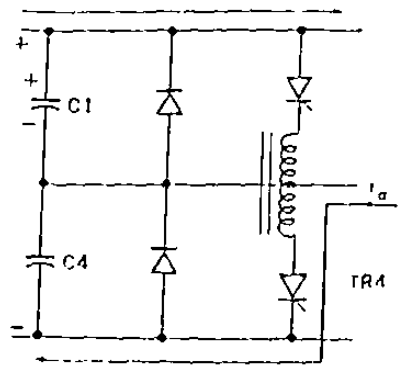
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. Secuencia de conmutación de un inversor trifásico (a) Tr_1 está portando la corriente de carga Ia; (b) tr_4 es disparado; (c) Ia es portada por D_4 , (d) tr_4 está portando la corriente de carga Ia.

Formas de onda del inversor trifásico.

Paso I

Paso II

Paso III

Paso IV

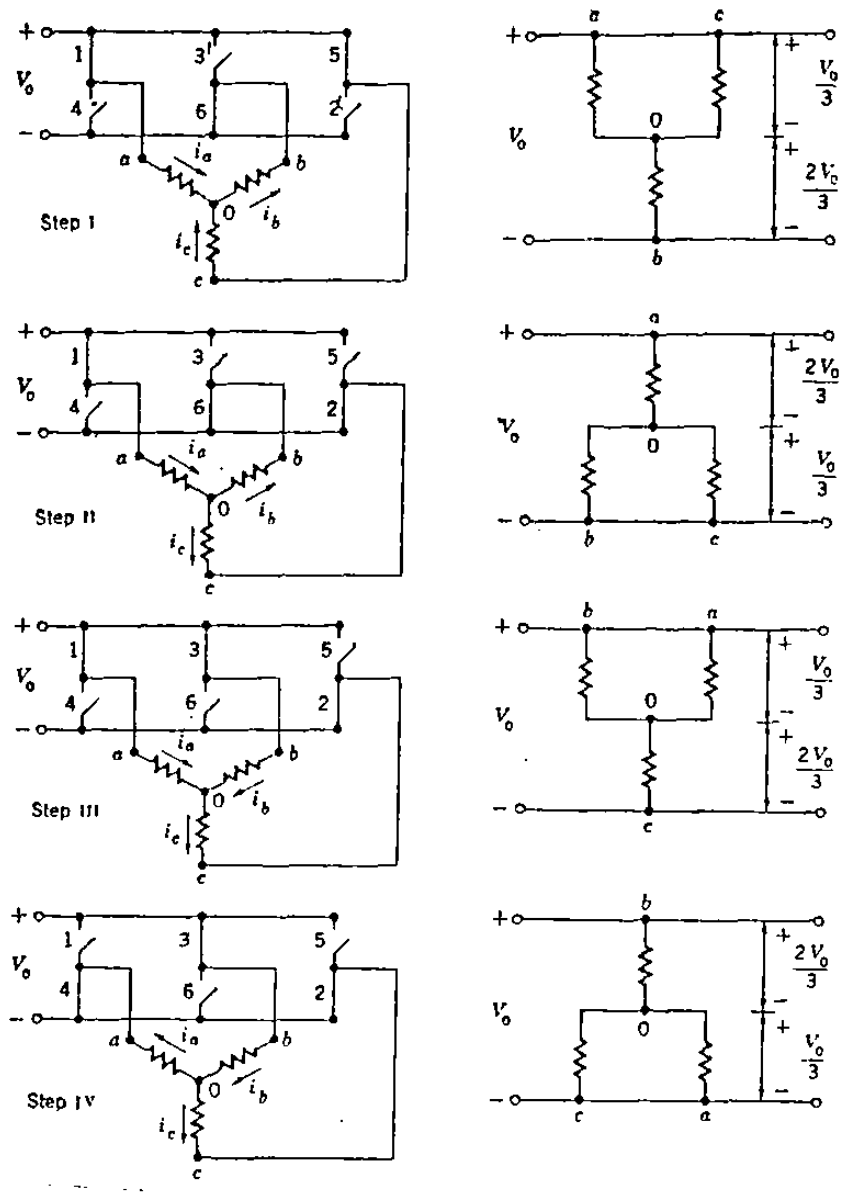


Fig. Operación básica del inversor trifásico, conducción de 180°

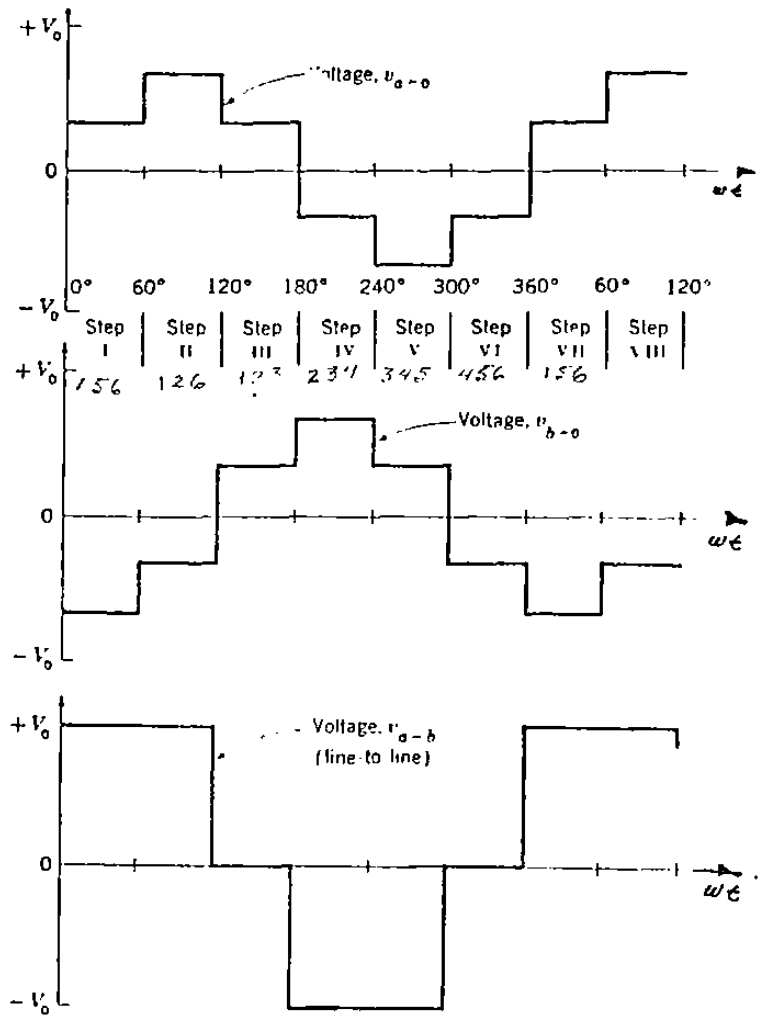
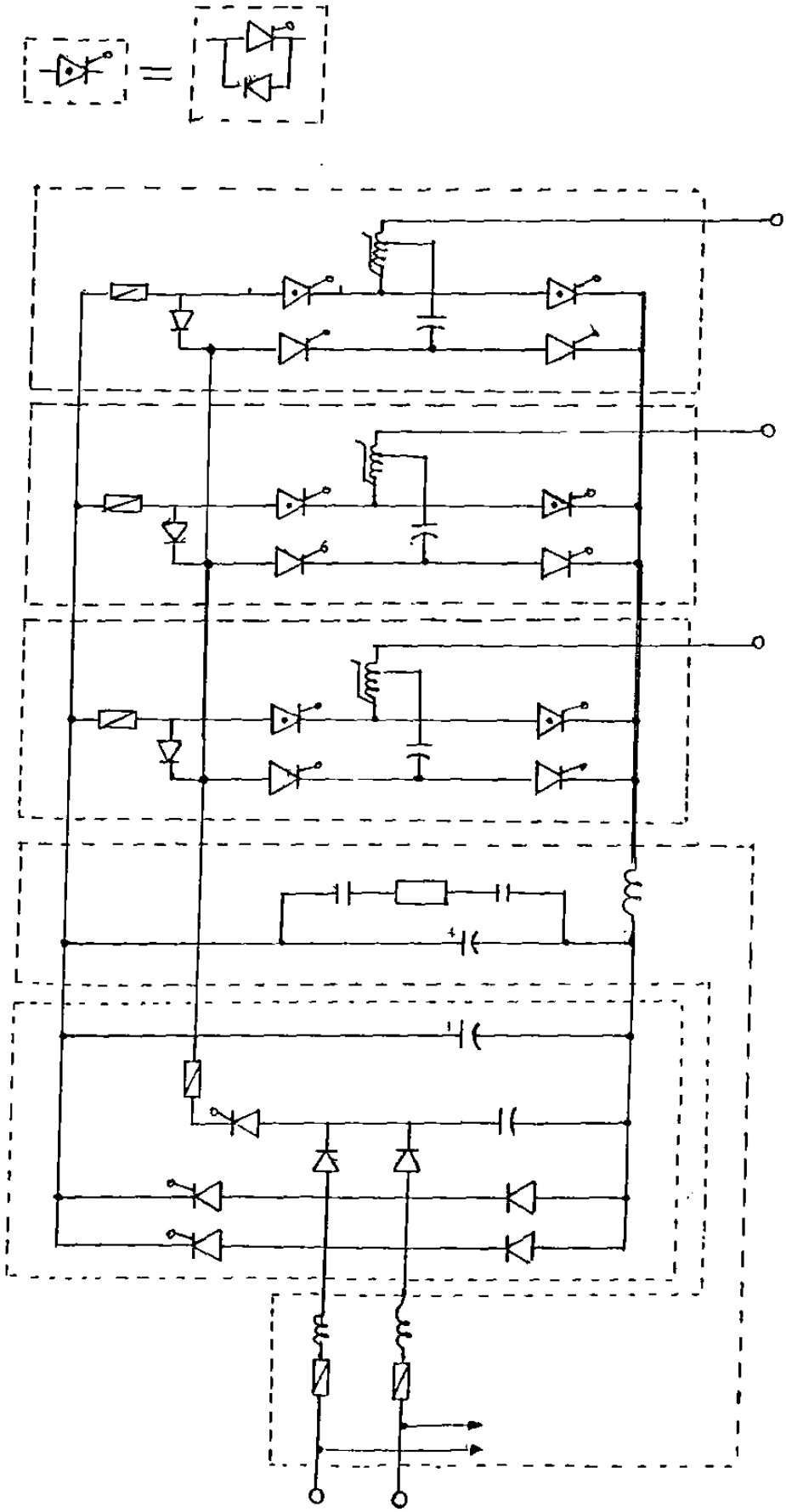


Fig. Formas de onda generadas por un inversor trifásico, conducción de 180°.



