

2. CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

TAMAÑOS:	Fabricados en 6 tamaños para potencias de 0'12 a 30 Kw.
REDUCCIONES:	Con 1, 2, 3 trenes de reducción. Desde 1:2 hasta 1:250
VELOCIDADES:	En la salida de 6 a 750 rpm, considerando n_1 en la entrada, la del motor eléctrico de 4 polos (1500 rpm)
PAR:	Momento torsor. En el eje lento de 3 a 3200 Nm.
CARCASA:	Construída en fundición gris G20 UNI-5007, excluído el soporte de rodamiento interno, que es fundición esferoidal de alta resistencia. Su forma compacta dota al reductor de una elevada robustez, que permite su utilización en todas las posiciones de montaje posibles. Su elaboración en centros de trabajo de control numérico permite conseguir la máxima precisión de mecanizado.

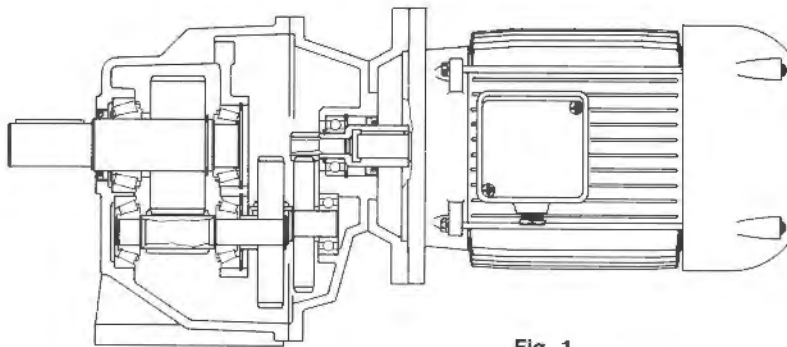


Fig. 1

ENGRANAJES:	Cilindros helicoidales construídos en acero 16 Cr Ni 4, cementados, templados, revenidos y rectificando el perfil de su evolvente. Los piñones y coronas estampados llevan un recocido isotérmico previo. Su óptimo diseño geométrico (elevadas relaciones de conducción, perfecto acabado de sus caras; equilibrado del rozamiento específico en los puntos de contacto y verificación de falsos contactos), unido a una apurada elaboración, excluyen cualquier causa de funcionamiento ruidoso, garantizando elevados rendimientos.
RODAMIENTOS:	Todos los rodamientos son del tipo de rodillos cónicos o cilíndricos de bolas de elevada calidad, calculados para garantizar, con el tipo de lubricante previsto en catálogo, una larga duración.
EJES:	Construídos en acero 16 Cr Ni 4, cementados y ampliamente dimensionados a flexotorsión. La carga radial admitida sobre la extremidad del eje, está calculada teniendo en cuenta también la duración de los rodamientos.
VERSIONES:	Con montajes de patas forma B-3 y de brida forma B-5, además de todas las derivadas.
ACOPLAMIENTO:	Para una completa intercambiabilidad, montaje de motores eléctricos standard sin ninguna modificación.
LUBRIFICACION:	Con grasa de por vida, reductor sellado.
RENDIMIENTO:	Reductor de un tren = 0,985 Reductor de dos trenes = 0,97 Reductor de tres trenes = 0,96
NORMALIZACIÓN:	La fabricación está realizada según las normas constructivas más recientes: — Recomendaciones de proyecto ISO/DIS 6336 (1/2/3) — DIN 3990 — AGMA 218.01 — BS 436: Part 3: 1986 — UNI 8862 (1/2)

3. MOTOR ELECTRICO

EJECUCION NORMAL

Motor absolutamente normalizado, asíncrono trifásico, cerrado, ventilado externamente, con rotor de jaula a simple polaridad, frecuencia 50 Hz., tensión Δ 220v λ 380v hasta el tamaño 132, Δ 380v, a partir del tamaño 160, protección IP 54 aislamiento clase F. Potencia indicada para servicio continuo (S1) y referida a la tensión y frecuencia nominal (tolerancia \pm 5%), temperatura máxima ambiente 40°C y altitud máxima 1.000 m.