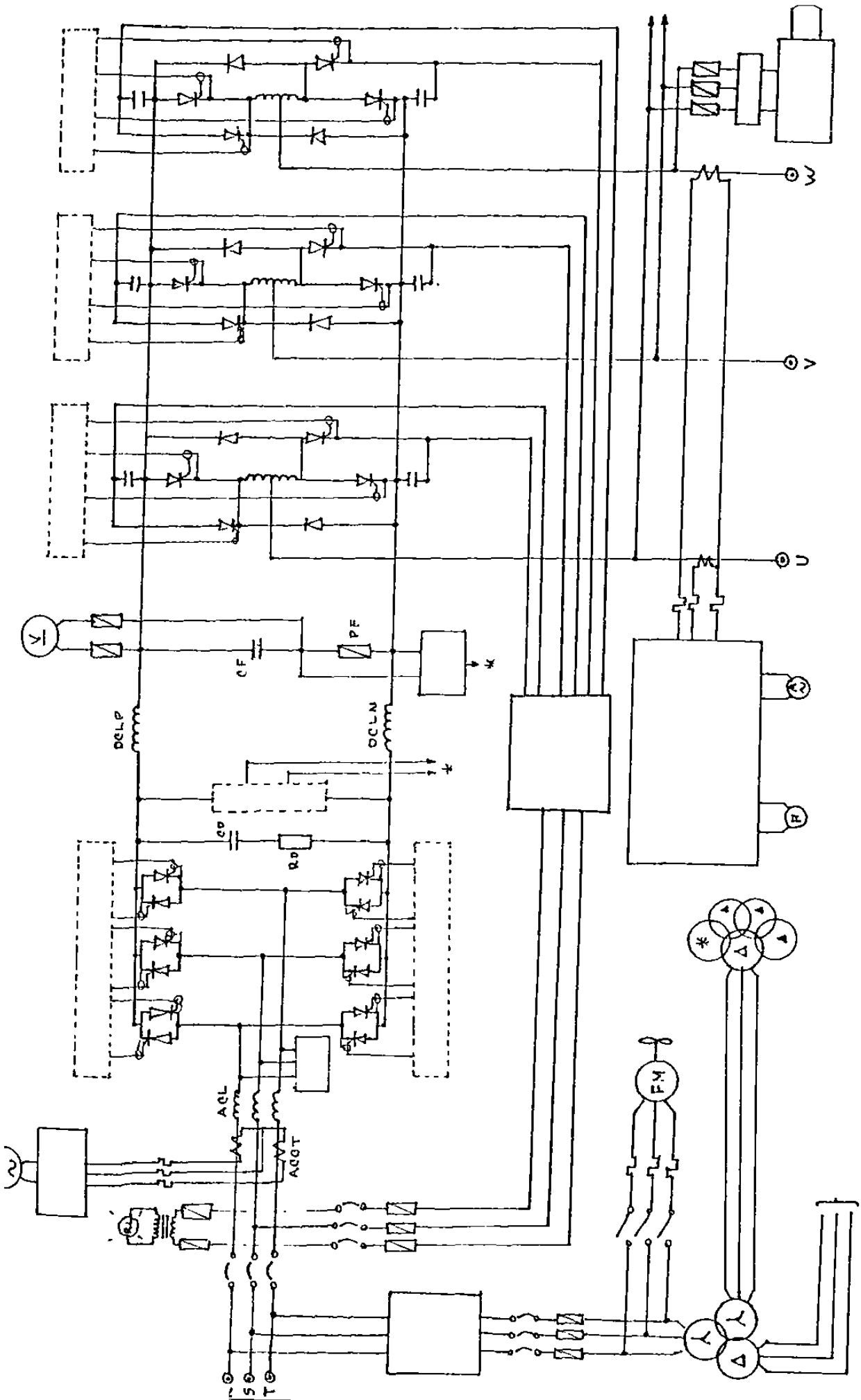
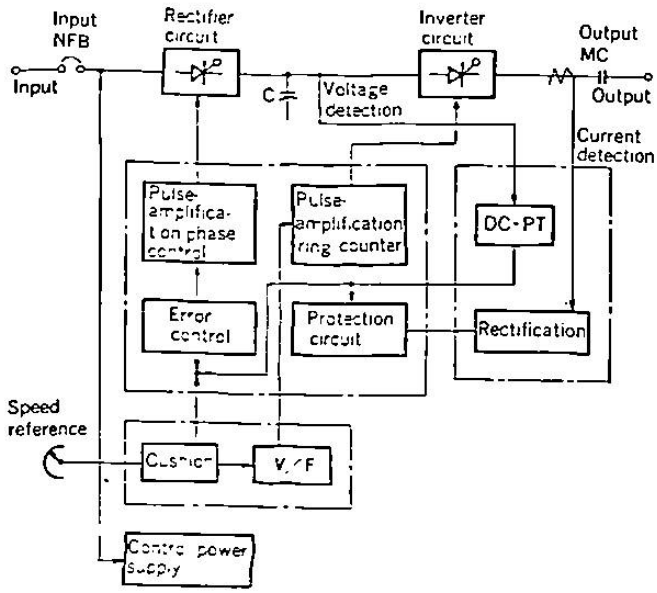
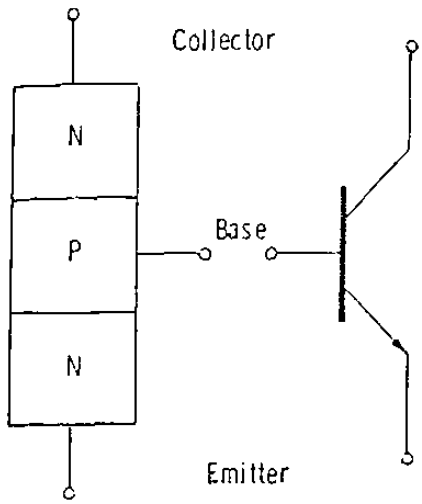
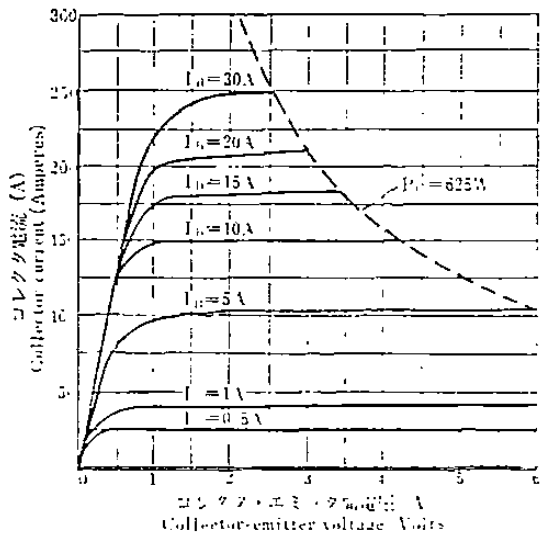

DCLP
DCLN
CF
PF
CD
RD
ACL
ACCT
F.M
R
S
T

Diagrama de block de un controlador para un motor de inducción con inversor tipo - fuente de voltaje (VSI)



TRANSISTORES DE POTENCIA

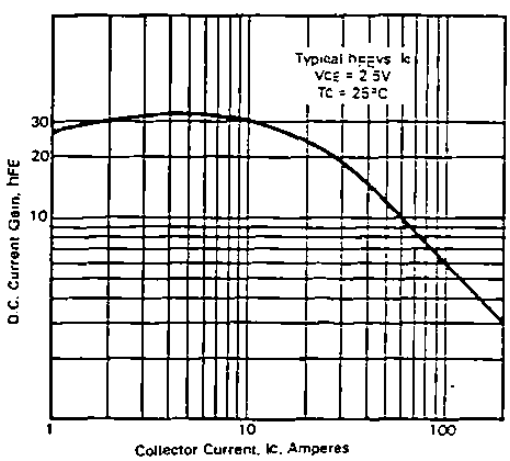




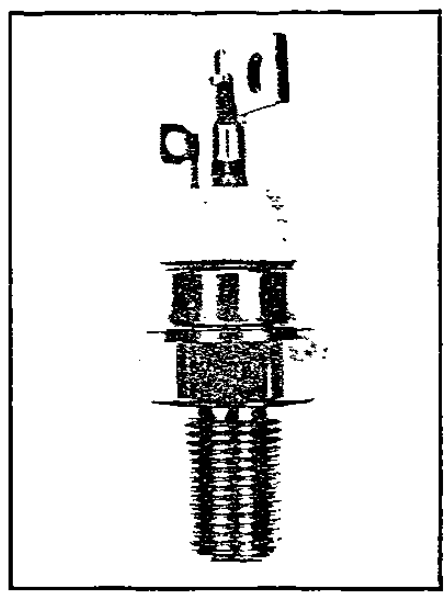
TR 250A-0825, 1025 出力特性 代表例 Tc:=25 C
Output characteristics for (typical Tc=25 C)

Transistor de potencia NPN, estructura fisica, simbolo y característica V-I

Type	Voltage			Current		Gain
Code	VCEO (SUS)	VCBO	Code	ICC	Code	HFE
D60T (Stud)	400	400	40	40	40	10
	450	450	45	50	50	
D62T * (Disc)	500	500	50	60	60	

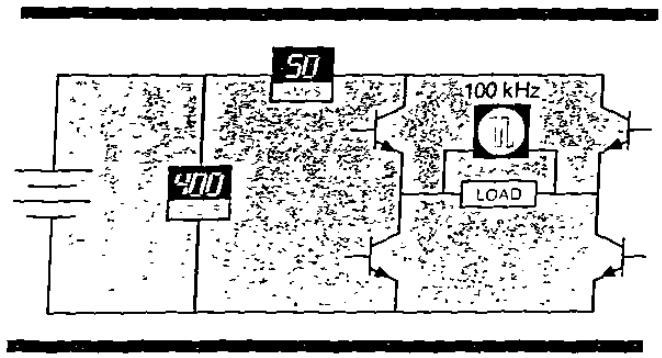


Característica de ganancia

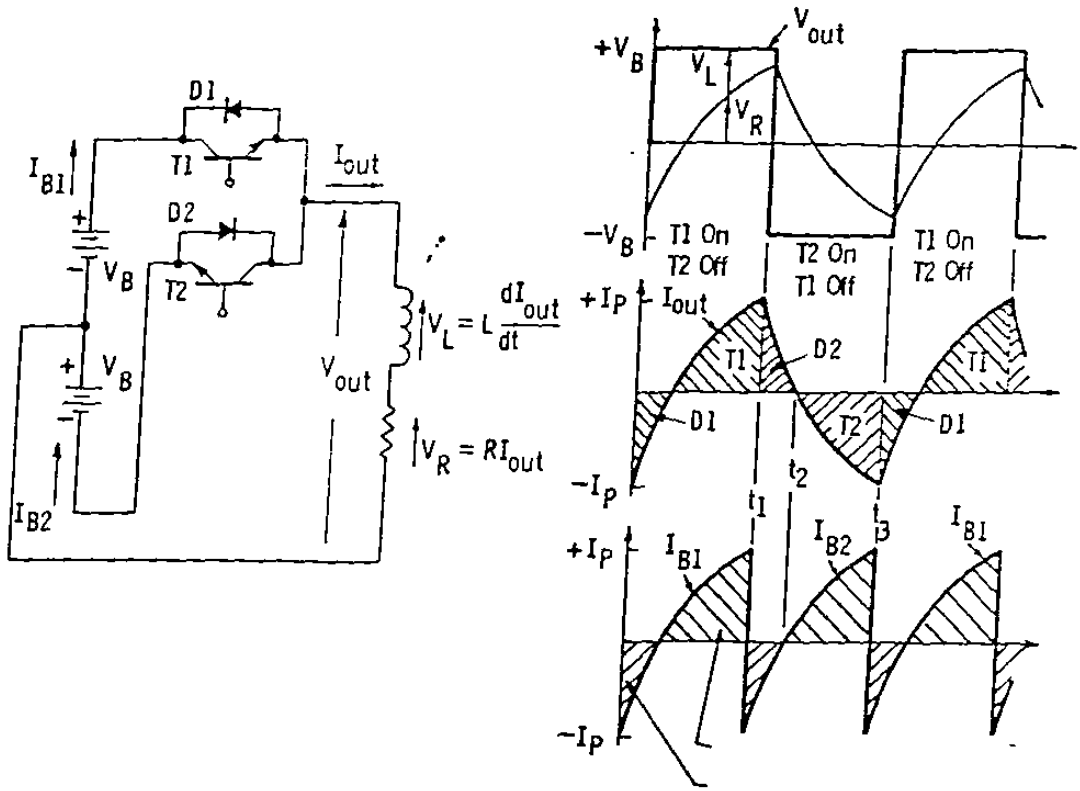


200 Amperes
400—500 Volts

INVERSORES MONOFASICOS CON TRANSISTORES DE POTENCIA

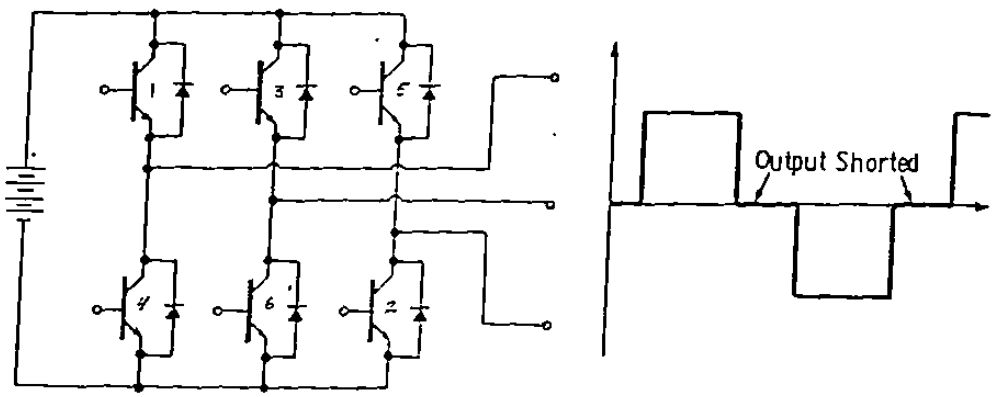


Circuito básico de un inversor con transistores

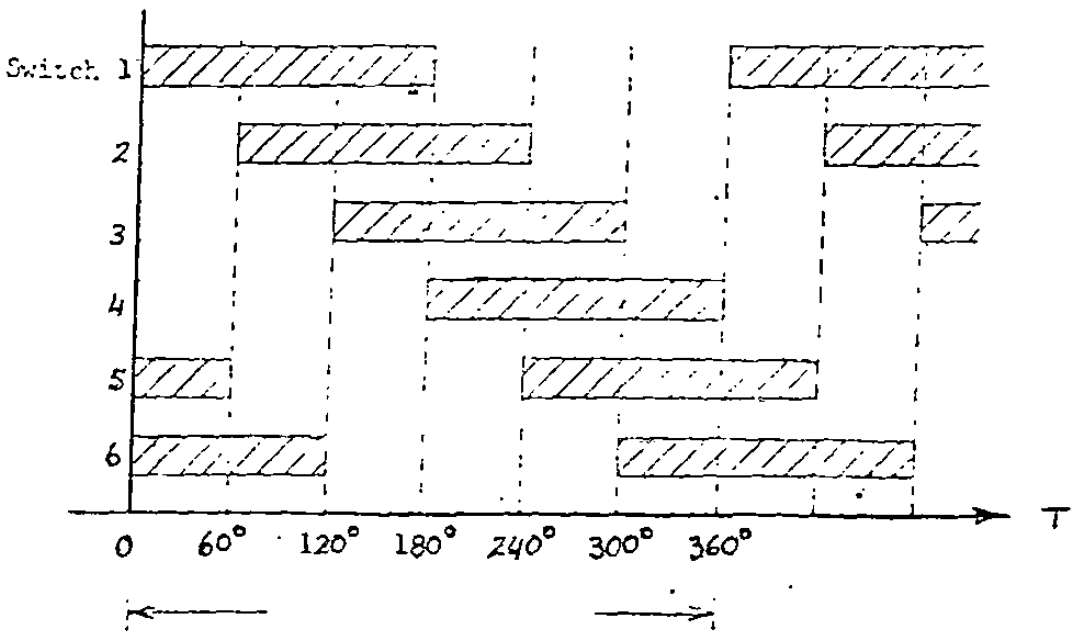


Circuito y formas de onda de un inversor de medio puente con carga inductiva.

INVERSOR TRIFASICO CON TRANSISTORES DE POTENCIA

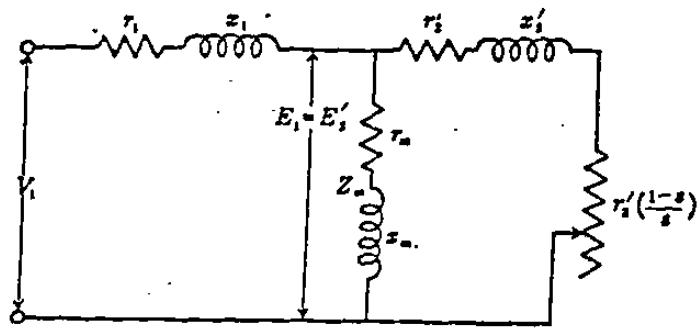


Circuito básico de un inversor trifásico



Secuencia de operación de los transistores

FUNCIONAMIENTO EN BAJA FRECUENCIA CON V/F INCREMENTADO (VOLTAGE BOOST)

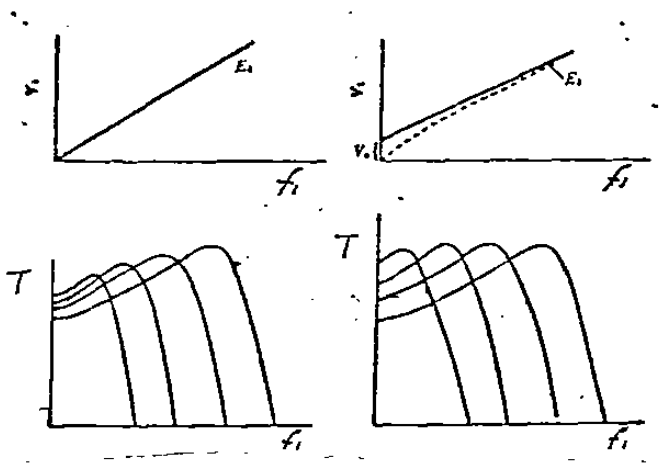


Circuito equivalente del motor de inducción(por fase)

Para operación con par cte es necesario que v/f= cte,($T = K \frac{V^2}{f^2}$), sin embargo -- en baja velocidad (baja frecuencia), las reactancias disminuyen de valor ($x=2\pi f L$) y las resistencias son cte's La caida $I_1 r_1$ es mucho mayor que I1X1 y el voltaje contraelectromotriz El disminuye disminuyendo el flujo y por lo tanto el par disponible. $\phi = \frac{E \times 10^8}{4.44 k_d k_p f N}$

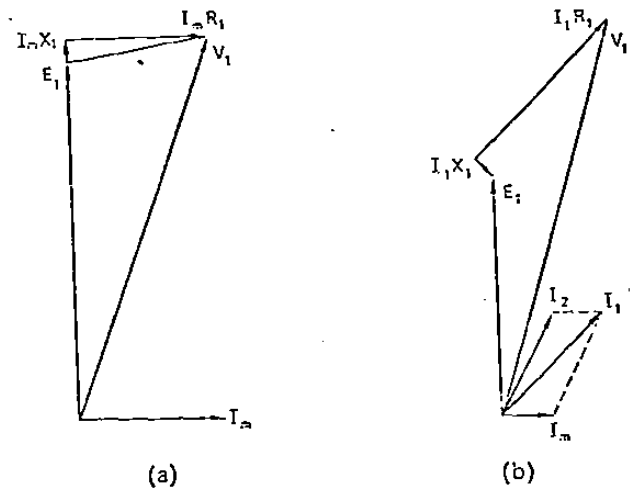
lo cual hace necesario aumentar v/f en baja frecuencia.

En muchos casos este aumento de voltaje en baja frecuencia es ajustable, para compensar la caida $I_1 r_1$ del motor que se conecte al controlador, teniendo de esta manera un buen par de arranque en baja frecuencia.



a) $V_1=Kf_1$ b) $V_1=Kf_1+Vo$

Efecto del aumento de voltaje en baja frecuencia en la operación del MI



Influencia de la saturación magnetica en un motor de inducción funcionando en baja frecuencia a) en vacío b) plena carga

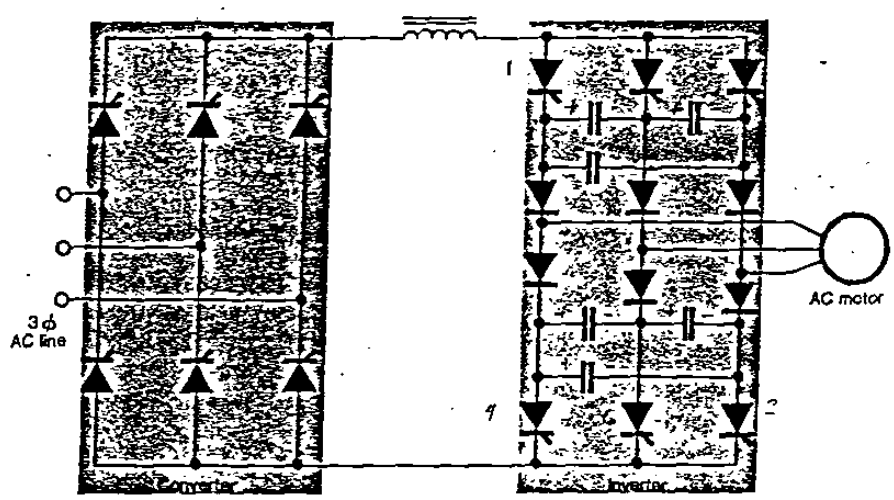
De los diagramas fasoriales para operación en baja frecuencia en vacio y a plena carga se puede observar lo siguiente:

a). En vacio la corriente magnetizante Im se atrasa a E1 en 90° y su magnitud es casi igual a el voltaje aplicado V1. Por lo tanto la maquina esta altamente saturada y toma una alta corriente magnetizante que puede ser igual o exceder a la corriente de plena carga.

b). En plena carga la corriente del rotor I_2 esta más en fase con E1 y su valor es reducido, esto causa que la corriente magnetizante se reduzca cuando la carga es aplicada a el motor

INVERSOR TIPO FUENTE DE CORRIENTE (CSI-CURRENT SOURCE INVERTER)

Un inversor tipo de fuente de corriente consiste de un convertidor de fase controlada de corriente constante (debido un reactor de alta inductancia en serie) y un inversor aislado con diodos, este defiere de los inversores convensionales en que la corriente del motor de CA, en lugar del voltaje es el parametro regulado.



Circuito básico de un inversor tipo fuente de corriente (CSI)

Ventajas de los inversores tipo fuente de corriente (CSI)

a). Un ancho rango de frecuencia de operación como resultado de un extremadamente simple circuito inversor autoconmutado.

b). Una rapida respuesta es ganada por la eliminación del gran capacitor de filtro de voltaje utilizado en el lazo de C.D. en los VSI.

c). Inerente habilidad de acción regenerativa hacia las lineas de entreda de C.A. por medio de un convertidor sencillo en dos cuadrantes como resulatdo de la -- corriente unidireccional en el lazo de C.D., bajo todas las condiciones de operación.

d). Operación en cuatro cuadrantes con inversión sin contactores.

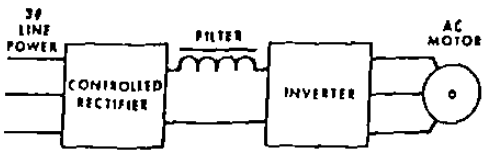


Fig. 1 Simplified CS/SR converter.

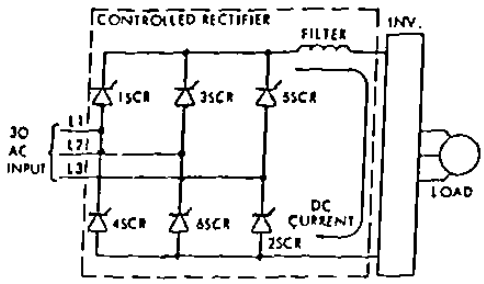


Fig. 2. Controlled rectifier and filter schematic.

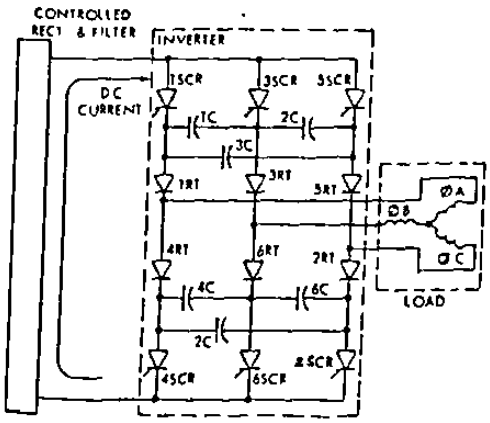
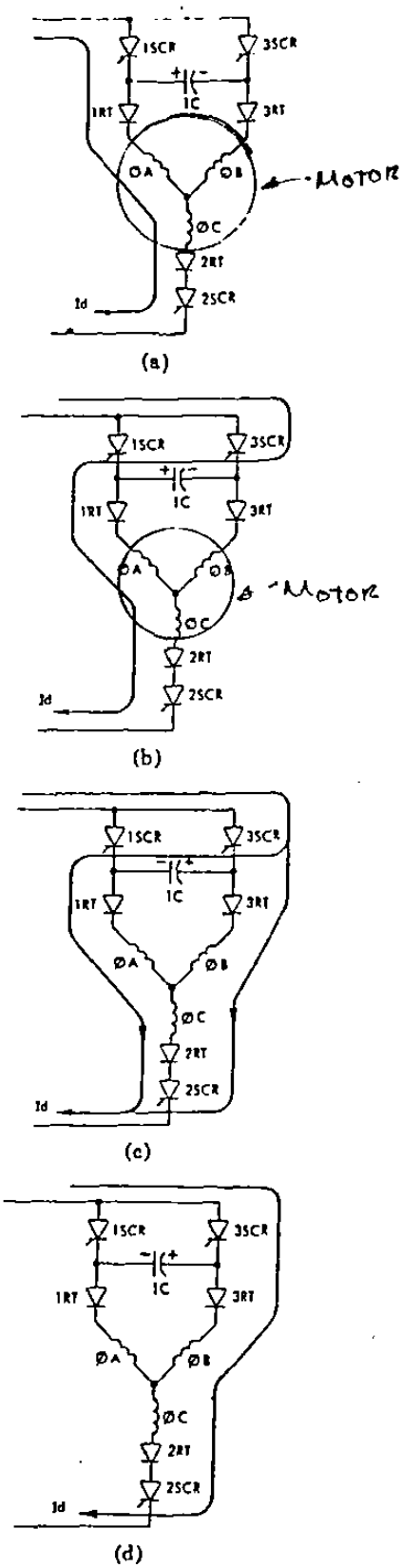
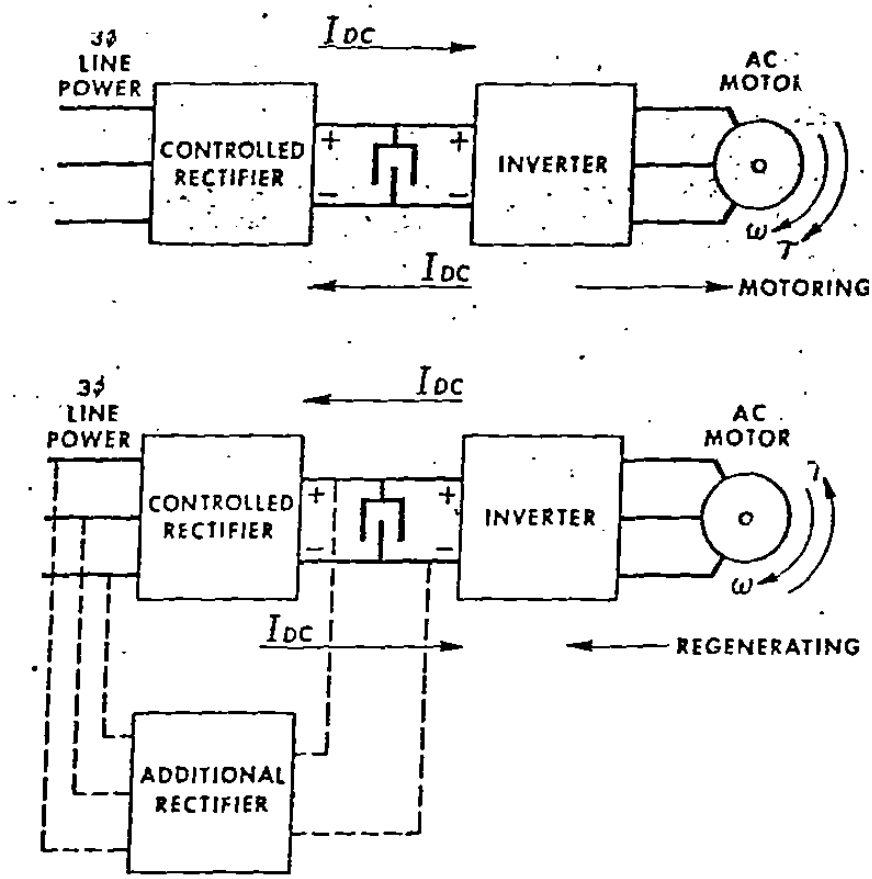


Fig. 3. Inverter power circuit.