Capacidad de soportar una o más sobrecargas (de una entidad máxima 1,6 veces la nominal) por un tiempo total máximo de 2 min. por hora.

Momento de arranque en conexión directa, al menos 1,6 veces el nominal (normalmente es superior, como se puede ver en los catálogos de los fabricantes de motores eléctricos). Forma constructiva B-5 y derivadas, según se puede ver en la tabla n.º 1.

Tamaño motor	Dimensiones principales de acoplamiento UNEL 13177-7 (DIN 42677 Bl. 1 A-65 IEC 72.2)		
	Extremo de eje	Ø DxE	Brida Ø P B5
63	11 x 23	140	
71	14 x 30	160	
80	19 x 40	200	
90	24 x 50	200	
100	28 x 60	250	
112	28 x 60	250	
132	38 x 80	300	
160	42 x 110	350	
180	48 x 110	350	

Tabla n.º 1

MOTOR ELECTROFRENO

Motor normalizado con dimensiones de acoplamiento iguales a los normales. Construcción particularmente robusta para soportar las solicitudes de esfuerzos en las frenadas. Freno electromagnético de disco alimentado con corriente eléctrica trifásica, conectado directamente en la caja de bornas, posibilidad de alimentación separada del freno, directamente a la línea. Momento frenante elevado y regulable actuando sobre los muelles de tensión. Posibilidad de un número de maniobras elevado. Rapidez y precisión en la frenada. Desbloqueo manual del freno actuando por tornillo exterior al freno.

FRECUENCIA DE MANIOBRAS Z

En un motor electrofreno del que se necesitan un número de maniobras ahora Z, debe verificarse que:

$$Z \leq Z_0 \times \frac{J_0}{J_0 + J} \times \left[1 - \left(\frac{P}{P_1} \right)^2 \right]$$

donde Z_0 , J_0 , P_1 se indican en la tabla n.º 2; J es el momento de inercia (de masa) externo (reductor, acoplamiento, máquina accionada en Kgm^2), referido a la velocidad del motor, P es la potencia en Kw, o en Cv absorbida por la máquina, referida al eje motor y teniendo en cuenta el rendimiento.

Si durante la fase de maniobras el motor debe vencer un momento resistente, verificar la frecuencia de maniobras con la fórmula.

$$Z \leq 0,5 Z_0 \times \frac{J_0}{J_0 + J} \times \left[1 - \left(\frac{P}{P_1} \right)^2 \right]$$

Características principales de los motores normales y electrofreno (50 Hz)