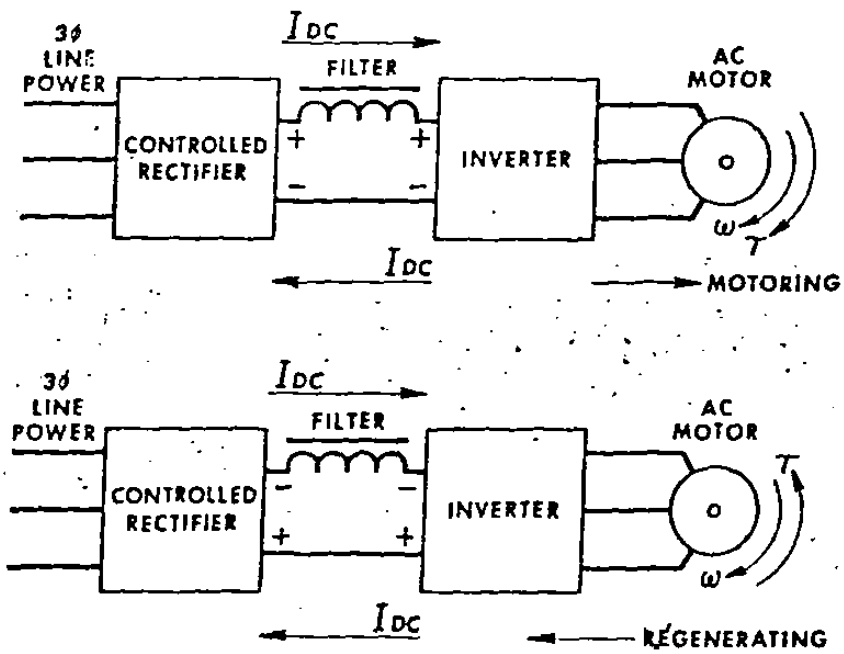
2 SCR'S ESTAN ENCENDIDOS EN CUALQUIER MOMENTO
CIERDO 120°
"N ES "CERO" POR EL DISPARO DEL SCR DIAGONAL
PROXIMA FASE.



Current flow through inverter and motor.



Efecto de regeneración en un convertidor VSI



Efecto de regeneración en un convertidor CSI

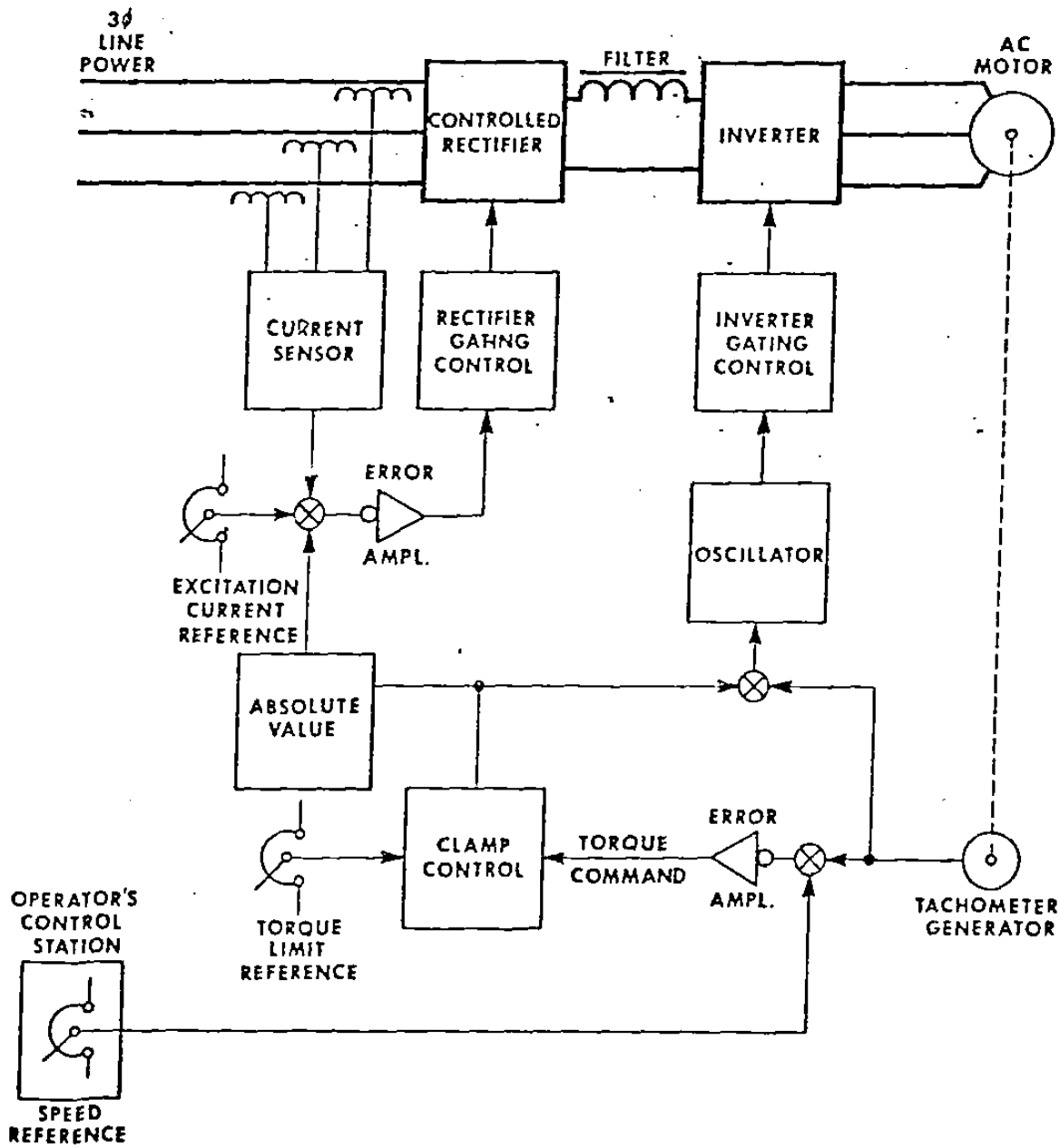
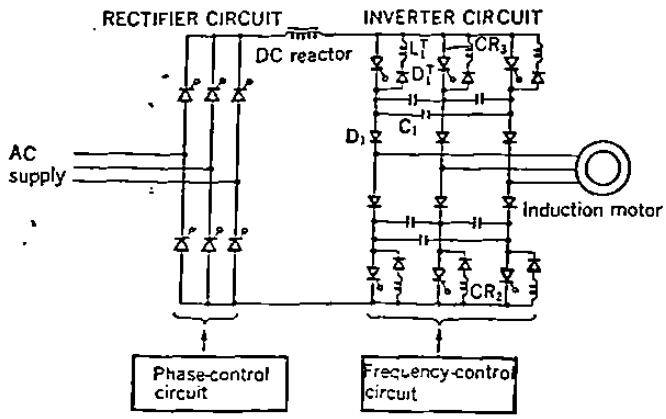
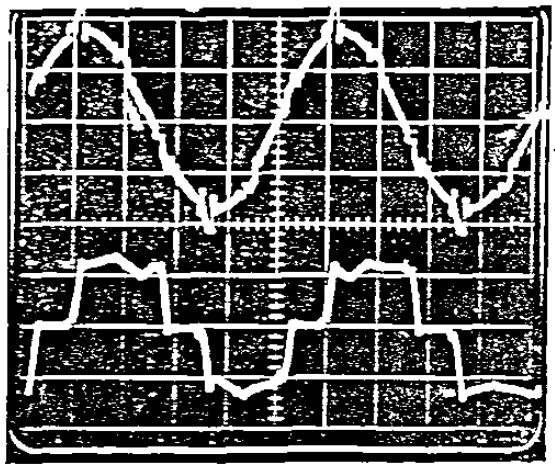


Diagrama de block's de un controlador para motor de CA con inversor CSI, con regulación de corriente y deslizamiento.

INVERSOR CSI DE ALTA FRECUENCIA Y ESTABILIDAD MEJORADA

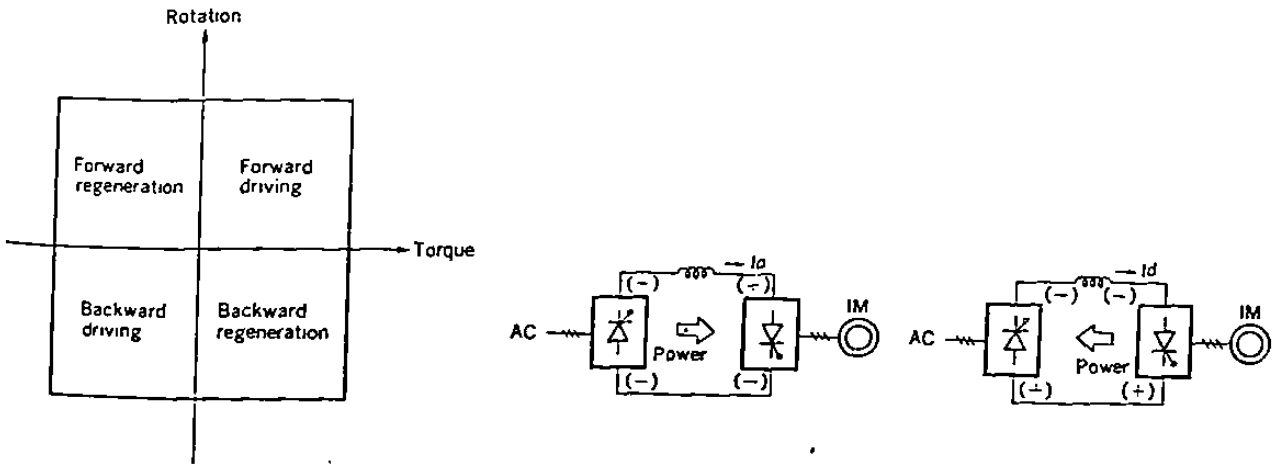




Forma de onda de voltaje
150 V/div
2 ms/div

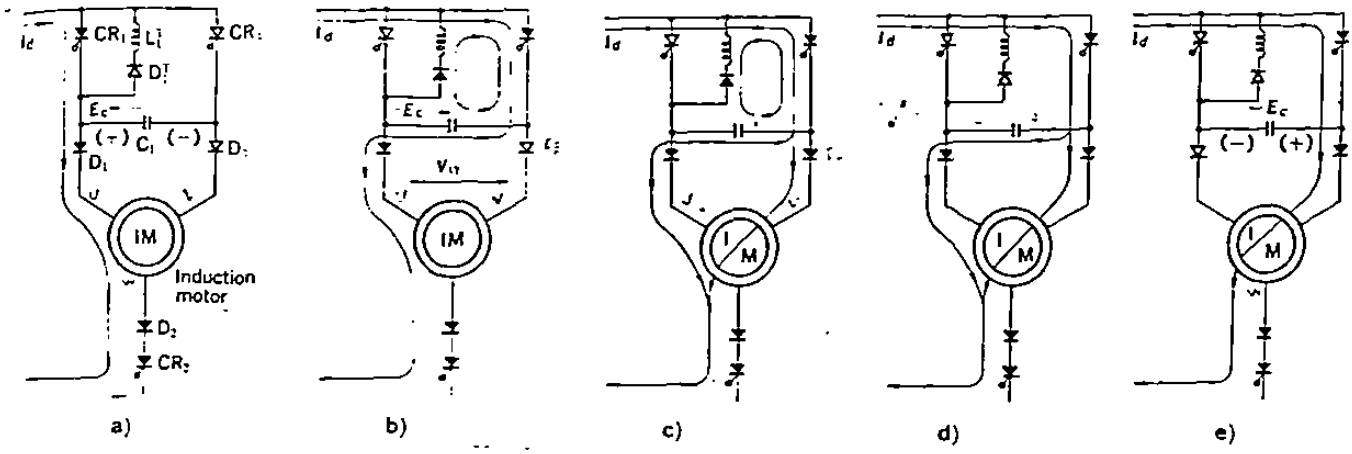
Forma de onda de corriente

10 A/div
2 ms/div



Operación en cuatro cuadrantes para inversor CSI

Modos de operación del inversor "CSI"