Tamaño Motor	2 Polos - 2.800 r.p.m. ¹⁾				4 Polos - 1.400 r.p.m. ¹⁾				6 Polos - 900 r.p.m. ¹⁾				8 Polos - 710 r.p.m. ¹⁾										
	Potencia		Momento de inercia	Mon. fren	Frecuencia de arr. en vacío	Potencia		Momento de inercia	Mon. fren	Frecuencia de arr. en vacío	Potencia		Momento de inercia	Mon. fren	Frecuencia de arr. en vacío	Potencia		Momento de inercia	Mon. fren	Frecuencia de arr. en vacío			
	P ₁		J ₀	Mf	Z ₀	P ₁		J ₀	Mf	Z ₀	P ₁		J ₀	Mf	Z ₀	P ₁		J ₀	Mf	Z ₀			
	CV	kW	kgm ² ₂₎	kgfm _{2) 3)}	arr./h ₂₎		CV	kW	kgm ² ₂₎	kgfm _{2) 3)}	arr./h ₂₎		CV	kW	kgm ² ₂₎	kgfm _{2) 3)}	arr./h ₂₎		CV	kW	kgm ² ₂₎	kgfm _{2) 3)}	arr./h ₂₎
63 A	0,25	0,185	—	—	—	0,16	0,12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
63 B	0,33	0,25	—	—	—	0,25	0,185	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
71 A	0,5	0,37	0,0008	1	3.000	0,33	0,25	0,0011	1	6.600	0,25	0,185	0,0012	1	7.000	—	—	—	—	—	—	—	—
71 B	0,75	0,55	0,0009	1	3.000	0,5	0,37	0,0013	1	6.600	0,33	0,25	0,0016	1	7.000	0,16	0,12	—	—	—	—	—	—
80 A	1	0,75	0,0015	1,9	1.300	0,75	0,55	0,0023	1,9	5.100	0,5	0,37	0,0028	1,9	7.000	0,25	0,185	0,0031	1,9	5.500	—	—	—
80 B	1,5	1,1	0,0018	1,9	1.300	1	0,75	0,0027	1,9	5.100	0,75	0,55	0,0033	1,9	7.000	0,33	0,25	0,0035	1,9	5.500	—	—	—
90 S	2	1,5	0,0037	3,7	1.100	1,5	1,1	0,0056	3,7	3.800	1	0,75	0,0065	3,7	6.500	0,5	0,37	0,0065	3,7	5.500	—	—	—
90 L	3	2,2	0,0042	3,7	1.100	2	1,5	0,0068	3,7	3.000	1,5	1,1	0,0075	3,7	5.600	0,75	0,55	0,0078	3,7	5.500	—	—	—
100 Lr	—	—	—	—	—	3	2,2	0,0088	4,3	2.600	—	—	—	—	1	0,75	0,011	4,3	5.500	—	—	—	—
100 L	4	3	0,007	4,3	900	4	3	0,011	4,3	2.200	2	1,5	0,012	4,3	3.500	1,5	1	0,013	4,3	4.500	—	—	—
112 M	5,5	4	0,013	6,8	880	5,5	4	0,021	6,8	1.950	3	2,2	0,022	6,8	2.200	2	1,5	0,022	6,8	3.000	—	—	—
132 S	—	—	—	—	—	7,5	5,5	0,042	15	1.200	4	3	0,038	15	1.800	—	—	—	—	—	—	—	—
132 Mr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,5	4	0,04	15	1.500	—	—	—	—	—	—	—	—
132 M	—	—	—	—	—	10	7,5	0,049	15	950	7,5	5,5	0,055	15	1.200	—	—	—	—	—	—	—	—
132 L	—	—	—	—	—	12,5	9,2	0,056	15	900	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
160 M	—	—	—	—	—	15	11	0,097	18	850	10	7,5	0,102	18	1.100	—	—	—	—	—	—	—	—
160 L	—	—	—	—	—	20	15	0,111	18	850	15	11	0,133	18	950	—	—	—	—	—	—	—	—
180 M	—	—	—	—	—	25	18,5	0,145	22	540	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180 L	—	—	—	—	—	30	22	0,153	22	540	20	15	0,17	22	600	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabla n.º 2

- 1) Velocidad del motor en base la cual, está calculada n_2 en el motoreductor.
- 2) Valores válidos sólo para motores electrofreno.
- 3) Normalmente el motor se suministra tarado con un momento frenante medio.

MOTORES DE FRECUENCIA 60 Hz

Es normal que en los motores hasta el tamaño 132 de 50 Hz., podamos conectarlos a 60 Hz., teniendo en cuenta entonces que la velocidad aumentará en un 20%.

Además deberemos tener en cuenta que: si la tensión de alimentación corresponde a la de bobinado, la potencia no varía, mientras que el momento torsor nominal y máximo disminuye el 17%. Si la tensión de alimentación es mayor que la del bobinado un 20%, la potencia aumenta un 20%, mientras que el momento torsor nominal y máximo no varían.

A partir del tamaño 160 es mejor el utilizar motores expresamente de 60 Hz cuando sean necesarios.

Los motores electrofreno, deben ser expresamente preparados para 60 Hz.

4. INSTALACION Y MANTENIMIENTO

Antes de efectuar el accionamiento del motoreductor, asegurarse de que la tensión de alimentación corresponde con la de bobinado.