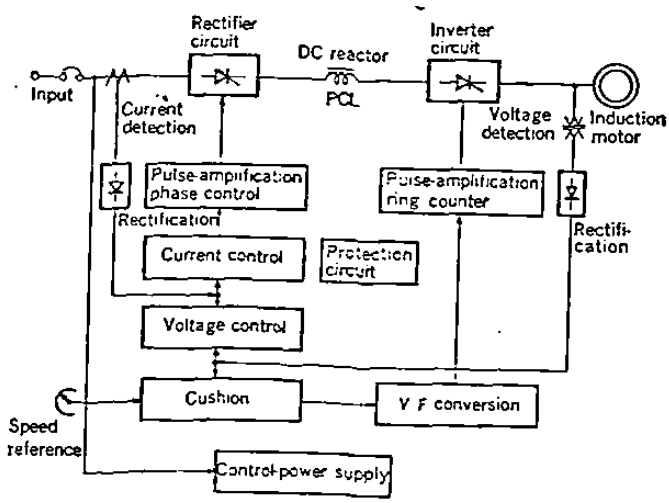
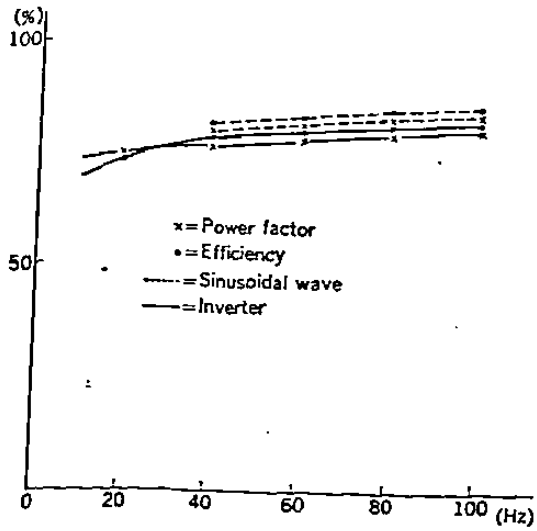
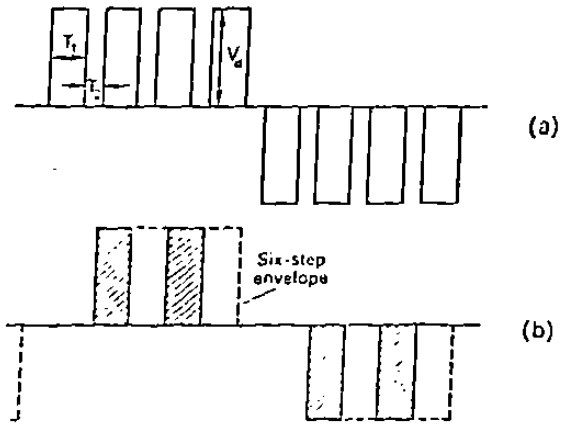


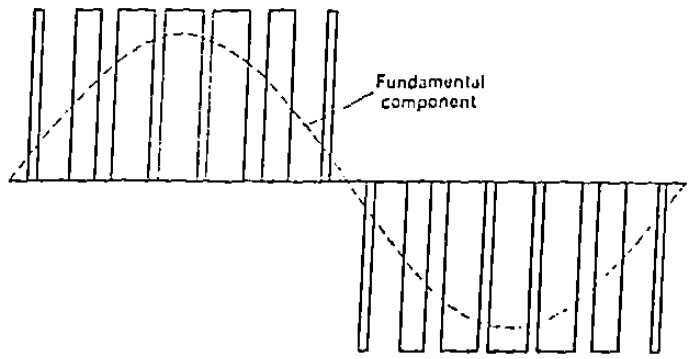
Diagrama de block's

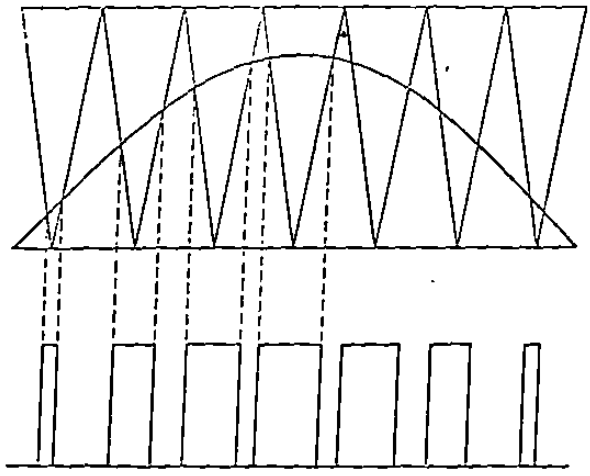


Eficiencia y F.P. contra frecuencia para onda senoidal y salida del inversor.

Inversor de Modulación del ancho del pulso (PWM-Pulse with Modulated Inverter)







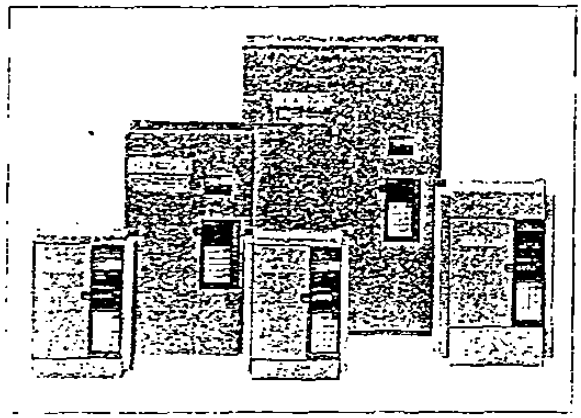


Fig. 1 The FREQROL-Z Series all-digital inverters.

CONTROL COMPUTARIZADO PARA MOTOR DE C. A.

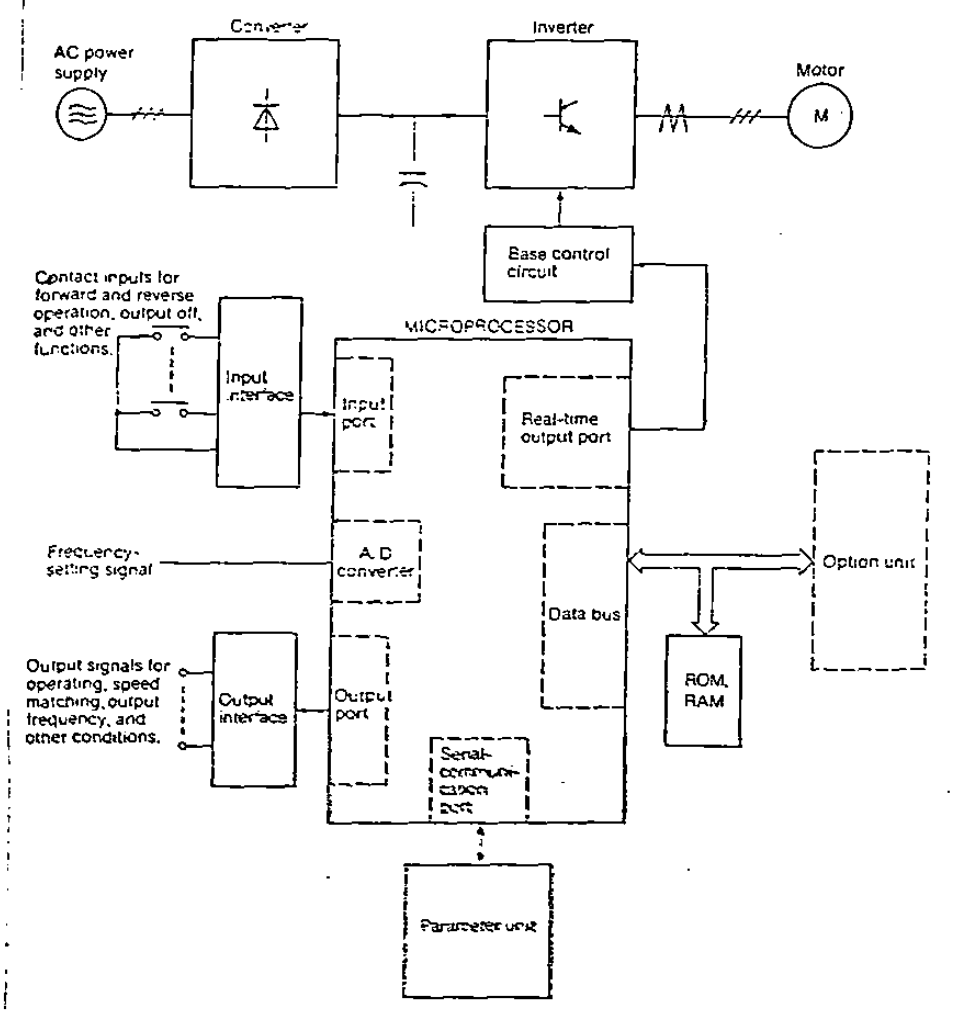


Fig. 2 The circuit diagram of the FR-Z200 Series.

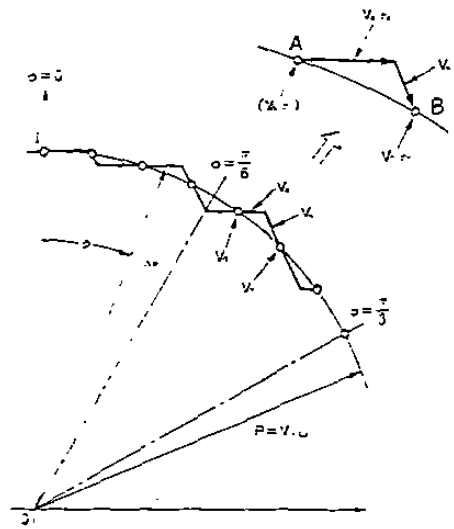
	U phase	V phase	W phase
V_0	0	0	0
V_1	0	0	1
V_2	0	1	0
V_3	0	1	1
V_4	1	0	0
V_5	1	0	1
V_6	1	1	0
V_7	1	1	1

Key

1 P-transistor conducting

0 N-transistor conducting

a) The electric-vector definition.



$K_1 = \sqrt{2}\frac{V_1}{V_d}$

$\tau_A = T_0 \cdot KS \sin\left(\frac{\pi}{3} - \phi\right)$

$\tau_B = T_0 \cdot KS \sin\phi$

$\tau_0 = \tau = \frac{1}{2}(T_0 - \tau_A - \tau_B)$

Key

T_0 Carrier frequency

V_1 Output voltage

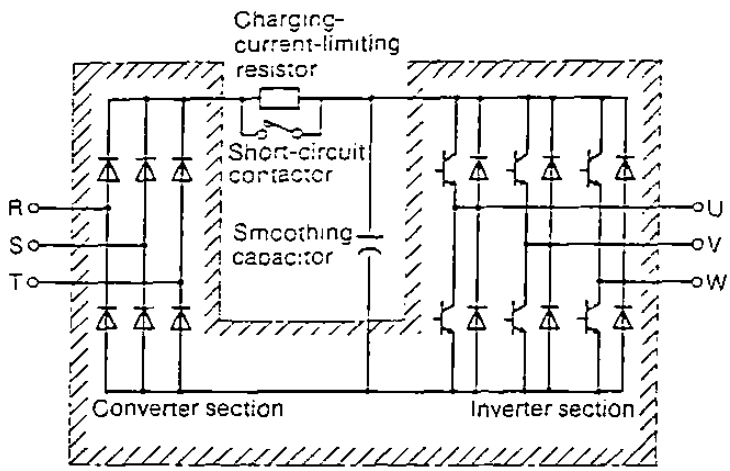
V_d DC bus voltage

ϕ Phase angle

λ_P Flux vector

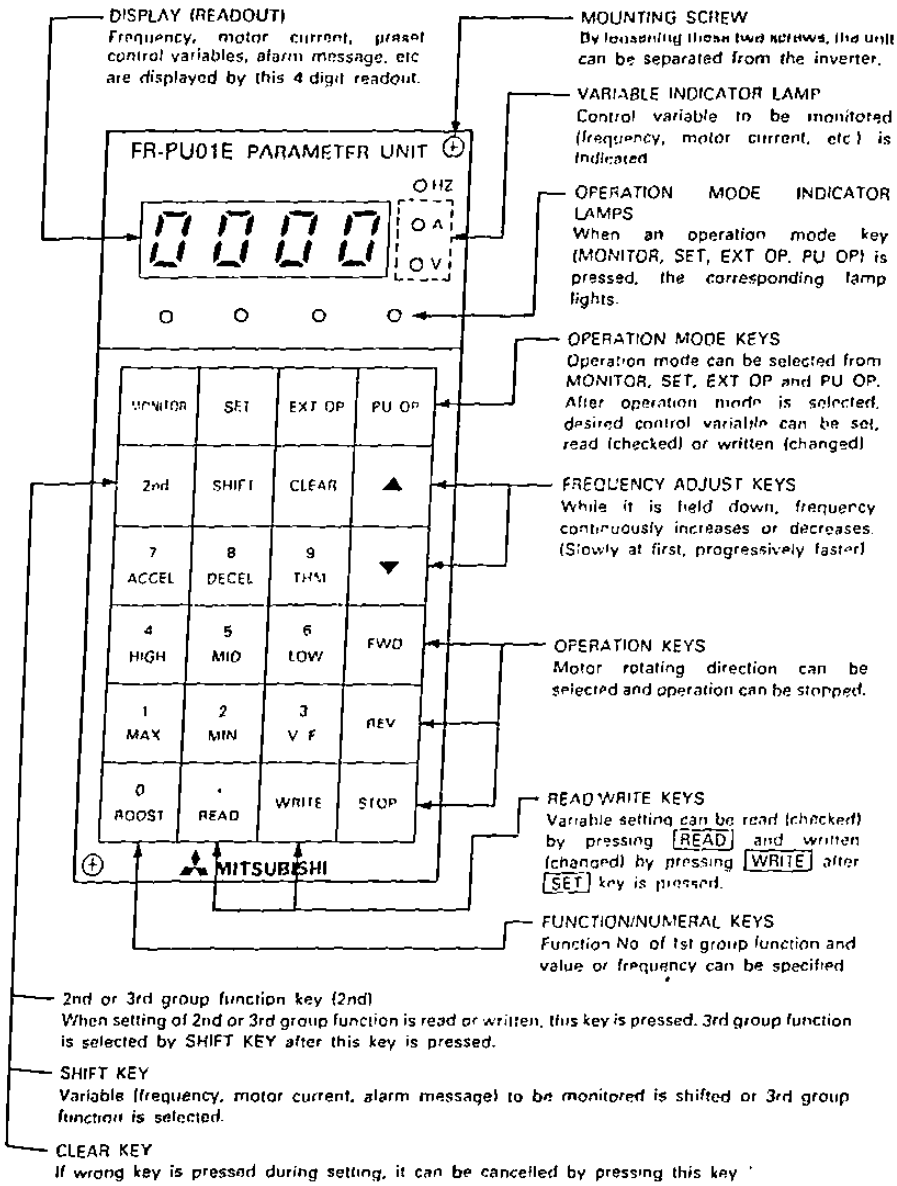
0 Zero vector

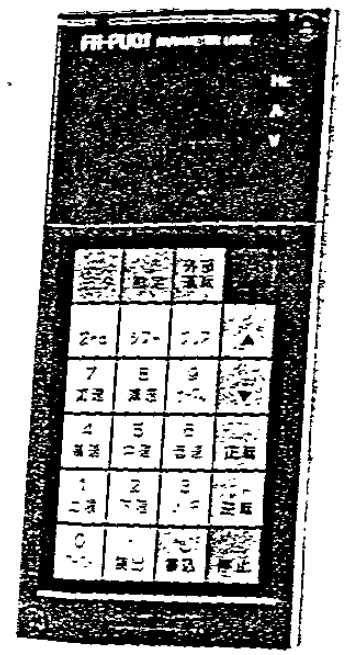
b) An example of electric-vector selection.

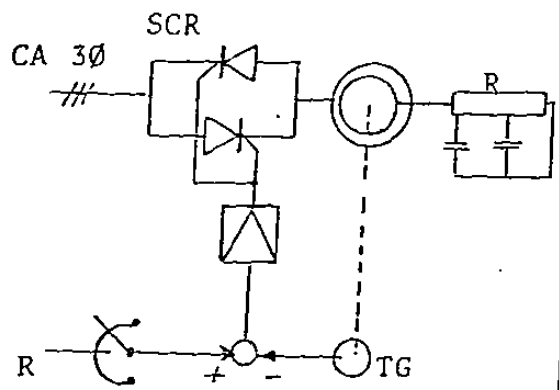
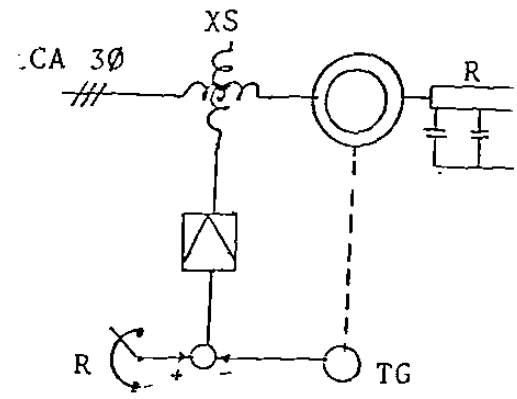


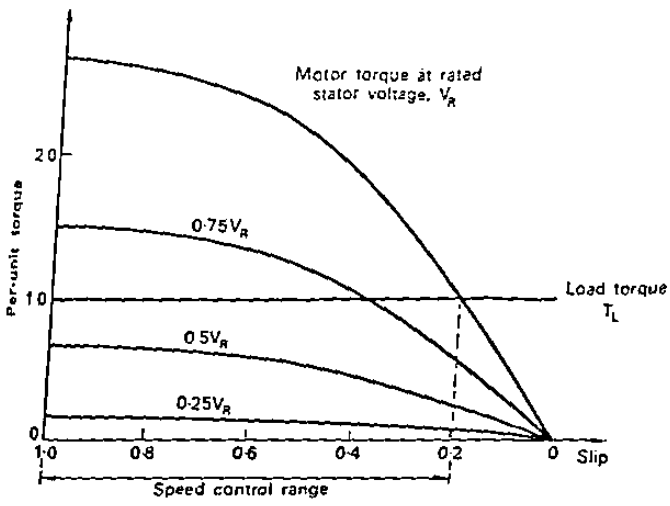
CONTROL DEVICES OF PARAMETER UNIT

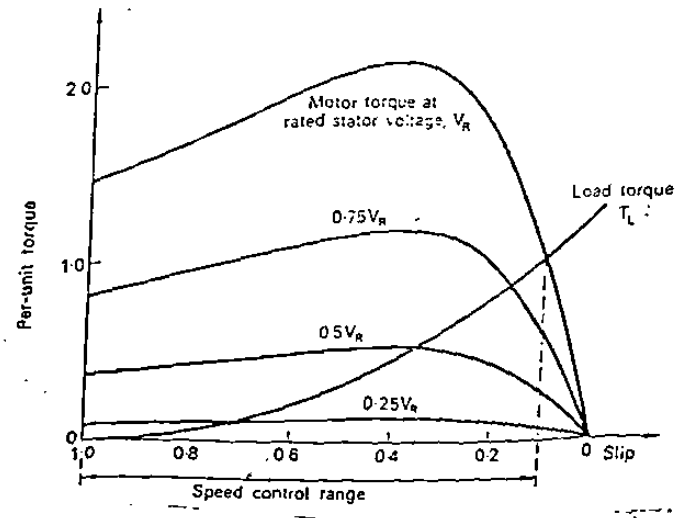
ONLY LIGHT FINGER PRESSURE IS NECESSARY.

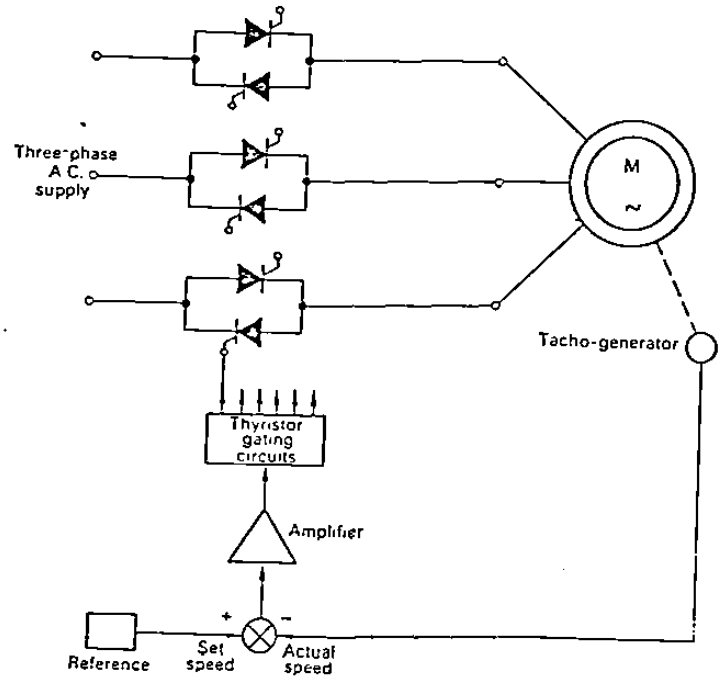


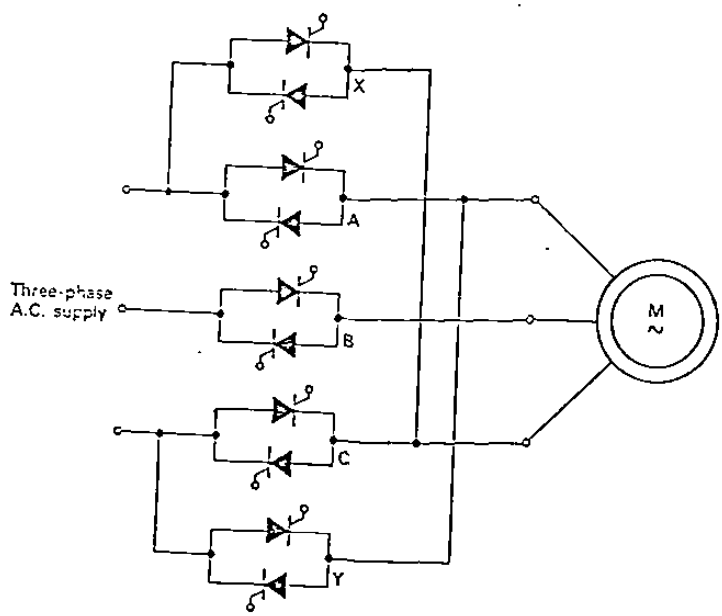


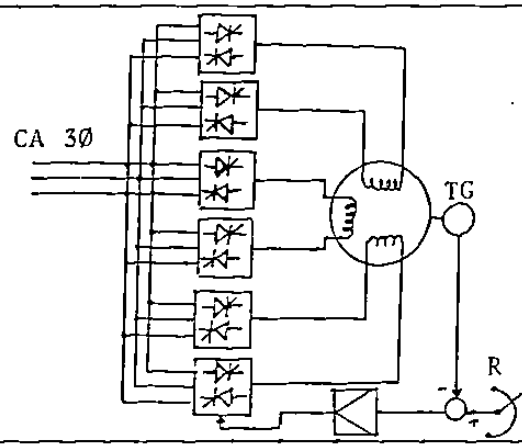
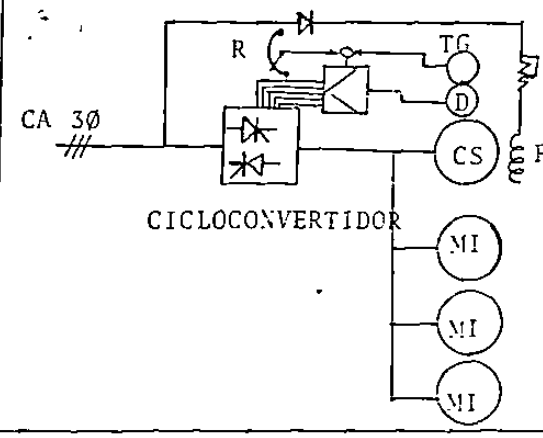
SISTEMA	CONTROL DE VOLTAJE PRIMARIO	CONTROL DE VOLTAJE PRIMARIO
TIPO DE MOTOR	MIJA MI-RD	MOTOR DE INDUCCION DE ROTOR DEV
DIAGRAMA ESQUEMATICO	# 	# 
METODO DE CONTROL	La velocidad es controlada cambiando el par, controlado el voltaje de alimentación del motor por medio del angulo de disparo de los tiristores.	La velocidad es controlada ajustando la corriente de excitación del reactor saturable y por lo tanto controlando el voltaje primario de alimentación.
APLICACIONES	Gruas de Carga y Descarga Máquinas de embobinado ó enrrollado, Maqs.troqueladoras, winches.	LAS MISMAS APLICACIONES QUE EL # (ANTERIOR).

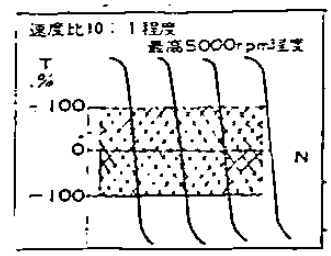




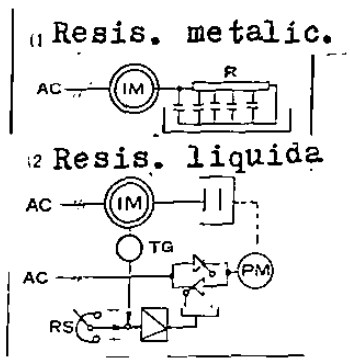

Three-phase
A.C.
supply
M
~
Tacho-generator
Thyristor
gating
circuits
Amplifier
+
−
Reference
Set
speed
Actual
speed

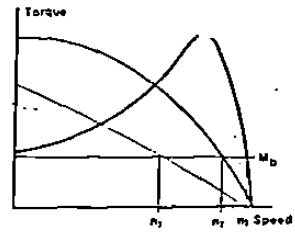

X
A
Three-phase
A.C. supply
B
C
Y
M
~

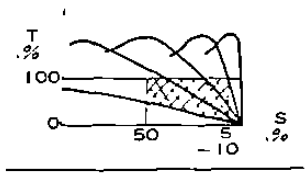
SISTEMA	CONTROL POR FRECUENCIA PRIMARIA	
TIPO DE MOTOR	MOTOR DE INDUCCION DE ROTOR J. A.	M I + Condensador sincrónico
DIAGRAMA ESQUEMATICO		
METODO DE CONTROL	La velocidad es controlada ajustando la frecuencia y el voltaje de salida del cicloconvertidor.	La fuente de V.V.F.V. es suministrado por un condensador sincrónico y el cicloconvertidor.
APLICACIOANES	Donde el control de velocidad simultaneo de muchos motores es requerido y la carga es de gran capacidad.	Donde un ancho rango de control de velocidad y muchos motores de alta velocidad en operación simultanea son requeridos.

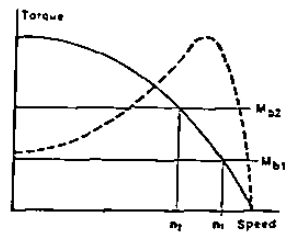


CONTROL DEL MOTOR CA DE ROTOR EMBOBINADO POR RESISTENCIAS EN EL ROTOR.....