Cuando el arranque deba ser suave o por otros motivos de carga se necesite, siempre es conveniente adoptar el arranque estrella-triángulo. Cuando se prevean sobrecargas en especial y siempre generalmente, es muy aconsejable que el motor esté provisto de protección térmica, para evitarle daños al mismo.

Montar el reductor o motoreductor en modo que no sufra vibraciones, es muy importante la alineación del eje de la máquina comandada con el eje del reductor interponiendo siempre que sea posible órganos de acoplamiento flexibles.

Para los agujeros de los elementos calados en el eje de salida, se recomienda en general la tolerancia H7, para diferentes ajustes ver tabla n.º 3.

Antes de proceder al montaje, pulir bien las superficies de contacto y lubricar, para evitar el peligro de gripaje y oxidación del montaje.

El montaje y desmontaje se efectuará con el auxilio de tirantes y extractores, pudiéndose servir del agujero roscado del que están provistos los ejes en sus extremos. Para acoplamientos forzados, calentar las piezas externas de 80 a 100°C.

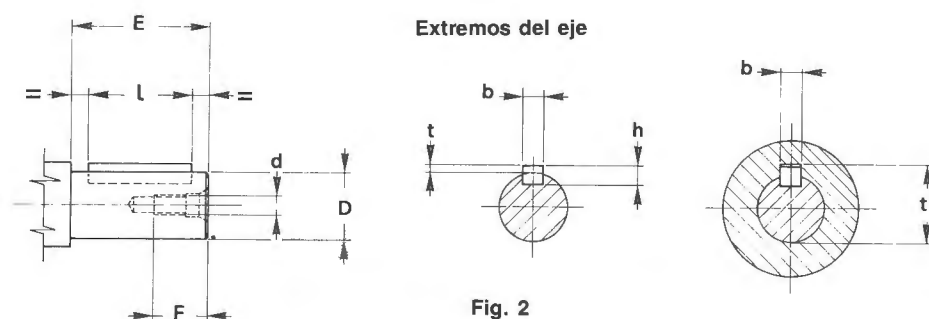


Fig. 2

EXTREMO DEL EJE				CHAVETA	ALOJAMIENTO		
Ø D	F	E	Ø d	b x h x l	b	t	t ₁
11 j6	10	23	M 5	4 x 4 x 16	4	2,5	12,8
14 j6	16	30	M 6	5 x 5 x 20	5	3	16,3
16 j6	16	32	M 6	5 x 5 x 20	5	3	18,3
19 j6	16	38	M 6	6 x 6 x 30	6	3,5	21,8
19 j6	16	40	M 6	6 x 6 x 30	6	3,5	21,8
20 j6	16	40	M 6	6 x 6 x 30	6	3,5	22,8
24 j6	20	50	M 8	8 x 7 x 36	8	4	27,3
25 j6	20	50	M 8	8 x 7 x 36	8	4	28,3
28 j6	20	60	M 8	8 x 7 x 45	8	4	31,3
32 k6	20	64	M 8	10 x 8 x 50	10	5	35,3
35 k6	25	70	M 10	10 x 8 x 50	10	5	38,3
38 k6	25	70	M 10	10 x 8 x 50	10	5	41,3
38 k6	25	80	M 10	10 x 8 x 60	10	5	41,3
40 k6	25	80	M 10	12 x 8 x 60	12	5	43,3
42 K6	25	80	M 10	12 x 8 x 60	12	5	45,3
42 k6	25	110	M 10	12 x 8 x 90	12	5	45,3
45 k6	25	90	M 10	14 x 9 x 70	14	5,5	48,8
48 k6	25	100	M 10	14 x 9 x 80	14	5,5	51,8
50 k6	32	100	M 12	14 x 9 x 80	14	5,5	53,8
55 m6	32	110	M 12	16 x 10 x 90	16	6	59,3
70 m6	40	140	M 16	20 x 12 x 110	20	7,5	74,9

Tabla n.º 3

SUSTITUCION DEL MOTOR

Todos los motoreductores llevan **motor totalmente normalizado**, por lo que no hay que tener ninguna precaución especial en el cambio de motor por una eventual avería de este.