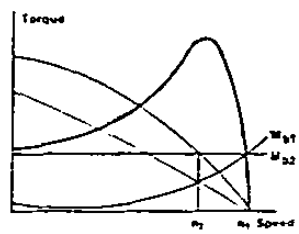




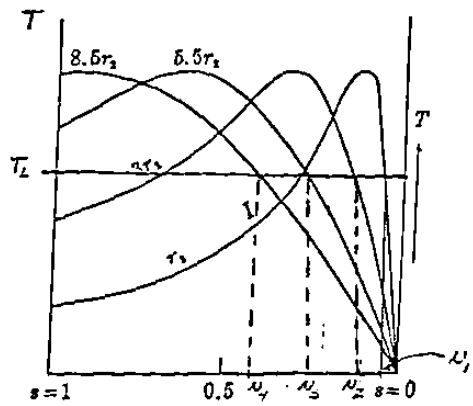
$$\frac{P_{OUT}}{P_r} = \frac{N_R}{N_s - N_R} = \frac{1}{S}$$

Pout = Potencia de Salida (en flecha)
Pr = Potencia Consumida en Rotor (rext)
Nr = Velocidad Rotor (RPM)
Ns = Velocidad sincronica (RPM)

$$P_r = S\, P_{OUT}$$

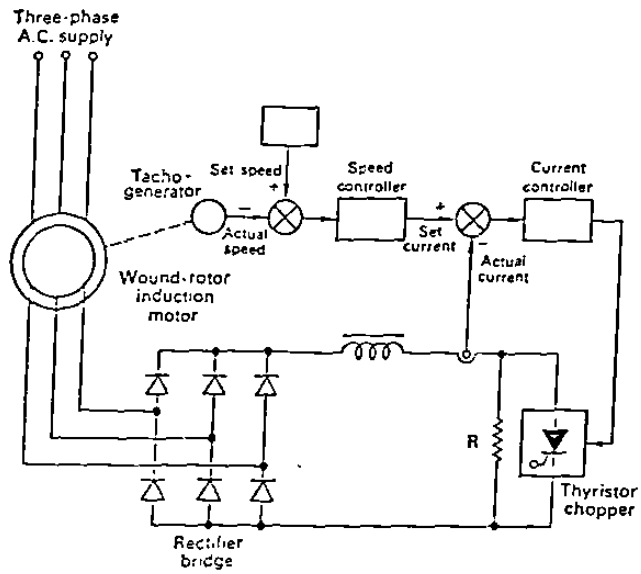


SISTEMA	RESISTENCIAS EN EL SECUNDARIO
TIPO DE MOTOR	M DE I DE ROTOR DEVANADO
DIAGRAMA ESQUEMATICO	
METODO DE CONTROL	La velocidad es controlada ajustando la resistencias del rotor usando tiristores para remplazar contactores mecánicos.
APLICACION	Sisteras de bombeo, bombas centrifugas, ventiladores, cargas con alto par de arranque e alta inercia, etc...



Características par motor-velocidad de un motor de rotor devanado para diversos valores de resistencia secundaria

CONTROL POR VARIACION ESTATICA DE LA RESISTENCIA DEL ROTOR



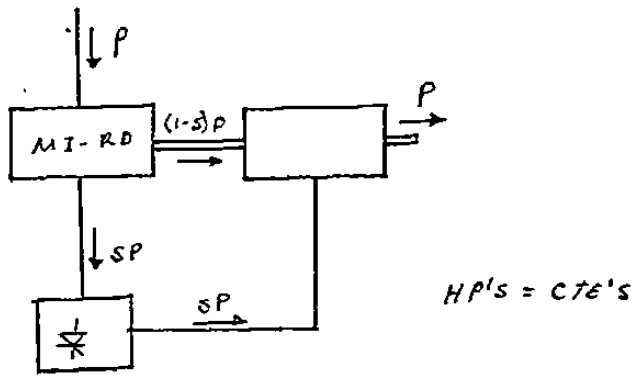
CARACTERISTICAS:

+ CONTROL UNIFORME DE LA RESISTENCIA DEL ROTOR
+ INSENSITIVO A TRANSITORIOS EN LAS LINEAS
+ BAJA EFICIENCIA
+ LA CAPACIDAD DEL EQUIPO ESTATICO SE INCREMENTA CON EL RANGO DE VELOCIDAD
+ OPERACION ABAJO DE LA VELOCIDAD SINCRONICA.
+ ADECUADO PARA PEQUNAS CAPACIDADES CON RANGO DE VELOCIDAD ESTRECHO
+ BUEN FACTOR DE POTENCIA

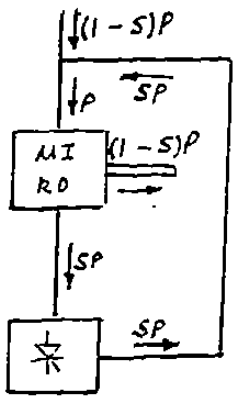
APLICACIONES:

+ APLICACINES DONDE OPERACIONES EN BAJA VELOCIDAD NO SON REQUERIDAS
+SISTEMAS DE BOMBEO
+GRUAS
+VENTILADORES
+COMPRESORES ETC

CONTROL POR LA RECUPERACIÓN DE LA ENERGÍA DEL ROTOR(S P)

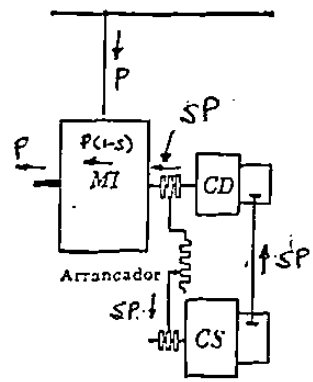


SISTEMA CON POTENCIA = CTE



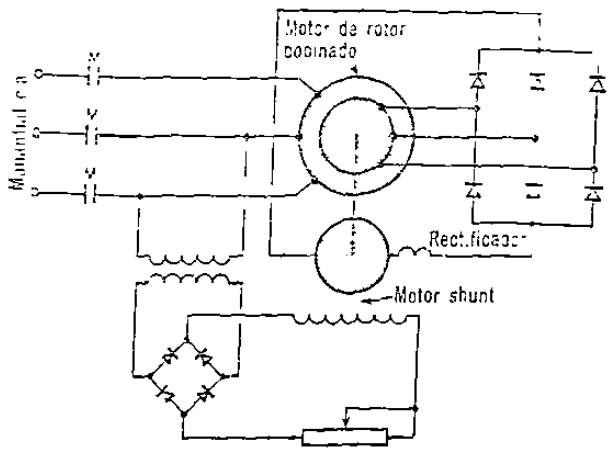
SISTEMA CON T = CTE

SISTEMA KRAMER

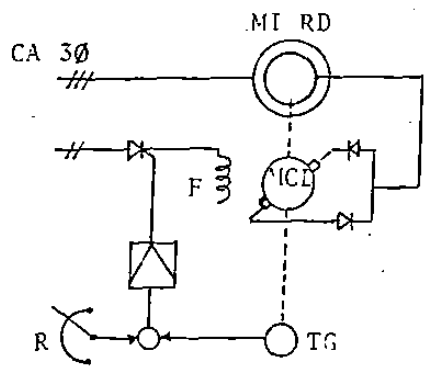
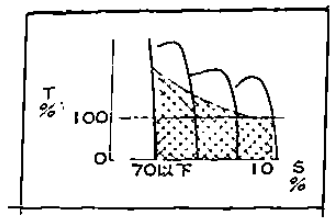


Regulación de la velocidad de un motor de rotor devanado con la ayuda de un convertidor giratorio y una máquina de c-d. (Cascada Kramer)

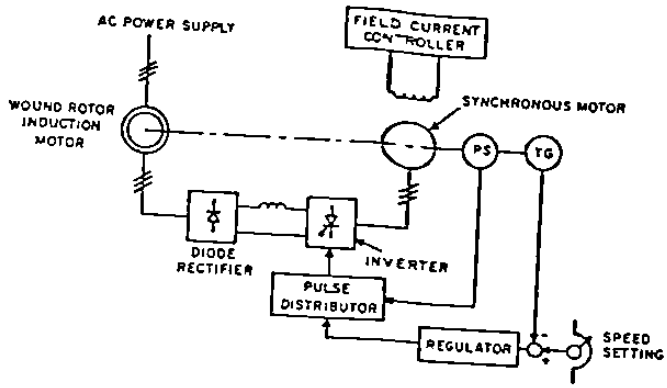
SISTEMA KRAMER ESTATICO (RECTIFLOW)



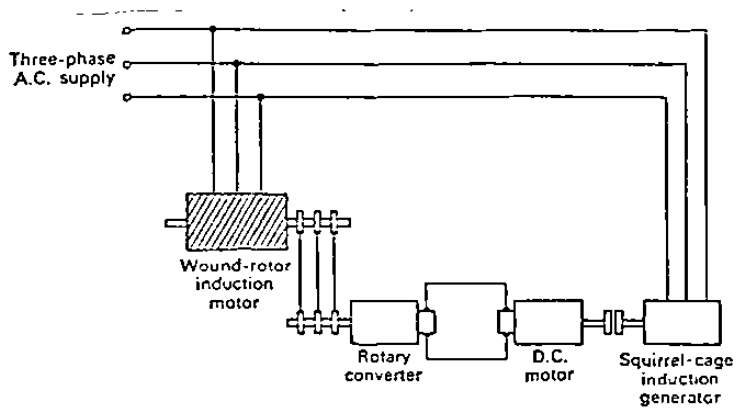
Transmisión Rectiflow de velocidad regulable

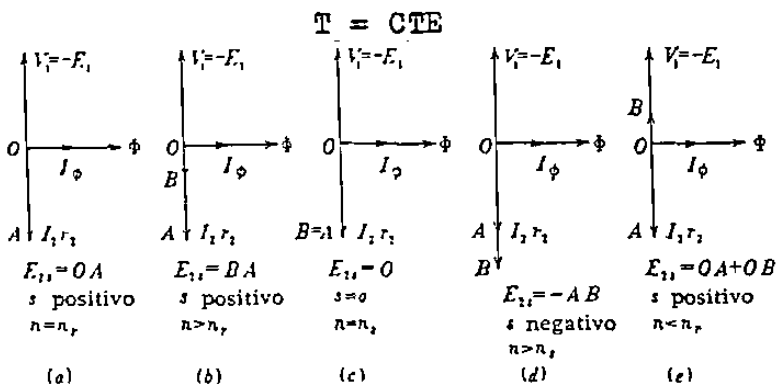
SISTEMA	SISTEMA RECTIFLOW (KRAMER)
TIPO DE MOTOR	MI de RD + MOTOR DE C.D.
DIAGRAMA ESQUEMATICO	
METODO DE CONTROL	La velocidad es controlada ajustando la corriente de excitación del motor de C.D. y controlando la fuerza contra-electromotriz del motor.
APLICACIONES	Cargas con potencia de salida constante, alto par de arranque, cargos de alta inercia, prensas ponsuladoras, extruders, bombas centrifugas, tornos, mags. de estirar alambre, compresores, etc.
CARACTERISTICA (T vs N)	
CARACTERISTICAS IMPORTANTES DE OPERACION	ALTO FACTOR DE POTENCIA EFICIENCIA MAYOR QUE CONTROL POR RESISTENCIAS EN ROTOR . NO REGENERATIVO. SOLO ABAJO DE VELOC. SINC. (N_S) $HP = cte's$ ($T\uparrow, N\downarrow$) INSENSITIVO A TRANSITORIOS DE LA FUENTE DE ALIMENTACION. ECONOMICO PARA SISTEMAS DE GRAN-CAPACIDAD Y POCO RANGO DE N (RPM) $(P_{MCD} + P_{RECT})\uparrow$ si $(N_S - N_R)\uparrow$

SISTEMA KRAMER ESTATICO SIN CONMUTADOR.