5. LUBRIFICACION

Los reductores y motoreductores se sirven ya lubricados, listos para su servicio. La grasa utilizada es del tipo «larga vida» y el reductor va sellado, por lo que no necesita mantenimiento. No obstante, se recomienda cambiar de grasa cada 4000 h. de funcionamiento si la temperatura externa supera los 40 °C, y en general, cada 8.000 h. de trabajo o más de tres años. Los lubricantes recomendados son:

ATINA
SELL
GPM

Grease 0
Tibela Compound A
Silicium R

Tamaño Reductor	Cantidad de Lubricante
RM1/40 RT1/40 RF1/40	0,100 Kg
RT2/40 RT3/40 RF2/40 RF3/40	0,300 Kg
RM1/50 RT1/50 RF1/50	0,380 Kg
RT2/50 RT3/50 RF2/50 RF3/50	0,800 Kg
RM1/63 RT1/63 RF1/63	0,650 Kg
RT2/63 RT3/63 RF2/63 RF3/63	1,300 Kg

Tamaño Reductor	Cantidad de Lubricante
RM1/80 RT1/80 RF1/80	1,000 Kg
RT2/80 RT3/80 RF2/80 RF3/80	2,100 Kg
RM1/100 RT1/100 RF1/100	1,400 Kg
RT2/100 RT3/100 RF2/100 RF3/100	3,000 Kg
RM1/125 RT1/125 RF1/125	1,800 Kg
RT2/125 RT3/125 RF2/125 RF3/125	4,000 Kg.

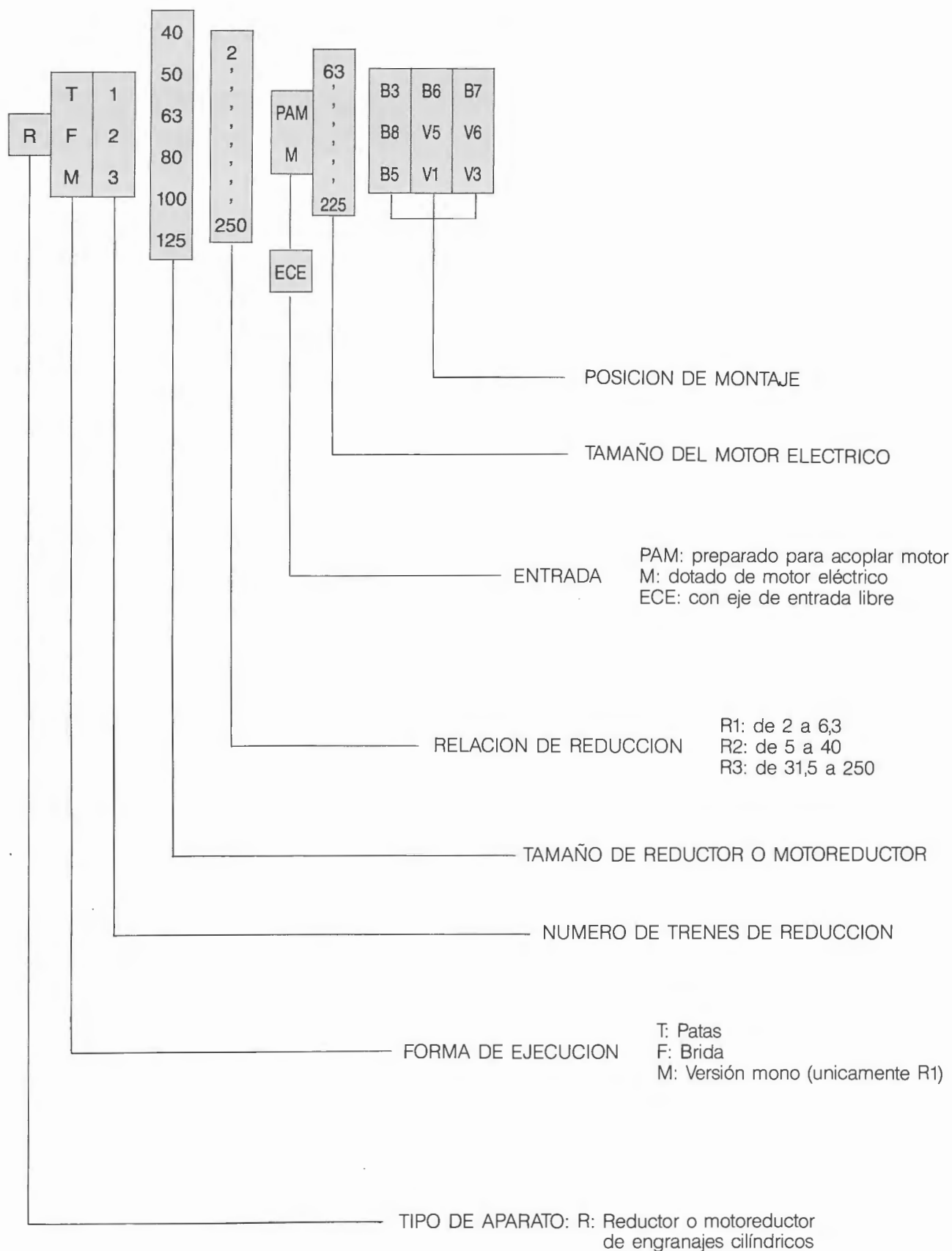
Tabla n.º 4

Bajo pedido, nuestros motores y motoreductores pueden ser servidos lubricados con aceite, en tal caso se recomienda la sustitución del lubricante después de las primeras 1.000 h. de funcionamiento (periodo de rodaje) acompañado de la limpieza de su interior. Posteriormente proceder al cambio de aceite cada 4.000 h de trabajo, asegurándose en cada caso que el nivel de llenado es correcto, pudiendose comprobar por sus visores de nivel. Utilizar en este caso, SAE 90 EP.

Si el reductor o motoreductor queda inactivo un largo periodo de tiempo, sobre todo en ambientes húmedos, se recomienda la sustitución del lubricante antes de su puesta en marcha.

Si es posible, evitar tapar el reductor o motoreductor con carcasas de protección que puedan impedir la natural evacuación de calor.

6. DESIGNACION REDUCTORES Y MOTOREDUCTORES



7. SELECCION DEL TAMAÑO DE REDUCTOR Y MOTOREDUCTOR

FACTOR DE SERVICIO

El factor de servicio f_s tiene en cuenta las diversas condiciones de funcionamiento de los aparatos (naturaleza de la carga, duracion, frecuencia de maniobras, sobrecargas, etc.)

Las potencias y momentos torsores (par), indicados en este catálogo son nominales (es decir $f_s = 1$) para los reductores y motoredutores correspondientes.

FU Factor de sollicitación	Organo conducido		
	sin cargas	cargas moderadas	cargas violentas
motores eléctricos con par de arranque nominal	1	1,25	1,5
motores eléctricos con fuerte par de arranque	1,25	1,5	1,8
motores eléctricos autofrenantes	1,5	1,8	2,25

Tabla n.º 5

duración en horas	Fd Factor de duración
1.000	0,64
2.500	0,8
5.000	1
10.000	1,25
15.000	1,6
20.000	2

Tabla n.º 6

Frecuencia de maniobras	Fa Factor de arranque
5 man./hora	1
25 man./hora	1,20
500 man./hora	1,5
1000 man./hora	2

Tabla n.º 7

ASPECTOS A TENER EN CUENTA AL CONSIDERAR EL FACTOR DE SERVICIO

El valor de f_s antes indicado es válido para:

Motores eléctricos con rotores de jaula, arranque directo hasta 12,5 Cv. y arranque estrella-triángulo para potencias superiores; para arranque directo en motores de más de 12,5 Cv. o bien para motores electrofreno, seleccionar f_s en base a una frecuencia de maniobras doble a la real; para motores de explosión multiplicar f_s en los policilíndricos por 1,25 y por 1,5 en los monocilíndricos.