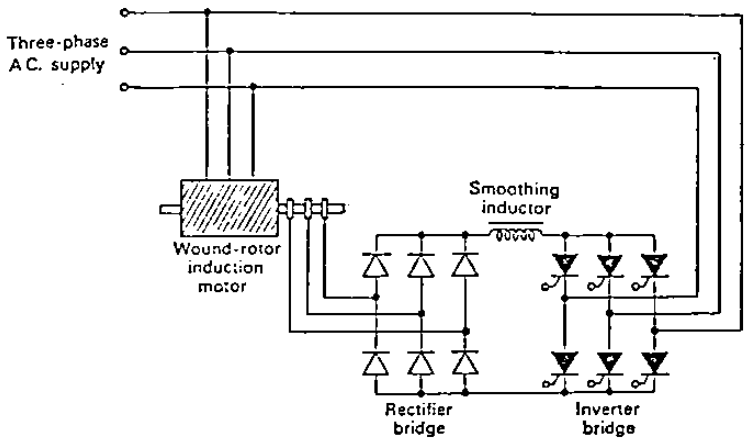
SISTEMA SCHERBIUS

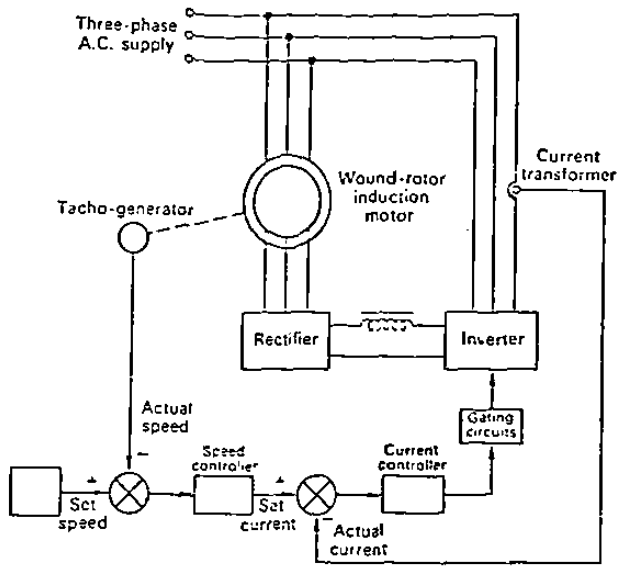




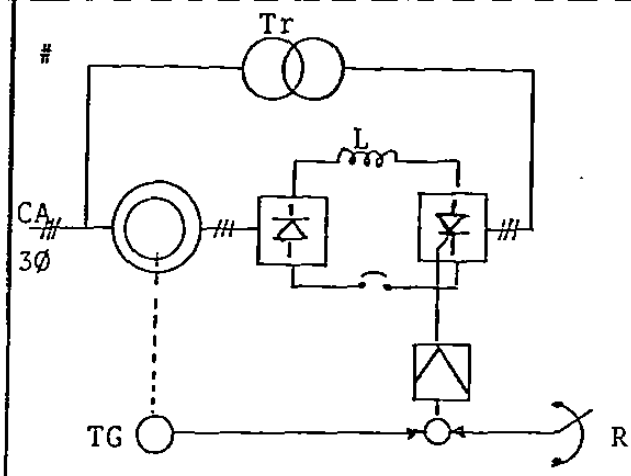
Diagramas vectoriales para la explicación del control de la velocidad en un motor polifásico de inducción de rotor devanado

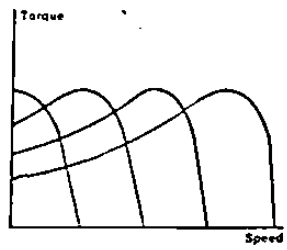
SISTEMA SCHERBIUS ESTÁTICO

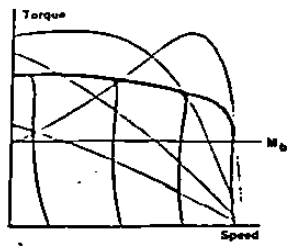


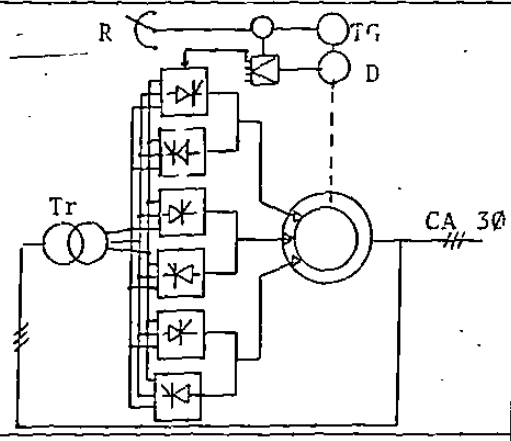


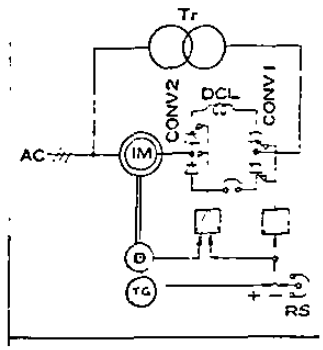
SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD SCHERBIUS ESTATICO CON RETRO ALIMENTACION DE VELOCIDAD Y CORRIENTE.

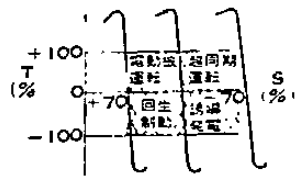
SISTEMA	SISTEMA SCHERBIUS ESTATICO
TIPO DE MOTOR	MOTOR DE INDUCCION DE ROTOR DEV.
DIAGRAMA ESQUEMATICO	
METODO DE CONTROL	La velocidad es controlada ajustando el voltaje de excitación secundario del motor de inducción de rotor devanado.
APLICACIONES	BOMBAS, VENTILADORES, COMPRESORES, MAQS. DE EXTRUIDO, etc...

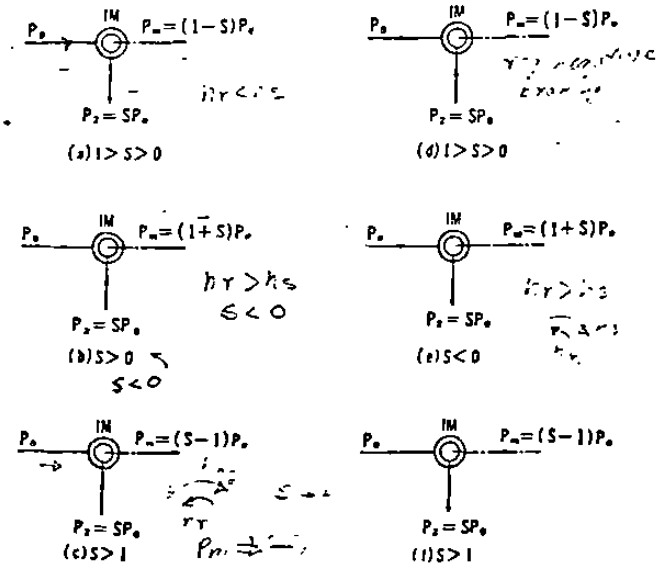


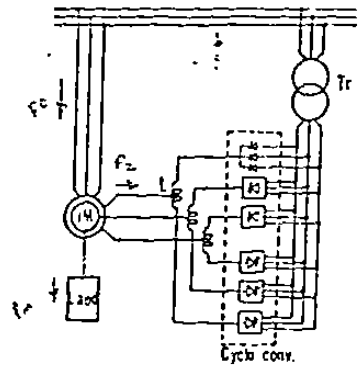


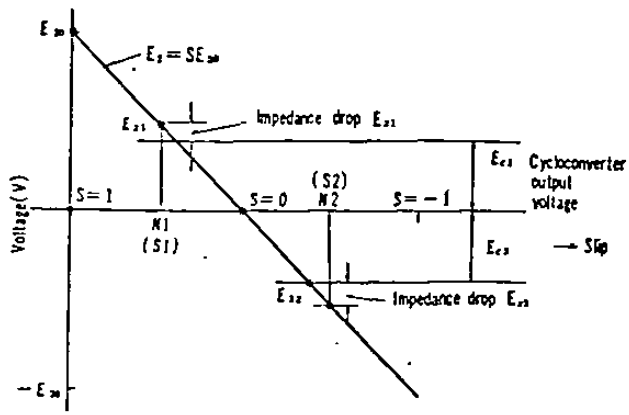
SISTEMA	SCHERBIUS ESTATICO SUPERSINCRONICO
TIPO DE MOTOR	M.I. DE ROTOR DEVANADO
DIAGRAMA ESQUEMATICO	
METODO DE CONTROL	La velocidad es controlada ajustando el voltaje de excitación y frecuencia secundarias por medio del cicloconvertidor.
APLICACION	Bombas, ventiladores, compresores, maquinas de extuido, etc...

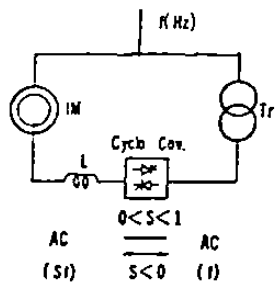


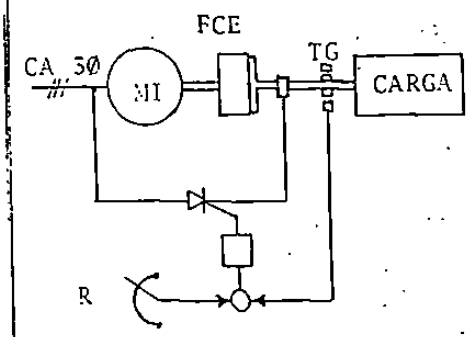
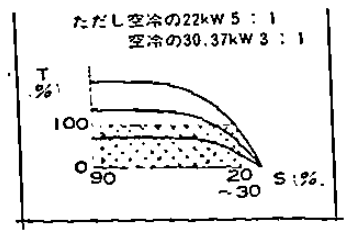


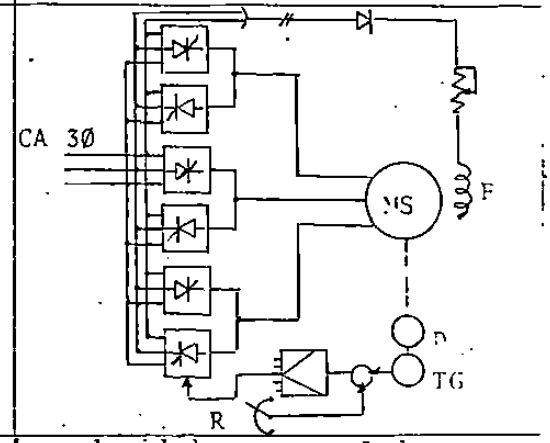



Tr
IM
Load
Cyclo conv.


Voltage(V)
S=1
S=0
S=−1
(S2)
N2
N1
(S1)
Impedance drop
Impedance drop
Cycloconverter output voltage
Slip


f(Hz)
IM
Tr
Cyclo Conv.
L
0<S<1
AC
(S1)
S<0
AC
(f)

SISTEMA	ACOPLAMIENTO DE CORRIENTES EDDY
TIPO DE MOTOR	MOTOR DE INDUCCION DE J. de A
DIAGRAMA ESQUEMATICO	
METODO DE CONTROL	La velocidad es controlada ajustando la corriente de excitación del freno de corrientes de eddy por medio de tiristores.
APLICACIOANES	Ventiladores, bombas, Máquinas de extruido, enrolladoras transportadoras, alimentadores etc...
CARACTERISTICA DE OPERACION (T vs N)	

SISTEMA	MOTOR DE C.A. SIN CONMUTADOR
TIPO DE MOTOR	MOTOR SINCRONICO
DIAGRAMA ESQUEMATICO	
METODO DE CONTROL	La velocidad es controlada controlando el ángulo de disparo del ciclo convertidor de tiristores. Ajustando V y f por medio de señales del distribuidor y el tacorefro generador.
APLICACION	Máquinas de rolado, Máquinas de embobinado o enrollado, máquinas de fabricación de papel, etc....

90's

COMPARACION DE METODOS AC DRIVES

	VVI	*CSI*	*PWM*
COSTO DEL DRIVE	*1*	*2*	*1*
EFICIENCIA (MOTOR Y CONTROL)	*3*	*1*	*2*
FACTOR DE POTENCIA	*3*	*3*	*1*
MANTENIMIENTO	*1*	*2*	*1*
CONFIABILIDAD	*1*	*1*	*1*
COMPLEJIDAD			
CIRCUITO DE POTENCIA	*2*	*1*	*2*
CIRCUITO DE CONTROL	*1*	*2*	*3*
ARMONICAS	*3*	*2*	*1*
ESCALA 1-3 ,1 EL MEJOR			

CARACTERISTICAS IMPORTANTES PARA LA SELECCION DE LOS DIFERENTES SISTEMAS

SISTEMAS DE VELOCIDAD AJUSTABLE / CARACTERISTICAS		Motor de I de J.A.							M de I de R.D.							
		Ward Leonard Estatico	Control por Voltaje Primario	Acoplamiento por corrientes de eddy	Powder Clutch Motor	Control por F.P. Inversor	Control por F.P. Cicloconvertidor	Control por F.P. Condensador Rotatorio + Cicloconvertidor	Control por Resistencias en el Secundario (Rotor)	Control por Voltaje Primario (Tiristores)	Control por Voltaje Primario (Reactor S.)	Rectiflow	Scherbius Estatico	Scherbius Estatico Supersincronico	Control por freno	Motor sin conmutador
Rango de Potencia	1KW															
	10KW															
	100KW															
	1000KW															
Características de Carga	Salida Constante (P)	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C
	Par Constante (T)	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	Par con el cuadrado de la Veloc.	B	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	Par Motor Solamente	A	A	A	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	B	B
	Par Motor y Freno Dinámico	A	C	X	X	B	A	A	X	A	A	X	X	X	A	A
Características de Arranque y desaceleración	Alto Par de Arranque	B	C	C	C	C	B	B	B	B	B	A	B	B	B	B
	Arranque y Paro muy Frecuentes	A	B	B	B	B	A	B	C	A	A	C	C	B	B	A
	Operación de Inversión de giro muy Frecuentes	A	B	C	C	B	A	B	X	B	B	X	X	X	X	A
	Paja Aceleración y desaceleración requeridas	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	X	C	C	B	A
	Requerimientos de parada de Emergencia y otras paradas rápidas	A	B	C	C	A	A	A	C	A	A	C	C	A	B	A
	Requerimientos de alta precisión en la posición de Stop	A	B	C	C	B	B	B	C	A	A	C	C	B	B	A
Rango de Velocidad	Rápida aceleración y desaceleración requeridas	A	B	C	C	A	A	C	X	A	A	X	X	A	B	A
	Ancho rango de Control Requerida	A	A	A	A	A	C	A	C	A	A	C	C	B	C	A
	Desde la velocidad máxima hasta el 50%	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A	B	B
	Más de 3600 RPM requeridas	C	X	X	X	A	X	A	X	X	X	X	X	A	X	A
	Menos de 3600 RPM requeridas	C	B	C	X	A	X	A	B	B	B	B	B	B	B	B

CLAVE: A = Más adecuado B = Adecuado C = Posible X = Inadecuado