Duración máxima de una sobrecarga 16 s., tiempo máximo de arranque 3 s., si fuesen superiores, consultar. Si el ciclo de sobrecargas o arranques se repite antes de 4 vueltas del eje lento, sea cual sea su tiempo, se considera sobrecarga continua.

Grado de fiabilidad normal. Si se desea mayor fiabilidad por una dificultad notable de mantenimiento, gran importancia del elemento en el ciclo productivo, seguridad para el personal, etc., multiplicar f_s por 1,25 a 1,4.

Con motores con par de arranque no superior a lo nominal (arranque estrella-triángulo, ciertos tipos de corriente continua y monofásicos), determinados sistemas de acoplamiento del reductor al motor o de éste a la máquina a accionar (juntas elásticas, centrifugas, hidráulicas, de seguridad, de fricción, transmisiones con correa, etc.) influyen favorablemente sobre el factor de servicio, permitiendo en ciertos casos de funcionamiento gravoso el reducirlo, en caso de necesidad consultar.

Ejemplo de selección del factor de servicio:

Se desea seleccionar un motoredutor, montado con un motor eléctrico de par de arranque normal, para accionar a una cinta transportadora con moderadas sobrecargas; se desea que el aparato tenga una vida estimada de 10.000 horas y tendrá un accionamiento de 25 maniobras a la hora.

De la tabla n.º 5 vemos que para un motoredutor con motor eléctrico de par de arranque normal y sobrecargas moderadas $f_u = 1,25$. En función de su vida 10.000 horas, vemos que $f_d = 1,25$ y de acuerdo con el número de maniobras vemos que: $f_a = 1,20$ de donde se deduce:

$$f_s = f_u \times f_d \times f_a = 1,25 \times 1,25 \times 1,20$$

Este sería el factor por el que deberíamos multiplicar la potencia teórica o el par teórico para poder seleccionar el aparato adecuado.

10

REDUCTOR

Determinación del tamaño de reductor

Disponemos de los datos necesarios: potencia P_2 necesaria en la salida del reductor velocidad angular n_2 y n_1 , condiciones de funcionamiento (naturaleza de la carga, duracion, frecuencia arrancadas y otras consideraciones):

Determinación del factor de servicio f_s en base a las condiciones de funcionamiento.

Selección del tamaño del reductor (al mismo tiempo se verá la relación de reducción i) en base a n_2 , n_1 y una potencia $P_{-2} \geq P_2 \times f_s$.

Calcular la potencia P_1 necesaria en la entrada del reductor con la fórmula $\frac{P_2}{\eta}$ donde η = rendimiento.

Cuando por motivos de normalización del motor, resulta (considerando el eventual rendimiento motor-reductor) una potencia P_1 aplicada en la entrada mayor que P_1 necesaria, debe cumplirse que:

$$P_{n_2} \geq P_2 \times f_s \times \frac{P_1 \text{ aplicada}}{P_1 \text{ necesaria}}$$

Siendo necesario que la frecuencia de maniobras sea lo suficientemente baja para no influir en el factor de servicio.

Este cálculo de determinación del tamaño del reductor puede hacerse igualmente que se ha hecho en base a la potencia, tomando como base el momento torsor, siendo incluso más recomendable para valores de n_2 bajos.

COMPROBACIONES

Comprobar las cargas radiales F_{nr} , según las instrucciones y valores dados, en el capítulo 15. Verificar la sobrecarga debida al arranque según la fórmula:

$$\frac{P_{1 \text{ aplicada}} \times \eta}{P_{n2}} \frac{M_{\text{máx.}}}{M_n} \leq 3,15$$

donde $\frac{M_{\text{máx.}}}{M_n}$ es la relación entre el momento máximo y el nominal del motor, colocándose si es necesario dispositivo de seguridad.

MOTOREDUCTOR

Determinación del tamaño del motoreductor

Disponer de los datos necesarios: potencia P_2 necesaria en la salida del motoreductor, velocidad angular n_2 , condiciones de funcionamiento (naturaleza de la carga, duración, frecuencia de arranques Z, otras consideraciones).

Determinación del factor de servicio f_s en base a las condiciones de funcionamiento.

Seleccionar el tamaño del motoreductor en base a n_2, f_s y una potencia P_1 igual o mayor a P_2 .

Si la potencia, P_2 pedida es el resultado de un cálculo preciso, la selección del motoreductor estará hecha en base a una potencia P_1 igual o mayor a $\frac{P_2}{\eta}$ donde η = rendimiento. El momento tursor M_{t2} tiene ya en cuenta el rendimiento.

Cuando por motivos de normalización del motor, resulta la potencia disponible en el catálogo P_1 mucho mayor que P_2 , el motoreductor puede ser seleccionado en base a un factor de servicio menor $\left(f_s \times \frac{P_2}{P_1} \right)$.

Solamente si este factor de servicio es válido, la potencia mayor puede no ser necesaria y también, siempre que la frecuencia de maniobras, sea lo suficientemente baja, para no influir en el factor de servicio.

Este cálculo de selección, se puede realizar también en base al momento tursor igual que se ha realizado con la potencia, siendo incluso más aconsejable hacerlo en base al momento tursor para velocidades de salida bajas.

COMPROBACIONES

Comprobar la carga, radial F_{nr} según las instrucciones y valores del capítulo 15.

Comprobar para el motor la frecuencia de arranques Z cuando esta sea superior a la normalmente admitida, normalmente esta verificación es necesaria solamente para motores electrofreno.

CONSIDERACIONES A LA SELECCION DE MOTOREDUCTORES

La potencia del motor, considerando el rendimiento del reductor y el de la correspondiente transmisión si la hay, debe ser lo más igual posible a la potencia pedida por la máquina, es por lo que es necesario determinar ésta lo más exactamente posible.

La potencia necesaria en la máquina puede ser calculada matemáticamente, teniendo en cuenta que en la máquina hay esfuerzos relativos a cargas y a la inercia (especialmente cuando, una masa tiene que ser acelerada o decelerada, son notables por este motivo); o bien pueden ser determinados experimentalmente en base a pruebas, confrontando aplicaciones existentes, etc.

Un sobredimensionamiento del motor necesita una mayor corriente de arranque y tanto térmicos, elementos y sección de conductor mayores, comportando un costo de ejecución mayores, empeorando además el factor de potencia ($\cos \varphi$), exigiendo un mayor esfuerzo a la transmisión, con peligro de rotura, en cuanto ésta, normalmente está proporcionada en base a la potencia necesaria para la máquina y no para el motor.

Eventualmente el aumento de la potencia del motor solo es necesario en función de una elevada temperatura ambiente, altitud, frecuencia de maniobras u otras condiciones especiales.

Para los motores de 50 Hz. alimentados a 60 Hz. (capítulo 3) las características del motoreductor varían como sigue: La velocidad n_2 aumenta un 20 %.

La potencia P_1 puede permanecer constante o aumentar.

El momento tursor y el factor de servicio varían como sigue:

$$M_{2 \text{ a } 60 \text{ Hz.}} = M_{2 \text{ a } 50 \text{ Hz.}} \frac{P_{1 \text{ a } 60 \text{ Hz.}}}{1,2 P_{1 \text{ a } 50 \text{ Hz.}}} \quad f_{s \text{ a } 60 \text{ Hz.}} = f_{s \text{ a } 50 \text{ Hz.}} \frac{1,12 P_{1 \text{ a } 50 \text{ Hz.}}}{P_{1 \text{ a } 60 \text{ Hz.}}}$$